Final report on the new dedicated LNG jetty in the regasification plant located at the Port of Ferrol (engineering study)

Deliverable D3.1

Regasificadora del Noroeste, S.A. (RdN)

Core Network Corridors and Liquefied Natural Gas

2014-EU-TM-0732-S

D3.1– Final report on the new dedicated LNG jetty in the regasification plant located at the Port of Ferrol (engineering study)

Due date of deliverable: 31/03/2020

Actual submission date: 31/03/2020

Start of project: 01 January 2014 Duration: 75 Months

Lead Contractor for this deliverable: *DYP Ingenieros Consultores y Arquitectos S.L.*

Revision: 1

Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

Dissemination level		
PU	Public	
CO	Confidential, only for members of the consortium (including the Commission Services)	**X**

Revision History

Deliverable Administration and summary		
Project Acronym: CORE LNGas Hive		INEA/CEF/TRAN/M2014/1026196
Document Identifier: Deliverable D3.1 Final report on the new dedicated LNG jetty in the regasification plant located at the Port of Ferrol (engineering study)		
Leading partner: Regasificadora del Noroeste, S.A.		
Report version: 1		
Report preparation date: 31/03/2020		
Classification: Confidential		
Nature: Technical report		
Author(s) and contributors: Regasificadora del Noroeste, S.A. (RdN), Autoridad Portuaria de Ferrol - San Cibrao (APF)		
Status		Plan
		Draft
		Working
	X	Final
		Submitted
		Approved

The Core LNGas Hive consortium has addressed all comments received, making changes as necessary. Changes to the document are detailed in the change log table below.

Date	**Edited by**	**Status**	**Changes made**
31/03/2020	RdN	Final	

Copyright

This report is © CORE LNGas Hive Consortium 2015. Its duplication is allowed only in the integral form for personal use or for the purposes of research and education.

Citation

Regasificadora del Noroeste, S.A. (2020). Deliverable 3.1 – Final report on the new dedicated LNG jetty in the regasification plant located at the Port of Ferrol (engineering study). CORE LNGas Hive consortium, www.corelngashive.eu

Acknowledgements

The work presented in this document has been conducted in the context of the action INEA/CEF/TRAN/M2014/1026196 CORE LNGas Hive. CORE LNGas HIVE is a 60 months project started on January 1st, 2014.

The project consortium is composed by: Enagás Transporte, S.A.U. (Enagás), Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR), Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Universidade de Santiago de Compostela (USC), ENTE VASCO DE LA ENERGÍA (EVE), Autoridad Portuaria de Barcelona - Port de Barcelona (APB), Port Authority of Cartagena (PAC), AUTORIDAD PORTUARIA DE FERROL-SAN CIBRAO (APF), Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras (APBA), Port Authority of Huelva (PAH), COMPAÑÍA ESPAÑOLA DE PETRÓLEOS S.A.U. (CEPSA), Regasificadora del Noroeste, S.A. (RdN), HAM CRIOGENICA, S.L. (HAM), BUREAU VERITAS IBERIA SLU (BVI), GUASCOR POWER SA (GP), IDIADA AUTOMOTIVE TECHNOLOGY S.A (IAT), FLOTA SUARDIAZ, S.L. (Suardiaz), ITSAS GAS BUNKER SUPPLY SL (ITSAS), COMPAÑIA DE REMOLCADORES IBAIZABAL, S.A. (IBAI), TERMINAL DE CONTENIDORS DE BARCELONA, S.L. (TCB), Terminal Catalunya, S.A. (TC), UTE REMOLCADORES DE BARCELONA-SAR, UNION TEMPORAL DEEMPRESAS, LEY 18/1982 (URB), ASTILLEROS ARMON, S.A. (AA), GAS NATURAL SDG, S.A. (GN), INSTITUTO ENERXÉTICO DE GALICIA (IEG), Fundación de la Comunidad Valenciana para la Investigación, Promoción y Estudios Comerciales de Valenciaport (Fundación Valenciaport) (FV), Planta de Regasificación de Sagunto, S.A. (PRS), MOLGAS ENERGÍA, SAU (ME), Autoridad Portuaria de Valencia (APV), SEAPLACE SL (Seaplace), BOLUDA CORPORACION MARITIMA S.L. (BCM), Autoridad Portuaria de Bilbao (APBi), RENFE MERANCÍAS S.A. (Renfe), Puertos del Estado (PdE), Dirección General de la Marina Mercante (DGMM), PORT AUTHORITY OF GIJON (PAG), Port Authority of Melilla (PAM), Santander Port Authority (SPA), Port Authority of Tarragona (PAT), Port Authority of Vigo (PAV), Port Authority of Santa Cruz de Tenerife (PASCT) and REN Gasoductos, S.A. (RENG).

More Information

Public CORE LNGas HIVE reports and additional information related with the project execution and results are available through CORE LNGas Hive public website at www.corelngashive.eu

Table of contents

1. Introduction 10
2. Topobathymetric survey of the entrance channel to the Port of Ferrol 11
2.1. Previous considerations 11
2.2. Methodology 12
2.2.1 Lines project 12
2.2.2 Equipment installation 12
2.2.3 Sound velocity profile in the water column 13
2.2.4 Calibration of the multibeam echo sounder 13
2.2.5 Data acquisition and discussion of results 14
3. Analysis of location alternatives for the new berth 15
3.1. Project environment 16
3.2. Main features of the new berth 17
3.3. Design fleet 17
3.4. Risk assessment 18
3.4.1 Main conclusions of the equipment operation risk analysis 18
3.5. Selection of location alternative for the new berth 19
3.5.1 Approach to alternatives 19
3.5.2 Characteristics of the mooring user type fleet 20
3.5.3 Number of berthing operations 21
3.5.4 Simultaneous occupation of berths 21
3.5.5 Comparative analysis of alternatives 22
3.6. Conclusions 23
4. Study of the main risks associated with implementation of the new berth 24
4.1. Study of the maritime climate 24
4.1.1 Wind 24
4.1.2 Sea currents 25
4.1.3 Study of waves 25
4.1.4 Sea level 26
4.2. Nautical risk analysis 27
4.2.1 Risk assessment 28
4.2.2 Main conclusions of the nautical risk analysis 35

4.3. Risks associated with the operation of the equipment 35
4.3.1 Probability of presentation of risk scenarios..... 36
4.3.2 Assessment of consequences 37
4.3.3 Main conclusions of the equipment operation risk analysis..... 39
4.4. Measures to improve the safety of berthed ships..... 40
4.5. Main conclusions and recommendations..... 40
5. Study of the quick release hook system and fenders..... 42
5.1. Main features of the new berth..... 42
5.2. Sizing the fender system 42
5.2.1 Fenders 42
5.2.2 Shields 44
5.2.3 Distance between sets of fenders..... 44
5.3. Sizing of quick release hooks 45
5.4. Location of the berthing and mooring system elements..... 46
5.4.1 Assessment of the behaviour of moored ships 47
5.4.2 Analysis of possible interferences..... 49
5.5. Installation of hooks and fenders 49
5.6. Summary 50
6. Conclusions 51
7. References 53
8. List of Acronyms and Abbreviations..... 54
9. Annexes..... 55
Annex 1. Topobathymetric survey of the entrance channel to the Port of Ferrol 55
Annex 2. Analysis of location alternatives for the new berth..... 56
Annex 3. Study of main risks associated with implementation of the new berth 57
Annex 4. Study of quick release hook system and fenders..... 58

List of tables

Table 1. Geodetic characteristics of the bathymetric survey 12

Table 2. Main characteristics of the fleet of LNG ships considered (REGANOSA) 21

Table 3. Main characteristics of the fleet of oil tankers and products considered (Forestal del Atlántico) 21

Table 4. Nº of operations 2017 - 2019 in berths of Punta Promontorio 21

Table 5. Average Speed – Origin Direction (REGANOSA) 25

Table 6. High tide and low tide statistics (REDMAR) 26

Table 7. Typical LNG Terminal Accident Scenarios 27

Table 8. Collision energies between ships necessary to produce a gap in the LNG tank of a methane tanker 30

Table 9. Collision energies with oil tankers and/or products necessary to produce a gap in the LNG tank of a methane tanker 31

Table 10. Limits of forces and moments associated with the mooring systems considered 33

Table 11. Forces and moments generated by passing ships for the largest gas ships under study (Wang) 34

Table 12. Limits of forces and moments generated by passing ships for a 15,000 m³ 34

Table 13. Limits of forces and moments generated by passing ships for a 15,000 m³ 34

Table 14. Annual probabilities of occurrence of the identified risk scenarios (EQE) 36

Table 15. Annual probabilities of occurrence of the identified risk scenarios (Tips) 37

Table 16. Distances (m) associated with discharges and filing thresholds considered by EQE 37

Table 17. Distances (m) associated with discharges and filing thresholds considered by ALATEC PROES 38

Table 18. Distances (m) associated with the different discharges and filing thresholds considered by Tips 38

Table 19. Death probabilities for different levels of thermal radiation (30s of exposure) 39

Table 20. Number of people depending on the distance to the point of unload and working hours 39

Table 21. Design docking kinetic energies 43

Table 22. Characteristic curves of the SCK 1450 fender 43

Table 23. Features of selected quick release hooks 47

Table 24. Pretensions and vertical angles of mooring lines. Yamal Spirit Ship (174,000 m³) 48

Table 25. Main results of static calculations. Yamal Spirit Ship (174,000 m³) 48

List of figures

Figure 1. Entrance channel to the port of Ferrol delimited in magenta colour. 11

Figure 2. Diagram of the multibeam echo sounder for bathymetric survey 12

Figure 3. Sound velocity profiles in water, performed during the bathymetric survey exercise. 13

Figure 4. List of calibration parameters for the present study. 14

Figure 5. Colour legend based on altimetry for the model 14

Figure 6. Bathymetric model of the channel. 14

Figure 7. Alternative 1 for the location of the new berth. 15

Figure 8. Alternative 2 for the location of the new berth. 16

Figure 9. Terminal location 16

Figure 10. Alternative 1 for the location of the new berth. 19

Figure 11. Alternative 2 for the location of the new berth. 20

Figure 12. Position of loading arms to the LNG unloading platform. 20

Figure 13. Alternative 1. Example results 22

Figure 14. Alternative 2. Example results 22

Figure 15. Level frequency distribution (REDMAR) 26

Figure 16. Trend in the variation of the mean monthly sea level (REDMAR) 27

Figure 17. Energy required to create a gap in the tank 29

Figure 18. Dimensions and location of the fender assemblies (water level ≈ level 0) 44

Figure 19. Maximum distance between isolated fenders in a continuous docking system 45

Figure 20. Maximum distance between isolated fenders 45

Figure 21. Plan configuration of the selected berthing and mooring system 47

Figure 22. Yamal Spirit ship mooring scheme (174,000 m³) 48

Figure 23. Alternative 1 for the location of the new berth. 51

Figure 24. General Plot Plan of the New Berth 51

Figure 25. Plan configuration of the selected berthing and mooring system 52

1. Introduction

The main objective of this project consists in defining the actions that, from the point of view of the berthing and the ship-to-shore interface, will be necessary to undertake to:

- The implementation of a new berthing at the Punta Promontorio Maritime Terminal Dock, capable of servicing conventional gas ships of up to 266,000 m3 capacity, and also ships dedicated to small-scale distribution or bunkering, 650 m^3 of minimum capacity.
- To make possible the simultaneous berthing of two ships located in the new and the existing berth.

When defining these actions, it will be logical to minimize the impact on the design and operation of existing facilities, provided that adequate security conditions can be maintained.

From the definition of the actions to be carried out, preliminary implementation plans will be prepared, locating the main elements, such as the fenders, the quick release hooks (QRHs), the loading arms, the access gangways to the ships and other possible auxiliary equipment.

The project will be structured according to the main studies described below:

- Topobathymetric survey of the entrance channel to the Port of Ferrol
- Analysis of location alternatives for the new berth
- Study of main risks associated with implementation of the new berth
- Study of quick release hook system and fenders

2. Topobathymetric survey of the entrance channel to the Port of Ferrol

The main purpose of the bathymetric study is to accurately determine the relief characteristics and the morphological characteristics of the entrance channel to the Port of Ferrol, being the same channel through which the ships access the Reganosa terminal, using the multibeam technique. In general, this type of study is the basis for future actions such as the one that concerns us in this project.

2.1. Previous considerations

In order to carry out this study, a series of considerations have been previously established, with the objective of establishing the basic parameters from which this study will be carried out, which, in turn, will serve as a starting point for the subsequent stages of the project.

- Description of the study area. The work area is located in the entrance channel of the Port of Ferrol (Galicia).

Figure 1. Entrance channel to the port of Ferrol delimited in magenta colour.

- Equipment employed. For the correct performance of a bathymetric survey the equipment consists of a multibeam echo sounder, an RTK positioning system, a wave compensator and a sound speed sensor in the water column.
- Geodesic system. Both the planimetric and altimetric link that have been performed will be described. The following figure shows the summary.

Ellipsoid	European Terrestial Reference System 1989
Transformation	Universal Transverse Mercator (UTM) Huso 29

Geoid	EGM2008
Reference level	Zero hydrographic of the Ferrol 2 tide gauges

Table 1. Geodetic characteristics of the bathymetric survey

2.2. Methodology

The method used is the bathymetric survey with multibeam echo sounder on beaches, which is summarized in the following paragraphs.

2.2.1 Lines project

In this case, the line project is made up of parallel lines, separated by a determined distance from the depth to be surveyed, covering the entire requested surface. This separation between lines depends on the height of the water column and the chosen beam angle. In the present study, given the depth, an angle of 120º has been chosen; this implies that it has a sweep width of 3.5 times the study depth. Because of the constant variation of depth in the study area, the line spacing varies from one to the other.

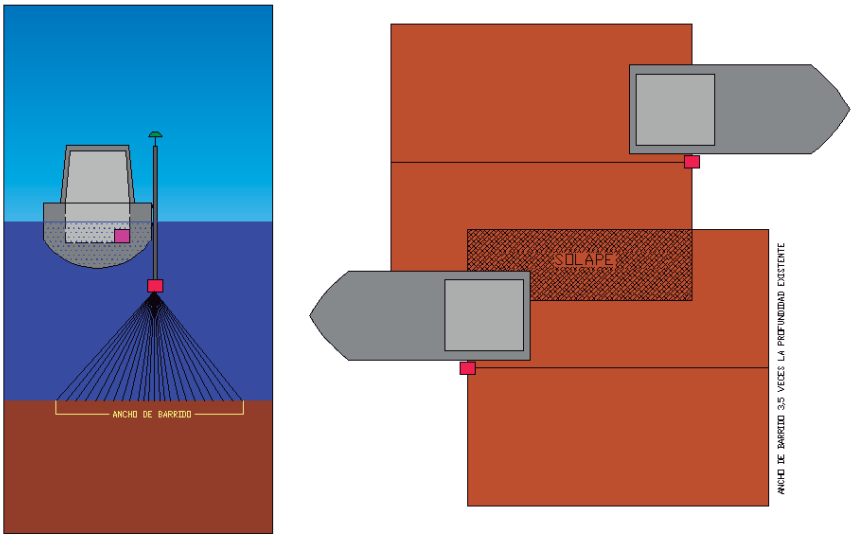


Figure 2. Diagram of the multibeam echo sounder for bathymetric survey

2.2.2 Equipment installation

The following equipment has been used in the study:

- R2Sonic Model 2020 Multibeam Sounding Machine
- I2NS equipment is used to measure the course of the boat, the wave height and the roll and pitch angles
- The R2Sonic 2020 echo sounder

Once the equipment has been installed, it is necessary to measure the relevant distances between them (offset). This procedure is of vital importance, since position, depth and movements must all refer to the same reference point.

2.2.3 Sound velocity profile in the water column

This profile is used to support the calculation of the depth by the multibeam echo sounder. It is important to carry out this profile in the maximum depth zone of the study area, as well as in areas where the profile may vary due to the influence of waters with different thermohaline characteristics.

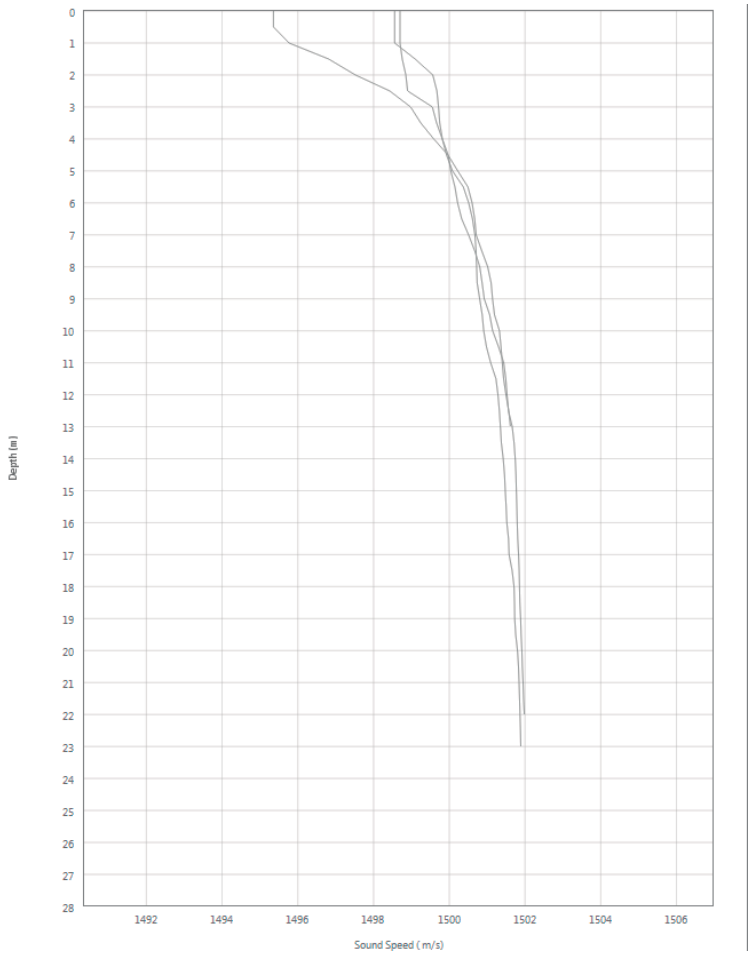


Figure 3. Sound velocity profiles in water, performed during the bathymetric survey exercise.

2.2.4 Calibration of the multibeam echo sounder

Before data acquisition, it is necessary to calibrate the roll, pitch and yaw angles. These angles are those that the multibeam has with respect to the boat and the movement reference unit. The summary of the list of calibration parameters for the present study are presented in the following table:

Summary

System	Parameter	Original Value	New Value	Delta
R2Sonic2020	Tx Pitch	0.00	-0.22	-0.22
R2Sonic2020	Rx Roll	0.00	0.18	0.18
R2Sonic2020	Tx Heading	0.00	0.51	0.51

Figure 4. List of calibration parameters for the present study.

2.2.5 Data acquisition and discussion of results

After the previous calibrations, the data collection is carried out, which will have to be edited to eliminate possible existing errors in the records produced mainly by noise.

Once the acquired data was obtained and adjusted, a digital terrain model (DTM) and bathymetric drawings were made. The DTM will be defined by a series of colours that will vary depending on the depth.

Figure 5. Colour legend based on altimetry for the model

Below is the complete digital model of the bathymetric survey

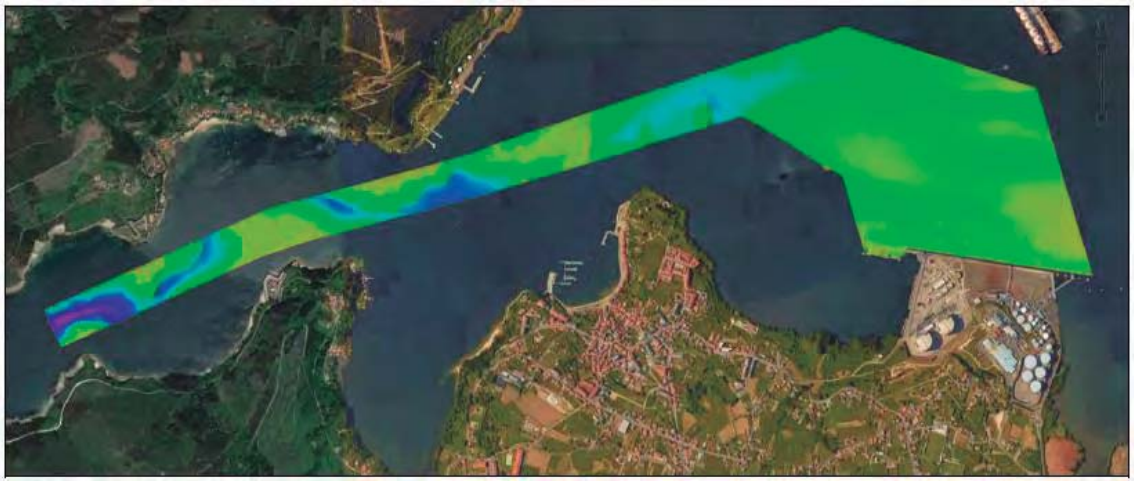


Figure 6. Bathymetric model of the channel.

All the figures and results of this study are developed in Annex 1 of this report.

3. Analysis of location alternatives for the new berth

The main purpose of this analysis of alternatives is to carry out a preliminary analysis on the viability of the new berth and evaluate it most suitable location, taking into account the determining factors, both from the configuration of the current facilities of REGANOSA itself, and from the presence and operation of industrial facilities, urban centres or environmentally sensitive areas that could be affected as a result of its implementation.

These conditioning factors to the location of the new berth are mainly determined by evaluating the distances that must be respected to:

- Make feasible the adequate disposition of the mooring lines, so as to ensure the correct behaviour of ships in berths, both in operating and permanent conditions.
- Maintain an acceptable level of risk with respect to ships moored in adjacent positions, considering both nautical operations and the operation of industrial equipment involved in loading and unloading ships.
- Maintain an acceptable level of risk with respect to the safety of people who may be in the vicinity of the new berth, whether they are workers from the plant itself, adjacent industrial facilities, or inhabitants of rural areas or that could be affected.
- Maintain an acceptable level of risk with respect to the safety of the equipment and facilities located in the proximities of the berth, both in the facilities of the plant itself and in the adjacent industrial facilities.

Taking all these factors into account, two possible alternatives for the location of the new mooring are proposed.

- **Alternative 1**. Berth axis of the berthing located 40.0m west of the pipe rack of the western berth of Forestal del Atlántico.

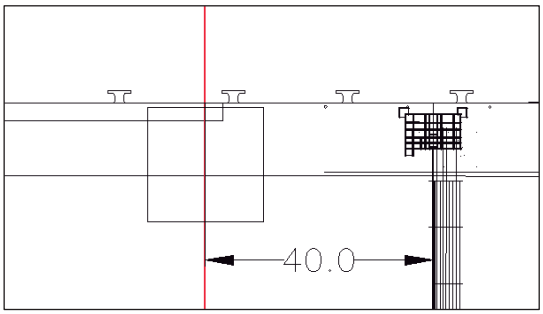


Figure 7. Alternative 1 for the location of the new berth.

- **Alternative 2**. Berth axis located 16.5 m west of the pipeline of the western berth of Forestal del Atlántico.

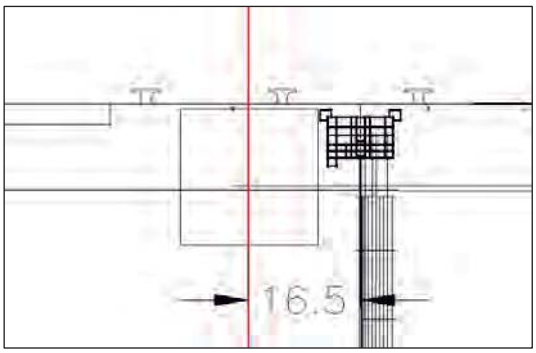


Figure 8. Alternative 2 for the location of the new berth.

In the following sections the analysis performed, and the main conclusions and recommendations based on it are presented.

3.1. Project environment

The plant is located in the Punta Promontoiro industrial estate, in the municipality of Mugardos (A Coruña).

The closest urban centres are Ferrol (66,800 inhabitants), located approximately 1.5 km away, and Mugardos itself (5,300 inhabitants), located just 1 km south of the plant.

Figure 9. Terminal location

In relation to the rest of the industrial activities that take place in the Punta Promontorio industrial estate, those carried out by the companies Forestal del Atlántico S.A. and IMEGASA. The description of the activity and infrastructure of these industries, in addition to that of Reganosa, are detailed in **Annex 2**.

3.2. Main features of the new berth

The new berth must have a functionality comparable to that of the existing berth, being able to serve conventional gas ships of up to 266,000 m^3 capacity, and dedicated to bunkering or small-scale distribution, 650 m^3 of minimum capacity.

The main equipment of the berth will include:

- 4 loading arms of 16″and 12,000 m^3/h of unloading flow, of which one of them will act as a vapor return arm, and the remaining 3are liquid arms
- The discharge elements that are necessary for the operation of small-scale ships
- Gangways for access to ships
- Firefighting systems
- Control house

The unloading arms are fully equipped with DBV/PERC, manual QC/DC, and with a position monitoring system (PMS), which can be operated either from a fixed console (jetty control room, JMR) or from a portable unit.

The connection lines to the plant include the following:

- A 36″ main collector (from berthing to tanks), a 16″ load collector (from primary pumps to berthing/plant) and an 8″ recirculation line
- A 28″ vapor return line
- 6″ zero send-out line
- KO Drum with tempering system

The entire unloading system will be located in an area specially designed for this purpose, which will include, among others, gutters, rafts and buckets for the collection of possible LNG spills whose main mission is to protect the materials that make up the superstructure from possible contact with gas at cryogenic temperatures.

As for the existing berthing, the facilities will be equipped with a global security system, made up of different subsystems in order to have two levels of protection:

- Primary system, dedicated to avoiding or minimizing the risk of fire or explosion in the terminal
- Secondary system, dedicated to minimizing the consequences of any possible accident that may occur

All emergency systems will be provided with alternative power sources in case of failure of the main power.

3.3. Design fleet

The design fleet of the new berth will be as follows:

- Small-scale ships
  - Oizmendi (Antes Monte Arucas), 650 m^3
  - Pioneer Knutsen, 1.100 m^3
  - Greenoil, 4.500 m^3
  - Coral Anthelia, 6.500 m^3

  - Coral Methane, 7.500 m^3
  - Norgas, 10.000 m^3
  - Coral Energy, 15.600 m^3

- Conventional ships
  - Hassi M'Rel, 40.109 m^3
  - LNG Portovenere, 65.252 m^3
  - Hoegh Galleon, 87.600 m^3
  - LNG Lagos, 122.255 m^3
  - Mostefa ben Boudaid, 125.250 m^3.
  - LNG Abuja, 126.530 m^3
  - Bachir Chihani, 129.769 m^3
  - LNG Rivers, 137.300 m^3
  - Berge Everett, 138.000 m^3
  - Cadiz Knutsen, 138.000 m^3
  - Galicia Spirit, 140.000 m^3
  - Vessel type PanamaMax 170.000 m^3
  - QFLEX, 216.000 m^3
  - QMAX, 266.000 m^3

3.4. Risk assessment

This study mainly considers the most influential risks when selecting one of the location alternatives for the new berth, that is, those associated with the operations of the ships, and those corresponding to the industrial equipment located within the ship interface ship–berth, involved in their loading/unloading operations for the two alternatives under discussion. The complete study in which all the risks associated with the establishment of the new berth will be analyzed in the study carried out following this ''Study of the main risks associated with implementation of the new berth''.

The development of the risk analysis related to the selection of one of the location alternatives for the new berth is detailed in paragraph 6 of **Annex 2** ''Analysis of location alternatives for the new berth''

3.4.1 Main conclusions of the equipment operation risk analysis

The main conclusion of the analysis carried out based on the risk levels indicated is described below.

- Regarding to nautical risks:
  - The implementation of the new berth should not imply an inadmissible risk situation for ships that navigate the canal at distances greater than about 100m.
  - The navigation of ships in transit through the channel, at the distances and speeds at which it has been carried out, generally more than 200m and less than about 8 knots, should not pose a risk situation for conventional ships that can operate in REGANOSA berths.
    However, certain types of ships, generally military, sometimes sail at lower distances (up to about 150 m) and at higher speeds, considering

it necessary to establish a minimum safety distance in order to reduce the possible risks of collisions and the effect on ships moored, as much as reasonably possible.

- The navigation of ships through the channel, at distances of less than about 250m, can cause problems, depending on their speed, for small-scale ships docked at the REGANOSA terminal.
- Regarding the distances between the moored ships, although the general recommendation is that 50m be arranged between them, it is observed that the risk areas evaluated would be compatible with the minimum distances recommended by the ROM for commercial ships of any type (30m), this situation must be verified in any case once the final location of the new berth is defined.
- According to the analyzed information, there are no environmentally sensitive areas in the vicinity of the Project that could be significantly affected by the implementation of the new berth.

- Regarding to risks associated with the operation of the equipment
  - The implantation of the new berth is considered viable, since no facilities or elements outside the plant that could be subject to unacceptable risk levels are identified, nor is it expected in principle a number of casualties such that it is incompatible with said risk levels.

3.5. Selection of location alternative for the new berth

This section presents the alternatives for the location of the unloading platform for the future REGANOSA berth, considering the conclusions of the risk analysis and the possibilities of simultaneous berthing of the different sizes of ships that are expected to operate in the adjacent berths (West berth from REGANOSA and East berth of Forestal del Atlántico).

3.5.1 Approach to alternatives

In the risk analysis it is observed that when the distances to the loading arms exceed 30-35 m, the most unfavourable Probability Class is considered for situations in which damage to nearby process facilities could occur, for which it is proposed to analyze a first alternative in which the axis of the unloading platform of the new berth is located at a distance of about 40m from the rack.

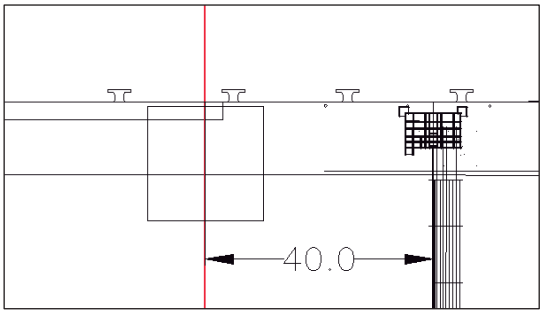


Figure 10. Alternative 1 for the location of the new berth.

On the other hand, it is necessary that, from the point of view of the spaces required by the moored ships, it could be convenient for a new berth to be further away from the current REGANOSA berth, so a second alternative will be analyzed in which the axis of the platform will approach as close as possible to the pipe rack of the Forestal West berth, without necessarily affecting the existing facilities.

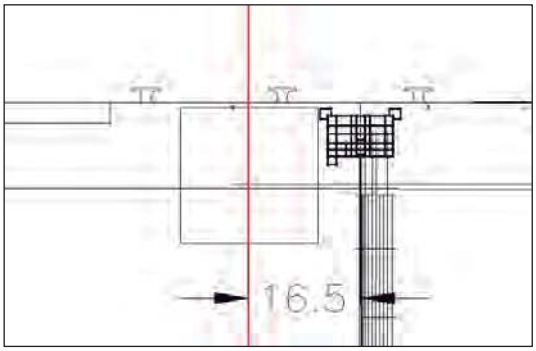


Figure 11. Alternative 2 for the location of the new berth.

Regarding the operation of small-scale ships, it has been considered in principle that this will be carried out by using loading arms or independent cryogenic hoses, located outside the main docking platform. This is mainly due to the fact that, as explained in the OCIMF document "Recommendations for Liquefied Gas Carrier Manifolds", it is not allowed to connect smaller LNG ship manifolds to more than one "passage" of nominal diameter than that corresponding to the loading arm.

In the absence of more detailed studies, it will be assumed for the moment that the axis of the loading arms or the crane to handle the hoses is located at a distance of about 25 m from the end of the unloading platform, as shown in the following figure, in order to avoid interference with its loading arms.

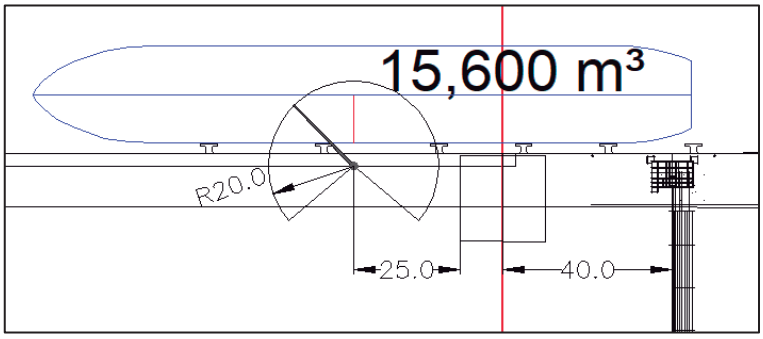


Figure 12. Position of loading arms to the LNG unloading platform.

3.5.2 Characteristics of the mooring user type fleet

The following fleet of reference ships has been considered for REGANOSA berths, and for the Eastern berth of Forestal del Atlántico.

Table 2. Main characteristics of the fleet of LNG ships considered (REGANOSA)

Ship	Coral Energy	BW Prince	Sestao Knutsen	Al Daayen	Yamal Spirit	Al Utouriya (Q-Flex)	Zarga (Q-Max)
Capacity (m^3)	15,600	80,000	138,000	150,000	174,000	216,000	266,000
L (m)	154.95	225.3	284.38	288.2	293.99	315.16	345.3
B (m)	22.7	36.6	42.05	43.4	47.5	50	53.8
Bow-center manifold distance (m)	75.49	109.3	136.8	141.6	141.99	155.2	170.3

Table 3. Main characteristics of the fleet of oil tankers and products considered (Forestal del Atlántico)

TPM	10,000	30,000	50,000	70,000	100,000	150,000
Length (m)	145.0	190.0	215.0	235.0	260.0	275.0
B (m)	21.6	30.6	36.0	40.1	44.9	51.0

3.5.3 Number of berthing operations

The following table shows the number of annual operations carried out in each of the berth

Table 4. N° of operations 2017 - 2019 in berths of Punta Promontorio

Berth	2017	2018	2019
Reganosa West	15	16	24
Forestal East	49	14	-
Forestal West	47	40	-

Analyzing the data of these operations, no seasonal trend is identified for the groups of ships considered.

3.5.4 Simultaneous occupation of berths

This study analyzes the combinations of ships that, from the point of view of the spaces required for berthing and mooring, could operate simultaneously in the REGANOSA terminal and in the eastern berth of Forestal del Atlántico.

For this purpose, the distances between the different berthed ships and possible interference on mooring lines will be mainly considered.

Regarding the distance between ships, a minimum of 30m is established, which corresponds to the recommendation of ROM 2.0-11 for commercial ships of any type docked in the same alignment, in this case also acceptable for gas carriers.

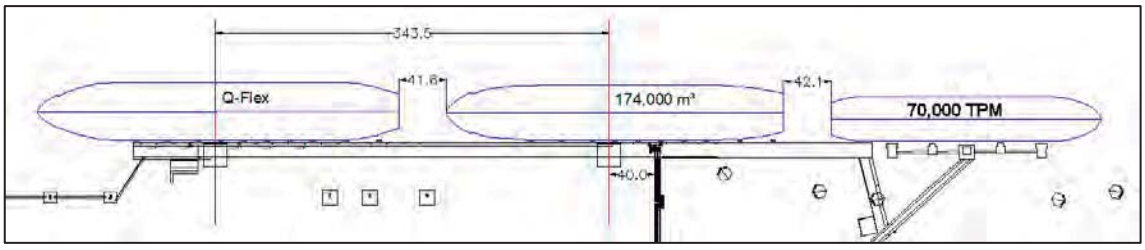


Figure 13. Alternative 1. Example results

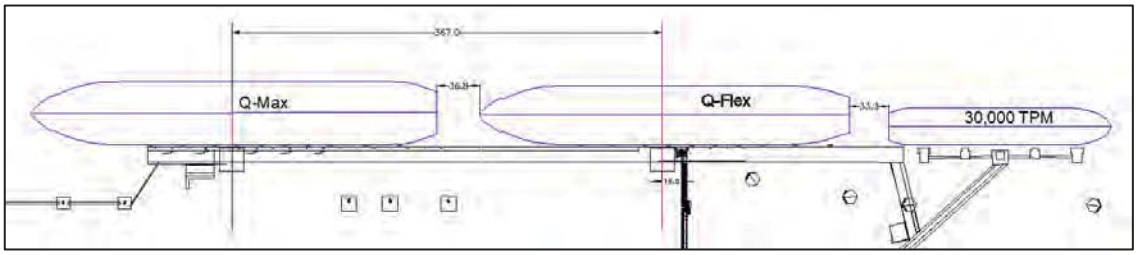


Figure 14. Alternative 2. Example results

As can be seen in these figures, the distance between the axes of the new REGANOSA berth and the existing one, is significantly higher than the minimum recommended by ROM 2.0-11, which is 200 to 300 m.

In the complete study, corresponding to **Annex 2** of this document, the complete analysis is detailed, the results of which can be summarized as:

- The interference of moorings that arise for the two alternatives between the new East berth of Reganosa and the existing berths can be solved with the location of additional quick release hooks, varying the mooring schemes, and changing the location of any of the bollards that Forestal del Atlántico uses in its operations.
- In order to assess the incidence that the identified incompatibilities may have on the operation of the terminals, we have proceeded to approximately evaluate the probability that the ships that cannot operate simultaneously coincide in the berths, obtaining a maximum of 0.205% for Alternative 1, and 0.427% for Alternative 2.

3.5.5 Comparative analysis of alternatives

Based on the analysis carried out, the following advantages and disadvantages associated with each of the proposed alternatives can be reviewed.

- For Alternative 1 there are greater interferences between REGANOSA berths than for Alternative 2.
- With regard to the interferences with the East Berth of Forestal, it happens in reverse, Alternative 2 presents a greater number of interferences.
- For medium-high range ships, Alternative 1 is more balanced because the new berth limits the occupation of adjacent berths to a lesser extent.
- Regarding the simultaneous occupation of the berths, it should be noted in any case that, depending on the number of operations carried out in recent

years, the simultaneous operation of incompatible ships must have a low frequency of presentation.

- From the point of view of the risks associated with the operation of the equipment, Alternative 1 would have less dependency on or affect existing Forestal del Atlántico facilities.
  In the case of Alternative 2, it is foreseeable that the sum of the probabilities associated with the risks derived from the respective activities of REGANOSA and Forestal del Atlántico, could give rise to initially unacceptable situations in accordance with said standard.
  Although it is considered that said situation would be solvable through an adequate design of the new berth, the modification of the existing facilities, and/or through the adoption of certain measures in relation to their exploitation, it is clear that it would require greater actions than those associated with Alternative 1, and/or greater coordination between both companies.

3.6. Conclusions

The main conclusions and recommendations reached based on the analysis carried out are the following.

- The implementation of a new berth is considered in principle viable, both from the point of view of the safety of nautical operations, and from the point of view of the safety of the operation of the process equipment included in the ship-berth interface.
- In principle, it is considered advisable to locate the axis of the new berth, at a distance of around 40 m from the pipe rack corresponding to the West berth of Forestal del Atlántico, that is, **Alternative 1**, as it has a moderate dependence on risks derived from the activities carried out by both companies, ensuring that the levels recommended by UNE EN-1473 are not exceeded; as well as less interferences regarding the simultaneous operation with the East berth of Forestal, maintaining a reasonable compatibility with the West berth of REGANOSA.

4. Study of the main risks associated with implementation of the new berth

Based on the data presented in the previous study ''Analysis of location alternatives for the new berth'', the purpose of this study is to analyze the main risks associated with the implantation of a new berth that REGANOSA plans to build at the LNG regasification terminal that operates in Mugardos (A Coruña), taking into account both the conditions derived from the configuration of the facilities. current of REGANOSA itself, as well as those derived from the presence of other industrial facilities, urban centres or environmentally sensitive areas, that could be affected.

The analysis carried out considers the risks associated with the manoeuvres and operations of the ships, and those associated with the operation of the industrial equipment that intervenes in the processes that take place at the ship-berth interface.

Regarding the risks associated with the operation of the equipment included in the ship-berth interface, the study is based, fundamentally, on the identification of the initiating events and the evaluation of the possible consequences considered in the different risk analyses, both quantitative and qualitative previously developed by REGANOSA for the existing plant.

4.1. Study of the maritime climate

4.1.1 Wind

For the characterization of the wind in the area of interest, we start from the data in the report ''Clima Medio de Viento'' of the Puertos del Estado Oceanographic Data Bank, corresponding to the Ferrol Station (REMPOR), with data from most 1996 to Dec-2005, located at the entrance of the Dock of Curuxeiras.

The data from this measurement station is subsequently transferred to the area of interest, according to the wind speed correlation coefficients, obtained from the numerical wind modelling study prepared by the University of Eindhoven for Marin and Deltares, included in the ''Estudio de Maniobra de Grandes Buques Gaseros en su Acceso a la Terminal de Reganosa en Mugardos'' (2009), obtaining the following results.

Table 5. Average Speed – Origin Direction (REGANOSA)

DIRECTION		Ve (m/s)																	Total
		<= 1.0	2.00	3.50	5.00	6.50	8.00	9.50	11.00	12.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	21.50	23.00	24.50	
CALMS		19.07																	19.07
N	0		0.38	0.87	1.00	0.88	0.65	0.41	0.23	0.11	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.61
NNE	22.5		0.31	0.96	1.41	1.51	1.30	0.91	0.54	0.27	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.38
NE	45		0.15	1.04	1.82	2.13	1.97	1.51	0.98	0.55	0.26	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	10.58
ENE	67.5		0.12	0.38	0.73	1.09	1.35	1.43	1.32	1.05	0.73	0.43	0.22	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	8.98
E	90		0.11	0.12	0.16	0.19	0.20	0.19	0.16	0.12	0.09	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	1.44
ESE	112.5		0.23	0.17	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49
SE	135		0.49	0.23	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
SSE	157.5		0.48	0.28	0.20	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22
S	180		0.56	0.97	0.90	0.55	0.23	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.31
SSW	202.5		1.30	3.08	2.92	1.75	0.72	0.21	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.03
SW	225		1.65	2.21	1.87	1.08	0.45	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.43
WSW	247.5		1.36	1.85	1.88	1.46	0.93	0.49	0.21	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.29
W	270		0.31	0.47	0.64	0.74	0.78	0.75	0.67	0.56	0.44	0.32	0.23	0.15	0.09	0.05	0.03	0.02	6.26
WNW	292.5		0.18	0.41	0.57	0.63	0.58	0.46	0.32	0.20	0.11	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	3.55
NW	315		0.21	0.44	0.58	0.59	0.51	0.37	0.24	0.14	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19
NNW	337.5		0.38	0.59	0.61	0.54	0.42	0.30	0.20	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	3.29
Total		19.07	8.23	14.05	15.44	13.33	10.17	7.29	4.98	3.22	1.95	1.11	0.59	0.30	0.15	0.07	0.03	0.02	100.00

4.1.2 Sea currents

The currents in the area of interest will be fundamentally those associated with tidal oscillations and those produced by the wind.

For the characterization of the currents, the numerical modelling study carried out by Deltares has been consulted, included as an appendix in the ''Estudio de Maniobra de Grandes Buques Gaseros en su Acceso a la Terminal de Reganosa en Mugardos'' (2009), in which simulations lasting about 15 hours are presented, associated with the following scenarios.

- Scenario 1: Half tide.
- Scenario 2: Spring tides.
- Scenario 3: Spring tides with a wind of 10 m/s from the SW.

The maximum values of the current speeds associated with these scenarios in the area under study, as well as their directions, are obtained from the results graphs of the indicated model checking that the maximum current speeds indicated are compatible with the limit values proposed in ROM 2.0 for the operation and permanence of ships in this type of facility.

4.1.3 Study of waves

Given the sheltered situation of the facilities, it is necessary to consider mainly the appearance of waves generated by the action of the wind inside the estuary, which have been approximately evaluated by means of the formula included in "The International Levee Handbook", published by CIRIA .

Based on said formula, and taking as maximum wind speeds, those compatible with loading and unloading operations, and the permanence of ships, indicated in ROM 2.0-11, wave heights and peak periods of surf are obtained.

It is also observed that wave heights of a certain significance obliquely affect docking with E origin, having associated a low frequency of presentation (associated with winds of the same origin and more than 22 m/s), and a moderate incidence on behaviour of the moored ships, both for their direction and for the short period of the waves associated with them.

4.1.4 Sea level

For the characterization of the tidal regimes, the report of the "Ferrol 2" tide gauge of the REDMAR network, from Puertos del Estado, corresponding to the period 2007-2017 is used.

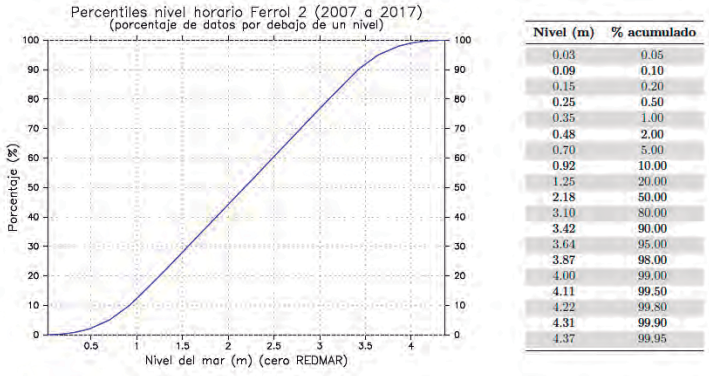
Based on this report, there is a semi-day tidal regime in the study area, which presents the following representative levels of the waters, all of which refer to the tide gauge zero, which coincides with that of the port.

Table 6. High tide and low tide statistics (REDMAR)

	Niveles (cm)							
	Observados				Marea astronómica			
	Máx	Mín	Med	D.E.	Máx	Mín	Med	D.E.
Pleamar	459	248	345	39	440	253	344	37
Bajamar	194	-13	89	39	183	-5	90	37
Pleamar viva	459	350	401	24	440	351	397	21
Bajamar viva	125	-13	39	25	90	-5	42	23
Pleamar muerta	355	248	288	19	320	253	287	15
Bajamar muerta	194	97	145	19	183	107	145	16

As can be seen, the minimum and maximum levels associated with the astronomical tide are respectively at the levels of -0.05m and +4.40m, while the minimum and maximum levels observed are at the levels of -0.13m and +4.59m.

The frequencies of presentation of the observed levels are those shown in the figures below.



Nivel (m)	% acumulado
0.03	0.05
0.09	0.10
0.15	0.20
0.25	0.50
0.35	1.00
0.48	2.00
0.70	5.00
0.92	10.00
1.25	20.00
2.18	50.00
3.10	80.00
3.42	90.00
3.64	95.00
3.87	98.00
4.00	99.00
4.11	99.50
4.22	99.80
4.31	99.90
4.37	99.95

Figure 15. Level frequency distribution (REDMAR)

Finally, it can be seen that, as shown in the following figure, a positive trend has been identified in the variation of the mean monthly sea level, resulting from +0.412 cm/year, with an estimated error of ±0.192 cm/year.

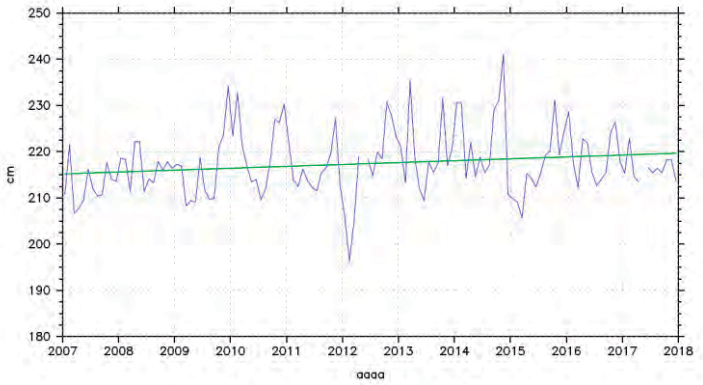


Figure 16. Trend in the variation of the mean monthly sea level (REDMAR)

4.2. Nautical risk analysis

In the case of maritime operations, the analysis focuses on the manoeuvres of the gas carriers to the new terminal, as well as the docking and undocking manoeuvres, considering that the risks associated with navigation to the vicinity of the terminal are the same as those associated with the existing terminal, which have been evaluated in previous studies, and it has been verified that the navigation of the project ships to the terminal is viable.

Based on the criteria set forth, the possible incidents associated with the navigation and operation of ships in port and which may lead to a dangerous situation are:

- Collision of a sailing ship with a docked ship.
- Collision of a ship against berthing during the berthing manoeuvre, hitting the dock at a speed higher than the design speed.
- Excessive movements in berthing due to environmental conditions, or the effect of "passing ships" in transit.
- Breakage of moorings.
- Excessive movements, or involuntary abandonment of the berth, due to the accidental release of the quick release hooks.

In the case of an LNG terminal, only some of the indicated incidents can lead to an LNG spill. In accordance with ISO / TR 16901: 2015, the typical accident scenarios associated with ship operations that can generate such a spill are:

Table 7. Typical LNG Terminal Accident Scenarios

Spill Source	Scenario	Possible Cause
Spill produced in the ship tanks	Collision of ships	Ship in drift navigation
Terminal	Damage to LNG pipes	Ship impacting the berth
	Leakage or breakage of cargo arms	Excessive movement of the ship
		Failure in the mooring lines

Therefore, the present study will consider the scenarios corresponding to the possible collision of ships, and the flight or breakage of the loading arms. The scenario corresponding to pipeline damage is not considered, since in this case the type of terminal is a continuous dock, without it being possible for the impact of a ship to cause damage to the pipes located on the esplanade.

In order to carry out this analysis of maritime risks, the study of various conditions has been carried out:

- Characteristics of the mooring user type fleet
- Number of berthing operations in each berth
- Preliminary analysis of manoeuvres under normal operating conditions
- Simultaneous occupation of berths
- Ship traffic in the Ferrol estuary
- Exits in emergency conditions and possible anchorage areas
- Preliminary assessment of the availability and experience of the pilots

The development of all these points is found in **Annex 3** ''Study of main risks associated with implementation of the new berth'' in paragraphs 7.2 to 7.6.

4.2.1 Risk assessment

The evaluation of the main risks associated with maritime operations is carried out by analyzing in detail the possible causes that may give rise to the scenarios identified in the previous section, determining, when possible, their probability of occurrence, according to the different references used in carrying out the study, which have been mainly the following:

- ''Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water'' Sandia National Laboratories
- "Risk impact of LNG terminal on Port Neighbor". Peter Vidmar, Stojan Petelin, Marko Perkovič
- ''Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990--2012 and assessment of safety level of ship types''. A. Papanikolaou, K. Bitha & E. Eliopoulou
- "Study on naval manoeuvres and security for the REGANOSA terminal in Mugardos". Delt Hydraulics & Marin

Accordingly, the evaluation of these risks focuses on the analysis of the scenarios in which it is possible for a LNG leak or spill to occur.

4.2.1.1 Collision with moored ships

From the analysis of the data obtained in the study of distances and speeds of passage in front of the REGANOSA terminal, the following initial conclusions can be drawn regarding the possibility of a collision with the moored ships.

- Civilian ships that operate in the port of Ferrol navigate distances greater than 250m from the REGANOSA terminal, so the risk of collision with ships in the terminal is considered practically nil. Likewise, these distances reduce the risk of being affected by an incident at the REGANOSA terminal to acceptable levels.

- In the case of military ships, the passage distance is reduced in some cases to approximately 150m. Although this distance may be acceptable it is advisable to increase it, in order to reduce the risk of passing and the possible effect to the moored ships, as much as is reasonably possible.
- The analysis of the data referring to the ships that operate in the Forestal del Atlántico terminal shows that the passage distances become less than 50 m, and that the speeds at this distance reach 6 knots. It is understood that navigation at such a reduced distance only occurs when the REGANOSA terminal is unoccupied, so it will not be considered in principle as a risk situation for the operation of gas carriers. It is also observed that, for somewhat greater distances (50 - 100m) that could be considered compatible with the presence of ships in the REGANOSA terminal, the maximum speeds of passage still reach 6 knots, which a priori could suppose a situation of risk for docked gas carriers and the ship itself.
- The ships currently operating at the REGANOSA terminal carry out the approach in a controlled manner, with speeds in all cases less than 1 knot (berthing distance less than 50m).

In view of the above data, it is identified that the ships that could be involved in accidents in which an LNG spill occurred would be those that operate in the Forestal del Atlántico terminal and in the REGANOSA terminal itself.

Since spills or leaks can be caused by breaks in the ship tanks or by excessive ship movement, these two situations are discussed in detail below.

To determine under the conditions in which a rupture in the ship tanks can occur, the kinetic energy developed during the ship's collision is calculated and compared with the criteria established in the SANDIA report ''Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water''

The SANDIA report also includes the energy required to generate a gap in the hull of a double hull LNG, as shown in the following figure:

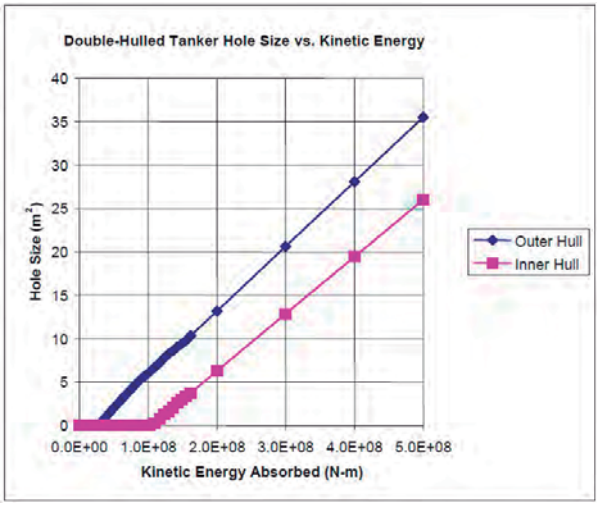


Figure 17. Energy required to create a gap in the tank

For the selected gas and oil tanker study fleet, the kinetic energy is calculated and compared with these values, obtaining the following results.

Table 8. Collision energies between ships necessary to produce a gap in the LNG tank of a methane tanker

	Ship						
	1,000 m³	6,500 m³	15,000 m³	140,000 m³	170,000 m³	Q-Flex	Q-Max
v(knots)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)
0.2	0.0	0.1	0.2	1.0	1.2	1.4	1.7
0.4	0.1	0.3	0.6	4.1	4.7	5.6	6.6
0.6	0.3	0.8	1.4	9.2	10.7	12.6	15.0
0.8	0.6	1.3	2.5	16.4	19.0	22.4	26.6
1.0	0.9	2.1	3.9	25.6	29.7	35.0	41.6
1.2	1.3	3.0	5.6	36.8	42.7	50.4	59.8
1.4	1.7	4.1	7.6	50.1	58.1	68.6	81.5
1.6	2.2	5.3	9.9	65.5	75.9	89.7	106.4
1.8	2.8	6.8	12.5	82.9	96.1	113.5	134.6
2.0	3.5	8.3	15.5	102.3	118.6	140.1	166.2
2.2	4.2	10.1	18.7	123.8	143.5	169.5	201.1
2.4	5.0	12.0	22.3	147.3	170.8	201.7	239.4
2.6	5.9	14.1	26.2	172.9	200.4	236.7	280.9
2.8	6.8	16.3	30.3	200.5	232.5	274.6	325.8
3.0	7.9	18.8	34.8	230.2	266.9	315.2	374.0
3.2	8.9	21.3	39.6	261.9	303.6	358.6	425.5
3.4	10.1	24.1	44.7	295.7	342.8	404.8	480.4
3.6	11.3	27.0	50.2	331.5	384.3	453.9	538.6
3.8	12.6	30.1	55.9	369.3	428.1	505.7	600.1
4.0	14.0	33.3	61.9	409.2	474.4	560.3	664.9
5.0	21.8	52.1	96.8	639.4	741.3	875.5	1038.9
6.0	31.4	75.0	139.3	920.8	1067.4	1260.7	1496.0

Legend:
Green: No gap in the LNG tank
Yellow: Start of the gap in the LNG tank
Orange: Gap greater than 5 m² in the LNG tank

Table 9. Collision energies with oil tankers and/or products necessary to produce a gap in the LNG tank of a methane tanker

	Ship									
TPM	5,000	7,000	10,000	15,000	20,000	30,000	50,000	70,000	100,000	150,000
v(knots)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)
0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
0.5	0.3	0.5	0.7	1.0	1.4	2.2	3.7	4.5	3.9	3.7
1.0	1.3	1.8	2.6	4.0	5.7	9.0	14.9	17.9	15.6	14.7
1.5	3.0	4.1	5.9	9.1	12.8	20.2	33.4	40.2	35.1	33.0
2.0	5.3	7.4	10.5	16.2	22.8	36.0	59.5	71.5	62.5	58.8
2.5	8.2	11.5	16.4	25.3	35.6	56.2	92.9	111.8	97.6	91.8
3.0	11.8	16.5	23.6	36.4	51.3	80.9	133.8	160.9	140.6	132.2
3.5	16.1	22.5	32.1	49.6	69.8	110.2	182.1	219.0	191.3	179.9
4.0	21.1	29.4	41.9	64.8	91.2	143.9	237.9	286.1	249.9	235.0
4.5	26.6	37.2	53.1	82.0	115.4	182.1	301.0	362.1	316.3	297.4
5.0	32.9	45.9	65.5	101.2	142.5	224.8	371.7	447.0	390.4	367.2
5.5	39.8	55.6	79.3	122.5	172.4	272.0	449.7	540.9	472.4	444.3
6.0	47.4	66.2	94.3	145.8	205.1	323.8	535.2	643.7	562.2	528.8
6.5	55.6	77.7	110.7	171.1	240.8	380.0	628.1	755.5	659.8	620.6
7.0	64.5	90.1	128.4	198.4	279.2	440.7	728.5	876.2	765.3	719.7
7.5	74.0	103.4	147.4	227.8	320.5	505.9	836.2	1005.8	878.5	826.2
8.0	84.2	117.6	167.7	259.2	364.7	575.6	951.5	1144.4	999.5	940.0
8.5	95.1	132.8	189.3	292.6	411.7	649.8	1074.1	1291.9	1128.4	1061.2
9.0	106.6	148.9	212.2	328.0	461.6	728.4	1204.2	1448.4	1265.0	1189.7
9.5	118.8	165.9	236.5	365.5	514.3	811.6	1341.7	1613.8	1409.5	1325.6
10.0	131.6	183.8	262.0	405.0	569.9	899.3	1486.7	1788.1	1561.8	1468.8
10.5	145.1	202.6	288.9	446.5	628.3	991.5	1639.0	1971.4	1721.8	1619.4
11.0	159.2	222.4	317.0	490.0	689.5	1088.2	1798.9	2163.6	1889.7	1777.2
11.5	174.0	243.1	346.5	535.6	753.6	1189.3	1966.1	2364.8	2065.4	1942.5
12.0	189.5	264.7	377.3	583.2	820.6	1295.0	2140.8	2574.9	2248.9	2115.1
12.5	205.6	287.2	409.4	632.8	890.4	1405.2	2322.9	2793.9	2440.3	2295.0
13.0	222.4	310.6	442.8	684.4	963.0	1519.8	2512.5	3021.9	2639.4	2482.3

Legend:
Green: No gap in the LNG tank
Yellow: Start of the gap in the LNG tank
Orange: Gap greater than 5 m² in the LNG tank

The results show that, in the case of methane tankers, it is expected that there will be no collision resulting in the rupture of one of the tanks of another docked methane tanker since the probability of impact with a ship, considered moving at a speed greater than 1.4 knots, is greatly reduced, even in the event that the docking approach system fails, considering that the experience that can be attributed to the skippers would allow them in all cases to avoid a possible approach to docking at such a high speed.

In the case of oil tankers and product ships, the maximum navigation speeds obtained from the analysis of AIS data, at dock distances of between 100 m and 150 m, are higher than those that could generate gaps in LNG tanks, therefore it is necessary to evaluate in greater detail this assumption of risk.

For this, the probability of collision is established for oil tankers and LPG in the report "Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990--2012 and assessment of safety level of ship types", from which Oil and product collision probabilities are in the range 10^{-3} - 10^{-4}. Accordingly, and considering that:

- These probabilities include those of collision during navigation and others, with higher frequencies than those associated with impacts against moored ships.
- In this case, according to what is indicated in the document "New criteria for navigation and towing for the Port and Ría de Ferrol", (February 2012), the pilotage is mandatory for the entry and exit of port of all ships with a tonnage equal to or greater than 500 GT, as well as the use of tugs (between one and four depending on the length) for all ships that enter docks with dangerous goods.

It can be considered that the indicated collision probabilities will be reduced below those that are admissible according to UNE EN 1473, and it is considered advisable, however, to modify the approach strategies for docking of ships operating in the FORESTAL terminal, so that the risks of its operation are reduced to levels as low as reasonably possible (ALARP levels).

4.2.1.2 LNG leak through loading arms

The leak or spill through the loading arms due to excessive movement of the ship, can occur for the following causes:

- Breakage of moorings.
- Environmental conditions.
- Effect of passage of ships.

According to the information included in the different references used in carrying out the study, the probability of a major spill occurring due to the failure of the mooring lines is 3.25E-12, so it can be considered negligible in principle. according to the criteria included in UNE EN 1473.

In the case of movements caused by adverse environmental conditions, the probability of a spill occurring is unknown, although it can be considered associated with a very low probability of occurrence, provided that the usual measures are applied to ensure a safe stay of the ship in the berthing, among which stand out:

- The availability of reliable environmental forecasts.
- The use of mooring schemes appropriate to the expected environmental conditions.
- Visual review of the state of the ship's mooring lines.
- Monitoring of the tension of the mooring lines.

In order to evaluate the effect of the passage of ships in front of the berthing, we start from the analysis of the AIS data indicated above, considering that said effect may be mainly caused by the following phenomena.

- The disturbance of the pressure field in the water that occurs around the ship in navigation, which generates certain forces and moments on the objects that are within this variable field (ships, berths, etc.), depending on their position and characteristics.
- The disturbance of the free surface, which generates two clearly distinguishable wave trains, one transverse to the ship and the other longitudinal.

For the analysis of the effect of the passage of ships due to the disturbance of the pressure field, the deterministic formulas proposed by Flory, in his study "A method for estimating passing ship forces", and by Seelig in his study "Passing Ship Effects on Moored Ships", which take into account the main dimensions and the draft of the ship in transit and the ship moored, as well as the speed of passage, the distance and the depth in the study area.

To assess the effect on the methane tanker, the capacity of the sway, drift and yaw mooring system is estimated, considering the following criteria:

- The number of moorings used by 140,000 m³ gas tankers is 16, in configuration: 2 bow lengths, 4 bow traverse, 2 bow springs, 2 aft springs, 4 aft traverse and 2 aft lengths.
- The number of moorings used by gas tankers of more than 140,000 m³ is 18, in configuration: 3 bow lengths, 4 bow traverse, 2 bow springs, 2 aft springs, 4 aft traverse and 3 aft lengths.
- The number of moorings used by small scale gas tankers is 10, in configuration: 3 bow lengths, 2 bow springs, 2 stern springs, and 3 aft lengths.
- The longitudinal forces are supported by the springs, the transverse forces by the traverses and lengths, and the yaw moment by traverses and lengths.
- A limit of the system's resistant capacity is established at 20% of the total, in order to take into account, the dynamic effects and ensure that movements are minimal. This value will be reviewed in the following phases of the study, when the final design of the terminal's mooring equipment is available.

Accordingly, and considering the minimum breaking load of the moorings with which each of the indicated ships operate, the following approximate limit values are obtained for the forces and moments that the mooring systems support, which must not entail excessive movements of ships.

Table 10. Limits of forces and moments associated with the mooring systems considered

Capacity(m³)	1,000 m³	6,500 m³	15,000 m³	140,000 m³	170,000 m³	Q-Flex	Q-Max
MBL (t)	25.0	27.0	60.0	135.0	135.0	135.0	135.0
Limit Longitudinal Force (t)	10.0	16.2	36.0	81.0	81.0	81.0	54.0
Limit Transversal Force (t)	7.5	13.0	28.8	162.0	189.0	189.0	189.0
Moment Limit (t·m)	288.0	715.4	2142.7	20412.0	25089.8	26790.8	29342.3

The results obtained for the forces and moments produced by the passage of the ships over the conventional gas tankers, according to the formula by Wang, are those shown in the following table.

Table 11. Forces and moments generated by passing ships for the largest gas ships under study (Wang)

Passing ship	Passage distance (m)	V (knots)	Moored ship	Long Force (t)	Transverse Force (t)	Moment (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	200	4	140,000 m³	11.5	56.7	2586.2
			170,000 m³	11	54.8	2327.6
			Q-Flex	10.1	51.4	2812.7
			Q-Max	8.2	45.1	2830.7

In view of the previous results, by comparison between the admissible forces and moments and those that have been estimated would generate the passage of ships, it is not expected that the moored conventional gas carriers should present significant movements due to this type of effect.

In the case of "small scale" ships, it is only possible to evaluate this effect on the 15,000 m³ ship (LOA = 155 m), according to the Seelig formula, given that the lengths of the ships in transit and moored must comply with a certain length ratio so that the formulas are sufficiently reliable. The results obtained in this case are:

Table 12. Limits of forces and moments generated by passing ships for a 15,000 m³

Passing ship	Passage distance (m)	V (knots)	Moored ship	Long Force (t)	Transverse Force (t)	Moment (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	200	4	15,000 m³	9.2	37.0	738.1

It is verified that the values of the transverse forces obtained exceed 30% of the established limits, therefore, these values are recalculated, increasing the passage distance of ships to 250m.

Table 13. Limits of forces and moments generated by passing ships for a 15,000 m³

Passing ship	Passage distance (m)	V (knots)	Moored ship	Long Force (t)	Transverse Force (t)	Moment (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	250	4	15,000 m³	4.9	18.7	373

In this case, it is observed that all the forces are below the established limits, so it is expected that, if the ship sails at a distance greater than 250m, excessive movements in the 15,000 m³ liner will not occur.

Regarding the waves generated by the passage of ships, this has been roughly evaluated using the formula proposed by ROM 2.0-11 (wake of Kelvin), for ships in transit at full load, which sail about 200 m from the berth, at speeds of 4 knots and 8 knots. The maximum wave heights, associated with the intersection between the transverse and divergent waves in the peak line, and the periods obtained, are respectively 0.12 m and 1.0 s m, and 0.46 m and 2.0 s.

As already indicated, the effect that this type of wave can have on berthed ships will be evaluated in greater detail in later phases of the study, although it is initially considered that it should not be relevant for conventional gas carriers.

In view of the previous results, it is considered in any case that the navigation of ships in the vicinity of the terminal could affect the future operation of the "small scale" ships that are expected to be received at the terminal. If this situation is verified, it would be necessary to apply measures such as those indicated below, to ensure that excessive movements of the moored ships will not occur.

- Use of mooring schemes with good transverse response capacity (drift).
- Use of loading arms that allow the widest possible range of ship movements.
- Restrict the minimum distances or the maximum speeds of passage in front of the moorings, for the different sizes of ships that operate in the area.

4.2.2 Main conclusions of the nautical risk analysis

The main conclusions of the analysis carried out are the following:

- The implementation of the new berth should not imply an inadmissible risk situation for ships that navigate the canal at distances greater than about 100m.
- The navigation of ships in transit through the channel, at the distances and speeds at which it has been carried out, generally more than 200 m and less than about 8 knots, should not pose a risk situation for conventional ships that can operate in REGANOSA berths.
- The navigation of ships through the channel, at distances of less than about 250 m, can cause problems, depending on their speed, for small-scale ships docked at the REGANOSA terminal, and this situation must be analyzed in detail using numerical models. advanced in later Project phases.
- Regarding the distances between the moored ships, it is considered that they can approach the recommended minimums for commercial ships of any type, of more than 300m in length, resulting from 30m.
- The manoeuvres of turning, docking and leaving in normal operating conditions, and those of leaving and anchoring in emergency conditions, are considered viable.
- Without resorting to the dredging of certain areas inside the estuary, it is not possible to have adequate anchorage areas for larger ships, valid for all weather conditions.
- Alternatively, the possibility of using four different possible anchoring positions is considered, valid for different climatic situations.

4.3. Risks associated with the operation of the equipment

This section evaluates the risks associated with the operation of the industrial equipment involved in loading and unloading ships.

As indicated, the analysis carried out is fundamentally based on the risk studies carried out previously, which, based on the initiating events considered in each of them, have been grouped into the following.

- Quantitative risk study developed by EQE (2003), complemented by the additional evaluation of consequences included in the study developed by ALATEC PROES (2003), based largely on the previous one.
- Quantitative risk analysis (2007) and risk analysis (2016) developed by Tips.

The development of the risk assessment is developed in **Annex 3**, in paragraphs 8.1 to 8.4, the results and the evaluation of consequences thereof are presented below.

4.3.1 Probability of presentation of risk scenarios

4.3.1.1 EQE Study

The following probabilities of presentation of the risk scenarios indicated for the discharge rates that entail significant spill volumes are obtained.

Table 14. Annual probabilities of occurrence of the identified risk scenarios (EQE)

Risk assumption	Spill (kg)		Scenario	Probability
	Risk	Kg		
PERC failure	Medium	100	Puddle fire/fireball	1.00E-04
			Cloud fire	6.00E-04
Tank manifold failure	Medium	900	Puddle fire/fireball	1.04E-07
			Cloud fire	6.24E-07
	High	42,570	Puddle fire/fireball	1.04E-08
			Cloud fire	6.24E-08
Failure in 16" arm pipe	Medium	100	Puddle fire/fireball	1.55E-06
			Cloud fire	9.33E-06
	High	4,730	Puddle fire/fireball	1.55E-07
			Cloud fire	9.33E-07
Failure in 16" valve/arm flanges	Medium/high	900	Puddle fire/fireball	6.90E-07
			Cloud fire	4.14E-06
Arm joint failure	Medium/high	900	Puddle fire/fireball	2.90E-06
			Cloud fire	1.74E-05
24" pipe failure in terminal manifold	Medium/high	900	Puddle fire/fireball	1.73E-05
			Cloud fire	1.04E-04
Manifold valve / flange failure	Medium	900	Puddle fire/fireball	1.04E-06
			Cloud fire	6.22E-06
	High	42,570	Puddle fire/fireball	1.04E-07
			Cloud fire	6.22E-07
Fallo en válvulas/bridas del manifold	Medium/high	900	Puddle fire/fireball	2.22E-06
			Cloud fire	1.33E-05
Failure in the instrumentation or the flash drum of the manifold	Medium/high	900	Puddle fire/fireball	9.49E-08
			Cloud fire	5.70E-07
42″ pipe failure″	Medium	990	Puddle fire/fireball	1.18E-06
			Cloud fire	7.08E-06
	High	42,600	Puddle fire/fireball	1.15E-07
			Cloud fire	6.91E-0.7
42″ pipe flange/valve failure	Medium/high	600	Puddle fire/fireball	1.50E-07
			Cloud fire	8.98E-07

4.3.1.2 Tips Study

The annual appearance probabilities of the risk scenarios considered in this case, obtained in accordance with what is indicated in the previous sections, are shown below.

Table 15. Annual probabilities of occurrence of the identified risk scenarios (Tips)

Risk assumption	Spill (kg)	Scenario	Probability
	Kg		
BR-SHIP/01	1,944	Puddle fire	2.95E-05
		Cloud fire	1.70E-05
BR-SHIP/02	61,836	Puddle fire	2.95E-06
		Cloud fire	1.70E-06
UNLOADING/01	8,598	Puddle fire	1.87E-06
		Cloud fire	1.08E-06
UNLOADING/02	179,868	Puddle fire	3.74E-07
		Cloud fire	4.84E-07
RET-VAP/01	24	Puddle fire	1.00E-05
		Cloud fire	9.80E-06
RET-VAP/02	665	Puddle fire	2.00E-06
		Cloud fire	1.96E-06

4.3.2 Assessment of consequences

Based on the climate conditions considered, developed in Annex 3, paragraph 8.5.1, modelling of the effects caused by the analyzed risks is carried out, obtaining the following results.

4.3.2.1 EQE/ALATEC-PROES Study

Simulations were carried out in both studies for the climatic conditions called F2 (Vv=2 m/s) representative of a neutral situation, and D5 (Vv=5 m/s), representative of a moderately stable situation, indicated above.

The results obtained after applying the indicated scattering and radiation models are presented below.

Table 16. Distances (m) associated with discharges and filing thresholds considered by EQE

Spill (kg)	Duration (s)	Weather stability	Radiation level (kw/m²)		
			8.3	14.4	20.9
	10	F2	42	31	25
		D5	50	43	36
600	60	F2	44	32	25
		D5	52	46	38
900	90	F2	43	32	25

Spill (kg)	Duration (s)	Weather stability	Radiation level (kw/m²)		
			8.3	14.4	20.9
		D5	52	45	38
4,730	10	F2	116	86	70
		D5	145	118	100
42,570	30	F2	196	148	116
		D5	232	175	160

Table 17. Distances (m) associated with discharges and filing thresholds considered by ALATEC PROES

Spill rate (kg)	Weather stability	Radiation level (kw/m²)			
		5.05	12.6	21.1	31.5
0.1	F2	4.3	3.2	2.5	1.8
	D5	4.5	3.7	3.3	2.8
10.0	F2	56.1	35.7	26.6	20.4
	D5	60.7	45	38	32.7
473.0	F2	173.3	110.5	82.4	63.6
	D5	197	141.6	116.1	97.9
1,420.0	F2	253.4	161.5	122.4	96.7
	D5	285.1	200.6	163.8	138.2

4.3.2.2 Tips Study

Simulations have been carried out for the climatic conditions called F2 (Vv=2 m/s) representative of a neutral situation, and D4 (Vv=4m/s), representative of a moderately stable situation.

The results obtained after applying the indicated scattering and radiation models are presented below.

Table 18. Distances (m) associated with the different discharges and filing thresholds considered by Tips

Spill rate (kg)	Radiation level (kw/m²)							
	3	5	7	10	12	14	22	28
16.2	84	70	62	55	51	48	40	37
515.3	125	104	91	82	75	71	60	53
71.7	152	126	110	95	89	84	70	63
1,498.9	216	173	150	128	119	111	91	82
0.2	10	8	6	4	3	2	7 (*)	
5.5	46	34	27	19	12	6	32 (*)	

(*) Range of flame

4.3.2.3 Assessment of the results obtained

Next, the evaluation of the results obtained is developed, based on the acceptability values set forth in **Annex 3**, paragraph 8.6.

In order to assess the type of consequence associated with the different risk scenarios considered, the following death probabilities have been used independent on the level of thermal radiation considered in each case.

Table 19. Death probabilities for different levels of thermal radiation (30s of exposure)

Thermal radiation flux (kW/m^2)	Death probability
7.2500	0.0100
8.2800	0.0300
11.8000	0.2000
14.3600	0.5000
20.8900	0.9000

The number of people and the working hours adopted in each area are those shown in the following table.

Table 20. Number of people depending on the distance to the point of unload and working hours

Situation	Company	Distance to spill point (m)							
		25	50	75	100	125	150	175	200
Terminal	Reganosa Operation/Ship (1)	8	10	10	10	12	12	15	15
Terminal	Other Reganosa areas (2)	0	0	0	0	2	2	25	40
Terminal	Other (2)	0	0	2	2	2	2	4	6
Exterior	Forestal and other (2)	0	0	2	10	15	20	30	40

(1) Always present during loading / unloading operations

(2) Workday equivalent to 1,850 hours per year

With all this, and based on the results collected in the previous section, corresponding to the studies carried out by EQE and ALATEC-PROES, and by Tips, the following risk levels are obtained for the different areas adjacent to the location of the possible spills, identified based on the distances at which a variation of the probability class defined in UNE EN-1473 occurs.

The types of consequences, in terms of the expected casualties, are mainly valued based on the extent of cloud ignition flares, for which a mortality of 100% inside the clouds has been considered, as indicated previously.

The results of the probability analysis are presented in Annex 3 in paragraph 8.7, represented graphically in Annex 4 of said document, observing that in none of the cases the acceptability values are exceeded.

4.3.3 Main conclusions of the equipment operation risk analysis

The main conclusions of the evaluation of the risks associated with the operation of the industrial equipment included in the ship-berth interface are the following:

- Based on the risk levels indicated in the previous section, the implantation of the new berth is considered viable, since no facilities or elements outside the plant that could be subject to unacceptable risk levels are identified, nor is it

expected in principle a number of casualties such that it is incompatible with said risk levels.

- Based on the distances of possible effect evaluated, it is considered that loading-unloading operations can be carried out simultaneously in the two REGANOSA berths.
- According to the analyzed information, and given the characteristics of the LNG, no environmentally sensitive areas have been identified in the vicinity of the Project, which could be significantly affected by the implementation of the new berth.

4.4. Measures to improve the safety of berthed ships

This chapter defines the additional measures to improve the safety of berthed ships that are recommended to apply to the operation of the new berth, beyond the necessary fire detection, protection and defence systems, which correspond well to the implementation of certain systems or equipment, or the procedures to be followed during the operation and permanence of ships in berths.

In order to determine these safety measures, based on the analysis carried out, described in the previous sections, the recommendations included in the "UNE-EN ISO 28460 Petroleum and natural gas industries" standard have been considered. Installation and equipment for liquefied natural gas.", In the OCIMF publications "Mooring Equipment Guidelines 4" (MEG 4), and PIANC's "Design of Small to Mid-Scale Marine LNG Terminals Including Bunkering", and those derived from standard practice in LNG terminals.

Accordingly, the following systems are identified to improve the safety of docked ships:

- Aid system for approaching ships to berthing
- Mooring load monitoring system
- Process stop systems for the loading arms
- Emergency disconnection systems for the loading arms
- Communication systems with ships
- Monitoring system for environmental conditions

4.5. Main conclusions and recommendations

The main conclusions and recommendations reached based on the analysis carried out are the following.

- The implantation of a new berthing under the conditions defined in this study is considered viable, both from the point of view of the safety of nautical operations, and from the point of view of the safety of the operation of the equipment of process included in the ship-berthing interface, also considering the feasibility of carrying out simultaneous loading-unloading operations in the two REGANOSA berths.
- Given that certain types of ships, generally military, sometimes sail at distances from the berth, around 150 m, and at relatively high speeds (greater

than 8 knots), it is recommended to establish a minimum safety distance, in order to reduce the possible risks of collisions and the effect on moored ships, as much as is reasonably possible.

- The possibility of using four different anchoring positions, valid for different climatic situations, which also allows the simultaneous anchoring of two REGANOSA ships is proposed.
- Since the limitations for the navigation of methane tankers during the access and exit of the estuary, they are established for normal operating conditions and are conditioned both by the need to have a sufficient water level, and by the fact that, in depending on the tidal situation, the currents are sufficiently reduced, it is also recommended that a detailed study be undertaken in order to determine under what conditions of load of the ships, tidal levels and current and wind intensities, it would be possible to abandon the bay and go to the anchorage of the Outer Port or open sea, including the results of the studies indicated in the terminal's emergency procedure.
- According to the analysed information, and given the characteristics of the LNG, there are no environmentally sensitive areas in the vicinity of the Project that could be significantly affected by the implementation of the new berth.

5. Study of the quick release hook system and fenders

This study presents the configuration of quick release hook systems and fenders, including the following aspects:

- Sizing of the fenders and the corresponding shields based on the calculation of the energy developed by the ships during berthing.
- Design of the mooring configuration proposed for each of the ships in the fleet.
- Sizing of quick release hooks based on the maximum expected mooring throws according to these configurations.
- Evaluation of possible interferences between the different elements of the berthing and mooring system.
- Evaluation of possible interferences with the different elements of the berthing and mooring system of the adjacent berths of Forestal del Atlántico.

The evaluation of the behaviour of the moored ships, according to the indicated mooring configurations, has been carried out by means of static analysis carried out with the Optimoor model, for seven representative ships of the fleet.

In the design of the indicated quick release hooks and fender system, it has been taken into account that the berth will share a good part of the dock line with the ships that operate in the western position of Forestal del Atlántico, having previously considered, using the available information, the possible interferences that can be generated with said ships and the mooring elements that they use.

5.1. Main features of the new berth

The main characteristics of the new berthing are defined in paragraph 3.2 of this document, however, regarding the operation of small-scale ships, it is considered preferable that it be carried out by using independent loading arms, given that these equipment have greater safety than flexible cryogenic hoses, by their very nature, and as they can be equipped with the safety systems indicated for the loading arms of conventional ships (PERC, ERS, etc.), although hose connections are currently equipped with quick coupling systems and emergency disconnection systems, generally on the land side, assimilable to a certain extent to the previous ones.

5.2. Sizing the fender system

5.2.1 Fenders

The sizing of the fenders is carried out by determining the kinetic energy developed by the ships during the docking manoeuvres, so that the selected fenders can absorb this energy.

For this dimensioning, the methodology proposed by ROM 2.0-11 has been followed, considering in all cases lateral or side berthing manoeuvres, by means of preponderant transverse translation, in continuous berthing works.

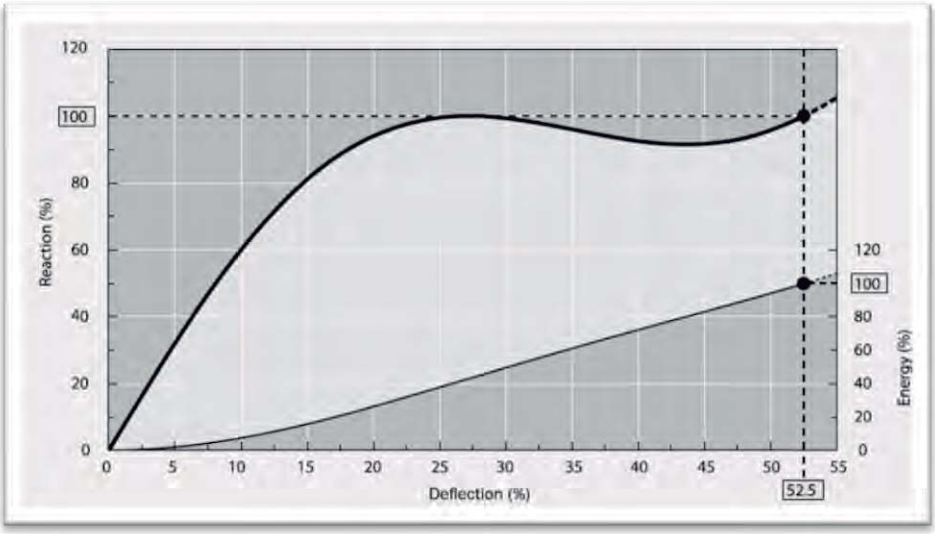
The following table shows the energies associated with the berthing of each of the project ships:

Table 21. Design docking kinetic energies

Ship	Capacity (m^3)	V_b (m/s)	Energy to absorb (E_f) (kN·m)	Design energy (kN·m)
Oizmendi	650	0.1	17.72	35.4
Coral Methane	7,500	0.1	38.23	76.5
Coral Favia	10,000	0.1	55.21	110.4
Coral Energy	15,600	0.1	58.56	117.1
Sestao Knutsen	138,000	0.1	396.39	792.8
Yamal Spirit	174,000	0.1	460.54	921.1
Al Utoriya	215,000	0.1	521.23	1042.5
Zarga	266,000	0.1	787.09	1574.2

Based on these results, and in order to maintain the greatest possible similarity with the equipment of the existing West Berth, it was decided to arrange SCK 1450 cell-type cylinder fenders, with a grade 2.2 elastomer quality, according to the manufacturer's Trelleborg catalogue, whose energy absorption capacity at 52.5% of its deflection, as can be seen in the following figure, results from 805.6 kNm, with a reaction of 1264.6 kN.

Table 22. Characteristic curves of the SCK 1450 fender



Said fenders are arranged in double vertical units, according to a configuration similar to that of the existing fender system, and it can be considered that the system will have a total energy absorption capacity of 1611.2 kN·m.

Although the berthing energies corresponding to the different ships in the Forestal del Atlántico fleet have not been analyzed in detail, it can be considered, given their characteristics, that the indicated fenders will also be valid for said ships, provided that the manoeuvres are carried out in favourable environmental conditions, and that ships with more than 10,000 TPM will carry out these manoeuvres with the support of tugs.

5.2.2 Shields

To dimension the shields of the fenders, the maximum admissible values for the pressures on the hull of ships are recommended, as recommended in table 4.6.4.42 of ROM 2.0-11, which, in the case of gas ships, are 200 kN/m².

Accordingly, and evaluating the most unfavourable situations corresponding to each ship, considering the levels at which the fenders can be installed, the tidal race in the project area, and the freeboard of the project ships themselves, it is decided to arrange finally a shield of 4.0x5.5 m, whose axis is located at the +3.3 m level with respect to the zero of the port, as shown in the following figure, which limits the maximum pressure in the most unfavourable case to 115 KN/m2.

This shield will ensure that the lowest freeboard ship (1.08m at full load) will have a minimum contact height with the hull, of around half a meter, in the most unfavourable loading and tidal situations.

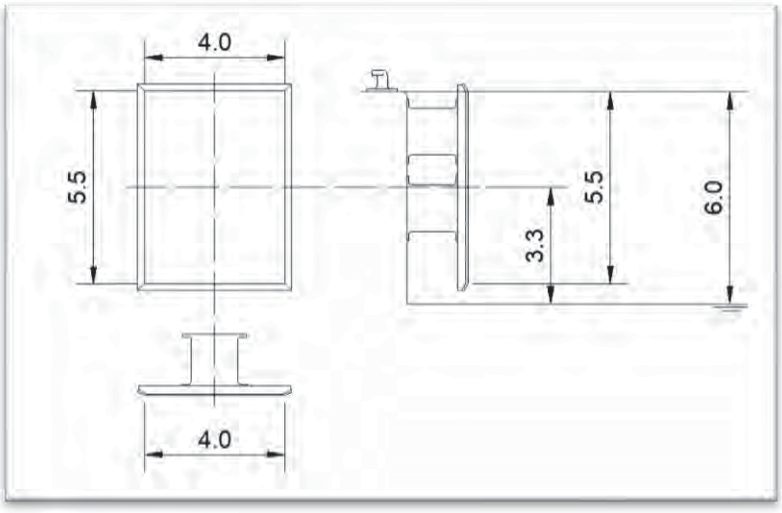


Figure 18. Dimensions and location of the fender assemblies (water level ≈ level 0)

Taking into account that for some tidal situations and loading of smaller ships, the deck may be below the quay height, making the mooring contact with the upper part of the shields, it is recommended that the edge of the shields have a rounded bevel based on a material with a low coefficient of friction, which minimizes friction with the ties, improving their durability.

The corresponding support and reaction chains will be installed anchored to the shields and to the cantilever beam of the dock, so as to ensure the proper functioning of each of the defined sets of fenders.

5.2.3 Distance between sets of fenders

Finally, the separation between the sets of fenders is determined.

For these purposes, and although ROM 0-2.90 generally recommends that, in the case of continuous docks, the distance between fenders does not exceed 0.15·L-0.17·L, with L being the smallest length of ships expected in the berthing, neither 12-17 m in absolute value, it is considered that the fact that the ships always dock in the same position, conditioned in any case by the position of the loading arms,

allows to adopt greater separations (as happens also in the existing West Berth, in which the separation between fenders varies between 20 m and 27 m).

Thus, the maximum separation distance between the sets of fenders is determined according to the general formula contained in ROM 2.0-11, which will ensure that in no case does the ship come into contact with the dock during the berthing, since it takes into account the compression of the fenders and the radius of curvature of the hull, as shown in the following figure.

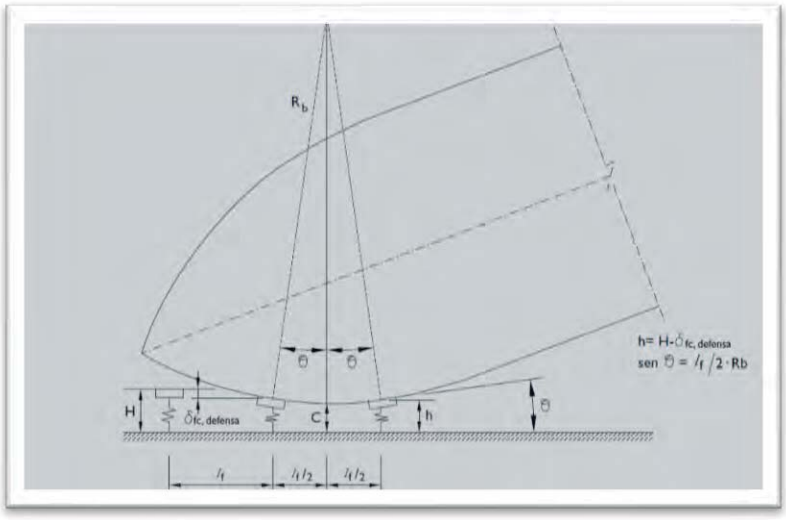


Figure 19. Maximum distance between isolated fenders in a continuous docking system

The distances between the sets of fenders obtained are:

	Loa (m)	B(m)	l_f (m)
Oizmendi	80.0	15.0	20.2
Coral Methane	117.8	18.6	25.0
Coral Favia	137.1	19.8	31.4
Coral Energy	155.0	22.7	33.2
Sestao Knutsen	284.4	42.0	42.5
Yamal Spirit	294.0	47.5	39.1
Al Utoriya	315.2	50.0	40.8
Zarga	345.3	53.8	40.3

Figure 20. Maximum distance between isolated fenders

In view of the indicated results, it is selected as the maximum distance between fenders 20 m.

5.3. Sizing of quick release hooks

In accordance with UNE-EN ISO 28460 "Petroleum and natural gas industries Installation and equipment for liquefied natural gas Ship-to-shore interface and port operations" the installation of quick release hooks in LNG terminals is mandatory. The purpose of their installation is the possibility of releasing the ship's moorings

quickly and remotely, so that, in an emergency, the ship can leave the terminal in the shortest possible time.

To determine the workload of the hooks, the criteria established in MEG4 are considered, which indicates that each hook nail must have a workload at least equal to the highest of the minimum breaking loads (MBL) of the lines. of the fleet of ships using the berth.

In accordance with this criterion and considering the minimum breaking loads of the moorings of the design fleet a workload of 70 t is assigned to the nails of the hooks used for mooring the ships " small scale", and 150 t for conventional ships.

In order to facilitate the handling of the mooring lines of the ships, all the hooks will be equipped with winches.

The quick release hooks will be double or triple and, analysing the necessary turning angles, it has been enough that they have gaps similar to those of the hooks installed in the existing West Berth.

5.4. Location of the berthing and mooring system elements

Once the fenders and quick release hooks have been dimensioned, the best location for them is analysed, in order to ensure the proper behaviour of the moored ships, both under operating conditions and when staying in berths.

As already indicated, the evaluation of the behaviour of the moored ships has been carried out by means of static analysis with the OPTIMOOR model, developed by Tension Technology International, which allows to properly characterize the mooring system, considering, among other parameters, the mooring lines of the ship by its length and its tension-elongation curve (including the sections between the flaps and the winches of the ships), the cylindrical body of the ship, and the sets of fenders, characterized by their deflection-reaction.

Among other results, the model provides, the movements of the ship in the horizontal plane (sway, drift and yaw), the stresses in each of the moorings, the deflection of the fenders and the loads in each of the quick release hooks, which are compared with the established acceptance criteria.

Given the wide range of sizes of ships that will operate in the berthing, it is especially important to analyse the possible interferences that may occur between the lines used by each of the ships, the different elements of the system and the structures or elements that already exist in the terminal, which includes the Forestal del Atlántico facilities.

Accordingly, an iterative process has been followed in which the position of the docking and mooring system elements, and the arrangement of the lines of each of the ships, have been successively varied, until reaching a configuration that has resulted valid for all of them.

The results obtained from the behaviour study of the seven representative ships of the selected fleet, carried out using OPTIMOOR, corresponding to the final configuration, are presented below.

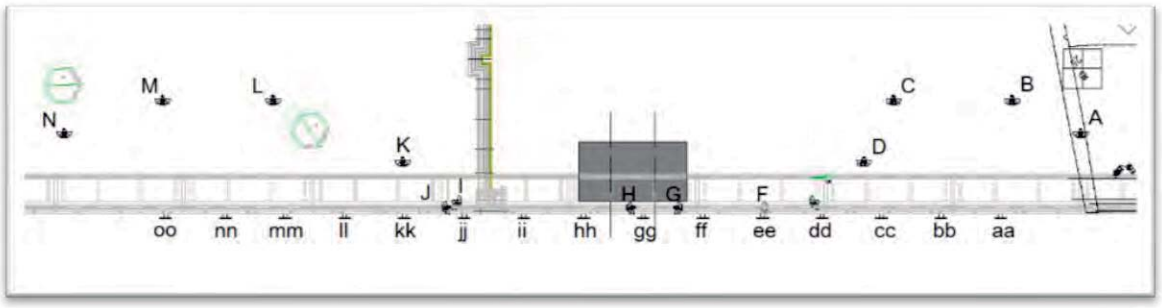


Figure 21. Plan configuration of the selected berthing and mooring system

Table 23. Features of selected quick release hooks

QRH	Type	Workload (ton / nail)	QRH	Type	Workload (ton / nail)
A	Triple	150	H	Double	70
B	Triple	150	I	Triple	70
C	Triple	150	J	Double	150
D	Triple	70	K	Triple	70
E	Triple	70	L	Triple	150
F	Double	150	M	Triple	150
G	Double	70	N	Triple	150

5.4.1 Assessment of the behaviour of moored ships

Through the analysis carried out, the static balance of the ship is calculated before certain constant external forces, which in this case are those associated with the action of wind and current. As a result of the calculation, OPTIMOOR provides, among other results, the movements of the ship in all planes (sway, drift and yaw), the mooring forces, the deflection of the fenders and the loads on the quick release hooks, which are compared with acceptance or rejection criteria of ROM 2.0-11 and MEG4 and OCIMF as explained in paragraph 7.1 of **Annex 4**.

In the case of the fenders, given that the mooring cover of some of the "small scale" ships remains, in certain load situations, below the dock's edge, it has been tried that possible interferences with moorings that may occur are as few as possible.

In the case of conventional ships, the number of moorings to be used has been taken into account, required by the safety regulations for the entry, berthing, undocking and departure of gas ships in the Ferrol Estuary included in the document "Translation of safety norms for gas carrier entrance, berthing, unberthing and departure from Ferrol Bay (Dec 23rd, 2013)", as detailed below.

- Membrane-type gas tankers of up to 280 m in length and up to 44 m in beam with a capacity of around 138,000 m^3 of capacity will use at least 16 mooring lines.
- Membrane-type gas ships of up to 346 m in length and up to 54 m in beam with a capacity of around 138,000 m^3 of capacity will use at least 18 mooring lines.

As previously discussed, conventional ships are positioned with the centre of their manifold aligned with the arm of the vapor line, located 40.0 m west of the axis of the existing Forestal del Atlántico platform, while ships "Small scale" are located by aligning their manifold 15.0 m west of said vapor line.

The mooring schemes used for the Yamal Spirit, which represents the most common type of ship that operates with Reganosa, are described below, as well as the mooring scheme of the other ships studied is developed in **Annex 4**.

5.4.1.1 174,000 m³ ship. Yamal Spirit

The mooring scheme used for the study of the Yamal Spirit ship consists of 18 lines.

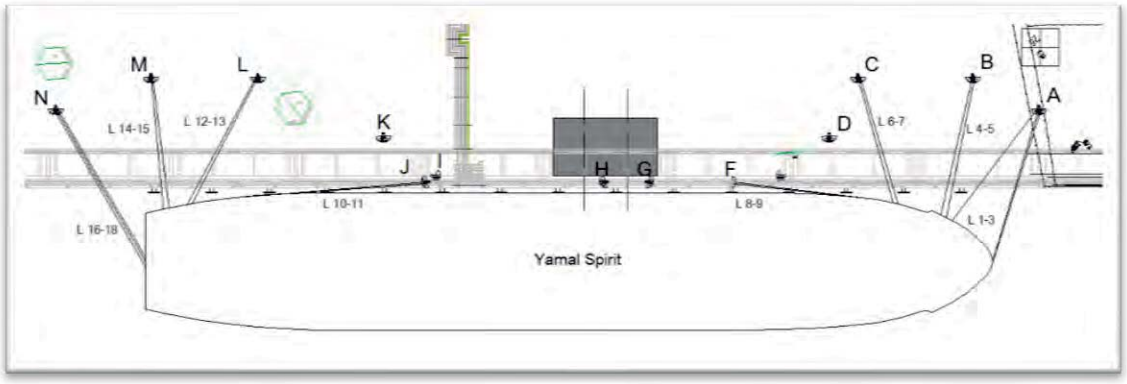


Figure 22. Yamal Spirit ship mooring scheme (174,000 m³)

The following tables show the pretension applied to each of the lines, the maximum and minimum vertical angles and the main results obtained in the calculations made with OPTIMOOR.

Table 24. Pretensions and vertical angles of mooring lines. Yamal Spirit Ship (174,000 m³)

Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Pretension (t)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Maximum Angle (°)	15	16	17	17	17	18	19	19	20	14	13	12	12	13	13	10	10	9
Minimum angle (°)	8	9	9	9	9	10	10	10	11	7	7	4	4	4	4	3	3	3

Table 25. Main results of static calculations. Yamal Spirit Ship (174,000 m³)

Loading situation	Ballast					Load				
Tidal level (m)	4.4					-0.05				
Vv (knots)	60					60				
Direction	All					All				
Vc (knots)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Direction (°)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
Line ID /QRH ID	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N
Tension (ton)	49.5	52.5	50.6	53.3	49.2	43.1	46.5	45.8	50.1	41.5
% MBL	40	42	40	43	39	35	37	37	40	33

Loading situation	Ballast					Load				
Tidal level (m)	4.4					-0.05				
Vv (knots)	60					60				
Direction	All					All				
Vc (knots)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Direction (°)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
Sway-Bow (m)	0.65	0.88	0.71	0.81	0.75	0.49	0.73	0.58	0.63	0.6
Sway-Stern (m)	0.67	0.49	0.63	0.54	0.59	0.61	0.40	0.53	0.48	0.52
Drift-Port (m)	0.16	0.16	0.15	0.81	0.16	0.14	0.14	0.12	0.14	0.15
Drift-Starboard (m)	0.74	0.75	0.77	0.54	0.71	0.60	0.61	0.69	0.68	0.54
Fender ID	kk	kk	kk	kk	kk	ff	ll	ll	ff	ff
Reaction (ton)	139.0	139.0	139.0	138.0	139.0	110.0	110.0	112.0	110.0	116.0
Deflection (m)	0.25	0.26	0.26	0.25	0.26	0.18	0.18	0.18	0.15	0.19
Deflection (%)	17	18	18	17	18	12	12	12	10	13
ID	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tension (ton)	147.5	155.8	150.4	158.4	146.6	128.6	138.2	136.2	149.0	123.6
% SWL	33	35	33	35	33	29	31	30	33	27

From the results tables it is extracted that both the vertical angles and the mooring stresses, as well as the movements of the ship and the deformations of the fenders, are below the established limits.

According to the calculated vertical angles, interference of the 174,000 m³ ships' mooring lines with the berth will not occur.

5.4.2 Analysis of possible interferences

During the process of defining the berthing and mooring systems used, the possible interferences of the mooring lines have been evaluated in the following cases:

- Contact of the mooring lines with the berth edge
- Interference of mooring lines with new fenders
- Interference of mooring lines with existing bollards
- Interference with the lines of the ships of the Eastern berth of Forestal del Atlántico

When possible, possible interferences have been eliminated during the docking and mooring systems design process, considering possible additional measures to avoid or minimize said interferences in the remaining cases, as described in paragraph 7.2 of **Annex 4**.

5.5. Installation of hooks and fenders

The fenders will be fixed to the cantilever beam, by means of appropriately dimensioned anchor bolts, together with the corresponding support and reaction chains, to ensure, as already indicated, the proper functioning of each of the sets of fenders.

Depending on their position, the quick release hooks will be fixed to the cantilever beam, also using appropriately dimensioned anchor bolts. In these cases, given the lack of space available to install these elements and the need to reinforce the structure, it is expected that demolition of part of the existing concrete will be required, and that the beam will be reinforced at the rear by means of new concreting. In the case of the J hook, it will also be necessary to fill a small section of the service gallery that runs longitudinally along the pier, in order to achieve the necessary strength for anchoring said hook.

In the rest of the cases, the hooks are fixed to anchor beds whose crown height will coincide in principle with the level of the esplanades. The dimensions of these anchor beds are preliminarily determined by verifying their stability against sliding, for the maximum mooring draft expected in each case, neglecting, on the safety side, the active thrust of the terrain in which they will be embedded.

5.6. Summary

A berthing and mooring system has been defined, valid for all ships in the required user fleet, consisting of 15 sets of fenders and 14 quick release hooks.

The fender assemblies will consist of two SCK 1450 type modules, quality 2.2, arranged vertically, 20 m apart, with a maximum energy absorption capacity and reaction of 2529.2 kN and 1611.2 kN·m respectively (at 52.5% of deflection), and by a shield of 4.0 x 5.5 m2, whose axis is located at +3.3 m above zero of the port.

Alternatively, in order to avoid the possibility that interferences may occur between the moorings of the smaller ships and the fenders, the possibility is that the SCK 1450 type modules, quality 2.2, are arranged horizontally, with a 5.5 x4.0 m2 shield whose axis would be located at the +3.0 elevation, and with the same separation between the fender assemblies.

The quick release hook system consists of 6 triples 150-ton hooks, 4 triples 70-ton hooks, 2 double 150-ton hooks and 2 double 70-ton hooks.

6. Conclusions

The main conclusions reached from the studies included in the project are summarized below.

After the study of alternatives carried out, the following location for the new berth has been selected. Alternative 1 is presented as the most favourable, in which the berth axis of the mooring is located 40.0m west of the pipe rack of the western berth of Forestal del Atlántico.

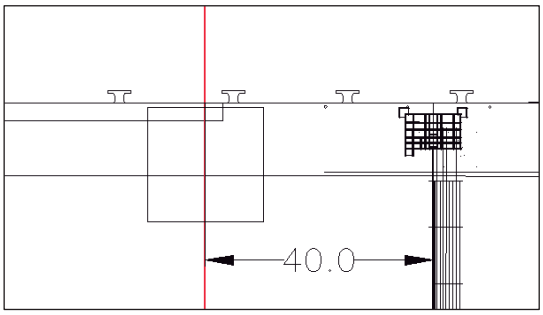


Figure 23. Alternative 1 for the location of the new berth.

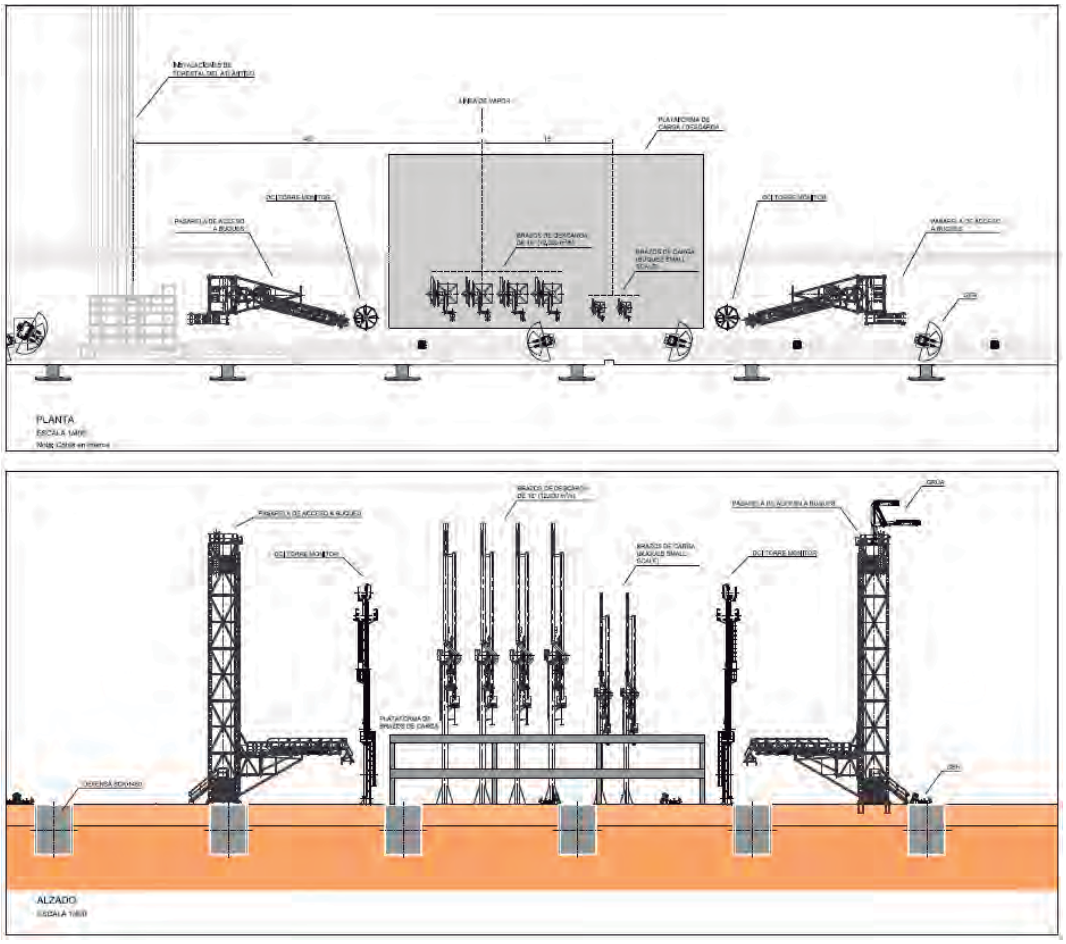


Figure 24. General Plot Plan of the New Berth

The main conclusions that can be drawn from the risk analysis developed in section 4 are described below.

- The implantation of a new berthing under the conditions defined in this study is considered viable, both from the point of view of the safety of nautical operations, and from the point of view of the safety of the operation of the equipment of process included in the ship-berthing interface, also considering the feasibility of carrying out simultaneous loading-unloading operations in the two REGANOSA berths.
- The possibility of using four different anchoring positions, valid for different climatic situations, which also allows the simultaneous anchoring of two REGANOSA ships is proposed and developed in the current study.
- According to the analysed information, and given the characteristics of the LNG, there are no environmentally sensitive areas in the vicinity of the Project that could be significantly affected by the implementation of the new berth.
- The rest of the relevant conclusions of each study are indicated in the final section of each chapter (please refer to **Section 3.6**, **Section 4.5** and **Section 5.6** of the present document).

Finally, in the study of the quick release hook system and fenders, the final configuration of the new berth is established, studying all the possible interferences with the existing infrastructures and proposing the measures to adopt to eliminate said interferences. The result is as shown in the figure below.

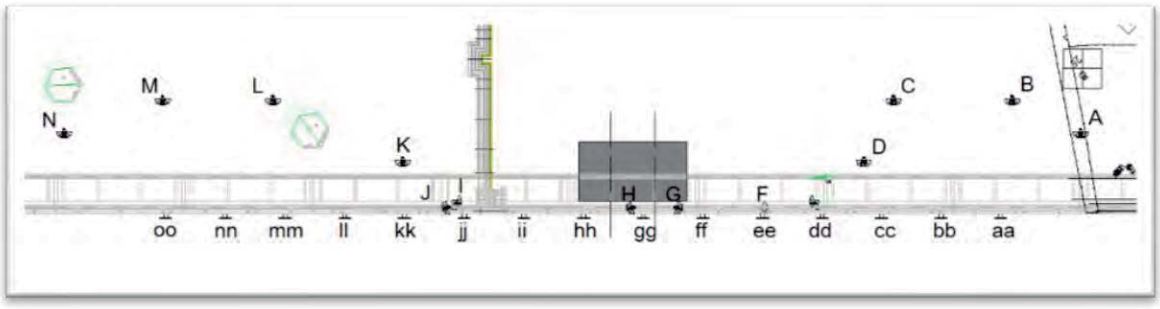


Figure 25. Plan configuration of the selected berthing and mooring system

7. References

UNE-EN 1473: 2017 (Installation and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations)

UNE-EN ISO 28460: 2011 (Petroleum and natural gas industries - Installation and equipment for liquefied natural gas - Ship-to-shore interface and port operations)

UNE-EN ISO 20519: 2017 (Ships and marine technology - Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels)

ISO / TS 16901: 2015 (Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship / shore interface)

NFPA 59A: 2019 (Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG))

ROM 2.0-11 (Design and construction of Berthing & Mooring Structures)

ROM 3.1-99 (Maritime Port Configuration Design: Approach channel & Harbour basin)

PIANC 116-2012 (Safety Aspects Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals)

PIANC 153-2016 (Recommendations for the Design and Assessment of Marine Oil and Petrochemical Terminals)

PIANC: "WG 172: Design of Small- to Mid-Scale Marine LNG Terminals Including Bunkering".

OCMIF: "Mooring Equipment's Guidelines 4 (MEG4)".

Study on naval manoeuvres and security for the REGANOSA LNG terminal, in Mugardos. Point 3. Risk study. Part 3. LNG transport and discharge risk analysis (Marin and EQE for Delft H. / Marin, 2003)

Risk and security study at the ship-to-shore interface of the REGANOSA LNG plant in Mugardos (ALATEC-PROES, 2003)

Security report. Quantitative risk analysis (QRA) of the Mugardos storage and regasification terminal (Tips, 2007)

External Emergency Plan: Punta Promontorio Industrial Complex (Xunta de Galicia, 2013)

Security report. Risk analysis (AR) of the Mugardos storage and regasification terminal (Tips, 2016)

8. List of Acronyms and Abbreviations

ALARP	As Low As Reasonably Practicable
CIRIA	Construction Industry Research and Information Association
DTM	Digital Terrain Model
ERS	Emergency Release System
LNG	Liquid Natural Gas
ISO	International Organisation for Standardisation
LOA	Length Over All
MBL	Minimum Breaking Loads
MEG4	Mooring Equipment's Guidelines 4
NFPA	National Fire Protection Association
OCMIF	Oil Companies International Marine Forum
PIANC	Permanent International Association of Navigation Congresses
PERC	Powered Emergency Release Coupler
QRS	Quick Release System
REDMAR	RED de MAReografos de Puertos del Estado
ROM	Recomendaciones para Obras Marítimas
UNE	Una Norma Española
UTM	Universal Transverse Mercator

9. Annexes

Annex 1. Topobathymetric survey of the entrance channel to the Port of Ferrol

Puerto de Ferrol

Autoridad Portuaria de Ferrol-San Cibrao

NOVIEMBRE 2018

LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO DEL CANAL DE ENTRADA AL PUERTO DE FERROL

TECNOAMBIENTE

A TRADEBE COMPANY

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4

2 OBJETIVOS 5

3 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 6

3.1 Localización geográfica 6

4 RELACIÓN DE EQUIPOS EMPLEADOS 7

4.1 Equipos de batimetría 7

4.2 Software de edición de datos 7

5 SISTEMA GEODÉSICO 7

5.1 Sistema de referencia planimétrica 8

5.2 Sistema de referencia altimétrica 9

6 METODOLOGÍA 11

6.1 Levantamiento batimétrico con ecosonda multihaz en playas. 11

6.1.1 Proyecto de líneas. 11

6.1.2 Equipos e instalación. 11

6.1.3 Perfil de velocidad del sonido en la columna de agua. 12

6.1.4 Calibración de la ecosonda multihaz. 14

6.1.5 Adquisición de datos. 15

6.1.6 Edición de los datos batimétricos. 16

7 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 17

8 FIRMAS 23

ANEXO I. Descripción técnica de los equipos.

ANEXO II. Cartografía

TABLA DE CONTENIDOS

Figura 1.1. Diferencias entre ecosonda multihaz (izquierda) y la ecosonda monohaz (derecha) 4

Figura 3.1. Localización de la zona de estudio. (Fuente: Google Earth). 6

Figura 3.2. Canal de entrada al puerto de Ferrol delimitado en color magenta. 6

Figura 5.1. Relación del cero hidrográfico y el nivel medio del mar en Alicante en el mareógrafo de Ferrol 2. 10

Figura 6.1. Esquema del barrido de ecosonda multihaz para levantamiento batimétrico. (Fuente: Elaboración propia). 11

Figura 6.2. Perfiles de velocidad del sonido en el agua, realizados durante el ejercicio del levantamiento batimétrico. 13

Figura 6.3. Relación de ángulos de roll, pitch y yaw. 14

Figura 6.4. Relación de parámetros de calibración para el presente trabajo. El report completo de la calibración se encuentra en el Anexo I. 14

Figura 6.5. Líneas para la calibración del ángulo de roll, pitch y yaw. 15

Figura 6.6. Esquema que representa la recepción de la corrección RTK vía GPRS emitida por el IGN. 16

Figura 7.1. Leyenda de colores en función de la altimetría para el modelo topobatimétrico. 17

Figura 7.2. Modelo batimétrico de la canal. 17

1 INTRODUCCIÓN

Los estudios batimétricos tienen como fin principal determinar con exactitud las características del relieve y las características morfológicas de la zona de estudio en cuestión. De forma general, este tipo de estudios son la base para futuras actuaciones tales como obras portuarias, determinación de la dinámica litoral, actuaciones de dragado o inspecciones de las estructuras portuarias como es el presente caso, etc…

Los métodos de detección y registro batimétrico, han evolucionado de forma drástica en los últimos diez años. A principios del siglo XX el método de sondeo más utilizado era el escandallo; no fue hasta mediados de dicho siglo cuando se introdujo el sonar acústico, y más recientemente la multihaz como herramienta hidrográfica. En los años 80 se desarrollaron las primeras multihaces, si bien éstas eran sobre todo para grandes profundidades, donde importaba más el alcance que la precisión. Fue en la década de los 90 cuando la tecnología multihaz alcanzó su madurez y comenzó a ser usada en aguas someras.

Básicamente, la técnica de la multihaz consiste en la emisión de múltiples haces (hay casos en los que se llega a los 400 haces o más), que permitirá el reconocimiento de numerosos puntos de profundidad. A diferencia de la ecosonda tradicional (monohaz), cuya cobertura se realiza sobre un solo punto del fondo, tan sólo obteniendo un perfil batimétrico del recorrido del barco; la ecosonda multihaz realiza un barrido de varios metros de ancho en el sentido de la navegación, lo que permite obtener imágenes tridimensionales del fondo.

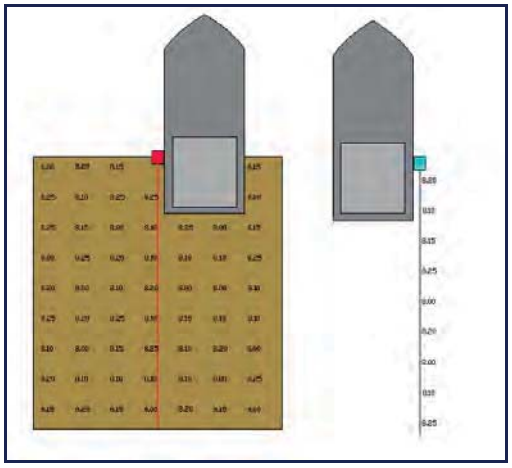


Figura 1.1. Diferencias entre ecosonda multihaz (izquierda) y la ecosonda monohaz (derecha)

Gracias a la alta resolución proporcionada por la ecosonda multihaz, es empleada habitualmente como apoyo en distintas actuaciones de obras portuarias, como reconocimiento exhaustivo del fondo en aguas offshore o en el reconocimiento de del fondo como base

cartográfica y localización de estructuras ligadas al litoral o al sector portuario. En el presente caso, se realiza un estudio batimétrico de alta resolución de la canal de entrada del Puerto de Ferrol.

En el presente documento se detallarán las especificaciones de cada equipo empleado. Además, recoge los resultados de dicho estudio batimétrico, con el fin de conocer las características de la zona. A partir de los resultados generados, se podrá determinar el modelo digital del terreno de la zona sumergida para conocer el estado del fondo. Este estudio servirá a su vez de base para las diferentes actuaciones que la autoridad portuaria desee realizar.

La campaña batimétrica se realizó el 16 y 17 de noviembre, aprovechando las mejores condiciones tanto climatológicas como hidrodinámicas. Posteriormente, en gabinete, se realizó el tratamiento de los datos obtenidos y la elaboración de la presente memoria

2 OBJETIVOS

El levantamiento batimetrico, tiene como objetivo principal la modelización y georreferenciación del canal del Puerto de Ferro. Para ello debe de cumplir los siguientes objetivos parciales:

- Campaña batimétrica con ecosonda multihaz para determinación del fondo del canal.
- Realización de la cartografía pertinente.
- Entrega del informe donde se aportará la metodología de los distintos trabajos.

3 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1 Localización geográfica

La zona de trabajo se sitúa en la canal de entrada del Puerto de Ferrol (Galicia).

Figura 3.1. Localización de la zona de estudio. (Fuente: Google Earth).

Figura 3.2. Canal de entrada al puerto de Ferrol delimitado en color magenta.

4 RELACIÓN DE EQUIPOS EMPLEADOS

Siguiendo la metodología para la consecución de los objetivos del estudio, se ha dispuesto de los equipos necesarios para la consecución de los mismos. A continuación, se enumera el instrumental empleado en cada una de las diferentes actuaciones, mientras que las referencias técnicas completas se encuentran en el Anexo I.

4.1 Equipos de batimetría

Para la correcta realización de un levantamiento batimétrico para la determinación de la profundidad en el canal de acceso al puerto de Ferrol, el equipo consta de una ecosonda multihaz, un sistema de posicionamiento RTK, un compensador de oleaje y un sensor de velocidad del sonido en la columna de agua. A continuación, se nombran los modelos escogidos para cada instrumental.

- Ecosonda multihaz R2 Sonic 2020.
- Compensador de oleaje y giroscópica Coda Octopus R2Sonic I2NS con corrección RTK a través de un modem Cell Xtrem.
- Software Qinsy para la adquisición de datos.
- Perfilador de velocidad de sonido Midas SVP Valeport.
- Perfilador de velocidad del sonido portátil Mini SVP Valeport.

4.2 Software de edición de datos

Una vez adquiridos los datos de campo, deben de ser procesados en gabinete. Para ello, Tecnoambiente dispone del siguiente software específico para cada tarea: módulo de gabinete de Qimera, ZWCad, y paquete de Office en el entorno de Windows XP.

5 SISTEMA GEODÉSICO

Toda cartografía batimétrica debe tener unas características geodésicas definidas. En este apartado, se describirá tanto el enlace planimétrico como altimétrico que se ha seguido en este trabajo. En la figura siguiente se muestra el resumen.

Elipsoide	European Terrestial Reference System 1989
Transformación	Universal Transverse Mercator (UTM) Huso 29
Geoide	EGM2008
Nivel de referencia	Cero hidrográfico del Mareografo Ferrol 2

Tabla 1. Características geodésicas del levantamiento batimétrico.

5.1 Sistema de referencia planimétrica

Mediante el REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, dispone en el capítulo 1, articulo 3:

"*Sistema de referencia geodésica:*

Se adopta el sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) como sistema de referencia geodésico oficial en España para la referenciación geográfica y cartográfica en el ámbito de la Península Ibérica y las Islas Baleares. En el caso de las Islas Canarias, se adopta el sistema REGCAN95. Ambos sistemas tienen asociado el elipsoide GRS80 y están materializados por el marco que define la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales, REGENTE, y sus densificaciones."

El ETRS89, sistema de referencia geodésico, toma el Elipsoide GRS 80 (Geodetic Reference System 1980). Un elipsoide es la superficie de aproximación a la forma de la Tierra empleada por los diferentes sistemas cartográficos. Se trata de la mejor forma posible de describir el geoide en términos matemáticos. Dada la complejidad de la forma de la Tierra, es imposible tratarla tal como es en realidad con matemáticas, por lo que es necesario reducir su forma principal a una forma geométrica susceptible de ser descrita con números. El elipsoide es precisamente esa figura de aproximación que permite aplicar los diferentes sistemas de proyección cartográficos.

Por otro lado, las coordenadas geográficas son difíciles de representar en un plano; es por ello que es necesario realizar una proyección del elipsoide al plano. Para ello y mediante el mismo decreto enunciado anteriormente, se dispone en el capítulo II, articulo 5:

"*Representación planimétrica de cartografía oficial.*

1. Para cartografía terrestre, básica y derivada, a escala igual o menor de 1:500.000, se adopta el sistema de referencia de coordenadas ETRS-Cónica Conforme de Lambert.

2. Para cartografía terrestre, básica y derivada, a escalas mayores de 1:500.000, se adopta el sistema de referencia de coordenadas ETRS-Transversa de Mercator.

3. Para cartografía náutica se adopta la proyección Mercator."

Por ello, se emplea en el presente informe la proyección UTM (Universal Transversal Mercator). Este sistema de proyección cartográfica parte del desarrollo cilíndrico de Gauss, que se basa en la colocación de un cilindro imaginario transversal y tangente al elipsoide a lo largo del meridiano central de cada uno, por lo que este es automecoico (se dibuja como una línea recta). Así, el sistema está basado en coordenadas planas (cartesianas) que divide a la Tierra

en 60 husos, cada uno con 6º de ancho y numerados del 1 al 60 con origen en 180º con respecto al meridiano de Greenwich. Sobre estos husos el origen de coordenadas está en el meridiano central del propio huso en el eje de las X, con un retranqueo de 500.000 metros, llamado el Falso Este, para no hacer cálculos con posiciones negativas; y el eje Y se encuentra en el Ecuador. Para la zona de estudio, el Huso correspondiente es el Huso 29, cuyos parámetros de definición son los siguientes:

Meridiano oriental: -12º
Meridiano central: -9º
Meridiano occidental: -6º
Falso Este: 500 000 metros
Falso Norte: 0 metros

5.2 Sistema de referencia altimétrica

En los levantamientos hidrográficos es necesario conocer la altura de la marea mientras se realiza la adquisición de datos, puesto que las sondas obtenidas deben referirse a una referencia vertical fija. Es por ello que también mediante el REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, dispone en el capítulo 1, articulo 4:

“Sistema de Referencia Altimétrico.

1. Se tomará como referencia de altitudes los registros del nivel medio del mar en Alicante para la Península y las referencias mareográficas locales para cada una de las islas. Los orígenes de las referencias altimétricas serán definidos y publicados por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

2. El sistema está materializado por las líneas de la Red de Nivelación de Alta Precisión.

3. El datum hidrográfico al que están referidas las sondas, cero hidrográfico, será definido y publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y representará la referencia altimétrica para la cartografía náutica básica.”

Es por ello, que el nivel de referencia de la topobatimetría es el cero hidrográfico del mareográfo 2 de Ferrol.

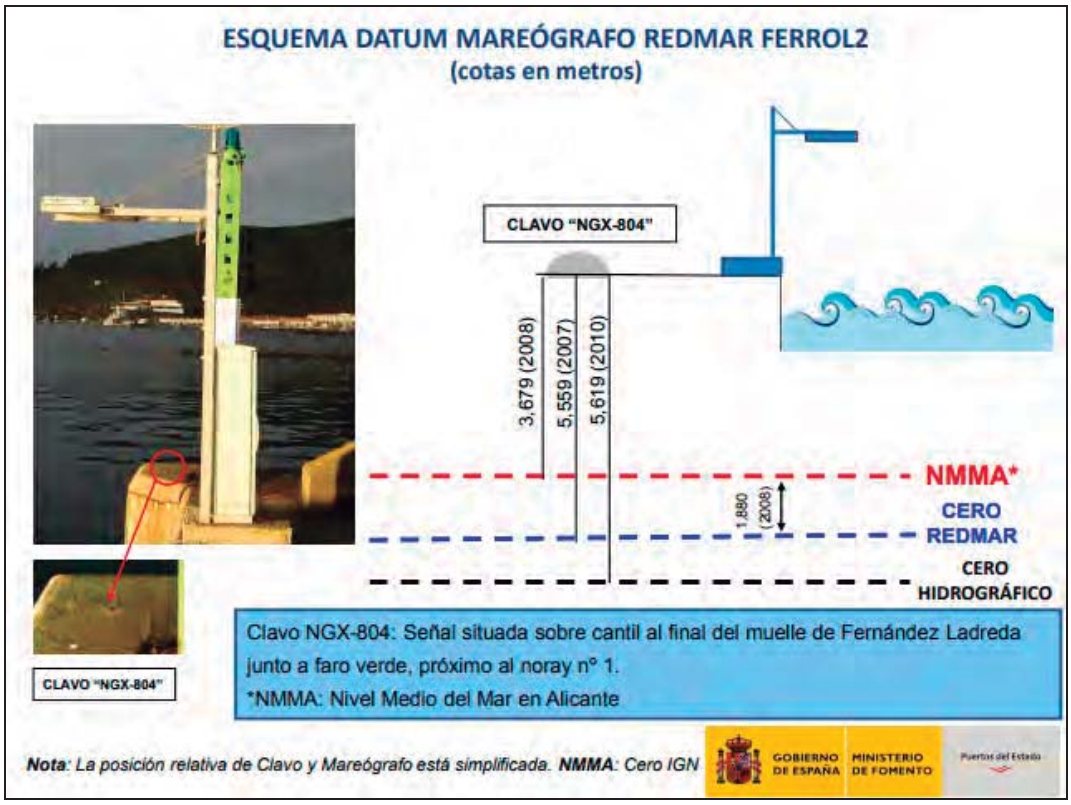


Figura 5.1. Relación del cero hidrográfico y el nivel medio del mar en Alicante en el mareógrafo de Ferrol 2.

6 METODOLOGÍA

6.1 Levantamiento batimétrico con ecosonda multihaz en playas.

6.1.1 Proyecto de líneas.

Todas las campañas de batimetría se basan en un proyecto de líneas. En este caso, el proyecto de líneas de este levantamiento ha sido elaborado por TECNOAMBIENTE. Está compuesto por líneas paralelas, separadas por una distancia determinada a partir de la profundidad a prospectar, abarcando toda la superficie solicitada. Esta separación entre líneas depende de la altura de la columna de agua y el ángulo de haz escogido. En el presente estudio, y dada la profundidad, se ha elegido un ángulo de 120º; esto implica que tiene un ancho de barrido de 3,5 veces la profundidad de estudio. Como consecuencia de la variación constante de la profundidad en la zona de estudio, la separación de líneas se varía de una a otra. El proyecto de líneas para la ecosonda multihaz debe contemplar la obtención de la cobertura total del área de estudio.

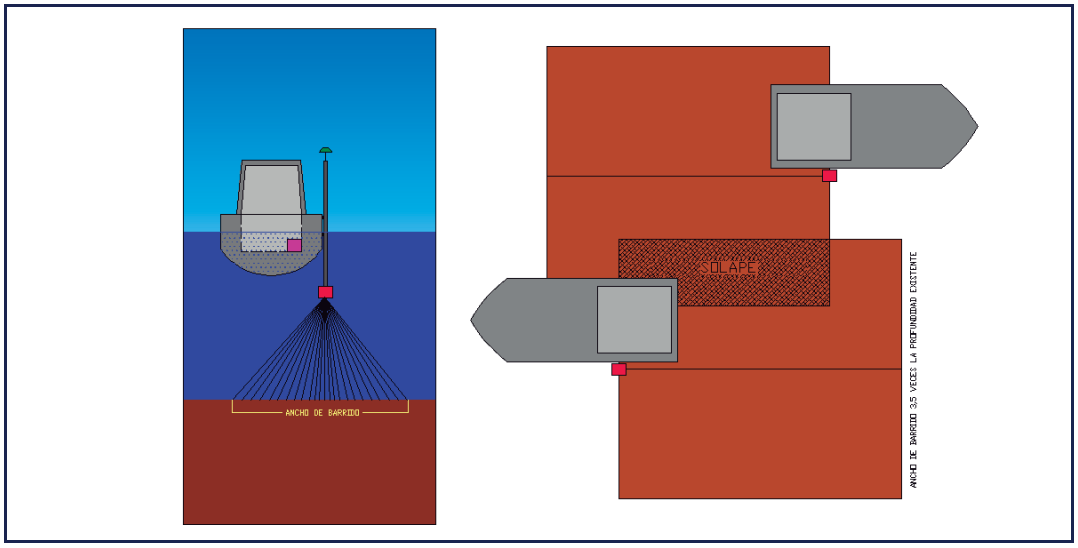


Figura 6.1. Esquema del barrido de ecosonda multihaz para levantamiento batimétrico. (Fuente: Elaboración propia).

6.1.2 Equipos e instalación.

El sondador multihaz utilizado ha sido el modelo 2020 de R2Sonic. Este sondador transmite 256 haces, y con un rango de frecuencia a escoger entre 200 y 400 KHz. Dependiendo de la profundidad, puede llegar a una frecuencia de repetición de pulsos de 60 transmisiones/segundo y obtener así la máxima resolución del mercado para la profundidad de estudio. En la presente campaña se ha escogido un conjunto de haces formando un ángulo de

120º, con una frecuencia de 400 KHz para la obtención de un registro de calidad, ya que la frecuencia de 400 KHz tiene un ángulo transversal a la navegación de 1º y longitudinal de 1º.

Para medir el rumbo de la embarcación, la altura de ola y los ángulos de balanceo y cabeceo, imprescindibles para la correcta utilización del sondador multihaz, se utiliza el equipo I2NS. La posición la provee el GPS interno del equipo, con una corrección diferencial de carácter subcentimétrico, proporcionada por la red del Instituto Geográfico Nacional (en adelante, IGN) a partir de la señal GPRS.

La ecosonda R2Sonic 2020, se ha instalado a una banda de la embarcación, en un punto cercano al centro de gravedad de la misma. La unidad de referencia del movimiento (MRU) se instala en la misma estructura que el transductor, y las dos antenas en un soporte adaptado a la estructura del transductor en su mismo eje. El perfilador de velocidad del sonido mini SVP ha sido instalado en el mismo transductor, para actualizar dichos valores en tiempo real, y de esta forma, poder calcular con precisión la profundidad existente.

Una vez realizada la instalación de los equipos, se procedió a medir las distancias pertinentes entre ellos (offset). Este procedimiento es de vital importancia, pues deben referirse posición, profundidad y movimientos al mismo punto de referencia.

6.1.3 Perfil de velocidad del sonido en la columna de agua.

Además, de la medición en tiempo real de la velocidad del sonido en la superficie mediante el miniSVP de Valeport, antes de comenzar la adquisición de los datos es necesario realizar un perfil de velocidad del sonido en la columna. Este perfil de es empleado como apoyo al cálculo de la profundidad por parte de la ecosonda multihaz. Es importante realizar dicho perfil en la zona de máxima profundidad del área de estudio, así como en áreas donde el perfil puede variar debido a la influencia de aguas con características termohalinas diferentes.

Por ello, debido a la duración de la campaña y al tamaño del área, se ha realizado un perfil en la zona de estudio por cada día y cada zona. La metodología para la obtención del perfil de velocidad del sonido en la columna de agua es sencilla. Para ello se sumerge el perfilador, en este caso el modelo SVP de Valeport, hasta el fondo y después de izarlo se introducen los datos, cada medio metro de la velocidad del sonido en el PDS2000, para que él interpole los datos recibidos con esta velocidad. También, se cuenta con el valor del MiniSVP instalado en la ecosonda multihaz, para proporcionar el dato de velocidad en el transductor de forma continua y online.

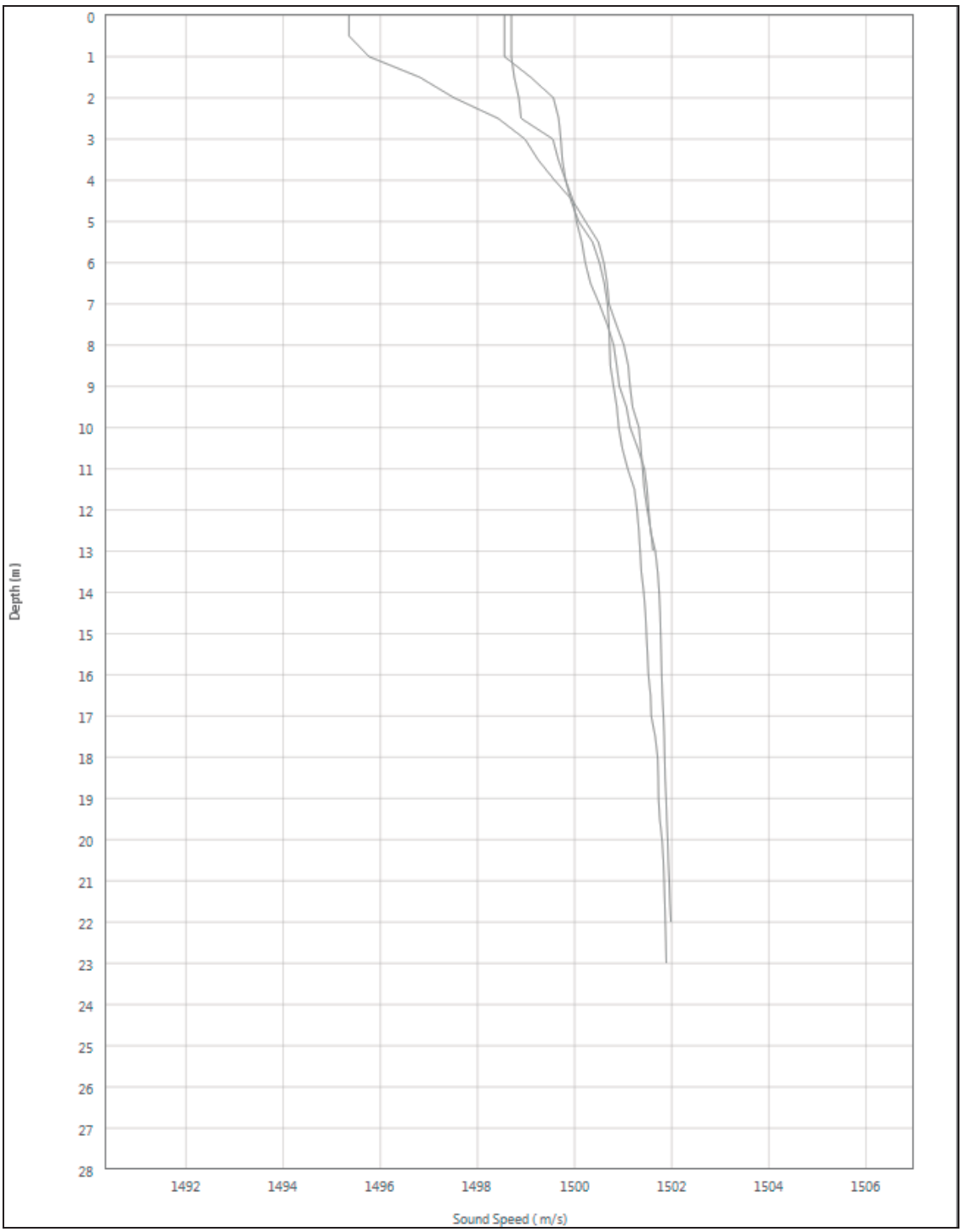


Figura 6.2. Perfiles de velocidad del sonido en el agua, realizados durante el ejercicio del levantamiento batimétrico.

6.1.4 Calibración de la ecosonda multihaz.

Antes de la adquisición de datos, es necesario calibrar los ángulos de *roll*, *pitch* y *yaw*. Estos ángulos son aquellos que tiene la multihaz con respecto a la embarcación y a la unidad de referencia del movimiento. Estos parámetros deben calcularse con exactitud para una buena sincronización entre todos los datos. El ángulo de *roll* es aquel que se forma entre el plano de referencia y la multihaz en un sentido perpendicular a la embarcación, el *pitch* es el ángulo en la misma dirección que la trayectoria de la embarcación, y el *yaw* es el producido en planta por la orientación de la embarcación. En la Figura 12 se muestra el esquema gráfico de los ángulos.

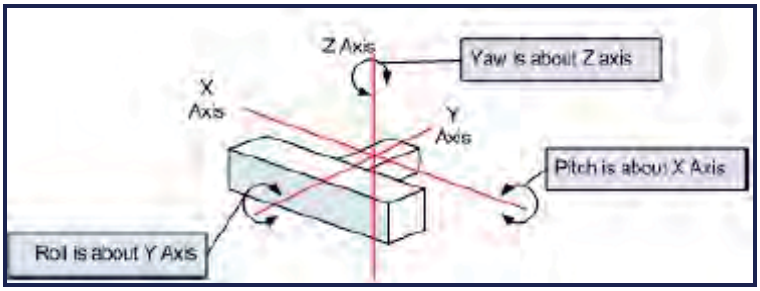


Figura 6.3. Relación de ángulos de roll, pitch y yaw.

La calibración se realizó mediante la adquisición de datos batimétricos de unos modelos específicos de líneas de navegación, (a través del módulo de calibración del programa de adquisición de datos batimétricos Qinsy), que se describen a continuación.

- Ángulo de *roll*: dos líneas en sentido contrario sobre un fondo plano.
- Ángulo de *pitch*: dos líneas en sentido contrario sobre un fondo que contenga una variación de profundidad brusca en ambas direcciones, es decir, una poza, duna, objeto, etc.
- Ángulo de *yaw*: dos líneas paralelas en el mismo sentido con un solape del 50%, sobre un fondo irregular como en la medición del ángulo de pitch.

Summary

System	Parameter	Original Value	New Value	Delta
R2Sonic2020	Tx Pitch	0.00	-0.22	-0.22
R2Sonic2020	Rx Roll	0.00	0.18	0.18
R2Sonic2020	Tx Heading	0.00	0.51	0.51

Figura 6.4. Relación de parámetros de calibración para el presente trabajo. El report completo de la calibración se encuentra en el Anexo I.

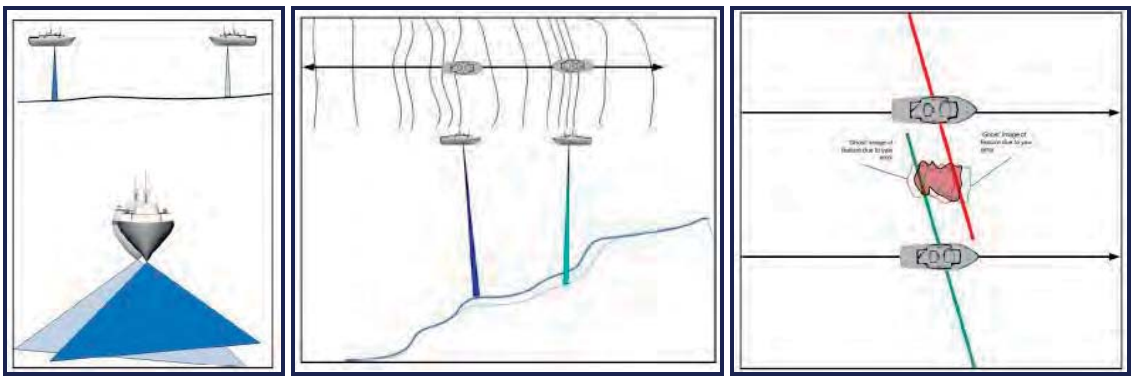


Figura 6.5. Líneas para la calibración del ángulo de roll, pitch y yaw.

A continuación, se muestra el report de calibración para este proyecto.

6.1.5 Adquisición de datos.

Durante la adquisición de datos, el patrón de la embarcación sigue la derrota de las líneas del proyecto previamente programada, gobernando por las indicaciones de la pantalla del ordenador, que le va mostrando, por medio de alarmas visuales y sonoras, cuando se separa de la derrota más de una cantidad especificada, y también cuando existe algún problema en algún periférico, como podría ser la pérdida de correcciones diferenciales. Mientras el patrón sigue las líneas de navegación, el programa Qinsy captura todos los datos tanto de posición que le envía el GPS del I2NS, como las 256 sondas que le envía el sondador multihaz por cada pulso de transmisión, los puntos del laser scanner, así como los valores del rumbo, altura de ola y los ángulos de balanceo y cabeceo que le envía el compensador de olas.

Durante la adquisición de los datos, se realiza la sincronización de los datos adquiridos por los equipos y periféricos. Este proceso lo lleva a cabo el Qinsy, complementado por la entrada del tiempo y del pulso por segundo (pps) proporcionados por el GPS, para que todos los datos tengan concordancia en el tiempo.

Durante la adquisición de datos, el GPS RTK del I2NS envía los datos de posición al software con una tasa de actualización de 50 Hz. A partir de la recepción de las señales del satélite, el receptor sincroniza su reloj con el del satélite y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, de tal modo mide la distancia al satélite mediante "triangulación", método que se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los satélites. Conociendo además las coordenadas (emitidas dentro del mensaje o señal del satélite) de cada uno de ellos, se obtiene las coordenadas reales del punto de medición. La corrección diferencial RTK se obtiene a partir de una red de estaciones en tierra pertenecientes a la Red del Instituto Geográfico Nacional (en adelante, IGN), y mediante una conexión vía

GPRS el GPS se conecta a la estación en tierra más cercana para recibir las correcciones, de ese modo la precisión del GPS es centimétrica en horizontal.

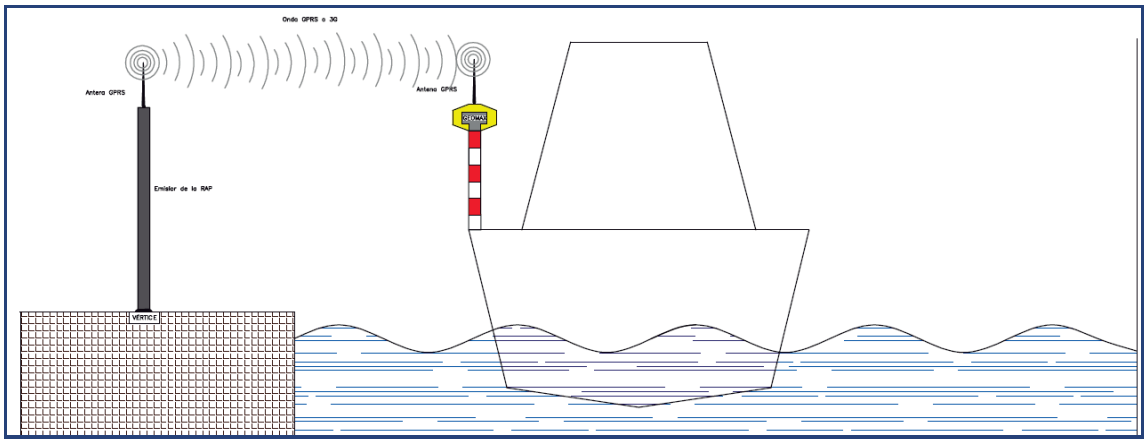


Figura 6.6. Esquema que representa la recepción de la corrección RTK vía GPRS emitida por el IGN.

6.1.6 Edición de los datos batimétricos.

Ya en la fase de procesado de los datos adquiridos, que también se realiza por el Qinsy, se editan las líneas en la pantalla con objeto de corregir manualmente el ruido que aparezca en los registros, ruido producido por múltiples factores como son, multitrayectoria en la posición, burbujas de aire, interferencias del motor del barco, cardúmenes de peces, etc. en el registro digital de sondas.

Una vez eliminados los posibles errores existentes en los registros, se realiza un modelo digital del terreno con un tamaño de celda mínimo para obtener la máxima resolución del fondo.

Con este modelo se trazan las curvas de nivel que se desean representar en el plano, y posteriormente se selecciona el tamaño de celda del modelo digital para representar las sondas en los planos. Este tamaño de celda se escoge dependiendo de la escala del plano, para evitar escribir encima de las sondas próximas.

Se pueden escoger las sondas que se representan en los planos y que corresponden a cada una de las celdas del modelo digital, seleccionando la menor sonda dentro de la celda, la mayor dentro de ella o el promedio de todas las sondas existentes dentro de la celda seleccionada. Se ha escogido este último método para representar las sondas de los planos que se incluyen en esta memoria.

7 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El levantamiento batimétrico comprende toda la canal de acceso al Puerto de Ferrol. Una vez editados los datos adquiridos, se ha realizado un modelo digital del terreno (MDT) y unos planos batimétricos, que se adjuntan al presente documento. El MDT quedará definido por una serie de colores que variará en función de la profundidad. Para ello, en la se presenta la leyenda de colores empleada en la modelización.

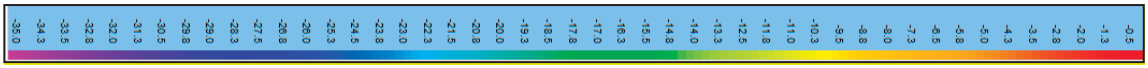


Figura 7.1. Leyenda de colores en función de la altimetría para el modelo topobatimétrico.

A continuación se presenta el modelo digital completo del levantamiento batimétrico con la base cartográfica de Google Earth.

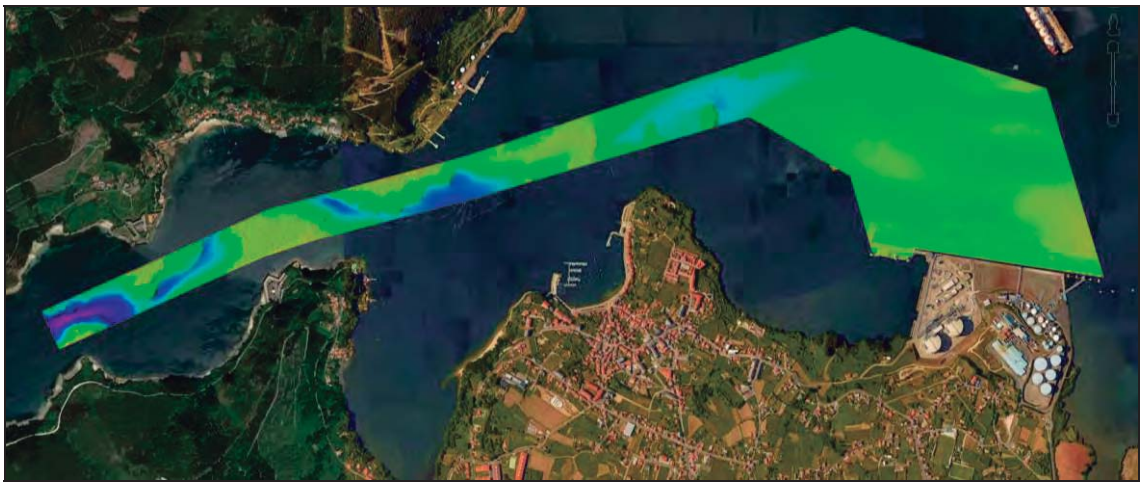
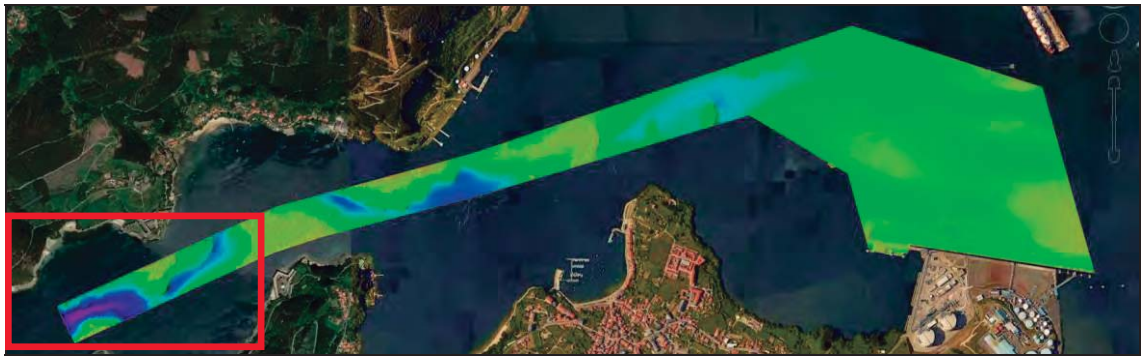
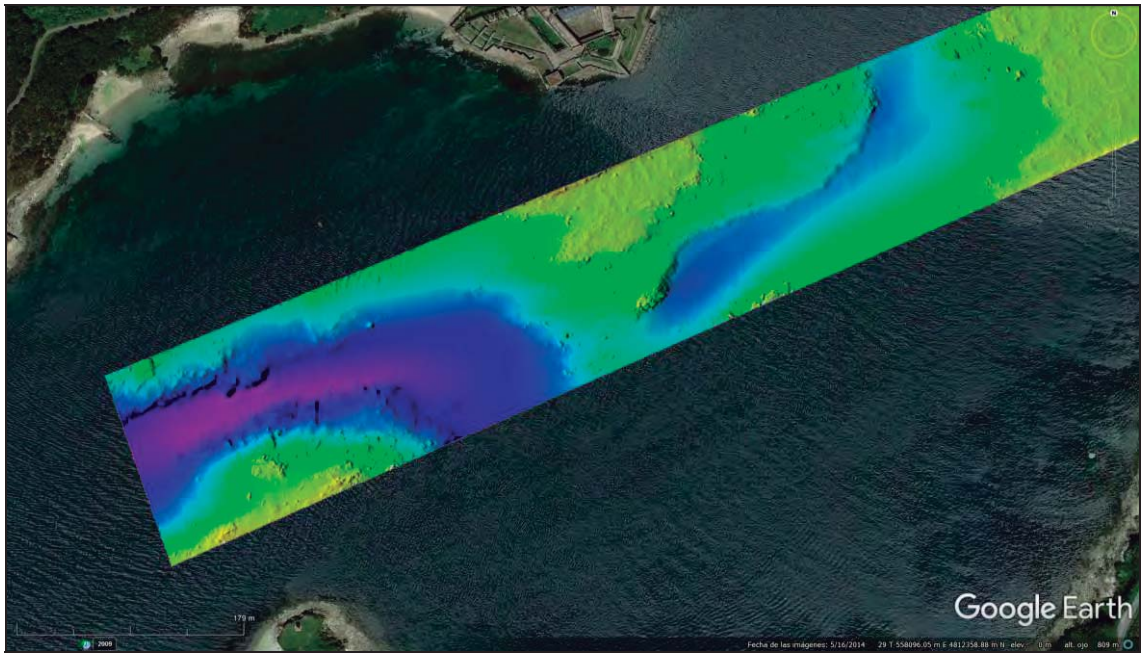
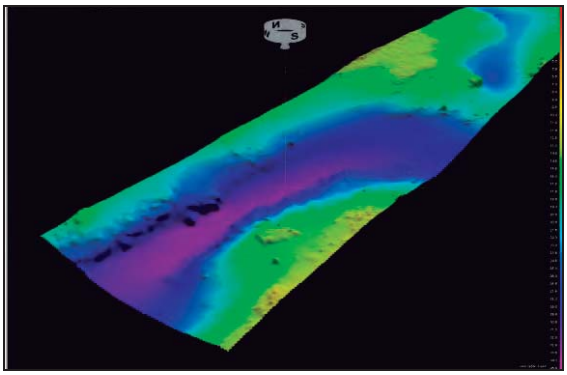
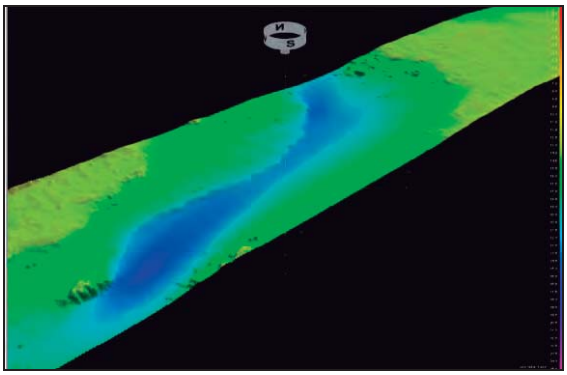


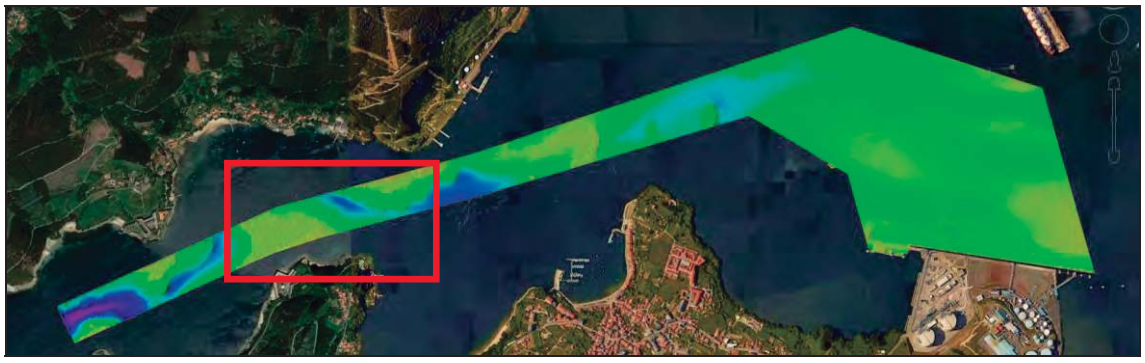
Figura 7.2. Modelo batimétrico de la canal.

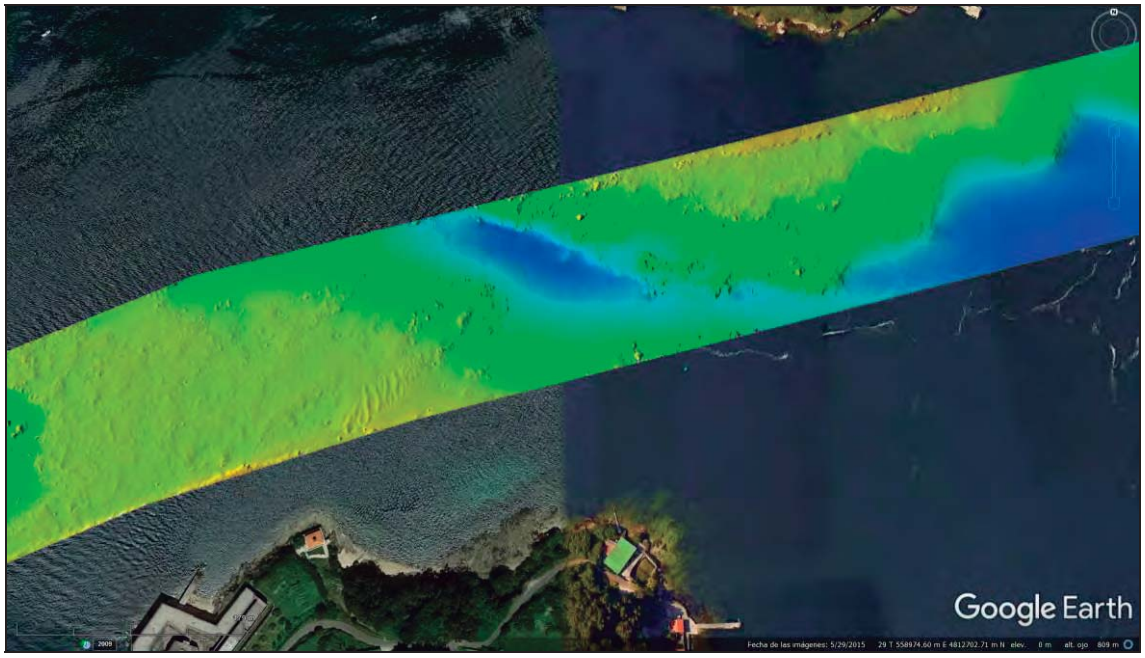


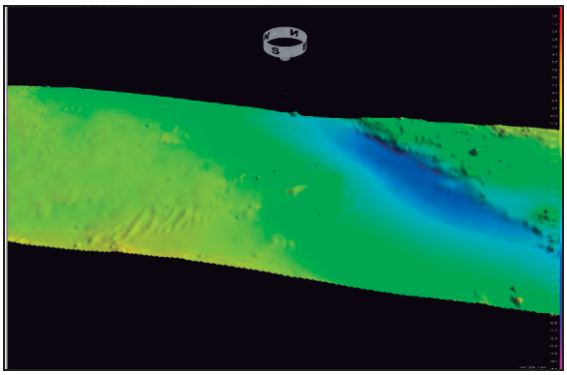

Google Earth

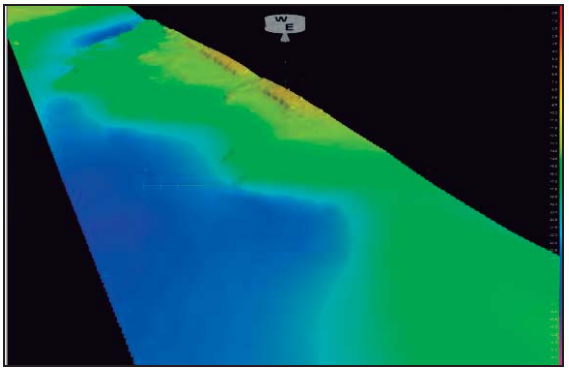


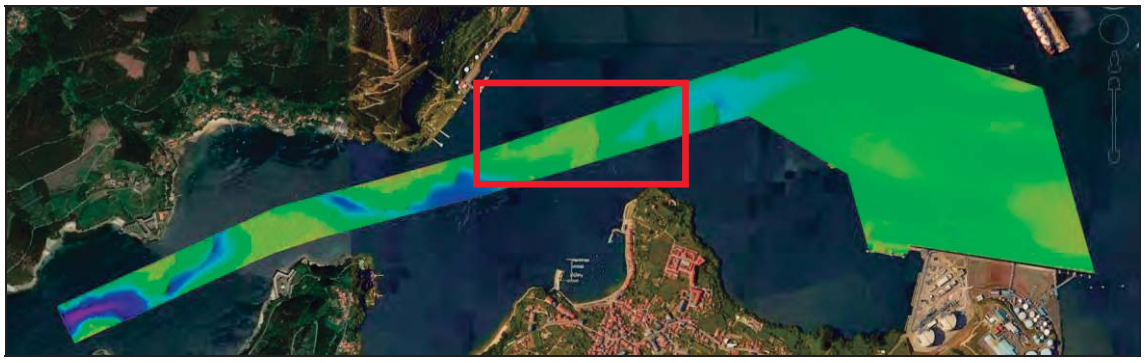


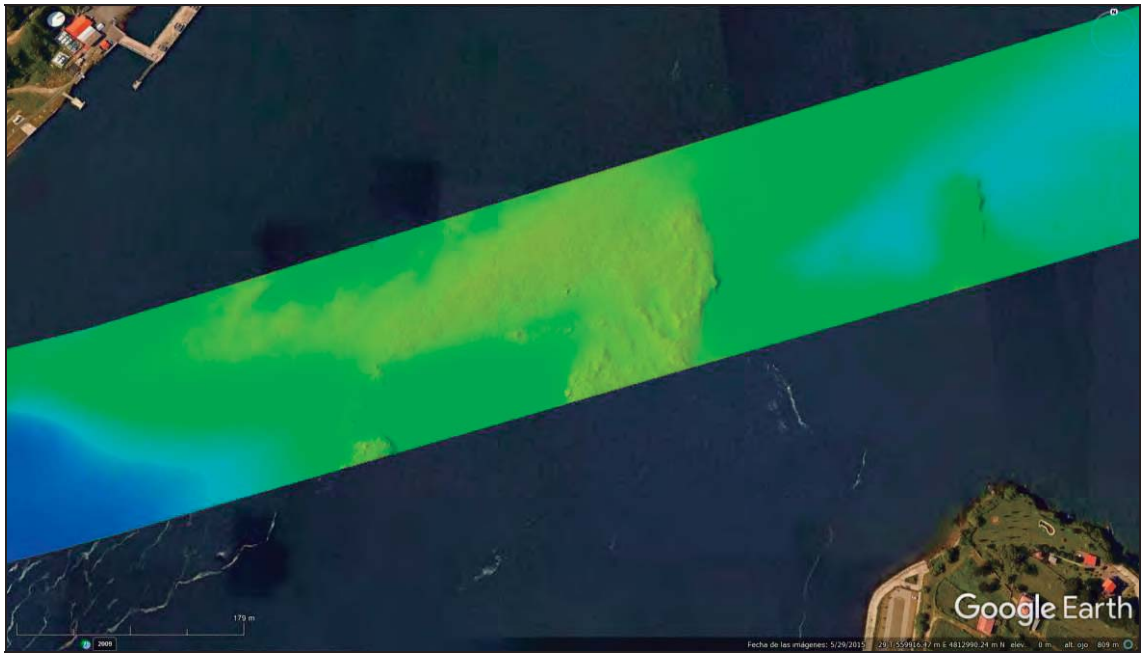


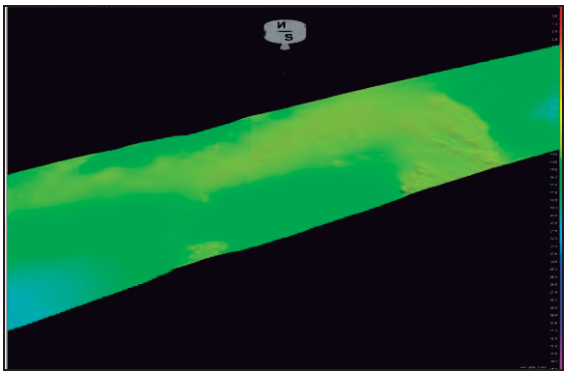

Google Earth

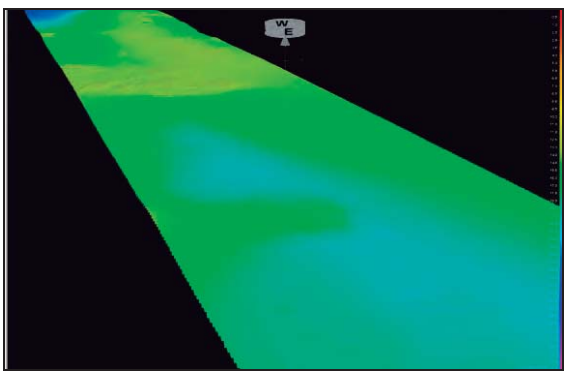


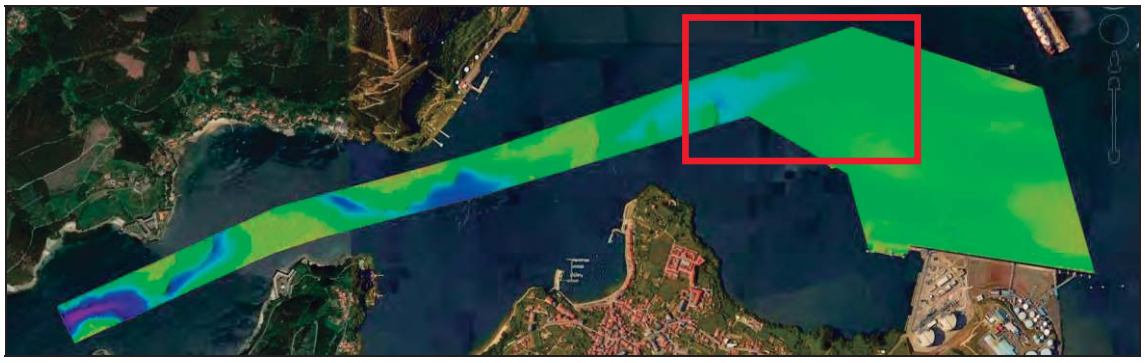


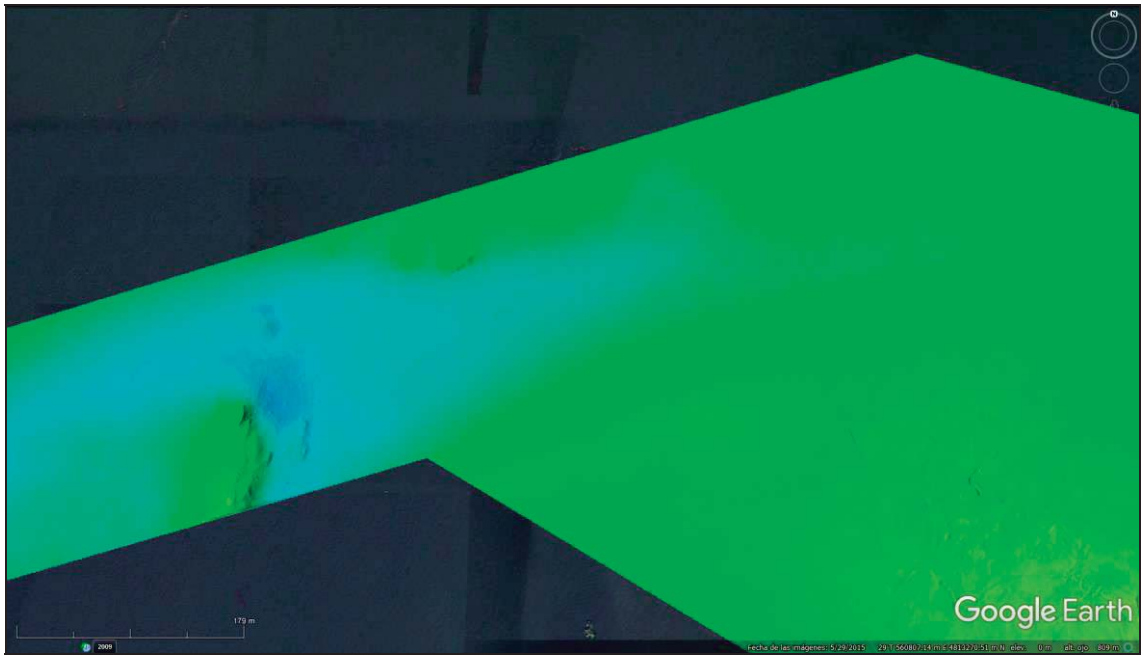


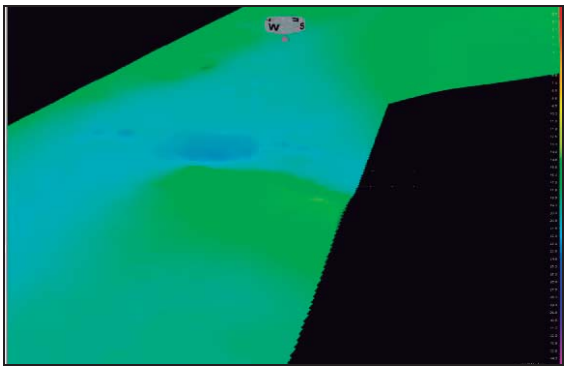

Google Earth

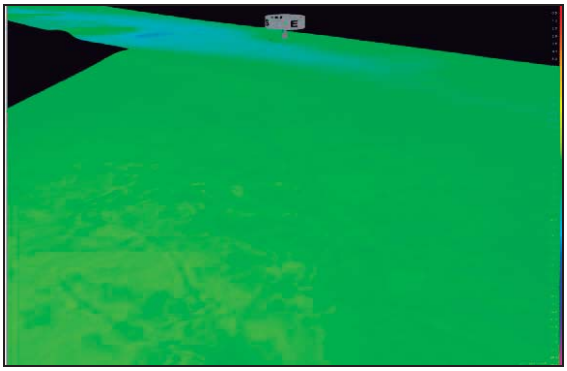


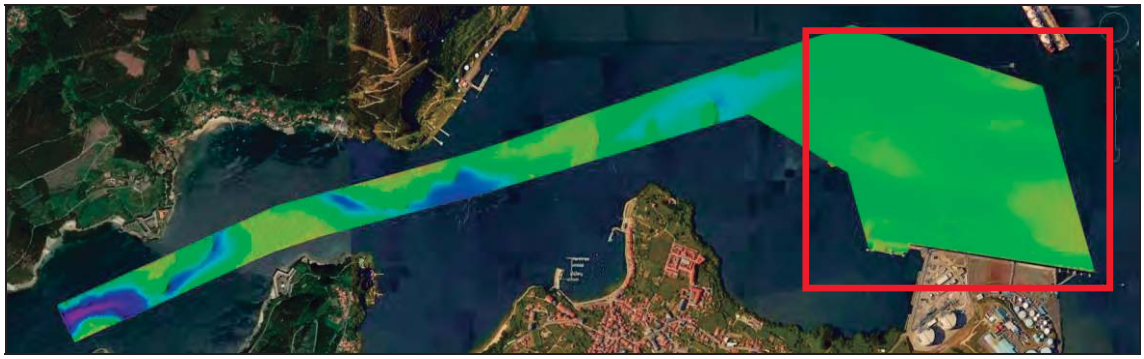


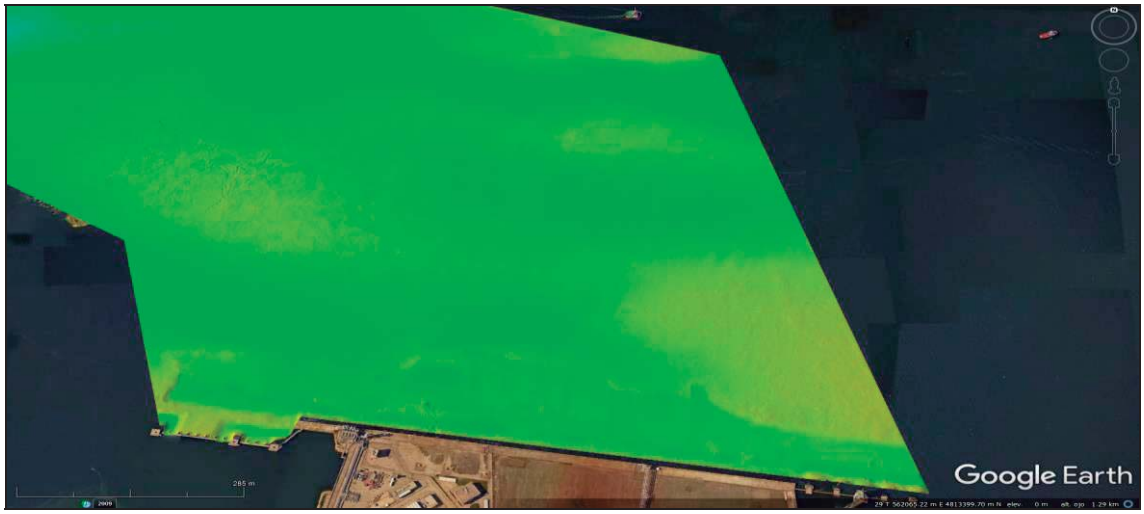


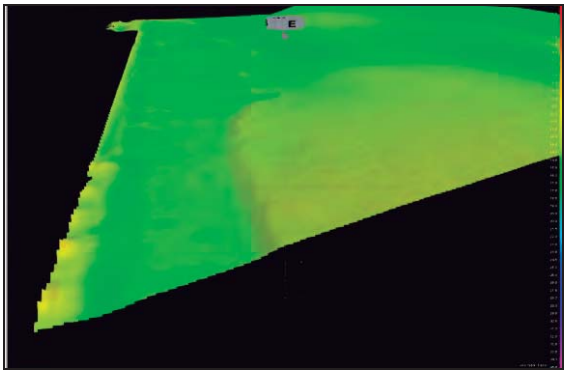

Google Earth

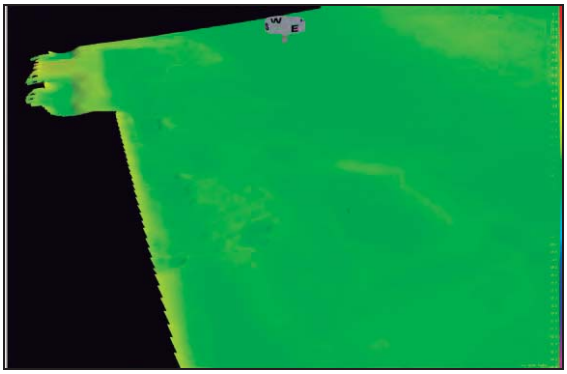


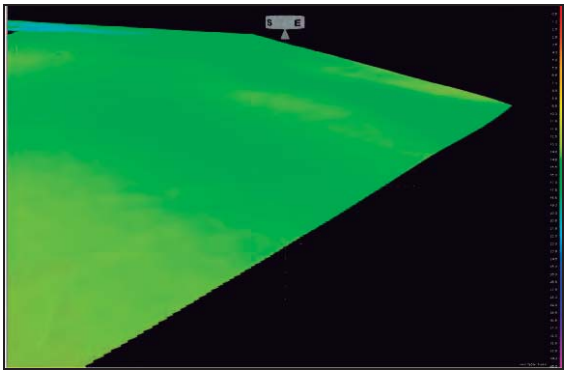


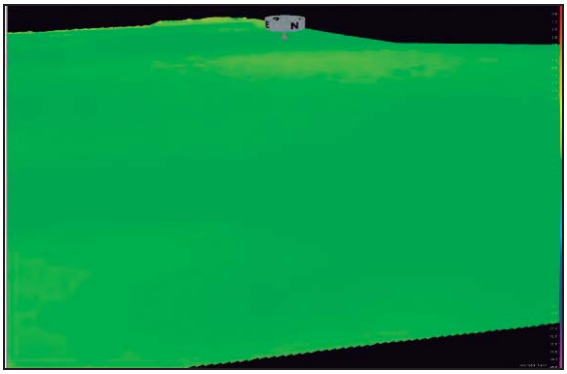



Google Earth



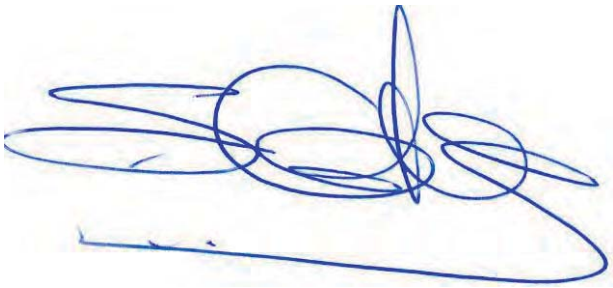






8 FIRMAS

En Jerez de la Frontera, Diciembre de 2018



Fdo. Silvia Costa

Responsable de proyectos

ANEXO I. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS

Ecosonda Multihaz

Marca: R2 Sonic **Modelo**: 2020

Descripción del sistema:

La construcción de los multihaces de quinta generación interconectan los módulos, e integran el procesador/controlador en la cabeza del sonar. El procesador y el voluminoso interfaz que caracterizaban a las generaciones anteriores se han eliminado. Con una banda de frecuencia seleccionable desde 200 kHz hasta 400 kHz, el usuario tiene una flexibilidad incomparable para obtener resolución, rango y control de interferencias de otros sistemas acústicos activos. La novedosa señal de banda ancha de 60kHz ofrece muy buena resolución, datos de precisión e imagen. Como novedad se incluye la posibilidad de variar el ángulo de barrido desde 10 a 160º, esto permite repartir los 256 haces dentro del ángulo escogido.

La ecosonda consta de un proyector fuera borda y unos módulos receptores, y la unidad interior “Sonar Interface Module (SIM). Los sensores auxiliares(GPS y SVP) pueden conectarse al Sonar Interfase Module. Los datos de batimetría están estampados con tiempo GPS.

Características técnicas:

- Frecuencia seleccionable de 200kHz a 400KHz
- Procesador / controlador interno
- Bajo consumo, pequeño peso y volumen
- Módulos interconectados
- Nº de haces: 256
- Selección del ángulo de barrido de 10 a 130º
- Ancho de pulso seleccionable entre 15 a 1000 µsec
- Ancho de haz transversal enfocado de 1º
- Ancho de haz longitudinal de 1º
- Datos sonar estampados con tiempo GPS
- Disponible para inmersión a 100m
- Tasa de repetición 60 Khz en función de la profundidad

Aplicaciones:

- Mapas hidrográficos
- Control de dragado, planos de puertos
- Arqueologia submarina
- Estudios de conducciones, levantamientos y vigilancia de excavaciones desde ROV's y AUV's en el sector marino.
- Levantamiento del hábitat de las piscifactorías.
- Investigación marina
- Vigilancia de costas.

Compensador de oleaje

Marca: R2Sonic **Modelo:** I2NS

Descripción del sistema

Pequeño y robusto, este compensador de oleaje se integra con las ecosonda multihaces de la marca R2Sonic, proveyendo posición, roll, pitch, altura de oleaje y rumbo con alta precisión. Fácil de operar y de instalar se acopla a la SIM de la ecosonda para proporcionar los datos al software hidrográfico con un solo cable de Ethernet. Este compensador se suministra con una carcasa resistente a ser sumergida para poder instalarse cerca del transductor de la ecosonda multihaz, de esta forma, minimizará las calibraciones de ambos entre movilizaciones.

Este compensador es ideal para trabajar en ambientes tanto de puertos, dársenas y costa, incluso cuando la señal de recepción de GPS está comprometida. También permite la grabación de los datos brutos para un posterior analisis de los mismos e incrementar su precisión.

Ventajas

- Puede recibir correcciones RTK a través de un puerto RS232.
- Carcasa sumergible.
- Ofrece datos de salida exactos y en tiempo real.
- Conveniente para una amplia variedad de navíos.

Características técnicas

- Precisión altura de oleaje: Mayor a 5 cm. o 5%.
- Precisión de la posición horizontal: 1 cm.
- Roll, pitch y rumbo con precisión menor a 0.01º

Perfil de velocidad del sonido portátil

Marca: Valeport **Modelo**: Mini SVP

.

Descripción del sistema

El Mini Sound Velocity Profiler ha sido desarrollado por Valeport Midas SVP, utilizando la misma precisión, sensores robustos y la técnica de muestreo sincronizado, pero empaquetado de la manera más liviana y pequeña posible para adaptarse a botes pequeños o aplicaciones de aguas poco profundas

El instrumento opera de forma autónoma, con extracción de datos y opciones en tiempo real, con la posibilidad de protocolos de comunicación para una variedad de cables de distinta longitud , todos ellos con un mismo tipo de conexión estándar. La celda C y la memoria Flash permiten la grabación de cientos de perfiles.

Rango de Medición:

- Alcance1375-1900 m/seg.
- Resolución: 0.001 m/seg.
- Precisión de la velocidad: +/-0.002 m/seg.

Características físicas

- Profundidad de alcance: 500 m.
- Peso: 0.8 Kg.
- Peso en navegación: 6 Kg.

Características eléctricas:

- Interna: 1 x C celdas, 1.5v Alcalinas
- Externa: 9- 28v DC
- Potencia: <250 mW
- Durabilidad de batería: 30 horas aproximadamente

Precisión detallada :

- Presión: +/- 0.05%
- Temperatura: +/- 0.01 º C

Perfil de velocidad del sonido portátil

Marca: Valeport **Modelo**: Midas SVP

Descripción del sistema

El SVP Midas es el Nuevo nombre para el modelo renovado de Valeport 650 Mk2, y este ofrece la mayor precisión posible actualmente, en perfiladores de velocidad del sonido. Usando también el sensor de velocidad del sonido en tiempo real mas utilizado a nivel mundial, este instrumento también dispone de de un sensor de presión con precisión ±0.01%, y las características de técnicas de muestreo sincronizados que garantiza que todos los sensores estén muestreando el mismo punto durante un perfil.

Modo de muestreo:

- Continuo: salidas normales para todos los sensores de 1, 2, 4 o 8 Hz.
- Muestreo puntual siguiendo un patrón de lectura.
- Realización del perfil de la columna de agua a intervalos de profundidad

Rango de Medición:

- Alcance1375-1900 m/seg.
- Resolución: 0.001 m/seg.
- Precisión de la velocidad: +/-0.002 m/seg.

Caracteríticas eléctricas:

- Interna: 8 x C celdas, 1.5v Alcalinas
- Externa: 9- 20v DC
- Potencia: <100 mW
- Durabilidad de batería: <100 horas.

Características físicas:

- Peso: 11.5 kg. (en aire), 8.5 (kg en agua)
- Peso en navegación: 29 kg

Precisión detallada:

- Presión: +/- 0.01%
- Temperatura: +/- 0.01 º C

Software de hidrografía

Marca: Qinsy

El programa Qinsy es perfecto para una amplia variedad de aplicaciones como:

- Levantamientos hidrográficos y oceanográficos
- Inspecciones offshore
- Apoyo a construcciones marinas
- Seguimiento y adquisición con ROV y AUV.
- Navegación y monitorización de dragados
- Apoyo para trabajos de sísmica.
- Producción de planos de ingeniería, creación de perfiles y cálculos de volúmenes.

Lanzado en 1996, Qinsy ha llegado a ser el standard de los levantamientos batimétricos. QPS lo ha desarrollado en base al principio de "hacerlo bien por primera vez" que significa que puedes manejar el programa con naturalizad, ver el proceso en tiempo real asi como el control de calidad. Bajo este objetivo, Qinsy una un proyecto base con toda la información de configuración relacionados con el proyecto en sí. Qinsy soporta la mayoría de los datums y proyecciones del mundo asi mismo multiples unidades y modelos de geoide. También esta base de datos contiene la información del barco, los offserts de los equipos y los parámetros de comunicación de los equipos.

Junto con las medidas en tiempo real de profundidad, perfiles de velocidad del sonido, mareas, alturas RTK, etc… Qinsy calcula en el momento las posiciones finales asi como su visualización en varias pantallas. La producción en tiempo real de los modelos, es el sueño de cada técnico. En Qinsy, todos los cálculos son realizados en 3D. Junto a las alturas precisas del RTK, todas las observaciones de profundidad están dispuestas en sus propias coordenadas. Qinsy ha sido la primera compañía en introducir la latencia del oleaje en la calidad del modelo generado para que no sea afetado por el giro de la embarcación.

La clave de la tecnología del programa está basada en la adquisición, visualización y almacenamiento de grandes volúmenes de información sobre la navegación, profundidad y otros datos, produciendo un resultado final en el mismo instante. Qinsy no tiene limites en los criterios de diseño, números de barcos, sensores, cálculos y pantallas.

El módulo Qinsy Survey es el corazón del programa y es usado para el planteamiento de las lineas, adquisición de los datos, procesado y limpieza de datos.

Patch Test

Project: C:/Qinsy Projects/20181116_113900152_RiaFerrol

Time of Report: 2018-11-20 13:13:47

Username: scg001

Vessel Name: APF

Lines In Patch Test:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

04: 0047 - Cali2 S-1 - 0001 (334°, 4.1 kts)

05: 0048 - Cali2 P-1 - 0001 (167°, 4.5 kts)

Calibration Step 1

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Roll

Patch Location: 43°28'14.84"N, 8°14'58.58"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 60.59 meters

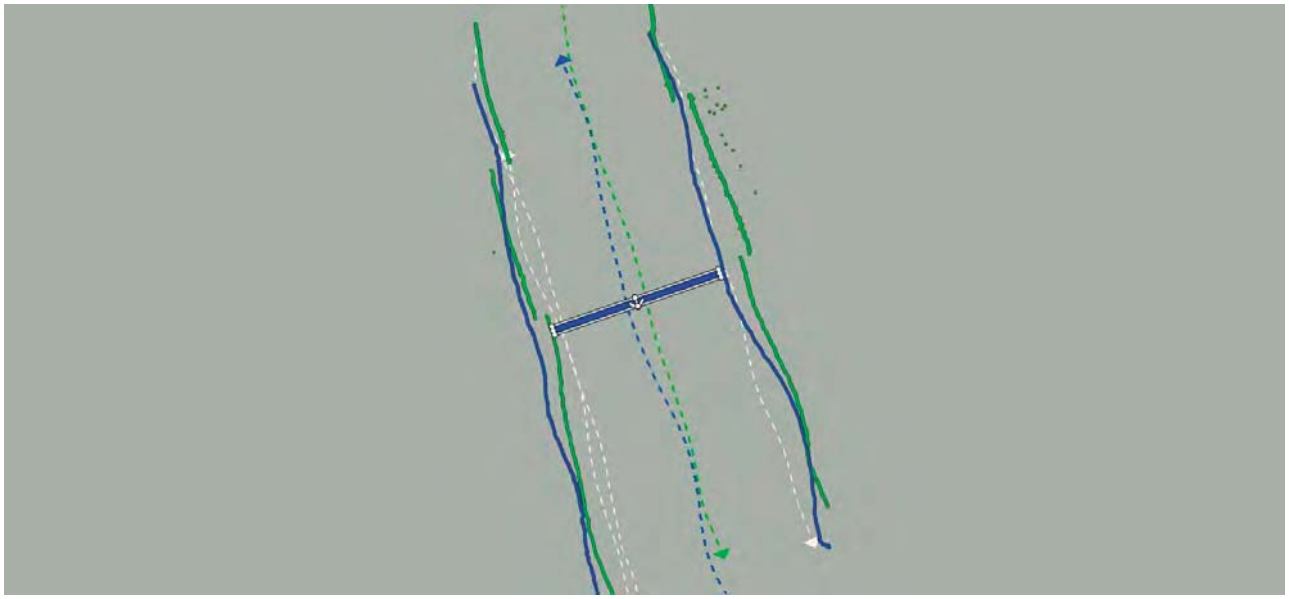
Patch Height: 3.03 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

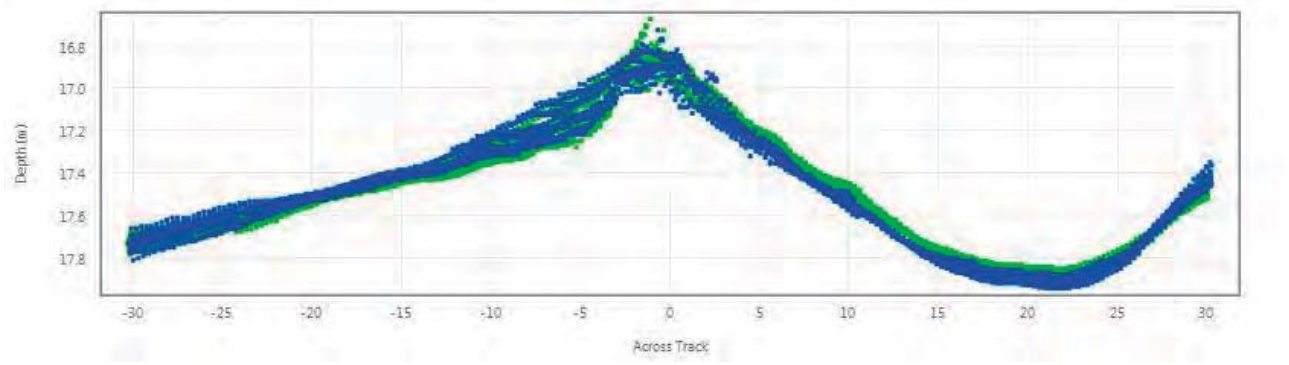
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.15°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 2

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Roll

Patch Location: 43°28'14.84"N, 8°14'58.58"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 60.59 meters

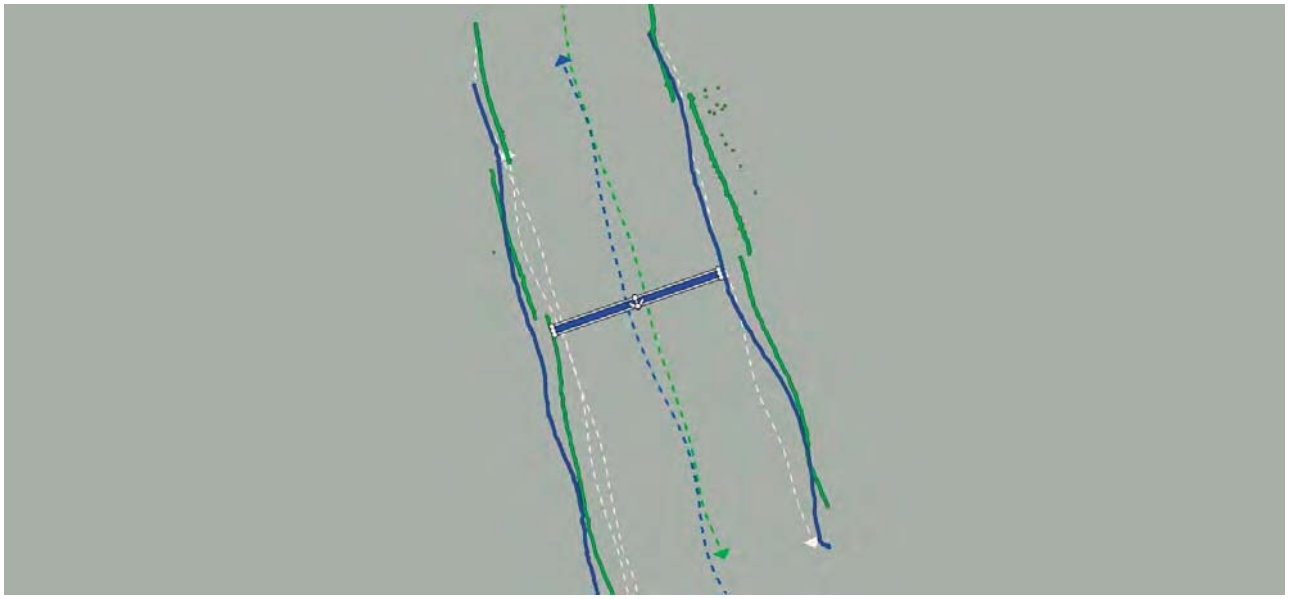
Patch Height: 3.03 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

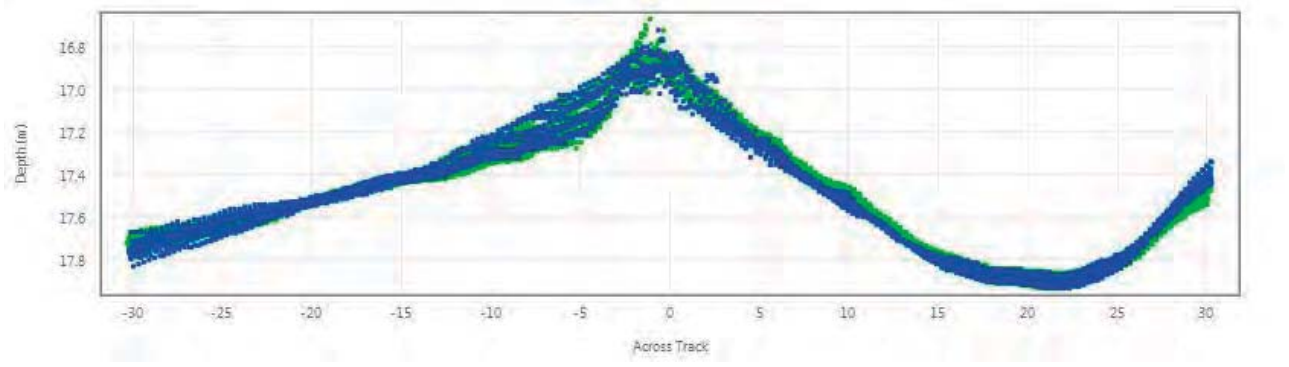
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.03°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 3

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Roll

Patch Location: 43°28'14.84"N, 8°14'58.58"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 60.59 meters

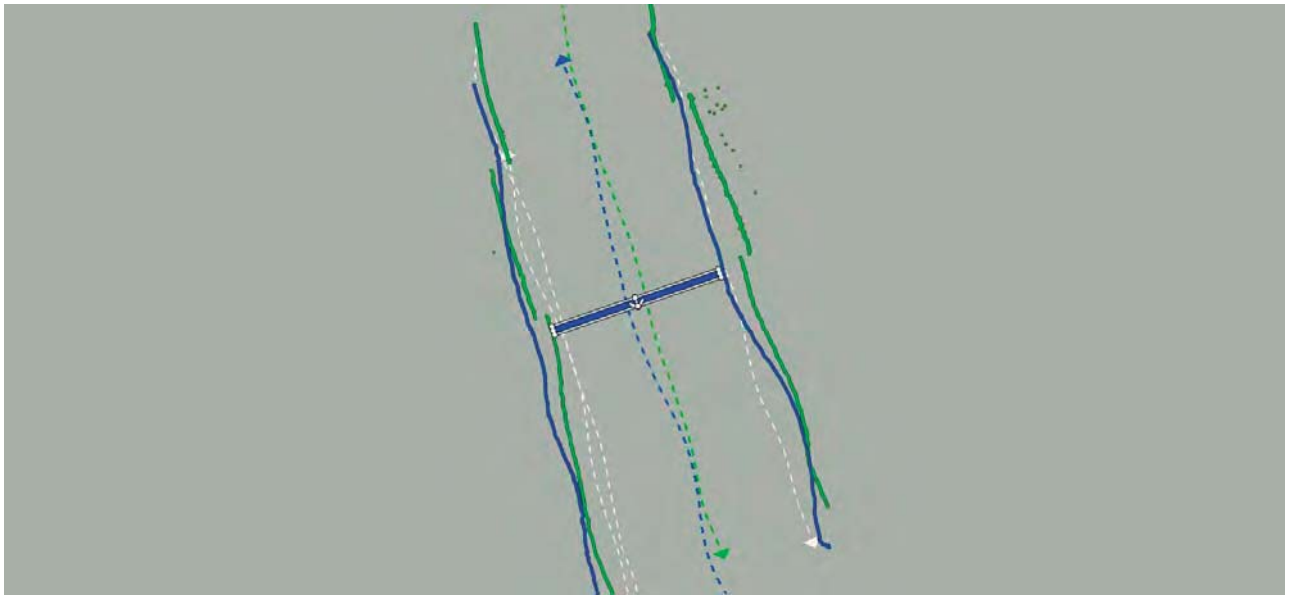
Patch Height: 3.03 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

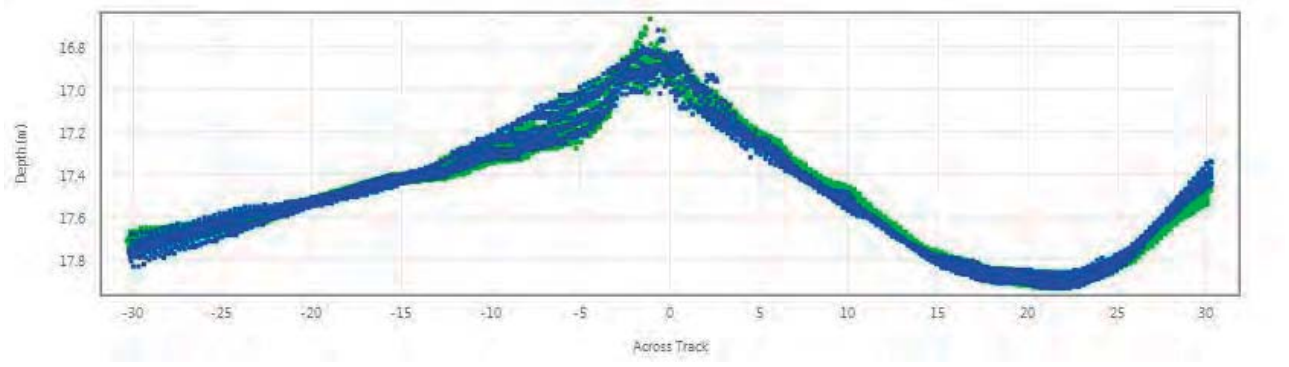
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 4

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Roll

Patch Location: 43°28'14.84"N, 8°14'58.58"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 60.59 meters

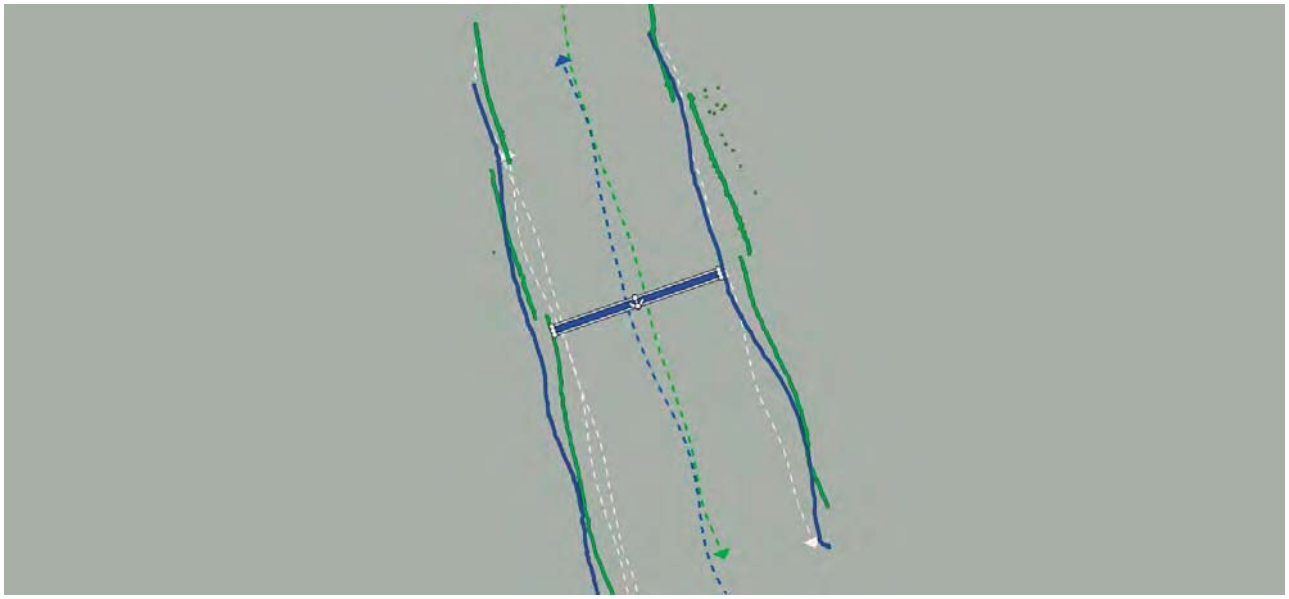
Patch Height: 3.03 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

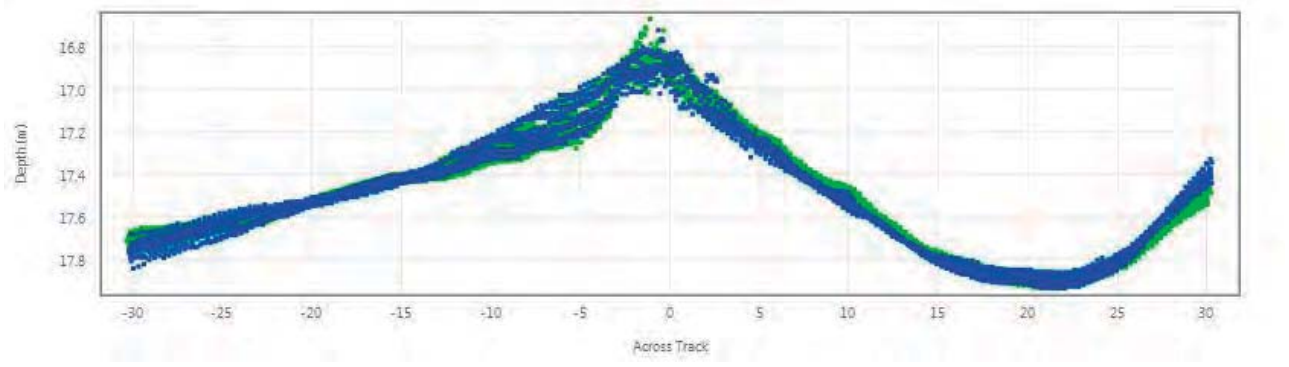
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.00°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 5

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Roll

Patch Location: 43°28'14.84"N, 8°14'58.58"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 60.59 meters

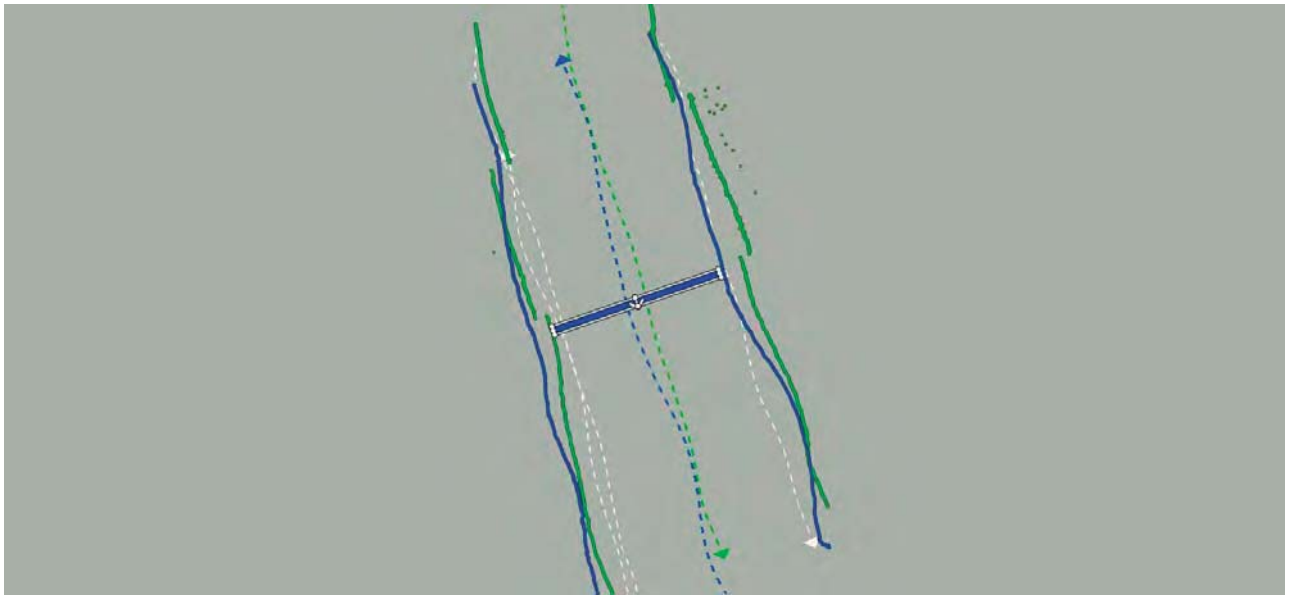
Patch Height: 3.03 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

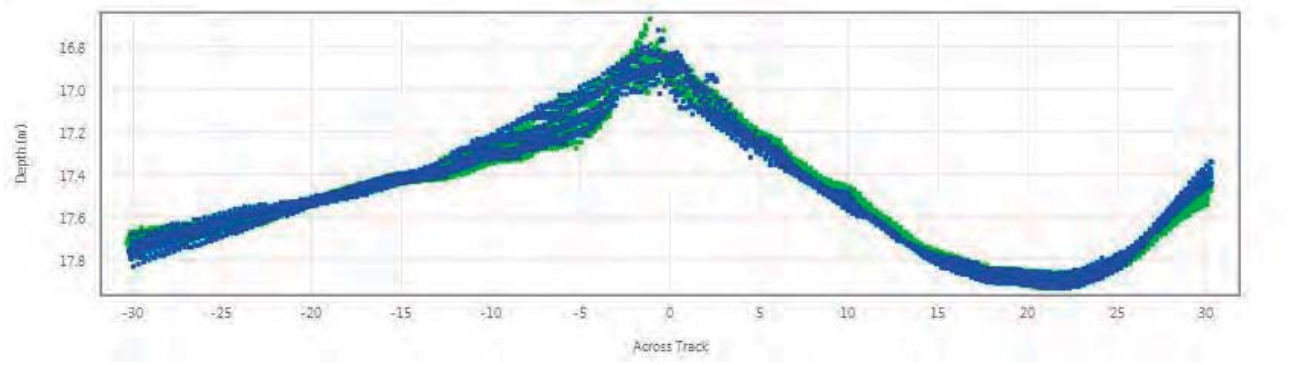
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 6

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Roll

Patch Location: 43°28'14.84"N, 8°14'58.58"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 60.59 meters

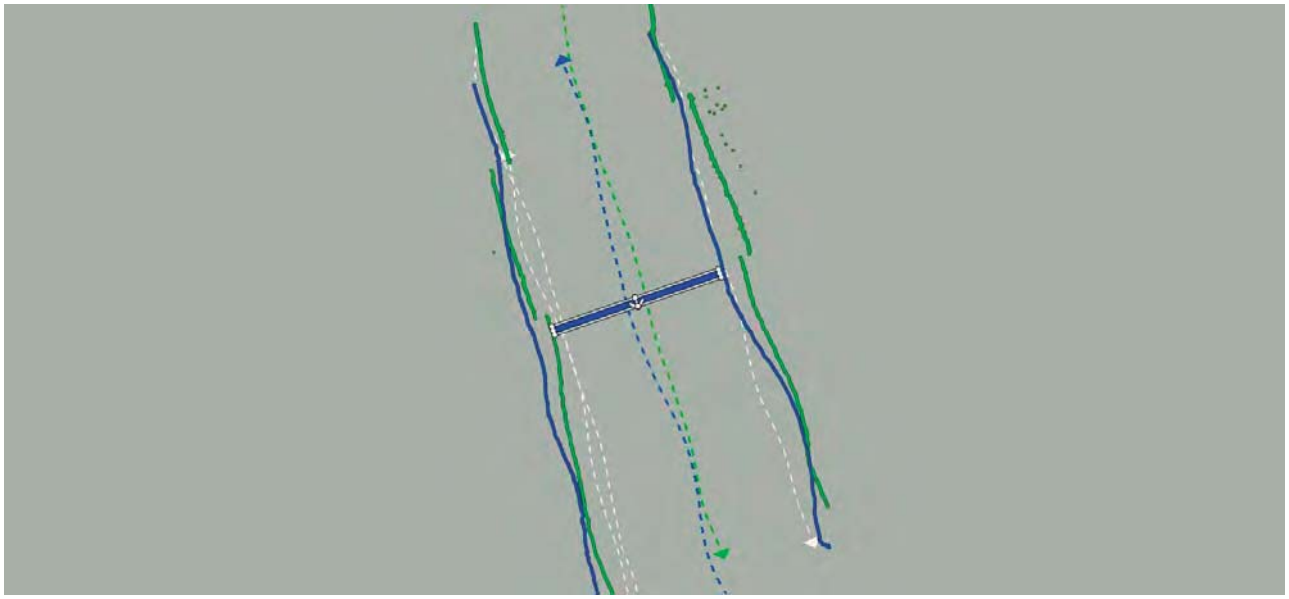
Patch Height: 3.03 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

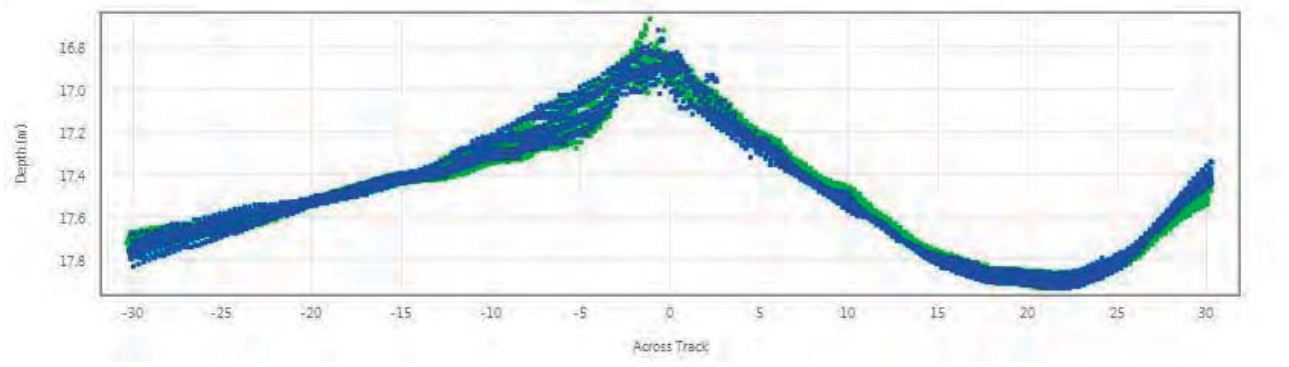
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.00°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 7

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Roll

Patch Location: 43°28'14.84"N, 8°14'58.58"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 60.59 meters

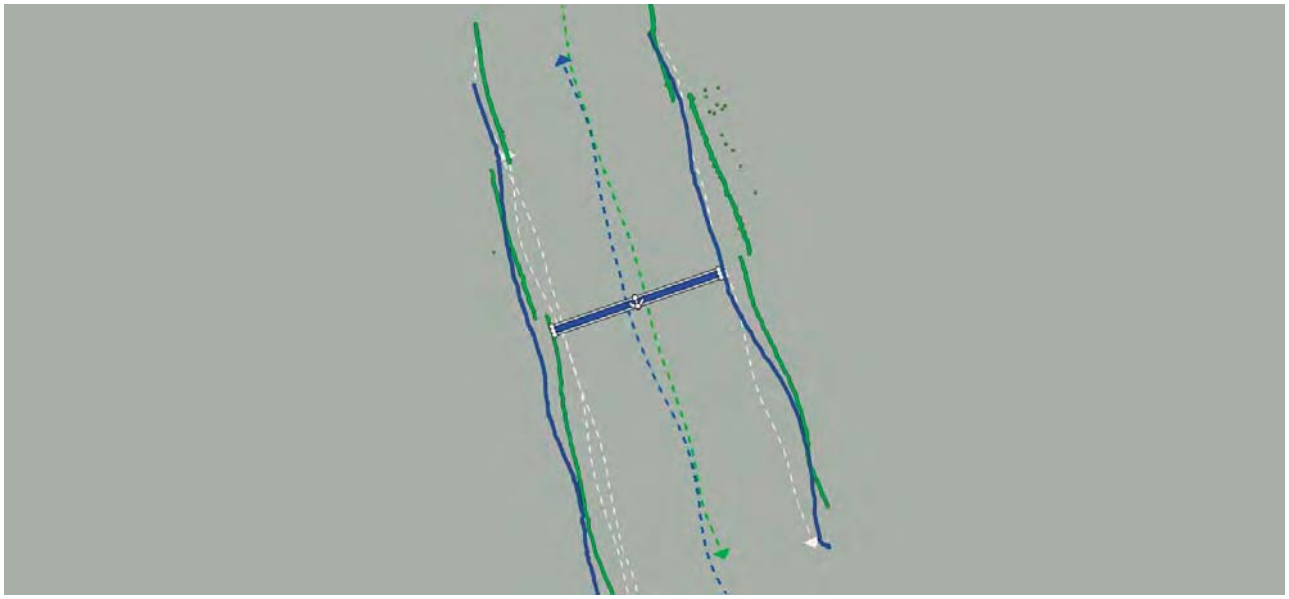
Patch Height: 3.03 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

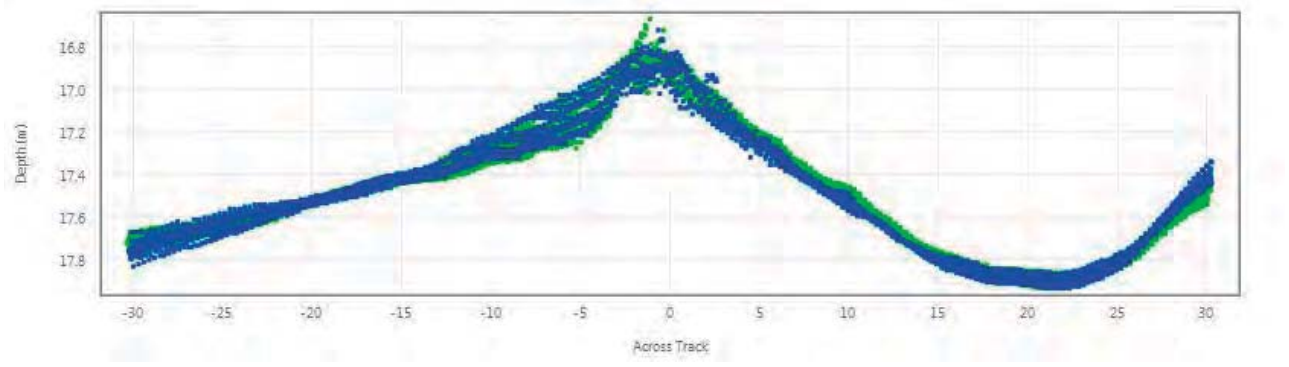
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.00°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 8

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Roll

Patch Location: 43°28'14.84"N, 8°14'58.58"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 60.59 meters

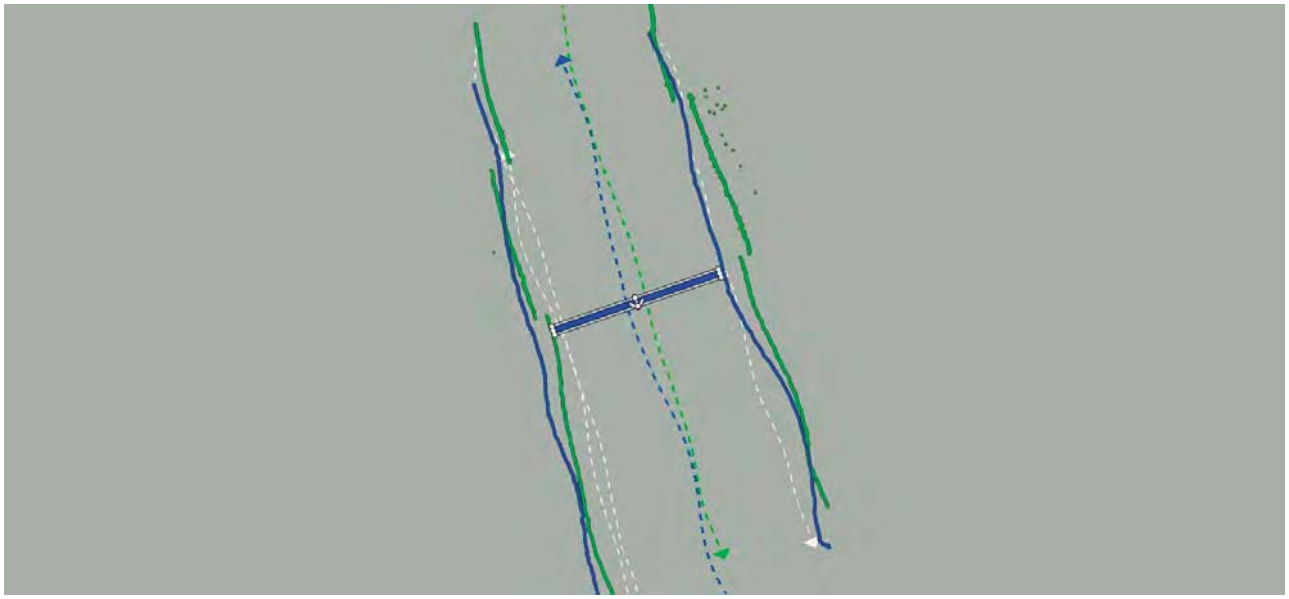
Patch Height: 3.03 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

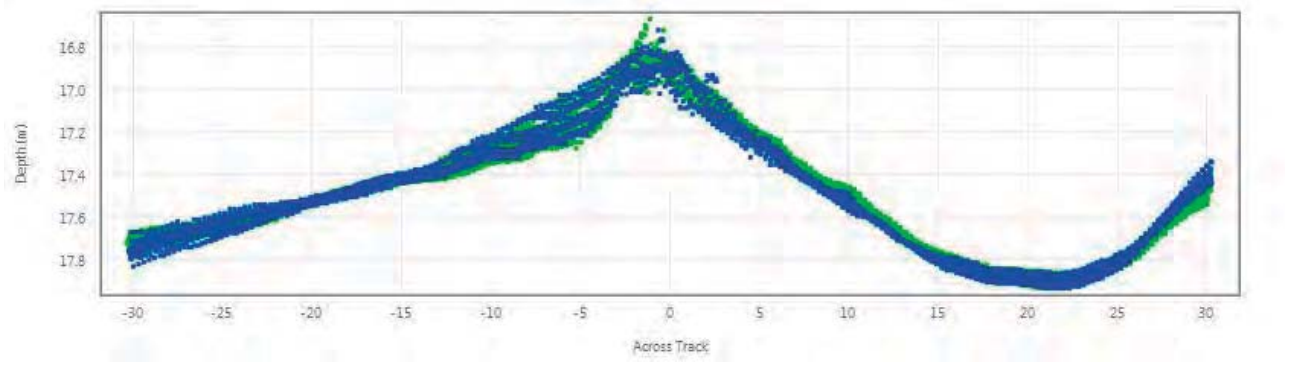
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.00°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 9

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Pitch

Patch Location: 43°28'14.47"N, 8°14'58.41"W

Patch Heading: 164.0°

Patch Width: 3.28 meters

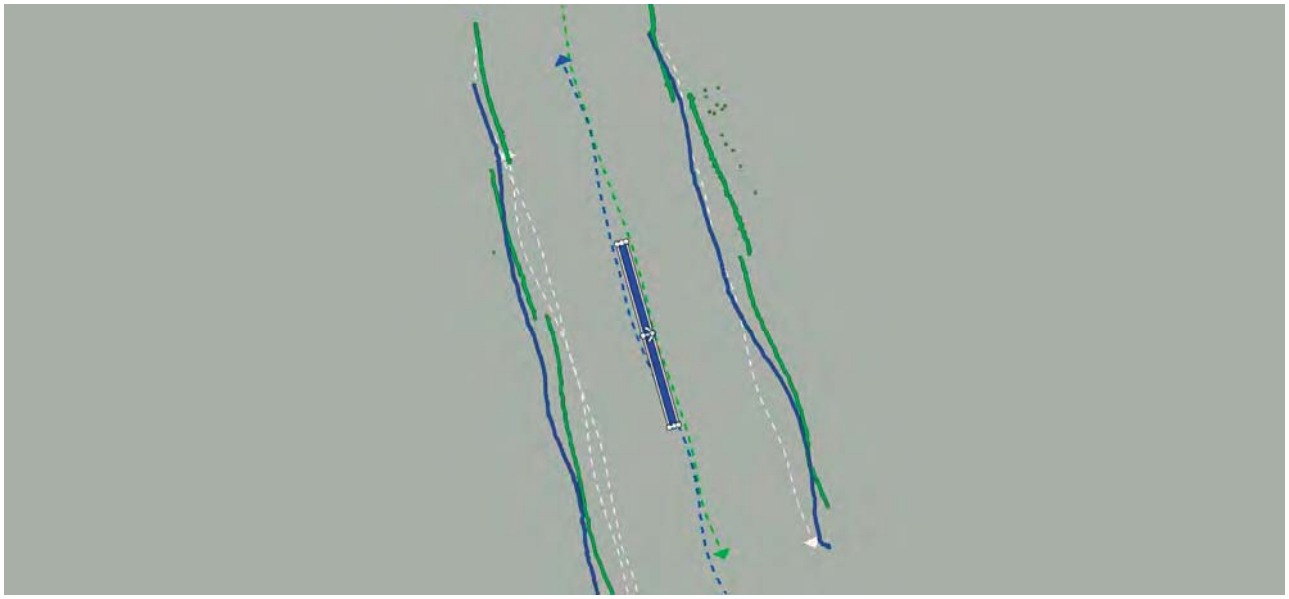
Patch Height: 65.54 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

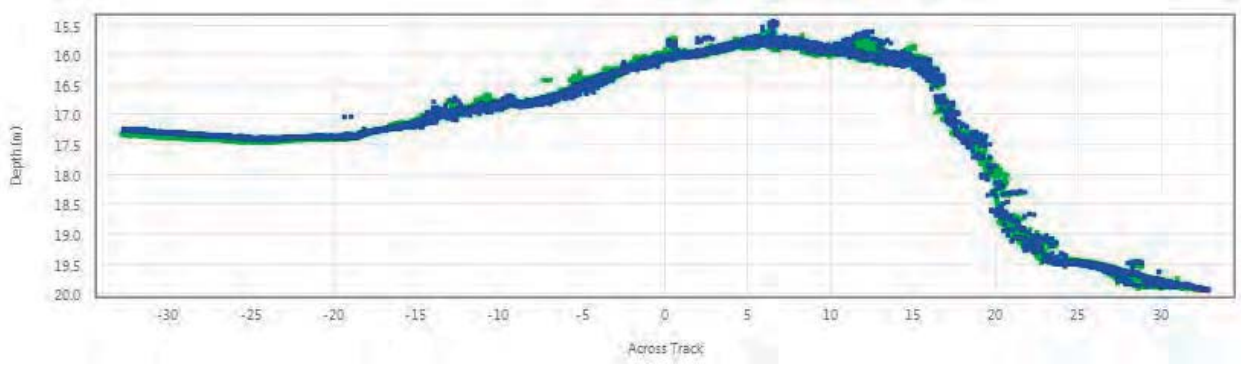
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.19°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 10

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Pitch

Patch Location: 43°28'14.47"N, 8°14'58.41"W

Patch Heading: 164.0°

Patch Width: 3.28 meters

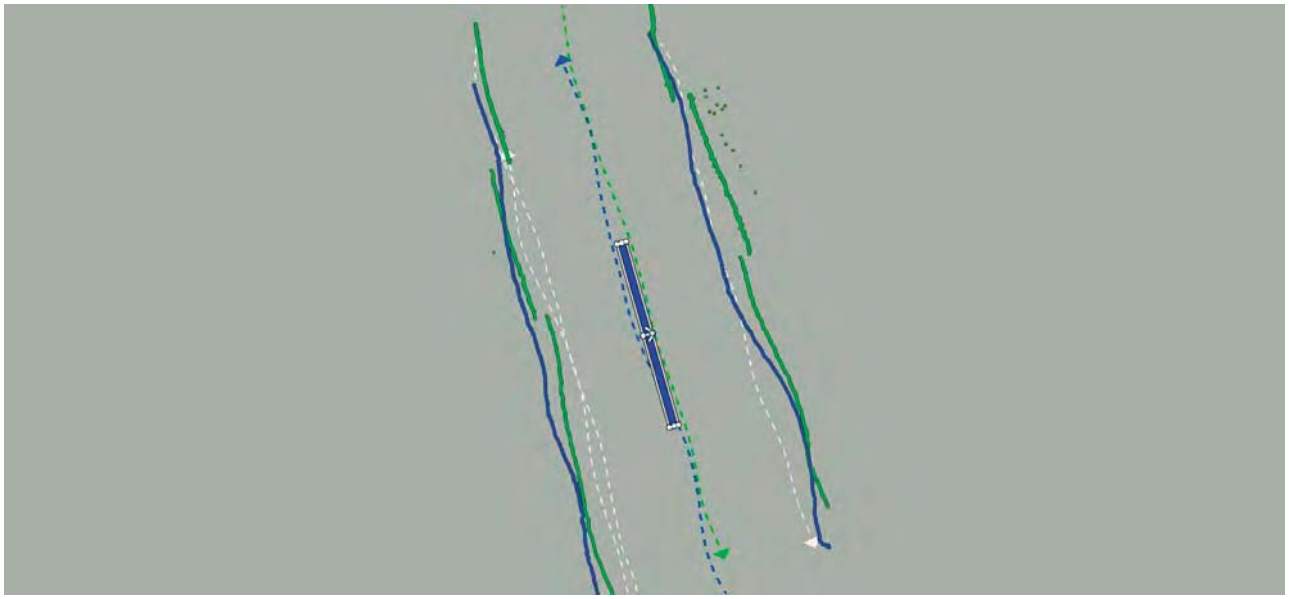
Patch Height: 65.54 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

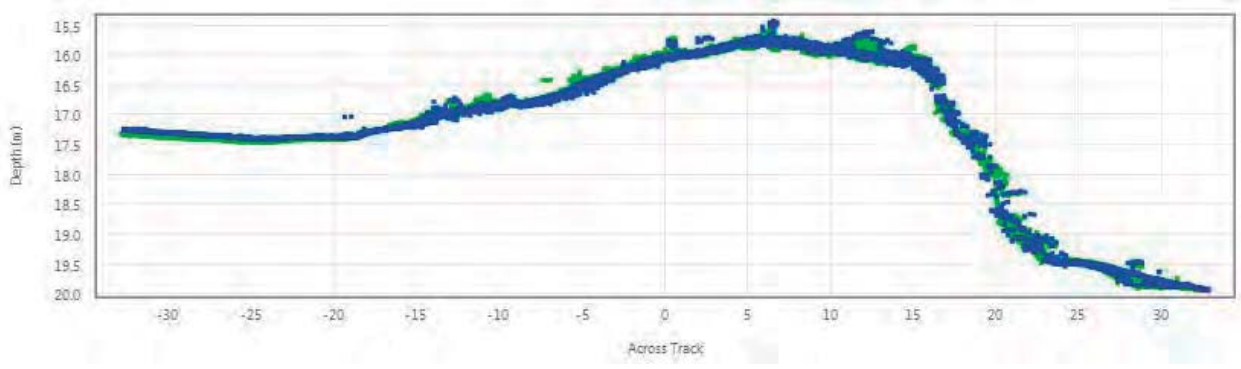
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.04°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 11

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Pitch

Patch Location: 43°28'14.47"N, 8°14'58.41"W

Patch Heading: 164.0°

Patch Width: 3.28 meters

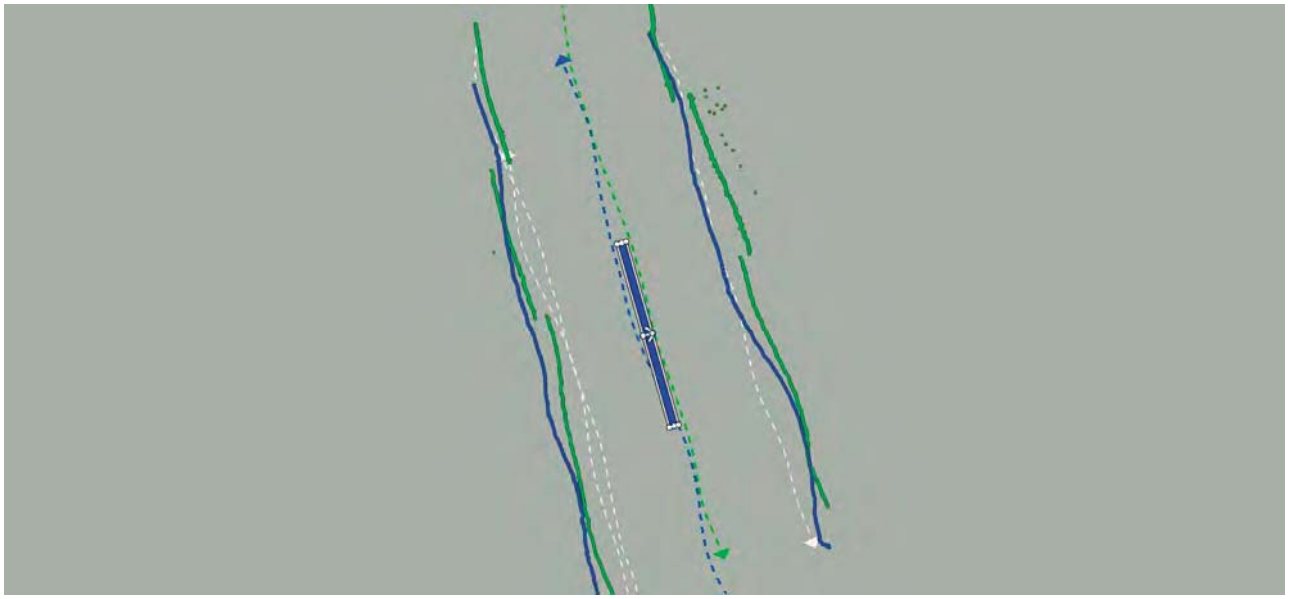
Patch Height: 65.54 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

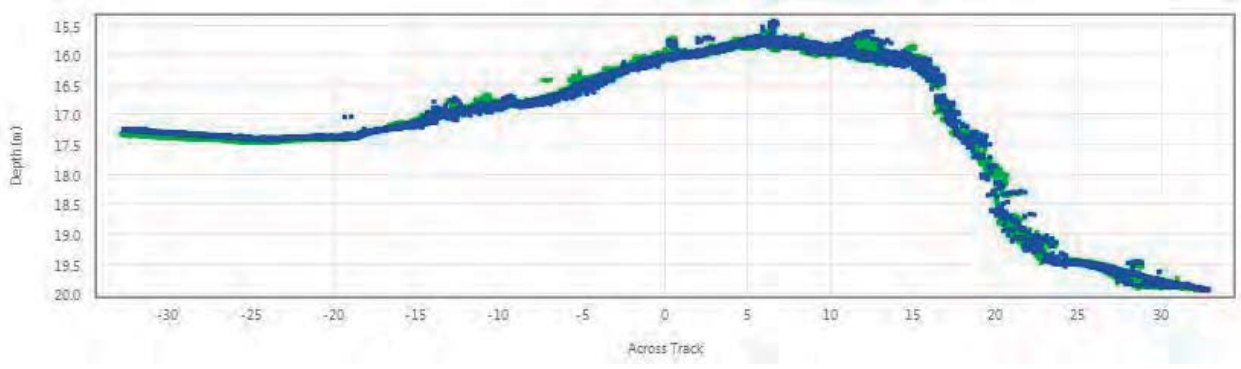
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 12

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Pitch

Patch Location: 43°28'14.47"N, 8°14'58.41"W

Patch Heading: 164.0°

Patch Width: 3.28 meters

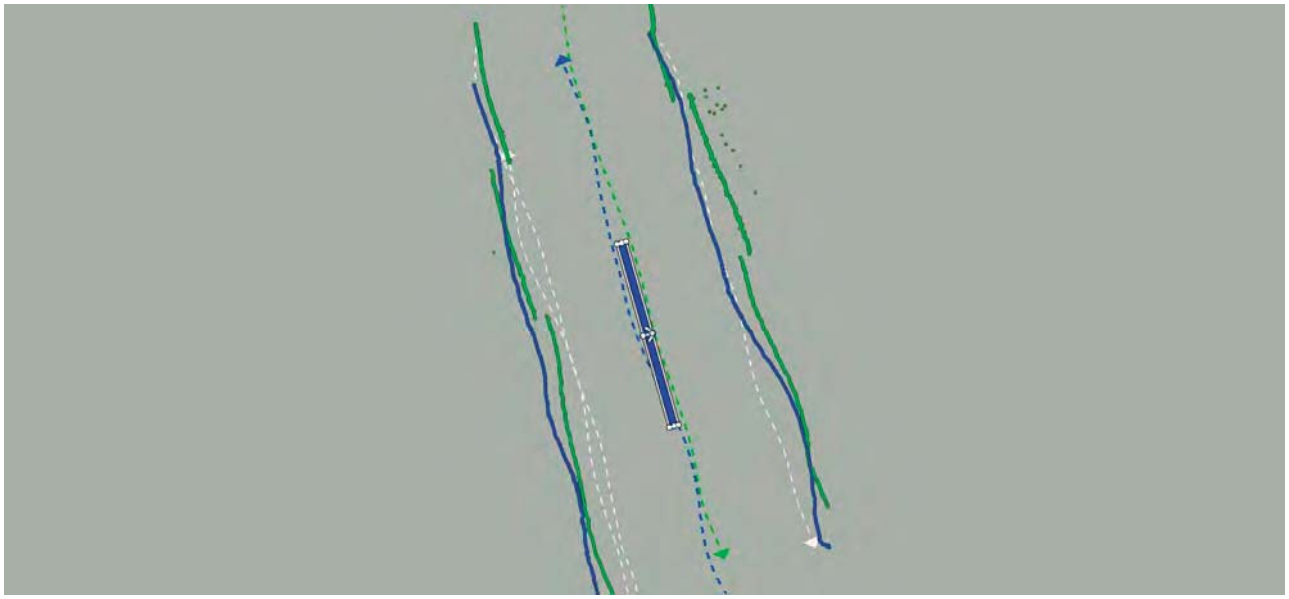
Patch Height: 65.54 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

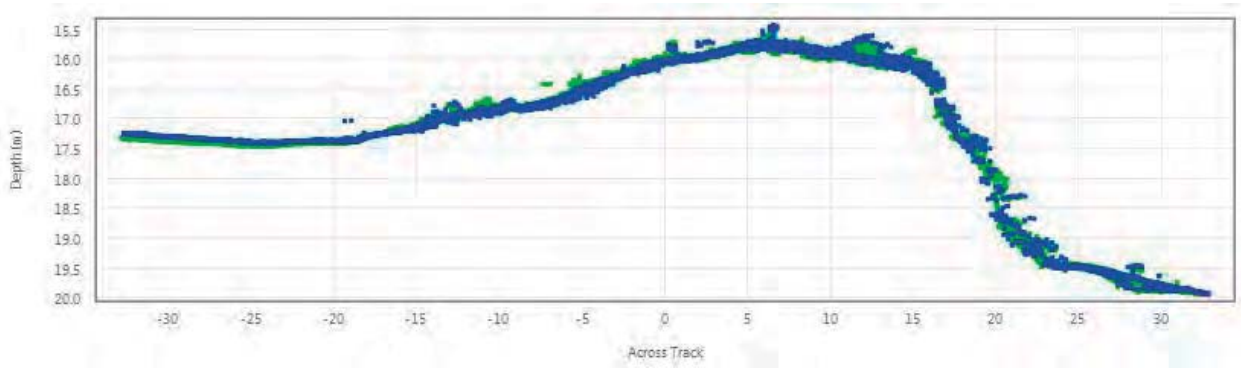
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 13

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Pitch

Patch Location: 43°28'14.47"N, 8°14'58.41"W

Patch Heading: 164.0°

Patch Width: 3.28 meters

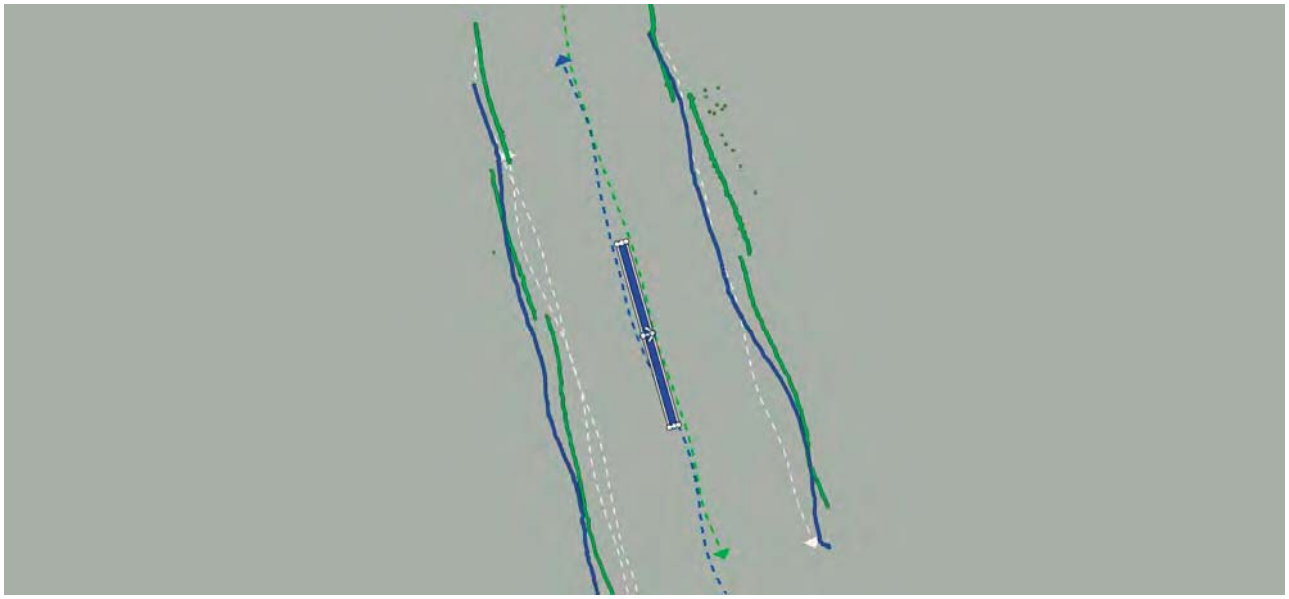
Patch Height: 65.54 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

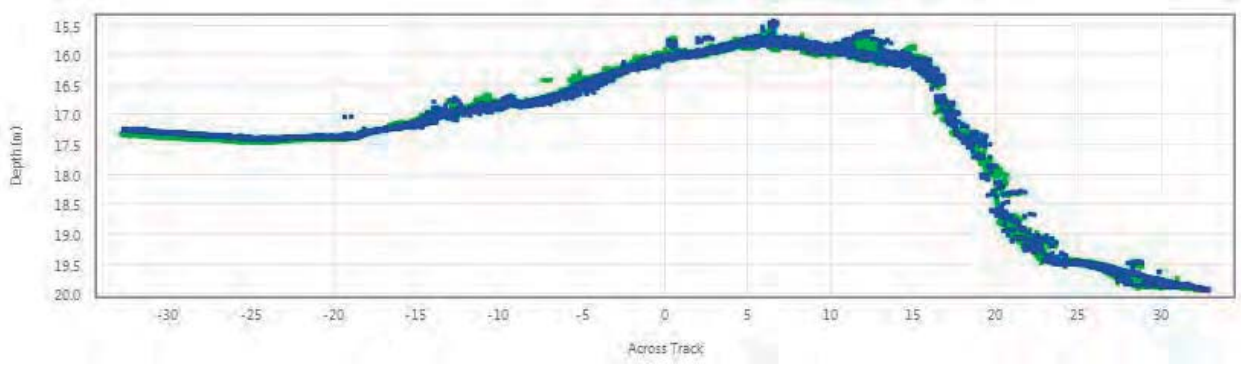
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.00°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 14

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Pitch

Patch Location: 43°28'14.47"N, 8°14'58.41"W

Patch Heading: 164.0°

Patch Width: 3.28 meters

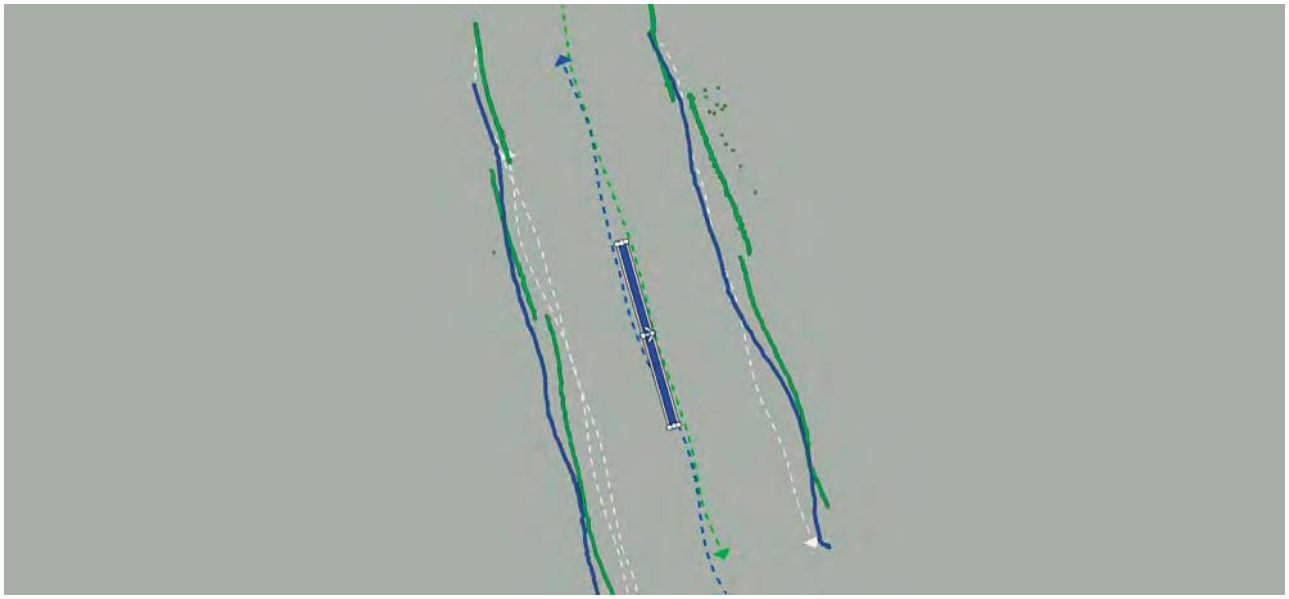
Patch Height: 65.54 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

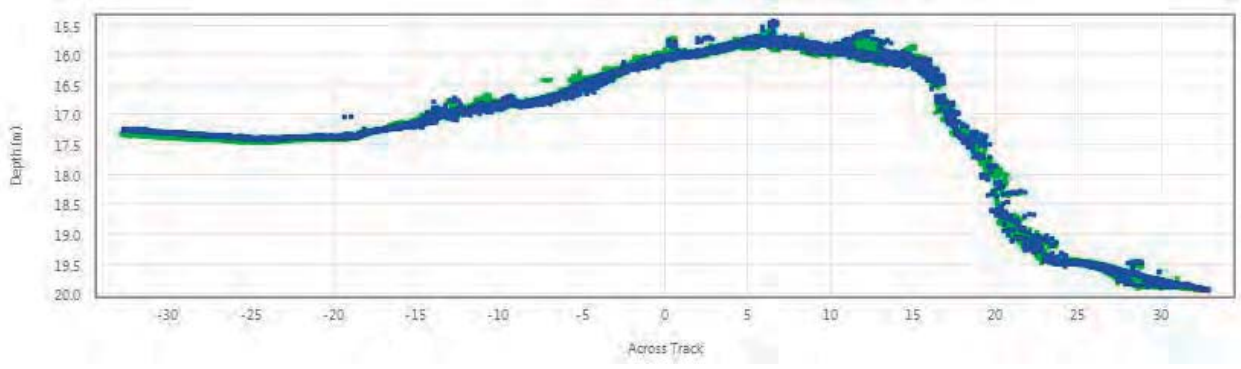
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 15

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Pitch

Patch Location: 43°28'14.47"N, 8°14'58.41"W

Patch Heading: 164.0°

Patch Width: 3.28 meters

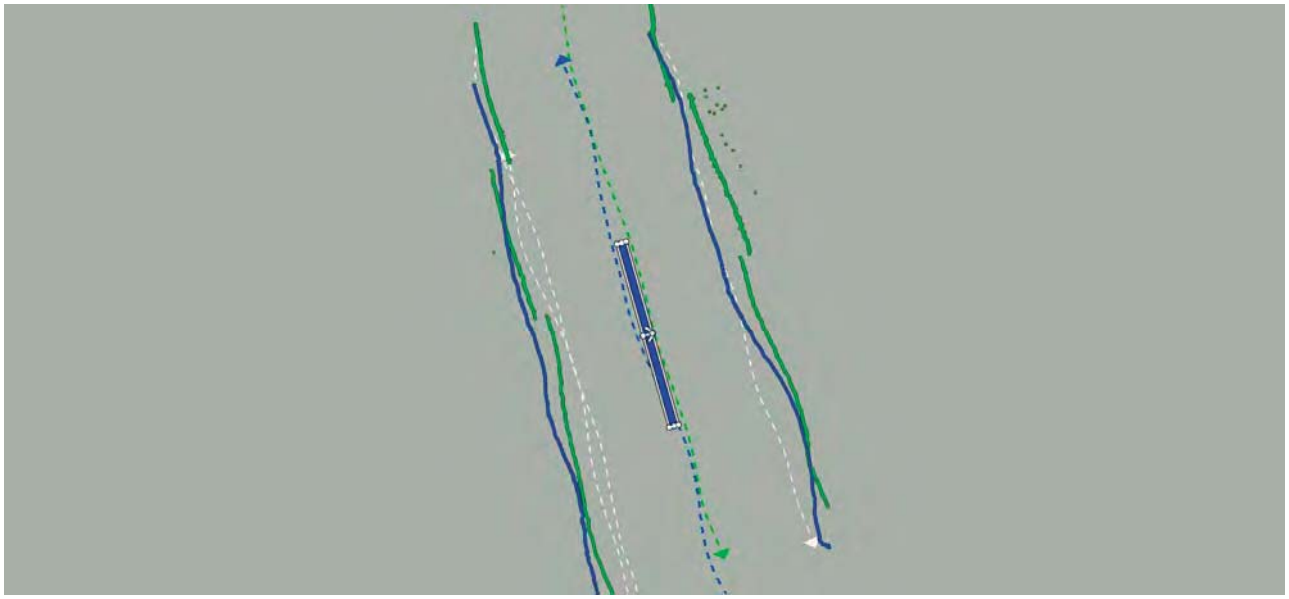
Patch Height: 65.54 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

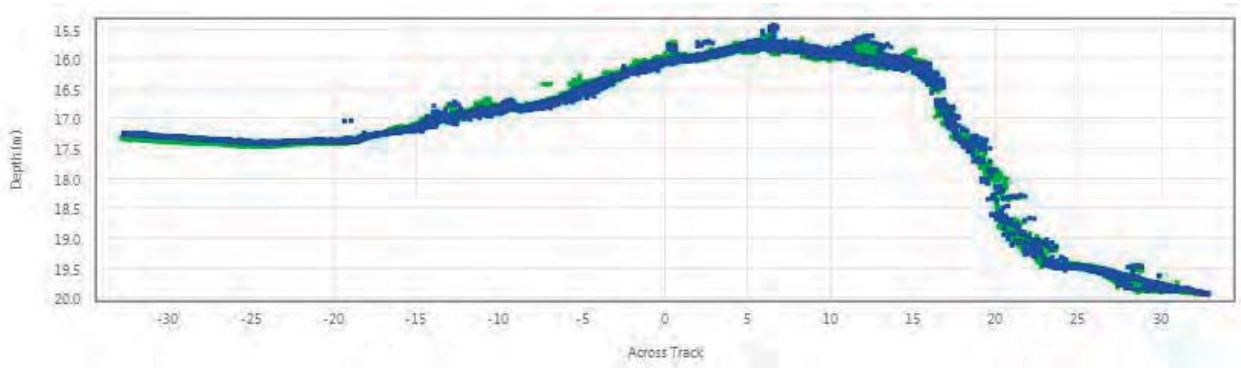
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.00°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 16

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

02: 0045 - Cali2 - 0001 (347°, 4.7 kts)

Calibration Type: Multibeam Pitch

Patch Location: 43°28'14.47"N, 8°14'58.41"W

Patch Heading: 164.0°

Patch Width: 3.28 meters

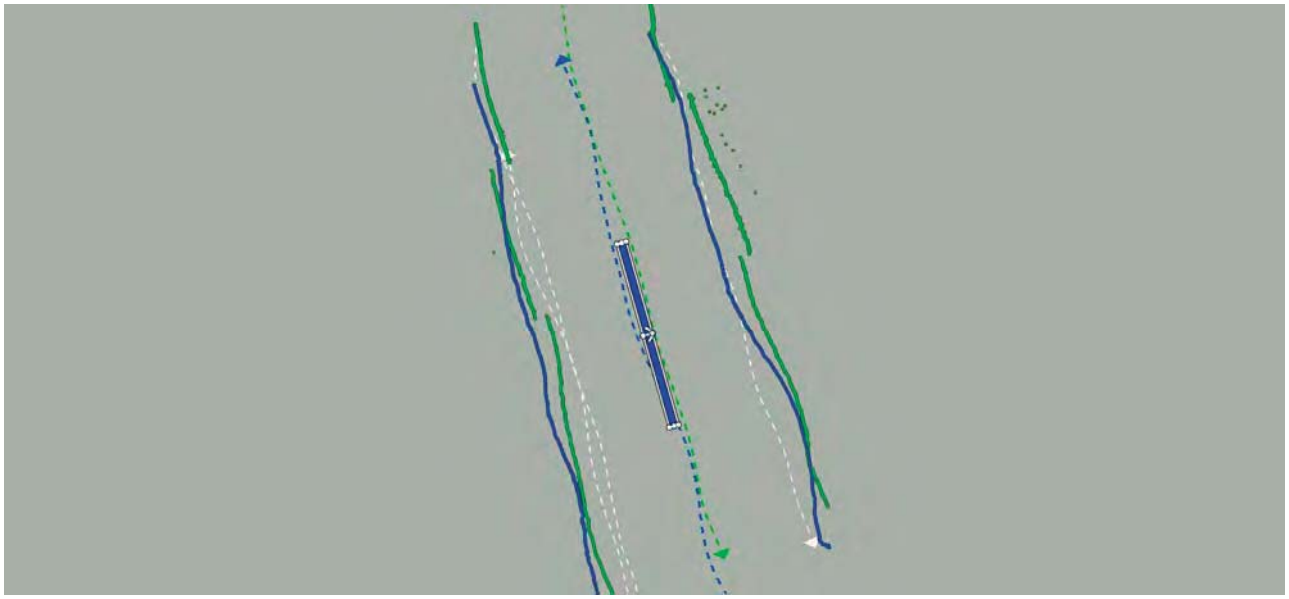
Patch Height: 65.54 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

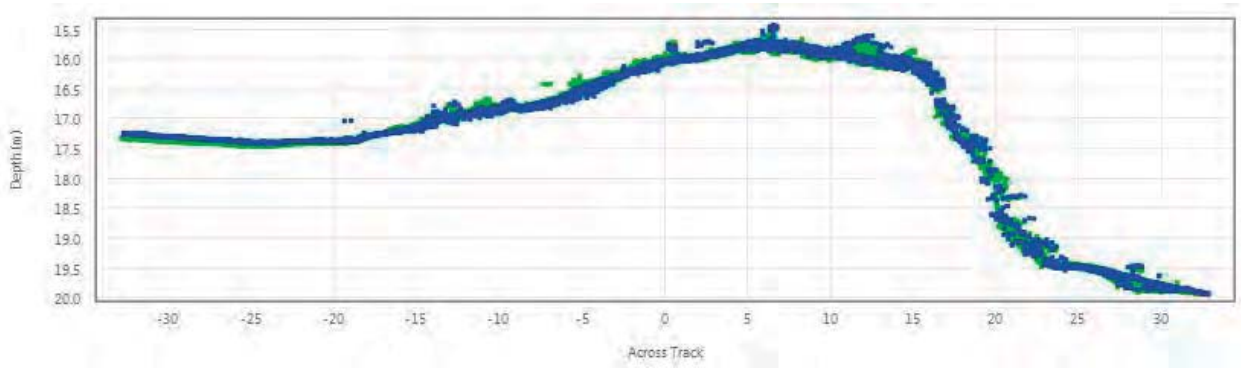
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.00°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 17

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

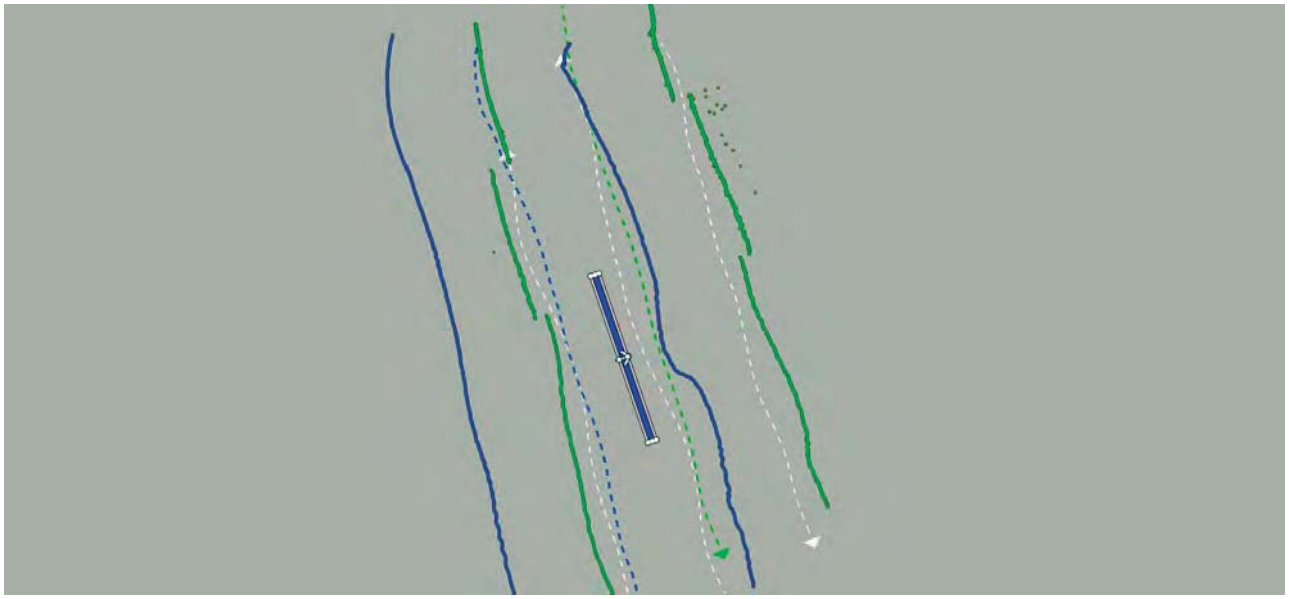
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

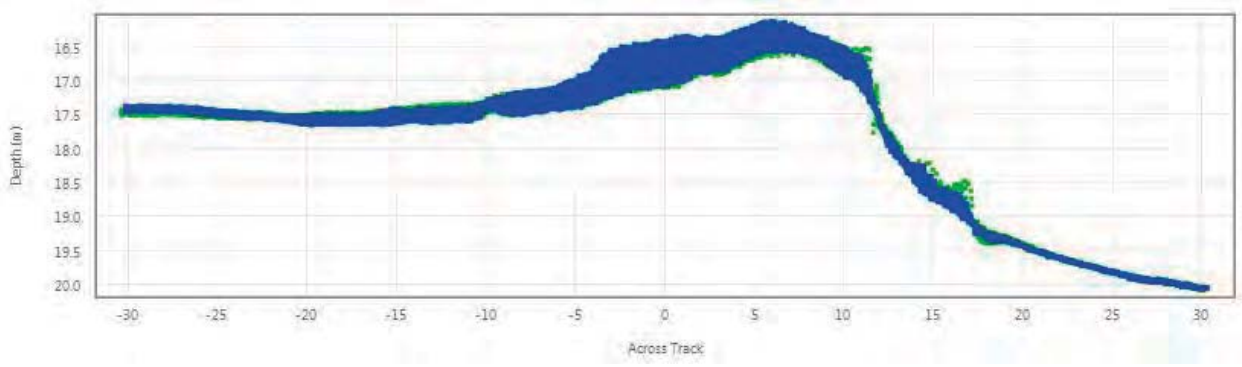
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.31°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 18

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

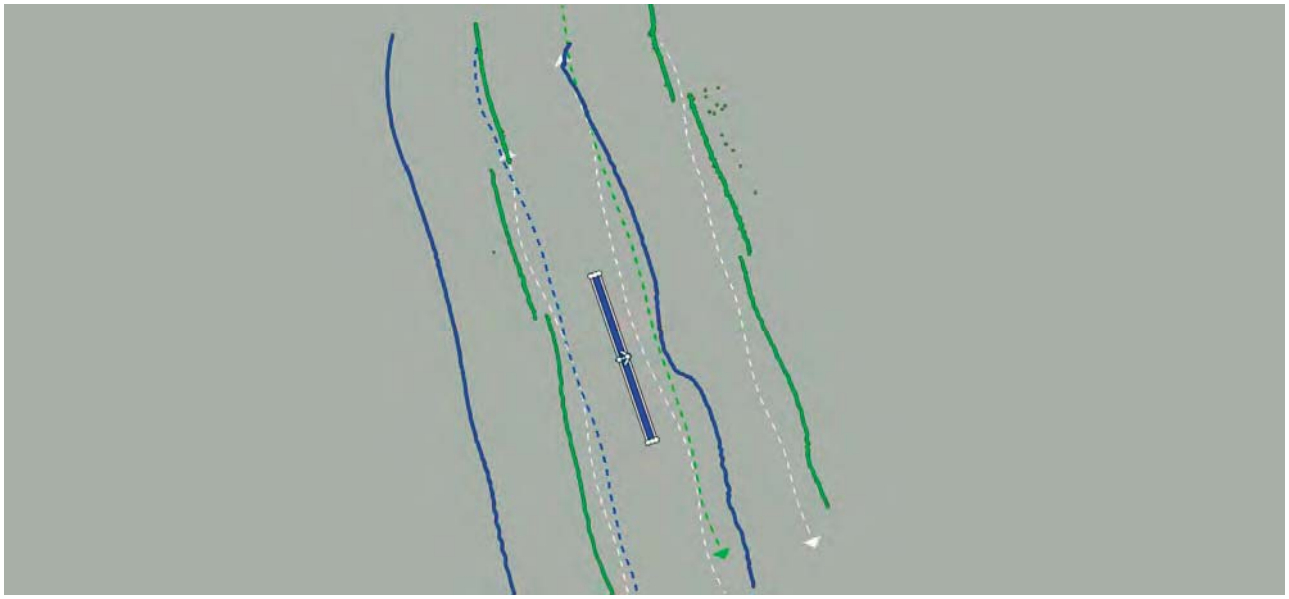
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

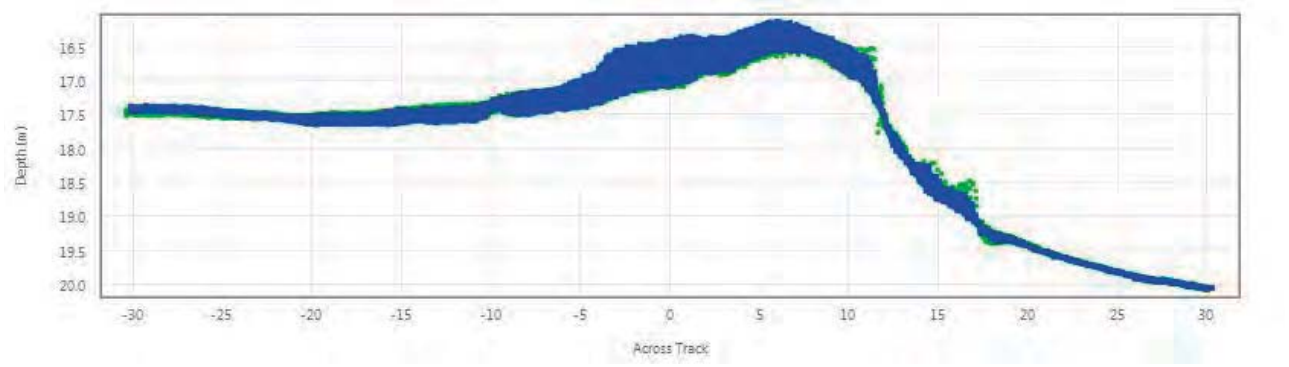
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.04°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 19

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

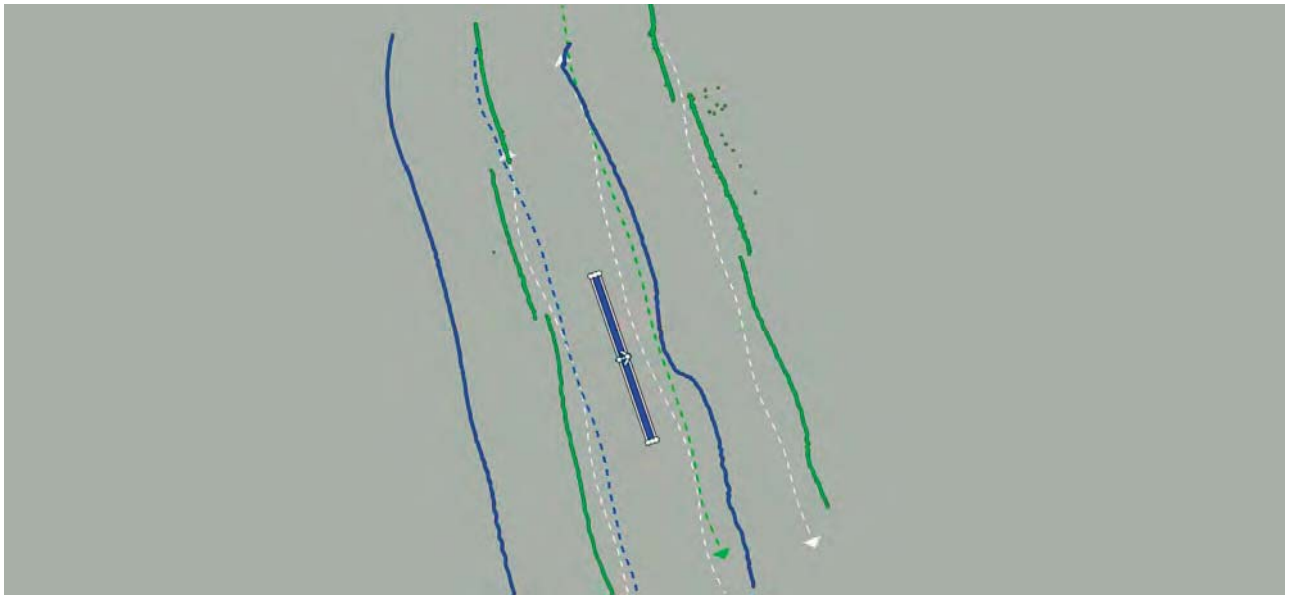
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

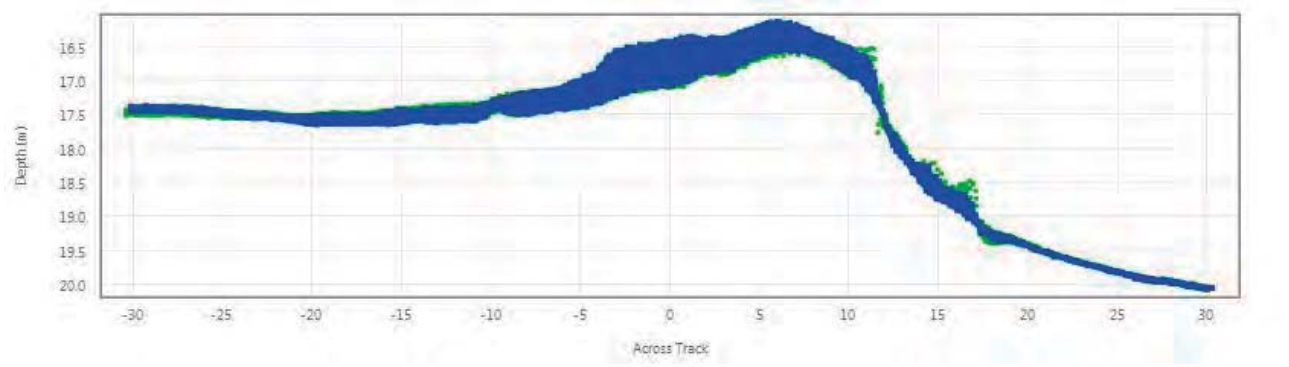
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 20

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

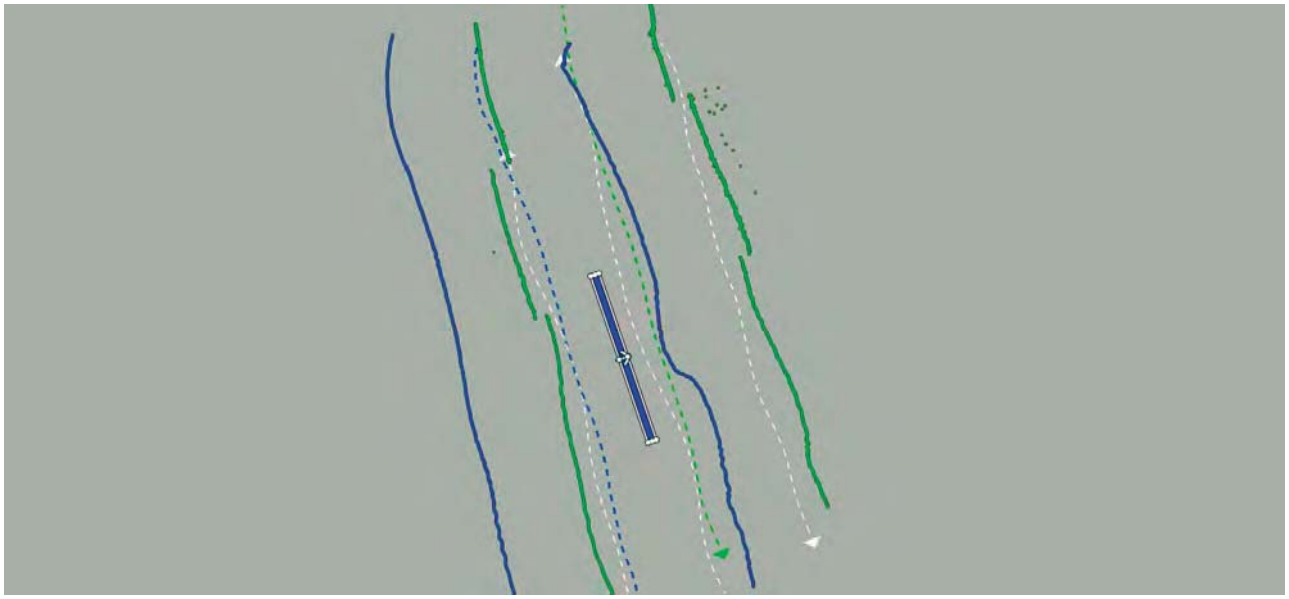
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

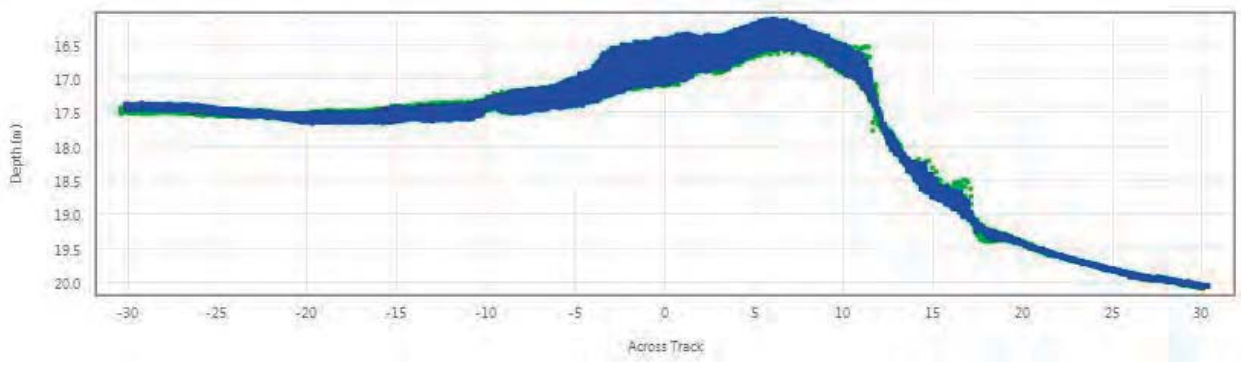
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.11°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 21

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

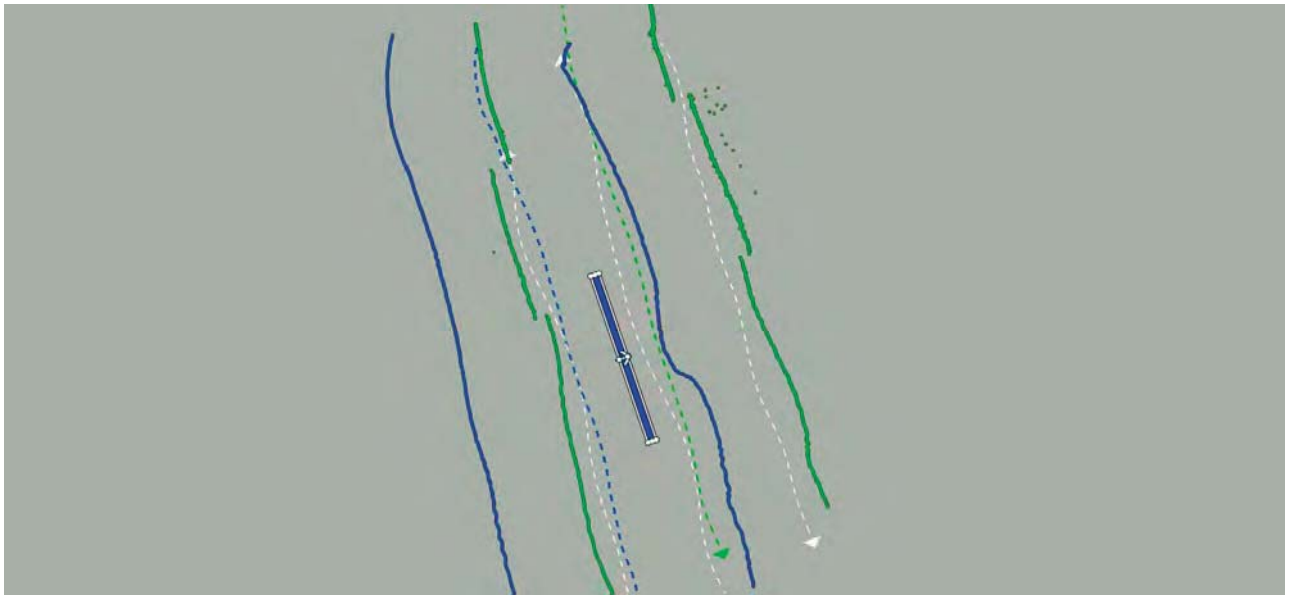
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

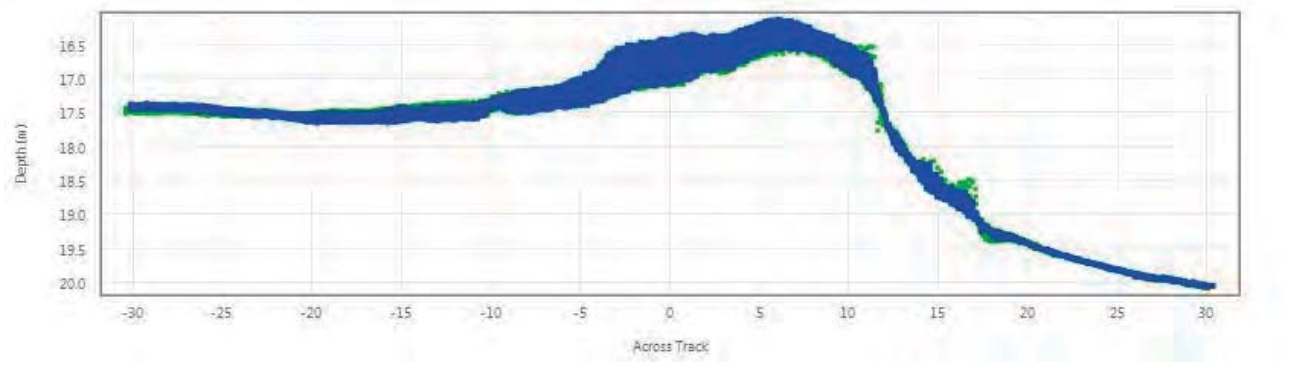
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 22

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

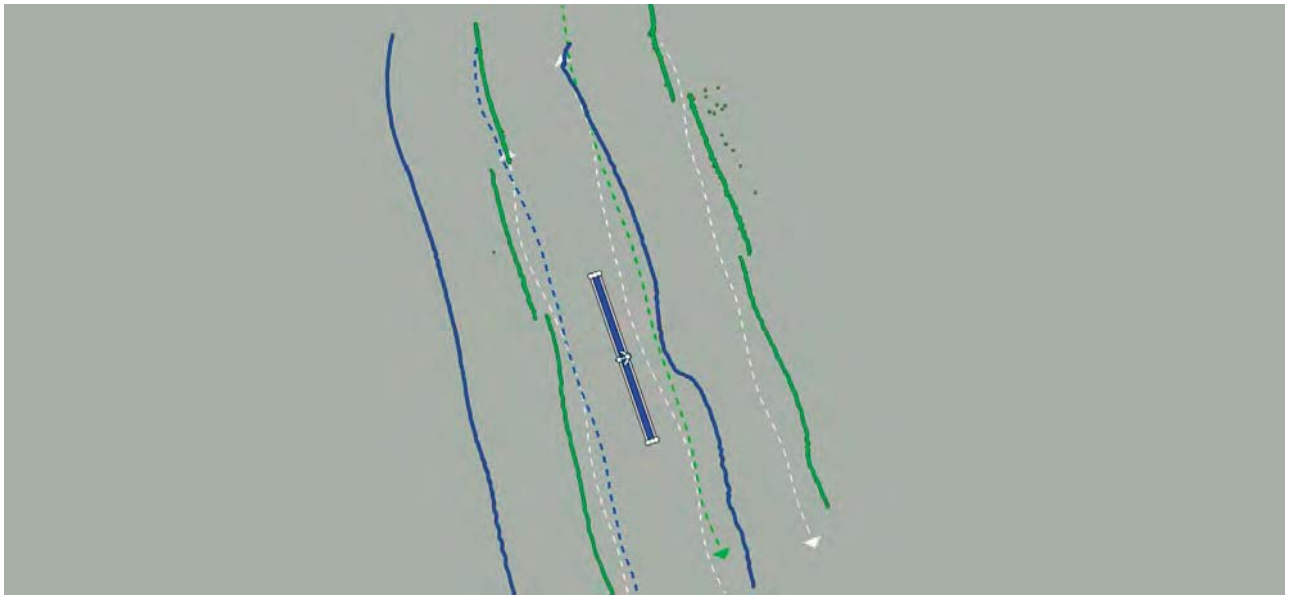
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

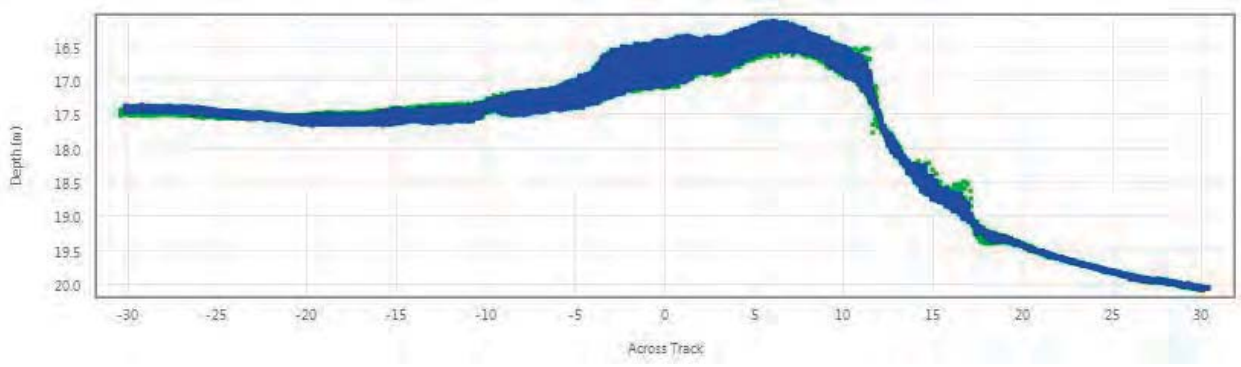
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.00°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 23

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

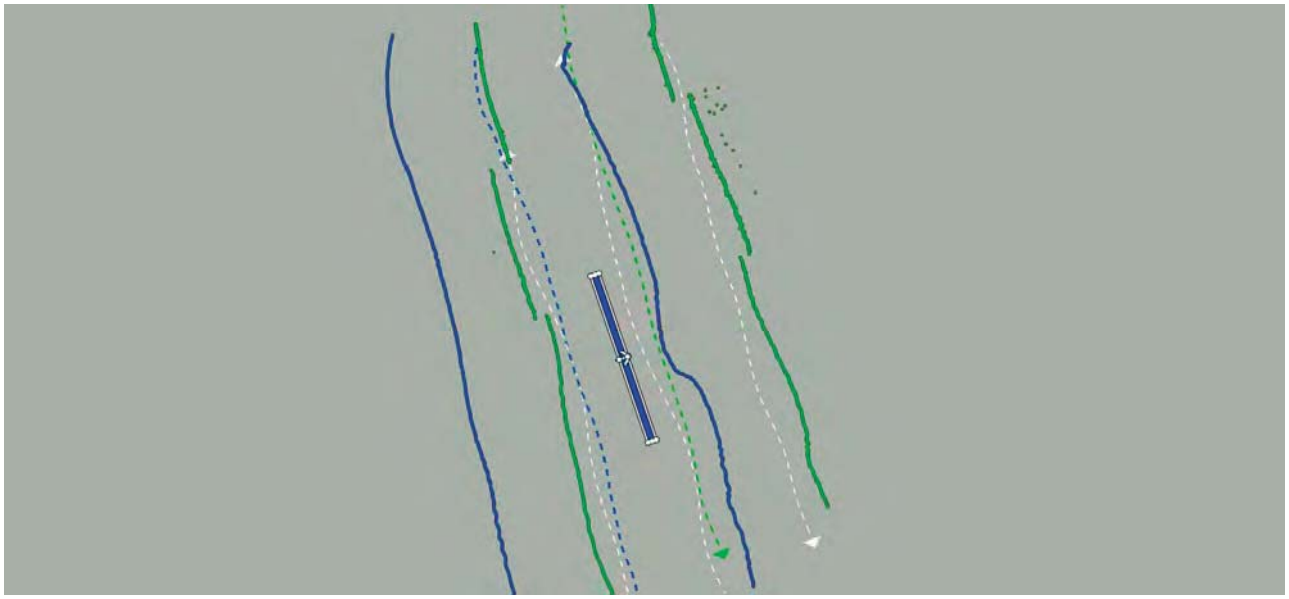
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

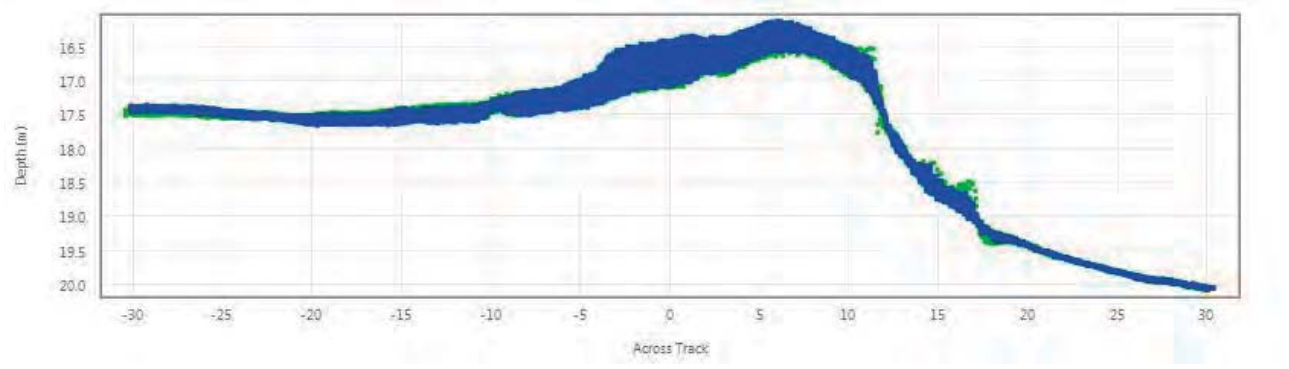
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.03°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 24

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

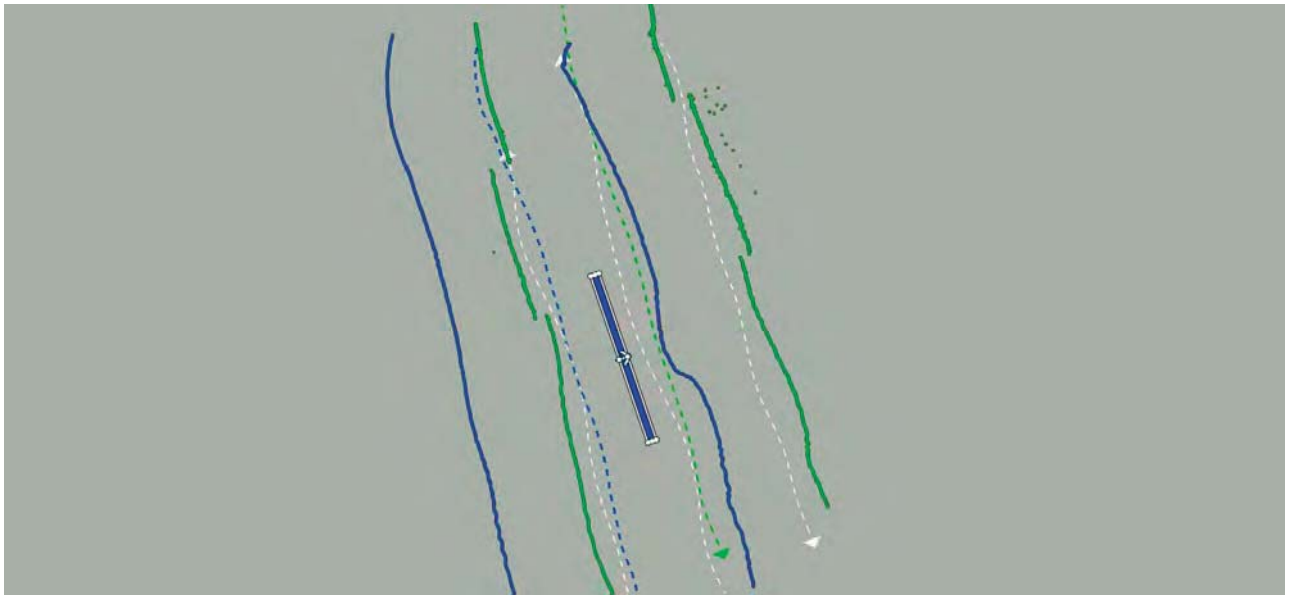
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

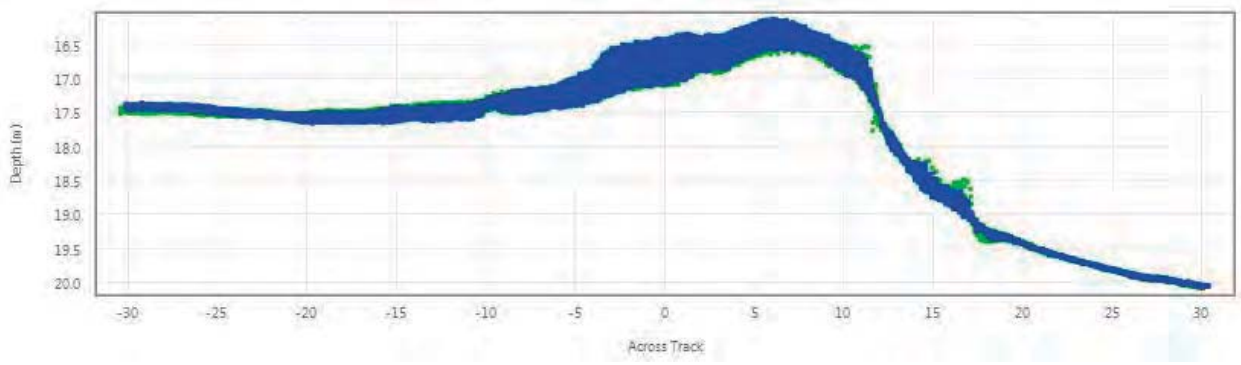
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 25

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

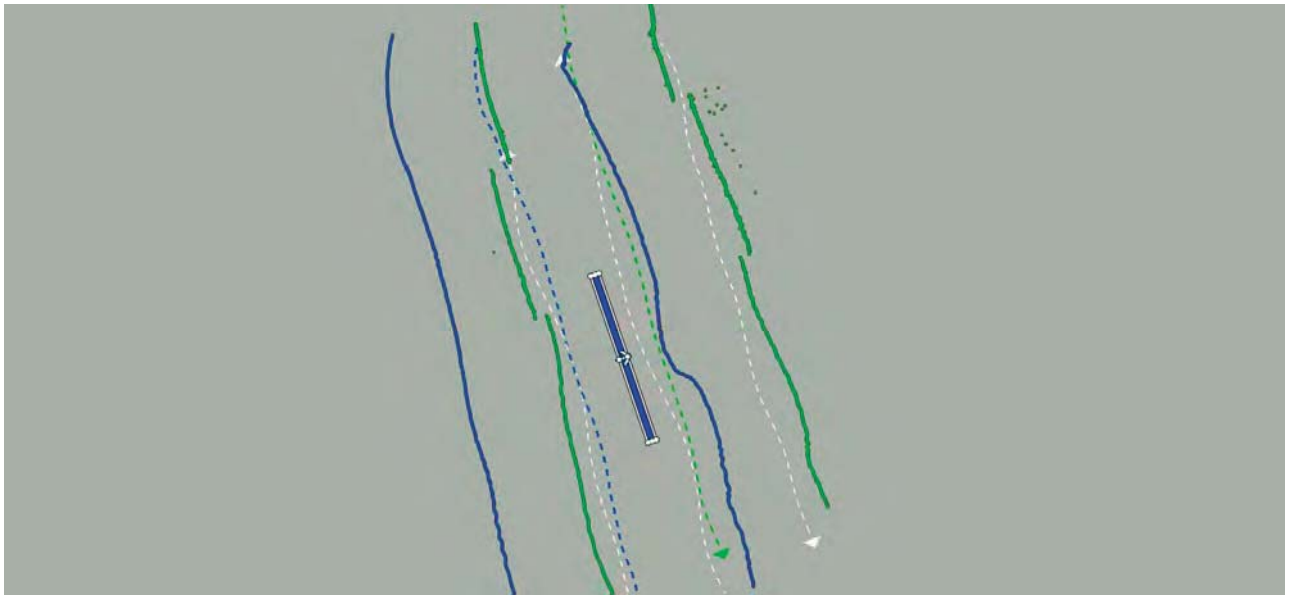
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

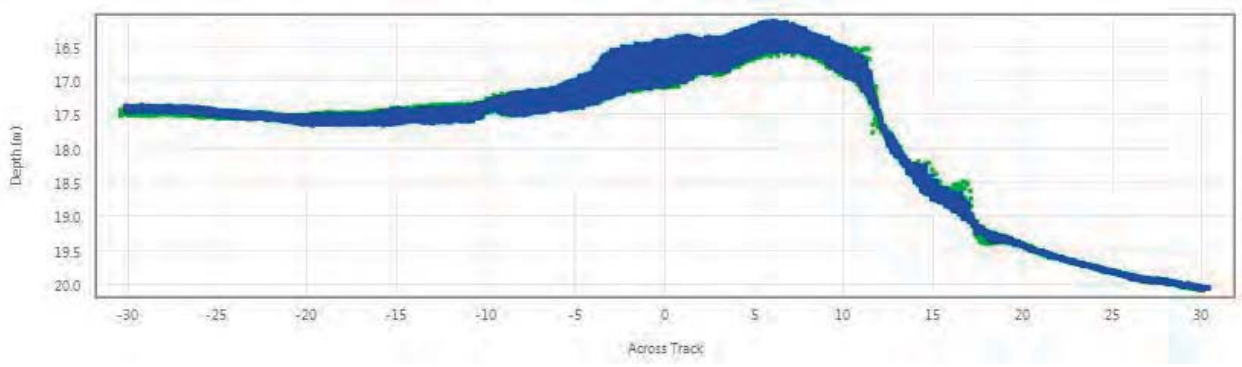
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 26

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

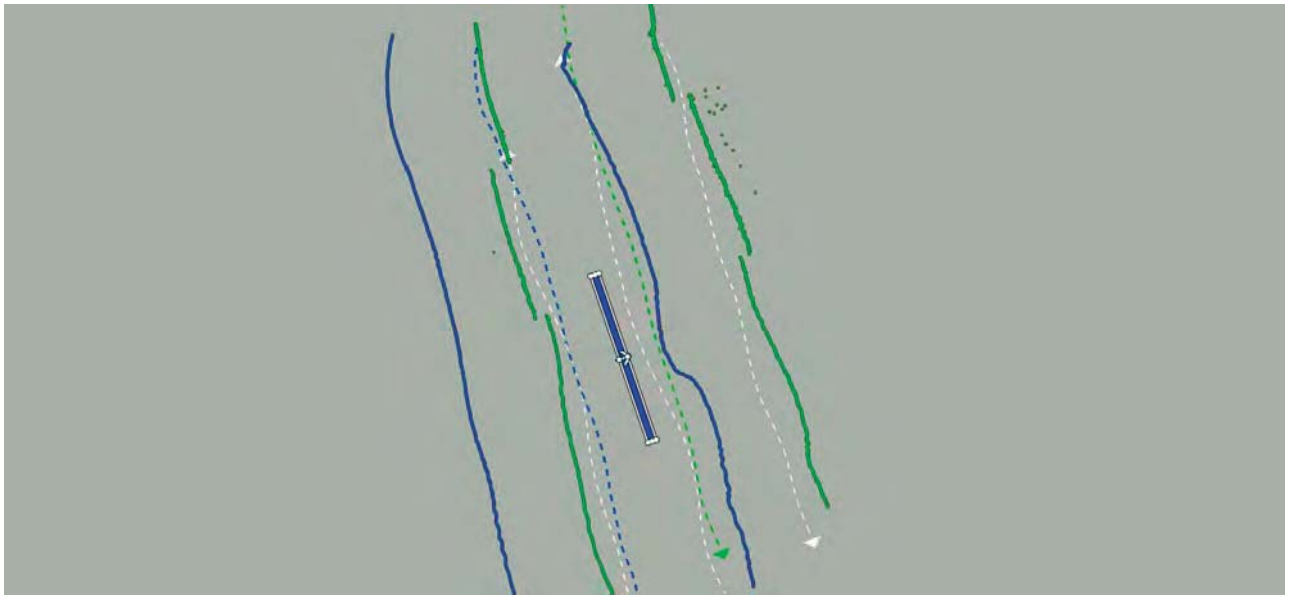
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

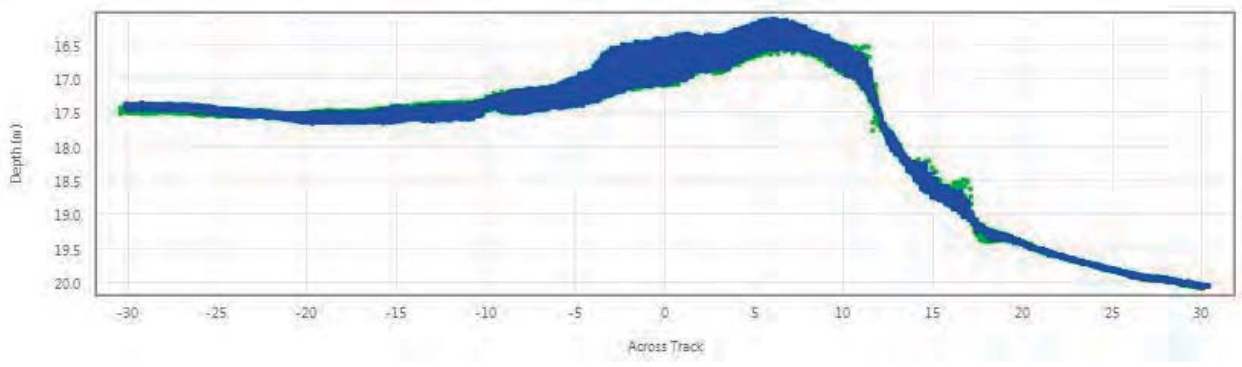
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.01°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 27

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

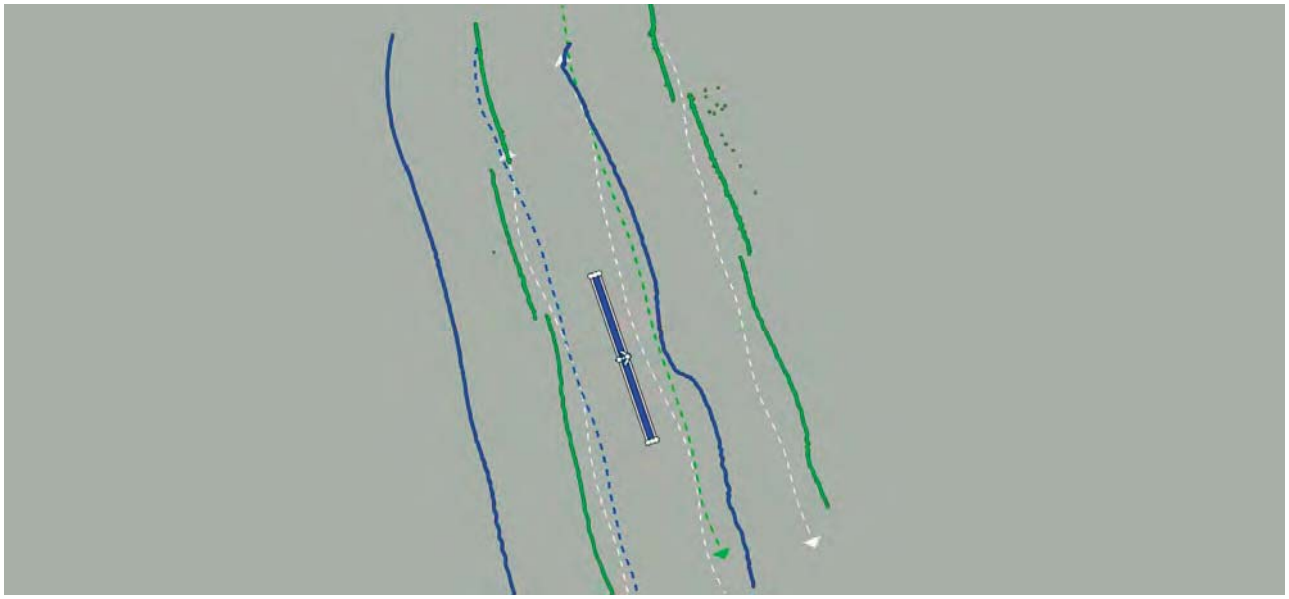
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

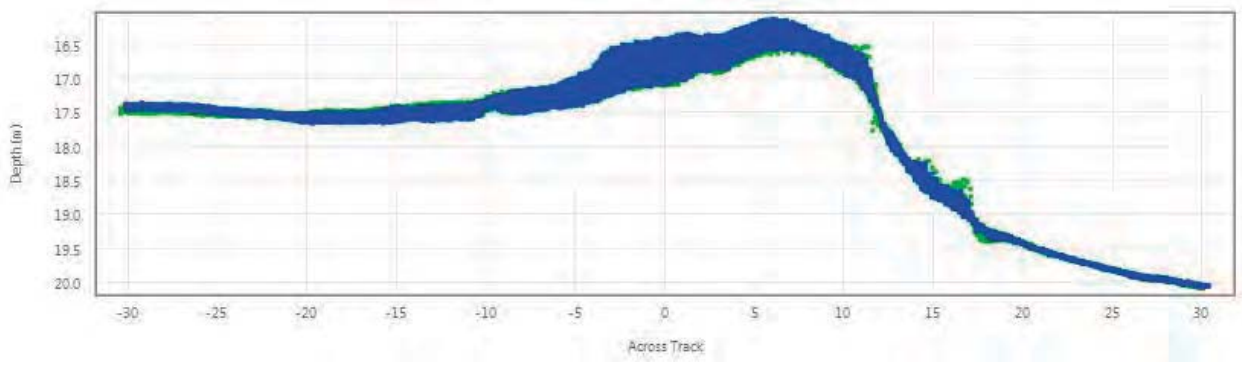
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: -0.00°



Calibration Area



Calibration Plot

Calibration Step 28

Lines Used:

01: 0044 - Cali2 - 0001 (161°, 4.3 kts)

03: 0046 - Cali2 S-1 - 0001 (164°, 3.9 kts)

Calibration Type: Multibeam Heading

Patch Location: 43°28'14.21"N, 8°14'58.79"W

Patch Heading: 161.0°

Patch Width: 3.03 meters

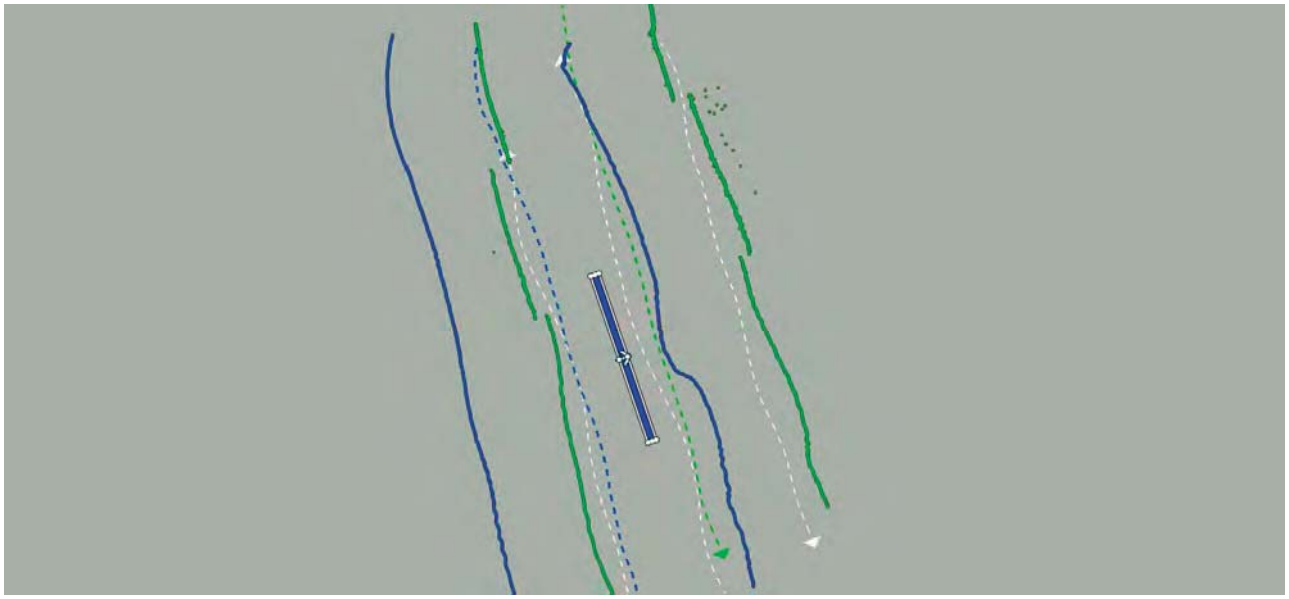
Patch Height: 60.59 meters

Active Motion System: INS [Pitch Roll Heave Sensor]

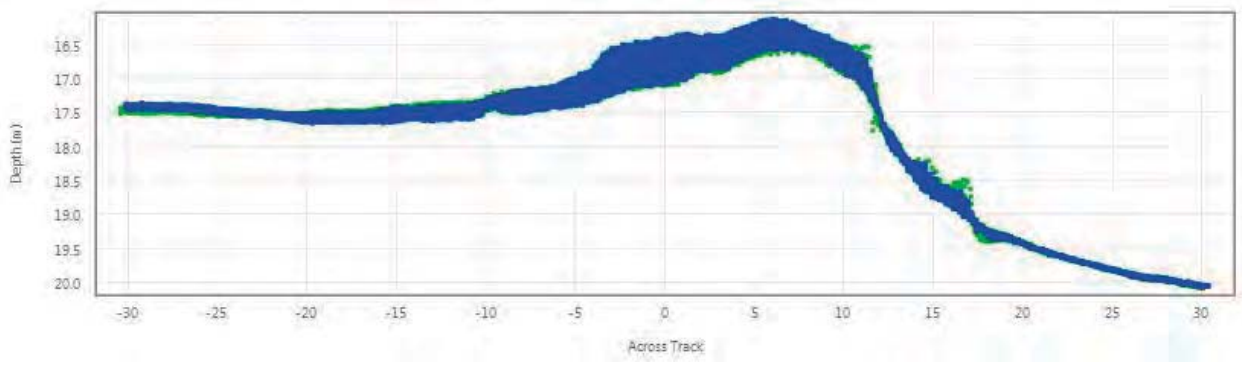
Active Position System: Object Track

Calibration Target: R2Sonic2020

Head Offset Value: 0.00°



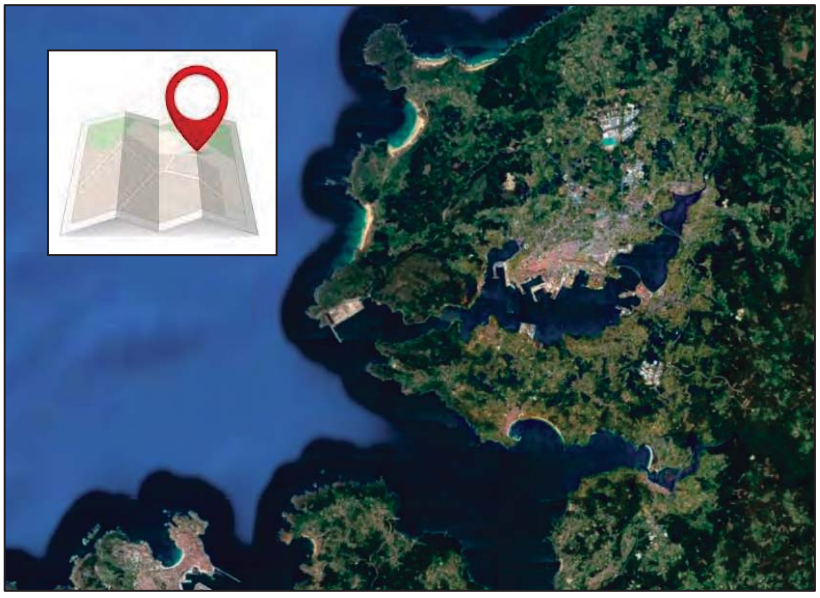
Calibration Area



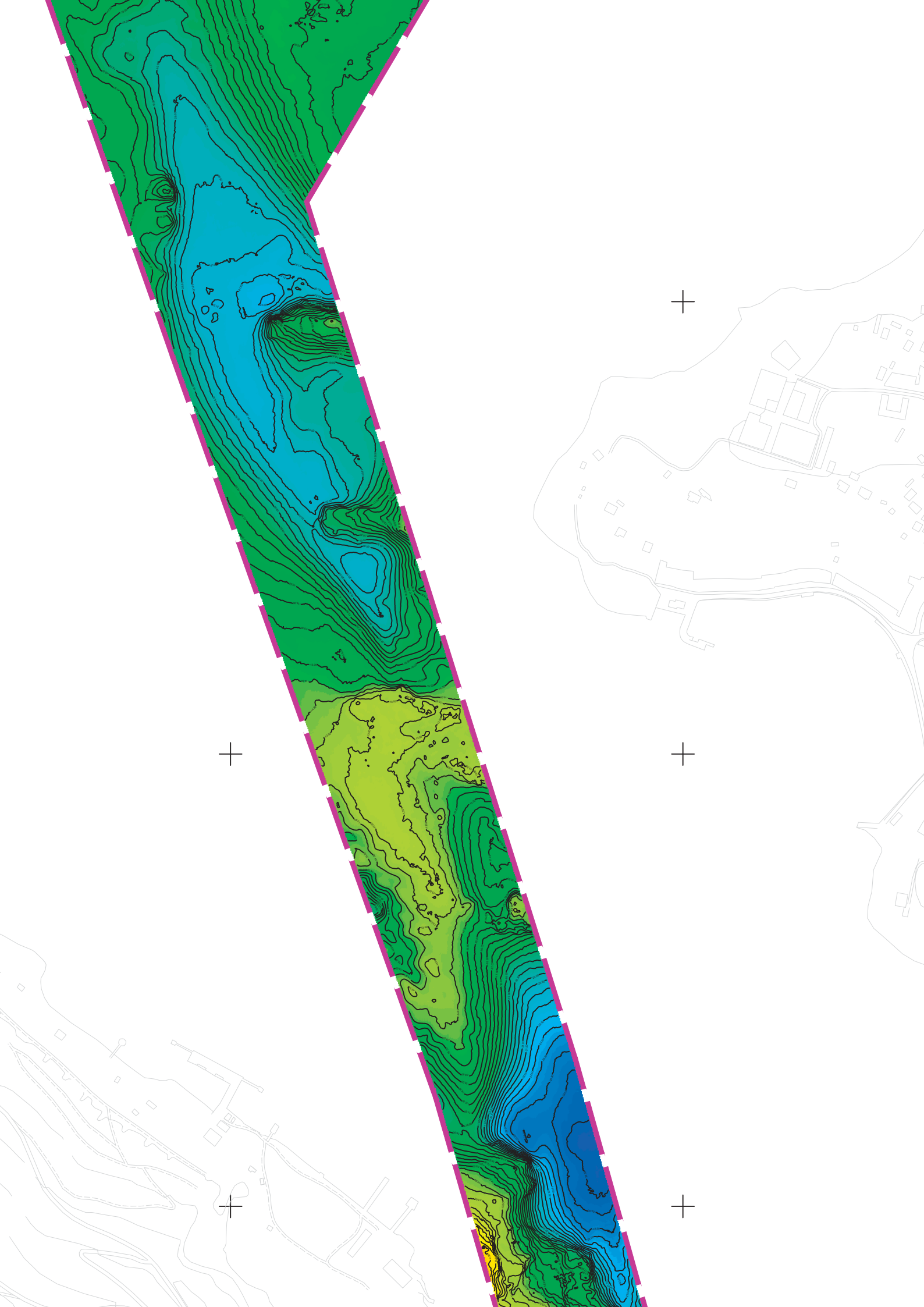
Calibration Plot

Summary

System	Parameter	Original Value	New Value	Delta
R2Sonic2020	Tx Pitch	0.00	-0.22	-0.22
R2Sonic2020	Rx Roll	0.00	0.18	0.18
R2Sonic2020	Tx Heading	0.00	0.51	0.51



ANEXO II. CARTOGRAFÍA. PLANOS BATIMÉTRICOS



Annex 2. Analysis of location alternatives for the new berth

SERVICIOS DE INGENIERÍA PARA UN SEGUNDO ATRAQUE EN LA TERMINAL REGASIFICADORA DE GNL DE MUGARDOS

Análisis de alternativas de ubicación del nuevo atraque (Rev02)

- 11/02/20 -

ÍNDICE

1	**Objeto y alcance**	**1**
2	**Normativa y referencias**	**2**
3	**Entorno del Proyecto**	**3**
3.1	Características generales del emplazamiento	3
3.2	Instalaciones de REGANOSA	3
3.3	Instalaciones de Forestal del Atlántico e IMEGASA	5
4	**Características principales del nuevo atraque**	**6**
5	**Flota de diseño**	**7**
6	**Evaluación de riesgos**	**8**
6.1	Riesgos náuticos	8
6.1.1	Identificación de riesgos	8
6.1.2	Evaluación de riesgos	9
6.1.3	Conclusiones principales del análisis de riesgos náuticos	24
6.2	Riesgos asociados a la operación de los equipos	25
6.2.1	Sucesos iniciadores de riesgos considerados	25
6.2.2	Probabilidad de presentación de los sucesos iniciadores de riesgo	27
6.2.3	Posible evolución de los supuestos de riesgo	29
6.2.4	Probabilidad de presentación de los escenarios de riesgo	30
6.2.5	Evaluación de consecuencias	32
6.2.6	Criterios de aceptabilidad o rechazo	39
6.2.7	Valoración de los resultados obtenidos	41
6.2.8	Riesgos derivados de la actividad de Forestal del Atlántico	46
6.2.9	Conclusiones principales del análisis de riesgos de operación de los equipos	49
7	**Alternativas de ubicación del nuevo atraque**	**50**
7.1	Planteamiento de alternativas	50
7.2	Características de la flota tipo usuaria de los atraques	52
7.3	Número de operaciones por atraque	53
7.4	Ocupación simultánea de atraques	55
7.5	Análisis comparativo de alternativas	61
8	**Conclusiones**	**63**

Anexo 1. Planta general de instalaciones. REGANOSA.

Anexo 2. Planta general de instalaciones. Forestal del Atlántico.

Anexo 3. Distancias de afección Alternativas 1 y 2. Figuras.

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del terminal 3
Figura 2. Ejemplo de rutas seguidas por los buques militares en el entorno del terminal 10
Figura 3. Ejemplo de posición, rumbo y velocidad de buques pasantes (rojo: entradas, azul: salidas, verde: militares) 11
Figura 4. Ejemplo de posición, rumbo y velocidad de buques que accedieron al terminal (rojo: entradas, azul: salidas) 11
Figura 5. Energía requerida para crear una brecha en el tanque 16
Figura 6. Frecuencia de accidentes graves de buques cargueros (1999-2012) 19
Figura 7. Distribución de presiones alrededor de un buque en navegación 21
Figura 8. Estación Meteorológica de Ferrol (REMPOR) 33
Figura 9. Modelización numérica de viento dirección N 33
Figura 10. Alternativa 1 de ubicación del nuevo atraque. 51
Figura 11. Alternativa 2 de ubicación del nuevo atraque. 51
Figura 12. Pasos establecidos por OCIMF para la conexión de manifolds y brazos de carga. 52
Figura 13. Posición de brazos de carga o grúa respecto a la plataforma descarga de GNL. 52
Figura 14. Nº de operaciones en atraques Punta Promontorio (2017) 54
Figura 15. Nº de operaciones en atraques Punta Promontorio (2018) 54
Figura 16. Nº de operaciones en atraque de Reganosa (2019) 54
Figura 17. Alternativa 1. Ejemplo de resultados. 55
Figura 18. Ejemplo de ubicación de plataformas en función de la ocupación de los atraques. Localización 2 55
Figura 19. Posible interferencia de amarras detectada en la Alternativa 1. 57
Figura 20. Posición aproximada de amarras Q-Flex y 174,000 m³ en la Localización 1 58

Índice de Tablas

Tabla 1. Escenarios típicos de accidentes en terminales de GNL 9
Tabla 2. Buques que han operado en los años 2017 y 2018 en el terminal de REGANOSA 12
Tabla 3. Buques que han operado en los años 2017 y 2018 en el terminal de FORESTAL 13
Tabla 4. Flota de buques de proyecto de la terminal de REGANOSA 13
Tabla 5. Flota de buques de proyecto de la terminal de FORESTAL 13
Tabla 6. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en el puerto de Ferrol 14
Tabla 7. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en el puerto de Ferrol, excluyendo buques militares 14
Tabla 8. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en FORESTAL 15
Tabla 9. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de aproximación y desatraque de los buques que operan en el terminal de REGANOSA 15
Tabla 10. Energías de colisión entre buques gaseros necesarias para producir una brecha en el tanque de GNL de un metanero 17
Tabla 11. Energías de colisión con buques petroleros y/o de productos necesarias para producir una brecha en el tanque de GNL de un metanero 18
Tabla 12. Límites de fuerzas y momentos asociados a los sistemas de amarre considerados 22
Tabla 13. Fuerzas y momentos generados por buques pasantes para los buques gaseros de mayor porte de estudio (Flory) 22
Tabla 14. Fuerzas y momentos generados por buques pasantes para los buques gaseros de mayor porte de estudio (Wang) 22

Tabla 15. Límites de fuerzas y momentos generados por buques pasantes para un buque gasero de 15,000 m³.....23
Tabla 16. Límites de fuerzas y momentos generados por buques pasantes para un buque gasero de 15,000 m³.....23
Tabla 17. Probabilidades anuales de ocurrencia de los sucesos iniciadores de riesgo identificados (Eqe) 27
Tabla 18. Tasas de derrame y vertidos máximos asociados a los sucesos iniciadores de riesgo identificados (EQE).....28
Tabla 19. Probabilidades anuales de ocurrencia, tasas de derrame y vertidos de los sucesos iniciadores de riesgo (Tips) 28
Tabla 20. Probabilidades anuales de ocurrencia de los escenarios de riesgo identificados (EQE) 31
Tabla 21. Probabilidades anuales de ocurrencia de los escenarios de riesgo identificados (Tips) 32
Tabla 22. Coeficientes de correlación de velocidad de viento 34
Tabla 23. Velocidad Media (Ve) – Dirección de Procedencia (Estación Meteorológica de Ferrol).....34
Tabla 24. Velocidad Media (Ve) – Dirección de Procedencia (REGANOSA) 35
Tabla 25. Frecuencias de presentación de las condiciones de viento F y D, consideradas en estudios EQE / ALATEC - PROES.....35
Tabla 26. Frecuencias de presentación de las condiciones de viento F y D, consideradas en estudio Tips 36
Tabla 27.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por EQE 37
Tabla 28.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por ALATEC - PROES.....37
Tabla 29.Distancias (m) asociadas a los distintos vertidos y umbrales de radicación considerados por EQE 38
Tabla 30.Distancias (m) asociadas a los distintos vertidos y umbrales de radicación considerados por ALATEC - PROES 38
Tabla 31.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por Tips 39
Tabla 32.Distancias (m) asociadas a los distintos vertidos y umbrales de radicación considerados por Tips.....39
Tabla 33. Radiación térmica admisible (excluyendo radiación solar) dentro de los límites de la propiedad (UNE EN 1473) 39
Tabla 34. Radiación térmica admisible (excluyendo radiación solar) en el exterior de los límites de la propiedad (UNE EN 1473) 40
Tabla 35. Determinación del nivel de riesgo en el interior de los límites de la Planta (UNE EN 1473).....40
Tabla 36. Determinación del nivel de riesgo en el exterior de los límites de la Planta (UNE EN 1473).....40
Tabla 37. Clases de consecuencias a considerar en la evaluación de riesgos (UNE EN 1473).....41
Tabla 38. Probabilidades de muerte para diferentes niveles de radiación térmica (30 s de exposición).....41
Tabla 39. Número de personas en función de la distancia al punto de vertido y jornadas de trabajo 41
Tabla 40. Niveles de riesgo asociados a la ignición de nubes (EQE / ALATEC – PROES) 42
Tabla 41. Niveles de riesgo asociados a la ignición de nubes (Tips).....42
Tabla 42. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 5.05 kW/m^2 (EQE / ALATEC - PROES).....43
Tabla 43. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 5.05 kW/m^2 (Tips) 43
Tabla 44. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 8.03 kW/m^2 (EQE / ALATEC - PROES).....44
Tabla 45. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 7.00 kW/m^2 (Tips) 44
Tabla 46. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 14.40 kW/m^2 (EQE / ALATEC - PROES).....45
Tabla 47. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 14.00 kW/m^2 (Tips) 45
Tabla 48. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 20.9 kW/m^2 (EQE / ALATEC - PROES).....46
Tabla 49. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 22 kW/m^2 (Tips).....46
Tabla 50. Características principales de la flota de buques GNL considerados (REGANOSA).....52
Tabla 51. Características principales de la flota de buques petroleros y de productos considerados (Forestal del Atlántico) 53
Tabla 52. Nº de operaciones 2017 - 2019 en atraques de Punta Promontorio. 53
Tabla 53. Alternativa 1. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Oeste- Atraque Este REGANOSA. 56
Tabla 54. Alternativa 1. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Este REGANOSA- Atraque Este Forestal. 56
Tabla 55. Alternativa 1. Distancias entre buques con ocupación de los tres atraques.....56
Tabla 56. Alternativa 2. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Oeste- Atraque Este REGANOSA. 57

Tabla 57. Alternativa 2. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Este REGANOSA- Atraque Este Forestal. 57
Tabla 58. Alternativa 2. Distancias entre buques. 57
Tabla 59. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraques de REGANOSA. 60
Tabla 60. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraque Este de Forestal del Atlántico. 60
Tabla 61. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraque Oeste de Forestal del Atlántico. 60
Tabla 62. Probabilidad de buques incompatibles en Atraques de REGANOSA. Alternativa 1. 61
Tabla 63. Probabilidad de buques incompatibles. Atraque Este REGANOSA - Atraque Este de FORESTAL. Alternativa 1. 61
Tabla 64. Probabilidad de buques incompatibles en atraques de REGANOSA. Alternativa 2. 61
Tabla 65. Probabilidad de buques incompatibles. Atraque Este de REGANOSA – Atraque Este de FORESTAL. Alternativa 2. 61

1 Objeto y alcance

El presente análisis de alternativas tiene por objeto fundamental evaluar la ubicación más adecuada para el del nuevo atraque, atendiendo a los condicionantes derivados, tanto de la configuración de las instalaciones actuales de la propia REGANOSA, como de la presencia y operación de las instalaciones industriales, los núcleos urbanos o las zonas medioambientalmente sensibles que pudieran resultar afectadas a consecuencia de su implantación.

Dichos condicionantes a la ubicación del nuevo atraque se concretan principalmente en evaluación de las distancias que es necesario respetar para:

- Viabilizar la adecuada disposición de las líneas de amarre, de forma que se asegure el correcto comportamiento de los buques en los atraques, tanto en condiciones de operación como de permanencia.

- Mantener un nivel de riesgo aceptable con respecto a los buques atracados en los puestos contiguos, considerando tanto las operaciones náuticas como la operación de los equipos industriales involucrados en la carga y descarga de los buques.

- Mantener un nivel de riesgo aceptable con respecto a la seguridad de las personas que puedan encontrarse en el entorno próximo del nuevo atraque, tanto se trate de trabajadores de la propia planta, como de las instalaciones industriales contiguas, o de habitantes de zonas rurales o urbanas que pudieran resultar afectadas.

- Mantener un nivel de riesgo aceptable con respecto a la seguridad de los equipos e instalaciones ubicados en el entorno del atraque, tanto se trate de instalaciones de la propia planta como de las instalaciones industriales contiguas.

En relación con la evaluación de los niveles de riesgo indicados, se han considerado los riesgos principales asociados tanto a las maniobras y operaciones de los buques, como a la operación de los equipos industriales que intervienen en los procesos que se desarrollan en el interfaz buque – atraque, suponiendo el presente informe un avance del análisis de riesgos que se completará en fases posteriores de los trabajos, con la evaluación de las maniobras de salida de emergencia y las posibles áreas de fondeo de los buques, la valoración de la disponibilidad y experiencia de los prácticos al respecto de las maniobras que se plantean, y la evaluación de las medidas adicionales que pudieran implementarse la mejora de la seguridad de las operación de los buques.

No se incluye el análisis de otro tipo de riesgos relacionados con la seguridad física de las instalaciones (sabotaje, atentados, etc.), que quedan fuera del alcance del estudio.

En los apartados siguientes se presenta el análisis realizado y las principales conclusiones y recomendaciones establecidas en base al mismo.

En lo que respecta a los riesgos asociados a la operación de los equipos industriales incluidos en el interfaz buque – atraque, el estudio realizado se apoya, de manera fundamental, en la identificación de los sucesos iniciadores y la evaluación de las posibles consecuencias considerados en los distintos análisis de riesgo cuantitativos y cualitativos desarrollados anteriormente.

2 Normativa y referencias

Para el desarrollo del estudio se han considerado principalmente las prescripciones de las siguientes normativas y recomendaciones de referencia.

- UNE-EN 1473:2017 (Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño de las instalaciones terrestres)
- UNE-EN ISO 28460:2011 (Industrias del petróleo y del gas natural. Instalaciones y equipamiento para gas natural licuado. Interfaz tierra-navío y operaciones portuarias)
- UNE-EN ISO 20519:2017 (Barcos y tecnología marina. Especificación para el repostaje de barcos que utilizan gas natural licuado como combustible)
- ISO/TS 16901:2015 (Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface)
- NFPA 59A:2019 (Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG))
- ROM 2.0-11 (Recomendaciones para el Proyecto y Ejecución en Obras de Atraque y Amarre)
- ROM 3.1-99 (Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos, Canales de Acceso y Áreas de Flotación)
- PIANC 116-2012 (Safety Aspects Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals)
- PIANC 153-2016 (Recommendations for the Design and Assessment of Marine Oil and Petrochemical Terminals)

El análisis realizado se ha apoyado principalmente en algunos de los estudios desarrollados con anterioridad para el diseño del atraque actual de REGANOSA, concretamente:

- Estudio sobre maniobras navales y seguridad para la terminal de GNL de REGANOSA, en Mugardos. Punto 3. Estudio de riesgos. Parte 3. Análisis de riesgos de transporte y descarga de GNL (Marin y EQE para Delft H. / Marin, 2003)

- Estudio de riesgos y seguridad en el interfaz buque – tierra de la planta de GNL de REGANOSA en Mugardos (ALATEC-PROES, 2003)

- Informe de seguridad. Análisis cuantitativo del riesgo (ACR) del terminal de almacenamiento y regasificación de Mugardos (Tips, 2007)

- Plan de Emergencia Exterior: Complejo Industrial Punta Promontorio (Xunta de Galicia, 2013)

- Informe de seguridad. Análisis del riesgo (AR) del terminal de almacenamiento y regasificación de Mugardos (Tips, 2016)

3 Entorno del Proyecto

3.1 Características generales del emplazamiento

La planta se ubica en el polígono industrial de Punta Promontoiro, en el término municipal de Mugardos (A Coruña), a orillas de la ría de Ferrol en su margen sur.

Los núcleos urbanos más próximos son Ferrol (66.800 hab), situado a 1,5 km de distancia aproximadamente, y el propio Mugardos (5.300 hab), situado a apenas 1 km al sur de la planta, que a su vez linda con los municipios de Ares al Sur y Fenes al Oeste.

Figura 1. Ubicación del terminal

El principal espacio natural protegido corresponde a la zona LIC Costa Ártabra, que comprende el tramo de costa situado aproximadamente entre Valdoviño y el Cabo de Ortegal, que comienza unos 15 km al norte de la planta en el exterior de la ría.

Respecto del patrimonio histórico cabe destacar la presencia del Castillo de la Palma, situado unos 3,0 km al Oeste de la planta, y las iglesias ubicadas en Mugardos.

En relación con el resto de las actividades industriales que se desarrollan en el polígono de Punta Promontorio, destacan las realizadas por las empresas Forestal del Atlántico S.A. e IMEGASA, descritas a continuación, que ocupan unos 206.000 m^2, y que, al igual que REGANOSA, están sujetas a las disposiciones del RD 840/2015, de 16 de julio, de medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

3.2 Instalaciones de REGANOSA

La Planta de regasificación de GNL de REGANOSA inició su operación comercial en septiembre de 2007.

Según la información recibida al respecto del tráfico de buques, durante los últimos 3 años (2017-2019) se han realizado respectivamente 11, 13 y 20 operaciones de descarga de buques, y 4, 3 y 4 operaciones de carga

Las instalaciones actuales comprenden principalmente un atraque formado por unos 255 m de muelle continuo y 3 duques de alba de amarre, capaz de atender buques entre 7,686 m^3 y 266,000 m^3 de capacidad, y 2 tanques de almacenamiento iguales con una capacidad conjunta de 300.000 m^3, teniendo una capacidad nominal de regasificación de 412.800 Nm^3/h.

Próximamente, está previsto dotar al atraque indicado, de los medios necesarios para atender buques dedicados al bunkering o la distribución a pequeña escala con capacidad no inferior a 650 m^3.

De cara a la seguridad de las operaciones, el atraque está dotado de los siguientes sistemas:

- Sistemas de desconexión de emergencia de la operación de descarga (PERC/ERS/ESD).
- Sistema de liberación de ganchos de escape rápido (QRS).
- Sistema de monitorización de tensión en las líneas de amarre.
- Sistema de control de la aproximación de buques al atraque.
- Sistema de previsión climática.

Las áreas principales de los procesos realizados en las instalaciones son las siguientes:

- Terminal de descarga de buques de GNL.
- Zona de almacenamiento de GNL.
- Tubería de conexión terminal - zona de almacenamiento.
- Absorbedor.
- Vaporizadores.
- Sistema de gasoductos para el envío del producto.
- Sistema de carga de camiones.

Para la carga y descarga de los buques se dispone de 4 brazos de descarga iguales, uno de los cuales se emplea para el retorno de los vapores al barco.

La Planta dispone de un sistema de gestión de boil-off (GNL que vuelve a re-vaporizarse, por su aportación energética) capaz de procesar los vapores producidos bajo cualquier circunstancia, así como de sistemas de regasificación, odorización (que incluye la inyección de TetraHidroTiofeno para la expedición de gas natural por gasoducto), venteo, y drenaje de GNL para la recogida y recuperación del GNL (generalmente para la puesta fuera de servicio de los equipos, realizada principalmente con propósitos de mantenimiento).

Adicionalmente, se dispone de los siguientes servicios auxiliares:

- Sistema de nitrógeno.
- Sistema de gasóleo.
- Sistema de aire de planta y aire de instrumentación.
- Sistema de agua de mar.
- Sistema de agua industrial.
- Sistema de agua contra incendios.
- Sistema de agua potable.
- Sistema de fuel gas.

En relación con la seguridad y la protección se dispone de los siguientes medios.

- Sistema de detección de riesgos

    - Detectores de gas.
    - Detectores "Open path".
    - Detectores de frío.
    - Detección de humos.
    - Detección de llama.

- Instalaciones fijas de extinción

    - Sistema de agua contra incendios.
    - Hidrantes y monitores.
    - Sistemas de diluvio y pulverización de agua.
    - Cortinas de agua.
    - Bocas de incendio equipadas.
    - Generación de espuma.
    - Extinción de incendios de GNL con polvo seco.
    - Extinción de incendios por agente gaseoso.

- Servicio de vigilancia y control de accesos.
- Sistema anti - intrusión.
- Sistema de TV en circuito cerrado (CCTV)

De acuerdo con los datos de los que se dispone, la plantilla total de REGANOSA en la Planta de Mugardos asciende a 90 personas, de las cuales 32 están asignadas a trabajos de operación de la planta propiamente dichos, siendo el resto para trabajos de administración, seguridad y mantenimiento u otros.

3.3 Instalaciones de Forestal del Atlántico e IMEGASA

Las actividades principales llevadas a cabo por Forestal del Atlántico son las asociadas a la producción de colas y resinas, la distribución de productos químicos, principalmente fuelóleos, y el almacenamiento de hidrocarburos y productos químicos, disponiendo de distintos tanques con una capacidad próxima a los 300.000 m^3.

Para la carga y descarga de buques dispone de:

- Un pantalán capaz de atender buques de hasta 230.000 TPM, formado por 5 duques de alba de atraque y 3 de amarre, y 140 m de muelle continuo.

- Un segundo atraque situado a unos 272 m al Oeste del anterior, conformado por muelle continuo, dedicado al trasiego de hidrocarburos mediante mangueras flexibles.

- Instalaciones para deslastre y desgasificación de buques, y planta de gestión de tratamiento de residuos MARPOL, tipos A, B y C.

Junto a Forestal del Atlántico, se sitúa la compañía IMEGASA, dedicada principalmente al proceso de fabricación de papel melaminado que dispone de hornos continuos, entre otras instalaciones.

Respecto de la seguridad y la protección del medioambiente se dispone de sistemas de detección, alarma y para la extinción fijas y móviles (incluyendo detección y extinción automática en tanques de la serie 200, red de bocas de incendio e hidrantes, sistemas de cañones de agua y espuma distribuidos por distintas zonas, sprinklers, pulsadores de emergencia, etc.), así como de protección (incluyendo sistemas de refrigeración de tanques, barreras flotantes para contención de hidrocarburos para la recogida de posibles derrames de hidrocarburos en medio marino, lancha y skimmers)

Las instalaciones cuentan con sistema de vigilancia, seguridad y control de accesos 24 horas al día.

La plantilla total de ambas compañías ascendía a 82 personas a marzo de 2013 (51 de Forestal del Atlántico y 31 de IMEGASA), de las cuales un máximo de 60 podría encontrarse simultáneamente en las áreas de trabajo.

4 Características principales del nuevo atraque

De acuerdo con los criterios generales de diseño establecidos, el nuevo atraque debe tener una funcionalidad asimilable a la del atraque existente, siendo capaz de atender buques gaseros convencionales de hasta 266.000 m^3 de capacidad, y dedicados al bunkering o la distribución a pequeña escala, de 650 m^3 de capacidad mínima.

El equipamiento principal del atraque contemplará:

- 4 brazos de carga de 16" y 12.000 m^3/h de caudal de descarga, de los que uno de ellos actuará como brazo de retorno de vapor, y los 3 restantes de líquido.
- Los elementos de descarga que resulten necesarios para la operación de los buques small scale.
- Pasarelas de acceso a buques (gangways).
- Sistemas de lucha contra incendios.
- Caseta de control.

Los brazos de descarga están totalmente equipados DBV/PERC, QC/DC manual, y con sistema de control de posición (PMS), pudiendo accionarse tanto desde consola fija (sala de control del jetty, JMR) como desde una unidad portátil.

Las líneas de conexión con la planta incluyen las siguientes:

- Un colector principal de 36" (del atraque a los tanques), un colector de carga 16" (desde las bombas primarias al atraque/planta) y una línea de 8" de recirculación.
- Una línea de 28" de retorno de vapor.
- Línea de zero send-out de 6".
- KO Drum con sistema de atemperación.

Todo el sistema de descarga se encontrará situado en un área especialmente diseñada al efecto, que contemplará, entre otros, canaletas, balsas y cubetos de recogida de posibles derrames de GNL cuya misión principal es proteger los materiales que conforman la superestructura de un posible contacto con gas a temperaturas criogénicas.

Al igual que para el atraque existente, las instalaciones estarán dotadas de un sistema de seguridad global, compuesto por distintos subsistemas a efectos de disponer de dos niveles de protección:

- Sistema primario, dedicado a evitar o minimizar el riesgo de incendio o explosión en el terminal, que contempla:
    - Detectores de presencia de gas.
    - Sistema de detección de bajas temperaturas.
    - Sistema de desconexión de emergencia de la operación de descarga (PERC/ERS/ESD).
    - Sistema de liberación de ganchos de escape rápido (QRH).
    - Sistema de monitorización de tensión en las líneas de amarre.
    - Sistema de control de la aproximación de buques al atraque.
    - Sistema de previsión climática.

- Sistema secundario, dedicado a minimizar las consecuencias de cualquier posible accidente que pudiera producirse, el cual incluirá:
    - Sistema de detección de incendios (humo/llama).
    - Sistema de extinción de incendios.
    - Sistema de cortinas de agua, extintores, polvo seco y CO2.
    - Sistemas de protección personal.

Todos los sistemas de emergencia estarán dotados de fuentes alternativas de alimentación en caso de fallo de la alimentación principal.

5 Flota de diseño

De acuerdo con los criterios de diseño establecidos, la flota de diseño del nuevo atraque será la siguiente:

- Buques small scale.
    - Oizmendi (Antes Monte Arucas), 650 m^3.
    - Pioneer Knutsen, 1.100 m^3.
    - Greenoil, 4.500 m^3.
    - Coral Anthelia, 6.500 m^3.
    - Coral Methane, 7.500 m^3.
    - Norgas, 10.000 m^3.
    - Coral Energy, 15.600 m^3.

- Buques convencionales.
    - Hassi M'Rel, 40.109 m^3.
    - LNG Portovenere, 65.252 m^3.
    - Hoegh Galleon, 87.600 m^3.
    - LNG Lagos, 122.255 m^3.
    - Mostefa ben Boudaid, 125.250 m^3.
    - LNG Abuja, 126.530 m^3.
    - Bachir Chihani, 129.769 m^3.
    - LNG Rivers, 137.300 m^3.

- Berge Everett, 138.000 m^3.
- Cadiz Knutsen, 138.000 m^3.
- Galicia Spirit, 140.000 m^3.
- Buque tamaño PanamaMax 170.000 m^3.
- QFLEX, 216.000 m^3.
- QMAX, 266.000 m^3.

6 Evaluación de riesgos

Como ya se ha indicado anteriormente, en el presente estudio se consideran principalmente los riesgos asociados a las operaciones de los buques, y los correspondientes a los equipos industriales situados incluidos en el interfaz buque – atraque, involucrados en las operaciones de carga / descarga de los mismos.

6.1 Riesgos náuticos

6.1.1 Identificación de riesgos

En este apartado se identifican los escenarios de riesgo relacionados con las operaciones de los buques en el entorno del terminal, adoptándose los criterios generales establecidos en las normativas ISO/TS 16901:2015, UNE-EN 1473:2017, y UNE-EN ISO 28460:2011.

En el caso de las operaciones marítimas, el análisis se centra en las maniobras de aproximación de los gaseros a la nueva terminal, así como en las maniobras de atraque y desatraque, al considerarse que los riesgos asociados a la navegación hasta las proximidades de la terminal son los mismos que los asociados a la terminal existente, los cuales han sido evaluados en los estudios previos habiéndose comprobado que la navegación de los buques de proyecto hasta la terminal es viable.

Atendiendo a los criterios expuestos, los posibles incidentes asociados a la navegación y operación de buques en puerto y que pueden derivar en una situación de peligro son:

- Colisión de un buque en navegación con un buque atracado.
- Colisión de un buque contra el atraque durante la maniobra de atraque, impactando con el muelle a una velocidad superior a la de diseño.
- Movimientos excesivos en el atraque debidos a las condiciones medioambientales, o al efecto de “paso de buques” en tránsito.
- Rotura de amarras.
- Movimientos excesivos, o abandono del atraque de forma involuntaria, debido a la liberación accidental de los ganchos de escape rápido.

En el caso de un terminal de GNL, únicamente algunos de los incidentes indicados pueden dar lugar a un derrame de GNL. De acuerdo con la norma ISO/TR 16901:2015, los escenarios de accidentes típicos asociados con las operaciones de buques que pueden generar dicho derrame son:

Fuente de derrame	Escenario	Posible causa
Derrame producido en los tanques del buque metanero	Colisión de buques	Buque en navegación a la deriva
Terminal	Daños en tuberías	Metanero impactando contra el pantalán
	Fuga o rotura de brazos de carga	Movimiento excesivo del buque
		Fallo en las líneas de amarre

Tabla 1. Escenarios típicos de accidentes en terminales de GNL

Por tanto, en el presente estudio se considerarán los escenarios correspondientes a la posible colisión de los buques, y a la fuga o rotura de los brazos de carga. El escenario correspondiente a daños en las tuberías no se considera, puesto que en este caso la tipología del terminal es de muelle continuo, sin que resulte posible que el impacto de un buque produzca daños en las tuberías situadas en la explanada.

6.1.2 Evaluación de riesgos

La evaluación de los riesgos se centra en el análisis de los escenarios en los que resulta posible que se produzca una fuga o un vertido de GNL, que tal como se ha indicado previamente, son los siguientes:

- Colisión de buques en navegación.
- Fuga o ruptura de los brazos de carga por movimientos excesivos o fallos de las amarras.

Se hace notar que el caso de fallo de todas las amarras, o liberación accidental de los ganchos de escape rápido, quedando el barco a la deriva, se incluye dentro del escenario de fuga o ruptura en los brazos de carga, puesto que la colisión entre el gasero a la deriva y el gasero amarrado, se producirá impactando proa con popa o viceversa, sin que se produjese derrame de GNL, dado lo alejado que se situaría el punto de impacto de los tanques, y que las áreas en colisión de los buques son zonas especialmente reforzadas desde el punto de vista de su resistencia estructural (pique de proa y cámara de máquinas).

6.1.2.1 Tráfico de buques

La evaluación los riesgos asociados a operaciones marítimas se realiza analizando en detalle las posibles causas que conducen a los escenarios identificados y determinando su probabilidad, de acuerdo con las distintas referencias empleadas en la realización del estudio, las cuales son:

- *"Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water."* Sandia National Laboratories
- *"Risk impact of LNG terminal on Port Neighbor".* Peter Vidmar, Stojan Petelin, Marko Perkovič
- *"Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990--2012 and assessment of safety level of ship types".* A. Papanikolaou, K. Bitha & E. Eliopoulou
- *"Estudio sobre maniobras navales y seguridad para la terminal de REGANOSA en Mugardos".* Delt Hydraulics & Marin

Considerando las posibles causas que pueden conducir a un accidente en el que se produzca un derrame o una fuga de GNL (colisión o movimiento excesivo del buque atracado), se analiza en primer lugar el tráfico marítimo en el puerto de Ferrol, habiéndose evaluado las distancias y las velocidades de paso de los buques en las proximidades de la terminal de REGANOSA, y asimismo las velocidades de

aproximación y salida de los buques que operan actualmente en REGANOSA, al ser las variables principales que condicionarían las consecuencias de un suceso de riesgo asociado a operaciones náuticas.

El conocimiento de estos valores permite evaluar las siguientes situaciones de riesgo:

- Colisión de un buque en navegación con un buque atracado.
- Afección a los buques amarrados debida a la navegación de buques en áreas próximas a la terminal, debido al efecto de "paso de buque".
- Afección a los buques en navegación ante un posible derrame, incendio o explosión en la terminal.

Para el análisis de las variables de interés se han adquirido y analizado datos AIS de operaciones de buques, correspondientes a los años 2017 y 2018, los cuales facilitan parámetros tales como identificación, posición, velocidad, rumbo, calado y destino, entre otros.

En las figuras siguientes se muestran ejemplo de dichos datos, tratados gráficamente para visualizar la posición, el rumbo y la velocidad, y las rutas seguidas por los buques.

Figura 2. Ejemplo de rutas seguidas por los buques militares en el entorno del terminal

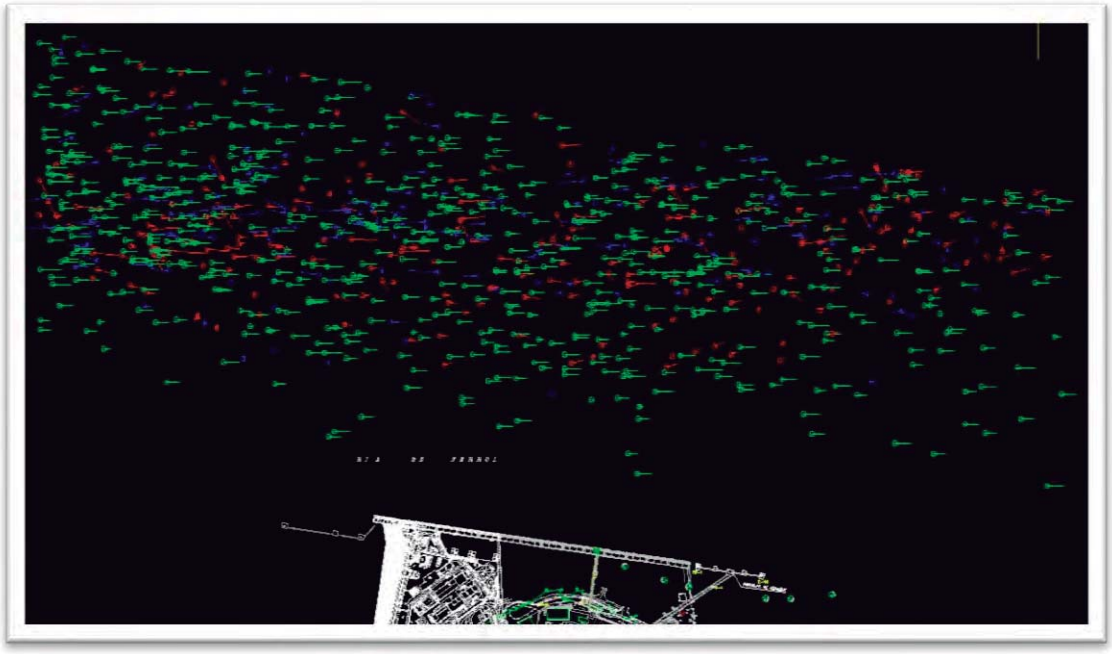


Figura 3. Ejemplo de posición, rumbo y velocidad de buques pasantes (rojo: entradas, azul: salidas, verde: militares)

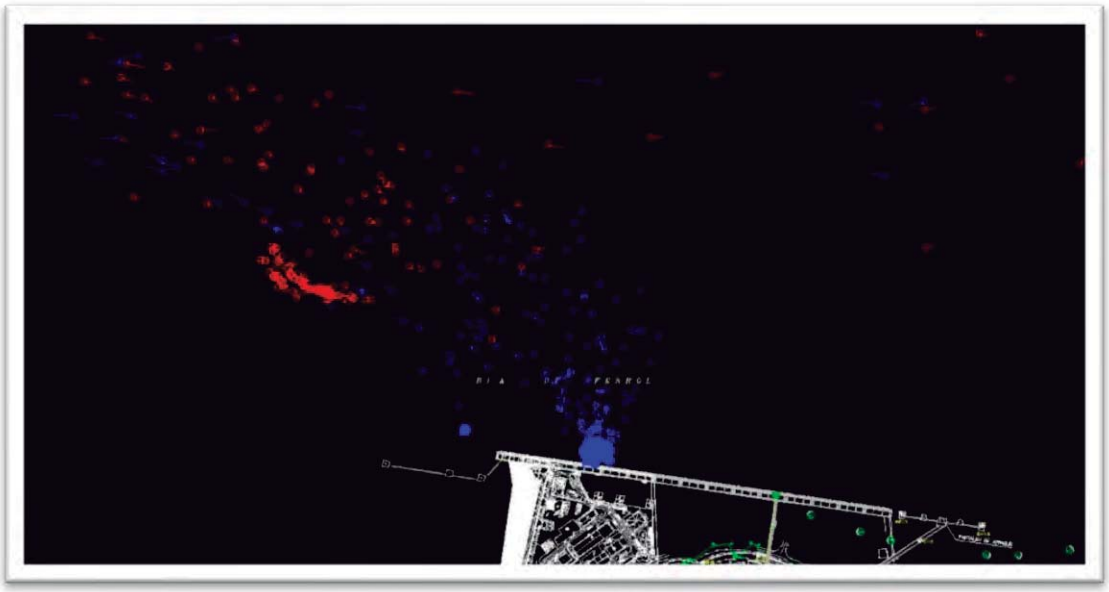


Figura 4. Ejemplo de posición, rumbo y velocidad de buques que accedieron al terminal (rojo: entradas, azul: salidas)

En el análisis se han excluido las embarcaciones de prácticos, remolcadores, embarcaciones de amarradores, y embarcaciones de pequeño porte en general, ya que, dada su buena capacidad de maniobra, no supondrán un riesgo para los buques gaseros amarrados, pudiendo por otro lado abandonar la zona de riesgo con notable rapidez frente a cualquier eventual situación de emergencia.

Dada la ubicación de la terminal de REGANOSA, el análisis indicado se ha dividido en tres grupos de buques:

- Buques que operan en el puerto de Ferrol.

- Buques que operan en REGANOSA.
- Buques que operan en Forestal del Atlántico.

En el caso de buques que operan en el puerto de Ferrol, se opta por realizar el análisis incluyendo buques militares y excluyéndolos, dadas sus particularidades y su alta frecuencia de operación en el puerto.

Inicialmente, se determinan los buques que han operado en los años 2017 y 2018 en la terminal de REGANOSA y en la terminal de FORESTAL. Para ello se filtran los datos AIS de los buques, identificando aquellos situados en coordenadas próximas a la terminal y cuya velocidad es nula. Tras la aplicación del filtro, los buques gaseros resultantes se comparan con los datos de operación facilitados por REGANOSA, verificándose la coincidencia entre ambas fuentes de datos. Las siguientes tablas muestran los buques identificados que han operado en cada uno de los atraques.

Nombre	L_{OA} (m)	Nº Op.	Nombre	L_{OA} (m)	Nº Op.
AL UTOURIYA	315	1	LNG BENUE	285	1
BW TULIP	295	1	LNG ENUGU	285	1
CASTILLO DE MERIDA	287	1	LNG GOLAR TUNDRA	293	1
CASTILLO DE VILLALBA	288	1	LNG LAGOS II	299	2
CLEAN OCEAN	289	1	LNG RIVERS	289	1
CORCOVADO LNG	294	1	MADRID SPIRIT	285	1
EXCELSIOR	277	1	MARAN GAS HECTOR	290	1
FEDOR LITKE	299	1	MARAN GAS LINDOS	294	1
FLEX ENDEAVOUR	295	1	METH. HEATHER SALLY	262	1
GALLINA	291	1	METHANE PRINCESS	266	1
GASLOG SARATOGA	285	2	RIOJA KNUTSEN	290	1
GOLAR KELVIN	289	1	SCF MELAMPUS	300	1
GOLAR WINTER	280	1	SONANGOL BENGUELA	291	1
IBERICA KNUTSEN	277	1	VALENCIA KNUTSEN	290	1
LNG BAYELSA	288	1			

Tabla 2. Buques que han operado en los años 2017 y 2018 en el terminal de REGANOSA

Nombre	L_{OA} (m)	Nombre	L_{OA} (m)	Nombre	L_{OA} (m)
ADELIA	91	BRO ANNA	144	MONTE ARUCAS	80
ALKIVIADIS	184	BRO NORDBY	144	MONTESPERANZA	274
AMAZON FALCON	228	CASTILLO DE PAMBRE	110	MONTESTENA	274
ANICHKOV BRIDGE	183	CASTILLO DMONTERREAL	184	MRC EMIRHAN	107
ANUKET JADE	101	CHANTACO	143	MRC SEMIRAMIS	107
ARKLOW CADET	87	CHRYSOPIGI	183	MV ICE POINT	185
ARKLOW CAPE	87	CIELO DI NEW YORK	183	NAVE EQUINOX	184
ARKLOW FAME	90	CIELO DI ULSAN	183	NIKE	122
ARKLOW FERN	90	CONTI HUMBOLDT	184	NORDBAY	249
ARKLOW FIELD	89	CPO LARISA ARTEMIS	182	NOUNOU	182
ARKLOW RAVEN	92	CPO LARISA HESTIA	181	OLVIA	100
ARKLOW RIVAL	90	ELISALEX SCHULTE	144	PALMA	92
AS ORELIA	145	EXCELLO	156	PICO BASILE	186
ATLANTIS ALHAMBRA	109	FRESIA	180	R.C BEHAR	107
BALTIC FROST	183	HIGH POWER	180	ROBERT MAERSK	172
BALTIC MERCHANT	183	IBLEA	176	ROY MAERSK	172

Nombre	L_{OA} (m)	Nombre	L_{OA} (m)	Nombre	L_{OA} (m)
BALTIC SUN II	182	IMRIKLY	106	SCOT BREMEN	117
BALTIC SWIFT	184	ISABELLA	244	SICHEM ORCHID	115
BANDIRMA	121	ISLA DE BIOKO	186	SICHEM RUBY	115
BIXBITE	175	KANPUR	244	STI FINCHLEY	184
BLACK STAR	129	KIRSTEN MAERSK	183	STOLT SANDERLING	91
BLOOM	182	KRISJANIS VALDEMARS	183	TEAM SAPPHIRE	116
BOMAR PLUTO	108	LOTUS	229	TIGRIS	120
BRITISH CORMORANT	251	LS JAMIE	105	TRANS BORG	131
BRITISH CYGNET	251	M/T NARCEA	100	TRANS HOLM	102
BRITISH ROBIN	252	MAERSK ADRIATIC	184	TULIP	229
BRO AGNES	144	MAERSK ARCTIC	183	UNITED AMBASSADOR	228
BRO ALMA	144	MINERVA LEO	184	ZAPPHIRE	183

Tabla 3. Buques que han operado en los años 2017 y 2018 en el terminal de FORESTAL

De acuerdo con los datos de los buques que han operado en las terminales de REGANOSA y FERROL y los datos de buques que se espera que operen en el futuro, se consideran las siguientes flotas de buques de proyecto para la realización del estudio:

Capacidad	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Desplazamiento (t)
1,000 m³	80.0	15.0	4.2	4400.0
6,500 m³	115.0	17.0	7.7	10500.0
15,000 m³	155.0	22.7	8.2	19500.0
140,000 m³	280.0	43.0	12.1	110000.0
170,000 m³	295.0	47.0	12.2	127000.0
216,000 m³ (Q-Flex)	315.0	50.0	12.2	150000.0
266,000 m³ (Q-Max)	345.0	54.0	12.2	178000.0

Tabla 4. Flota de buques de proyecto de la terminal de REGANOSA

TPM	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Calado Max (m)	Desplazamiento (t)
5,000	110.0	18.8	7.2	7.2	6630.0
7,000	120.0	20.5	8.0	8.0	9260.0
10,000	145.0	21.6	8.8	8.8	13200.0
15,000	160.0	24.6	9.8	9.8	19700.0
20,000	170.0	26.9	10.7	10.7	26200.0
30,000	190.0	30.6	11.9	11.9	39000.0
50,000	215.0	36.0	12.0	13.8	64200.0
70,000	235.0	40.1	12.0	13.8	77217.4
100,000	260.0	44.9	12.0	15.8	67443.0
150,000	275.0	48.0	12.0	16.8	63428.6

Tabla 5. Flota de buques de proyecto de la terminal de FORESTAL

Tras identificar los buques que operan en cada zona de interés, se obtienen las velocidades máximas de paso, en nudos, en función de la distancia a la línea de atraque de la terminal de REGANOSA y de la eslora del buque pasante. Los resultados obtenidos son los que se incluyen en las tables siguientes.

Eslora (m)	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	400-450	450-500	500-550	550-600	>600
<50	5.1	6.3	5.6	6.8	7.7	9.9	7.6	7.7	7.7	10.3	11.3
50-59											7.9
60-69										5	5.9
70-79								7	3.7		5.7
80-89						4.1	10.6	11.7	3.2	11.3	12.1
90-99								7.4	12	10.6	12.8
100-109							7.2	7.7	11.4	5.9	8.7
110-119											11.7
120-129						8.1		14.6	11.1	8.8	10.4
130-139									9	10.2	9.3
140-149							3.6				8.2
150-159						5	6	9.1	5.9		8.6
160-169								10	3.6		6.5
170-179							7.8		11		9.9
180-189					1.1	1.2	1		2.8	8.9	8.6
190-199										7.1	7
200-209						3.6	4.4	2.1	4.3	4.1	5.9
210-219				1.2	1.6	1.3	1.1	6.3	1.3	4.2	5.4
220-229						5.2	7	5.1	8.2	6.7	7.1
250-259						1.5	1.2	4.1	7.1	6.4	6.2
270-279				2.4	3.8	3.5	7.1	7.5	7.6	8.1	6.8
280-289						3.2	3.4	7	6.7	6	5.7
290-300				1	1.5	1.8		5.9	6.8	8.3	5.2

Tabla 6. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en el puerto de Ferrol

Eslora (m)	250-300	300-350	350-400	400-450	450-500	500-550	550-600	600-650	650-700	>700
<50							7.6	7.4	2.6	8.0
60-69										5.9
70-79					4.9	3.7		5.7	2.8	
80-89			4.1	10.6	11.7	3.2	11.3	9.2	11.8	12.1
90-99					7.4	12.0	10.6	12.8	11.5	12.1
100-109					7.7	11.4	3.2		7.8	8.7
110-119										11.7
120-129			8.1		14.6	11.1	8.8		10.4	10.2
130-139						9.0	10.2		9.3	5.5
140-149				3.6				8.2	7.2	
150-159					9.1					8.6
160-169					10.0	3.6				6.5
170-179				7.8		11.0		9.9	8.8	2.7
180-189		1.1	1.2	1.0		2.8	8.9	7.2	8.6	5.4
190-199							7.1		5.2	7.0
200-209			3.6	4.4	2.1	4.3	4.1	4.9	5.9	4.7
210-219	1.2	1.6	1.3	1.1	6.3	1.3	4.2	5.1	3.5	5.4
220-229			5.2	7.0	5.1	8.2	6.7	7.1	6.7	3.0
250-259			1.5	1.2	4.1	7.1	6.4	6.2		2.8
270-279	2.4	3.8	3.5	7.1	7.5	7.6	8.1	6.8	4.9	5.1
280-289			3.2	3.4	7.0	6.7	6.0	5.7	3.4	4.0
290-300	1.0	1.5	1.8		5.9	6.8	8.3	3.5	5.2	4.3

Tabla 7. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en el puerto de Ferrol, excluyendo buques militares

Eslora (m)	<50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	400-450	450-500	>500
80-94		4.3	5.5	6.6	9.4	5.6	3.0	6.5	5.2		6.3
95-109	2.2	5.3	5.4	2.5	5.8	6.5		7.3	6.7		3.7
110-124		2.5	4.0	3.9		4.9	3.8	4.4	7.8		
125-139	1.7	6.5									
140-154		3.8	3.5		5.4					6.1	6.8
155-169	6.7		3.2			8.2			4.2		
170-184	1.1	2.4	4.2	6.5	4.9	1.1	1.1	3.7	7.2	0.8	7.2
185-199	1.1	3.0	5.2		6.9		2.1	6.0	5.6		6.5
215-229			2.6	4.0	1.9	0.9					4.1
230-244	0.5	1.5		1.0							
245-259				2.1		4.0					7.3
260-274						1.0					5.1

Tabla 8. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en FORESTAL

Eslora (m)	<50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	400-450	>500
260-274	1.0	0.9	0.6	0.7	0.7	0.9				
275-289	0.5	1.6	1.7	1.2	1.3	1.2		1.2	1.0	7.9
290-304	0.5	1.8	2.3	1.1	1.2	1.1	3.2	0.9		
305-319	0.1	1.2	0.9			1.3				

Tabla 9. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de aproximación y desatraque de los buques que operan en el terminal de REGANOSA

6.1.2.2 Colisión con los buques amarrados

Del análisis de los datos obtenidos en el estudio de distancias y velocidades de paso frente a la terminal de REGANOSA, pueden extraerse las siguientes conclusiones iniciales al respecto de la posibilidad de que se produzca una colisión con los buques amarrados.

- Los buques civiles que operan en el puerto de Ferrol navegan a distancias superiores a 250 m de la terminal de REGANOSA, por lo que el riesgo de colisión con buques en la terminal se considera prácticamente nulo. Así mismo, estas distancias reducen el riesgo de ser afectados por un incidente en la terminal de REGANOSA a niveles aceptables, tal como se comprobará en el apartado 6.2 de este documento.

- En el caso de los buques militares, la distancia de paso se reduce en algunos casos a 150 m aproximadamente. Si bien dicha distancia puede resultar aceptable de acuerdo con lo expuesto en el citado apartado 6.2, se estima recomendable aumentarla, con objeto de reducir el riesgo de paso y la posible afección a los buques amarrados, tanto como sea razonablemente posible.

- El análisis de los datos referentes a los buques que operan en la terminal de FORESTAL muestra que las distancias de paso llegan a ser inferiores a 50 m y las velocidades a esta distancia alcanzan los 6 nudos. Se entiende que la navegación a una distancia tan reducida solo se produce cuando la terminal de REGANOSA está desocupada, por lo que no se considerará en principio como situación de riesgo para la operación de gaseros. Se observa asimismo que, para distancias algo mayores (50 – 100 m) que podrían considerarse compatibles con la presencia de buques en el terminal de REGANOSA, las velocidades máximas de paso aún alcanzan los 6 nudos, lo que a priori podría suponer una situación de riesgo para los gaseros atracados y para el propio buque en navegación.

- Los buques metaneros que operan actualmente en la terminal de REGANOSA, realizan la aproximación de manera controlada, con velocidades inferiores en todos los casos a 1 nudo (distancia al atraque menor a 50 m).

A la vista de los datos anteriores se identifica que los buques que podrían estar implicados en accidentes en los que se produjese un derrame de GNL serían los que operan en la terminal de FORESTAL y en la propia terminal de REGANOSA.

Dado que los derrames o las fugas pueden ser causadas por roturas en los tanques del metanero o por el movimiento excesivo del buque, a continuación, se analizan estas dos situaciones en detalle.

Para determinar en las condiciones en las que se puede producir una rotura en los tanques del buque, se calcula la energía cinética desarrollada durante la colisión del buque en y se compara con los criterios establecidos en el informe SANDIA "Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water."

La energía cinética desarrollada por un buque en navegación, de acuerdo a la ROM 2.011, es:

$$Ec = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2 \cdot C_m$$

Donde:

- Ec: Energía cinética desarrollada por el buque
- M: Desplazamiento del buque
- V: Velocidad del buque
- Cm: Coeficiente de masa hidrodinámica

El informe SANDIA incluye asimismo la energía necesaria para generar una brecha en el casco de un metanero de doble casco, como se muestra en la siguiente figura:

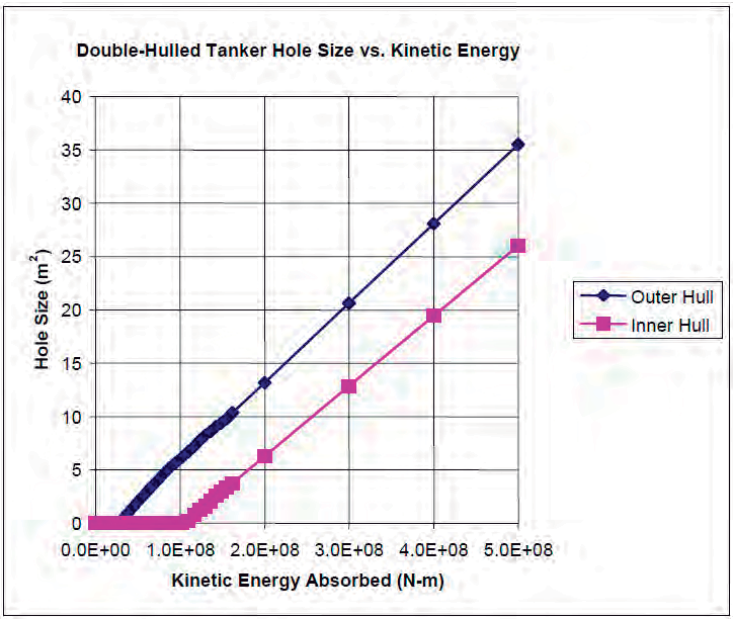


Figura 5. Energía requerida para crear una brecha en el tanque

De la figura anterior se extrae que la energía cinética necesaria para producir una brecha en los tanques es 100 MJ y para que el tamaño de la brecha sea de más de 5 m^2, la energía debe superior a 190 MJ. Para la flota de estudio de gaseros y petroleros seleccionada se calcula la energía cinética y se compara con estos valores, obteniéndose los siguientes resultados.

	Buque						
	1,000 m³	6,500 m³	15,000 m³	140,000 m³	170,000 m³	Q-Flex	Q-Max
v(nudos)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)
0.2	0.0	0.1	0.2	1.0	1.2	1.4	1.7
0.4	0.1	0.3	0.6	4.1	4.7	5.6	6.6
0.6	0.3	0.8	1.4	9.2	10.7	12.6	15.0
0.8	0.6	1.3	2.5	16.4	19.0	22.4	26.6
1.0	0.9	2.1	3.9	25.6	29.7	35.0	41.6
1.2	1.3	3.0	5.6	36.8	42.7	50.4	59.8
1.4	1.7	4.1	7.6	50.1	58.1	68.6	81.5
1.6	2.2	5.3	9.9	65.5	75.9	89.7	106.4
1.8	2.8	6.8	12.5	82.9	96.1	113.5	134.6
2.0	3.5	8.3	15.5	102.3	118.6	140.1	166.2
2.2	4.2	10.1	18.7	123.8	143.5	169.5	201.1
2.4	5.0	12.0	22.3	147.3	170.8	201.7	239.4
2.6	5.9	14.1	26.2	172.9	200.4	236.7	280.9
2.8	6.8	16.3	30.3	200.5	232.5	274.6	325.8
3.0	7.9	18.8	34.8	230.2	266.9	315.2	374.0
3.2	8.9	21.3	39.6	261.9	303.6	358.6	425.5
3.4	10.1	24.1	44.7	295.7	342.8	404.8	480.4
3.6	11.3	27.0	50.2	331.5	384.3	453.9	538.6
3.8	12.6	30.1	55.9	369.3	428.1	505.7	600.1
4.0	14.0	33.3	61.9	409.2	474.4	560.3	664.9
5.0	21.8	52.1	96.8	639.4	741.3	875.5	1038.9
6.0	31.4	75.0	139.3	920.8	1067.4	1260.7	1496.0

Leyenda:
Verde: Sin brecha en el tanque de GNL
Amarillo: Inicio de la brecha en el tanque de GNL
Naranja: Brecha mayor de 5 m² en el tanque de GNL

Tabla 10. Energías de colisión entre buques gaseros necesarias para producir una brecha en el tanque de GNL de un metanero

	Buque									
TPM	5,000	7,000	10,000	15,000	20,000	30,000	50,000	70,000	100,000	150,000
v(nudos)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)
0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
0.5	0.3	0.5	0.7	1.0	1.4	2.2	3.7	4.5	3.9	3.7
1.0	1.3	1.8	2.6	4.0	5.7	9.0	14.9	17.9	15.6	14.7
1.5	3.0	4.1	5.9	9.1	12.8	20.2	33.4	40.2	35.1	33.0
2.0	5.3	7.4	10.5	16.2	22.8	36.0	59.5	71.5	62.5	58.8
2.5	8.2	11.5	16.4	25.3	35.6	56.2	92.9	111.8	97.6	91.8
3.0	11.8	16.5	23.6	36.4	51.3	80.9	133.8	160.9	140.6	132.2
3.5	16.1	22.5	32.1	49.6	69.8	110.2	182.1	219.0	191.3	179.9
4.0	21.1	29.4	41.9	64.8	91.2	143.9	237.9	286.1	249.9	235.0
4.5	26.6	37.2	53.1	82.0	115.4	182.1	301.0	362.1	316.3	297.4
5.0	32.9	45.9	65.5	101.2	142.5	224.8	371.7	447.0	390.4	367.2
5.5	39.8	55.6	79.3	122.5	172.4	272.0	449.7	540.9	472.4	444.3
6.0	47.4	66.2	94.3	145.8	205.1	323.8	535.2	643.7	562.2	528.8
6.5	55.6	77.7	110.7	171.1	240.8	380.0	628.1	755.5	659.8	620.6
7.0	64.5	90.1	128.4	198.4	279.2	440.7	728.5	876.2	765.3	719.7
7.5	74.0	103.4	147.4	227.8	320.5	505.9	836.2	1005.8	878.5	826.2
8.0	84.2	117.6	167.7	259.2	364.7	575.6	951.5	1144.4	999.5	940.0
8.5	95.1	132.8	189.3	292.6	411.7	649.8	1074.1	1291.9	1128.4	1061.2
9.0	106.6	148.9	212.2	328.0	461.6	728.4	1204.2	1448.4	1265.0	1189.7
9.5	118.8	165.9	236.5	365.5	514.3	811.6	1341.7	1613.8	1409.5	1325.6
10.0	131.6	183.8	262.0	405.0	569.9	899.3	1486.7	1788.1	1561.8	1468.8
10.5	145.1	202.6	288.9	446.5	628.3	991.5	1639.0	1971.4	1721.8	1619.4
11.0	159.2	222.4	317.0	490.0	689.5	1088.2	1798.9	2163.6	1889.7	1777.2
11.5	174.0	243.1	346.5	535.6	753.6	1189.3	1966.1	2364.8	2065.4	1942.5
12.0	189.5	264.7	377.3	583.2	820.6	1295.0	2140.8	2574.9	2248.9	2115.1
12.5	205.6	287.2	409.4	632.8	890.4	1405.2	2322.9	2793.9	2440.3	2295.0
13.0	222.4	310.6	442.8	684.4	963.0	1519.8	2512.5	3021.9	2639.4	2482.3

Leyenda:
Verde: Sin brecha en el tanque de GNL
Amarillo: Inicio de la brecha en el tanque de GNL
Naranja: Brecha mayor de 5 m² en el tanque de GNL

Tabla 11. Energías de colisión con buques petroleros y/o de productos necesarias para producir una brecha en el tanque de GNL de un metanero

Los resultados muestran que, en el caso de los buques gaseros, lo esperable es que no se produjese ninguna colisión cuyo resultado fuese la rotura de uno de los tanques de otro metanero atracado.

En el caso de los Q-Max por ejemplo, la velocidad debería ser superior a 1.6 nudos para que se produjese esa situación y puesto que:

- La aproximación a la terminal de los grandes gaseros (> 140,000 m³) se realiza con el apoyo o la escolta de cuatro remolcadores, accediendo desde la zona de reviro, cuyo centro se sitúa aproximadamente frente al extremo oeste del muelle, con rumbo paralelo a la terminal y reduciendo la velocidad de forma controlada.

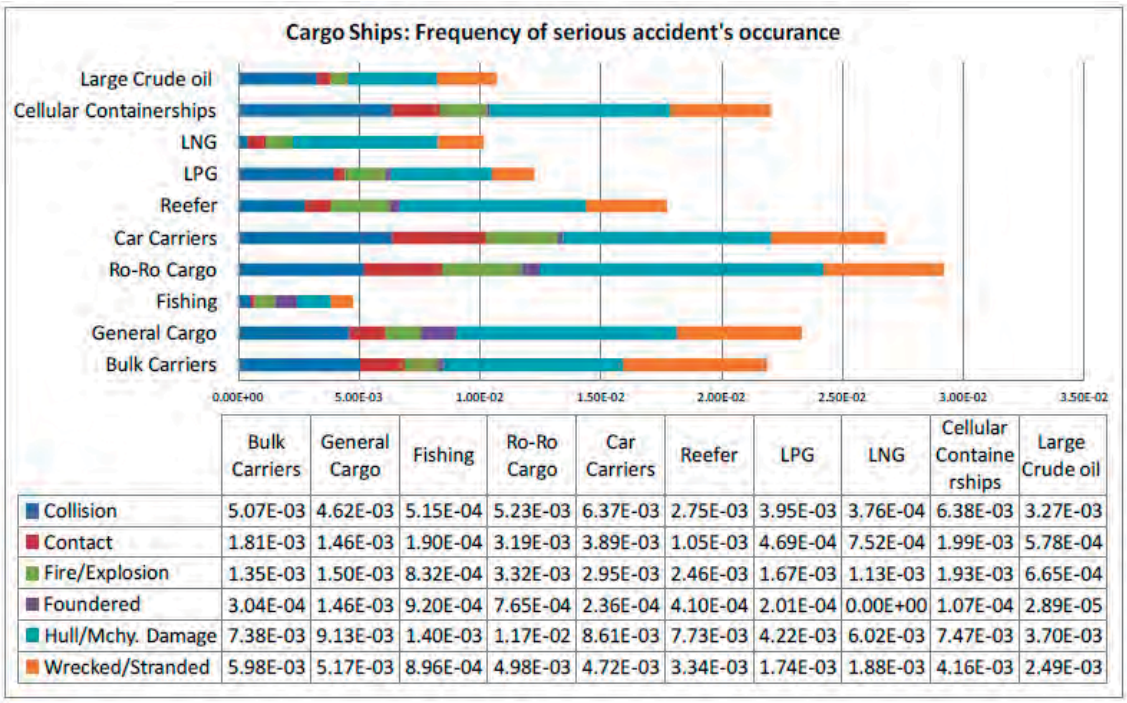
- Las velocidades obtenidas del estudio de los datos AIS, en el caso más desfavorable, son inferiores a 1.8 nudos ya a 100 m del atraque.

Se considera que la probabilidad de impacto con un buque atracado a una velocidad superior a 1.4 nudos, es enormemente reducida, ello incluso en el caso de que llegase a fallar el sistema de aproximación al atraque, considerando que la experiencia que puede atribuirse a los prácticos y los patrones de los

remolcadores les permitiría en todo caso evitar una eventual aproximación al atraque a una velocidad tan elevada.

En el caso de los petroleros y los buques de productos, las velocidades máximas de navegación obtenidas del análisis de datos AIS, a distancias del muelle de entre 100 m y 150 m, son superiores a las que podrían generar brechas en los tanques de GNL, por lo que es necesario evaluar con mayor detalle este supuesto de riesgo.

Para ello, se parte de la probabilidad de colisión la establecida para buques petroleros y LPG en el informe "Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990--2012 and assessment of safety level of ship types", que proporciona los siguientes valores.



	Bulk Carriers	General Cargo	Fishing	Ro-Ro Cargo	Car Carriers	Reefer	LPG	LNG	Cellular Containerships	Large Crude oil
Collision	5.07E-03	4.62E-03	5.15E-04	5.23E-03	6.37E-03	2.75E-03	3.95E-03	3.76E-04	6.38E-03	3.27E-03
Contact	1.81E-03	1.46E-03	1.90E-04	3.19E-03	3.89E-03	1.05E-03	4.69E-04	7.52E-04	1.99E-03	5.78E-04
Fire/Explosion	1.35E-03	1.50E-03	8.32E-04	3.32E-03	2.95E-03	2.46E-03	1.67E-03	1.13E-03	1.93E-03	6.65E-04
Foundered	3.04E-04	1.46E-03	9.20E-04	7.65E-04	2.36E-04	4.10E-04	2.01E-04	0.00E+00	1.07E-04	2.89E-05
Hull/Mchy. Damage	7.38E-03	9.13E-03	1.40E-03	1.17E-02	8.61E-03	7.73E-03	4.22E-03	6.02E-03	7.47E-03	3.70E-03
Wrecked/Stranded	5.98E-03	5.17E-03	8.96E-04	4.98E-03	4.72E-03	3.34E-03	1.74E-03	1.88E-03	4.16E-03	2.49E-03

Figura 6. Frecuencia de accidentes graves de buques cargueros (1999-2012)

Como puede observarse, los valores incluidos en la figura anterior muestran que la probabilidad de colisión de buques petroleros y de producto se sitúa en el rango $10^{-3} - 10^{-4}$. De acuerdo con ello, y considerando que:

- Dichas probabilidades engloban las de colisión durante la navegación y otras, con frecuencias mayores que las asociadas a impactos contra buques amarrados.

- En este caso, atendiendo a lo indicado en el documento "Nuevos criterios de navegación y remolque para el Puerto y Ría de Ferrol", (febrero 2012), es prescriptiva la obligatoriedad de practicaje para la entrada y salida de puerto de todos los buques con un arqueo igual o superior a 500 G.T, así como la de empleo de remolcadores (entre uno y cuatro en función de la eslora) para todos los buques que accedan a muelles con mercancías peligrosas.

Puede considerarse que las probabilidades de colisión indicadas se reducirán por debajo de las que resultan admisibles según la UNE EN 1473, estimándose recomendable, no obstante, modificar las

estrategias de aproximación al atraque de los buques que operan en la terminal de FORESTAL, de forma que los riesgos de su operación se reduzcan a niveles tan bajos como sea razonablemente posible (niveles ALARP).

6.1.2.3 Fuga a través de los brazos de carga

Como se ha indicado anteriormente, la fuga o vertido a través de los brazos de carga debida a un movimiento excesivo del buque, puede producirse por las siguientes causas:

- Rotura de amarras.
- Condiciones medioambientales.
- Efecto de paso de buques.

De acuerdo con la información incluida en las distintas referencias empleadas en la realización del estudio, la probabilidad de que se produzca un derrame importante debido al fallo de las líneas de amarre resulta de 3.25E-12, por lo que en principio puede considerarse despreciable de acuerdo con los criterios incluidos en UNE - EN 1473.

En todo caso, si a consecuencia de cualquier circunstancia se identificase que existe riesgo de que se llegase a producir una rotura progresiva de amarras, ello podría evaluarse mediante simulaciones dinámicas de comportamiento de buque amarrado, evitando el riesgo correspondiente mediante el empleo de configuraciones de amarre reforzadas que aseguren que no pueda producirse dicho fallo.

En el caso de los movimientos causados por condiciones medioambientales adversas, la probabilidad de que se produzca un derrame se desconoce, si bien puede considerarse asociada a una probabilidad de ocurrencia muy reducida, siempre que se apliquen las medidas habituales para asegurar una estancia segura del buque en el atraque, entre las que se destacan:

- La disponibilidad de previsión medioambientales fiables.
- El empleo de esquemas de amarre apropiados a las condiciones medioambientales previstas.
- La revisión visual del estado de las amarras del buque.
- La monitorización de la tensión de las amarras.

Los sistemas de atraque y amarre a emplear se diseñarán en todo caso de acuerdo con las recomendaciones del OCIMF, el PIANC y las ROM, evaluándose su validez mediante el análisis de comportamiento de buque amarrado, en las condiciones indicadas en dichas recomendaciones.

Para evaluar el efecto del paso de buques frente al atraque, se parte del análisis de los datos AIS indicado anteriormente, considerando que dicho efecto puede ser causado principalmente por los siguientes fenómenos.

- La perturbación del campo de presiones en el agua que se produce alrededor del buque en navegación, la cual genera determinadas fuerzas y momentos sobre los objetos que se encuentran dentro de este campo variable (buques, muelles, etc.), en función de su posición y características.

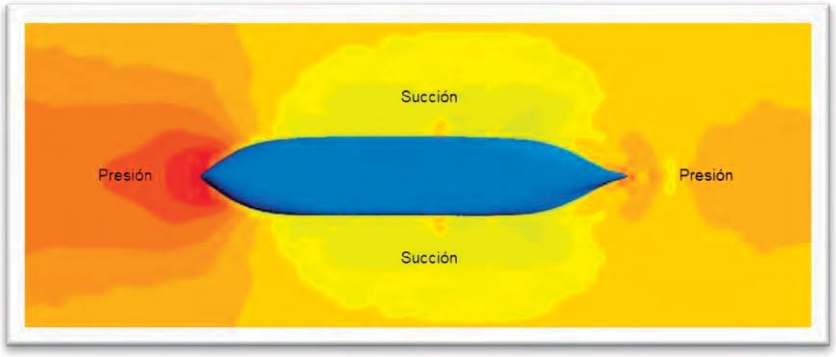


Figura 7. Distribución de presiones alrededor de un buque en navegación

- La perturbación de la superficie libre, que genera dos trenes de oleaje claramente diferenciables, uno transversal al buque y otro longitudinal.

En el caso de los buques amarrados de gran porte, el efecto predominante del paso de buques en sus proximidades suele ser el debido al campo de variación de presiones. Los buques de menor porte pueden estar afectados de forma significativa también por los trenes de olas generados por el buque en navegación.

El análisis de detalle de ambos fenómenos requiere de la aplicación de modelos numéricos avanzados, que quedan fuera del alcance del presente estudio.

No obstante, se dispone de metodologías analíticas aproximadas, que serán las aplicadas en esta fase de los trabajos, en las situaciones que queden dentro del rango de validez de las mismas.

Así, para el análisis del efecto del paso de buques debido a la perturbación del campo de presiones, se han empleado las formulaciones deterministas propuestas por Flory, en su estudio "A method for estimating passing ship forces", y por Seelig en su estudio "Passing Ship Effects on Moored Ships", las cuales tienen en cuenta las dimensiones principales y el calado del buque en tránsito y del buque amarrado, así como la velocidad de paso, la distancia y la profundidad en la zona de estudio.

Dichas formulaciones se aplican a los buques gaseros convencionales, y a los de pequeña escala, en el rango de esloras en que ello resulta posible.

Los datos de partida adoptados son los extraídos del análisis de los datos AIS mencionado anteriormente, en el que se observa que, los pasos de los barcos de mayor porte (L_{OA} mayor a 200 m) compatibles con buques amarrados en el terminal (distancia de paso mayor a 100 m), se producen a velocidades inferiores a 4 nudos.

Para evaluar el efecto sobre el buque gasero, se estima la capacidad del sistema de amarre en vaivén, deriva y guiñada, atendiendo a los siguientes criterios:

- El número de amarras empleadas por los buques gaseros de 140,000 m³ es 16, en configuración: 2 largos de proa, 4 traveses en proa, 2 esprines en proa, 2 esprines en popa, 4 traveses en popa y 2 largos en popa.

- El número de amarras empleadas por los buques gaseros de más de 140,000 m³ es 18, en configuración: 3 largos de proa, 4 traveses en proa, 2 esprines en proa, 2 esprines en popa, 4 traveses en popa y 3 largos en popa.

- El número de amarras empleadas por los buques gaseros small scale es 10, en configuración: 3 largos de proa, 2 esprines en proa, 2 esprines en popa, y 3 largos en popa.

- Se considera que las fuerzas longitudinales son soportadas por los esprines, las transversales por los traveses y largos, y el momento de guiñada por traveses y largos.

- Se establece como límite de la capacidad resistente del sistema un 20% del total, a fin de tener en cuenta los efectos dinámicos y asegurar que los movimientos son mínimos. Este valor se revisará en las fases siguientes del estudio, cuando se disponga del diseño final del equipamiento de amarre de la terminal.

De acuerdo con ello, y teniendo en cuenta la carga mínima de rotura de las amarras con que operan cada uno de los buques indicados, se obtienen los siguientes valores límites aproximados para las fuerzas y momentos que soportan los sistemas de amarre, que no deben conllevar movimientos excesivos de los buques.

Capacidad (m³)	1,000 m³	6,500 m³	15,000 m³	140,000 m³	170,000 m³	Q-Flex	Q-Max
MBL (t)	25.0	27.0	60.0	135.0	135.0	135.0	135.0
Limite Fuerza Long (t)	10.0	16.2	36.0	81.0	81.0	81.0	54.0
Limite Fuerza Transversal (t)	7.5	13.0	28.8	162.0	189.0	189.0	189.0
Limite Momento (t·m)	288.0	715.4	2142.7	20412.0	25089.8	26790.8	29342.3

Tabla 12. Límites de fuerzas y momentos asociados a los sistemas de amarre considerados

Los resultados obtenidos para las fuerzas y momentos producidos por el paso de los buques sobre los gaseros convencionales, según la mencionada formulación de Wang, son los que se muestran en la siguiente tabla.

Buque pasante	Distancia de paso (m)	V (nudos)	Buque amarrado	Fuerza Long (t)	Fuerza Transversal (t)	Momento (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	200	4	140,000 m³	9	40.8	2289.9
			170,000 m³	9.7	45	2761.4
			Q-Flex	10.3	49.6	3419.2
			Q-Max	11.7	58	4637.9

Tabla 13. Fuerzas y momentos generados por buques pasantes para los buques gaseros de mayor porte de estudio (Flory)

Buque pasante	Distancia de paso (m)	V (nudos)	Buque amarrado	Fuerza Long (t)	Fuerza Transversal (t)	Momento (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	200	4	140,000 m³	11.5	56.7	2586.2
			170,000 m³	11	54.8	2327.6
			Q-Flex	10.1	51.4	2812.7
			Q-Max	8.2	45.1	2830.7

Tabla 14. Fuerzas y momentos generados por buques pasantes para los buques gaseros de mayor porte de estudio (Wang)

A la vista de los resultados anteriores, por comparación entre las fuerzas y momentos admisibles y los que se ha estimado generaría el paso de buques, no se prevé que los gaseros convencionales amarrados deban presentar movimientos de relevancia debidos a este tipo de efecto.

En el caso de los buques "small scale", solo es posible evaluar este efecto sobre el buque de 15,000 m³ (L_{OA}= 155 m), según la formulación de Seelig, dado que las esloras de los buques en tránsito y amarrados deben cumplir una determinada relación de esloras para que las formulaciones resulten suficientemente fiables. Los resultados obtenidos en este caso son:

Buque pasante	Distancia de paso (m)	V (nudos)	Buque amarrado	Fuerza Long (t)	Fuerza Transversal (t)	Momento (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	200	4	15,000 m³	9.2	37.0	738.1

Tabla 15. Límites de fuerzas y momentos generados por buques pasantes para un buque gasero de 15,000 m³

Comparando los resultados anteriores con los de la tabla anterior, se comprueba que los valores de las fuerzas transversales obtenidas exceden en un 30% a los límites establecidos, por lo que procede a calcular de nuevo dichos valores, aumentando la distancia de paso de buques a 250 m.

Buque pasante	Distancia de paso (m)	V (nudos)	Buque amarrado	Fuerza Long (t)	Fuerza Transversal (t)	Momento (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	250	4	15,000 m³	4.9	18.7	373

Tabla 16. Límites de fuerzas y momentos generados por buques pasantes para un buque gasero de 15,000 m³

En este caso se observa que todas las fuerzas se sitúan por debajo de los límites establecidos, por lo que se prevé que, si el buque navega a una distancia superior a 250 m, no se producirán movimientos excesivos en el gasero de 15,000 m³.

Cabe destacar que, a la fuerza despegante generada por el paso de buque, únicamente podrá añadirse la producida por el viento (dado que no pueden presentarse corrientes u oleajes de tierra a mar), que se prevé moderada considerando el abrigo que supone el propio muelle para los buques menores, y que se compensará en parte por el efecto del oleaje generado por el buque en navegación, en función del momento en que se presente el máximo de fuerzas producido por ambos efectos.

Al respecto del oleaje generado por el paso de buques, éste se ha evaluado de forma aproximada mediante la formulación propuesta por la ROM 2.0-11 (estela de Kelvin), para buques en tránsito a plena carga, que navegan a unos 200 m del muelle, a velocidades de 4 nudos y 8 nudos. Las alturas de ola máximas, asociadas a la intersección entre las ondas transversales y las divergentes en la línea de picos, y los periodos obtenidos, resultan respectivamente de 0.12 m y 1.0 s m, y de 0.46 m y 2.0 s.

Como ya se ha indicado, el efecto que puede tener este tipo de oleaje sobre los buques atracados se evaluará con mayor detalle en fases posteriores del estudio, si bien se estima inicialmente que no debe resultar relevante para los gaseros convencionales.

A la vista de los resultados anteriores, se considera en todo caso que la navegación de buques en la proximidad de la terminal podría llegar a afectar a la futura operación de los buques "small scale" que se prevé recibir en el terminal. De verificarse dicha situación, resultaría necesario aplicar medidas tales como

las indicadas a continuación, de forma que se asegure que no se producirán movimientos excesivos de los buques amarrados.

- Empleo de esquemas de amarre con buena capacidad de respuesta transversal (deriva).
- Empleo de brazos de carga que permitan el rango más amplio posible de movimientos buques.
- Restringir las distancias mínimas o las velocidades máximas de paso frente a los atraques, para los distintos tamaños de buques que operan en la zona.

Las dos primeras medidas serán evaluadas en fases posteriores de este estudio, en el momento de analizar los sistemas de atraque y amarre, y los sistemas de carga/descarga a emplear para los buques menores.

Se destaca, no obstante, que el análisis de detalle de los efectos indicados requiere del empleo de herramientas numéricas de simulación avanzadas que permitan evaluar con mayor precisión las fuerzas y momentos inducidos sobre los buques, sin presentar las limitaciones indicadas para los buques de menor porte.

6.1.3 Conclusiones principales del análisis de riesgos náuticos

Las conclusiones principales del análisis realizado son las siguientes:

- La implantación del nuevo atraque no debe suponer una situación de riesgo inadmisible para los buques que navegan por el canal a distancias superiores a unos 100 m.

- La navegación de los buques en tránsito por el canal, a las distancias y velocidades a las que viene realizándose, en general a más de 200 m y a menos de unos 8 nudos, no debe suponer una situación de riesgo para los buques convencionales que puedan operar en los atraques de REGANOSA.

  No obstante, ciertos tipos de buques, en general militares, navegan en ocasiones a distancias inferiores (hasta unos 150 m) y a velocidades superiores, estimándose necesario establecer una distancia mínima de seguridad con objeto de reducir los posibles riesgos de colisiones y el efecto sobre los buques amarrados, tanto como sea razonablemente posible.

- La navegación de los buques por el canal, a distancias inferiores a unos 250 m puede llegar a generar problemas, en función de su velocidad, para los buques small scale atracados en la terminal de REGANOSA.

- Con respecto a las distancias entre los buques amarrados, si bien la recomendación general es que se dispongan 50 m entre los mismos, se observa que las áreas de riesgo evaluadas serían compatibles con las distancias mínimas recomendadas por las ROM para buques comerciales de cualquier tipo (30 m), debiendo comprobarse en todo caso esta situación una vez se defina la ubicación final del nuevo atraque.

- De acuerdo con la información analizada, no se presentan zonas medioambientalmente sensibles en el entorno próximo del Proyecto que pudieran resultar significativamente afectadas por la implantación del nuevo atraque.

6.2 Riesgos asociados a la operación de los equipos

En el presente apartado se evalúan los riesgos asociados a la operación de los equipos industriales involucrados en la carga y descarga de los buques.

Tal como se ha indicado, el análisis realizado se apoya de manera fundamental en los estudios de riesgos realizados anteriormente, que, en función de los sucesos iniciadores considerados en cada uno de ellos, se han agrupado en los siguientes.

- Estudio cuantitativo de riesgos desarrollado por EQE (2003), complementado con la evaluación adicional de consecuencias incluida en el estudio desarrollado por ALATEC - PROES (2003), basado en buena parte en el anterior.
- Análisis cuantitativo de riesgos (2007) y análisis de riesgos (2016) desarrollados por Tips.

6.2.1 Sucesos iniciadores de riesgos considerados

6.2.1.1 Estudio EQE

Los sucesos iniciadores de riesgo identificados en el estudio de EQE son los asociados a la pérdida de confinamiento del GNL, descritos brevemente a continuación.

Entre dichos sucesos iniciadores de riesgo no se incluyen los posibles fallos en las mangueras o los brazos de carga que pudieran emplearse para la operación de los buques "small scale" debido a que darían lugar a una menor afección que la asociada a los medios empleados para la operación de los buques convencionales, sin que supongan riesgo adicional dado que ambas operaciones no podrían llevarse a cabo simultáneamente.

Movimiento excesivo del buque

Debido a fallos que puedan aparecer en virtud de posibles movimientos repentinos del buque, en caso de que el PERC no se desconecte correctamente, como pudiera ser el daño del brazo con la consecuente pérdida de GNL. Se trataría de una fuga relativamente pequeña, del orden de 1 m^3 o 426 kg de GNL. Como ya se ha comentado en el apartado anterior, la probabilidad de ocurrencia de sucesos de este tipo resulta muy reducida.

Liberación repentina del PERC

Se trata de un suceso muy improbable, dado que el PERC será de última generación, que produciría una pequeña fuga de GNL sobre la cubierta del barco del orden de 0.2 m^3.

Fallo del brazo de carga

Está asociado al fallo de las tuberías del brazo de carga. El suceso más grave sería la rotura completa de la tubería, resultando en una fuga sobre el muelle del orden de 4,730 kg de GNL, asumiendo que las bombas dejarían de funcionar tras 10 segundos.

Fallo de las válvulas/bridas del brazo de carga

Conllevaría fugas de pequeña magnitud, en las que, asumiendo un vertido de unos 90 s, no se superarían los 900 Kg de GNL (2 m^3).

Fallo de la articulación del brazo de carga

Lleva consigo asimismo fugas de pequeña magnitud similares a las consideradas para el caso anterior.

Fallo en las tuberías menores o la instrumentación del brazo de carga

En general, conlleva pequeñas fugas muy reducidas, de hasta 30 kg de GNL, salvo en el caso de que se produzca la rotura completa de una de las líneas de 2", para la que se obtendrían derrames de unos 900 kg asociados a 90 s de vertido.

Fallo del manifold del terminal

Está asociado al fallo de las tuberías del rango de 24", para las que, en el caso más desfavorable, se obtendría un vertido del orden de 42.570 Kg en 90 s.

Fallo de las válvulas/bridas, la instrumentación o el flash drum del manifold del terminal

Las características de los derrames que se producirían resultarían análogas a las indicadas para el fallo de las válvulas/bridas y la instrumentación del brazo de carga.

Fallo del colector de descarga

Se refiere a fallos de consideración en las tuberías de mayor diámetro, asociados a agujeros, roturas o perforaciones, para las que se han considerado tasas de vertido de hasta 1,420 Kg/s durante 30 s.

Fallo del manifold del buque

Del lado de la seguridad se asimila al fallo del manifold del terminal, si bien, dado que no se tienen registros de que se haya producido ningún suceso de este tipo hasta el momento, se le asigna una probabilidad de ocurrencia diez veces inferior, tal como se indicará más adelante.

6.2.1.2 Estudios Tips

Los sucesos iniciadores de riesgo, asociados al interfaz buque - atraque, son los relacionados con la pérdida de confinamiento del GNL y con posibles escapes de GN, según se describe a continuación.

Rotura parcial de brazo de descarga de buques de GNL (BR-BUQUE/01)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GNL, de 16.2 Kg/s, durante 2 min.

Rotura total de brazo de descarga de buques de GNL (BR-BUQUE/02)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GNL, de 513.3 Kg/s, durante 2 min.

Rotura parcial de la línea de descarga de GNL de atraque de buques a tanques (DESCARGA/01)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GNL, de 71.7 Kg/s, durante 2 min.

Rotura total de la línea de descarga de GNL de atraque de buques a tanques (DESCARGA/02)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GNL, de 1,498.9 Kg/s, durante 2 min.

Rotura parcial de la línea de retorno de vapores a buques (RET-VAP/01)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GN, de 0.2 Kg/s, durante 2 min.

Rotura total de la línea de retorno de vapores a buques (RET-VAP/02)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GN, de 5.5 Kg/s, durante 2 min.

6.2.2 Probabilidad de presentación de los sucesos iniciadores de riesgo

6.2.2.1 Estudio EQE

Las probabilidades de ocurrencia de los derrames considerados en el estudio de EQE se determinan a partir de las probabilidades de fallo de los distintos componentes individuales (válvulas, bridas, tuberías, etc.), recogidas en la literatura especializada, considerando el volumen o el número de componentes presentes en las operaciones analizadas en este caso, y asimismo la tasa de utilización anual de los mismos, que se ha estimado en un porcentaje del 5.75% del tiempo, correspondiente a 42 operaciones anuales, del entorno de 12 h de duración cada una.

Las probabilidades de fallo adoptadas y las características de los vertidos asociadas a las mismas, de acuerdo con lo anterior, son las indicadas en las tablas siguientes.

Supuesto de riesgo	Diámetro del orificio de fuga (mm)		
	0 - 15	15 - 100	> 100
Fallo del PERC		1.00E-03	
Fallo del manifold del tanque	3.45E-06	1.04E-06	1.04E-07
Fallo en tubería de 16" del brazo	5.18E-05	1.55E-05	1.55E-06
Fallo en válvulas/bridas de 16" del brazo	1.38E-04	3.45E-06	3.45E-06
Fallo en articulación del brazo	2.59E-04	2.59E-05	3.11E-06
Fallo en tuberías, válvulas y bridas de 2” del brazo	3.80E-04	1.73E-04	0.00E+00
Fallo en instrumentación del brazo	5.75E-04		
Fallo en tubería de 24" del manifold del terminal	3.45E-05	1.04E-05	1.04E-06
Fallo en válvulas/bridas del manifold	2.26E-04	1.43E-05	7.94E-06
Fallo en la instrumentación o el flash drum del manifold	1.81E-04	8.63E-07	8.63E-08
Fallo en tubería de 42”	1.58E-05	1.18E-05	1.15E-06
Fallo en válvulas/bridas de la tubería de 42”	2.53E-05	1.50E-06	8.63E-07
Fallo en la instrumentación de las tuberías de 42”	5.75E-05		

Tabla 17. Probabilidades anuales de ocurrencia de los sucesos iniciadores de riesgo identificados (Eqe)

Supuesto de riesgo	Diámetro del orificio de fuga (mm)			Duración (s)	Vertido Max (kg)
	0 - 15	15 - 100	> 100		
Fallo del PERC					100
Fallo del manifold del tanque	0.1	10	473	90	42570
Fallo en tubería de 16" del brazo	0.1	10	473	10	4,730
Fallo en válvulas/bridas de 16" del brazo	0.1	10	10	90	900
Fallo en articulación del brazo	0.1	10	10	90	900
Fallo en tuberías, válvulas y bridas de 2” del brazo	0.1	10		90	900
Fallo en instrumentación del brazo	0.1			180	18
Fallo en tubería de 24" del manifold del terminal	0.1	10	473	90	42,570
Fallo en válvulas/bridas del manifold	0.1	10	10	90	900
Fallo en instrumentación o el flash drum del manifold	0.1	10	10	90	900
Fallo en tubería de 42”	0.1	33	1420	30	42,600
Fallo en válvulas/bridas de la tubería de 42”	0.1	10	10	60	600
Fallo en la instrumentación de las tuberías de 42”	0.1			180	18

Tabla 18. Tasas de derrame y vertidos máximos asociados a los sucesos iniciadores de riesgo identificados (EQE)

6.2.2.2 Estudios Tips

Las probabilidades de ocurrencia de los derrames considerados en el estudio de Tips se determinan igualmente a partir de las probabilidades de fallo de los distintos componentes indicados (brazos de carga y tuberías), recogidas en la literatura especializada, considerando el volumen o el número de componentes presentes en las operaciones analizadas.

Cabe destacar que las tasas de utilización empleadas en este caso son las asociadas a 70 operaciones de descarga anuales, de 12 h de duración cada una, por lo que, con objeto de homogeneizar los resultados, se han actualizado considerando 42 operaciones anuales al igual que en los estudios de EQE y ALATEC - PROES.

Las probabilidades de fallo adoptadas y las características de los vertidos asociadas a las mismas, de acuerdo con lo anterior, son las indicadas en las tablas siguientes.

Supuesto de riesgo	Probabilidad anual	Caudal de fuga (kg/s)	Diámetro orificio (mm)	Duración (s)	Vertido (kg)
BR-BUQUE/01	4.54E-04	16.2	40	120	1,944
BR-BUQUE/02	4.54E-05	515.3	-	120	61,836
DESCARGA/01	2.88E-05	71.7	91	120	8,598
DESCARGA/02	5.75E-06	1.498.9	-	120	179,868
RET-VAP/01	5.00E-04	0.2	40	120	24
RET-VAP/02	1.00E-04	5.5	-	120	665

Tabla 19. Probabilidades anuales de ocurrencia, tasas de derrame y vertidos de los sucesos iniciadores de riesgo (Tips)

6.2.3 Posible evolución de los supuestos de riesgo

6.2.3.1 Estudio EQE

Una vez que se ha producido un derrame de GNL pueden darse distintas evoluciones del suceso considerado, que, según se considera en el estudio de EQE, pueden sintetizarse de forma resumida en las siguientes.

- Ignición directa (inmediata) del derrame, dando lugar un fuego en charco o a la denominada bola de fuego (BLEVE por sus siglas en inglés "Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion").

- Ignición retardada, en mayor o menor medida, viabilizando la formación y el crecimiento de una nube gaseosa, que puede incendiarse y/o explosionar en función del grado de confinamiento de la misma.

- Formación y dispersión total de la nube gaseosa sin que se produzca la ignición de la misma.

Según el modelo de ignición y el árbol de sucesos considerados en el estudio de riesgos de referencia, las probabilidades de alcanzar cada uno de los escenarios finales indicados, una vez que se ha producido un derrame, son las que se resumen a continuación.

- Probabilidad de fuego en charco o bola de fuego: 0.1
- Probabilidad de ignición de la nube: (con y sin retorno a la fuente) 0.6
- Probabilidad de dispersión: 0.3

Para la elaboración del árbol de fallo mencionado se ha considerado que, de acuerdo con lo indicado en el estudio de EQE, la fiabilidad del ESD (Emergency Shut Down) es del 99.99%, y que, dada la ausencia de confinamiento de la nube gaseosa, el 90% de las mismas se inflaman sin generar sobrepresiones significativas, y el 10% restante produciendo sobrepresiones del entorno de 1.0 bar.

El tratamiento conjunto de la inflamación de nubes con retorno a la fuente (que continuarían en forma de fuego en charco) y de las explosiones instantáneas asociadas a una ignición de retardo largo, resulta conservador incrementando la probabilidad de las explosiones instantáneas en el entorno del 10%.

6.2.3.2 Estudios Tips

La posible evolución de los distintos sucesos identificados en este estudio se valora a través de los árboles de fallo asociados a los derrames de GNL y a los escapes de GN, resumidos a continuación.

En el caso de fuga de GNL, las posibles evoluciones del suceso son similares a las consideradas en el apartado anterior.

- Ignición directa (inmediata) del derrame, dando lugar un fuego en charco.

- Ignición retardada, en mayor o menor medida, viabilizando la formación y el crecimiento de una nube gaseosa, que puede incendiarse.

- Formación y dispersión total de la nube gaseosa sin que se produzca la ignición de la misma.

Según el modelo de ignición y el árbol de sucesos considerados, las probabilidades de alcanzar cada uno de los escenarios finales indicados, una vez que se ha producido un derrame, dependen de las tasas de vertido consideradas en cada caso según se resumen a continuación.

Caudal de fuga (kg/s)	**< 10**	**10 – 100**	**> 100**
Probabilidad de fuego en charco	0.0650	0.0650	0.0650
Probabilidad de ignición de la nube	0.0187	0.0374	0.0842
Probabilidad de dispersión	0.9163	0.8976	0.8509

En el caso de un escape de GNL, las posibles evoluciones del suceso consideradas pueden resumirse en las siguientes.

- Ignición directa (inmediata), dando lugar un dardo de fuego.

- Ignición retardada, en mayor o menor medida, viabilizando la formación y el crecimiento de una nube gaseosa, que puede incendiarse.

- Formación y dispersión total de la nube gaseosa sin que se produzca la ignición de la misma.

Según el modelo de ignición y el árbol de sucesos considerados, las probabilidades de alcanzar cada uno de los escenarios finales indicados, una vez que se ha producido el escape, dependen de las tasas de vertido consideradas en cada caso según se resumen a continuación.

Caudal de fuga (kg/s)	**< 10**	**10 – 100**	**> 100**
Probabilidad de dardo de fuego	0.0200	0.0400	0.0900
Probabilidad de ignición de la nube	0.0196	0.0384	0.0819
Probabilidad de dispersión	0.9604	0.9216	0.8281

6.2.4 Probabilidad de presentación de los escenarios de riesgo

6.2.4.1 Estudio EQE

De acuerdo con lo expuesto en los apartados anteriores, se obtienen que las siguientes probabilidades de presentación de los escenarios de riesgo indicados para las tasas de vertido que conllevan volúmenes de derrame de consideración.

Supuesto de riesgo	Vertido (kg)		Escenario	Probabilidad
		Kg		
Fallo del PERC	Medio	100	Incendio charco / bola de fuego	1.00E-04
			Incendio nube	6.00E-04
Fallo del manifold del tanque	Medio	900	Incendio charco / bola de fuego	1.04E-07
			Incendio nube	6.24E-07
	Alto	42,570	Incendio charco / bola de fuego	1.04E-08
			Incendio nube	6.24E-08
Fallo en tubería de 16" del brazo	Medio	100	Incendio charco / bola de fuego	1.55E-06
			Incendio nube	9.33E-06
	Alto	4,730	Incendio charco / bola de fuego	1.55E-07
			Incendio nube	9.33E-07
Fallo en válvulas/bridas de 16" del brazo	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	6.90E-07
			Incendio nube	4.14E-06
Fallo en articulación del brazo	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	2.90E-06
			Incendio nube	1.74E-05
Fallo en tuberías, válvulas y bridas de 2” del brazo	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	1.73E-05
			Incendio nube	1.04E-04
Fallo en tubería de 24" del manifold del terminal	Medio	900	Incendio charco / bola de fuego	1.04E-06
			Incendio nube	6.22E-06
	Alto	42,570	Incendio charco / bola de fuego	1.04E-07
			Incendio nube	6.22E-07
Fallo en válvulas/bridas del manifold	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	2.22E-06
			Incendio nube	1.33E-05
Fallo en la instrumentación o el flash drum del manifold	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	9.49E-08
			Incendio nube	5.70E-07
Fallo en tubería de 42”	Medio	990	Incendio charco / bola de fuego	1.18E-06
			Incendio nube	7.08E-06
	Alto	(*) 42,600	Incendio charco / bola de fuego	1.15E-07
			Incendio nube	6.91E-0.7
Fallo en válvulas/bridas de la tubería de 42”	Medio/alto	600	Incendio charco / bola de fuego	1.50E-07
			Incendio nube	8.98E-07

Tabla 20. Probabilidades anuales de ocurrencia de los escenarios de riesgo identificados (EQE)

6.2.4.2 Estudios Tips

Las probabilidades de presentación anuales de los escenarios de riesgo considerados en este caso, obtenidas de acuerdo con lo indicado en los apartados anteriores, son las recogidas a continuación.

Supuesto de riesgo	Vertido (kg)	Escenario	Probabilidad
	Kg		
BR-BUQUE/01	1,944	Incendio charco	2.95E-05
		Incendio nube	1.70E-05
BR-BUQUE/02	61,836	Incendio charco	2.95E-06
		Incendio nube	1.70E-06
DESCARGA/01	8,598	Incendio charco	1.87E-06
		Incendio nube	1.08E-06
DESCARGA/02	179,868	Incendio charco	3.74E-07
		Incendio nube	4.84E-07
RET-VAP/01	24	Dardo de Fuego	1.00E-05
		Incendio nube	9.80E-06
RET-VAP/02	665	Dardo de Fuego	2.00E-06
		Incendio nube	1.96E-06

Tabla 21. Probabilidades anuales de ocurrencia de los escenarios de riesgo identificados (Tips)

6.2.5 Evaluación de consecuencias

6.2.5.1 Condiciones de viento

Las condiciones meteorológicas consideradas en la evaluación de las consecuencias de los sucesos iniciadores de riesgo indicados, son las siguientes:

- Presión atmosférica (valor estándar) 1 atm
- Temperatura ambiente (media anual) 14ºC en estudio Tips (sin concretar por EQE)
- Humedad relativa (media anual) 80% en estudio EQE / 77% en estudio Tips

Para la evaluación de las consecuencias se considerarán determinadas condiciones de viento representativas de los regímenes medios de la zona, de acuerdo con las prescripciones de la UNE EN-1473, concretamente las asociadas a las categorías de estabilidad atmosférica correspondiente a una situación normal o promedio (D), para la que, de acuerdo con lo siguiente, se adopta una velocidad de 5 m/s, y a una situación moderadamente estable (F), para la que se adopta una velocidad representativa de la misma, de 2 m/s.

Para la caracterización del viento en el área de interés se ha partido de los datos contenidos en el informe de “Clima Medio de Viento” del “Banco de Datos Oceanográficos Puertos del Estado” correspondiente a la Estación de Ferrol (REMPOR), con datos de may-96 a dic-05, situada en la bocana de la Dársena de Curuxeiras.

Figura 8. Estación Meteorológica de Ferrol (REMPOR)

Los datos procedentes de dicha estación de medida se han trasladado al área de interés, de acuerdo con los coeficientes de correlación de la velocidad de viento obtenidos del estudio de modelización numérica de viento, elaborado por la Universidad de Eindhoven para Marin y Deltares, incluido en el "Estudio de Maniobra de Grandes Buques Gaseros en su Acceso a la Terminal de Reganosa en Mugardos" (2009).

Los mencionados coeficientes de correlación han sido evaluados a partir de los gráficos incluidos en el estudio de modelización de viento, correspondientes a sectores de 30º, habiéndose obtenido mediante interpolación, los correspondientes a sectores de 22.5º.

A continuación, se incluye, a título ilustrativo, una de las figuras correspondiente a las simulaciones realizadas.

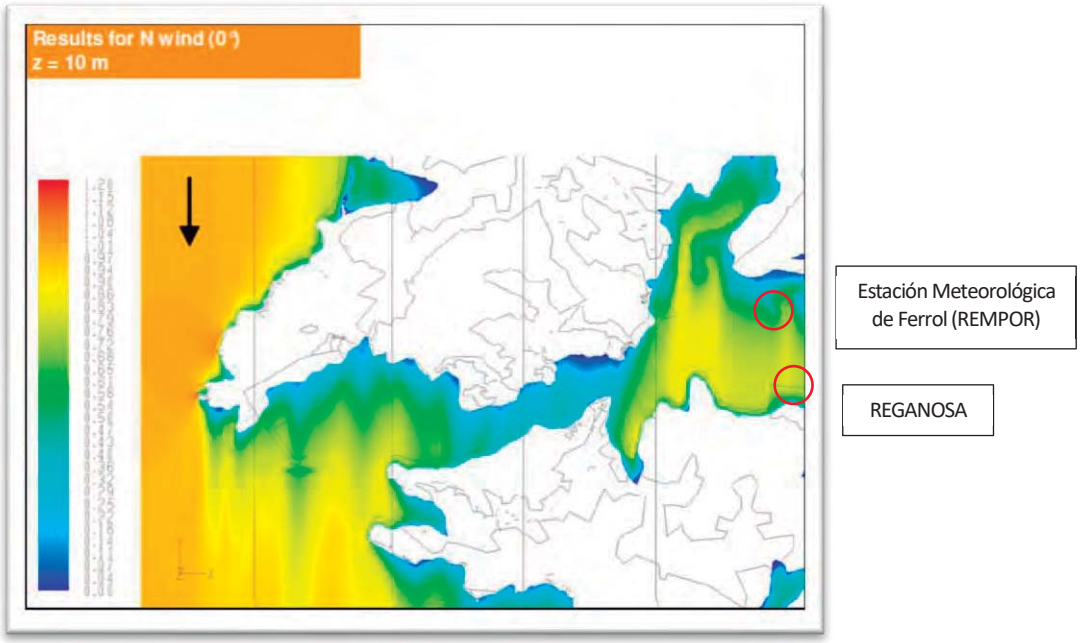


Figura 9. Modelización numérica de viento dirección N

Los coeficientes de correlación ($K = V_{REGANOSA} / V_{REMPOR}$) finalmente adoptados para cada sector de acuerdo con lo indicado, son los que se indican en la tabla siguiente.

Sector		K
N	0.00	1.80
NNE	22.50	1.80
NE	45.00	1.80
ENE	67.50	1.80
E	90.00	1.80
ESE	112.50	1.45
SE	135.00	1.25
SSE	157.50	1.08
S	180.00	0.83
SSW	202.50	0.74
SW	225.00	0.69
WSW	247.50	0.90
W	270.00	1.60
WNW	292.50	1.53
NW	315.00	1.65
NNW	337.50	1.80

Tabla 22. Coeficientes de correlación de velocidad de viento

A partir de dichos coeficientes y de regímenes medios anuales por direcciones de la velocidad de viento, incluidos en el informe de Puertos del Estado, se ha calculado el régimen medio anual direccional en el punto de interés.

En las figuras siguientes se presentan las tablas de excedencias sectoriales de la velocidad de viento, correspondientes a la estación meteorológica y al área de atraque de REGANOSA.

DIRECCIÓN		Ve (m/s)																	Total
		<= 1.0	2.00	3.50	5.00	6.50	8.00	9.50	11.00	12.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	21.50	23.00	24.50	
CALMAS		19.06																	19.06
N	0		1.32	1.71	1.05	0.40	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.61
NNE	22.5		1.35	2.65	2.15	0.95	0.24	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.38
NE	45		1.29	3.57	3.33	1.73	0.55	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.58
ENE	67.5		0.54	1.62	2.47	2.32	1.39	0.52	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.98
E	90		0.24	0.31	0.35	0.28	0.16	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44
ESE	112.5		0.35	0.11	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49
SE	135		0.59	0.20	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
SSE	157.5		0.52	0.29	0.19	0.11	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22
S	180		0.39	0.75	0.83	0.66	0.40	0.19	0.07	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.31
SSW	202.5		0.56	1.87	2.42	2.18	1.52	0.86	0.40	0.15	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.03
SW	225		0.89	1.35	1.55	1.39	1.02	0.64	0.34	0.16	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.43
WSW	247.5		1.15	1.60	1.74	1.49	1.07	0.65	0.34	0.16	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.29
W	270		0.67	1.03	1.24	1.17	0.92	0.61	0.35	0.17	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.27
WNW	292.5		0.44	0.86	0.93	0.70	0.39	0.16	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.55
NW	315		0.58	0.96	0.86	0.51	0.21	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19
NNW	337.5		1.01	1.04	0.69	0.35	0.14	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.29
Total		19.06	11.89	19.92	19.88	14.25	8.17	4.00	1.75	0.70	0.26	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

Tabla 23. Velocidad Media (Ve) – Dirección de Procedencia (Estación Meteorológica de Ferrol)

DIRECCIÓN		Ve (m/s)																	Total
		<= 1.0	2.00	3.50	5.00	6.50	8.00	9.50	11.00	12.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	21.50	23.00	24.50	
CALMAS		19.07																	19.07
N	0		0.38	0.87	1.00	0.88	0.65	0.41	0.23	0.11	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.61
NNE	22.5		0.31	0.96	1.41	1.51	1.30	0.91	0.54	0.27	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.38
NE	45		0.15	1.04	1.82	2.13	1.97	1.51	0.98	0.55	0.26	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	10.58
ENE	67.5		0.12	0.38	0.73	1.09	1.35	1.43	1.32	1.05	0.73	0.43	0.22	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	8.98
E	90		0.11	0.12	0.16	0.19	0.20	0.19	0.16	0.12	0.09	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	1.44
ESE	112.5		0.23	0.17	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49
SE	135		0.49	0.23	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
SSE	157.5		0.48	0.28	0.20	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22
S	180		0.56	0.97	0.90	0.55	0.23	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.31
SSW	202.5		1.30	3.08	2.92	1.75	0.72	0.21	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.03
SW	225		1.65	2.21	1.87	1.08	0.45	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.43
WSW	247.5		1.36	1.85	1.88	1.46	0.93	0.49	0.21	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.29
W	270		0.31	0.47	0.64	0.74	0.78	0.75	0.67	0.56	0.44	0.32	0.23	0.15	0.09	0.05	0.03	0.02	6.26
WNW	292.5		0.18	0.41	0.57	0.63	0.58	0.46	0.32	0.20	0.11	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	3.55
NW	315		0.21	0.44	0.58	0.59	0.51	0.37	0.24	0.14	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19
NNW	337.5		0.38	0.59	0.61	0.54	0.42	0.30	0.20	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	3.29
Total		19.07	8.23	14.05	15.44	13.33	10.17	7.29	4.98	3.22	1.95	1.11	0.59	0.30	0.15	0.07	0.03	0.02	100.00

Tabla 24. Velocidad Media (Ve) – Dirección de Procedencia (REGANOSA)

Finalmente, se calculan las frecuencias de presentación asociadas a las condiciones de estabilidad, F (V < 5 m/s) y D (V > 5 m/s), y F (V < 4 m/s) y D (V > 4 m/s), consideradas respectivamente en los estudios de EQE / ALATEC - PROES y Tips, según se ha indicado anteriormente.

DIRECCIÓN		Ve (m/s)		Total
		F2 (< 5.0)	D5 (> 5.0)	
N	0	2.25	2.36	4.61
NNE	22.5	2.68	4.70	7.38
NE	45	3.00	7.58	10.58
ENE	67.5	1.23	7.75	8.98
E	90	0.39	1.05	1.44
ESE	112.5	0.46	0.03	0.49
SE	135	0.82	0.06	0.88
SSE	157.5	0.96	0.26	1.22
S	180	2.44	0.87	3.31
SSW	202.5	7.30	2.73	10.03
SW	225	5.74	1.69	7.43
WSW	247.5	5.08	3.21	8.29
W	270	1.41	4.86	6.27
WNW	292.5	1.16	2.39	3.55
NW	315	1.22	1.97	3.19
NNW	337.5	1.58	1.71	3.29
Total		**56.78**	**43.22**	**100.00**

Tabla 25. Frecuencias de presentación de las condiciones de viento F y D, consideradas en estudios EQE / ALATEC - PROES

DIRECCIÓN		Ve (m/s)		Total
		F2 (< 4.0)	D5 (> 4.0)	
N	0	1.59	3.02	4.61
NNE	22.5	1.70	5.68	7.38
NE	45	1.73	8.85	10.58
ENE	67.5	0.70	8.28	8.98
E	90	0.28	1.16	1.44
ESE	112.5	0.43	0.06	0.49
SE	135	0.77	0.11	0.88
SSE	157.5	0.84	0.38	1.22
S	180	1.87	1.44	3.31
SSW	202.5	5.45	4.58	10.03
SW	225	4.56	2.87	7.43
WSW	247.5	3.86	4.43	8.29
W	270	0.97	5.30	6.27
WNW	292.5	0.77	2.78	3.55
NW	315	0.83	2.36	3.19
NNW	337.5	1.17	2.12	3.29
Total		**46.56**	**53.44**	**100.00**

Tabla 26. Frecuencias de presentación de las condiciones de viento F y D, consideradas en estudio Tips

Cabe destacar que, dado que en la evaluación de las consecuencias de los posibles accidentes se supondrá, del lado de la seguridad, la dirección de viento más desfavorable, las frecuencias sectoriales no presentarán influencia en el cálculo.

6.2.5.2 Modelización de efectos

Cada uno de los escenarios considerados conllevará una serie de consecuencias que, en este caso, se evalúan principalmente mediante modelos de dispersión de las nubes gaseosas que pueden asociarse a cada escenario, y de la radiación térmica que se produciría en los casos de incendio de charcos o dardos de fuego considerados.

En los casos de incendio de las nubes gaseosas, se considera que el nivel de radiación térmica que se produce a consecuencia de los mismos daría lugar a una tasa de mortalidad del 100% en el interior de las nubes (entre los límites de inflamabilidad), pero sin posibilidad de producir daños a equipos o instalaciones, o de afectar a distancias mayores, debido al reducido tiempo de exposición que conllevan. Esta suposición resulta más desfavorable que los posibles efectos de las sobrepresiones que se producirían en caso deflagración de la nube, por lo que dichos efectos no han sido analizados en detalle.

Las simulaciones consideradas al respecto de la dispersión de las nubes y de radiación térmica son las incluidas en los estudios de riesgos realizados anteriormente por EQE y ALATEC-PROES, habiéndose adoptado los resultados más desfavorables de entre ambos conjuntos de resultados, y las incluidas en los estudios realizados por Tips.

Los resultados obtenidos son los indicado a continuación:

Estudios EQE / ALATEC - PROES

Las simulaciones se han realizado en ambos estudios para las condiciones climáticas denominadas F2 (Vv = 2 m/s) representativa de una situación neutral, y D5 (Vv=5 m/s), representativa de una situación moderadamente estable, indicadas anteriormente. A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de los modelos de dispersión y radiación indicados.

	Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Distancia a LII (*) (m)	½ anchura de la nube (m)
	100	10	F2	28	19
			D5	40	7
w	100	10	F2	32	20
			D5	45	7
	600	60	F2	55	40
			D5	65	12
	900	90	F2	58	40
			D5	75	11
w	900	90	F2	85	50
			D5	105	16
	990	30	F2	58	40
			D5	75	11
w	990	30	F2	85	50
			D5	105	16
	4,730	10	F2	125	100
			D5	160	50
	42.570	90	F2	285	200
			D5	280	75
w	42,570	90	F2	290	250
			D5	285	100
	42.600	30	F2	285	200
			D5	280	75
w	42,600	30	F2	290	250
			D5	285	100

(*) LII: Límite Inferior de Inflamabilidad / W: Escenarios de dispersión sobre la superficie del agua

Tabla 27.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por EQE

Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Distancia a LII (*) (m)	½ anchura de la nube (m)
100	10	F2	35	22
		D5	50	9
600	60	F2	65	45
		D5	80	15
900	90	F2	70	45
		D5	95	15
990	30	F2	80	50
		D5	110	20
4.730	10	F2	140	110
		D5	175	55
42.570	30	F2	290	210
		D5	275	85

(*) LII: Límite Inferior de Inflamabilidad

Tabla 28.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por ALATEC - PROES

Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Nivel de radicación (kw/m²)		
			8.3	14.4	20.9
	10	F2	42	31	25
		D5	50	43	36
600	60	F2	44	32	25
		D5	52	46	38
900	90	F2	43	32	25
		D5	52	45	38
4,730	10	F2	116	86	70
		D5	145	118	100
42.570	30	F2	196	148	116
		D5	232	175	160

Tabla 29.Distancias (m) asociadas a los distintos vertidos y umbrales de radicación considerados por EQE

Tasa de Vertido (kg)	Estabilidad climatológica	Nivel de radicación (kw/m²)			
		5.05	12.6	21.1	31.5
0.1	F2	4.3	3.2	2.5	1.8
	D5	4.5	3.7	3.3	2.8
10.0	F2	56.1	35.7	26.6	20.4
	D5	60.7	45	38	32.7
473.0	F2	173.3	110.5	82.4	63.6
	D5	197	141.6	116.1	97.9
1,420.0	F2	253.4	161.5	122.4	96.7
	D5	285.1	200.6	163.8	138.2

Tabla 30.Distancias (m) asociadas a los distintos vertidos y umbrales de radicación considerados por ALATEC - PROES

Estudios Tips

Las simulaciones se han realizado para las condiciones climáticas denominadas F2 (Vv = 2 m/s) representativa de una situación neutral, y D4 (Vv=4 m/s), representativa de una situación moderadamente estable.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de los modelos de dispersión y radiación indicados.

Tasa de Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Distancia a LII (*) (m)
16.2	120	F2	67
		D4	92
515.3	120	F2	80
		D4	107
71.7	120	F2	112
		D4	142
1,498.9	120	F2	105
		D4	148

Tasa de Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Distancia a LII (*) (m)
0.2	120	F2	3.7
		D4	3.7
5.5	120	F2	38
		D4	38

(*) LII: Límite Inferior de Inflamabilidad

Tabla 31.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por Tips

Tasa de Vertido (kg)	Nivel de radicación (kw/m^2)							
	3	5	7	10	12	14	22	28
16.2	84	70	62	55	51	48	40	37
515.3	125	104	91	82	75	71	60	53
71.7	152	126	110	95	89	84	70	63
1,498.9	216	173	150	128	119	111	91	82
0.2	10	8	6	4	3	2	7 (*)	
5.5	46	34	27	19	12	6	32 (*)	

(*) Alcance de llama

Tabla 32.Distancias (m) asociadas a los distintos vertidos y umbrales de radicación considerados por Tips

6.2.6 Criterios de aceptabilidad o rechazo

La evaluación de los resultados obtenidos se basará principalmente en las recomendaciones de la norma UNE EN 1473, tanto en lo que se refiere a los umbrales de radiación térmica máximos recomendados en las diferentes zonas a considerar, como en lo relativo a las clases de probabilidad, clases de consecuencias y niveles de riesgo recomendados, los cuales se resumen en las tablas siguientes.

Al respecto de la aceptabilidad del riesgo, cabe destacar que, tal como se estipula en la citada norma UNE EN 1473, la valoración final no puede efectuarse en tanto en cuanto no se conozca el total acumulado de todos los riesgos de la planta, debiendo contemplarse adicionalmente por tanto los riesgos que pudieran derivarse de la actividad de Forestal del Atlántico que, como se ha indicado anteriormente no han sido considerados con el mismo nivel de detalle en el presente estudio.

Equipo en el interior de los límites de propiedad	Nivel máximo de radiación térmica (kW/m^2)
Superficies exteriores de hormigón de los tanques de almacenamiento adyacentes[a]	32
Superficies exteriores metálicas de los tanques de almacenamiento adyacentes (véase [3])	15
Superficies exteriores de los tanques de almacenamiento adyacentes a presión e instalaciones de proceso (véase la referencia [3] de la bibliografía)	15
Sala de control, talleres de mantenimiento, laboratorios, almacenes, etc. (véase la referencia [2] de la bibliografía)	8
Edificios administrativos (véase la referencia [2] de la bibliografía)	5
a Para los tanques de hormigón pre-tensado, la radiación máxima se puede determinar de acuerdo con los requisitos indicados en el apartado A.1.	

Tabla 33. Radiación térmica admisible (excluyendo radiación solar) dentro de los límites de la propiedad (UNE EN 1473)

Exterior de los límites de propiedad	Nivel máximo de radiación térmica (kW/m²)
Zonas retiradas[a]	8
Zonas críticas[b]	1,5
Otras zonas[c]	5

a Zonas frecuentadas de forma esporádica por un escaso número de personas, por ejemplo, páramos, tierras de labranza, desiertos.

b Se trata de una zona no protegida de importancia crítica en la que pueden entrar en cualquier momento, incluso en las situaciones de emergencia, personas sin la vestimenta de protección, o de una zona urbana (definida como zona con más de 20 personas por kilómetro cuadrado), o de un punto difícil o peligroso a evacuar en un tiempo breve (por ejemplo, hospitales, residencias de ancianos, estadios, escuelas, teatros al aire libre, etc.).

c Otras zonas que engloban generalmente las zonas industriales que no están controladas por el operador/ocupante de la planta de GNL.

Tabla 34. Radiación térmica admisible (excluyendo radiación solar) en el exterior de los límites de la propiedad (UNE EN 1473)

Riesgo		Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias
Frecuencia de accidentes de la planta	Frecuencia por año	5	4	3	2	1
Clase 1	> 0,1	2	2	3	3	3
Clase 2	0,1 a 0,01	1	2	2	3	3
Clase 3	0,01 a 0,001	1	1	2	2	3
Clase 4	0,001 a 10^{-4}	1	1	1	2	2
Clase 5	10^{-4} a 10^{-5}	1	1	1	1	2
Clase 6	10^{-5} a 10^{-6}	1	1	1	1	1
Clase 7	< 10^{-6}	1	1	1	1	1

ACEPTABILIDAD DEL RIESGO:
1 = situación normal
2 = zona ALARP
3 = no aceptable

Tabla 35. Determinación del nivel de riesgo en el interior de los límites de la Planta (UNE EN 1473)

Riesgo		Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias
Frecuencia de accidentes de la planta	Frecuencia por año	5	4	3	2	1
Clase 1	> 0,1	2	3	3	3	3
Clase 2	0,1 a 0,01	2	2	3	3	3
Clase 3	0,01 a 0,001	1	2	2	3	3
Clase 4	0,001 a 10^{-4}	1	1	2	2	3
Clase 5	10^{-4} a 10^{-5}	1	1	1	2	2
Clase 6	10^{-5} a 10^{-6}	1	1	1	1	2
Clase 7	< 10^{-6}	1	1	1	1	1

ACEPTABILIDAD DEL RIESGO:
1 = situación normal
2 = zona ALARP
3 = no aceptable

Tabla 36. Determinación del nivel de riesgo en el exterior de los límites de la Planta (UNE EN 1473)

	Criterio	Clase 1	Clase 2[a]	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Accidentes mortales	Muertos	Más de 10	1 a 10	0	0	0
Accidentes con pérdida de tiempo	Heridos	Más de 100	11 a 100	2 a 10	1	0
Escape de hidrocarburos	Toneladas	Más de 100	10,01 a 100	1,01 a 10	0,1 a 1	Menos de 0,1

a Esta clase se aproxima a los criterios de la Directiva SEVESO [Directiva Europea 96/82/CEE de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas].

Tabla 37. Clases de consecuencias a considerar en la evaluación de riesgos (UNE EN 1473)

6.2.7 Valoración de los resultados obtenidos

Para valorar la clase de consecuencia asociada a los distintos escenarios de riesgo considerados, se ha hecho uso complementariamente de probabilidades de muerte siguientes, en función del nivel de radiación térmica considerado en cada caso.

Flujo de radiación térmica (kW/m^2)	Probabilidad de muerte
7.2500	0.0100
8.2800	0.0300
11.8000	0.2000
14.3600	0.5000
20.8900	0.9000

Tabla 38. Probabilidades de muerte para diferentes niveles de radiación térmica (30 s de exposición)

A falta de información de detalle al respecto de las áreas de actividad y la localización de los distintos puestos de trabajo asociados a las instalaciones de Forestal del Atlántico y de la propia REGANOSA, el número de personas que pudiera estar presente en cada una de las zonas afectadas se ha estimado, de forma aproximada, en función de las características generales de las instalaciones.

El número de personas y las jornadas de trabajo adoptadas a estos efectos son los recogidos en la tabla siguiente.

Situación	Empresa	Distancia al punto de vertido (m)							
		25	50	75	100	125	150	175	200
Planta	Reganosa operación / buque (1)	8	10	10	10	12	12	15	15
Planta	Reganosa otras áreas (2)	0	0	0	0	2	2	25	40
Planta	Otros (2)	0	0	2	2	2	2	4	6
Exterior	Forestal y otros (2)	0	0	2	10	15	20	30	40

(1) Siempre presentes durante las operaciones de carga / descarga
(2) Jornada de trabajo equivalente a 1.850 h anuales

Tabla 39. Número de personas en función de la distancia al punto de vertido y jornadas de trabajo

Dado que se trata de una estimación aproximada y que las alternativas consideradas distan únicamente 23,5 m entre sí, se ha adoptado provisionalmente el mismo número de personas en ambos casos.

A efectos de valoración de los citados niveles de riesgo, se ha considerado, en principio, que los límites de la planta de REGANOSA podrán extenderse a aquellas zonas que no se encuentren ya ocupadas por las instalaciones de Forestal del Atlántico.

Con todo ello, y en función de los resultados recogidos en el apartado anterior, correspondientes a los estudios realizados por EQE y ALATEC – PROES, y por Tips, se obtienen los siguientes niveles de riesgo para las distintas zonas adyacentes a la ubicación de los posibles vertidos, identificadas en base a las distancias a las que se produce una variación de la clase de probabilidad definida en la UNE EN-1473.

Las clases de consecuencias, en términos de las **bajas esperables**, se valoran principalmente en base al alcance de las llamaradas por ignición de nubes, para las que se ha considerado una mortalidad del 100% en el interior de las mismas, tal como se ha indicado anteriormente.

Ello es posible debido a que, como puede observarse a continuación, el incremento de probabilidad asociada a los escenarios en que puedan producirse bajas por efecto de la radiación térmica, a distancias significativas de los vertidos, resultará sensiblemente inferior a la aquí considerada, sin que haga variar por tanto las clases de probabilidad indicadas para la ignición de nubes. Para distancias reducidas, se comprueba asimismo que, sumando las probabilidades asociadas a ambas causas, en los casos más desfavorables, tampoco varia la clase de probabilidad considerada (7.66E-4 + 4.90E-4*0.5 = 7.35E-4 para una distancia menor de 32 m, en el caso de los estudios realizados por EQE / ALATEC – PROES, y de 4.55 + 5.98*0.9 = 9.93E-5 en el caso de los estudios realizados por Tips), por lo que la asignación de riesgo resultaría válida en todo caso.

Distancia al punto de vertido (m)	**290**	**274**	**95**	**70**
Σ probabilidades escenarios	7.81E-07	1.37E-06	6.84E-05	1.56E-04
Nº medio de personas en planta	30	30	10.4	10.4
Nº medio de personas en exterior	30	30	2.1	0.4
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Zona ALARP**
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	1	1	1	1
Nivel de riesgo	1	1	2	2
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Zona ALARP**
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	1	1	2	2
Nivel de riesgo	1	1	2	2

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 7.66E-4

Tabla 40. Niveles de riesgo asociados a la ignición de nubes (EQE / ALATEC – PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**148**	**112**	**92**	
Σ probabilidades escenarios	2.59E-07	1.33E-06	1.15E-05	
Nº medio de personas en planta	12.8	12.8	10.4	
Nº medio de personas en exterior	4.2	4.2	2.1	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	1	2	
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	2	2	2	
Nivel de riesgo	1	1	2	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 3.20E-5

Tabla 41. Niveles de riesgo asociados a la ignición de nubes (Tips)

Las distancias y probabilidades anteriores se presentan de forma gráfica en las figuras incluidas en el anexo 3 a este documento.

Las clases de consecuencias, en términos de **daños a los equipos e instalaciones o posible efecto dominó**, se valoran principalmente en base al alcance de los distintos umbrales de radiación térmica niveles que pueden tener efecto sobre los mismos.

Nivel de radiación térmica: 5.05 kW/m^2.
Dentro de la Planta: Máximo admisible para edificios administrativos
En el exterior: Máximo admisible para zonas industriales

Distancia al punto de vertido (m)	**253**	**61**	**60**	**56**
Σ probabilidades escenarios	1.15E-07	1.56E-06	5.60E-05	1.28E-04
Nº medio de personas en planta	30.0	10.4	10.4	10.4
Nº medio de personas en exterior	30.0	0.4	0.4	0.4
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Sit. normal**
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	3	3	3	3
Nivel de riesgo	1	1	1	1
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Sit. normal**
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	3	3	3	3
Nivel de riesgo	1	1	1	1

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 1.28E-4

Tabla 42. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 5.05 kW/m^2 (EQE / ALATEC - PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**173**	**126**	**70**	
Σ probabilidades escenarios	3.74E-07	2.24E-06	3.47E-05	
Nº medio de personas en planta	21.1	12.8	10.4	
Nº medio de personas en exterior	6.3	4.2	0.4	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Sit. normal**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	3	3	3	
Nivel de riesgo	1	1	1	
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	3	3	3	
Nivel de riesgo	1	1	1	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.67E-5

Tabla 43. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 5.05 kW/m^2 (Tips)

Nivel de radiación térmica: 8.03 kW/m2.
Dentro de la Planta: Máximo admisible para sala de control, talleres, laboratorio, etc.
En el exterior: Máximo admisible para zonas retiradas
Mortalidad: 3%

Distancia al punto de vertido (m)	**196**		**52**	**42**
Σ probabilidades escenarios	2.29E-07		1.15E-05	1.28E-04
Nº medio de personas en planta	24.7		10.4	10.0
Nº medio de personas en exterior	8.4		0.4	0.0
Interior de la planta	Sit. normal		Sit. normal	Sit. normal
Clase de Frecuencia	7		5	4
Clase de Consecuencia	2		3	3
Nivel de riesgo	1		1	1
Exterior de la planta	Sit. normal		Sit. normal	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7		5	4
Clase de Consecuencia	2		3	3
Nivel de riesgo	1		1	2

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 1.28E-4

Tabla 44. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 8.03 kW/m^2 (EQE / ALATEC - PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**150**	**110**	**62**	
Σ probabilidades escenarios	3.74E-07	2.24E-06	3.47E-05	
Nº medio de personas en planta	12.84	12.84	10.42	
Nº medio de personas en exterior	4.22	3.17	0.42	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Sit. normal**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	2	3	3	
Nivel de riesgo	1	1	1	
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Sit. normal**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	3	
Nivel de riesgo	1	2	1	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.67E-5

Tabla 45. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 7.00 kW/m^2 (Tips)

Nivel de radiación térmica: 14.4 kW/m^2.
Dentro de la Planta: Máximo admisible para tanques metálicos y a presión e inst. de proceso
En el exterior: -
Mortalidad: 50%

Distancia al punto de vertido (m)	148	86	45	32
Σ probabilidades escenarios	7.82E-07	1.38E-06	1.25E-05	1.44E-04
Nº medio de personas en planta	12.8	10.4	10.0	10.0
Nº medio de personas en exterior	4.2	2.1	0.0	0.0
Interior de la planta	Sit. normal	Sit. normal	Zona ALARP	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	1	1	1	1
Nivel de riesgo	1	1	1	1
Exterior de la planta	Sit. normal	Zona ALARP	Zona ALARP	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	1	1	1	3 (2)
Nivel de riesgo	1	2	2	2 (2)

(1) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.90E-4
(2) En alternativa 2 correspondería clase 1 de consecuencias y nivel 3 de riesgo, salvo que se adoptasen medidas tales como el vaciado de tuberías del rack del atraqué Oeste de Forestal del Atlántico, previamente a cada operación en el atraque de REGANOSA.

Tabla 46. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 14.40 kW/m^2 (EQE / ALATEC - PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**111**	**84**	**48**	
Σ probabilidades escenarios	3.74E-07	2.24E-06	3.47E-05	
Nº medio de personas en planta	12.84	10.42	10.00	
Nº medio de personas en exterior	3.17	2.11	0.00	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	1	2	
Exterior de la planta	Sit. normal	Zona ALARP	Zona ALARP	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	2	2	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.67E-5

Tabla 47. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 14.00 kW/m^2 (Tips)

Nivel de radiación térmica de 20.9 kW/m^2.
Dentro de la Planta:
En el exterior:
Mortalidad: 90%

Distancia al punto de vertido (m)	116		38	25
Σ probabilidades escenarios	2.29E-07		1.15E-05	1.28E-04
Nº medio de personas en planta	12.8		10.0	8.0
Nº medio de personas en exterior	3.2		0.0	0.0
Interior de la planta	Sit. normal		Zona ALARP	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7		5	4
Clase de Consecuencia	1		1	2
Nivel de riesgo	1		2	2
Exterior de la planta	Sit. normal		Sit. normal	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7		5	4
Clase de Consecuencia	1		3 (2)	3 (3)
Nivel de riesgo	1		1 (2)	2 (3)

(1) Máximo probabilidad todos los escenarios = 1.28E-4
(2) En alternativa 2 correspondería clase 1 de consecuencias y nivel 2 de riesgo, salvo que se adoptasen medidas tales como el vaciado de tuberías del rack del atraqué Oeste de Forestal del Atlántico, previamente a cada operación en el atraque de REGANOSA.
(3) En alternativa 2 correspondería clase 1 de consecuencias y nivel 3 de riesgo, salvo que se adoptasen medidas tales como el vaciado de tuberías del rack del atraqué Oeste de Forestal del Atlántico, previamente a cada operación en el atraque de REGANOSA.

Tabla 48. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 20.9 kW/m^2 (EQE / ALATEC - PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**91**	**70**	**40**	
Σ probabilidades escenarios	3.74E-07	2.24E-06	3.47E-05	
Nº medio de personas en planta	10.42	10.42	10.00	
Nº medio de personas en exterior	2.11	0.42	0.00	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	1	2	
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	2	2	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.67E-5

Tabla 49. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 22 kW/m^2 (Tips)

Las distancias y probabilidades anteriores se presentan de forma gráfica en las figuras incluidas en el anexo 3 a este documento.

6.2.8 Riesgos derivados de la actividad de Forestal del Atlántico

Como ya se ha indicado, el presente análisis no contempla los riesgos que la Actividad de Forestal del Atlántico pudiera generar sobre las instalaciones o el personal de REGANOSA, o sobre sus propias instalaciones y su personal.

Según se indica en el Análisis de Riesgo del Terminal de Reganosa (Tips, 2016), mencionado anteriormente, se han realizado al menos los siguientes estudios de riesgos para el terminal de Forestal del Atlántico.

- Informe de Seguridad realizado por Forestal del Atlántico, S.A., de julio de 2001.
- Informe de Seguridad realizado por Forestal del Atlántico, S.A., de septiembre de 2003.
- Estudio Técnico sobre las distancias adecuadas de Seguridad que deben mantenerse en futuras radicaciones de instalaciones con riesgo de Accidente Grave en el entorno del establecimiento Forestal del Atlántico, S.A. (Julio de 2003).
- Análisis del Riesgo asociado al proyecto de construcción de un nuevo punto de carga y descarga de graneles líquidos en el establecimiento de Mugardos (A Coruña), de marzo 2012.

Sin embargo, dichos estudios no han podido ser aportados para la redacción de este informe, habiéndose contado únicamente con la memoria del "Plan de Emergencia Exterior: Complejo Industrial de Punta Promontorio", elaborado por la Xunta de Galicia en el año 2013, que recoge algunos de los resultados obtenidos en los documentos indicados.

Según se describe en la citada memoria del Plan de Emergencia, los riesgos que se derivan de la actividad de Forestal del Atlántico se centran en:

- La posible afección a las personas, derivada de la dispersión de nubes tóxicas generadas por fugas de metanol o formol, y de la radiación térmica generada por el incendio de charcos de metanol, formol o gasóleo.

- Los posibles daños a instalaciones y equipos próximos que se producirían por efecto de la radiación térmica generada por los mencionados incendios.

Para el análisis de dichas situaciones se han considerado distintos sucesos iniciadores y escenarios de riesgo, evaluándose las siguientes distancias de seguridad correspondientes a las zonas indicadas en el Real Decreto 840/2015.

- Distancias de seguridad asociadas a estos efectos sobre las personas: Zonas de Intervención y Alerta, considerándose los umbrales de toxicidad y de radiación térmica recogidos en el Real Decreto 1196/2003.

- Distancias de seguridad asociadas al posible efecto Dominó, considerándose un umbral de radiación térmico genérico, de 8.0 kW/m^2, que es el propuesto RD 1196/2003 para los casos en que no se dispone de otros datos de mayor precisión.

Los sucesos iniciadores y los escenarios de riesgo considerados están descritos en la memoria del Plan de Emergencia mencionado, pero, dado que no ha podido disponerse de los anexos en los que se detalla su localización, no ha podido identificarse su ubicación con precisión.

De acuerdo con ello, a efectos del presente estudio se ha distinguido de forma genérica entre los sucesos relacionados con el Atraque Oeste, incluido el rack de tuberías que lo conecta con la planta, y los relacionados con el resto de las instalaciones, recogiéndose a continuación las conclusiones provisionales alcanzadas al respecto de la viabilidad del nuevo atraque de REGANOSA.

- Las mayores distancias de seguridad correspondientes a la Zona de Intervención, asociadas a los distintos accidentes relacionados con el Atraque Oeste de Forestal del Atlántico resultan de:

    - Metanol: 155 m (dispersión tóxica)
    - Gasóleo / Fuel: 97 m (radiación térmica)

- Las mayores distancias de seguridad correspondientes a la Zona de Intervención, asociadas a los distintos accidentes relacionados con el resto de las áreas del terminal resultan de:

    - Metanol: 53 m (dispersión tóxica)
    - Gasóleo / Fuel: 85 m (radiación térmica)
    - Formol: 179 m (dispersión tóxica)

- Las mayores distancias de seguridad correspondientes a la Zona de efecto Dominó, asociadas a los distintos accidentes relacionados con el Atraque Oeste de Forestal del Atlántico resultan de:

    - Metanol: 49 m
    - Gasóleo / Fuel: 80 m

- Las mayores distancias de seguridad correspondientes a la Zona de efecto Dominó, asociadas a los distintos accidentes relacionados con el resto de las áreas del terminal resultan de:

    - Metanol: 16 m
    - Gasóleo / Fuel: 80 m
    - Formol: 13 m

De acuerdo con lo anterior, es claro que los posibles accidentes en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico podrían llegar a afectar a las personas que se encontrasen en las instalaciones de REGANOSA, incrementando las probabilidades de riesgo asociadas a la actividad de la propia REGANOSA evaluadas en los apartados anteriores.

Es importante considerar, no obstante, que la denominada Zona de Intervención se define como "aquélla en la que las consecuencias de los accidentes producen un nivel de daños que justifica la aplicación inmediata de medidas de protección", estando asociada por ejemplo a una dosis de radiación térmica de 250 $(kW/m^2)^{4/3}\cdot s$ (equivalente a 5 kW/m^2, durante 30 s), para las que únicamente son esperables quemaduras de primer grado en el 50% de los afectados, sin que se hayan evaluado las distancias de seguridad asociadas a otros umbrales asociados a consecuencias de mayor gravedad.

En el citado Plan de Emergencia no se presenta además ningún análisis cuantitativo de riesgos, y no se incluyen por tanto las probabilidades de presentación asociadas a los escenarios de riesgos considerados, sin que resulte posible por tanto evaluar si los riesgos conjuntos derivados de las actividades realizadas por REGANOSA y Forestal del Atlántico, resultan o no aceptables.

Dicha evaluación deberá llevarse a cabo en futuros estudios.

Al respecto del posible efecto dominó, cabe destacar asimismo que el umbral de radiación térmica adoptado en la valoración anterior, de 8 kW/m^2, resulta conservador, si se tiene en cuenta que, a las

distancias obtenidas, únicamente se situarían, en el área del nuevo atraque, equipos e instalaciones de proceso para los que la UNE EN 1473 admite hasta 15 KW/m^2.

Este hecho se destaca asimismo en el Análisis de Riesgo del Terminal de Reganosa (2016), en el que indica que, "estos valores umbral deben ser entendidos como aquellos a partir de los cuales se debe contemplar una posible situación de efecto dominó si bien la experiencia constata que no es previsible una verdadera afectación."

En función de lo anterior y de los resultados recogidos en el Plan de Emergencia indicado, puede concluirse que las únicas instalaciones de Forestal del Atlántico que en principio podrían dar lugar al mencionado efecto dominó sobre el nuevo atraque de REGANOSA, serían las asociadas al atraque Oeste (plataforma de carga / descarga y rack de tuberías).

En ese sentido, considerándose que en ningún caso se llevarán a cabo operaciones de carga/descarga simultaneas en el nuevo atraque de REGANOSA y en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico, por insuficiencia de espacios para el atraque de los buques, no debería existir en principio riesgo de que se produjese efecto Dominó, ni asimismo para las personas, si se asume que no habrá otro personal en las áreas de atraque y los espacios anexos, que no sea el imprescindible para la realización de la operación que se esté llevando a cabo en cada momento.

Ambos extremos deberán ser confirmados de cualquier forma en base a posteriores estudios mediante los que puedan valorarse los riesgos conjuntos derivados de las respectivas actividades realizadas por REGANOSA y por Forestal del Atlántico, tal como se ha indicado, así como la necesidad de que se adopten en su caso medidas de seguridad adicionales como pudieran ser el vaciado obligatorio de las tuberías tras cada operación de carga / descarga u otras.

Finalmente, cabe destacar que, de acuerdo con la información recibida, los productos que se trasiegan en el terminal de Forestal del Atlántico vienen variando a lo largo de los años, habiéndose recibido en el pasado otros productos peligrosos, tales como gasolinas o ETBE, por lo que, en los estudios indicados, deberán tenerse asimismo en cuenta los riesgos asociados al manejo de dichos productos.

6.2.9 Conclusiones principales del análisis de riesgos de operación de los equipos

Las conclusiones principales del análisis realizado son las siguientes:

- En función de los niveles de riesgo indicados en el apartado anterior, se considera viable la implantación del nuevo atraque, dado que no se identifican instalaciones o elementos fuera de la planta que pudiesen quedar sometidos a niveles de riesgo inaceptables, ni es esperable en principio un número de bajas tales que resulte incompatible con dichos niveles de riesgo.

  En el estudio de los riesgos principales asociados a la implantación del nuevo atraque, que se acometerá a continuación del presente análisis de alternativas de ubicación, se verificarán en todo caso los niveles de riesgo de las áreas en que se solapan las probabilidades aquí estimadas, con las asociadas a la operación del Atraque Oeste.

- Es importante destacar no obstante que, tal como se ha indicado, el número de personas que pudiera estar presente en cada una de las zonas consideradas ha sido estimado de forma aproximada en base a la información recibida, por lo que la situación final deberá ser evaluada en detalle una vez se defina la ubicación seleccionada para el nuevo atraque, y se disponga de

información más precisa a este respecto, especialmente en relación con las áreas exteriores a la planta.

- Igualmente, en fases posteriores deberán verificarse los supuestos indicados en el apartado 6.2.8, al respecto de la posible existencia de zonas en las que las que pudieran llegar a solaparse las probabilidades de riesgo asociadas a la actividad de Forestal del Atlántico, con las aquí considerados, si bien, en función de lo expuesto en dicho apartado, no se espera una incidencia inaceptable al respecto de posible efecto dominó, que no pueda mitigarse, dada la imposibilidad de realizar operaciones de carga / descarga simultáneas en el nuevo atraque de REGANOSA y en el atraque Oeste de Forestal, por insuficiencia de espacios para el atraque de los buques.

- La ubicación del rack de tuberías hacia los tanques deberá ser analizada en detalle en posteriores estudios, dado que podría tener que atravesar zonas ya ocupadas en las que podrían alcanzarse niveles de riesgo no aceptables.

- De acuerdo con la información analizada, no se identifican zonas medioambientalmente sensibles en el entorno próximo del Proyecto que pudieran resultar significativamente afectadas a consecuencia de la implantación del nuevo atraque.

7 Alternativas de ubicación del nuevo atraque

En el presente apartado se presentan las alternativas de ubicación de la plataforma de descarga del futuro atraque de REGANOSA, considerando las conclusiones del análisis de riesgo descrito anteriormente y las posibilidades de atraque simultaneo de los distintos tamaños de buques que previsiblemente operarán en los atraques contiguos (atraque Oeste de REGANOSA y atraque Este de Forestal del Atlántico)

7.1 Planteamiento de alternativas

Desde el punto de vista de los riesgos, se observa que, en el momento en que las distancias a los brazos de carga superan los 30 – 35 m, se tiene que la Clase de Probabilidad más desfavorable para situaciones en que pudieran producirse daños a las instalaciones de proceso próximos, de acuerdo con la UNE EN-1473, corresponde a Clase 5, para la que dicha norma no propone niveles de riesgo inaceptables, ni dentro de la planta, ni en el exterior, incluso para la Clase 1 de Consecuencias (más de 10 fallecimientos, más de 100 heridos o escapes de hidrocarburos de más de 100 t)

De acuerdo con ello, y dado que la única instalación que puede llegar a situarse a esa distancia de los brazos de carga corresponde al rack de tuberías del atraque Oeste de Forestal del Atlántico, se plantea analizar una primera alternativa en la que el eje de la plataforma de descarga del nuevo atraque se sitúe a una distancia de unos 40 m de dicho rack.

Por otro lado, se tiene que, desde el punto de vista de los espacios requeridos por los buques amarrados, podría resultar conveniente que nuevo atraque quedase más alejado del atraque actual de REGANOSA, por lo que se analizará una segunda alternativa en la que el eje de la plataforma se aproximará lo máximo que se estime posible al rack de tuberías del atraque Oeste de Forestal, sin afectar obligadamente a las instalaciones existentes.

En este sentido, teniendo en cuenta que el atraque se materializa sobre una estructura de muelle continuo, que no requiere de estructuras adicionales para la ubicación de las defensas o los bolardos o ganchos de escape rápido, se ha estimado más beneficioso mantener una separación mínima entre las

dos plataformas de atraque, que evite la necesidad de remodelar las instalaciones actuales de Forestal del Atlántico para evitar interferencias entre los brazos de carga y las grúas de apoyo para el manejo de las mangueras, manteniendo adicionalmente una cierta reserva para el caso de que en el futuro dicha compañía decidiese pasar operar con brazos de carga.

Desde el punto de vista del análisis de riesgos, la validación de una alternativa de este tipo requeriría inevitablemente, del desarrollo de un estudio de detalle en el que se consideren los riesgos conjuntos derivados de la actividad de ambas compañías, en el que se establezcan las medidas necesarias para asegurar su viabilidad, tanto en relación con el diseño de las instalaciones, como con la operación de las mismas.

Para cualquiera de las dos alternativas planteadas, se ha considerado que el eje del nuevo del atraque coincide con la posición del brazo de vapor, asumiendo que los brazos de líquido se sitúan según una configuración similar a la adoptada en la plataforma existente (2 brazos de líquido al Oeste del brazo de vapor, y un brazo de líquido al Este, con distancias entre ejes de todos los brazos, de 4,0 m).

Se comprueba que en ambas alternativas se cumple la recomendación de la ROM 2.0-11 de situar puntos de descarga (manifold) de los atraques para buques gaseros contiguos, a un mínimo de 200 - 300 m.

De acuerdo con lo anterior, las alternativas consideradas para la ubicación del nuevo atraque han sido las siguientes.

- **Alternativa 1** Eje del atraque situado a 40.0 m al Oeste del rack de tuberías del atraque Oeste de Forestal del Atlántico.

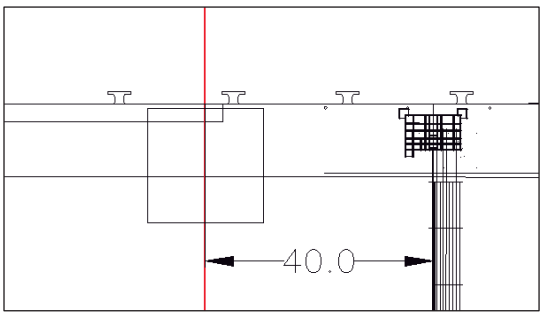


Figura 10. Alternativa 1 de ubicación del nuevo atraque.

- **Alternativa 2** Eje del atraque situado a 16.5 m al Oeste del rack de tuberías del atraque Oeste de Forestal del Atlántico.

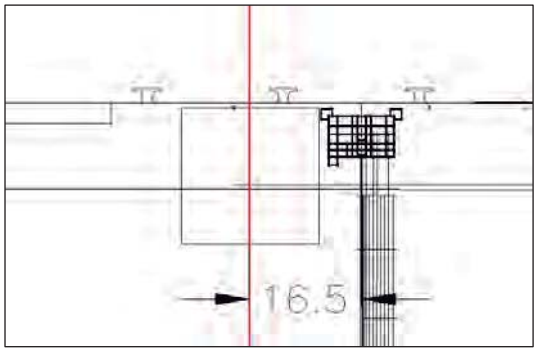


Figura 11. Alternativa 2 de ubicación del nuevo atraque.

Al respecto de la operación de los buques “small scale”, se ha considerado en principio que ésta se realizará mediante el empleo de brazos de carga o mangueras criogénicas independientes, situados fuera de la plataforma principal del atraque. Ello se debe principalmente a que, tal como se expone en el documento OCIMF “Recommendations for Liquefied Gas Carrier Manifolds”, no está permitido conectar manifolds de buques GNL menores a más un “paso” de diámetro nominal que el correspondiente al brazo de carga, es decir, un brazo de carga de 16" por ejemplo, solo podría conectarse a un manifold de 12" o de 14’’, pero no a uno de 10”. La siguiente tabla muestra los pasos establecidos por OCIMF:

Paso	1	2	3	4	5		6	7
Diámetro (pulgadas)	4	6	8	10	12	14	16	20

Figura 12. Pasos establecidos por OCIMF para la conexión de manifolds y brazos de carga.

A falta de estudios de mayor detalle, se asumirá por el momento que el eje de los brazos de carga o de la grúa para manejar las mangueras, se sitúa a una distancia de unos 25 m del extremo de la plataforma de descarga, tal como se muestra en la figura siguiente, a fin de evitar interferencias con los brazos de carga de la misma.

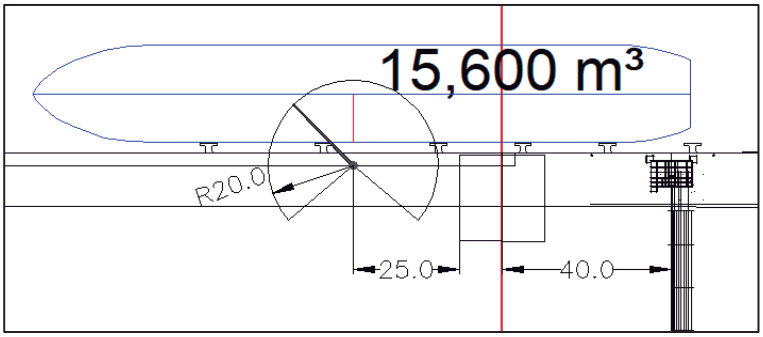


Figura 13. Posición de brazos de carga o grúa respecto a la plataforma descarga de GNL.

7.2 Características de la flota tipo usuaria de los atraques

De acuerdo con la información recibida y con los datos AIS mencionados anteriormente, se ha considerado la siguiente flota de buques de referencia para los atraques de REGANOSA, y para el atraque Este de Forestal del Atlántico.

Buque	Coral Energy	BW Prince	Sestao Knutsen	Al Daayen	Yamal Spirit	Al Utouriya (Q-Flex)	Zarga (Q-Max)
Capacidad (m^3)	15,600	80,000	138,000	150,000	174,000	216,000	266,000
L (m)	154.95	225.3	284.38	288.2	293.99	315.16	345.3
B (m)	22.7	36.6	42.05	43.4	47.5	50	53.8
Distancia proa-centro manifold (m)	75.49	109.3	136.8	141.6	141.99	155.2	170.3

Tabla 50. Características principales de la flota de buques GNL considerados (REGANOSA)

TPM	10,000	30,000	50,000	70,000	100,000	150,000
Eslora (m)	145.0	190.0	215.0	235.0	260.0	275.0
B (m)	21.6	30.6	36.0	40.1	44.9	51.0

Tabla 51. Características principales de la flota de buques petroleros y de productos considerados (Forestal del Atlántico)

Los datos correspondientes a los buques gaseros, recogidos en la tabla anterior, se han extraído de los estudios de compatibilidad facilitados por REGANOSA, salvo en el caso del buque BW Prince, para el que se han obtenido de la base de datos de DYP Ingeniería. El uso de este buque se justifica por la necesidad de determinar el tamaño máximo de buque que puede operar en algunas de las situaciones de ocupación de atraques analizadas.

En el caso de los buques petroleros, se han empleado las relaciones entre TPM y eslora indicadas por Takahashi (PIANC), debido a que se ha comprobado que, para determinados rangos de buques, se más a las correspondientes a los buques que vienen operando en Forestal del Atlántico que las relaciones propuestas por la ROM 2.0-11.

Los datos AIS analizados reflejan la operación en el atraque Oeste de Forestal de buques petroleros de hasta 275,0 m, por lo que se emplea este tamaño de buque como máximo, si bien, de acuerdo con la información proporcionada por Forestal del Atlántico, sería posible la operación de petroleros de hasta 230.000 TPM.

Adicionalmente, se consideran buques de menor porte con el fin de determinar en cada caso el buque máximo que podría operar en cada uno de los escenarios analizados.

Dado que las operaciones de carga/descarga de los buques petroleros y de productos se llevan a cabo mediante mangueras flexibles, se ha considerado que amarran alineando su centro geométrico con el punto medio de la terminal.

7.3 Número de operaciones por atraque

En la tabla siguiente se presenta el número de operaciones anuales realizadas en cada uno de los atraques, obtenido del histórico de operaciones de REGANOSA (2017 - 2019) y de los datos AIS analizados (2017 - 2018), mencionados anteriormente.

Atraque	2017	2018	2019
Oeste Reganosa	15	16	24
Este Forestal	49	14	-
Oeste Forestal	47	40	-

Tabla 52. Nº de operaciones 2017 - 2019 en atraques de Punta Promontorio.

En los gráficos recogidos a continuación, en los que se presenta la distribución mensual de llegadas correspondiente a los años indicados, puede observarse que en principio no se identifica ninguna tendencia estacional para los conjuntos de buques considerados (no analizada tendencia respecto de los volúmenes de productos trasegados sino únicamente en relación con el número de operaciones).

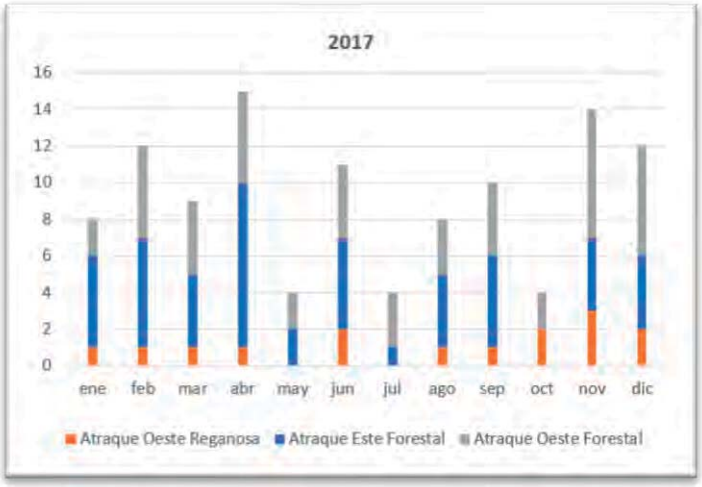


Figura 14. Nº de operaciones en atraques Punta Promontorio (2017)

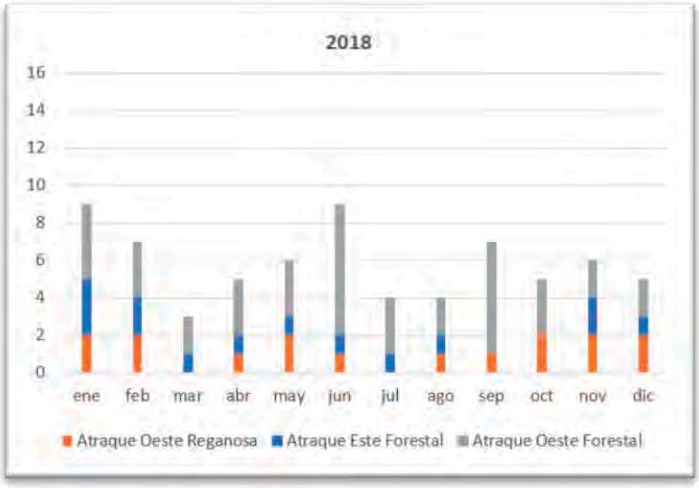


Figura 15. Nº de operaciones en atraques Punta Promontorio (2018)

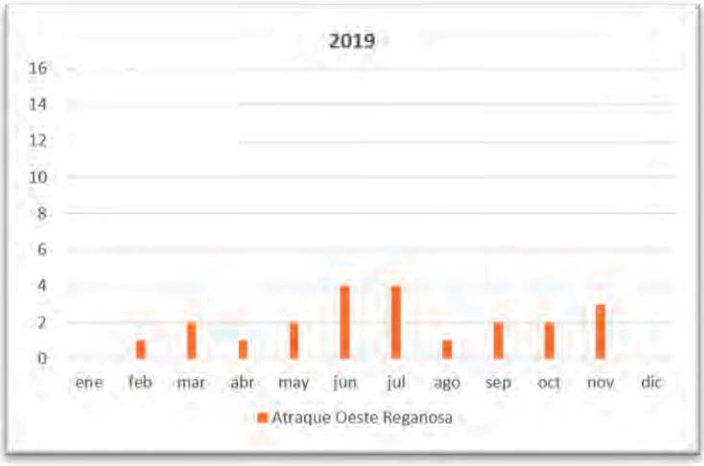


Figura 16. Nº de operaciones en atraque de Reganosa (2019)

7.4 Ocupación simultánea de atraques

A continuación, se analizan las combinaciones de buques que, desde el punto de vista de los espacios requeridos para el atraque y amarre, podrían operar simultáneamente en la terminal de REGANOSA y en el atraque Este de Forestal del Atlántico.

A estos efectos se considerarán principalmente las distancias que quedan entre los distintos buques atracados, y las posibles interferencias en amarras.

Al respecto de la distancia entre buques, se establece un mínimo de 30 m, que corresponde a la recomendación de la ROM 2.0-11 para buques comerciales de cualquier tipo atracados en la misma alineación, asumible en este caso también para los gaseros, de acuerdo con lo indicado en el apartado 6 de este documento.

Este valor deberá ser confirmado, no obstante, en fases posteriores de proyecto mediante estudios de simulación de maniobras en tiempo real, con los que pueda verificarse que dichas maniobras pueden realizarse de forma lo suficientemente segura, sin invadir las zonas de riesgo asociadas al nuevo atraque, prestando especial a las maniobras de salida de emergencia.

Cabe destacar, que no se ha analizado la posibilidad de operación simultanea de buques en el nuevo atraque de REGANOSA y en el atraque Oeste de Forestal del atlántico, dado que las distancias resultarían insuficientes para ello, incluso para el caso de que operasen los menores buques esperables en cada uno de dichos atraques.

En las siguientes figuras se presentan, a modo de ejemplo, dos combinaciones de atraques de buques en cada una de las alternativas analizadas.

Los buques de Forestal del Atlántico se presentan atracando a estribor (proa hacia el interior de la ría), debido a que, según la información recibida, es la práctica que sigue habitualmente dicha compañía.

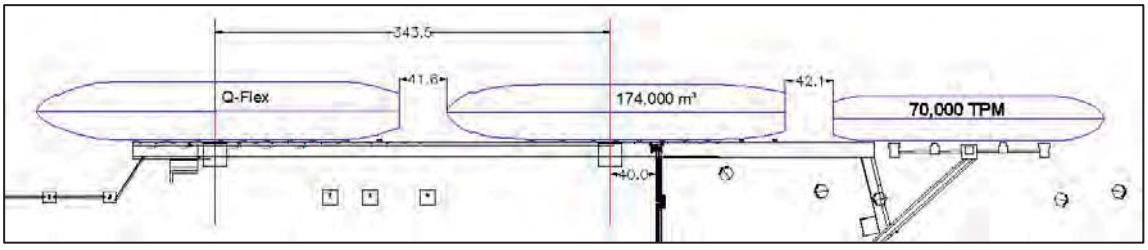


Figura 17. Alternativa 1. Ejemplo de resultados.

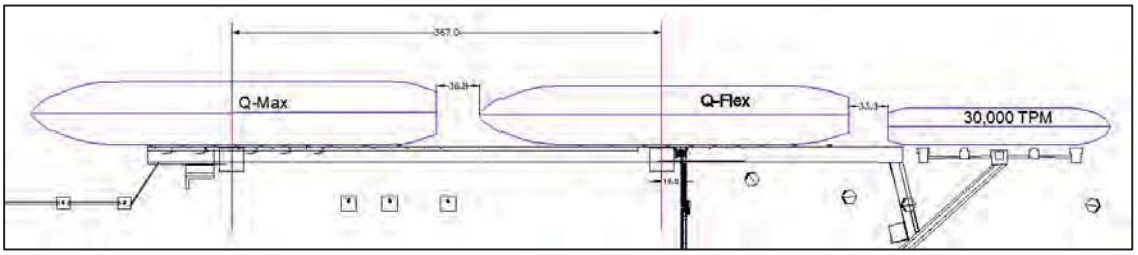


Figura 18. Ejemplo de ubicación de plataformas en función de la ocupación de los atraques. Localización 2.

Como puede observarse en dichas figuras, la distancia entre los ejes del nuevo atraque de REGANOSA y el existente, resulta sensiblemente superior al mínimo recomendado por la ROM 2.0-11, indicado anteriormente (200 a 300 m). La distancia entre el eje del nuevo atraque y el del atraque Este de Forestal del Atlántico, resulta de 311.7 m para la alternativa 1 y de 288.2 m para la alternativa 2, igualmente por encima de dicho mínimo para ambas alternativas.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación en forma de tablas, en las que se recogen las distancias entre los mayores buques que se prevé operarán en cada atraque (di) y los atracados en los puestos contiguos compatibles con los mismos, así como las interferencias en amarras identificadas.

Primeramente y para cada alternativa, se incluyen las tablas de simultaneidad de atraque dos a dos y posteriormente las correspondientes a la ocupación total de los tres.

Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	di buques atraques REGANOSA (m)	Se prevé interferencia de amarras
Q-Max	138,000 m³	31.8	-
Q-Flex	174,000 m³	41.6	-
174,000 m³	Q-Flex	36.1	(1)
80,000 m³	Q-Max	57.0	-

Tabla 53. Alternativa 1. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Oeste- Atraque Este REGANOSA.

Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	di buque atraque Este REGANOSA – atraque Este FORESTAL (m)	Se prevé interferencia de amarras
Q-Max	30,000 TPM (L_{OA} = 190.0 m)	41.8	(3)
Q-Flex	70,000 TPM (L_{OA} = 235.0 m)	34.3	(2)
174,000 m³	70,000 TPM (L_{OA} = 235.0 m)	42.1	(2)
138,000 m³	100,000 TPM (L_{OA} = 260.0 m)	34.1	(2)
80,000 m³	150,000 TPM (L_{OA} = 275.0 m)	58.2	(2)

Tabla 54. Alternativa 1. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Este REGANOSA- Atraque Este Forestal.

Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	di buques atraques REGANOSA (m)	d buque atraque Este REGANOSA – atraque Este FORESTAL (m)
Q-Max	138,000 m³	100,000 TPM (L_{OA} = 260.0 m)	31.8	34.1
80,000 m³	Q-Max	30,000 TPM (L_{OA} = 1090.0 m)	57.0	41.8
Q-Flex	174,000 m³	70,000 TPM (L_{OA} = 235.0 m)	41.6	42.1
174,000 m³	Q-Flex	70,000 TPM (L_{OA} = 235.0 m)	36.1	34.3
Q-Max	80,000 m³	150,000 TPM (L_{OA} = 275.0 m)	59.3	58.2

Tabla 55. Alternativa 1. Distancias entre buques con ocupación de los tres atraques.

Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	di buques atraques REGANOSA (m)	Se prevé interferencia de amarras
Q-Max	Q-Flex	36.8	-
Q-Flex	Q-Max	36.6	-

Tabla 56. Alternativa 2. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Oeste- Atraque Este REGANOSA.

Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	di buque atraque Este REGANOSA – atraque Este FORESTAL (m)	Se prevé interferencia de amarras
Q-Max	10,000 TPM (LOA = 145.0 m)	40.8	(3)
Q-Flex	30,000 TPM (LOA = 190.0 m)	33.3	(3)
174,000 m³	30,000 TPM (LOA = 190.0 m)	41.1	(3)
138,000 m³	50,000 TPM (LOA = 215.0 m)	33.1	(2) y (3)
80,000 m³	150,000 TPM (LOA = 275.0 m)	34.7	(2)

Tabla 57. Alternativa 2. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Este REGANOSA- Atraque Este Forestal.

Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	di buques atraques REGANOSA (m)	di buque atraque Este REGANOSA – atraque Este FORESTAL (m)
Q-Flex	Q-Max	10,000 TPM (LOA = 145.0 m)	36.6	40.8
Q-Max	Q-Flex	30,000 TPM (LOA = 190.0 m)	36.8	33.3
Q-Max	138,000 m³	50,000 TPM (LOA = 215.0 m)	33.1	37.1
Q-Max	80,000 m³	150,000 TPM (LOA = 275.0 m)	82.8	34.7

Tabla 58. Alternativa 2. Distancias entre buques.

Como puede observarse, para la Alternativa 1 se presenta una posible interferencia en amarras (1) cuando atracan simultáneamente el buque Q-Flex en el atraque Este de REGANOSA y un buque de 174.000 m³ en el atraque Oeste. Esta posible interferencia se debe principalmente a la ubicación del gancho de escape rápido existente situado más al Este, según se muestra en la figura siguiente.

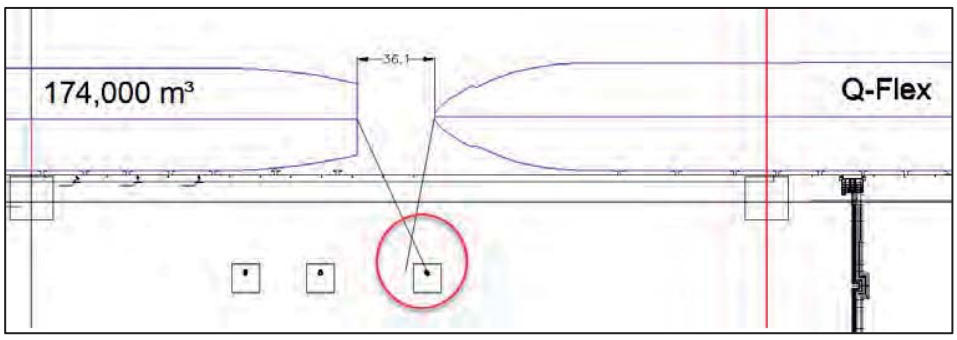


Figura 19. Posible interferencia de amarras detectada en la Alternativa 1.

En principio, se prevé viable solventar esta interferencia, posiblemente mediante la implementación de un gancho de escape rápido para atender al buque de 174.000 m^3 (quedando el existente para dar servicio al Q-Flex), y el empleo de un esquema de amarre adecuado. El análisis de detalle de esta situación se acometerá en fases posteriores de los trabajos, estimándose importante destacar en todo caso que esta interferencia no se presenta cuando el Q-Flex se sitúa en el atraque Oeste y el buque de 174.000 m^3 en el nuevo atraque.

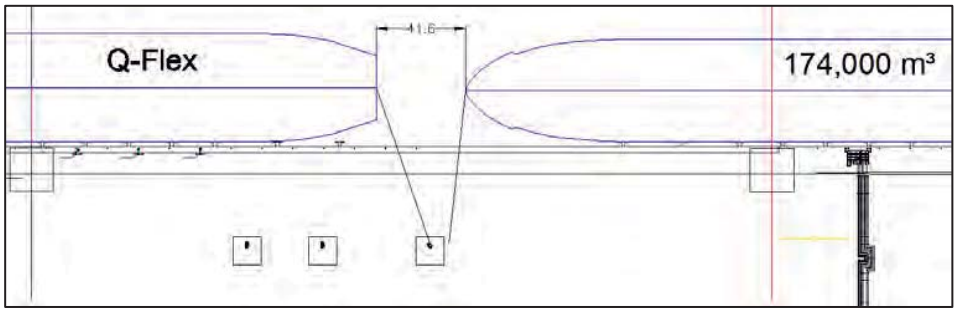


Figura 20. Posición aproximada de amarras Q-Flex y 174,000 m^3 en la Localización 1

Para ambas localizaciones, se detecta asimismo otra posible interferencia en amarras (2) que conllevaría la imposibilidad de emplear largos en el atraque Este de Forestal del Atlántico, utilizando el bolardo situado más hacia el Oeste, cuándo el nuevo atraque de REGANOSA esté ocupado.

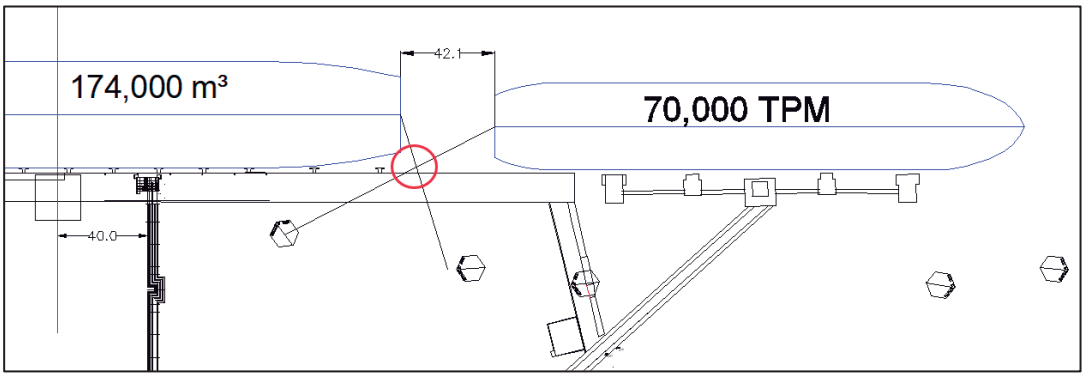


Figura 1. Interferencia de amarras detectada entre los largos de los buques que operen en el atraque Este de Forestal (2)

Para ambas alternativas, y considerando especialmente que, de acuerdo con las recomendaciones incluidas en "Mooring Equipments Guidelines 4 (MEG4, 2018)", de OCMIF, es posible el empleo de esquemas de amarre efectivos empleando únicamente traveses y esprines, se considera viable el diseño de un sistema de amarre alternativo para los buques que operen en el atraque de Forestal del Atlántico. Es importante destacar, no obstante, que dicho sistema podría requerir la reubicación de alguno de los bolardos existentes o la instalación de bolardos adicionales.

Finalmente, y tal y como se muestra en las figuras siguientes, se comprueba que también para ambas alternativas se producirían interferencias entre el atraque Este de Forestal y el nuevo atraque (3), en el empleo del bolardo situado entre ambos por los buques atracados en Forestal. Para solventar dichas interferencias se requeriría reubicar el bolardo indicado. Es importante destacar que estas interferencias resultan más numerosas para la alternativa 2 que para la alternativa 1, para la que únicamente se presenta cuándo el nuevo atraque está ocupado por el Q-Max, pudiendo evitarse por tanto si este buque únicamente operase en el atraque Oeste de REGANOSA.

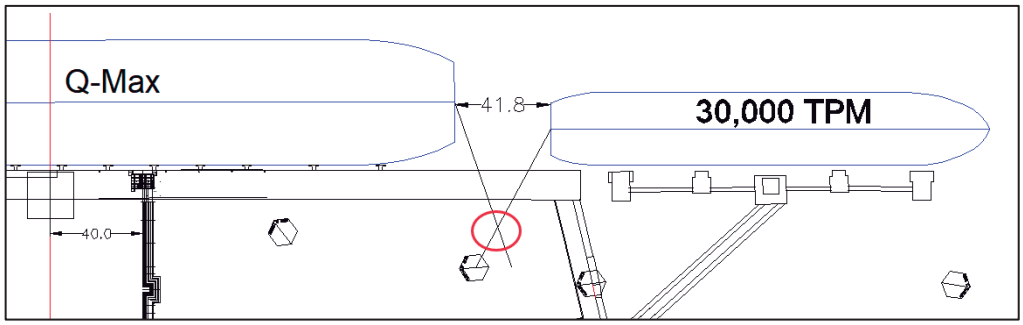


Figura 2. Posible interferencia de amarras detectada en la Localización 1. Q-Max – 30,000 TPM

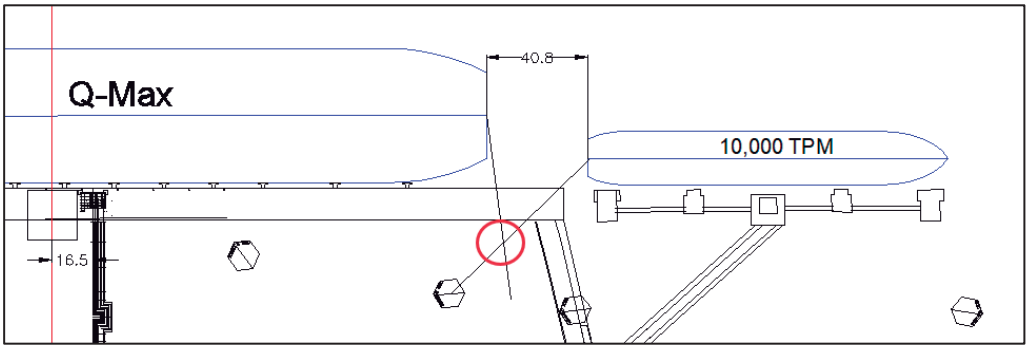


Figura 3. Posible interferencia de amarras detectada en la Localización 2. Q-Max – 10,000 TPM

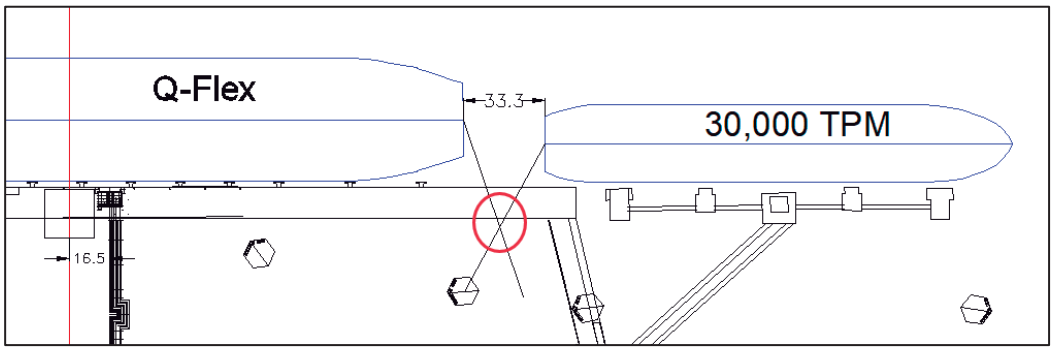


Figura 4. Posible interferencia de amarras detectada en la Localización 2. Q-Flex – 30,000 TPM

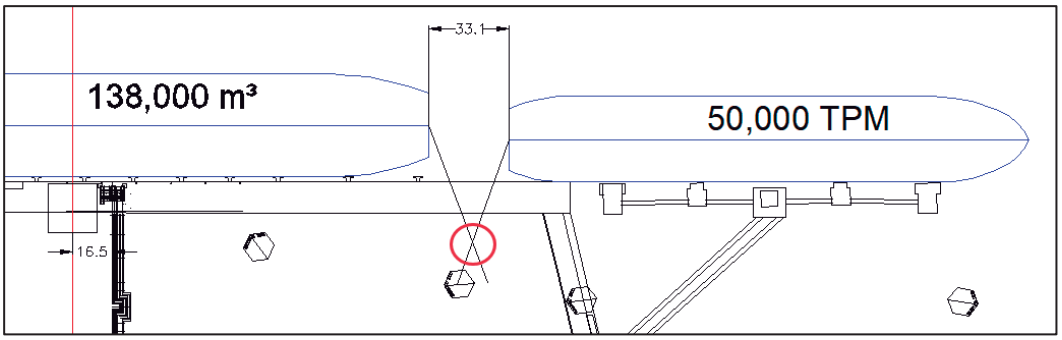


Figura 5. Posible interferencia de amarras detectada en la Localización 2. 138,000 m³ – 50,000 TPM

De cara a valorar la incidencia que las incompatibilidades identificadas pueden tener sobre la operatividad de las terminales, se ha procedido a evaluar de forma aproximada las probabilidades de que

los buques que no pueden operar simultáneamente coincidan en los atraques, considerando, de acuerdo con lo indicado en el apartado anterior, que se llevarán a cabo 42 operaciones anuales por atraque en el terminal de REGANOSA, y 50 operaciones por atraque en el terminal de Forestal del Atlántico

Para la realización de dicho cálculo se han asumido las siguientes simplificaciones.

- La ocupación de los atraques para cada rango y tipo de buques considerados responde a una distribución aleatoria uniforme, de acuerdo con lo cual, la probabilidad de que un buque esté ocupando un atraque en un momento determinado puede calcularse como:

$$Probabilidad\ de\ ocupación = \frac{Operaciones\ anuales \cdot Tiempo\ medio\ de\ plancha}{Horas\ anuales}$$

- Las distribuciones de llegada y los tiempos de operación de cada uno de los rangos y tipos de buques considerados, son independientes, por lo que la probabilidad de ocupación simultanea de dos atraques contiguos será igual al producto de las probabilidades de ocupación de cada uno de los atraques.

Los tiempos medios de plancha (tiempo transcurrido desde el atraque del buque hasta el abandono de la terminal) se han obtenido asimismo del análisis de los datos históricos de operaciones en REGANOSA y de los datos AIS analizados para el caso de Forestal del Atlántico, adoptándose finalmente para el cálculo los valores indicados en las tablas recogidas a continuación.

	Capacidad metaneros				
	Small Scale	**138,000m³**	**170,000 m³**	**216,000 m³ (Q-Flex)**	**266,000 m³ (Q-Max)**
Operaciones anuales totales	20	20	36	4	4
Operaciones Atraque Existente	10	10	18	2	2
Operaciones nuevo Atraque	10	10	18	2	2
Tiempo de plancha	24	24	24	36	36

Tabla 59. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraques de REGANOSA.

	Eslora total (m)					
	<145	**145-190**	**190-215**	**215-235**	**235-260**	**>260**
Operaciones totales	24	16	0	6	4	4
Tiempo de plancha	40	22	0	22	22	22

Tabla 60. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraque Este de Forestal del Atlántico.

	Eslora total (m)					
	85-100	100-130	145-190	190-215	215-235	>235
Operaciones anuales totales	12	12	18	0	4	4
Tiempo de plancha	48	22	28	0	46	52

Tabla 61. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraque Oeste de Forestal del Atlántico.

Finalmente, las probabilidades de coincidencia de buques incompatibles se han evaluado para cada dos atraques contiguos, obteniéndose los resultados recogidos a continuación para cada una de las alternativas analizadas.

- **Alternativa 1**

Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	Probabilidad de Simultaneidad
Q-Max	> 138,000 m³	0.054%
> Q-Flex	> 174,000 m³	0.014%
> 174,000 m³	> Q-Flex	0.014%
> 80,000 m³	Q-Max	0.077%
Total		0.158%

Tabla 62. Probabilidad de buques incompatibles en Atraques de REGANOSA. Alternativa 1.

Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	Probabilidad de Simultaneidad
Q-Max	> 30,000 TPM	0.029%
> Q-Flex	> 70,000 TPM	0.017%
> 138,000 m³	> 100,000 TPM	0.063%
> 80,000 m³	150,000 TPM	0.091%
Total		0.205%

Tabla 63. Probabilidad de buques incompatibles. Atraque Este REGANOSA - Atraque Este de FORESTAL. Alternativa 1.

- **Alternativa 2**

Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	Probabilidad de Simultaneidad
Q-Max	> Q-Flex	0.007%
> Q-Flex	Q-Max	0.007%
Total		0.014%

Tabla 64. Probabilidad de buques incompatibles en atraques de REGANOSA. Alternativa 2.

Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	Probabilidad de Simultaneidad
Q-Max	> 10,000 TPM	0.062%
> Q-Flex	> 30,000 TPM	0.058%
> 138,000 m³	> 50,000 TPM	0.094%
>80,000 m³	150,000 TPM	0.213%
Total		0.427%

Tabla 65. Probabilidad de buques incompatibles. Atraque Este de REGANOSA – Atraque Este de FORESTAL. Alternativa 2.

Al respecto de la imposibilidad de ocupación simultánea de los atraques Este de REGANOSA (nuevo atraque) y Oeste de Forestal del Atlántico por ninguno de los tipos y rangos de buques considerados, se obtiene que la probabilidad de coincidencia de buques resulta del 2.39% (0.121 x 0.198).

7.5 Análisis comparativo de alternativas

En base al análisis realizado pueden reseñarse las siguientes ventajas y desventajas asociadas a cada una de las alternativas planteadas.

- Como era de esperar, para la Alternativa 1 se presentan mayores interferencias entre los atraques de REGANOSA que para la Alternativa 2.

  Así, se observa que, mientras que en la Alternativa 2 podrían operar simultáneamente un Q-Max y un Q-Flex, indistintamente en cualquiera de los atraques, en la Alternativa 1, los tamaños máximos quedarían limitados a 174.000 m^3, para el caso del Q-Flex, y a 80.000 m^3 o 138.000 m^3 para el caso del Q-Max, en función de qué atraque se asignase a este último buque.

- Con respecto a las interferencias con el Atraque Este de Forestal, sucede lógicamente a la inversa, resultando que, en la Alternativa 1, la ocupación del nuevo atraque por el Q-Max o el Q-Flex resultaría compatible con buques de 30.000 TPM y 70.000 TPM respectivamente en Forestal, mientras que para la alternativa 2, no podrían atracar buques de más de 10.000 TPM y 30.000 TPM.

  Análogamente, la ocupación del nuevo atraque por un buque de 138.000 m3, limitaría el tamaño máximo compatible en el atraque de Forestal del Atlántico a 100.000 TPM en la Alternativa 1 y a 50.000 TPM en la alternativa 2.

  Respecto del buque de mayor porte analizado en el puesto Este de Forestal del Atlántico (150.000 TPM), resultaría compatible con buques de hasta 80.000 m^3 en ambas alternativas, si bien las distancias entre los buques serían de 58,2 m y 34,7 m respectivamente.

  A efectos de las compatibilidades indicadas es importante mencionar que el estudio se ha desarrollado considerando las características particulares de los buques indicados por REGANOSA, o de las características más habituales de los buques para el caso de Forestal del Atlántico (principalmente en lo que respecta a la relación de eslora y TPM), por lo que la compatibilidad final puede variar en función de las características reales de los buques que operen en cada caso.

  Cabe destacar también que, si a partir de un determinado momento, Forestal del Atlántico decidiese emplear brazos de carga en lugar de mangueras para la operación de los buques, manteniendo la misma posición de la plataforma de descarga, las interferencias podrían incrementarse debido a la necesidad de alinear los brazos con los manifolds de los buques.

- Para buques de rango medio – alto, la Alternativa 1 resulta más equilibrada por cuanto el nuevo atraque limita en menor medida la ocupación de los atraques adyacentes.

  Así, por ejemplo, resultaría viable la ocupación de los atraques de REGANOSA por un Q-Flex y un buque de 174.000 m^3 y del atraque Este de Forestal por un buque de 70.000 TPM (L_{OA} = 235.0 m), mientras que, en la Alternativa 2, la presencia del buque de 174.000 m^3 o un Q-Flex en el atraque Este de REGANOSA, limitaría el tamaño de buque en el atraque de Forestal, a unas 30.000 TPM, tal como se ha indicado.

- Al respecto de la ocupación simultanea de los atraques, cabe reseñar en todo caso que, en función del número de operaciones realizado en los últimos años, la simultaneidad de operaciones de buques incompatibles debe tener una frecuencia de presentación baja, que se ha estimado en el entorno del 0.158% (≈ 14 h/año) para los atraques de REGANOSA, en el caso de la Alternativa 1, y del 0.014% (< 1 h/año) en el caso de la Alternativa 2.

En el caso del Atraque Este de Forestal, la ocupación simultanea por buques incompatibles se ha estimado en el entorno de un 0.205% (≈ 18 h/año) en el caso de la Alternativa 1 y en un 0.427% (≈ 37 h/año) en el caso de la Alternativa 2.

En el caso del Atraque Oeste de Forestal, que como se ha indicado en ningún caso podría operarse simultáneamente con el nuevo atraque, la coincidencia de buques representaría un 2.39% del tiempo (≈ 209 h/año).

Es importante destacar, no obstante, que, de producirse la coincidencia de buques incompatibles, los tiempos de espera asociados a las mismas, resultarían sensiblemente superiores a los anteriores, de media, de la mitad del tiempo de plancha del buque atracado (8 – 26 h en función del tipo de buques que coincidiese).

- Tal como asimismo se ha mencionado anteriormente, desde el punto de vista de los riesgos asociados a la operación de los equipos, la Alternativa 1 presentaría una menor dependencia o afección a las instalaciones de Forestal del Atlántico existentes, al situarse, en base a los supuestos indicados en el aparado 6.2.8, a una distancia de dichas instalaciones a la que no deberían presentarse situaciones de riesgo inaceptables de acuerdo con las recomendaciones de la UNE EN-1473.

  Para el caso de la Alternativa 2, según se indica asimismo en el apartado 6.2.8, es previsible que la suma de las probabilidades asociadas a los riesgos derivados de las respectivas actividades de REGANOSA y de Forestal del Atlántico, pudiese dar lugar a situaciones en principio inaceptables de acuerdo con dicha norma.

  Si bien se estima que dicha situación sería solventable mediante un adecuado diseño del nuevo atraque, la modificación de las instalaciones existentes, y/o mediante la adopción de determinadas medidas en relación con la explotación de las mismas (como pudieran ser, entre otras, el vaciado completo de las tuberías tras cada operación de carga o descarga, la no presencia de personal de la compañía que no esté operando el atraque, en una determinada zona en el interior de sus instalaciones, o la implementación de sistemas de prevención, detección y lucha contra incendios adecuados), es claro que requeriría de mayores actuaciones que las asociadas a la Alternativa 1, y/o de una mayor coordinación entre ambas compañías.

8 Conclusiones

Las principales conclusiones y recomendaciones alcanzadas en base al análisis realizado son las siguientes.

- La implantación de nuevo atraque se considera en principio viable, tanto desde el punto de vista de la seguridad de las operaciones náuticas, como desde el punto de vista de la seguridad de la operación de los equipos de proceso incluidos en el interfaz buque – atraque.

- En principio se estima recomendable ubicar el eje del nuevo atraque, a una distancia del entorno de 40 m del rack de tuberías correspondiente al atraque Oeste de Forestal del Atlántico, por presentar una dependencia moderada al respecto de los riesgos derivados de las actividades realizadas por ambas compañías, asegurando que no se superan los niveles recomendados por la UNE EN-1473; así como menores interferencias de cara a la operación simultánea con el

atraque Este de Forestal, manteniendo una compatibilidad razonable con el atraque Oeste de REGANOSA.

- No obstante, no se ha recibido información acerca de las instalaciones de Forestal del Atlántico, y las áreas de trabajo y el personal asignado a las mismas, que permita valorar con precisión suficiente su situación, por lo que, si bien se prevé que no variarán las conclusiones indicadas, éstas deberán revisarse una vez se seleccione la ubicación del nuevo atraque y se reciba dicha información.

- Análogamente, los riesgos que pudieran derivarse de la actividad de Forestal del Atlántico sobre sus propias instalaciones y las de REGANOSA, han sido considerados únicamente de forma aproximada de acuerdo con los supuestos indicados en el apartado 6.2.8, por lo que en el futuro deberán realizarse los estudios que resulten necesarios para confirmar asimismo las conclusiones indicadas.

- En la siguiente fase de estos trabajos se complementará en todo caso el análisis realizado mediante comprobación de los riesgos asociados a la operación simultanea de los dos atraques de REGANOSA, la valoración preliminar de las maniobras de abandono de emergencia del terminal y de la viabilidad de disponer de zonas de fondeo adecuadas a dicha situación, la valoración de la disponibilidad y experiencia de los prácticos de cara a la realización de las maniobras que se plantean, y la definición de medidas adicionales para la mejora de la seguridad de las operaciones de los buques.

- Igualmente, una vez seleccionada la alternativa de ubicación del nuevo atraque, se estudiará la configuración óptima de defensas y ganchos de escape rápido, así como las configuraciones de amarre más adecuadas para cada uno de los buques de la flota de diseño. Para el análisis de configuración de las defensas se considerarán asimismo los requerimientos de los buques que operarán en el atraque Este de Forestal del Atlántico, que, como se ha indicado, no podrá operarse simultáneamente al nuevo atraque de REGANOSA.

- De cara a la valoración final de los riesgos asociados a las maniobras y el atraque de los buques, resultará necesario desarrollar, en fases posteriores del Proyecto, los siguientes estudios.

    - Estudio de maniobras en simulador en tiempo real con objeto de verificar la seguridad de las operaciones de atraque/desatraque, considerando las distancias entre los buques y las zonas de riesgo identificadas, y prestando especial atención a las maniobras de salida de los buques en situación de emergencia.

    - Estudio de comportamiento dinámico de buque amarrado, con objeto de verificar la seguridad de los buques, considerando particularmente sucesos tales como la rotura de todas las amarras o la liberación accidental de los ganchos de escape rápido.

- La ubicación del rack de tuberías hacia los tanques deberá ser analizada igualmente en detalle en posteriores estudios, dado que previsiblemente deberá atravesar zonas ya ocupadas en las que resultará necesario valorar adecuadamente los riesgos asociados a las operaciones.

Anexo 1. Planta general de instalaciones. Reganosa

APORIZER E411
-10/E420/E430/E440

C/D/E

ON G005/G006
NERATOR SET AND DAY TANK
Z740

01

802A/B

G002 / G003

G001
CAL SUBSTATION G102 & G004
(supplied by others)
L101A,B,C L102
101
G G101
/B/C/D/E & FIREWATER

NE Y110
11
W901A/B
REA T201

ER

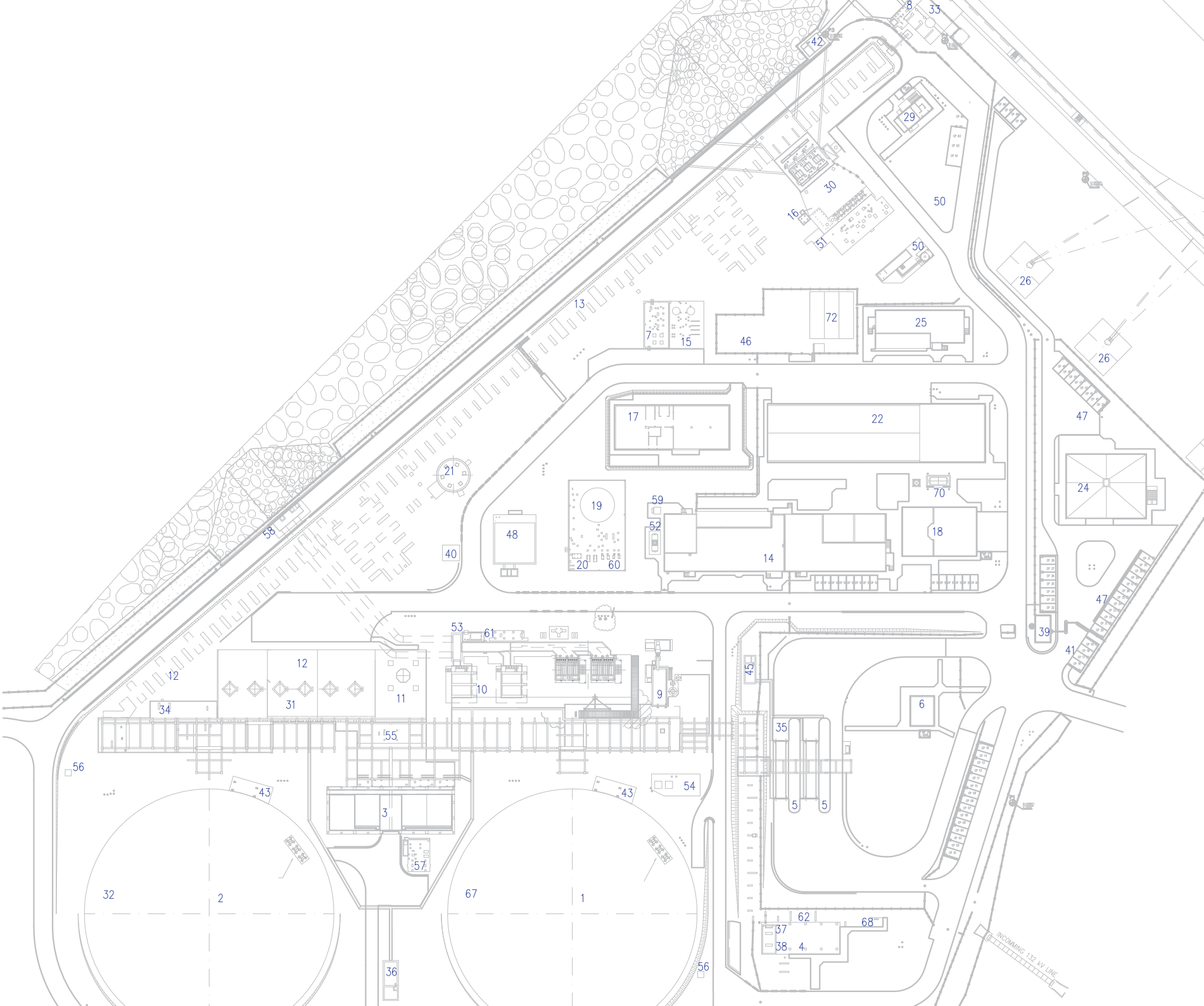
AREA
/Y222

LOADING AREA T202

by others)
Z761
PUMP DRIVER PD803
Y GENERATOR T793

M V301

UE GAS



Anexo 2. Planta general de instalaciones. Forestal del Atlántico

JETTY
UELÓLEO Y SOSA

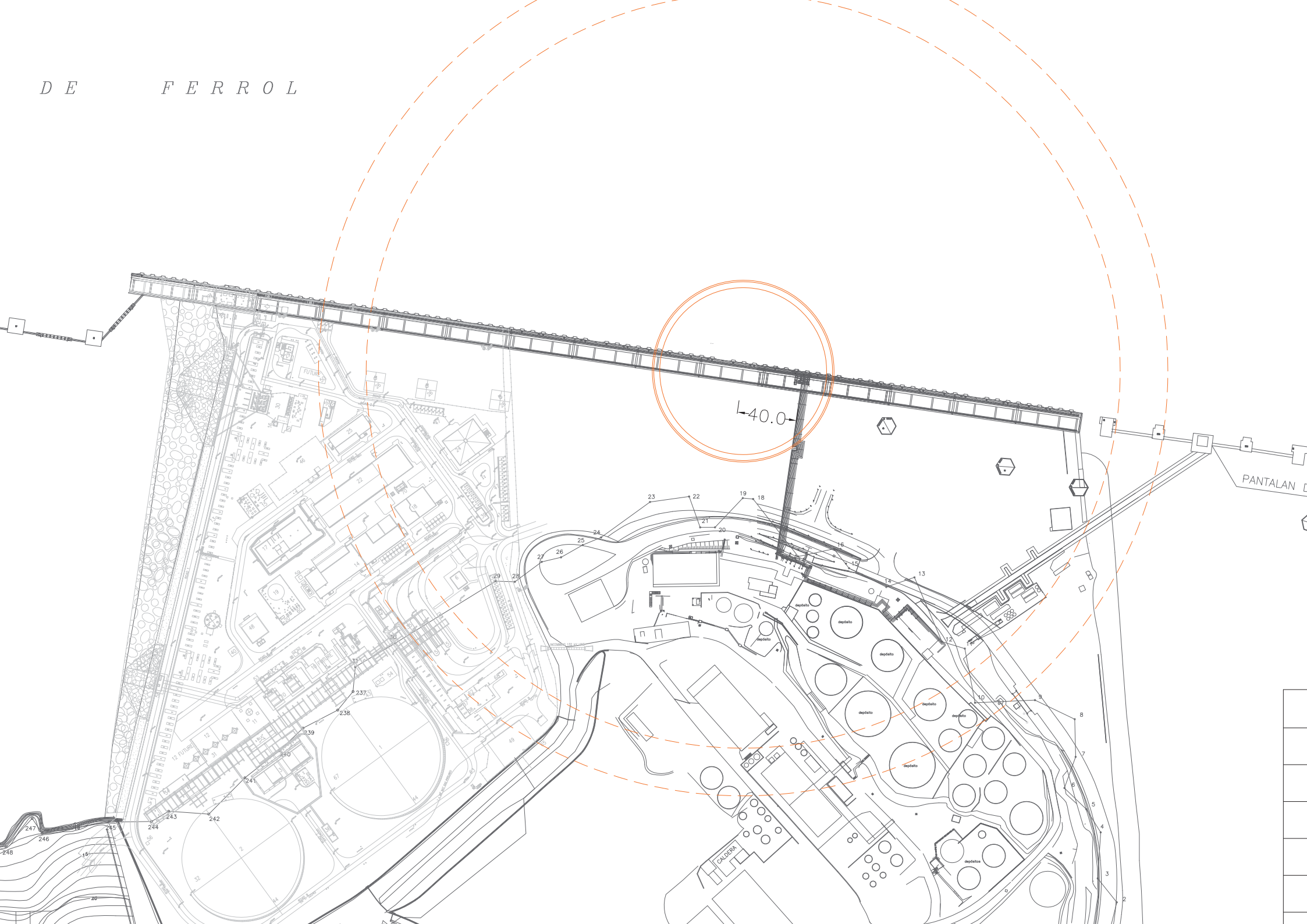
LANCOS
ACIÓN

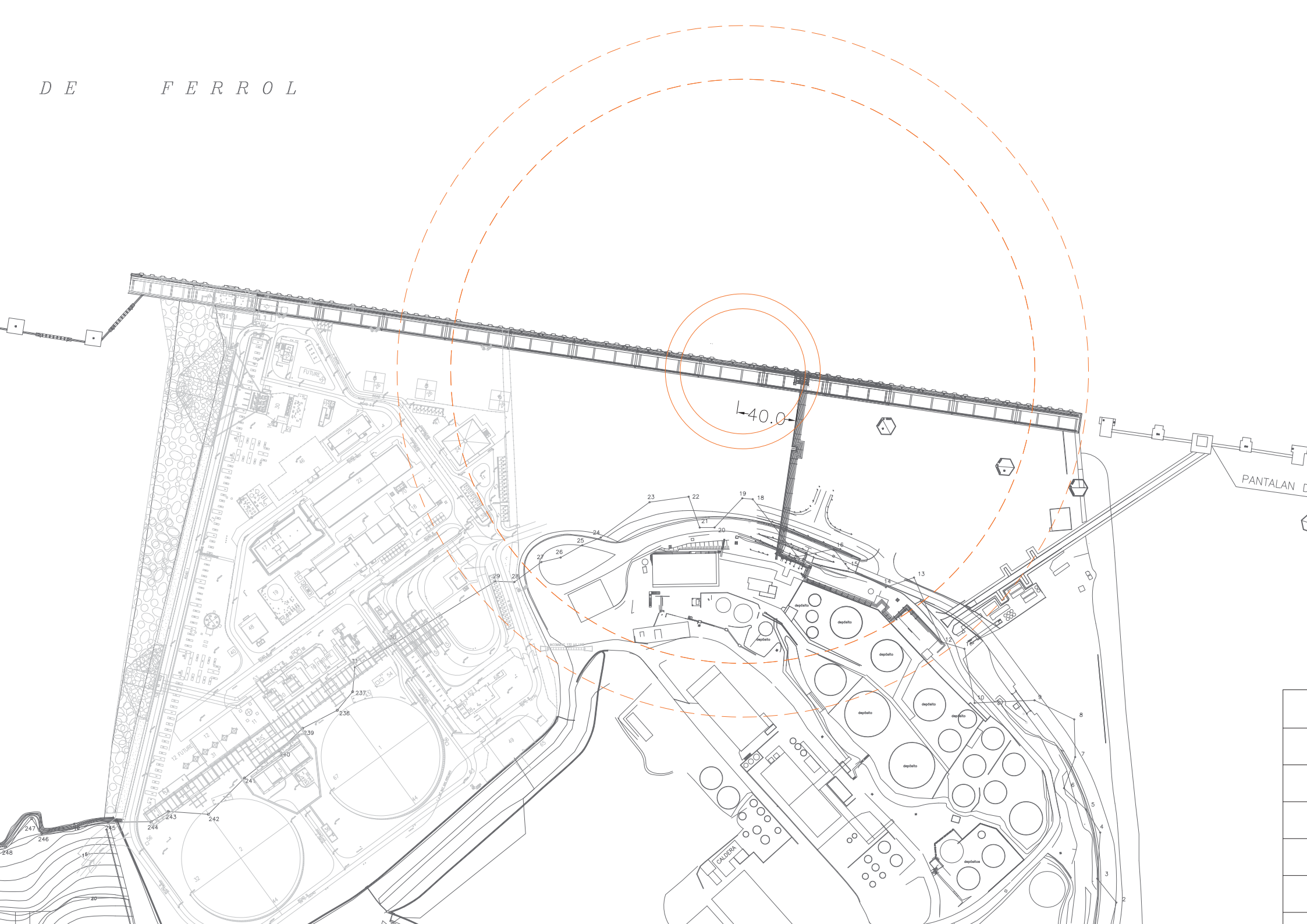
ESTIÓN RESIDUOS MARPOL
E REFRIGERACIÓN
DULCE
E
NAMIENTO

Anexo 3. Distancias de afección Alternativas 1 y 2. Figuras

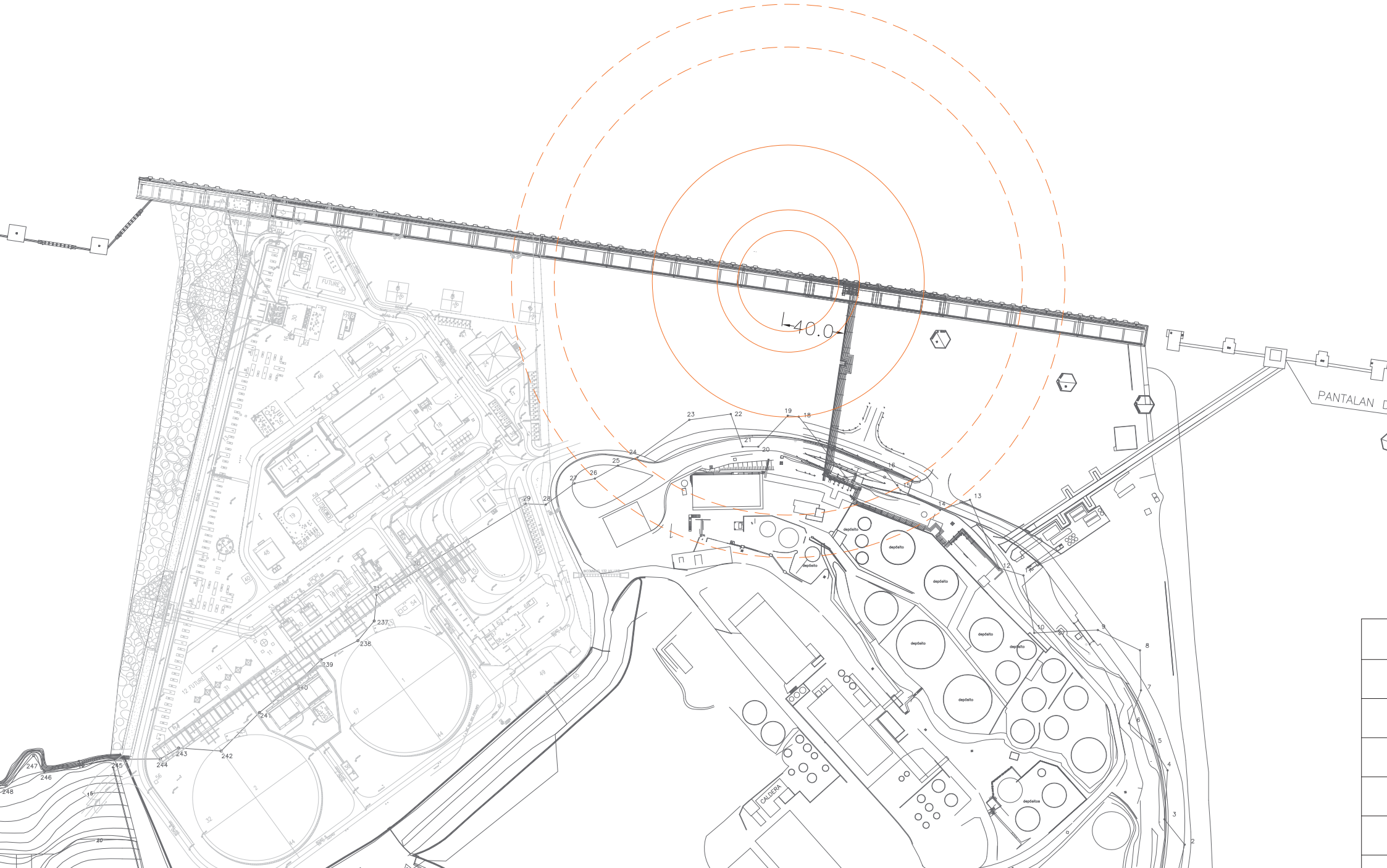
Alternativa 1

D E F E R R O L
40.0
PANTALAN
CALDERA
depósito

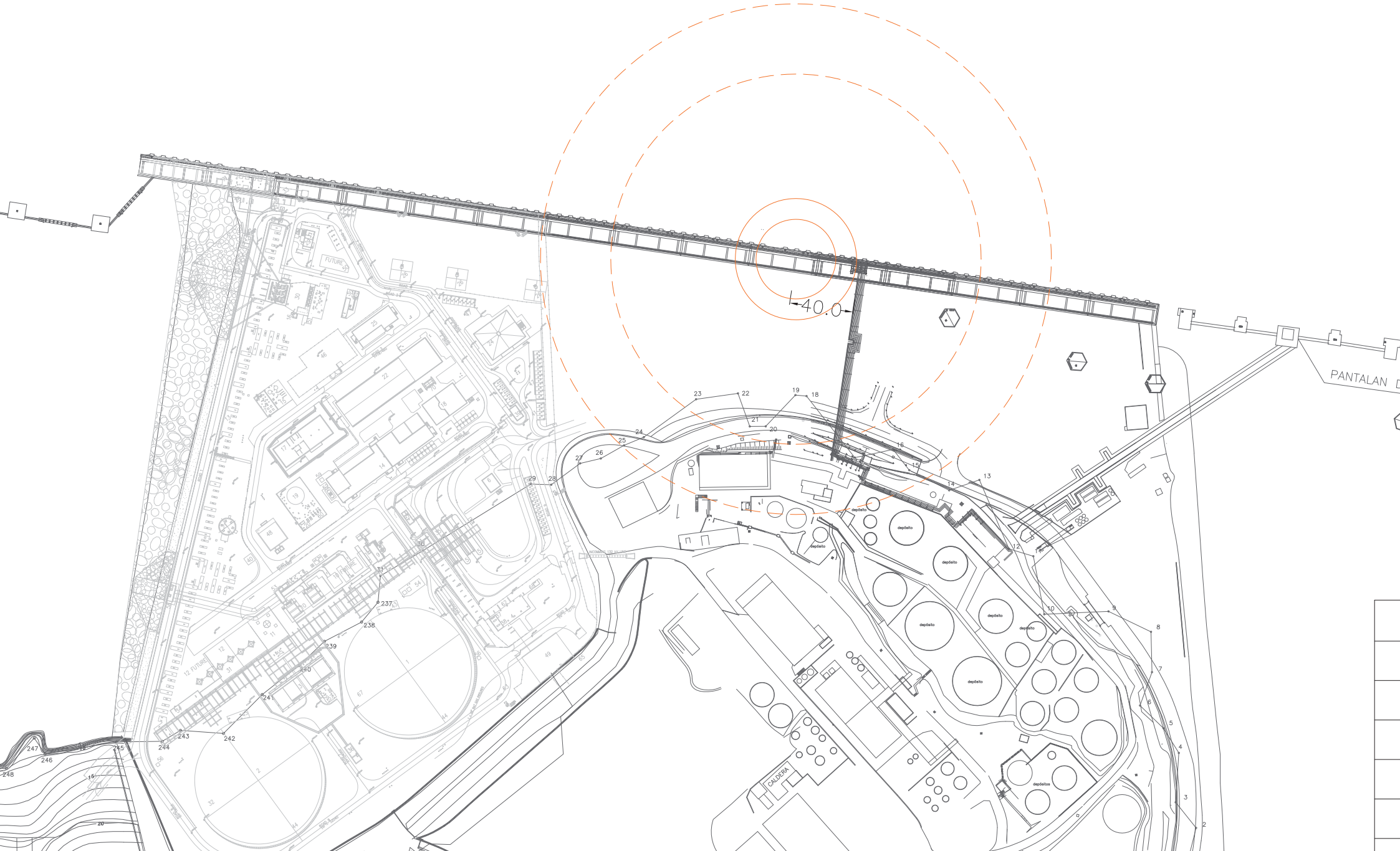

D E F E R R O L
40.0
PANTALAN
depósito
CALDERA


D E F E R R O L
40.0
PANTALAN
CALDERA
depósito

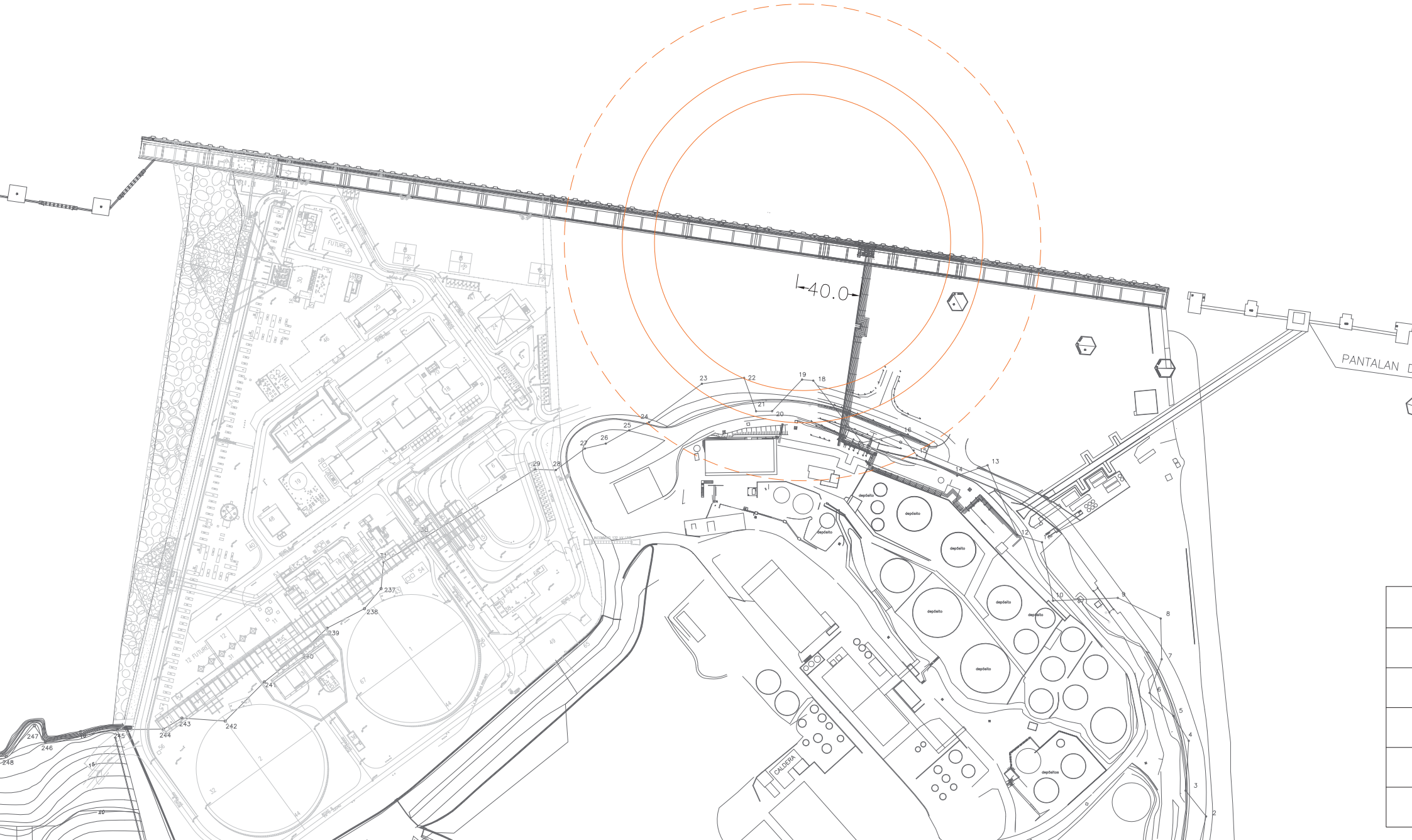
D E F E R R O L



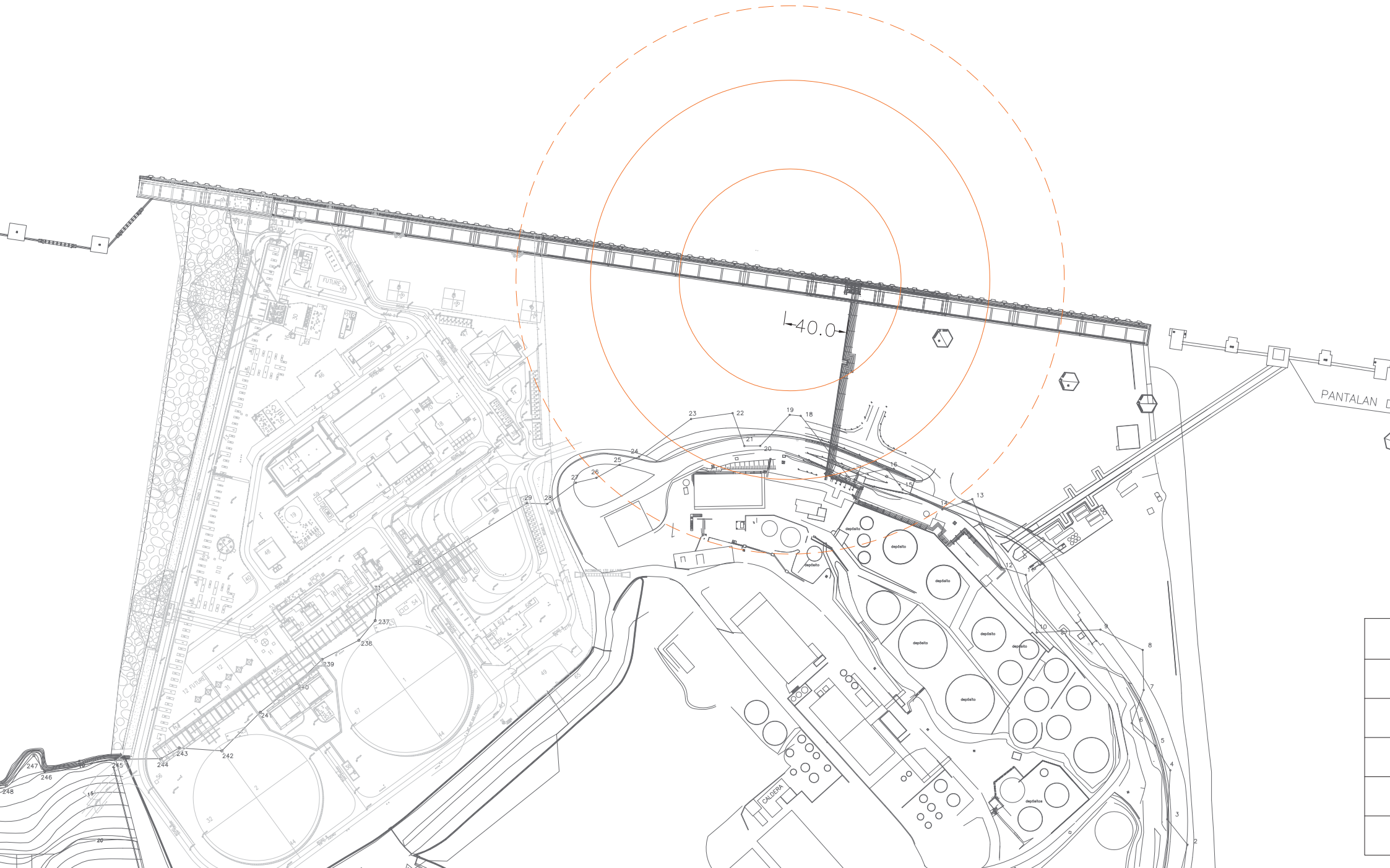
D E F E R R O L



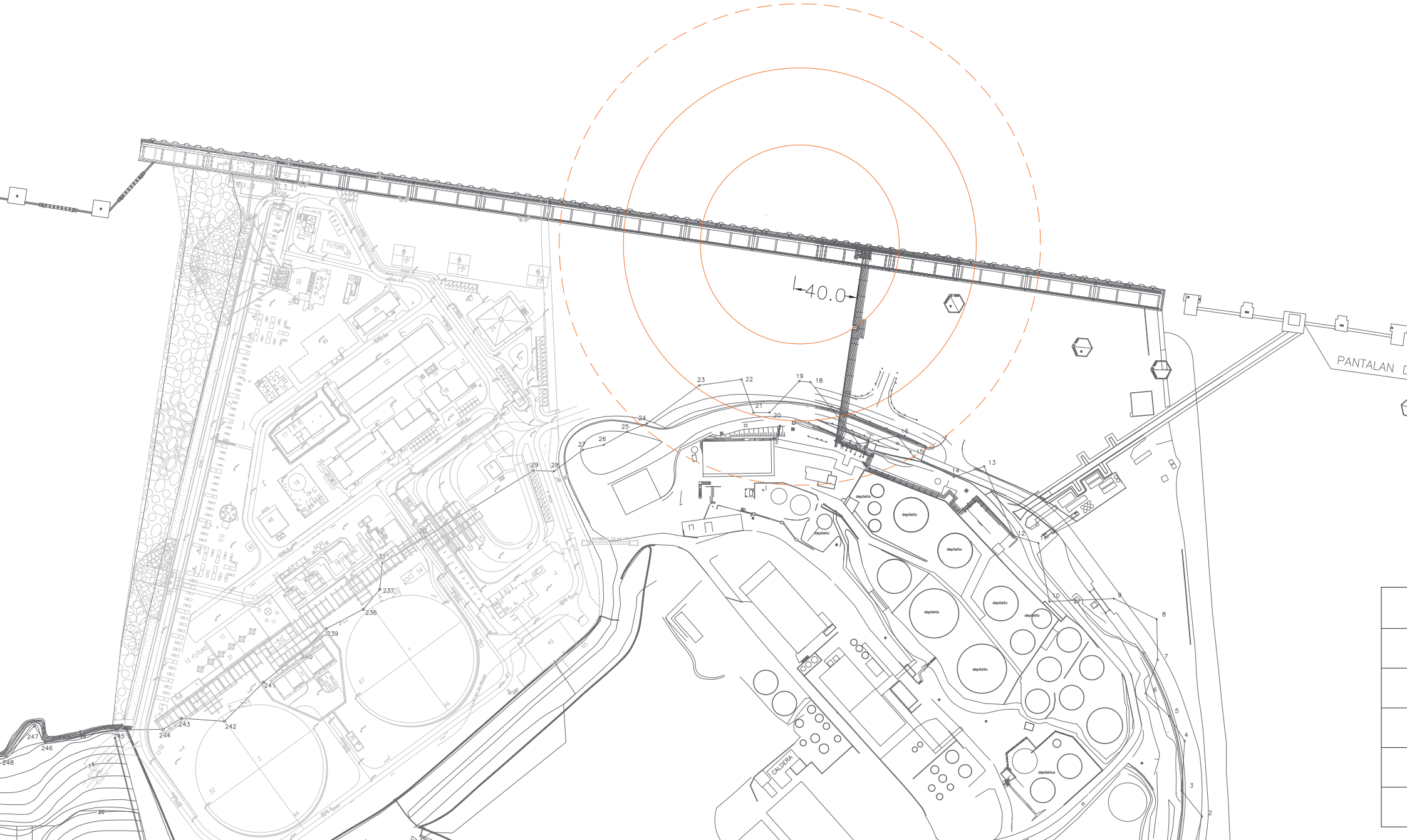
D E F E R R O L



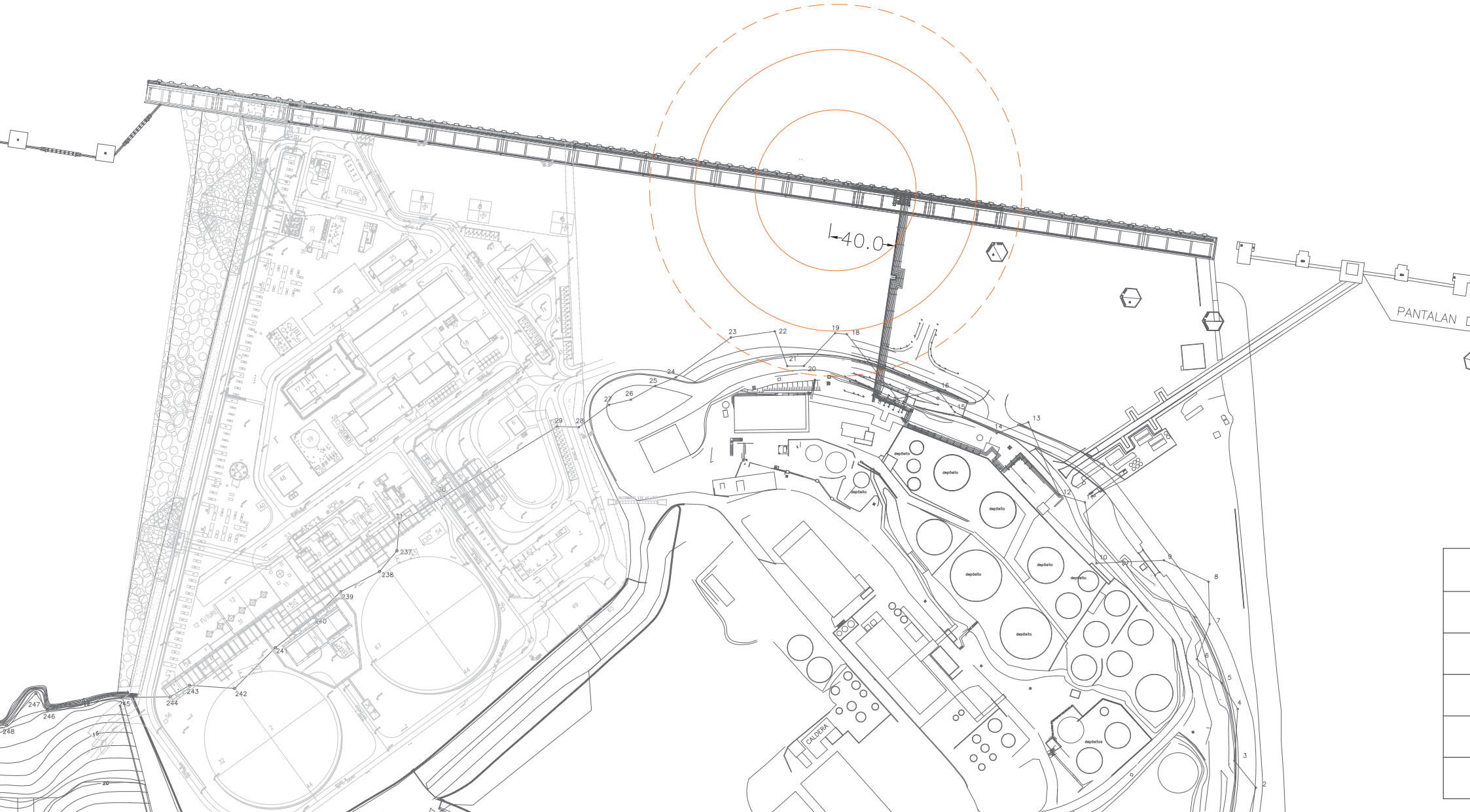
D E F E R R O L



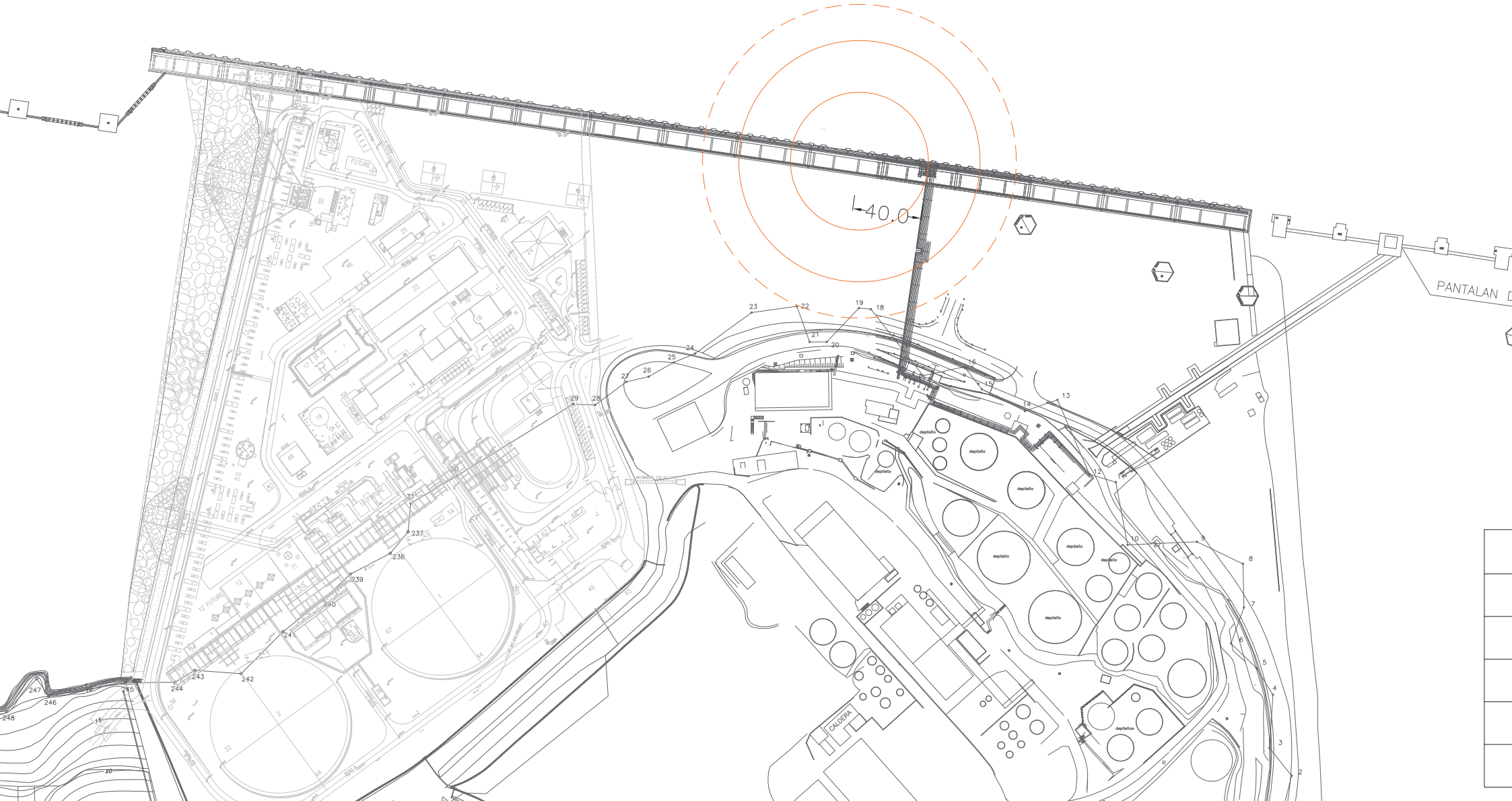
D E F E R R O L



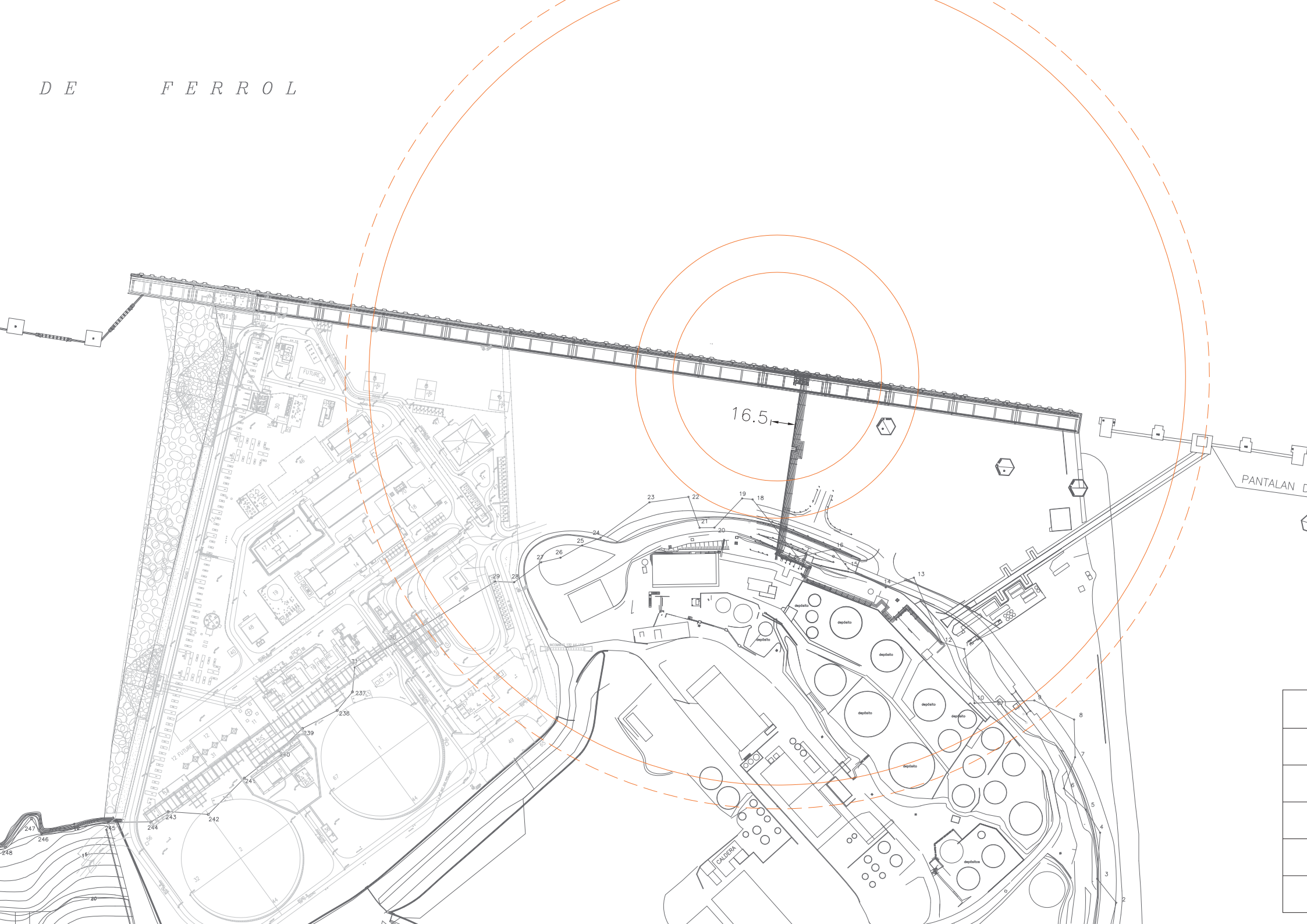
D E F E R R O L



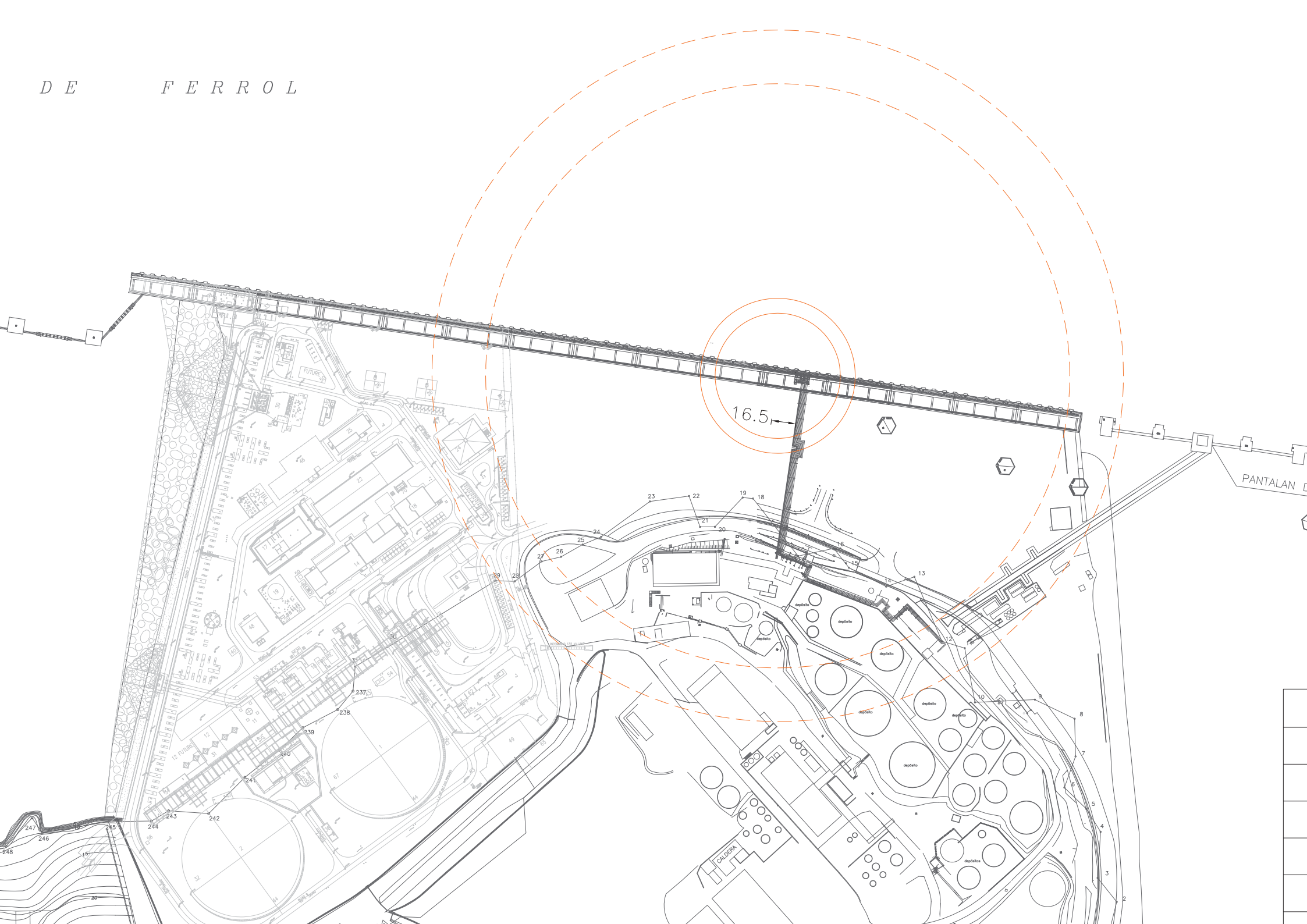
D E F E R R O L



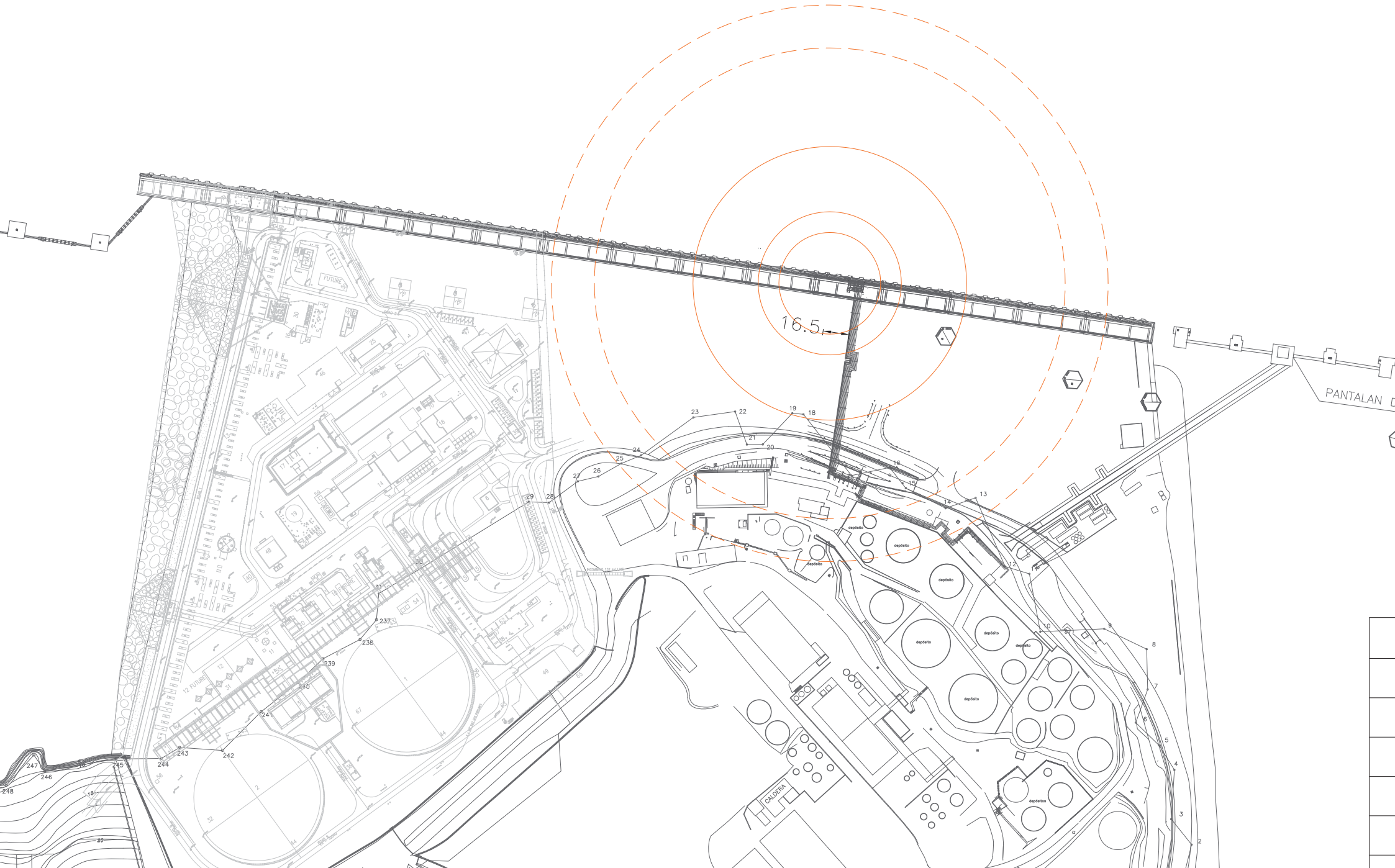
Alternativa 2


D E F E R R O L
16.5
PANTALAN
CALDERA
depósito

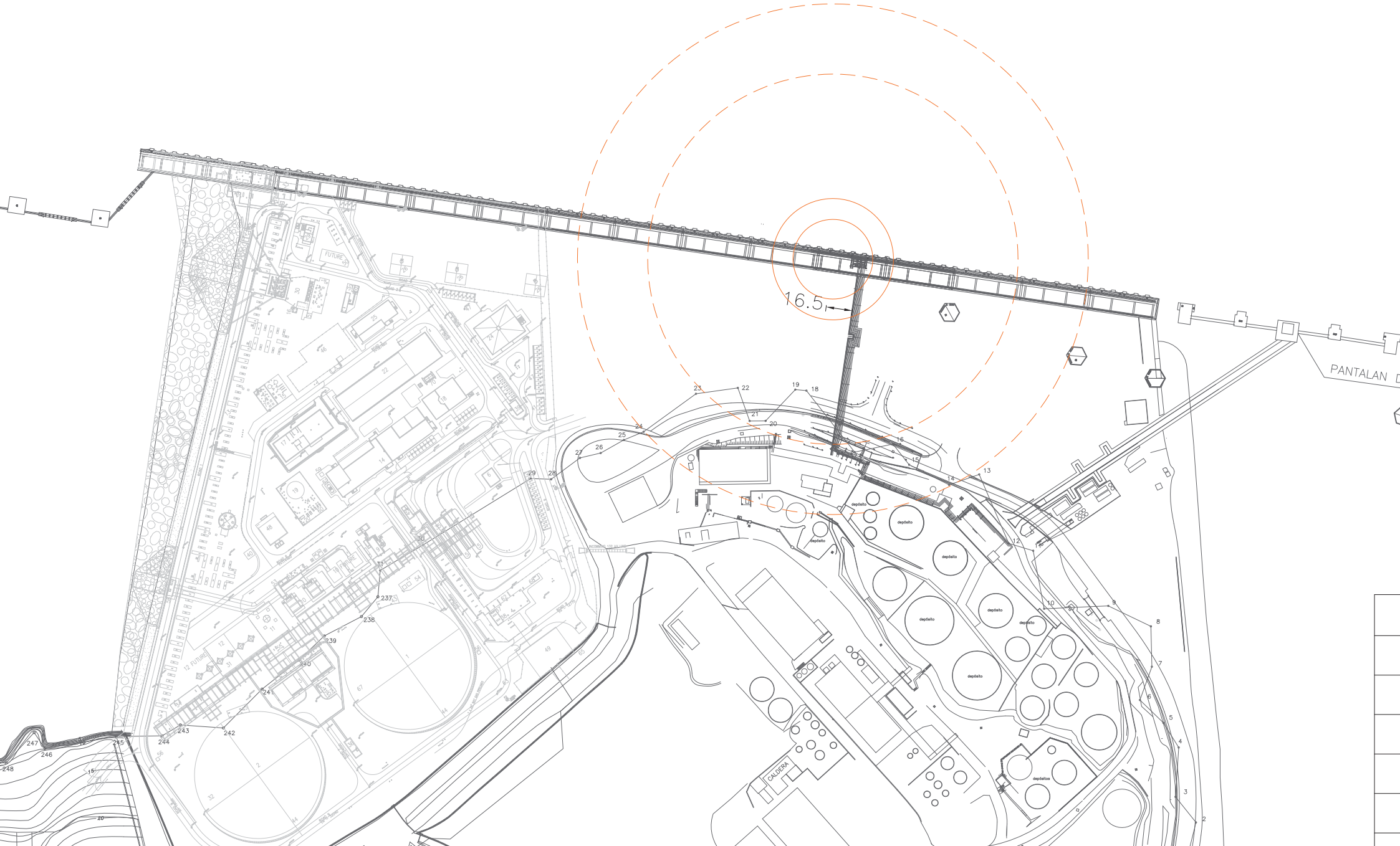
D E F E R R O L
16.5
PANTALAN
CALDERA
depósito
FUTURE


D E F E R R O L
16.5
PANTALAN
CALDERA
depósito
depósitos
FUTURE

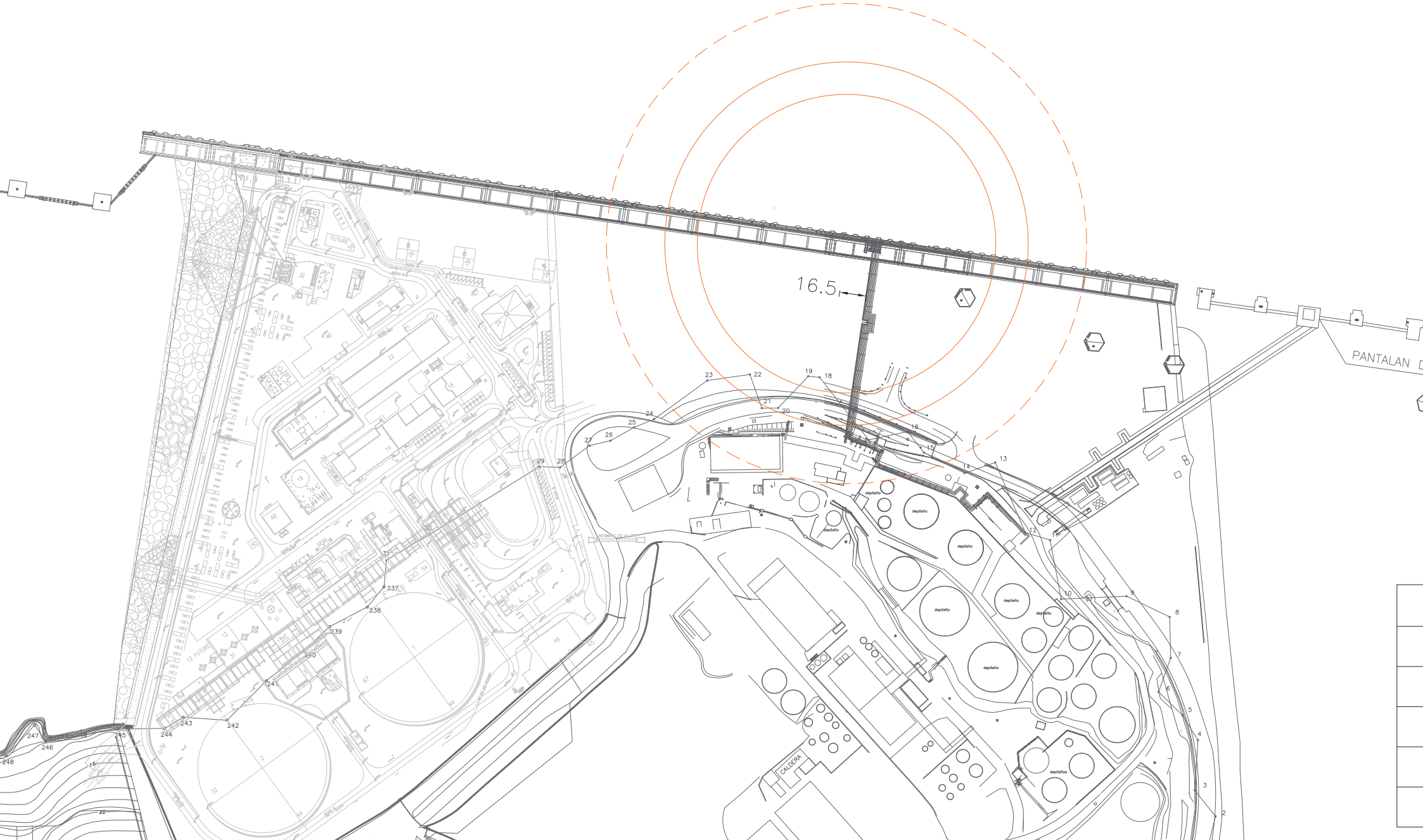
D E F E R R O L



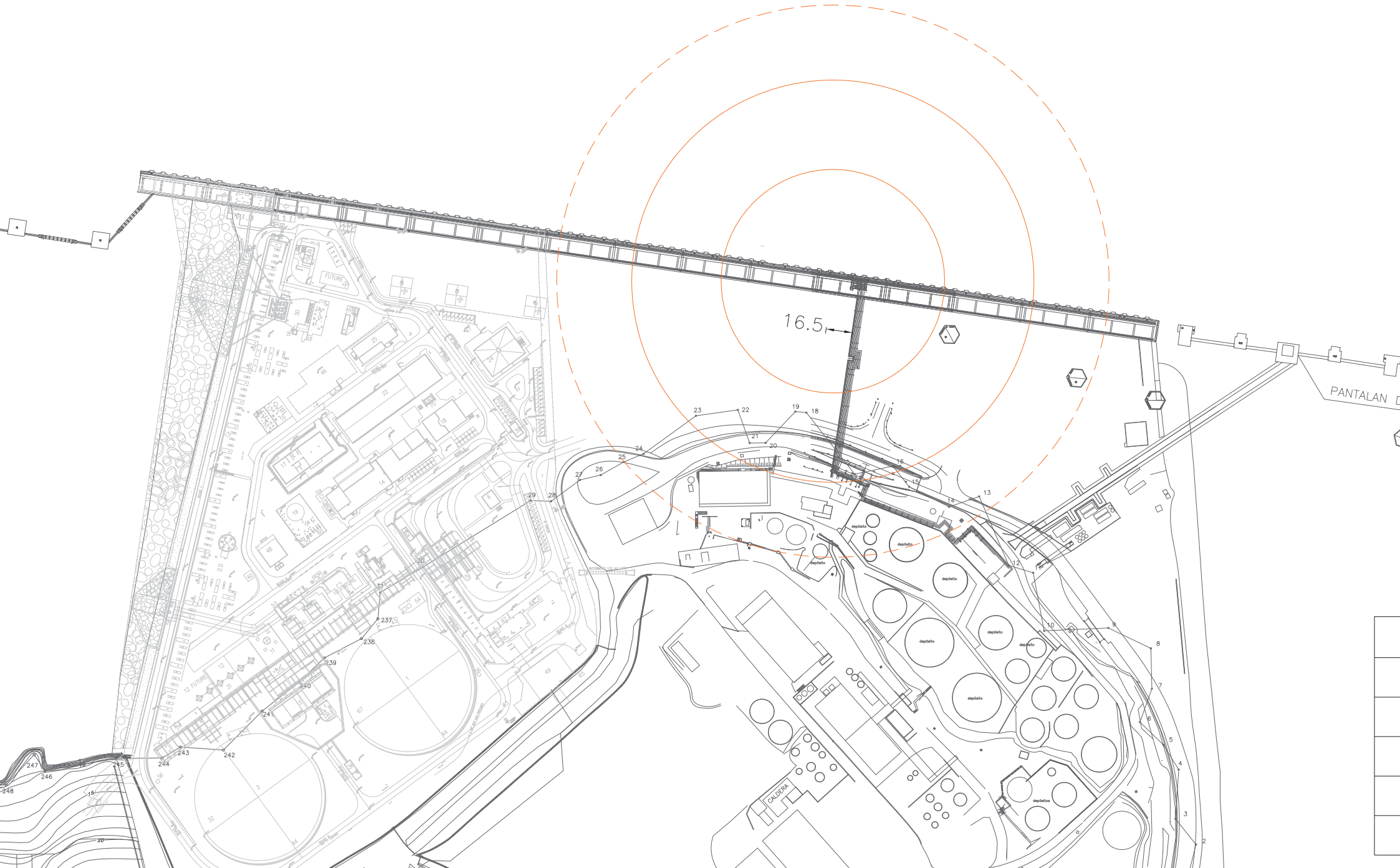
D E F E R R O L



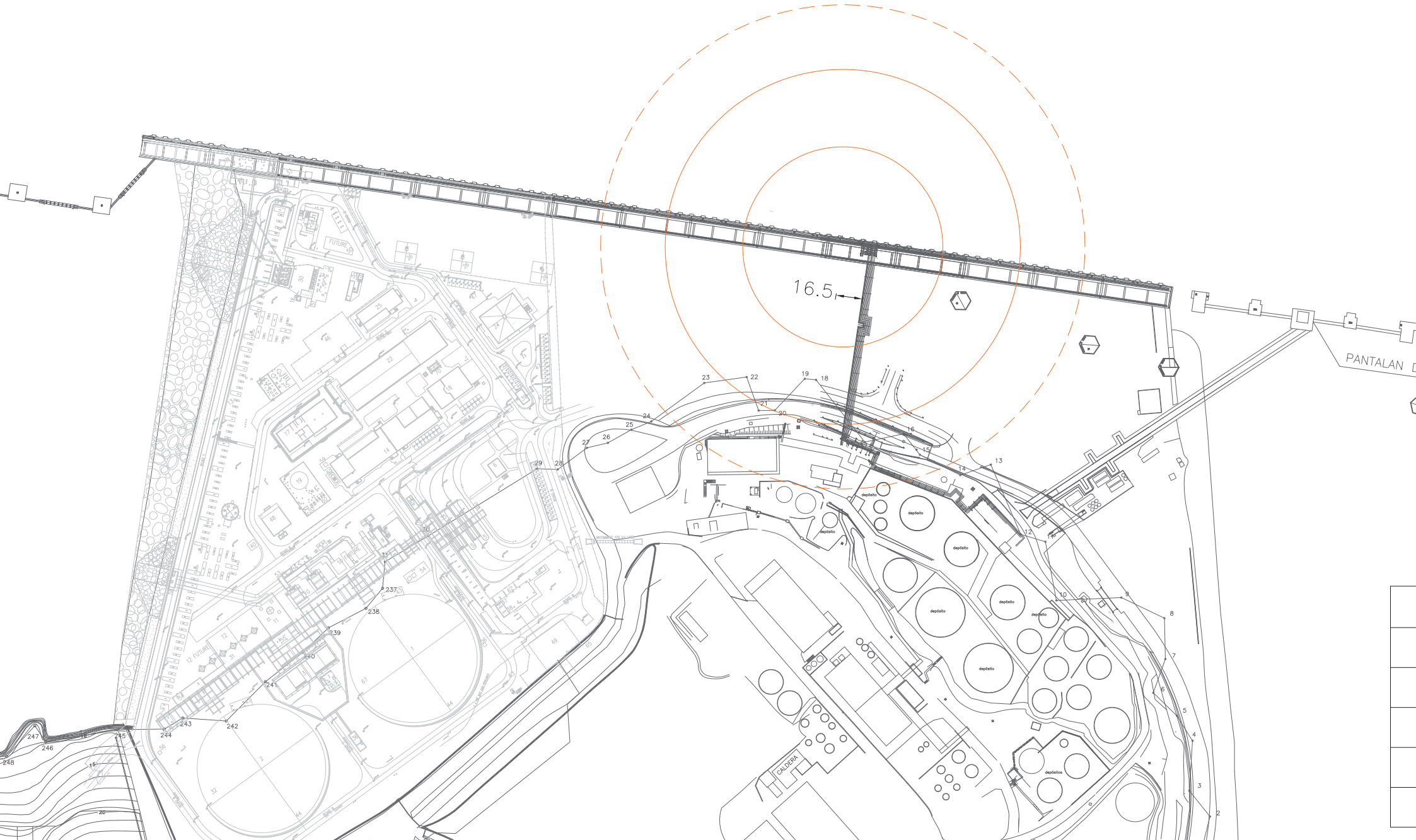
D E F E R R O L



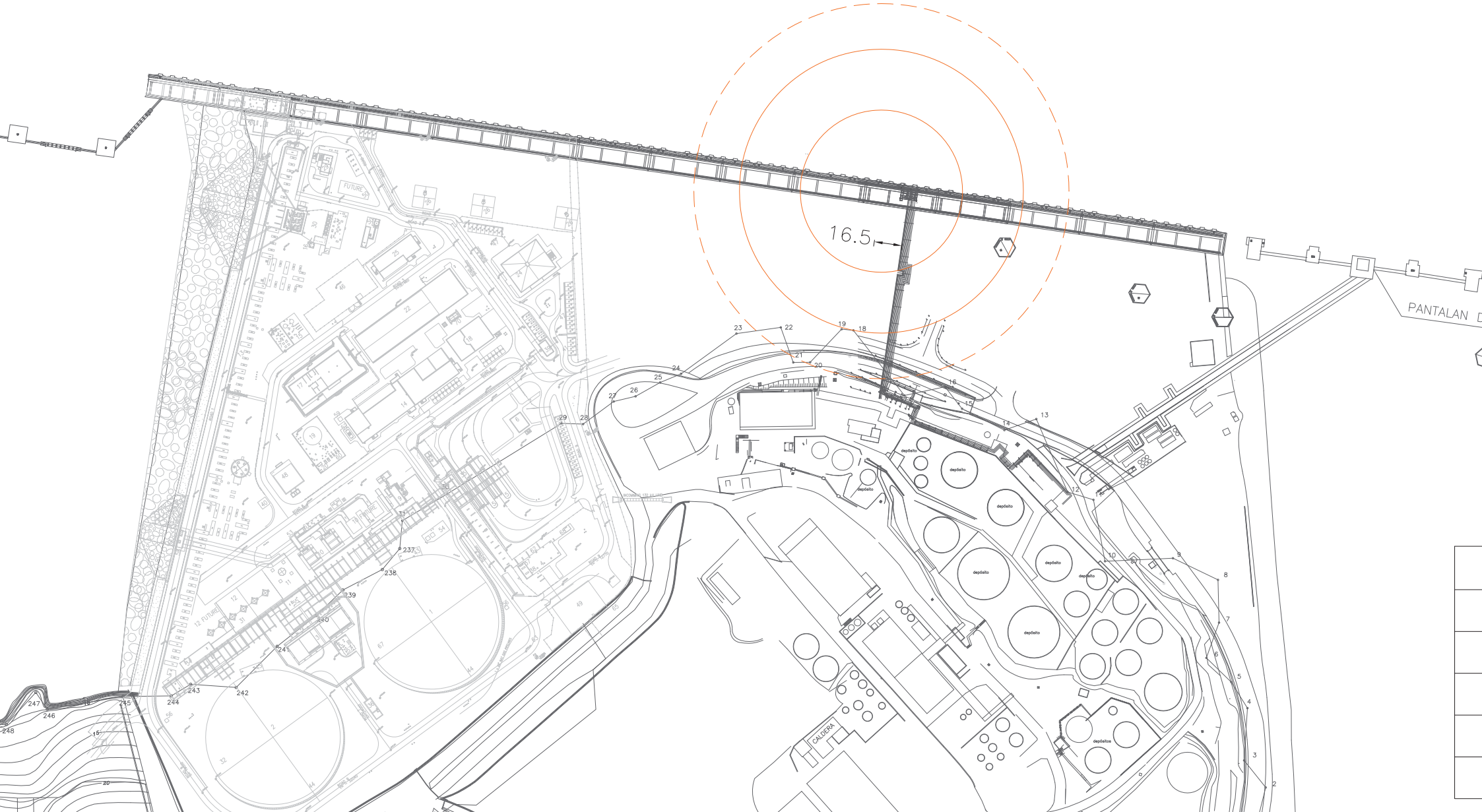
D E F E R R O L



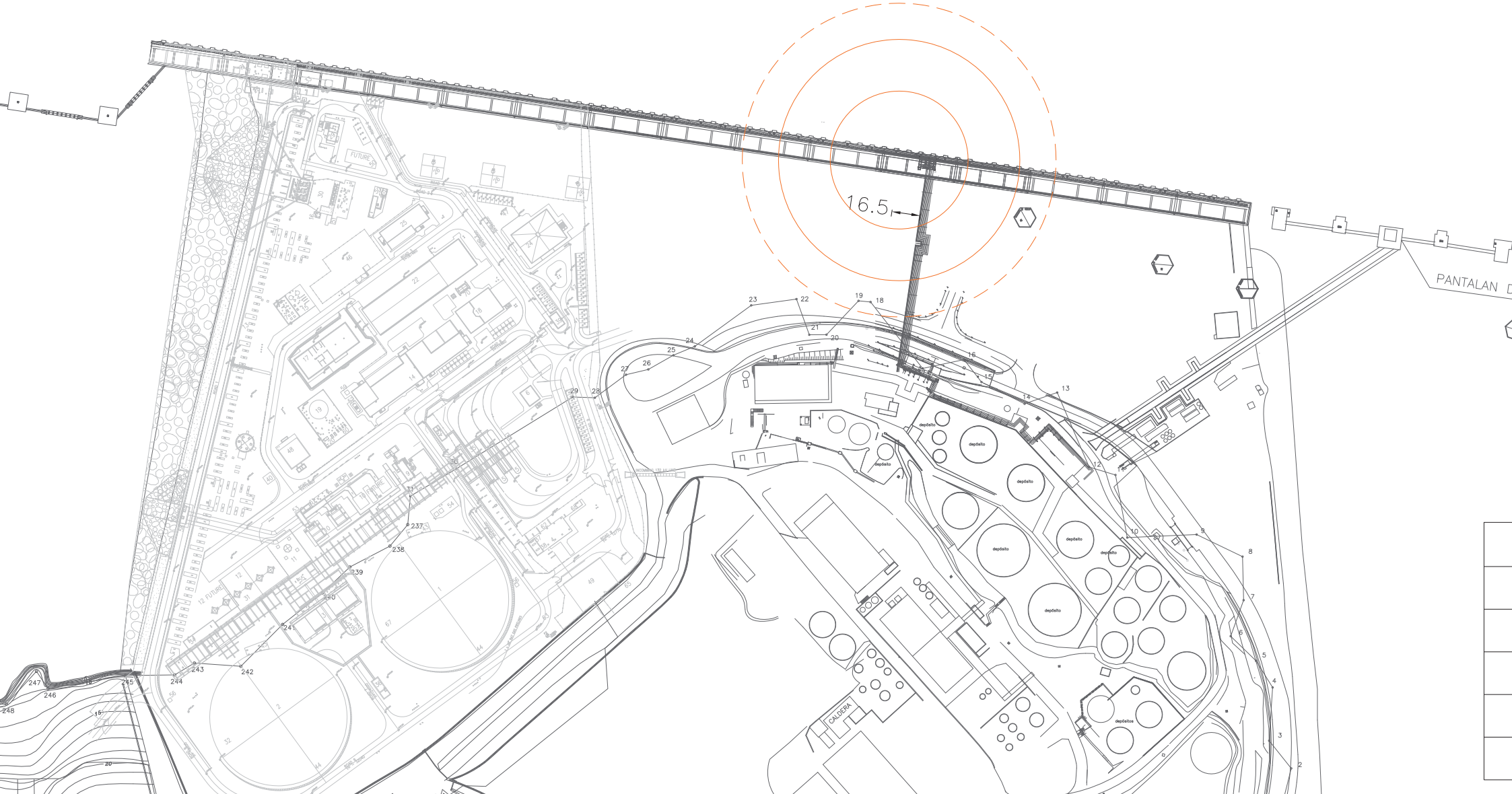
D E F E R R O L



D E F E R R O L



D E F E R R O L



Annex 3. Study of main risks associated with implementation of the new berth

SERVICIOS DE INGENIERÍA PARA UN SEGUNDO ATRAQUE EN LA TERMINAL REGASIFICADORA DE GNL DE MUGARDOS

Estudio de los riesgos principales asociados a la implantación del nuevo atraque (Rev03)

- 19/03/20 -

reganosa | dyp ingeniería

ÍNDICE

1	**Objeto y alcance**	**1**
2	**Normativa y referencias**	**1**
3	**Entorno del Proyecto**	**2**
3.1	Características generales del emplazamiento	2
3.2	Instalaciones de REGANOSA	3
3.3	Instalaciones de Forestal del Atlántico e IMEGASA	4
4	**Clima Marítimo**	**5**
4.1	Viento	5
4.2	Corrientes	8
4.3	Oleaje	10
4.4	Nivel del mar	11
5	**Características principales del nuevo atraque**	**14**
6	**Flota de diseño**	**15**
7	**Análisis de riesgos náuticos**	**16**
7.1	Identificación de riesgos	16
7.2	Características de la flota tipo usuaria de los atraques	17
7.3	Número de operaciones por atraque	18
7.4	Análisis preliminar de maniobras en condiciones normales de operación	20
7.4.1	Maniobras de entrada	22
7.4.2	Maniobras de Salida	26
7.5	Ocupación simultánea de atraques	28
7.6	Tráfico de buques	33
7.7	Evaluación de riesgos	38
7.7.1	Colisión con los buques amarrados	39
7.7.2	Fuga de GNL a través de los brazos de carga	44
7.8	Salidas en condiciones de emergencia y posibles áreas de fondeo	48
7.8.1	Maniobras de salidas en condiciones de emergencia	48
7.8.2	Posibles áreas de fondeo	49
7.9	Valoración preliminar de la disponibilidad y experiencia de los prácticos	57
7.10	Conclusiones principales del análisis de riesgos náuticos	58
8	**Riesgos asociados a la operación de los equipos**	**60**
8.1	Sucesos iniciadores de riesgos considerados	60
8.2	Probabilidad de presentación de los sucesos iniciadores de riesgo	62

8.3 Posible evolución de los supuestos de riesgo 63
8.4 Probabilidad de presentación de los escenarios de riesgo 65
8.5 Evaluación de consecuencias 66
8.5.1 Condiciones de clima consideradas 66
8.5.2 Modelización de efectos 68
8.6 Criterios de aceptabilidad o rechazo 71
8.7 Valoración de los resultados obtenidos 72
8.8 Operaciones simultaneas en los atraques de Reganosa 77
8.9 Riesgos derivados de la actividad de Forestal del Atlántico 78
8.10 Conclusiones principales del análisis de riesgos de operación de los equipos 80

9 Medidas de mejora de la seguridad de los buques atracados 81

9.1 Sistema de ayuda a la aproximación al atraque 82
9.2 Sistema de monitorización de cargas en amarras 83
9.3 Sistemas de parada de emergencia de los brazos de carga (ESD). 83
9.4 Sistemas de desconexión de emergencia de los brazos de carga (ERS). 84
9.5 Sistemas de comunicación con los buques 84
9.6 Sistema de monitorización de condiciones ambientales 85
9.7 Medidas relativas a las maniobras y el amarre de buques. 86

10 Principales conclusiones y recomendaciones 87

Anexo 1. Planta general de instalaciones. REGANOSA.
Anexo 2. Planta general de instalaciones. Forestal del Atlántico.
Anexo 3. Límites de ocupación simultanea de atraques. Figuras.
Anexo 4. Distancias de posible afección asociadas a los escenarios de riesgo considerados. Figuras.

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del terminal 2
Figura 2. Estación Meteorológica de Ferrol (REMPOR) 6
Figura 3. Modelización numérica de viento dirección N 6
Figura 4. Velocidades máximas y direcciones de corriente en Escenario 1 Deltares (2009) 9
Figura 5. Velocidades máximas y direcciones de corriente en Escenario 2 Deltares (2009) 9
Figura 6. Velocidades máximas y direcciones de corriente en Escenario 3 Deltares (2009) 10
Figura 7. Situación del Mareógrafo "Ferrol 2" de la red REDMAR 11
Figura 8. Niveles representativos de las aguas (REDMAR) 12
Figura 9. Distribución de frecuencia de niveles (REDMAR) 13
Figura 10. Tendencia en la variación del nivel medio mensual del mar (REDMAR) 13
Figura 11. Ubicación del nuevo atraque. 14
Figura 12. Nº de operaciones en atraques Punta Promontorio (2017) 19
Figura 13. Nº de operaciones en atraques Punta Promontorio (2018) 19
Figura 14. Nº de operaciones en atraque de Reganosa (2019) 19
Figura 15. Disposición de largos en el atraques Este y Oeste de Reganosa 22
Figura 16. Disposición de largos en el atraque Este de Reganosa y Este de Forestal del Atlántico 22

Figura 17. Ubicación y dimensiones del área de reviro frente al nuevo atraque. Buques de 250 m de eslora. 23
Figura 18. Ubicación y dimensiones del área de reviro frente al nuevo atraque. Buques de 345 m de eslora. 23
Figura 19. Posible interferencia de amarras (1) 30
Figura 20. Posición aproximada de amarras situación futura Q-Flex y 174,000 m³ 30
Figura 21. Ejemplo de rutas seguidas por los buques militares en el entorno del terminal.....33
Figura 22. Ej. de posición, rumbo y velocidad de buques pasantes (rojo: entradas, azul: salidas, verde: militares).....34
Figura 23. Ej. de posición, rumbo y velocidad de buques que accedieron a la terminal (rojo: entradas, azul: salidas) .34
Figura 24. Energía requerida para crear una brecha en el tanque 40
Figura 25. Frecuencia de accidentes graves de buques cargueros (1999-2012).....43
Figura 26. Distribución de presiones alrededor de un buque en navegación.....45
Figura 27. Ubicación de área de fondeo tentativa frente a la terminal de REGANOSA. Buques de 250 m de eslora. ...51
Figura 28. Ubicación de posibles áreas de fondeo. Orientación de los buques N-S.....52
Figura 29. Ubicación de posibles áreas de fondeo. Orientación de los buques E-O.....52
Figura 30. Ubicación de posibles áreas de fondeo. Orientación de los buques S-N.....52
Figura 31. Ubicación de posibles áreas de fondeo. Orientación de los buques O-E. 53
Figura 32. Areas de ocupación Q-Max y 138,000 m³ en fondeo con remolcadores para la condición de plena carga. 56
Figura 33. Areas de ocupación Q-Max y 138,000 m³ en fondeo con remolcadores para la condición lastre. 56

Índice de Tablas

Tabla 1. Coeficientes de correlación de velocidad de viento.....7
Tabla 2. Velocidad Media (Ve) – Dirección de Procedencia (Estación Meteorológica de Ferrol).....7
Tabla 3. Velocidad Media (Ve) – Dirección de Procedencia (REGANOSA) 8
Tabla 4. Velocidades de viento y alturas de ola límite recomendadas por la ROM 2.0-11.....11
Tabla 5. Estadísticas de pleamares y bajamares (REDMAR) 12
Tabla 6. Escenarios típicos de accidentes en terminales de GNL.....17
Tabla 7. Características principales de la flota de buques GNL considerados (REGANOSA).....17
Tabla 8. Características principales de los buques petroleros y de producto considerados (Forestal del Atlántico).....17
Tabla 9. Nº de operaciones 2017 - 2019 en atraques de Punta Promontorio. 18
Tabla 10. Niveles de marea y profundidad requeridos para la navegación de los buques a plena carga. 23
Tabla 11. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Oeste - Atraque Este REGANOSA. 28
Tabla 12. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Este REGANOSA- Atraque Este Forestal. 29
Tabla 13. Distancias entre buques en ocupación de los tres atraques.....29
Tabla 14. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraques de REGANOSA. 32
Tabla 15. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraque Este de Forestal del Atlántico. 32
Tabla 16. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraque Oeste de Forestal del Atlántico. 32
Tabla 17. Probabilidad de buques incompatibles en Atraques de REGANOSA.....32
Tabla 18. Probabilidad de buques incompatibles. Atraque Este REGANOSA - Atraque Este de FORESTAL.....32
Tabla 19. Buques que han operado en los años 2017 y 2018 en el terminal de REGANOSA.....35
Tabla 20. Buques que han operado en los años 2017 y 2018 en el terminal de FORESTAL 36
Tabla 21. Flota de buques de proyecto de la terminal de REGANOSA.....36
Tabla 22. Flota de buques de proyecto de la terminal de FORESTAL 36
Tabla 23. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de buques que operan en el puerto de Ferrol 37
Tabla 24. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en el puerto de Ferrol, excluyendo buques militares 37
Tabla 25. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en FORESTAL.....38
Tabla 26. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de aproximación y desatraque de los buques que operan en el terminal de REGANOSA.....38

Tabla 27. Energías de colisión entre buques gaseros necesarias para producir una brecha en el tanque de GNL de un metanero 41
Tabla 28. Energías de colisión con buques petroleros y/o de productos necesarias para producir una brecha en el tanque de GNL de un metanero 42
Tabla 29. Límites de fuerzas y momentos asociados a los sistemas de amarre considerados 46
Tabla 30. Fuerzas y momentos generados por buques pasantes para los buques gaseros de mayor porte de estudio (Flory) 46
Tabla 31. Fuerzas y momentos generados por buques pasantes para los buques gaseros de mayor porte de estudio (Wang) 46
Tabla 32. Límites de fuerzas y momentos generados por buques pasantes para un buque gasero de 15,000 m^3 47
Tabla 33. Límites de fuerzas y momentos generados por buques pasantes para un buque gasero de 15,000 m^3 47
Tabla 34. Radios de boreno calculados a partir de la información facilitada por los Prácticos del Puerto y la Ría de Ferrol 55
Tabla 35. Probabilidades anuales de ocurrencia de los sucesos iniciadores de riesgo identificados (EQE) 62
Tabla 36. Tasas de derrame y vertidos máximos asociados a los sucesos iniciadores de riesgo identificados (EQE) 63
Tabla 37. Probabilidades anuales de ocurrencia, tasas de derrame y vertidos de sucesos iniciadores de riesgo (Tips) 63
Tabla 38. Probabilidades anuales de ocurrencia de los escenarios de riesgo identificados (EQE) 66
Tabla 39. Probabilidades anuales de ocurrencia de los escenarios de riesgo identificados (Tips) 66
Tabla 40. Frecuencias de presentación de las condiciones de viento F y D, consideradas en estudios EQE / ALATEC - PROES 67
Tabla 41. Frecuencias de presentación de las condiciones de viento F y D, consideradas en estudio Tips 67
Tabla 42.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por EQE 69
Tabla 43.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por ALATEC PROES 69
Tabla 44.Distancias (m) asociadas a los vertidos y umbrales de radicación considerados por EQE 69
Tabla 45.Distancias (m) asociadas a los vertidos y umbrales de radicación considerados por ALATEC PROES 70
Tabla 46.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por Tips 70
Tabla 47.Distancias (m) asociadas a los distintos vertidos y umbrales de radicación considerados por Tips 70
Tabla 48. Radiación térmica admisible (excluida radiación solar) dentro de los límites de la propiedad (UNE EN 1473) 71
Tabla 49. Radiación térmica admisible (excluyendo radiación solar) en el exterior de los límites de la propiedad (UNE EN 1473) 71
Tabla 50. Determinación del nivel de riesgo en el interior de los límites de la Planta (UNE EN 1473) 72
Tabla 51. Determinación del nivel de riesgo en el exterior de los límites de la Planta (UNE EN 1473) 72
Tabla 52. Clases de consecuencias a considerar en la evaluación de riesgos (UNE EN 1473) 72
Tabla 53. Probabilidades de muerte para diferentes niveles de radiación térmica (30 s de exposición) 73
Tabla 54. Número de personas en función de la distancia al punto de vertido y jornadas de trabajo 73
Tabla 55. Niveles de riesgo asociados a la ignición de nubes (EQE / ALATEC – PROES) 74
Tabla 56. Niveles de riesgo asociados a la ignición de nubes (Tips) 74
Tabla 57. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 5.05 kW/m^2 (EQE / ALATEC-PROES) 75
Tabla 58. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 5.05 kW/m^2 (Tips) 75
Tabla 59. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 8.03 kW/m^2 (EQE / ALATEC-PROES) 75
Tabla 60. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 7.00 kW/m^2 (Tips) 76
Tabla 61. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 14.40 kW/m^2 (EQE / ALATEC-PROES) 76
Tabla 62. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 14.00 kW/m^2 (Tips) 76
Tabla 63. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 20.9 kW/m^2 (EQE / ALATEC-PROES) 77
Tabla 64. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 22 kW/m^2 (Tips) 77

1 Objeto y alcance

El presente estudio tiene por objeto analizar los riesgos principales asociados a la implantación de nuevo atraque que REGANOSA plantea construir en el terminal de regasificación de GNL que opera en Mugardos (A coruña), atendiendo, tanto a los condicionantes derivados de la configuración de las instalaciones actuales de la propia REGANOSA, como a los derivados de la presencia de otras instalaciones industriales, núcleos urbanos o zonas medioambientalmente sensibles, que pudieran llegar a resultar afectadas.

El análisis realizado contempla los riesgos asociados a las maniobras y operaciones de los buques, y los asociados a la operación de los equipos industriales que intervienen en los procesos que se desarrollan en el interfaz buque – atraque.

Al respecto de los riesgos asociados a la operación de los equipos incluidos en el interfaz buque – atraque, el estudio se apoya, de manera fundamental, en la identificación de los sucesos iniciadores y la evaluación de las posibles consecuencias considerados en los distintos análisis de riesgo cuantitativos y cualitativos desarrollados con anterioridad por REGANOSA para la planta existente.

No se consideran en este estudio otro tipo de riesgos relacionados con la seguridad física de las instalaciones (sabotaje, atentados, etc.), que quedan fuera del alcance del estudio.

Asimismo, queda fuera del alcance del presente estudio, la evaluación del incremento de riesgo que pueda suponer el aumento del tráfico de buques gaseros en su acceso a la ría.

En los apartados siguientes se presenta el análisis realizado y las principales conclusiones y recomendaciones establecidas en base al mismo.

2 Normativa y referencias

Para el desarrollo del estudio se han considerado principalmente las prescripciones de las siguientes normativas y recomendaciones generales de referencia.

- UNE-EN 1473:2017 (Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño de las instalaciones terrestres).
- UNE-EN ISO 28460:2011 (Industrias del petróleo y del gas natural. Instalaciones y equipamiento para gas natural licuado. Interfaz tierra-navío y operaciones portuarias).
- UNE-EN ISO 20519:2017 (Barcos y tecnología marina. Especificación para el repostaje de barcos que utilizan gas natural licuado como combustible).
- ISO/TS 16901:2015 (Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface).
- NFPA 59A:2019 (Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas).
- ROM 2.0-11 (Recomendaciones para el Proyecto y Ejecución en Obras de Atraque y Amarre)
- ROM 3.1-99 (Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos, Canales de Acceso y Áreas de Flotación).
- PIANC 116-2012 (Safety Aspects Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals).

- PIANC 153-2016 (Recommendations for the Design and Assessment of Marine Oil and Petrochemical Terminals).

Como ya se ha indicado, el análisis realizado se ha apoyado de forma fundamental en algunos de los estudios de riesgo desarrollados con anterioridad para la planta existente, que concretamente han sido los siguientes:

- Estudio sobre maniobras navales y seguridad para la terminal de GNL de REGANOSA, en Mugardos. Punto 3. Estudio de riesgos. Parte 3. Análisis de riesgos de transporte y descarga de GNL (Marin y EQE para Delft H. / Marin, 2003)

- Estudio de riesgos y seguridad en el interfaz buque – tierra de la planta de GNL de REGANOSA en Mugardos (ALATEC-PROES, 2003)

- Informe de seguridad. Análisis cuantitativo del riesgo (ACR) del terminal de almacenamiento y regasificación de Mugardos (Tips, 2007)

- Plan de Emergencia Exterior: Complejo Industrial Punta Promontorio (Xunta de Galicia, 2013)

- Informe de seguridad. Análisis del riesgo (AR) del terminal de almacenamiento y regasificación de Mugardos (Tips, 2016)

3 Entorno del Proyecto

3.1 Características generales del emplazamiento

La planta se ubica en el polígono industrial de Punta Promontoiro, en el término municipal de Mugardos (A Coruña), a orillas de la ría de Ferrol en su margen sur.

Los núcleos urbanos más próximos son Ferrol (66.800 hab), situado a 1,5 km de distancia aproximadamente, y el propio Mugardos (5.300 hab), situado a apenas 1 km al sur de la planta, que a su vez linda con los municipios de Ares al Sur y Fenes al Oeste.

Figura 1. Ubicación del terminal

El principal espacio natural protegido corresponde a la zona LIC Costa Ártabra, que comprende el tramo de costa situado aproximadamente entre Valdoviño y el Cabo de Ortegal, que comienza unos 15 km al norte de la planta en el exterior de la ría.

Respecto del patrimonio histórico cabe destacar la presencia del Castillo de la Palma, situado unos 3,0 km al Oeste de la planta, y las iglesias ubicadas en Mugardos.

En relación con el resto de las actividades industriales que se desarrollan en el polígono de Punta Promontorio, destacan las realizadas por las empresas Forestal del Atlántico S.A. e IMEGASA, descritas a continuación, que ocupan unos 206.000 m^2, y que, al igual que REGANOSA, están sujetas a las disposiciones del RD 840/2015, de 16 de julio, de medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

3.2 Instalaciones de REGANOSA

La Planta de regasificación de GNL de REGANOSA inició su operación comercial en septiembre de 2007.

Según la información recibida al respecto del tráfico de buques, durante los últimos 3 años (2017-2019) se han realizado respectivamente 11, 13 y 20 operaciones de descarga de buques, y 4, 3 y 4 operaciones de carga

Las instalaciones actuales comprenden principalmente un atraque formado por unos 255 m de muelle continuo y 3 duques de alba de amarre, capaz de atender buques entre 7,686 m^3 y 266,000 m^3 de capacidad, y 2 tanques de almacenamiento iguales con una capacidad conjunta de 300.000 m^3, teniendo una capacidad nominal de regasificación de 412.800 Nm^3/h.

Próximamente, está previsto dotar al atraque indicado, de los medios necesarios para atender buques dedicados al bunkering o la distribución a pequeña escala con capacidad no inferior a 650 m^3.

De cara a la seguridad de las operaciones, el atraque está dotado de los siguientes sistemas:

- Sistemas de desconexión de emergencia de la operación de descarga (PERC/ERS/ESD).
- Sistema de liberación de ganchos de escape rápido (QRS).
- Sistema de monitorización de tensión en las líneas de amarre.
- Sistema de control de la aproximación de buques al atraque.
- Sistema de previsión climática.

Las áreas principales de los procesos realizados en las instalaciones son las siguientes:

- Terminal de descarga de buques de GNL.
- Zona de almacenamiento de GNL.
- Tubería de conexión terminal - zona de almacenamiento.
- Absorbedor.
- Vaporizadores.
- Sistema de gasoductos para el envío del producto.
- Sistema de carga de camiones.

Para la carga y descarga de los buques se dispone de 4 brazos de descarga iguales, uno de los cuales se emplea para el retorno de los vapores al barco.

La Planta dispone de un sistema de gestión de boil-off (GNL que vuelve a re-vaporizarse, por su aportación energética) capaz de procesar los vapores producidos bajo cualquier circunstancia, así como de sistemas de regasificación, odorización (que incluye la inyección de TetraHidroTiofeno para la expedición de gas natural por gasoducto), venteo, y drenaje de GNL para la recogida y recuperación del GNL (generalmente para la puesta fuera de servicio de los equipos, realizada principalmente con propósitos de mantenimiento).

Adicionalmente, se dispone de los siguientes servicios auxiliares:

- Sistema de nitrógeno.
- Sistema de gasóleo.
- Sistema de aire de planta y aire de instrumentación.
- Sistema de agua de mar.
- Sistema de agua industrial.
- Sistema de agua contra incendios.
- Sistema de agua potable.
- Sistema de fuel gas.

En relación con la seguridad y la protección se dispone de los siguientes medios.

- Sistema de detección de riesgos
    - Detectores de gas.
    - Detectores “Open path”.
    - Detectores de frío.
    - Detección de humos.
    - Detección de llama.
- Instalaciones fijas de extinción
    - Sistema de agua contra incendios.
    - Hidrantes y monitores.
    - Sistemas de diluvio y pulverización de agua.
    - Cortinas de agua.
    - Bocas de incendio equipadas.
    - Generación de espuma.
    - Extinción de incendios de GNL con polvo seco.
    - Extinción de incendios por agente gaseoso.
- Servicio de vigilancia y control de accesos.
- Sistema anti - intrusión.
- Sistema de TV en circuito cerrado (CCTV)

De acuerdo con los datos de los que se dispone, la plantilla total de REGANOSA en la Planta de Mugardos asciende a 90 personas, de las cuales 32 están asignadas a trabajos de operación de la planta propiamente dichos, siendo el resto para trabajos de administración, seguridad y mantenimiento u otros.

3.3 Instalaciones de Forestal del Atlántico e IMEGASA

Las actividades principales llevadas a cabo por Forestal del Atlántico son las asociadas a la producción de colas y resinas, la distribución de productos químicos, principalmente fuelóleos, y el almacenamiento de

hidrocarburos y productos químicos, disponiendo de distintos tanques con una capacidad próxima a los 300.000 m^3.

Para la carga y descarga de buques dispone de:

- Un pantalán capaz de atender buques de hasta 230.000 TPM, formado por 5 duques de alba de atraque y 3 de amarre, y 140 m de muelle continuo.

- Un segundo atraque situado a unos 272 m al Oeste del anterior, conformado por muelle continuo, dedicado al trasiego de hidrocarburos mediante mangueras flexibles.

- Instalaciones para deslastre y desgasificación de buques, y planta de gestión de tratamiento de residuos MARPOL, tipos A, B y C.

Junto a Forestal del Atlántico, se sitúa la compañía IMEGASA, dedicada principalmente al proceso de fabricación de papel melaminado que dispone de hornos continuos, entre otras instalaciones.

Respecto de la seguridad y la protección del medioambiente se dispone de sistemas de detección, alarma y para la extinción fijas y móviles (incluyendo detección y extinción automática en tanques de la serie 200, red de bocas de incendio e hidrantes, sistemas de cañones de agua y espuma distribuidos por distintas zonas, sprinklers, pulsadores de emergencia, etc.), así como de protección (incluyendo sistemas de refrigeración de tanques, barreras flotantes para contención de hidrocarburos para la recogida de posibles derrames de hidrocarburos en medio marino, lancha y skimmers)

Las instalaciones cuentan con sistema de vigilancia, seguridad y control de accesos 24 horas al día.

La plantilla total de ambas compañías ascendía a 82 personas a marzo de 2013 (51 de Forestal del Atlántico y 31 de IMEGASA), de las cuales un máximo de 60 podría encontrarse simultáneamente en las áreas de trabajo.

4 Clima Marítimo

4.1 Viento

Para la caracterización del viento en el área de interés se parte de los datos contenidos en el informe de "Clima Medio de Viento" del Banco de Datos Oceanográficos Puertos del Estado, correspondiente a la Estación de Ferrol (REMPOR), con datos de may-96 a dic-05, situada en la bocana de la Dársena de Curuxeiras, tal como puede observarse en la figura siguiente.

Figura 2. Estación Meteorológica de Ferrol (REMPOR)

Los datos procedentes de dicha estación de medida se trasladan posteriormente al área de interés, de acuerdo con los coeficientes de correlación de la velocidad de viento, obtenidos del estudio de modelización numérica de viento elaborado por la Universidad de Eindhoven para Marin y Deltares, incluido en el "Estudio de Maniobra de Grandes Buques Gaseros en su Acceso a la Terminal de Reganosa en Mugardos" (2009).

Dichos coeficientes de correlación se han evaluado a partir de los gráficos incluidos en el estudio de modelización de viento indicado. Dado que las simulaciones recogidas en dicho estudio corresponden a sectores de 30º, ha sido necesario obtener, mediante interpolación, los coeficientes correspondientes a los sectores de 22.5º considerados en este caso.

A continuación, se incluye, a título ilustrativo, una de las figuras correspondiente a las simulaciones realizadas.

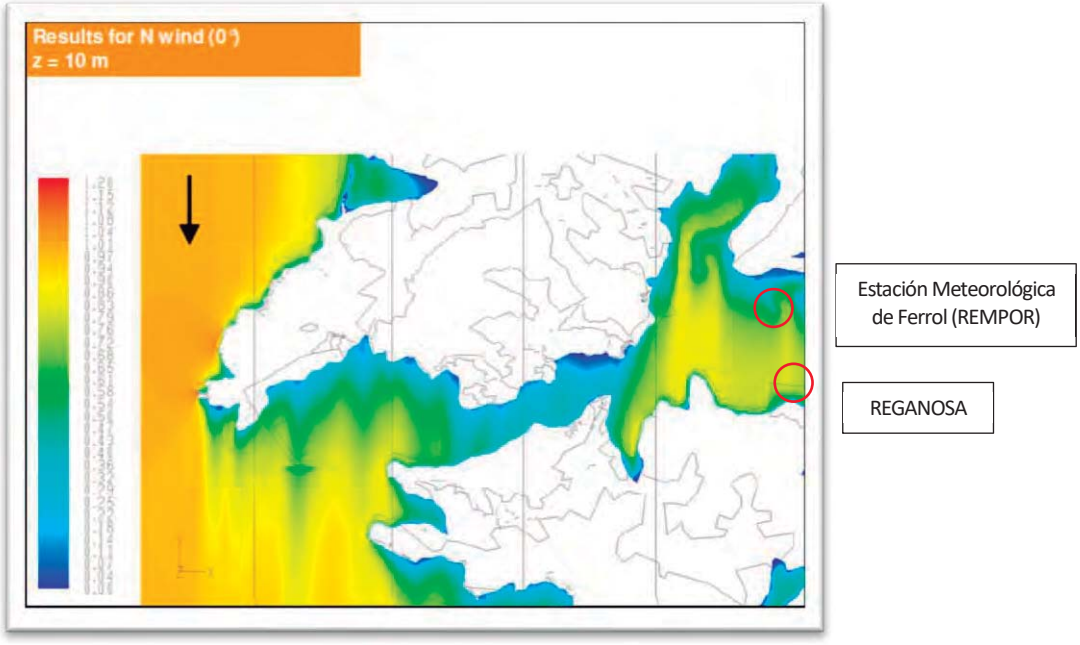


Figura 3. Modelización numérica de viento dirección N

Los coeficientes de correlación ($K = V_{REGANOSA} / V_{REMPOR}$) finalmente adoptados para cada sector de acuerdo con lo indicado, son los que se indican en la tabla siguiente.

Sector		K
N	0.00	1.80
NNE	22.50	1.80
NE	45.00	1.80
ENE	67.50	1.80
E	90.00	1.80
ESE	112.50	1.45
SE	135.00	1.25
SSE	157.50	1.08
S	180.00	0.83
SSW	202.50	0.74
SW	225.00	0.69
WSW	247.50	0.90
W	270.00	1.60
WNW	292.50	1.53
NW	315.00	1.65
NNW	337.50	1.80

Tabla 1. Coeficientes de correlación de velocidad de viento

A partir de dichos coeficientes y de los regímenes medios anuales por direcciones de la velocidad de viento, incluidos en el informe de Puertos del Estado, se ha calculado el régimen medio anual direccional en el punto de interés.

En las figuras siguientes se presentan las tablas de excedencias sectoriales de la velocidad de viento, correspondientes a la estación meteorológica y al área de atraque de REGANOSA.

DIRECCIÓN		Ve (m/s)																	Total
		<= 1.0	2.00	3.50	5.00	6.50	8.00	9.50	11.00	12.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	21.50	23.00	24.50	
CALMAS		19.06																	19.06
N	0		1.32	1.71	1.05	0.40	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.61
NNE	22.5		1.35	2.65	2.15	0.95	0.24	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.38
NE	45		1.29	3.57	3.33	1.73	0.55	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.58
ENE	67.5		0.54	1.62	2.47	2.32	1.39	0.52	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.98
E	90		0.24	0.31	0.35	0.28	0.16	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44
ESE	112.5		0.35	0.11	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49
SE	135		0.59	0.20	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
SSE	157.5		0.52	0.29	0.19	0.11	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22
S	180		0.39	0.75	0.83	0.66	0.40	0.19	0.07	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.31
SSW	202.5		0.56	1.87	2.42	2.18	1.52	0.86	0.40	0.15	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.03
SW	225		0.89	1.35	1.55	1.39	1.02	0.64	0.34	0.16	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.43
WSW	247.5		1.15	1.60	1.74	1.49	1.07	0.65	0.34	0.16	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.29
W	270		0.67	1.03	1.24	1.17	0.92	0.61	0.35	0.17	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.27
WNW	292.5		0.44	0.86	0.93	0.70	0.39	0.16	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.55
NW	315		0.58	0.96	0.86	0.51	0.21	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19
NNW	337.5		1.01	1.04	0.69	0.35	0.14	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.29
Total		19.06	11.89	19.92	19.88	14.25	8.17	4.00	1.75	0.70	0.26	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

Tabla 2. Velocidad Media (Ve) – Dirección de Procedencia (Estación Meteorológica de Ferrol)

DIRECCIÓN		Ve (m/s)																	Total
		<= 1.0	2.00	3.50	5.00	6.50	8.00	9.50	11.00	12.50	14.00	15.50	17.00	18.50	20.00	21.50	23.00	24.50	
CALMAS		19.07																	19.07
N	0		0.38	0.87	1.00	0.88	0.65	0.41	0.23	0.11	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.61
NNE	22.5		0.31	0.96	1.41	1.51	1.30	0.91	0.54	0.27	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.38
NE	45		0.15	1.04	1.82	2.13	1.97	1.51	0.98	0.55	0.26	0.11	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	10.58
ENE	67.5		0.12	0.38	0.73	1.09	1.35	1.43	1.32	1.05	0.73	0.43	0.22	0.09	0.03	0.01	0.00	0.00	8.98
E	90		0.11	0.12	0.16	0.19	0.20	0.19	0.16	0.12	0.09	0.06	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	1.44
ESE	112.5		0.23	0.17	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49
SE	135		0.49	0.23	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88
SSE	157.5		0.48	0.28	0.20	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22
S	180		0.56	0.97	0.90	0.55	0.23	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.31
SSW	202.5		1.30	3.08	2.92	1.75	0.72	0.21	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.03
SW	225		1.65	2.21	1.87	1.08	0.45	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.43
WSW	247.5		1.36	1.85	1.88	1.46	0.93	0.49	0.21	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.29
W	270		0.31	0.47	0.64	0.74	0.78	0.75	0.67	0.56	0.44	0.32	0.23	0.15	0.09	0.05	0.03	0.02	6.26
WNW	292.5		0.18	0.41	0.57	0.63	0.58	0.46	0.32	0.20	0.11	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	3.55
NW	315		0.21	0.44	0.58	0.59	0.51	0.37	0.24	0.14	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19
NNW	337.5		0.38	0.59	0.61	0.54	0.42	0.30	0.20	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	3.29
Total		19.07	8.23	14.05	15.44	13.33	10.17	7.29	4.98	3.22	1.95	1.11	0.59	0.30	0.15	0.07	0.03	0.02	100.00

Tabla 3. Velocidad Media (Ve) – Dirección de Procedencia (REGANOSA)

4.2 Corrientes

Las corrientes en el área de interés serán fundamentalmente las asociadas a las oscilaciones de marea y las producidas por el viento.

Respecto de las primeras, la corriente de flujo empieza a tener presencia en el momento de la bajamar, tirando hacia el interior por la costa Sur de la ría, mientras en la costa Norte continúa la corriente de reflujo, la cual va disminuyendo en intensidad a medida que aumenta la corriente de flujo hasta anularse en la hora de la pleamar. A partir de este momento la corriente de reflujo se establece en toda la ría tirando hacia la boca hasta la hora de la bajamar.

Para la caracterización de las corrientes, se ha consultado el estudio de modelización numérica realizado por Deltares, incluido como apéndice en el "Estudio de Maniobra de Grandes Buques Gaseros en su Acceso a la Terminal de Reganosa en Mugardos" (2009), en el que se presentan simulaciones de unas 15 h de duración asociadas a los siguientes escenarios.

- Escenario 1: media marea.
- Escenario 2: Mareas vivas.
- Escenario 3: Mareas vivas con viento de 10 m/s procedente del SW.

Los valores máximos de las velocidades de corrientes asociados a dichos escenarios en la zona objeto de estudio, así como sus direcciones, se obtienen de los gráficos de resultados del modelo indicado, resultando los siguientes valores.

- Escenario 1: Vc = 0.2 – 0.3 m/s

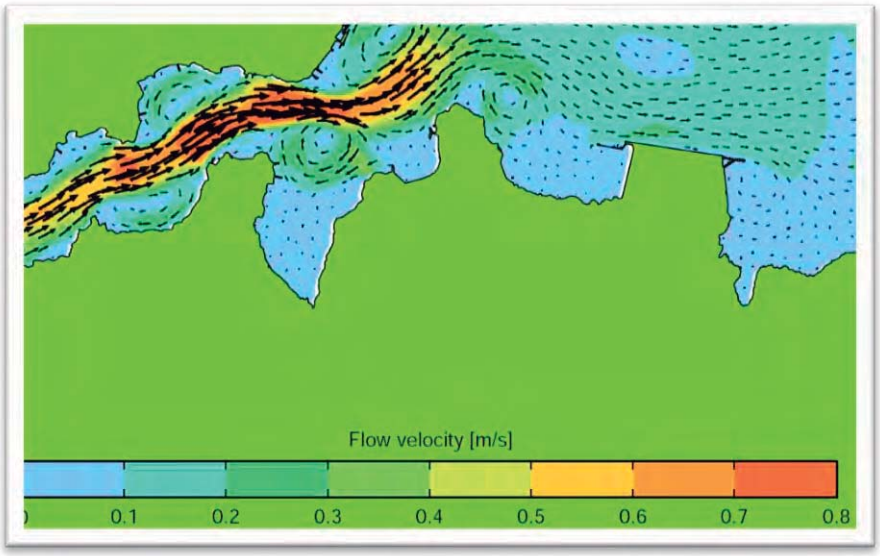


Figura 4. Velocidades máximas y direcciones de corriente en Escenario 1 Deltares (2009)

- Escenario 2: Vc = 0.5 m/s

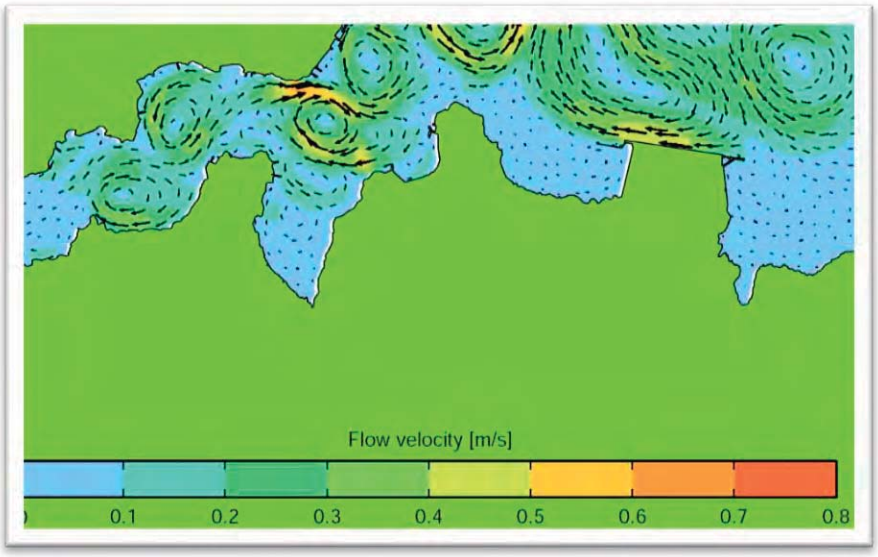


Figura 5. Velocidades máximas y direcciones de corriente en Escenario 2 Deltares (2009)

- Escenario 3: Vc = 0.5 m/s

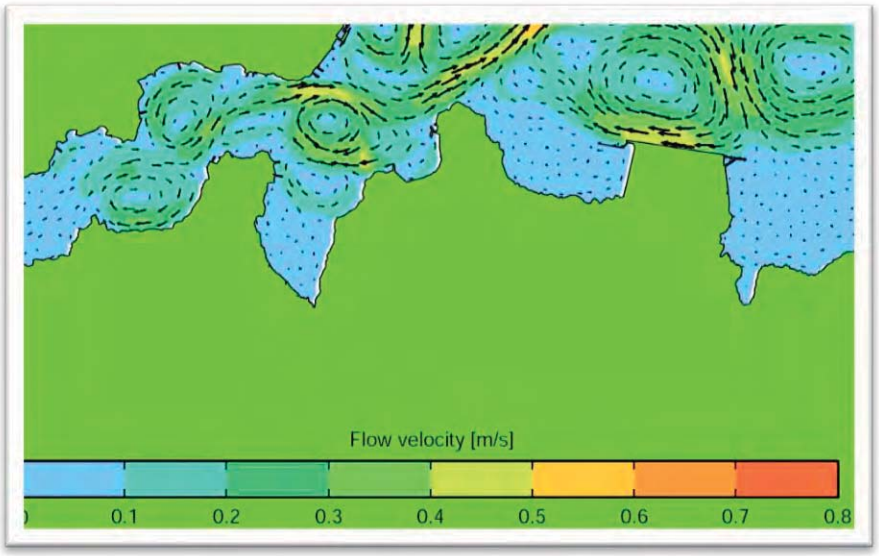


Figura 6. Velocidades máximas y direcciones de corriente en Escenario 3 Deltares (2009)

Como puede observarse, las velocidades de corriente máximas indicadas son compatibles con los valores límite propuestos en la ROM 2.0 para la operación y permanencia de los buques en este tipo de instalaciones.

Cabe destacar que es previsible que, para vientos mayores a 10 m/s, puedan presentarse velocidades de corriente algo superiores, sin que se prevea que ello vaya suponer problemas de relevancia, dado que no se tienen apenas corrientes en sentido transversal al muelle, y que no resulta posible que dichas corrientes sean despegantes.

4.3 Oleaje

Dada la situación abrigada de las instalaciones, es necesario considerar principalmente la presentación de oleajes generados por la actuación del viento en el interior de la ría, los cuales han sido evaluados aproximadamente mediante la formulación recogida en "The Intenational Levee Handbook", publicada por CIRIA.

En base a dicha formulación, y tomando como velocidades máximas de viento, las compatibles con las operaciones de carga y descarga, y la permanencia de los buques, indicadas en la ROM 2.0-11, se obtienen las siguientes alturas de ola y periodos de pico del oleaje.

Límites de operación

- Viento oblicuo al atraque (V=22 m/s)
  Fetch máximo ≈ 4.0 km (viento WNW)
  Altura de ola significante, Hs=0.79 m
  Periodo de Pico, Tp=2.56 s.

- Viento transversal al atraque (V=16 m/s)
  Fetch ≈ 1.0 km (viento NNW)
  Altura de ola significante, Hs=0.27 m
  Periodo de Pico, Tp=1.42 s.

Límites de permanencia

- Viento oblicuo al atraque (V=30 m/s)
  Fetch máximo ≈ 4.0 km (viento WNW)
  Altura de ola significante, Hs=1.16 m
  Periodo de Pico, Tp=2.91 s.

- Viento transversal al atraque (V=25 m/s)
  Fetch ≈ 1.0 km (viento NNW)
  Altura de ola significante, Hs=0.46 m
  Periodo de Pico, Tp=1.7 s.

Como puede comprobarse en la tabla siguiente, las alturas de ola obtenidas cumplen con los valores límite propuestos por la ROM 2.0-11, citada anteriormente, para la operación y permanencia de los buques en este tipo de instalaciones.

Acción	Operación	Permanencia
Longitudinal		
< 60.000 m^3	Vv = 22 m/s - Hs = 1.20 m	Vv = 30 m/s - Hs = 3.0 m
> 60.000 m^3	Vv = 22 m/s - Hs = 1.50 m	Vv = 30 m/s - Hs = 3.0 m
Transversal		
< 60.000 m^3	Vv = 16 m/s - Hs = 0.80 m	Vv = 25 m/s - Hs = 2.0 m
> 60.000 m^3	Vv = 16 m/s - Hs = 1.00 m	Vv = 25 m/s - Hs = 2.0 m

Tabla 4. Velocidades de viento y alturas de ola límite recomendadas por la ROM 2.0-11

Se observa también que las alturas de ola de cierta significación inciden oblicuamente al atraque con procedencia E, teniendo asociada una baja frecuencia de presentación (asociada a vientos de la misma procedencia y más de 22 m/s), y una incidencia moderada sobre el comportamiento de los buques amarrados, tanto por su dirección, como por el reducido periodo del oleaje asociado a las mismas.

4.4 Nivel del mar

Para la caracterización de los regímenes de marea se emplea el informe del mareógrafo "Ferrol 2" de la red REDMAR, de Puertos del Estado, correspondiente al período 2007-2017. Dicho mareógrafo se encuentra situado en el Puerto Interior de Ferrol, según se muestra en la siguiente figura.

Figura 7. Situación del Mareógrafo "Ferrol 2" de la red REDMAR

Atendiendo a dicho informe, se tiene en el área de estudio un régimen mareal semidiurno, que presenta los siguientes niveles representativos de las aguas, referidos todos ellos al cero del mareógrafo, que coincide con el del puerto.

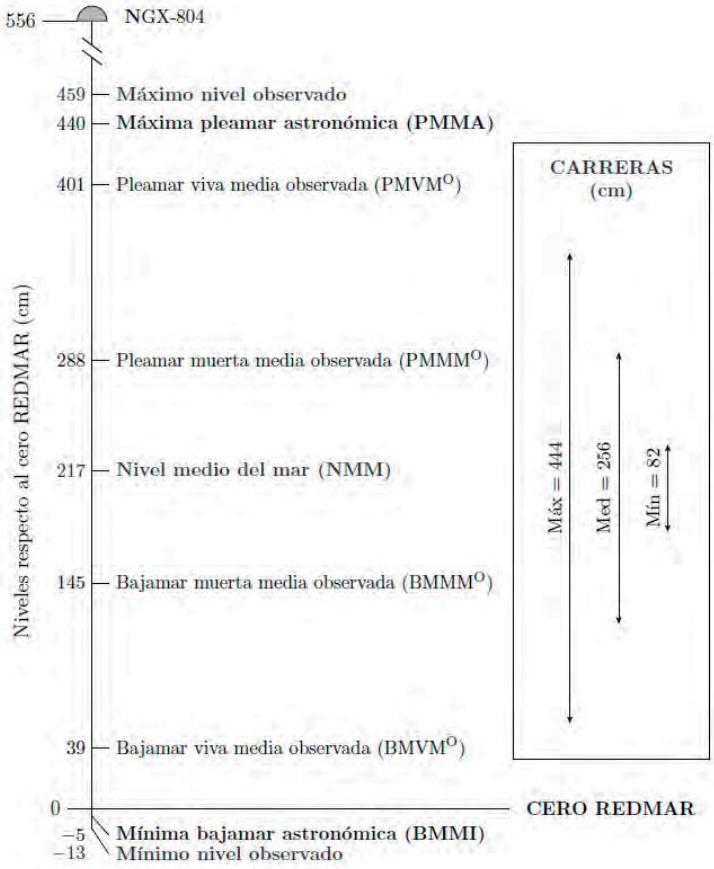


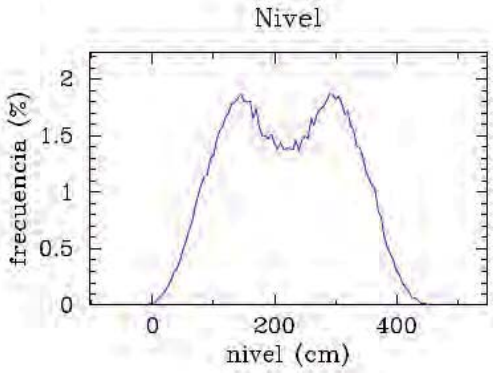
Figura 8. Niveles representativos de las aguas (REDMAR)

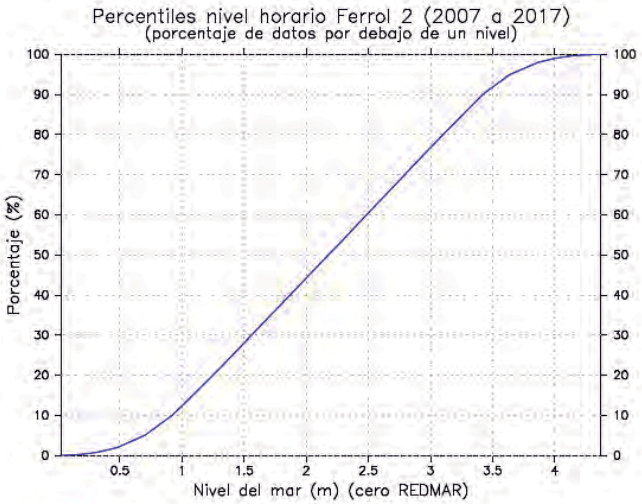
	Niveles (cm)							
	Observados				Marea astronómica			
	Máx	Mín	Med	D.E.	Máx	Mín	Med	D.E.
Pleamar	459	248	345	39	440	253	344	37
Bajamar	194	-13	89	39	183	-5	90	37
Pleamar viva	459	350	401	24	440	351	397	21
Bajamar viva	125	-13	39	25	90	-5	42	23
Pleamar muerta	355	248	288	19	320	253	287	15
Bajamar muerta	194	97	145	19	183	107	145	16

Tabla 5. Estadísticas de pleamares y bajamares (REDMAR)

Como puede observarse, los niveles mínimo y máximo asociados a la marea astronómicas se sitúan respectivamente a las cotas -0.05 m y +4.40 m, mientras que los niveles mínimo y máximo observados se sitúan a las cotas -0.13 m y +4.59 m.

Las frecuencias de presentación de los niveles observados son los que se recogen en las figuras incluidas a continuación.





Nivel (m)	% acumulado
0.03	0.05
0.09	0.10
0.15	0.20
0.25	0.50
0.35	1.00
0.48	2.00
0.70	5.00
0.92	10.00
1.25	20.00
2.18	50.00
3.10	80.00
3.42	90.00
3.64	95.00
3.87	98.00
4.00	99.00
4.11	99.50
4.22	99.80
4.31	99.90
4.37	99.95

Figura 9. Distribución de frecuencia de niveles (REDMAR)

Finalmente, se aprecia que, tal y como se muestra en la siguiente figura, se ha identificado una tendencia positiva en la variación del nivel medio mensual del mar, que resulta de +0.412 cm/año, con un error estimado de ±0.192 cm/año.

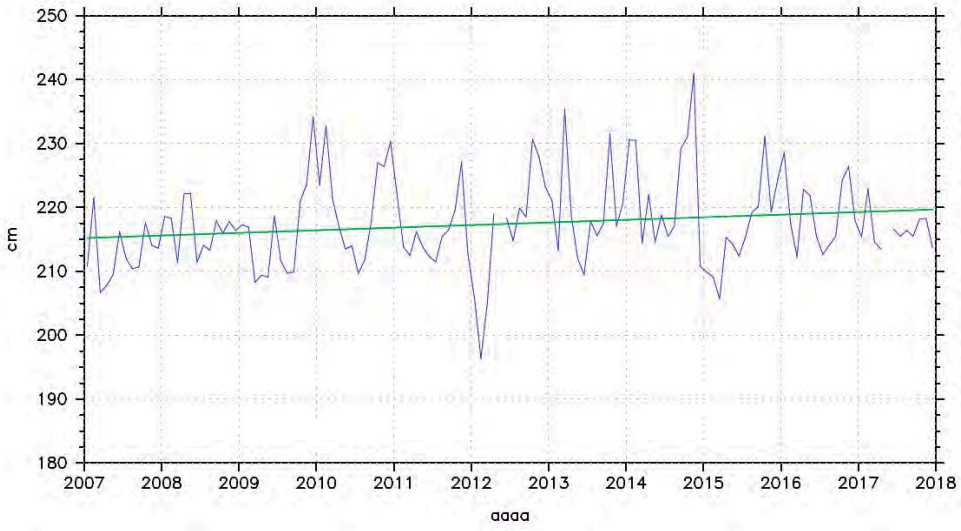


Figura 10. Tendencia en la variación del nivel medio mensual del mar (REDMAR)

Cabe destacar que dicha tendencia está estimada en base en el análisis histórico de los niveles de las aguas en una serie de diez años (2007-2017), sin tomar por tanto en consideración las variaciones que puedan producirse en adelante, debido a situaciones que no se han presentado con anterioridad o que no lo han hecho con la intensidad esperable en el futuro, tales como pudieran ser los incrementos del nivel del mar debido al cambio climático.

El posible incremento del nivel del mar debido a estos efectos se evalúa en el informe de Puertos del Estado "Vulnerabilidad de los puertos españoles ante el cambio climático. Vol.1: Tendencias de variables físicas oceánicas y atmosféricas durante las últimas décadas para el siglo XXI" (2016), en el que se incluyen previsiones a largo plazo para el área Atlántica, que, en el año 2050, alcanzan los 35 cm en el escenario más desfavorable.

5 Características principales del nuevo atraque

De acuerdo con los criterios generales de diseño establecidos, el nuevo atraque tendrá una funcionalidad asimilable a la del atraque existente, siendo capaz de atender buques gaseros convencionales de hasta 266.000 m^3 de capacidad, y dedicados al bunkering o la distribución a pequeña escala, de 650 m^3 de capacidad mínima.

El equipamiento principal del atraque contemplará:

- 4 brazos de carga de 16" y 12.000 m^3/h de caudal de descarga, de los que uno de ellos actuará como brazo de retorno de vapor, y los 3 restantes de líquido.
- Los elementos de descarga que resulten necesarios para la operación de los buques small scale.
- Pasarelas de acceso a buques (gangways).
- Sistemas de lucha contra incendios.
- Caseta de control.

Los brazos de descarga están totalmente equipados DBV/PERC, QC/DC manual, y con sistema de control de posición (PMS), pudiendo accionarse tanto desde consola fija (sala de control del jetty, JMR) como desde una unidad portátil.

En base al "Análisis de Alternativas de ubicación del Nuevo Atraque", redactado previamente al presente estudio, se ha decidido que el eje de la plataforma correspondiente a los buques convencionales, se sitúe a unos 40 m al Oeste del rack de tuberías del atraque Oeste de Forestal del Atlántico, tal como se indica en la figura siguiente.

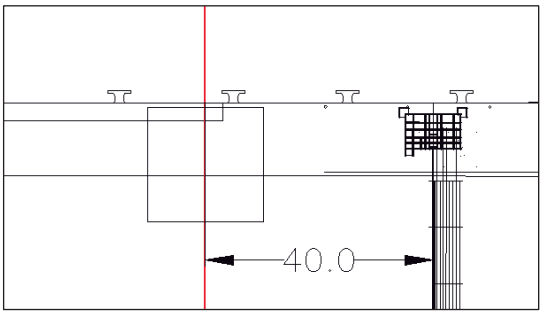


Figura 11. Ubicación del nuevo atraque.

Al respecto de la operación de los buques "small scale", se ha considerado en principio que ésta se realizará mediante el empleo de brazos de carga o mangueras criogénicas independientes, situados al lado Oeste de la plataforma indicada.

Las líneas de conexión del atraque con la planta incluirán las siguientes:

- Un colector principal de 36" (del atraque a los tanques), un colector de carga 16" (desde las bombas primarias al atraque/planta) y una línea de 8" de recirculación.
- Una línea de 28" de retorno de vapor.
- Línea de zero send-out de 6".
- KO Drum con sistema de atemperación.

Todo el sistema de descarga se encontrará situado en un área especialmente diseñada al efecto, que contemplará, entre otros, canaletas, balsas y cubetos de recogida de posibles derrames de GNL cuya misión principal es proteger los materiales que conforman la superestructura de un posible contacto con gas a temperaturas criogénicas.

Al igual que para el atraque existente, las instalaciones estarán dotadas de un sistema de seguridad global, compuesto por distintos subsistemas a efectos de disponer de dos niveles de protección:

- Sistema primario, dedicado a evitar o minimizar el riesgo de incendio o explosión en el terminal, que contempla:
    - Detectores de presencia de gas.
    - Sistema de detección de bajas temperaturas.
    - Sistema de desconexión de emergencia de la operación de descarga (PERC/ERS/ESD).
    - Sistema de liberación de ganchos de escape rápido (QRH).
    - Sistema de monitorización de tensión en las líneas de amarre.
    - Sistema de control de la aproximación de buques al atraque.
    - Sistema de previsión climática.

- Sistema secundario, dedicado a minimizar las consecuencias de cualquier posible accidente que pudiera producirse, el cual incluirá:
    - Sistema de detección de incendios (humo/llama).
    - Sistema de extinción de incendios.
    - Sistema de cortinas de agua, extintores, polvo seco y CO2.
    - Sistemas de protección personal.

Todos los sistemas de emergencia estarán dotados de fuentes alternativas de alimentación en caso de fallo de la alimentación principal.

6 Flota de diseño

De acuerdo con los criterios de diseño establecidos, la flota de diseño del nuevo atraque será la siguiente:

- Buques small scale.
    - Oizmendi (Antes Monte Arucas), 650 m^3.
    - Pioneer Knutsen, 1.100 m^3.

- Greenoil, 4.500 m^3.
- Coral Anthelia, 6.500 m^3.
- Coral Methane, 7.500 m^3.
- Norgas, 10.000 m^3.
- Coral Energy, 15.600 m^3.

- Buques convencionales.

  - Hassi M'Rel, 40.109 m^3.
  - LNG Portovenere, 65.252 m^3.
  - Hoegh Galleon, 87.600 m^3.
  - LNG Lagos, 122.255 m^3.
  - Mostefa ben Boudaid, 125.250 m^3.
  - LNG Abuja, 126.530 m^3.
  - Bachir Chihani, 129.769 m^3.
  - LNG Rivers, 137.300 m^3.
  - Berge Everett, 138.000 m^3.
  - Cadiz Knutsen, 138.000 m^3.
  - Galicia Spirit, 140.000 m^3.
  - Buque tamaño PanamaMax 170.000 m^3.
  - QFLEX, 216.000 m^3.
  - QMAX, 266.000 m^3.

7 Análisis de riesgos náuticos

Como ya se ha indicado anteriormente, en el presente estudio se consideran principalmente los riesgos asociados a las operaciones de los buques, y los correspondientes a los equipos industriales situados incluidos en el interfaz buque – atraque, involucrados en las operaciones de carga / descarga de los mismos.

7.1 Identificación de riesgos

En este apartado se identifican los escenarios de riesgo relacionados con las operaciones de los buques en el entorno del terminal, siguiendo los criterios generales establecidos en las normativas ISO/TS 16901:2015, UNE-EN 1473:2017, y UNE-EN ISO 28460:2011.

En el caso de las operaciones marítimas, el análisis se centra en las maniobras de aproximación de los gaseros a la nueva terminal, así como en las maniobras de atraque y desatraque, al considerarse que los riesgos asociados a la navegación hasta las proximidades de la terminal son los mismos que los asociados a la terminal existente, los cuales han sido evaluados en los estudios previos habiéndose comprobado que la navegación de los buques de proyecto hasta la terminal es viable.

Atendiendo a los criterios expuestos, los posibles incidentes asociados a la navegación y operación de buques en puerto y que pueden derivar en una situación de peligro son:

- Colisión de un buque en navegación con un buque atracado.
- Colisión de un buque contra el atraque durante la maniobra de atraque, impactando con el muelle a una velocidad superior a la de diseño.

- Movimientos excesivos en el atraque debidos a las condiciones medioambientales, o al efecto de “paso de buques” en tránsito.
- Rotura de amarras.
- Movimientos excesivos, o abandono del atraque de forma involuntaria, debido a la liberación accidental de los ganchos de escape rápido.

En el caso de un terminal de GNL, únicamente algunos de los incidentes indicados pueden dar lugar a un derrame de GNL. De acuerdo con la norma ISO/TR 16901:2015, los escenarios de accidentes típicos asociados con las operaciones de buques que pueden generar dicho derrame son:

Fuente de derrame	Escenario	Posible causa
Derrame producido en los tanques del buque metanero	Colisión de buques	Buque en navegación a la deriva
Terminal	Daños en tuberías	Metanero impactando contra el pantalán
	Fuga o rotura de brazos de carga	Movimiento excesivo del buque
		Fallo en las líneas de amarre

Tabla 6. Escenarios típicos de accidentes en terminales de GNL

Por tanto, en el presente estudio se considerarán los escenarios correspondientes a la posible colisión de los buques, y a la fuga o rotura de los brazos de carga. El escenario correspondiente a daños en las tuberías no se considera, puesto que en este caso la tipología del terminal es de muelle continuo, sin que resulte posible que el impacto de un buque produzca daños en las tuberías situadas en la explanada.

7.2 Características de la flota tipo usuaria de los atraques

Para la realización del presente estudio, se han adquirido y analizado datos AIS de operaciones de buques, correspondientes a los años 2017 y 2018, los cuales facilitan parámetros tales como identificación, posición, velocidad, rumbo, calado y destino, a partir de los que pueden identificarse los buques y el número de operaciones realizadas en cada uno de los atraques.

De acuerdo con dichos datos AIS, y con la información recibida de REGANOSA, se ha considerado en el análisis de riesgos la siguiente flota de buques de referencia para los atraques de REGANOSA, y para el atraque Este de Forestal del Atlántico.

Buque	Coral Energy	BW Prince	Sestao Knutsen	Al Daayen	Yamal Spirit	Al Utouriya (Q-Flex)	Zarga (Q-Max)
Capacidad (m^3)	15,600	80,000	138,000	150,000	174,000	216,000	266,000
L (m)	154.95	225.3	284.38	288.2	293.99	315.16	345.3
B (m)	22.7	36.6	42.05	43.4	47.5	50	53.8
Distancia proa-centro manifold (m)	75.49	109.3	136.8	141.6	141.99	155.2	170.3

Tabla 7. Características principales de la flota de buques GNL considerados (REGANOSA)

TPM	10,000	30,000	50,000	70,000	100,000	150,000
Eslora (m)	145.0	190.0	215.0	235.0	260.0	275.0
B (m)	21.6	30.6	36.0	40.1	44.9	51.0

Tabla 8. Características principales de los buques petroleros y de producto considerados (Forestal del Atlántico)

Todos los datos correspondientes a los buques gaseros recogidos en la tabla anterior se han extraído de los estudios de compatibilidad facilitados por REGANOSA, salvo en el caso del buque BW Prince, para el que se han obtenido de la base de datos de DYP Ingeniería. El uso de este buque se justifica por la necesidad de determinar el tamaño máximo que puede operar en algunas de las situaciones de ocupación de atraques analizadas.

En el caso de los buques petroleros, se han empleado las relaciones entre TPM y eslora indicadas por Takahashi (PIANC), debido a que se ha comprobado que, para determinados rangos de buques, se ajustan más a las correspondientes a los buques que vienen operando en Forestal del Atlántico que las relaciones propuestas por la ROM 2.0-11.

Los datos AIS analizados reflejan la operación de buques petroleros de hasta 275,0 m en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico, por lo que se emplea este tamaño de buque como máximo, si bien, de acuerdo con la información proporcionada por dicha empresa, sería posible la operación de petroleros de hasta 230.000 TPM.

Adicionalmente, se consideran buques de menor porte con el fin de determinar en cada caso el buque máximo que podría operar en cada uno de los escenarios analizados.

Dado que las operaciones de carga/descarga de los buques petroleros y de productos se llevan a cabo mediante mangueras flexibles, se ha considerado que amarran alineando su centro geométrico con el punto medio de la terminal.

7.3 Número de operaciones por atraque

En la tabla siguiente se presenta el número de operaciones anuales realizadas en cada uno de los atraques, obtenido del histórico de operaciones de REGANOSA (2017 - 2019) y de los datos AIS analizados (2017 - 2018), mencionados anteriormente.

Atraque	2017	2018	2019
Oeste Reganosa	15	16	24
Este Forestal	49	14	-
Oeste Forestal	47	40	-

Tabla 9. Nº de operaciones 2017 - 2019 en atraques de Punta Promontorio.

En los gráficos recogidos a continuación, en los que se presenta la distribución mensual de llegadas correspondiente a los años indicados, puede observarse que en principio no se identifica ninguna tendencia estacional para los conjuntos de buques considerados (no analizada tendencia respecto de los volúmenes de productos trasegados sino únicamente en relación con el número de operaciones).

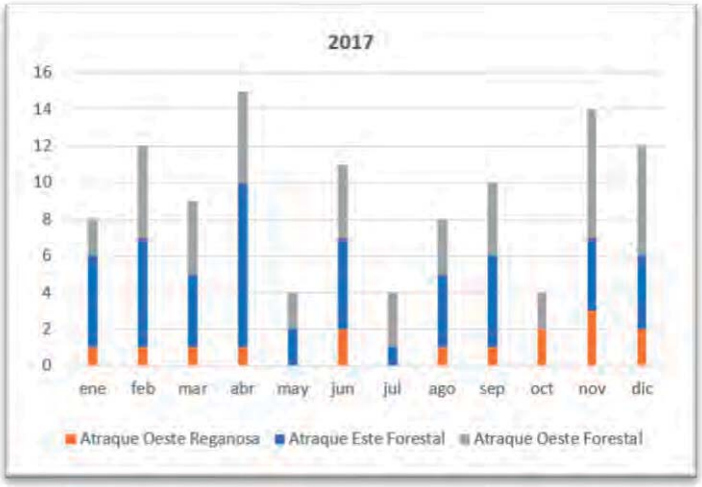


Figura 12. Nº de operaciones en atraques Punta Promontorio (2017)

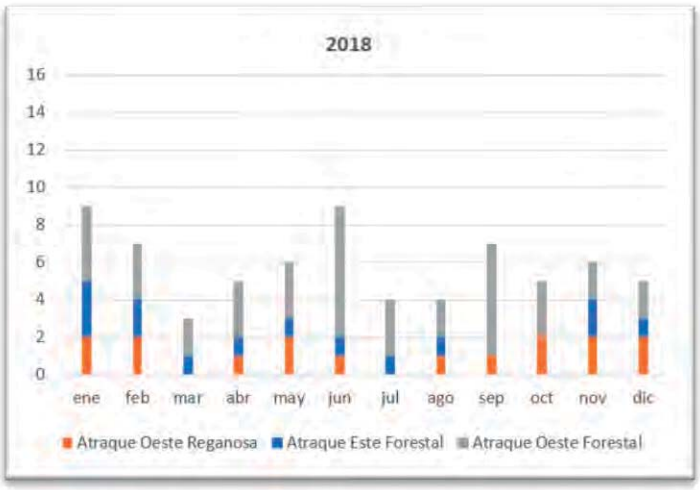


Figura 13. Nº de operaciones en atraques Punta Promontorio (2018)

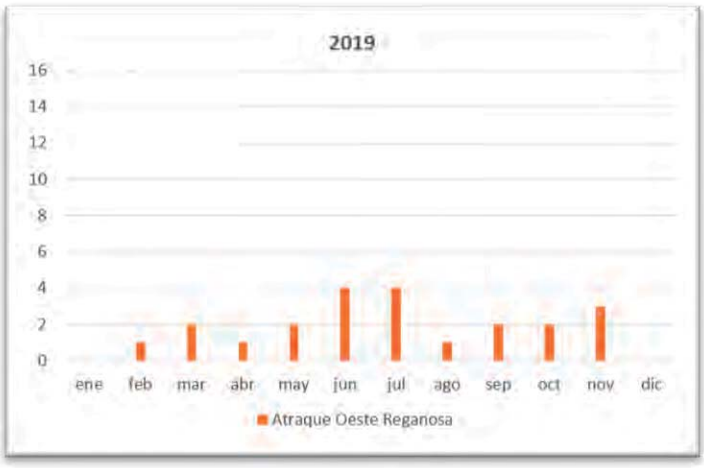


Figura 14. Nº de operaciones en atraque de Reganosa (2019)

7.4 Análisis preliminar de maniobras en condiciones normales de operación

A fin de valorar la viabilidad y las condiciones en las que puedan desarrollarse las maniobras de los buques metaneros, asociadas al nuevo atraque, y la posible interferencia con los atraques existentes, se realiza en primer lugar un análisis preliminar de las maniobras de atraque y desatraque de los buques en condiciones normales de operación.

Puesto que no hay modificación alguna en el paso por la ría, se analiza únicamente la zona situada entre la Punta del Vispón y la terminal, centrando el análisis en las maniobras de reviro, atraque y salida, con objeto de identificar posibles interferencias con los atraques existentes.

Para realizar el estudio se ha tenido en cuenta particularmente lo estipulado en las "Normas de seguridad para la entrada, atraque, desatraque y salida de buques gaseros en la Ría de Ferrol" (2013), y en los "Nuevos criterios de navegación y remolque para el Puerto y la Ría de Ferrol con las normas de seguridad para la maniobra de grandes buques en el Puerto Exterior" (2012), así como a la información y las indicaciones facilitadas por PRÁCTICOS DEL PUERTO Y RÍA DE FERROL, S.L.P durante la reunión y la correspondida mantenidas con dicha entidad a estos efectos.

Teniendo en cuenta que, dada la diferente fecha de redacción de los documentos indicados, y los distintos tipos y tamaños de buques a que aplican (uno generalista y otro específico para gaseros), ninguno es completo en sí mismo, se han considerado dichos documentos como complementarios, habiéndose atendido por tanto a las condiciones más restrictivas incluidas en cualquiera de ellos, en los casos en los que se ha observado alguna posible discrepancia entre ambos.

Los principales datos extraídos de los documentos mencionados, al respecto de los requerimientos de remolque, las áreas de reviro, los niveles de marea y las profundidades requeridas durante la navegación, son los se resumen a continuación:

- Requerimientos de Remolque
    - Los buques de hasta 135 m de eslora emplearán dos remolcadores, uno por la proa y otro por la popa, ambos de tracción especial.
    - Los buques de eslora comprendida entre 135 m y 250 m de eslora, y manga de hasta 40 m, realizarán las maniobras de entrada y salida de la ría con tres remolcadores, dos por la popa y uno por la proa (los tres de tracción especial), sumando los de popa un tiro de al menos 100 toneladas y el de proa al menos 50 toneladas.
    - Los buques de eslora comprendida entre 250 m y 315 m realizarán las maniobras de entrada y salida de la ría con cuatro remolcadores, dos por la popa y dos por la proa (los de popa siempre de tracción especial, para ejercer la función de retenida), sumando el total, tanto los de popa como los de proa, al menos 100 toneladas de tiro. Los mayores de 315 metros, en la formación de popa, dispondrán de dos remolcadores cuyo tiro sume, al menos, 150 toneladas.

- Área de reviro
    - La maniobra de reviro se realizará frente a la terminal de REGANOSA, de manera que el buque atraque babor al muelle y con la proa dirigida hacia la salida de la bahía. En la maniobra de reviro, atraque y salida se requiere la misma configuración de remolcadores que en el tránsito por el canal.

- La maniobra de reviro se realizará en el área designada al efecto, frente a la terminal, de manera que el buque quede atracado por la banda de babor, proa a la salida de la ría.
- Tanto para el reviro como para el atraque y salida, se utilizará la misma composición de remolcadores que la utilizada para el paso por la canal.

- Niveles de marea
  - Todas las maniobras entrada y salida serán realizadas con marea parada
  - Todos los buques gaseros de eslora menor a 210 m y manga inferior a 40 m, podrán entrar o salir de la bahía de Ferrol en cualquier estado de carga, con marea parada (pleamar o bajamar), cumpliendo con el resguardo bajo quilla establecido (12% del calado).
  - Todos los buques gaseros de eslora entre 250 m y 290 m, y manga entre 40 y 49 m, en condición de cargados, entrarán o saldrán en pleamar. En condición de laste, la entrada o salida puede realizarse en bajamar.
  - Todos los buques gaseros de eslora entre 290 m y 346 m, y manga máxima no superior a 54 m, en condición de plena carga, entrarán o saldrán en pleamar. En la condición de lastre pueden efectuar la entrada o salida en bajamar. Los buques de eslora mayor de 315 metros realizarán las maniobras con luz diurna.

- Resguardo bajo quilla
  - Los establecidos en los criterios de navegación y un resguardo de agua bajo la quilla, de al menos el 12% del calado del buque. En las notificaciones del ETA, se incluirán, siempre, los calados a proa y popa del buque.

En base en los estudios de riesgo realizados, los resguardos en planta adoptados en la línea de atraque son equivalentes a los propuestos por la ROM 3.1-99 para tráficos distintos de los de GNL y buques de más de 300 m de eslora, siendo la distancia entre la proa y la popa de dos buques contiguos atracados, de 30 m. En el establecimiento de esta distancia, se ha tenido en cuenta que el incremento de resguardo recomendado para mercancías peligrosas, viene inducido precisamente por la peligrosidad de la carga y las operaciones (no por la capacidad de maniobra de los buques), y que es aplicable con carácter general a los casos en que no se dispone de estudios de riesgo específicos.

Así mismo, se ha tenido en cuenta que las amarras empleadas por los buques que ocupan atraques contiguos no generan interferencias en las maniobras de atraque y desatraque, tal como puede comprobarse en las siguientes figuras ilustrativas de las situaciones más desfavorables a estos efectos.

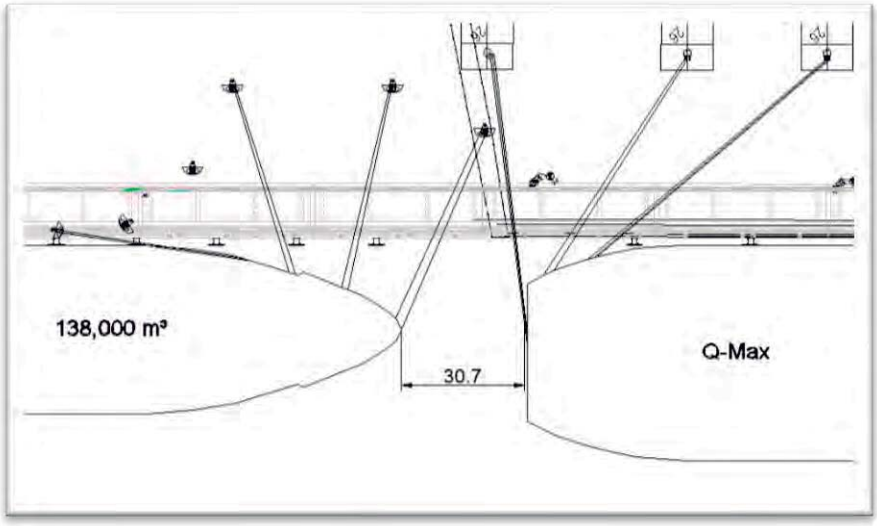


Figura 15. Disposición de largos en el atraques Este y Oeste de Reganosa

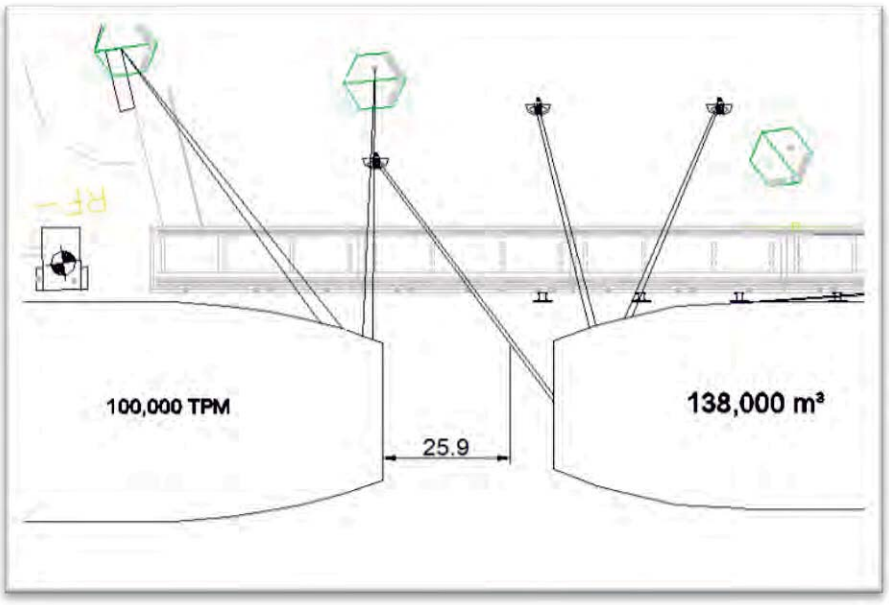


Figura 16. Disposición de largos en el atraque Este de Reganosa y Este de Forestal del Atlántico

En los siguientes aparatados se incluye la descripción de las estrategias de maniobra considerada según las indicaciones de los Prácticos del Puerto y Ría de Ferrol. La realización de dichas maniobras se estima en principio viable sin necesidad de que los remolcadores involucrados en las mismas deban invadir las áreas de riesgo identificadas en el apartado 8 de este documento.

A los efectos de este análisis, dado que la batimetría de detalle recibida, realizada en el año 2018, no cubre la totalidad de las áreas a considerar, se ha optado por trabajar sobre una batimetría procedente de carta náutica, habiéndose comprobado previamente que ambas resultan suficientemente aproximadas en las zonas de interés.

7.4.1 Maniobras de entrada

En primer lugar, se comprueba la disponibilidad de calados suficientes para la realización del reviro frente al nuevo atraque. La comprobación se realiza calculando el área de reviro necesaria para buques de entre 250 m y 345 m de eslora (hasta Q-Max), y 12.5 m de calado máximo, atendiendo a lo indicado en la ROM

3.1-99, estableciendose un requerimiento de profundidad mínima de 14.0 m, a fin de asegurar el citado resguardo bajo quilla, del 12% del calado del buque.

Tal como puede observarse en la tabla y las figuras siguientes, en las áreas de reviro así dimensionadas, situadas aproximadamente frente a la ubicación del nuevo atraque, se tienen profundidades mínimas de hasta unos 11 m, por lo que, en los casos más desfavorables, los buques habrían de realizar la maniobra de reviro y atraque con niveles de marea superiores a los indicados a continuación, o, alternativamente, realizar el reviro en la zona empleada actualmente para el atraque existente, adaptando la maniobra de acceso a las profundidades disponibles, lo que se considera en principio viable dados los espacios disponibles.

Calado (m)	Profundidad requerida (m)	Nivel marea requerida (m)
10.0	11.2	0.10
10.5	11.8	0.66
11.0	12.3	1.22
11.5	12.9	1.78
12.0	13.4	2.30
12.5	14.0	2.90

(*) No considerado resguardo por imprecisiones de batimetría por considerarse que esta es bien conocida

Tabla 10. Niveles de marea y profundidad requeridos para la navegación de los buques a plena carga.

Figura 17. Ubicación y dimensiones del área de reviro frente al nuevo atraque. Buques de 250 m de eslora.

Figura 18. Ubicación y dimensiones del área de reviro frente al nuevo atraque. Buques de 345 m de eslora.

Una vez comprobado que es posible realizar en el área de la nueva terminal, se observa que no deberían presentarse en principio dificultades especiales para la realización de las maniobras de atraque, planteándose a continuación posibles estrategias de maniobras a seguir, habituales en la operación de buques metaneros.

- **Buques de más de 250 m de eslora**

  La configuración de remolcadores para este tipo de buques será la misma empleada para el tránsito del canal de acceso, dos remolcadores firmes en proa, en ambas amuras y preferiblemente en puntos simétricos, y dos remolcadores firmes en popa, en ambas aletas, y preferiblemente en puntos simétricos.

  La maniobra de reviro comenzará con los remolcadores de popa, firmes en las gateras de las aletas de babor y estribor, tirando por la misma popa para reducir la arrancada del buque, facilitando que la llegada al punto de reviro se produzca a baja velocidad.

  Poco antes de alcanzar el punto de reviro, situado frente a los brazos de carga/descarga de la terminal, el remolcador firme en la aleta de babor pasará a tirar por el través de babor, para comenzar el reviro, a la vez que se sigue reduciendo la velocidad con el remolcador de la aleta de estribor, que seguirá tirando por la misma popa. Simultáneamente el remolcador firme en la amura de estribor comenzará a tirar por el través de estribor para ayudar en dicho reviro, a la vez que se largará el remolcador que se encuentra firme en la amura de babor.

  Cuando el buque se halle prácticamente detenido, y principalmente con vientos de componente norte, el remolcador firme en la aleta de estribor pasará a empujar de carnero en dicha aleta, aumentando así la velocidad de reviro. Durante esta parte de la maniobra se podrá emplear la máquina del buque para mantener la posición de reviro evitando su movimiento longitudinal (proa-popa).

  Poco antes de completar el reviro del buque, cuando el buque se encuentre casi paralelo al muelle, el remolcador de proa estribor dejará de tirar, quedando en stand-by en esa misma posición, mientras que el remolcador que estaba firme en proa babor, ya largado anteriormente, pasará a apoyarse en la proa estribor, en el punto en el que terminen los finos del buque, comenzando a empujar para reducir la velocidad de rotación del buque y aproximar el buque al muelle. En ese mismo instante, se procederá a largar el remolcador firme en la aleta de babor, que una vez liberado pasará a empujar en popa, en el punto en el que terminen los finos de popa. Una vez apoyado este remolcador, el que se encuentra firme en la aleta de estribor pasará a una posición de stand-by en el través de estribor del buque, pudiendo ayudar, en caso de necesidad, a reducir la velocidad de rotación del buque desde ese punto.

  Una vez finalizado el reviro del buque, y ya durante la fase de aproximación del buque a la terminal, los remolcadores empujando de carnero en su proa y popa acercarán el buque a la terminal, disponiéndose de los remolcadores aún firmes en la amura y aleta de estribor para que con su tiro se pueda reducir la velocidad de aproximación, que no deberá superar los 0,10 m/s en el momento del contacto con las defensas de la terminal.

  En el supuesto de vientos de componente sur, la aproximación podrá ser auxiliada, en caso de necesidad, apoyando los remolcadores aún firmes en la amura y aleta de estribor, para que también empujen de carnero.

- **Buques de entre 135 y 250 m de eslora**

  La configuración de remolcadores para este tipo de buques será la misma empleada para el tránsito del canal de acceso, un remolcador firme en proa, en la gatera central del buque, y dos remolcadores firmes en popa, en ambas aletas, y preferiblemente en puntos simétricos.
  La maniobra de reviro comenzará con los remolcadores de popa, firmes en las gateras de las aletas de babor y estribor, tirando por la misma popa para reducir la arrancada del buque, facilitando que la llegada al punto de reviro se produzca a baja velocidad.

  Poco antes de alcanzar el punto de reviro, situado frente a los brazos de carga/descarga de la terminal, el remolcador firme en la aleta de babor pasará a tirar por el través de babor, para comenzar el reviro, a la vez que se sigue reduciendo la velocidad con el remolcador de la aleta de estribor, que seguirá tirando por la misma popa. Simultáneamente el remolcador firme en la gatera central de proa comenzará a tirar por el través de estribor para ayudar en dicho reviro.

  Cuando el buque se halle prácticamente detenido, y principalmente con vientos de componente norte, el remolcador firme en la aleta de estribor pasará a empujar de carnero en dicha aleta, ayudando así a realizar el reviro del buque. Durante esta parte de la maniobra se podrá emplear la máquina del propio buque para mantener la posición de reviro evitando su movimiento longitudinal (proa-popa).

  Poco antes de completar el reviro, cuando el buque se encuentre casi paralelo al muelle, el remolcador de proa estribor dejará de tirar y pasará a apoyarse en la proa estribor, comenzando a empujar para reducir la velocidad de rotación y aproximar el buque al muelle. En ese mismo instante, se procederá a largar el remolcador firme en la aleta de babor, que una vez liberado pasará a empujar en el centro del costado de estribor del buque.

  Una vez finalizado el reviro, y ya durante la fase de aproximación a la terminal, con los tres remolcadores empujando para aproximar el buque al muelle, se podrá utilizar los remolcadores firmes en proa y popa para que tirando puedan reducir la velocidad de aproximación, que no deberá superar los 0,10 m/s en el momento del contacto con las defensas de la terminal, mientras que se mantendrá el central empujando para acercarnos al muelle.

- **Buques de menos de 135 m de eslora**

  La configuración de remolcadores para este tipo de buques será la misma empleada para el tránsito del canal de acceso, dos remolcadores firmes en las gateras centrales de proa y popa, de manera que puedan actuar tirando o empujando desde sus respectivas posiciones.
  La maniobra de reviro comenzará con el remolcador de popa tirando por la misma popa para reducir la arrancada del buque, facilitando que la llegada al punto de reviro se produzca a baja velocidad.

  Poco antes de alcanzar el punto de reviro, situado frente a los brazos de carga/descarga de la terminal, ambos remolcadores comenzarán a tirar, el de proa por el través de estribor, y el de popa por el través de babor, comenzando así el reviro del buque.

  Durante esta parte de la maniobra se podrá emplear la máquina del propio buque para mantener la posición de reviro evitando su movimiento longitudinal (proa-popa).

  Poco antes de completar el reviro, cuando el buque se encuentre casi paralelo al muelle, el remolcador de proa pasará a apoyarse en la amura de estribor, comenzando a empujar para

reducir la velocidad de rotación y aproximar el buque al muelle. En ese mismo instante, el remolcador de popa pasará tirar por el través de estribor para reducir la velocidad de rotación del buque y posteriormente se apoyará en la aleta de estribor para empujar y continuar así la maniobra de aproximación.
Una vez finalizado el reviro, y ya durante la fase de aproximación a la terminal, se podrá utilizar ambos remolcadores, tirando o empujando según necesidad, para controlar las velocidades laterales de aproximación del buque al muelle, que no deberán superar los 0,10 m/s en el momento del contacto con las defensas de la terminal.

7.4.2 Maniobras de Salida

Análogamente al caso anterior, no se observan dificultades especiales que pudieran condicionar las maniobras de salida, planteándose a continuación posibles estrategias de maniobras a seguir, habituales en la operación de este tipo de buques.

- **Buques de más de 250 m de eslora**

  La configuración de remolcadores prevista para esta clase de buques, formada por cuatro remolcadores con una combinación mínima de 100 toneladas a proa a popa y de 150 toneladas en popa para mayores de 315 m, resulta apropiada para este tipo de maniobras si se realizan con vientos de velocidad media menor o igual a 20 nudos, con rachas de hasta 25 nudos, valor acorde a las prescripciones incluidas en las normas de operación de gaseros en la ría de Ferrol.

  La maniobra comienza haciendo firmes dos remolcadores, uno en la amura de estribor y el otro en la aleta de estribor, y disponiendo otros dos remolcadores apoyados en los extremos del cuerpo paralelo del buque, uno a proa y otro a popa (generalmente en el frente del puente). Si el viento reinante es de componente sur, es decir, que tiende a separar al buque de las defensas, los cuatro remolcadores se mantendrán apoyados en el costado de estribor del buque, y empujaran con una fuerza proporcional a la intensidad del viento reinante, manteniéndolo apoyado sobre las defensas de la terminal durante las operaciones de poner en sencillo y posteriormente largar amarras, momento en el que los remolcadores firmes a proa y a popa pasaran a trabajar tirando de través por estribor, mientras que los que se encuentran apoyados, pero sin cabo firme al buque, se separarán para permitir que, con la acción de los remolcadores que trabajan por el través, el buque comience a alejarse del muelle.

  Si el viento reinante es de componente norte, es decir, que tiende a mantener al buque apoyado en las defensas, no será necesario apoyar los remolcadores firmes en la amura y la aleta de estribor, pudiendo mantenerse en la posición de través de estribor, listos para tirar del buque una vez se hayan largado todas las amarras y se hayan separado los remolcadores que lo empujan para mantenerlo atracado.

  Cuando el buque se halle a unos 50 metros de las defensas, se aumenta la potencia de tiro del remolcador firme en la amura de estribor, con el fin de caer a estribor y ganar poco a poco el rumbo que permita librar el cabo de Punta Leiras, momento en el que se da máquina avante para alejarse de la terminal y proceder hacia la canal de acceso.

  Con el buque ya con máquina avante, y arrancada, se hacen firmes los otros dos remolcadores en la amura y en la aleta de babor, cumpliendo con la configuración de seguridad establecida para el tránsito de este tipo de buques por la canal de acceso.

- **Buques de entre 135 y 250 m de eslora**

  La maniobra se desarrollará auxiliado por tres remolcadores de tracción especial, con un tiro de al menos 50 toneladas para el de proa, y de al menos 100 toneladas para la suma de los dos de popa. Las operaciones comenzarán haciendo firme un remolcador en proa por la gatera central, y uno en popa, por la gatera de la aleta de estribor. El tercer remolcador se colocará apoyado en la banda de estribor del buque, aproximadamente en el centro de su eslora. Si el buque dispusiese de bowthruster, se podrá desplazar hacia popa el punto de apoyo del tercer remolcador, con el fin de igualar su efecto con el creado por la hélice de proa del buque.
  Si el viento reinante es de componente sur, es decir, que tiende a separar al buque de las defensas, los tres remolcadores se mantendrán apoyados en el costado de estribor del buque, y empujaran, conjuntamente con la bowthruster del buque, si dispusiese de ella, con una fuerza proporcional a la intensidad del viento reinante, manteniéndolo apoyado sobre las defensas de la terminal durante las operaciones de poner en sencillo y posteriormente largar amarras, momento en el que los remolcadores firmes a proa y a popa pasaran a trabajar tirando de través por estribor, se detendrá la bowthruster y se procederá a separar el remolcador que se encuentra apoyado, pero sin cabo firme al buque, para permitir que, con la acción de los remolcadores que trabajan por el través, el buque comience a alejarse del muelle.

  Si el viento reinante es de componente norte, es decir, que tiende a mantener al buque apoyado en las defensas, no será necesario apoyar los remolcadores firmes en la proa y la aleta de estribor, pudiendo mantenerse en la posición de través de estribor, listos para tirar del buque una vez se hayan largado todas las amarras y se hayan separado el remolcador que lo empuja para mantenerlo atracado y se haya detenido la bowthruster del buque, si la tuviese.

  Cuando el buque se halle a unos 50 metros de las defensas, se aumenta la potencia de tiro del remolcador firme en la proa, con el fin de poco a poco caer a estribor y ganar el rumbo que permita librar el cabo de Punta Leiras, momento en el que se da máquina avante para alejarse de la terminal y proceder hacia la canal de acceso.

  Con el buque ya con máquina avante, y arrancada, se hace firme el tercer remolcador en la aleta de babor, cumpliendo con la configuración de seguridad establecida para el tránsito de este tipo de buques por la canal de acceso.

- **Buques de menos de 135 m de eslora**

  En esta maniobra se emplearán dos remolcadores de tracción especial, firmes en las gateras centrales de proa y popa, de forma que, con el uso de su maquinilla, puedan alargar o acortar sus cabos de remolque para poder trabajar con seguridad tanto empujando en el costado del buque, como tirando por el través del mismo.

  Una vez firmes, ambos remolcadores se apoyarán en la amura y en la aleta de estribor del buque y empujarán para mantener el buque atracado contra las defensas de la terminal durante las operaciones de poner en sencillo y posterior largado de amarras.

  Cuando el buque halla largado todas sus amarras, ambos remolcadores pasarán a tirar por el través de estribor, separándolo poco a poco de las defensas, y cuando se halle a unos 50 metros de ellas, se aumenta la potencia de tiro del remolcador firme en la proa, con el fin de poco a poco caer a estribor y ganar el rumbo que permita librar el cabo de Punta Leiras, momento en el que se da máquina avante para alejarse de la terminal y proceder hacia la canal de acceso.

7.5 Ocupación simultánea de atraques

En el "Análisis de Alternativas de Ubicación del Nuevo Atraque", que como ya se ha indicado se acometió previamente al presente informe, se definieron las combinaciones de buques máximos que en principio podrían ocupar simultáneamente los atraques de REGANOSA y Forestal del Atlántico, para la alternativa de ubicación del atraque seleccionada.

En el análisis realizado se tuvieron en cuenta las distancias mínimas admisibles entre los buques, tanto desde el punto de vista de los riesgos asociados a las operaciones náuticas, como de la operación de los equipos industriales incluidos en el interfaz buque – atraque, si bien es conveniente insistir en que las conclusiones alcanzadas deberán ser confirmadas en fases posteriores de Proyecto, mediante estudios de simulación de maniobras en tiempo real con los que pueda verificarse que las maniobras pueden realizarse de forma lo suficientemente segura, tanto en condiciones normales de operación, sin invadir las zonas de riesgo identificadas, como asimismo en condiciones de emergencia, tal como se indicará más adelante.

A efectos de las compatibilidades indicadas, es importante mencionar que el estudio se ha desarrollado considerando las características particulares de los buques indicados por REGANOSA, o de las características más habituales de los buques para el caso de Forestal del Atlántico (principalmente en lo que respecta a la relación de eslora y TPM), por lo que la compatibilidad final deberá ser comprobada asimismo en función de las características reales de los buques que operen en cada caso.

Cabe destacar también que, si a partir de un determinado momento, Forestal del Atlántico decidiese emplear brazos de carga en lugar de mangueras para la operación de los buques, manteniendo la misma posición de la plataforma de descarga, las interferencias identificadas podrían variar algo, debido a la necesidad de alinear los brazos con los manifolds de los buques.

Los resultados obtenidos son los que se presentan en las tablas incluidas a continuación, en las que se recogen las distancias entre los mayores buques que se prevé operarán en cada atraque (di) y los atracados en los puestos contiguos, compatibles con los mismos, así como las posibles interferencias en amarras identificadas inicialmente, que se comentan a continuación.

Primeramente, se incluyen las tablas de simultaneidad de atraque, dos a dos y posteriormente las correspondientes a la ocupación de los tres atraques.

Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	di buques atraques REGANOSA (m)	Posibles interferencias de amarras
Q-Max	138,000 m³	31.8	-
Q-Flex	174,000 m³	41.6	-
174,000 m³	Q-Flex	36.1	(1)
80,000 m³	Q-Max	57.0	-

Tabla 11. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Oeste - Atraque Este REGANOSA.

Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	di buque atraque Este REGANOSA – atraque Este FORESTAL (m)	Posibles interferencias de amarras
Q-Max	30,000 TPM (LOA = 190.0 m)	41.8	(3)
Q-Flex	70,000 TPM (LOA = 235.0 m)	34.3	(2)
174,000 m³	70,000 TPM (LOA = 235.0 m)	42.1	(2)
138,000 m³	100,000 TPM (LOA = 260.0 m)	34.1	(2)
80,000 m³	150,000 TPM (LOA = 275.0 m)	58.2	(2)

Tabla 12. Distancias entre buques e interferencias de amarras. Atraque Este REGANOSA- Atraque Este Forestal.

Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	di buques atraques REGANOSA (m)	d buque Atr. Este REGANOSA – Atr. Este FORESTAL (m)
Q-Max	138,000 m³	100,000 TPM (LOA = 260.0 m)	31.8	34.1
80,000 m³	Q-Max	30,000 TPM (LOA = 1090.0 m)	57.0	41.8
Q-Flex	174,000 m³	70,000 TPM (LOA = 235.0 m)	41.6	42.1
174,000 m³	Q-Flex	70,000 TPM (LOA = 235.0 m)	36.1	34.3
Q-Max	80,000 m³	150,000 TPM (LOA = 275.0 m)	59.3	58.2

Tabla 13. Distancias entre buques en ocupación de los tres atraques.

En las figuras incluidas en el Anexo 3 de este documento se presentan los planos correspondientes a las distintas combinaciones de buques indicadas.

Los buques de Forestal del Atlántico se presentan atracando a estribor (proa hacia el interior de la ría), debido a que, según la información recibida, es la práctica que sigue habitualmente dicha compañía.

Como puede observarse en dichas figuras, las distancias entre el eje del nuevo atraque, con respecto al atraque de REGANOSA existente y con respecto al atraque Este de Forestal del Atlántico, resultan respectivamente de 343.5 m (mayor que el mínimo, de 200 a 300 m, recomendado por la ROM 2.0-11 para atraques de GNL) y de 311.7 m.

Al respecto de las posibles interferencias en amarras, y según se indica en las tablas anteriores, se presenta una posible interferencia (1) cuando atracan simultáneamente el buque Q-Flex en el atraque Este de REGANOSA y un buque de 174.000 m³ en el atraque Oeste. Esta situación se debe principalmente a la ubicación del gancho de escape rápido existente ubicado más al Este, tal como se muestra en la figura siguiente.

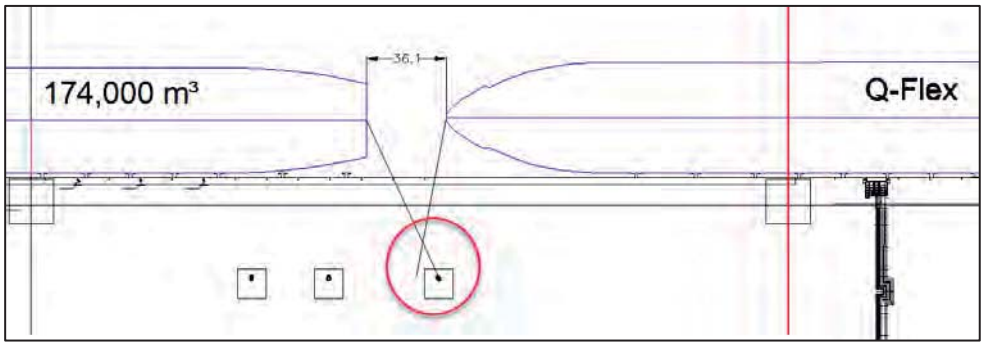


Figura 19. Posible interferencia de amarras (1)

En principio, se prevé viable solventar esta interferencia, posiblemente mediante la implementación de un nuevo gancho de escape rápido para atender al buque de 174.000 m^3 (quedando el existente para dar servicio al Q-Flex), y el empleo de un esquema de amarre adecuado. El análisis de detalle de esta situación se acometerá en fases posteriores de los trabajos, estimándose importante destacar en todo caso que esta interferencia no se presenta cuando el Q-Flex se sitúa en el atraque Oeste y el buque de 174.000 m^3 en el nuevo atraque.

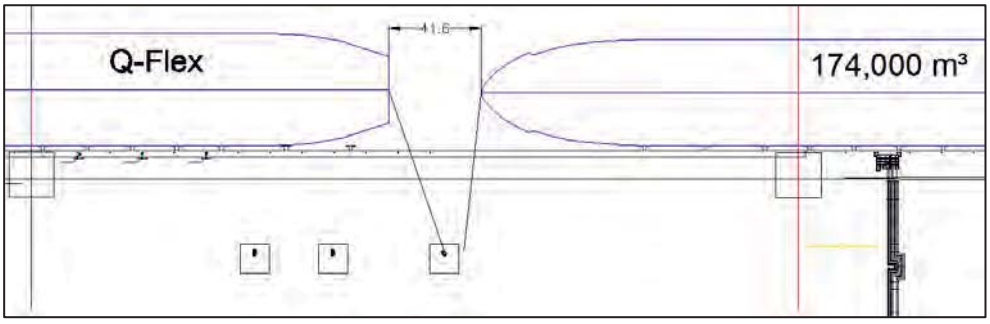


Figura 20. Posición aproximada de amarras situación futura Q-Flex y 174,000 m^3

Se detecta asimismo otra posible interferencia en amarras (2) que conllevaría la imposibilidad de emplear largos en el atraque Este de Forestal del Atlántico utilizando el bolardo situado más hacia el Oeste, cuándo el nuevo atraque de REGANOSA esté ocupado.

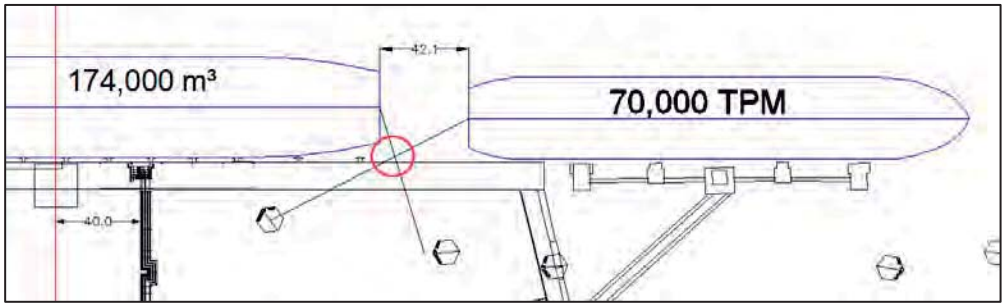


Figura 1. Interferencia de amarras con los largos de los buques que operen en el atraque Este de Forestal (2)

Considerando especialmente que, de acuerdo con las recomendaciones incluidas en "Mooring Equipments Guidelines 4 (MEG4, 2018)", de OCMIF, es posible el empleo de esquemas de amarre efectivos empleando únicamente traveses y esprines, se considera viable el diseño de un sistema de amarre alternativo para los buques que operen en el atraque de Forestal del Atlántico. Es importante destacar, no obstante, que dicho sistema podría requerir la reubicación de alguno de los bolardos existentes o la instalación de bolardos adicionales.

Finalmente, y tal y como se muestra en la figura siguiente, se comprueba que, cuándo el nuevo atraque está ocupado por el buque Q-Max, se producirían interferencias con el atraque Este de Forestal (3), para el empleo del bolardo situado entre ambos por los buques atracados en Forestal. Para solventar esta interferencia se requeriría reubicar el bolardo indicado, o instalar el nuevo gancho de escape rápido en una posición algo adelantada, si el análisis de comportamiento de buques amarrados indicase que es viable.

Análogamente a los casos anteriores, esta posible interferencia será evaluada en detalle en las fases siguientes de los trabajos.

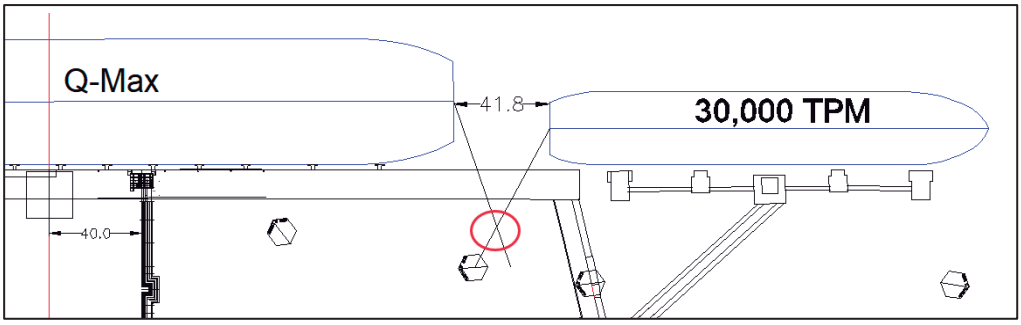


Figura 2. Posible interferencia de amarras Q-Max – 30,000 TPM (3)

Cabe destacar, que no se ha analizado la posibilidad de operación simultanea de buques en el nuevo atraque de REGANOSA y en el atraque Oeste de Forestal del atlántico, dado que la distancia entre ambos resultaría insuficiente, incluso para el caso de que operasen los menores buques esperables en cada uno de dichos atraques.

De cara a valorar la incidencia que las incompatibilidades identificadas pueden tener sobre la operatividad de las terminales, y asimismo sobre los riesgos asociados a las operaciones a realizar, se ha procedido a evaluar de forma aproximada las probabilidades de que los buques que no pueden operar simultáneamente coincidan en los atraques, considerando, de acuerdo con lo indicado anteriormente, que se llevarán a cabo 42 operaciones anuales por atraque en el terminal de REGANOSA, y 50 operaciones por atraque en el terminal de Forestal del Atlántico

Para la realización de dicho cálculo se han asumido las siguientes simplificaciones.

- La ocupación de los atraques para cada rango y tipo de buques considerados responde a una distribución aleatoria uniforme, de acuerdo con lo cual, la probabilidad de que un buque esté ocupando un atraque en un momento determinado puede calcularse como:

$$Probabilidad\ de\ ocupación = \frac{Operaciones\ anuales \cdot Tiempo\ medio\ de\ plancha}{Horas\ anuales}$$

- Las distribuciones de llegada y los tiempos de operación de cada uno de los rangos y tipos de buques considerados son independientes, por lo que la probabilidad de ocupación simultanea de atraques contiguos será igual al producto de las probabilidades de ocupación individuales.

Los tiempos medios de plancha (tiempo transcurrido desde el atraque del buque hasta el abandono de la terminal) se han obtenido asimismo del análisis de los datos históricos de operaciones en REGANOSA y de los datos AIS analizados para el caso de Forestal del Atlántico, adoptándose finalmente para el cálculo los valores indicados en las tablas recogidas a continuación.

	Capacidad metaneros				
	Small Scale	138,000m³	170,000 m³	216,000 m³ (Q-Flex)	266,000 m³ (Q-Max)
Operaciones anuales totales	20	20	36	4	4
Operaciones Atraque Existente	10	10	18	2	2
Operaciones nuevo Atraque	10	10	18	2	2
Tiempo de plancha	24	24	24	36	36

Tabla 14. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraques de REGANOSA.

	Eslora total (m)					
	<145	145-190	190-215	215-235	235-260	>260
Operaciones totales	24	16	0	6	4	4
Tiempo de plancha	40	22	0	22	22	22

Tabla 15. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraque Este de Forestal del Atlántico.

	Eslora total (m)					
	85-100	100-130	145-190	190-215	215-235	>235
Operaciones anuales totales	12	12	18	0	4	4
Tiempo de plancha	48	22	28	0	46	52

Tabla 16. Nº de operaciones y tiempos de plancha en atraque Oeste de Forestal del Atlántico.

Finalmente, las probabilidades de coincidencia de buques incompatibles se han evaluado para cada dos atraques contiguos, obteniéndose los resultados recogidos a continuación

Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	Probabilidad de Simultaneidad
Q-Max	> 138,000 m³	0.054%
> Q-Flex	> 174,000 m³	0.014%
> 174,000 m³	> Q-Flex	0.014%
> 80,000 m³	Q-Max	0.077%
Total		0.158%

Tabla 17. Probabilidad de buques incompatibles en Atraques de REGANOSA.

Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	Probabilidad de Simultaneidad
Q-Max	> 30,000 TPM	0.029%
> Q-Flex	> 70,000 TPM	0.017%
> 138,000 m³	> 100,000 TPM	0.063%
> 80,000 m³	150,000 TPM	0.091%
Total		0.205%

Tabla 18. Probabilidad de buques incompatibles. Atraque Este REGANOSA - Atraque Este de FORESTAL.

Al respecto de la imposibilidad de ocupación simultánea de los atraques Este de REGANOSA (nuevo atraque) y Oeste de Forestal del Atlántico por ninguno de los tipos y rangos de buques considerados, se obtiene que la probabilidad de coincidencia de buques resulta del 2.39% (0.121 x 0.198).

De acuerdo con lo anterior, cabe reseñar que, en función del número de operaciones realizado en los últimos años, la simultaneidad de operaciones de buques incompatibles debe tener una frecuencia de presentación baja, que se ha estimado en el entorno del 0.158% (≈ 14 h/año) para la coincidencia de

buques en los atraques de REGANOSA, y en el entorno del 0.205% (18 h/año) para la coincidencia en el nuevo atraque y el atraque Este de Forestal del Atlántico.

Es importante destacar, no obstante, que, de producirse la coincidencia de buques incompatibles, los tiempos de espera asociados a las mismas, resultarían sensiblemente superiores a los anteriores, de media, de la mitad del tiempo de plancha del buque atracado (8 – 26 h en función del tipo de buques que coincidiese).

7.6 Tráfico de buques

Considerando las posibles causas náuticas que pueden conducir a un accidente en el que se produzca un derrame o fuga de GNL (colisión o movimiento excesivo del buque atracado, principalmente), se analiza en primer lugar el tráfico marítimo en el puerto de Ferrol, evaluándose las distancias y las velocidades de paso de los buques en las proximidades de la terminal de REGANOSA, y asimismo las velocidades de aproximación y salida de los buques que operan actualmente en el propio terminal, al ser las variables principales que condicionarían las consecuencias de un suceso de riesgo asociado a las citadas operaciones náuticas.

El conocimiento de estos valores permite evaluar las siguientes situaciones de riesgo:

- Colisión de un buque en navegación con un buque atracado.
- Afección a los buques amarrados debida a la navegación de buques en áreas próximas a la terminal, debido al efecto de "paso de buque".
- Afección a los buques en navegación ante un posible derrame, incendio o explosión en la terminal.

Para el análisis de las variables de interés se han analizado en detalle datos AIS de operaciones de buques referidos anteriormente.

En las figuras siguientes se muestran ejemplos de dichos datos, tratados gráficamente para visualizar la posición, el rumbo y la velocidad, y las rutas seguidas por los buques.

Figura 21. Ejemplo de rutas seguidas por los buques militares en el entorno del terminal

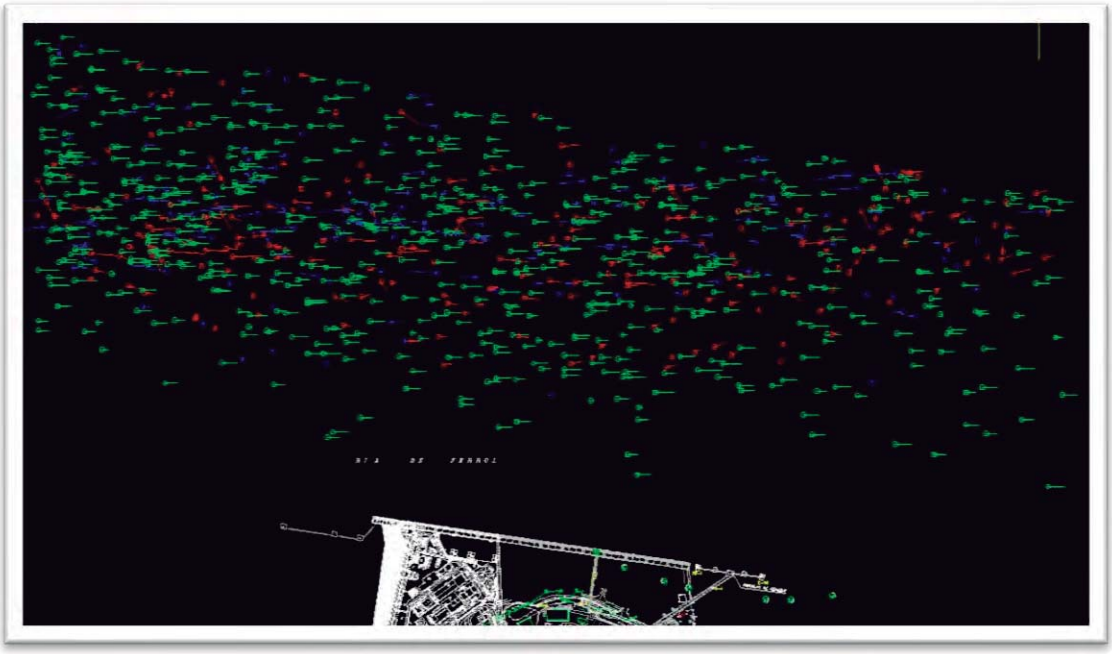


Figura 22. Ej. de posición, rumbo y velocidad de buques pasantes (rojo: entradas, azul: salidas, verde: militares)

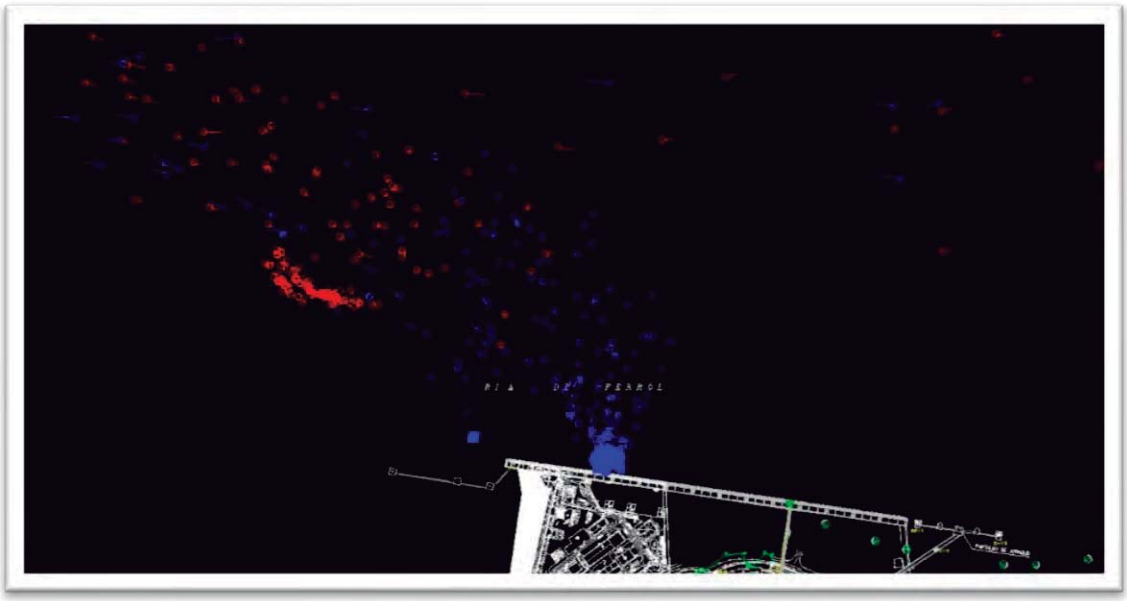


Figura 23. Ej. de posición, rumbo y velocidad de buques que accedieron a la terminal (rojo: entradas, azul: salidas)

En el análisis se han excluido las embarcaciones de prácticos, remolcadores, embarcaciones de amarradores, y embarcaciones de pequeño porte en general, ya que, dada su buena capacidad de maniobra, no supondrán un riesgo para los buques gaseros amarrados, pudiendo por otro lado abandonar la zona de riesgo con notable rapidez frente a cualquier eventual situación de emergencia.

Dada la ubicación de la terminal de REGANOSA, el análisis indicado se ha dividido en tres grupos de buques:

- Buques que operan en el puerto de Ferrol.
- Buques que operan en REGANOSA.

- Buques que operan en Forestal del Atlántico.

En el caso de buques que operan en el puerto de Ferrol, se opta por realizar el análisis incluyendo buques militares y excluyéndolos, dadas sus particularidades y su alta frecuencia de operación en el puerto.

Inicialmente, se determinan los buques que han operado en los años 2017 y 2018 en el terminal de REGANOSA y en el terminal de FORESTAL. Para ello se filtran los datos AIS de los buques, identificando aquellos situados en coordenadas próximas a la terminal y cuya velocidad es nula. Tras la aplicación del filtro, los buques gaseros resultantes se comparan con los datos de operación facilitados por REGANOSA, verificándose la coincidencia entre ambas fuentes de datos. Las siguientes tablas muestran los buques identificados que han operado en cada uno de los atraques.

Nombre	L_{OA} (m)	Nº Op.	Nombre	L_{OA} (m)	Nº Op.
AL UTOURIYA	315	1	LNG BENUE	285	1
BW TULIP	295	1	LNG ENUGU	285	1
CASTILLO DE MERIDA	287	1	LNG GOLAR TUNDRA	293	1
CASTILLO DE VILLALBA	288	1	LNG LAGOS II	299	2
CLEAN OCEAN	289	1	LNG RIVERS	289	1
CORCOVADO LNG	294	1	MADRID SPIRIT	285	1
EXCELSIOR	277	1	MARAN GAS HECTOR	290	1
FEDOR LITKE	299	1	MARAN GAS LINDOS	294	1
FLEX ENDEAVOUR	295	1	METH. HEATHER SALLY	262	1
GALLINA	291	1	METHANE PRINCESS	266	1
GASLOG SARATOGA	285	2	RIOJA KNUTSEN	290	1
GOLAR KELVIN	289	1	SCF MELAMPUS	300	1
GOLAR WINTER	280	1	SONANGOL BENGUELA	291	1
IBERICA KNUTSEN	277	1	VALENCIA KNUTSEN	290	1
LNG BAYELSA	288	1			

Tabla 19. Buques que han operado en los años 2017 y 2018 en el terminal de REGANOSA

Nombre	L_{OA} (m)	Nombre	L_{OA} (m)	Nombre	L_{OA} (m)
ADELIA	91	BRO ANNA	144	MONTE ARUCAS	80
ALKIVIADIS	184	BRO NORDBY	144	MONTESPERANZA	274
AMAZON FALCON	228	CASTILLO DE PAMBRE	110	MONTESTENA	274
ANICHKOV BRIDGE	183	CASTILLO DMONTERREAL	184	MRC EMIRHAN	107
ANUKET JADE	101	CHANTACO	143	MRC SEMIRAMIS	107
ARKLOW CADET	87	CHRYSOPIGI	183	MV ICE POINT	185
ARKLOW CAPE	87	CIELO DI NEW YORK	183	NAVE EQUINOX	184
ARKLOW FAME	90	CIELO DI ULSAN	183	NIKE	122
ARKLOW FERN	90	CONTI HUMBOLDT	184	NORDBAY	249
ARKLOW FIELD	89	CPO LARISA ARTEMIS	182	NOUNOU	182
ARKLOW RAVEN	92	CPO LARISA HESTIA	181	OLVIA	100
ARKLOW RIVAL	90	ELISALEX SCHULTE	144	PALMA	92
AS ORELIA	145	EXCELLO	156	PICO BASILE	186
ATLANTIS ALHAMBRA	109	FRESIA	180	R.C BEHAR	107
BALTIC FROST	183	HIGH POWER	180	ROBERT MAERSK	172
BALTIC MERCHANT	183	IBLEA	176	ROY MAERSK	172
BALTIC SUN II	182	IMRIKLY	106	SCOT BREMEN	117
BALTIC SWIFT	184	ISABELLA	244	SICHEM ORCHID	115
BANDIRMA	121	ISLA DE BIOKO	186	SICHEM RUBY	115

Nombre	L_{OA} (m)	Nombre	L_{OA} (m)	Nombre	L_{OA} (m)
BIXBITE	175	KANPUR	244	STI FINCHLEY	184
BLACK STAR	129	KIRSTEN MAERSK	183	STOLT SANDERLING	91
BLOOM	182	KRISJANIS VALDEMARS	183	TEAM SAPPHIRE	116
BOMAR PLUTO	108	LOTUS	229	TIGRIS	120
BRITISH CORMORANT	251	LS JAMIE	105	TRANS BORG	131
BRITISH CYGNET	251	M/T NARCEA	100	TRANS HOLM	102
BRITISH ROBIN	252	MAERSK ADRIATIC	184	TULIP	229
BRO AGNES	144	MAERSK ARCTIC	183	UNITED AMBASSADOR	228
BRO ALMA	144	MINERVA LEO	184	ZAPPHIRE	183

Tabla 20. Buques que han operado en los años 2017 y 2018 en el terminal de FORESTAL

De acuerdo con los datos de los buques que han operado en las terminales de REGANOSA y FERROL y los datos de buques que se espera que operen en el futuro, se consideran las siguientes flotas de buques de proyecto para la realización del estudio:

Capacidad	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Desplazamiento (t)
1,000 m³	80.0	15.0	4.2	4400.0
6,500 m³	115.0	17.0	7.7	10500.0
15,000 m³	155.0	22.7	8.2	19500.0
140,000 m³	280.0	43.0	12.1	110000.0
170,000 m³	295.0	47.0	12.2	127000.0
216,000 m³ (Q-Flex)	315.0	50.0	12.2	150000.0
266,000 m³ (Q-Max)	345.0	54.0	12.2	178000.0

Tabla 21. Flota de buques de proyecto de la terminal de REGANOSA

TPM	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Calado Max (m)	Desplazamiento (t)
5,000	110.0	18.8	7.2	7.2	6630.0
7,000	120.0	20.5	8.0	8.0	9260.0
10,000	145.0	21.6	8.8	8.8	13200.0
15,000	160.0	24.6	9.8	9.8	19700.0
20,000	170.0	26.9	10.7	10.7	26200.0
30,000	190.0	30.6	11.9	11.9	39000.0
50,000	215.0	36.0	12.0	13.8	64200.0
70,000	235.0	40.1	12.0	13.8	77217.4
100,000	260.0	44.9	12.0	15.8	67443.0
150,000	275.0	48.0	12.0	16.8	63428.6

Tabla 22. Flota de buques de proyecto de la terminal de FORESTAL

Tras identificar los buques que operan en cada zona de interés, se obtienen las velocidades máximas de paso, en nudos, en función de la distancia a la línea de atraque de la terminal de REGANOSA y de la eslora del buque pasante. Los resultados obtenidos son los que se incluyen en las tables siguientes.

Eslora (m)	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	400-450	450-500	500-550	550-600	>600
<50	5.1	6.3	5.6	6.8	7.7	9.9	7.6	7.7	7.7	10.3	11.3
50-59											7.9
60-69										5	5.9
70-79								7	3.7		5.7
80-89						4.1	10.6	11.7	3.2	11.3	12.1
90-99								7.4	12	10.6	12.8
100-109							7.2	7.7	11.4	5.9	8.7
110-119											11.7
120-129						8.1		14.6	11.1	8.8	10.4
130-139									9	10.2	9.3
140-149							3.6				8.2
150-159						5	6	9.1	5.9		8.6
160-169								10	3.6		6.5
170-179							7.8		11		9.9
180-189					1.1	1.2	1		2.8	8.9	8.6
190-199										7.1	7
200-209						3.6	4.4	2.1	4.3	4.1	5.9
210-219				1.2	1.6	1.3	1.1	6.3	1.3	4.2	5.4
220-229						5.2	7	5.1	8.2	6.7	7.1
250-259						1.5	1.2	4.1	7.1	6.4	6.2
270-279				2.4	3.8	3.5	7.1	7.5	7.6	8.1	6.8
280-289						3.2	3.4	7	6.7	6	5.7
290-300				1	1.5	1.8		5.9	6.8	8.3	5.2

Tabla 23. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de buques que operan en el puerto de Ferrol

Eslora (m)	250-300	300-350	350-400	400-450	450-500	500-550	550-600	600-650	650-700	>700
<50							7.6	7.4	2.6	8.0
60-69										5.9
70-79					4.9	3.7		5.7	2.8	
80-89			4.1	10.6	11.7	3.2	11.3	9.2	11.8	12.1
90-99					7.4	12.0	10.6	12.8	11.5	12.1
100-109					7.7	11.4	3.2		7.8	8.7
110-119										11.7
120-129			8.1		14.6	11.1	8.8		10.4	10.2
130-139						9.0	10.2		9.3	5.5
140-149				3.6				8.2	7.2	
150-159					9.1					8.6
160-169					10.0	3.6				6.5
170-179				7.8		11.0		9.9	8.8	2.7
180-189		1.1	1.2	1.0		2.8	8.9	7.2	8.6	5.4
190-199							7.1		5.2	7.0
200-209			3.6	4.4	2.1	4.3	4.1	4.9	5.9	4.7
210-219	1.2	1.6	1.3	1.1	6.3	1.3	4.2	5.1	3.5	5.4
220-229			5.2	7.0	5.1	8.2	6.7	7.1	6.7	3.0
250-259			1.5	1.2	4.1	7.1	6.4	6.2		2.8
270-279	2.4	3.8	3.5	7.1	7.5	7.6	8.1	6.8	4.9	5.1
280-289			3.2	3.4	7.0	6.7	6.0	5.7	3.4	4.0
290-300	1.0	1.5	1.8		5.9	6.8	8.3	3.5	5.2	4.3

Tabla 24. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en el puerto de Ferrol, excluyendo buques militares

Eslora (m)	<50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	400-450	450-500	>500
80-94		4.3	5.5	6.6	9.4	5.6	3.0	6.5	5.2		6.3
95-109	2.2	5.3	5.4	2.5	5.8	6.5		7.3	6.7		3.7
110-124		2.5	4.0	3.9		4.9	3.8	4.4	7.8		
125-139	1.7	6.5									
140-154		3.8	3.5		5.4					6.1	6.8
155-169	6.7		3.2			8.2			4.2		
170-184	1.1	2.4	4.2	6.5	4.9	1.1	1.1	3.7	7.2	0.8	7.2
185-199	1.1	3.0	5.2		6.9		2.1	6.0	5.6		6.5
215-229			2.6	4.0	1.9	0.9					4.1
230-244	0.5	1.5		1.0							
245-259				2.1		4.0					7.3
260-274						1.0					5.1

Tabla 25. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de los buques que operan en FORESTAL

Eslora (m)	<50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	400-450	>500
260-274	1.0	0.9	0.6	0.7	0.7	0.9				
275-289	0.5	1.6	1.7	1.2	1.3	1.2		1.2	1.0	7.9
290-304	0.5	1.8	2.3	1.1	1.2	1.1	3.2	0.9		
305-319	0.1	1.2	0.9			1.3				

Tabla 26. Distancias al muelle y velocidades máximas de paso (nudos) de aproximación y desatraque de los buques que operan en el terminal de REGANOSA

7.7 Evaluación de riesgos

La evaluación los principales riesgos asociados a operaciones marítimas se realiza analizando en detalle las posibles causas que pueden dar lugar a los escenarios de identificados en el apartado 7.1, determinando, cuando ha sido posible, su probabilidad de ocurrencia, de acuerdo con las distintas referencias empleadas en la realización del estudio, que han sido principalmente las siguientes:

- *"Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water."* Sandia National Laboratories
- *"Risk impact of LNG terminal on Port Neighbor".* Peter Vidmar, Stojan Petelin, Marko Perkovič
- *"Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990--2012 and assessment of safety level of ship types".* A. Papanikolaou, K. Bitha & E. Eliopoulou
- *"Estudio sobre maniobras navales y seguridad para la terminal de REGANOSA en Mugardos".* Delt Hydraulics & Marin

De acuerdo con ello, la evaluación de estos riesgos se centra en el análisis de los escenarios en los que resulta posible que se produzca una fuga o vertido de GNL, que, tal como se ha indicado, son principalmente los siguientes:

- Colisión de buques en navegación.
- Ruptura o desconexión accidental de los brazos de carga, producida por movimientos excesivos de los buques, o por fallos del sistema de amarre.

Es importante considerar a estos efectos que, la situación de fallo de todas las amarras, o liberación accidental de los ganchos de escape rápido, quedando el barco a la deriva, se incluye dentro del escenario

de fuga o ruptura en los brazos de carga considerado en los apartados 7.7.2 y 7.10, puesto que la colisión entre el gasero a la deriva y el gasero amarrado, se producirá impactando proa con popa o viceversa, sin que se produjese derrame de GNL, dado lo alejado que se situaría el punto de impacto de los tanques, y que las áreas en colisión de los buques son zonas especialmente reforzadas desde el punto de vista de su resistencia estructural (pique de proa y cámara de máquinas).

7.7.1 Colisión con los buques amarrados

Del análisis de los datos obtenidos en el estudio de distancias y velocidades de paso frente a la terminal de REGANOSA, pueden extraerse las siguientes conclusiones iniciales al respecto de la posibilidad de que se produzca una colisión con los buques amarrados.

- Los buques civiles que operan en el puerto de Ferrol navegan a distancias superiores a 250 m de la terminal de REGANOSA, por lo que el riesgo de colisión con buques en la terminal se considera prácticamente nulo. Así mismo, estas distancias reducen el riesgo de ser afectados por un incidente en la terminal de REGANOSA a niveles aceptables, tal como se comprobará en el apartado 7.10 de este documento.

- En el caso de los buques militares, la distancia de paso se reduce en algunos casos a 150 m aproximadamente. Si bien dicha distancia puede resultar aceptable de acuerdo con lo expuesto en el citado apartado 7.10, se estima recomendable aumentarla, con objeto de reducir el riesgo de paso y la posible afección a los buques amarrados, tanto como sea razonablemente posible.

- El análisis de los datos referentes a los buques que operan en el terminal de Forestal del Atlántico demuestra que las distancias de paso llegan a ser inferiores a 50 m, y que las velocidades a esta distancia alcanzan los 6 nudos. Se entiende que la navegación a una distancia tan reducida solo se produce cuando la terminal de REGANOSA está desocupada, por lo que no se considerará en principio como situación de riesgo para la operación de gaseros. Se observa asimismo que, para distancias algo mayores (50 – 100 m) que podrían considerarse compatibles con la presencia de buques en el terminal de REGANOSA, las velocidades máximas de paso aún alcanzan los 6 nudos, lo que a priori podría suponer una situación de riesgo para los gaseros atracados y para el propio buque en navegación.

- Los buques metaneros que operan actualmente en la terminal de REGANOSA, realizan la aproximación de manera controlada, con velocidades inferiores en todos los casos a 1 nudo (distancia al atraque menor a 50 m).

A la vista de los datos anteriores se identifica que los buques que podrían estar implicados en accidentes en los que se produjese un derrame de GNL serían los que operan en el terminal de Forestal del Atlántico y en la propia terminal de REGANOSA.

Dado que los derrames o las fugas pueden ser causadas por roturas en los tanques del metanero o por el movimiento excesivo del buque, a continuación, se analizan estas dos situaciones en detalle.

Para determinar en las condiciones en las que se puede producir una rotura en los tanques del buque, se calcula la energía cinética desarrollada durante la colisión del buque en y se compara con los criterios establecidos en el informe SANDIA “Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water.”

La energía cinética desarrollada por un buque en navegación, de acuerdo a la ROM 2.011, es:

$$Ec = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2 \cdot C_m$$

Donde:

- Ec: Energía cinética desarrollada por el buque
- M: Desplazamiento del buque
- V: Velocidad del buque
- Cm: Coeficiente de masa hidrodinámica

El informe SANDIA incluye asimismo la energía necesaria para generar una brecha en el casco de un metanero de doble casco, como se muestra en la siguiente figura:

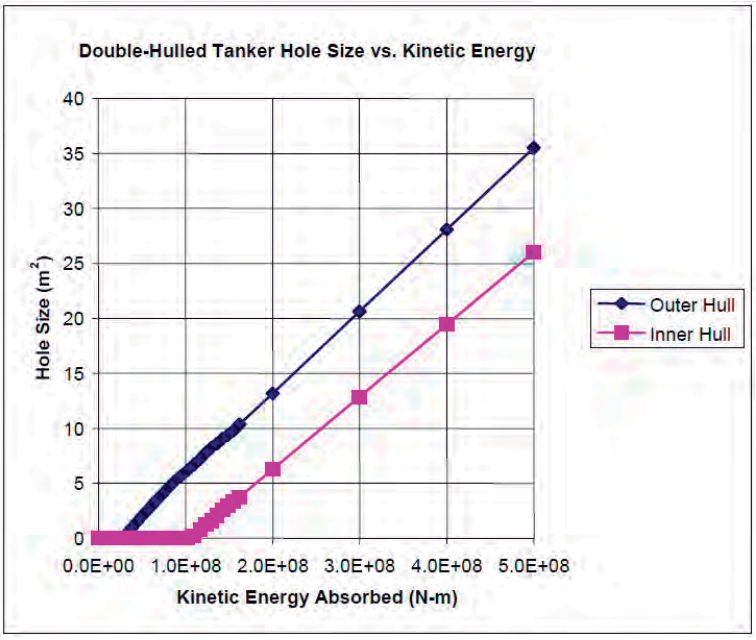


Figura 24. Energía requerida para crear una brecha en el tanque

De la figura anterior se extrae que la energía cinética necesaria para producir una brecha en los tanques es 100 MJ y para que el tamaño de la brecha sea de más de 5 m^2, la energía debe superior a 190 MJ. Para la flota de estudio de gaseros y petroleros seleccionada se calcula la energía cinética y se compara con estos valores, obteniéndose los siguientes resultados.

	Buque						
	1,000 m³	6,500 m³	15,000 m³	140,000 m³	170,000 m³	Q-Flex	Q-Max
v(nudos)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)
0.2	0.0	0.1	0.2	1.0	1.2	1.4	1.7
0.4	0.1	0.3	0.6	4.1	4.7	5.6	6.6
0.6	0.3	0.8	1.4	9.2	10.7	12.6	15.0
0.8	0.6	1.3	2.5	16.4	19.0	22.4	26.6
1.0	0.9	2.1	3.9	25.6	29.7	35.0	41.6
1.2	1.3	3.0	5.6	36.8	42.7	50.4	59.8
1.4	1.7	4.1	7.6	50.1	58.1	68.6	81.5
1.6	2.2	5.3	9.9	65.5	75.9	89.7	106.4
1.8	2.8	6.8	12.5	82.9	96.1	113.5	134.6
2.0	3.5	8.3	15.5	102.3	118.6	140.1	166.2
2.2	4.2	10.1	18.7	123.8	143.5	169.5	201.1
2.4	5.0	12.0	22.3	147.3	170.8	201.7	239.4
2.6	5.9	14.1	26.2	172.9	200.4	236.7	280.9
2.8	6.8	16.3	30.3	200.5	232.5	274.6	325.8
3.0	7.9	18.8	34.8	230.2	266.9	315.2	374.0
3.2	8.9	21.3	39.6	261.9	303.6	358.6	425.5
3.4	10.1	24.1	44.7	295.7	342.8	404.8	480.4
3.6	11.3	27.0	50.2	331.5	384.3	453.9	538.6
3.8	12.6	30.1	55.9	369.3	428.1	505.7	600.1
4.0	14.0	33.3	61.9	409.2	474.4	560.3	664.9
5.0	21.8	52.1	96.8	639.4	741.3	875.5	1038.9
6.0	31.4	75.0	139.3	920.8	1067.4	1260.7	1496.0

Leyenda:
Verde: Sin brecha en el tanque de GNL
Amarillo: Inicio de la brecha en el tanque de GNL
Naranja: Brecha mayor de 5 m² en el tanque de GNL

Tabla 27. Energías de colisión entre buques gaseros necesarias para producir una brecha en el tanque de GNL de un metanero

	Buque									
TPM	5,000	7,000	10,000	15,000	20,000	30,000	50,000	70,000	100,000	150,000
v(nudos)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)	E(MJ)
0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
0.5	0.3	0.5	0.7	1.0	1.4	2.2	3.7	4.5	3.9	3.7
1.0	1.3	1.8	2.6	4.0	5.7	9.0	14.9	17.9	15.6	14.7
1.5	3.0	4.1	5.9	9.1	12.8	20.2	33.4	40.2	35.1	33.0
2.0	5.3	7.4	10.5	16.2	22.8	36.0	59.5	71.5	62.5	58.8
2.5	8.2	11.5	16.4	25.3	35.6	56.2	92.9	111.8	97.6	91.8
3.0	11.8	16.5	23.6	36.4	51.3	80.9	133.8	160.9	140.6	132.2
3.5	16.1	22.5	32.1	49.6	69.8	110.2	182.1	219.0	191.3	179.9
4.0	21.1	29.4	41.9	64.8	91.2	143.9	237.9	286.1	249.9	235.0
4.5	26.6	37.2	53.1	82.0	115.4	182.1	301.0	362.1	316.3	297.4
5.0	32.9	45.9	65.5	101.2	142.5	224.8	371.7	447.0	390.4	367.2
5.5	39.8	55.6	79.3	122.5	172.4	272.0	449.7	540.9	472.4	444.3
6.0	47.4	66.2	94.3	145.8	205.1	323.8	535.2	643.7	562.2	528.8
6.5	55.6	77.7	110.7	171.1	240.8	380.0	628.1	755.5	659.8	620.6
7.0	64.5	90.1	128.4	198.4	279.2	440.7	728.5	876.2	765.3	719.7
7.5	74.0	103.4	147.4	227.8	320.5	505.9	836.2	1005.8	878.5	826.2
8.0	84.2	117.6	167.7	259.2	364.7	575.6	951.5	1144.4	999.5	940.0
8.5	95.1	132.8	189.3	292.6	411.7	649.8	1074.1	1291.9	1128.4	1061.2
9.0	106.6	148.9	212.2	328.0	461.6	728.4	1204.2	1448.4	1265.0	1189.7
9.5	118.8	165.9	236.5	365.5	514.3	811.6	1341.7	1613.8	1409.5	1325.6
10.0	131.6	183.8	262.0	405.0	569.9	899.3	1486.7	1788.1	1561.8	1468.8
10.5	145.1	202.6	288.9	446.5	628.3	991.5	1639.0	1971.4	1721.8	1619.4
11.0	159.2	222.4	317.0	490.0	689.5	1088.2	1798.9	2163.6	1889.7	1777.2
11.5	174.0	243.1	346.5	535.6	753.6	1189.3	1966.1	2364.8	2065.4	1942.5
12.0	189.5	264.7	377.3	583.2	820.6	1295.0	2140.8	2574.9	2248.9	2115.1
12.5	205.6	287.2	409.4	632.8	890.4	1405.2	2322.9	2793.9	2440.3	2295.0
13.0	222.4	310.6	442.8	684.4	963.0	1519.8	2512.5	3021.9	2639.4	2482.3

Leyenda:
Verde: Sin brecha en el tanque de GNL
Amarillo: Inicio de la brecha en el tanque de GNL
Naranja: Brecha mayor de 5 m² en el tanque de GNL

Tabla 28. Energías de colisión con buques petroleros y/o de productos necesarias para producir una brecha en el tanque de GNL de un metanero

Los resultados muestran que, en el caso de los buques gaseros, lo esperable es que no se produjese ninguna colisión cuyo resultado fuese la rotura de uno de los tanques de otro metanero atracado.

En el caso de los Q-Max por ejemplo, la velocidad debería ser superior a 1.6 nudos para que se produjese esa situación y puesto que:

- La aproximación a la terminal de los grandes gaseros (> 140,000 m³) se realiza con el apoyo o la escolta de cuatro remolcadores, accediendo desde la zona de reviro, cuyo centro se sitúa aproximadamente frente al extremo oeste del muelle, con rumbo paralelo a la terminal y reduciendo la velocidad de forma controlada.

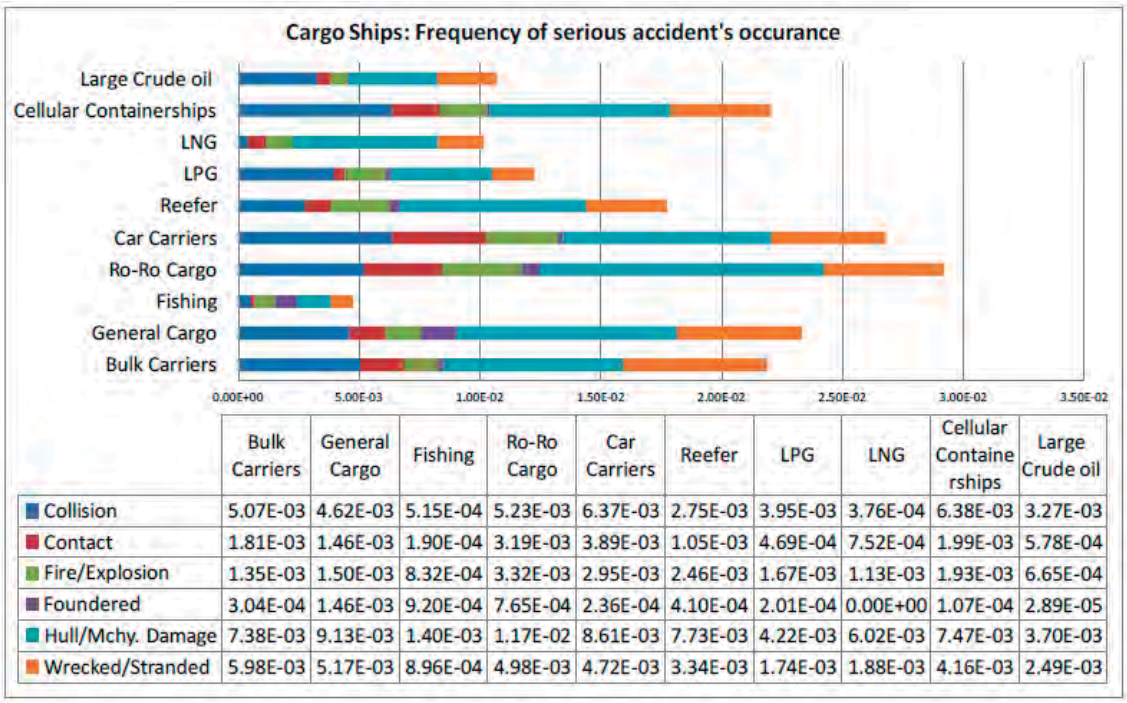
- Las velocidades obtenidas del estudio de los datos AIS, en el caso más desfavorable, son inferiores a 1.8 nudos ya a 100 m del atraque.

Se considera que la probabilidad de impacto con un buque atracado a una velocidad superior a 1.4 nudos, es enormemente reducida, ello incluso en el caso de que llegase a fallar el sistema de aproximación al atraque, considerando que la experiencia que puede atribuirse a los prácticos y los patrones de los

remolcadores les permitiría en todo caso evitar una eventual aproximación al atraque a una velocidad tan elevada.

En el caso de los petroleros y los buques de productos, las velocidades máximas de navegación obtenidas del análisis de datos AIS, a distancias del muelle de entre 100 m y 150 m, son superiores a las que podrían generar brechas en los tanques de GNL, por lo que es necesario evaluar con mayor detalle este supuesto de riesgo.

Para ello, se parte de la probabilidad de colisión la establecida para buques petroleros y LPG en el informe "Statistical analysis of ship accidents that occurred in the period 1990--2012 and assessment of safety level of ship types", que proporciona los siguientes valores.



	Bulk Carriers	General Cargo	Fishing	Ro-Ro Cargo	Car Carriers	Reefer	LPG	LNG	Cellular Containerships	Large Crude oil
Collision	5.07E-03	4.62E-03	5.15E-04	5.23E-03	6.37E-03	2.75E-03	3.95E-03	3.76E-04	6.38E-03	3.27E-03
Contact	1.81E-03	1.46E-03	1.90E-04	3.19E-03	3.89E-03	1.05E-03	4.69E-04	7.52E-04	1.99E-03	5.78E-04
Fire/Explosion	1.35E-03	1.50E-03	8.32E-04	3.32E-03	2.95E-03	2.46E-03	1.67E-03	1.13E-03	1.93E-03	6.65E-04
Foundered	3.04E-04	1.46E-03	9.20E-04	7.65E-04	2.36E-04	4.10E-04	2.01E-04	0.00E+00	1.07E-04	2.89E-05
Hull/Mchy. Damage	7.38E-03	9.13E-03	1.40E-03	1.17E-02	8.61E-03	7.73E-03	4.22E-03	6.02E-03	7.47E-03	3.70E-03
Wrecked/Stranded	5.98E-03	5.17E-03	8.96E-04	4.98E-03	4.72E-03	3.34E-03	1.74E-03	1.88E-03	4.16E-03	2.49E-03

Figura 25. Frecuencia de accidentes graves de buques cargueros (1999-2012)

Como puede observarse, los valores incluidos en la figura anterior muestran que la probabilidad de colisión de buques petroleros y de producto se sitúa en el rango $10^{-3} – 10^{-4}$. De acuerdo con ello, y considerando que:

- Dichas probabilidades engloban las de colisión durante la navegación y otras, con frecuencias mayores que las asociadas a impactos contra buques amarrados.

- En este caso, atendiendo a lo indicado en el documento "Nuevos criterios de navegación y remolque para el Puerto y Ría de Ferrol", (febrero 2012), es prescriptiva la obligatoriedad de practicaje para la entrada y salida de puerto de todos los buques con un arqueo igual o superior a 500 G.T, así como la de empleo de remolcadores (entre uno y cuatro en función de la eslora) para todos los buques que accedan a muelles con mercancías peligrosas.

Puede considerarse que las probabilidades de colisión indicadas se reducirán por debajo de las que resultan admisibles según la UNE EN 1473, estimándose recomendable, no obstante, modificar las estrategias de aproximación al atraque de los buques que operan en la terminal de FORESTAL, de forma

que los riesgos de su operación se reduzcan a niveles tan bajos como sea razonablemente posible (niveles ALARP).

7.7.2 Fuga de GNL a través de los brazos de carga

Como se ha indicado anteriormente, la fuga o vertido a través de los brazos de carga debida a un movimiento excesivo del buque, puede producirse por las siguientes causas:

- Rotura de amarras.
- Condiciones medioambientales.
- Efecto de paso de buques.

De acuerdo con la información incluida en las distintas referencias empleadas en la realización del estudio, la probabilidad de que se produzca un derrame importante debido al fallo de las líneas de amarre resulta de 3.25E-12, por lo que en principio puede considerarse despreciable de acuerdo con los criterios incluidos en UNE EN 1473.

En todo caso, si a consecuencia de cualquier circunstancia se identificase que existe riesgo de que se llegase a producir una rotura progresiva de amarras, ello podría evaluarse mediante simulaciones dinámicas de comportamiento de buque amarrado, evitando el riesgo correspondiente mediante el empleo de configuraciones de amarre reforzadas que aseguren que no pueda producirse dicho fallo.

En el caso de los movimientos causados por condiciones medioambientales adversas, la probabilidad de que se produzca un derrame se desconoce, si bien puede considerarse asociada a una probabilidad de ocurrencia muy reducida, siempre que se apliquen las medidas habituales para asegurar una estancia segura del buque en el atraque, entre las que se destacan:

- La disponibilidad de previsión medioambientales fiables.
- El empleo de esquemas de amarre apropiados a las condiciones medioambientales previstas.
- La revisión visual del estado de las amarras del buque.
- La monitorización de la tensión de las amarras.

Los sistemas de atraque y amarre a emplear se diseñarán en todo caso de acuerdo con las recomendaciones del OCIMF, el PIANC y las ROM, evaluándose su validez mediante el análisis de comportamiento de buque amarrado, en las condiciones indicadas en dichas recomendaciones.

Para evaluar el efecto del paso de buques frente al atraque, se parte del análisis de los datos AIS indicado anteriormente, considerando que dicho efecto puede ser causado principalmente por los siguientes fenómenos.

- La perturbación del campo de presiones en el agua que se produce alrededor del buque en navegación, la cual genera determinadas fuerzas y momentos sobre los objetos que se encuentran dentro de este campo variable (buques, muelles, etc.), en función de su posición y características.

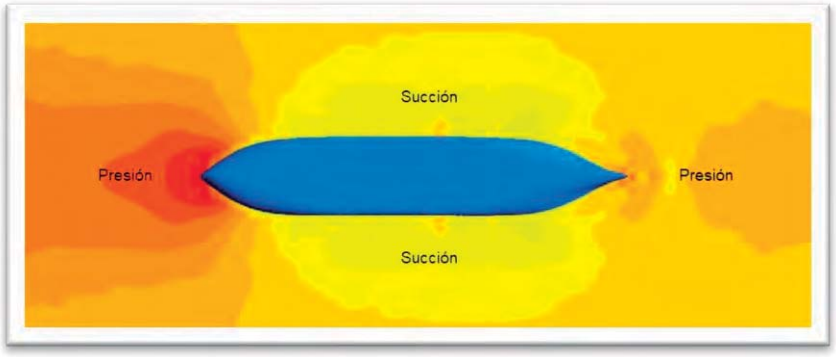


Figura 26. Distribución de presiones alrededor de un buque en navegación

– La perturbación de la superficie libre, que genera dos trenes de oleaje claramente diferenciables, uno transversal al buque y otro longitudinal.

En el caso de los buques amarrados de gran porte, el efecto predominante del paso de buques en sus proximidades suele ser el debido al campo de variación de presiones. Los buques de menor porte pueden estar afectados de forma significativa también por los trenes de olas generados por el buque en navegación.

El análisis de detalle de ambos fenómenos requiere de la aplicación de modelos numéricos avanzados, que quedan fuera del alcance del presente estudio.

No obstante, se dispone de metodologías analíticas aproximadas, que serán las aplicadas en esta fase de los trabajos, en las situaciones que queden dentro del rango de validez de las mismas.

Así, para el análisis del efecto del paso de buques debido a la perturbación del campo de presiones, se han empleado las formulaciones deterministas propuestas por Flory, en su estudio "A method for estimating passing ship forces", y por Seelig en su estudio "Passing Ship Effects on Moored Ships", las cuales tienen en cuenta las dimensiones principales y el calado del buque en tránsito y del buque amarrado, así como la velocidad de paso, la distancia y la profundidad en la zona de estudio.

Dichas formulaciones se aplican a los buques gaseros convencionales, y a los de pequeña escala, en el rango de esloras en que ello resulta posible.

Los datos de partida adoptados son los extraídos del análisis de los datos AIS mencionado anteriormente, en el que se observa que, los pasos de los barcos de mayor porte (L_{OA} mayor a 200 m) compatibles con buques amarrados en el terminal (distancia de paso mayor a 100 m), se producen a velocidades inferiores a 4 nudos.

Para evaluar el efecto sobre el buque gasero, se estima la capacidad del sistema de amarre en vaivén, deriva y guiñada, atendiendo a los siguientes criterios:

- El número de amarras empleadas por los buques gaseros de 140,000 m³ es 16, en configuración: 2 largos de proa, 4 traveses en proa, 2 esprines en proa, 2 esprines en popa, 4 traveses en popa y 2 largos en popa.

- El número de amarras empleadas por los buques gaseros de más de 140,000 m³ es 18, en configuración: 3 largos de proa, 4 traveses en proa, 2 esprines en proa, 2 esprines en popa, 4 traveses en popa y 3 largos en popa.

- El número de amarras empleadas por los buques gaseros small scale es 10, en configuración: 3 largos de proa, 2 esprines en proa, 2 esprines en popa, y 3 largos en popa.

- Se considera que las fuerzas longitudinales son soportadas por los esprines, las transversales por los traveses y largos, y el momento de guiñada por traveses y largos.

- Se establece como límite de la capacidad resistente del sistema un 20% del total, a fin de tener en cuenta los efectos dinámicos y asegurar que los movimientos son mínimos. Este valor se revisará en las fases siguientes del estudio, cuando se disponga del diseño final del equipamiento de amarre de la terminal.

De acuerdo con ello, y teniendo en cuenta la carga mínima de rotura de las amarras con que operan cada uno de los buques indicados, se obtienen los siguientes valores límites aproximados para las fuerzas y momentos que soportan los sistemas de amarre, que no deben conllevar movimientos excesivos de los buques.

Capacidad (m³)	1,000 m³	6,500 m³	15,000 m³	140,000 m³	170,000 m³	Q-Flex	Q-Max
MBL (t)	25.0	27.0	60.0	135.0	135.0	135.0	135.0
Limite Fuerza Long (t)	10.0	16.2	36.0	81.0	81.0	81.0	54.0
Limite Fuerza Transversal (t)	7.5	13.0	28.8	162.0	189.0	189.0	189.0
Limite Momento (t·m)	288.0	715.4	2142.7	20412.0	25089.8	26790.8	29342.3

Tabla 29. Límites de fuerzas y momentos asociados a los sistemas de amarre considerados

Los resultados obtenidos para las fuerzas y momentos producidos por el paso de los buques sobre los gaseros convencionales, según la mencionada formulación de Wang, son los que se muestran en la siguiente tabla.

Buque pasante	Distancia de paso (m)	V (nudos)	Buque amarrado	Fuerza Long (t)	Fuerza Transversal (t)	Momento (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	200	4	140,000 m³	9	40.8	2289.9
			170,000 m³	9.7	45	2761.4
			Q-Flex	10.3	49.6	3419.2
			Q-Max	11.7	58	4637.9

Tabla 30. Fuerzas y momentos generados por buques pasantes para los buques gaseros de mayor porte de estudio (Flory)

Buque pasante	Distancia de paso (m)	V (nudos)	Buque amarrado	Fuerza Long (t)	Fuerza Transversal (t)	Momento (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	200	4	140,000 m³	11.5	56.7	2586.2
			170,000 m³	11	54.8	2327.6
			Q-Flex	10.1	51.4	2812.7
			Q-Max	8.2	45.1	2830.7

Tabla 31. Fuerzas y momentos generados por buques pasantes para los buques gaseros de mayor porte de estudio (Wang)

A la vista de los resultados anteriores, por comparación entre las fuerzas y momentos admisibles y los que se ha estimado generaría el paso de buques, no se prevé que los gaseros convencionales amarrados deban presentar movimientos de relevancia debidos a este tipo de efecto.

En el caso de los buques "small scale", solo es posible evaluar este efecto sobre el buque de 15,000 m³ (L_{OA}= 155 m), según la formulación de Seelig, dado que las esloras de los buques en tránsito y amarrados deben cumplir una determinada relación de esloras para que las formulaciones resulten suficientemente fiables. Los resultados obtenidos en este caso son:

Buque pasante	Distancia de paso (m)	V (nudos)	Buque amarrado	Fuerza Long (t)	Fuerza Transversal (t)	Momento (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	200	4	15,000 m³	9.2	37.0	738.1

Tabla 32. Límites de fuerzas y momentos generados por buques pasantes para un buque gasero de 15,000 m³

Comparando los resultados anteriores con los de la tabla anterior, se comprueba que los valores de las fuerzas transversales obtenidas exceden en un 30% a los límites establecidos, por lo que procede a calcular de nuevo dichos valores, aumentando la distancia de paso de buques a 250 m.

Buque pasante	Distancia de paso (m)	V (nudos)	Buque amarrado	Fuerza Long (t)	Fuerza Transversal (t)	Momento (t·m)
150,000 TPM (L_{OA}=275 m)	250	4	15,000 m³	4.9	18.7	373

Tabla 33. Límites de fuerzas y momentos generados por buques pasantes para un buque gasero de 15,000 m³

En este caso se observa que todas las fuerzas se sitúan por debajo de los límites establecidos, por lo que se prevé que, si el buque navega a una distancia superior a 250 m, no se producirán movimientos excesivos en el gasero de 15,000 m³.

Cabe destacar que, a la fuerza despegante generada por el paso de buque, únicamente podrá añadirse la producida por el viento (dado que no pueden presentarse corrientes u oleajes de tierra a mar), que se prevé moderada considerando el abrigo que supone el propio muelle para los buques menores, y que se compensará en parte por el efecto del oleaje generado por el buque en navegación, en función del momento en que se presente el máximo de fuerzas producido por ambos efectos.

Al respecto del oleaje generado por el paso de buques, éste se ha evaluado de forma aproximada mediante la formulación propuesta por la ROM 2.0-11 (estela de Kelvin), para buques en tránsito a plena carga, que navegan a unos 200 m del muelle, a velocidades de 4 nudos y 8 nudos. Las alturas de ola máximas, asociadas a la intersección entre las ondas transversales y las divergentes en la línea de picos, y los periodos obtenidos, resultan respectivamente de 0.12 m y 1.0 s m, y de 0.46 m y 2.0 s.

Como ya se ha indicado, el efecto que puede tener este tipo de oleaje sobre los buques atracados se evaluará con mayor detalle en fases posteriores del estudio, si bien se estima inicialmente que no debe resultar relevante para los gaseros convencionales.

A la vista de los resultados anteriores, se considera en todo caso que la navegación de buques en la proximidad de la terminal podría llegar a afectar a la futura operación de los buques "small scale" que se prevé recibir en el terminal. De verificarse dicha situación, resultaría necesario aplicar medidas tales como las indicadas a continuación, de forma que se asegure que no se producirán movimientos excesivos de los buques amarrados.

- Empleo de esquemas de amarre con buena capacidad de respuesta transversal (deriva).
- Empleo de brazos de carga que permitan el rango más amplio posible de movimientos buques.

- Restringir las distancias mínimas o las velocidades máximas de paso frente a los atraques, para los distintos tamaños de buques que operan en la zona.

Las dos primeras medidas serán evaluadas en fases posteriores de este estudio, en el momento de analizar los sistemas de atraque y amarre, y los sistemas de carga/descarga a emplear para los buques menores.

Se destaca, no obstante, que el análisis de detalle de los efectos indicados requiere del empleo de herramientas numéricas de simulación avanzadas que permitan evaluar con mayor precisión las fuerzas y momentos inducidos sobre los buques, sin presentar las limitaciones indicadas para los buques de menor porte.

7.8 Salidas en condiciones de emergencia y posibles áreas de fondeo

7.8.1 Maniobras de salidas en condiciones de emergencia

Según se especifica en las "Normas de seguridad para la entrada, atraque, desatraque y salida de buques gaseros en la Ría de Ferrol", emitidas por la capitanía marítima el 23/12/13, durante la estancia de un buque en la terminal se dispondrá de un remolcador en las inmediaciones, listo para asistir al buque en caso de necesidad o emergencia, por lo que se requerirá disponer de dos remolcadores preparados en caso de que los atraques de REGANOSA estén simultáneamente ocupados.

De acuerdo con el procedimiento actual, los remolcadores permanecen en stand-by en el muelle que se encuentra frente a la terminal, con tripulación a bordo y lista para actuar, lo que se considera compatible con los tiempos mínimos que, desde que se produce la emergencia, se requieren habitualmente para el desatraque, que en terminales de GNL resultan en general del entorno de 20 – 30 min.

La estrategia de maniobra planteada para estas maniobras, según las indicaciones de los Prácticos del Puerto y Ría de Ferrol, descrita a continuación, considera el uso de un remolcador, con una capacidad mínima de tiro de 70 t, que seguirá las siguientes pautas de posicionamiento y amarre al buque.

- **Buques con bowthruster**

  El remolcador se amarrará en popa, para que cuando tire por el través de estribor, su efecto pueda ser compensado por la acción del bowthruster, consiguiendo que el buque se separe de las defensas de manera paralela al atraque.

  Como esta maniobra es la que requiere menos esfuerzos para su realización de forma segura, en caso de que se produzca una emergencia estando dos buques atracados a la terminal, el buque que disponga de bowthruster será el primero en abandonarla, ya que su maniobra requerirá menos tiempo y un menor espacio para su ejecución.

  Con el fin de facilitar la salida de los buques atracados en la terminal, y partiendo de la base de que, en el caso de existir un buque atracado al pantalán de Forestal del Atlántico, estará atracado a estribor al muelle, sin que en su salida ocupe el espacio de maniobra requerido por los otros dos, se recomienda que se dé preferencia al atraque de los buques con bowthruster situados en el pantalán del Oeste de REGANOSA, de forma que al abandonarlo, libere más espacio de maniobra para la salida de emergencia del buque que se encuentre en el atraque central.

- **Buques sin bowthruster**

  El remolcador se hará firme en proa, situándose por estribor del buque y con el cabo templado en posición de esprín (unos 15 o 20 grados abierto del costado y hacia popa).

  Con el timón del buque todo a babor se dará mínima avante, y cuando inicie el movimiento de separar la popa, compensaremos el movimiento simultáneo de caída a babor de la proa aumentando la potencia de tiro del remolcador, de manera que, sin avanzar demasiado, el buque se vaya separando poco a poco por el efecto de ambas fuerzas. Aumentando el tiro del remolcador, aumentaremos el efecto de frenada al avance del buque, mientras que, si aumentamos el ángulo de tiro, incrementaremos el efecto de separar la proa del muelle. En esta maniobra el efecto de avance del buque es inevitable, por ello se recomienda que, para hacerla más segura, solamente se realice si no existe ningún otro buque atracado por la proa.

  A la vista de esta estrategia, convendrá disponer como stand-by para los buques sin bow thruster los remolcadores de mayor tiro, de forma que su efecto individual sea mayor.

Atendiendo a las estrategias anteriores, se estima en principio que, frente a una eventual emergencia, los buques podrán abandonar la terminal de forma suficientemente segura, si bien, puesto que se trata de un análisis teórico basado en la experiencia, deberán ser validadas en simulador en tiempo real, con el fin de demostrar su eficacia real en las condiciones máximas de viento permitidas, antes de ser definitivamente aprobadas

Si bien se estma en principio que no supondrá una limitación significativa para las maniobras de salida indicadas, en dicho análisis deberá tenerse en cuenta la posible influencia de la zona de menores calados situada frente al atraque, mencionada en el apartado 7.4, en la que la navegación de algunos de los buques de mayor porte podría llegar a quedar condicionada por el nivel de marea, si se encuentran a plena carga.

7.8.2 Posibles áreas de fondeo

Al estar condicionada la salida de la ría de Ferrol, de los buques de mayor porte, a su estado de carga, al nivel de marea y a la disponibilidad de remolcadores, podría darse el caso de que se produjese una emergencia que obligase al abandono del terminal, sin posibilidad de salir de la ría durante un determinado periodo.

En este sentido, se analiza a continuación la posibilidad de fondear los buques en el interior de la ría, al objeto de que puedan esperar en condiciones seguras, hasta que fuese posible efectuar la salida o volver al terminal.

Dado que la restricción de navegación en función del nivel de marea se aplica a buques de eslora mayor a 210 m, el análisis se centra en este rango de buques, si bien es posible que los buques de menor porte, debiesen fondear también a la espera de poder contar con los remolcadores necesarios para poder realizar las maniobras correspondientes.

El cálculo de los espacios necesarios para el fondeo se realiza de acuerdo con las recomendaciones incluidas en la ROM 3.1-99, para el caso de que el buque fondee a la gira, que consiste en el empleo de un ancla por proa permitiendo que el ésta haga presa en el fondo, quedando como único elemento de fijación del buque.

El radio de borneo asociado a este tipo de fondeo, medido al nivel de la cubierta del buque, se puede calcular según la citada ROM, por adición de las siguientes distancias:

- Eslora total del buque.

- Longitud de cadena que se prevé filar en el fondeadero. Se considera un valor de 3 veces la profundidad en pleamar, al ser una estancia corta. Este valor se establece en 55 m (2 grilletes).

- Distancia adicional de seguridad para cubrir imprecisiones del fondeo. Esta distancia de seguridad depende de diversos factores, pudiendo aceptarse un valor que varía entre 25 y el 50% de la eslora total (*L*) del buque considerado. En este caso se adopta un valor del 25%, por considerarse que el fondeo es provisional, al limitarse al tiempo necesario para disponer de un nivel de marea suficiente y la llegada de remolcadores.

- Margen adecuado de preaviso para el caso de garreo del ancla, que en este caso se establece en 60.0 m, por estimarse que se tienen fondos con buena resistencia al anclaje (gravas y fangos en general) y vientos inferiores a 40 nudos.

- Resguardo de seguridad, que pueda valorarse en un 10% de la eslora total del buque, con un mínimo de 20 m.

Los radios de borneo calculados de acuerdo con lo anterior, para buques de esloras de 250 m, 315.2 m (Q-Flex) y 345.3 m (Q-Max), resultan respectivamente de 452 m, 541 m y 582 m.

En base a lo anterior, se analiza en primer lugar la disponibilidad de espacios adecuados para el fondeo de un único buque en el interior de la ría (calados mayores de 14 m en bajamar), válidos para cualquier combinación de direcciones de viento y corriente, considerando adicionalmente que los buques no deberían situarse a una distancia inferior a unos 250 m del terminal, que corresponde al mínimo de seguridad, adoptado de forma conservadora en base a los estudios de riesgos descritos en el apartado 7.10 siguiente.

Tal como se refleja en la figura siguiente, no resulta posible cumplir con las condiciones anteriores para el menor de los buques considerados, por lo que se concluye que, sin recurrir al dragado de determinadas zonas, no se dispone de espacios adecuados para albergar un círculo de borneo completo, dimensionado de acuerdo con los criterios de la citada ROM 3.1-99.

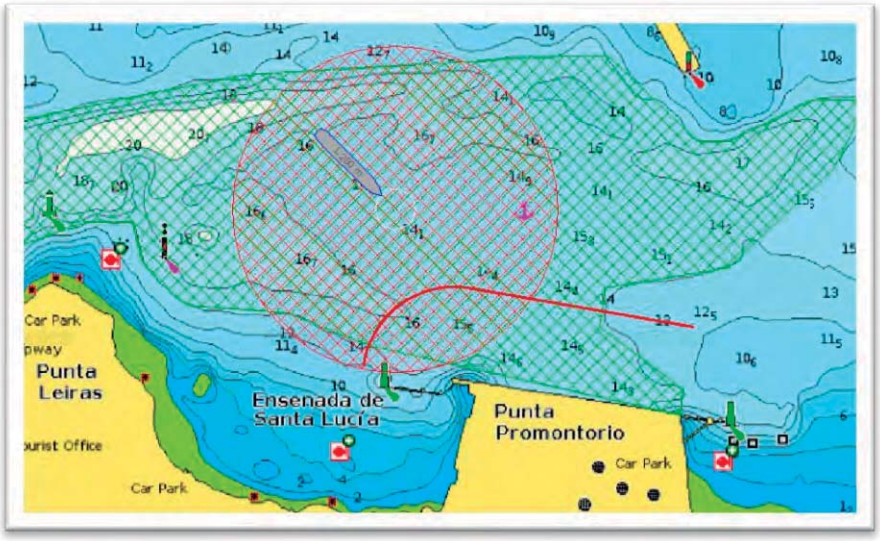


Figura 27. Ubicación de área de fondeo tentativa frente a la terminal de REGANOSA. Buques de 250 m de eslora.

De acuerdo con ello, y teniendo en cuenta que las posibles áreas de fondeo se emplearían únicamente en situaciones puntuales de emergencia, durante periodos de tiempo limitados, se analiza en segundo lugar la disponibilidad de espacios para el fondeo, condicionados a las situaciones de viento y corriente que se tuviesen durante dichos periodos de tiempo.

Así, considerando que los buques se orientarán según la resultante de las acciones viento y corriente que se tenga en cada momento, en función de sus respectivas direcciones e intensidades, se opta por analizar la situacción, de acuerdo con lo siguiente.

- Atendiendo a la configuración de la ría y el terminal, se considerarán en principio 4 situaciones genéricas de viento y corriente, que dan lugar a las siguientes orientaciones de los buques.

    - Orientación del buque Norte a Sur.
    - Orientación del buque Este a Oeste.
    - Orientación del buque Sur a Norte.
    - Orientación del buque Oeste a Este.

- En función de las condiciones indicadas, se sitúan las áreas necesarias para el fondeo asociadas a cada una de ellas, en zonas con calados adecuados y suficientemente alejadas del terminal, ubicando el punto de fondeo a la mayor distancia posible del mismo, según la dirección aproximada a la que se orienta el buque en cada caso.

- Puesto que ambos buques se orientarán con la proa hacia la resultante de las acciones de viento y corriente, resulta aceptable que las áreas de borneo presenten zonas comunes, dado que, si las anclas se sitúan a suficiente distancia, dichas zonas no estarán ocupadas por ambos buques simultáneamente.

- El análisis se realiza para los buques de mayor porte que pueden operar simultáneamente en el terminal de REGANOSA (Q-Max y Q-Flex), de acuerdo con el estudio de simultaneidad realizado, descrito en el apartado 7.5.

Los resultados obtenidos son lo que se presentan en las siguientes figuras.

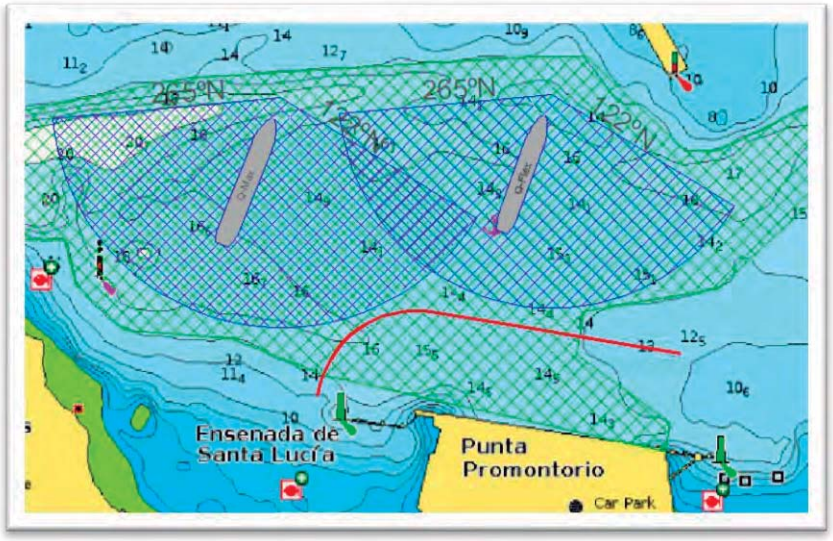


Figura 28. Ubicación de posibles áreas de fondeo. Orientación de los buques N-S.

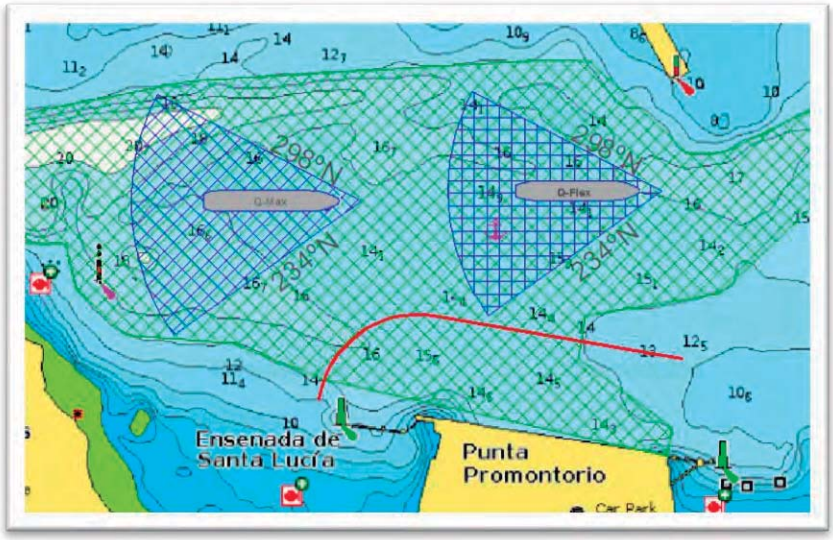


Figura 29. Ubicación de posibles áreas de fondeo. Orientación de los buques E-O.

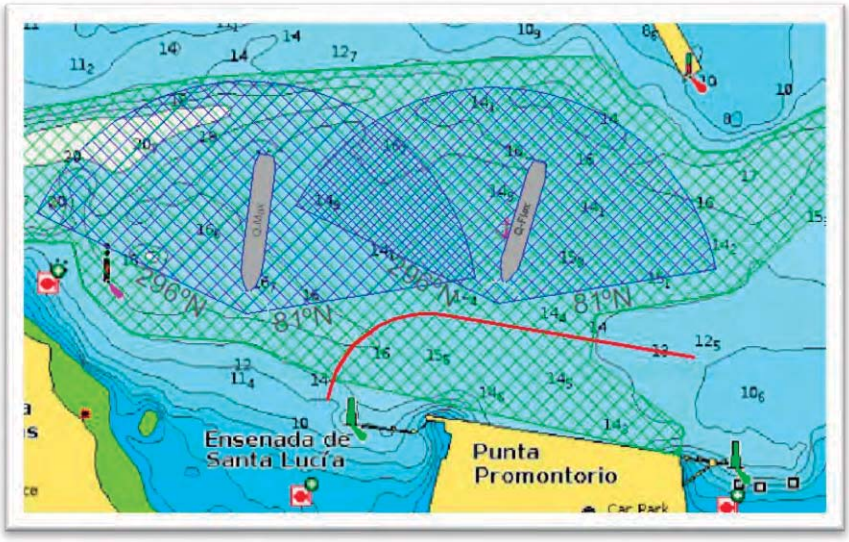


Figura 30. Ubicación de posibles áreas de fondeo. Orientación de los buques S-N.

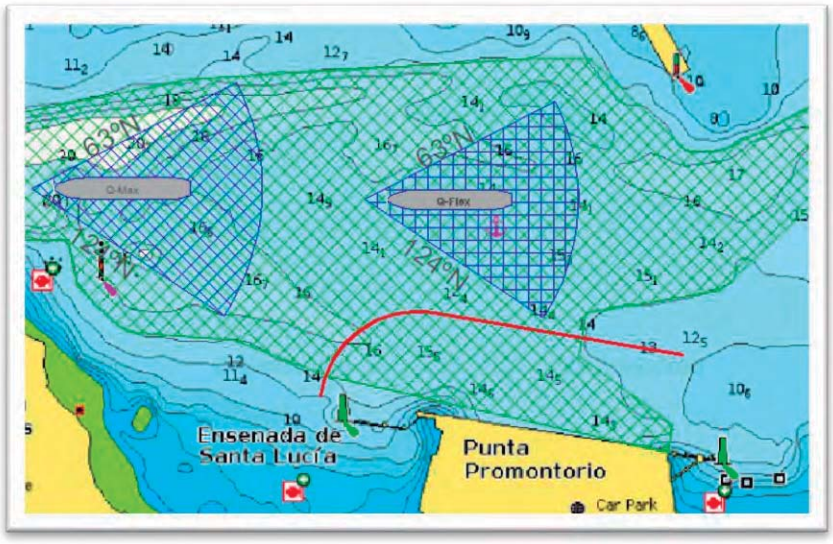


Figura 31. Ubicación de posibles áreas de fondeo. Orientación de los buques O-E.

De acuerdo con lo anterior, desde el punto de vista de espacios disponibles, se considera viable el fondeo simultaneo de dos de los buques gaseros considerados, si bien es importante destacar que, dependiendo del tiempo en que los buques debiesen permanecer fondeados, la resultante de la combinación del viento y corriente podría variar lo suficiente para que fuese necesario trasladarlos de una posición de fondeo a otra, o de que, alternativamente, fuese necesario el apoyo constante de uno o varios remolcadores por buque para mantenerlos dentro de los espacios definidos para la posición original de fondeo.

Estas variaciones de las condiciones climáticas podrían corresponder, principalmente, a cambios en las direcciones e intensidades del viento, o a variaciones de las direcciones de corrientes, asociadas a cambios del ciclo de marea de llenante a vaciante o a la inversa. Cabe mencionar a estos efectos, que, de acuerdo con el estudio de modelización numérica realizado por Deltares en el año 2009, las velocidades de corrientes de marea deben resultar inferiores a 1 nudo, por lo que, salvo en condiciones de calma de viento o proximas, su influencia en la orientación del buque resultaría secundaria.

El análisis de en qué condiciones concretas de viento y corriente deban utilizarse unas u otras posiciones de fondeo, del número de remolcadores necesario para asistir a los buques durante el fondeo, así como de las condiciones en que deba procederse al cambio de posición, las estrategias de maniobra a seguir en cada caso y la dotación de remolque necesaria para estas maniobras, deberá llevarse a cabo con el apoyo de simulación en tiempo real en fases posteriores de Proyecto.

Una vez comprobado que se dispone de espacio suficiente para fondear inicialmente los buques, se definen las posibles estrategias de maniobra, asociadas a cada una de las posiciones de fondeo consideradas, a fin de evaluar su viabilidad. En la definición de dichas estrategias se tiene en cuenta que los buques Q-Max y Q-Flex no disponen de thruster de proa y que para el fondeo del ancla deben situarse parados en el punto seleccionado para tal fin.

La maniobra se inicia en todos los casos con el buque paralelo a la terminal a una distancia de 100 m y con un remolcador situado en la gatera central de proa tirando por estribor, según la configuración analizada para las salidas de emergencia, con un solo remolcador para buques sin bow thruster

Las estrategias de maniobra planteadas para cada caso, teniendo en cuenta las indicaciones de los Prácticos del Puerto y la Ría de Ferrol, y considerando el empleo del remolcador en stand-by para realizar la salida de emergencia, son las siguientes:

- Resultante de componente N

  Con ayuda del remolcador de proa tirando por el través de estribor, maquina a minima de gobierno y timon a estribor se comienza el reviro a estribor favorecido por la tendencia de buque a aproarse a la resultante de la componente. El remolcador amarrado con cabo corto puede operar a ambas bandas para dirigir la proa al punto de fondeo. Alcanzado este punto con el buque parado y aproado al viento se fondea y se da minima atrás para extender un mínimo de dos grilletes.

- Resultante de componente E

  Esta condición se presenta en principio como la más exigente por la necesidad de revirar el buque un ángulo significativamente mayor.

  Tirando de través de amura de estribor con el remolcador hecho firme en al gatera central comienza el reviro, la popa se procura mantener en posición con maquina minima/poca avante y timon todo babor.

  Con el viento de traves y centrados en el área de reviro se cambia el timon todo estribor para favorecer la caída de la popa y el remolcador tirando por estribor al principio y posteriormente por babor cuando se necesite parar la caída para enfilar la proa a la posición de fondeo. Alcanzado este punto con el buque parado y aproado a la resultante se fondea y se da minima atrás para extender un mínimo de dos grilletes.

- Resultante de componente S

  Este escenario es despegante con relación a la orientación de la terminal, por lo que el viento resulta de ayuda en la fase de separación hasta situarse el buque en la posición inicial.

  Por su parte, la ubicación de fondeo es la más próxima a esta posición de entre todas las estudiadas, y situada a proa por estribor, por lo que el uso del remolcador será más limitado. El remolcador trabajará tirando por la amura de estribor al principio y empujando por esta banda o tirando por babor cuando se necesite parar la caída. Una vez en posición, con el buque parado, se hace fondo y el remolcador pasa a popa para empujar por babor, para ayudar a aproar el buque a la resultante de viento y corriente, o bien por estribor si lo que se necesita es frenar la caída de la popa si el viento es fuerte. Mientras, al buque se le imprime arrancada atrás para extender de la cadena al menos dos grilletes.

- Resultante de componente O

  Esta posición de fondeo es la más accesible en cuanto a la maniobra, en especial para el buque situado más a barlovento. Sin necesidad de acusados cambios de rumbo, y teniendo en cuenta que la resultante por proa mejora la gobernabilidad del buque, se llega ya casi aproado al viento listo para arriar cadena.

  Tirando con el remolcador de proa por estribor se le centra a la zona de fondeo, regulando la caída de la popa con maquina y timón ayudados por la resultante de viento y corriente. Alcanzado este

punto con el buque parado y aproado al viento se fondea y se da minima atrás para extender un mínimo de dos grilletes. Una vez hecho fondo el remolcador larga para ir a popa y operar en esa cabeza si fuera necesario.

En todos los casos, tras el fondeo del ancla, se recomienda que el remolcador permanezca conectado a la popa del buque, a fin de apoyarle en caso necesario durante su estancia en el fondeadero, recomendándose que los buques mantengan siempre la máquina arrancada.

Del análisis se extrae que el uso de la areas de fondeo indicadas podría llegar a bloquear temporalmente la entrada y salida del Puerto de Ferrol de los buques comerciales de los tamaños más habituales, de acuerdo con lo cual, y teniendo en cuenta que en el Puerto de Ferrol se ubica una base naval de la Armada Española, se analizan nuevas alternativas para las areas de fondeo, que viabilicen la operación simultanea de dicha base, atendiendo a las siguientes consideraciones:

- Si se dispone de más de un remolcador para asistir al buque fondeado, lo que permitiría reducir los radios de borneo. De acuerdo con la información facilitada por los prácticos del puerto de Ferrol, si se dispone de suficientes remolcadores, es viable en función de su experiencia, fondear buques metaneros de 300 m, limitando el radio de borneo a 425 m, de acuerdo con lo cual se considerará un radio de borneo de aproximadamente el 140% de la eslora del buque, según lo cual resultan los siguientes radios, en función de la capacidad de los buques de mayor porte.

Capacidad	LOA (m)	Radio Borneo (m)
138,000 m³	284	402
170,000 m³	295	418
216,000 m³ (Q-Flex)	315	446
266,000 m³ (Q-Max)	345	489

Tabla 34. Radios de boreno calculados a partir de la información facilitada por los Prácticos del Puerto y la Ría de Ferrol

- Se analiza el fondeo simultáneo de un metanero de 138,000 m³ y un Q-Max, que son los mayores buques que podrían operar simultáneamente en la terminal de REGANOSA.

- Se determina la profundidad mínima de las áreas de fondeo teniendo en cuenta que el calado de los buques metaneros seleccionados se sitúa entre 9.5 m, para la condición de lastre, y 12.5 m para la condición de plena carga, asegurando en todo momento un resguardo bajo quilla del 12% de su calado, con lo que se requerirán profundidades de 10.6 m y 14.0 m, respectivamente.

- Se establece que entre el área de fondeo y la base naval se respete un canal de 200 m de ancho para la salida y acceso de buques de la Armada a su base, que resulta equivalente a 11 veces la manga de una fragata F-100 aproximadamente.

De acuerdo con dichas consideraciones, se obtienen los siguientes ocupados durante el fondeo, en función de la situación de carga de los buques:

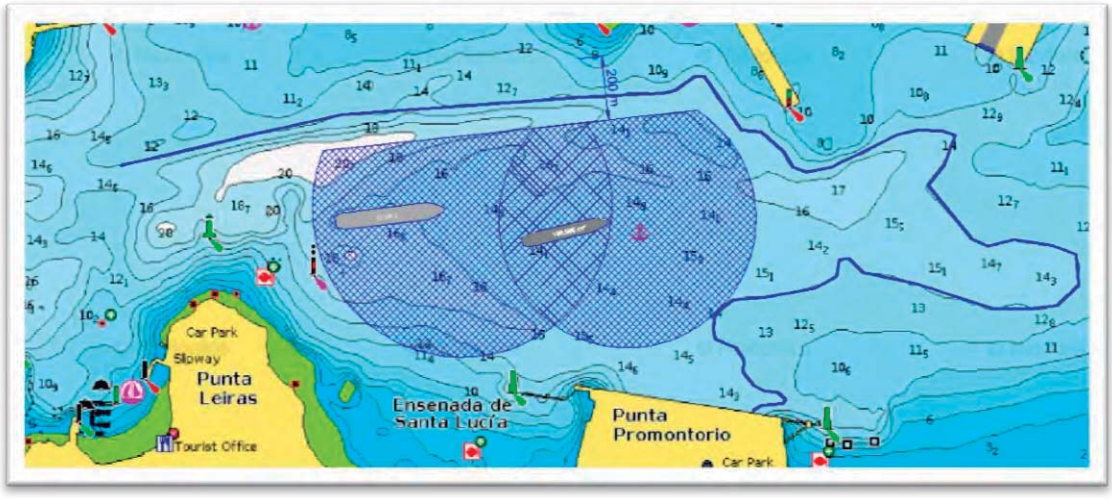


Figura 32. Areas de ocupación Q-Max y 138,000 m³ en fondeo con remolcadores para la condición de plena carga.

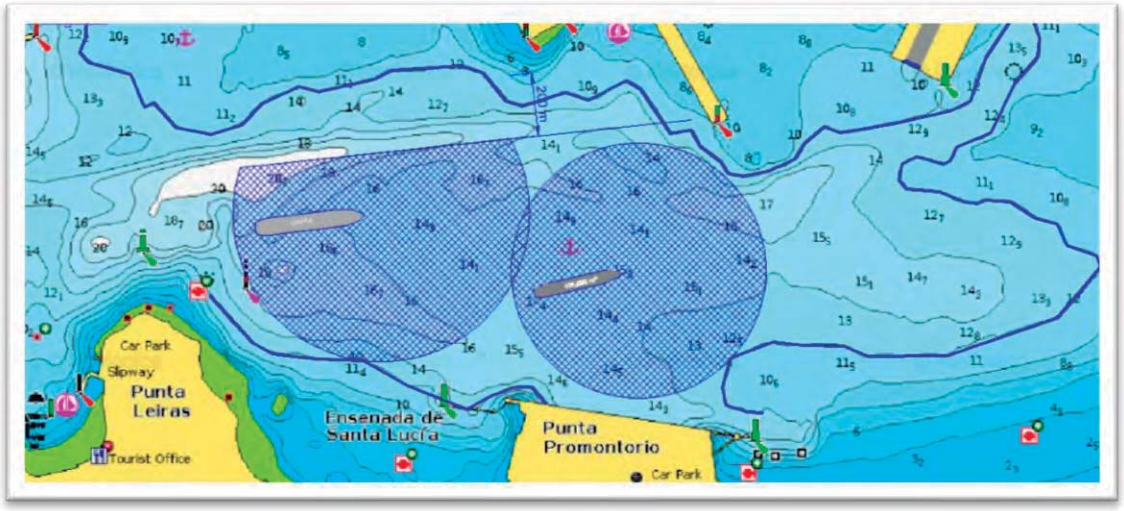


Figura 33. Areas de ocupación Q-Max y 138,000 m³ en fondeo con remolcadores para la condición lastre.

A la vista de las areas de ocupación indicadas, se prevé posible el fondeo simultaneo de un buque metanero de 266,000 m³ y otro de 138,000 m³, sin limitar el acceso a la base naval de la Armada, y ni siquiera al Puerto de Ferrol, si se dispone de remolcadores suficientes para poder controlar la posición de los buques, evitando que pueda producirse alguna situación de emergencia, y especialmente que el buque fondeado frente a la terminal pueda invadir la zona de riesgo asociada a la misma.

En base a las estrategias planteadas, se considera viable el fondeo simultaneo de ambos buques desde el punto de vista de maniobra, si bien, deberán realizarse simulaciones en tiempo real en fases posteriores de Proyecto, con objeto de:

- Verificar que con un único remolcador es posible realizar las maniobras planteadas y, en caso de no ser viable, determinar el número mínimo de remolcadores requerido.

- Definir las condiciones climáticas límite bajo las que son viables las maniobras.

Analizar en detalle si finalmente pudiese ser conveniente el dragado de alguna zona, con el fin de asegurar que las maniobras puedan realizarse en cualquier condición de marea y estado de carga de los buques.

Dada la complejidad de algunas de las maniobras planteadas, se considera necesario asimismo el entrenamiento de prácticos y patrones de remolcador, mediante simulación en tiempo real.

Finalmente, se considera importante destacar que, si bien se estima que la probabilidad de que se produjese una emergencia que obligase al abondono de los tres atraques, estando dichos atraques ocupados simultanemanente por buques sujetos a restricciones de calado para la salida de la ría (buques de gran tamaño a plena carga), resulta muy reducida, no sería posible fondear los tres buques simultáneamente con los calados disponibles actualmente.

De acuerdo con ello, se recomienda profundizar en el análisis de esta situación en estudios posteriores, en los que, considerando los riesgos conjuntos derivados de las actividades llevadas cabo tanto por REGANOSA como por Forestal del Atlántico, se evalúe si dicha emergencia resulta realista, y en en su caso, la necesidad de abandono del terminal por unos u otros buques, el orden de salida a considerar en cada caso, y el número de remolcadores necesario para viabilizar la realización de todas las maniobras y operaciones que pudieran plantearse.

Igualmente, dado que las limitaciones para la navegación de buques gaseros durante el acceso y salida la ría, se establecen para condiciones normales de operación y vienen condicionadas tanto por la necesidad de disponer de un nivel de agua suficiente, como por el hecho de que, en función de la situación de marea, las corrientes resulten suficientemente reducidas (inferiores en general a 3 nudos), se recomienda que se acometa un estudio de detalle a fin de determinar en qué condiciones de carga de los buques, niveles de marea e intensidades de corriente y viento es posible abandonar la bahía y dirigirse al fondeadero del Puerto Exterior o a mar abierta, incluyendo los resultados de los estudios indicados en el procedimiento de emergencia de la terminal.

En dicho procedimiento de emergencia deberá considerarse el fenómeno de pérdida de estabilidad que durante la navegación sufren algunos de los buques gaseros en determinados estados de carga, tratando de que los buques que pudieran resultar afectados por dicha situación, puedan fondear en las zonas del interior de la bahía próximas a la terminal.

7.9 Valoración preliminar de la disponibilidad y experiencia de los prácticos

Teniendo en cuenta que actualmente no se están realizando en el Puerto de Ferrol, operaciones asimilables a las que se plantean en este caso (atraque y salida de grandes buques gaseros en atraques contiguos), se considera recomendable en cualquier caso el entrenamiento de los prácticos mediante la realización de maniobras en condiciones normales y de emergencia en simulador en tiempo real, y asimismo de los patrones de los remolcadores en las maniobras que se identifiquen como de mayor dificultad desde este punto de vista.

En principio, se plantea que dicho entrenamiento se lleve a cabo una vez se hayan identificado los escenarios y las maniobras críticas por parte de los capitanes encargados de los estudios en simulador en tiempo real, que habrán de acometerse en fases posteriores de Proyecto, si bien se recomienda que los Prácticos validen al inicio de los estudios la respuesta de los modelos numéricos de los buques a emplear en las simulaciones, así como que participen en la selección de los escenarios climáticos a considerar.

Cabe reseñar a este respecto que los centros que actualmente cuentan en España con simuladores adecuados para la realización de estos trabajos son principalmente el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), el Centro de Seguridad Marítima Integral Jovellanos, en directo o a través de la empresa ENRED, que cuenta con un acuerdo de colaboración con dicho centro, y la empresa SIPORT21, estimándose que las sesiones a las que asistan los prácticos puedan tener una duración de

entre dos y cinco días aproximadamente, en función de las maniobras a realizar y el número de prácticos que sea necesario que asistan a dichas sesiones.

7.10 Conclusiones principales del análisis de riesgos náuticos

Las conclusiones principales del análisis realizado son las siguientes:

- La implantación del nuevo atraque no debe suponer una situación de riesgo inadmisible para los buques que navegan por el canal a distancias superiores a unos 100 m.

- La navegación de los buques en tránsito por el canal, a las distancias y velocidades a las que viene realizándose, en general a más de 200 m y a menos de unos 8 nudos, no debe suponer una situación de riesgo para los buques convencionales que puedan operar en los atraques de REGANOSA.

  No obstante, ciertos tipos de buques, en general militares, navegan en ocasiones a distancias inferiores (hasta unos 150 m) y a velocidades superiores, estimándose necesario establecer una distancia mínima de seguridad con objeto de reducir los posibles riesgos de colisiones y el efecto sobre los buques amarrados, tanto como sea razonablemente posible.

- La navegación de los buques por el canal, a distancias inferiores a unos 250 m puede llegar a generar problemas, en función de su velocidad, para los buques small scale atracados en la terminal de REGANOSA, debiendo analizarse en detalle esta situación mediante modelos numéricos avanzados en fases posteriores de Proyecto.

- Al respecto de las distancias entre los buques amarrados, en función del análisis realizado y de lo indicado en el apartado 8 siguiente, y si bien la recomendación de partida propuesta por la ROM para buques gaseros, es que éstas no sean menores de 50 m, se considera que pueden aproximarse a los mínimos recomendadas para buques comerciales de cualquier tipo, de más de 300 m de eslora, que resultan de 30 m.

- Las maniobras de reviro, atraque y salida en condiciones normales de operación, y las de salida y fondeo en condiciones de emergencia, se consideran en principio viables, estimándose necesario disponer de un remolcador en espera por buque, que se recomienda disponga de un tiro mínimo de 70 t, para asegurar que las mencionadas salidas de emergencia puedan realizarse de forma suficientemente segura.

  En función de las características de las maniobras analizadas, se recomienda asimismo que el atraque Oeste se asigne a buques dotados de bow-thruster, capaces de abandonar el terminal con mayor rapidez, y que estos buques sean los primeros en salir en caso de que se requiera del abandono de emergencia los dos atraques, de forma que dejen espacio libre en poco tiempo para la maniobra del buque situado en el atraque central.

  No obstante, en fases posteriores de Proyecto será necesario acometer estudios de simulación en tiempo real, al objeto de verificar las condiciones en que puedan desarrollarse cada una de las maniobras, el orden de salida de los buques frente a eventuales situaciones de emergencia, las estrategias a seguir y las necesidades de remolque correspondientes a cada caso, y, aunque no se considera en principio necesario, si pudiese llegar a ser aconsejable el dragado de alguna zona para la mejora de la seguridad asociada a las maniobras de emergencia de los buques de mayor porte, en los estados de carga y situaciones de marea más desfavorables.

- Sin recurrir al dragado de determinadas áreas en el interior de la ría, no resulta posible contar con áreas de fondeo adecuadas para los buques de mayor tamaño, válidas para todas las condiciones de clima.

- Alternativamente, se plantea la posibilidad de emplear cuatro posibles posiciones de fondeo diferentes, válidas para distintas situaciones climáticas.

  El análisis de en qué condiciones concretas de viento y corriente deban utilizarse unas u otras posiciones de fondeo, del número de remolcadores necesario para asistir a los buques durante el fondeo, así como de las condiciones en que deba procederse al cambio de posición, las estrategias de maniobra a seguir en cada caso y la dotación de remolque necesaria para estas maniobras, deberá llevarse a cabo asimismo con el apoyo de simulación en tiempo real, en fases posteriores de Proyecto.
- Teniendo en cuenta que actualmente no se están realizando en el Puerto de Ferrol, operaciones asimilables a las que se plantean en este caso (atraque y salida de grandes buques gaseros en puestos contiguos y fondeo simultaneo de los mismos), se considera recomendable en cualquier caso el entrenamiento de los prácticos mediante la realización de maniobras en condiciones normales y de emergencia, en simulador en tiempo real, y asimismo de los patrones de los remolcadores en las maniobras que se identifiquen como de mayor dificultad desde este punto de vista.

- Los fondeos indicados podrían bloquear temporalmente el acceso y la salida al Puerto de Ferrol de los buques comerciales de los tamaños más habituales, si bien, con el uso de una flota de remolcadores adecuada se conseguiría no bloquear el acceso a la base de la Armada, e incluso al propio Puerto para la mayor parte de los tamaños de buques.

- Dado que las limitaciones para la navegación de buques gaseros durante el acceso y salida la ría, se establecen para condiciones normales de operación y vienen condicionadas tanto por la necesidad de disponer de un nivel de agua suficiente, como por el hecho de que, en función de la situación de marea, las corrientes resulten suficientemente reducidas (inferiores en general a 3 nudos), se recomienda que se acometa un estudio de detalle a fin de determinar en qué condiciones de carga de los buques, niveles de marea e intensidades de corriente y viento, es posible abandonar la bahía y dirigirse al fondeadero del Puerto Exterior o a mar abierta, incluyendo los resultados de los estudios indicados en el procedimiento de emergencia de la terminal.

- Finalmente, se considera importante destacar que, si bien se estima que la probabilidad de que se produzca una emergencia que obligue al abandono de los tres atraques, estando dichos atraques ocupados simultáneamente por buques sujetos a restricciones de calado para el fondeo o la salida de la ría (buques de gran tamaño a plena carga), resulta muy reducida, no sería posible fondear los tres buques simultáneamente con los calados disponibles actualmente.

  De acuerdo con ello, se recomienda profundizar en el análisis de esta situación en estudios posteriores, en los que, considerando los riesgos conjuntos derivados de las actividades llevadas cabo tanto por REGANOSA como por Forestal del Atlántico, se evalúe si dicha emergencia resulta realista, y en su caso, la necesidad de abandono del terminal por unos u otros buques, el orden de salida a considerar en cada caso, y el número de remolcadores necesario para viabilizar la realización de todas las maniobras y operaciones que pudieran plantearse.

8 Riesgos asociados a la operación de los equipos

En el presente apartado se evalúan los riesgos asociados a la operación de los equipos industriales involucrados en la carga y descarga de los buques.

Tal como se ha indicado, el análisis realizado se apoya de manera fundamental en los estudios de riesgos realizados anteriormente, que, en función de los sucesos iniciadores considerados en cada uno de ellos, se han agrupado en los siguientes.

- Estudio cuantitativo de riesgos desarrollado por EQE (2003), complementado con la evaluación adicional de consecuencias incluida en el estudio desarrollado por ALATEC PROES (2003), basado en buena parte en el anterior.

- Análisis cuantitativo de riesgos (2007) y análisis de riesgos (2016) desarrollados por Tips.

8.1 Sucesos iniciadores de riesgos considerados

Estudio EQE

Los sucesos iniciadores de riesgo identificados en el estudio de EQE son los asociados a la pérdida de confinamiento del GNL, descritos brevemente a continuación.

Entre dichos sucesos iniciadores de riesgo no se incluyen los posibles fallos en las mangueras o los brazos de carga que pudieran emplearse para la operación de los buques "small scale" debido a que darían lugar a una menor afección que la asociada a los medios empleados para la operación de los buques convencionales, sin que supongan riesgo adicional dado que ambas operaciones no podrían llevarse a cabo simultáneamente.

Movimiento excesivo del buque

Debido a fallos que puedan aparecer en virtud de posibles movimientos repentinos del buque, en caso de que el PERC no se desconecte correctamente, como pudiera ser el daño del brazo con la consecuente pérdida de GNL. Se trataría de una fuga relativamente pequeña, del orden de 1 m^3 o 426 kg de GNL. Como ya se ha comentado en el apartado anterior, la probabilidad de ocurrencia de sucesos de este tipo resulta muy reducida.

Liberación repentina del PERC

Se trata de un suceso muy improbable, dado que el PERC será de última generación, que produciría una pequeña fuga de GNL sobre la cubierta del barco del orden de 0.2 m^3.

Fallo del brazo de carga

Está asociado al fallo de las tuberías del brazo de carga. El suceso más grave sería la rotura completa de la tubería, resultando en una fuga sobre el muelle del orden de 4,730 kg de GNL, asumiendo que las bombas dejarían de funcionar tras 10 segundos.

Fallo de las válvulas/bridas del brazo de carga

Conllevaría fugas de pequeña magnitud, en las que, asumiendo un vertido de unos 90 s, no se superarían los 900 Kg de GNL (2 m^3).

Fallo de la articulación del brazo de carga

Lleva consigo asimismo fugas de pequeña magnitud similares a las consideradas para el caso anterior.

Fallo en las tuberías menores o la instrumentación del brazo de carga

En general, conlleva pequeñas fugas muy reducidas, de hasta 30 kg de GNL, salvo en el caso de que se produzca la rotura completa de una de las líneas de 2", para la que se obtendrían derrames de unos 900 kg asociados a 90 s de vertido.

Fallo del manifold del terminal

Está asociado al fallo de las tuberías del rango de 24", para las que, en el caso más desfavorable, se obtendría un vertido del orden de 42.570 Kg en 90 s.

Fallo de las válvulas/bridas, la instrumentación o el flash drum del manifold del terminal

Las características de los derrames que se producirían resultarían análogas a las indicadas para el fallo de las válvulas/bridas y la instrumentación del brazo de carga.

Fallo del colector de descarga

Se refiere a fallos de consideración en las tuberías de mayor diámetro, asociados a agujeros, roturas o perforaciones, para las que se han considerado tasas de vertido de hasta 1,420 Kg/s durante 30 s.

Fallo del manifold del buque

Del lado de la seguridad se asimila al fallo del manifold del terminal., si bien, dado que no se tienen registros de que se haya producido ningún suceso de este tipo hasta el momento, se le asigna una probabilidad de ocurrencia diez veces inferior, tal como se indicará más adelante.

Estudios Tips

Los sucesos iniciadores de riesgo, asociados al interfaz buque - atraque, son los relacionados con la pérdida de confinamiento del GNL y con posibles escapes de GN, según se describe a continuación.

Rotura parcial de brazo de descarga de buques de GNL (BR-BUQUE/01)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GNL, de 16.2 Kg/s, durante 2 min.

Rotura total de brazo de descarga de buques de GNL (BR-BUQUE/02)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GNL, de 513.3 Kg/s, durante 2 min.

Rotura parcial de la línea de descarga de GNL de atraque de buques a tanques (DESCARGA/01)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GNL, de 71.7 Kg/s, durante 2 min.

Rotura total de la línea de descarga de GNL de atraque de buques a tanques (DESCARGA/02)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GNL, de 1,498.9 Kg/s, durante 2 min.

Rotura parcial de la línea de retorno de vapores a buques (RET-VAP/01)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GN, de 0.2 Kg/s, durante 2 min.

Rotura total de la línea de retorno de vapores a buques (RET-VAP/02)

Esta rotura daría lugar a un caudal de fuga de GN, de 5.5 Kg/s, durante 2 min.

8.2 Probabilidad de presentación de los sucesos iniciadores de riesgo

Estudio EQE

Las probabilidades de ocurrencia de los derrames considerados en el estudio de EQE se determinan a partir de las probabilidades de fallo de los distintos componentes individuales (válvulas, bridas, tuberías, etc.), recogidas en la literatura especializada, considerando el volumen o el número de componentes presentes en las operaciones analizadas en este caso, y asimismo la tasa de utilización anual de los mismos, que se ha estimado en un porcentaje del 5.75% del tiempo, correspondiente a 42 operaciones anuales, del entorno de 12 h de duración cada una.

Las probabilidades de fallo adoptadas y las características de los vertidos asociadas a las mismas, de acuerdo con lo anterior, son las indicadas en las tablas siguientes.

Supuesto de riesgo	Diámetro del orificio de fuga (mm)		
	0 - 15	15 - 100	> 100
Fallo del PERC		1.00E-03	
Fallo del manifold del tanque	3.45E-06	1.04E-06	1.04E-07
Fallo en tubería de 16" del brazo	5.18E-05	1.55E-05	1.55E-06
Fallo en válvulas/bridas de 16" del brazo	1.38E-04	3.45E-06	3.45E-06
Fallo en articulación del brazo	2.59E-04	2.59E-05	3.11E-06
Fallo en tuberías, válvulas y bridas de 2” del brazo	3.80E-04	1.73E-04	0.00E+00
Fallo en instrumentación del brazo	5.75E-04		
Fallo en tubería de 24" del manifold del terminal	3.45E-05	1.04E-05	1.04E-06
Fallo en válvulas/bridas del manifold	2.26E-04	1.43E-05	7.94E-06
Fallo en instrumentación o flash drum del manifold	1.81E-04	8.63E-07	8.63E-08
Fallo en tubería de 42”	1.58E-05	1.18E-05	1.15E-06
Fallo en válvulas/bridas de la tubería de 42”	2.53E-05	1.50E-06	8.63E-07
Fallo en la instrumentación de las tuberías de 42”	5.75E-05		

Tabla 35. Probabilidades anuales de ocurrencia de los sucesos iniciadores de riesgo identificados (EQE)

Supuesto de riesgo	Diámetro del orificio de fuga (mm)			Duración (s)	Vertido Max (kg)
	0 - 15	15 - 100	> 100		
Fallo del PERC					100
Fallo del manifold del tanque	0.1	10	473	90	42570
Fallo en tubería de 16" del brazo	0.1	10	473	10	4,730
Fallo en válvulas/bridas de 16" del brazo	0.1	10	10	90	900
Fallo en articulación del brazo	0.1	10	10	90	900
Fallo en tuberías, válvulas y bridas de 2” del brazo	0.1	10		90	900
Fallo en instrumentación del brazo	0.1			180	18
Fallo en tubería de 24" del manifold del terminal	0.1	10	473	90	42,570

Supuesto de riesgo	Diámetro del orificio de fuga (mm)			Duración (s)	Vertido Max (kg)
	0 - 15	15 - 100	> 100		
Fallo en válvulas/bridas del manifold	0.1	10	10	90	900
Fallo en la instrumentación o el flash drum del manifold	0.1	10	10	90	900
Fallo en tubería de 42”	0.1	33	1420	30	42,600
Fallo en válvulas/bridas de la tubería de 42”	0.1	10	10	60	600
Fallo en la instrumentación de las tuberías de 42”	0.1			180	18

Tabla 36. Tasas de derrame y vertidos máximos asociados a los sucesos iniciadores de riesgo identificados (EQE)

Estudios Tips

Las probabilidades de ocurrencia de los derrames considerados en el estudio de Tips se determinan igualmente a partir de las probabilidades de fallo de los distintos componentes indicados (brazos de carga y tuberías), recogidas en la literatura especializada, considerando el volumen o el número de componentes presentes en las operaciones analizadas.

Cabe destacar que las tasas de utilización empleadas en este caso son las asociadas a 70 operaciones de descarga anuales, de 12 h de duración cada una, por lo que, con objeto de homogeneizar los resultados, se han actualizado considerando 42 operaciones anuales al igual que en los estudios de EQE y ALATEC - PROES.

Las probabilidades de fallo adoptadas y las características de los vertidos asociadas a las mismas, de acuerdo con lo anterior, son las indicadas en las tablas siguientes.

Supuesto de riesgo	Probabilidad anual	Caudal de fuga (kg/s)	Diámetro orificio (mm)	Duración (s)	Vertido (kg)
BR-BUQUE/01	4.54E-04	16.2	40	120	1,944
BR-BUQUE/02	4.54E-05	515.3	-	120	61,836
DESCARGA/01	2.88E-05	71.7	91	120	8,598
DESCARGA/02	5.75E-06	1.498.9	-	120	179,868
RET-VAP/01	5.00E-04	0.2	40	120	24
RET-VAP/02	1.00E-04	5.5	-	120	665

Tabla 37. Probabilidades anuales de ocurrencia, tasas de derrame y vertidos de sucesos iniciadores de riesgo (Tips)

8.3 Posible evolución de los supuestos de riesgo

Estudio EQE

Una vez que se ha producido un derrame de GNL pueden darse distintas evoluciones del suceso considerado, que, según se considera en el estudio de EQE, pueden sintetizarse de forma resumida en las siguientes.

- Ignición directa (inmediata) del derrame, dando lugar un fuego en charco o a la denominada bola de fuego (BLEVE por sus siglas en inglés “Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion”).

- Ignición retardada, en mayor o menor medida, viabilizando la formación y el crecimiento de una nube gaseosa, que puede incendiarse y/o explosionar en función del grado de confinamiento de la misma.

- Formación y dispersión total de la nube gaseosa sin que se produzca la ignición de la misma.

Según el modelo de ignición y el árbol de sucesos considerados en el estudio de riesgos de referencia, las probabilidades de alcanzar cada uno de los escenarios finales indicados, una vez que se ha producido un derrame, son las que se resumen a continuación.

- Probabilidad de fuego en charco o bola de fuego: 0.1
- Probabilidad de ignición de la nube: (con y sin retorno a la fuente) 0.6
- Probabilidad de dispersión: 0.3

Para la elaboración del árbol de fallo mencionado se ha considerado que, de acuerdo con lo indicado en el estudio de EQE, la fiabilidad del ESD (Emergency Shut Down) es del 99.99%, y que, dada la ausencia de confinamiento de la nube gaseosa, el 90% de las mismas se inflaman sin generar sobrepresiones significativas, y el 10% restante produciendo sobrepresiones del entorno de 1.0 bar.

El tratamiento conjunto de la inflamación de nubes con retorno a la fuente (que continuarían en forma de fuego en charco) y de las explosiones instantáneas asociadas a una ignición de retardo largo, resulta conservador incrementando la probabilidad de las explosiones instantáneas en el entorno del 10%.

Estudios Tips

La posible evolución de los distintos sucesos identificados en este estudio se valora a través de los árboles de fallo asociados a los derrames de GNL y a los escapes de GN, resumidos a continuación.

En el caso de fuga de GNL, las posibles evoluciones del suceso son similares a las consideradas en el apartado anterior.

- Ignición directa (inmediata) del derrame, dando lugar un fuego en charco.

- Ignición retardada, en mayor o menor medida, viabilizando la formación y el crecimiento de una nube gaseosa, que puede incendiarse.

- Formación y dispersión total de la nube gaseosa sin que se produzca la ignición de la misma.

Según el modelo de ignición y el árbol de sucesos considerados, las probabilidades de alcanzar cada uno de los escenarios finales indicados, una vez que se ha producido un derrame, dependen de las tasas de vertido consideradas en cada caso según se resumen a continuación.

Caudal de fuga (kg/s)	**< 10**	**10 – 100**	**> 100**
Probabilidad de fuego en charco	0.0650	0.0650	0.0650
Probabilidad de ignición de la nube	0.0187	0.0374	0.0842
Probabilidad de dispersión	0.9163	0.8976	0.8509

En el caso de un escape de GNL, las posibles evoluciones del suceso consideradas pueden resumirse en las siguientes.

- Ignición directa (inmediata), dando lugar un dardo de fuego.

- Ignición retardada, en mayor o menor medida, viabilizando la formación y el crecimiento de una nube gaseosa, que puede incendiarse.

- Formación y dispersión total de la nube gaseosa sin que se produzca la ignición de la misma.

Según el modelo de ignición y el árbol de sucesos considerados, las probabilidades de alcanzar cada uno de los escenarios finales indicados, una vez que se ha producido el escape, dependen de las tasas de vertido consideradas en cada caso según se resumen a continuación.

Caudal de fuga (kg/s)	**< 10**	**10 – 100**	**> 100**
Probabilidad de dardo de fuego	0.0200	0.0400	0.0900
Probabilidad de ignición de la nube	0.0196	0.0384	0.0819
Probabilidad de dispersión	0.9604	0.9216	0.8281

8.4 Probabilidad de presentación de los escenarios de riesgo

Estudio EQE

De acuerdo con lo expuesto en los apartados anteriores, se obtienen que las siguientes probabilidades de presentación de los escenarios de riesgo indicados para las tasas de vertido que conllevan volúmenes de derrame de consideración.

Supuesto de riesgo	**Vertido (kg)**		**Escenario**	**Probabilidad**
		Kg		
Fallo del PERC	Medio	100	Incendio charco / bola de fuego	1.00E-04
			Incendio nube	6.00E-04
Fallo del manifold del tanque	Medio	900	Incendio charco / bola de fuego	1.04E-07
			Incendio nube	6.24E-07
	Alto	42,570	Incendio charco / bola de fuego	1.04E-08
			Incendio nube	6.24E-08
Fallo en tubería de 16" del brazo	Medio	100	Incendio charco / bola de fuego	1.55E-06
			Incendio nube	9.33E-06
	Alto	4,730	Incendio charco / bola de fuego	1.55E-07
			Incendio nube	9.33E-07
Fallo en válvulas/bridas de 16" del brazo	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	6.90E-07
			Incendio nube	4.14E-06
Fallo en articulación del brazo	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	2.90E-06
			Incendio nube	1.74E-05
Fallo en tuberías, válvulas y bridas de 2” del brazo	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	1.73E-05
			Incendio nube	1.04E-04
Fallo en tubería de 24" del manifold del terminal	Medio	900	Incendio charco / bola de fuego	1.04E-06
			Incendio nube	6.22E-06
	Alto	42,570	Incendio charco / bola de fuego	1.04E-07
			Incendio nube	6.22E-07
Fallo en válvulas/bridas del manifold	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	2.22E-06
			Incendio nube	1.33E-05
	Medio/alto	900	Incendio charco / bola de fuego	9.49E-08

Supuesto de riesgo	Vertido (kg)		Escenario	Probabilidad
		Kg		
Fallo en la instrumentación o el flash drum del manifold			Incendio nube	5.70E-07
Fallo en tubería de 42”	Medio	990	Incendio charco / bola de fuego	1.18E-06
			Incendio nube	7.08E-06
	Alto	(*) 42,600	Incendio charco / bola de fuego	1.15E-07
			Incendio nube	6.91E-0.7
Fallo en válvulas/bridas de la tubería de 42”	Medio/alto	600	Incendio charco / bola de fuego	1.50E-07
			Incendio nube	8.98E-07

Tabla 38. Probabilidades anuales de ocurrencia de los escenarios de riesgo identificados (EQE)

Estudios Tips

Las probabilidades de presentación anuales de los escenarios de riesgo considerados en este caso, obtenidas de acuerdo con lo indicado en los apartados anteriores, son las recogidas a continuación.

Supuesto de riesgo	Vertido (kg)	Escenario	Probabilidad
	Kg		
BR-BUQUE/01	1,944	Incendio charco	2.95E-05
		Incendio nube	1.70E-05
BR-BUQUE/02	61,836	Incendio charco	2.95E-06
		Incendio nube	1.70E-06
DESCARGA/01	8,598	Incendio charco	1.87E-06
		Incendio nube	1.08E-06
DESCARGA/02	179,868	Incendio charco	3.74E-07
		Incendio nube	4.84E-07
RET-VAP/01	24	Dardo de Fuego	1.00E-05
		Incendio nube	9.80E-06
RET-VAP/02	665	Dardo de Fuego	2.00E-06
		Incendio nube	1.96E-06

Tabla 39. Probabilidades anuales de ocurrencia de los escenarios de riesgo identificados (Tips)

8.5 Evaluación de consecuencias

8.5.1 Condiciones de clima consideradas

Las condiciones meteorológicas consideradas en la evaluación de las consecuencias de los sucesos iniciadores de riesgo indicados son las siguientes:

- Presión atmosférica (valor estándar) 1 atm
- Temperatura ambiente (media anual) 14^{o}C en estudio Tips (sin concretar por EQE)
- Humedad relativa (media anual) 80% en estudio EQE / 77% en estudio Tips

Para la evaluación de las consecuencias se considerarán determinadas condiciones de viento representativas de los regímenes medios de la zona, de acuerdo con las prescripciones de la UNE EN-

1473, concretamente las asociadas a las categorías de estabilidad atmosférica correspondiente a una situación normal o promedio (D), para la que, de acuerdo con lo siguiente, se adopta una velocidad de 5 m/s, y a una situación estable (F), para la que se adopta una velocidad representativa de la misma, de 2 m/s.

Las frecuencias de presentación de las condiciones de estabilidad F (V < 5 m/s) y D (V > 5 m/s),), y F (V < 4 m/s) y D (V > 4 m/s), consideradas respectivamente en los estudios de EQE / ALATEC - PROES y Tips mencionados anteriormente, se han calculado a partir de la información recogida en el apartado 4.1, obteniéndose los siguientes resultados.

DIRECCIÓN		Ve (m/s)		Total
		F2 (< 5.0)	D5 (> 5.0)	
N	0	2.25	2.36	4.61
NNE	22.5	2.68	4.70	7.38
NE	45	3.00	7.58	10.58
ENE	67.5	1.23	7.75	8.98
E	90	0.39	1.05	1.44
ESE	112.5	0.46	0.03	0.49
SE	135	0.82	0.06	0.88
SSE	157.5	0.96	0.26	1.22
S	180	2.44	0.87	3.31
SSW	202.5	7.30	2.73	10.03
SW	225	5.74	1.69	7.43
WSW	247.5	5.08	3.21	8.29
W	270	1.41	4.86	6.27
WNW	292.5	1.16	2.39	3.55
NW	315	1.22	1.97	3.19
NNW	337.5	1.58	1.71	3.29
Total		**56.78**	**43.22**	**100.00**

Tabla 40. Frecuencias de presentación de las condiciones de viento F y D, consideradas en estudios EQE / ALATEC - PROES

DIRECCIÓN		Ve (m/s)		Total
		F2 (< 4.0)	D5 (> 4.0)	
N	0	1.59	3.02	4.61
NNE	22.5	1.70	5.68	7.38
NE	45	1.73	8.85	10.58
ENE	67.5	0.70	8.28	8.98
E	90	0.28	1.16	1.44
ESE	112.5	0.43	0.06	0.49
SE	135	0.77	0.11	0.88
SSE	157.5	0.84	0.38	1.22
S	180	1.87	1.44	3.31
SSW	202.5	5.45	4.58	10.03
SW	225	4.56	2.87	7.43
WSW	247.5	3.86	4.43	8.29
W	270	0.97	5.30	6.27
WNW	292.5	0.77	2.78	3.55
NW	315	0.83	2.36	3.19
NNW	337.5	1.17	2.12	3.29
Total		**46.56**	**53.44**	**100.00**

Tabla 41. Frecuencias de presentación de las condiciones de viento F y D, consideradas en estudio Tips

Cabe destacar que, dado que en la evaluación de las consecuencias de los posibles accidentes se asumirá, del lado de la seguridad, la dirección de viento más desfavorable, las frecuencias sectoriales no presentarán influencia en el cálculo.

8.5.2 Modelización de efectos

Cada uno de los escenarios considerados conllevará una serie de consecuencias que, en este caso, se evalúan principalmente mediante modelos de dispersión de las nubes gaseosas que pueden asociarse a cada escenario, y de la radiación térmica que se produciría en los casos de incendio de charcos o dardos de fuego considerados.

En los casos de incendio de las nubes gaseosas, se considera que el nivel de radiación térmica que se produce a consecuencia de los mismos daría lugar a una tasa de mortalidad del 100% en el interior de las nubes (entre los límites de inflamabilidad), pero sin posibilidad de producir daños a equipos o instalaciones, o de afectar a distancias mayores, debido al reducido tiempo de exposición que conllevan. Esta suposición resulta más desfavorable que los posibles efectos de las sobrepresiones que se producirían en caso deflagración de la nube, por lo que dichos efectos no han sido analizados en detalle.

Las simulaciones consideradas al respecto de la dispersión de las nubes y de radiación térmica son las incluidas en los estudios de riesgos realizados anteriormente por EQE y ALATEC-PROES, habiéndose adoptado los resultados más desfavorables de entre ambos conjuntos de resultados, y las incluidas en los estudios realizados por Tips.

Los resultados obtenidos son los indicado a continuación:

Estudios EQE / ALATEC - PROES

Las simulaciones se han realizado en ambos estudios para las condiciones climáticas denominadas F2 (Vv = 2 m/s) representativa de una situación neutral, y D5 (Vv=5 m/s), representativa de una situación moderadamente estable, indicadas anteriormente.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de los modelos de dispersión y radiación indicados.

	Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Distancia a LII (*) (m)	½ anchura de la nube (m)
	100	10	F2	28	19
			D5	40	7
w	100	10	F2	32	20
			D5	45	7
	600	60	F2	55	40
			D5	65	12
	900	90	F2	58	40
			D5	75	11
w	900	90	F2	85	50
			D5	105	16
	990	30	F2	58	40
			D5	75	11
w	990	30	F2	85	50
			D5	105	16
	4,730	10	F2	125	100
			D5	160	50
	42,570	90	F2	285	200
			D5	280	75

	Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Distancia a LII (*) (m)	½ anchura de la nube (m)
w	42,570	90	F2	290	250
			D5	285	100
	42,600	30	F2	285	200
			D5	280	75
w	42,600	30	F2	290	250
			D5	285	100

(*) LII: Límite Inferior de Inflamabilidad / W: Escenarios de dispersión sobre la superficie del agua

Tabla 42.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por EQE

Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Distancia a LII (*) (m)	½ anchura de la nube (m)
100	10	F2	35	22
		D5	50	9
600	60	F2	65	45
		D5	80	15
900	90	F2	70	45
		D5	95	15
990	30	F2	80	50
		D5	110	20
4,730	10	F2	140	110
		D5	175	55
42,570	30	F2	290	210
		D5	275	85

(*) LII: Límite Inferior de Inflamabilidad

Tabla 43.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por ALATEC PROES

Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Nivel de radicación (kw/m²)		
			8.3	14.4	20.9
	10	F2	42	31	25
		D5	50	43	36
600	60	F2	44	32	25
		D5	52	46	38
900	90	F2	43	32	25
		D5	52	45	38
4,730	10	F2	116	86	70
		D5	145	118	100
42,570	30	F2	196	148	116
		D5	232	175	160

Tabla 44.Distancias (m) asociadas a los vertidos y umbrales de radicación considerados por EQE

Tasa de Vertido (kg)	Estabilidad climatológica	Nivel de radicación (kw/m^2)			
		5.05	12.6	21.1	31.5
0.1	F2	4.3	3.2	2.5	1.8
	D5	4.5	3.7	3.3	2.8
10.0	F2	56.1	35.7	26.6	20.4
	D5	60.7	45	38	32.7
473.0	F2	173.3	110.5	82.4	63.6
	D5	197	141.6	116.1	97.9
1,420.0	F2	253.4	161.5	122.4	96.7
	D5	285.1	200.6	163.8	138.2

Tabla 45.Distancias (m) asociadas a los vertidos y umbrales de radicación considerados por ALATEC PROES

Estudios Tips

Las simulaciones se han realizado para las condiciones climáticas denominadas F2 (Vv = 2 m/s) representativa de una situación neutral, y D4 (Vv=4 m/s), representativa de una situación moderadamente estable.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de los modelos de dispersión y radiación indicados.

Tasa de Vertido (kg)	Duración (s)	Estabilidad climatológica	Distancia a LII (*) (m)
16.2	120	F2	67
		D4	92
515.3	120	F2	80
		D4	107
71.7	120	F2	112
		D4	142
1,498.9	120	F2	105
		D4	148
0.2	120	F2	3.7
		D4	3.7
5.5	120	F2	38
		D4	38

(*) LII: Límite Inferior de Inflamabilidad

Tabla 46.Dimensiones de nube asociadas a los distintos vertidos considerados por Tips

Tasa de Vertido (kg)	Nivel de radicación (kw/m^2)							
	3	5	7	10	12	14	22	28
16.2	84	70	62	55	51	48	40	37
515.3	125	104	91	82	75	71	60	53
71.7	152	126	110	95	89	84	70	63
1,498.9	216	173	150	128	119	111	91	82
0.2	10	8	6	4	3	2	7 (*)	
5.5	46	34	27	19	12	6	32 (*)	

(*) Alcance de llama

Tabla 47.Distancias (m) asociadas a los distintos vertidos y umbrales de radicación considerados por Tips

8.6 Criterios de aceptabilidad o rechazo

La evaluación de los resultados obtenidos se basará principalmente en las recomendaciones de la norma UNE EN 1473, tanto en lo que se refiere a los umbrales de radiación térmica máximos recomendados en las diferentes zonas a considerar, como en lo relativo a las clases de probabilidad, clases de consecuencias y niveles de riesgo recomendados, los cuales se resumen en las tablas siguientes.

Al respecto de la aceptabilidad del riesgo, cabe destacar que, tal como se estipula en la citada norma UNE EN 1473, la valoración final no puede efectuarse en tanto en cuanto no se conozca el total acumulado de todos los riesgos de la planta, debiendo contemplarse adicionalmente por tanto los riesgos que pudieran derivarse de la actividad de Forestal del Atlántico que, como se ha indicado anteriormente no han sido considerados con el mismo nivel de detalle en el presente estudio.

Equipo en el interior de los límites de propiedad	**Nivel máximo de radiación térmica** (kW/m^2)
Superficies exteriores de hormigón de los tanques de almacenamiento adyacentes[a]	32
Superficies exteriores metálicas de los tanques de almacenamiento adyacentes (véase [3])	15
Superficies exteriores de los tanques de almacenamiento adyacentes a presión e instalaciones de proceso (véase la referencia [3] de la bibliografía)	15
Sala de control, talleres de mantenimiento, laboratorios, almacenes, etc. (véase la referencia [2] de la bibliografía)	8
Edificios administrativos (véase la referencia [2] de la bibliografía)	5
a Para los tanques de hormigón pre-tensado, la radiación máxima se puede determinar de acuerdo con los requisitos indicados en el apartado A.1.	

Tabla 48. Radiación térmica admisible (excluida radiación solar) dentro de los límites de la propiedad (UNE EN 1473)

Exterior de los límites de propiedad	**Nivel máximo de radiación térmica** (kW/m^2)
Zonas retiradas[a]	8
Zonas críticas[b]	1,5
Otras zonas[c]	5
a Zonas frecuentadas de forma esporádica por un escaso número de personas, por ejemplo, páramos, tierras de labranza, desiertos.	
b Se trata de una zona no protegida de importancia crítica en la que pueden entrar en cualquier momento, incluso en las situaciones de emergencia, personas sin la vestimenta de protección, o de una zona urbana (definida como zona con más de 20 personas por kilómetro cuadrado), o de un punto difícil o peligroso a evacuar en un tiempo breve (por ejemplo, hospitales, residencias de ancianos, estadios, escuelas, teatros al aire libre, etc.).	
c Otras zonas que engloban generalmente las zonas industriales que no están controladas por el operador/ocupante de la planta de GNL.	

Tabla 49. Radiación térmica admisible (excluyendo radiación solar) en el exterior de los límites de la propiedad (UNE EN 1473)

Riesgo		Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias
Frecuencia de accidentes de la planta	Frecuencia por año	5	4	3	2	1
Clase 1	> 0,1	2	2	3	3	3
Clase 2	0,1 a 0,01	1	2	2	3	3
Clase 3	0,01 a 0,001	1	1	2	2	3
Clase 4	0,001 a 10^{-4}	1	1	1	2	2
Clase 5	10^{-4} a 10^{-5}	1	1	1	1	2
Clase 6	10^{-5} a 10^{-6}	1	1	1	1	1
Clase 7	< 10^{-6}	1	1	1	1	1
ACEPTABILIDAD DEL RIESGO: 1 = situación normal 2 = zona ALARP 3 = no aceptable						

Tabla 50. Determinación del nivel de riesgo en el interior de los límites de la Planta (UNE EN 1473)

Riesgo		Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias	Clase de consecuencias
Frecuencia de accidentes de la planta	Frecuencia por año	5	4	3	2	1
Clase 1	> 0,1	2	3	3	3	3
Clase 2	0,1 a 0,01	2	2	3	3	3
Clase 3	0,01 a 0,001	1	2	2	3	3
Clase 4	0,001 a 10^{-4}	1	1	2	2	3
Clase 5	10^{-4} a 10^{-5}	1	1	1	2	2
Clase 6	10^{-5} a 10^{-6}	1	1	1	1	2
Clase 7	< 10^{-6}	1	1	1	1	1
ACEPTABILIDAD DEL RIESGO: 1 = situación normal 2 = zona ALARP 3 = no aceptable						

Tabla 51. Determinación del nivel de riesgo en el exterior de los límites de la Planta (UNE EN 1473)

	Criterio	Clase 1	Clase 2[a]	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Accidentes mortales	Muertos	Más de 10	1 a 10	0	0	0
Accidentes con pérdida de tiempo	Heridos	Más de 100	11 a 100	2 a 10	1	0
Escape de hidrocarburos	Toneladas	Más de 100	10,01 a 100	1,01 a 10	0,1 a 1	Menos de 0,1
a Esta clase se aproxima a los criterios de la Directiva SEVESO [Directiva Europea 96/82/CEE de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas].						

Tabla 52. Clases de consecuencias a considerar en la evaluación de riesgos (UNE EN 1473)

8.7 Valoración de los resultados obtenidos

Para valorar la clase de consecuencia asociada a los distintos escenarios de riesgo considerados, se ha hecho uso complementariamente de probabilidades de muerte siguientes, en función del nivel de radiación térmica considerado en cada caso.

Flujo de radiación térmica (kW/m^2)	Probabilidad de muerte
7.2500	0.0100
8.2800	0.0300
11.8000	0.2000
14.3600	0.5000
20.8900	0.9000

Tabla 53. Probabilidades de muerte para diferentes niveles de radiación térmica (30 s de exposición)

A falta de información de detalle al respecto de las áreas de actividad y la localización de los distintos puestos de trabajo asociados a las instalaciones de Forestal del Atlántico y de la propia REGANOSA, el número de personas que pudiera estar presente en cada una de las zonas afectadas se ha estimado, de forma aproximada, en función de las características generales de las instalaciones.

El número de personas y las jornadas de trabajo adoptadas a estos efectos son los recogidos en la tabla siguiente.

Situación	Empresa	Distancia al punto de vertido (m)							
		25	50	75	100	125	150	175	200
Planta	Reganosa operación / buque (1)	8	10	10	10	12	12	15	15
Planta	Reganosa otras áreas (2)	0	0	0	0	2	2	25	40
Planta	Otros (2)	0	0	2	2	2	2	4	6
Exterior	Forestal y otros (2)	0	0	2	10	15	20	30	40

(1) Siempre presentes durante las operaciones de carga / descarga
(2) Jornada de trabajo equivalente a 1.850 h anuales

Tabla 54. Número de personas en función de la distancia al punto de vertido y jornadas de trabajo

A efectos de valoración de los citados niveles de riesgo, se ha considerado, en principio, que los límites de la planta de REGANOSA podrán extenderse a aquellas zonas que no se encuentren ya ocupadas por las instalaciones de Forestal del Atlántico.

Con todo ello, y en función de los resultados recogidos en el apartado anterior, correspondientes a los estudios realizados por EQE y ALATEC – PROES, y por Tips, se obtienen los siguientes niveles de riesgo para las distintas zonas adyacentes a la ubicación de los posibles vertidos, identificadas en base a las distancias a las que se produce una variación de la clase de probabilidad definida en la UNE EN-1473.

Las clases de consecuencias, en términos de las **bajas esperables**, se valoran principalmente en base al alcance de las llamaradas por ignición de nubes, para las que se ha considerado una mortalidad del 100% en el interior de las mismas, tal como se ha indicado anteriormente.

Ello es posible debido a que, como puede observarse a continuación, el incremento de probabilidad asociada a los escenarios en que puedan producirse bajas por efecto de la radiación térmica, a distancias significativas de los vertidos, resultará sensiblemente inferior a la aquí considerada, sin que haga variar por tanto las clases de probabilidad indicadas para la ignición de nubes. Para distancias reducidas, se comprueba asimismo que, sumando las probabilidades asociadas a ambas causas, en los casos más desfavorables, tampoco varia la clase de probabilidad considerada (7.66E-4 + 4.90E-4*0.5 = 7.35E-4 para

una distancia menor de 32 m, en el caso de los estudios realizados por EQE / ALATEC – PROES, y de 4.55 + 5.98*0.9 = 9.93E-5 en el caso de los estudios realizados por Tips), por lo que la asignación de riesgo resultaría válida en todo caso.

Distancia al punto de vertido (m)	**290**	**274**	**95**	**70**
Σ probabilidades escenarios	7.81E-07	1.37E-06	6.84E-05	1.56E-04
Nº medio de personas en planta	30	30	10.4	10.4
Nº medio de personas en exterior	30	30	2.1	0.4
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Zona ALARP**
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	1	1	1	1
Nivel de riesgo	1	1	2	2
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Zona ALARP**
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	1	1	2	2
Nivel de riesgo	1	1	2	2

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 7.66E-4

Tabla 55. Niveles de riesgo asociados a la ignición de nubes (EQE / ALATEC – PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**148**	**112**	**92**	
Σ probabilidades escenarios	2.59E-07	1.33E-06	1.15E-05	
Nº medio de personas en planta	12.8	12.8	10.4	
Nº medio de personas en exterior	4.2	4.2	2.1	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	1	2	
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	2	2	2	
Nivel de riesgo	1	1	2	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 3.20E-5

Tabla 56. Niveles de riesgo asociados a la ignición de nubes (Tips)

Las distancias y probabilidades anteriores se presentan de forma gráfica en las figuras incluidas en el anexo 4 a este documento, en las que se representan las áreas de posible afección asociadas, tanto al nuevo atraque, como al existente.

Las clases de consecuencias, en términos de **daños a los equipos e instalaciones o posible efecto dominó**, se valoran principalmente en base al alcance de los distintos umbrales de radiación térmica niveles que pueden tener efecto sobre los mismos.

Nivel de radiación térmica: 5.05 kW/m^2.
Dentro de la Planta: Máximo admisible para edificios administrativos
En el exterior: Máximo admisible para zonas industriales

Distancia al punto de vertido (m)	**253**	**61**	**60**	**56**
Σ probabilidades escenarios	1.15E-07	1.56E-06	5.60E-05	1.28E-04
Nº medio de personas en planta	30.0	10.4	10.4	10.4
Nº medio de personas en exterior	30.0	0.4	0.4	0.4
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Sit. normal**
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	3	3	3	3
Nivel de riesgo	1	1	1	1
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Sit. normal**
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	3	3	3	3
Nivel de riesgo	1	1	1	1

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 1.28E-4

Tabla 57. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 5.05 kW/m^2 (EQE / ALATEC-PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**173**	**126**	**70**	
Σ probabilidades escenarios	3.74E-07	2.24E-06	3.47E-05	
Nº medio de personas en planta	21.1	12.8	10.4	
Nº medio de personas en exterior	6.3	4.2	0.4	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Sit. normal**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	3	3	3	
Nivel de riesgo	1	1	1	
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	3	3	3	
Nivel de riesgo	1	1	1	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.67E-5

Tabla 58. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 5.05 kW/m^2 (Tips)

Nivel de radiación térmica: 8.03 kW/m2.
Dentro de la Planta: Máximo admisible para sala de control, talleres, laboratorio, etc.
En el exterior: Máximo admisible para zonas retiradas
Mortalidad: 3%

Distancia al punto de vertido (m)	**196**		**52**	**42**
Σ probabilidades escenarios	2.29E-07		1.15E-05	1.28E-04
Nº medio de personas en planta	24.7		10.4	10.0
Nº medio de personas en exterior	8.4		0.4	0.0
Interior de la planta	Sit. normal		Sit. normal	Sit. normal
Clase de Frecuencia	7		5	4
Clase de Consecuencia	2		3	3
Nivel de riesgo	1		1	1
Exterior de la planta	Sit. normal		Sit. normal	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7		5	4
Clase de Consecuencia	2		3	3
Nivel de riesgo	1		1	2

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 1.28E-4

Tabla 59. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 8.03 kW/m^2 (EQE / ALATEC-PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**150**	**110**	**62**	
Σ probabilidades escenarios	3.74E-07	2.24E-06	3.47E-05	
Nº medio de personas en planta	12.84	12.84	10.42	
Nº medio de personas en exterior	4.22	3.17	0.42	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Sit. normal**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	2	3	3	
Nivel de riesgo	1	1	1	
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Sit. normal**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	3	
Nivel de riesgo	1	2	1	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.67E-5

Tabla 60. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 7.00 kW/m^2 (Tips)

Nivel de radiación térmica: 14.4 kW/m^2.

Dentro de la Planta: Máximo admisible para tanques metálicos y a presión e inst. de proceso

En el exterior: -

Mortalidad: 50%

Distancia al punto de vertido (m)	148	86	45	32
Σ probabilidades escenarios	7.82E-07	1.38E-06	1.25E-05	1.44E-04
Nº medio de personas en planta	12.8	10.4	10.0	10.0
Nº medio de personas en exterior	4.2	2.1	0.0	0.0
Interior de la planta	Sit. normal	Sit. normal	Zona ALARP	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	1	1	1	1
Nivel de riesgo	1	1	1	1
Exterior de la planta	Sit. normal	Zona ALARP	Zona ALARP	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7	6	5	4
Clase de Consecuencia	1	1	1	3 (2)
Nivel de riesgo	1	2	2	2 (2)

(1) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.90E-4

Tabla 61. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 14.40 kW/m^2 (EQE / ALATEC-PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**111**	**84**	**48**	
Σ probabilidades escenarios	3.74E-07	2.24E-06	3.47E-05	
Nº medio de personas en planta	12.84	10.42	10.00	
Nº medio de personas en exterior	3.17	2.11	0.00	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	1	2	
Exterior de la planta	Sit. normal	Zona ALARP	Zona ALARP	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	2	2	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.67E-5

Tabla 62. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 14.00 kW/m^2 (Tips)

Asociados a un nivel de radiación térmica de 20.9 kW/m^2.
Dentro de la Planta:
En el exterior:
Mortalidad: 90%

Distancia al punto de vertido (m)	116		38	25
Σ probabilidades escenarios	2.29E-07		1.15E-05	1.28E-04
Nº medio de personas en planta	12.8		10.0	8.0
Nº medio de personas en exterior	3.2		0.0	0.0
Interior de la planta	Sit. normal		Zona ALARP	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7		5	4
Clase de Consecuencia	1		1	2
Nivel de riesgo	1		2	2
Exterior de la planta	Sit. normal		Sit. normal	Zona ALARP
Clase de Frecuencia	7		5	4
Clase de Consecuencia	1		3 (2)	3 (3)
Nivel de riesgo	1		1 (2)	2 (3)

(1) Máximo probabilidad todos los escenarios = 1.28E-4

Tabla 63. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 20.9 kW/m^2 (EQE / ALATEC-PROES)

Distancia al punto de vertido (m)	**91**	**70**	**40**	
Σ probabilidades escenarios	3.74E-07	2.24E-06	3.47E-05	
Nº medio de personas en planta	10.42	10.42	10.00	
Nº medio de personas en exterior	2.11	0.42	0.00	
Interior de la planta	**Sit. normal**	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	1	2	
Exterior de la planta	**Sit. normal**	**Zona ALARP**	**Zona ALARP**	
Clase de Frecuencia	7	6	5	
Clase de Consecuencia	1	1	1	
Nivel de riesgo	1	2	2	

(*) Máximo probabilidad todos los escenarios = 4.67E-4

Tabla 64. Niveles de riesgo asociados a un nivel de radiación térmica de 22 kW/m^2 (Tips)

Las distancias y probabilidades anteriores se presentan de forma gráfica en las figuras incluidas en el anexo 3 a este documento.

8.8 Operaciones simultaneas en los atraques de Reganosa

En función de lo indicado en los apartados anteriores y tal como puede observarse en las figuras recogidas en el Anexo 4 de este informe, las únicas áreas en que se solapan los efectos de la radiación térmica asociada a los posibles accidentes ocurridos en cada uno de los dos atraques de REGANOSA, son las correspondientes a la Clase de probabilidad 7 definida en la norma UNE EN 1473, y ello, considerando los estudios realizados por EQE y ALATEC, dado que, con base en los estudios realizados por Tips, no se obtiene ningún solape de dichos efectos.

En los casos en que sí se produce el mencionado solape, éste corresponde a los niveles de radiación térmica de 5 kw/m^2 y 8 kw/m^2, comprobándose que la adición de las probabilidades asociadas a la operación de ambos atraques no hace variar la mencionada Clase de probabilidad 7, a la que se asigna en todo caso un nivel normal de riesgo.

Únicamente en el caso del alcance de llamaradas por ignición de nubes inflamables, evaluado en base a los estudios de EQE – ALATEC, se solapan las probabilidades asociadas a las Clases 5 y 6, con la de la Clase 7 procedentes del atraque contiguo, comprobándose, también en ese caso, que la adición de probabilidades no hace variar las clases de probabilidad asignadas originalmente.

De acuerdo con ello, y asumiendo complementariamente que los espacios situados entre ambos atraques pasarán a quedar dentro del límite de batería de las instalaciones de REGANOSA, puede concluirse que la situación de riesgo resultará en principio aceptable según los criterios generales de la citada UNE EN 1473.

8.9 Riesgos derivados de la actividad de Forestal del Atlántico

Como ya se ha indicado, el presente análisis no contempla los riesgos que la Actividad de Forestal del Atlántico pudiera generar sobre las instalaciones o el personal de REGANOSA, o sobre sus propias instalaciones y su personal.

Según se indica en el Análisis de Riesgo del Terminal de Reganosa (Tips, 2016), mencionado anteriormente, se han realizado al menos los siguientes estudios de riesgos para el terminal de Forestal del Atlántico.

- Informe de Seguridad realizado por Forestal del Atlántico, S.A., de julio de 2001.
- Informe de Seguridad realizado por Forestal del Atlántico, S.A., de septiembre de 2003.
- Estudio Técnico sobre las distancias adecuadas de Seguridad que deben mantenerse en futuras radicaciones de instalaciones con riesgo de Accidente Grave en el entorno del establecimiento Forestal del Atlántico, S.A. (Julio de 2003).
- Análisis del Riesgo asociado al proyecto de construcción de un nuevo punto de carga y descarga de graneles líquidos en el establecimiento de Mugardos (A Coruña), de marzo 2012.

Sin embargo, dichos estudios no han podido ser aportados para la redacción de este informe, habiéndose contado únicamente con la memoria del "Plan de Emergencia Exterior: Complejo Industrial de Punta Promontorio", elaborado por la Xunta de Galicia en el año 2013, que recoge algunos de los resultados obtenidos en los documentos indicados.

Según se describe en la citada memoria del Plan de Emergencia, los riesgos que se derivan de la actividad de Forestal del Atlántico se centran en:

- La posible afección a las personas, derivada de la dispersión de nubes tóxicas generadas por fugas de metanol o formol, y de la radiación térmica generada por el incendio de charcos de metanol, formol o gasóleo.

- Los posibles daños a instalaciones y equipos próximos que se producirían por efecto de la radiación térmica generada por los mencionados incendios.

Para el análisis de dichas situaciones se han considerado distintos sucesos iniciadores y escenarios de riesgo, evaluándose las siguientes distancias de seguridad correspondientes a las zonas indicadas en el Real Decreto 840/2015.

- Distancias de seguridad asociadas a estos efectos sobre las personas: Zonas de Intervención y Alerta, considerándose los umbrales de toxicidad y de radiación térmica recogidos en el Real Decreto 1196/2003.

- Distancias de seguridad asociadas al posible efecto Dominó, considerándose un umbral de radiación térmico genérico, de 8.0 kW/m^2, que es el propuesto RD 1196/2003 para los casos en que no se dispone de otros datos de mayor precisión.

Los sucesos iniciadores y los escenarios de riesgo considerados están descritos en la memoria del Plan de Emergencia mencionado, pero, dado que no ha podido disponerse de los anexos en los que se detalla su localización, no ha podido identificarse su ubicación con precisión.

De acuerdo con ello, a efectos del presente estudio se ha distinguido de forma genérica entre los sucesos relacionados con el Atraque Oeste, incluido el rack de tuberías que lo conecta con la planta, y los relacionados con el resto de las instalaciones, recogiéndose a continuación las conclusiones provisionales alcanzadas al respecto de la viabilidad del nuevo atraque de REGANOSA.

- Las mayores distancias de seguridad correspondientes a la Zona de Intervención, asociadas a los distintos accidentes relacionados con el Atraque Oeste de Forestal del Atlántico resultan de:

    - Metanol: 155 m (dispersión tóxica)
    - Gasóleo / Fuel: 97 m (radiación térmica)

- Las mayores distancias de seguridad correspondientes a la Zona de Intervención, asociadas a los distintos accidentes relacionados con el resto de las áreas del terminal resultan de:

    - Metanol: 53 m (dispersión tóxica)
    - Gasóleo / Fuel: 85 m (radiación térmica)
    - Formol: 179 m (dispersión tóxica)

- Las mayores distancias de seguridad correspondientes a la Zona de efecto Dominó, asociadas a los distintos accidentes relacionados con el Atraque Oeste de Forestal del Atlántico resultan de:

    - Metanol: 49 m
    - Gasóleo / Fuel: 80 m

- Las mayores distancias de seguridad correspondientes a la Zona de efecto Dominó, asociadas a los distintos accidentes relacionados con el resto de las áreas del terminal resultan de:

    - Metanol: 16 m
    - Gasóleo / Fuel: 80 m
    - Formol: 13 m

De acuerdo con lo anterior, es claro que los posibles accidentes en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico podrían llegar a afectar a las personas que se encontrasen en las instalaciones de REGANOSA, incrementando las probabilidades de riesgo asociadas a la actividad de la propia REGANOSA evaluadas en los apartados anteriores.

Es importante considerar, no obstante, que la denominada Zona de Intervención se define como “aquélla en la que las consecuencias de los accidentes producen un nivel de daños que justifica la aplicación

inmediata de medidas de protección", estando asociada por ejemplo a una dosis de radiación térmica de 250 $(kW/m^2)^{4/3}$·s (equivalente a 5 kW/m^2, durante 30 s), para las que únicamente son esperables quemaduras de primer grado en el 50% de los afectados, sin que se hayan evaluado las distancias de seguridad asociadas a otros umbrales asociados a consecuencias de mayor gravedad.

En el citado Plan de Emergencia no se presenta además ningún análisis cuantitativo de riesgos, y no se incluyen por tanto las probabilidades de presentación asociadas a los escenarios de riesgos considerados, sin que resulte posible por tanto evaluar si los riesgos conjuntos derivados de las actividades realizadas por REGANOSA y Forestal del Atlántico, resultan o no aceptables.

Dicha evaluación deberá llevarse a cabo en futuros estudios.

Al respecto del posible efecto dominó, cabe destacar asimismo que el umbral de radiación térmica adoptado en la valoración anterior, de 8 kW/m^2, resulta conservador, si se tiene en cuenta que, a las distancias obtenidas, únicamente se situarían, en el área del nuevo atraque, equipos e instalaciones de proceso para los que la UNE EN 1473 admite hasta 15 KW/m^2.

Este hecho se destaca asimismo en el Análisis de Riesgo del Terminal de Reganosa (2016), en el que indica que, "estos valores umbral deben ser entendidos como aquellos a partir de los cuales se debe contemplar una posible situación de efecto dominó si bien la experiencia constata que no es previsible una verdadera afectación."

En función de lo anterior y de los resultados recogidos en el Plan de Emergencia indicado, puede concluirse que las únicas instalaciones de Forestal del Atlántico que en principio podrían dar lugar al mencionado efecto dominó sobre el nuevo atraque de REGANOSA, serían las asociadas al atraque Oeste (plataforma de carga / descarga y rack de tuberías).

En ese sentido, considerándose que en ningún caso se llevarán a cabo operaciones de carga/descarga simultaneas en el nuevo atraque de REGANOSA y en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico, por insuficiencia de espacios para el atraque de los buques, no debería existir en principio riesgo de que se produjese efecto Dominó, ni asimismo para las personas, si se asume que no habrá otro personal en las áreas de atraque y los espacios anexos, que no sea el imprescindible para la realización de la operación que se esté llevando a cabo en cada momento.

Ambos extremos deberán ser confirmados de cualquier forma en base a posteriores estudios mediante los que puedan valorarse los riesgos conjuntos derivados de las respectivas actividades realizadas por REGANOSA y por Forestal del Atlántico, tal como se ha indicado, así como la necesidad de que se adopten en su caso medidas de seguridad adicionales como pudieran ser el vaciado obligatorio de las tuberías tras cada operación de carga / descarga u otras.

Finalmente, cabe destacar que, de acuerdo con la información recibida, los productos que se trasiegan en el terminal de Forestal del Atlántico vienen variando a lo largo de los años, habiéndose recibido en el pasado otros productos peligrosos, tales como gasolinas o ETBE, por lo que, en los estudios indicados, deberán tenerse asimismo en cuenta los riesgos asociados al manejo de dichos productos.

8.10 Conclusiones principales del análisis de riesgos de operación de los equipos

Las conclusiones principales de la evaluación de los riesgos asociados a la operación de los equipos industriales incluidos en el interfaz buque - atraque, son las siguientes:

- En función de los niveles de riesgo indicados en el apartado anterior, se considera viable la implantación del nuevo atraque, dado que no se identifican instalaciones o elementos fuera de la planta que pudiesen quedar sometidos a niveles de riesgo inaceptables, ni es esperable en principio un número de bajas tales que resulte incompatible con dichos niveles de riesgo.

- En función de las distancias de posible afección evaluadas, se considera que podrán llevarse a cabo operaciones de carga – descarga simultáneamente en los dos atraques de REGANOSA.

- Es importante destacar no obstante que, tal como se ha indicado, el número de personas que pudiera estar presente en cada una de las zonas consideradas ha sido estimado de forma aproximada en base a la información recibida, por lo que la situación final deberá ser reevaluada en detalle una vez disponga de información más precisa a este respecto, especialmente en relación con las áreas exteriores a la planta.

- Igualmente, en fases posteriores deberán verificarse los supuestos indicados en el apartado 8.9, al respecto de la posible existencia de zonas en las que las que pudieran llegar a solaparse las probabilidades de riesgo asociadas a la actividad de Forestal del Atlántico, con las aquí considerados, si bien, en función de lo expuesto en dicho apartado y dada la imposibilidad de realizar operaciones de carga / descarga simultáneas en el nuevo atraque de REGANOSA y en el atraque Oeste de Forestal, por insuficiencia de espacios para el atraque de los buques, no se espera una incidencia inaceptable al respecto de posibles efectos dominó, que no puedan mitigarse.

- La ubicación del rack de tuberías hacia los tanques deberá ser analizada en detalle en posteriores estudios, dado que podría tener que atravesar zonas ya ocupadas en las que podrían alcanzarse niveles de riesgo no aceptables.

- De acuerdo con la información analizada, y dadas las características del GNL, no se han identificado zonas medioambientalmente sensibles en el entorno próximo del Proyecto, que pudieran resultar significativamente afectadas por la implantación del nuevo atraque.

9 Medidas de mejora de la seguridad de los buques atracados

En este capítulo se definen las medidas adicionales de mejora de la seguridad de los buques atracados que se recomienda aplicar a la operación del nuevo atraque, más allá de los necesarios sistemas de detección, protección y defensa contra incendios, bien correspondan a la implementación de determinados sistemas o equipos, o a los procedimientos a seguir durante la operación y la permanencia de los buques en los atraques.

Para la determinación de dichas medidas de seguridad, en función del análisis realizado, descrito en los apartados anteriores, se han tenido en cuenta las recomendaciones incluidas en la norma “UNE-EN ISO 28460 Petroleum and natural gas industries. Installation and equipment for liquefied natural gas.”, en las publicaciones “Mooring Equipment Guidlines 4” (MEG 4), del OCIMF, y “Design of Small to Mid-Scale Marine LNG Terminals Including Bunkering”, del PIANC, y las derivadas de la práctica habitual en terminales de GNL.

De acuerdo con ello, se identifican los siguientes sistemas para la mejora de la seguridad de los buques atracados:

- Sistema de ayuda a la aproximación de los buques al atraque.

- Sistema de monitorización de cargas en amarras.
- Sistemas de parada de proceso de los brazos de carga.
- Sistemas de desconexión de emergencia de los brazos de carga.
- Sistemas de comunicación con los buques.
- Sistema de monitorización de condiciones ambientales.

En los siguientes apartados, y si bien estos sistemas se están empleando ya en la operación del atraque existente, se describen genéricamente cada uno de ellos, así como, posteriormente, las medidas relativas a las maniobras de los buques y el amarre de estos.

9.1 Sistema de ayuda a la aproximación al atraque

Este sistema permite conocer en tiempo real la distancia entre el buque y el atraque, así como velocidad y el ángulo de aproximación del buque con respecto a la línea de muelle o atraque, con objeto de verificar que las condiciones de impacto con las defensas son las adecuadas.

De forma general, se compone de los siguientes elementos.

- Panel de información y sistema de pilotos de aviso (semáforo), que aseguren que la información sea visible en todo momento desde el puente del barco.
- Distanciómetros láser situados en la línea del muelle.
- Aplicación informática de visualización y registro de la maniobra de atraque, instalada en la sala de control de la terminal, y en un equipo portátil que pueda emplearse en la zona de atraque.

Los rangos de medida y precisiones generalmente aceptados para el sistema láser de medida, que debe contar con la clasificcación de Clase I, como seguro para la vista, son los indicados a continuación.

- Rango de detección: 0-300 m.
- Resolución medida de velocidad: ±1 cm/s.
- Precisión medida velocidad ±0.1 cm/s.
- Precisión medida distancia: 1% para distancias entre 10 m y 300 m.
- Frecuencia de muestreo: 1 a 5 segundos.

La configuración de los semáforos debe incluir los siguientes indicadores.

- Velocidad adecuada de aproximación: Señal verde continua.
- Velocidad límite de aproximación: Señal amarilla intermitente.
- Velocidad superior al límite de aproximación: Señal roja intermitente.

Se recomienda que la aplicación informática permita almacenar el registro histórico de las últimas operaciones efectuadas, así como de los eventuales fallos del sistema con indicación del elemento que hubiese fallado, iniciándose automáticamente el registro una vez detectado el buque y terminando al menos cinco minutos después de finalizada la operación, y asimismo que presente gráficamente los datos procedentes de cada sensor, y la distancia, ángulo y velocidad del buque.

Se estima recomendable igualmente, la instalación de estación de registro de las variables climatológicas principales, cuyo funcionamiento se integración en la aplicación indicada.

A fin de disponer información redundante, se recomienda finalemente que se complemente el sistema descrito con un equipo portátil basado en GPS-RTK, con estación base en tierra, integrado en una "Portable Pilot Unit" que se ubique en el buque mientras dure la operación de aproximación.

9.2 Sistema de monitorización de cargas en amarras

Este sistmea permite conocer en en tiempo real la carga en cada una de las amarras empleadas durante la permanencia del buque en el atraque, con objeto de asegurar que la pretensión y las condiciones de trabajo de todas las líneas son las requeridas.

El dispositivo de medición generalmente consiste en una célula de carga situada en el bulón de cada una de las uñas de los ganchos de escape rápido, que está conectada a una consola central en la que se visualizan las tensiones registradas.

Cualquier tensión en las líneas que exceda los valores prefijados en el sistema activa las alarmas correspondientes (acústicas y visuales), que se recomienda se sitúen, tanto en la consola central de monitorización del sistema ubicada en el edificio de control, como junto a los propios ganchos de escape rápido.

Las tensiones se monitorizarán de forma continua desde una aplicación informática que, análogamente a como sucedía con la anterior, debe permitir almacenar el registro histórico de las operaciones efectuadas y los eventuales fallos del sistema, con indicación del elemento que hubiese fallado, iniciando automáticamente el registro una vez detectado el buque y terminando una vez se han liberado todas las líneas.
Dicha aplicación debe integrar los registros meteorológicos, recomendándose que pueda tenerse acceso a ella, tanto desde la sala de control, como a través de un equipo portátil que pueda emplearse en la zona de atraque, con objeto de mejorar la seguridad de las operaciones.

9.3 Sistemas de parada de emergencia de los brazos de carga (ESD).

La función del sistema de parada de emergencia (ESD) es detener y aislar de forma segura la transferencia de líquido y vapor entre el barco y la terminal, activándose de forma automática en general, frente a los siguientes eventos.

- Detección de fuego o gas.
- Fallo de alimentación.
- Exceso de nivel en un tanque o presión anormal.
- Movimiento excesivo del buque.
- (Activación manual).

Como resultado de la activación del sistema se envía una señal de parada a las bombas y el equipamiento empleados durante las operaciones de carga/descarga, y de cierre programado de las correspondiente válvulas ESD situadas tanto en el barco como en la terminal.

Este sistema debe disponer de dos niveles de alarma, uno que interrumpe la transferencia de GNL (ESD-1), y otro que activa el sistema de desconexión automático de los brazos de carga (ERS).

Para concretar las especificaciones técnicas de este sistema se recomienda atender a lo propuesto en la publicación de SIGTTO "ESD Arrangements & Linked Ship/ Shore Systems for Liquefied Gas Carriers".

El procedimiento a adoptar, en caso de fallo del sistema de comunicación primario entre el buque y la terminal, al respecto de este sistema, debe abordarse también como parte de los procedimientos de emergencia de la terminal.

De acuerdo con la citada publicación de SIGTTO, serían aplicables a estos efectos las siguientes medidas.

- Disponer de un sistema de enlace alternativo capaz de transferir, como mínimo, la señal ESD-1.
- Disponer de enlaces de comunicación efectivos y redundantes entre las salas de control del barco y la terminal, valorándose la necesidad de contar en su caso con personal adicional a tal fin, al menos durante los períodos más críticos de las operaciones (inicio de la carga, aumento de la velocidad de transferencia completa, llenado, etc.)
- Disponer de piezas de repuesto suficientes para el sistema primario, a fin de viabilizar una reparación rápida del sistema.
- Disponer de cálculos de sobrepresiones de los sistemas de tuberías, que permitan identificar las velocidades máximas de transferencia segura, y reducir la velocidad de carga o descarga.
- Aumentar el personal en servicio para vigilar las operaciones.

9.4 Sistemas de desconexión de emergencia de los brazos de carga (ERS).

La misión principal de este sistema es permitir que los brazos de carga se desacoplen de forma automática cuando se producen movimientos excesivos de los buques, o manualmente en cualquier otra situación de emergencia.

El sistema se activa mediante sensores que calculan y registran la posición de los brazos de carga en todo momento, enviándo una señal de control cuando se alcanzan los límites previamente establecidos en función de los estudios complementarios necesarios, que inicia una secuencia de eventos que puede llegar a dar lugar, en determinados casos, al cierre de las válvulas de los brazos de carga, y a la separación del acoplador eléctrico de liberación de emergencia (PERC).

Tras la desconexión, los brazos se retraen a una posición segura, protegiéndose de esta manera de posibles impactos.

Tanto el personal de la terminal como el capitán del barco deben poder iniciar el proceso a través de un interruptor manual que conduce al cierre de la válvula y la desconexión del brazo de carga.

A la hora de definir las correspondientes especificaciones de diseño y los procedimientos de operación, se recomienda atender a lo indicado en la publicación de SIGTTO “LNG Emergency Release Systems. Recommendations, Guidelines and Best Practices”.

9.5 Sistemas de comunicación con los buques

A fin de asegurar una rápida respuesta de la terminal y el buque, tanto con condiciones normales de operación, como especialmente de emergencia, es necesario el establecimiento de un sistema de comunicación continuo y seguro entre ambos, que permita transmitir, tanto voz, como datos.

En el caso de las comunicaciones por voz, será necesario establecer una línea de emergencia telefónica entre la sala de control y el buque, disponiéndose de un sistema adicional de respaldo, el cual puede ser una línea adicional de teléfono o un sistema de radio.

Para la comunicación en condiciones normales, se emplearán radios (UHF/VHF) intrínsecamente seguras, que permitan mantener el contacto entre el personal de la terminal y la tripulación del buque, disponiéndose adicionalmente de un equipo multicanal de VHF, en la sala de control de la terminal, que permita la comunicación con la Autoridad Portuaria y otros organismos de relevancia.

Para la transmisión de datos entre el buque y la terminal, se empleará un Ship/Sore Link (SSL), que asegure la transmisión sin retrasos de señales entre ambos. Este sistema es crítico, puesto que, entre otras, transmite la señal ESD entre el buque y la terminal.

De entre las disferentes tecnologías disponibles para realizar la conexión buque - tierra, se recomienda el empleo de un SSL que incluya tres tipos de enlaces de comunicación:

- Enlace de fibra óptica, que pueda incluir las siguientes señales:
    - Canales multiplexados digitales para la transmisión y recepción de voz y datos.
    - Señal ESD1
- Enlace eléctrico. Este tipo de enlace puede incluir las siguientes señales de comunicación:
    - Teléfonos
    - Señal ESD1 (de buque a tierra y de tierra a buque)
    - Señal continua de verificación del enlace de comunicación.
    - Circuito de seguridad para la prueba del circuito de tierra
    - Transmisión de datos digitales
    - Recepción de datos digitales
- Enlace neumático de barco a tierra o de tierra a barco, para la transmisión de la señal ESD, que suele emplearse en general como respaldo al enlace principal.

A la hora de definir las correspondientes especificaciones de diseño de estos sitemas, se recomienda atender a lo indicado en el documento de SIGTTO “ESD Arrangements & Linked Ship/ Shore Systems for Liquefied Gas Carriers”.

9.6 Sistema de monitorización de condiciones ambientales

La utilidad de este sistema radica en poder comparar las condiciones meteoceánicas presentes durante la aproximación y permanencia de los buques en el atraque, con los límites prestablecidos, de forma que puedan valorarse correctamente las medidas a adoptar en cada caso.
El sistema debe incluir los instrumentos de medida necesarios para el registro de las velocidades y direcciones de viento y corriente, el nivel de marea, la temperatuda, y la visibilidad, y el envío de datos de dichos instrumentos a una aplicación informática localizada en la sala de control, la cual se recomienda que este integrada con los sistemas de ayuda a la aproximación al atraque y de monitorización de tensiones en las líneas de amarre, tal como se ha indicado anteriormente.

Como referencia, se indican los rangos de medida y precisiones de cada uno de los sensores, adecuados generalmente para este tipo de dispositivos:

- Velocidad del viento
    - Rango de medida: 0 - 60 m/s
    - Precision: ± 3% (0 - 35 m/s), ± 5% (35 - 60 m/s)
    - Resolución: 0.1 m/s

- Dirección del viento
    - Rango de medida: 0 -360°
    - Precisión: ± 3%
    - Resolución: 1°
- Velocidad de la corriente
    - Rango de medida: 0 - 100 cm/s
    - Precisión: ± 0.15 cm/s
    - Resolución: 0.1 cm/s
- Dirección de la corriente
    - Rango de medida: 0 - 360°
    - Precisión: ± 5° para 0-15°, ± 7.5° para 15-35°
    - Resolución: 0.35°
- Temperatura
    - Rango de medida: -52° C - +60° C
    - Precisión: ± 0.3°C
    - Resolución: 0.1°C
- Nivel de marea
    - Rango de medida: -1.0 – 5.0 m
    - Precisión: ± 0.5 cm
    - Resolución: 1 cm

Complementariamente, se recomienda disponer de un sistema de previsión adecuados de las variables anteriores, principalmente al respecto de vientos, mareas y corrientes, que facilite una correcta planificación de las operaciones y la aplicación de medidas especiales frente a eventos que puedan comprometer la seguridad del buque en el atraque.

9.7 Medidas relativas a las maniobras y el amarre de buques.

De acuerdo con el análisis de maniobras realizadas, se considera apropiada la aplicación de las siguientes medidas para la mejora de la seguridad de la terminal.

- Disponer de remolcadores suficientes en stand-by para asistir al buque en caso de que sea necesario abandonar la terminal debido a una emergencia. A priori, se considera conveniente disponer de un remolcador en stand-by por cada metanero atracado, si bien será necesario confirmar esta situación mediante estudios de simulación en tiempo real, particularmente en lo que respecta a las maniobras de fondeo, que deberán poder asegurarse en cualquier condición de marea el buque y situación de carga de los buques, y a la permanencia de los buques en las distintas posiciones de fondeo provisional.

- Cuando sea posible, se recomienda ocupar el atraque Oeste con un buque con bow thruster, dejando en el atraque Este los buques que no dispongan de bow thruster.

En el caso del amarre, de acuerdo con la práctica habitual y con lo recogido en las distintas publicaciones internacionales consultadas, se recomienda:

- Proporcionar al buque el valor en tiempo real de la tensión en las líneas de amarre.

- Cuando sea posible, no dar más de una línea a cada uña de los ganchos de escape rápido, a fin de que éstas no se sobrecarguen, y de que las lecturas de tensiones de amarras correspondan con el valor soportado por cada línea, y no por el conjunto de varias de ellas.

- Aplicar una pretensión a todas las líneas, de manera que se asegure que todas ellas trabajan de forma adecuada. A falta de estudios de mayor detalle, mediante modelos numéricos de comportamiento de los buques, puede considerarse un valor típico de pretensión, del 5% de la carga de rotura de las amarras.

- Siempre que sea posible, no cruzar líneas de amarre.

10 Principales conclusiones y recomendaciones

Las principales conclusiones y recomendaciones alcanzadas en base al análisis realizado son las siguientes.

- La implantación de nuevo atraque en las condiciones definidas en el presente estudio se considera en principio viable, tanto desde el punto de vista de la seguridad de las operaciones náuticas, como desde el punto de vista de la seguridad de la operación de los equipos de proceso incluidos en el interfaz buque – atraque, considerándose asimismo viable la realización de operaciones de carga – descarga simultaneas en los dos atraques de REGANOSA.

- De acuerdo con lo indicado en el apartado 7.10, en fases posteriores de Proyecto deberán realizarse, no obstante, estudios adicionales con apoyo de modelización numérica y simuladores de maniobras de buques en tiempo real, al objeto de:

    - Valorar el efecto que la navegación de los buques frente al muelle pueda tener sobre los buques “small scale” de menor tamaño.
    - Verificar las condiciones en que puedan desarrollarse cada una de las maniobras consideradas, tanto las asociadas a condiciones normales de operación, como de emergencia, estableciéndose las estrategias a seguir y la dotación de remolcadores necesaria en cada caso, así como el orden de salida de los buques en caso que un eventual accidente obligase al abandono del terminal.
    - Valorar en detalle si se requiere del dragado de alguna zona frente al lado Oeste del muelle, a fin de confirmar la viabilidad de las maniobras y, particularmente, que cualquier salida de emergencia pueda realizarse de forma suficientemente segura en cualquier condición de marea.
    - Verificar la posibilidad de utilización de las posiciones de fondeo identificadas, concretando las condiciones de clima en que deban utilizarse cada una de ellas, el número de remolcadores necesario para asistir a los buques durante el fondeo, y las condiciones en que deba procederse al cambio de posición, las estrategias de maniobra a seguir en cada caso y la dotación de remolque necesaria para estas maniobras.
    - Valorar en detalle el comportamiento de los buques frente a algunos supuestos de riesgo adicionales, tales como la rotura de todas las amarras o la liberación accidental de los ganchos de escape rápido.

- Teniendo en cuenta que actualmente no se están realizando en el Puerto de Ferrol, operaciones asimilables a las que se plantean en este caso (atraque y salida de grandes buques gaseros en

puestos contiguos y fondeo simultaneo de los mismos), se considera recomendable el entrenamiento de los prácticos mediante la realización de maniobras en condiciones normales y de emergencia, en simulador en tiempo real, y asimismo de los patrones de los remolcadores en las maniobras que se identifiquen como de mayor dificultad desde este punto de vista.

- Dado que ciertos tipos de buques, en general militares, navegan en ocasiones a distancias del muelle, del entorno 150 m, y a velocidades relativamente elevadas (superiores a 8 nudos), se estima recomendable establecer una distancia mínima de seguridad, con objeto de reducir los posibles riesgos de colisiones y el efecto sobre los buques amarrados, tanto como sea razonablemente posible.

- Sin recurrir al dragado de determinadas áreas en el interior de la ría, no resulta posible contar con áreas de fondeo adecuadas para ninguno de los buques de mayor tamaño, válidas para todas las condiciones de clima, por lo que, alternativamente, se plantea la posibilidad de emplear cuatro posiciones de fondeo diferentes, válidas para distintas situaciones climáticas, que permitan además el fondeo simultaneo de dos buques de REGANOSA.

  Tal como se ha indicado, la posible utilización de estas posiciones de fondeo y las condiciones en que deban emplearse deberán ser analizadas con mayor detalle en futuros estudios.

- Los fondeos de buques en las áreas identificadas podrían bloquear temporalmente el acceso y salida al Puerto de Ferrol de los buques comerciales de los tamaños más habituales, aspecto que deberá ser tenido en cuenta a la hora de desarrollar los correspondientes Planes de Emergencia, si bien es importante destacar que, con el uso de una flota de remolcadores adecuada, se conseguiría no bloquear el acceso a la base de la Armada, e incluso al propio Puerto para la mayor parte de los tamaños de buques.

- Resulta asimismo conveniente destacar que, si bien se estima que la probabilidad de que se produzca una emergencia que obligue al abandono de los tres atraques, estando dichos atraques ocupados simultáneamente por buques sujetos a restricciones de calado para la salida de la ría y el fondeo en el interior de la misma (buques de gran tamaño a plena carga), resulta muy reducida, no sería posible fondear los tres buques simultáneamente con los calados disponibles actualmente.

  De acuerdo con ello, se recomienda profundizar en el análisis de esta situación en estudios posteriores, en los que, considerando los riesgos conjuntos derivados de las actividades llevadas cabo tanto por REGANOSA como por Forestal del Atlántico, se evalúe si dicha emergencia resulta realista, y en su caso, los dragados necesarios para viabilizar el fondeo de un tercer buque u otros posibles destinos para el mismo, así como el orden de abandono del terminal a considerar en cada caso, la estrategia de maniobra a seguir, y el número de remolcadores necesario para viabilizar la realización de todas las maniobras.

- Dado que las limitaciones para la navegación de buques gaseros durante el acceso y salida la ría, se establecen para condiciones normales de operación y vienen condicionadas tanto por la necesidad de disponer de un nivel de agua suficiente, como por el hecho de que, en función de la situación de marea, las corrientes resulten suficientemente reducidas, se recomienda igualmente que se acometa un estudio de detalle a fin de determinar en qué condiciones de carga de los buques, niveles de marea e intensidades de corriente y viento, sería posible abandonar la bahía y dirigirse al fondeadero del Puerto Exterior o a mar abierta, incluyendo los resultados de los estudios indicados en el procedimiento de emergencia de la terminal.

- Desde el punto de vista del análisis de riesgos derivados de la operación de los equipos industriales situados en el interfaz buque – atraque, cabe destacar que no se ha recibido información de detalle acerca de las instalaciones de Forestal del Atlántico, y las áreas de trabajo y el personal asignado a las mismas, que permita valorar con precisión suficiente su situación, por lo que, si bien se prevé que no variarán las conclusiones aquí indicadas, éstas deberán revisarse en fases posteriores una vez pueda contarse con dicha información.

- Análogamente, los riesgos que pudieran derivarse de la actividad de Forestal del Atlántico sobre sus propias instalaciones y las de REGANOSA, han sido considerados únicamente de forma aproximada de acuerdo con los supuestos indicados en el apartado 8.9, por lo que en el futuro deberán realizarse los estudios que resulten necesarios para confirmar asimismo las conclusiones indicadas.

- En fases posteriores de estos trabajos, se estudiará la configuración óptima de defensas, ganchos de escape rápido, y líneas de amarre más adecuadas para cada uno de los buques de la flota de diseño. Para el análisis de configuración de las defensas se considerarán asimismo los requerimientos de los buques que operarán en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico, que, como se ha indicado, no podrá operarse simultáneamente con el nuevo atraque de REGANOSA.

- La ubicación del rack de tuberías hacia los tanques de almacenamiento deberá ser analizada igualmente en detalle en posteriores estudios, dado que previsiblemente deberá atravesar zonas ya ocupadas en las que resultará necesario valorar adecuadamente los riesgos asociados a las operaciones.

- De acuerdo con la información analizada, y dadas las características del GNL, no se presentan zonas medioambientalmente sensibles en el entorno próximo del Proyecto que pudieran resultar significativamente afectadas por la implantación del nuevo atraque.

Anexo 1. Planta general de instalaciones. Reganosa

APORIZER E411
-10/E420/E430/E440

C/D/E

ON G005/G006
NERATOR SET AND DAY TANK
Z740

01

802A/B

G002 / G003

G001
CAL SUBSTATION G102 & G004
(supplied by others)
L101A,B,C L102
101
G G101
/B/C/D/E & FIREWATER

NE Y110
11
W901A/B
REA T201

ER

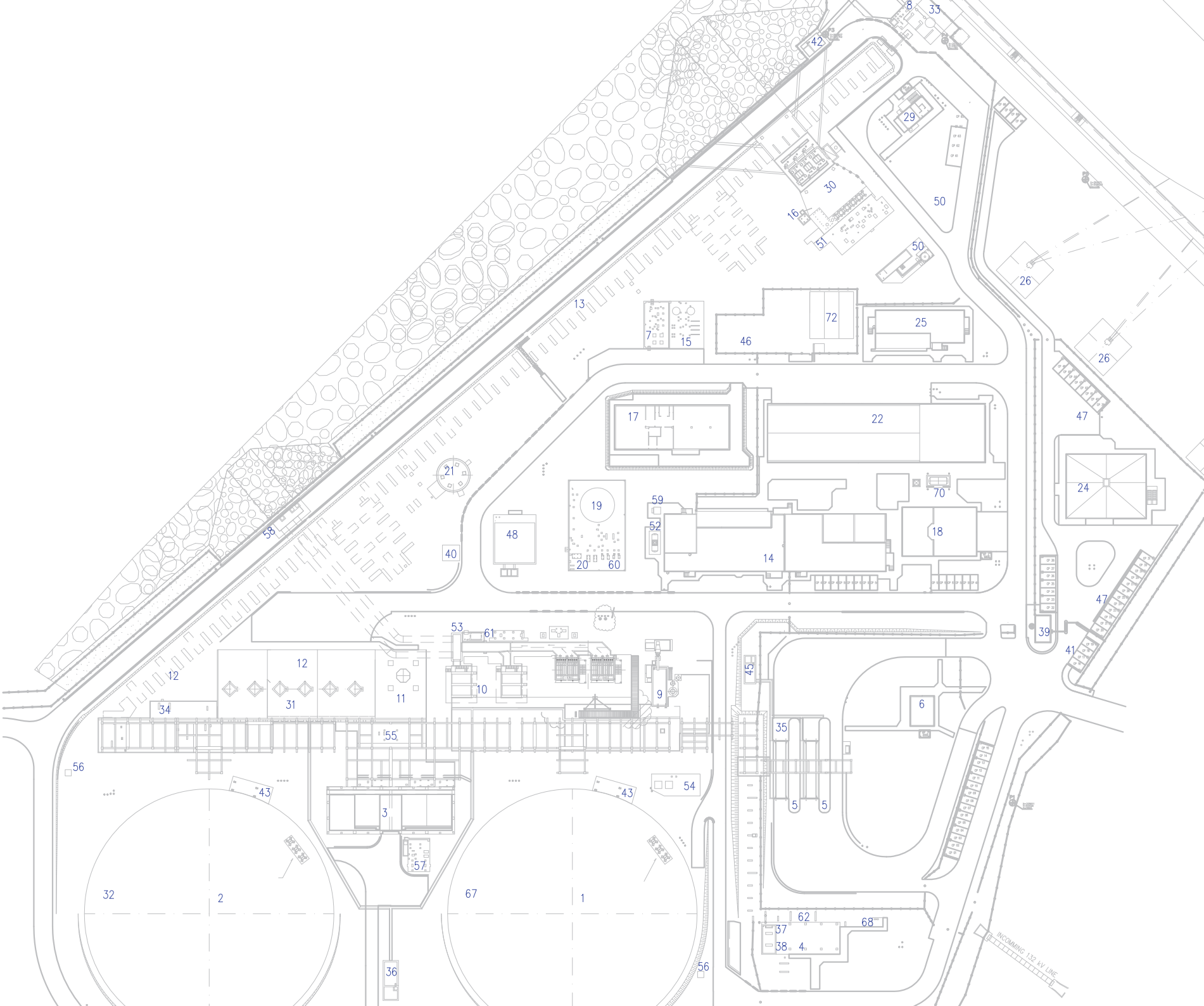
AREA
/Y222

LOADING AREA T202

by others)
Z761
PUMP DRIVER PD803
Y GENERATOR T793

M V301

UE GAS



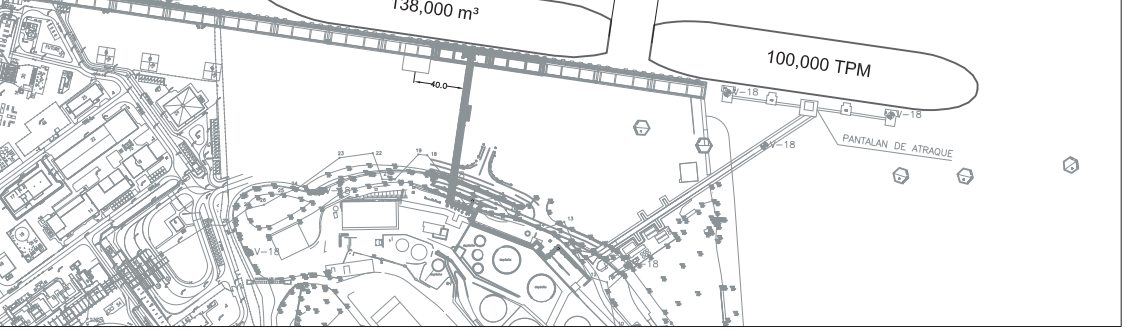
Anexo 2. Planta general de instalaciones. Forestal del Atlántico

JETTY
UELÓLEO Y SOSA

LANCOS
ACIÓN

ESTIÓN RESIDUOS MARPOL
E REFRIGERACIÓN
DULCE
E
NAMIENTO

Anexo 3. Límites de ocupación simultanea de atraques. Figuras.



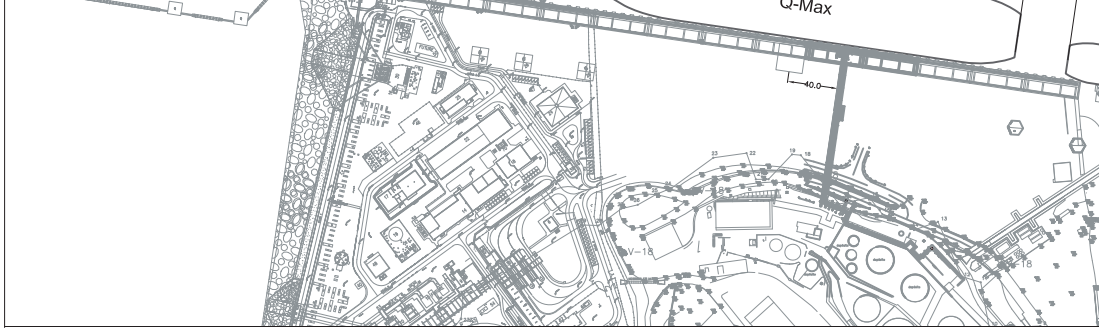
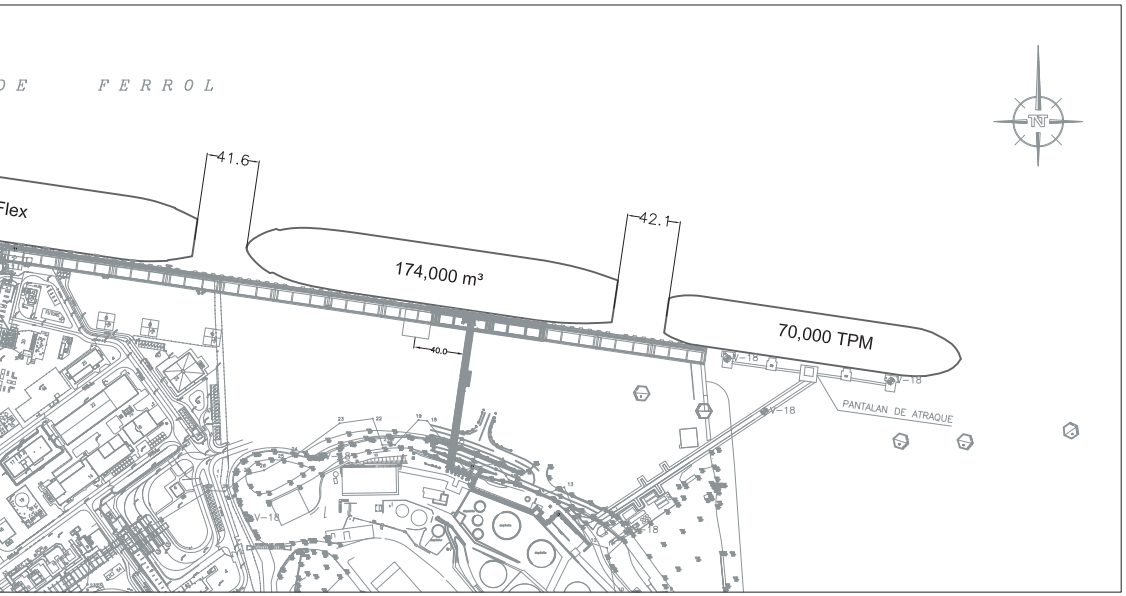


Figura 2



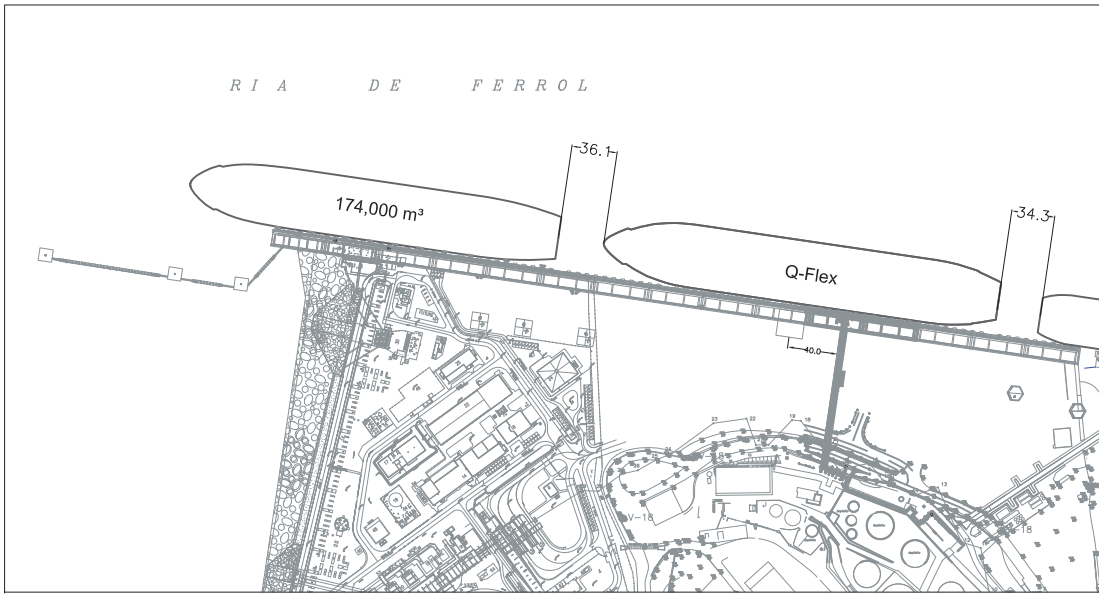
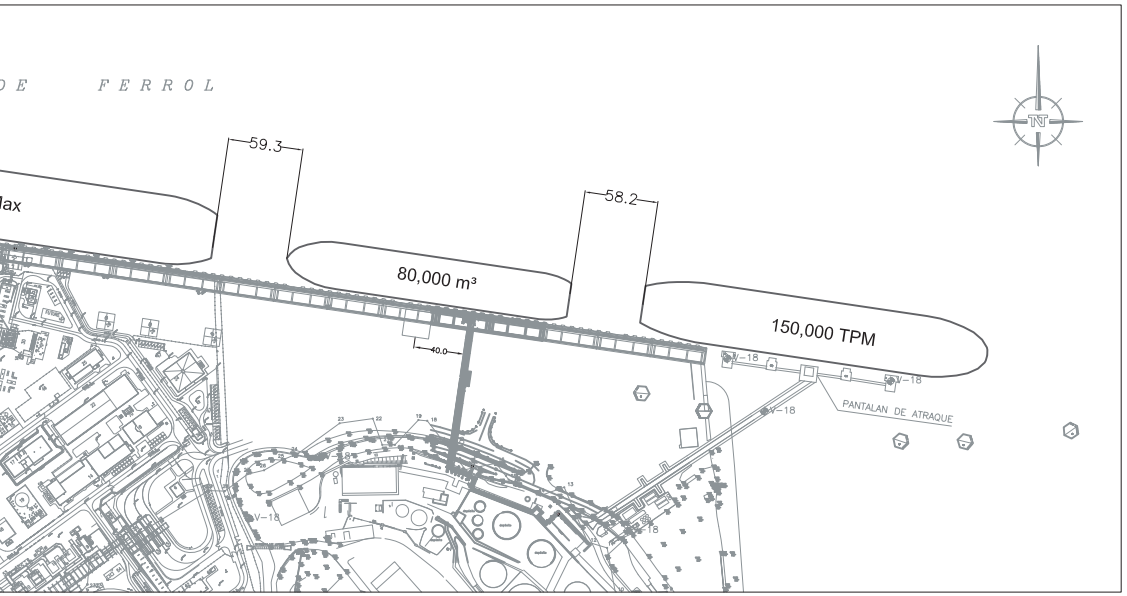


Figura 4

Distancias entre buques en ocupación simultánea				
Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	di buques atraques REGANOSA (m)	Es
Q–Max (LOA=345.3 m)	138,000 m^3 (LOA=284.4 m)	100,000 TPM (LOA=260 m)	31.8	
80,000 m^3 (LOA=225.3 m)	Q–Max (LOA=345.3 m)	30,000 TPM (LOA=190 m)	57.0	
Q–Flex (LOA=315.2 m)	174,000 m^3 (LOA=294 m)	70,000 TPM (LOA=235 m)	41.6	
174,000 m^3 (LOA=294 m)	Q–Flex (LOA=315.2 m)	70,000 TPM (LOA=235 m)	36.1	



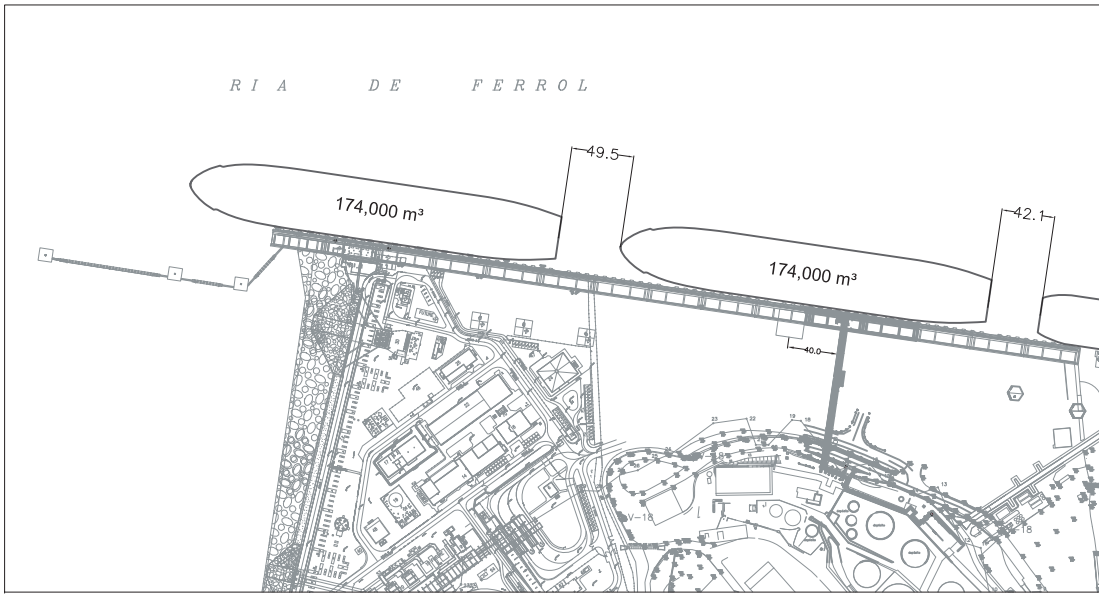
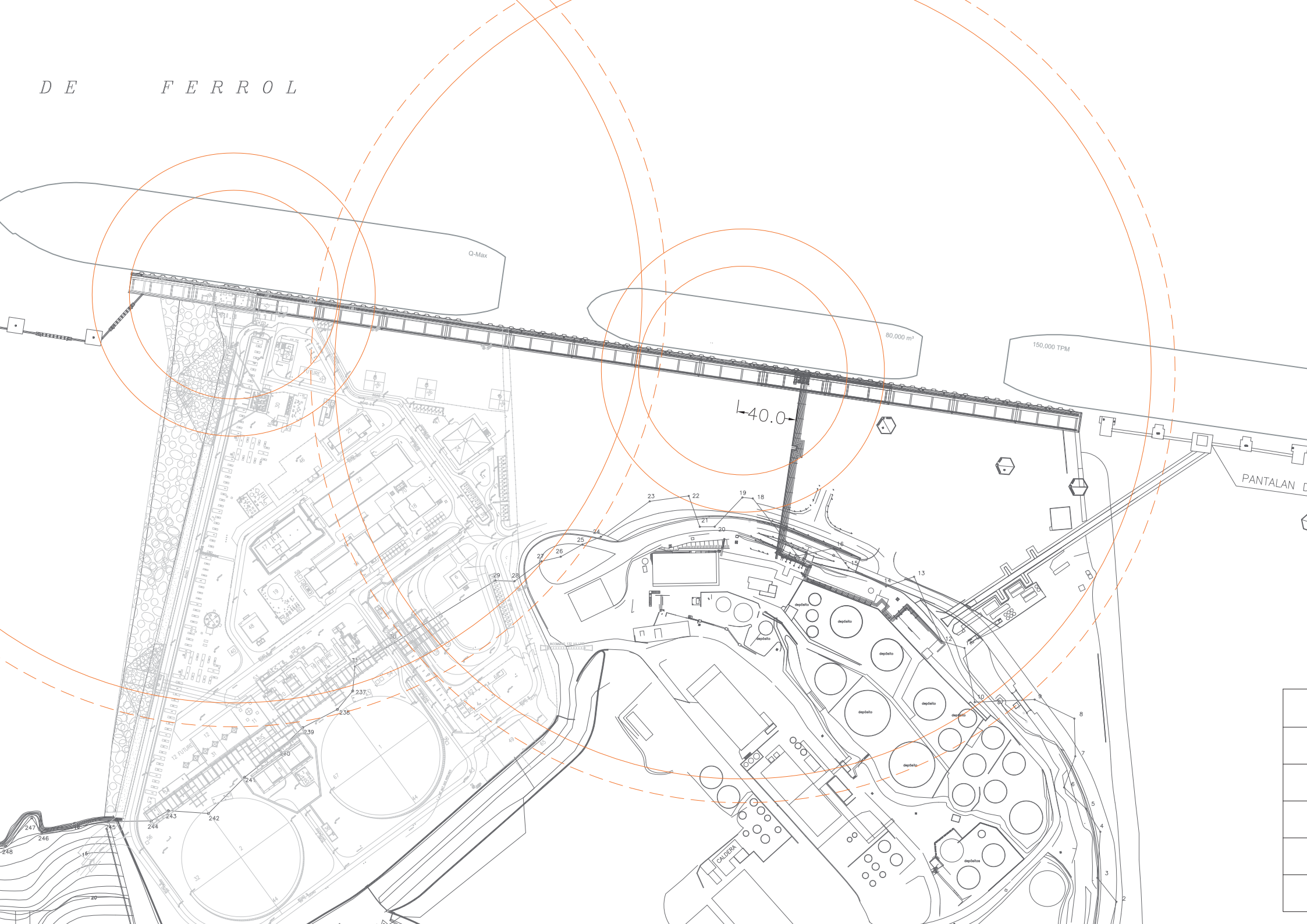
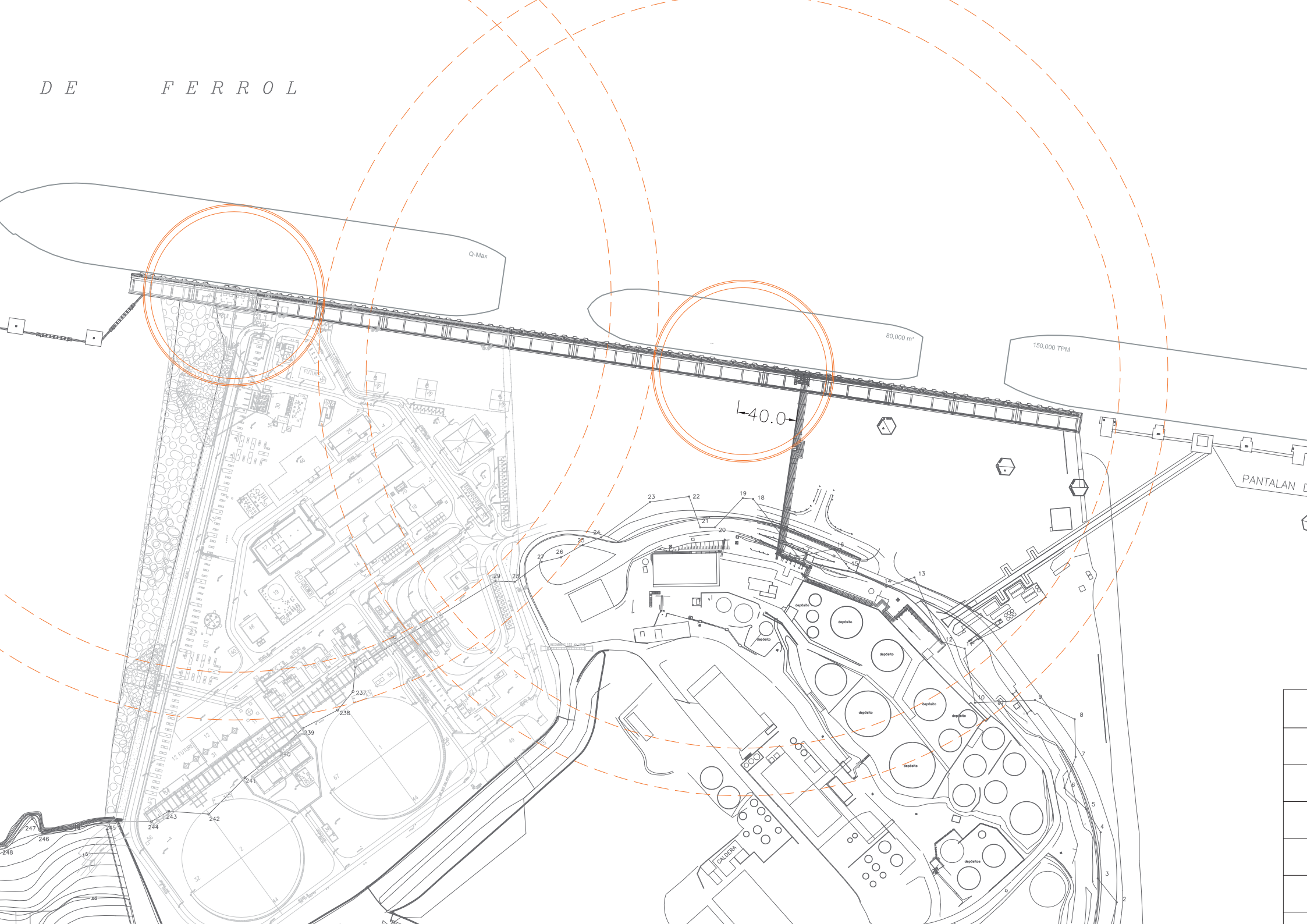


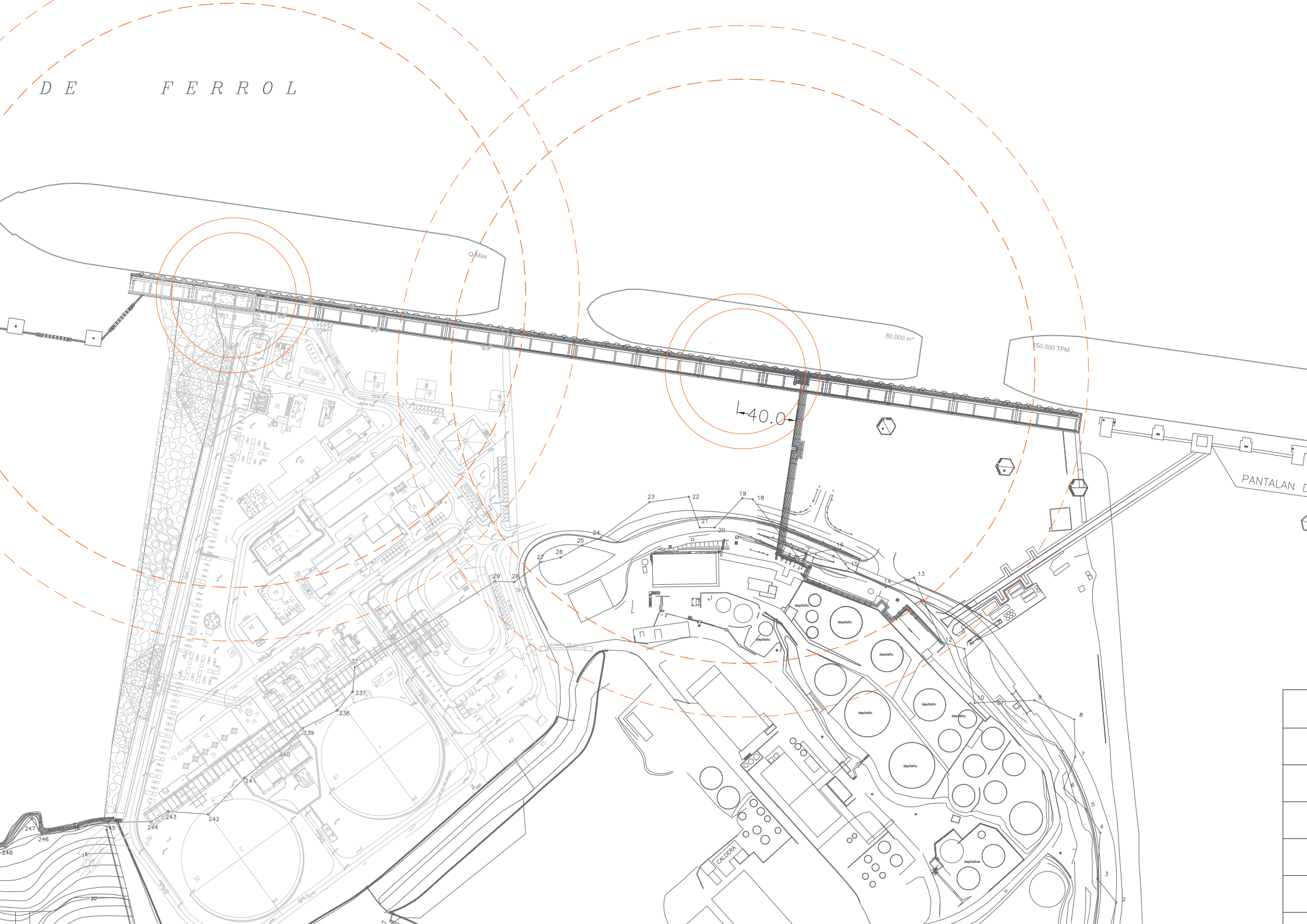
Figura 6

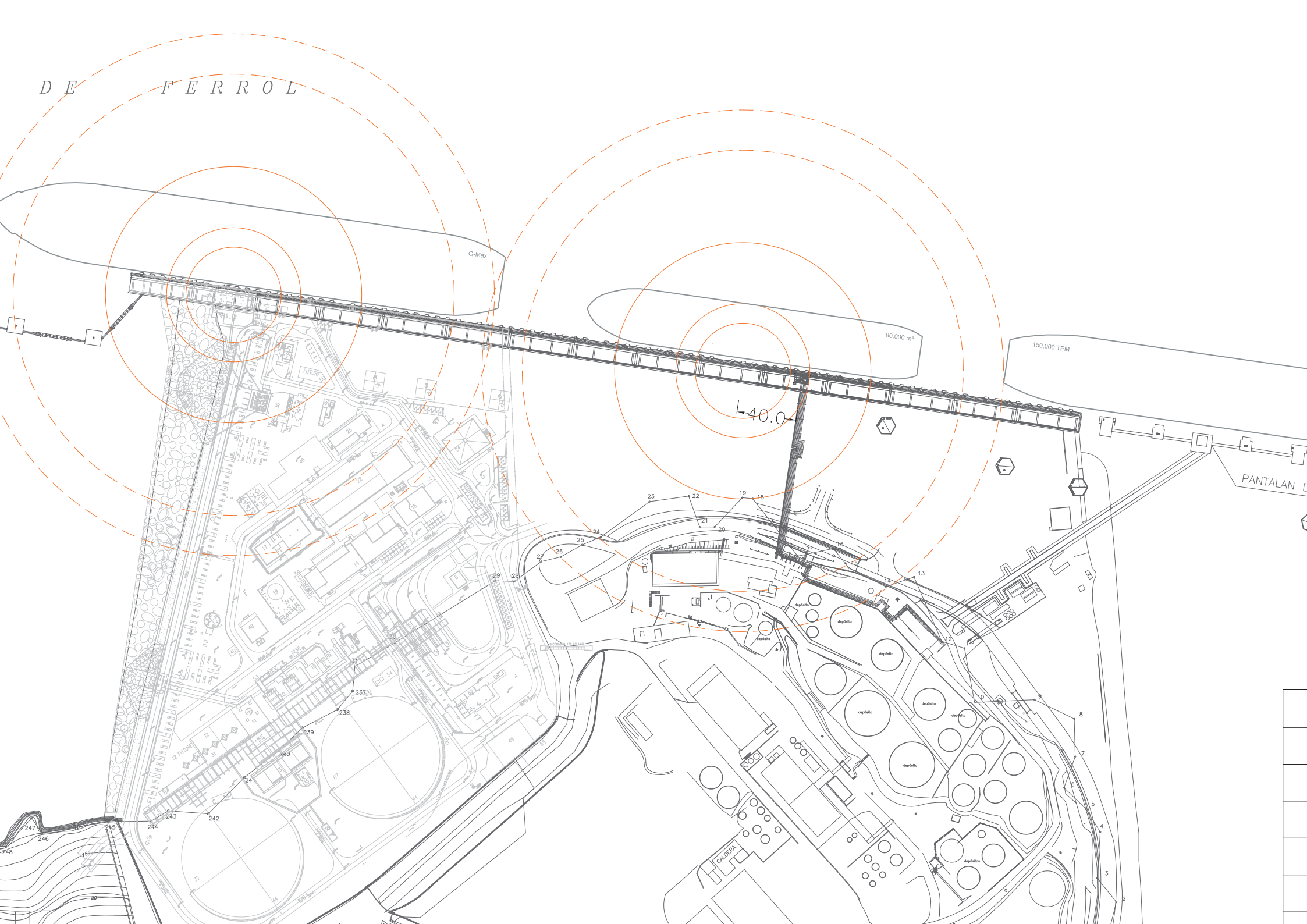
Distancias entre buques en ocupación simultánea				
Atraque Oeste REGANOSA	Atraque Este REGANOSA	Atraque Este FORESTAL	di buques atraques REGANOSA (m)	Es
Q–Max (LOA=345.3 m)	80,000 m^3 (LOA=225.3 m)	150,000 TPM (LOA=275 m)	59.3	
174,000 m^3 (LOA=294 m)	174,000 m^3 (LOA=294 m)	70,000 TPM (LOA=235 m)	49.5	

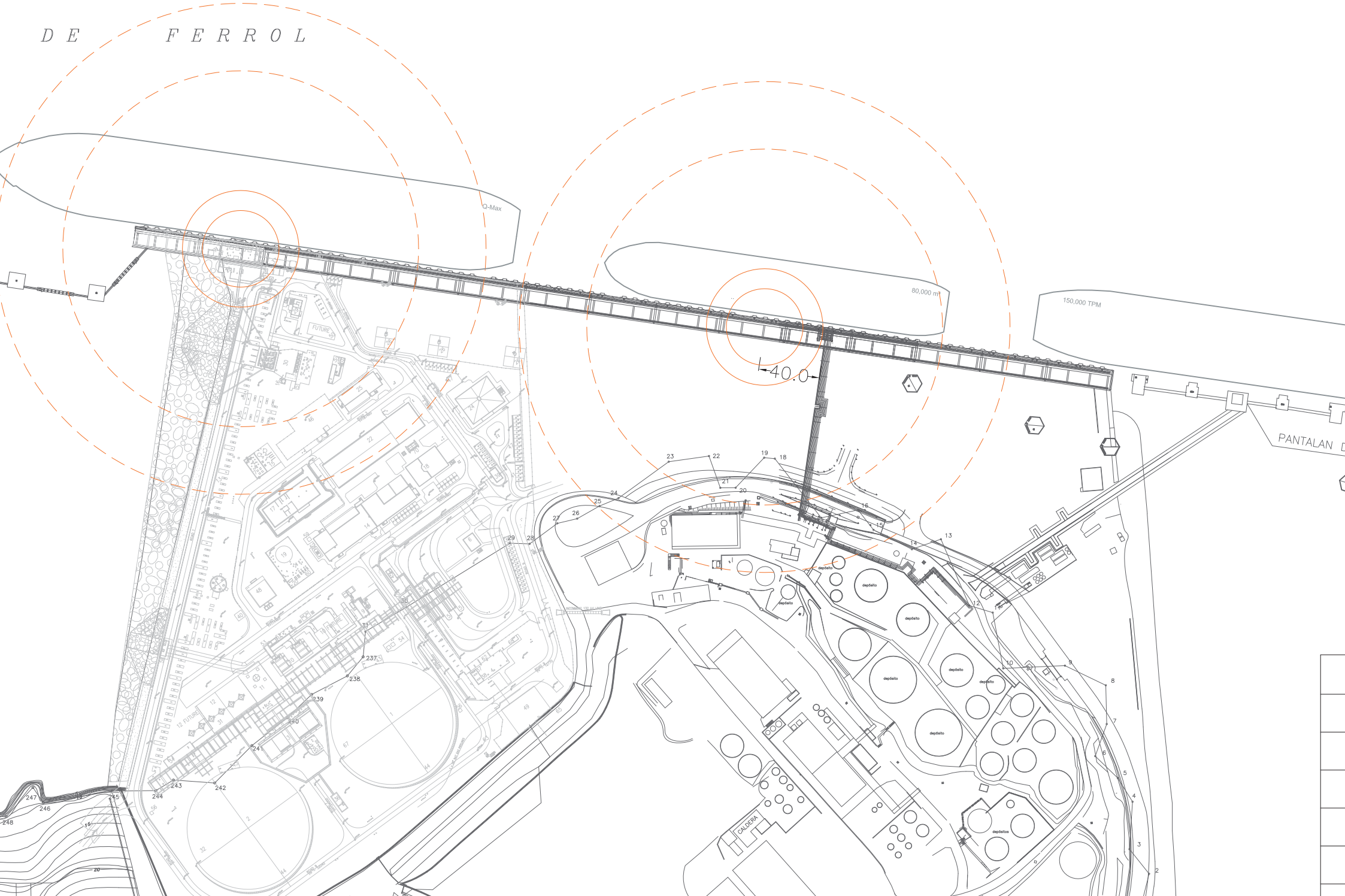
Anexo 4. Distancias de posible afección asociadas a los escenarios de riesgo considerados. Figuras.

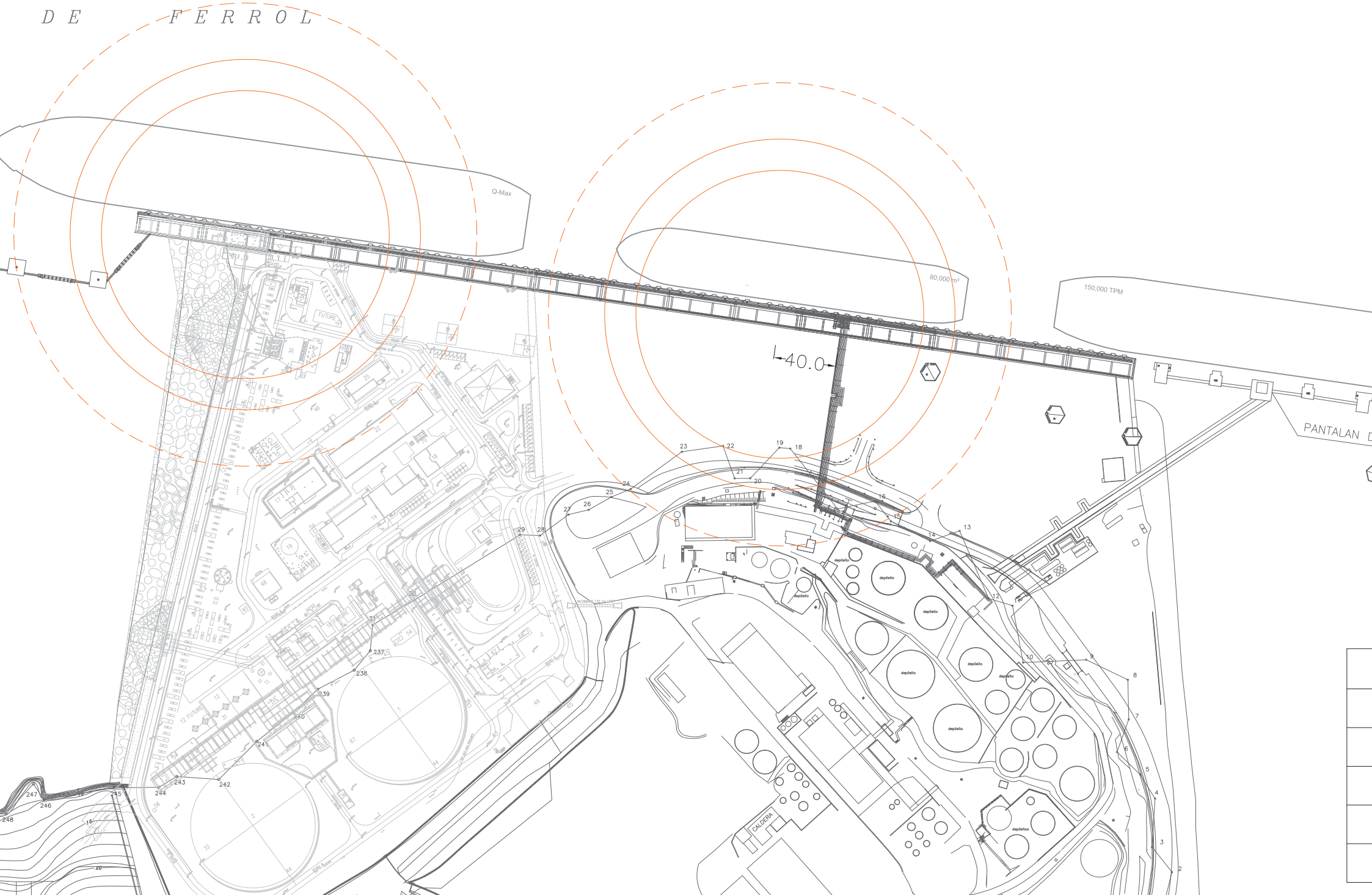

D E F E R R O L
Q-Max
80,000 m³
150,000 TPM
L 40.0
PANTALAN
depósito
CALDERA

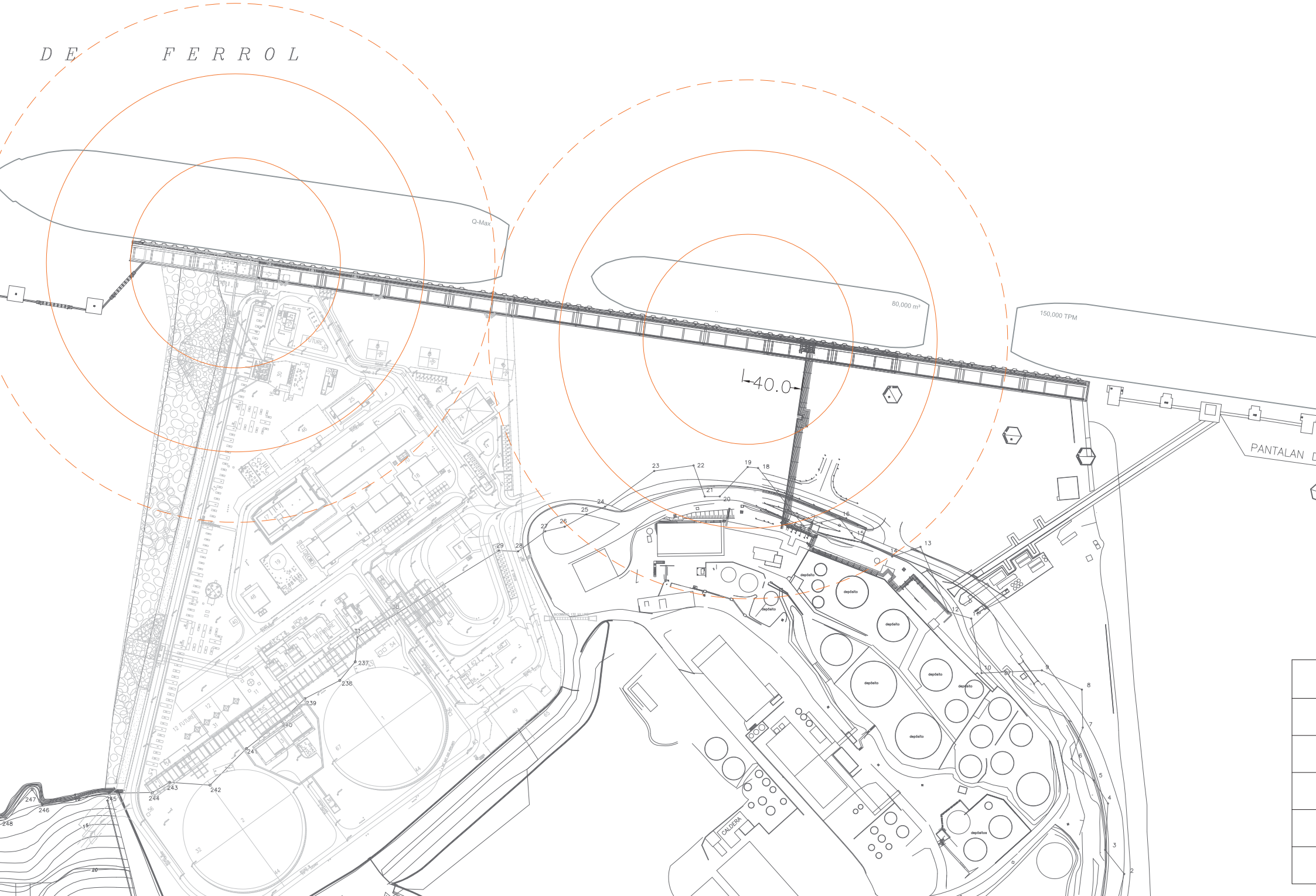

D E F E R R O L
Q-Max
80,000 m³
150,000 TPM
40.0
PANTALAN
depósito
CALDERA

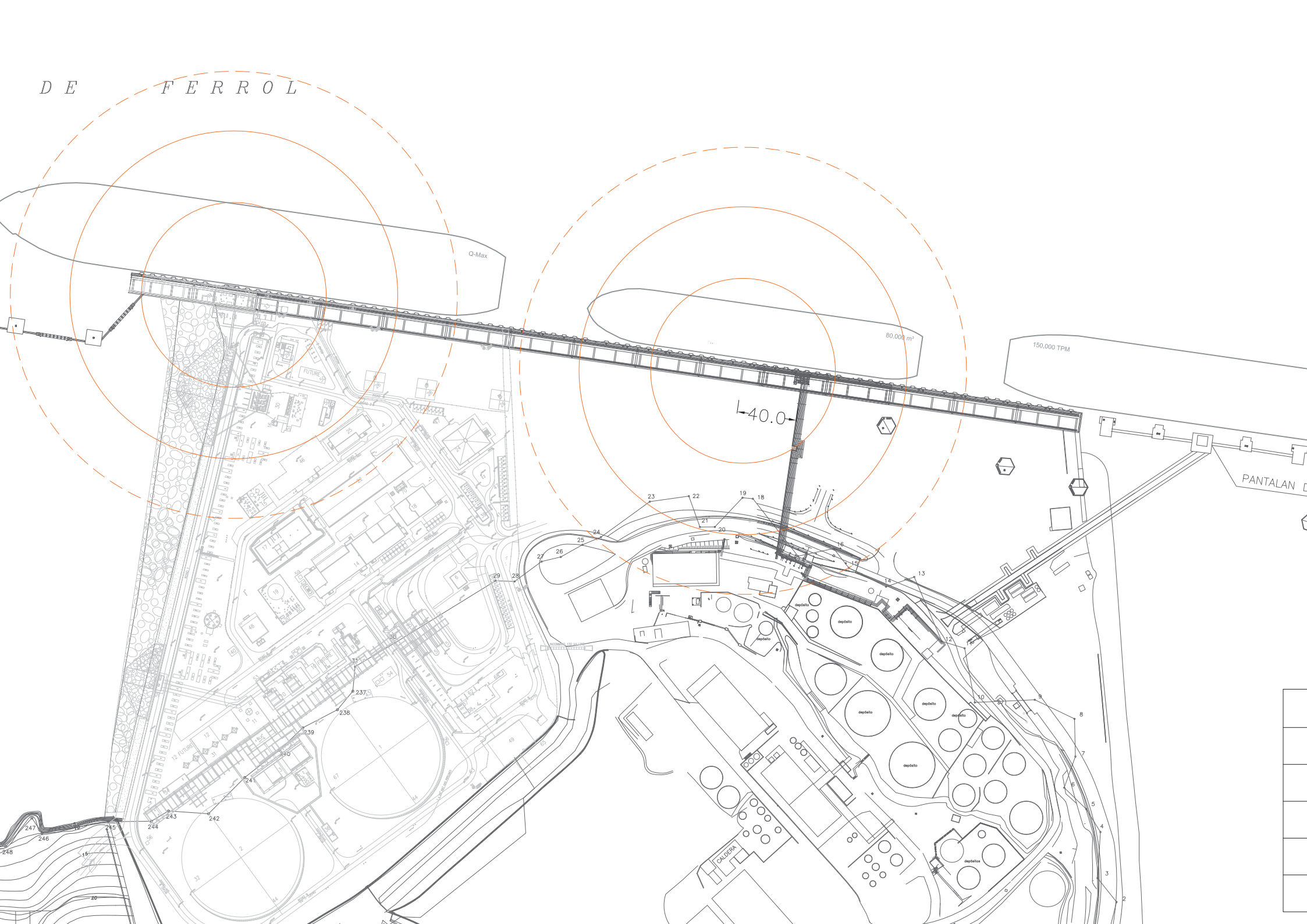

D E F E R R O L
Q-Max
80,000 m³
150,000 TPM
L-40.0
PANTALAN
depósito
CALDERA


D E F E R R O L
Q-Max
80,000 m³
150,000 TPM
-40.0
PANTALAN
CALDERA
depósito

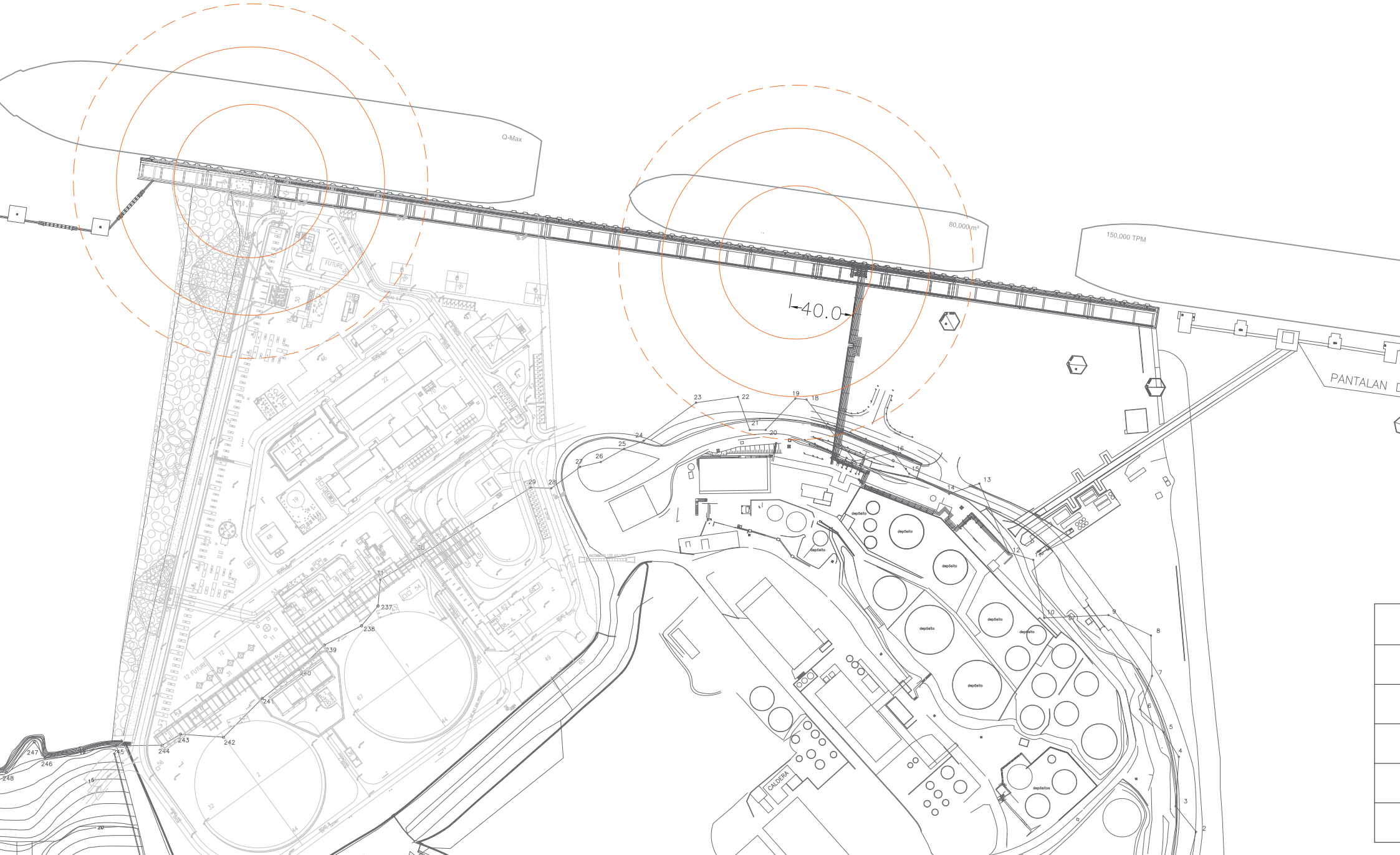

D E F E R R O L
Q-Max
80,000 mt
150,000 TPM
L 40.0
PANTALAN
depósito
depósitos
CALDERA
FUTURE


D E F E R R O L
Q-Max
80,000 m³
150,000 TPM
L 40.0
PANTALAN
depósito
CALDERA

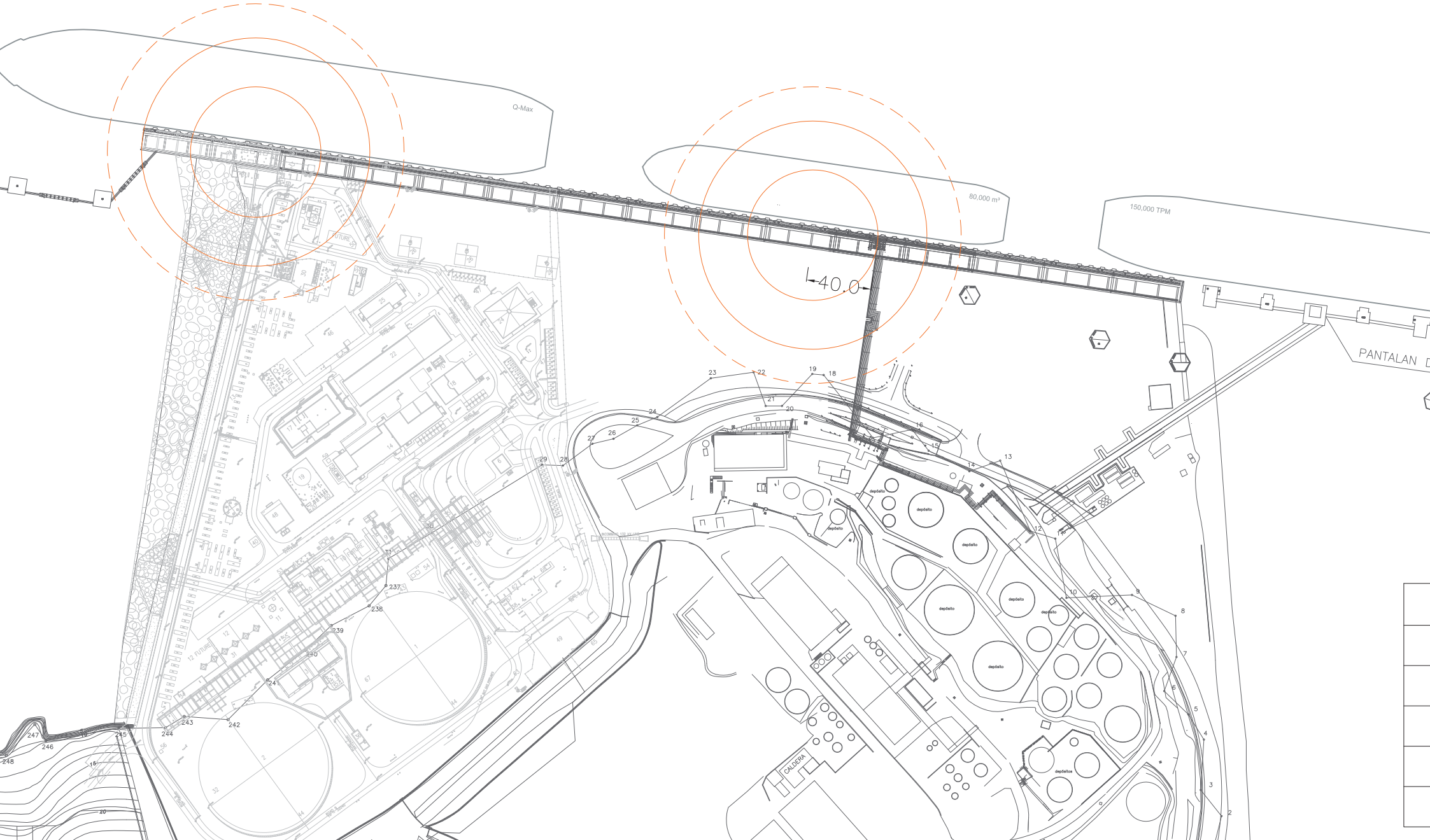

D E F E R R O L
Q-Max
80,000 m³
150,000 TPM
40.0
PANTALAN
depósito
CALDERA


D E F E R R O L
Q-Max
80,000 m³
150,000 TPM
40.0
PANTALAN
depósito
CALDERA

D E F E R R O L


Q-Max
80,000 m³
150,000 TPM
L 40.0
PANTALAN
FUTURE
depósito
CALDERA
depósitos

D E F E R R O L



Annex 4. Study of quick release hook system and fenders

SERVICIOS DE INGENIERÍA PARA UN SEGUNDO ATRAQUE EN LA TERMINAL REGASIFICADORA DE GNL DE MUGARDOS

Estudio del sistema de ganchos de escape rápido y defensas (Rev05)

- 23/03/20 -

reganosa | dyp ingeniería

ÍNDICE

1	**Objeto y alcance**	**1**
2	**Normativas y recomendaciones**	**1**
3	**Características principales del nuevo atraque**	**2**
4	**Flota de diseño**	**4**
5	**Dimensionamiento del sistema de defensas**	**7**
5.1	Defensas	7
5.2	Escudos	10
5.3	Distancia entre los conjuntos de defensas	10
6	**Dimensionamiento de los ganchos de escape rápido**	**12**
7	**Ubicación de los elementos del sistema de atraque y amarre**	**14**
7.1	Evaluación del comportamiento de los buques amarrados	15
7.1.1	**Buque de 650 m³. Oizmendi.**	17
7.1.2	**Buque de 7,500 m³. Coral Methane.**	19
7.1.3	**Buque de 10,000 m³. Coral Favia.**	20
7.1.4	**Buque de 15,600 m³. Coral Energy.**	21
7.1.5	**Buque de 138,000 m³. Sestao Knutsen.**	23
7.1.6	**Buque de 174,000 m³. Yamal Spirit.**	24
7.1.7	**Buque de 215,000 m³. Al Utoriya (Q-Flex).**	26
7.1.8	**Buque de 266,000 m³. Zarga (Q-Max).**	27
7.2	Análisis de posibles interferencias	29
7.2.1	**Contacto de las líneas de amarre con el cantil del muelle**	29
7.2.2	**Interferencia de las líneas de amarre con las nuevas defensas**	31
7.2.3	**Interferencia de las líneas de amarre con los bolardos existentes**	33
7.2.4	**Interferencias con las líneas de los buques del atraque Este de Forestal del Atlántico**	38
8	**Instalación de ganchos y defensas**	**39**
9	**Resumen y conclusiones.**	**40**

Anexos

Anexo 1. Planos

Anexo 2. Resultados de los cálculos de amarre realizados con el modelo OPTIMOOR

Índice de Tablas

Tabla 1. Flota usuaria del nuevo atraque 4
Tabla 2. Dimensiones y características principales de los buques de proyecto. Buques small-scale. 5
Tabla 3. Dimensiones y características principales de los buques de proyecto. Buques convencionales. 6
Tabla 4. Energías cinéticas de atraque de diseño 9
Tabla 5. Distancia máxima entre defensas aisladas 12
Tabla 6. Características de los ganchos de escape rápido seleccionados 15
Tabla 7. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Oizmendi (650 m³). 18
Tabla 8. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Oizmendi (650 m³) 18
Tabla 9. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Coral Methane (7,500 m³) 19
Tabla 10. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Coral Methane (7,500 m³) 20
Tabla 11. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Coral Favia (10,000 m³) 21
Tabla 12. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Coral Favia (10,000 m³) 21
Tabla 13. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Coral Energy (15,600 m³) 22
Tabla 14. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Coral Energy 22
Tabla 15. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Sestao Knutsen (138,000 m³) 23
Tabla 16. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Sestao Knutsen (138,000 m³) 24
Tabla 17. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Yamal Spirit (174,000 m³) 25
Tabla 18. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Yamal Spirit (174,000 m³) 25
Tabla 19. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Al Utoriya (Q-Flex) 26
Tabla 20. Resultados principales de los cálculos estáticos. Al Utoriya (Q-Flex) 27
Tabla 21. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Zarga (Q-Max) 28
Tabla 22. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Zarga (Q-Max) 28

Índice de Figuras

Figura 1. Condiciones ambientales favorables ROM 02-11 para la maniobra de atraque. 7
Figura 2. Curvas características de la defensa SCK 1450 9
Figura 3. Dimensiones y ubicación de los conjuntos de defensas (nivel del agua ≈ cota 0) 10
Figura 4. Distancia máxima entre defensas aisladas en un sistema de atraque continuo 11
Figura 5. Gancho de escape rápido doble instalado en el atraque existente 13
Figura 6. Gancho de escape rápido triple instalado en el atraque existente 14
Figura 7. Configuración en planta del sistema de atraque y amarre seleccionado 15
Figura 8. Esquema de amarre. Buque Oizmendi (650 m³) 18
Figura 9. Esquema de amarre. Buque Coral Methane (7,500 m³) 19
Figura 10. Esquema de amarre. Buque Coral Favia (10,000 m³) 20
Figura 11. Esquema de amarre. Buque Coral Energy (15,600 m³) 22
Figura 12. Esquema de amarre. Buque Sestao Knutsen (138,000 m³) 23
Figura 13. Esquema de amarre buque Yamal Spirit (174,000 m³) 25
Figura 14. Esquema de amarre. Buque Al Utoriya (Q-Flex) 26
Figura 15. Esquema de amarre. Buque Zarga (Q-Max) 28
Figura 16. Localización de vistas transversales en planos de esprines. Buque Oizmendi 29
Figura 17. Vistas transversales en planos de esprines. Buque Oizmendi 30
Figura 18. Localización de las secciones transversales analizadas. Buque Coral Favia 30
Figura 19. Secciones transversales A-A', B-B' y C-C'. Buque Coral Favia 31
Figura 20. Vista frontal del amarre del buque Oizmendi (plena carga / bajamar) 31

Figura 21. Vista frontal del amarre del buque Coral Favia (plena carga / bajamar).....32
Figura 22. Posible interferencia entre amarras y defensas para los buques menores de REGANOSA y Forestal 32
Figura 23. Dimensiones y ubicación alternativas de los conjuntos de defensas (nivel del agua ≈ cota 0).....33
Figura 24. Posibles interferencias de las amarras de la flota de proyecto con los bolardos existentes.....34
Figura 25. Localización de la sección transversal analizada. Buque Sestao Knutsen 34
Figura 26. Sección transversal A-A'. Buque Sestao Knutsen 34
Figura 27. Localización de la sección transversal analizada. Buque Coral Energy.....35
Figura 28. Sección transversal A-A'. Buque Coral Energy 35
Figura 29. Reubicación de los bolardos existentes 35
Figura 30. Amarre de los buques en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico 36
Figura 31. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (5.000 TPM) 37
Figura 32. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (10.000 TPM) 37
Figura 33. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (30.000 TPM) 37
Figura 34. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (50.000 TPM) 37
Figura 35. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (70.000 TPM) 38
Figura 36. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (100.000 TPM).....38
Figura 37. Comprobación posibles interferencias buques de Reganosa con GERs Forestal del Atlántico.....38
Figura 38. Localización de la sección transversal analizada. Buque petrolero de 150,000 TPM.....39
Figura 39. Sección transversal A-A'. Buque petrolero de 150,000 TPM 39

1 Objeto y alcance

En el presente documento se presenta la configuración de los sistemas de gancho de escape rápido y defensas, planteada para el nuevo atraque como resultado del análisis realizado a estos efectos, descrito en los apartados siguientes.

Dicho análisis incluye fundamentalmente los siguientes aspectos:

- Dimensionamiento de las defensas y los correspondientes escudos a partir del cálculo de la energía desarrollada por los buques durante el atraque.
- Diseño de la configuración de amarras propuesta para cada uno de los buques de la flota.
- Dimensionamiento de los ganchos de escape rápido en función de los tiros de amarras máximos esperables según dichas configuraciones.
- Evaluación de las posibles interferencias entre los distintos elementos del sistema de atraque y amarre.
- Evaluación de las posibles interferencias con los distintos elementos del sistema de atraque y amarre, de los atraques contiguos de Forestal del Atlántico.

La evaluación del comportamiento de los buques amarrados, según las configuraciones de amarre indicadas, se ha llevado a cabo mediante análisis estático realizado con el modelo Optimoor, para siete buques representativos de la flota.

Las características principales de los buques considerados han sido las facilitadas por REGANOSA, complementadas con información extraída de la base de datos Q88 comúnmente empleada en este tipo de trabajos.

En el diseño del sistema de defensas y ganchos de escape rápido indicado se ha tenido en cuenta, que el atraque compartirá buena parte de la línea de muelle con los buques que operan en puesto Oeste de Forestal del Atlántico, habiéndose considerado de forma preliminar, en función de la información disponible, las posibles interferencias que pueden generarse con dichos buques y los elementos de amarre que emplean.

2 Normativas y recomendaciones

Para la realización del estudio se ha atendido principalmente a las siguientes recomendaciones:

- Puertos del Estado: “ROM 2.0-11. Obras de Atraque y Amarre: Criterios generales y Factores del Proyecto”.
- OCMIF: “Mooring Equipments Guidelines 4 (MEG4)”.
- UNE-EN ISO 28460 “Petroleum and natural gas industries Installation and equipment for liquefied natural gas Ship-to-shore interface and port operations”.
- PIANC: “WG 172: Design of Small- to Mid-Scale Marine LNG Terminals Including Bunkering”.

3 Características principales del nuevo atraque

De acuerdo con los criterios generales de diseño establecidos, el nuevo atraque tendrá una funcionalidad asimilable a la del atraque existente, siendo capaz de atender buques gaseros convencionales de hasta 266.000 m^3 de capacidad, y dedicados al bunkering o la distribución a pequeña escala, de 650 m^3 de capacidad mínima.

El equipamiento principal del atraque contemplará:

- 4 brazos de carga de 16" y 12.000 m^3/h de caudal de descarga, de los que uno de ellos actuará como brazo de retorno de vapor, y los 3 restantes de líquido.
- 2 brazos de carga para la operación de buques small scale, de 10", con líneas de líquido y vapor.
- Pasarelas de acceso a buques (gangways).
- Sistemas de lucha contra incendios.
- Caseta de control.

Los brazos de descarga están totalmente equipados DBV/PERC, QC/DC manual, y con sistema de control de posición (PMS), pudiendo accionarse tanto desde consola fija (sala de control del jetty, JMR) como desde una unidad portátil.

En base al "Análisis de Alternativas de ubicación del Nuevo Atraque", redactado previamente al presente estudio, se ha decidido que el eje de la plataforma correspondiente a los buques convencionales se sitúe a unos 40 m al Oeste del rack de tuberías del atraque Oeste de Forestal del Atlántico, tal como se indica en la figura siguiente.

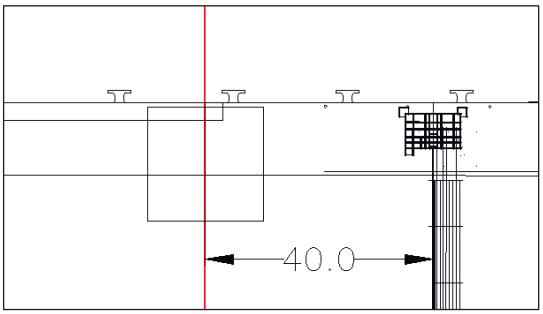


Figura 1. Ubicación del nuevo atraque.

Al respecto de la operación de los buques "small scale", se estima en principio preferible que ésta se realice mediante el empleo de brazos de carga independientes, dado que estos equipos presentan mayor seguridad que las mangueras criogénicas flexibles, por su propia naturaleza, y al poder estar dotados de los sistemas de seguridad indicados para los brazos de carga de los buques convencionales (PERC, ERS, etc.), aunque las conexiones mediante mangueras suelen dotarse actualmente de sistemas de acoplamiento rápidos y de sistemas de desconexión de emergencia, generalmente en el lado tierra, asimilables hasta cierto punto a los anteriores.

Si bien los brazos de carga tienen un mayor coste, tienen también una mayor vida útil y suelen requerir asimismo de un menor número de inspecciones de seguridad y menor mantenimiento, resultando las ventajas de las mangueras limitadas cuando únicamente se va a trasegar un único tipo de producto.

Es conveniente destacar en todo caso que las mangueras flexibles tienen la ventaja de permitir una mayor holgura a la hora de alinear el manifold de los buques con el eje del atraque (lo que puede resultar de utilidad de cara a evitar posibles interferencias con amarras), por lo que el análisis realizado a estos efectos para los brazos de carga será válido para ambos tipos de equipos.

Tal como se refleja en los planos incluidos en el Anejo 2 de este estudio, los equipos de carga y descarga de los buques small scale estarán situados al lado Oeste de los brazos de descarga de los buques convencionales, tanto se trate de brazos de carga como de mangueras, en cuyo caso, se dispondría además de los correspondientes soportes y apoyos, y de una grúa auxiliar para el manejo de las mismas.

Las líneas de conexión del atraque con la planta incluirán las siguientes:

- Un colector principal de 36" (del atraque a los tanques), un colector de carga 16" (desde las bombas primarias al atraque/planta) y una línea de 8" de recirculación.
- Una línea de 28" de retorno de vapor.
- Línea de zero send-out de 6".
- KO Drum con sistema de atemperación.

Todo el sistema de descarga se encontrará situado en un área especialmente diseñada al efecto, que contemplará, entre otros, canaletas, balsas y cubetos de recogida de posibles derrames de GNL cuya misión principal es proteger los materiales que conforman la superestructura de un posible contacto con gas a temperaturas criogénicas.

Al igual que para el atraque existente, las instalaciones estarán dotadas de un sistema de seguridad global, compuesto por distintos subsistemas a efectos de disponer de dos niveles de protección:

- Sistema primario, dedicado a evitar o minimizar el riesgo de incendio o explosión en el terminal, que contempla:
    - Detectores de presencia de gas.
    - Sistema de detección de bajas temperaturas.
    - Sistema de desconexión de emergencia de la operación de descarga (PERC/ERS/ESD).
    - Sistema de liberación de ganchos de escape rápido (QRH).
    - Sistema de monitorización de tensión en las líneas de amarre.
    - Sistema de control de la aproximación de buques al atraque.
    - Sistema de previsión climática.

- Sistema secundario, dedicado a minimizar las consecuencias de cualquier posible accidente que pudiera producirse, el cual incluirá:
    - Sistema de detección de incendios (humo/llama).
    - Sistema de extinción de incendios.
    - Sistema de cortinas de agua, extintores, polvo seco y CO2.
    - Sistemas de protección personal.

Todos los sistemas de emergencia estarán dotados de fuentes alternativas de alimentación en caso de fallo de la alimentación principal.

4 Flota de diseño

De acuerdo con la información recibida, la flota usuaria del nuevo atraque estará compuesta por los siguientes buques gaseros:

	Buque	Capacidad		Buque	Capacidad
"Small Scale"	Oizmendi (Antes Monte Arucas)	650 m³	Convencionales	Mostefa ben Boudaid	125.250 m³
	Pioneer Knutsen	1.100 m³		LNG Abuja	126.530 m³
	Greenoil	4.500 m³		Bachir Chihani	129.769 m³
	Coral Anthelia	6.500 m³		LNG Rivers	137.300 m³
	Coral Methane	7.500 m³		Berge Everett	138.000 m³
	Norgas	10.000 m³		Cadiz Knutsen	138.000 m³
Convencionales	Coral Energy	15.600 m³		Galicia Spirit	140.000 m³
	Hassi M'Rel	40.109 m³		Buque tamaño PanamaMax	170.000 m³
	LNG Portovenere	65.252 m³		QFLEX	216.000 m³
	Hoegh Galleon	87.600 m³		QMAX	266.000 m³
	LNG Lagos	122.255 m³			

Tabla 1. Flota usuaria del nuevo atraque

Como puede observarse, dichos buques se han agrupado en dos rangos diferentes en función de su capacidad, considerándose como buques "small scale", los que presentan capacidades de entre 650 m³ y 10,000 m³, y como buques convencionales, aquellos con capacidades de entre 15,600 m³ y 266,000 m³.

Atendiendo a las características de la flota indicada, y en función de la información de detalle disponible al respecto de las características y el equipamiento de cada uno de los buques, se han seleccionado finalmente los siguientes buques de diseño, como representativos de cada uno de los rangos indicados.

- Buques "small scale".
    - Oizmendi, 650 m³.
    - Coral Methane, 7,500 m³.
    - Coral Favia, 10,000 m³.

- Buques convencionales.
    - Coral Energy, 15,600 m³.
    - Sestao Knutsen, 138,000 m³.
    - Yamal Spirit, 174,000 m³.
    - Al Utoriya, 216,000 m³ (Q-Flex).
    - Zarga, 266,000 m³ (Q-Max).

En las siguientes tablas se presentan las dimensiones y características principales de los buques de diseño anteriores y del equipamiento de los mismos.

	Oizmendi	Coral Methane	Coral Favia
Capacidad (m^3)	650	7,500	10,000
L_{OA} (m)	80	117.8	137.1
L_{pp} (m)	78.68	110.2	127.16
Manga (m)	15	18.6	19.8
Puntal (m)	5.25	10.6	11.5
Calado lastre (m)	2.93	5.51	6
Calado plena carga (m)	4.17	7.14	8.3
Francobordo mínimo (m)	1.08	3.46	3.2
Desplazamiento lastre (t)	2994	7866	10829
Desplazamiento plena Carga (t)	4419	10868	16230
Manifold			
Distancia proa al centro del manifold (m)	41.04	54.5	68.28
Distancia popa al centro del manifold (m)	38.95	63.2	68.8
Cuerpo cilíndrico			
Lastre – Pr. al centro (m)	38.95	25.7	18.8
Lastre – Pp. al centro (m)	27.04	18.9	45.6
Plena carga - Proa al centro (m)	38.95	34.3	28.2
Plena carga - Popa al centro (m)	27.04	22.7	55.15
Amarras en maquinillas (num/diam/mat/MBL)			
Castillo proa	3/40mm PP-PE/23 t	4/54mm PP-PE/45 t	4/52mm PE/57.7 t
Medio proa	-	-	-
Medio popa	-	-	-
Popa	2/40mm PP-PE/23 t	4/54mm PP-PE/45 t	4/52mm PE/57.7 t
Tails (num/diam/mat/MBL)			
Castillo proa	-	-	-
Medio proa	-	-	-
Medio popa	-	-	-
Popa	-	-	-

Tabla 2. Dimensiones y características principales de los buques de proyecto. Buques small-scale.

	Coral Energy	Sestao Knutsen	Yamal Spirit	Al Utoriya	Zarga
Capacidad (m^3)	15600	138,000	174,000	215,000	266,000
L_{OA} (m)	154.95	284.38	293.99	315.16	345.328
L_{pp} (m)	146.21	271	287.66	303	332
Manga (m)	22.7	42	47.5	50	53.8
Puntal (m)	14.95	25.4	21.19	27	27
Calado lastre (m)	5.39	9.75	9.53	9.57	9.78
Calado plena carga (m)	9.47	12.3	12.32	12.32	12.2
Francobordo mínimo (m)	6.76	9.51	8.9	9.5	8.36
Desplazamiento lastre (t)	11994	81302.5	95730.1	114000	139578.1
Desplazamiento plena carga (t)	19513	106890	127399	146682	172819.5
Manifold					
Distancia proa al centro del manifold (m)	75.49	137.2	141.99	155.2	170.356
Distancia popa al centro del manifold (m)	79.46	147.2	152	159.95	174.972
Cuerpo cilíndrico					
Lastre – Pr. al centro (m)	25.11	43.7	45.03	60.11	68.456
Lastre – Pp. al centro (m)	27.16	77	74.47	87.78	110.977
Carga - Proa al centro (m)	32.39	47.7	45.03	65.92	72.633
Carga - Popa al centro (m)	30.23	83.9	82.75	88.74	119.985
Amarras en maquinillas (num/diam/mat/MBL)					
Castillo proa	4/60mm tipto eight/58.90 t	11/42mm/Acero/115 t	9/42mm/ Amsteel/125 t	9/44mm/HMP/ 137t	10/44mm/UHM/137t
Medio proa	2/60mm tipto eight/58.90 t	-	-	-	-
Medio popa	2/60mm tipto eight/58.90 t	4/42mm/Acero / 115 t	4/42mm/ Amsteel/125 t	4/44mm HMP/137t	4/44mm UHM/137t
Popa	4/60mm tipto eight/58.90 t	7/42mm/Acero / 115 t	7/42mm/ Amsteel/125t	7/44mm HMP/137t	8/44mm UHM/137t
Tails (num/diam/mat/MBL)					
Castillo proa	4/72mm Nylon/90 t	11/80mm/Karat Maxi/156.8 t	9/90mm/PP-PE/158 t	9/88/Megaflex/ 11m/175 t	10/85/Nylon/188 t
Medio proa	2/72mm Nylon/90 t	-	-	-	-
Medio popa	2/72mm Nylon/90 t	4/80mm/Karat Maxi/156.8 t	4/90mm/PP-PE/158 t	4/88/Megaflex/ 11m/175 t	4/85/Nylon /188 t
Popa	4/72mm Nylon/90 t	7/80mm/Karat Maxi/156.8 t	7/90mm/PP-PE/158 t	7/88/Megaflex/ 11m/175 t	8/85/Nylon /188 t

Tabla 3. Dimensiones y características principales de los buques de proyecto. Buques convencionales.

5 Dimensionamiento del sistema de defensas

5.1 Defensas

El dimensionamiento de las defensas se realiza mediante la determinación de la energía cinética desarrollada por los buques durante las maniobras de atraque, de forma que las defensas seleccionadas sean capaces de absorber dicha energía.

Según se describe a continuación, para dicho dimensionamiento se ha seguido la metodología propuesta por la ROM 2.0-11, considerando en todos los casos maniobras de atraque lateral o de costado, mediante traslación transversal preponderante, en obras de atraque continuas, de acuerdo con la cual, la energía cinética desarrollada por el buque puede evaluarse de acuerdo con la siguiente expresión:

$$E_b = \frac{1}{2}(C_m \Delta) V_b^2$$

Donde:

Eb = Energía cinética desarrollada por el buque durante el atraque (kN.m)
C_m = Coeficiente de masa hidrodinámica (adimensional).
Δ = Desplazamiento del buque en la condición de carga considerada (kN).
V_b = Componente normal a la superficie de atraque de la velocidad de aproximación del buque en el momento del impacto, en m/s.

Para el coeficiente de masa hidrodinámico (C_m), definido como el cociente entre la masa total del sistema (masa del buque + masa de agua movilizada) y la masa del buque, se adoptan los siguientes valores en función del resguardo bajo quilla disponible para cada buque, interpolándose para valores intermedios.

C_m = 1,5 para resguardos brutos bajo quilla mayores que la mitad del calado estático del buque (Resguardo bruto > 0,5 D_e)

C_m = 1,8 para resguardos brutos bajo quilla menores que 0,1 el calado estático del buque (Resguardo bruto < 0,1D_e)

El valor de la componente normal a la superficie de atraque de la velocidad de aproximación de un buque (V_b), puede obtenerse de la ROM 2.0-11, considerando, atraque sin ayuda de remolcadores para los buques de capacidad inferior a 10.000 m^3, con ayuda de remolcadores para resto, y, en todos los casos, condiciones medioambientales favorables según lo indicado en la tabla siguiente.

	FAVORABLES (——)
Velocidad Viento ($V_{v,1\ min}$)	< 17 m/s
Velocidad corriente ($V_{C,10\ min}$)	< 1 m/s
Altura de ola o de la onda generada por buques en tránsito (H_s o $H_{b,max}$)	< 2 m para Δ ≥ 3000 t < 1 m para Δ < 3000 t

Figura 1. Condiciones ambientales favorables ROM 02-11 para la maniobra de atraque.

Dichas velocidades resultan de entre 0.08 m/s y 0.38 m/s, dependiendo del desplazamiento del buque y la asistencia o no de remolcadores. Sin embargo, en los cálculos se ha empleado finalmente la velocidad máxima admisible para cualquier tamaño de buque establecida en las "Normas de seguridad para la entrada, atraque, desatraque y salida de buques gaseros en la ría de Ferrol", de 0.1 m/s, dado que arrojaba resultados más desfavorables.

Una vez determinada la energía cinética desarrollada por el buque (E_b), es posible determinar la energía cinética absorbida por el sistema de atraque (E_f) mediante la expresión:

$$E_f = E_b \cdot C_b$$

Donde:

E_f = energía cinética cedida al sistema de atraque (kN.m)

E_b = Energía cinética desarrollada por el buque durante el atraque (kN.m)

C_b = Coeficiente de atraque (adimensional), que puede determinarse de acuerdo con la fórmula $C_b = C_e C_g C_c C_s$, en la que:

C_e = Coeficiente de excentricidad, calculado como:

$$C_e = \frac{K^2 + R^2 \cos^2 \emptyset}{K^2 + R^2}$$

Siendo:

K: Radio de giro del buque alrededor del eje vertical que pasa por su centro de gravedad.

R: Distancia entre el punto de impacto y el centro de gravedad del buque, medida en la dirección de la línea de atraque, que se ha determinado considerando un ángulo de aproximación al atraque $\alpha = 6^o$, que corresponde al máximo recomendado por la ROM 2.0-11.

Ø: Angulo formado entre el vector velocidad de aproximación del buque y la línea que une el punto de impacto y el centro de gravedad del buque.

C_g: Coeficiente geométrico del buque, para el que, considerando que el impacto se produce sobre la parte recta del casco (más desfavorable), se ha adoptado un valor de 1.0.

C_c: Coeficiente de configuración del atraque, para el que, considerando que se trata de un muelle de cajones y el tipo de maniobras planteado, se adopta un valor de 0.90.

C_s: Coeficiente de rigidez del sistema de atraque, para el que, considerando que operarán buques de de gran eslora, se emplea un valor de 0.9.

Finalmente, debe cumplirse que la parte correspondiente a dos veces el valor representativo de la energía de atraque en cada condición de trabajo, absorbida por cada uno de los elementos que forman parte del sistema de atraque, no exceda la capacidad de absorción de energía de cada uno de ellos en el dominio último, por lo que se adopta un factor de seguridad de 2 para la determinación de la energía a considerar en la selección de las defensas.

La siguiente tabla recoge las energías asociadas al atraque de cada uno de los buques de proyecto, evaluadas de acuerdo con lo anterior.

Buque	Capacidad (m^3)	V_b(m/s)	Energía a absorber (E_f) (kN·m)	Energía de diseño (kN·m)
Oizmendi	650	0.1	17.72	35.4
Coral Methane	7,500	0.1	38.23	76.5
Coral Favia	10,000	0.1	55.21	110.4
Coral Energy	15,600	0.1	58.56	117.1
Sestao Knutsen	138,000	0.1	396.39	792.8
Yamal Spirit	174,000	0.1	460.54	921.1
Al Utoriya	215,000	0.1	521.23	1042.5
Zarga	266,000	0.1	787.09	1574.2

Tabla 4. Energías cinéticas de atraque de diseño

En base a dichos resultados, y con el propósito de mantener la mayor similitud posible con el equipamiento del Atraque Oeste existente, se decide disponer defensas cilíndricas tipo celda SCK 1450, con una calidad de elastómero de grado 2.2, según catálogo del fabricante Trelleborg, cuya capacidad de absorción de energía al 52.5% de su deflexión, según puede observarse en la figura siguiente, resulta de 805.6 kNm, con una reacción de 1264.6 kN.

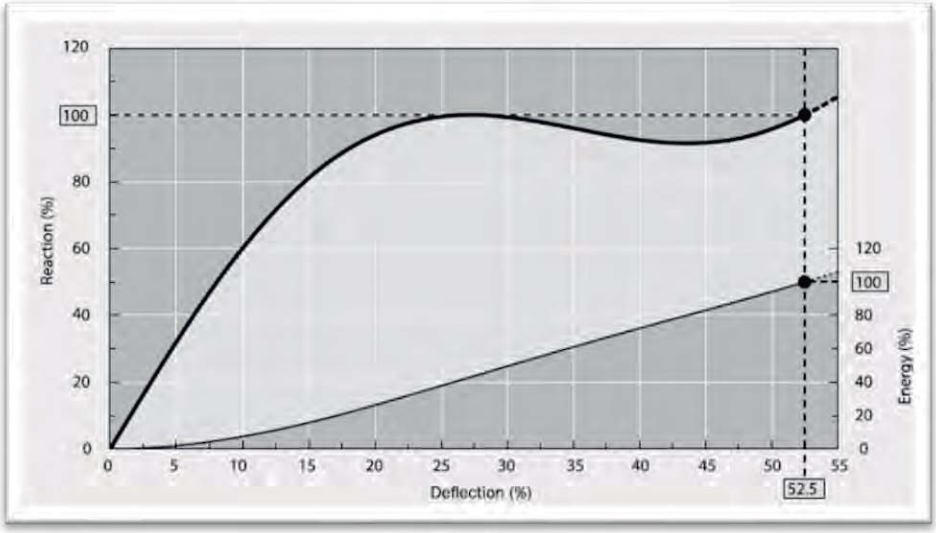


Figura 2. Curvas características de la defensa SCK 1450

Dichas defensas se disponen en unidades dobles en vertical, según una configuración similar a la del sistema de defensas existente, pudiendo considerarse que el sistema tendrá una capacidad total de absorción de energía, de 1611.2 kN·m.

Si bien no se han analizado en detalle las energías de atraque correspondientes a los distintos buques de la flota de Forestal del Atlántico, puede considerarse, dadas sus características, que las defensas indicadas resultarán asimismo válidas para dichos buques, siempre que las maniobras se realicen en condiciones medioambientales favorables, y que los buques de más de 10.000 TPM realizarán dichas maniobras con el apoyo de remolcadores.

5.2 Escudos

Para dimensionar los escudos de las defensas se parte de los valores máximos admisibles para las presiones sobre el casco de los buques, recomendados en la tabla 4.6.4.42 de la ROM 2.0-11, que, para el caso de buques gaseros, resultan de 200 kN/m².

De acuerdo con ello, y evaluando las situaciones más desfavorables correspondientes a cada buque, considerando las cotas a las que pueden instalarse las defensas, la carrera de marea en el área de proyecto, y los francobordos de los propios buques de proyecto, se decide disponer finalmente un escudo de 4.0 x 5.5 m, cuyo eje se sitúa a la cota +3.3 m respecto del cero del puerto, según se muestra en la figura siguiente, con el que se limita la presión máxima en el caso más desfavorable a 115 KN/m^2.

Este escudo asegurará que, el buque de menor francobordo (1.08m a plena carga) contará con una altura de contacto con el casco mínima, del entorno de medio metro, en las situaciones de carga y marea más desfavorables.

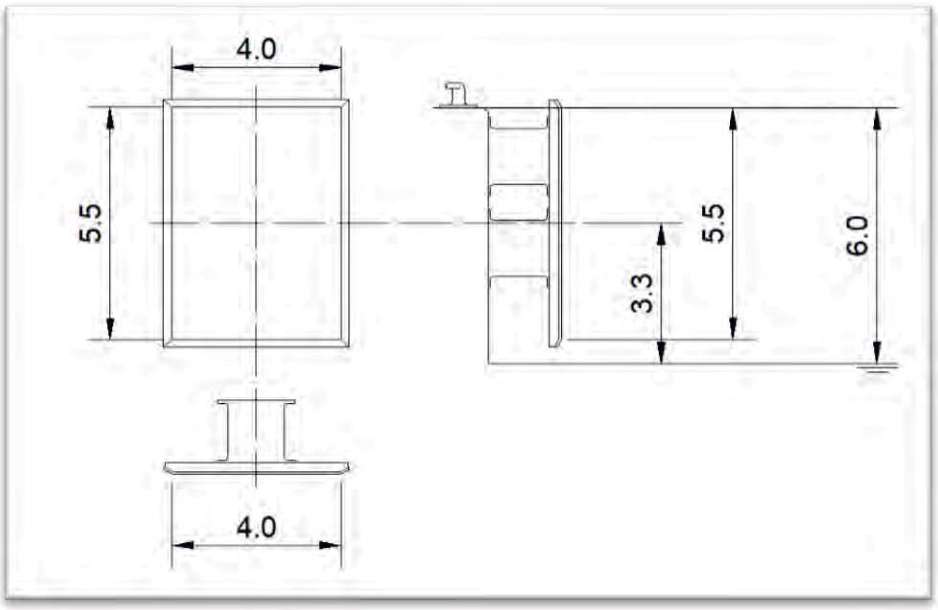


Figura 3. Dimensiones y ubicación de los conjuntos de defensas (nivel del agua ≈ cota 0)

Teniendo en cuenta que para algunas situaciones de marea y carga de los buques de menor porte, la cubierta podrá quedar por debajo de la cota del muelle, produciéndose el contacto de las amarras con la parte superior de los escudos, se recomienda que el canto de los escudos disponga de un bisel redondeado a base de un material de bajo coeficiente de rozamiento, que minimice la fricción con las amarras mejorando su durabilidad.

Ancladas a los escudos y a la viga cantil del muelle se instalarán las correspondientes cadenas de soporte y reacción, de forma que se asegure el buen funcionamiento de cada uno de los conjuntos de defensas definidos.

5.3 Distancia entre los conjuntos de defensas

Por último, se determina la separación entre los conjuntos de defensas.

A estos efectos, y si bien la ROM 0-2.90 recomienda con carácter general que, en el caso de muelles continuos, la distancia entre defensas no exceda de 0.15·L – 0.17·L, siendo L la menor eslora de los buques esperables en el atraque, ni de 12-17 m en valor absoluto, se considera que el hecho de que los buques atraquen siempre en la misma posición, condicionada en todo caso por la posición de los brazos de carga, permite adoptar separaciones mayores (tal como sucede asimismo en el Atraque Oeste existente, en el que la separación entre defensas varía entre 20 m y 27 m).

Así, la distancia máxima de separación entre los conjuntos de defensas (l_f) se determina de acuerdo con la formulación general recogida en la ROM 2.0-11, mediante la que se asegurará que en ningún caso el buque entre en contacto con el muelle durante el atraque, puesto que tiene en cuenta la compresión de las defensas y el radio de curvatura del casco, tal como muestra en la siguiente figura.

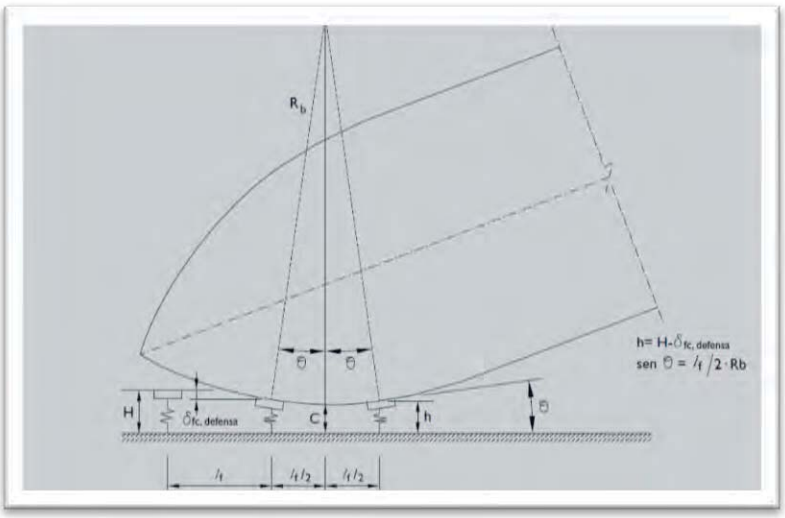


Figura 4. Distancia máxima entre defensas aisladas en un sistema de atraque continuo

De acuerdo con ello, la distancia máxima entre defensas aisladas puede calcularse mediante la expresión.

$$l_f = 2\sqrt{R_b^2 - (R_b - h + C)^2}$$

Donde:

l_f = Distancia entre defensas aisladas.

R_b = Radio de curvatura del casco del buque en planta, en el área en la que se produce el impacto, calculado mediante la fórmula Rb ≈ ½[(B/2) + L2/8B], con Rb, B y L en m, siendo L la eslora total del buque y B su manga.

H = Espacio libre entre el casco del buque y la estructura de atraque cuando la defensa está comprimida, medida en el centro de la defensa y perpendicularmente a la línea de atraque.

C = Mínima distancia libre admisible entre el casco del buque y la estructura de atraque a la altura del área de contacto en el momento del impacto, medida perpendicularmente a la línea de atraque, para el que se adopta un valor mínimo igual al 15% de las dimensiones horizontales de la defensa sin comprimir (0,15H), no menor de 0.30 m.

Las distancias entre los conjuntos de defensas obtenidos de acuerdo con lo anterior, son las siguientes.

	Loa (m)	B(m)	h (m)	R_b (m)	C (m)	l_f (m)
Oizmendi	80.0	15.0	1.2	57.1	0.3	20.2
Coral Methane	117.8	18.6	1.2	97.9	0.3	25.0
Coral Favia	137.1	19.8	1.2	123.6	0.3	31.4
Coral Energy	155.0	22.7	1.2	137.9	0.3	33.2
Sestao Knutsen	284.4	42.0	0.7	251.2	0.3	42.5
Yamal Spirit	294.0	47.5	0.7	239.3	0.3	39.1
Al Utoriya	315.2	50.0	0.7	260.8	0.3	40.8
Zarga	345.3	53.8	0.7	290.5	0.3	40.3

Tabla 5. Distancia máxima entre defensas aisladas

A la vista de los resultados indicados, se selecciona como distancia máxima entre defensas, 20 m, definiéndose su localización en planta en apartados posteriores del presente informe.

6 Dimensionamiento de los ganchos de escape rápido

De acuerdo con la UNE-EN ISO 28460 “Petroleum and natural gas industries Installation and equipment for liquefied natural gas Ship-to-shore interface and port operations” es preceptiva la instalación de ganchos de escape rápido en las terminales de GNL. La finalidad de su instalación es la posibilidad de liberar las amarras del buque de forma rápida y a distancia, de manera que, en caso de emergencia, el buque pueda abandonar la terminal en el mínimo tiempo posible.

El sistema de liberación de los ganchos debe asegurar además que, al fallar algún componente o la fuente de alimentación de los mismos, no se produzca la liberación accidental de éstos, sin permitir en ningún caso la liberación simultanea de todos los ganchos, con objeto de evitar la posibilidad de que se produzca una desconexión descontrolada que pueda ocasionar daños en los brazos de carga, las pasarelas y la pérdida del control del buque.

Para determinar la carga de trabajo de los ganchos se considera el criterio establecido en MEG4, el cual indica que cada uña del gancho debe disponer de una carga de trabajo al menos igual a la mayor de las cargas mínimas de rotura (MBL) de las líneas de la flota de buques usuaria del atraque.

Atendiendo a este criterio y teniendo en cuenta las mínimas cargas de rotura de las amarras de la flota de diseño, recogidas en el apartado 4, se asigna una carga de trabajo de 70 t a las uñas de los ganchos empleados para el amarre de los buques “small scale”, y de 150 t para en el caso de los buques convencionales.

Con objeto de facilitar el manejo de las líneas de amarre de los buques, todos los ganchos estarán equipados con cabestrantes.

Los ganchos de escape rápido serán dobles o triples según lo indicado en el apartado 7 siguiente.

Una vez analizados los ángulos de giro necesarios, de acuerdo con lo indicado en dicho apartado, ha resultado suficiente con que cuenten con holguras similares a las de los ganchos instalados en el Atraque

Oeste existente, estableciéndose los siguientes valores para cada uno de los tipos considerados, según el sentido de giro indicado en las figuras orientativas incluida a continuación.

- Ganchos dobles.
  - o Ángulos horizontales máximos. 90º hacia el exterior / 60º hacia el interior.
  - o Ángulo vertical máximo. 45º hacia arriba.

- Ganchos triples:
  - o Ángulos horizontales máximos.
    Uñas exteriores. 90º hacia el exterior / 30º hacia el interior.
    Uña interior. 60º hacia el exterior / 60º hacia el interior.
  - o Ángulo vertical máximo. 45º hacia arriba.

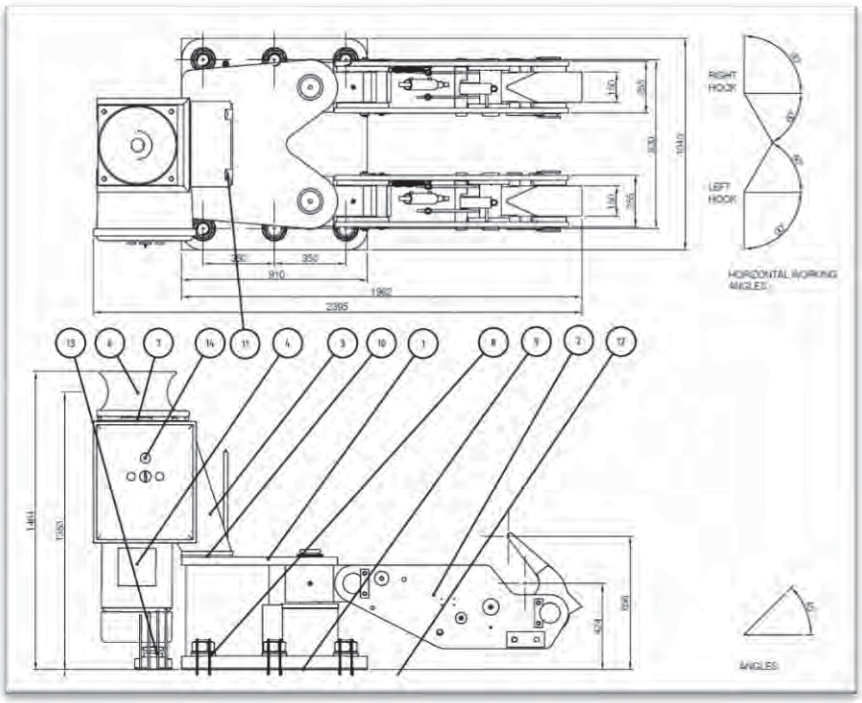


Figura 5. Gancho de escape rápido doble instalado en el atraque existente

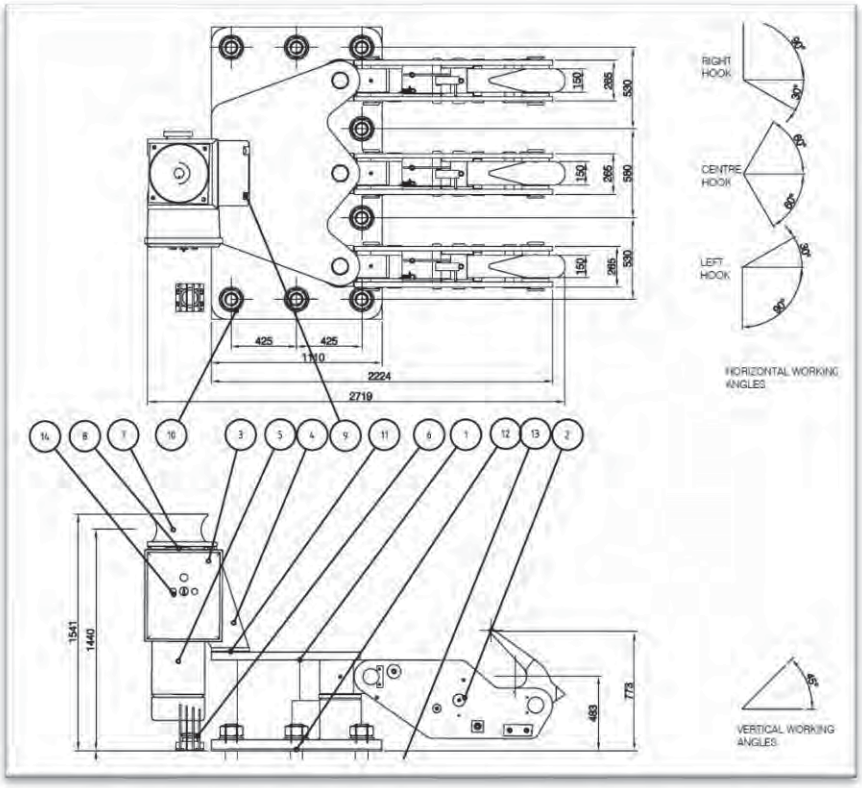


Figura 6. Gancho de escape rápido triple instalado en el atraque existente

7 Ubicación de los elementos del sistema de atraque y amarre

Una vez dimensionadas las defensas y los ganchos de escape rápido, se procede a analizar la mejor ubicación de los mismos, al objeto de asegurar el adecuado comportamiento de los buques amarrados, tanto en condiciones de operación como de permanencia en los atraques.

Como ya se ha indicado, la evaluación del comportamiento de los buques amarrados se ha llevado a cabo mediante análisis estático con el modelo OPTIMOOR, desarrollado por Tension Technology International, el cual permite caracterizar adecuadamente el sistema de amarre, considerando, entre otros parámetros, las líneas de amarre del buque mediante su longitud y su curva de tensión - elongación (incluyendo los tramos comprendidos entre las gateras y las maquinillas de los buques), el cuerpo cilíndrico del buque, y los conjuntos de defensas, caracterizados a través de sus curvas de deflexión-reacción.

Entre otros resultados, el modelo proporciona, los movimientos del buque en el plano horizontal (vaivén, deriva y guiñada), las tensiones en cada una de las amarras, la deflexión de las defensas y las cargas en cada uno de los ganchos de escape rápidos, los cuales se comparan con los criterios de aceptación establecidos.

Dado el amplio rango de tamaños de buques que operarán en el atraque, resulta de especial importancia analizar asimismo las posibles interferencias que puedan producirse entre las líneas empleadas por cada uno de los buques, los distintos elementos del sistema y las estructuras o elementos ya existentes en el terminal, entre los que se incluyen las instalaciones de Forestal del Atlántico.

De acuerdo con ello, se ha seguido un proceso iterativo en que se han ido variando sucesivamente la posición de los elementos del sistema de atraque y amarre, y la disposición de las líneas de cada uno de los buques, hasta alcanzar una configuración que ha resultado válida para todos ellos.

Los resultados obtenidos del estudio de comportamiento de los siete buques representativos de la flota seleccionados, realizado mediante OPTIMOOR, correspondientes a la configuración final, se presentan en el apartado siguiente.

El análisis de las posibles interferencias entre las líneas y los distintos elementos del sistema de atraque y amarre, asociadas asimismo a la configuración final, así como la viabilidad del atraque de los buques de Forestal del Atlántico en dicha configuración, se describe en el apartado 7.2.

La configuración finalmente seleccionada contempla la instalación de 15 defensas equiespaciadas 20.0 m, y 14 ganchos de escape rápidos, según se indica en la figura y la tabla siguientes.

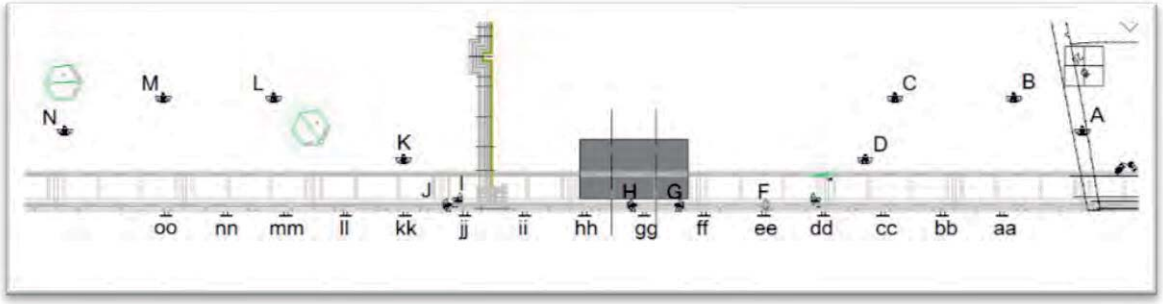


Figura 7. Configuración en planta del sistema de atraque y amarre seleccionado

GER	Tipo	Carga de trabajo (t/uña)	GER	Tipo	Carga de trabajo (t/uña)
A	Triple	150	H	Doble	70
B	Triple	150	I	Triple	70
C	Triple	150	J	Doble	150
D	Triple	70	K	Triple	70
E	Triple	70	L	Triple	150
F	Doble	150	M	Triple	150
G	Doble	70	N	Triple	150

Tabla 6. Características de los ganchos de escape rápido seleccionados

7.1 Evaluación del comportamiento de los buques amarrados

Como se ha indicado previamente, la evaluación del comportamiento de los buques amarrados se ha llevado a cabo mediante análisis estático con el modelo OPTIMOOR, habiéndose analizado los siete buques de la flota seleccionados, en condiciones lastre y plena carga.

Mediante el análisis realizado, se calcula el equilibrio estático del buque ante unas determinadas fuerzas exteriores constantes, que en este caso son las asociadas a la acción del viento y la corriente. Como resultado del cálculo, OPTIMOOR proporciona, entre otros resultados, los movimientos del buque en el plano (vaivén, deriva y guiñada), las fuerzas en amarras, la deflexión de las defensas y las cargas en los ganchos de escape rápido, los cuales se comparan con los siguientes criterios de aceptación o rechazo.

- Operación (ROM 2.0-11)
    - Máximo movimiento de vaivén: ± 2.0 m.
    - Máximo movimiento de deriva: 2.0 m.
- Permanencia (MEG4, OCIMF)
    - Tención máxima en amarras: 50% MBL para amarras sintéticas y 55% para acero.
    - Deflexión máxima en defensas: 52.5% (establecida por el fabricante).

Como condiciones meteorológicas de referencia se emplean las recomendadas en MEG4, del OCIMF, para el dimensionamiento del equipamiento de amarre de los buques. Estas condiciones son habitualmente empleadas en los estudios de compatibilidad de las terminales de GNL, puesto que son condiciones en las que, si el buque puede permanecer de forma segura en el atraque, es esperable que los límites operativos resulten también adecuados.

Los escenarios climáticos de referencia empleados en el estudio han sido por tanto los siguientes.

- Viento de 60 nudos de cualquier dirección, combinado con las siguientes corrientes.
    - 3 nudos por proa o popa (279º o 99º)
    - 2 nudos despegantes, formando 10º con el costado buque por proa y poa (269º o 109º)
    - 0.75 nudos aconchantes, formando 90º con el costado del buque (9º)
- Situaciones de carga y niveles del mar:
    - Lastre durante máxima pleamar astronómica (+4.40 m)
    - Plena carga durante mínima bajamar astronómica (-0.5 m)

Al respecto de dichas condiciones meteorológicas, cabe destacar que son las recomendadas para cálculos de tipo estático, que no incluyen los efectos dinámicos del sistema, por lo que no deben interpretarse como condiciones límite de operación o permanencia del buque en el atraque. Para la determinación de dichas condiciones se recomienda la realización de los correspondientes estudios de comportamiento dinámico, mediante el empleo de modelos numéricos que incluyan las características hidrodinámicas de los buques y que resuelvan las ecuaciones de movimiento en el dominio del tiempo, en sus 6 grados de libertad.

Para el diseño de la configuración de amarras a emplear por cada uno de los buques, se han tenido en cuenta además las recomendaciones principales incluidas en MEG4 (OCIMF), resumidas a continuación.

- Los puntos de amarres para largos y traveses se situarán a una distancia de entre 35 y 50 m del cantil del muelle.
- En el caso de localizaciones con condiciones meteorológicas multidireccionales, los traveses se situarán lo más perpendiculares al buque que sea posible.
- Los ángulos de los esprines con el cantil del muelle serán tan reducidos como sea posible.
- El ángulo vertical de las amarras no excederá los 25º.
- Los esquemas de amarre serán tan simétricos como sea posible.
- Siempre que sea posible, las amarras no se cruzarán, incluyendo las de buques que se encuentren en atraques adyacentes.

En el caso de las defensas, dado que la cubierta de amarre de algunos de los buques "small scale", queda, en determinadas situaciones de carga, por debajo del cantil del muelle, se ha tratado de que las posibles interferencias con amarras que puedan darse sean las menores posibles.

Respecto a los esquemas de amarre analizados, en todos los casos se ha tenido en cuenta el equipamiento de amarre de cada buque, tanto en lo referente al número y tipo de amarras, como a la posibilidad de darlas desde maquinillas.

En los casos en que las amarras se dan desde una maquinilla se ha aplicado una pretensión de entre el 5% y el 10% de su MBL, de acuerdo con las recomendaciones de PIANC y la práctica habitual en este tipo de atraques. Por el contrario, si las líneas se tienden desde una bita del buque al no disponer éste de suficientes maquinillas, se ha limitado la pretensión a 0.3 t. La citada pretensión se ha ajustado en todo caso en función de la marea, ya que en caso contrario las simulaciones se realizarían con las amarras en banda o con una pretensión muy por encima de la establecida.

Asimismo, en el caso de los buques convencionales se ha tenido en cuenta el número de amarras a emplear, requerido por las normas de seguridad para la entrada, atraque, desatraque y salida de buques gaseros en la Ría de Ferrol incluidas en el documento "Translation of safety norms for gas carrier entrance, berthing, unberthing and departure from Ferrol Bay (Dec 23rd, 2013)", según se detalla a continuación.

- Los buques gaseros de tipo membrana de hasta 280 m de eslora y hasta 44 m de manga con una capacidad entorno a los 138,000 m³ de capacidad emplearán al menos 16 líneas de amarre.
- Los buques gaseros de tipo membrana de hasta 346 m de eslora y hasta 54 m de manga con una capacidad entorno a los 138,000 m³ de capacidad emplearán al menos 18 líneas de amarre.

Tal como ya se ha comentado anteriormente, los buques convencionales se sitúan con el centro de su manifold alineado con el brazo de la línea de vapor, situado a 40.0 m al Oeste del eje de la plataforma de Forestal del Atlántico existente, mientras que los buques "small scale" se sitúan alineando su manifold a 15.0 m al Oeste de dicha línea de vapor.

A continuación, se describen los esquemas de amarre empleados para cada buque, así como los principales resultados obtenidos mediante el modelo OPTIMOOR indicado.

Los resultados completos proporcionados por OPTIMOOR se incluyen en el Anexo 2, de este documento.

Las disposiciones de amarras empleadas para cada uno de los buques analizados se presentan en el Anexo 1.

7.1.1 Buque de 650 m³. Oizmendi.

El esquema de amarre empleado para el estudio del buque Oizmendi consta de 8 líneas en una configuración de 3 largos de proa, 1 esprín de proa, 1 esprín de popa y 3 largos de popa. En este caso no se emplean traveses puesto que serían excesivamente cortos y se podrían producir tensiones excesivas, aun cuando el buque presentará pequeños movimientos. Puesto que no es posible dar todas las líneas a maquinillas, tanto los esprín como un través de popa se dan a bita y por tanto se aplica una pretensión inferior a estas líneas (0.3 t).

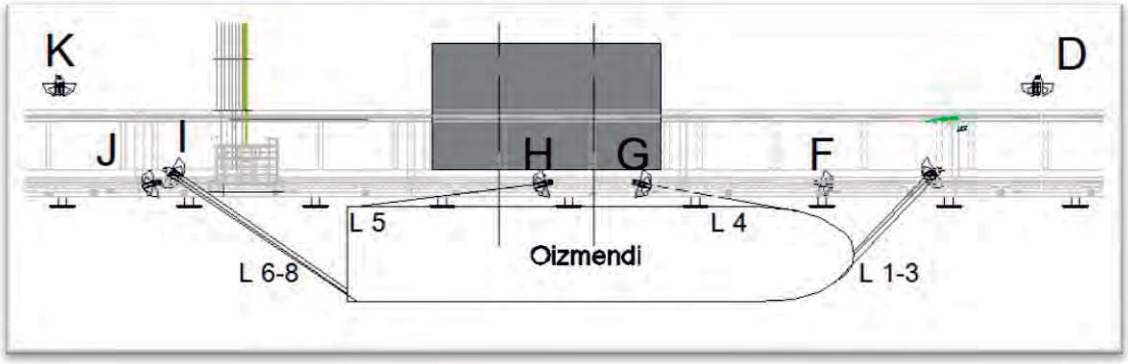


Figura 8. Esquema de amarre. Buque Oizmendi (650 m³)

Las siguientes tablas muestran las pretensiones aplicadas a cada una de las líneas, los ángulos verticales máximos y mínimos, y los principales resultados obtenidos en los cálculos realizados con OPTIMOOR.

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8
Pretensión (t)	1	1	1	0.3	0.3	0.3	1	1
Angulo Máximo (°)	8	8	10	7	6	6	6	6
Angulo mínimo (°)	-6	-6	-7	-5	-5	-4	-4	-4

Tabla 7. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Oizmendi (650 m³).

Situación de Carga	Lastre					Carga				
Nivel de marea (m)	4.4					-0.05				
Vv (nudos)	60					60				
Dirección	Todas					Todas				
Vc (nudos)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Dirección (º)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
ID linea / ID GER	8 / I	8 / I	8 / I	8 / I	8 / I	8 / I	8 / I	8 / I	8 / I	8 / I
Tensión (t)	9.5	9.9	9.7	10.1	9.4	7.7	8.4	8.2	9.0	7.4
% MBL	41	43	42	44	41	34	37	36	39	32
Vaivén-Proa (m)	0.54	0.70	0.62	0.6	0.58	0.43	0.65	0.60	0.57	0.48
Vaivén-Popa (m)	0.99	0.81	0.94	0.94	0.87	0.76	0.57	0.70	0.74	0.61
Deriva-Babor (m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Deriva-Estribor(m)	1.92	1.95	1.97	1.99	1.88	1.58	1.65	1.69	1.76	1.49
ID defensa	hh	hh	hh	hh	hh	hh	hh	hh	hh	hh
Reacción (t)	22.0	24.0	23.0	22.0	23.0	17.0	20.0	20.0	17.0	18.0
Deflexión (m)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Deflexión (%)	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
ID	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Tensión (t)	26.5	27.7	27.2	28.2	26.1	21.2	23.3	22.7	24.9	20.4
% SWL	13	13	13	13	12	10	11	11	12	10

Tabla 8. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Oizmendi (650 m³)

De las tablas de resultados se extrae que tanto los ángulos verticales y las tensiones en amarras, como los movimientos del buque y las deformaciones de las defensas, se encuentran por debajo de los límites establecidos, si bien el movimiento de deriva para la situación de lastre se encuentra próximo valor máximo recomendado (2.0 m). Se observa asimismo que los ángulos verticales de las amarras son negativos, para la situación de plena carga en bajamar, por lo que estarán en contacto con el cantil del muelle. Esta situación, en principio no deseable, puede mitigarse si se cuenta con una cantonera a base de un material de bajo coeficiente de rozamiento que reduzca la fricción del cantil con las amarras, minimizando así el desgaste de las mismas.

7.1.2 Buque de 7,500 m³. Coral Methane.

El esquema de amarre empleado para el estudio del buque Coral Methane consta de 8 líneas en una configuración de 3 largos de proa, 1 esprín de proa, 1 esprín de popa y 3 largos de popa. Al igual que en el caso del buque Oizmendi, no se emplean traveses, puesto que serían excesivamente cortos y se producirían tensiones excesivas aun cuando el buque presentará pequeños movimientos. Todas las líneas se dan a maquinilla y se aplica la misma pretensión a todas ellas.

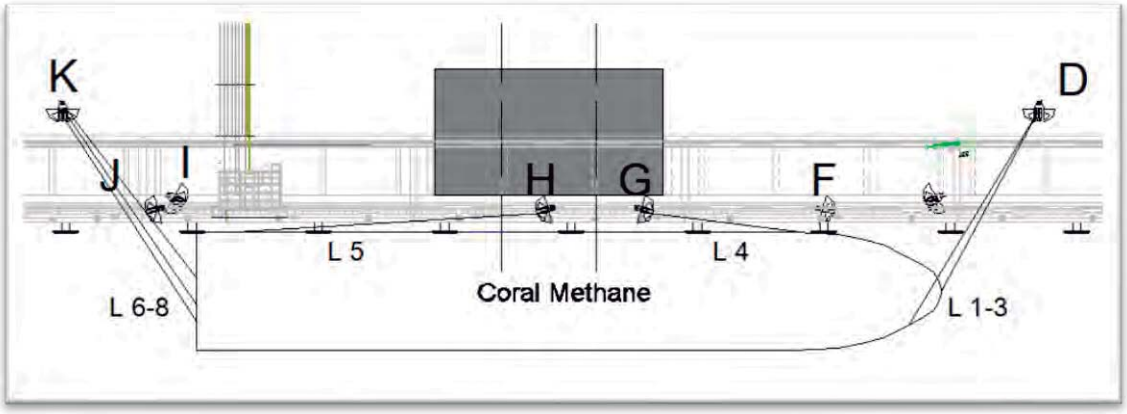


Figura 9. Esquema de amarre. Buque Coral Methane (7,500 m³)

Las siguientes tablas muestran las pretensiones aplicadas a cada una de las líneas, los ángulos verticales máximos y mínimos, y los principales resultados obtenidos en los cálculos realizados con OPTIMOOR.

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8
Pretensión (t)	4	4	4	4	4	4	4	4
Angulo Máximo (°)	11	16	13	16	7	9	9	9
Angulo mínimo (°)	2	2	3	3	0	0	0	0

Tabla 9. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Coral Methane (7,500 m³)

Situación de Carga	Lastre					Carga				
Nivel de marea (m)	4.4					-0.05				
Vv (nudos)	60					60				
Dirección	Todas					Todas				
Vc (nudos)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Dirección (º)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
ID linea / ID GER	6 / K	6 / K	6 / K	6 / K	6 / K	6 / K	6 / K	3 / D	6 / K	6 / K
Tensión (t)	18.6	19.1	19.0	19.9	18.0	15.7	16.4	17.0	18.7	14.5
% MBL	41	42	42	44	40	35	36	38	42	32
Vaivén-Proa (m)	0.87	1.30	1.04	1.14	1.02	0.50	0.83	0.63	0.72	0.65
Vaivén-Popa (m)	1.49	0.97	1.36	1.26	1.21	1.36	0.74	1.17	1.27	0.98
Deriva-Babor (m)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05
Deriva-Estribor(m)	1.54	1.55	1.60	1.61	1.46	1.21	1.24	1.37	1.40	1.06
ID defensa	hh	hh	hh	hh	hh	ff	ff	ii	ff	ff
Reacción (t)	79.0	86.0	82.0	80.0	83.0	42.0	37.0	38.0	44.0	41.0
Deflexión (m)	0.07	0.14	0.13	0.13	0.13	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07
Deflexión (%)	5	10	9	9	9	5	4	4	5	5
ID	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
Tensión (t)	54.4	55.8	55.6	58.1	52.7	45.9	48.1	48.6	54.7	42.4
% SWL	26	27	26	28	25	22	23	23	26	20

Tabla 10. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Coral Methane (7,500 m³)

De las tablas de resultados se extrae que, tanto los ángulos verticales y las tensiones en amarras, como los movimientos del buque y las deformaciones de las defensas, se encuentran por debajo de los límites establecidos, si bien los ángulos verticales mínimos son inferiores a 3º, lo que indica que, a consecuencia de los movimientos del buque, las líneas podrán entrar en contacto con el cantil del muelle.

7.1.3 Buque de 10,000 m³. Coral Favia.

El esquema de amarre empleado para el estudio del buque Coral Favia consta de 10 líneas en una configuración de 3 traveses de proa, 2 esprín de proa, 2 esprín de popa y 3 traveses de popa. Puesto que no es posible dar todas las líneas a maquinillas, al igual queo ocurre en el caso del buque Oizmendi, un través de proa y otro de popa se dan a bita, aplicándose por tanto una pretensión inferior a estas líneas.

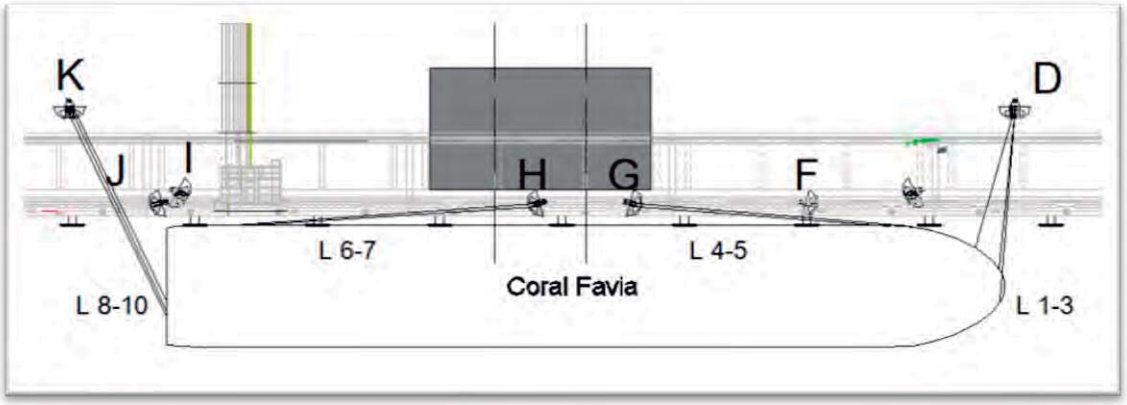


Figura 10. Esquema de amarre. Buque Coral Favia (10,000 m³)

Las siguientes tablas muestran las pretensiones aplicadas a cada una de las líneas, los ángulos verticales máximos y mínimos, y los principales resultados obtenidos en los cálculos realizados con OPTIMOOR.

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pretensión (t)	5	5	0.3	5	5	5	5	0.3	5	5
Angulo Máximo (°)	14	16	18	10	10	8	7	11	10	10
Angulo mínimo (°)	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0

Tabla 11. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Coral Favia (10,000 m³)

Situación de Carga	Lastre					Carga				
Nivel de marea (m)	4.4					-0.05				
Vv (nudos)	60					60				
Dirección	Todas					Todas				
Vc (nudos)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Dirección (º)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
ID linea / ID GER	9 / K	9 / K	9 / K	9 / K	9 / K	9 / K	9 / K	9 / K	9 / K	9 / K
Tensión (t)	23.8	24.4	24.2	25.4	23.1	19.4	20.4	20.6	24.1	17.6
% MBL	41	42	42	44	40	33	35	36	42	30
Vaivén-Proa (m)	0.43	0.72	0.49	0.64	0.06	0.32	0.62	0.38	0.49	0.44
Vaivén-Popa (m)	1.39	1.01	1.28	1.16	1.21	1.27	0.83	1.12	1.11	1.03
Deriva-Babor (m)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05
Deriva-Estribor(m)	1.67	1.67	1.74	1.76	1.58	1.24	1.24	1.42	1.50	1.05
ID defensa	ff	ff	ff	ff	ff	ff	ff	ff	ff	ff
Reacción (t)	54.0	54.0	51.0	54.0	56.0	47.0	44.0	38.0	52.0	50.0
Deflexión (m)	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.07	0.70	0.06	0.08	0.08
Deflexión (%)	6	6	6	6	6	5	48	4	6	6
ID	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
Tensión (t)	64.9	66.6	66.2	69.4	62.8	52.0	55.0	55.6	65.9	46.8
% SWL	31	32	32	33	30	25	26	26	31	22

Tabla 12. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Coral Favia (10,000 m³)

De las tablas de resultados se extrae que, tanto los ángulos verticales y las tensiones en amarras, como los movimientos del buque y las deformaciones de las defensas, se encuentran por debajo de los límites establecidos, si bien, al igual que sucedía en el caso del buque Coral Methane, los ángulos verticales mínimos de la amarras, inferiores a 2º, indican que es posible que éstas puedan entrar en contacto con el cantil del muelle debido a los movimientos que experimentará el buque.

7.1.4 Buque de 15,600 m³. Coral Energy.

El esquema de amarre empleado para el estudio del buque Coral Energy consta de 14 líneas en una configuración de 2 largos de proa, 3 traveses de proa, 2 esprín de proa, 2 esprín de popa, 3 traveses de popa y 3 traveses de popa. Todas las líneas se dan a maquinilla y, por tanto, se aplica la misma pretensión a todas ellas.

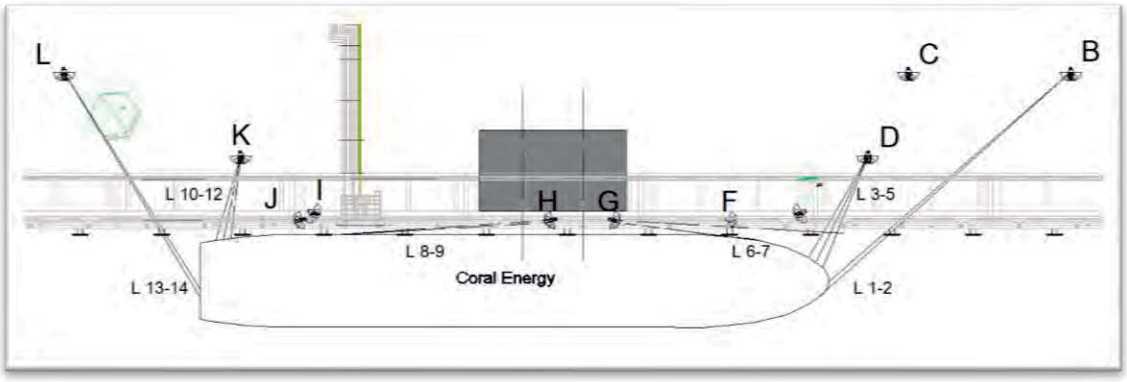


Figura 11. Esquema de amarre. Buque Coral Energy (15,600 m³)

Las siguientes tablas muestran las pretensiones aplicadas a cada una de las líneas, los ángulos verticales máximos y mínimos y los principales resultados obtenidos en los cálculos realizados con OPTIMOOR.

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pretensión (t)	5	5	5	5	0.3	5	5	5	5	0.3	5	5	5	5
Angulo Máximo (°)	7	16	19	20	20	16	17	9	9	23	22	22	8	7
Angulo mínimo (°)	2	2	6	6	6	5	5	1	1	4	4	3	1	1

Tabla 13. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Coral Energy (15,600 m³)

Situación de Carga	Lastre					Carga				
Nivel de marea (m)	4.4					-0.05				
Vv (nudos)	60					60				
Dirección	Todas					Todas				
Vc (nudos)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Dirección (°)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
ID linea / ID GER	11 / K	11 / K	11 / K	11 / K	11 / K	11 / K	11 / K	11 / K	11 / K	11 / K
Tensión (t)	26.0	25.7	26.1	26.5	25.2	19.1	20.5	21.4	23.2	19.1
% MBL	44	44	44	45	43	32	35	36	39	32
Vaivén-Proa (m)	1.18	1.45	1.24	1.36	1.28	0.95	1.25	1.02	1.15	1.08
Vaivén-Popa (m)	0.55	0.33	0.50	0.40	0.45	0.45	0.17	0.38	0.26	0.32
Deriva-Babor (m)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06
Deriva-Estribor(m)	1.68	1.71	1.72	1.73	1.63	1.19	1.24	1.32	1.32	1.09
ID defensa	ii	ii	ii	ii	ii	jj	jj	jj	ff	jj
Reacción (t)	104.0	106.0	106.0	102.0	106.0	49.0	50.0	53.0	44.0	51.0
Deflexión (m)	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08
Deflexión (%)	12	12	12	11	12	6	6	6	5	6
ID	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
Tensión (t)	69.1	68.2	69.4	70.6	66.7	54.0	52.9	55.5	60.8	48.9
% SWL	33	33	33	34	32	26	25	26	29	23

Tabla 14. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Coral Energy

De las tablas de resultados se extrae que, tanto los ángulos verticales y las tensiones en amarras, como los movimientos del buque y las deformaciones de las defensas, se encuentran por debajo de los límites establecidos.

De acuerdo con los ángulos verticales calculados, y teniendo en cuenta la posición de los ganchos de escape rápido, no es esperable la interferencia de las líneas de amarre de buques de 15,600 m³ con el muelle.

7.1.5 Buque de 138,000 m³. Sestao Knutsen.

El esquema de amarre empleado para el estudio del buque Sestao Knutsen consta de 16 líneas en una configuración de 2 largos de proa, 4 traveses de proa (2 grupos de 2), 2 esprín de proa, 2 esprín de popa, 4 traveses de popa (2 grupos de 2) y 2 traveses de popa. Todas las líneas se dan a maquinilla y se aplica la misma pretensión a todas ellas.

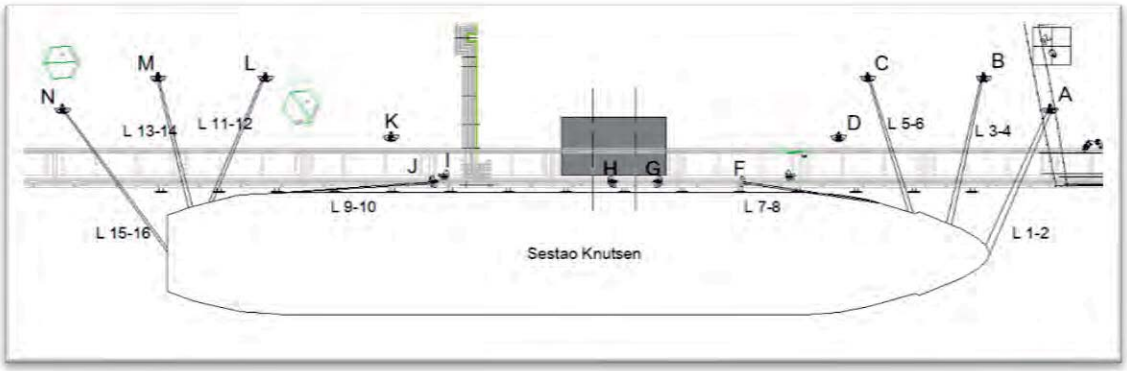


Figura 12. Esquema de amarre. Buque Sestao Knutsen (138,000 m³)

Las siguientes tablas muestran las pretensiones aplicadas a cada una de las líneas, los ángulos verticales máximos y mínimos y los principales resultados obtenidos en los cálculos realizados con OPTIMOOR.

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Pretensión (t)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Angulo Máximo (°)	14	16	15	15	15	16	16	16	14	14	13	12	13	13	10	10
Angulo mínimo (°)	7	7	7	7	8	8	8	8	7	7	4	4	4	4	3	3

Tabla 15. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Sestao Knutsen (138,000 m³)

Situación de Carga	Lastre					Carga				
Nivel de marea (m)	4.4					-0.05				
Vv (nudos)	60					60				
Dirección	Todas					Todas				
Vc (nudos)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Dirección (º)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
ID linea / ID GER	11 / L	11 / L	11 / L	11 / L	11 / L	11 / L	14/ M	11 / L	11 / L	11 / L
Tensión (t)	51.2	48.5	51.1	51.7	48.0	44.9	42.4	46.3	49.9	39.3
% MBL	44	42	44	45	42	39	37	40	43	34
Vaivén-Proa (m)	0.33	0.49	0.37	0.43	0.40	0.21	0.41	0.30	0.33	0.31
Vaivén-Popa (m)	0.57	0.36	0.52	0.43	0.49	0.51	0.26	0.43	0.36	0.41
Deriva-Babor (m)	0.13	0.16	0.12	0.13	0.13	0.08	0.08	0.07	0.08	0.09
Deriva-Estribor(m)	0.60	0.60	0.62	0.63	0.57	0.51	0.51	0.57	0.57	0.44
ID defensa	kk	kk	kk	kk	kk	ll	ll	ll	ll	ll
Reacción (t)	112.0	118.0	114.0	102.6	117.0	75.0	82.0	82.0	67.0	83.0
Deflexión (m)	0.18	0.19	0.18	23.00	0.19	0.12	0.13	0.13	0.11	0.13
Deflexión (%)	12	13	12	1586	13	8	9	9	8	9
ID	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Tensión (t)	101.6	96.1	101.5	102.6	95.3	89.3	83.3	91.8	99.0	77.9
% SWL	23	23	23	23	21	20	19	20	22	17

Tabla 16. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Sestao Knutsen (138,000 m³)

De las tablas de resultados se extrae que, tanto los ángulos verticales y las tensiones en amarras, como los movimientos del buque y las deformaciones de las defensas, se encuentran por debajo de los límites establecidos. En el caso de los movimientos particularmente, todos se sitúan por debajo del 50% de los valores máximos recomendados.

De acuerdo con los ángulos verticales calculados y la altura de la cubierta de amarre, no se producirán interferencias de las líneas de amarre de los buques de 138,000 m³ con el muelle.

7.1.6 Buque de 174,000 m³. Yamal Spirit.

El esquema de amarre empleado para el estudio del buque Yamal Spirit consta de 18 líneas en una configuración de 3 largos de proa, 4 traveses de proa (2 grupos de 2), 2 esprín de proa, 2 esprín de popa, 4 traveses de popa (2 grupos de 2) y 2 traveses de popa. Todas las líneas se dan a maquinilla y se aplica la misma pretensión a todas ellas.

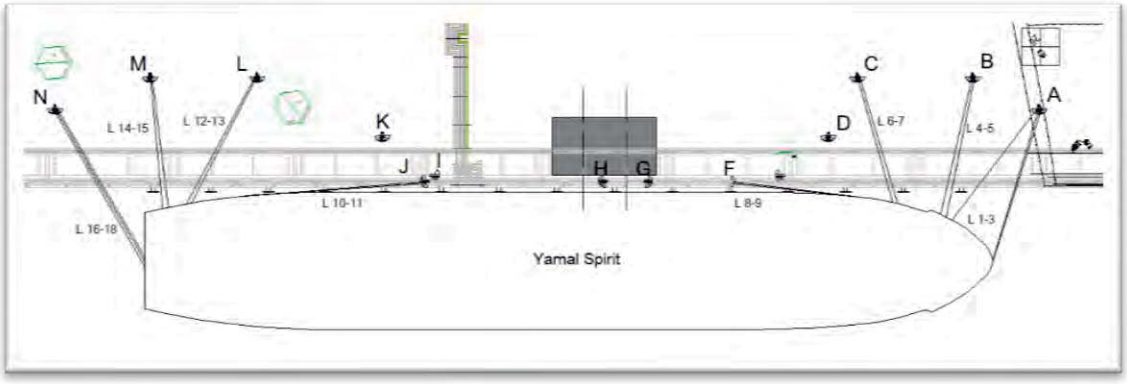


Figura 13. Esquema de amarre buque Yamal Spirit (174,000 m³)

Las siguientes tablas muestran las pretensiones aplicadas a cada una de las líneas, los ángulos verticales máximos y mínimos y los principales resultados obtenidos en los cálculos realizados con OPTIMOOR.

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Pretensión (t)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Angulo Máximo (°)	15	16	17	17	17	18	19	19	20	14	13	12	12	13	13	10	10	9
Angulo mínimo (°)	8	9	9	9	9	10	10	10	11	7	7	4	4	4	4	3	3	3

Tabla 17. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Yamal Spirit (174,000 m³)

Situación de Carga	Lastre					Carga				
Nivel de marea (m)	4.4					-0.05				
Vv (nudos)	60					60				
Dirección	Todas					Todas				
Vc (nudos)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Dirección (º)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
ID linea / ID GER	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N
Tensión (t)	49.5	52.5	50.6	53.3	49.2	43.1	46.5	45.8	50.1	41.5
% MBL	40	42	40	43	39	35	37	37	40	33
Vaivén-Proa (m)	0.65	0.88	0.71	0.81	0.75	0.49	0.73	0.58	0.63	0.6
Vaivén-Popa (m)	0.67	0.49	0.63	0.54	0.59	0.61	0.40	0.53	0.48	0.52
Deriva-Babor (m)	0.16	0.16	0.15	0.81	0.16	0.14	0.14	0.12	0.14	0.15
Deriva-Estribor(m)	0.74	0.75	0.77	0.54	0.71	0.60	0.61	0.69	0.68	0.54
ID defensa	kk	kk	kk	kk	kk	ff	ll	ll	ff	ff
Reacción (t)	139.0	139.0	139.0	138.0	139.0	110.0	110.0	112.0	110.0	116.0
Deflexión (m)	0.25	0.26	0.26	0.25	0.26	0.18	0.18	0.18	0.15	0.19
Deflexión (%)	17	18	18	17	18	12	12	12	10	13
ID	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tensión (t)	147.5	155.8	150.4	158.4	146.6	128.6	138.2	136.2	149.0	123.6
% SWL	33	35	33	35	33	29	31	30	33	27

Tabla 18. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Yamal Spirit (174,000 m³)

De las tablas de resultados se extrae que, tanto los ángulos verticales y las tensiones en amarras, como los movimientos del buque y las deformaciones de las defensas, se encuentran por debajo de los límites establecidos. Al igual que en el caso del Sestao Knutsen, todos los movimientos del buque se sitúan por debajo del 50% del límite establecido.

De acuerdo con los ángulos verticales calculados, no se producirá la interferencia de las líneas de amarre de los buques de 174,000 m³ con el muelle.

7.1.7 Buque de 215,000 m³. Al Utoriya (Q-Flex).

El esquema de amarre empleado para el estudio del buque Al Utoriya consta de 18 líneas en una configuración de 7 traveses de proa (1 grupo de 3 líneas y 2 grupos de 2), 2 esprín de proa, 2 esprín de popa y 7 traveses de popa (1 grupo de 3 líneas y 2 grupos de 2). Todas las líneas se dan a maquinilla y se aplica la misma pretensión a todas ellas.

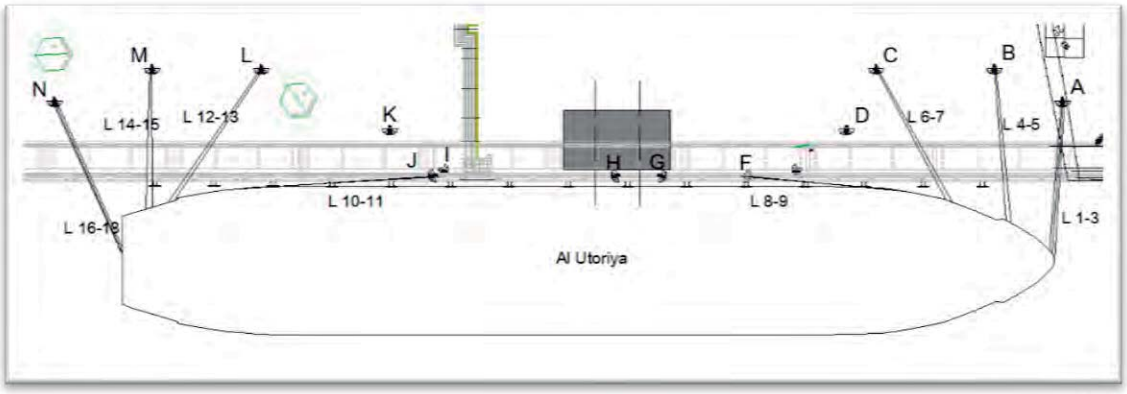


Figura 14. Esquema de amarre. Buque Al Utoriya (Q-Flex)

Las siguientes tablas muestran las pretensiones aplicadas a cada una de las líneas, los ángulos verticales máximos y mínimos, y los principales resultados obtenidos en los cálculos realizados con OPTIMOOR.

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Pretensión (t)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Angulo Máximo (°)	16	16	17	17	17	17	17	16	17	13	13	11	11	13	13	11	11	11
Angulo mínimo (°)	9	10	10	10	10	10	10	9	10	8	7	4	4	5	5	4	4	4

Tabla 19. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Al Utoriya (Q-Flex)

Situación de Carga	Lastre					Carga				
Nivel de marea (m)	4.4					-0.05				
Vv (nudos)	60					60				
Dirección	Todas					Todas				
Vc (nudos)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Dirección (º)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
ID linea / ID GER	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N	16 / N
Tensión (t)	54.2	58	55.3	58.6	54.3	47.7	52.5	50.1	55.9	46.3
% MBL	40	42	40	43	40	35	38	37	41	34
Vaivén-Proa (m)	0.51	0.78	0.57	0.69	0.63	0.39	0.07	0.48	0.58	0.53
Vaivén-Popa (m)	0.98	0.70	0.92	0.78	0.86	0.90	0.58	0.82	0.68	0.76
Deriva-Babor (m)	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10
Deriva-Estribor(m)	0.83	0.82	0.85	0.85	0.80	0.71	0.69	0.78	0.76	0.63
ID defensa	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Reacción (t)	109.0	110.0	111.0	105.0	111.0	97.0	99.0	102.0	86.0	103.0
Deflexión (m)	0.18	0.18	0.18	0.17	0.18	0.16	0.16	0.16	0.14	0.17
Deflexión (%)	12	12	12	12	12	11	11	11	10	12
ID	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tensión (t)	161.3	172.3	164.5	174.4	161.5	141.9	154.9	149.1	166.1	137.7
% SWL	36	38	37	39	36	32	34	33	37	31

Tabla 20. Resultados principales de los cálculos estáticos. Al Utoriya (Q-Flex)

De las tablas de resultados se extrae que, tanto los ángulos verticales y las tensiones en amarras, como los movimientos del buque y las deformaciones de las defensas, se encuentran por debajo de los límites establecidos. Al igual que en los casos de los buques Sestao Knutsen y Yamal Spirit, todos los movimientos se sitúan por debajo del 50% del límite establecido.

De acuerdo con los ángulos verticales calculados, no se producirán interferencias de las líneas de amarre de estos buques con el muelle.

7.1.8 Buque de 266,000 m³. Zarga (Q-Max).

El esquema de amarre empleado para el estudio del buque Al Utoriya consta de 20 líneas en una configuración de 8 traveses de proa (2 grupos de 3 líneas y 1 grupo de 2), 2 esprín de proa, 2 esprín de popa y 7 traveses de popa (2 grupos de 3 líneas y 2 grupos de 2). La nomenclatura aplicada considera la posición en la que están las gateras empleadas, pero atendiendo al ángulo que forman las líneas 6,7,8, 13,14 y 15 con el costado del buque, se podrían denominar como largos, ya que trabajarán como tales. Todas las líneas se dan a maquinilla, pero tras la realización de los primeros cálculos se comprueba que reducir la pretensión de los tres traveses situados más a popa mejora los resultados y permite mantener los movimientos y tensiones en amarras por debajo de los límites establecidos, y por tanto se opta por realizar los cálculos aplicando menor pretensión a dicho grupo de amarras (líneas 18 a 20).

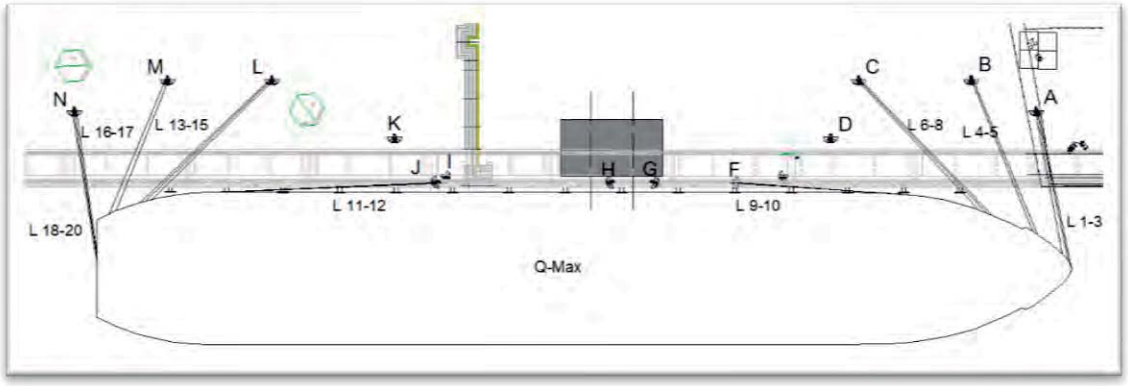


Figura 15. Esquema de amarre. Buque Zarga (Q-Max)

Las siguientes tablas muestran las pretensiones aplicadas a cada una de las líneas, los ángulos verticales máximos y mínimos y los principales resultados obtenidos en los cálculos realizados con OPTIMOOR.

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pretensión (t)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4	4	4
Angulo Máximo (°)	16	16	17	15	15	13	14	14	14	14	12	11	9	8	8	11	10	10	10	10
Angulo mínimo (°)	9	9	10	9	9	8	8	8	8	8	7	7	2	2	2	3	3	3	3	3

Tabla 21. Pretensión y ángulos verticales de amarras. Buque Zarga (Q-Max)

Situación de Carga	Lastre					Carga				
Nivel de marea (m)	4.4					-0.05				
Vv (nudos)	60					60				
Dirección	Todas					Todas				
Vc (nudos)	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75	3.00	3.00	2.00	2.00	0.75
Dirección (º)	279	99	269	109	9	279	99	269	109	9
ID linea / ID GER	18 / N	18 / N	18 /N	18 / N	18 / N	18 / N	18 / N	18 / N	18 / N	18 / N
Tensión (t)	63.5	67.8	64.4	68.7	63.6	56.5	61.6	58.2	66.0	54.8
% MBL	46	50	47	50	46	41	45	43	48	40
Vaivén-Proa (m)	0.89	1.18	0.94	1.11	1.01	0.73	1.07	0.77	1.01	0.87
Vaivén-Popa (m)	1.13	0.81	1.10	0.89	0.98	1.04	0.66	1.01	0.73	0.82
Deriva-Babor (m)	0.12	0.13	0.12	0.12	0.13	0.11	0.12	0.10	0.11	0.12
Deriva-Estribor(m)	1.64	1.62	1.68	1.67	1.56	1.41	1.39	1.56	1.51	1.62
ID defensa	mm	dd	mm	dd	dd	dd	dd	dd	dd	dd
Reacción (t)	107.0	109.0	107.0	107.0	107.0	96.0	105.0	85.0	104.0	106.0
Deflexión (m)	0.17	0.18	0.17	0.17	0.17	0.15	0.17	0.14	0.17	0.17
Deflexión (%)	12	12	12	12	12	10	12	10	12	12
ID	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tensión (t)	189.2	201.8	191.7	204.4	189.2	168.0	183.1	173.3	196.1	163.0
% SWL	42	45	43	45	42	37	41	39	44	36

Tabla 22. Resultados principales de los cálculos estáticos. Buque Zarga (Q-Max)

De las tablas de resultados se extrae que, tanto los ángulos verticales y las tensiones en amarras, como los movimientos del buque y las deformaciones de las defensas, se encuentran por debajo de los límites establecidos, si bien los traveses de popa alcanzan una tensión del 50% de la MBL, equivalente al valor máximo admisible establecido para este tipo de amarras.

De acuerdo con los ángulos verticales calculados, no se producirá la interferencia de las líneas de amarre de estos buques con el muelle.

7.2 Análisis de posibles interferencias

Como ya se ha indicado anteriormente, durante el proceso de definición de los sistemas de atraque y amarre empleados, se han evaluado las posibles interferencias de las líneas de amarre con los propios elementos de dichos sistemas, así como con las estructuras y el resto de los elementos existentes en el terminal, entre los que se incluyen las instalaciones y el equipamiento correspondientes a los atraques de Forestal del Atlántico.

Así mismo se han valorado las posibles interferencias entre las amarras empleadas en el amarre de los buques que operan el terminal de Forestal del Atlántico, y el equipamiento dispuesto para el nuevo Atraque Este de REGANOSA. En este caso, dada la falta de información al respecto de las características de detalle de los buques que operan en el terminal de Forestal del Atlántico, y los sistemas de amarre empleados, la evaluación se lleva a cabo de forma aproximada.

Cuando ha sido posible, las posibles interferencias han sido eliminadas durante el mencionado proceso de diseño de los sistemas de atraque y amarre, planteándose posibles medidas adicionales para evitar o minimizar dichas interferencias en los casos restantes, según se describe en los siguientes apartados.

7.2.1 Contacto de las líneas de amarre con el cantil del muelle

Esta interferencia se presenta exclusivamente para el buque de 650 m³ de capacidad (Oizmendi), en condición de plena carga y mínima bajamar astronómica, al quedar su cubierta de amarre, como ya se ha indicado, por debajo del muelle.

A fin de comprobar que el ángulo que forman las amarras con la horizontal resulta inferior al máximo recomendado por MEG4 (25º) se presentan a continuación vistas transversales del esquema de amarre en el plano de los esprines (más desfavorable), y los ángulos resultantes.

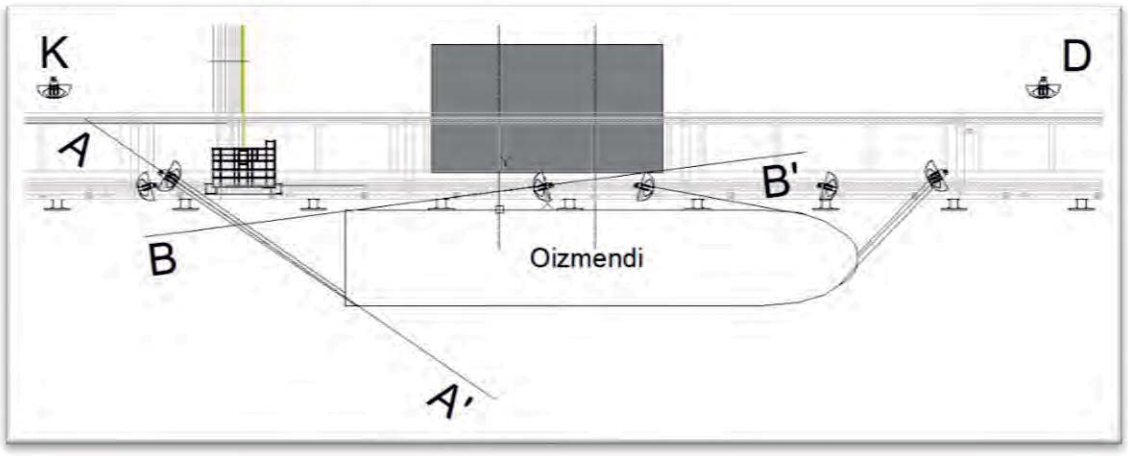


Figura 16. Localización de vistas transversales en planos de esprines. Buque Oizmendi

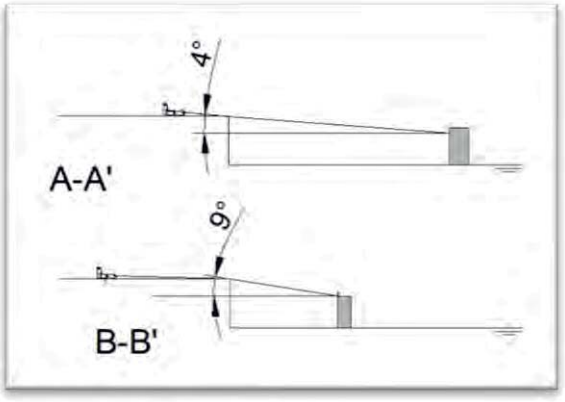


Figura 17. Vistas transversales en planos de esprines. Buque Oizmendi

Como puede observarse, los ángulos verticales de las amarras se encuentran muy por debajo valor máximo recomendado, por lo que, desde el punto de vista del comportamiento de los buques, esta situación no debe representar ningún problema.

No obstante, y como asimismo se ha indicado, se considera recomendable contar con una cantonera a base de un material de bajo coeficiente de rozamiento, con objeto minimizar la fricción de las amarras con el cantil y, con ello, el desgaste de las mismas.

Si bien la cubierta de amarre del resto de los buques de la flota de proyecto queda encima de la cota de coronación del muelle, se efectúa la misma comprobación para el buque Coral Favia (10,000 m³), para el que las amarras podrán entrar en contacto con el muelle debido a los movimientos que experimente durante el atraque, a fin de evaluar la longitud de muelle en que resultaría conveniente contar con la mencionada cantonera.

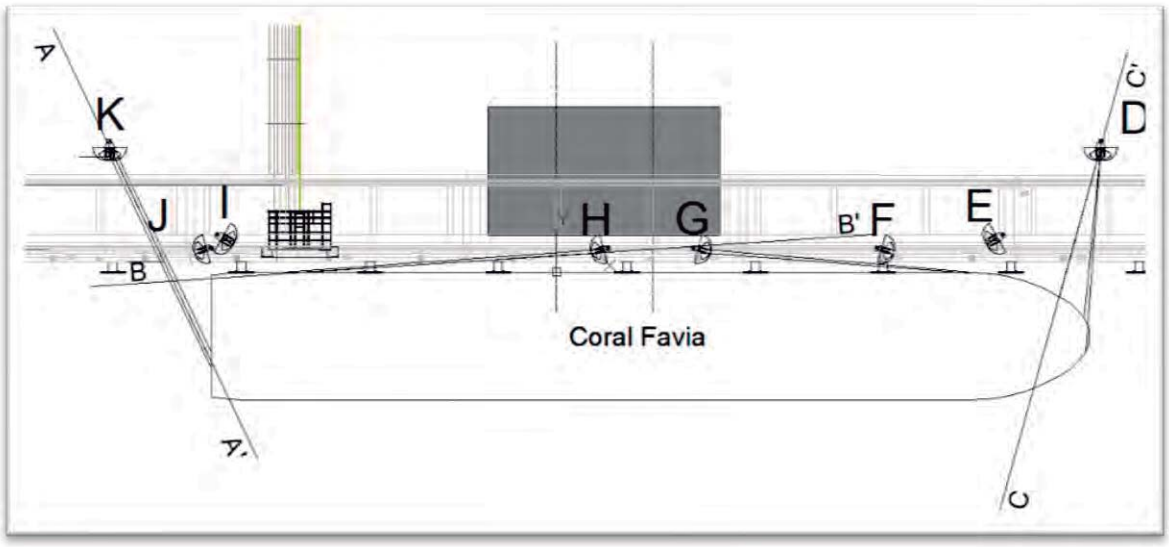


Figura 18. Localización de las secciones transversales analizadas. Buque Coral Favia

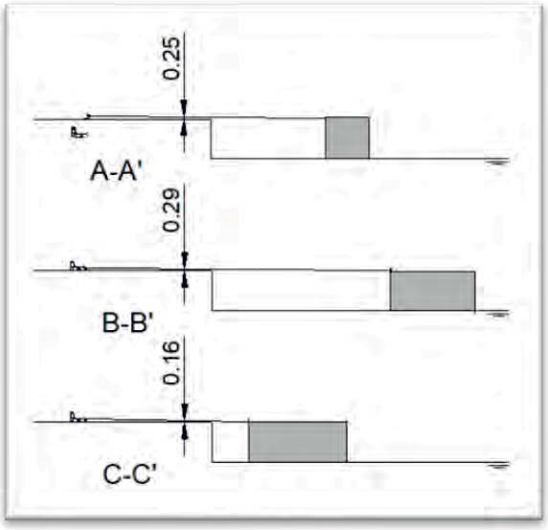


Figura 19. Secciones transversales A-A', B-B' y C-C'. Buque Coral Favia

De acuerdo con ello, se recomienda contar con la cantonera indicada en los aproximadamente 155 m de muelle situados entre los ganchos K y D.

7.2.2 Interferencia de las líneas de amarre con las nuevas defensas

Dada la amplitud del rango de buques que se prevé que operen en el terminal, y si bien se han situado las defensas de forma que se minimicen las posibles interferencias de las amarras de los buques menores con las defensas, éstas no han podido evitarse completamente en los casos del buque Oizmendi (650 m³) y Coral Favia (10,000 m³), cuando se encentran en condición de plena carga y bajamar como situación más desfavorable.

En esos casos, se comprueba que las amarras de estos buques no pueden contactar con los elastómeros de las defensas, con objeto de asegurar que no se produzcan esfuerzos indeseados sobre dichos elementos.

Para ello, se han analizado las siguientes vistas frontales del amarre de ambos buques en las que puede observarse que las líneas no contactan con los elementos indicados.

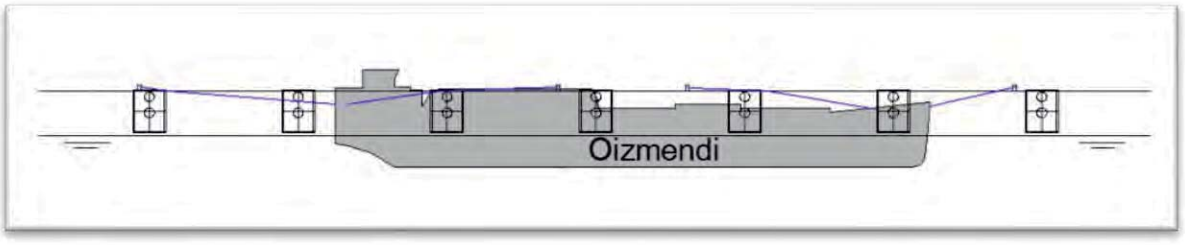


Figura 20. Vista frontal del amarre del buque Oizmendi (plena carga / bajamar)

Figura 21. Vista frontal del amarre del buque Coral Favia (plena carga / bajamar)

Se observa sin embargo que, en algunas situaciones:

- Algunas de las líneas de los buques menores pueden llegar a contactar con el lateral o la parte trasera de los escudos de defensa a consecuencia de los movimientos que experimenten los buques durante su estancia en el terminal.

  Dado el reducido ángulo que las amarras forman en esas situaciones con el plano del escudo, y considerando que los conjuntos de defensas están equipados con cadenas de reacción, dimensionadas para resistir las tensiones que se producen durante el atraque de los buques, no se estima que puedan producirse esfuerzos de significación que comprometan la resistencia de estos elementos.

  Se recomienda, no obstante, que también los laterales de los escudos dispongan, tanto por el lado exterior como por el interior, de un bisel redondeado a base de un material de bajo coeficiente de rozamiento que minimice la fricción con las amarras y con ello el desgaste de las mismas.

- Considerando los citados movimientos del buque amarrado, algunas de las amarras podrían llegar a situarse sobre los escudos de las defensas, generando situaciones de riesgo al respecto del deterioro de las amarras y los esfuerzos verticales que podrían llegar a generarse sobre los conjuntos de defensas.

  Las defensas afectadas por dicha situación son las indicadas en la figura siguiente, en la que se representan tanto los buques de REGANOSA para los que podría llegar a presentarse dicha situación, como los de Forestal del Atlántico.

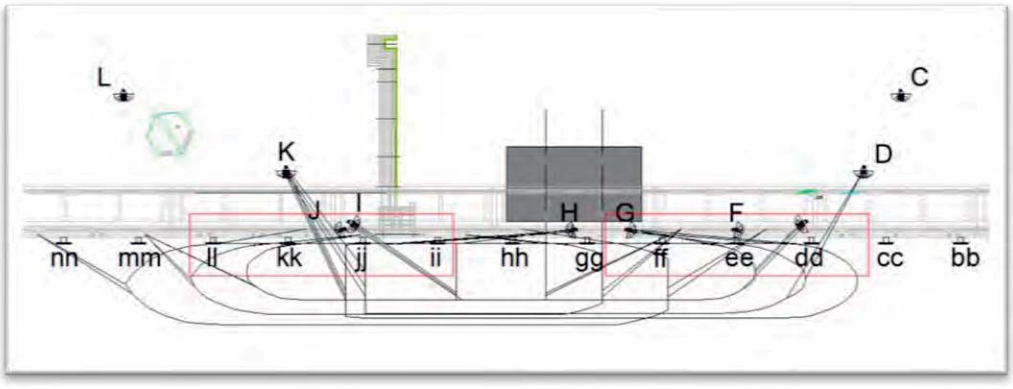


Figura 22. Posible interferencia entre amarras y defensas para los buques menores de REGANOSA y Forestal

Si bien se estima que estas situaciones deberían resultar muy poco frecuentes, y que los esfuerzos que se produjesen en su caso sobre los conjuntos de defensas deberían resultar en todo caso moderados, dadas la configuración del atraque y el reducido oleaje que se prevé pueda presentarse durante el amarre de los buques, se recomienda su análisis de detalle mediante estudios de simulación dinámica al objeto de asegurar que no representan situaciones de riesgo de consideración.

Alternativamente, dado que, partiendo del amplio rango de tamaños buques considerado, no resulta posible eliminar las interferencias indicadas, sin incurrir en otras que comprometan en mayor medida el funcionamiento del atraque, se propone reducir la cota de todos o parte de los conjuntos de defensas, en el entorno de 1.0 m, redimensionando adecuadamente los escudos de atraque.

Esta variación de la cota de los conjuntos de defensas no debe plantear en principio problemas adicionales, dada la posibilidad de disponer las parejas de elastómeros en horizontal para no recrecer el faldón de la viga cantil, tal como se muestra en la figura siguiente, más allá de los asociados a la durabilidad de los elementos que la componen (que estarán en todo caso en contacto frecuente con el agua).

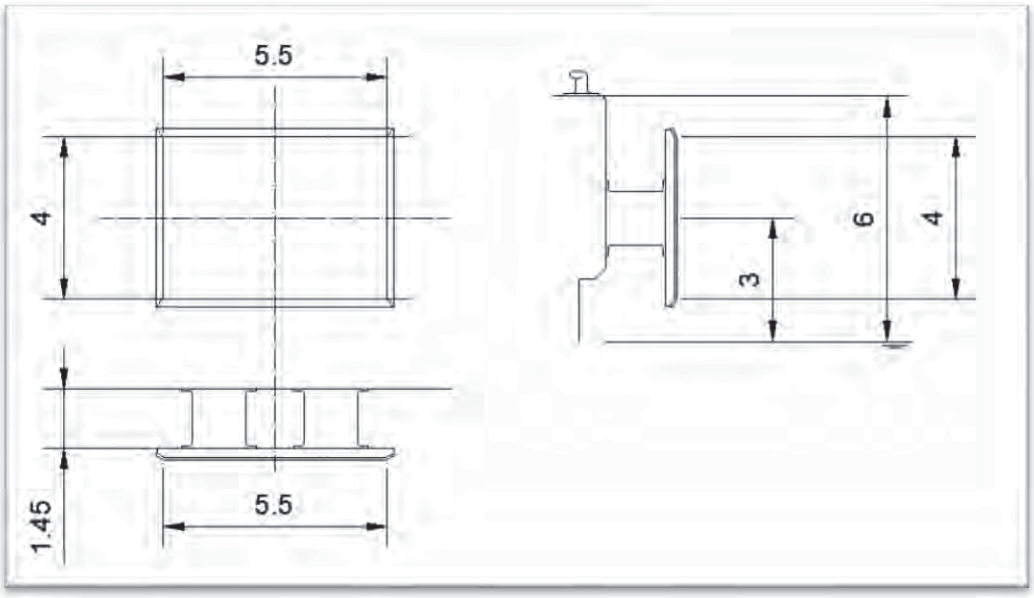


Figura 23. Dimensiones y ubicación alternativas de los conjuntos de defensas (nivel del agua ≈ cota 0)

No obstante, para su validación se considera necesario evaluar el comportamiento de los buques de mayor porte mediante modelos de simulación dinámica, al objeto de asegurar que ello no induce movimientos o tensiones en amarras inaceptables, en las condiciones de operación o permanencia requeridas.

7.2.3 Interferencia de las líneas de amarre con los bolardos existentes

De cara a valorar las interferencias de las amarras con los bolardos existentes, se presentan en la figura siguiente todos los esquemas de amarre empleados para los distintos buques considerados, identificándose la zona en que pueden producirse dichas interferencias.

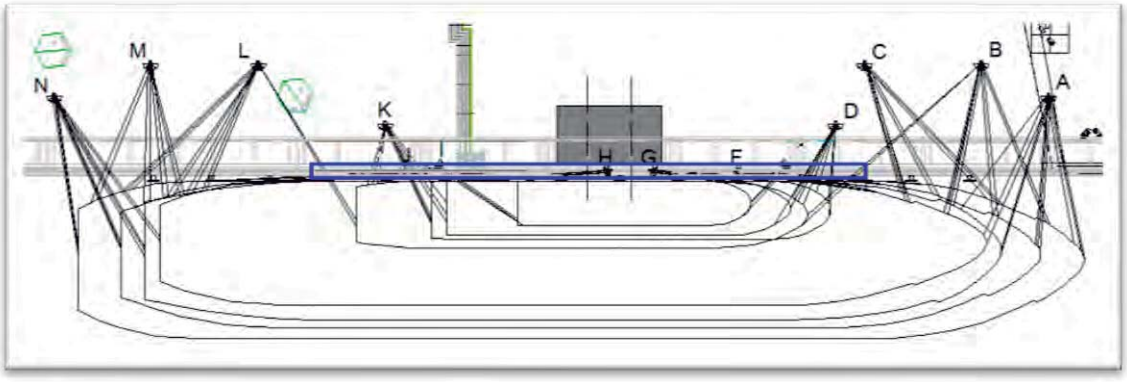


Figura 24. Posibles interferencias de las amarras de la flota de proyecto con los bolardos existentes

Las amarras que cruzan el muelle en los extremos Este y Oeste del atraque, frente a los ganchos A, B y C, y L, M, y N, son las empleadas por los buques de mayor porte (mayores a 138,000 m³), cuyas cubiertas de amarre se encuentran al menos 4.0 m por encima de la cota del muelle, sin que puedan producirse por tanto interferencias.

A modo de ejemplo, se muestra una vista transversal por el plano del través de popa amarrado al gancho N del del buque Sestao Knutsen (138,000 m³) en la que se comprueba que la altura a la que cruza la amarra por encima del bolardo situado en el muelle, resulta del orden de 1.7 m.

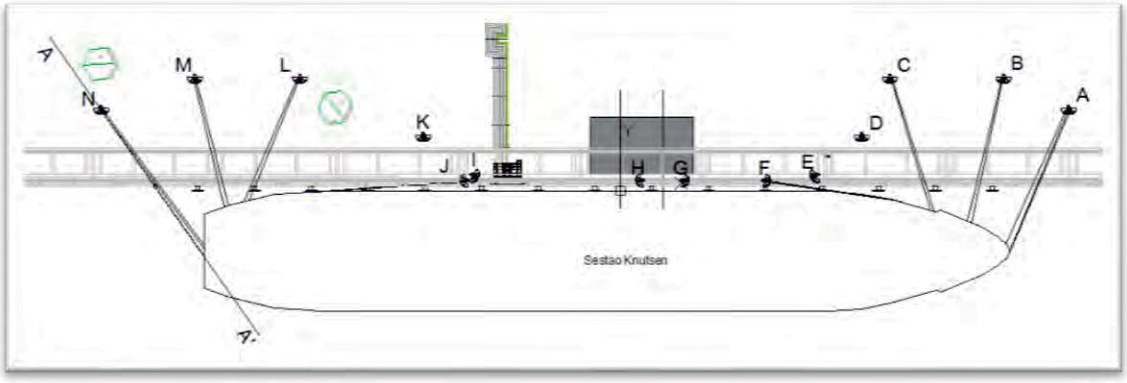


Figura 25. Localización de la sección transversal analizada. Buque Sestao Knutsen

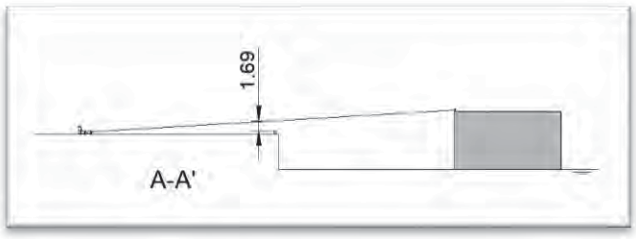


Figura 26. Sección transversal A-A'. Buque Sestao Knutsen

Igualmente, para el menor de los buques de los buques convencionales (Coral Energy, de 15,600 m³), puede observarse que la posición relativa de los largos de proa amarrados al gancho B, respecto del bolardo existente deja libre una distancia del entorno de 1,8 m.

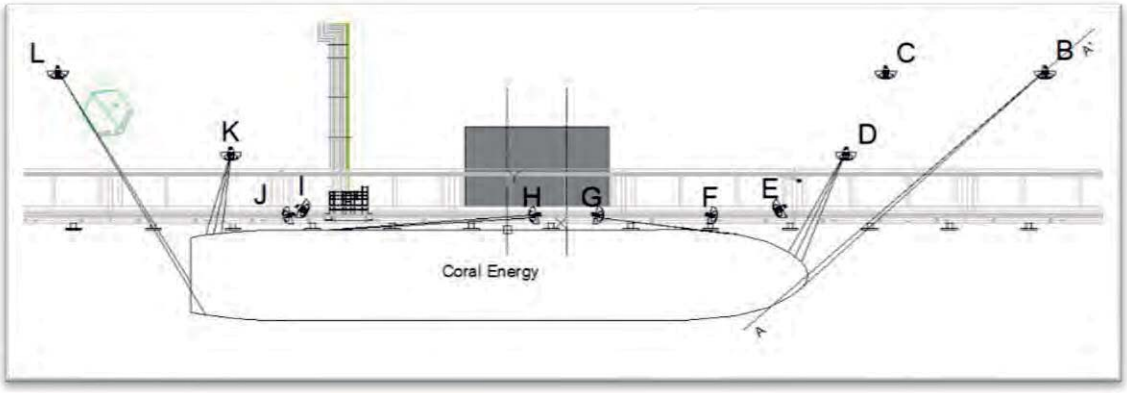


Figura 27. Localización de la sección transversal analizada. Buque Coral Energy

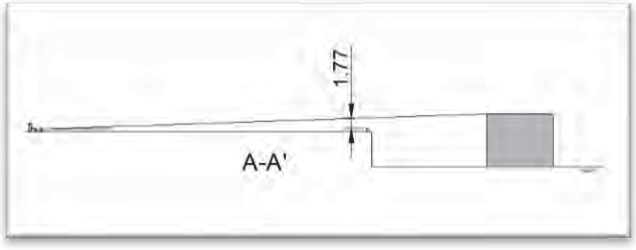


Figura 28. Sección transversal A-A'. Buque Coral Energy

El cruce del resto de amarras de este buque con los bolardos se produce en la zona de interferenicas identificada, por lo que se analiza a continuación.

En dicha zona, dado que el ángulo vertical de las amarras de los buques de menor tamaño es próximo a cero, se producirán inevitablemente las mencionadas interferencias.

Si bien se considera posible que las amarras se apoyen y deslicen sobre los bolardos, siempre que los ángulos verticales y las cargas que produzcan sean adecuados, se estima preferible reubicar los bolardos con afectados, de forma que se elimine la necesidad de vigilancia y control de estas situaciones, minimizándose además el desgaste de las amarras.

De acuerdo con ello, se plantea reubicar 7 bolardos, retranqueándolos hasta la alineación de los ganchos destinados a los esprines de los buques gaseros, y eliminar 3, tal como se muestra en la figura siguiente (en rojo, bolardos desinstalados, y en azul, bolardos reubicados).

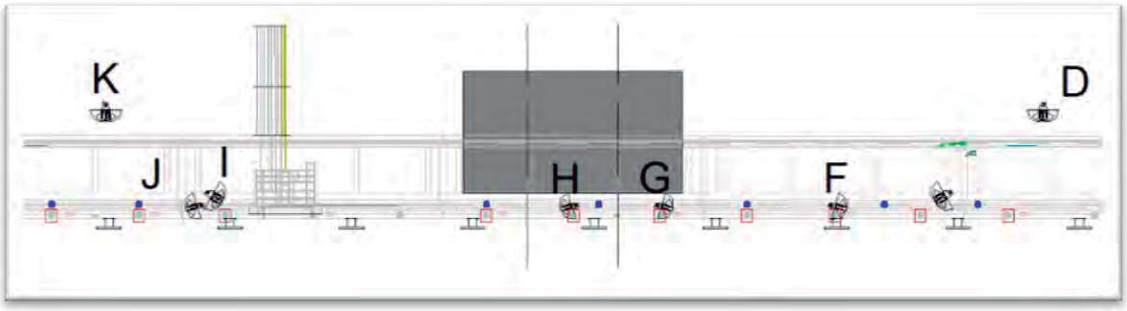


Figura 29. Reubicación de los bolardos existentes

Puesto que se asume que los buques que operan en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico emplean estos bolardos, se ha evaluado, de forma aproximada, la viabilidad de amarrarlos empleando los situados en la nueva ubicación que se plantea.

Según se observa en la figura siguiente, en la que se representan únicamente las líneas que se estima pueden tener una mayor incidencia en el amarre de los buques de Forestal que operan en este atraque (de 4,000 TPM a 100,000 TPM), es posible disponer de líneas suficientes en todos los casos con ángulos adecuados, sin que se identifiquen interferencias con ninguno de los nuevos elementos, por lo que, en principio, debería resultar viable emplear la distribución de bolardos indicada.

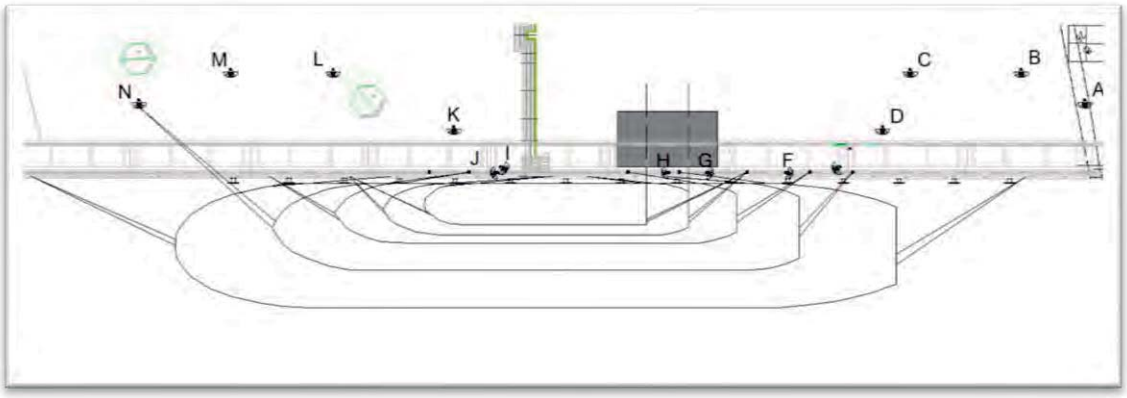


Figura 30. Amarre de los buques en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico

Cabe mencionar que, en la figura anterior, los buques los buques se presentan atracando a estribor (con la proa hacia el interior de la ría), debido a que, según la información recibida, es la práctica habitual seguida por Forestal del Atlántico.

De cualquier forma, para validad esta actuación sería necesario realizar un estudio de mayor profundidad, contando con información de detalle acerca de las características de los buques y los procedimientos de atraque y amarre seguidos por dicha compañía.

Alternativamente, se ha analizado preliminarmente la posibilidad de que los buques de Forestal del Atlántico empleen el sistema de ganchos de escape rápido planteado para el nuevo atraque de REGANOSA.

Como puede observarse en las figuras siguientes, en las que se presentan posibles esquemas de amarre para distintos buques representativos de dicha flota, y las posibles interferencias con las amarras de los buques de REGANOSA, se estima inicialmente que para que ello resultase posible se requeriría contar con los 4 ganchos de escape rápido adicionales, representados en azul en dichas figuras.

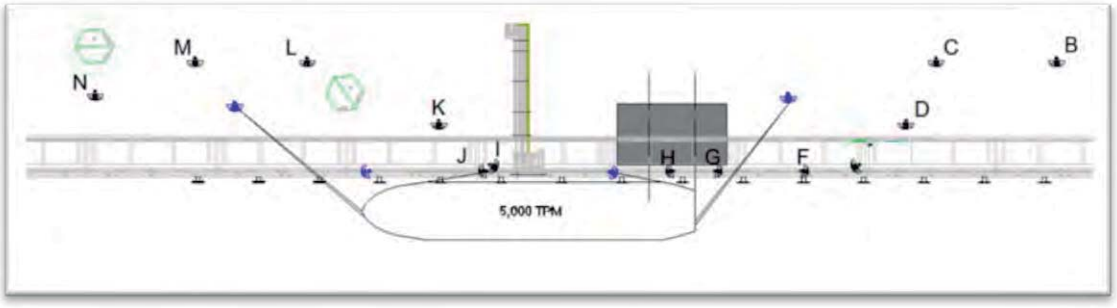


Figura 31. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (5.000 TPM)

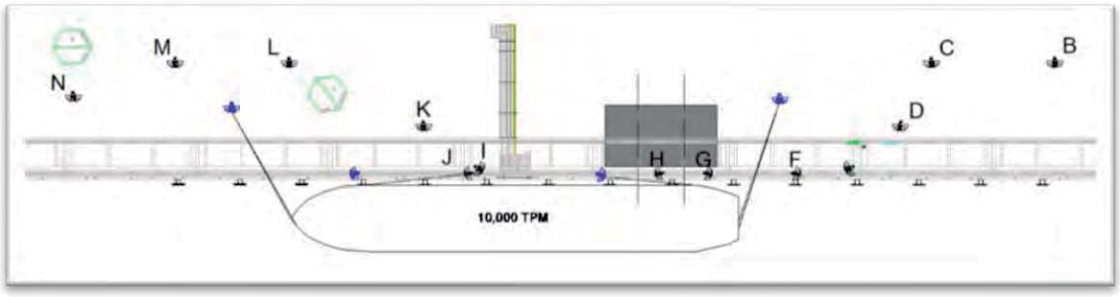


Figura 32. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (10.000 TPM)

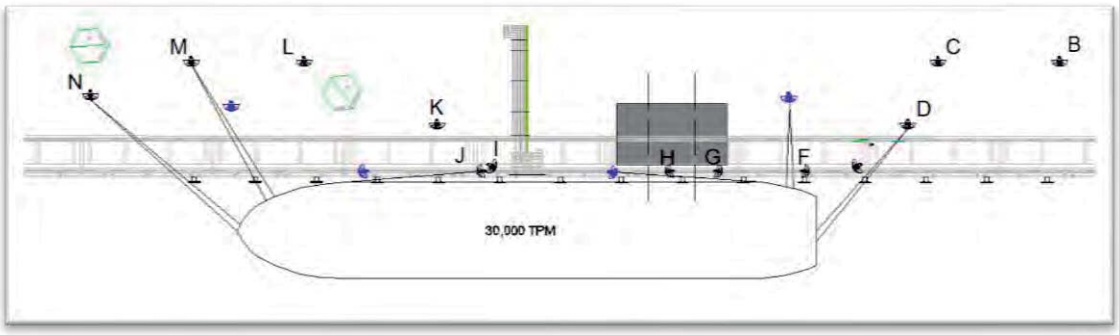


Figura 33. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (30.000 TPM)

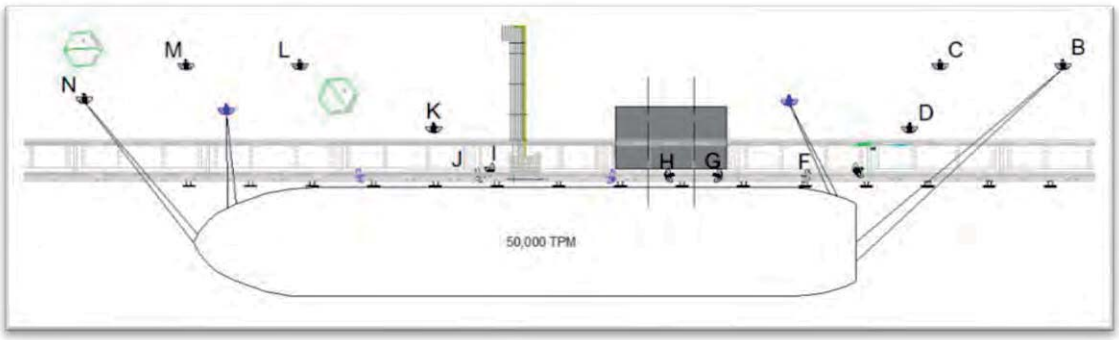


Figura 34. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (50.000 TPM)

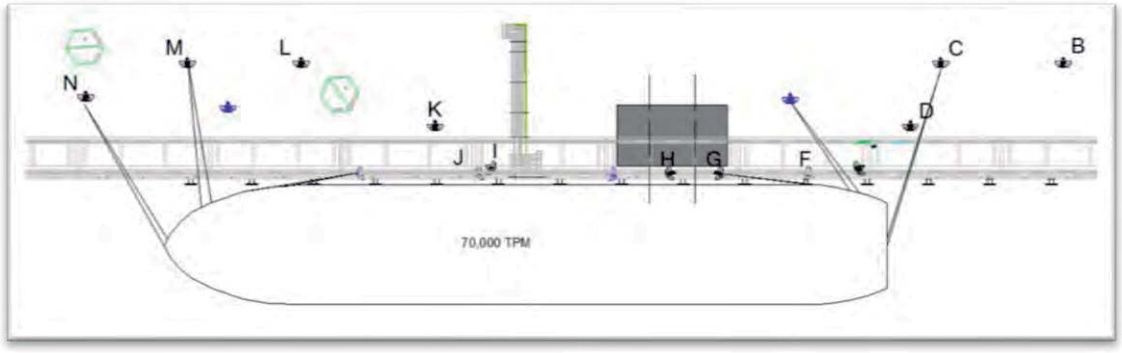


Figura 35. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (70.000 TPM)

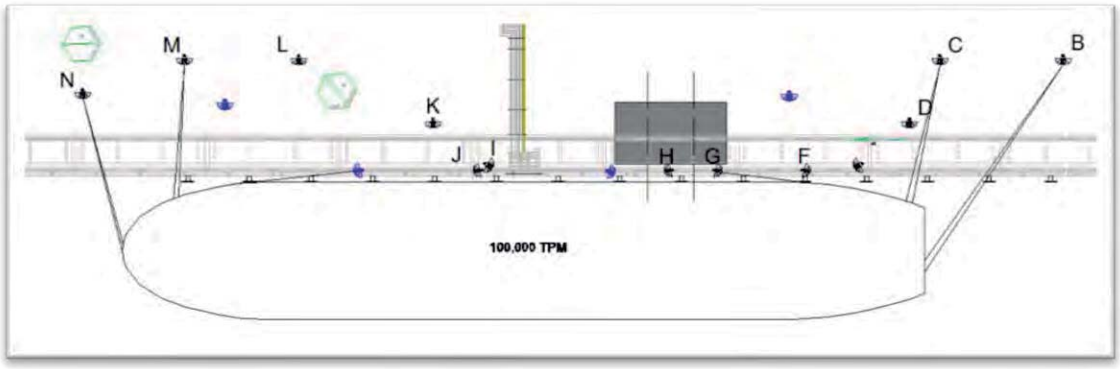


Figura 36. Amarre de los buques de Forestal del Atlántico mediante GERs (100.000 TPM)

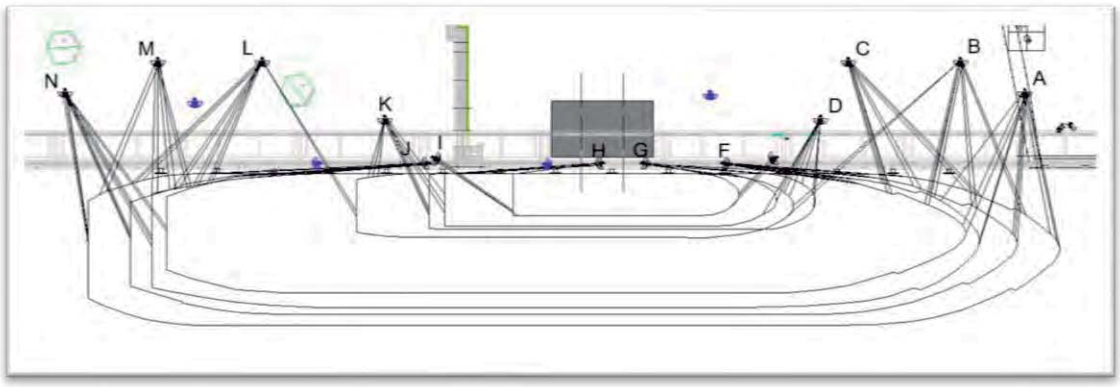


Figura 37. Comprobación posibles interferencias buques de Reganosa con GERs Forestal del Atlántico.

Análogamente a la situación anterior, en caso de que se pretendiese evaluar en profundidad esta posibilidad, debería acometerse un análisis de detalle contando con la información necesaria a estos efectos.

7.2.4 Interferencias con las líneas de los buques del atraque Este de Forestal del Atlántico

Al operar en la terminal Este de Forestal del Atlántico buques de hasta 150,000 TPM (275 m de eslora), puede darse la situación de que las gateras empleadas para dar los traveses de popa queden alineadas con el gancho de escape rápido situado más al Este de la futura terminal de REGANOSA (gancho N). Al igual que en los casos previos se realiza una sección transversal, para la situación de carga de calado máximo compatible con la terminal (11.5 m) y para el nivel de marea correspondiente a la mínima

bajamar astronómica (-0.05 m) del buque petrolero, a fin de determinar si realmente existe esta interferencia.

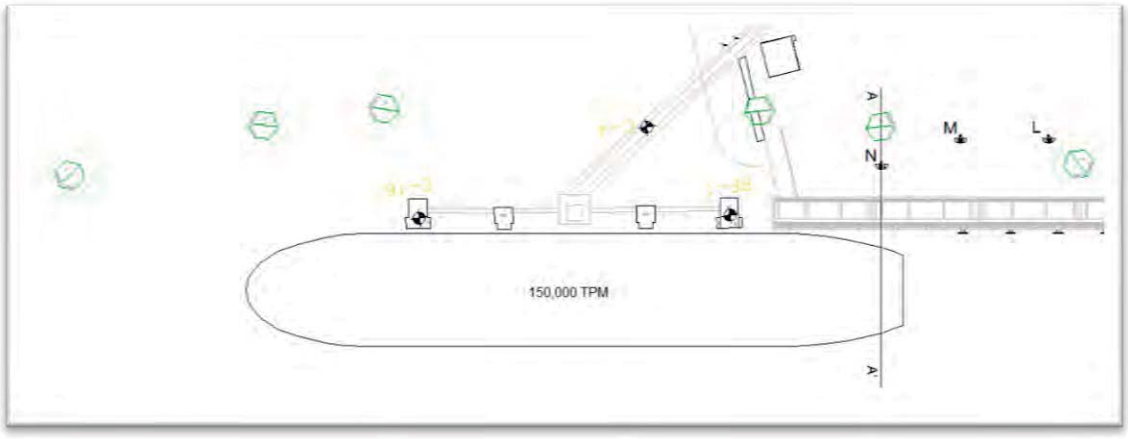


Figura 38. Localización de la sección transversal analizada. Buque petrolero de 150,000 TPM

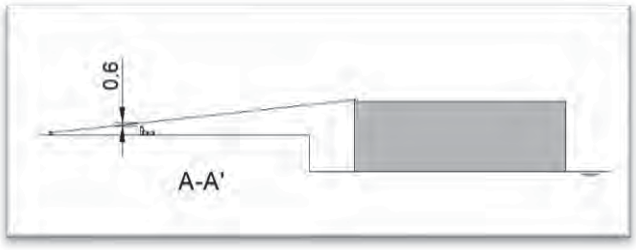


Figura 39. Sección transversal A-A'. Buque petrolero de 150,000 TPM

En la sección A-A' se observa que la altura es de 0.6 m, por lo que no se producirá la interferencia entre la línea de amarre y el gancho de escape rápido.

8 Instalación de ganchos y defensas

El anclaje de las defensas y los ganchos de escape rápido se ha definido en base a la experiencia previa de DYP en el diseño de este tipo de elementos, considerando adicionalmente las tipologías empleadas en el Atraque Oeste existente.

Así, como es habitual, las defensas se fijarán a la viga cantil, mediante pernos de anclaje adecuadamente dimensionados, junto con las correspondientes cadenas de soporte y reacción, de forma que se asegure, como ya se ha indicado, el buen funcionamiento de cada uno de los conjuntos de defensas.

En función de su posición, los ganchos de escape rápido se fijarán a la viga cantil, igualmente mediante pernos de anclaje adecuadamente dimensionados. En esos casos, dada la falta de espacio disponible para instalar dichos elementos y la necesidad de refuerzo de la estructura, se requerirá previsiblemente de la demolición de parte del hormigón existente, y del recrecido de la viga por la parte trasera mediante un nuevo hormigonado. En el caso del gancho J resultará además necesario rellenar un pequeño tramo de la galería de servicios que recorre longitudinalmente el muelle, al objeto de alcanzar la resistencia de necesaria para el anclaje de dicho gancho.

En el resto de los casos, lo ganchos se fijan a macizos de anclaje cuya cota de coronación coincidirá en principio con el nivel de las explanadas. Las dimensiones de dichos macizos de anclaje se determinado preliminarmente verificando su estabilidad frente deslizamiento, para el máximo tiro de amarras esperable en cada caso, despreciando, del lado de la seguridad, el empuje activo del terreno en que quedarán embebidos.

En el Anexo 2 de este documento se incluyen detalles orientativos de los sistemas de fijación de cada uno de los nuevos elementos, definidos según lo indicado.

9 Resumen y conclusiones.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se ha definido un sistema de atraque y amarre, válido para todos los buques de la flota usuaria requerida, compuesto por 15 conjuntos de defensas y 14 ganchos de escape rápido, ubicados en la posición indicada en los planos incluidos en el Anexo 2 de este estudio.

Los conjuntos de defensa estarán formados por dos módulos tipo SCK 1450, calidad 2.2, dispuestos en vertical, separados 20 m, con una capacidad de absorción de energía y una reacción máximas, de 2529.2 kN y 1611.2 kN·m respectivamente (al 52.5% de deflexión), y por un escudo de 4.0 x 5.5 m^2, cuyo eje está situado a la cota +3.3 m sobre el cero del puerto.

Alternativamente, con objeto de evitar la posibilidad de que puedan llegar a producirse interferencias entre las amarras de los buques menores y las defensas, según lo indicado en el apartado 7.2.2, se plantea la posibilidad de que los módulos tipo SCK 1450, calidad 2.2, se dispongan en horizontal, con un escudo de 5.5 x 4.0 m^2 cuyo eje quedaría situado a la cota +3.0, y con la misma separación entre los conjuntos de defensa (ver figura 23).

El sistema de ganchos de escape rápido está compuesto por 6 ganchos triples de 150 t, 4 ganchos triples de 70 t, 2 ganchos dobles de 150 t y 2 ganchos dobles de 70 t.

Para el diseño de la configuración de amarras a emplear por cada uno de los buques, se han tenido en cuenta las recomendaciones principales incluidas en MEG4 (OCIMF).

La validación de los sistemas diseñados se ha llevado a cabo mediante análisis estático con el modelo OPTIMOOR, de los siete buques de la flota seleccionados, en condiciones de lastre y plena carga, bajo las condiciones meteorológicas recomendadas por el OCIMF para el dimensionamiento del equipamiento de los buques, habitualmente empleadas en estudios de compatibilidad de terminales de GNL.

Al respecto de dichas condiciones meteorológicas, cabe destacar que son las recomendadas para cálculos de tipo estático, sin incluir efectos dinámicos, y no deben interpretarse por tanto como condiciones límite de operación o permanencia del buque en el atraque. Para la determinación de dichas condiciones se recomienda la realización de los correspondientes estudios de comportamiento dinámico, mediante modelos numéricos que incluyan las características hidrodinámicas de los buques y que resuelvan las ecuaciones de movimiento en el dominio del tiempo, considerando sus 6 grados de libertad.

Durante el desarrollo del estudio se han evaluado asimismo las posibles interferencias de las líneas de amarre con el equipamiento actual del muelle, así como con el equipamiento que se prevé instalar, alcanzándose las siguientes conclusiones.

- Interferencias de las líneas de amarre con el cantil del muelle.

  Este tipo de interferencia se presenta exclusivamente para el buque Oizmendi, de 650 m^3 de capacidad, en condición de plena carga y bajamar, al quedar su cubierta de amarre por debajo del muelle, si bien se comprueba que en el caso del buque Coral Favia (10,000 m^3), las amarras podrán entrar en contacto también con el muelle debido a los movimientos que experimenten durante el atraque.

  De acuerdo con ello, se recomienda contar con una cantonera a base de un material de bajo coeficiente de rozamiento, que minimice la fricción de las amarras con el cantil del muelle, y con ello, el desgaste de las mismas, similar a la ya existente según la información recibida.

- Interferencias de las líneas de amarre con las defensas.

  Dada la amplitud del rango de buques que se prevé que operen en el terminal, y si bien se han situado las defensas de forma que se minimicen las posibles interferencias entre éstas y las amarras de los buques, no han podido evitarse completamente en los casos de los buques de menor porte, cuando se encuentran en condición de plena carga y bajamar como situación más desfavorable.

  Así, se observa que, en determinadas situaciones, algunas de las líneas pueden llegar a contactar con el lateral o la parte trasera de los escudos de defensa a consecuencia de los movimientos que experimenten los buques amarrados.

  Dado el reducido ángulo que las amarras forman en esas situaciones con el plano del escudo, y considerando que los conjuntos de defensas están equipados con cadenas de reacción, dimensionadas para resistir las tensiones que se producen durante el atraque de los buques, no se estima que puedan producirse esfuerzos de significación que comprometan la resistencia de estos elementos.

  Se recomienda, no obstante, que también los laterales de los escudos dispongan de un bisel redondeado, tanto en su lado exterior como interior, a base de un material de bajo coeficiente de rozamiento que minimice la fricción con las amarras.

  Se observa también que, considerando los citados movimientos de los buques amarrados, algunas de las líneas podrían llegar a situarse sobre los escudos de las defensas, generando situaciones de riesgo al respecto del deterioro de las mismas y los esfuerzos verticales que pudiesen llegar a generarse sobre los conjuntos de defensas.

  Si bien se estima que estas situaciones deberían resultar muy poco frecuentes, y que los esfuerzos que se producirían en su caso sobre los conjuntos de defensas deberían resultar moderados, dadas la configuración del atraque y el reducido oleaje que se prevé pueda presentarse durante la estancia de los buques, se recomienda su análisis mediante estudios de simulación dinámica, al objeto de asegurar que no representan situaciones de riesgo de consideración.

  Alternativamente, dado que, partiendo del amplio rango de tamaños buques considerado, no resulta posible eliminar las interferencias indicadas, sin incurrir en otras que comprometan en mayor medida el funcionamiento del atraque, se propone reducir la cota de todos o parte de los

conjuntos de defensas, en el entorno de 1.0 m, mediante la disposición en horizontal de las parejas de elastómeros, tal como se ha indicado anteriormente.

Para la validación de dicha alternativa se considera necesario evaluar el comportamiento de los buques de mayor porte mediante modelos de simulación dinámica, particularmente en situación de lastre y pleamar, al objeto de asegurar que ello no induce movimientos o tensiones en amarras inaceptables, en las condiciones de operación o permanencia requeridas.

- Interferencias de las líneas de amarre con los bolardos existentes en el muelle actual.

  Si bien se considera posible que las amarras se apoyen y deslicen sobre los bolardos, siempre que los ángulos verticales y las cargas que produzcan sean adecuados, se estima preferible reubicar los bolardos afectados, de forma que se elimine la necesidad de vigilancia y control de estas situaciones, minimizándose además el desgaste de las amarras.

  De acuerdo con ello, se plantea eliminar 3 bolardos y reubicar otros 7, retranqueándolos hasta la alineación de los ganchos destinados a los esprines de los buques gaseros.

  Puesto que se asume que los buques que operan en el atraque Oeste de Forestal del Atlántico emplean estos bolardos, se ha verificado preliminarmente la viabilidad de amarrarlos empleando los situados en la nueva ubicación planteada, estimándose necesario, no obstante, realizar un estudio de mayor profundidad en el que pueda contarse con información de detalle acerca de las características de los buques y los procedimientos de atraque y amarre seguidos por dicha compañía, para la validación de los sistemas de amarre correspondientes.

  Alternativamente, se ha analizado preliminarmente la posibilidad de que los buques de Forestal del Atlántico empleen el sistema de ganchos de escape rápido planteado para el nuevo atraque de REGANOSA, estimándose inicialmente que ello requeriría contar con cuatro ganchos de escape rápido adicionales.

  Análogamente a la situación anterior, en caso de que se pretendiese evaluar en profundidad esta posibilidad, debería acometerse un estudio de mayor detalle contando con la información necesaria a estos efectos.

- Interferencias de las líneas de amarre de los buques que operan en la terminal Este de Forestal del Atlántico con los ganchos de escape rápidos de la nueva terminal Este de Reganosa.

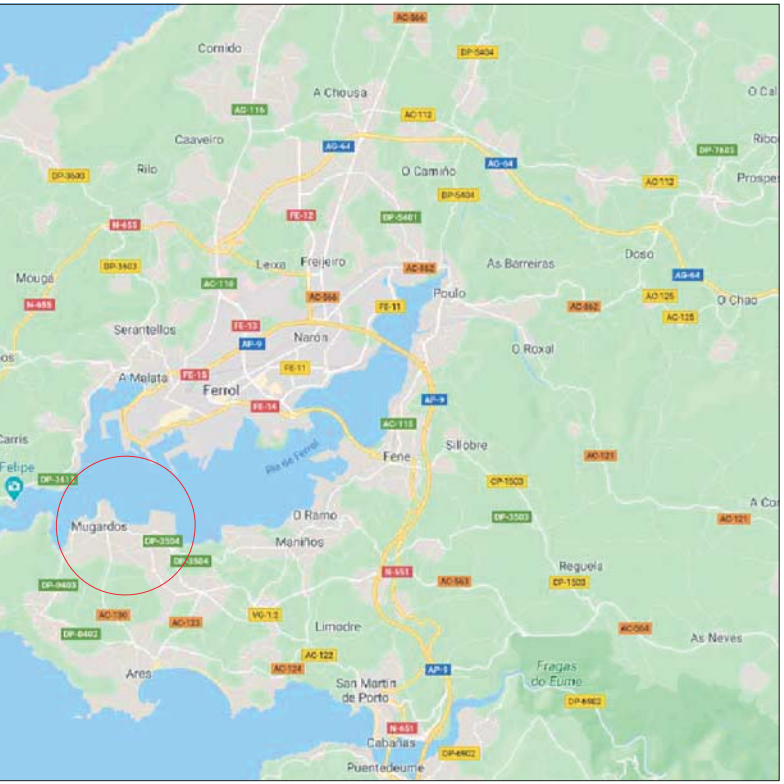
  Tras el análisis realizado, se comprueba que no se producirán este tipo de interferencia por la diferencia de cotas entre las líneas y los citados ganchos.

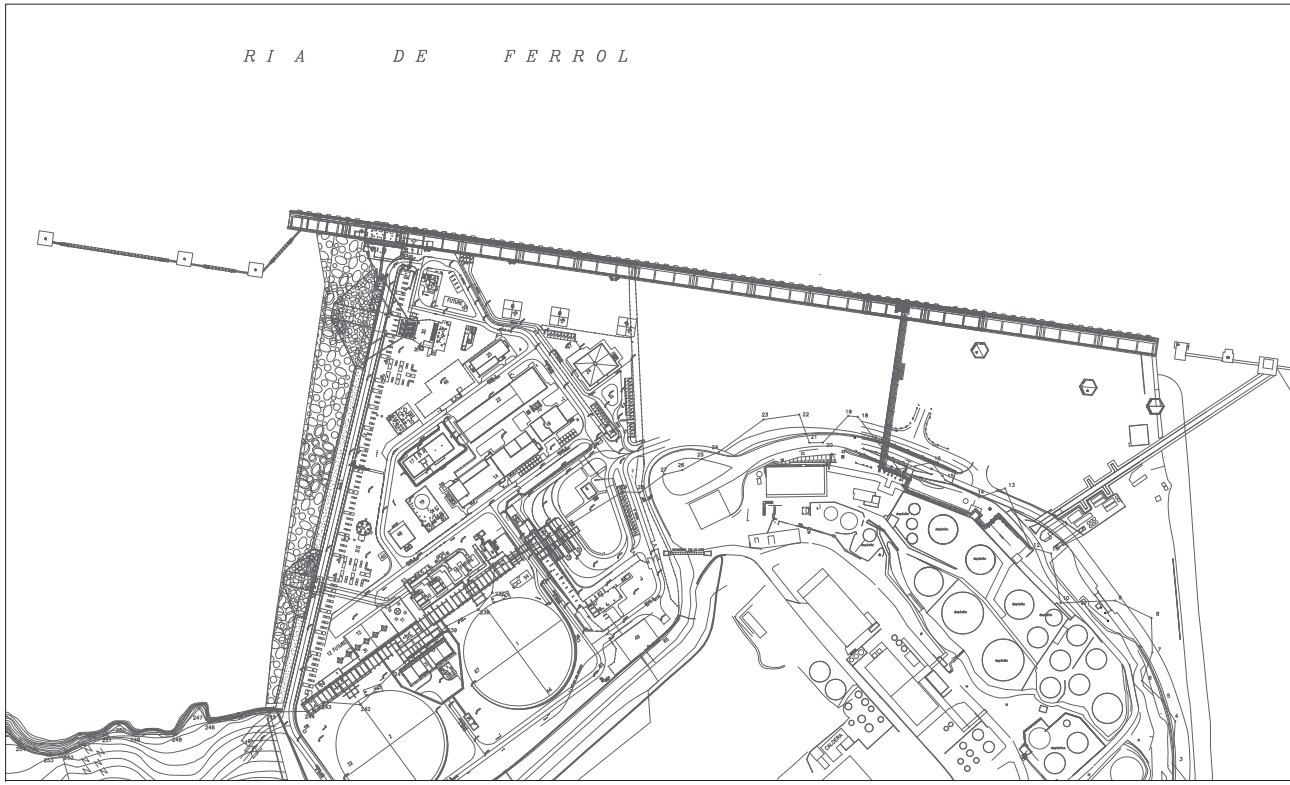
Anexo 1 – Planos

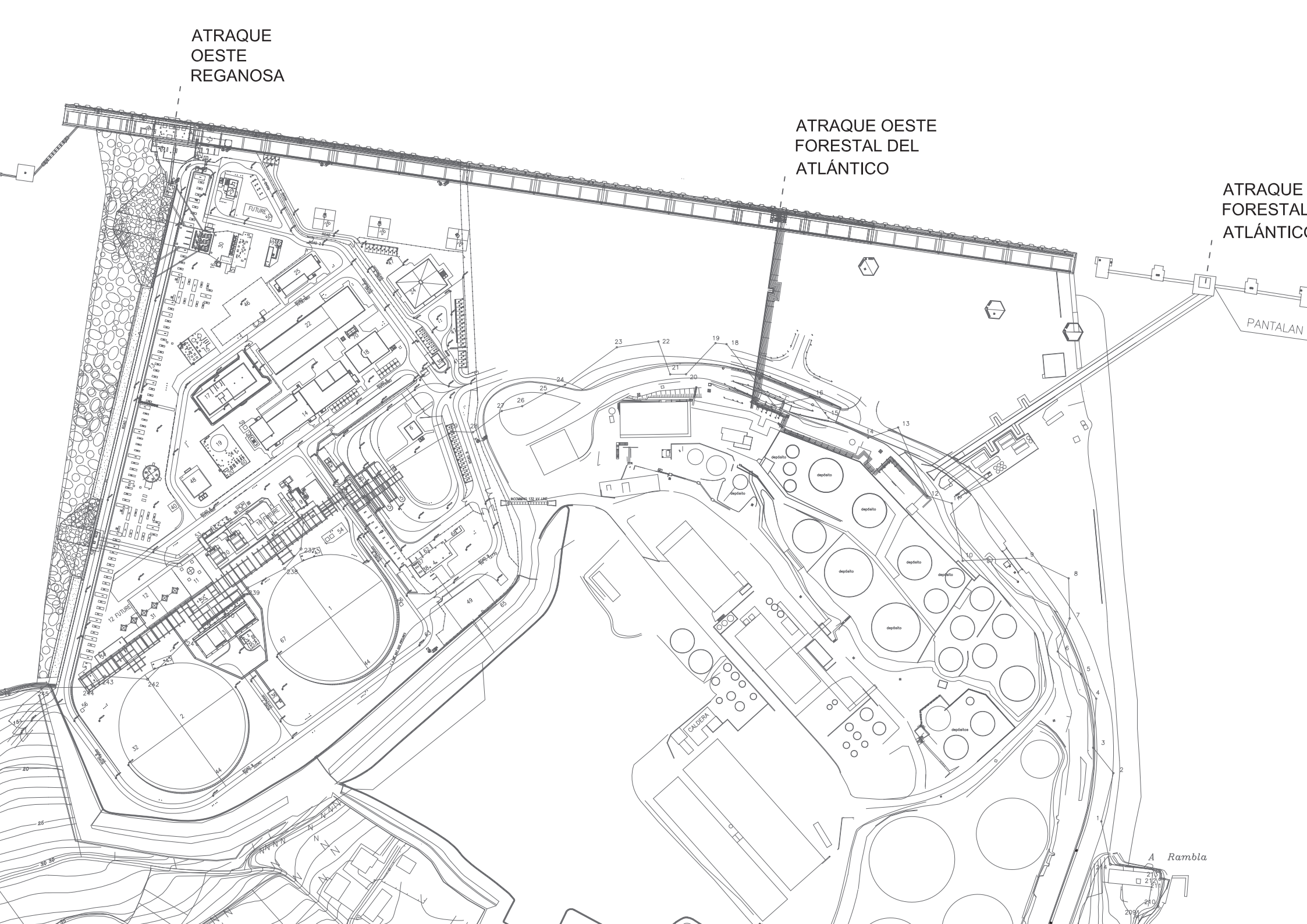
Índice de Planos

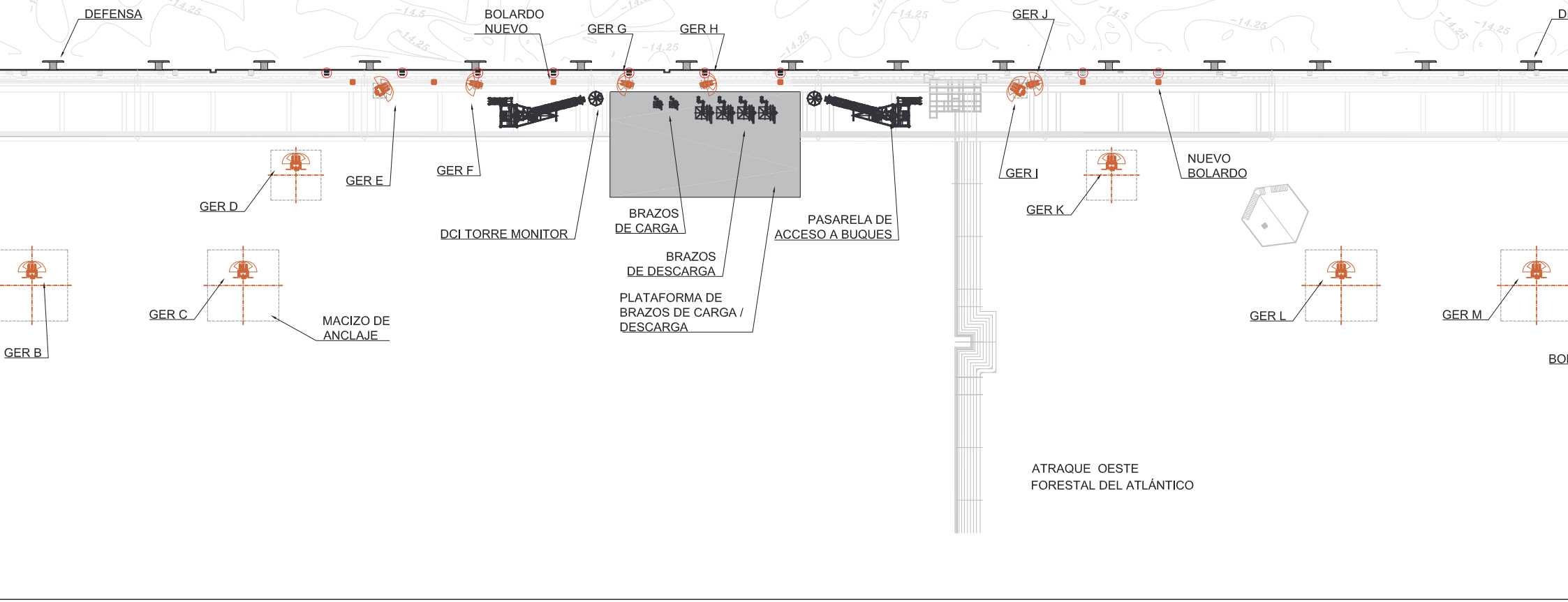
1. Situación y Emplazamiento
2. Estado Actual
3. Plot Plan General del Nuevo Atraque
4. Plataforma de Atraque
    4.1. Operación Buques Small Scale Mediante Brazos de Carga
    4.2. Operación Buques Small Scale Mediante Mangueras
5. Detalles: Defensas y Gers
6. Esquemas de Amarre
    6.1. Esquema de Amarre: Oizmendi
    6.2. Esquema de Amarre: Coral Methane
    6.3. Esquema de Amarre: Coral Favia
    6.4. Esquema de Amarre: Coral Energy
    6.5. Esquema de Amarre: Sestao Knutsen-L
    6.6. Esquema de Amarre: Yamal Spirit
    6.7. Esquema de Amarre: Q-Flex
    6.8. Esquema de Amarre: Q-Max

PUERTO INTERIOR DE FERROL






ATRAQUE
OESTE
REGANOSA
ATRAQUE OESTE
FORESTAL DEL
ATLÁNTICO
ATRAQUE
FORESTAL
ATLÁNTICO
PANTALAN
depósito
CALDERA
A Rambla



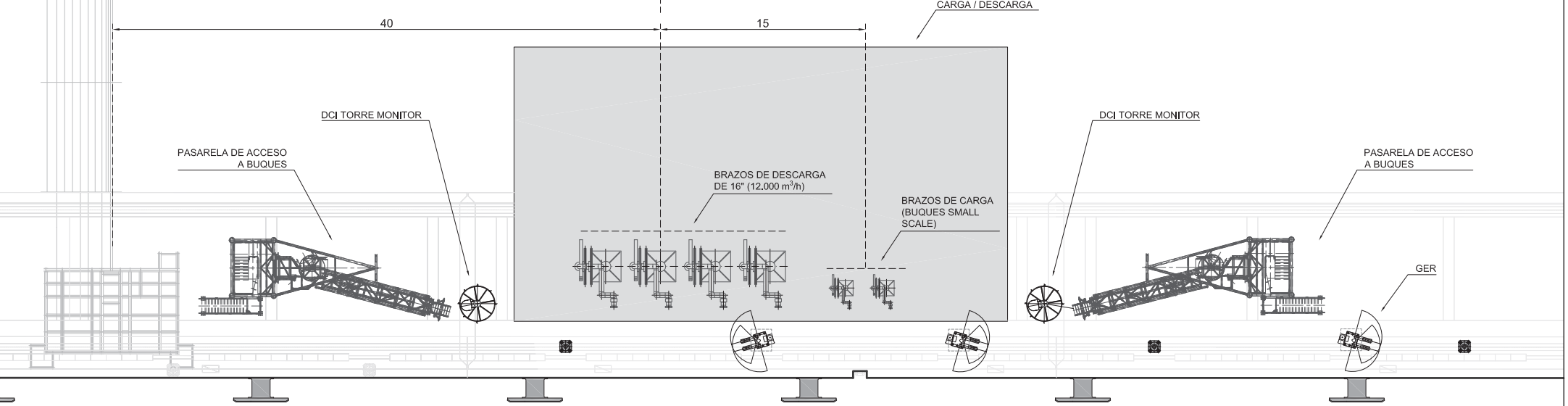
SCK-1450

VO

SINSTALAR

CLAJE

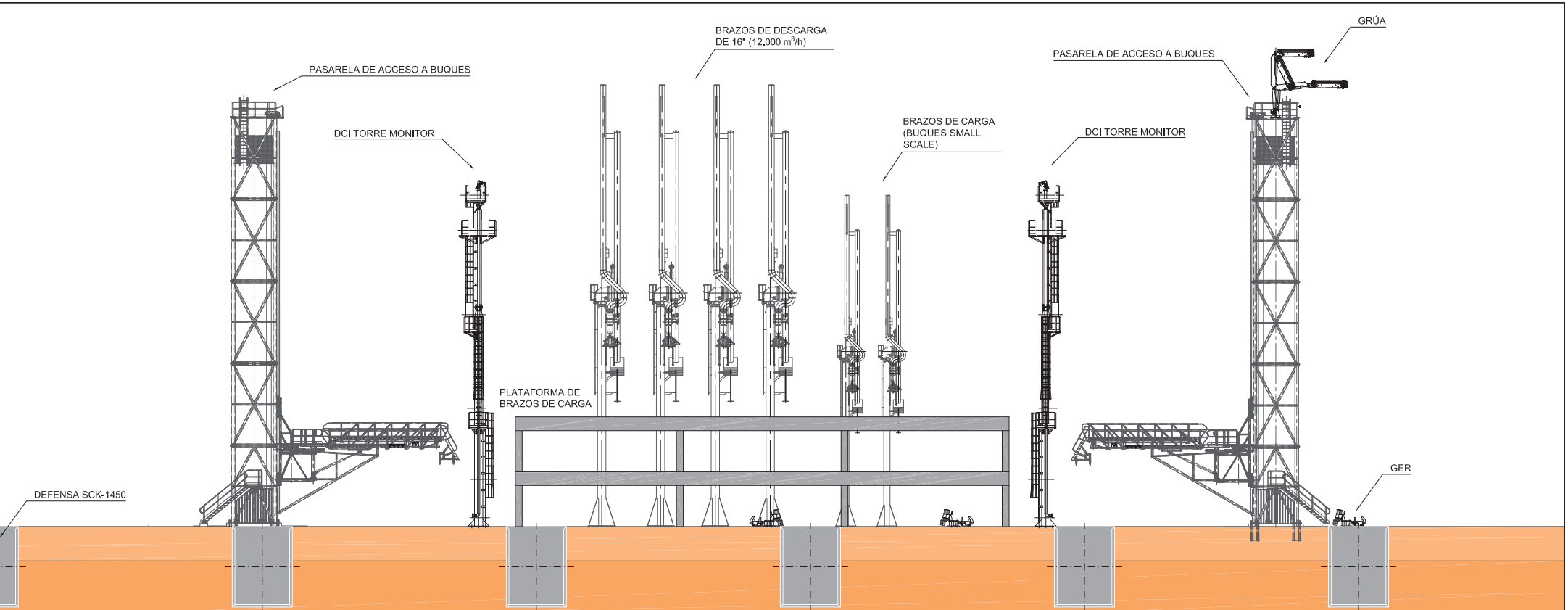
GANCHOS DE ESCAPE RÁPIDO			
GER	TIPO	SWL (t)	DIM.MUERTO (m)
A	Triple	150	13.50 x 13.50 x 2.50
B	Triple	150	13.50 x 13.50 x 2.50
C	Triple	150	13.50 x 13.50 x 2.50
D	Triple	70	9.50 x 9.50 x 2.50
E	Triple	70	-
F	Doble	150	-
G	Doble	70	-
H	Doble	70	-
I	Triple	70	-
J	Doble	150	-
K	Triple	70	9.50 x 9.50 x 2.50
L	Triple	150	13.50 x 13.50 x 2.50
M	Triple	150	13.50 x 13.50 x 2.50
N	Triple	150	13.50 x 13.50 x 2.50

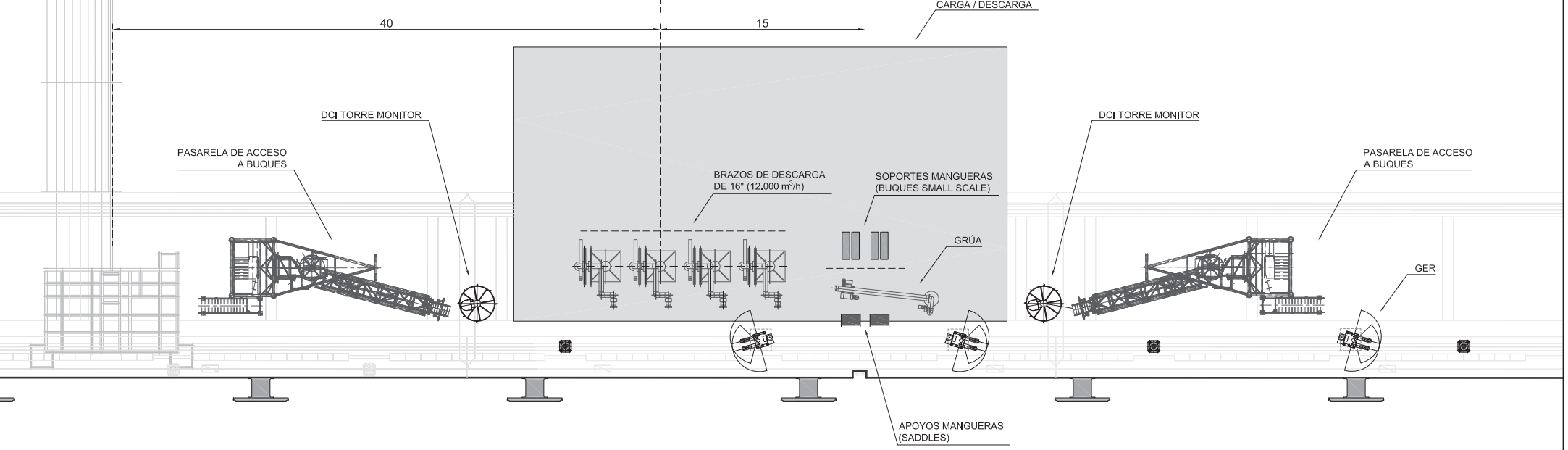


TA

A 1/400

otas en metros

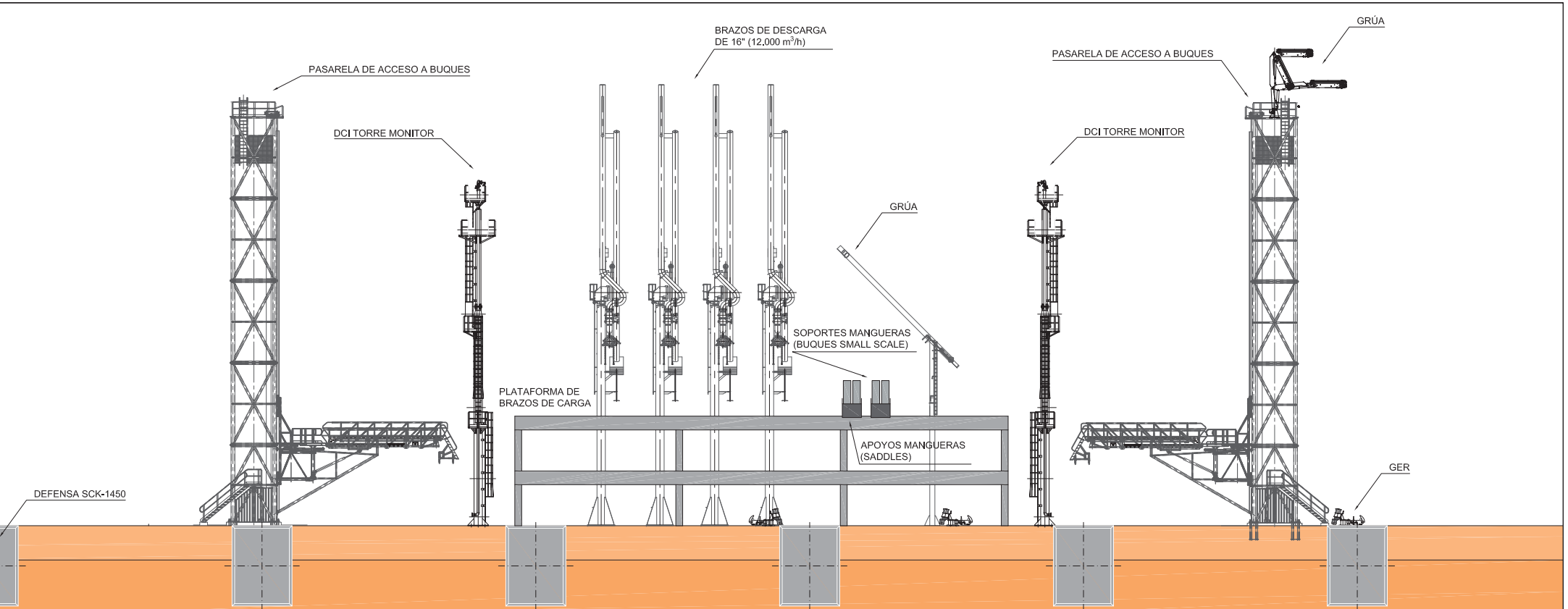


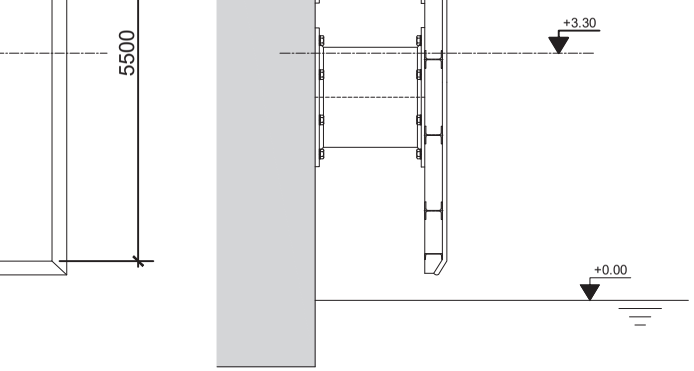


TA

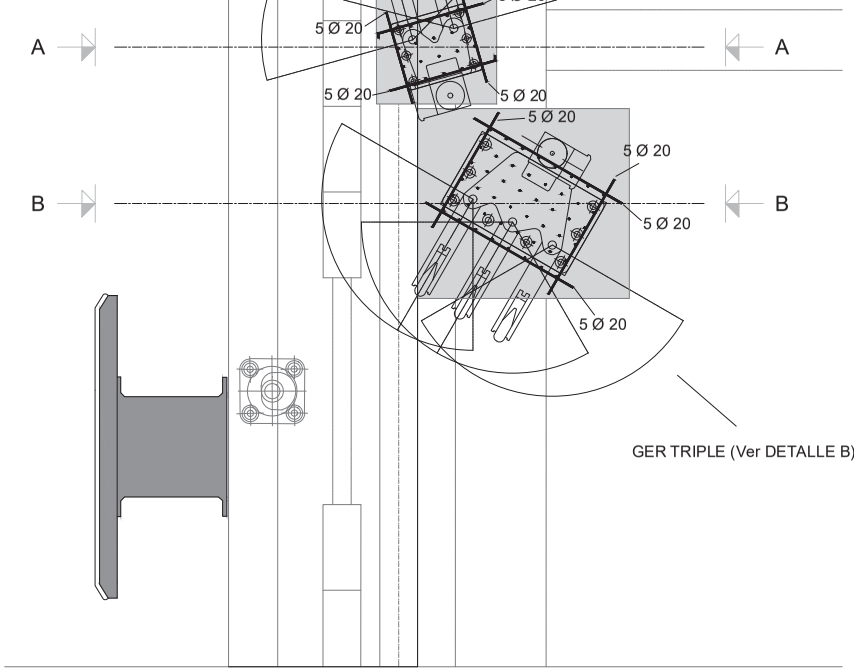
A 1/400

otas en metros





VISTA POR B

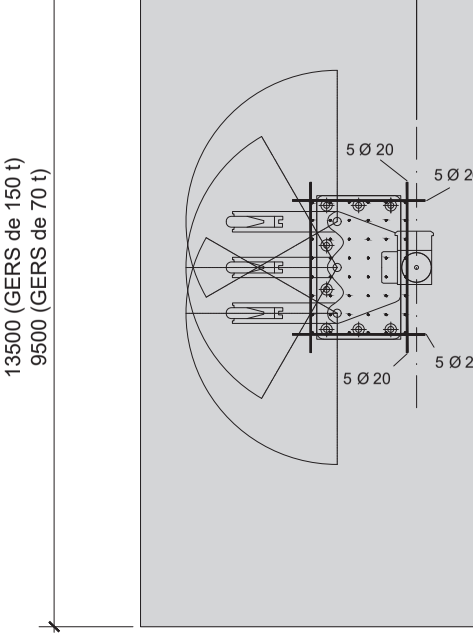


DETALLE AMARRE - PLANTA

GERS EN ZONA CANTIL

ESCALA 1:50

Nota: Cotas en mm



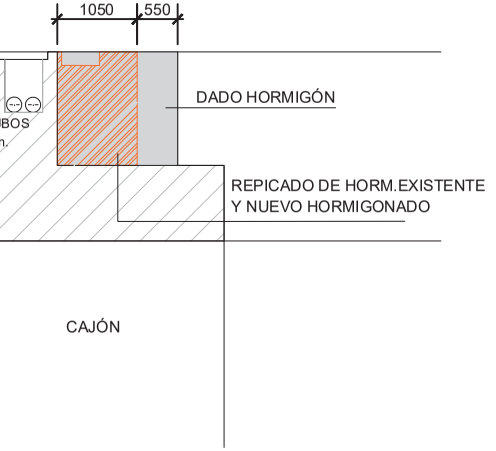
DETALLE AMARRE - PLANTA

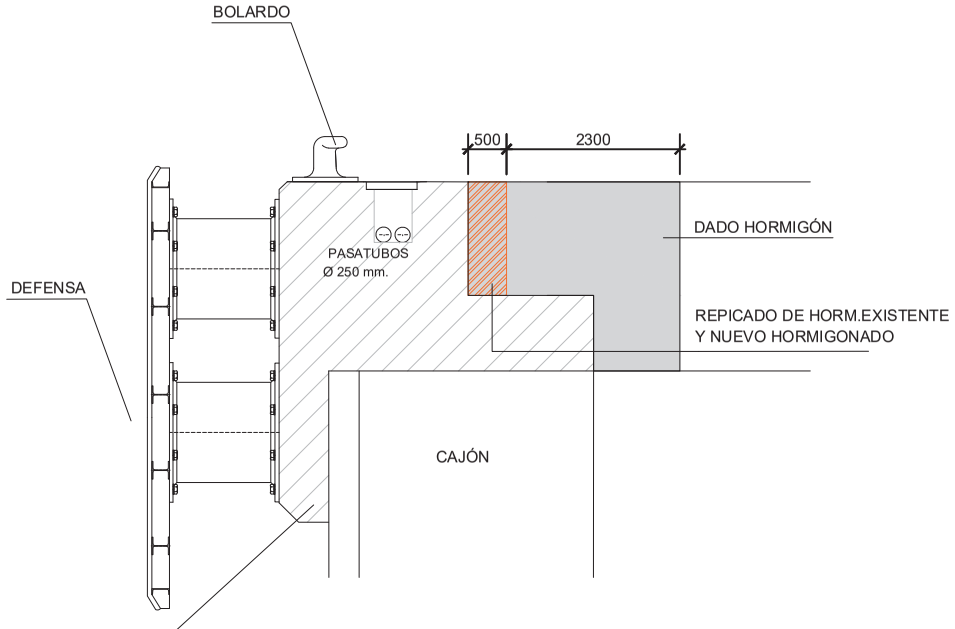
GERS TRIPLES 70 t EN MUERTOS DE HORM

GERS TRIPLES 150 t EN MUERTOS DE HOR

ESCALA 1:50

Nota: Cotas en mm

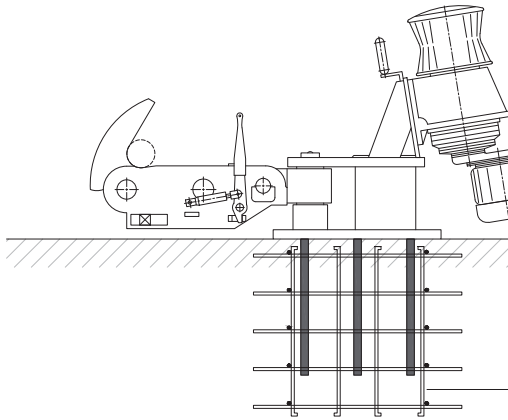




DETALLE A

GERS DOBLES

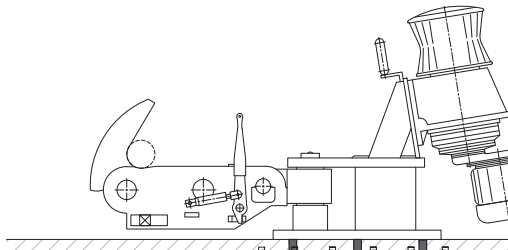
ESCALA 1:25

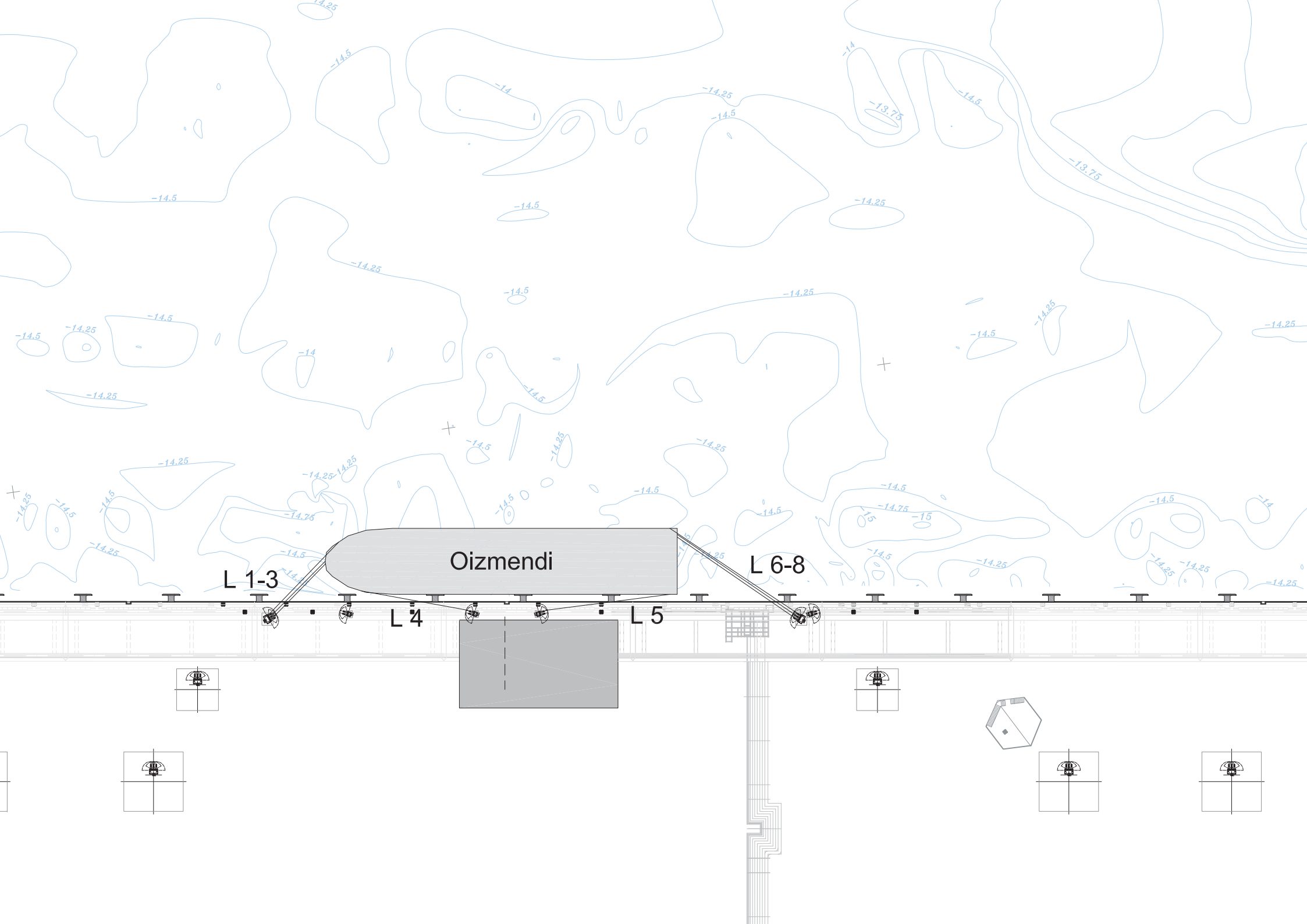


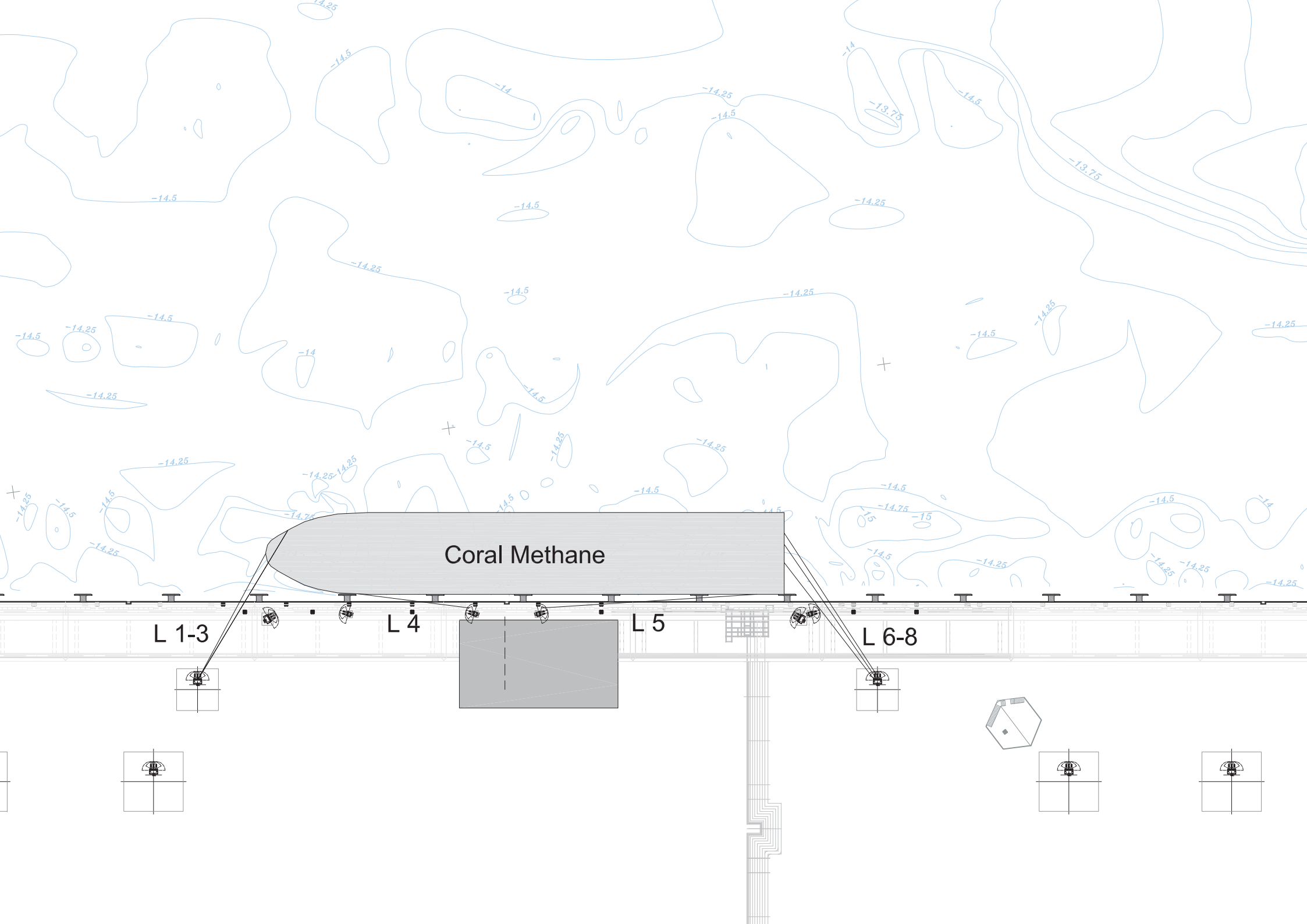
DETALLE B

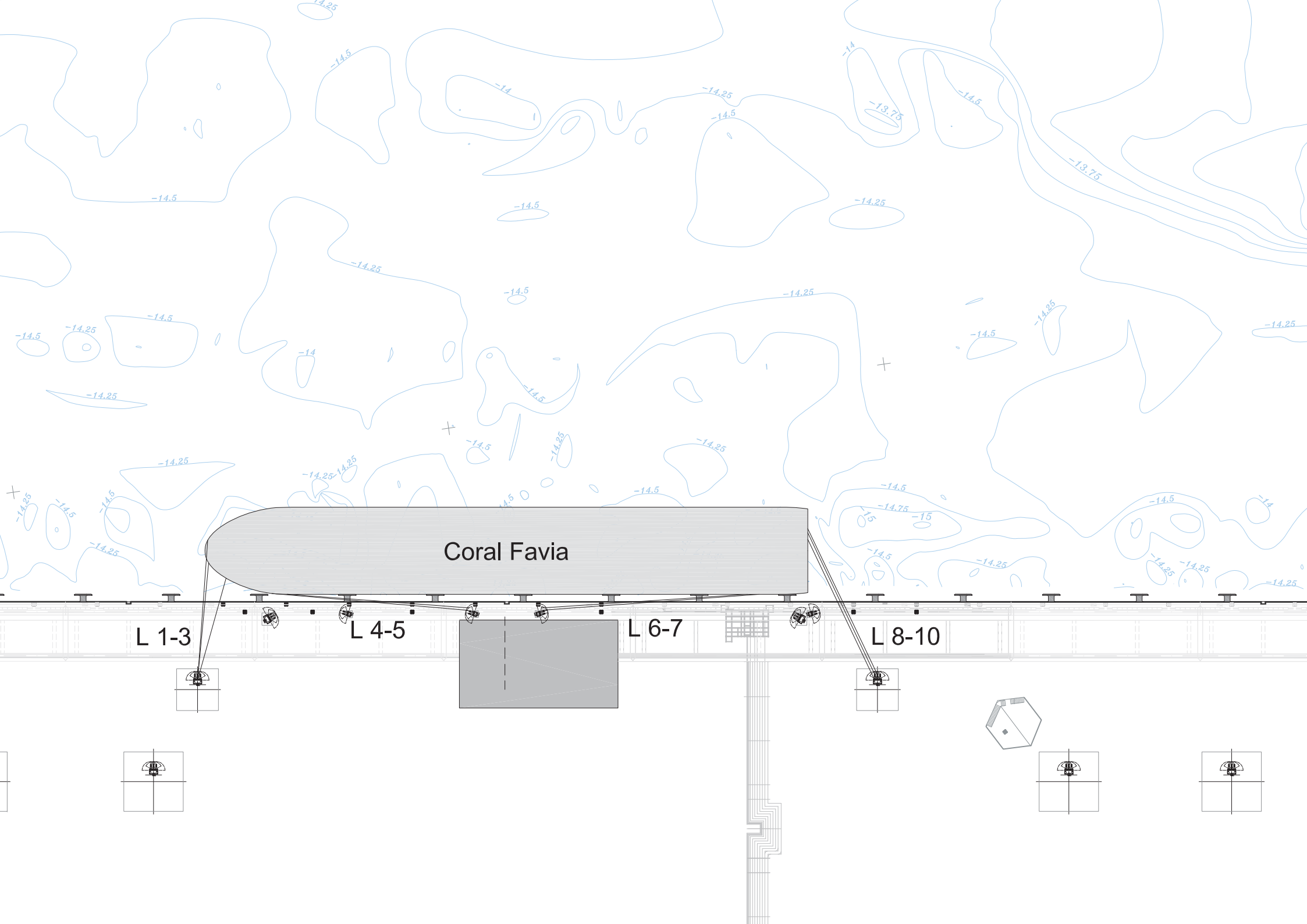
GERS TRIPLES

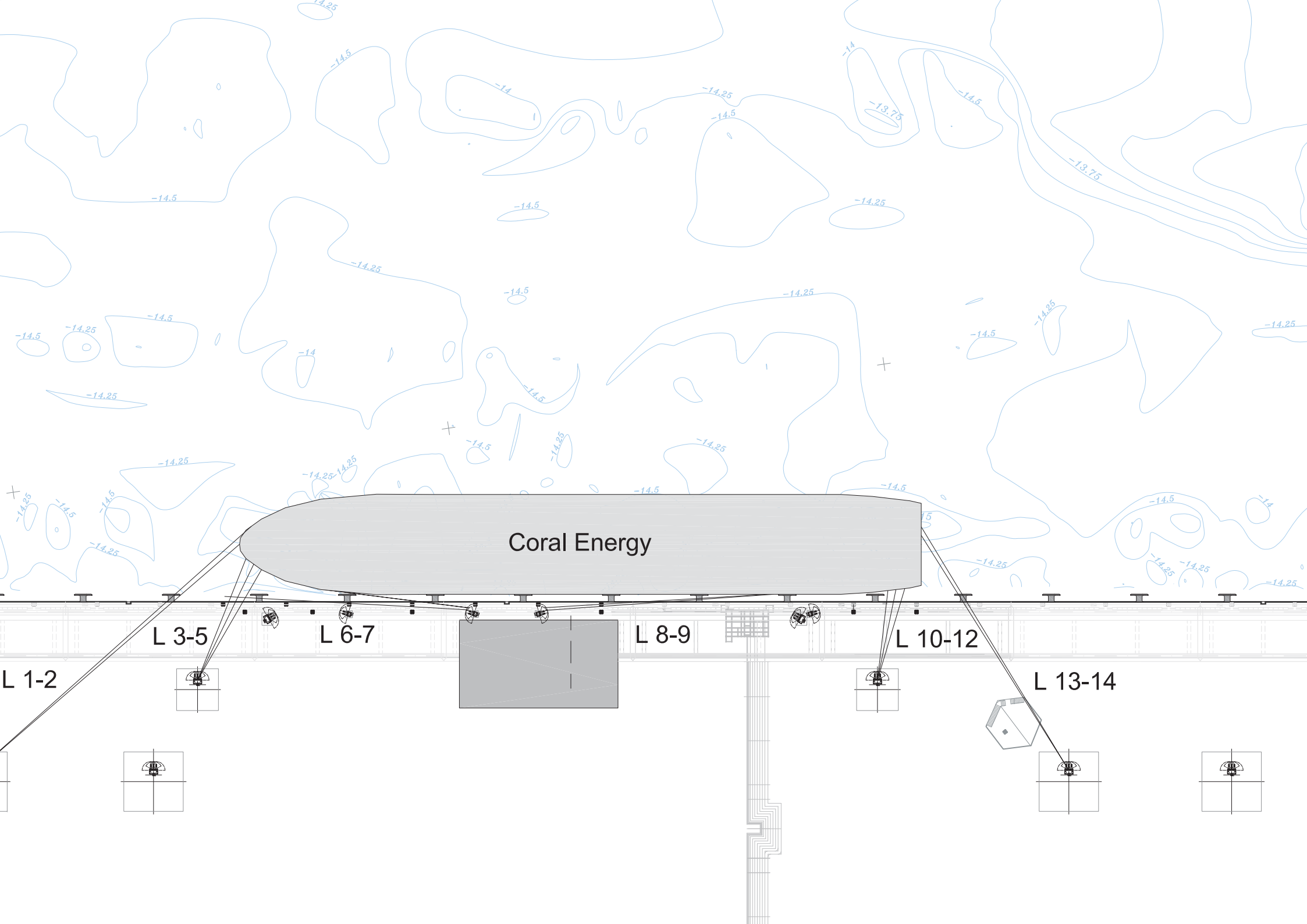
ESCALA 1:25

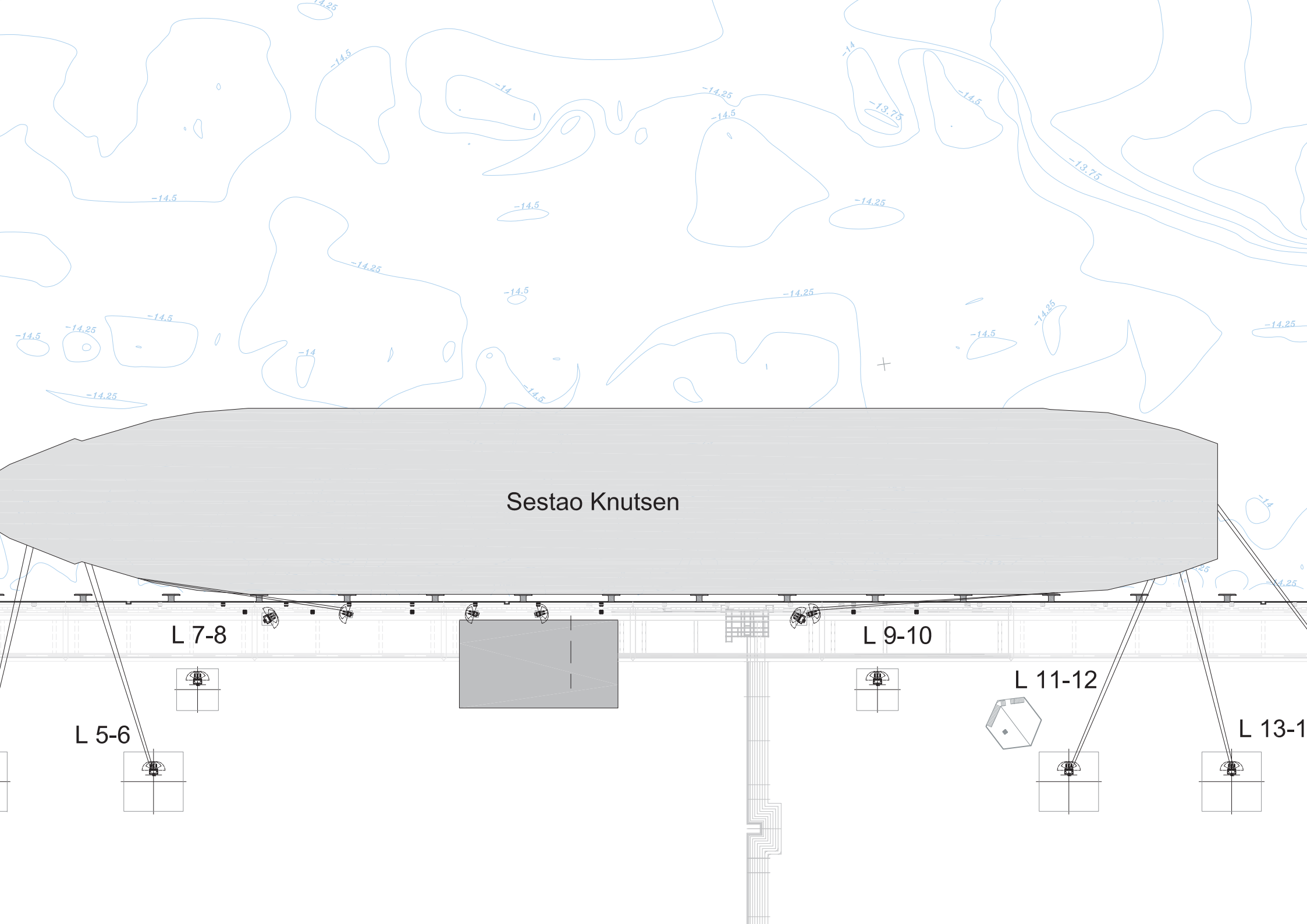


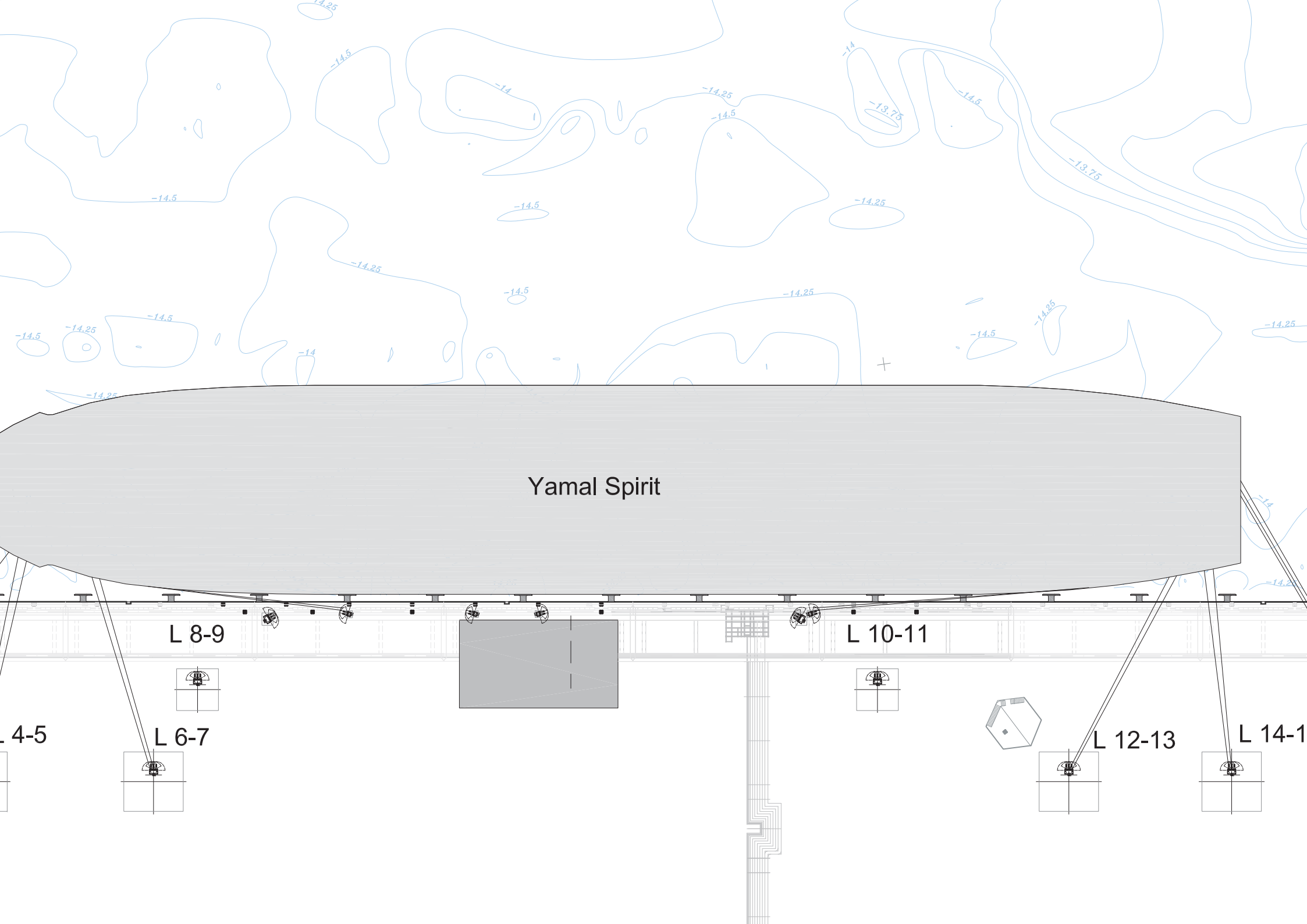

Oizmendi
L 1-3
L 4
L 5
L 6-8

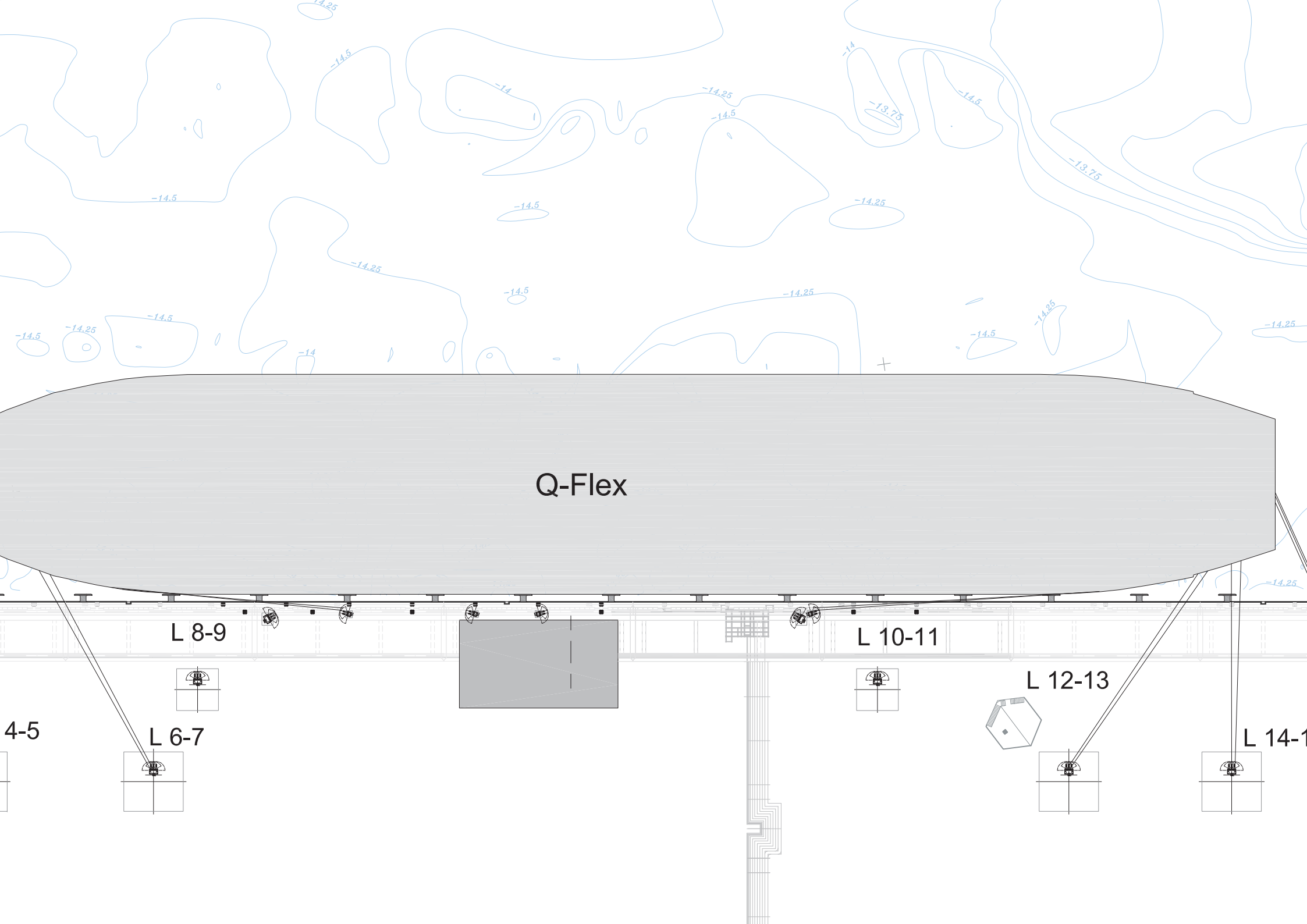

Coral Methane
L 1-3
L 4
L 5
L 6-8

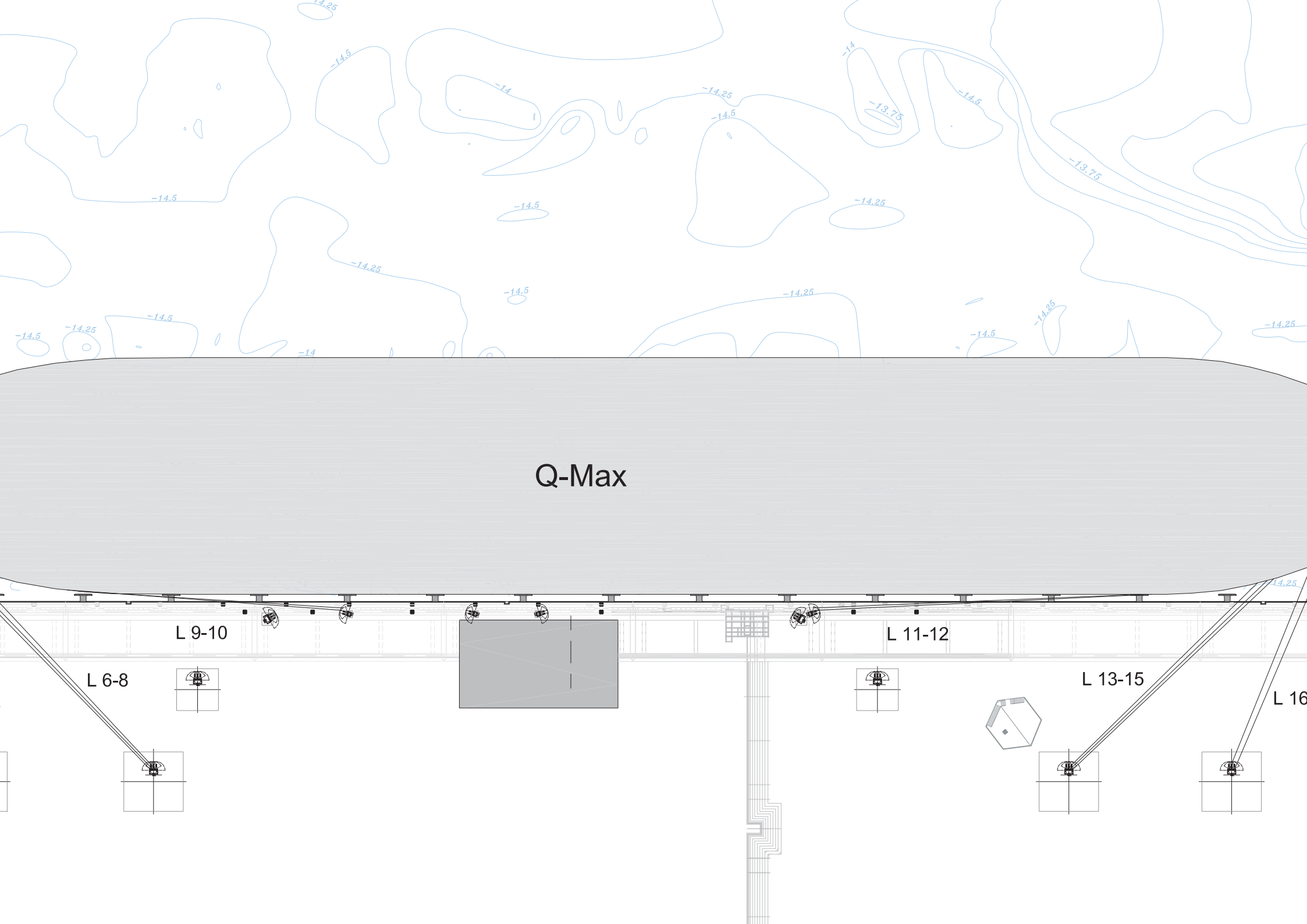

Coral Favia
L 1-3
L 4-5
L 6-7
L 8-10


Coral Energy
L 1-2
L 3-5
L 6-7
L 8-9
L 10-12
L 13-14


Sestao Knutsen
L 5-6
L 7-8
L 9-10
L 11-12
L 13-1


Yamal Spirit
L 8-9
L 10-11
L 4-5
L 6-7
L 12-13
L 14-1


Q-Flex
L 8-9
L 10-11
L 12-13
4-5
L 6-7
L 14-1


Q-Max
L 9-10
L 11-12
L 6-8
L 13-15
L 16

Anexo 2 – Resultados de cálculos modelo OPTIMOOR

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_PM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft:	± 2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd:	± 2.00
Permissible Vertical Movement:	± 3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

ff	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

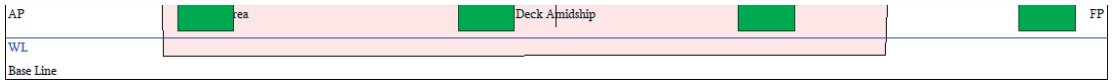
Vessel Data for 650 m³

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SS_Ozimendi_01.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at AP

LBP: 78.6
Breadth: 15.0
Depth: 5.3
Port Target: -1.0 fwd from midship -5.5 from CL and 5.0 above deck
Stbd Target: -1.0 fwd from midship 5.5 from CL and 5.0 above deck
End-on projected windage area: 115 above deck level
Side projected windage area: 320 above deck level
Fendering possible from: 0.358 LBP aft of midship
to: 0.485 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at AP

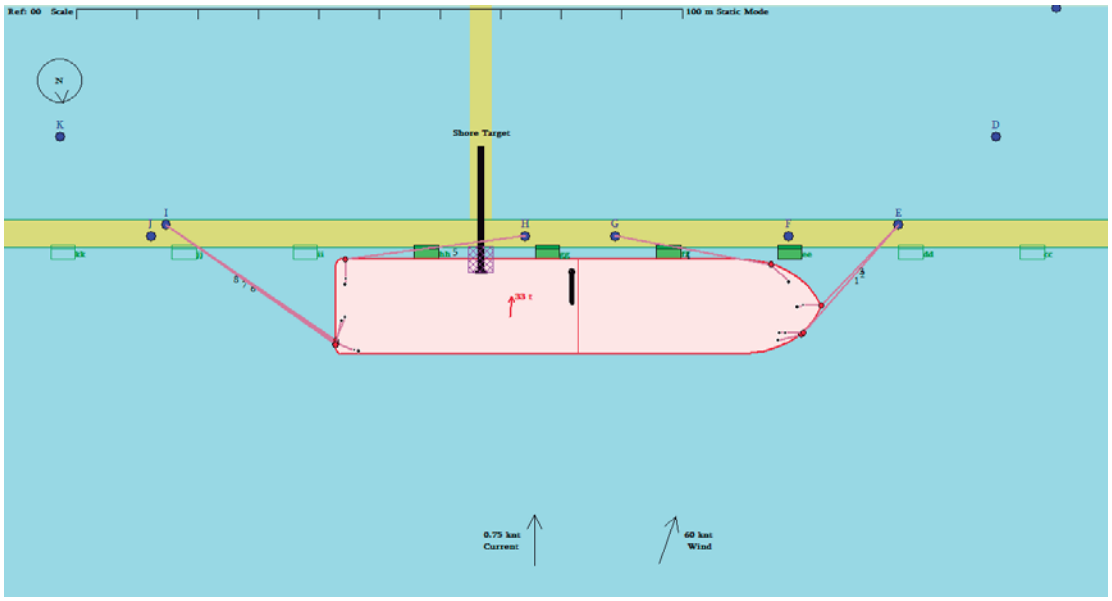
X-dist	11.2	11.3	62.8	62.9	77.4
Depth	0.0	3.6	3.6	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	76.2	-4.4	3.0	4.0		1.0	50 pp 23	
2	76.5	-4.2	3.0	4.0		1.0	51 pp 23	
3	79.5	0.2	3.0	4.0		1.0	40 pp 23	
4	71.2	6.7	3.0	4.0		0.3	42 pp 23	
5	0.9	7.5	3.0	4.0		0.3	43 pp 23	
6	-0.7	-5.4	3.0	4.0		0.3	45 pp 23	
7	-0.7	-5.8	3.0	4.0		1.0	46 pp 23	
8	-0.7	-6.1	3.0	4.0		1.0	47 pp 23	

Codes for Types of Line:
pp: polypropylene dry (broken-in)

Arrangement for 650 m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	2.93
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	11.1
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-3.6 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	151
Total Side Windage Area:	506

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	1.0	0.0	0.0

Movement of Vessel	0.54 (fwd)	0.02 (inw)	2.0° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.79 (aft)	-1.89 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.4			210°	7.2	32%
2-E	0.27	27.0			210°	7.4	32%
3-E	0.22	21.9			205°	9.1	40%
4-G	0.08	30.1			90°	2.8	12%
5-H	0.11	33.8			155°	6.4	28%
6-I	0.10	37.4			165°	7.5	33%
7-I	0.35	37.4			165°	9.4	41%
8-I	0.35	37.6			165°	9.5	41%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	10	0.02	high	0%
ff	9	0.01	0.4	100%
gg	11	0.02	0.5	100%
hh	22	0.04	1.0	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-15.8	17.7			23.7	11%	-42°	-1.2
F								
G	2.8	0.5			2.8	2%	80°	-0.1
H	-6.2	1.4			6.4	5%	-78°	-0.2
I	20.7	16.3			26.4	13%	52°	-0.8
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 31 Sway: 12 Roll: 4.3 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	2.93
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	11.1
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-3.6 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	151
Total Side Windage Area:	506

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-1.3	0.0	0.0

Movement of Vessel	0.69 (fwd)	0.02 (inw)	1.8° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.67 (aft)	-1.93 (out)	-0.3° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.4			205°	7.2	31%
2-E	0.27	27.0			205°	7.4	32%
3-E	0.22	21.9			205°	9.0	39%
4-G	0.08	30.1			90°	3.9	17%
5-H	0.11	33.8			160°	5.2	22%
6-I	0.10	37.4			165°	8.0	35%
7-I	0.35	37.4			165°	9.8	43%
8-I	0.35	37.6			165°	9.9	43%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	9	0.01	high	0%
ff	8	0.01	0.4	100%
gg	12	0.02	0.5	100%
hh	24	0.04	1.1	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-15.6	17.7			23.6	11%	-41°	-1.2
F								
G	3.8	0.7			3.9	3%	80°	-0.2
H	-5.0	1.1			5.2	4%	-78°	-0.2
I	21.8	17.0			27.7	13%	52°	-0.9
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 32 Sway: 12 Roll: 4.3 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	2.93
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	11.1
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-3.6 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	151
Total Side Windage Area:	506

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	0.5	-0.9	-0.2

Movement of Vessel	0.62 (fwd)	0.02 (inw)	1.9° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.77 (aft)	-1.94 (out)	-0.3° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.4			210°	7.5	33%
2-E	0.27	27.0			210°	7.7	33%
3-E	0.22	21.9			205°	9.5	41%
4-G	0.08	30.1			90°	3.5	15%
5-H	0.11	33.8			160°	5.8	25%
6-I	0.10	37.4			165°	7.8	34%
7-I	0.35	37.4			165°	9.6	42%
8-I	0.35	37.6			165°	9.7	42%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	9	0.01	high	0%
ff	8	0.01	0.4	100%
gg	11	0.02	0.5	100%
hh	23	0.04	1.1	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-16.3	18.4			24.6	12%	-42°	-1.3
F								
G	3.4	0.6			3.5	3%	80°	-0.1
H	-5.6	1.3			5.8	4%	-78°	-0.2
I	21.3	16.8			27.1	13%	52°	-0.9
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 32 Sway: 12 Roll: 4.3 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	2.93
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	11.1
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-3.6 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	151
Total Side Windage Area:	506

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.6	-1.1	0.4

Movement of Vessel	0.65 (fwd)	0.02 (inw)	1.9° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.76 (aft)	-1.97 (out)	-0.3° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.4			205°	7.4	32%
2-E	0.27	27.0			205°	7.5	33%
3-E	0.22	21.9			205°	9.3	40%
4-G	0.08	30.1			90°	3.6	15%
5-H	0.11	33.8			160°	5.8	25%
6-I	0.10	37.4			165°	8.1	35%
7-I	0.35	37.4			165°	10.0	43%
8-I	0.35	37.6			165°	10.1	44%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	9	0.01	high	0%
ff	8	0.01	0.4	100%
gg	11	0.02	0.5	100%
hh	22	0.04	1.0	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-16.0	18.1			24.2	12%	-42°	-1.2
F								
G	3.5	0.6			3.6	3%	80°	-0.1
H	-5.7	1.3			5.8	4%	-77°	-0.2
I	22.2	17.5			28.3	13%	52°	-0.9
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 32 Sway: 12 Roll: 4.3 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	2.93
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	11.1
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-3.6 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	151
Total Side Windage Area:	506

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	0.0	1.3	0.0

Movement of Vessel	0.57 (fwd)	0.02 (inw)	1.9° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.69 (aft)	-1.85 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.4			205°	7.0	30%
2-E	0.27	27.0			205°	7.1	31%
3-E	0.22	21.9			205°	8.8	38%
4-G	0.08	30.1			90°	3.0	13%
5-H	0.11	33.8			160°	5.7	25%
6-I	0.10	37.4			165°	7.4	32%
7-I	0.35	37.4			165°	9.2	40%
8-I	0.35	37.6			165°	9.3	41%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	9	0.01	high	0%
ff	9	0.01	0.4	100%
gg	12	0.02	0.5	100%
hh	23	0.04	1.0	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-15.2	17.1			22.9	11%	-42°	-1.2
F								
G	2.9	0.5			3.0	2%	80°	-0.1
H	-5.5	1.2			5.7	4%	-78°	-0.2
I	20.4	16.0			26.0	12%	52°	-0.8
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 32 Sway: 12 Roll: 4.3 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_BM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ±	2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ±	2.00
Permissible Vertical Movement: ±	3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

Vessel Data for 650 m³

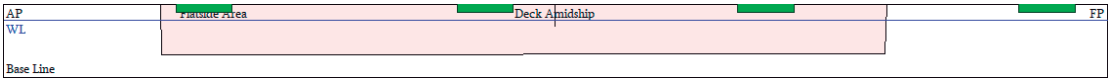
(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SS_Ozimendi_01.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at AP

LBP: 78.6
Breadth: 15.0
Depth: 5.3
Port Target: -1.0 fwd from midship -5.5 from CL and 5.0 above deck
Stbd Target: -1.0 fwd from midship 5.5 from CL and 5.0 above deck
End-on projected windage area: 115 above deck level
Side projected windage area: 320 above deck level
Fendering possible from: 0.358 LBP aft of midship
to: 0.485 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

---

Flatside Contour — Longitudinal datum at AP

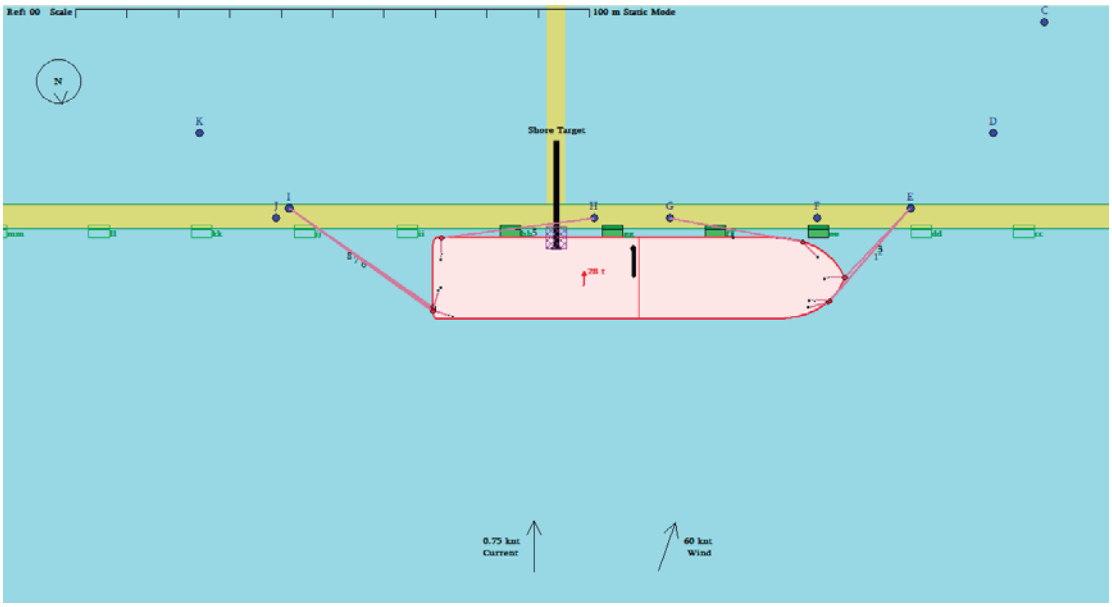
X-dist	11.2	11.3	62.8	62.9	77.4
Depth	0.0	3.6	3.6	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	76.2	-4.4	3.0	4.0		1.0	50 pp 23	
2	76.5	-4.2	3.0	4.0		1.0	51 pp 23	
3	79.5	0.2	3.0	4.0		1.0	40 pp 23	
4	71.2	6.7	3.0	4.0		0.3	42 pp 23	
5	0.9	7.5	3.0	4.0		0.3	43 pp 23	
6	-0.7	-5.4	3.0	4.0		0.3	45 pp 23	
7	-0.7	-5.8	3.0	4.0		1.0	46 pp 23	
8	-0.7	-6.1	3.0	4.0		1.0	47 pp 23	

Codes for Types of Line:
pp: polypropylene dry (broken-in)

Arrangement for 650 m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	4.17
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	9.83
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-4.9 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	132
Total Side Windage Area:	409

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	1.4	0.0	0.0

Movement of Vessel	0.43 (fwd)	0.01 (inw)	1.8° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.76 (aft)	-1.58 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.5			210°	5.9	26%
2-E	0.27	27.1			210°	6.0	26%
3-E	0.22	22.0			210°	7.3	32%
4-G	0.08	30.2			90°	2.1	9%
5-H	0.11	33.9			160°	5.8	25%
6-I	0.10	37.5			165°	5.9	26%
7-I	0.35	37.5			165°	7.6	33%
8-I	0.35	37.6			165°	7.7	34%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	8	0.01	high	0%
ff	7	0.01	0.3	100%
gg	9	0.01	0.4	100%
hh	17	0.03	0.8	100%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-12.8	14.1			19.2	9%	-42°	-2.1
F								
G	2.1	0.4			2.1	2%	80°	-0.2
H	-5.7	1.2			5.8	4%	-78°	-0.4
I	16.7	13.0			21.2	10%	52°	-1.4
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 37 Sway: 15 Roll: 4.0 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	4.17
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	9.83
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-4.9 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	132
Total Side Windage Area:	409

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-1.6	0.0	0.0

Movement of Vessel	0.65 (fwd)	0.01 (inw)	1.6° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.57 (aft)	-1.65 (out)	-0.3° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.5			205°	6.0	26%
2-E	0.27	27.1			205°	6.0	26%
3-E	0.22	22.0			205°	7.3	32%
4-G	0.08	30.2			90°	3.5	15%
5-H	0.11	33.9			165°	4.2	18%
6-I	0.10	37.5			165°	6.6	29%
7-I	0.35	37.5			165°	8.3	36%
8-I	0.35	37.6			165°	8.4	37%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	7	0.01	high	0%
ff	7	0.01	0.3	100%
gg	10	0.02	0.4	100%
hh	20	0.03	0.9	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-12.8	14.3			19.3	9%	-42°	-2.1
F								
G	3.5	0.6			3.5	3%	80°	-0.3
H	-4.1	0.9			4.2	3%	-78°	-0.3
I	18.4	14.2			23.3	11%	52°	-1.6
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 39 Sway: 15 Roll: 4.0 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	4.17
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	9.83
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-4.9 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	132
Total Side Windage Area:	409

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	0.6	-2.1	-0.6

Movement of Vessel	0.60 (fwd)	0.01 (inw)	1.6° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.70 (aft)	-1.69 (out)	-0.4° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.5			210°	6.6	29%
2-E	0.27	27.1			210°	6.7	29%
3-E	0.22	22.0			205°	8.1	35%
4-G	0.08	30.2			90°	3.4	15%
5-H	0.11	33.9			165°	4.7	20%
6-I	0.10	37.5			165°	6.4	28%
7-I	0.35	37.5			165°	8.1	35%
8-I	0.35	37.6			165°	8.2	36%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	7	0.01	high	0%
ff	6	0.01	0.3	100%
gg	9	0.01	0.4	100%
hh	20	0.03	0.9	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-14.1	15.8			21.4	10%	-42°	-2.3
F								
G	3.3	0.6			3.4	2%	79°	-0.3
H	-4.6	1.0			4.7	3%	-78°	-0.4
I	18.0	13.8			22.7	11%	52°	-1.5
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 37 Sway: 15 Roll: 4.0 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	4.17
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	9.83
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-4.9 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	132
Total Side Windage Area:	409

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.7	-2.3	0.8

Movement of Vessel	0.57 (fwd)	0.01 (inw)	1.8° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.74 (aft)	-1.76 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.5			210°	6.2	27%
2-E	0.27	27.1			210°	6.3	28%
3-E	0.22	22.0			205°	7.8	34%
4-G	0.08	30.2			90°	3.0	13%
5-H	0.11	33.9			160°	5.5	24%
6-I	0.10	37.5			165°	7.1	31%
7-I	0.35	37.5			160°	8.8	38%
8-I	0.35	37.6			160°	9.0	39%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	9	0.01	high	0%
ff	7	0.01	0.3	100%
gg	8	0.01	0.4	100%
hh	17	0.03	0.8	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-13.5	15.0			20.3	10%	-42°	-2.2
F								
G	3.0	0.5			3.0	2%	80°	-0.3
H	-5.4	1.2			5.5	4%	-78°	-0.4
I	19.6	15.3			24.9	12%	52°	-1.7
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 39 Sway: 15 Roll: 4.0 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 650 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Ozimendi\Futura_Ozimendi_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	4.17
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	9.83
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-4.9 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	132
Total Side Windage Area:	409

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	0.0	2.3	-0.1

Movement of Vessel	0.48 (fwd)	0.01 (inw)	1.6° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.61 (aft)	-1.49 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-E	0.27	27.5			205°	5.5	24%
2-E	0.27	27.1			210°	5.6	24%
3-E	0.22	22.0			205°	6.8	29%
4-G	0.08	30.2			90°	2.3	10%
5-H	0.11	33.9			165°	4.6	20%
6-I	0.10	37.5			165°	5.7	25%
7-I	0.35	37.5			165°	7.3	32%
8-I	0.35	37.6			165°	7.4	32%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	8	0.01	high	0%
ff	8	0.01	0.3	100%
gg	10	0.02	0.5	100%
hh	18	0.03	0.8	100%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D								
E	-11.9	13.2			17.8	8%	-42°	-1.9
F								
G	2.3	0.4			2.3	2%	80°	-0.2
H	-4.5	0.9			4.6	3%	-79°	-0.4
I	16.2	12.4			20.4	10%	53°	-1.4
J								
K								
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 39 Sway: 15 Roll: 4.0 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_PM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft:	± 2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd:	± 2.00
Permissible Vertical Movement:	± 3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

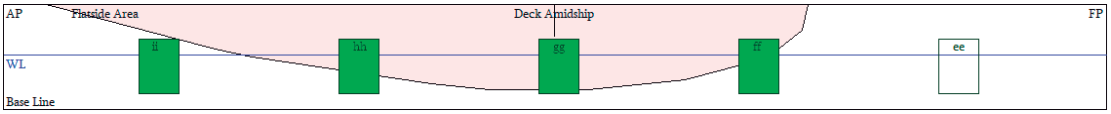
Vessel Data for 7500m³

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SS_Coral_Methane.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 110.2
Breadth: 18.6
Depth: 10.6
Port Target: 4.4 fwd from midship -6.3 from CL and 11.9 above deck
Stbd Target: 4.4 fwd from midship 6.3 from CL and 11.9 above deck
End-on projected windage area: 225 above deck level
Side projected windage area: 705 above deck level
Fendering possible from: 0.461 LBP aft of midship
to: 0.236 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at Midship

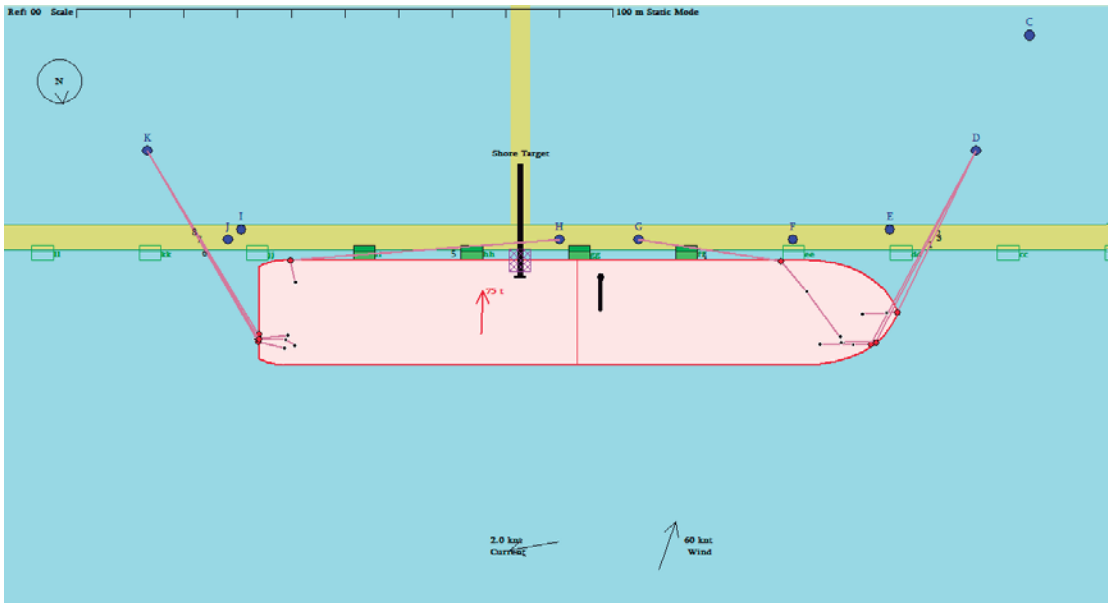
X-dist	-50.8	-34.0	-30.3	-12.3	-6.6	3.4	13.1	21.3	24.7	25.3	26.0
Depth	0.0	4.4	5.3	8.0	8.6	8.6	7.5	5.4	2.6	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	54.8	-5.7	4.5	9.5		4	54 pp 45	
2	55.7	-5.3	4.5	6.5		4	54 pp 45	
3	59.7	0.1	4.5	6.5		4	54 pp 45	
4	38.0	9.2	4.5	17.5		4	54 pp 45	
5	-53.5	9.3	3.2	4.0		4	54 pp 45	
6	-59.4	-5.2	3.2	5.0		4	54 pp 45	
7	-59.3	-3.9	3.2	7.0		4	52 pp 45	
8	-59.3	-4.7	3.2	7.0		4	52 pp 45	

Codes for Types of Line:
pp: polypropylene dry (broken-in)

Arrangement for 7500m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.51
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.9
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.5 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	320
Total Side Windage Area:	1266

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	2.7	0.0	0.0

Movement of Vessel	0.87 (fwd)	0.05 (inw)	0.8° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.49 (aft)	-1.54 (out)	-0.4° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.82	49.1			210°	14.5	32%
2-D	0.76	45.3			210°	15.5	34%
3-D	0.65	39.0			210°	17.7	39%
4-G	0.77	44.5			80°	11.6	26%
5-H	0.88	53.8			280°	14.9	33%
6-K	0.77	44.5			165°	18.6	41%
7-K	0.78	45.5			160°	17.9	40%
8-K	0.79	46.1			160°	17.9	40%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	46	0.07	6.0	35%
gg	31	0.05	1.5	94%
hh	79	0.13	5.6	64%
ii	32	0.05	high	0%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-22.0	41.3			47.7	23%	-28°	9.3
E								
F								
G	11.1	1.7			11.6	8%	81°	3.0
H	-14.8	1.2			14.9	11%	-85°	1.8
I								
J								
K	26.8	46.7			54.4	26%	30°	8.1
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 61 Sway: 22 Roll: 3.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.51
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.9
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.5 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	320
Total Side Windage Area:	1266

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-3.5	0.0	0.0

Movement of Vessel	1.30 (fwd)	0.05 (inw)	0.6° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.98 (aft)	-1.55 (out)	-0.6° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.82	49.1			210°	14.1	31%
2-D	0.76	45.3			210°	15.2	34%
3-D	0.65	39.0			210°	17.5	39%
4-G	0.77	44.5			80°	15.9	35%
5-H	0.88	53.8			280°	10.6	24%
6-K	0.77	44.5			160°	19.1	42%
7-K	0.78	45.5			160°	18.4	41%
8-K	0.79	46.1			160°	18.3	41%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	41	0.07	5.0	37%
gg	34	0.05	1.7	94%
hh	86	0.14	6.2	63%
ii	22	0.04	high	0%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-21.2	40.7			46.8	22%	-28°	9.1
E								
F								
G	15.2	2.3			15.9	11%	81°	4.1
H	-10.5	0.8			10.6	8%	-86°	1.3
I								
J								
K	27.9	47.6			55.8	27%	30°	8.3
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 61 Sway: 26 Roll: 4.7 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.51
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.9
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.5 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	320
Total Side Windage Area:	1266

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	1.3	-2.9	-0.8

Movement of Vessel	1.04 (fwd)	0.05 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.36 (aft)	-1.60 (out)	-0.5° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.82	49.1			210°	15.1	34%
2-D	0.76	45.3			210°	16.2	36%
3-D	0.65	39.0			210°	18.6	41%
4-G	0.77	44.5			80°	13.4	30%
5-H	0.88	53.8			280°	13.8	31%
6-K	0.77	44.5			165°	19.0	42%
7-K	0.78	45.5			165°	18.3	41%
8-K	0.79	46.1			165°	18.3	41%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	42	0.07	5.3	36%
gg	29	0.05	1.4	94%
hh	82	0.13	5.9	64%
ii	31	0.05	high	0%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-22.8	43.3			49.9	24%	-28°	9.7
E								
F								
G	12.8	2.0			13.4	10%	81°	3.5
H	-13.6	1.1			13.8	10%	-85°	1.6
I								
J								
K	27.5	47.6			55.6	26%	30°	8.3
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 61 Sway: 26 Roll: 4.7 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.51
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.9
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.5 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	320
Total Side Windage Area:	1266

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-1.6	-3.3	1.0

Movement of Vessel	1.14 (fwd)	0.05 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.26 (aft)	-1.61 (out)	-0.5° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.82	49.1			210°	14.6	32%
2-D	0.76	45.3			210°	15.6	35%
3-D	0.65	39.0			210°	17.9	40%
4-G	0.77	44.5			80°	14.3	32%
5-H	0.88	53.8			280°	13.0	29%
6-K	0.77	44.5			160°	19.9	44%
7-K	0.78	45.5			160°	19.1	43%
8-K	0.79	46.1			160°	19.1	42%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	44	0.07	5.4	37%
gg	32	0.05	1.6	94%
hh	80	0.13	5.7	63%
ii	24	0.04	high	0%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-21.9	41.8			48.1	23%	-28°	9.4
E								
F								
G	13.6	2.1			14.3	10%	81°	3.7
H	-12.9	1.0			13.0	9%	-85°	1.5
I								
J								
K	28.8	49.7			58.1	28%	30°	8.7
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 61 Sway: 26 Roll: 4.7 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.51
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.9
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.5 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	320
Total Side Windage Area:	1266

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	0.0	4.0	-0.1

Movement of Vessel	1.02 (fwd)	0.05 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.21 (aft)	-1.46 (out)	-0.4° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.82	49.1			210°	13.7	30%
2-D	0.76	45.3			210°	14.7	33%
3-D	0.65	39.0			210°	16.7	37%
4-G	0.77	44.5			80°	13.1	29%
5-H	0.88	53.8			280°	12.4	28%
6-K	0.77	44.5			165°	18.0	40%
7-K	0.78	45.5			160°	17.4	39%
8-K	0.79	46.1			160°	17.3	38%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	45	0.07	5.6	36%
gg	34	0.05	1.7	94%
hh	83	0.13	5.9	63%
ii	29	0.05	high	0%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-20.7	39.1			45.1	21%	-28°	8.8
E								
F								
G	12.5	1.9			13.1	9%	81°	3.4
H	-12.3	0.9			12.4	9%	-86°	1.5
I								
J								
K	26.2	45.0			52.7	25%	30°	7.9
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 61 Sway: 26 Roll: 4.7 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_BM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ±	2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ±	2.00
Permissible Vertical Movement: ±	3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

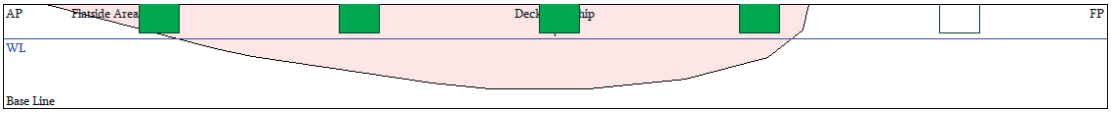
Vessel Data for 7500m³

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SS_Coral_Methane.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 110.2
Breadth: 18.6
Depth: 10.6
Port Target: 4.4 fwd from midship -6.3 from CL and 11.9 above deck
Stbd Target: 4.4 fwd from midship 6.3 from CL and 11.9 above deck
End-on projected windage area: 225 above deck level
Side projected windage area: 705 above deck level
Fendering possible from: 0.461 LBP aft of midship
to: 0.236 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour Longitudinal datum at Midship

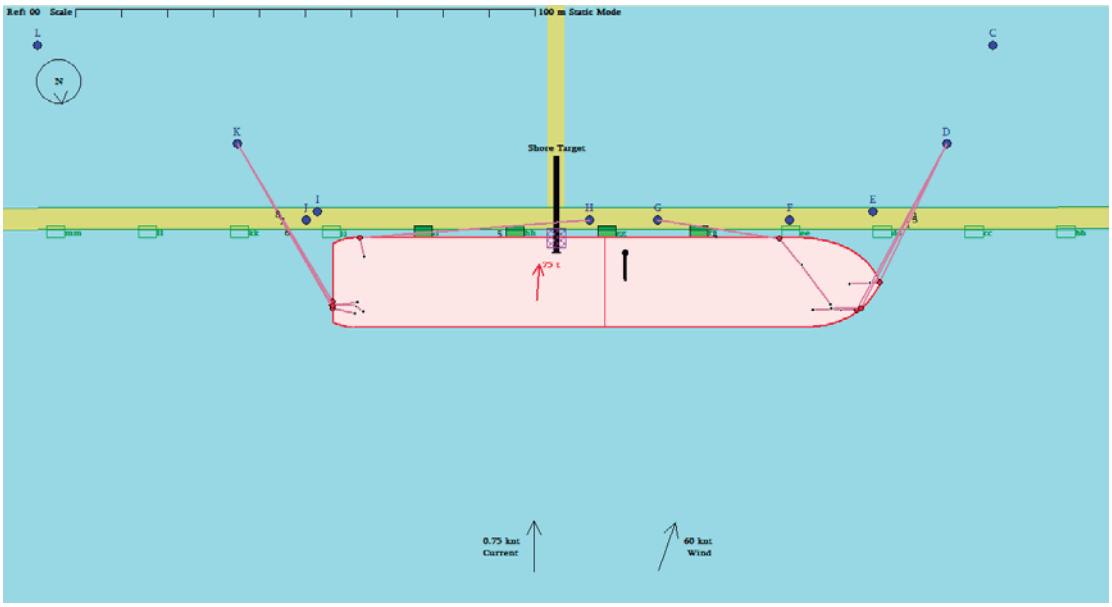
X-dist	-50.8	-34.0	-30.3	-12.3	-6.6	3.4	13.1	21.3	24.7	25.3	26.0
Depth	0.0	4.4	5.3	8.0	8.6	8.6	7.5	5.4	2.6	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	54.8	-5.7	4.5	9.5		4	54 pp 45	
2	55.7	-5.3	4.5	6.5		4	54 pp 45	
3	59.7	0.1	4.5	6.5		4	54 pp 45	
4	38.0	9.2	4.5	17.5		4	54 pp 45	
5	-53.5	9.3	3.2	4.0		4	54 pp 45	
6	-59.4	-5.2	3.2	5.0		4	54 pp 45	
7	-59.3	-3.9	3.2	7.0		4	52 pp 45	
8	-59.3	-4.7	3.2	7.0		4	52 pp 45	

Codes for Types of Line:
pp: polypropylene dry (broken-in)

Arrangement for 7500m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	7.14
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	6.86
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.5 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	289
Total Side Windage Area:	1086

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	3.5	0.1	0.0

Movement of Vessel	0.50 (fwd)	0.05 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.36 (aft)	-1.21 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.81	48.4			215°	12.3	27%
2-D	0.75	44.7			210°	13.1	29%
3-D	0.64	38.2			210°	14.9	33%
4-G	0.76	43.5			90°	8.2	18%
5-H	0.87	53.4			280°	13.9	31%
6-K	0.76	44.0			165°	15.7	35%
7-K	0.78	45.0			160°	15.1	34%
8-K	0.79	45.6			165°	15.1	34%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	42	0.07	1.9	100%
gg	28	0.04	1.3	100%
hh	24	0.04	1.1	100%
ii	33	0.05	1.8	81%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-19.1	35.4			40.2	19%	-28°	1.6
E								
F								
G	8.1	1.2			8.2	6%	82°	0.4
H	-13.9	1.1			13.9	10%	-85°	
I								
J								
K	23.0	39.7			45.9	22%	30°	0.2
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 68 Sway: 29 Roll: 4.5 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	7.14
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	6.86
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.5 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	289
Total Side Windage Area:	1086

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-4.0	-0.1	0.0

Movement of Vessel	0.83 (fwd)	0.05 (inw)	0.5° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.74 (aft)	-1.24 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.81	48.4			210°	11.9	26%
2-D	0.75	44.7			210°	12.7	28%
3-D	0.64	38.2			210°	14.6	33%
4-G	0.76	43.5			90°	11.3	25%
5-H	0.87	53.4			280°	8.8	20%
6-K	0.76	44.0			160°	16.4	36%
7-K	0.78	45.0			160°	15.9	35%
8-K	0.79	45.6			160°	15.8	35%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	37	0.06	1.7	100%
gg	26	0.04	1.2	100%
hh	25	0.04	1.2	100%
ii	37	0.06	2.2	76%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-18.2	34.8			39.3	19%	-28°	1.5
E								
F								
G	11.1	1.6			11.3	8%	82°	0.6
H	-8.8	0.7			8.8	6%	-86°	
I								
J								
K	24.5	41.3			48.1	23%	31°	0.2
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 68 Sway: 29 Roll: 4.5 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	7.14
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	6.86
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.5 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	289
Total Side Windage Area:	1086

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	1.5	-6.8	-1.7

Movement of Vessel	0.63 (fwd)	0.04 (inw)	0.5° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.17 (aft)	-1.37 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.81	48.4			210°	13.7	30%
2-D	0.75	44.7			210°	14.7	33%
3-D	0.64	38.2			210°	17.0	38%
4-G	0.76	43.5			90°	9.5	21%
5-H	0.87	53.4			280°	12.3	27%
6-K	0.76	44.0			160°	16.6	37%
7-K	0.78	45.0			160°	16.0	36%
8-K	0.79	45.6			160°	16.0	36%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	34	0.06	1.6	100%
gg	24	0.04	1.1	100%
hh	24	0.04	1.1	100%
ii	38	0.06	2.2	79%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-21.2	40.2			45.5	22%	-28°	1.8
E								
F								
G	9.4	1.4			9.5	7%	82°	0.5
H	-12.3	1.0			12.3	9%	-86°	
I								
J								
K	24.5	42.0			48.6	23%	30°	0.2
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 68 Sway: 29 Roll: 4.5 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	7.14
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	6.86
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.5 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	289
Total Side Windage Area:	1086

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-1.7	-8.2	3.0

Movement of Vessel	0.72 (fwd)	0.05 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.27 (aft)	-1.40 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.81	48.4			210°	12.7	28%
2-D	0.75	44.7			210°	13.6	30%
3-D	0.64	38.2			210°	15.5	35%
4-G	0.76	43.5			90°	10.2	23%
5-H	0.87	53.4			280°	13.4	30%
6-K	0.76	44.0			160°	18.7	42%
7-K	0.78	45.0			160°	18.0	40%
8-K	0.79	45.6			160°	18.0	40%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	44	0.07	2.0	100%
gg	26	0.04	1.2	100%
hh	22	0.03	1.0	100%
ii	30	0.05	1.8	78%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Uplift
A								
B								
C								
D	-19.6	36.9			41.8	20%	-28°	1.6
E								
F								
G	10.1	1.4			10.2	7%	82°	0.5
H	-13.3	1.1			13.4	10%	-85°	
I								
J								
K	27.4	47.3			54.7	26%	30°	0.2
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 68 Sway: 29 Roll: 4.5 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 7500m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Methane\Futura_Coral_Methane_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	7.14
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	6.86
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.5 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	289
Total Side Windage Area:	1086

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.1	7.6	-0.2

Movement of Vessel	0.65 (fwd)	0.05 (inw)	0.6° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.99 (aft)	-1.06 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.81	48.4			210°	10.9	24%
2-D	0.75	44.7			210°	11.6	26%
3-D	0.64	38.2			210°	13.2	29%
4-G	0.76	43.5			90°	9.6	21%
5-H	0.87	53.4			280°	10.7	24%
6-K	0.76	44.0			160°	14.5	32%
7-K	0.78	45.0			160°	14.0	31%
8-K	0.79	45.6			160°	14.0	31%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	41	0.07	1.9	100%
gg	29	0.05	1.3	100%
hh	26	0.04	1.2	100%
ii	36	0.06	2.1	79%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-16.8	31.5			35.7	17%	-28°	1.4
E								
F								
G	9.5	1.3			9.6	7%	82°	0.5
H	-10.6	0.8			10.7	8%	-86°	
I								
J								
K	21.6	36.5			42.4	20%	31°	0.2
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 68 Sway: 29 Roll: 4.5 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_PM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft:	± 2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd:	± 2.00
Permissible Vertical Movement:	± 3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

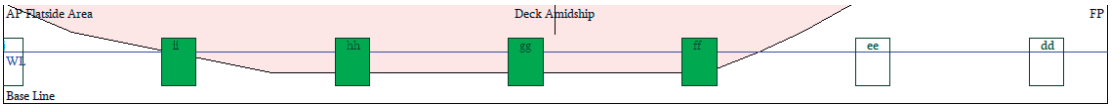
Vessel Data for 10,000 m³

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SS_Coral_favia_02.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 127.2
Breadth: 19.8
Depth: 11.5
Port Target: 0.6 fwd from midship -6.6 from CL and 12.0 above deck
Stbd Target: 0.6 fwd from midship 6.6 from CL and 12.0 above deck
End-on projected windage area: 325 above deck level
Side projected windage area: 915 above deck level
Fendering possible from: 0.511 LBP aft of midship
to: 0.275 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at Midship

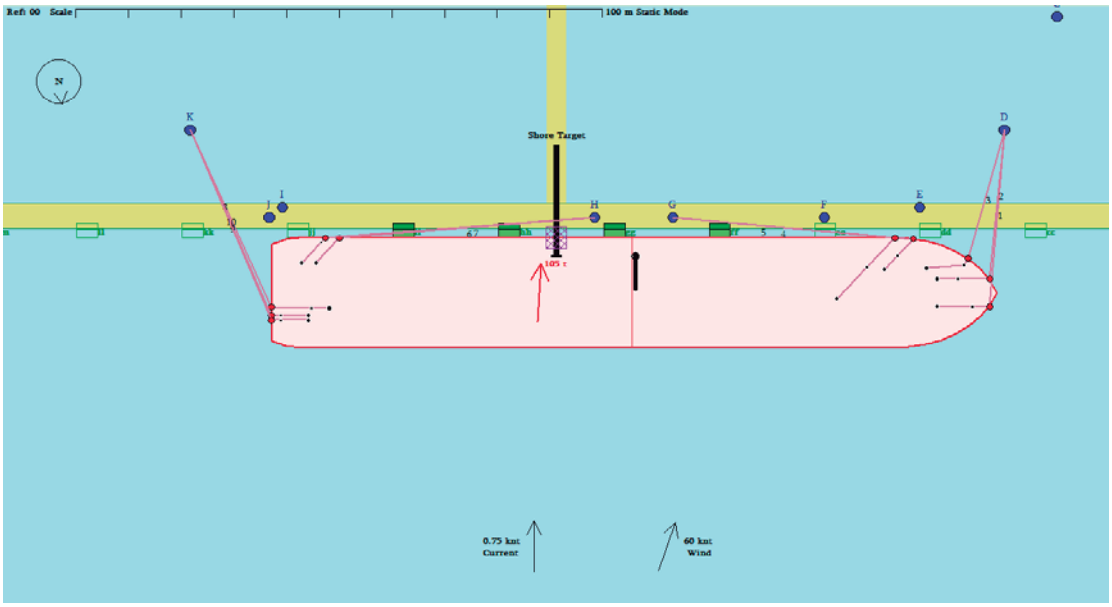
X-dist	-65.0	-63.3	-55.7	-32.7	17.4	23.4	28.4	34.2	35.0
Depth	0.0	0.0	3.2	7.9	7.9	5.4	3.2	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	67.8	-2.5	4.3	10.0		5	52 ka 58	
2	67.8	2.5	4.3	10.0		5	52 ka 58	
3	63.7	6.2	4.3	8.6		0.3	52 ka 58	
4	53.4	9.7	4.3	5.5		5	52 ka 58	
5	49.9	9.9	4.3	11.0		5	52 ka 58	
6	-55.6	9.9	3.2	4.5		5	52 ka 58	
7	-58.3	9.9	3.2	4.5		5	52 ka 58	
8	-68.5	-2.6	3.2	11.0		0.3	52 ka 58	
9	-68.5	-4.1	3.2	7.0		5	52 ka 58	
10	-68.5	-5.0	3.2	7.0		5	52 ka 58	

Codes for Types of Line:
ka: KARAT MAXI polypropylene/polyester copolymer Wet-Used SCANROPE

Arrangement for 10,000 m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	6.00
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.4
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.9 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	434
Total Side Windage Area:	1615

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	3.4	0.1	0.0

Movement of Vessel	0.43 (fwd)	0.06 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.39 (aft)	-1.67 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.46	42.5			210°	18.3	32%
2-D	0.41	37.7			210°	20.2	35%
3-D	0.01	34.0			210°	18.1	31%
4-G	0.65	51.3			90°	8.4	14%
5-G	0.68	53.3			90°	8.3	14%
6-H	0.47	53.1			280°	14.9	26%
7-H	0.50	55.7			280°	14.4	25%
8-K	0.06	47.1			160°	17.5	30%
9-K	0.52	44.0			160°	23.8	41%
10-K	0.53	44.8			160°	23.6	41%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	54	0.09	3.5	71%
gg	37	0.06	2.3	74%
hh	32	0.05	2.0	74%
ii	42	0.07	5.4	35%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-9.4	53.7			56.5	27%	-10°	14.6
E								
F								
G	16.4	1.4			16.7	12%	85°	2.8
H	-29.0	2.3			29.4	21%	-86°	3.7
I								
J								
K	24.9	58.9			64.9	31%	23°	10.9
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 62 Sway: 26 Roll: 4.0 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	6.00
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.4
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.9 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	434
Total Side Windage Area:	1615

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-4.5	-0.1	0.0

Movement of Vessel	0.75 (fwd)	0.06 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.01 (aft)	-1.67 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.46	42.5			210°	18.2	31%
2-D	0.41	37.7			210°	20.1	35%
3-D	0.01	34.0			210°	17.5	30%
4-G	0.65	51.3			90°	11.1	19%
5-G	0.68	53.3			90°	10.9	19%
6-H	0.47	53.1			280°	11.5	20%
7-H	0.50	55.7			280°	11.1	19%
8-K	0.06	47.1			160°	18.1	31%
9-K	0.52	44.0			160°	24.4	42%
10-K	0.53	44.8			160°	24.1	42%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	54	0.09	3.4	72%
gg	37	0.06	2.3	74%
hh	32	0.05	2.0	74%
ii	43	0.07	5.6	34%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-8.8	53.1			55.7	27%	-9°	14.4
E								
F								
G	21.6	1.8			22.0	16%	85°	3.7
H	-22.4	1.9			22.6	16%	-86°	2.9
I								
J								
K	25.9	60.3			66.6	32%	23°	11.2
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 62 Sway: 26 Roll: 4.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	6.00
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.4
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.9 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	434
Total Side Windage Area:	1615

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	1.6	-3.8	-1.0

Movement of Vessel	0.49 (fwd)	0.06 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.28 (aft)	-1.74 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.46	42.5			210°	19.3	33%
2-D	0.41	37.7			210°	21.1	36%
3-D	0.01	34.0			210°	19.2	33%
4-G	0.65	51.3			90°	8.7	15%
5-G	0.68	53.3			90°	8.6	15%
6-H	0.47	53.1			280°	14.0	24%
7-H	0.50	55.7			280°	13.5	23%
8-K	0.06	47.1			160°	17.9	31%
9-K	0.52	44.0			160°	24.2	42%
10-K	0.53	44.8			160°	24.0	41%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	51	0.08	3.2	71%
gg	36	0.06	2.2	74%
hh	32	0.05	2.0	74%
ii	43	0.07	5.6	35%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-9.7	56.5			59.4	28%	-10°	15.3
E								
F								
G	17.0	1.5			17.3	12%	85°	3.0
H	-27.2	2.2			27.5	20%	-86°	3.5
I								
J								
K	25.4	60.1			66.2	32%	23°	11.1
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 62 Sway: 26 Roll: 4.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	6.00
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.4
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.9 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	434
Total Side Windage Area:	1615

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-2.0	-4.3	1.3

Movement of Vessel	0.64 (fwd)	0.06 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.16 (aft)	-1.76 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.46	42.5			210°	18.6	32%
2-D	0.41	37.7			210°	20.5	35%
3-D	0.01	34.0			210°	18.3	31%
4-G	0.65	51.3			90°	10.1	17%
5-G	0.68	53.3			90°	9.9	17%
6-H	0.47	53.1			280°	13.0	22%
7-H	0.50	55.7			280°	12.5	22%
8-K	0.06	47.1			160°	18.9	33%
9-K	0.52	44.0			160°	25.4	44%
10-K	0.53	44.8			160°	25.1	43%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	54	0.09	3.4	72%
gg	37	0.06	2.3	74%
hh	31	0.05	1.9	74%
ii	40	0.06	5.2	35%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-9.2	54.4			57.1	27%	-10°	14.8
E								
F								
G	19.6	1.7			20.0	14%	85°	3.4
H	-25.3	2.1			25.5	18%	-86°	3.3
I								
J								
K	26.7	63.0			69.4	33%	23°	11.6
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 62 Sway: 26 Roll: 4.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	6.00
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	12.4
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	3.9 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	434
Total Side Windage Area:	1615

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	0.0	5.2	-0.1

Movement of Vessel	0.55 (fwd)	0.07 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.21 (aft)	-1.58 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.46	42.5			210°	17.5	30%
2-D	0.41	37.7			210°	19.2	33%
3-D	0.01	34.0			210°	17.0	29%
4-G	0.65	51.3			90°	9.3	16%
5-G	0.68	53.3			90°	9.1	16%
6-H	0.47	53.1			280°	13.4	23%
7-H	0.50	55.7			280°	12.8	22%
8-K	0.06	47.1			160°	16.9	29%
9-K	0.52	44.0			160°	23.1	40%
10-K	0.53	44.8			160°	22.9	39%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	56	0.09	3.5	72%
gg	39	0.06	2.4	74%
hh	33	0.05	2.0	74%
ii	43	0.07	5.5	35%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-8.7	50.9			53.5	25%	-10°	13.9
E								
F								
G	18.1	1.5			18.4	13%	85°	3.1
H	-25.9	2.0			26.2	19%	-86°	3.4
I								
J								
K	24.3	57.0			62.8	30%	23°	10.6
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 62 Sway: 26 Roll: 4.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_BM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ±	2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ±	2.00
Permissible Vertical Movement: ±	3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

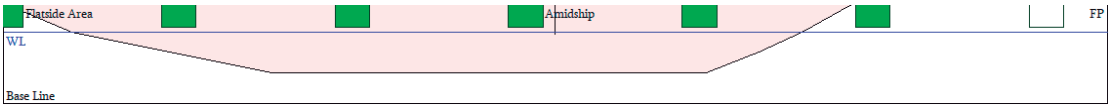
Vessel Data for 10,000 m³

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SS_Coral_favia_02.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 127.2
Breadth: 19.8
Depth: 11.5
Port Target: 0.6 fwd from midship -6.6 from CL and 12.0 above deck
Stbd Target: 0.6 fwd from midship 6.6 from CL and 12.0 above deck
End-on projected windage area: 325 above deck level
Side projected windage area: 915 above deck level
Fendering possible from: 0.511 LBP aft of midship
to: 0.275 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at Midship

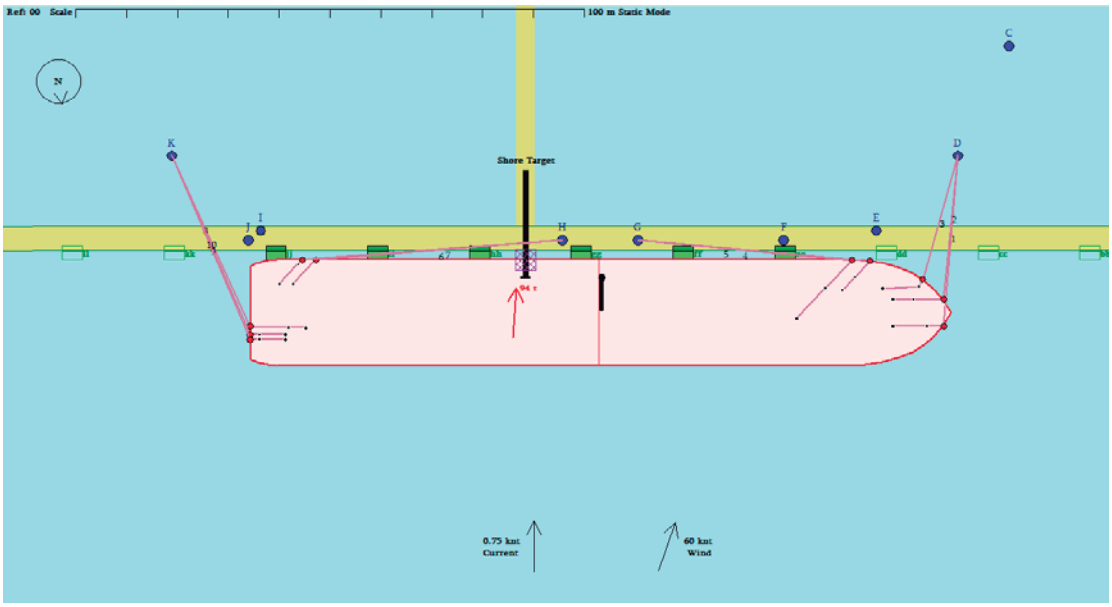
X-dist	-65.0	-63.3	-55.7	-32.7	17.4	23.4	28.4	34.2	35.0
Depth	0.0	0.0	3.2	7.9	7.9	5.4	3.2	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	67.8	-2.5	4.3	10.0		5	52 ka 58	
2	67.8	2.5	4.3	10.0		5	52 ka 58	
3	63.7	6.2	4.3	8.6		0.3	52 ka 58	
4	53.4	9.7	4.3	5.5		5	52 ka 58	
5	49.9	9.9	4.3	11.0		5	52 ka 58	
6	-55.6	9.9	3.2	4.5		5	52 ka 58	
7	-58.3	9.9	3.2	4.5		5	52 ka 58	
8	-68.5	-2.6	3.2	11.0		0.3	52 ka 58	
9	-68.5	-4.1	3.2	7.0		5	52 ka 58	
10	-68.5	-5.0	3.2	7.0		5	52 ka 58	

Codes for Types of Line:
ka: KARAT MAXI polypropylene/polyester copolymer Wet-Used SCANROPE

Arrangement for 10,000 m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.70
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.8 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	388
Total Side Windage Area:	1322

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	4.7	0.1	0.0

Movement of Vessel	0.32 (fwd)	0.06 (inw)	0.6° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.27 (aft)	-1.24 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.45	41.6			210°	14.6	25%
2-D	0.39	36.7			210°	16.0	28%
3-D	0.01	32.8			210°	14.2	24%
4-G	0.65	50.7			90°	7.7	13%
5-G	0.67	52.7			90°	7.6	13%
6-H	0.47	52.6			280°	14.1	24%
7-H	0.49	55.3			280°	13.6	23%
8-K	0.05	46.5			160°	13.4	23%
9-K	0.51	43.4			160°	19.4	33%
10-K	0.52	44.2			160°	19.2	33%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	47	0.07	2.1	100%
gg	32	0.05	1.5	100%
hh	20	0.03	0.9	100%
ii	19	0.03	0.8	100%
jj	21	0.03	18.3	5%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-7.7	43.9			44.5	21%	-10°	1.6
E								
F								
G	15.3	1.3			15.3	11%	85°	0.3
H	-27.6	2.1			27.7	20%	-86°	-0.1
I								
J								
K	20.5	47.8			52.0	25%	23°	-0.1
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 72 Sway: 30 Roll: 4.7 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.70
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.8 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	388
Total Side Windage Area:	1322

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-5.1	-0.1	0.0

Movement of Vessel	0.62 (fwd)	0.05 (inw)	0.5° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.83 (aft)	-1.24 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.45	41.6			210°	14.6	25%
2-D	0.39	36.7			210°	16.0	28%
3-D	0.01	32.8			210°	13.5	23%
4-G	0.65	50.7			90°	10.1	17%
5-G	0.67	52.7			90°	9.9	17%
6-H	0.47	52.6			280°	10.0	17%
7-H	0.49	55.3			280°	9.6	17%
8-K	0.05	46.5			160°	14.4	25%
9-K	0.51	43.4			160°	20.4	35%
10-K	0.52	44.2			160°	20.2	35%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	28	0.05	high	0%
ff	44	0.07	2.0	100%
gg	29	0.05	1.3	100%
hh	18	0.03	0.8	100%
ii	19	0.03	0.9	100%
jj	22	0.04	25.3	4%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-7.1	43.3			43.9	21%	-9°	1.5
E								
F								
G	19.9	1.7			20.0	14%	85°	0.4
H	-19.5	1.6			19.6	14%	-86°	
I								
J								
K	22.0	50.4			55.0	26%	24°	-0.1
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 72 Sway: 30 Roll: 4.7 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November

Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.70
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.8 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	388
Total Side Windage Area:	1322

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	2.0	-11.2	-2.7

Movement of Vessel	0.38 (fwd)	0.05 (inw)	0.5° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.12 (aft)	-1.42 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.45	41.6			210°	17.1	29%
2-D	0.39	36.7			210°	19.0	33%
3-D	0.01	32.8			210°	17.0	29%
4-G	0.65	50.7			90°	8.2	14%
5-G	0.67	52.7			90°	8.1	14%
6-H	0.47	52.6			280°	12.6	22%
7-H	0.49	55.3			280°	12.2	21%
8-K	0.05	46.5			160°	14.6	25%
9-K	0.51	43.4			160°	20.6	36%
10-K	0.52	44.2			160°	20.4	35%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	22	0.04	high	0%
ff	38	0.06	1.7	100%
gg	27	0.04	1.2	100%
hh	18	0.03	0.8	100%
ii	19	0.03	0.9	100%
jj	23	0.04	21.4	5%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-9.0	52.1			52.9	25%	-10°	1.9
E								
F								
G	16.1	1.4			16.2	12%	85°	0.4
H	-24.7	1.9			24.8	18%	-86°	
I								
J								
K	21.9	51.1			55.6	26%	23°	-0.1
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 72 Sway: 30 Roll: 4.7 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November

Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.70
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.8 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	388
Total Side Windage Area:	1322

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-2.1	-13.9	5.1

Movement of Vessel	0.49 (fwd)	0.05 (inw)	0.7° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.11 (aft)	-1.50 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.45	41.6			210°	15.4	26%
2-D	0.39	36.7			210°	16.9	29%
3-D	0.01	32.8			210°	15.1	26%
4-G	0.65	50.7			90°	8.9	15%
5-G	0.67	52.7			90°	8.7	15%
6-H	0.47	52.6			280°	13.0	22%
7-H	0.49	55.3			280°	12.5	22%
8-K	0.05	46.5			160°	17.8	31%
9-K	0.51	43.4			160°	24.1	42%
10-K	0.52	44.2			160°	23.9	41%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	29	0.05	high	0%
ff	52	0.08	2.4	100%
gg	28	0.04	1.3	100%
hh	14	0.02	0.7	100%
ii	15	0.02	0.7	100%
jj	16	0.03	17.1	4%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-8.0	46.5			47.2	22%	-10°	1.7
E								
F								
G	17.5	1.5			17.6	13%	85°	0.4
H	-25.4	2.1			25.5	18%	-85°	
I								
J								
K	25.8	60.6			65.9	31%	23°	-0.2
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 72 Sway: 30 Roll: 4.7 secs

Static Mooring Response for 10,000 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Favia\Coral_Favia_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.70
Fwd Offset of Vessel Target:	15.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	-2.8 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	388
Total Side Windage Area:	1322

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.1	11.9	-0.3

Movement of Vessel	0.44 (fwd)	0.06 (inw)	0.5° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.03 (aft)	-1.05 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-D	0.45	41.6			210°	12.8	22%
2-D	0.39	36.7			210°	14.2	24%
3-D	0.01	32.8			210°	11.5	20%
4-G	0.65	50.7			90°	8.5	15%
5-G	0.67	52.7			90°	8.4	14%
6-H	0.47	52.6			280°	11.9	20%
7-H	0.49	55.3			280°	11.4	20%
8-K	0.05	46.5			160°	11.8	20%
9-K	0.51	43.4			160°	17.6	30%
10-K	0.52	44.2			160°	17.4	30%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	31	0.05	high	0%
ff	50	0.08	2.3	100%
gg	35	0.06	1.6	100%
hh	20	0.03	0.9	100%
ii	21	0.03	0.9	100%
jj	23	0.04	22.5	5%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B								
C								
D	-6.3	37.7			38.3	18%	-9°	1.4
E								
F								
G	16.8	1.4			16.9	12%	85°	0.4
H	-23.2	1.7			23.3	17%	-86°	
I								
J								
K	18.7	42.9			46.8	22%	24°	-0.1
L								
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 72 Sway: 30 Roll: 4.7 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_PM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ±	2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ±	2.00
Permissible Vertical Movement: ±	3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

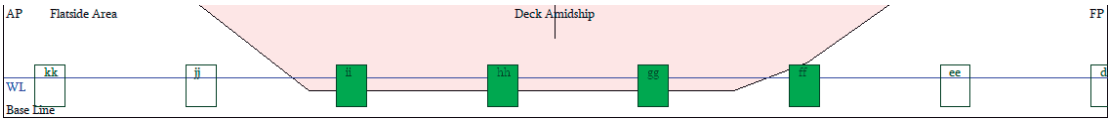
Vessel Data for 15,600 m³

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SS_Coral_Energy_02.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at AP

LBP: 146.3
Breadth: 22.7
Depth: 15.0
Port Target: 2.0 fwd from midship -6.6 from CL and 3.0 above deck
Stbd Target: 2.0 fwd from midship 6.6 from CL and 3.0 above deck
End-on projected windage area: 350 above deck level
Side projected windage area: 880 above deck level
Fendering possible from: 0.482 LBP aft of midship
to: 0.410 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at AP

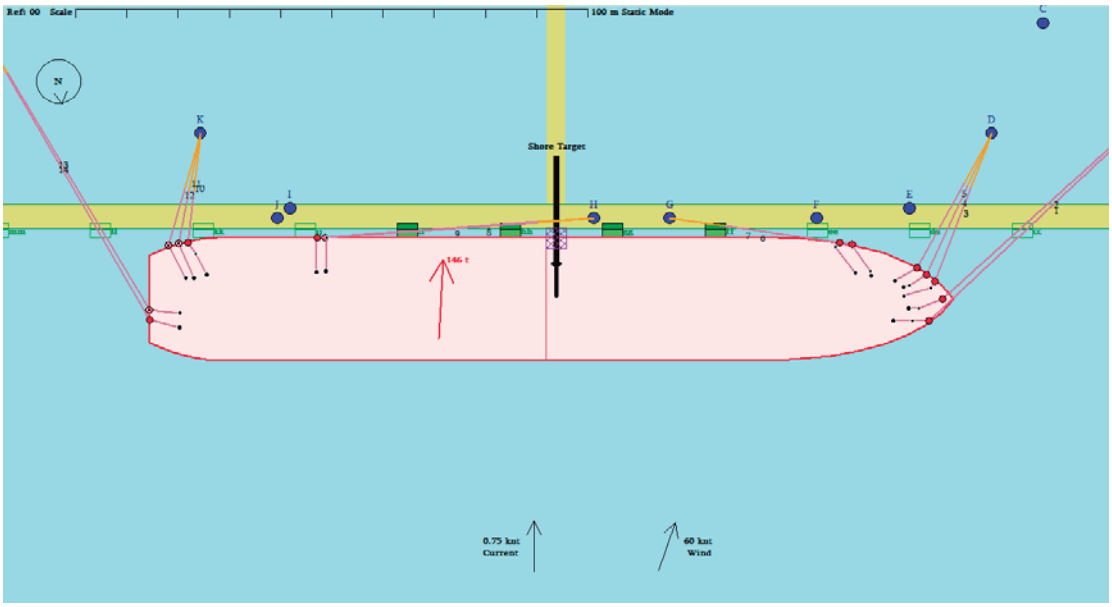
X-dist	2.7	25.8	40.5	56.6	96.8	106.5	117.5	133.2
Depth	0.0	0.0	11.4	11.4	11.4	7.8	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	148.0	-4.1	2.8	7.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
2	150.6	0.0	2.8	7.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
3	149.1	3.2	2.8	7.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
4	147.4	4.5	2.8	5.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
5	145.6	5.8	2.8	5.0		0.3	60 be 59	11.0 72 ns 90
6	132.9	10.1	2.8	7.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
7	130.4	10.4	2.8	7.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
8	30.0	11.4	1.0	8.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
9	28.5	11.4	1.0	8.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
10	3.3	10.5	1.0	7.0		0.3	60 be 59	11.0 72 ns 90
11	1.4	10.3	1.0	7.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
12	-0.6	10.0	1.0	7.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
13	-4.3	-2.1	1.0	6.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90
14	-4.3	-4.0	1.0	6.0		5	60 be 59	11.0 72 ns 90

Codes for Types of Line:
ns: nylon 3 or 8-strand (broken-in)
be: Bexcord

Arrangement for 15,600 m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.40
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	13.0
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.0 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	568
Total Side Windage Area:	2284

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	3.7	0.0	0.0

Movement of Vessel	1.18 (fwd)	0.07 (inw)	0.3° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.55 (aft)	-1.68 (out)	-0.3° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.66	89.3			220°	9.9	17%
2-B	1.58	84.7			220°	10.0	17%
3-D	0.70	37.8			210°	24.2	41%
4-D	0.67	35.4			210°	24.0	41%
5-D	0.15	35.6			215°	14.5	25%
6-G	0.56	43.9			80°	14.5	25%
7-G	0.53	41.5			80°	15.1	26%
8-H	1.19	60.1			280°	10.0	17%
9-H	1.22	61.6			280°	10.0	17%
10-K	0.06	29.1			165°	19.1	32%
11-K	0.54	29.1			170°	26.0	44%
12-K	0.56	29.8			170°	24.1	41%
13-L	0.97	68.7			155°	16.4	28%
14-L	0.99	70.3			155°	16.1	27%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	45	0.07	57.2	4%
gg	43	0.07	3.1	63%
hh	56	0.09	4.1	63%
ii	104	0.17	7.5	63%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-14.5	13.3			19.9	4%	-47°	2.5
C								
D	-22.7	54.9			62.6	30%	-22°	19.8
E								
F								
G	28.1	5.2			29.5	21%	82°	8.2
H	-19.7	1.4			20.0	14%	-86°	3.1
I								
J								
K	-9.9	63.9			69.1	33%	-9°	24.5
L	16.9	27.4			32.5	7%	32°	4.2
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 57 Sway: 26 Roll: 5.8 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.40
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	13.0
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.0 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	568
Total Side Windage Area:	2284

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	3.7	0.0	0.0

Movement of Vessel	1.18 (fwd)	0.07 (inw)	0.3° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.55 (aft)	-1.68 (out)	-0.3° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.66	89.3			220°	9.9	17%
2-B	1.58	84.7			220°	10.0	17%
3-D	0.70	37.8			210°	24.2	41%
4-D	0.67	35.4			210°	24.0	41%
5-D	0.15	35.6			215°	14.5	25%
6-G	0.56	43.9			80°	14.5	25%
7-G	0.53	41.5			80°	15.1	26%
8-H	1.19	60.1			280°	10.0	17%
9-H	1.22	61.6			280°	10.0	17%
10-K	0.06	29.1			165°	19.1	32%
11-K	0.54	29.1			170°	26.0	44%
12-K	0.56	29.8			170°	24.1	41%
13-L	0.97	68.7			155°	16.4	28%
14-L	0.99	70.3			155°	16.1	27%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	45	0.07	57.2	4%
gg	43	0.07	3.1	63%
hh	56	0.09	4.1	63%
ii	104	0.17	7.5	63%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-14.5	13.3			19.9	4%	-47°	2.5
C								
D	-22.7	54.9			62.6	30%	-22°	19.8
E								
F								
G	28.1	5.2			29.5	21%	82°	8.2
H	-19.7	1.4			20.0	14%	-86°	3.1
I								
J								
K	-9.9	63.9			69.1	33%	-9°	24.5
L	16.9	27.4			32.5	7%	32°	4.2
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 57 Sway: 26 Roll: 5.8 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.40
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	13.0
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.0 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	568
Total Side Windage Area:	2284

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-5.1	0.0	0.0

Movement of Vessel	1.45 (fwd)	0.07 (inw)	0.3° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.33 (aft)	-1.71 (out)	-0.4° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.66	89.3			220°	9.4	16%
2-B	1.58	84.7			220°	9.4	16%
3-D	0.70	37.8			210°	24.1	41%
4-D	0.67	35.4			210°	23.7	40%
5-D	0.15	35.6			210°	14.0	24%
6-G	0.56	43.9			80°	17.6	30%
7-G	0.53	41.5			80°	18.5	31%
8-H	1.19	60.1			280°	8.6	14%
9-H	1.22	61.6			280°	8.5	14%
10-K	0.06	29.1			165°	19.1	32%
11-K	0.54	29.1			165°	25.7	44%
12-K	0.56	29.8			170°	23.5	40%
13-L	0.97	68.7			155°	17.2	29%
14-L	0.99	70.3			155°	16.9	29%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	43	0.07	45.5	4%
gg	42	0.07	3.0	63%
hh	56	0.09	4.1	63%
ii	106	0.17	7.7	63%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-13.8	12.7			18.9	4%	-47°	2.4
C								
D	-22.0	54.3			61.8	29%	-22°	19.6
E								
F								
G	34.4	6.0			36.1	26%	82°	9.9
H	-16.8	1.2			17.1	12%	-86°	2.7
I								
J								
K	-9.2	63.1			68.2	32%	-8°	24.2
L	17.9	28.7			34.1	8%	32°	4.4
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 57 Sway: 26 Roll: 5.8 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.40
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	13.0
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.0 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	568
Total Side Windage Area:	2284

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	1.8	-2.9	-0.8

Movement of Vessel	1.24 (fwd)	0.07 (inw)	0.3° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.50 (aft)	-1.72 (out)	-0.4° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.66	89.3			220°	10.0	17%
2-B	1.58	84.7			220°	10.0	17%
3-D	0.70	37.8			210°	24.9	42%
4-D	0.67	35.4			210°	24.6	42%
5-D	0.15	35.6			215°	15.0	25%
6-G	0.56	43.9			80°	15.3	26%
7-G	0.53	41.5			80°	15.9	27%
8-H	1.19	60.1			280°	9.7	16%
9-H	1.22	61.6			280°	9.6	16%
10-K	0.06	29.1			165°	19.4	33%
11-K	0.54	29.1			165°	26.1	44%
12-K	0.56	29.8			170°	24.1	41%
13-L	0.97	68.7			155°	16.7	28%
14-L	0.99	70.3			155°	16.4	28%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	42	0.07	52.2	4%
gg	42	0.07	3.0	63%
hh	56	0.09	4.0	63%
ii	106	0.17	7.6	63%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-14.6	13.4			20.0	4%	-47°	2.5
C								
D	-23.2	56.6			64.5	31%	-22°	20.4
E								
F								
G	29.7	5.5			31.2	22%	82°	8.6
H	-19.1	1.3			19.3	14%	-86°	3.0
I								
J								
K	-9.8	64.2			69.4	33%	-9°	24.6
L	17.3	27.9			33.1	7%	32°	4.2
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 57 Sway: 26 Roll: 5.8 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.40
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	13.0
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.0 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	568
Total Side Windage Area:	2284

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-2.4	-3.3	0.8

Movement of Vessel	1.36 (fwd)	0.07 (inw)	0.3° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.40 (aft)	-1.73 (out)	-0.4° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.66	89.3			220°	9.6	16%
2-B	1.58	84.7			220°	9.6	16%
3-D	0.70	37.8			210°	24.4	41%
4-D	0.67	35.4			210°	24.1	41%
5-D	0.15	35.6			210°	14.4	24%
6-G	0.56	43.9			80°	16.5	28%
7-G	0.53	41.5			80°	17.3	29%
8-H	1.19	60.1			280°	9.0	15%
9-H	1.22	61.6			280°	9.0	15%
10-K	0.06	29.1			165°	19.9	34%
11-K	0.54	29.1			165°	26.5	45%
12-K	0.56	29.8			165°	24.4	41%
13-L	0.97	68.7			155°	17.3	29%
14-L	0.99	70.3			155°	17.0	29%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	44	0.07	49.8	4%
gg	42	0.07	3.0	63%
hh	55	0.09	4.0	63%
ii	102	0.16	7.4	63%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-14.1	13.0			19.3	4%	-47°	2.4
C								
D	-22.4	55.2			62.8	30%	-22°	19.9
E								
F								
G	32.2	5.8			33.8	24%	82°	9.3
H	-17.7	1.2			18.0	13%	-86°	2.8
I								
J								
K	-9.7	65.4			70.6	34%	-8°	25.0
L	17.9	28.9			34.3	8%	32°	4.4
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 57 Sway: 26 Roll: 5.8 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	5.40
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	13.0
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.0 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	568
Total Side Windage Area:	2284

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	0.0	4.9	0.0

Movement of Vessel	1.28 (fwd)	0.07 (inw)	0.4° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.45 (aft)	-1.63 (out)	-0.3° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.66	89.3			220°	9.5	16%
2-B	1.58	84.7			220°	9.6	16%
3-D	0.70	37.8			210°	23.4	40%
4-D	0.67	35.4			210°	23.0	39%
5-D	0.15	35.6			215°	13.6	23%
6-G	0.56	43.9			80°	15.6	26%
7-G	0.53	41.5			80°	16.3	28%
8-H	1.19	60.1			280°	9.4	16%
9-H	1.22	61.6			280°	9.3	16%
10-K	0.06	29.1			165°	18.4	31%
11-K	0.54	29.1			170°	25.2	43%
12-K	0.56	29.8			170°	23.2	39%
13-L	0.97	68.7			155°	16.4	28%
14-L	0.99	70.3			155°	16.1	27%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	45	0.07	52.9	4%
gg	44	0.07	3.1	63%
hh	58	0.09	4.2	63%
ii	106	0.17	7.6	63%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-14.0	12.8			19.1	4%	-47°	2.4
C								
D	-21.6	52.6			60.0	29%	-22°	19.0
E								
F								
G	30.3	5.4			31.9	23%	82°	8.8
H	-18.5	1.3			18.7	13%	-86°	2.9
I								
J								
K	-9.4	61.6			66.7	32%	-9°	23.7
L	17.0	27.4			32.5	7%	32°	4.2
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 57 Sway: 26 Roll: 5.8 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_BM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ±	2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ±	2.00
Permissible Vertical Movement: ±	3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

```
ff   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

gg   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

hh   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

ii   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

jj   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

kk   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

ll   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

mm   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

nn   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

oo   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m
```

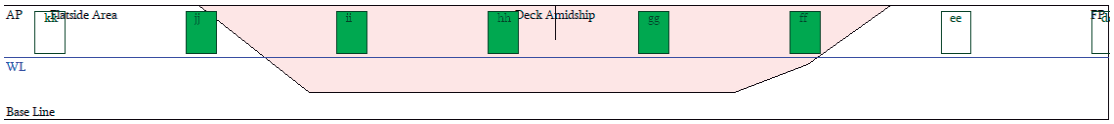
Vessel Data for 15,600 m³

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SS_Coral_Energy_02.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at AP

LBP: 146.3
Breadth: 22.7
Depth: 15.0
Port Target: 2.0 fwd from midship -6.6 from CL and 3.0 above deck
Stbd Target: 2.0 fwd from midship 6.6 from CL and 3.0 above deck
End-on projected windage area: 350 above deck level
Side projected windage area: 880 above deck level
Fendering possible from: 0.482 LBP aft of midship
to: 0.410 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at AP

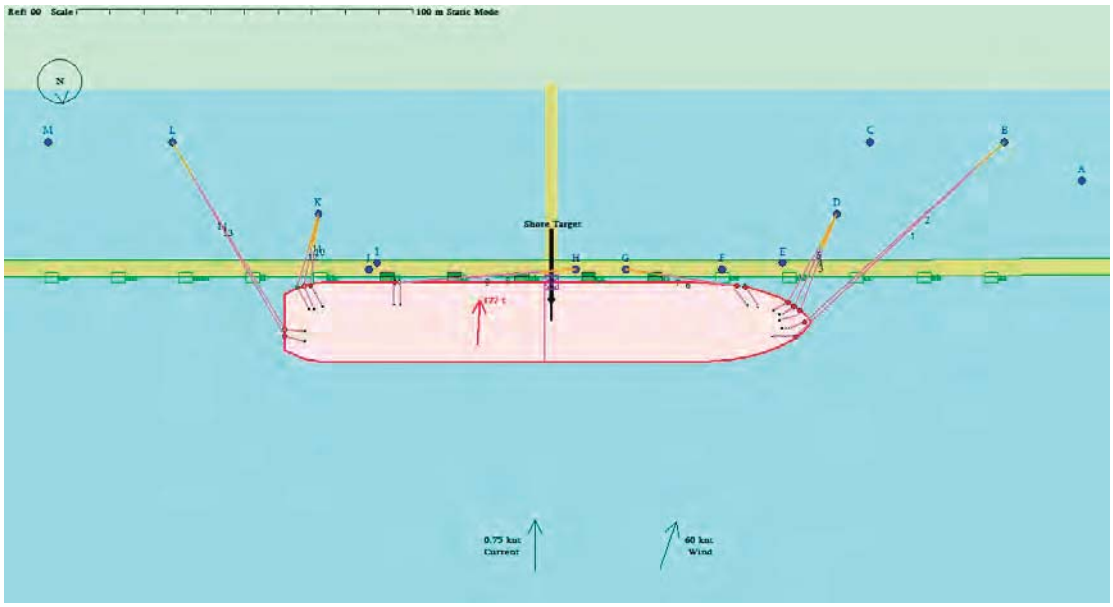
X-dist	2.7	25.8	40.5	56.6	96.8	106.5	117.5	133.2
Depth	0.0	0.0	11.4	11.4	11.4	7.8	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size	Line Type	Line BL	Tail Segment-1 Lgth	Tail Segment-1 Size	Tail Segment-1 Type	Tail Segment-1 BL
1	148.0	-4.1	2.8	7.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
2	150.6	0.0	2.8	7.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
3	149.1	3.2	2.8	7.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
4	147.4	4.5	2.8	5.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
5	145.6	5.8	2.8	5.0		0.3	60	be	59	11.0	72	ns	90
6	132.9	10.1	2.8	7.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
7	130.4	10.4	2.8	7.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
8	30.0	11.4	1.0	8.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
9	28.5	11.4	1.0	8.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
10	3.3	10.5	1.0	7.0		0.3	60	be	59	11.0	72	ns	90
11	1.4	10.3	1.0	7.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
12	-0.6	10.0	1.0	7.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
13	-4.3	-2.1	1.0	6.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90
14	-4.3	-4.0	1.0	6.0		5	60	be	59	11.0	72	ns	90

Codes for Types of Line:
ns: nylon 3 or 8-strand (broken-in)
be: Bexcord

Arrangement for 15,600 m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	0.8 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	504
Total Side Windage Area:	1875

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	5.5	0.0	0.0

Movement of Vessel	0.95 (fwd)	0.05 (inw)	0.3° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.45 (aft)	-1.19 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.64	88.7			225°	8.7	15%
2-B	1.56	84.1			225°	8.7	15%
3-D	0.67	36.2			210°	19.2	33%
4-D	0.64	33.8			210°	19.1	32%
5-D	0.14	34.0			215°	10.7	18%
6-G	0.54	42.6			90°	12.3	21%
7-G	0.51	40.1			90°	12.9	22%
8-H	1.17	59.5			280°	9.4	16%
9-H	1.20	60.9			280°	9.4	16%
10-K	0.06	27.5			165°	14.2	24%
11-K	0.51	27.5			165°	20.9	35%
12-K	0.53	28.2			170°	19.1	32%
13-L	0.96	68.1			155°	12.9	22%
14-L	0.99	69.7			155°	12.7	21%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	43	0.07	2.0	100%
gg	36	0.06	1.6	100%
hh	31	0.05	1.4	100%
ii	37	0.06	1.7	100%
jj	49	0.08	87.0	3%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-12.9	11.7			17.4	4%	-48°	0.7
C								
D	-19.0	44.8			48.9	23%	-23°	5.0
E								
F								
G	24.8	4.2			25.2	18%	82°	2.2
H	-18.7	1.3			18.8	13%	-86°	0.5
I								
J								
K	-8.9	53.1			54.0	26%	-9°	3.2
L	13.5	21.7			25.6	6%	32°	0.5
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 67 Sway: 35 Roll: 5.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	0.8 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	504
Total Side Windage Area:	1875

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-6.7	0.0	0.0

Movement of Vessel at its Port Target	1.25 (fwd) -0.17 (aft)	0.05 (inw) -1.24 (out)	0.3° (port) -0.3° (stbd)	0.00 (up) 0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.64	88.7			225°	8.1	14%
2-B	1.56	84.1			230°	8.0	14%
3-D	0.67	36.2			210°	19.0	32%
4-D	0.64	33.8			210°	18.5	31%
5-D	0.14	34.0			215°	10.0	17%
6-G	0.54	42.6			90°	15.7	27%
7-G	0.51	40.1			90°	16.5	28%
8-H	1.17	59.5			280°	7.5	13%
9-H	1.20	60.9			280°	7.5	13%
10-K	0.06	27.5			160°	14.2	24%
11-K	0.51	27.5			165°	20.5	35%
12-K	0.53	28.2			165°	18.3	31%
13-L	0.96	68.1			150°	14.0	24%
14-L	0.99	69.7			150°	13.8	23%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	41	0.07	1.9	100%
gg	35	0.06	1.6	100%
hh	31	0.05	1.4	100%
ii	37	0.06	1.7	100%
jj	50	0.08	high	2%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-11.9	10.8			16.1	4%	-48°	0.6
C								
D	-18.1	43.7			47.5	23%	-22°	4.8
E								
F								
G	31.7	5.3			32.1	23%	82°	2.8
H	-15.0	1.0			15.0	11%	-86°	0.4
I								
J								
K	-8.1	52.2			52.9	25%	-9°	3.1
L	14.7	23.6			27.8	6%	32°	0.6
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 67 Sway: 35 Roll: 5.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	0.8 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	504
Total Side Windage Area:	1875

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	2.5	-9.0	-2.2

Movement of Vessel	1.02 (fwd)	0.05 (inw)	0.2° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.38 (aft)	-1.32 (out)	-0.3° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.64	88.7			225°	8.9	15%
2-B	1.56	84.1			230°	9.0	15%
3-D	0.67	36.2			210°	21.4	36%
4-D	0.64	33.8			210°	21.2	36%
5-D	0.14	34.0			215°	12.1	21%
6-G	0.54	42.6			150°	14.0	24%
7-G	0.51	40.1			150°	14.7	25%
8-H	1.17	59.5			280°	8.9	15%
9-H	1.20	60.9			280°	8.9	15%
10-K	0.06	27.5			165°	14.9	25%
11-K	0.51	27.5			165°	21.4	36%
12-K	0.53	28.2			165°	19.3	33%
13-L	0.96	68.1			155°	13.6	23%
14-L	0.99	69.7			155°	13.3	23%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	37	0.06	1.7	100%
gg	32	0.05	1.5	100%
hh	29	0.05	1.3	100%
ii	37	0.06	1.7	100%
jj	53	0.08	high	2%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-13.2	12.0			17.9	4%	-48°	0.7
C								
D	-21.0	50.2			54.6	26%	-23°	5.5
E								
F								
G	28.2	4.9			28.7	21%	81°	2.5
H	-17.8	1.2			17.8	13%	-86°	0.4
I								
J								
K	-8.8	54.7			55.5	26%	-9°	3.3
L	14.2	22.8			26.9	6%	32°	0.5
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 67 Sway: 35 Roll: 5.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	0.8 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	504
Total Side Windage Area:	1875

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-2.9	-11.0	3.8

Movement of Vessel	1.15 (fwd)	0.05 (inw)	0.3° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.26 (aft)	-1.32 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.64	88.7			225°	8.3	14%
2-B	1.56	84.1			230°	8.3	14%
3-D	0.67	36.2			210°	19.7	33%
4-D	0.64	33.8			210°	19.3	33%
5-D	0.14	34.0			215°	10.6	18%
6-G	0.54	42.6			150°	14.7	25%
7-G	0.51	40.1			150°	15.5	26%
8-H	1.17	59.5			280°	8.1	14%
9-H	1.20	60.9			280°	8.1	14%
10-K	0.06	27.5			165°	16.7	28%
11-K	0.51	27.5			165°	23.2	39%
12-K	0.53	28.2			165°	21.1	36%
13-L	0.96	68.1			150°	14.7	25%
14-L	0.99	69.7			150°	14.4	24%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	44	0.07	2.0	100%
gg	35	0.06	1.6	100%
hh	29	0.05	1.3	100%
ii	33	0.05	1.5	100%
jj	43	0.07	high	2%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-12.3	11.1			16.6	4%	-48°	0.6
C								
D	-18.9	45.5			49.5	24%	-23°	5.0
E								
F								
G	29.7	5.1			30.2	22%	81°	2.6
H	-16.2	1.1			16.2	12%	-86°	0.4
I								
J								
K	-9.4	60.0			60.8	29%	-9°	3.6
L	15.4	24.7			29.1	6%	32°	0.6
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 67 Sway: 35 Roll: 5.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 15,600 m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Coral_Energy\Futura_Coral_Energy_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	8.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	5.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	0.8 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	504
Total Side Windage Area:	1875

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.1	10.8	-0.2

Movement of Vessel	1.08 (fwd)	0.06 (inw)	0.3° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.32 (aft)	-1.09 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-B	1.64	88.7			220°	8.1	14%
2-B	1.56	84.1			225°	8.1	14%
3-D	0.67	36.2			210°	17.3	29%
4-D	0.64	33.8			210°	17.1	29%
5-D	0.14	34.0			215°	9.1	15%
6-G	0.54	42.6			90°	13.7	23%
7-G	0.51	40.1			90°	14.4	24%
8-H	1.17	59.5			280°	8.6	15%
9-H	1.20	60.9			280°	8.5	14%
10-K	0.06	27.5			165°	12.7	21%
11-K	0.51	27.5			165°	19.1	32%
12-K	0.53	28.2			170°	17.3	29%
13-L	0.96	68.1			155°	12.7	21%
14-L	0.99	69.7			155°	12.5	21%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	45	0.07	2.0	100%
gg	38	0.06	1.7	100%
hh	33	0.05	1.5	100%
ii	39	0.06	1.8	100%
jj	51	0.08	high	2%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A								
B	-12.0	10.9			16.2	4%	-48°	0.6
C								
D	-16.9	39.8			43.4	21%	-23°	4.4
E								
F								
G	27.8	4.3			28.1	20%	82°	2.4
H	-17.0	1.2			17.1	12%	-86°	0.4
I								
J								
K	-8.0	48.2			48.9	23%	-9°	2.9
L	13.3	21.3			25.1	6%	32°	0.5
M								
N								

Approximate natural periods

Surge: 67 Sway: 35 Roll: 5.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_PM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft:	± 2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd:	± 2.00
Permissible Vertical Movement:	± 3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

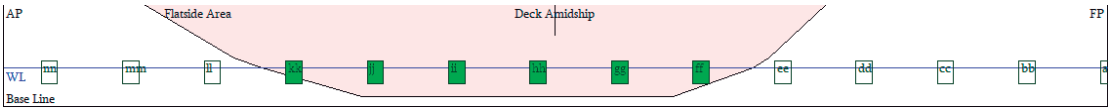
Vessel Data for 138000m³

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SESTAO_KNUTSEN_01.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 271.0
Breadth: 42.0
Depth: 25.4
Port Target: 4.8 fwd from midship -17.7 from CL and 1.3 above deck
Stbd Target: 4.8 fwd from midship 17.7 from CL and 1.3 above deck
End-on projected windage area: 630 above deck level
Side projected windage area: 2050 above deck level
Fendering possible from: 0.373 LBP aft of midship
to: 0.246 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour Longitudinal datum at Midship

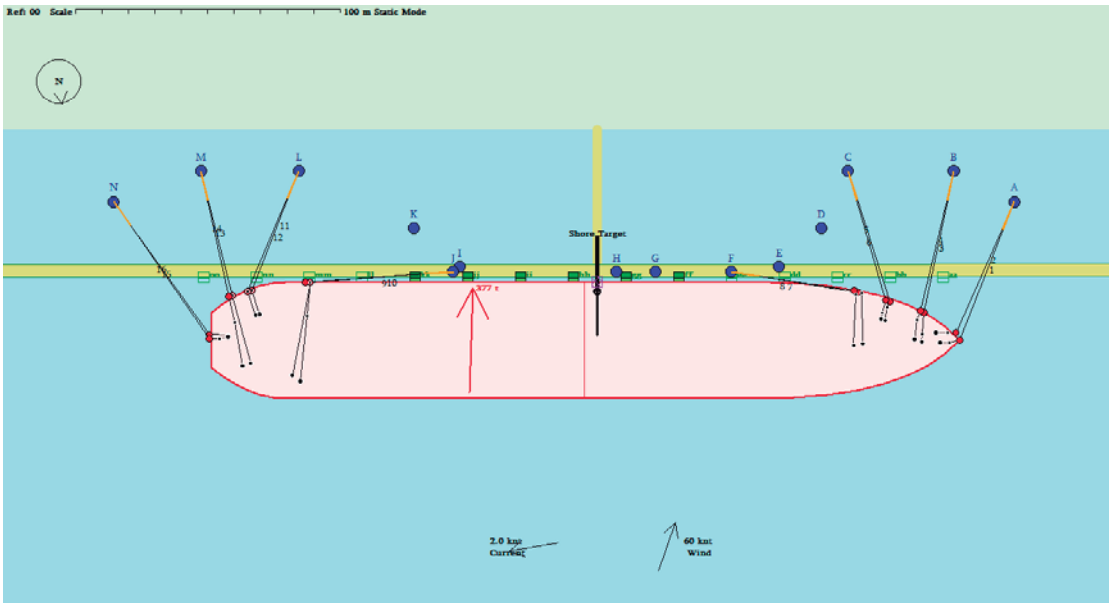
X-dist	-101.0	-79.0	-72.0	-47.5	29.0	48.5	52.5	66.5	66.6
Depth	0.0	13.1	15.7	22.6	22.6	15.7	13.1	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	142.0	0.0	0.1	7.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
2	140.6	2.8	0.1	7.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
3	128.6	9.9	0.1	10.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
4	127.1	10.5	0.1	10.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
5	115.5	13.9	0.1	7.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
6	113.9	14.4	0.1	7.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
7	103.4	17.4	0.1	20.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
8	102.1	17.8	0.1	20.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
9	-103.9	20.9	0.1	36.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
10	-105.7	20.8	0.1	36.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
11	-126.1	17.9	-3.1	9.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
12	-127.7	17.6	-3.1	9.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
13	-133.4	16.2	-3.1	25.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
14	-134.8	15.7	-3.1	25.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
15	-142.0	2.0	-3.1	7.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
16	-142.0	0.6	-3.1	7.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156

Codes for Types of Line:
SW: Steel Wire (steel core)
ka: KARAT MAXI polypropylene/polyester copolymer Wet-Used SCANROPE

Arrangement for 138000m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.75
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.65
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	14.1 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1287
Total Side Windage Area:	6291

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	12.3	0.1	0.0

Movement of Vessel	0.33 (fwd)	0.13 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.57 (aft)	-0.60 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	63.3			220°	38.3	33%
2-A	0.08	61.3			220°	38.4	33%
3-B	0.08	64.5			210°	38.5	33%
4-B	0.08	64.2			215°	38.5	33%
5-C	0.08	58.4			205°	35.6	31%
6-C	0.08	57.5			205°	36.3	32%
7-F	0.08	70.2			70°	22.5	20%
8-F	0.08	68.9			70°	22.6	20%
9-J	0.09	91.9			280°	31.6	27%
10-J	0.09	93.7			280°	31.4	27%
11-L	0.08	56.7			170°	51.2	44%
12-L	0.08	57.6			170°	50.5	44%
13-M	0.09	72.9			160°	46.7	41%
14-M	0.09	73.0			160°	47.2	41%
15-N	0.09	67.9			150°	42.8	37%
16-N	0.09	69.0			150°	42.9	37%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	99	0.16	4.5	100%
gg	86	0.14	3.9	100%
hh	75	0.12	3.4	100%
ii	77	0.12	3.5	100%
jj	94	0.15	4.3	100%
kk	112	0.18	7.1	72%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-30.0	68.0			76.7	17%	-24°	18.9
B	-17.1	72.5			77.0	17%	-13°	19.3
C	20.6	66.1			71.8	16%	17°	19.0
D								
E								
F	42.9	6.5			45.1	15%	81°	12.3
G								
H								
I								
J	-61.0	4.2			63.0	21%	-86°	15.0
K								
L	-38.9	91.4			101.6	23%	-23°	21.7
M	21.6	89.1			93.9	21%	14°	20.3
N	49.9	68.1			85.7	19%	36°	14.4

Approximate natural periods
Surge: 64 Sway: 45 Roll: 9.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.75
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.65
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	14.1 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction True:	30°
Wind Direction to Berth X-axis:	111°
Total End-on Windage Area:	1287
Total Side Windage Area:	6291

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-16.7	0.2	-0.1
Wind Drag Force:	-19.0	389.0	-56.4
Total Force:	-35.7	389.2	-56.4

Movement of Vessel at its Port Target: 0.22 (fwd) 0.10 (inw) -0.1° (stbd) 0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Inclin. Down	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	63.3			14°	3.0	3%
2-A	0.08	61.3			15°	2.2	2%
3-B	0.08	64.5			15°	4.6	4%
4-B	0.08	64.2			15°	4.1	4%
5-C	0.08	58.4			15°	10.9	9%
6-C	0.08	57.5			16°	10.5	9%
7-F	0.08	70.2			16°	16.7	15%
8-F	0.08	68.9			16°	16.8	15%
9-J	0.09	91.9			14°	slack	
10-J	0.09	93.7			14°	slack	
11-L	0.08	56.7			13°	slack	
12-L	0.08	57.6			12°	slack	
13-M	0.09	72.9			13°	slack	
14-M	0.09	73.0			13°	slack	
15-N	0.09	67.9			10°	1.2	1%
16-N	0.09	69.0			10°	0.9	1%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	41	0.07	1.9	100%
gg	53	0.09	2.4	100%
hh	65	0.10	3.0	100%
ii	77	0.12	3.5	100%
jj	90	0.14	4.1	100%
kk	102	0.16	6.6	70%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-2.0	4.6			5.2	1%	-23°	1.3
B	-1.9	8.2			8.7	2%	-13°	2.2
C	6.4	19.7			21.5	5%	18°	5.7
D								
E								
F	31.9	4.8			33.6	11%	81°	9.2
G								
H								
I								
J								
K								

L M N	1.3	1.7	2.2	0%	37°	0.4

Approximate natural periods
Surge: 63 Sway: 45 Roll: 9.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.75
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.65
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	14.1 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1287
Total Side Windage Area:	6291

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	6.0	-12.0	-3.1

Movement of Vessel	0.37 (fwd)	0.12 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.52 (aft)	-0.62 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	63.3			220°	39.5	34%
2-A	0.08	61.3			220°	39.6	34%
3-B	0.08	64.5			210°	39.9	35%
4-B	0.08	64.2			215°	39.9	35%
5-C	0.08	58.4			205°	37.7	33%
6-C	0.08	57.5			205°	38.4	33%
7-F	0.08	70.2			70°	24.9	22%
8-F	0.08	68.9			70°	25.1	22%
9-J	0.09	91.9			280°	29.0	25%
10-J	0.09	93.7			280°	28.7	25%
11-L	0.08	56.7			170°	51.1	44%
12-L	0.08	57.6			170°	50.4	44%
13-M	0.09	72.9			160°	47.5	41%
14-M	0.09	73.0			160°	48.0	42%
15-N	0.09	67.9			150°	43.9	38%
16-N	0.09	69.0			150°	44.0	38%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	92	0.15	4.2	100%
gg	81	0.13	3.7	100%
hh	71	0.11	3.2	100%
ii	77	0.12	3.5	100%
jj	94	0.15	4.3	100%
kk	114	0.18	7.3	71%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-30.9	70.2			79.1	18%	-24°	19.5
B	-17.6	75.2			79.8	18%	-13°	20.0
C	21.8	70.0			76.0	17%	17°	20.1
D								
E								
F	47.5	7.2			49.9	17%	81°	13.6
G								
H								
I								
J	-55.9	3.9			57.7	19%	-86°	13.7
K								
L	-38.8	91.3			101.5	23%	-23°	21.7
M	21.9	90.6			95.4	21%	14°	20.6
N	51.2	69.8			87.8	20%	36°	14.7

Approximate natural periods
Surge: 64 Sway: 45 Roll: 9.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.75
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.65
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	14.1 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1287
Total Side Windage Area:	6291

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-7.7	-14.4	4.0

Movement of Vessel	0.43 (fwd)	0.13 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.43 (aft)	-0.63 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	63.3			220°	37.4	33%
2-A	0.08	61.3			220°	37.4	33%
3-B	0.08	64.5			210°	38.4	33%
4-B	0.08	64.2			215°	38.3	33%
5-C	0.08	58.4			205°	37.6	33%
6-C	0.08	57.5			205°	38.2	33%
7-F	0.08	70.2			70°	28.5	25%
8-F	0.08	68.9			70°	28.7	25%
9-J	0.09	91.9			285°	24.5	21%
10-J	0.09	93.7			285°	24.3	21%
11-L	0.08	56.7			170°	51.7	45%
12-L	0.08	57.6			170°	50.9	44%
13-M	0.09	72.9			160°	49.6	43%
14-M	0.09	73.0			160°	50.0	43%
15-N	0.09	67.9			150°	46.6	41%
16-N	0.09	69.0			150°	46.7	41%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	99	0.16	4.5	100%
gg	86	0.14	3.9	100%
hh	74	0.12	3.4	100%
ii	75	0.12	3.4	100%
jj	92	0.15	4.2	100%
kk	110	0.18	7.1	71%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-29.2	66.4			74.8	17%	-24°	18.4
B	-16.9	72.2			76.6	17%	-13°	19.2
C	21.8	69.7			75.7	17%	17°	20.1
D								
E								
F	54.5	8.2			57.3	19%	81°	15.6
G								
H								
I								
J	-47.2	3.3			48.7	16%	-86°	11.6
K								
L	-39.1	92.2			102.6	23%	-23°	21.9
M	23.0	94.5			99.6	22%	14°	21.5
N	54.4	74.2			93.4	21%	36°	15.7

Approximate natural periods
Surge: 63 Sway: 45 Roll: 9.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.75
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.65
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	14.1 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1287
Total Side Windage Area:	6291

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.2	18.2	-0.2

Movement of Vessel	0.40 (fwd)	0.13 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.49 (aft)	-0.57 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	63.3			220°	35.8	31%
2-A	0.08	61.3			220°	35.9	31%
3-B	0.08	64.5			210°	36.4	32%
4-B	0.08	64.2			215°	36.3	32%
5-C	0.08	58.4			205°	34.8	30%
6-C	0.08	57.5			205°	35.4	31%
7-F	0.08	70.2			70°	26.5	23%
8-F	0.08	68.9			70°	26.7	23%
9-J	0.09	91.9			280°	27.2	24%
10-J	0.09	93.7			280°	27.0	23%
11-L	0.08	56.7			170°	48.0	42%
12-L	0.08	57.6			170°	47.3	41%
13-M	0.09	72.9			160°	45.5	40%
14-M	0.09	73.0			160°	45.9	40%
15-N	0.09	67.9			150°	42.6	37%
16-N	0.09	69.0			150°	42.7	37%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	103	0.16	4.7	100%
gg	90	0.14	4.1	100%
hh	78	0.13	3.5	100%
ii	80	0.13	3.6	100%
jj	97	0.16	4.4	100%
kk	117	0.19	7.5	71%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-28.0	63.6			71.7	16%	-24°	17.7
B	-16.1	68.5			72.6	16%	-13°	18.2
C	20.2	64.5			70.1	16%	17°	18.6
D								
E								
F	50.6	7.6			53.2	18%	81°	14.5
G								
H								
I								
J	-52.5	3.6			54.2	18%	-86°	12.9
K								
L	-36.4	85.7			95.3	21%	-23°	20.4
M	21.1	86.7			91.4	20%	14°	19.8
N	49.8	67.8			85.4	19%	36°	14.3

Approximate natural periods
Surge: 63 Sway: 45 Roll: 9.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_BM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ±	2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ±	2.00
Permissible Vertical Movement: ±	3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

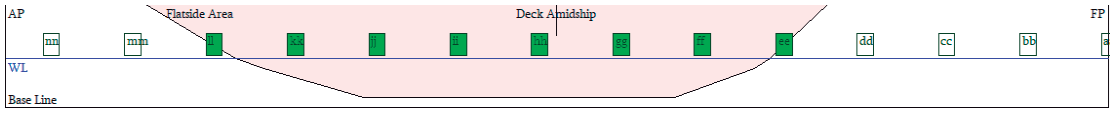
Vessel Data for 138000m³

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\SESTAO_KNUTSEN_01.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 271.0
Breadth: 42.0
Depth: 25.4
Port Target: 4.8 fwd from midship -17.7 from CL and 1.3 above deck
Stbd Target: 4.8 fwd from midship 17.7 from CL and 1.3 above deck
End-on projected windage area: 630 above deck level
Side projected windage area: 2050 above deck level
Fendering possible from: 0.373 LBP aft of midship
to: 0.246 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at Midship

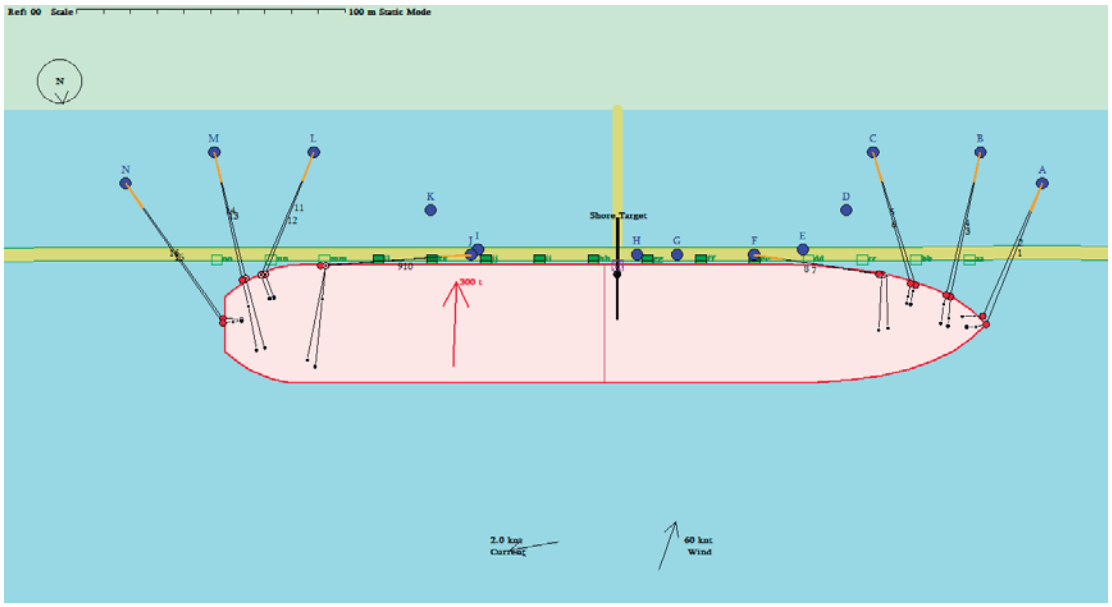
X-dist	-101.0	-79.0	-72.0	-47.5	29.0	48.5	52.5	66.5	66.6
Depth	0.0	13.1	15.7	22.6	22.6	15.7	13.1	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	142.0	0.0	0.1	7.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
2	140.6	2.8	0.1	7.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
3	128.6	9.9	0.1	10.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
4	127.1	10.5	0.1	10.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
5	115.5	13.9	0.1	7.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
6	113.9	14.4	0.1	7.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
7	103.4	17.4	0.1	20.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
8	102.1	17.8	0.1	20.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
9	-103.9	20.9	0.1	36.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
10	-105.7	20.8	0.1	36.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
11	-126.1	17.9	-3.1	9.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
12	-127.7	17.6	-3.1	9.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
13	-133.4	16.2	-3.1	25.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
14	-134.8	15.7	-3.1	25.5		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
15	-142.0	2.0	-3.1	7.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156
16	-142.0	0.6	-3.1	7.0		5	42 SW 115	11.0 80 ka 156

Codes for Types of Line:
SW: Steel Wire (steel core)
ka: KARAT MAXI polypropylene/polyester copolymer Wet-Used SCANROPE

Arrangement for 138000m³ at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	7.1 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True

Total End-on Windage Area:	1180
Total Side Windage Area:	5600

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	15.5	0.1	0.0

Movement of Vessel	0.21 (fwd)	0.08 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.51 (aft)	-0.51 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	62.0			220°	33.6	29%
2-A	0.08	60.0			220°	33.8	29%
3-B	0.08	63.2			215°	33.6	29%
4-B	0.08	62.9			215°	33.6	29%
5-C	0.08	57.0			205°	30.6	27%
6-C	0.08	56.1			205°	31.2	27%
7-F	0.08	68.7			80°	17.1	15%
8-F	0.08	67.4			80°	17.2	15%
9-J	0.08	90.7			280°	29.3	25%
10-J	0.09	92.4			280°	29.0	25%
11-L	0.07	55.7			170°	44.9	39%
12-L	0.07	56.6			170°	44.4	39%
13-M	0.09	71.9			160°	40.9	36%
14-M	0.09	72.0			160°	41.3	36%
15-N	0.08	67.1			150°	36.8	32%
16-N	0.08	68.3			150°	36.9	32%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	65	0.10	5.6	52%
ff	59	0.09	2.7	100%
gg	54	0.09	2.4	100%
hh	48	0.08	2.2	100%
ii	50	0.08	2.3	100%
jj	57	0.09	2.6	100%
kk	66	0.11	3.0	100%
ll	75	0.12	6.2	55%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-27.0	61.2			67.4	15%	-24°	8.4
B	-15.3	64.9			67.2	15%	-13°	8.5
C	18.3	58.5			61.8	14%	17°	8.3
D								
E								
F	33.5	5.0			34.2	11%	81°	4.7
G								
H								
I								
J	-57.7	4.0			58.3	19%	-86°	7.0
K								
L	-35.0	81.9			89.3	20%	-23°	6.5

M	19.3	79.7	82.2	18%	14°	6.1
N	43.5	59.3	73.6	16%	36°	4.2

Approximate natural periods
Surge: 70 Sway: 65 Roll: 8.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	7.1 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1180
Total Side Windage Area:	5600

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-19.2	-0.1	0.0

Movement of Vessel	0.41 (fwd)	0.08 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.26 (aft)	-0.51 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	62.0			220°	31.1	27%
2-A	0.08	60.0			220°	31.0	27%
3-B	0.08	63.2			215°	32.3	28%
4-B	0.08	62.9			215°	32.1	28%
5-C	0.08	57.0			205°	33.0	29%
6-C	0.08	56.1			205°	33.5	29%
7-F	0.08	68.7			80°	27.8	24%
8-F	0.08	67.4			80°	28.0	24%
9-J	0.08	90.7			280°	17.4	15%
10-J	0.09	92.4			280°	17.2	15%
11-L	0.07	55.7			170°	42.0	37%
12-L	0.07	56.6			170°	41.3	36%
13-M	0.09	71.9			160°	42.2	37%
14-M	0.09	72.0			160°	42.4	37%
15-N	0.08	67.1			150°	40.5	35%
16-N	0.08	68.3			150°	40.6	35%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	64	0.10	5.3	54%
ff	58	0.09	2.7	100%
gg	53	0.09	2.4	100%
hh	49	0.08	2.2	100%
ii	51	0.08	2.3	100%
jj	60	0.10	2.7	100%
kk	71	0.11	3.2	100%
ll	82	0.13	7.0	54%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-24.8	56.4			62.1	14%	-24°	7.7
B	-14.5	62.2			64.4	14%	-13°	8.1
C	19.8	62.9			66.5	15%	17°	8.9
D								
E								
F	54.6	8.2			55.8	19%	81°	7.7
G								
H								
I								
J	-34.3	2.4			34.6	12%	-86°	4.2
K								
L	-32.5	76.5			83.3	19%	-23°	6.1

M	20.1	82.0		84.6	19%	14°	6.3
N	48.0	65.2		81.1	18%	36°	4.6

Approximate natural periods
Surge: 69 Sway: 65 Roll: 8.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	7.1 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1180
Total Side Windage Area:	5600

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	4.8	-46.2	-11.3

Movement of Vessel	0.30 (fwd)	0.07 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.43 (aft)	-0.57 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	62.0			220°	38.9	34%
2-A	0.08	60.0			220°	39.0	34%
3-B	0.08	63.2			215°	39.3	34%
4-B	0.08	62.9			215°	39.3	34%
5-C	0.08	57.0			205°	37.5	33%
6-C	0.08	56.1			205°	38.2	33%
7-F	0.08	68.7			80°	21.6	19%
8-F	0.08	67.4			80°	21.8	19%
9-J	0.08	90.7			280°	24.7	21%
10-J	0.09	92.4			280°	24.4	21%
11-L	0.07	55.7			170°	46.3	40%
12-L	0.07	56.6			170°	45.6	40%
13-M	0.09	71.9			160°	43.4	38%
14-M	0.09	72.0			160°	43.7	38%
15-N	0.08	67.1			150°	39.7	34%
16-N	0.08	68.3			150°	39.7	35%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	48	0.08	4.1	53%
ff	46	0.07	2.1	100%
gg	43	0.07	2.0	100%
hh	42	0.07	1.9	100%
ii	46	0.07	2.1	100%
jj	57	0.09	2.6	100%
kk	69	0.11	3.1	100%
ll	82	0.13	6.8	54%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-31.1	70.7			77.8	17%	-24°	9.6
B	-17.8	75.9			78.6	17%	-13°	9.9
C	22.4	71.7			75.8	17%	17°	10.1
D								
E								
F	42.5	6.4			43.4	14%	81°	6.0
G								
H								
I								
J	-48.6	3.4			49.1	16%	-86°	5.9
K								
L	-35.9	84.3			91.8	20%	-23°	6.7

M	20.5	84.4		87.1	19%	14°	6.5
N	46.9	63.9		79.4	18%	36°	4.5

Approximate natural periods
Surge: 70 Sway: 65 Roll: 8.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	7.1 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True

Total End-on Windage Area:	1180
Total Side Windage Area:	5600

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-6.9	-40.5	12.6

Movement of Vessel	0.33 (fwd)	0.08 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.36 (aft)	-0.57 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	62.0			220°	33.1	29%
2-A	0.08	60.0			220°	33.2	29%
3-B	0.08	63.2			210°	34.2	30%
4-B	0.08	62.9			215°	34.2	30%
5-C	0.08	57.0			205°	33.6	29%
6-C	0.08	56.1			205°	34.2	30%
7-F	0.08	68.7			80°	22.8	20%
8-F	0.08	67.4			80°	22.9	20%
9-J	0.08	90.7			280°	21.9	19%
10-J	0.09	92.4			280°	21.8	19%
11-L	0.07	55.7			170°	49.9	43%
12-L	0.07	56.6			170°	49.1	43%
13-M	0.09	71.9			160°	47.7	41%
14-M	0.09	72.0			160°	48.1	42%
15-N	0.08	67.1			150°	44.4	39%
16-N	0.08	68.3			150°	44.5	39%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	67	0.11	5.6	54%
ff	59	0.10	2.7	100%
gg	52	0.08	2.4	100%
hh	46	0.07	2.1	100%
ii	44	0.07	2.0	100%
jj	50	0.08	2.3	100%
kk	59	0.09	2.7	100%
ll	67	0.11	5.7	54%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-26.5	60.3			66.4	15%	-24°	8.2
B	-15.5	66.1			68.4	15%	-13°	8.6
C	20.1	64.1			67.8	15%	17°	9.1
D								
E								
F	44.7	6.7			45.7	15%	81°	6.3
G								
H								
I								
J	-43.3	3.0			43.7	15%	-86°	5.2
K								
L	-38.6	90.9			99.0	22%	-23°	7.2

M	22.5	92.8		95.7	21%	14°	7.1
N	52.5	71.5		88.8	20%	36°	5.1

Approximate natural periods
Surge: 70 Sway: 65 Roll: 8.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 138000m³ at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Sestao_Knutsen\Sestao_Knutsen_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	7.1 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1180
Total Side Windage Area:	5600

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.1	41.8	-0.9

Movement of Vessel	0.31 (fwd)	0.09 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.41 (aft)	-0.44 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.08	62.0			220°	29.0	25%
2-A	0.08	60.0			220°	29.1	25%
3-B	0.08	63.2			215°	29.3	26%
4-B	0.08	62.9			215°	29.3	25%
5-C	0.08	57.0			205°	28.0	24%
6-C	0.08	56.1			205°	28.5	25%
7-F	0.08	68.7			80°	21.5	19%
8-F	0.08	67.4			80°	21.7	19%
9-J	0.08	90.7			280°	24.0	21%
10-J	0.09	92.4			280°	23.8	21%
11-L	0.07	55.7			170°	39.3	34%
12-L	0.07	56.6			170°	38.7	34%
13-M	0.09	71.9			160°	37.5	33%
14-M	0.09	72.0			160°	37.8	33%
15-N	0.08	67.1			150°	35.0	30%
16-N	0.08	68.3			150°	35.1	31%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	70	0.11	6.0	53%
ff	64	0.10	2.9	100%
gg	59	0.09	2.7	100%
hh	54	0.09	2.4	100%
ii	55	0.09	2.5	100%
jj	63	0.10	2.9	100%
kk	73	0.12	3.3	100%
ll	83	0.13	7.0	54%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-23.3	52.8			58.1	13%	-24°	7.2
B	-13.3	56.6			58.7	13%	-13°	7.4
C	16.8	53.4			56.4	13%	17°	7.6
D								
E								
F	42.3	6.4			43.2	14%	81°	6.0
G								
H								
I								
J	-47.3	3.3			47.8	16%	-86°	5.7
K								
L	-30.5	71.5			77.9	17%	-23°	5.7

M	17.8	72.9	75.3	17%	14°	5.6
N	41.5	56.4	70.1	16%	36°	4.0

Approximate natural periods
Surge: 70 Sway: 65 Roll: 8.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_PM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft:	± 2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd:	± 2.00
Permissible Vertical Movement:	± 3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

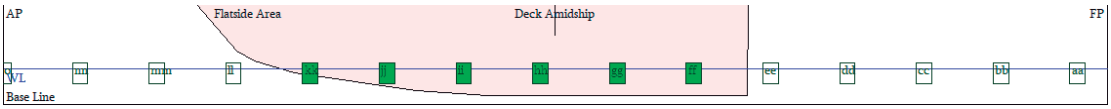
Vessel Data for 174000

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\Yamal_Spirit.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 287.7
Breadth: 47.5
Depth: 26.4
Port Target: 5.1 fwd from midship -18.9 from CL and 3.5 above deck
Stbd Target: 5.1 fwd from midship 18.9 from CL and 3.5 above deck
End-on projected windage area: 1065 above deck level
Side projected windage area: 2786 above deck level
Fendering possible from: 0.325 LBP aft of midship
to: 0.174 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at Midship

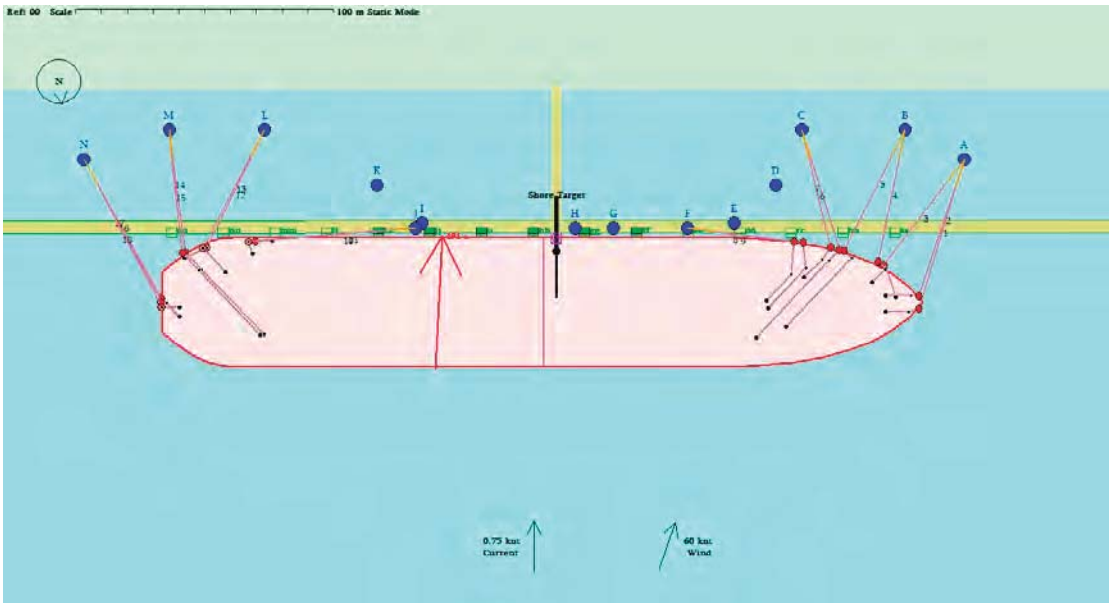
X-dist	-93.6	-82.9	-78.4	-67.9	-36.1	-17.7	21.5	39.6	50.1	50.2
Depth	0.0	12.3	14.9	17.8	22.6	23.7	23.7	23.7	23.7	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	145.5	-2.4	0.5	12.9	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
2	145.5	2.4	0.5	12.9	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
3	131.9	13.8	0.5	12.9	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
4	129.6	15.0	0.5	11.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
5	116.5	19.0	0.5	29.5	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
6	114.7	19.4	0.5	32.3	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
7	111.3	20.3	0.5	15.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
8	100.6	22.1	0.5	24.3	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
9	97.1	22.4	0.5	25.6	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
10	-111.5	22.5	0.5	6.5	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
11	-114.2	22.3	0.5	4.7	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
12	-130.3	20.2	-4.5	9.4	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
13	-131.8	20.0	-4.5	8.8	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
14	-138.7	18.6	-4.5	30.3	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
15	-139.8	18.3	-4.5	30.3	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
16	-147.9	1.4	-4.5	7.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
17	-147.9	0.0	-4.5	7.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
18	-147.9	-1.8	-4.5	7.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158

Codes for Types of Line:
eu: euroflex polypropylene/polyester (broken-in)
ab: AmSteel Blue HMPE (broken-in)

Arrangement for 174000 at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.53
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.87
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.3 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1866
Total Side Windage Area:	7639

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	12.8	0.1	0.0

Movement of Vessel	0.65 (fwd)	0.16 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.67 (aft)	-0.74 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.27	72.5			215°	42.6	34%
2-A	0.26	68.1			215°	43.6	35%
3-A	0.25	64.8			220°	39.4	32%
4-B	0.24	63.0			210°	45.8	37%
5-B	0.29	82.1			220°	36.9	29%
6-C	0.27	81.2			205°	37.9	30%
7-C	0.23	62.3			205°	44.4	36%
8-F	0.22	71.6			80°	35.8	29%
9-F	0.21	69.6			80°	36.2	29%
10-J	0.26	70.4			280°	39.0	31%
11-J	0.26	71.2			280°	38.9	31%
12-L	0.24	59.2			170°	47.0	38%
13-L	0.24	59.5			170°	46.4	37%
14-M	0.27	76.7			160°	46.9	38%
15-M	0.27	76.9			160°	46.9	38%
16-N	0.24	67.2			150°	49.5	40%
17-N	0.24	68.4			150°	49.2	39%
18-N	0.24	70.0			150°	48.8	39%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	120	0.19	5.5	100%
gg	107	0.17	4.8	100%
hh	94	0.15	4.3	100%
ii	99	0.16	4.5	100%
jj	128	0.21	5.8	100%
kk	139	0.25	10.8	58%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-49.4	108.4			123.9	28%	-25°	33.9
B	-25.4	74.1			81.8	18%	-19°	23.7
C	21.5	75.1			82.3	18%	16°	25.7
D								
E								
F	67.5	8.2			72.0	24%	83°	23.7
G								
H								
I								
J	-75.6	5.9			77.9	26%	-86°	18.0
K								
L	-42.0	81.2			93.3	21%	-27°	18.7

M	11.4	90.9	93.8	21%	7°	20.2
N	71.4	126.8	147.5	33%	29°	24.2

Approximate natural periods
Surge: 73 Sway: 51 Roll: 10.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.53
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.87
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.3 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1866
Total Side Windage Area:	7639

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-17.6	-0.1	0.0

Movement of Vessel	0.88 (fwd)	0.16 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.49 (aft)	-0.75 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.27	72.5			215°	41.7	33%
2-A	0.26	68.1			215°	42.5	34%
3-A	0.25	64.8			220°	36.1	29%
4-B	0.24	63.0			210°	45.3	36%
5-B	0.29	82.1			220°	34.8	28%
6-C	0.27	81.2			205°	40.0	32%
7-C	0.23	62.3			205°	46.6	37%
8-F	0.22	71.6			80°	46.1	37%
9-F	0.21	69.6			80°	46.5	37%
10-J	0.26	70.4			280°	30.2	24%
11-J	0.26	71.2			280°	30.1	24%
12-L	0.24	59.2			170°	43.9	35%
13-L	0.24	59.5			170°	43.1	35%
14-M	0.27	76.7			160°	47.3	38%
15-M	0.27	76.9			160°	47.2	38%
16-N	0.24	67.2			150°	52.5	42%
17-N	0.24	68.4			150°	52.0	42%
18-N	0.24	70.0			150°	51.4	41%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	117	0.19	5.3	100%
gg	104	0.17	4.7	100%
hh	93	0.15	4.2	100%
ii	102	0.16	4.7	100%
jj	133	0.21	6.1	100%
kk	139	0.26	10.9	58%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-46.6	104.1			118.6	26%	-24°	32.4
B	-24.2	72.0			79.3	18%	-19°	23.0
C	22.8	79.0			86.5	19%	16°	27.0
D								
E								
F	86.9	10.6			92.6	31%	83°	30.3
G								
H								
I								
J	-58.5	4.6			60.3	20%	-85°	14.0
K								
L	-39.0	75.8			87.0	19%	-27°	17.5

M	11.7	91.4	94.4	21%	7°	20.3
N	75.6	133.8	155.8	35%	29°	25.6

Approximate natural periods
Surge: 77 Sway: 50 Roll: 10.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.53
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.87
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.3 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1866
Total Side Windage Area:	7639

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	6.3	-11.5	-3.0

Movement of Vessel	0.71 (fwd)	0.15 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.63 (aft)	-0.77 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.27	72.5			215°	43.9	35%
2-A	0.26	68.1			215°	45.0	36%
3-A	0.25	64.8			220°	39.9	32%
4-B	0.24	63.0			210°	47.3	38%
5-B	0.29	82.1			220°	37.6	30%
6-C	0.27	81.2			205°	39.7	32%
7-C	0.23	62.3			205°	46.6	37%
8-F	0.22	71.6			80°	38.5	31%
9-F	0.21	69.6			80°	38.8	31%
10-J	0.26	70.4			280°	37.0	30%
11-J	0.26	71.2			280°	36.8	29%
12-L	0.24	59.2			170°	46.5	37%
13-L	0.24	59.5			170°	45.9	37%
14-M	0.27	76.7			160°	47.4	38%
15-M	0.27	76.9			160°	47.4	38%
16-N	0.24	67.2			150°	50.6	40%
17-N	0.24	68.4			150°	50.2	40%
18-N	0.24	70.0			150°	49.7	40%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	114	0.18	5.2	100%
gg	102	0.16	4.6	100%
hh	91	0.15	4.1	100%
ii	99	0.16	4.5	100%
jj	130	0.21	5.9	100%
kk	139	0.26	10.9	58%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-50.4	111.2			126.9	28%	-24°	34.7
B	-25.9	76.2			84.1	19%	-19°	24.3
C	22.6	78.8			86.3	19%	16°	26.9
D								
E								
F	72.4	8.8			77.3	26%	83°	25.4
G								
H								
I								
J	-71.5	5.6			73.8	25%	-86°	17.1
K								
L	-41.6	80.4			92.4	21%	-27°	18.6

M	11.6	91.8		94.8	21%	7°	20.4
N	72.8	129.3		150.4	33%	29°	24.7

Approximate natural periods
Surge: 73 Sway: 51 Roll: 10.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.53
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.87
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.3 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1866
Total Side Windage Area:	7639

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-8.2	-13.6	3.6

Movement of Vessel	0.81 (fwd)	0.16 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.54 (aft)	-0.77 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.27	72.5			215°	42.4	34%
2-A	0.26	68.1			215°	43.4	35%
3-A	0.25	64.8			220°	37.7	30%
4-B	0.24	63.0			210°	46.1	37%
5-B	0.29	82.1			220°	36.0	29%
6-C	0.27	81.2			205°	39.9	32%
7-C	0.23	62.3			205°	46.6	37%
8-F	0.22	71.6			80°	42.6	34%
9-F	0.21	69.6			80°	43.0	34%
10-J	0.26	70.4			280°	33.0	26%
11-J	0.26	71.2			280°	32.8	26%
12-L	0.24	59.2			170°	46.5	37%
13-L	0.24	59.5			170°	45.8	37%
14-M	0.27	76.7			160°	48.6	39%
15-M	0.27	76.9			160°	48.5	39%
16-N	0.24	67.2			150°	53.3	43%
17-N	0.24	68.4			150°	52.8	42%
18-N	0.24	70.0			150°	52.3	42%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	119	0.19	5.4	100%
gg	105	0.17	4.8	100%
hh	92	0.15	4.2	100%
ii	97	0.16	4.4	100%
jj	125	0.20	5.7	100%
kk	138	0.25	10.9	58%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-48.1	106.7			121.7	27%	-24°	33.3
B	-24.9	73.7			81.3	18%	-19°	23.5
C	22.7	78.9			86.4	19%	16°	27.0
D								
E								
F	80.3	9.7			85.7	29%	83°	28.1
G								
H								
I								
J	-63.8	5.0			65.8	22%	-85°	15.2
K								
L	-41.5	80.4			92.3	21%	-27°	18.5

M	12.0	94.1		97.1	22%	7°	20.9
N	76.7	136.1		158.4	35%	29°	26.0

Approximate natural periods
Surge: 77 Sway: 49 Roll: 10.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.53
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.87
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.3 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1866
Total Side Windage Area:	7639

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.2	18.2	-0.2

Movement of Vessel	0.75 (fwd)	0.16 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.59 (aft)	-0.71 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.27	72.5			215°	40.7	33%
2-A	0.26	68.1			215°	41.6	33%
3-A	0.25	64.8			220°	36.8	29%
4-B	0.24	63.0			210°	43.9	35%
5-B	0.29	82.1			220°	34.7	28%
6-C	0.27	81.2			205°	37.4	30%
7-C	0.23	62.3			205°	43.7	35%
8-F	0.22	71.6			80°	40.3	32%
9-F	0.21	69.6			80°	40.6	33%
10-J	0.26	70.4			280°	35.4	28%
11-J	0.26	71.2			280°	35.3	28%
12-L	0.24	59.2			170°	44.2	35%
13-L	0.24	59.5			170°	43.5	35%
14-M	0.27	76.7			160°	45.7	37%
15-M	0.27	76.9			160°	45.7	37%
16-N	0.24	67.2			150°	49.2	39%
17-N	0.24	68.4			150°	48.9	39%
18-N	0.24	70.0			150°	48.5	39%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	122	0.20	5.5	100%
gg	109	0.17	4.9	100%
hh	96	0.15	4.4	100%
ii	104	0.17	4.7	100%
jj	134	0.21	6.1	100%
kk	139	0.26	10.9	58%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-46.6	102.9			117.5	26%	-24°	32.2
B	-24.0	70.5			77.8	17%	-19°	22.6
C	21.3	74.1			81.1	18%	16°	25.4
D								
E								
F	75.9	9.2			80.9	27%	83°	26.5
G								
H								
I								
J	-68.6	5.4			70.7	24%	-86°	16.4
K								
L	-39.4	76.3			87.7	19%	-27°	17.6

M	11.2	88.5	91.4	20%	7°	19.7
N	71.1	126.0	146.6	33%	29°	24.1

Approximate natural periods
Surge: 77 Sway: 50 Roll: 10.9 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_BM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ±	2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ±	2.00
Permissible Vertical Movement: ±	3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

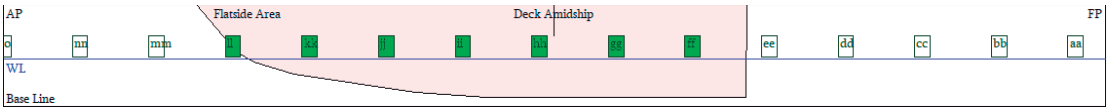
Vessel Data for 174000

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\Yamal_Spirit.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 287.7
Breadth: 47.5
Depth: 26.4
Port Target: 5.1 fwd from midship -18.9 from CL and 3.5 above deck
Stbd Target: 5.1 fwd from midship 18.9 from CL and 3.5 above deck
End-on projected windage area: 1065 above deck level
Side projected windage area: 2786 above deck level
Fendering possible from: 0.325 LBP aft of midship
to: 0.174 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at Midship

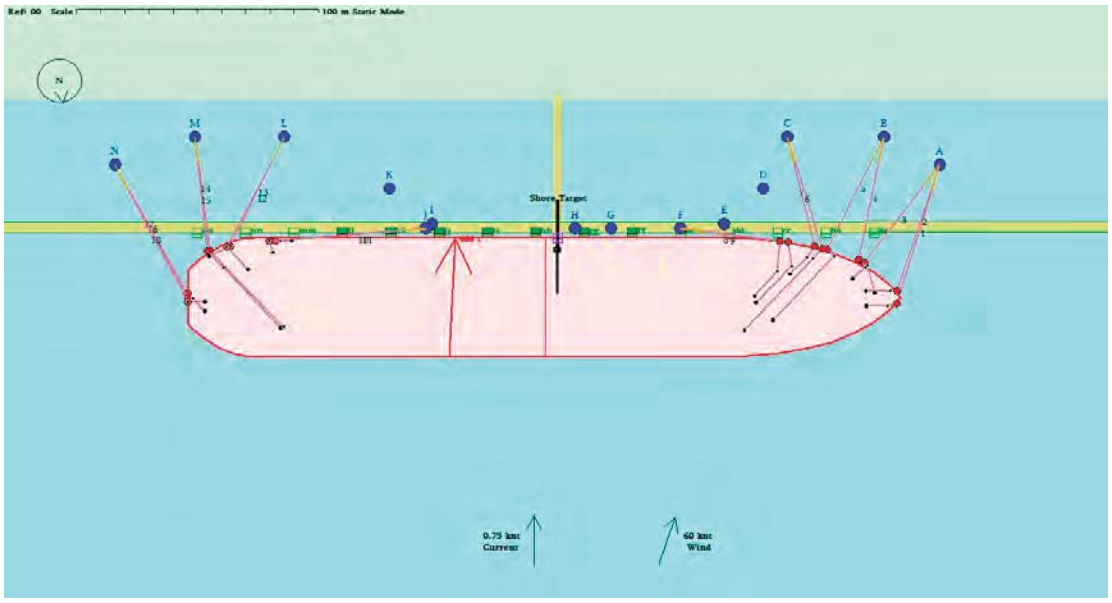
X-dist	-93.6	-82.9	-78.4	-67.9	-36.1	-17.7	21.5	39.6	50.1	50.2
Depth	0.0	12.3	14.9	17.8	22.6	23.7	23.7	23.7	23.7	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size-Type-BL	Tail Segment-1 Lgth-Size-Type-BL
1	145.5	-2.4	0.5	12.9	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
2	145.5	2.4	0.5	12.9	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
3	131.9	13.8	0.5	12.9	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
4	129.6	15.0	0.5	11.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
5	116.5	19.0	0.5	29.5	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
6	114.7	19.4	0.5	32.3	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
7	111.3	20.3	0.5	15.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
8	100.6	22.1	0.5	24.3	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
9	97.1	22.4	0.5	25.6	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
10	-111.5	22.5	0.5	6.5	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
11	-114.2	22.3	0.5	4.7	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
12	-130.3	20.2	-4.5	9.4	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
13	-131.8	20.0	-4.5	8.8	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
14	-138.7	18.6	-4.5	30.3	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
15	-139.8	18.3	-4.5	30.3	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
16	-147.9	1.4	-4.5	7.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
17	-147.9	0.0	-4.5	7.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158
18	-147.9	-1.8	-4.5	7.1	75	7	42 ab 125	11.0 90 eu 158

Codes for Types of Line:
eu: euroflex polypropylene/polyester (broken-in)
ab: AmSteel Blue HMPE (broken-in)

Arrangement for 174000 at REGANOSA Este



Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.1 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True

Total End-on Windage Area:	1735
Total Side Windage Area:	6843

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	16.4	0.5	0.1

Movement of Vessel	0.49 (fwd)	0.14 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.61 (aft)	-0.60 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.26	71.1			215°	37.0	30%
2-A	0.25	66.6			215°	38.1	30%
3-A	0.25	63.2			220°	35.0	28%
4-B	0.24	61.4			210°	39.9	32%
5-B	0.28	80.5			220°	32.3	26%
6-C	0.27	79.4			200°	32.5	26%
7-C	0.23	60.5			205°	38.6	31%
8-F	0.22	69.8			85°	29.0	23%
9-F	0.21	67.7			85°	29.4	24%
10-J	0.25	69.1			280°	37.0	30%
11-J	0.25	70.0			280°	36.8	29%
12-L	0.23	58.2			170°	41.8	33%
13-L	0.24	58.5			170°	41.3	33%
14-M	0.26	75.7			160°	41.4	33%
15-M	0.26	75.9			160°	41.5	33%
16-N	0.23	66.4			150°	43.1	35%
17-N	0.24	67.6			150°	42.9	34%
18-N	0.24	69.2			150°	42.6	34%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	110	0.18	5.0	100%
gg	96	0.15	4.4	100%
hh	82	0.13	3.7	100%
ii	72	0.12	3.3	100%
jj	77	0.12	3.5	100%
kk	90	0.15	4.1	100%
ll	105	0.17	8.2	58%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-44.8	97.4			108.5	24%	-25°	16.3
B	-23.0	66.8			71.5	16%	-19°	11.4
C	19.3	67.3			71.1	16%	16°	12.3
D								
E								
F	57.0	6.9			58.4	19%	83°	10.6
G								
H								
I								
J	-73.0	5.8			73.8	25%	-85°	9.2
K								

L	-38.3	73.6		83.1	18%	-27°	5.1
M	10.3	82.1		82.9	18%	7°	5.5
N	63.0	111.9		128.6	29%	29°	6.5

Approximate natural periods
Surge: 76 Sway: 73 Roll: 10.2 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.1 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True

Total End-on Windage Area:	1735
Total Side Windage Area:	6843

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-20.7	-0.4	0.1

Movement of Vessel	0.73 (fwd)	0.14 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.40 (aft)	-0.61 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.26	71.1			215°	35.8	29%
2-A	0.25	66.6			215°	36.7	29%
3-A	0.25	63.2			220°	30.8	25%
4-B	0.24	61.4			210°	39.3	31%
5-B	0.28	80.5			220°	29.9	24%
6-C	0.27	79.4			205°	35.3	28%
7-C	0.23	60.5			205°	41.3	33%
8-F	0.22	69.8			80°	40.9	33%
9-F	0.21	67.7			80°	41.5	33%
10-J	0.25	69.1			280°	26.8	21%
11-J	0.25	70.0			280°	26.6	21%
12-L	0.23	58.2			170°	38.2	31%
13-L	0.24	58.5			170°	37.5	30%
14-M	0.26	75.7			160°	42.2	34%
15-M	0.26	75.9			160°	42.0	34%
16-N	0.23	66.4			150°	46.5	37%
17-N	0.24	67.6			150°	46.1	37%
18-N	0.24	69.2			150°	45.6	36%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	106	0.17	4.8	100%
gg	93	0.15	4.2	100%
hh	80	0.13	3.7	100%
ii	72	0.12	3.3	100%
jj	79	0.13	3.6	100%
kk	95	0.15	4.3	100%
ll	110	0.18	9.2	54%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-41.2	91.8			101.8	23%	-24°	15.2
B	-21.6	64.1			68.5	15%	-19°	10.9
C	21.0	72.5			76.6	17%	16°	13.2
D								
E								
F	80.5	9.7			82.5	28%	83°	15.0
G								
H								
I								
J	-52.8	4.2			53.4	18%	-85°	6.7
K								

L	-34.7	67.2		75.7	17%	-27°	4.7
M	10.7	83.3		84.2	19%	7°	5.6
N	68.0	120.1		138.2	31%	30°	6.9

Approximate natural periods
Surge: 84 Sway: 75 Roll: 10.2 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.1 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True

Total End-on Windage Area:	1735
Total Side Windage Area:	6843

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	5.4	-45.2	-11.1

Movement of Vessel	0.58 (fwd)	0.12 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.53 (aft)	-0.69 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.26	71.1			215°	42.2	34%
2-A	0.25	66.6			215°	43.4	35%
3-A	0.25	63.2			220°	38.4	31%
4-B	0.24	61.4			210°	45.8	37%
5-B	0.28	80.5			220°	36.1	29%
6-C	0.27	79.4			205°	38.8	31%
7-C	0.23	60.5			205°	45.7	37%
8-F	0.22	69.8			85°	33.8	27%
9-F	0.21	67.7			85°	34.4	28%
10-J	0.25	69.1			280°	33.0	26%
11-J	0.25	70.0			280°	32.8	26%
12-L	0.23	58.2			170°	41.9	34%
13-L	0.24	58.5			170°	41.3	33%
14-M	0.26	75.7			160°	43.3	35%
15-M	0.26	75.9			160°	43.2	35%
16-N	0.23	66.4			150°	45.8	37%
17-N	0.24	67.6			150°	45.4	36%
18-N	0.24	69.2			150°	45.0	36%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	90	0.14	4.1	100%
gg	80	0.13	3.6	100%
hh	71	0.11	3.2	100%
ii	66	0.11	3.0	100%
jj	76	0.12	3.4	100%
kk	94	0.15	4.3	100%
ll	112	0.18	9.0	57%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-50.0	110.0			122.2	27%	-24°	18.3
B	-25.7	75.8			81.0	18%	-19°	12.9
C	22.9	80.0			84.5	19%	16°	14.5
D								
E								
F	66.6	8.1			68.2	23%	83°	12.4
G								
H								
I								
J	-65.1	5.1			65.8	22%	-86°	8.2
K								

L	-38.2	73.7		83.2	18%	-27°	5.1
M	10.8	85.6		86.5	19%	7°	5.8
N	66.8	118.5		136.2	30%	29°	6.9

Approximate natural periods
Surge: 77 Sway: 75 Roll: 10.2 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.1 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1735
Total Side Windage Area:	6843

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-7.7	-40.4	12.4

Movement of Vessel	0.63 (fwd)	0.14 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.48 (aft)	-0.68 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.26	71.1			215°	37.3	30%
2-A	0.25	66.6			215°	38.3	31%
3-A	0.25	63.2			220°	33.6	27%
4-B	0.24	61.4			210°	41.0	33%
5-B	0.28	80.5			220°	32.1	26%
6-C	0.27	79.4			200°	35.7	29%
7-C	0.23	60.5			205°	41.9	34%
8-F	0.22	69.8			80°	35.9	29%
9-F	0.21	67.7			80°	36.5	29%
10-J	0.25	69.1			280°	30.6	25%
11-J	0.25	70.0			280°	30.5	24%
12-L	0.23	58.2			170°	44.8	36%
13-L	0.24	58.5			170°	44.1	35%
14-M	0.26	75.7			160°	46.7	37%
15-M	0.26	75.9			160°	46.7	37%
16-N	0.23	66.4			150°	50.1	40%
17-N	0.24	67.6			150°	49.7	40%
18-N	0.24	69.2			150°	49.2	39%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	110	0.18	5.0	100%
gg	94	0.15	4.3	100%
hh	78	0.13	3.6	100%
ii	67	0.11	3.0	100%
jj	70	0.11	3.2	100%
kk	82	0.13	3.7	100%
ll	95	0.15	7.7	56%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-43.9	96.8			107.5	24%	-24°	16.1
B	-23.0	67.6			72.3	16%	-19°	11.5
C	21.1	73.4			77.5	17%	16°	13.4
D								
E								
F	70.7	8.5			72.5	24%	83°	13.2
G								
H								
I								
J	-60.4	4.8			61.1	20%	-85°	7.7
K								

L	-40.8	78.9		89.0	20%	-27°	5.5
M	11.7	92.5		93.4	21%	7°	6.2
N	73.1	129.7		149.0	33%	29°	7.5

Approximate natural periods
Surge: 76 Sway: 73 Roll: 10.2 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for 174000 at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Yamal_Spirit\Yamal_Spirit_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.1 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1735
Total Side Windage Area:	6843

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.1	42.6	-0.8

Movement of Vessel	0.60 (fwd)	0.15 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.52 (aft)	-0.54 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.26	71.1			215°	33.1	26%
2-A	0.25	66.6			215°	34.0	27%
3-A	0.25	63.2			220°	30.2	24%
4-B	0.24	61.4			210°	36.0	29%
5-B	0.28	80.5			220°	28.5	23%
6-C	0.27	79.4			200°	30.5	24%
7-C	0.23	60.5			205°	36.0	29%
8-F	0.22	69.8			80°	34.4	27%
9-F	0.21	67.7			80°	34.9	28%
10-J	0.25	69.1			280°	32.5	26%
11-J	0.25	70.0			280°	32.3	26%
12-L	0.23	58.2			170°	36.7	29%
13-L	0.24	58.5			170°	36.1	29%
14-M	0.26	75.7			160°	38.5	31%
15-M	0.26	75.9			160°	38.5	31%
16-N	0.23	66.4			150°	41.5	33%
17-N	0.24	67.6			150°	41.2	33%
18-N	0.24	69.2			150°	40.9	33%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ff	116	0.19	5.3	100%
gg	102	0.16	4.6	100%
hh	88	0.14	4.0	100%
ii	78	0.12	3.5	100%
jj	83	0.13	3.8	100%
kk	96	0.15	4.4	100%
ll	111	0.18	8.9	56%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-39.4	86.2			95.9	21%	-25°	14.4
B	-20.4	59.6			63.8	14%	-19°	10.2
C	18.1	63.0			66.5	15%	16°	11.5
D								
E								
F	67.7	8.1			69.3	23%	83°	12.6
G								
H								
I								
J	-64.2	5.1			64.9	22%	-85°	8.1
K								

L	-33.5	64.5	72.9	16%	-27°	4.5
M	9.6	76.2	77.0	17%	7°	5.1
N	60.7	107.4	123.6	27%	29°	6.2

Approximate natural periods
Surge: 76 Sway: 74 Roll: 10.2 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_PM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft:	± 2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd:	± 2.00
Permissible Vertical Movement:	± 3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

```
ff   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

gg   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

hh   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

ii   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

jj   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

kk   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

ll   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

mm   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

nn   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m

oo   137   155   169   179 tonnes
     0.22  0.58  0.76  0.80 m
```

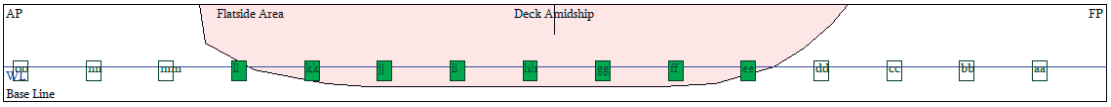
Vessel Data for Q-Flex

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\ -Flex.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 303.0
Breadth: 50.0
Depth: 27.0
Port Target: 2.2 fwd from midship -21.5 from CL and 4.9 above deck
Stbd Target: 2.2 fwd from midship 21.5 from CL and 4.9 above deck
End-on projected windage area: 865 above deck level
Side projected windage area: 2825 above deck level
Fendering possible from: 0.322 LBP aft of midship
to: 0.274 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at Midship

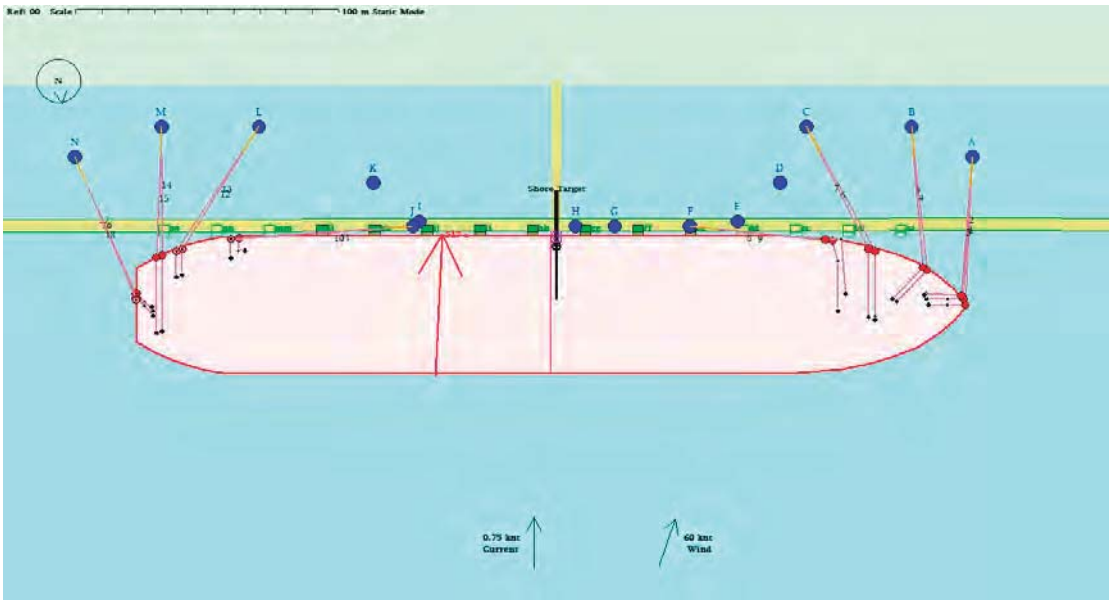
X-dist	-97.7	-96.0	-82.5	-62.7	-51.3	29.7	44.1	60.1	68.6	76.1	80.6	83.0
Depth	0.0	10.7	17.9	21.8	22.6	22.6	21.8	17.3	12.1	5.6	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size	Line Type	Line BL	Tail Segment-1 Lgth	Tail Segment-1 Size	Tail Segment-1 Type	Tail Segment-1 BL
1	157.6	0.0	0.7	14.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
2	156.9	2.3	0.7	14.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
3	156.1	3.4	0.7	14.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
4	143.0	12.8	0.7	11.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
5	141.4	13.7	0.7	11.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
6	123.3	19.6	0.7	25.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
7	120.9	20.5	0.7	25.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
8	107.1	23.4	0.7	26.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
9	104.4	23.9	0.7	26.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
10	-118.4	24.4	0.7	7.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
11	-121.5	24.0	0.7	7.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
12	-140.0	20.3	-4.4	9.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
13	-142.2	19.7	-4.4	9.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
14	-147.6	18.1	-4.4	27.6	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
15	-149.8	17.4	-4.4	27.6	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
16	-157.5	4.1	-4.4	6.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
17	-157.5	2.6	-4.4	6.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
18	-157.5	1.9	-4.4	6.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175

Codes for Types of Line:
dm: dynamax HMPE 12-strand (broken-in)
eu: euroflex polypropylene/polyester (broken-in)

Arrangement for Q-Flex at REGANOSA Este



Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1725
Total Side Windage Area:	8037

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	13.8	0.1	0.0

Movement of Vessel	0.51 (fwd)	0.12 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.98 (aft)	-0.83 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	70.1			215°	45.3	33%
2-A	0.19	67.9			215°	46.5	34%
3-A	0.19	66.9			220°	47.1	34%
4-B	0.19	66.2			210°	43.6	32%
5-B	0.19	65.2			210°	44.7	33%
6-C	0.22	79.5			200°	28.8	21%
7-C	0.22	77.6			200°	30.1	22%
8-F	0.23	82.3			90°	26.4	19%
9-F	0.23	79.8			90°	26.8	20%
10-J	0.15	74.9			280°	46.1	34%
11-J	0.16	78.0			280°	44.9	33%
12-L	0.17	63.8			180°	51.0	37%
13-L	0.17	65.5			180°	49.6	36%
14-M	0.20	75.5			160°	49.3	36%
15-M	0.20	76.3			165°	49.3	36%
16-N	0.19	62.4			150°	54.2	40%
17-N	0.20	63.7			150°	53.7	39%
18-N	0.20	64.4			150°	53.4	39%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	92	0.15	6.3	66%
ff	84	0.14	3.8	100%
gg	77	0.12	3.5	100%
hh	72	0.11	3.3	100%
ii	72	0.12	3.3	100%
jj	82	0.13	3.7	100%
kk	96	0.15	4.4	98%
ll	109	0.18	71.3	7%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-9.7	132.8			138.9	31%	-4°	39.7
B	7.4	84.3			88.3	20%	5°	25.3
C	26.6	49.7			58.9	13%	28°	17.1
D								
E								
F	50.7	4.8			53.1	18%	85°	15.1
G								
H								
I								
J	-88.5	5.7			91.0	30%	-86°	20.4

K							
L	-54.6	82.3		100.6	22%	-34°	19.2
M	-2.2	96.2		98.6	22%	-1°	21.3
N	64.9	144.6		161.3	36%	24°	29.7

Approximate natural periods
Surge: 84 Sway: 48 Roll: 11.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1725
Total Side Windage Area:	8037

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-19.1	-0.1	0.0

Movement of Vessel	0.78 (fwd)	0.12 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.70 (aft)	-0.82 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	70.1			215°	43.7	32%
2-A	0.19	67.9			215°	44.6	33%
3-A	0.19	66.9			215°	45.1	33%
4-B	0.19	66.2			210°	43.3	32%
5-B	0.19	65.2			210°	44.1	32%
6-C	0.22	79.5			200°	31.2	23%
7-C	0.22	77.6			200°	32.3	24%
8-F	0.23	82.3			90°	37.1	27%
9-F	0.23	79.8			90°	37.8	28%
10-J	0.15	74.9			280°	33.4	24%
11-J	0.16	78.0			280°	32.6	24%
12-L	0.17	63.8			180°	46.6	34%
13-L	0.17	65.5			180°	45.1	33%
14-M	0.20	75.5			160°	49.4	36%
15-M	0.20	76.3			165°	49.1	36%
16-N	0.19	62.4			150°	58.0	42%
17-N	0.20	63.7			150°	57.3	42%
18-N	0.20	64.4			150°	57.0	42%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	94	0.15	6.4	67%
ff	86	0.14	3.9	100%
gg	78	0.13	3.6	100%
hh	73	0.12	3.3	100%
ii	74	0.12	3.3	100%
jj	84	0.14	3.8	100%
kk	97	0.16	4.5	98%
ll	110	0.18	84.3	6%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-8.9	127.6			133.5	30%	-4°	38.1
B	7.6	83.4			87.4	19%	5°	25.1
C	28.8	53.4			63.5	14%	28°	18.5
D								
E								
F	71.6	6.7			75.0	25%	85°	21.2
G								
H								
I								
J	-64.2	4.2			66.0	22%	-86°	14.9

K							
L	-49.6	75.1		91.7	20%	-33°	17.5
M	-1.9	96.1		98.4	22%	-1°	21.3
N	69.8	154.3		172.3	38%	24°	31.7

Approximate natural periods
Surge: 90 Sway: 49 Roll: 11.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1725
Total Side Windage Area:	8037

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	6.8	-12.6	-3.3

Movement of Vessel	0.57 (fwd)	0.11 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.92 (aft)	-0.85 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	70.1			215°	46.6	34%
2-A	0.19	67.9			215°	47.8	35%
3-A	0.19	66.9			220°	48.4	35%
4-B	0.19	66.2			210°	45.2	33%
5-B	0.19	65.2			210°	46.2	34%
6-C	0.22	79.5			200°	30.4	22%
7-C	0.22	77.6			200°	31.6	23%
8-F	0.23	82.3			90°	28.7	21%
9-F	0.23	79.8			90°	29.1	21%
10-J	0.15	74.9			280°	43.5	32%
11-J	0.16	78.0			280°	42.4	31%
12-L	0.17	63.8			180°	50.7	37%
13-L	0.17	65.5			180°	49.3	36%
14-M	0.20	75.5			160°	49.8	36%
15-M	0.20	76.3			165°	49.7	36%
16-N	0.19	62.4			150°	55.3	40%
17-N	0.20	63.7			150°	54.7	40%
18-N	0.20	64.4			150°	54.5	40%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	87	0.14	6.0	66%
ff	80	0.13	3.7	100%
gg	74	0.12	3.4	100%
hh	70	0.11	3.2	100%
ii	71	0.11	3.2	100%
jj	83	0.13	3.8	100%
kk	96	0.16	4.5	98%
ll	111	0.18	74.2	7%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-9.9	136.5			142.8	32%	-4°	40.8
B	7.7	87.3			91.4	20%	5°	26.2
C	28.0	52.3			62.0	14%	28°	18.0
D								
E								
F	55.2	5.2			57.8	19%	85°	16.4
G								
H								
I								
J	-83.5	5.4			85.9	29%	-86°	19.3

K							
L	-54.2	81.8		100.0	22%	-34°	19.0
M	-2.1	97.1		99.5	22%	-1°	21.5
N	66.3	147.5		164.5	37%	24°	30.3

Approximate natural periods
Surge: 84 Sway: 49 Roll: 11.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1725
Total Side Windage Area:	8037

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-8.8	-15.0	4.0

Movement of Vessel	0.69 (fwd)	0.12 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.78 (aft)	-0.85 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	70.1			215°	44.7	33%
2-A	0.19	67.9			215°	45.7	33%
3-A	0.19	66.9			215°	46.3	34%
4-B	0.19	66.2			210°	44.1	32%
5-B	0.19	65.2			210°	44.9	33%
6-C	0.22	79.5			200°	30.9	23%
7-C	0.22	77.6			200°	32.1	23%
8-F	0.23	82.3			90°	33.7	25%
9-F	0.23	79.8			90°	34.2	25%
10-J	0.15	74.9			280°	37.2	27%
11-J	0.16	78.0			280°	36.3	26%
12-L	0.17	63.8			180°	49.7	36%
13-L	0.17	65.5			180°	48.2	35%
14-M	0.20	75.5			160°	51.2	37%
15-M	0.20	76.3			165°	50.9	37%
16-N	0.19	62.4			150°	58.6	43%
17-N	0.20	63.7			150°	58.0	42%
18-N	0.20	64.4			150°	57.7	42%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	94	0.15	6.4	67%
ff	85	0.14	3.9	100%
gg	77	0.12	3.5	100%
hh	71	0.11	3.2	100%
ii	71	0.11	3.2	100%
jj	81	0.13	3.7	100%
kk	93	0.15	4.3	98%
ll	105	0.17	76.5	6%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-9.2	130.7			136.7	30%	-4°	39.1
B	7.6	84.9			89.0	20%	5°	25.5
C	28.6	53.1			63.0	14%	28°	18.3
D								
E								
F	64.8	6.1			67.9	23%	85°	19.2
G								
H								
I								
J	-71.5	4.7			73.5	25%	-86°	16.5

K							
L	-53.0	80.2		97.9	22%	-33°	18.7
M	-2.0	99.6		102.0	23%	-1°	22.0
N	70.4	156.3		174.4	39%	24°	32.1

Approximate natural periods
Surge: 84 Sway: 48 Roll: 11.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1725
Total Side Windage Area:	8037

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.2	19.9	-0.2

Movement of Vessel	0.63 (fwd)	0.12 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.86 (aft)	-0.80 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	70.1			215°	42.9	31%
2-A	0.19	67.9			215°	44.0	32%
3-A	0.19	66.9			220°	44.5	33%
4-B	0.19	66.2			210°	41.9	31%
5-B	0.19	65.2			210°	42.7	31%
6-C	0.22	79.5			200°	28.7	21%
7-C	0.22	77.6			200°	29.9	22%
8-F	0.23	82.3			90°	31.0	23%
9-F	0.23	79.8			90°	31.6	23%
10-J	0.15	74.9			280°	40.8	30%
11-J	0.16	78.0			280°	39.7	29%
12-L	0.17	63.8			180°	47.4	35%
13-L	0.17	65.5			180°	46.1	34%
14-M	0.20	75.5			160°	47.8	35%
15-M	0.20	76.3			165°	47.6	35%
16-N	0.19	62.4			150°	54.3	40%
17-N	0.20	63.7			150°	53.7	39%
18-N	0.20	64.4			150°	53.5	39%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
ee	96	0.15	6.5	67%
ff	88	0.14	4.0	100%
gg	80	0.13	3.6	100%
hh	74	0.12	3.4	100%
ii	75	0.12	3.4	100%
jj	85	0.14	3.9	100%
kk	98	0.16	4.5	98%
ll	111	0.18	78.0	6%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-9.0	125.6			131.4	29%	-4°	37.6
B	7.2	80.7			84.6	19%	5°	24.3
C	26.5	49.3			58.6	13%	28°	17.1
D								
E								
F	59.8	5.6			62.6	21%	85°	17.7
G								
H								
I								
J	-78.2	5.1			80.5	27%	-86°	18.1

K							
L	-50.7	76.5		93.5	21%	-34°	17.8
M	-1.9	93.1		95.4	21%	-1°	20.6
N	65.2	144.7		161.5	36%	24°	29.7

Approximate natural periods
Surge: 84 Sway: 48 Roll: 11.4 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_BM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ±	2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ±	2.00
Permissible Vertical Movement: ±	3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

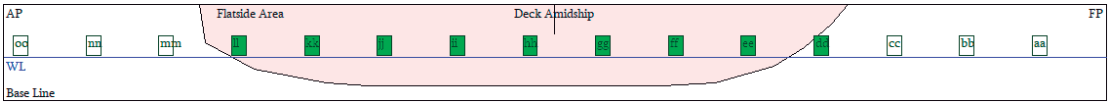
Vessel Data for Q-Flex

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\ -Flex.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 303.0
Breadth: 50.0
Depth: 27.0
Port Target: 2.2 fwd from midship -21.5 from CL and 4.9 above deck
Stbd Target: 2.2 fwd from midship 21.5 from CL and 4.9 above deck
End-on projected windage area: 865 above deck level
Side projected windage area: 2825 above deck level
Fendering possible from: 0.322 LBP aft of midship
to: 0.274 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour — Longitudinal datum at Midship

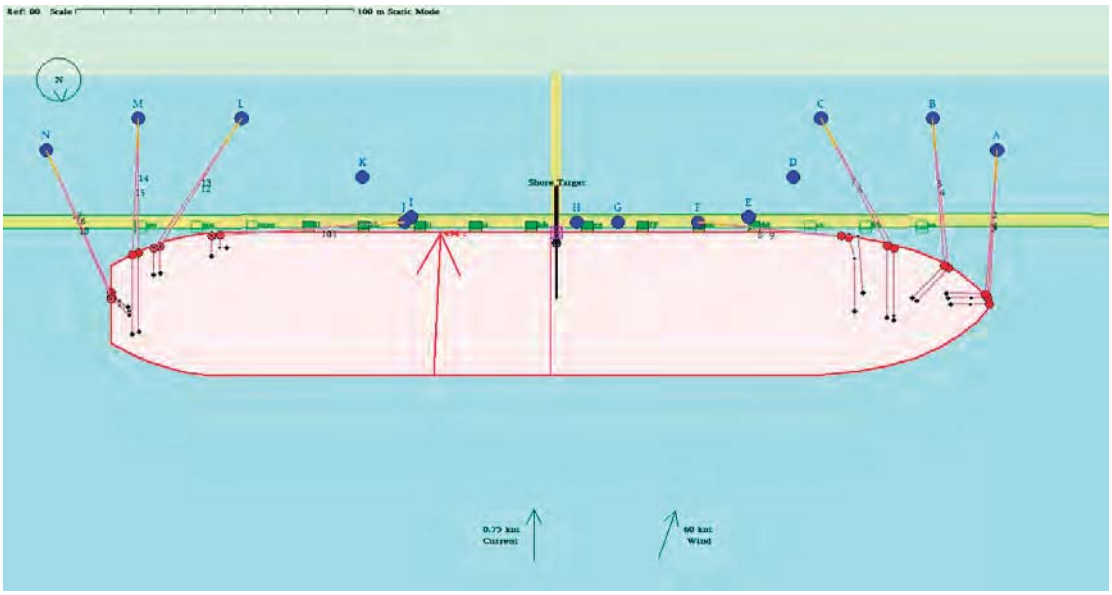
X-dist	-97.7	-96.0	-82.5	-62.7	-51.3	29.7	44.1	60.1	68.6	76.1	80.6	83.0
Depth	0.0	10.7	17.9	21.8	22.6	22.6	21.8	17.3	12.1	5.6	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size	Line Type	Line BL	Tail Segment-1 Lgth	Tail Segment-1 Size	Tail Segment-1 Type	Tail Segment-1 BL
1	157.6	0.0	0.7	14.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
2	156.9	2.3	0.7	14.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
3	156.1	3.4	0.7	14.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
4	143.0	12.8	0.7	11.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
5	141.4	13.7	0.7	11.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
6	123.3	19.6	0.7	25.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
7	120.9	20.5	0.7	25.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
8	107.1	23.4	0.7	26.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
9	104.4	23.9	0.7	26.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
10	-118.4	24.4	0.7	7.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
11	-121.5	24.0	0.7	7.0	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
12	-140.0	20.3	-4.4	9.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
13	-142.2	19.7	-4.4	9.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
14	-147.6	18.1	-4.4	27.6	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
15	-149.8	17.4	-4.4	27.6	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
16	-157.5	4.1	-4.4	6.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
17	-157.5	2.6	-4.4	6.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175
18	-157.5	1.9	-4.4	6.5	82	6	44	dm	137	11.0	88	eu	175

Codes for Types of Line:
dm: dynamax HMPE 12-strand (broken-in)
eu: euroflex polypropylene/polyester (broken-in)

Arrangement for Q-Flex at REGANOSA Este



Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref:	00
Static Analysis for Time:	0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)
Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.7 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1600
Total Side Windage Area:	7279

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	17.4	0.0	0.0

Movement of Vessel	0.39 (fwd)	0.09 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.90 (aft)	-0.71 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	68.6			215°	40.0	29%
2-A	0.19	66.3			220°	41.2	30%
3-A	0.18	65.3			220°	41.9	31%
4-B	0.19	64.6			210°	38.4	28%
5-B	0.19	63.6			210°	39.4	29%
6-C	0.22	77.9			200°	25.1	18%
7-C	0.22	76.0			200°	26.3	19%
8-F	0.23	80.8			90°	22.2	16%
9-F	0.23	78.2			90°	22.6	17%
10-J	0.15	73.7			280°	43.8	32%
11-J	0.16	76.8			280°	42.5	31%
12-L	0.16	62.9			180°	45.9	34%
13-L	0.16	64.6			180°	44.7	33%
14-M	0.20	74.5			160°	44.1	32%
15-M	0.20	75.2			165°	44.1	32%
16-N	0.19	61.5			150°	47.7	35%
17-N	0.19	62.8			150°	47.2	34%
18-N	0.20	63.5			150°	47.0	34%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	64	0.10	high	2%
ee	61	0.10	2.8	100%
ff	59	0.09	2.7	100%
gg	57	0.09	2.6	100%
hh	58	0.09	2.6	100%
ii	64	0.10	2.9	100%
jj	74	0.12	3.4	100%
kk	86	0.14	3.9	100%
ll	97	0.16	4.4	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-8.8	121.1			123.1	27%	-4°	20.4
B	6.7	76.3			77.7	17%	5°	12.9
C	24.0	44.6			51.4	11%	28°	8.7
D								
E								
F	44.0	4.2			44.8	15%	85°	7.4
G								
H								
I								

J	-85.4	5.6	86.3	29%	-86°	11.1
K						
L	-50.1	75.3	90.6	20%	-34°	6.2
M	-2.0	87.8	88.1	20%	-1°	6.9
N	58.1	129.2	141.9	32%	24°	9.4

Approximate natural periods
Surge: 89 Sway: 72 Roll: 10.6 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.7 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1600
Total Side Windage Area:	7279

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-22.0	-0.1	0.0

Movement of Vessel	0.69 (fwd)	0.09 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.58 (aft)	-0.69 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	68.6			215°	38.1	28%
2-A	0.19	66.3			215°	39.0	28%
3-A	0.18	65.3			215°	39.5	29%
4-B	0.19	64.6			210°	38.0	28%
5-B	0.19	63.6			210°	38.7	28%
6-C	0.22	77.9			200°	27.9	20%
7-C	0.22	76.0			200°	28.9	21%
8-F	0.23	80.8			90°	34.9	25%
9-F	0.23	78.2			90°	35.6	26%
10-J	0.15	73.7			280°	28.8	21%
11-J	0.16	76.8			280°	28.0	20%
12-L	0.16	62.9			180°	40.9	30%
13-L	0.16	64.6			180°	39.6	29%
14-M	0.20	74.5			160°	44.3	32%
15-M	0.20	75.2			165°	43.9	32%
16-N	0.19	61.5			150°	52.2	38%
17-N	0.19	62.8			150°	51.5	38%
18-N	0.20	63.5			150°	51.2	37%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	67	0.11	90.9	3%
ee	64	0.10	2.9	100%
ff	61	0.10	2.8	100%
gg	59	0.09	2.7	100%
hh	59	0.09	2.7	100%
ii	66	0.11	3.0	100%
jj	76	0.12	3.5	100%
kk	88	0.14	4.0	100%
ll	99	0.16	4.5	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-7.9	114.8			116.7	26%	-4°	19.4
B	6.9	75.4			76.7	17%	5°	12.8
C	26.7	49.2			56.8	13%	28°	9.6
D								
E								
F	69.2	6.5			70.5	24%	85°	11.5
G								
H								
I								

J	-56.2	3.7		56.8	19%	-86°	7.3
K							
L	-44.3	66.9		80.4	18%	-33°	5.5
M	-1.6	87.9		88.2	20%	-1°	6.9
N	63.8	140.8		154.9	34%	24°	10.3

Approximate natural periods
Surge: 98 Sway: 72 Roll: 10.6 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 2300 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.7 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1600
Total Side Windage Area:	7279

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	5.9	-45.6	-11.3

Movement of Vessel	0.48 (fwd)	0.08 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.82 (aft)	-0.78 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	68.6			215°	45.2	33%
2-A	0.19	66.3			220°	46.4	34%
3-A	0.18	65.3			220°	47.1	34%
4-B	0.19	64.6			210°	43.9	32%
5-B	0.19	63.6			210°	44.9	33%
6-C	0.22	77.9			200°	29.5	21%
7-C	0.22	76.0			200°	30.8	22%
8-F	0.23	80.8			90°	25.9	19%
9-F	0.23	78.2			90°	26.4	19%
10-J	0.15	73.7			280°	39.8	29%
11-J	0.16	76.8			280°	38.7	28%
12-L	0.16	62.9			180°	46.8	34%
13-L	0.16	64.6			180°	45.5	33%
14-M	0.20	74.5			160°	46.0	34%
15-M	0.20	75.2			165°	45.8	33%
16-N	0.19	61.5			150°	50.1	37%
17-N	0.19	62.8			150°	49.6	36%
18-N	0.20	63.5			150°	49.3	36%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	52	0.08	91.8	3%
ee	52	0.08	2.3	100%
ff	51	0.08	2.3	100%
gg	51	0.08	2.3	100%
hh	54	0.09	2.4	100%
ii	62	0.10	2.8	100%
jj	74	0.12	3.4	100%
kk	88	0.14	4.0	100%
ll	102	0.16	4.6	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-9.8	136.4			138.7	31%	-4°	23.0
B	7.7	87.2			88.8	20%	5°	14.8
C	28.1	52.3			60.2	13%	28°	10.2
D								
E								
F	51.4	4.9			52.3	17%	85°	8.6
G								
H								
I								

J	-77.6	5.0	78.5	26%	-86°	10.1
K						
L	-50.9	76.7	92.3	21%	-34°	6.4
M	-2.0	91.4	91.7	20%	-1°	7.2
N	61.0	135.7	149.1	33%	24°	9.9

Approximate natural periods
Surge: 91 Sway: 72 Roll: 8.7 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.7 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1600
Total Side Windage Area:	7279

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-8.4	-40.7	12.4

Movement of Vessel	0.58 (fwd)	0.09 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.68 (aft)	-0.76 (out)	0.0° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	68.6			215°	39.9	29%
2-A	0.19	66.3			215°	41.0	30%
3-A	0.18	65.3			215°	41.6	30%
4-B	0.19	64.6			210°	39.6	29%
5-B	0.19	63.6			210°	40.4	30%
6-C	0.22	77.9			200°	28.0	20%
7-C	0.22	76.0			200°	29.1	21%
8-F	0.23	80.8			90°	30.1	22%
9-F	0.23	78.2			90°	30.7	22%
10-J	0.15	73.7			280°	33.5	24%
11-J	0.16	76.8			280°	32.6	24%
12-L	0.16	62.9			180°	47.5	35%
13-L	0.16	64.6			180°	46.1	34%
14-M	0.20	74.5			160°	49.2	36%
15-M	0.20	75.2			165°	48.9	36%
16-N	0.19	61.5			150°	55.9	41%
17-N	0.19	62.8			150°	55.3	40%
18-N	0.20	63.5			150°	54.9	40%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	69	0.11	high	3%
ee	64	0.10	2.9	100%
ff	60	0.10	2.7	100%
gg	56	0.09	2.5	100%
hh	54	0.09	2.5	100%
ii	59	0.09	2.7	100%
jj	67	0.11	3.1	100%
kk	76	0.12	3.5	100%
ll	86	0.14	3.9	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-8.4	120.5			122.5	27%	-4°	20.3
B	7.1	78.6			80.0	18%	5°	13.3
C	26.7	49.5			57.1	13%	28°	9.7
D								
E								
F	59.7	5.6			60.8	20%	85°	10.0
G								
H								
I								

J	-65.4	4.3		66.1	22%	-86°	8.5
K							
L	-51.5	77.9		93.6	21%	-33°	6.4
M	-2.0	97.7		98.0	22%	-1°	7.7
N	68.1	151.1		166.1	37%	24°	11.0

Approximate natural periods
Surge: 91 Sway: 72 Roll: 10.6 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Flex at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -FLex\ -Flex_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.30
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.70
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.7 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1600
Total Side Windage Area:	7279

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.1	43.8	-0.8

Movement of Vessel	0.53 (fwd)	0.10 (inw)	0.1° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.76 (aft)	-0.63 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.19	68.6			215°	35.7	26%
2-A	0.19	66.3			215°	36.6	27%
3-A	0.18	65.3			220°	37.2	27%
4-B	0.19	64.6			210°	34.7	25%
5-B	0.19	63.6			210°	35.5	26%
6-C	0.22	77.9			200°	24.0	18%
7-C	0.22	76.0			200°	25.0	18%
8-F	0.23	80.8			90°	28.1	20%
9-F	0.23	78.2			90°	28.6	21%
10-J	0.15	73.7			280°	37.3	27%
11-J	0.16	76.8			280°	36.2	26%
12-L	0.16	62.9			180°	40.0	29%
13-L	0.16	64.6			180°	38.8	28%
14-M	0.20	74.5			160°	40.7	30%
15-M	0.20	75.2			165°	40.5	30%
16-N	0.19	61.5			150°	46.3	34%
17-N	0.19	62.8			150°	45.8	33%
18-N	0.20	63.5			150°	45.6	33%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	70	0.11	high	3%
ee	67	0.11	3.0	100%
ff	64	0.10	2.9	100%
gg	62	0.10	2.8	100%
hh	63	0.10	2.9	100%
ii	69	0.11	3.1	100%
jj	80	0.13	3.6	100%
kk	91	0.15	4.2	100%
ll	103	0.17	4.7	100%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	-7.6	107.6			109.4	24%	-4°	18.2
B	6.2	69.0			70.2	16%	5°	11.7
C	22.9	42.4			49.0	11%	28°	8.3
D								
E								
F	55.6	5.3			56.7	19%	85°	9.3
G								
H								
I								

J	-72.8	4.7		73.5	25%	-86°	9.5
K							
L	-43.5	65.4		78.8	18%	-34°	5.4
M	-1.7	80.9		81.2	18%	-1°	6.4
N	56.6	125.2		137.7	31%	24°	9.2

Approximate natural periods
Surge: 91 Sway: 72 Roll: 10.6 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_PM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft:	± 2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd:	± 2.00
Permissible Vertical Movement:	± 3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

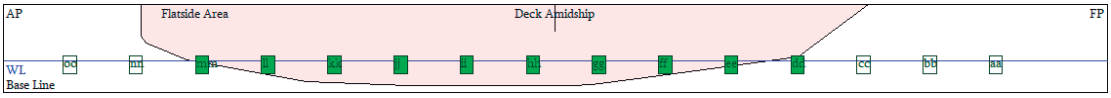
Vessel Data for Q-Max

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\ -Max.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 333.7
Breadth: 53.8
Depth: 27.0
Port Target: 2.2 fwd from midship -24.2 from CL and 5.0 above deck
Stbd Target: 2.2 fwd from midship 24.2 from CL and 5.0 above deck
End-on projected windage area: 950 above deck level
Side projected windage area: 3750 above deck level
Fendering possible from: 0.375 LBP aft of midship
to: 0.283 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour Longitudinal datum at Midship

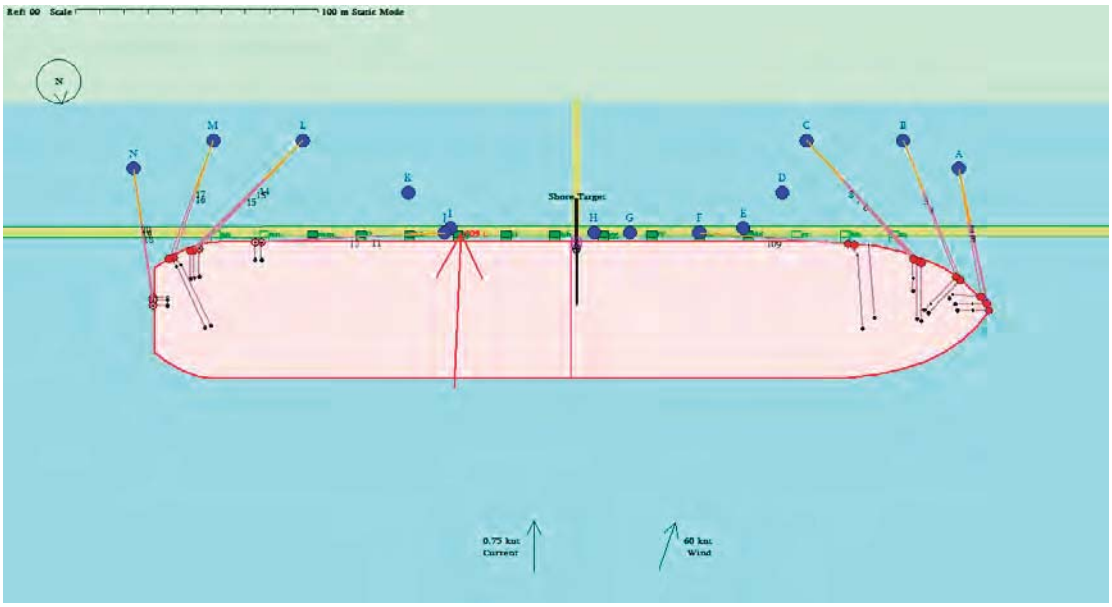
X-dist	-125.2	-125.2	-123.9	-111.4	-75.2	-44.7	4.8	11.2	27.0	73.4	94.6	94.6
Depth	0.0	9.6	11.6	16.7	23.5	24.6	24.6	24.2	22.2	15.8	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size	Line Type	Line BL	Tail Segment-1 Lgth	Tail Segment-1 Size	Tail Segment-1 Type	Tail Segment-1 BL
1	172.7	0.0	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
2	171.8	2.6	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
3	169.3	5.4	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
4	160.7	12.1	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
5	159.0	13.2	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
6	144.7	18.7	0.8	23.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
7	142.9	19.5	0.8	23.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
8	141.3	20.1	0.8	12.5		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
9	116.9	25.9	0.8	35.0		12	44	dm	137	22.0	88	eu	190
10	114.4	26.2	0.8	35.0		12	44	dm	137	22.0	88	eu	190
11	-127.9	26.9	0.8	7.0		12	44	dm	137	22.0	88	eu	190
12	-130.5	26.9	0.8	7.0		12	44	dm	137	22.0	88	eu	190
13	-153.6	24.3	-5.9	11.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
14	-155.9	23.7	-5.9	11.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
15	-157.3	23.4	-5.9	11.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
16	-164.3	21.0	-5.9	30.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
17	-166.1	20.4	-5.9	30.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
18	-172.7	4.9	-5.9	6.0		4	44	dm	137	22.0	85	ns	188
19	-172.7	4.0	-5.9	6.0		4	44	dm	137	22.0	85	ns	188
20	-172.7	1.9	-5.9	6.0		4	44	dm	137	22.0	85	ns	188

Codes for Types of Line:
dm: dynamax HMPE 12-strand (broken-in)
ns: nylon 3 or 8-strand (broken-in)
eu: euroflex polypropylene/polyester (broken-in)

Arrangement for Q-Max at REGANOSA Este



Static Mooring Response for Q-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00
Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True

Total End-on Windage Area:	1875
Total Side Windage Area:	9490

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	15.2	0.1	0.0

Movement of Vessel	0.89 (fwd)	0.12 (inw)	0.4° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.13 (aft)	-1.64 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	71.8			215°	54.1	40%
2-A	0.69	69.1			215°	54.8	40%
3-A	0.67	66.0			220°	56.3	41%
4-B	0.71	74.0			210°	47.9	35%
5-B	0.70	72.4			210°	48.8	36%
6-C	0.77	91.7			200°	33.1	24%
7-C	0.77	90.0			200°	33.6	25%
8-C	0.73	78.0			200°	35.4	26%

9-F	0.56	100.5		130°	38.3	28%
10-F	0.55	98.0		130°	38.7	28%
11-J	0.44	83.9		255°	49.4	36%
12-J	0.44	86.4		255°	48.6	35%
13-L	0.64	71.4		190°	46.8	34%
14-L	0.65	73.5		190°	45.9	33%
15-L	0.65	74.7		190°	45.3	33%
16-M	0.69	78.9		165°	57.6	42%
17-M	0.69	80.1		170°	56.7	41%
18-N	0.26	58.2		150°	63.5	46%
19-N	0.26	59.1		150°	63.2	46%
20-N	0.26	61.1		150°	62.4	46%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	100	0.16	high	4%
ee	93	0.15	7.7	55%
ff	87	0.14	3.9	100%
gg	81	0.13	3.7	100%
hh	76	0.12	3.4	100%
ii	75	0.12	3.4	100%
jj	80	0.13	3.6	100%
kk	88	0.14	4.0	100%
ll	97	0.16	4.4	100%
mm	107	0.17	13.2	37%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	29.4	156.2			165.2	37%	11°	45.2
B	34.3	87.0			96.7	21%	21°	24.7
C	67.3	73.0			102.0	23%	43°	23.6
D								
E								
F	74.5	5.0			77.0	26%	86°	18.7
G								
H								
I								
J	-95.9	4.9			97.9	33%	-87°	19.5
K								
L	-96.7	96.3			137.9	31%	-45°	19.8
M	-37.9	105.9			114.2	25%	-20°	20.2
N	29.7	184.2			189.2	42%	9°	31.1

Approximate natural periods
Surge: 92 Sway: 53 Roll: 12 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1875
Total Side Windage Area:	9490

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-21.0	-0.1	0.0

Movement of Vessel	1.18 (fwd)	0.13 (inw)	0.5° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.81 (aft)	-1.62 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	71.8			215°	52.3	38%
2-A	0.69	69.1			215°	52.9	39%
3-A	0.67	66.0			220°	54.1	40%
4-B	0.71	74.0			210°	47.5	35%
5-B	0.70	72.4			210°	48.2	35%
6-C	0.77	91.7			200°	34.9	25%
7-C	0.77	90.0			200°	35.4	26%
8-C	0.73	78.0			200°	37.2	27%
9-F	0.56	100.5			130°	47.5	35%
10-F	0.55	98.0			130°	48.0	35%
11-J	0.44	83.9			255°	37.6	27%
12-J	0.44	86.4			255°	37.1	27%
13-L	0.64	71.4			190°	43.9	32%
14-L	0.65	73.5			190°	42.9	31%
15-L	0.65	74.7			190°	42.3	31%
16-M	0.69	78.9			165°	57.4	42%
17-M	0.69	80.1			170°	56.4	41%
18-N	0.26	58.2			150°	67.8	50%
19-N	0.26	59.1			150°	67.4	49%
20-N	0.26	61.1			150°	66.5	49%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	109	0.18	high	4%
ee	100	0.16	8.2	56%
ff	92	0.15	4.2	100%
gg	84	0.13	3.8	100%
hh	77	0.12	3.5	100%
ii	74	0.12	3.4	100%
jj	78	0.12	3.5	100%
kk	84	0.14	3.8	100%
ll	91	0.15	4.1	100%
mm	99	0.16	12.4	36%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	29.0	150.4			159.3	35%	11°	43.6
B	34.3	86.0			95.8	21%	22°	24.4
C	71.1	76.6			107.5	24%	43°	24.8
D								
E								
F	92.5	6.1			95.5	32%	86°	23.1

G						
H						
I						
J	-73.1	3.8	74.7	25%	-87°	15.0
K						
L	-90.3	90.6	129.2	29%	-45°	18.5
M	-37.3	105.6	113.7	25%	-19°	20.1
N	32.7	196.4	201.8	45%	9°	33.1

Approximate natural periods
Surge: 92 Sway: 53 Roll: 12 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1875
Total Side Windage Area:	9490

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	7.5	-13.9	-3.6

Movement of Vessel	0.94 (fwd)	0.12 (inw)	0.4° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.10 (aft)	-1.68 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	71.8			215°	55.7	41%
2-A	0.69	69.1			215°	56.4	41%
3-A	0.67	66.0			220°	58.0	42%
4-B	0.71	74.0			210°	49.5	36%
5-B	0.70	72.4			210°	50.4	37%
6-C	0.77	91.7			200°	34.3	25%
7-C	0.77	90.0			200°	34.9	25%
8-C	0.73	78.0			200°	36.8	27%
9-F	0.56	100.5			130°	40.0	29%
10-F	0.55	98.0			130°	40.4	29%
11-J	0.44	83.9			255°	48.1	35%
12-J	0.44	86.4			255°	47.4	35%
13-L	0.64	71.4			190°	46.9	34%
14-L	0.65	73.5			190°	45.9	34%
15-L	0.65	74.7			190°	45.3	33%
16-M	0.69	78.9			165°	58.0	42%
17-M	0.69	80.1			170°	57.1	42%
18-N	0.26	58.2			150°	64.4	47%
19-N	0.26	59.1			150°	64.1	47%
20-N	0.26	61.1			150°	63.3	46%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	98	0.16	high	4%
ee	91	0.15	7.5	55%
ff	85	0.14	3.9	100%
gg	79	0.13	3.6	100%
hh	74	0.12	3.4	100%
ii	74	0.12	3.3	100%
jj	79	0.13	3.6	100%
kk	88	0.14	4.0	100%
ll	97	0.16	4.4	100%
mm	107	0.17	13.3	37%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	30.3	160.8			170.1	38%	11°	46.5
B	35.4	89.9			99.9	22%	21°	25.5
C	69.9	75.8			106.0	24%	43°	24.5
D								
E								
F	77.8	5.2			80.4	27%	86°	19.5

G						
H						
I						
J	-93.4	4.8	95.5	32%	-87°	19.1
K						
L	-96.8	96.6	138.2	31%	-45°	19.8
M	-38.2	106.8	115.1	26%	-20°	20.3
N	30.1	186.7	191.7	43%	9°	31.6

Approximate natural periods
Surge: 92 Sway: 53 Roll: 12 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1875
Total Side Windage Area:	9490

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-9.7	-16.5	4.4

Movement of Vessel	1.11 (fwd)	0.12 (inw)	0.4° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.89 (aft)	-1.67 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	71.8			215°	53.4	39%
2-A	0.69	69.1			215°	54.1	39%
3-A	0.67	66.0			220°	55.4	40%
4-B	0.71	74.0			210°	48.3	35%
5-B	0.70	72.4			210°	49.0	36%
6-C	0.77	91.7			200°	34.8	25%
7-C	0.77	90.0			200°	35.4	26%
8-C	0.73	78.0			200°	37.3	27%
9-F	0.56	100.5			130°	45.2	33%
10-F	0.55	98.0			130°	45.7	33%
11-J	0.44	83.9			255°	40.6	30%
12-J	0.44	86.4			255°	40.0	29%
13-L	0.64	71.4			190°	46.1	34%
14-L	0.65	73.5			190°	45.0	33%
15-L	0.65	74.7			190°	44.4	32%
16-M	0.69	78.9			165°	59.2	43%
17-M	0.69	80.1			170°	58.2	42%
18-N	0.26	58.2			150°	68.7	50%
19-N	0.26	59.1			150°	68.3	50%
20-N	0.26	61.1			150°	67.4	49%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	107	0.17	high	4%
ee	99	0.16	8.1	55%
ff	90	0.14	4.1	100%
gg	82	0.13	3.7	100%
hh	75	0.12	3.4	100%
ii	72	0.12	3.3	100%
jj	76	0.12	3.5	100%
kk	82	0.13	3.7	100%
ll	89	0.14	4.1	100%
mm	97	0.16	12.2	36%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	29.5	153.8			162.8	36%	11°	44.5
B	34.7	87.4			97.3	22%	22°	24.8
C	71.0	76.7			107.4	24%	43°	24.8
D								
E								
F	88.1	5.8			90.9	30%	86°	22.0

G						
H						
I						
J	-78.9	4.2	80.6	27%	-87°	16.1
K						
L	-94.7	95.0	135.5	30%	-45°	19.4
M	-38.6	108.9	117.3	26%	-20°	20.7
N	32.8	199.0	204.4	45%	9°	33.6

Approximate natural periods
Surge: 92 Sway: 53 Roll: 12 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_PM_LS.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	4.40 above Datum
Draft:	9.80
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	8.60
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	15.6 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1875
Total Side Windage Area:	9490

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.2	21.9	-0.2

Movement of Vessel	1.01 (fwd)	0.13 (inw)	0.4° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.98 (aft)	-1.56 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	71.8			215°	51.5	38%
2-A	0.69	69.1			215°	52.1	38%
3-A	0.67	66.0			220°	53.4	39%
4-B	0.71	74.0			210°	46.1	34%
5-B	0.70	72.4			210°	46.8	34%
6-C	0.77	91.7			200°	32.8	24%
7-C	0.77	90.0			200°	33.3	24%
8-C	0.73	78.0			200°	35.0	26%
9-F	0.56	100.5			130°	42.0	31%
10-F	0.55	98.0			130°	42.4	31%
11-J	0.44	83.9			250°	43.9	32%
12-J	0.44	86.4			250°	43.2	32%
13-L	0.64	71.4			190°	44.2	32%
14-L	0.65	73.5			190°	43.3	32%
15-L	0.65	74.7			190°	42.7	31%
16-M	0.69	78.9			165°	55.9	41%
17-M	0.69	80.1			170°	54.9	40%
18-N	0.26	58.2			150°	63.6	46%
19-N	0.26	59.1			150°	63.2	46%
20-N	0.26	61.1			150°	62.4	46%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	107	0.17	high	4%
ee	99	0.16	8.1	55%
ff	91	0.15	4.2	100%
gg	84	0.14	3.8	100%
hh	78	0.13	3.6	100%
ii	76	0.12	3.5	100%
jj	81	0.13	3.7	100%
kk	88	0.14	4.0	100%
ll	96	0.15	4.4	100%
mm	105	0.17	13.1	37%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	28.2	148.2			156.9	35%	11°	43.0
B	33.1	83.5			92.9	21%	22°	23.7
C	66.8	72.1			101.1	22%	43°	23.4
D								
E								
F	81.7	5.4			84.4	28%	86°	20.4

G						
H						
I						
J	-85.3	4.3	87.1	29%	-87°	17.4
K						
L	-91.2	91.0	130.1	29%	-45°	18.7
M	-36.6	102.8	110.8	25%	-19°	19.6
N	30.2	184.2	189.2	42%	9°	31.2

Approximate natural periods
Surge: 92 Sway: 53 Roll: 12 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Berth Data for REGANOSA Este

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\Terminal Futura_BM.bth)

Units in m & tonnes

Left to Right of Screen Site Plan Points:	279°
Width of Channel (for Current):	1000
Pier Height (Fixed) above Datum:	6.0
Seabed Depth in way of Ship below Datum:	14.0
Permissible Surge Excursion Fwd/Aft: ±	2.00
Permissible Sway Excursion Port/Stbd: ±	2.00
Permissible Vertical Movement: ±	3.50
Dist of Berth Target to Right of Origin:	0.0
Wind Speed Specified at Height:	10.0
Current Specified at Depth:	mean

Hook/ Bollard	X-Dist to Origin	Dist to Fender Line	Ht above Pier	Allowable Load
A	158.0	29.0	0.5	450
B	135.0	40.0	0.5	450
C	95.0	40.0	0.5	450
D	85.0	19.5	0.5	210
E	68.9	5.5	0.5	210
F	50.8	3.7	0.5	300
G	22.1	3.7	0.5	140
H	7.3	3.7	0.5	140
I	-52.0	5.5	0.5	210
J	-54.5	3.7	0.5	300
K	-69.5	19.5	0.5	210
L	-113.0	40.0	0.5	450
M	-150.0	40.0	0.5	450
N	-183.0	29.0	0.5	450

Fender	X-Dist to Origin	Ht above Datum	Width Along Side	Face Contact Area (m²)
aa	131.0	3.3	4.0	22.0
bb	111.0	3.3	4.0	22.0
cc	91.0	3.3	4.0	22.0
dd	71.0	3.3	4.0	22.0
ee	51.0	3.3	4.0	22.0
ff	31.0	3.3	4.0	22.0
gg	11.0	3.3	4.0	22.0
hh	-9.0	3.3	4.0	22.0
ii	-29.0	3.3	4.0	22.0
jj	-49.0	3.3	4.0	22.0
kk	-69.0	3.3	4.0	22.0
ll	-89.0	3.3	4.0	22.0
mm	-109.0	3.3	4.0	22.0
nn	-129.0	3.3	4.0	22.0
oo	-149.0	3.3	4.0	22.0

Fender Load-Compression Data

aa	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
bb	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
cc	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
dd	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ee	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ff	137	155	169	179	tonnes

	0.22	0.58	0.76	0.80	m
gg	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
hh	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ii	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
jj	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
kk	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
ll	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
mm	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
nn	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m
oo	137	155	169	179	tonnes
	0.22	0.58	0.76	0.80	m

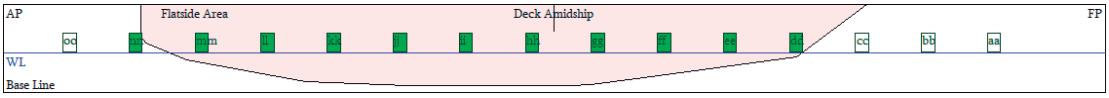
Vessel Data for Q-Max

(file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Buques\ -Max.vsl)
Units in m, mm, & tonnes
Longitudinal datum at Midship

LBP: 333.7
Breadth: 53.8
Depth: 27.0
Port Target: 2.2 fwd from midship -24.2 from CL and 5.0 above deck
Stbd Target: 2.2 fwd from midship 24.2 from CL and 5.0 above deck
End-on projected windage area: 950 above deck level
Side projected windage area: 3750 above deck level
Fendering possible from: 0.375 LBP aft of midship
to: 0.283 LBP fwd of midship
Current drag data based on: OCIMF (Conventional Bow)
Wind drag data based on: OCIMF Gas Carrier (Prismatic)
Wave motion data based on: User specified circular motion
Radius of maximum wave-induced motion: 0.30 significant wave height
Radius of maximum swell-induced motion: 0.50 significant swell height

Flatside Contour Longitudinal datum at Midship

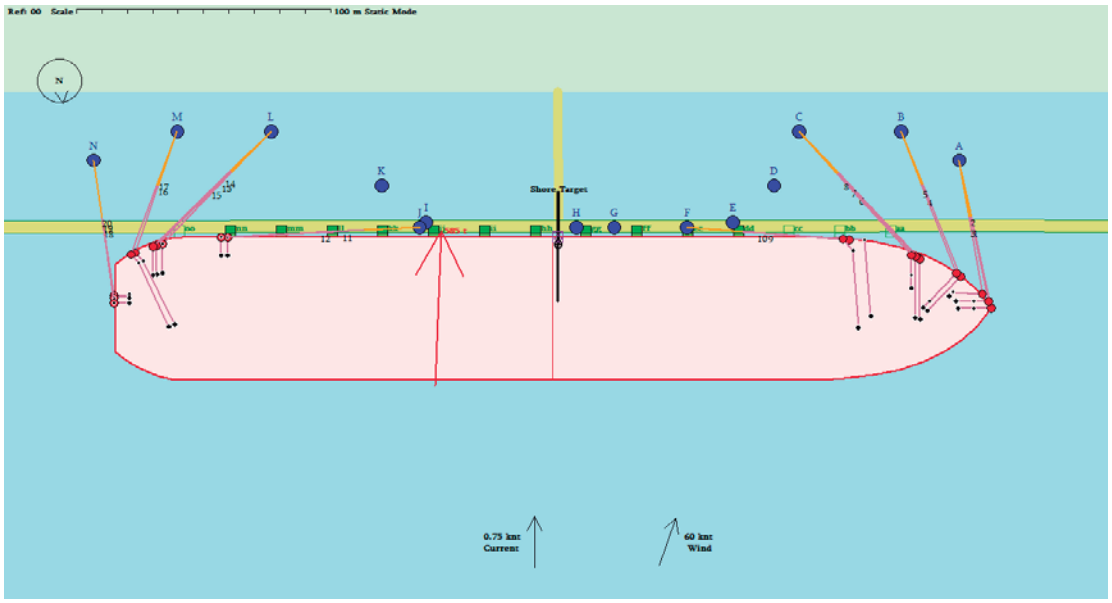
X-dist	-125.2	-125.2	-123.9	-111.4	-75.2	-44.7	4.8	11.2	27.0	73.4	94.6	94.6
Depth	0.0	9.6	11.6	16.7	23.5	24.6	24.6	24.2	22.2	15.8	0.0	0.0



Line No.	Fair-Lead X	Fair-Lead Y	Ht on Deck	Dist to Winch	Brake Limit	Pre-Tension	Line Size	Line Type	Line BL	Tail Segment-1 Lgth	Tail Segment-1 Size	Tail Segment-1 Type	Tail Segment-1 BL
1	172.7	0.0	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
2	171.8	2.6	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
3	169.3	5.4	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
4	160.7	12.1	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
5	159.0	13.2	0.8	13.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
6	144.7	18.7	0.8	23.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
7	142.9	19.5	0.8	23.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
8	141.3	20.1	0.8	12.5		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
9	116.9	25.9	0.8	35.0		12	44	dm	137	22.0	88	eu	190
10	114.4	26.2	0.8	35.0		12	44	dm	137	22.0	88	eu	190
11	-127.9	26.9	0.8	7.0		12	44	dm	137	22.0	88	eu	190
12	-130.5	26.9	0.8	7.0		12	44	dm	137	22.0	88	eu	190
13	-153.6	24.3	-5.9	11.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
14	-155.9	23.7	-5.9	11.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
15	-157.3	23.4	-5.9	11.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
16	-164.3	21.0	-5.9	30.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
17	-166.1	20.4	-5.9	30.0		12	44	dm	137	22.0	85	ns	188
18	-172.7	4.9	-5.9	6.0		4	44	dm	137	22.0	85	ns	188
19	-172.7	4.0	-5.9	6.0		4	44	dm	137	22.0	85	ns	188
20	-172.7	1.9	-5.9	6.0		4	44	dm	137	22.0	85	ns	188

Codes for Types of Line:
dm: dynamax HMPE 12-strand (broken-in)
ns: nylon 3 or 8-strand (broken-in)
eu: euroflex polypropylene/polyester (broken-in)

Arrangement for Q-Max at REGANOSA Este



Static Mooring Response for ℚ-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.8 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	279°
Current Direction to Berth X-axis:	0°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1746
Total Side Windage Area:	8689

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	18.8	0.3	0.1

Movement of Vessel	0.73 (fwd)	0.11 (inw)	0.4° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.04 (aft)	-1.41 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	70.3			220°	48.6	35%
2-A	0.68	67.6			220°	49.3	36%
3-A	0.67	64.4			220°	50.8	37%
4-B	0.70	72.6			210°	42.9	31%
5-B	0.70	71.0			210°	43.7	32%
6-C	0.77	90.5			200°	29.7	22%
7-C	0.77	88.7			200°	30.1	22%
8-C	0.73	76.7			200°	31.7	23%
9-F	0.56	99.2			130°	34.3	25%
10-F	0.55	96.7			130°	34.7	25%
11-J	0.43	82.8			250°	46.7	34%
12-J	0.44	85.4			250°	46.0	34%
13-L	0.64	70.8			190°	43.0	31%
14-L	0.64	72.9			190°	42.1	31%
15-L	0.64	74.1			190°	41.6	30%
16-M	0.68	78.2			165°	52.6	38%
17-M	0.68	79.3			170°	51.8	38%
18-N	0.26	57.4			150°	56.5	41%
19-N	0.26	58.3			150°	56.1	41%
20-N	0.26	60.4			150°	55.4	40%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	96	0.15	4.4	100%
ee	89	0.14	4.0	100%
ff	82	0.13	3.7	100%
gg	75	0.12	3.4	100%
hh	68	0.11	3.1	100%
ii	63	0.10	2.9	100%
jj	62	0.10	2.8	100%
kk	65	0.10	2.9	100%
ll	68	0.11	3.1	100%
mm	73	0.12	3.3	100%
nn	77	0.12	94.7	4%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	27.3	144.2			148.6	33%	11°	24.0
B	31.5	79.6			86.6	19%	22°	13.0
C	61.6	66.5			91.5	20%	43°	12.4
D								
E								

F	68.1	4.6		68.9	23%	86°	9.8
G							
H							
I							
J	-92.0	4.6		92.7	31%	-87°	10.7
K							
L	-89.9	89.1		126.7	28%	-45°	4.8
M	-35.4	98.1		104.3	23%	-20°	4.9
N	26.5	165.7		168.0	37%	9°	7.3

Approximate natural periods
Surge: 101 Sway: 78 Roll: 11.3 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref:	00
Static Analysis for Time:	0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)
Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.8 above Pier
Current:	3.0 knots
Current Direction True:	99°
Current Direction to Berth X-axis:	-180°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1746
Total Side Windage Area:	8689

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-24.1	-0.4	0.1

Movement of Vessel	1.07 (fwd)	0.12 (inw)	0.4° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.66 (aft)	-1.39 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	70.3			215°	46.4	34%
2-A	0.68	67.6			215°	47.0	34%
3-A	0.67	64.4			220°	48.2	35%
4-B	0.70	72.6			210°	42.4	31%
5-B	0.70	71.0			210°	43.0	31%
6-C	0.77	90.5			200°	31.8	23%
7-C	0.77	88.7			200°	32.2	24%
8-C	0.73	76.7			200°	33.9	25%
9-F	0.56	99.2			130°	45.1	33%
10-F	0.55	96.7			130°	45.6	33%
11-J	0.43	82.8			250°	33.0	24%
12-J	0.44	85.4			250°	32.5	24%
13-L	0.64	70.8			190°	39.7	29%
14-L	0.64	72.9			190°	38.8	28%
15-L	0.64	74.1			190°	38.3	28%
16-M	0.68	78.2			165°	52.6	38%
17-M	0.68	79.3			170°	51.6	38%
18-N	0.26	57.4			150°	61.6	45%
19-N	0.26	58.3			150°	61.2	45%
20-N	0.26	60.4			150°	60.3	44%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	105	0.17	4.8	100%
ee	96	0.15	4.4	100%
ff	87	0.14	4.0	100%
gg	78	0.13	3.6	100%
hh	70	0.11	3.2	100%
ii	63	0.10	2.9	100%
jj	61	0.10	2.8	100%
kk	61	0.10	2.8	100%
ll	64	0.10	2.9	100%
mm	69	0.11	3.1	100%
nn	69	0.11	high	2%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	26.7	137.0			141.5	31%	11°	22.9
B	31.5	78.3			85.4	19%	22°	12.8
C	66.2	70.9			97.9	22%	43°	13.2
D								
E								

F	89.6	5.9		90.7	30%	86°	12.8
G							
H							
I							
J	-65.0	3.4		65.5	22%	-87°	7.6
K							
L	-82.6	82.6		116.9	26%	-45°	4.4
M	-34.8	98.1		104.1	23%	-19°	4.9
N	30.0	180.4		183.1	41%	9°	8.0

Approximate natural periods
Surge: 101 Sway: 78 Roll: 9.2 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.8 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	269°
Current Direction to Berth X-axis:	-10°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1746
Total Side Windage Area:	8689

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	6.5	-47.1	-11.7

Movement of Vessel	0.77 (fwd)	0.10 (inw)	0.3° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-1.01 (aft)	-1.56 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	70.3			215°	54.4	40%
2-A	0.68	67.6			215°	55.2	40%
3-A	0.67	64.4			220°	57.0	42%
4-B	0.70	72.6			210°	48.2	35%
5-B	0.70	71.0			210°	49.0	36%
6-C	0.77	90.5			200°	33.2	24%
7-C	0.77	88.7			200°	33.7	25%
8-C	0.73	76.7			200°	35.5	26%
9-F	0.56	99.2			125°	35.7	26%
10-F	0.55	96.7			125°	36.2	26%
11-J	0.43	82.8			255°	45.8	33%
12-J	0.44	85.4			255°	45.1	33%
13-L	0.64	70.8			190°	44.4	32%
14-L	0.64	72.9			190°	43.5	32%
15-L	0.64	74.1			190°	42.9	31%
16-M	0.68	78.2			165°	54.3	40%
17-M	0.68	79.3			170°	53.5	39%
18-N	0.26	57.4			150°	58.2	43%
19-N	0.26	58.3			150°	57.9	42%
20-N	0.26	60.4			150°	57.1	42%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	85	0.14	3.8	100%
ee	79	0.13	3.6	100%
ff	73	0.12	3.3	100%
gg	68	0.11	3.1	100%
hh	62	0.10	2.8	100%
ii	59	0.09	2.7	100%
jj	60	0.10	2.7	100%
kk	64	0.10	2.9	100%
ll	69	0.11	3.1	100%
mm	74	0.12	3.4	100%
nn	81	0.13	high	3%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	30.5	161.6			166.6	37%	11°	26.8
B	35.3	89.4			97.2	22%	22°	14.5
C	68.8	74.5			102.4	23%	43°	13.8
D								
E								

F	71.0	4.9	71.9	24%	86°	10.2
G						
H						
I						
J	-90.2	4.7	90.9	30%	-87°	10.5
K						
L	-92.8	92.2	130.8	29%	-45°	4.9
M	-36.5	101.4	107.8	24%	-20°	5.1
N	27.3	171.0	173.3	39%	9°	7.6

Approximate natural periods
Surge: 101 Sway: 78 Roll: 11.3 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.8 above Pier
Current:	2.0 knots
Current Direction True:	109°
Current Direction to Berth X-axis:	-170°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1746
Total Side Windage Area:	8689

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-9.4	-42.9	13.2

Movement of Vessel	1.01 (fwd)	0.11 (inw)	0.4° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.73 (aft)	-1.51 (out)	-0.1° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	70.3			215°	48.1	35%
2-A	0.68	67.6			215°	48.8	36%
3-A	0.67	64.4			215°	50.1	37%
4-B	0.70	72.6			210°	43.8	32%
5-B	0.70	71.0			210°	44.6	33%
6-C	0.77	90.5			200°	32.4	24%
7-C	0.77	88.7			200°	32.8	24%
8-C	0.73	76.7			200°	34.5	25%
9-F	0.56	99.2			130°	43.1	31%
10-F	0.55	96.7			130°	43.6	32%
11-J	0.43	82.8			255°	35.8	26%
12-J	0.44	85.4			255°	35.3	26%
13-L	0.64	70.8			190°	44.1	32%
14-L	0.64	72.9			190°	43.1	31%
15-L	0.64	74.1			190°	42.5	31%
16-M	0.68	78.2			165°	57.3	42%
17-M	0.68	79.3			170°	56.3	41%
18-N	0.26	57.4			150°	65.9	48%
19-N	0.26	58.3			150°	65.5	48%
20-N	0.26	60.4			150°	64.6	47%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	104	0.17	4.7	100%
ee	95	0.15	4.3	100%
ff	85	0.14	3.9	100%
gg	76	0.12	3.4	100%
hh	67	0.11	3.0	100%
ii	59	0.10	2.7	100%
jj	56	0.09	2.6	100%
kk	56	0.09	2.6	100%
ll	57	0.09	2.6	100%
mm	59	0.10	2.7	100%
nn	62	0.10	high	2%

Hook/ Bollard	X-Force	Y-Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	27.6	142.5			147.1	33%	11°	23.7
B	32.5	81.1			88.4	20%	22°	13.2
C	67.3	72.3			99.7	22%	43°	13.5
D								
E								

F	85.7	5.7	86.7	29%	86°	12.3
G						
H						
I						
J	-70.5	3.8	71.1	24%	-87°	8.3
K						
L	-91.6	91.7	129.6	29%	-45°	4.9
M	-38.0	107.0	113.6	25%	-19°	5.3
N	31.7	193.3	196.1	44%	9°	8.5

Approximate natural periods
Surge: 101 Sway: 78 Roll: 11.3 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018

Static Mooring Response for ℚ-Max at REGANOSA Este

Units in m & tonnes (file D:\NT\CTS19_DT_030_GNL_REGANOSA\Trabajo\Amarre\OPTIMOOR\Futura\ -Max\ -Max_BM_PC.opt)

Remarks:

Ref: 00

Static Analysis for Time: 0000 01 feb 2020 (initialised at 0000 01 feb 2020)

Water Level:	0.00 above Datum
Draft:	12.20
Trim:	0.00
Bottom Clearance:	1.80
Fwd Offset of Vessel Target:	0.0 from Berth Target
Deck Level at Vessel Target:	8.8 above Pier
Current:	0.75 knots
Current Direction True:	9°
Current Direction to Berth X-axis:	90°
Wind Speed:	60 knots
Wind Direction:	All° True
Total End-on Windage Area:	1746
Total Side Windage Area:	8689

	Longitudinal	Transverse	Yaw Moment/LBP
Current Drag Force:	-0.1	46.8	-0.9

Movement of Vessel	0.87 (fwd)	0.12 (inw)	0.4° (port)	0.00 (up)
at its Port Target	-0.82 (aft)	-1.26 (out)	-0.2° (stbd)	0.00 (up)

Line to Bollard	Pull -in	Tot.Line Length	In-Line ±Motion	Winch Slippage	Worst Directn	Line Tension	Percent Strength
1-A	0.69	70.3			215°	43.6	32%
2-A	0.68	67.6			215°	44.2	32%
3-A	0.67	64.4			220°	45.5	33%
4-B	0.70	72.6			210°	39.2	29%
5-B	0.70	71.0			210°	39.8	29%
6-C	0.77	90.5			200°	28.4	21%
7-C	0.77	88.7			200°	28.8	21%
8-C	0.73	76.7			200°	30.2	22%
9-F	0.56	99.2			130°	38.4	28%
10-F	0.55	96.7			130°	38.9	28%
11-J	0.43	82.8			250°	38.8	28%
12-J	0.44	85.4			250°	38.3	28%
13-L	0.64	70.8			190°	38.6	28%
14-L	0.64	72.9			190°	37.8	28%
15-L	0.64	74.1			190°	37.3	27%
16-M	0.68	78.2			165°	49.0	36%
17-M	0.68	79.3			170°	48.2	35%
18-N	0.26	57.4			150°	54.8	40%
19-N	0.26	58.3			150°	54.5	40%
20-N	0.26	60.4			150°	53.8	39%

Fender	Thrust	Compression	Pressure	Contact Area
dd	106	0.17	4.8	100%
ee	97	0.16	4.4	100%
ff	89	0.14	4.1	100%
gg	81	0.13	3.7	100%
hh	73	0.12	3.3	100%
ii	67	0.11	3.1	100%
jj	65	0.10	3.0	100%
kk	67	0.11	3.0	100%
ll	69	0.11	3.1	100%
mm	72	0.12	3.3	100%
nn	76	0.12	high	3%

Hook/ Bollard	X- Force	Y- Force	Other X-Load	Other Y-Load	Total Force	%Bollard Strength	Direction in Plan	Bollard Uplift
A	24.9	129.2			133.3	30%	11°	21.6
B	29.0	72.5			79.0	18%	22°	11.9
C	59.2	63.4			87.5	19%	43°	11.8
D								
E								

F	76.4	5.1	77.3	26%	86°	11.0
G						
H						
I						
J	-76.5	3.8	77.1	26%	-87°	9.0
K						
L	-80.7	80.0	113.7	25%	-45°	4.3
M	-32.8	91.5	97.3	22%	-20°	4.6
N	26.3	160.8	163.1	36%	9°	7.1

Approximate natural periods
Surge: 101 Sway: 78 Roll: 11.3 secs

OPTIMOOR Licence 2990 Version 60504 Tension Technology International © 16 November 2018