



Nuevas tecnologías GNC/GNL aplicación a locomotora 333

Hacia un incremento efectivo del Transporte Ferroviario de Mercancías

Diciembre 2020



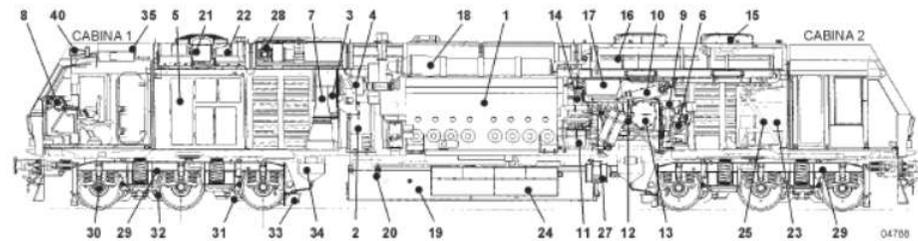


Características de la Locomotora Diesel-Eléctrica S/333

INTRODUCCIÓN

Características generales

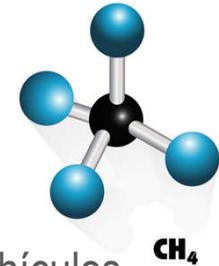
Constructores	VOSSLOH
Construcción	2002/2009
Velocidad máxima (Km/h)	120
Ancho de vía (mm)	1.668
Potencia (kW/CV)	2.237 /3.043
Masa/tara (t)	120
Masa por eje (t)	20
Mando múltiple	SI
Longitud entre topes (mm)	22.330
Ancho de caja (mm)	3.160
Altura máxima (mm)	4.307
Tipo de locomotora	Co - Co
Transmisiones	Eléctrica (GM AR-11 D-14)
Motor tracción	(6) mod. GM D-77B
Freno neumático	Aire comprimido
Freno eléctrico	Reostático
Freno estacionamiento	Freno a 2 ejes
Registrador	Cesis
Señalización	Asfa Digital





Gas Natural

INTRODUCCIÓN



- El gas natural es un combustible alternativo ecológico, económico y disponible.
- Existen dos tipos de gas natural vehicular según su fase térmica
 - **gas natural comprimido (GNC)**

Almacenado a altas presiones (200 b). Se utiliza en vehículos ligeros y algunos vehículos pesados, como autobuses.

- **gas natural licuado (GNL)**

En estado líquido, criogenizado a -161°C . Se utiliza en transporte pesado de larga distancia, ya que proporciona una mayor autonomía.

Reduce las emisiones:

- óxidos de nitrógeno (NOx) en un 85%
- elimina el 96% de las emisiones de partículas sólidas PM.

El gas natural contribuye a paliar el efecto invernadero mediante la eliminación total de las emisiones de azufre (SO₂) y una reducción de las emisiones de monóxido de carbono (CO) y de CO₂ de hasta un 25%.



Objetivos de la gasificación

INTRODUCCIÓN

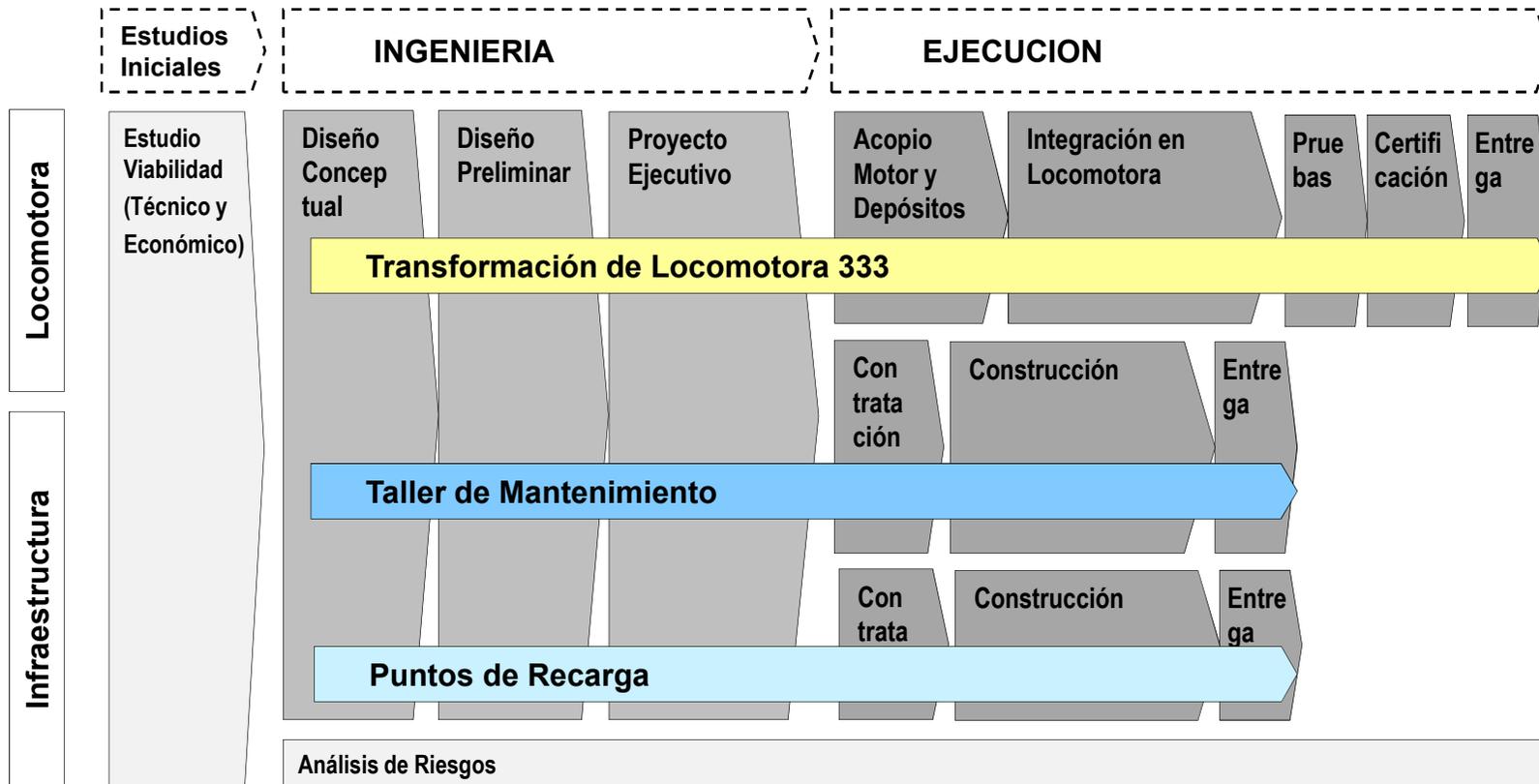
En general, los objetivos que se persiguen con la gasificación con GNL de locomotoras diesel-eléctricas para uso en transporte de mercancías, pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- **Ahorro en el Coste de Operación** por el menor precio del combustible y en alguna de las alternativas de transformación, por el menor consumo conseguido.
- **Mejora de la Calidad de Aire** por la reducción de emisiones contaminantes: NOX, HC, CO y partículas.
- **Reducción de Gases de Efecto Invernadero:** CO₂, CH₄
- **Reducción de Ruido**
- **Reducción del Coste de Mantenimiento** por la modernización de sistemas y componentes.
- **Extensión de la Vida Útil de la locomotora** como efecto adicional, según la alternativa técnica que finalmente se decida, pues la transformación a GNL de una locomotora puede significar una efectiva reconstrucción de la misma.



Implantación del GNC / GNL

GASIFICACIÓN

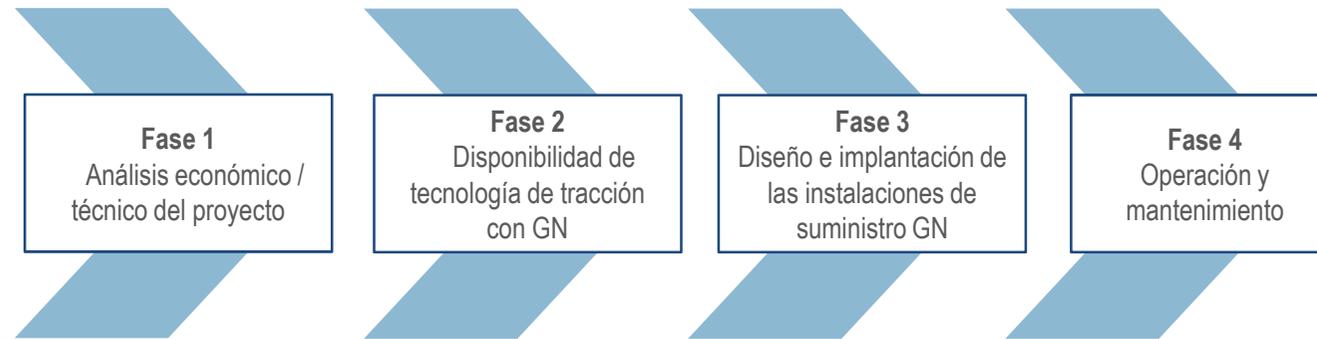




Implantación del GNC / GNL

GASIFICACIÓN

❑ Procedimiento



❑ Viabilidad Económica

❑ Viabilidad Técnica

❑ Viabilidad Legal



Implantación del GNC / GNL

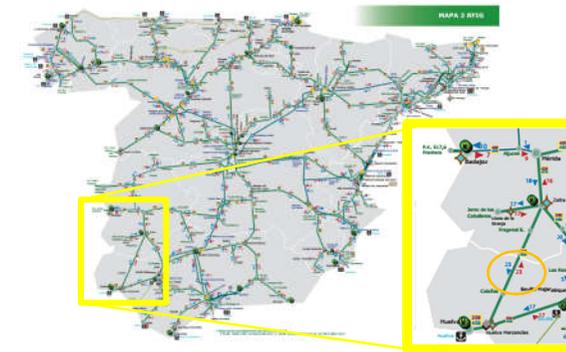
GASIFICACIÓN

☐ Fase 1 – Análisis de Viabilidad Económica



- Estudio de la explotación
 - Recorrido
 - Frecuencia
 - Carga
 - Consumo de combustible
 - Velocidad
- Estudio económico
 - OPEX (combustible y mantenimiento)
 - CAPEX (locomotora e infraestructura)
 - ROI
 - Coste externalidades

coste – ahorro coste combustible – emisiones - carbono





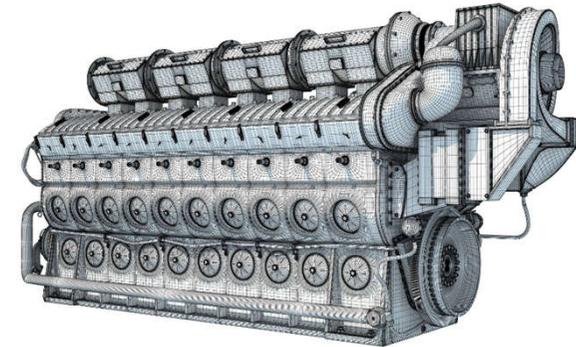
Implantación del GNC / GNL

GASIFICACIÓN

❑ Fase 2 – Disponibilidad de tecnología de tracción con GN



- Disponibilidad
 - Motores a GN
 - Depósitos GNC y depósitos GNL (criogénicos)
- Integración en la locomotora
- Acreditación y autorización de puesta en servicio





Implantación del GNC / GNL

GASIFICACIÓN

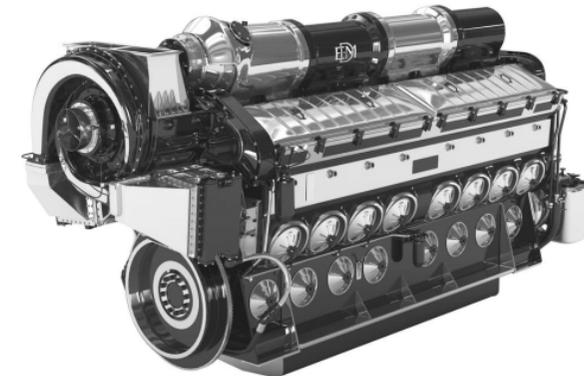
➤ Tecnología de motores disponible

- **Motor dual (Diesel)**

Motor diésel en el que parte del combustible líquido se sustituye por gas (% de sustitución)
(Fumigación, Inyección colector, Inyección directa)

- **Motor dedicado (Otto)**

Motor de ciclo Otto con funcionamiento 100% gas natural
(Inyección colector, inyección directa)



Motor EMD 16-710



Implantación del GNC / GNL

GASIFICACIÓN

Motores de GN 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 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 Autonomía Prestaciones	Consumo de gas reducido Integración depósito de GNL



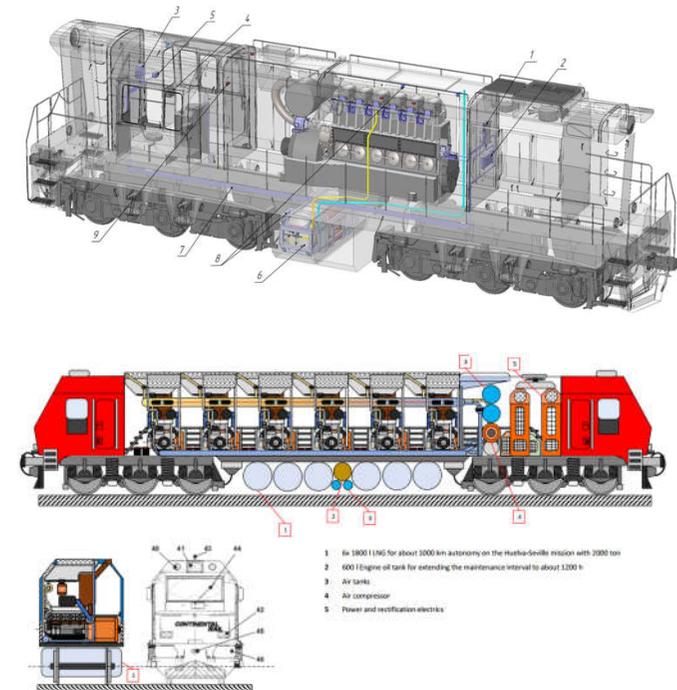
- Porcentajes de sustitución del 70-80%. Se puede conseguir un 90% de sustitución con sistemas de alta presión (Inyección directa).
- En condiciones de carga variable el % de sustitución disminuye de forma apreciable.
- Se mantienen emisiones de NOx y PM



Alternativas de Tecnologías Consideradas

GASIFICACIÓN

Actuación	Combustible	Comentarios
Transformación del Motor Actual (retrofit)	100% GN	Evita problemas de integración y cambios de peso y distribución del mismo que pueden implicar cálculos justificativos. Modificaciones mecánicas (pistones, culata, sensores, sistema de encendido). Se mantendrá el generador existente.
	DUAL	Evita problemas de integración y cambios de peso y distribución del mismo que pueden implicar cálculos justificativos. Se mantendrá el alternador existente. Modificaciones mecánicas en el motor más sencillas que en el caso del motor dedicado.
Sustitución del Motor Actual por uno Nuevo	100% GN	La integración del nuevo motor puede ser compleja y puede implicar la necesidad de sustituir el generador.
	DUAL	
Sustitución del Motor Actual por varios GenSets	100% GN	La integración de los gensets puede ser compleja. Estrategia de gestión del funcionamiento de los distintos motores a determinar. Modernización de la locomotora completa.
	DUAL	



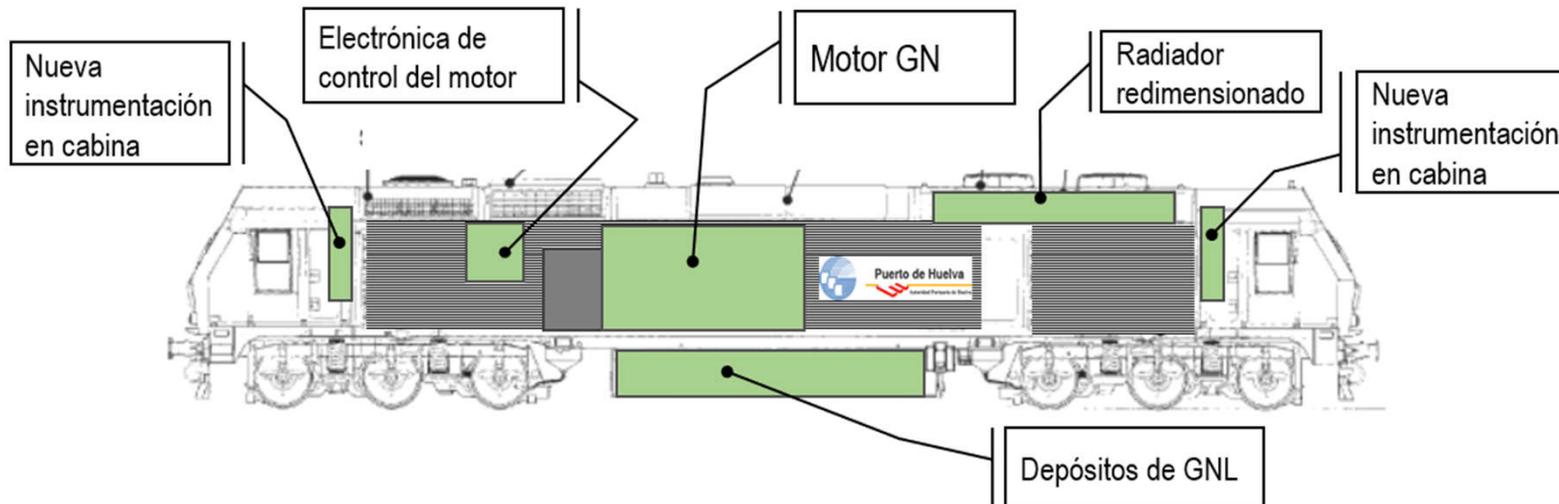
- 1 6x 1800 l (NG) for about 1000 km autonomy on the Iberia-Seville mission with 2000 ton
- 2 600 l Engine oil tank for extending the maintenance interval to about 1.000 h
- 3 Air tanks
- 4 Air compressor
- 5 Power and modification electric



Alternativas de Tecnologías Consideradas

GASIFICACIÓN

➤ Retrofit de diesel a GNL





Suministro de combustible

GASIFICACIÓN

➤ Depósito de combustible

- **Depósitos criogénicos ECE R110**
 - Comerciales aplicados a automoción
 - A medida para optimizar uso del volumen disponible
- **Fuel Tender**
 - ISO tank (Versiones de 20, 40 o 45 ft)
 - Depósito de 50, 90 m³



Depósito GNL R110



Russian Railways – Locomotora de maniobras



Canadian National (CN) locomotive with Tender



ISO Tank

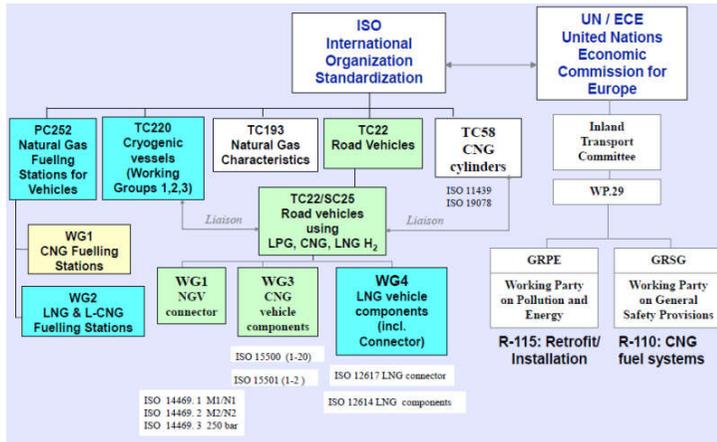


Normativas

GASIFICACIÓN

➤ Armonización de Normativas ISO y Reglamentos UE

➤ Documentos de referencia y normativa de aplicación para acreditación ferroviaria



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.

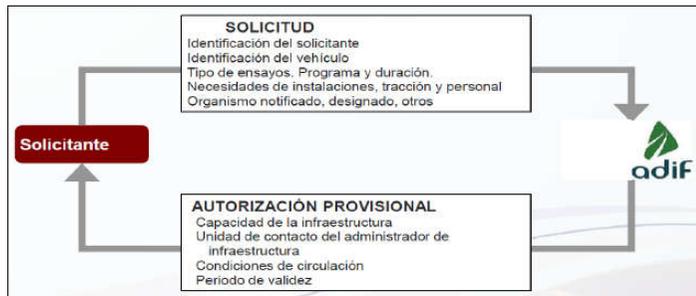


Procedimiento de Acreditación

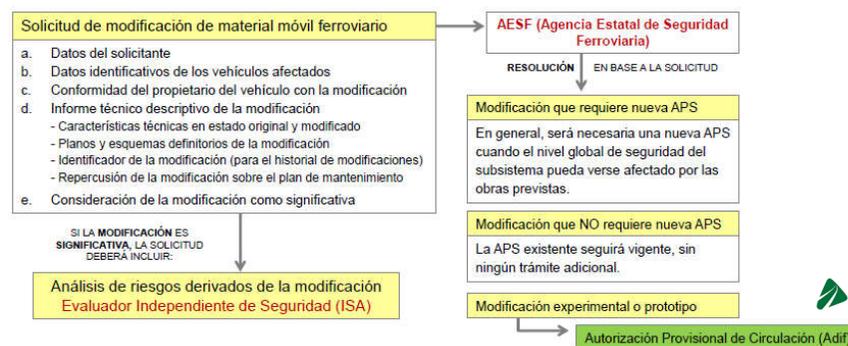
GASIFICACIÓN



➤ Construcción de un prototipo



➤ Modificación de material móvil ferroviario



Acreditación de la locomotora modificada:

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





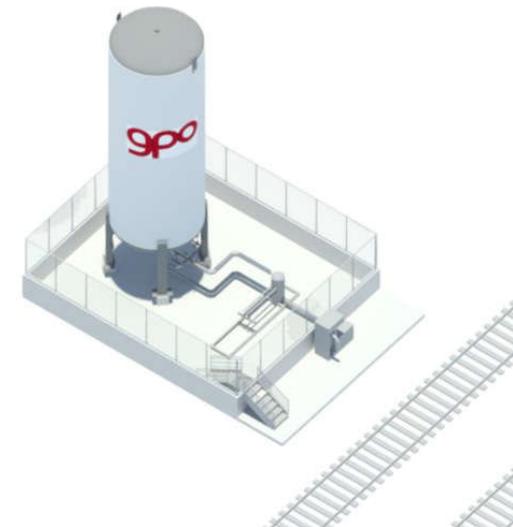
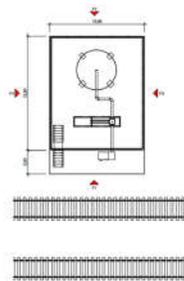
Suministro de GNC / GNL

GASIFICACIÓN

❑ Fase 3 – Diseño e implantación de las instalaciones de suministro (GNC / GNL)



- Garantizar la disponibilidad de GNC / GNL
 - Localización
 - Capacidad de la planta
 - Seguridad (UNE 60210-2018)
- Planta de GNL / Camión cisterna





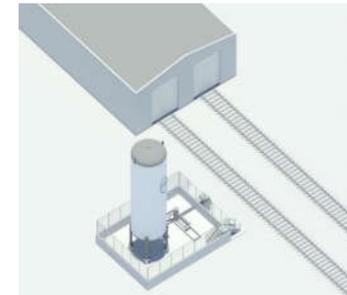
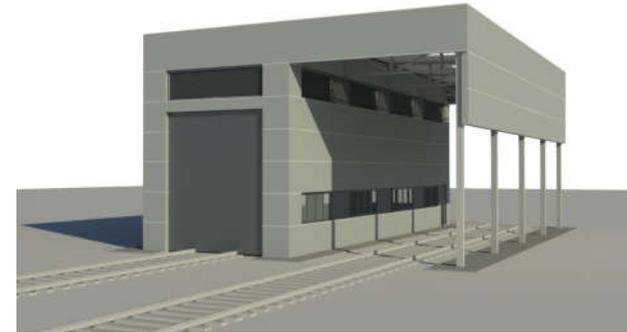
Adecuación de instalaciones

GASIFICACIÓN

☐ Fase 4 – Operación y Mantenimiento



- Adecuación de talleres de mantenimiento
- Fiabilidad y mantenibilidad
- Formación de operadores y mantenedores





Conclusiones

GASIFICACIÓN

- Tecnología de motores a gas (dedicados y duales) existente
- Tecnología adaptable a emisiones Stage V (RLL – 2021)
- R+D en curso para futuros combustibles bajos en carbono como etanol hidratado, metanol, hidrógeno y Bio metano
- Tecnología de depósitos GNL existente, sin aplicación específica ferroviaria
- Normativas y Reglamentos específicos existentes
- Procedimientos de certificación, acreditación y puesta en servicio definidos
- Reducción costes operación (combustible, mantenimiento)
- Mejora de la Calidad del Aire por la reducción de emisiones NOx, CO y PT
- Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero CO2
- Reducción de ruido
- Extensión de la vida útil de la locomotora



Muchas gracias por su atención

GPO Ingeniería y Arquitectura SLU

C. Aragó 390
E - 08013 Barcelona
Tel: +34 93 247 0069
Fax: +34 93 231 6969

Enric Boné
Test Facility Engineering Manager
+34 620 557 351
ebone@gpogroup.com

www.gpogroup.com