



ADAPTACIÓN DE UNA LOCOMOTORA DE MANIOBRAS DE DIESEL A GNL – PORT DE TARRAGONA

Ingeniería de los Procesos de Transformación

Índice



1. Objetivos

2. Ingeniería



3. Integración



4. Validación



5. Presupuesto

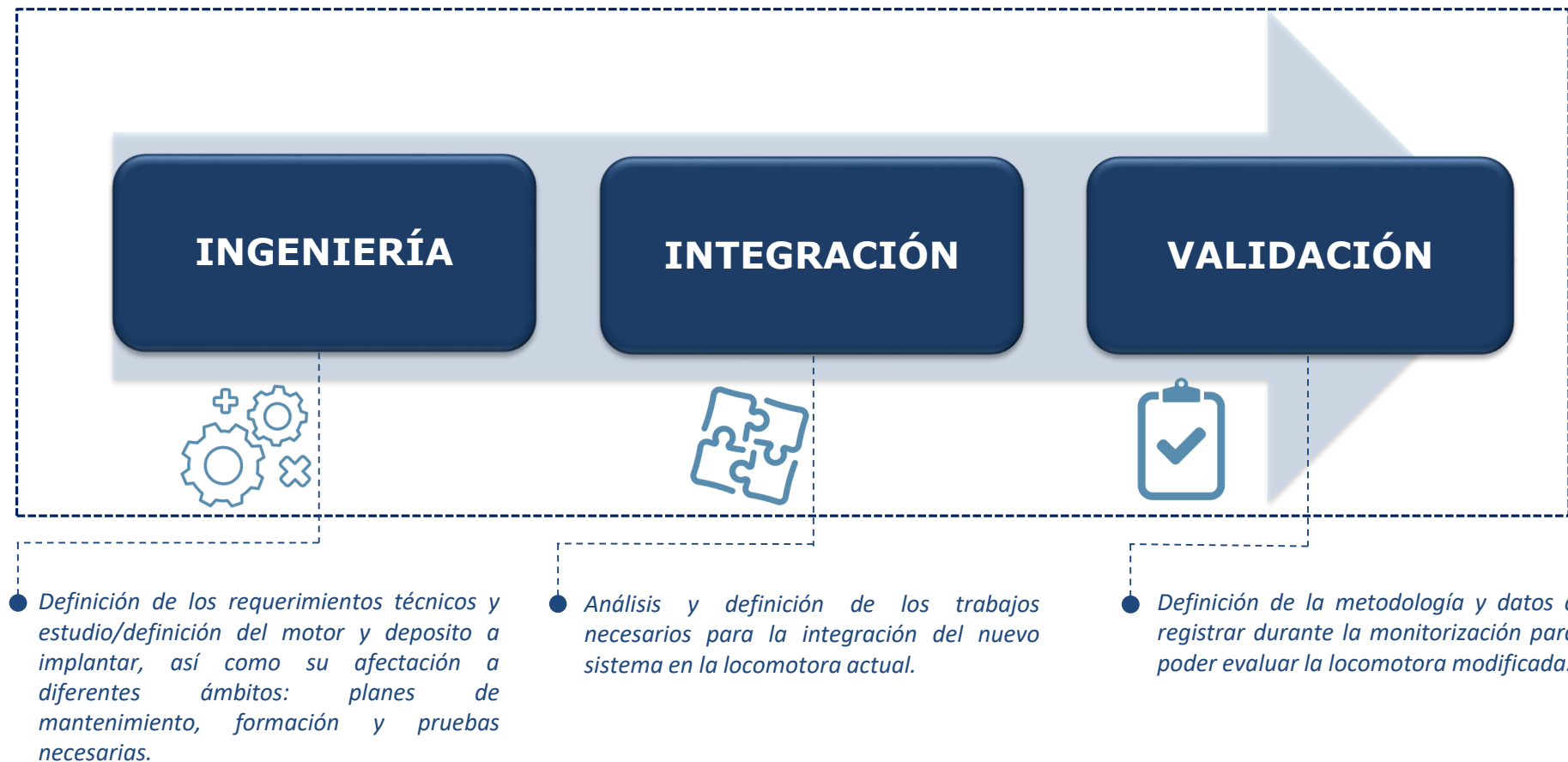
6. Planificación



1. Objetivos

Definir desde el punto de vista técnico, el procedimiento para la futura realización de un prototipo de locomotora modificada para su funcionamiento con GNL

ACTIVIDADES NECESARIAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO





1. Objetivos

Transformación a GNL de las locomotoras de maniobras que operan en el Port de Tarragona

LOCOMOTORAS DE MANIOBRAS Tipo 310 y 311



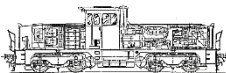
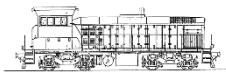
Las locomotoras de maniobras Tipo 310 y 311 son mixtas, equipadas con un motor térmico diésel acoplado a un generador trifásico. La tracción eléctrica se realiza mediante cuatro motores trifásicos asíncronos acoplados uno en cada eje. Configuración BoBo.



1. Objetivos

Transformación a GNL de las locomotoras de maniobras que operan en el Port de Tarragona

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS LOCOMOTORAS

	311	310
Tipo Locomotora		
Tracción	Eléctrica (4 motores), con energía producida por un motor diesel acoplado a un generador trifásico. Configuración Bo'Bo'	
Fabricante	MTM	MACOSA
Años fabricación	1990 a 1991	1989 a 1991
Unidades fabricadas	60	60
Longitud	13050 mm	12550 mm
Ancho	2900 mm	3100 mm
Altura	4268 mm	4305 mm
Peso	80000 kg	78000 kg
Capacidad depósito gasoil	2200 l	2770 l
Potencia tracción	705 kW	598 kW
Esfuerzo tractor	260 kN	dato no disponible
Velocidad máxima	92 km/h	114 km/h

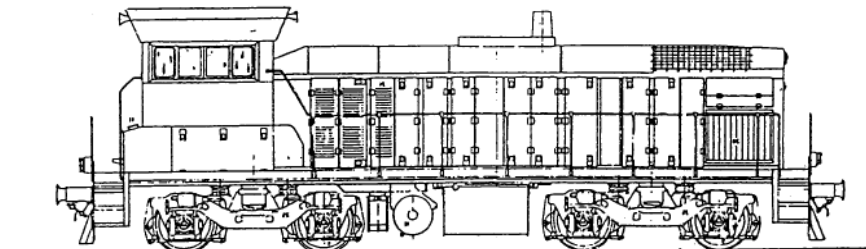
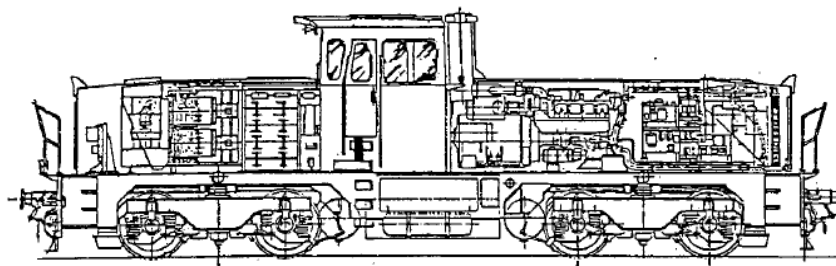


1. Objetivos

Transformación a GNL de las locomotoras de maniobras que operan en el Port de Tarragona

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS MOTORES

Tipo Locomotora	311	310
Motor tipo	Diesel 4 tiempos	Diesel 2 tiempos
Marca	MTU	EMD (General Motors)
Modelo	8V 396TC 13	8-645-E
Alimentación	Turbocompresor	Compresor Roots
Potencia máxima / régimen	785 kW a 1800 rpm	750 kW a 900 rpm
Par máximo / régimen	dato no disponible	dato no disponible
Curvas de potencia y par	dato no disponible	dato no disponible
Mapa de consumo	dato no disponible	dato no disponible
Peso (sin fluidos)	2520 kg (*)	8622 kg (*)
Radiador motor	dato no disponible	232 kg (*)



2. Ingeniería

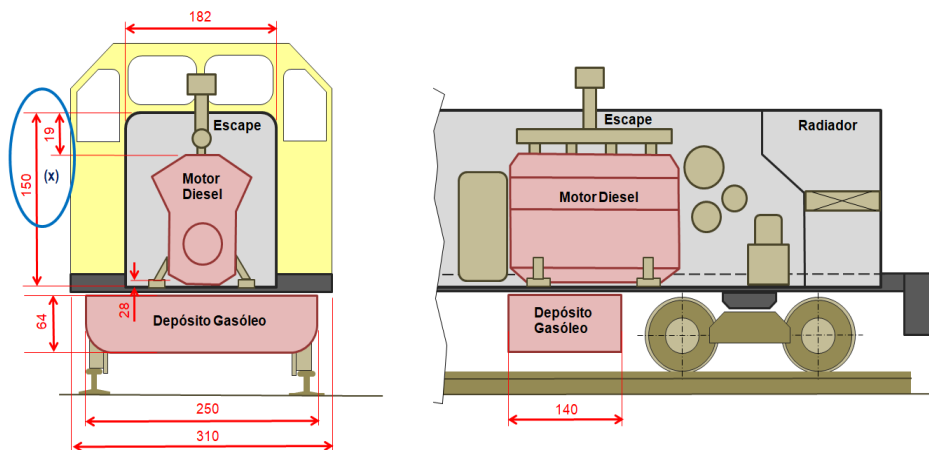
a: Elección de la locomotora a transformar

Objetivo: Revisión y decisión final del tipo de locomotora a transformar (310 y 311) y relación de las características técnicas de los motores térmicos instalados.

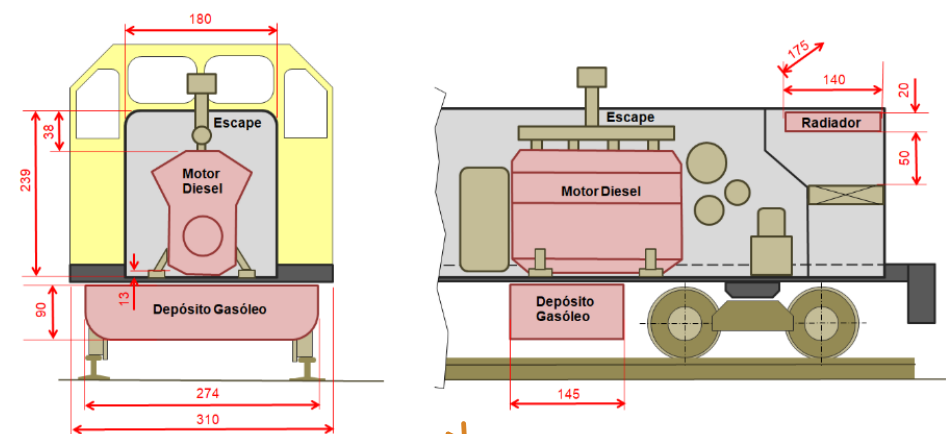
→ Espacio disponible para la transformación

- Parque existente (310, 311) y grado de utilización similar:

311



310



- ✓ Mayor espacio libre dentro del carenado
- ✓ Mayor volumen del tanque y ubicación sin elementos laterales

2. Ingeniería

b: Análisis de los motores GNL y duales

Objetivo: Benchmarking de los motores dedicados GNL y duales y valoración de las características técnicas para la selección final del motor.

→ Motores de GNL dedicados y duales

		Ventajas	Inconvenientes
Motor dedicado (Gas natural)	Nuevo motor GN	Fiabilidad Consumo Bajo mantenimiento Reducción de emisiones y ruido	Coste Complejidad de Integración Reducción de autonomía
	Conversión a GN del motor actual	Coste Facilidad de integración Fiabilidad Consumo Bajo mantenimiento Reducción de emisiones y ruido	Reducción de prestaciones Reducción de autonomía



- Maximiza consumo de gas
- Mayor reducción de las emisiones contaminantes

		Ventajas	Inconvenientes
Motor Dual (Diésel/Gas natural)	Nuevo motor dual	Fiabilidad Autonomía Prestaciones	Coste Complejidad de integración del motor y del depósito GNL Consumo de gas reducido
	Conversión a dual del motor actual	Coste Fiabilidad Autonomía Prestaciones	Consumo de gas reducido Integración depósito de GNL



- Porcentajes de sustitución del 70-80%. Se puede conseguir un 90% de sustitución con sistemas de alta presión (Inyección directa).
- En condiciones de carga variable el % de sustitución disminuye de forma apreciable.
- Se mantienen emisiones de NOx y PM



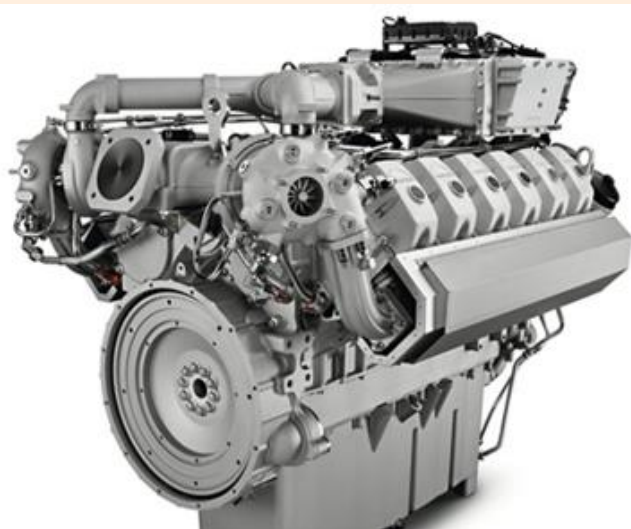
b: Análisis de los motores GNL y duales

Objetivo: Benchmarking de los motores dedicados GNL y duales y valoración de las características técnicas para la selección final del motor.

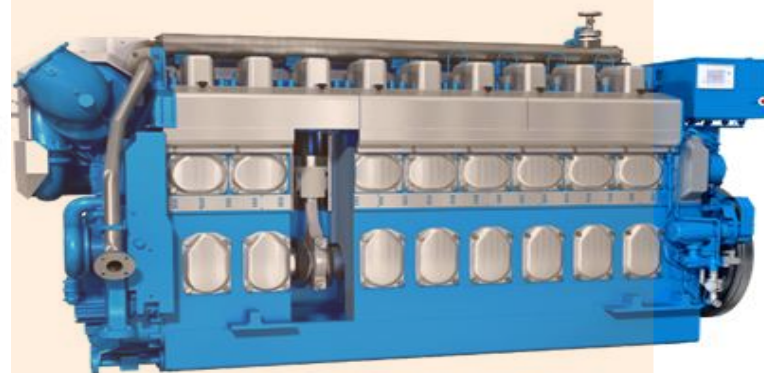
→ Motores de GNL dedicados y duales: elección de la solución



Motor GUASCOR SFGD360



Motor MAN E3262



Motor WÄRTSILÄ 6L20DF

- Versión específica para el uso en locomotoras
- Dimensiones adecuadas al espacio disponible
 - Motor de gas natural dedicado
 - Facilidad de integración

2. Ingeniería

b: Análisis de los motores GNL y duales

Objetivo: Benchmarking de los motores dedicados GNL y duales y valoración de las características técnicas para la selección final del motor.

➔ Motores de GNL dedicados y duales: elección de la solución

Motor dedicado (Gas natural)	Nuevo motor GN	 Guascor DRESSER-RAND A Siemens Business		 MWM Energy. Efficiency. Environment.	 CATERPILLAR®	
	Conversión a GN del motor actual			 ENERGY CONVERSIONS INC. alternative fuel systems for high output engines	 MITSUBISHI MARINE ENGINE	 Perkins
Motor dual (Diésel/Gas natural)	Nuevo motor dual				 WÄRTSILÄ	
	Conversión a dual del motor actual	 ENERGY CONVERSIONS INC. alternative fuel systems for high output engines		 CMT	 GE Transportation	 EVARM

- Versión específica para el uso en locomotoras
- Dimensiones adecuadas al espacio disponible
 - Motor de gas natural dedicado
 - Facilidad de integración

2. Ingeniería

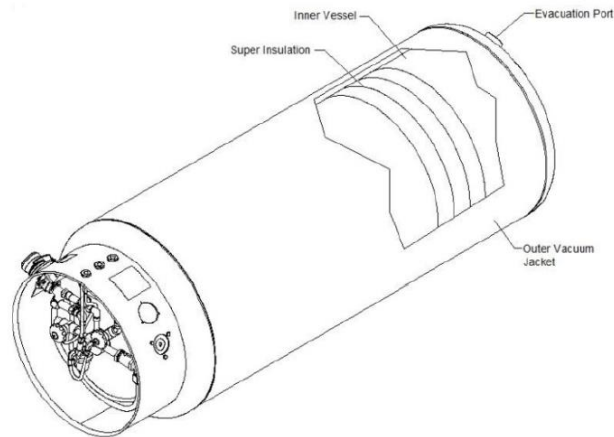
c: Definición de las características del depósito GNL

Objetivo: Realizar un estudio de mercado analizando los productos de los proveedores de depósitos criogénicos.

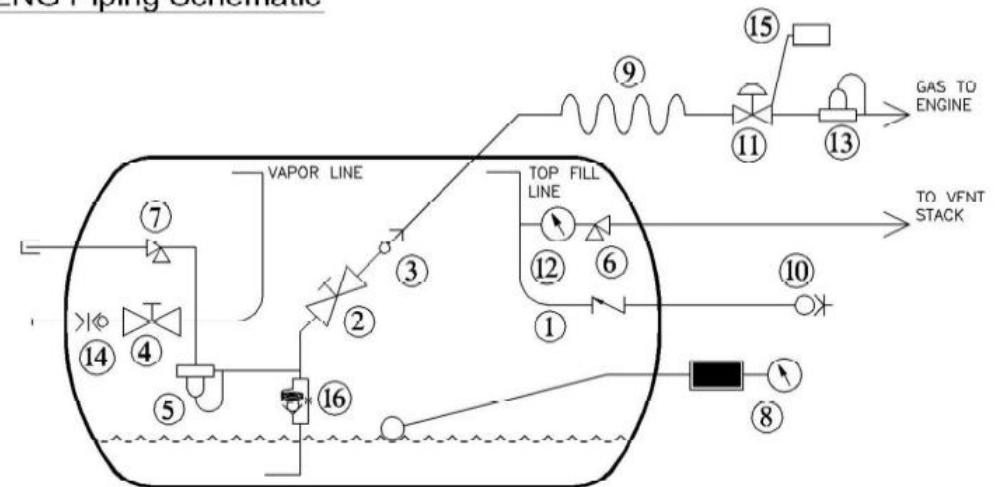


Depósitos Criogénicos

Mantener el gas licuado en su interior sin utilizar ningún sistema externo de refrigeración. Debe estar extremadamente bien aislado térmicamente



LNG Piping Schematic



- 1- Fill check valve
- 2- Fuel shutoff valve
- 3- Excess flow valve
- 4- Vapor shutoff valve
- 5- Pressure control regulator
- 6- Primary relief valve PRV
- 7- Secondary relief valve
- 8- Fuel contents gauge

- 9- Vaporizer
- 10- Fill valve
- 11- Automatic fuel shutoff valve
- 12- Tank pressure gauge
- 13- Overpressure regulator
- 14- Vent connector
- 15- Gas temperatura sensor
- 16- LNG fuel valve

2. Ingeniería

c: Definición de las características del depósito GNL

Objetivo: Determinar la capacidad del depósito de GNL necesario, así como sus características técnicas y los elementos adicionales que garantizan su correcto funcionamiento.

→ Normativa relativa a depósitos de GNL

- **ECE R110** relativa a la utilización del gas natural en vehículos a motor.
- **ISO 12991 Liquefied natural gas (LNG)** - Tanks for on-board storage as a fuel for automotive vehicles.

→ Características técnicas

- El depósito debe estar super-aislado (cámara de vacío + material aislante) para evitar pérdidas de gas y mayores valores de eficiencia térmica.

- **Capacidad:**

- ✓ Consumo medio de las locomotoras Puerto de Tarragona: 3,49 l gasóleo/km
- ✓ 1 litro de gasóleo → 1,8 litros de GNL
- ✓ Depósito actual de gasóleo es de 2.700 l

**Capacidad almacenamiento GNL
requerida: 4.860 l**

Instalación de varios depósitos (2) para mantener autonomía

Limitaciones: Espacio disponible de
2.164 l de GNL para depósitos

Autonomía reducida a la mitad

- Integrados con una sola boca de llenado y una única salida de combustible hacia el motor.
- Conducto de venteo unificado.

2. Ingeniería

c: Definición de las características del depósito GNL

Objetivo: Realizar un estudio de mercado analizando los productos de los proveedores de depósitos criogénicos.



Elección de la empresa proveedora del depósito

Westport™



SAG
Salzburger Aluminium AG



Únicos proveedores con depósitos criogénicos
con la certificación ECE R110

CHART Inc. atendiendo a su liderazgo en el
sector y a la calidad de sus productos.

2. Ingeniería

c: Definición de las características del depósito GNL

Objetivo: Determinar la mejor ubicación para los depósitos de GNL y su válvula de carga.



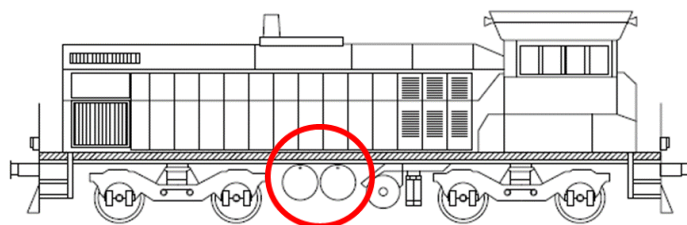
Análisis de la ubicación del depósito GNL en la locomotora

- ✓ La seguridad en la instalación
- ✓ Minimizar su influencia en la modificación del CDG
- ✓ Facilidad de uso y mantenimiento



2 depósitos modelo HLNG 171

• 582 l/unidad → **1.164 l GNL**



Misma ubicación que el depósito diésel original

Autonomía GNL <<< Autonomía Diésel



Alternativas para aumentar capacidad

Diseño de un depósito de GNL a medida

- *Mejor aprovechamiento del espacio disponible*
- *Homologación R110*

2. Ingeniería

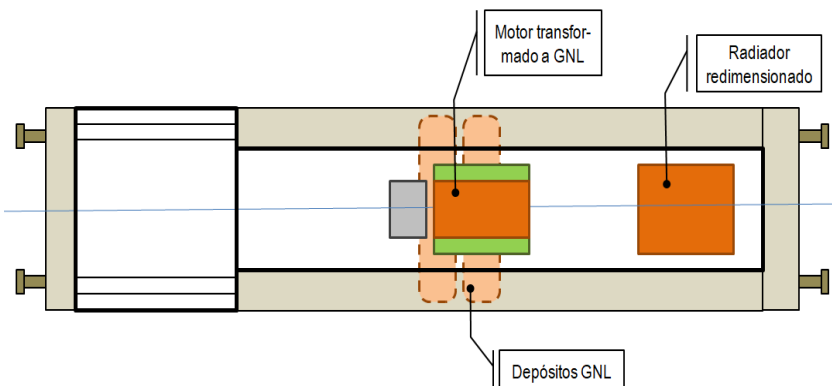
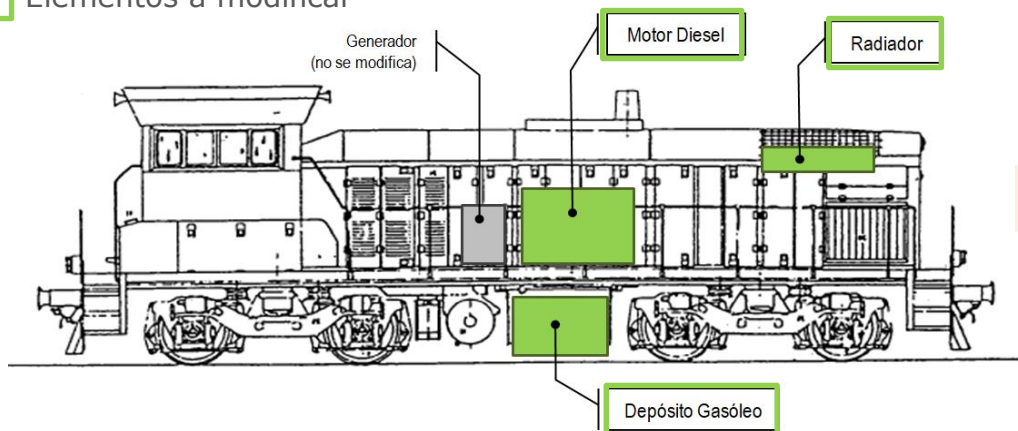
d: Análisis de la transformación y su afectación en peso y CDG

Objetivo: Estudio del impacto de las modificaciones en el peso total de la locomotora así como la modificación del centro de gravedad (CDG).



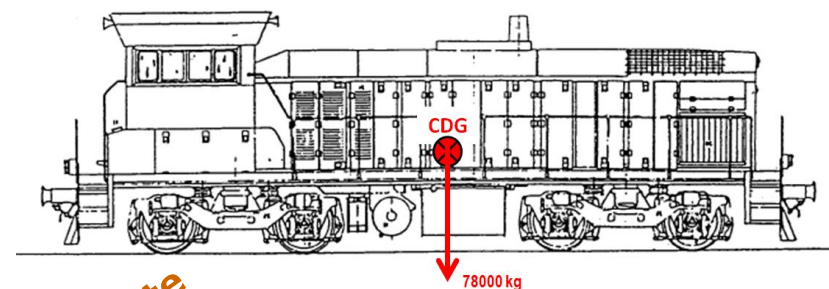
Impacto de las modificaciones en la distribución de masas

☐ Elementos a modificar



Irrelevante

Total variación de peso (respecto estado inicial): - 1.060kg (-1,36%)



Irrelevante

Modificaciones simétricas en relación al plano central, vertical y longitudinal
→ CDG en el mismo plano de simetría

Irrelevante

Posición CDG → 3,2 cm más elevado (0,77% de la altura total)

NO influye en la dinámica del vehículo

2. Ingeniería

e: Identificación de fabricantes y proveedores

Objetivo: En base al benchmarking, identificar y relacionar los fabricantes y proveedores con interés en la realización del proyecto.



Conversión del motor

Spark Ignited Pre-chamber Conversion System – SIP



ENERGY CONVERSIONS INC.
alternative fuel systems for high output engines



Depósito de combustible

Depósitos GNL – HLNG R110



Empresa integradora

Integración del proyecto



Acreditación de la locomotora

Acreditación de la locomotora modificada



2. Ingeniería

f: Plan de mantenimiento y operación

Objetivo: Definir el contenido del Anexo al manual actual en el que incluirán las particularidades que el motor modificado y el nuevo sistema de combustible añaden.

→ Anexo al plan de mantenimiento y operatividad

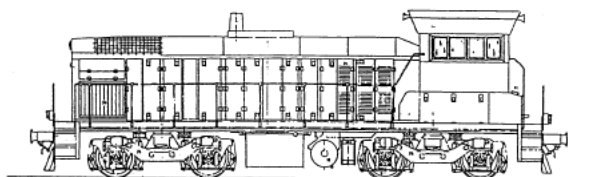


MANUAL DESCRIPTIVO DEL VEHICULO

LOCOMOTORA DIESEL ELECTRICA DE MANIOBRAS Y DE LINEA

MODELO SW-1001AC

SERIE 310



ABRIL 1990



MEDITERRANEA DE INDUSTRIAS DEL FERROCARRIL, S.A.
VALENCIA - ESPAÑA

- 1) Introducción e Índice
- 2) Precauciones durante la Manipulación del GNL
- 3) Descripción general de la Transformación
- 4) Motor Térmico (partes mecánicas)
- 5) Sistema de GNL
- 6) Control del Motor (ECU)
- 7) Sistema Hidráulico
- 8) Sistema de Refrigeración
- 9) Instrumentación
- 10) Localización de Averías
- 11) Datos de Referencia para Mantenimiento
- 12) Listado de Componentes



Advertencia de gas inflamable



Advertencia general de peligro



Advertencia de baja temperatura

2. Ingeniería

g: Plan de formación



Objetivo: Definir los contenidos formativos que deberán incluirse en el Plan de Formación de operadores y mantenedores.



Plan de Formación de operadores y mantenedores

Operadores, se incluirán los cambios en el manejo de la locomotora asociados al cambio en la motorización y a aquellas indicaciones y alarmas que sean de nueva incorporación en la locomotora.

Mantenedores, se incluirán los cambios en mantenimiento preventivo y correctivo que, de acuerdo a la normativa EN13306, sean precisos para la localización de fallos y para las operaciones o revisiones preventivas de nueva incorporación en las gamas o rutinas de mantenimiento

1. Curso Básico Inicial (común a Operadores y Mantenedores)
- 2.a. Curso Específico para Operadores
- 2 b. Curso Específico para Mantenedores



Curso Básico Inicial (Operadores y Mantenedores)

	Tema	Duración (h)
1	Propiedades del GNL	1
2	Precauciones durante la carga de GNL	1
3	Precauciones durante la operación y el mantenimiento	1
4	Visión general de la transformación a GNL	2
5	Motor transformado (ciclo, nuevas prestaciones, etc.)	2
6	Sistema de GNL (depósitos, circuito, sensores, etc.)	2
7	Control del motor (objeto y pantalla de la ECU)	1
8	Sistema hidráulico (objeto y situación de componentes)	0,5
9	Sistema de refrigeración (objeto)	0,5
10	Instrumentación en cabina (situación de mandos e indicadores)	1
11	Demostración del arranque y paro de la locomotora (inspección previa de los sistemas, precauciones, etc.)	2
Duración total:		14

Curso para Operadores

	Tema	Duración (h)
1	Inspección previa al arranque de la locomotora	1
2	Funcionamiento del motor a GNL (inyección, encendido, etc.)	2
3	Ubicación de sensores y actuadores en el motor	1
4	Funcionamiento del circuito de GNL	2
5	Ubicación de sensores y válvulas en el circuito de GNL	1
6	Prácticas en locomotora	4
7	Funcionamiento de la ECU (pantallas, errores, etc.)	2
8	Prácticas en locomotora	4
9	Sistema hidráulico (circuito, funcionamiento, sensores)	1
10	Listado de valores de referencia de parámetros	1
11	Instrumentación en cabina	2
12	Arranque, movimiento y paro de la locomotora	4
Duración total:		25

Curso para Mantenedores

	Tema	Duración (h)
1	Información general y arranque del motor GNL	1
2	Mantenimiento del sistema de combustible	2
3	Vaciado de los depósitos GNL	0,5
4	Sistema de encendido por precámara	1
5	Inyectores de gas – (Gas Inlet Valve - GIV)	2
6	Control de la velocidad del motor	0,5
7	Revisión y mantenimiento de los conductos de gas	1
8	Válvula de carga – Ajuste y balanceo del motor	2
9	Sensores (Temperatura, presión diferencial, vueltas, detonación...)	3
10	ECU – Diagnosis y monitorización	3
11	Circuito hidráulico	1
12	Detector de fugas de gas	1
13	Prácticas en locomotora	4
Duración total:		22

2. Ingeniería

h: Procedimiento de Acreditación



Objetivo: Definir la documentación y el procedimiento a utilizar para materializar la reforma realizada a efectos de disponer de la documentación solicitada por ADIF y la AESF



Documentos de referencia y normativa de aplicación

DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
Real Decreto 1434/2010, de 5 de noviembre	Interoperabilidad del sistema ferroviario de la Red Ferroviaria de Interés General (en adelante RFIG)
Directiva 2008/57/CE de 17 de junio de 2008	Interoperabilidad del sistema ferroviario dentro de la Comunidad
Directiva 2004/49/CE de 29 de abril de 2004	Sobre la seguridad de los ferrocarriles comunitarios
Orden FOM/233/2006	Regula las condiciones para la entrada en servicio de subsistemas
Reglamento de Ejecución (UE) nº 402/2013 de la Comisión, de 30 de abril de 2013	Método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo
Reglamento (UE) nº 1077/2012 de la Comisión de 16 de noviembre de 2012	Método común de seguridad
Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad relativa a los subsistemas Material Rodante	Guía de aplicación
Orden FOM/167/2015, de 6 de febrero	Modifica FOM anterior. Regula las condiciones para la entrada en servicio de subsistemas
Recomendación de la Comisión de 29 de marzo de 2011	Recomendación sobre las condiciones para la entrada en servicio de subsistemas
Recomendación 2014/897/UE de la Comisión de 5 de diciembre de 2014	Sustituye Recomendación anterior. Cuestiones relacionadas con la entrada en servicio y la utilización de los subsistemas de carácter estructural y de los vehículos contemplados en las Directivas 2008/57/CE y 2004/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

2. Ingeniería

h: Procedimiento de Acreditación

Objetivo: Definir la documentación y el procedimiento a utilizar para materializar la reforma realizada a efectos de disponer de la documentación solicitada por ADIF y la AESF

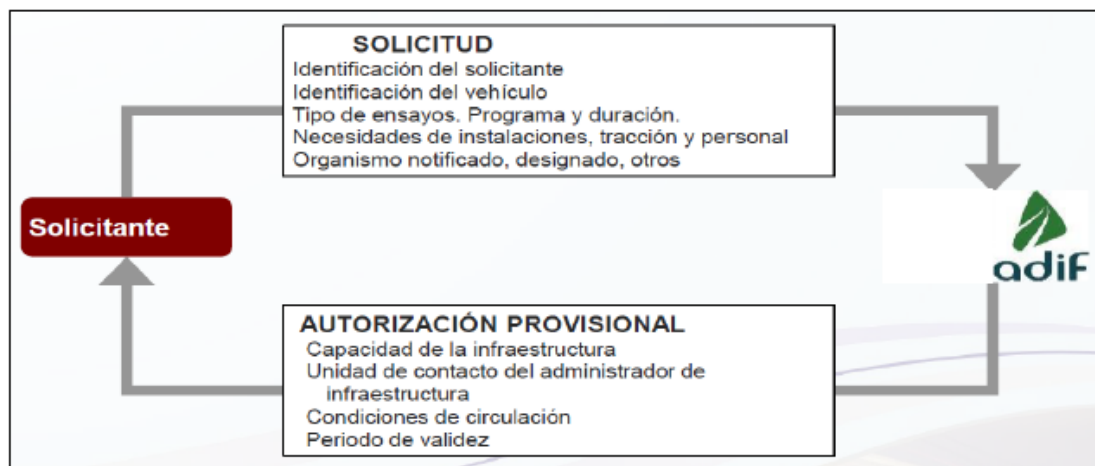


Guía sobre el contenido del Expediente de Modificación de un Vehículo Ferroviario.

Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria - AESF



"Guía sobre el contenido del Expediente de Modificación de un Vehículo Ferroviario"



Construcción de un prototipo

2. Ingeniería

h: Procedimiento de Acreditación

Objetivo: Definir la documentación y el procedimiento a utilizar para materializar la reforma realizada a efectos de disponer de la documentación solicitada por ADIF y la AESF

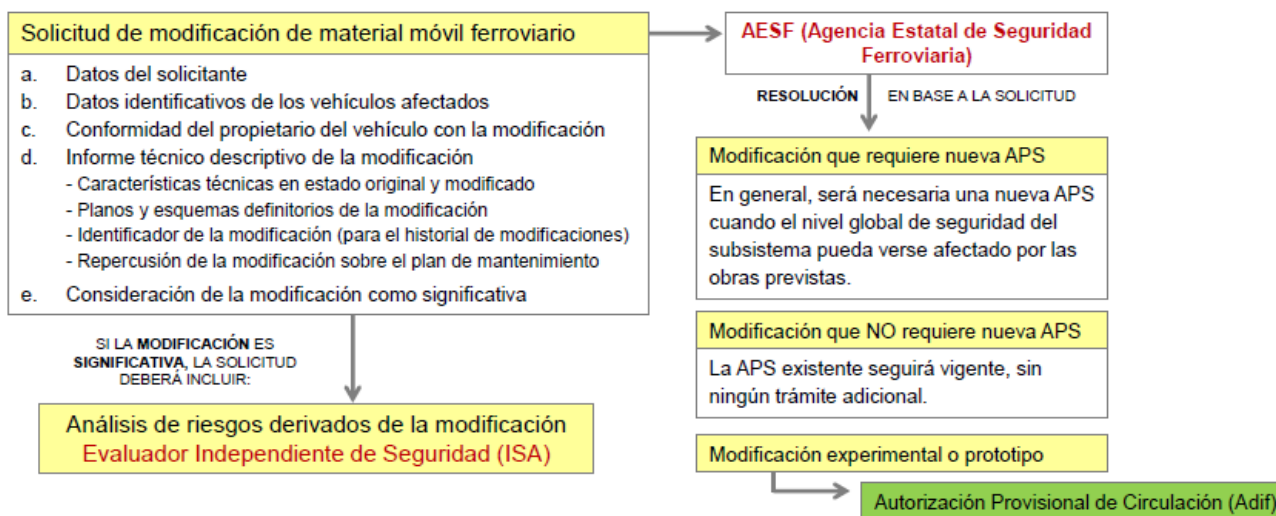


Guía sobre el contenido del Expediente de Modificación de un Vehículo Ferroviario.

Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria - AESF



“Guía sobre el contenido del Expediente de Modificación de un Vehículo Ferroviario”



Modificación de material móvil ferroviario



Acreditación de la locomotora modificada:

- Evaluación de conformidad ETH's (Especificación Técnica de Homologación)
- Evaluación y valoración de riesgo



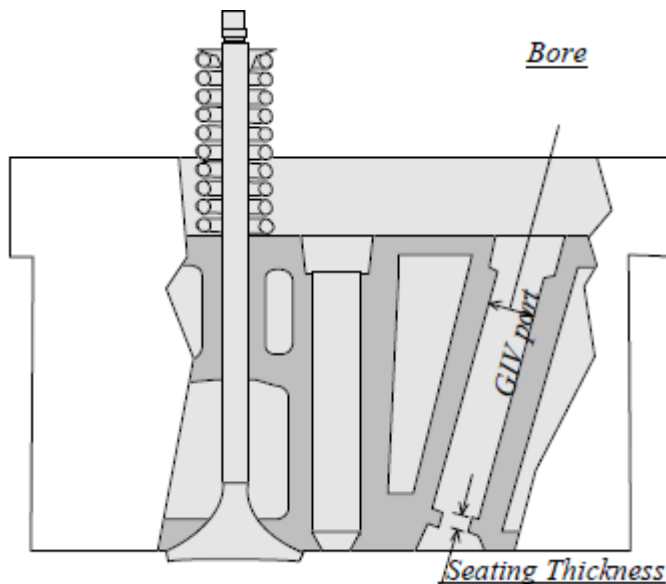
3. Integración

a: Definición de trabajos y materiales necesarios para la integración

Objetivo: Definir los trabajos y materiales necesarios para la integración del motor y del depósito criogénico.

→ Conversión del motor diésel a GNL

- *Modificaciones mecánicas:*



Taladro para válvula de inyección de gas



Pistón del motor de gas natural

- ✓ Educción de la relación de compresión
- ✓ Alojar los inyectores de gas

3. Integración

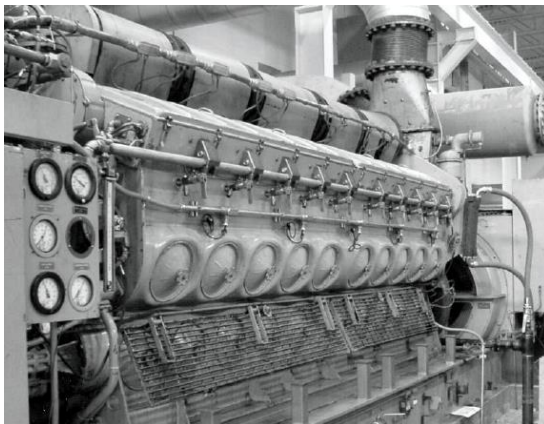
a: Definición de trabajos y materiales necesarios para la integración

Objetivo: Definir los trabajos y materiales necesarios para la integración del motor y del depósito criogénico.

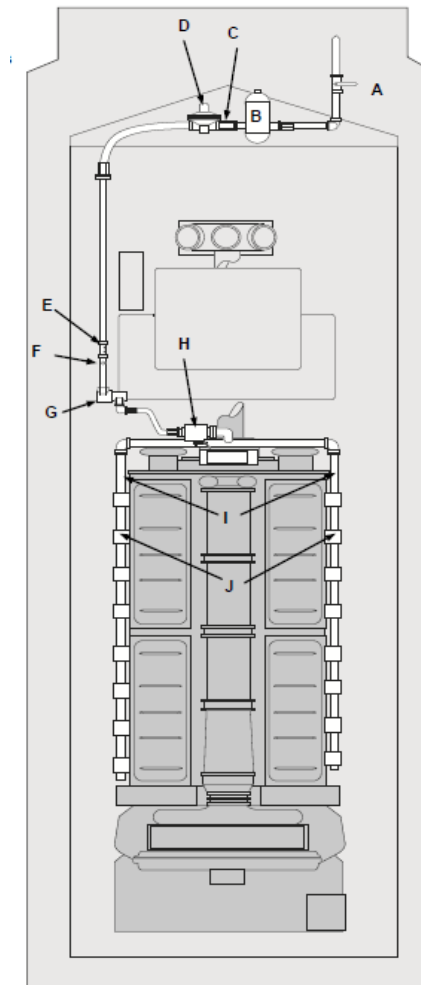
→ Conversión del motor diésel a GNL

- *Conductos de gas natural:*

Enrutamiento del circuito de gas



- A. Manual shut-off valve*
- B. Fuel filter assembly*
- C. Vent valve*
- D. Regulator*
- E. Differential Pressure sensor*
- F. Port for regulator sensor line*
- G. Gas cutoff valve (GCOV)*
- H. Gas flow control valve (GFCV)*
- I. Gas headers (manifold)*
- J. Load blocks*



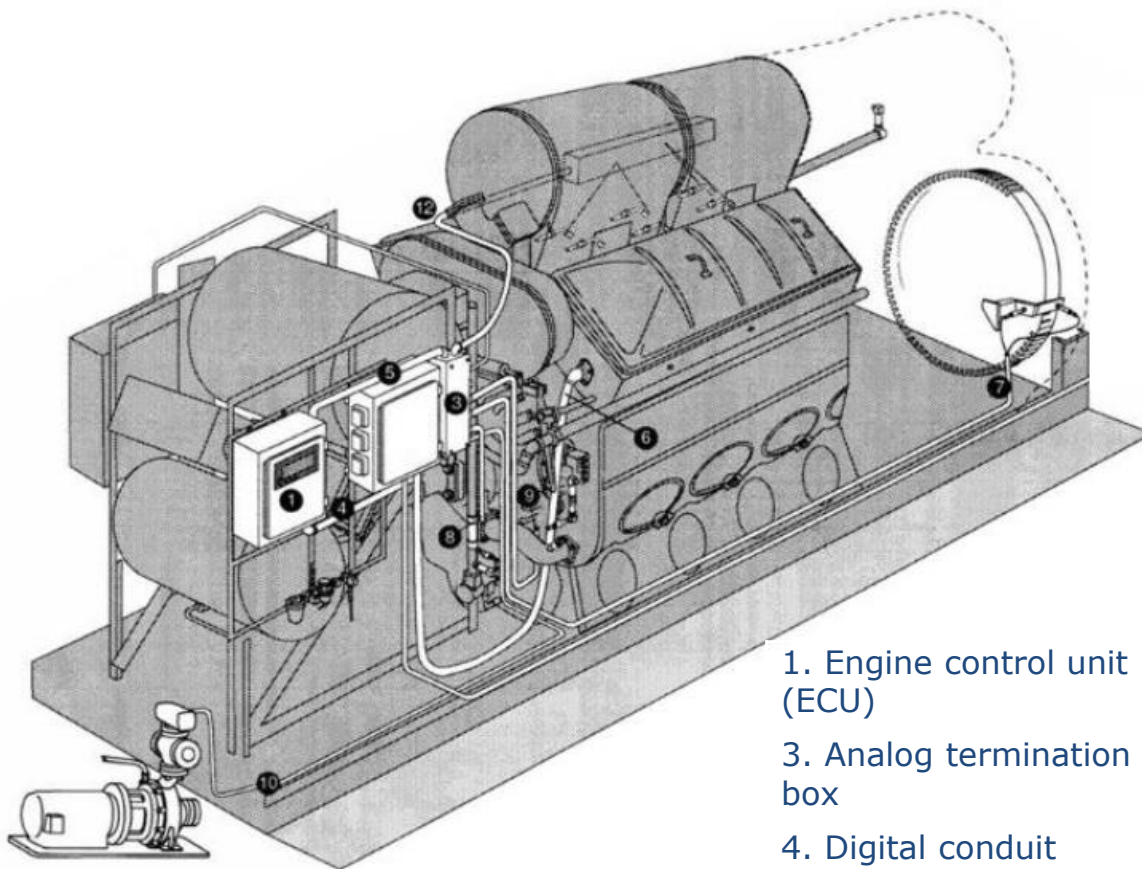
3. Integración

a: Definición de trabajos y materiales necesarios para la integración

Objetivo: Definir los trabajos y materiales necesarios para la integración del motor y del depósito criogénico.

→ Conversión del motor diésel a GNL

▪ Sistema eléctrico:



1. Engine control unit (ECU)

3. Analog termination box

4. Digital conduit

5. Analog conduit

6. GIV wire bundle

7. Flywheel sensor tee & flex conduit

8. Gas sensor flex conduit

9. Air & water sensor conduit

10. Water flow control valve conduit

12. Exhaust flex conduit

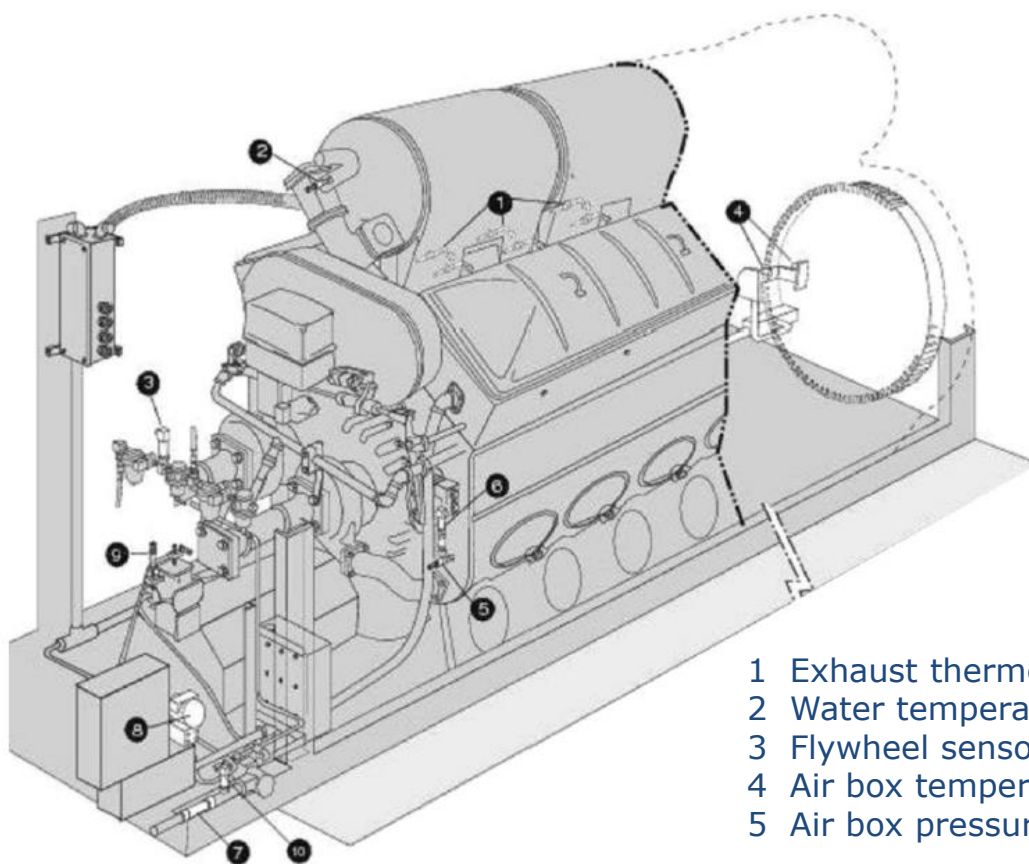
3. Integración

a: Definición de trabajos y materiales necesarios para la integración

Objetivo: Definir los trabajos y materiales necesarios para la integración del motor y del depósito criogénico.

→ Conversión del motor diésel a GNL

▪ Instalación de sensores:



- 1 Exhaust thermocouples
- 2 Water temperature sensor
- 3 Flywheel sensors
- 4 Air box temperature sensors
- 5 Air box pressure transducer

- 6 DP transducer
- 7 DP sensor - gas line
- 8 Gas pressure sensor
- 10 Gas header pressure
- 11 Knock detection sensors

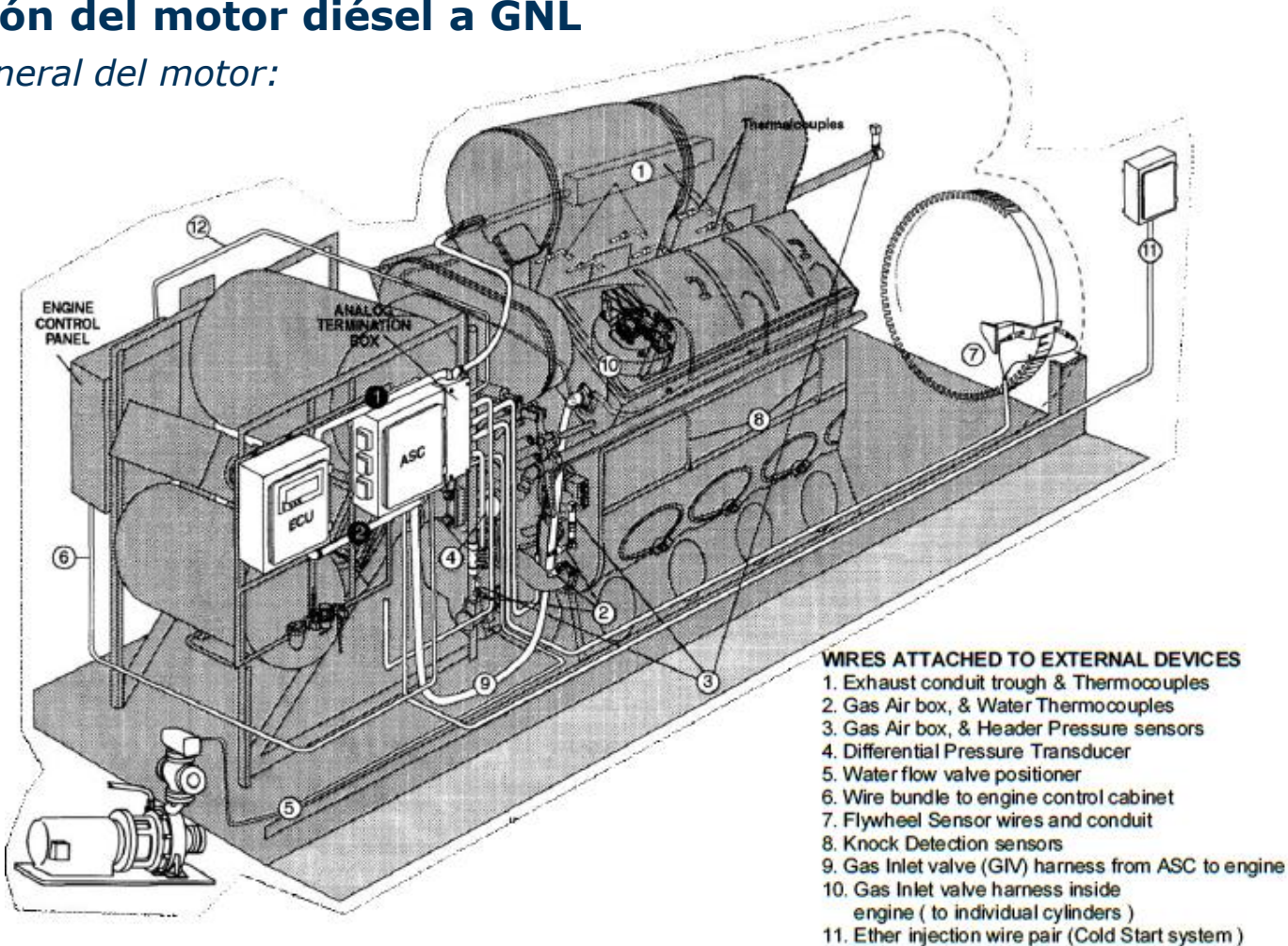
3. Integración

a: Definición de trabajos y materiales necesarios para la integración

Objetivo: Definir los trabajos y materiales necesarios para la integración del motor y del depósito criogénico.

→ Conversión del motor diésel a GNL

▪ Cableado general del motor:



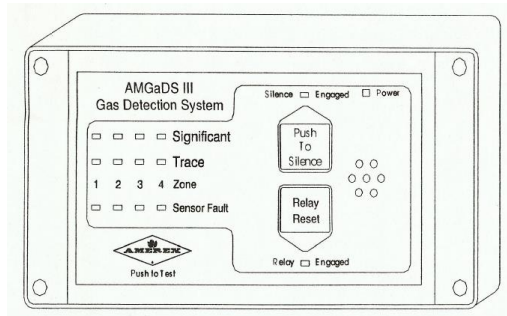
3. Integración

a: Definición de trabajos y materiales necesarios para la integración

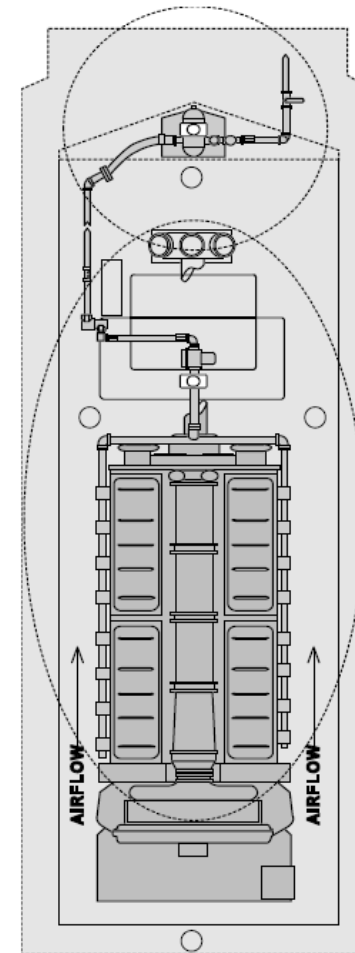
Objetivo: Definir los trabajos y materiales necesarios para la integración del motor y del depósito criogénico.

→ Conversión del motor diésel a GNL

- Sistema de detección de fugas de gas:



Central de alarmas de fuga de gas



Localización de los sensores de gas

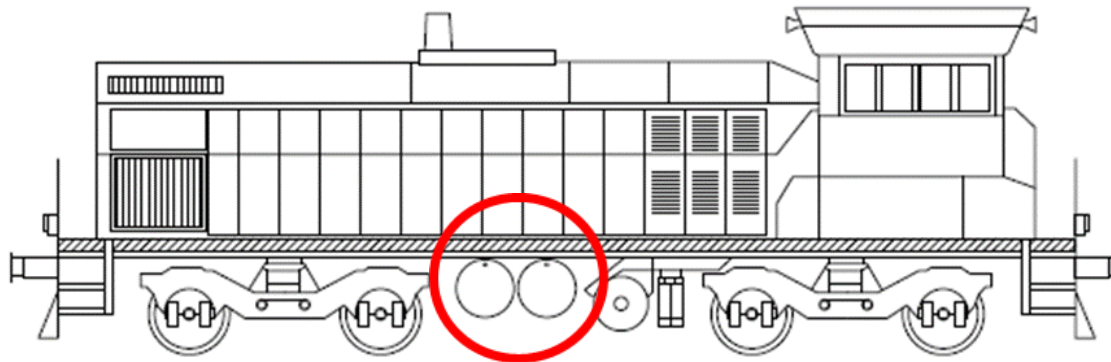
3. Integración

a: Definición de trabajos y materiales necesarios para la integración

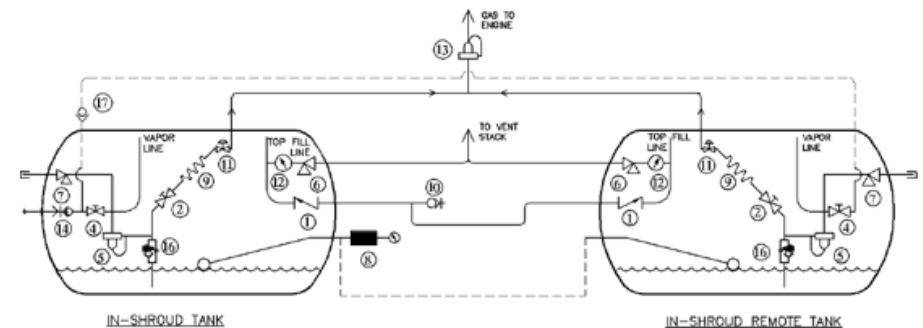
Objetivo: Definir los trabajos y materiales necesarios para la integración del motor y del depósito criogénico.

→ Instalación de los depósitos de GNL

- *Ubicación de los depósitos GNL:*



- Utilización de anclajes originales
- Diseño del soporte específico según NFPA 52
- Racorería y tubería acero inoxidable (Parker, Swagelock)
- Conductos de llenado y venteo unificados



Integración de depósitos según R110

4. Validación

a: Pruebas de estanqueidad del circuito de gas

Objetivo: Definir el protocolo de pruebas específico para verificar la estanqueidad del circuito de GNL,



Protocolo de pruebas

- Definido de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes del motor y de los depósitos criogénicos

Los depósitos de GNL estarán a una presión que dependerá de la temperatura del gas licuado de su interior y que puede oscilar entre 1 bar con el gas licuado a -162°C y los 10 bar cuando la temperatura del líquido descienda hasta los -125°C

La prueba de estanqueidad se realiza en fases:

Fase 1: Detección de grandes fugas. (Nitrógeno a 1,5 bar)

- Manguera suelta
- Unión roscada sin apretar
- Orificio importante en una soldadura, etc.

Fase 2: Prueba de estanqueidad a presión elevada. (Nitrógeno a 15 bar)

- Mantener la instalación a presión 24 horas

Fase 3: Primer llenado de los depósitos de GNL

✓ Garantizar la seguridad de la instalación de gas

4. Validación

b: Definición de las pruebas estáticas de puesta en marcha del motor

Objetivo: Definir el protocolo de pruebas específico para la puesta en funcionamiento de la locomotora

→ Protocolo de pruebas

- Definido de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes del motor y de los depósitos criogénicos

Definición de tres protocolos de pruebas diferenciados:

- Protocolo específico de las modificaciones introducidas en el motor
- Protocolo de conjunto de pruebas estáticas: puesta en servicio y fuera de servicio, carga de compresor, verificación de indicaciones ópticas y acústicas, circuito de marcha y freno de servicio, carga de tubería de freno, actuación de elementos de emergencia, etc.
- Protocolo de pruebas dinámicas: aceleraciones, deceleraciones, distancias de frenado, rodadura, etc

Validación de la conversión a GNL del motor

- Encendido del motor
- Ajuste y equilibrado del motor

Validación del sistema de detección de fugas de gas

Validación del sistema de refrigeración del motor

Ensayo de potencia del motor



Pantalla del sistema de control del motor

✓ Garantizar el funcionamiento del motor

4. Validación

c: Seguimiento, monitorización y evaluación

Objetivo: Definir los protocolos y metodologías para la monitorización y evaluación de la locomotora GNL

➔ Seguimiento de los resultados del proyecto

- Definido en tres partes diferenciadas:
 - Protocolo de monitorización de la locomotora y datos a registrar
 - Metodología de evaluación del funcionamiento de la locomotora y KPIs
 - Comparativa del funcionamiento de la locomotora con la situación inicial diésel

Monitorización Locomotora

REGISTRO DE OPERACIONES						Locomotora 310 GNL		Num	xxx-xx
Nº	Fecha	Hora arranque	Ref OT	Carga	Tiempo función	Recorrido	Hora paro	Carga GNL	Notas
				Tm	horas			kg	
1	dd/mm/aa	hh:mm	OT1234	500	6	22	hh:mm	200	
2								--	
3									
4									
...									

4. Validación

c: Seguimiento, monitorización y evaluación

Objetivo: Definir los protocolos y metodologías para la monitorización y evaluación de la locomotora GNL

- ➔ **Seguimiento de los resultados del proyecto**
- Protocolo de monitorización de la locomotora y datos a registrar

REGISTRO DE MANTENIMIENTO								Locomotora 310 GNL		Num		xxx-xx	
Nº	Fecha entrada	Hora inicio	Tipo de Revisión Programada					Reparación	Fecha salida	Hora salida	Notas		
			A	B	C	D	E	Ver Informe nº					
1	dd/mm/aa	hh:mm		X				--	dd/mm/aa	hh:mm			
2	dd/mm/aa	hh:mm						2017 - 3	dd/mm/aa	hh:mm			
3													
4													
...													

A = Mensual B = Semestral C = Anual D = Trianual E = Predictivo

REGISTRO DE REPARACIONES						Locomotora 310 GNL	Num	xxx-xx
Nº	Fecha entrada	Hora inicio	Origen avería o intervención	Sistema o elemento reparado	Piezas sustituidas	Fecha salida	Hora salida	Notas
1								
2								
3	dd/mm/aa	hh:mm	Error en ECU	Medida RPM	Sensor volante Cable a ECU	dd/mm/aa	hh:mm	
4								
...								

4. Validación

c: Seguimiento, monitorización y evaluación

Objetivo: Definir los protocolos y metodologías para la monitorización y evaluación de la locomotora GNL



Seguimiento de los resultados del proyecto

- Metodología de evaluación del funcionamiento de la locomotora y KPIs - *Key Performance Indicators*

Símbolo	Nombre	Origen o Cálculo
---------	--------	------------------

KPI relativos a Tiempos

T1	Tiempo en trabajo	Registro de Operaciones
T2	Tiempo en espera	Registro de Operaciones
T3	Tiempo en mantenimiento	Registro de Mantenimiento
T4	Tiempo en reparación	Registro de Reparaciones

KPI relativos a Consumo

C1	Consumo por hora de trabajo	Registro de Operaciones
C2	Consumo por km recorrido	Registro de Operaciones

KPI relativos a Mantenimiento

M1	Coste de Mantenimiento por hora de trabajo	Registros de Mantenimiento y Operaciones, y coste de taller y recambios
M2	Coste de Reparación por hora de trabajo	Registros de Reparaciones y Operaciones, y coste de taller y recambios

- Comparativa con locomotora diésel en base a datos históricos y KPI's

5. Presupuesto

a: Presupuesto preliminar

Objetivo: Valorar los costes de transformación de una locomotora de maniobras a GNL

ITEM	Unidades	Cantidad	SUBTOTAL EUR	TOTAL EUR
1. KIT DE CONVERSION A GNL				225.000 €
ECI SIP Kit conversion GNL para EMD 8-645 E	Set	1	201.000	
Sistema de gasificación	Ud	1	18.000	
Detector de fugas de gas	Set	1	6.000	
2. DEPÓSITOS GNL				55.500 €
Depósito Chart HNLG 171	Ud	2	55.500	
3. INTEGRACIÓN				196.000 €
Integración de todo el sistema	Ud	1	110.000	
Accesorios y material adicional	Ud	1	25.000	
Puesta en funcionamiento / soporte técnico	Ud	1	41.000	
Ensayo de potencia con resistencias	Ud	1	20.000	
4. ACREDITACIÓN				163.000 €
Validación y Certificación (1a unidad) /Estimación)	Ud	1	160.000	
Autorización de Puesta en Servicio (1a unidad)	Ud	1	3.000	
5. COSTES INDIRECTOS				268.000 €
Ingeniería + Análisis de riesgos	Ud	1	140.000	
Project Management	Ud	1	80.000	
Contingencias	Ud	1	48.000	
6. FORMACIÓN				7.000 €
Curso Básico inicial	Ud	1	1.500	
Curso específico para Operadores	Ud	1	3.000	
Curso específico para Mantenimiento	Ud	1	2.500	
PRESUPUESTO DE CONVERSIÓN A GNL			TOTAL	914.500 €

Gracias



CORE LNGas
hive

www.coreIngashive.eu



Disclaimer: The sole responsibility of this publication lies with the author. The European Union is not responsible for any use that may be made of the information contained therein



Co-financed by the European Union
Connecting Europe Facility

<http://www.coreIngashive.eu/>



Port de Tarragona

