



industriales  
etsii

Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

## **Cálculo, diseño, proceso de fabricación y evaluación de la conformidad (Mercado CE) de una cisterna destinada al transporte internacional de Metano por carretera, acogida al cuerpo europeo sobre Transporte de Mercancías Peligrosas por carretera (ADR 2019)**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**Autor: Marina Salmerón Martínez**

**Director: Isidoro José Martínez Mateo**

Cartagena, septiembre de 2020.



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

# ÍNDICE

1. OBJETO.....	11
2. DEFINICIONES.....	11
3. PRODUCTO A TRANSPORTAR.....	20
3.1. Descripción del producto.....	20
3.2. Descripción del producto según el ADR 2019.....	21
3.3. Ficha técnica del producto a transportar.....	23
3.3.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla.....	23
3.3.2. Elementos de la etiqueta.....	23
3.3.3. Composición/información sobre los componentes.....	25
3.3.4. Primeros auxilios.....	25
3.3.5. Medidas de lucha contra incendios.....	26
3.3.6. Medidas en caso de vertido accidental.....	28
3.3.7. Manipulación y almacenamiento.....	29
3.3.8. Controles de exposición/protección individual.....	30
3.3.9. Propiedades físicas y químicas.....	32
3.3.10. Estabilidad y reactividad.....	33
3.3.11. Información Toxicológica.....	34
3.3.12. Información ecológica.....	34
3.3.13. Consideraciones relativas a la eliminación.....	35
3.3.14. Información relativa al transporte.....	36
3.3.15. Información reglamentaria.....	37
3.3.16. Información adicional.....	38
3.4. Norma NFPA 704.....	39
4. CISTERNA.....	42
4.1. Dimensiones.....	42
4.1.1. Cálculo del diámetro interior.....	42

4.1.2. Cálculo del espesor de la envolvente cilíndrica.....	42
4.1.3. Cálculo del espesor de los fondos abombados.....	43
4.1.4. Cálculo del volumen de la cisterna.....	44
4.1.5. Volumen de metano para transporte.....	46
4.1.6. Masa metano para transporte.....	46
4.1.7. Volumen de acero que forma la cisterna.....	46
4.1.8. Masa del cuerpo de la cisterna vacía.....	47
4.1.9. Masa total del vehículo.....	47
4.2. Codificación y jerarquía de las cisternas.....	47
4.3. Disposiciones especiales.....	50
4.4. Materiales.....	50
4.4.1. Material para el depósito del interior.....	50
4.4.1.1. Cálculo del Esfuerzo nominal de diseño.....	53
4.4.2. Material exterior de la cisterna.....	53
4.5. Equipos necesarios para el vehículo.....	53
4.5.1. Aberturas para bocas de hombre y de inspección.....	54
4.5.1.1. Cálculo y elección de la brida del cuerpo y de la brida de la tapa.....	55
4.5.2. Sistema de carga y descarga.....	58
4.5.2.1. Elementos del equipo de carga y descarga.....	58
4.5.3. Seguridades.....	61
4.5.3.3. Puesta a tierra del vehículo.....	63
4.5.3.4. Medios de extinción de incendios.....	63
4.5.4. Rompeolas.....	64
4.5.5. Orejas de izaje.....	65
4.5.6. Pasarela y escalera.....	65
4.5.7. Componentes auxiliares.....	65
4.6. Fijación de la cisterna al chasis.....	67

5. VEHÍCULO CISTERNA.....	67
5.1. Equipamiento eléctrico.....	67
5.2. Equipamiento de frenado.....	70
5.3. Prevención de riesgos de incendio. ....	70
5.4. Dispositivos de limitación de velocidad.....	73
5.5. Dispositivos de enganche de los vehículos a motor y los remolques. ...	73
5.6. Prevención de otros riesgos debidos a los carburantes.....	73
5.7. Unión de la Cisterna al chasis/semirremolque.....	73
5.8. Unión de Semirremolque a la cabeza tractora.....	73
5.8.1. Quinta rueda. ....	74
5.8.2. King-pin.....	74
6. PROTECCIONES.....	75
6.1. Aislamiento térmico de la cisterna. ....	75
6.2. Protección contra vuelcos.....	76
6.3. Protección posterior de los vehículos. ....	76
6.4. Protección contra daños. ....	76
7. SEÑALIZACIÓN.....	77
7.1. Señalización de la cisterna. ....	77
7.2. Etiquetas de peligro clase 2.....	78
7.3. Disposiciones especiales.....	78
7.4. Paneles naranjas. ....	81
7.4.1. Disposiciones generales relativas al panel naranja.....	81
7.4.2. Especificaciones relativas a los paneles naranja. ....	81
7.5. Panel indicador de vehículos largos. ....	83
8. MARCADO.....	84
8.1. Según ADR 2019.....	84
8.1.1. Disposiciones especiales. ....	85

8.2. Según el Real Decreto 1388/2011. Capítulo III. Conformidad de los equipos a presión transportables.....	86
9. PROCESO DE FABRICACIÓN.....	89
10. SOLDADURA.....	90
10.1. Plan de producción.....	90
10.2. Instrucciones de trabajo.....	91
10.3. Tratamiento térmico post-soldeo.....	91
10.4. Inspecciones y ensayos de las soldaduras.....	92
10.5. Inspección y ensayos antes del soldeo.....	92
10.6. Inspección y ensayos durante el soldeo.....	92
10.7. Inspección y ensayos después del soldeo.....	93
10.8. Registro de calidad.....	93
11. CONTROL Y PRUEBAS.....	94
11.1. Controles.....	94
11.1.1. Control para la aprobación de tipo.....	94
11.1.2. Control inicial.....	94
11.1.3. Control periódico.....	95
11.1.4. Control intermedio.....	95
11.1.5. Controles excepcionales.....	95
11.2. Procedimiento y documentación para los controles y pruebas.....	96
11.2.1. Examen de los documentos.....	96
11.2.2. Comprobación de las características de diseño.....	96
11.2.3. Examen del estado interior de la cisterna.....	97
11.2.4. Comprobación del exterior de la cisterna.....	97
11.2.5. Prueba de presión hidráulica.....	98
11.2.6. Prueba de vacío.....	100
11.2.7. Prueba de estanqueidad.....	100

11.2.8. Determinación de la capacidad. ....	101
11.2.9. Comprobación de los equipos de servicio. ....	102
11.2.10. Comprobación del bastidor o de otros equipos estructurales de las cisternas portátiles y de los contenedores cisterna. ....	103
12. ENSAYOS. ....	104
12.1. Ensayos de resiliencia. ....	104
13. DOCUMENTACIÓN Y CERTIFICACIÓN. ....	106
13.1. Certificación de prototipo de cisternas, por duplicado: ....	106
13.2. Inspección inicial, antes de la puesta en servicio: ....	106
13.3. Inspecciones excepcionales, en los casos en que sean debidas a accidentes, por duplicado: ....	106
14. REFERENCIAS. ....	128

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Información sobre el producto. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)	22
Tabla 2: Información sobre el producto. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)	22
Tabla 3: Información sobre el producto. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)	22
Tabla 4: Identificación de peligros. Fuente: Naturgy	23
Tabla 5: Identificación de los peligros. Fuente: Naturgy	23
Tabla 6: Consejos de prudencia. Fuente: Naturgy	24
Tabla 7: Consejos de prudencia. Fuente: Naturgy	24
Tabla 8: Consejos de prudencia. Fuente: Naturgy	24
Tabla 9: Otros peligros. Fuente: Naturgy	24
Tabla 10: Sustancias. Fuente: Naturgy	25
Tabla 11: Primeros auxilios. Fuente: Naturgy	25
Tabla 12: Síntomas y efectos. Fuente: Naturgy	26
Tabla 13: Medios de extinción. Fuentes: Naturgy	26
Tabla 14: Peligros específicos derivados de la sustancia. Fuente: Naturgy	26
Tabla 15: Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios. Fuente: Naturgy	27
Tabla 16: Medidas en caso de vertido accidental. Fuente: Naturgy	28
Tabla 17: Precauciones para una manipulación y almacenamiento seguro. Fuente: Naturgy	29
Tabla 18: Controles de exposición. Fuente: Naturgy	31
Tabla 19: Propiedades físicas y químicas. Fuente: Naturgy	32
Tabla 20: Estabilidad y reactividad. Fuente: Naturgy	33
Tabla 21: Información toxicológica. Fuente: Naturgy	34
Tabla 22: Información ecológica. Fuente: Naturgy	34
Tabla 23: Consideraciones relativas a la eliminación. Fuente: Naturgy	35
Tabla 24: Información relativa al transporte. Fuente: Naturgy	36
Tabla 25: Información reglamentaria. Fuente: Naturgy	37
Tabla 26: Cantidades umbral. Fuente: Naturgy	38
Tabla 27: Abreviaturas. Fuente: Naturgy	38

Tabla 29: Codificación y jerarquía de las cisternas. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019).....	48
Tabla 30: Presión mínima y máxima. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019) .....	49
Tabla 31: Composición química del acero 14404. Fuente: (UNE-EN 10088-1, 2015) .....	51
Tabla 32: Designación de aceros inoxidables ISO y los tipos comparables contenidos en varios sistemas de designación de acuerdo con el Sistema Europeo. Fuente: (UNE-EN 10088-1, 2015).....	51
Tabla 33: Datos de referencia de algunas propiedades físicas de los aceros ferríticos resistentes a la corrosión. Fuente: (UNE-EN 10088-1, 2015).....	51
Tabla 34: Datos de referencia de algunas propiedades físicas de los aceros ferríticos resistentes a la corrosión 2. Fuente: (UNE-EN 10088-1, 2015).....	51
Tabla 35: Características mecánicas a temperatura ambiente y resistencia a la corrosión intergranular. Fuente: (UNE-EN 10088-2, 2015) .....	52
<i>Tabla 36: Dimensiones de las bridas. Fuente: (UNE-EN 1092-1:2019, 2019) .</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 37: Masa de las bridas. Fuente: (UNE-EN 1092-1:2019, 2019) .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 38: Abertura boca hombre 500mm x 150mm con un anillo del cuello de 200mm x 5mm como refuerzo. Fuente: (UNE-EN 14025:2014+A1, 2014) .....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 39: Disposiciones mínimas para los extintores de incendio portátiles. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019) .....</i>	<i>63</i>
Tabla 40: Normas y reglamentos aplicables. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019) .....	79
Tabla 41: Coordenadas tricromáticas de los puntos. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019).....	82



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1: Molécula de Metano. Fuente: Windows to the Universe .....	21
Ilustración 2: Peligro. Fuente: Messer .....	23
Ilustración 3: Señal NFPA. Fuente: Revista seguridad minera.....	39
Ilustración 4: NFPA 704 metano. Fuente: linde-gas.....	41
Ilustración 5: Fondo tipo Korbbogen DIN 28013.Fuente: heco.....	45
<i>Ilustración 6: Bridas PN10. Fuente: (UNE-EN 1092-1:2019, 2019).....</i>	<i>55</i>
Ilustración 7: Sistema de carga y descarga: Fuente: lapesa. ....	59
Ilustración 8: Válvula para fase líquida de llenado. Fuente: ERRESSE. ....	60
Ilustración 9: Válvula para llenado de fase gas. Fuente: KSB.....	60
Ilustración 10: Válvula de descarga. Fuente: Parker.....	61
Ilustración 11: Válvula de seguridad. Fuente: Herose.....	62
Ilustración 12: Válvula de alivio compacta. Fuente: Directindustry.....	62
<i>Ilustración 13: Termómetro. Fuente: HECAPO. ....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 14: Manómetro. Fuente: HECAPO.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 15: Indicador de nivel. Fuente: HECAPO.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 16: Quinta rueda. Fuente: Prueba de ruta.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 17: Kingpin. Fuente: Prueba de ruta. ....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 18: Placa etiqueta. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019) .....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 19: Etiqueta peligro. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019) .....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 20: Panel naranja. Fuente: Evomec.....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 21: Panel Vehículos largos. Fuente: Preventecsl.....</i>	<i>83</i>
Ilustración 22: Símbolo del marcado П. Fuente: (Real Decreto 1388/2011, 2010) .....	88
Ilustración 23: Probeta. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019) .....	105
Ilustración 24: Parte 1. ....	110
Ilustración 25: Parte 2. ....	111
Ilustración 26: Parte 3. ....	112
Ilustración 27: Parte 4. ....	113
Ilustración 28: Tapa Delantera. ....	114
Ilustración 29: Fondo Trasero.....	115
Ilustración 30: Rompeolas.....	116
Ilustración 31: Oreja de Izaje.....	117
Ilustración 32: Brida de cuerpo.....	118

Ilustración 33: Brida tapadera.....	119
Ilustración 34: Soporte. ....	120
Ilustración 35: Anclaje. ....	121
Ilustración 36: Viga en forma de I.....	122
Ilustración 37: Ampliación para ver los detalles.....	122
Ilustración 38: Brida tapadera bajo.....	123
Ilustración 39: Escalera. ....	124
Ilustración 40: Pasarela.....	125
Ilustración 41: Depósito interior.....	126
Ilustración 42: Tapa depósito interior. ....	127

## **1. OBJETO.**

El objetivo de este proyecto consiste en el cálculo, diseño, proceso de fabricación y evaluación de la conformidad (Mercado CE) de una cisterna GNL (Gas Natural Licuado) para el transporte de metano por carretera.

El metano es una sustancia de clase 2, identificada con el N°ONU 1972, que debe transportarse en estado líquido debido a su volumen, ya que 1 litro de líquido equivale a 600 litros de gas. Este líquido se transporta a  $-162^{\circ}\text{C}$  y a presión atmosférica, esto tendrá que tenerse en cuenta la hora del diseño de la cisterna.

Para ello se hace uso del ADR 2019 (Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera) y de las normas necesarias para la realización de los cálculos. Todas ellas expuestas en el apartado de Referencias.

## **2. DEFINICIONES.**

Se presentan las siguientes definiciones, necesarias para la perfecta comprensión del proyecto.

### **“A**

"Acero de referencia", "acero con una resistencia a la tracción de  $370 \text{ N/mm}^2$  y un alargamiento a la ruptura del 27 %," (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Acero dulce", "acero cuyo límite mínimo de la resistencia a la ruptura por tracción está comprendido entre  $360 \text{ N/mm}^2$  y  $440 \text{ N/mm}^2$ ;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Aseguramiento de la calidad", "un programa sistemático de controles y de inspecciones aplicado por toda organización o todo organismo y dirigido a ofrecer una garantía apropiada de que las disposiciones de seguridad del ADR sean respetadas en la práctica;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Aseguramiento de la conformidad" "(materia radiactiva), un programa sistemático de medidas aplicado por una autoridad competente con el objetivo de garantizar que las disposiciones del ADR sean respetadas en la práctica;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"ASTM", "la American Society for Testing and Materials, (ASTM Internacional, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA, 19428-2959, Estados Unidos de América);" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **C**

"Calefacción a combustión", "un dispositivo que utiliza directamente un combustible líquido o gaseoso y que no recupera el calor del motor de propulsión del vehículo;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Capacidad de un depósito o de un compartimento de un depósito ", "para cisternas, volumen total, interior de un depósito o del compartimento de un depósito expresado en litros o metros cúbicos. Cuando sea imposible llenar completamente el depósito o el compartimento de un depósito, por su forma o por su construcción, esta capacidad reducida se utilizará para la determinación del grado de llenado y para el marcado de la cisterna;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Capacidad máxima", "volumen interior máximo de los recipientes o los envases o embalajes incluidos los grandes embalajes y los grandes recipientes para mercancía a granel (GRGIIBC), expresado en metros cúbicos o en litros;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Cargamento completo", "todo cargamento proveniente de un solo expedidor a quien queda reservado el empleo exclusivo de un vehículo o de un gran contenedor y para quien se efectúan todas las operaciones de carga y descarga, conforme a las instrucciones del expedidor o del destinatario;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"CEE-ONU", "la Commission Economique des Nations Unies pour l'Europe, (CEE-ONU, Palais des Nations, 8-14 avenue de la PAix, CH-1211 Geneve 10, Suiza);" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"CGA ", "la Compressed Gas Association (CGA, 14501 George Carter Way, Suite 103, Chantilly VA 20151, Estados Unidos de América);" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Cisterna", "un depósito, incluidos sus equipos de servicio y de estructura. Cuando la palabra se utiliza sola, engloba los contenedores cisterna, las cisternas portátiles, las cisternas desmontables y las cisternas fijas, como se definen en esta sección, así como las cisternas que constituyen elementos de vehículos batería o de CGEM;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Cisterna cerrada herméticamente", "una cisterna destinada al transporte de líquidos con una presión de cálculo de al menos 4 bar, o destinada al transporte de materias solidas (polverulentas o granulares) cualquiera que sea su presión de cálculo cuyas aberturas están cerradas herméticamente, y que;

- esta desprovista de válvulas de seguridad, de discos de ruptura, de otros dispositivos similares de seguridad o de válvulas de depresión; o
- esta desprovista de válvulas de seguridad, de discos de ruptura o de cualquier otro dispositivo semejante de seguridad, pero está equipada de válvulas de depresión conforme a 10 dispuesto en el 6.8.2.2.3; o
- esta provista de válvulas de seguridad precedidas de un disco de ruptura conforme al 6.8.2.2.10, pero no está equipada de válvulas de depresión; o
- esta provista de válvulas de seguridad precedidas de un disco de ruptura conforme al 6.8.2.2.10, y de válvulas de depresión conforme a 10 dispuesto en el 6.8.2.2.3." (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Cisterna fija", "una cisterna de una capacidad superior a 1000 litros que está fijada sobre un vehículo (que se convierte así en un vehículo cisterna) o que forma parte integrante del chasis de tal vehículo;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"CMR ", "el Convenio relativo al Contrato de Transporte Internacional de Mercancías por Carretera (Ginebra, 19 de mayo de 1956), en su versión revisada;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Componente inflamable" (para los aerosoles), "de líquidos inflamables, solidos inflamables o gases o mezclas inflamables, tal como se definen en el Manual de Pruebas y de Criterios, Parte I11, subsección 31.1.3, Notas 1 a 3. Esta designación no incluye las materias pirofóricas, las que experimentan un calentamiento espontaneo ni las materias que reaccionan en contacto con el agua. El calor químico de combustión deberá determinarse por medio de uno de los siguientes métodos: ASTM D 240, ISO/FDIS 13943: 1999 (E/F) 86.1 a 86.3 o NFPA 30B." (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **D**

"Descargador", "toda empresa que:

a) retira un contenedor, un contenedor para granel, un CGEM, un contenedor cisterna o una cisterna portátil de un vehículo; o

b) descarga las mercancías peligrosas embaladas, los pequeños contenedores o las cisternas portátiles de un vehículo o de un contenedor; o  
c) descarga las mercancías peligrosas de una cisterna (vehículo cisterna, cisterna desmontable, cisterna portátil o contenedor cisterna) o de un vehículo batería, de una MEMU o de un CGEM o de un vehículo, de un gran contenedor o de un pequeño contenedor para el transporte a granel o de un contenedor para granel;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Directiva CE", "disposiciones decididas por las instituciones competentes de la Comunidad Europea y que afectan a todo Estado miembro destinatario en cuanto a los resultados a alcanzar, dejando a las instancias nacionales la competencia en cuanto a la forma y a los medios;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Dispositivo de manipulación" "(para los GRGIIBC flexibles), toda eslinga, abrazadera, bucle o cerco fijado al cuerpo del GRG (IBC) o que constituye la continuación del material con el cual ha sido fabricado;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Dossier de la cisterna", "un expediente que contiene todas las informaciones técnicas importantes relativas a la cisterna, vehículo batería o CGEM, tales como las actas y certificados mencionados en 6.8.2.3, 6.8.2.4 y 6.8.3.4;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **E**

"EN", (Norma), "una norma europea publicada por el Comité europeo de normalización (CEN), (CEN - Avenue Marnix 17, B-1000 Bruselas);" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Epígrafe colectivo", "grupo definido de materias u objetos (véase 2.1.1.2, B, C Y D);" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Epígrafe n.e.p. (no especificado en otra parte)", "epígrafe colectivo en el cual podrán ser incluidas materias, mezclas, disoluciones u objetos que

a) no estén expresamente mencionados en la tabla A del Capítulo 3.2, y

b) tengan propiedades químicas, físicas o peligrosas que correspondan a la clase, al código de clasificación, al grupo de embalaje y al nombre y a la descripción del epígrafe n.e.p.;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Equipo de estructura"

“a) de la cisterna de un vehículo cisterna o de una cisterna desmontable, los elementos de fijación, de reforzamiento, de protección o de estabilización que son exteriores o interiores al depósito;

b) de la cisterna de un contenedor cisterna, los elementos de reforzamiento, de fijación, de protección o de estabilidad que sean exteriores o interiores al depósito;

c) de los elementos de un vehículo batería o de un CGEM, los elementos de reforzamiento, de fijación, de protección o de estabilidad que sean exteriores o interiores al depósito o al recipiente;

d) de un GRG (IBC), distintos de los GRG (IBC) flexibles, los elementos de reforzamiento, de fijación, de manipulación, de protección o de estabilidad del cuerpo (comprendido el palet de asiento para los GRG (IBC) compuestos con recipiente interior de plástico);” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Equipo de servicio"

“a) de la cisterna, los dispositivos de llenado, de descarga, de respiración, de seguridad, de calefacción y de aislamiento térmico, los dispositivos de aditivos y los aparatos de medida;

b) de los elementos de un vehículo batería o de un CGEM, los dispositivos de llenado y de descarga, incluida la tubería colectora, los dispositivos de seguridad, así como los aparatos de medida;

c) de un GRG/IBC, los dispositivos de llenado y de vaciado y, cuando proceda, los dispositivos de descompresión o de aireación, dispositivos de seguridad, de calefacción y de aislamiento térmico, así como los aparatos de medida;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Expedidor", “la empresa que expide para ella misma o para un tercero mercancías peligrosas. Cuando el transporte es efectuado en base a un contrato de transporte, el expedidor según el contrato es considerado como el expedidor;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Evaluación de la conformidad" “se refiere al proceso de verificar la conformidad de un producto según 10 previsto en las secciones 1.8.6 y 1.8.7 relativas a la aprobación de tipo, la supervisión de fabricación, la inspección y pruebas iniciales;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **G**

"Gas", “una materia que:

a) a 50oC ejerce una tensión de vapor superior a 300 kPa (3 bar); o  
b) es totalmente gaseosa a 20oC a la presión normal de 101,3 kPa.” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"GHS (SGA) ", “el Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos, sexta edición revisada, publicado por Naciones Unidas en el documento de referencia ST/SG/AC.10/30IRev.6;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

“Gas natural licuado (GNL)”, “un gas, en estado líquido por refrigeración, compuesto de gas natural con alta proporción de metano asignado al N° ONU 1972;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Grado de llenado", “la relación entre la masa de gas y la masa de agua a 15oC que llenarla completamente un recipiente a presión listo para su uso;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"GRG/IBC metálico", “un GRG (IBC) compuesto de un cuerpo metálico y del equipo de servicio y del equipo de estructura apropiados;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **I**

"ISO" (Norma), “una norma internacional publicada por la Organización internacional de normalización (ISO), (ISO - 1 rue de Varembe- CH 1204 Geneve 20);” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **L**

"Líquido", “una materia que, a 50oC, tiene una tensión de vapor de como máximo 300 kPa (3 bar) y que no es totalmente gaseosa a 20oC y 101,3 kPa, y que

- tiene un punto de fusión o un punto de fusión inicial igual o inferior a 20o C a una presión de 101,3 kPa; o

- es líquido según el método de prueba ASTM D 4359-90; o

- no es pastoso según los criterios aplicables a la prueba de determinación de la fluidez (prueba de penetrómetro) descrita en el 2.3.4;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **M**

"Masa bruta máxima admisible"

“a) (para los GRG (IBC)), la suma de la masa del GRG (IBC) y de todo equipo de servicio o de estructura y de la masa neta máxima;



b) (para las cisternas), la tara de la cisterna Y la carga más pesada cuyo transporte está autorizado;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Masa neta máxima", "la máxima masa del contenido de un envase único o masa combinada máxima de los envases interiores y de su contenido, expresado en kilogramos;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **N**

"Nombre técnico", "un nombre químico reconocido, en su caso un nombre biológico reconocido, o cualquier nombre que se suele emplear en los manuales, publicaciones periódicas y textos científicos y técnicos (véase 3.1.2.8.1.1);" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Número ONU" o "No ONU", "el número de identificación de cuatro cifras de las materias u objetos extraído del Reglamento Tipo de la ONU;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **P**

"Presión de cálculo", "una presión ficticia como mínimo igual a la presión de prueba, pudiendo rebasar más o menos la presión de servicio según el grado de peligro representado por la materia transportada, y que únicamente sirve para determinar el espesor de las paredes del depósito, independientemente de todo dispositivo de refuerzo exterior o interior;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Presión de llenado", "la presión máxima efectivamente alcanzada en la cisterna durante el llenado a presión;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Presión de prueba", "la presión que debe ejercerse en el transcurso de la prueba de presión de la cisterna para el control inicial o periódico;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Presión de servicio ", "la presión estabilizada de un gas comprimido a la temperatura de referencia de 15° C en un recipiente a presión lleno;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Presión de vaciado", "la presión máxima efectivamente alcanzada en la cisterna durante el vaciado a presión;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Presión estabilizada", "la presión alcanzada por el contenido de un recipiente a presión en equilibrio térmico y de difusión;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Presión máxima en condiciones normales ", "para el transporte de materias radiactivas, se refiere a la presión máxima por encima de la presión

atmosférica al nivel medio del mar que se desarrollaría en el sistema de contención durante un periodo de un año bajo las condiciones de temperatura y radiación solar correspondientes a las condiciones ambientales en ausencia de un venteo de refrigeración externa mediante un sistema auxiliar o de controles operacionales durante el transporte;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Presión máxima de servicio" "(presión manométrica), el más alto de los tres valores siguientes, susceptible de ser medida en la parte alta de la cisterna en su posición de explotación:

- a) valor máximo de la presión efectiva autorizada en la cisterna durante una operación de llenado (presión máxima autorizada de llenado);
- b) valor máximo de la presión efectiva autorizada en la cisterna durante una operación de vaciado (presión máxima autorizada de vaciado);
- c) presión manométrica efectiva a la cual la cisterna está sometida por su contenido (incluidos los gases extraños que pueda contener) a la temperatura máxima de servicio.

Salvo condiciones particulares dispuestas en el capítulo 4.3, el valor numérico de esta presión de servicio (presión manométrica) no debe ser inferior a la tensión de vapor de la materia de llenado a 50°C (presión absoluta).

Para las cisternas provistas de válvulas de seguridad (con o sin disco de ruptura), la presión máxima de servicio con excepción de las cisternas destinadas al transporte de gases comprimidos, licuados o disueltos, de la clase 2, (presión manométrica) es sin embargo igual a la presión prescrita para el funcionamiento de estas válvulas de seguridad;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Prueba de estanqueidad", "una prueba de la estanqueidad de una cisterna, de un envase o de un GRGIIIBC, así como del equipo o de los dispositivos de cierre;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Punto de inflamación", "la temperatura más baja de un líquido en la que sus vapores forman con el aire una mezcla inflamable;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **R**

"Reacción peligrosa",

- "a) una combustión o un desprendimiento de calor considerable;

- b) la emanación de gases inflamables, asfixiantes, comburentes o tóxicos;
- c) la formación de materias corrosivas;
- d) la formación de materias inestables;
- e) una elevación peligrosa de la presión (solo para las cisternas);” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Reglamento CEE", "Reglamento anejo al Acuerdo referente a la adopción de disposiciones técnicas uniformes aplicables a los vehículos de ruedas, a los equipos y a las piezas susceptibles de ser montadas o utilizadas en un vehículo con ruedas y las condiciones de reconocimiento recíproco de las homologaciones entregadas de acuerdo con estas disposiciones (Acuerdo de 1958, modificado);” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Reglamento tipo de la ONU", "el Reglamento tipo anejo a la decimonovena edición revisada de las Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas publicada por la Organización de las Naciones Unidas (ST/SG/AC.10/1/Rev.19);” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **S**

"Solida",

“a) materia cuyo punto de fusión o el punto de fusión inicial es superior a 20°C a una presión de 101,3 kPa, o;

b) materia que no es líquida según el método de prueba ASTM D 4359-90 o que es viscosa según los criterios aplicables al ensayo de determinación de la fluidez (prueba del penetrómetro) descrita en 2.3.4;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **T**

"Temperatura crítica",

“a) la temperatura a la que deben aplicarse procedimientos cuando hay fallos del sistema de regulación de temperatura;

b) en el sentido de las disposiciones relativas a los gases, la temperatura por encima de la cual una materia no puede existir en estado líquido;” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Temperatura de descomposición auto acelerada", "la temperatura más baja a la que una materia colocada en el embalaje utilizado durante el transporte puede sufrir una descomposición auto acelerada. Las condiciones para determinar la TDAA y los efectos de calentamiento en confinamiento figuran

en el Manual de pruebas y de criterios, II Parte;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **U**

"Unidad de transporte", "un vehículo a motor al que no se engancha ningún remolque o un conjunto constituido por un vehículo a motor y el remolque o semirremolque unido al mismo;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Unidad de carga de transporte ", "un vehículo, un vagón, un contenedor, un contenedor cisterna, una cisterna portátil o un CGEM;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

## **V**

"Válvula de depresión", "dispositivo con resorte sensible a la presión funcionando automáticamente, para proteger la cisterna contra una depresión interior inadmisibles;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

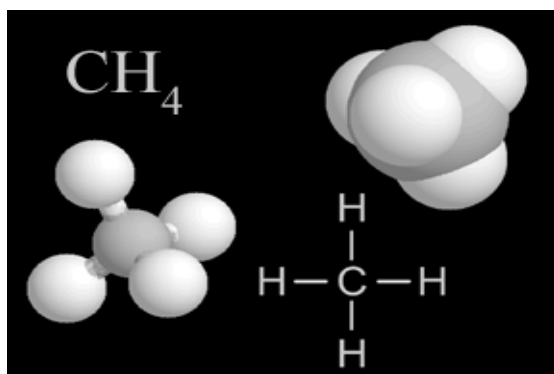
"Válvula de seguridad", "dispositivo con resorte sensible a la presión funcionando automáticamente, para proteger la cisterna contra una sobrepresión interior inadmisibles;" (Boletín Oficial del Estado, 2019)

"Vehículo-cisterna", "vehículo construido para transportar líquidos, gases, o materias pulverulentas o granuladas y que comprenden una o varias cisternas fijas. Además del vehículo propiamente dicho o los elementos de vehículo portador, un vehículo cisterna tiene uno o varios depósitos, sus equipos y las piezas de unión al vehículo o a los elementos de vehículo portador." (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69002)

### **3. PRODUCTO A TRANSPORTAR.**

#### **3.1. Descripción del producto.**

El metano es un hidrocarburo compuesto por cuatro átomos de hidrogeno y un átomo de carbono ( $CH_4$ ), unidos mediante un enlace covalente. Es de destacar que el metano produce más cantidad de calor por unidad de masa que otros hidrocarburos más complejos. Lo encontramos a temperatura y presión normal como gas, en una sustancia incolora, inodora, insoluble en agua y muy inflamable por lo que peligrosa.



*Ilustración 1: Molécula de Metano. Fuente: Windows to the Universe*

Viene de la putrefacción de las plantas, de la descomposición de la materia orgánica, se puede encontrar en los pantanos, en los procesos de las refinerías de petróleo, también es generado en las minas de carbón (Grisú) y en los campos de gas natural.

En el gas natural encontramos al metano con un porcentaje entre 79 y 97 (%), por lo que es su principal componente, con pequeñas cantidades de gases como etano ( $C_2H_6$ ), el propano ( $C_3H_8$ ), el butano ( $C_4H_{10}$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), azufre y nitrógeno, también se le añade mercaptano que le da un olor característico. En cuanto a su uso doméstico, es transportado mediante unas tuberías para utilizarlo en calefacción y cocina.

En la industria química encontramos al metano como la materia prima para la producción de hidrogeno, metanol y ácido acético, todos ellos mediante la transformación en gas síntesis, una mezcla de monóxido de carbono e hidrogeno, mediante la reformación de vapor. El metano y el vapor de agua reaccionan con un catalizador de níquel.

También a partir del metano obtenemos acetileno haciendo pasar el metano por un arco eléctrico y clorometanos por medio de la reacción de ambos en forma de gas. Ambos están siendo sustituidos ya que el primero es sustituido por otros más económicos y el segundo por motivos de salud y medioambientales.

### **3.2. Descripción del producto según el ADR 2019.**

Lista de mercancías peligrosas, proviene del capítulo 3.2 de ADR 2019.

N°ONU	Nombre y descripción	Clase	Código de clasificación	Grupo de embalaje	Etiquetas	Disposiciones especiales	Cantidades limitadas y exceptuadas	
							3.4	3.5.1.2
(1)	(2)	(3a)	(3b)	(4)	(5)	(6)	(7a)	(7b)
1972	METANO LIQUIDO REFRIGERADO o GAS NATURAL LIQUIDO REFRIGERADO con alta proporción de metano	2	3F		2.1	392	0	E0

Tabla 1: Información sobre el producto. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)

Embalaje			Cisternas portátiles y contenedores para granel		Cisternas ADR	
Instrucciones de embalaje	Disposiciones especiales de embalaje	Disposiciones para el embalaje en común	Instrucciones de transporte	Disposiciones especiales	Código cisterna	Disposiciones especiales
4.1.4	4.1.4	4.1.10	4.2.5.2 7.3.2	4.2.5.3	4.3	4.3.5, 6.8.4
(8)	(9a)	(9b)	(10)	(11)	(12)	(13)
P203		MP9	T75	TP5	RxBN	TU18 TA4 TT9

Tabla 2: Información sobre el producto. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)

Vehículos para transporte en cisternas	Categoría de transporte (código de restricción en túneles)	Disposiciones especiales de transporte				Número de identificación de peligro
		Bultos	Granel	Carga, descarga y manipulado	Explotación	
9.1.1.2	1.1.3.6 (8.6)	7.2.4	7.3.3	7.5.11	8.5	5.3.2.3
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
FL	2 (B/D)	V5		CV9 CV11 CV36	S2 S17	223

Tabla 3: Información sobre el producto. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)

“el N°ONU 1972 se trata de un gas licuado refrigerado, un gas que, cuando se embala para su transporte, se encuentra parcialmente en estado líquido a causa de su baja temperatura. Se le asigna al grupo F ya que el contenido encierra al menos el 85% en masa, de compuestos inflamables y el calor de combustión es igual o mayor a 30 kJ/g.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 2.2.1.2)

### 3.3. Ficha técnica del producto a transportar.

#### 3.3.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla.

Clasificación de acuerdo con el reglamento (UE) No. 1272/2008 [CLP]

Clases de peligros/categorías de peligro	Declaraciones de peligro
Gases inflamables, Categoría 1	Flam. Gas 1
Gases bajo presión, Gas líquido congelado	Refrigerated liquefield gas
Gas extremadamente inflamable	H220
Contiene gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas	H281

Tabla 4: Identificación de peligros. Fuente: Naturgy

Clasificación de acuerdo con las Directivas de la UE 67/548/CEE ó 1999/45/CE

Características de los peligros	Frases R del apartado 3
Extremadamente inflamable	F+
Extremadamente inflamable	R12

Tabla 5: Identificación de los peligros. Fuente: Naturgy

#### 3.3.2. Elementos de la etiqueta.

Etiquetado según el Reglamento (CE) N° 1272/2008 [CLP]

##### -Pictogramas de peligro (CLP)



Ilustración 2: Peligro. Fuente: Messer

GHS02: Aquellas sustancias con capacidad para la combustión

##### -Palabra de advertencia (CLP)

Peligro

##### -Indicaciones de peligro (CLP)

H220: Gas extremadamente inflamable.

H281: Contiene gas a refrigerado, puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.

**-Consejos de prudencia (CLP)**

- Prevención.

<b>P210</b>	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
<b>P282</b>	Llevar guantes que aíslen del frío/gas/máscara.

*Tabla 6: Consejos de prudencia. Fuente: Naturgy*

- Respuesta.

<b>P377</b>	Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.
<b>P315</b>	Consultar a un médico inmediatamente.
<b>P336</b>	Descongelar las partes heladas con agua tibia. No frotar la zona afectada.
<b>P381</b>	Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro de hacerlo.

*Tabla 7: Consejos de prudencia. Fuente: Naturgy*

- Almacenamiento.

<b>P403</b>	Almacenar en un lugar bien ventilado.
-------------	---------------------------------------

*Tabla 8: Consejos de prudencia. Fuente: Naturgy*

- Otros peligros.

<b>Otros peligros que no dan lugar a la clasificación.</b>	Resultados de la valoración PBT y MPMB: No hay datos disponibles
<b>Riesgos para la salud.</b>	Puede ocasionar quemaduras por congelación en la piel.
<b>Riesgos para la seguridad.</b>	Al usarlo pueden formarse mezclas explosivas/inflamables.

*Tabla 9: Otros peligros. Fuente: Naturgy*



### 3.3.3. Composición/información sobre los componentes.

Nombre	Identificador del producto	%	Clasificación según reglamento (UE) No. 1272/2008 [CLP]
Natural gas	(N <sup>o</sup> CAS) 8006-14-2 (N <sup>a</sup> CE) 232-343-9	100	Flam. Gas 1, H220 Refrigerated liquefied gas, H281

Tabla 10: Sustancias. Fuente: Naturgy

### 3.3.4. Primeros auxilios.

#### -Descripción de los primeros auxilios.

<b>Inhalación</b>	Mantener en reposo.
	Abastecer de aire fresco.
	Si la respiración es difícil, darle oxígeno.
	Si ha parado de respirar, hacer la respiración artificial.
	Consultar a un médico.
<b>Contacto con la piel</b>	En caso de congelamiento aclarar con mucha agua.
	No quitar la ropa.
	Sumergirse en agua fresca/aplicar compresas húmedas.
	Mantener al afectado tranquilo, tapado y caliente.
	Consultar a un médico.
<b>Contacto con los ojos</b>	Lavar inmediatamente con abundante agua, también debajo de los párpados, al menos durante minutos.
	Consultar un médico.
<b>Ingestión</b>	Consultar un médico.
<b>Consejos adicionales</b>	Enjuagar inmediatamente la boca con agua y beber agua en abundancia.
	Primer socorrista: ¡Prestar atención a autoprotección!
	Ver igualmente la sección 8.
	Tratar según síntomas.
	Nunca dar por la boca algo a una persona que estén sin conocimiento o tenga contracciones espasmódicas.
	Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.
	En todos los casos de duda o si existen síntomas, solicitar asistencia médica.

Tabla 11: Primeros auxilios. Fuente: Naturgy

**-Principales síntomas y efectos, agudos y retardados.**

<b>Inhalación</b>	Puede resultar irritante.
<b>Contacto con la piel</b>	Puede resultar irritante. Puede causar congelación.
<b>Contacto con los ojos</b>	Puede resultar irritante.
	Provoca quemaduras por congelación en los ojos.
<b>Ingestión</b>	La ingestión es improbable.

Tabla 12: Síntomas y efectos. Fuente: Naturgy

**3.3.5. Medidas de lucha contra incendios.**

En caso de incendio, cortar la alimentación de gas.

**-Medios de extinción.**

<b>Medios de extinción adecuados</b>	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), Producto químico en polvo, ABC-polvo, agua puerizada, espuma.
<b>Medios de extinción que no deben utilizarse</b>	Chorro de agua potente.

Tabla 13: Medios de extinción. Fuentes: Naturgy

**-Peligros específicos derivados de la sustancia.**

<b>Peligros específicos</b>	Los vapores pueden formar con el aire una mezcla explosiva.
	Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.
	Los vapores se pueden extender sobre grandes distancias y por la fuente de ignición se pueden inflamar, retroceso de la llama y explotar.
	El fuego o el calor intenso pueden provocar la ruptura violenta de los embalajes.
	El envase puede estallar si es calentado.
	Durante un incendio, se pueden formar gases de combustión que son peligrosos para la salud, (CO, H <sub>2</sub> O y CO <sub>2</sub> )
<b>Peligro de Incendio</b>	Gas extremadamente inflamable

Tabla 14: Peligros específicos derivados de la sustancia. Fuente: Naturgy

## -Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

<b>Recomendaciones</b>	Evacuar la zona.
	Equipo especial de protección en caso de incendio.
	En caso de incendio: Utilizar un aparato de respiración autónomo.
	En caso de incendio, enfriar los depósitos con proyección de agua.
	El agua de extinción debe recogerse por separado, no debe penetrar en el alcantarillado.

*Tabla 15: Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios. Fuente: Naturgy*

### 3.3.6. Medidas en caso de vertido accidental.

<b>Consejos para el personal que NO es de emergencia</b>	Evacuar la zona.
	Mantener alejadas a las personas de la zona de fuga y permanecer del lado donde sopla el viento. A una distancia de seguridad de 50-60 m fuera de la nube de gas.
	Cortar el suministro eléctrico.
	Asegurar ventilación adecuada
	Utilizar el equipo de protección individual obligatorio.
	Ver igualmente la sección 8.
	No respirar los aerosoles.
	No fumar.
	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición.
	Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas.
	Asegurarse que todo el equipamiento tenga una toma de tierra y esté conectado a tierra antes de empezar las operaciones de traspaso.
	Utilizar instalaciones, aparatos, instalación de aspiración, equipos, etc. Protegido contra explosiones.
<b>Consejos para el personal de emergencia</b>	Solo el personal cualificado, dotado de equipo de protección adecuado, puede intervenir.
	Ver igualmente la sección 8.
<b>Precauciones relativas al medioambiente</b>	Evite que el producto penetre en el alcantarillado.
	Impedir nuevos escapes o derrames si puede hacerse sin riesgos.
<b>Métodos de limpieza</b>	Deja evaporarse.
	Arrastrar con agua a presión los gases/humos/polvo.
	Todos los procesos deben estar supervisados por especialistas o personal autorizado.

Tabla 16: Medidas en caso de vertido accidental. Fuente: Naturgy

### 3.3.7. Manipulación y almacenamiento.

<b>Precauciones para una manipulación segura.</b>	
<b>Manipulación</b>	Gas y líquido extremadamente frío bajo presión. Causa graves quemaduras por congelación.
	Asegurar una ventilación adecuada.
	Antes de usar comprobar la hermeticidad/opacidad.
	Ver igualmente sección 8.
	No respirar los aerosoles.
	Evitar el contacto con la piel, los ojos, y la ropa.
	Mantener el recipiente bien cerrado
	No fumar
	Asegurarse que todo el equipamiento tenga una toma de tierra y esté conectado a tierra antes de empezar las operaciones de traspaso.
	Ver igualmente la sección 10.
<b>Medidas de higiene</b>	Utilizar instalaciones, aparatos, instalación de aspiración, equipos, etc. Protegido contra explosiones.
	Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas.
	Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.
	No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.
	Lavarse las manos y la cara antes de las pausas e inmediatamente después del <u>handling</u> del producto.
Quitarse las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlo.	
<b>Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades</b>	
<b>Almacenamiento</b>	Conectar a tierra cualquier elemento que contenga o transporte Gas Natural Licuado.
	Condiciones de almacenamiento seguro, recipiente a presión a temperatura inferior a la del punto crítico.
	Mantener el envase cerrado en un lugar seco, fresco y bien ventilado.
	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición.
	No fumar.
	No almacenar con ningún material enumerado en el apartado 10 ni en las proximidades de dichos materiales.
	Almacenar a temperatura inferior a 30°C.
	No deje que la temperatura rebase 45°C.
	Mantener alejado de la luz directa del sol.
<b>Material de embalaje</b>	Conservar/almacenar únicamente en el recipiente original.

Tabla 17: Precauciones para una manipulación y almacenamiento seguro. Fuente: Naturgy

### 3.3.8. Controles de exposición/protección individual.

<b>Protección personal</b>	El nivel de protección y los tipos de controles necesarios variaran dependiendo de las potenciales condiciones de exposición. Seleccionar controles basados en una valoración de riesgos de las circunstancias locales. Las medidas a tomar apropiadas incluyen las relacionadas con: Ventilación adecuada, controlando las concentraciones suspendidas en el aire por debajo de las directrices/límites de exposición evitando las explosiones.
<b>Protección respiratoria</b>	Para trabajos de salvamento y mantenimiento en los depósitos de almacenamiento usar un aparato respiratorio independiente del aire circulante.
	Aparato respiratorio autónomo de <u>circuitoabierto</u> de aire comprimido (UNE-EN137:2007).
	O2-deficiencia: llevar un respirador equipado con presión positiva.
<b>Protección de las manos</b>	Para la selección de guantes específicos hay que tener en cuenta las aplicaciones determinadas y el tiempo de uso en el área de trabajo. También deben de tenerse en cuenta otros factores en el espacio de trabajo; por ejemplo, otros productos químicos que se puedan utilizar, requisitos físicos (protección contra cortes/perforaciones, técnicas, protección térmica) y las instrucciones y especificaciones del proveedor de guantes.
	Guantes de protección contra el frío: guantes que aislen del frio (UNE-EN 511) (caucho nitrilo).

<b>Protección ocular</b>	<p>Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro (UNE- EN 166), pantalla facial (UNEEN 166).</p> <p>Llevar un equipamiento de protección apropiado.</p>
<b>Protección de la piel y del cuerpo</b> <b>Protección peligros térmicos</b>	<p>Utilice equipamientos especializados.</p> <p>Sistema cerrado.</p> <p>Asegurar una ventilación adecuada.</p>
<b>Medidas técnicas de control</b>	<p>Utilizar solamente en áreas provistas de ventilación y extracción apropiadas.</p> <p>Asegúrese de que las estaciones de lavado de ojos y las duchas de seguridad estén localizadas cerca del sitio de trabajo.</p> <p>Adoptar la acción necesaria para evitar la descarga de la electricidad estática (que podría ocasionar la inflamación de los vapores orgánicos).</p> <p>Proporcione precauciones adecuadas, como tierra eléctrica y vínculos, o atmósferas inertes.</p> <p>Utilícese únicamente equipo eléctrico antideflagrante.</p> <p>Medidas organizadoras para evitar/limitar la puesta libre, extensión y exposición.</p> <p>Ver igualmente la sección 7.</p>
<b>Controles de la exposición del medio ambiente.</b>	<p>Evite que el producto penetre en el alcantarillado.</p> <p>Cumple con la legislación comunitaria relativa a la protección del medio ambiente.</p>

Tabla 18: Controles de exposición. Fuente: Naturgy

### 3.3.9. Propiedades físicas y químicas.

<b>Aspecto</b>	Gas licuado.
<b>Color</b>	Incoloro.
<b>Olor</b>	Inoloro.
<b>Umbral olfativo</b>	No hay datos disponibles
<b>Valor de pH</b>	No aplicable.
<b>Punto/intervalo de fusión</b>	-183 °C Metano
<b>Punto/intervalo de ebullición</b>	-161 °C Metano
<b>Punto/intervalo de inflamación</b>	-188 °C Metano
<b>Velocidad de evaporación (éter=1)</b>	No hay datos disponibles
<b>Inflamabilidad (Límite inferior de explosión, Límite superior de explosión)</b>	LEL: 4,4 – UEL: 17 %
<b>Presión de vapor</b>	147 kPa Metano
<b>Densidad de vapor</b>	>1 (air = 1)
<b>Densidad</b>	0.7 – 0.85 kg/m <sup>3</sup>
<b>Densidad relativa</b>	0.54 – 0.66 g/cm <sup>3</sup>
<b>Solubilidad en agua</b>	Insoluble
<b>Solubilidad en otros disolventes</b>	No hay datos disponibles
<b>Coefficiente de reparto n-octano/agua</b>	No hay datos disponibles
<b>Temperatura de auto-Inflamación</b>	600 °C Metano
<b>Temperatura de descomposición</b>	No hay datos disponibles
<b>Viscosidad [20°C]</b>	No hay datos disponibles
<b>Punto de rocío</b>	<5°C Metano.
<b>Peso molecular</b>	16.5 – 18.5 g/mol

Tabla 19: Propiedades físicas y químicas. Fuente: Naturgy.



### 3.3.10. Estabilidad y reactividad.

<b>Reactividad</b>	Gas extremadamente inflamable
<b>Estabilidad química</b>	Estable en condiciones normales.
<b>Posibilidad de reacciones peligrosas</b>	Reacciona en forma energética con oxidantes y ácidos fuertes.
<b>Condiciones que deben evitarse</b>	Calor, llamas y chismas.
	Explosión al aire.
<b>Materiales incompatibles</b>	Agentes oxidantes fuertes, Halógenos.
<b>Productos de descomposición peligrosa</b>	La combustión completa de gas natural produce principalmente dióxido de carbono y agua. Su combustión incompleta puede producir monóxido de carbono (riesgo de envenenamiento).

Tabla 20: Estabilidad y reactividad. Fuente: Naturgy

### 3.3.11. Información Toxicológica.

<b>Información sobre los efectos toxicológicos</b>	
<b>Toxicidad extrema</b>	No es un gas Tóxico. Puede causar quemaduras por congelación.
<b>Corrosión o irritación cutáneas</b>	Puede ocasionar quemaduras por congelación.
<b>pH</b>	No aplicable.
<b>Lesiones o irritación ocular graves</b>	Puede ocasionar quemaduras por congelación.
<b>Sensibilización respiratoria o cutánea</b>	La inhalación de vapores o producto en forma de neblina puede producir irritación del sistema respiratorio.
<b>Mutagenicidad de células germinativa</b>	No es considerado como peligro mutagénico.
<b>Carcinogenicidad</b>	No hay datos disponibles.
<b>Toxicidad para la reproducción</b>	No hay datos disponibles.
<b>Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única)</b>	No hay datos disponibles.
<b>Toxicidad específica en determinados órganos (exposición repetida)</b>	No hay datos disponibles.
<b>Peligro por aspiración</b>	No hay datos disponibles.

Tabla 21: Información toxicológica. Fuente: Naturgy

### 3.3.12. Información ecológica.

<b>Toxicidad</b>	No peligroso.
<b>Persistencia y degradabilidad</b>	Desintegración biológica fácil.
<b>Potencial de bioacumulación</b>	Bajo. No hay datos disponibles.
<b>Movilidad en el suelo.</b>	No aplicable.
<b>Resultados de valoración PBT y mPmB.</b>	No hay datos disponibles.

Tabla 22: Información ecológica. Fuente: Naturgy

### 3.3.13. Consideraciones relativas a la eliminación.

<b>Desechos de residuos/producto no utilizado</b>	El gas natural no debe descargarse en un lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa, ya sea por la explosión o ignición, o por disminución del contenido de oxígeno en el aire respirado.
	No se permite la liberación de gas natural en los espacios cerrados.
	Para la eliminación de excedente de gas natural o purgar una canalización, se aísla la sección de tubo y se libera a la atmósfera mediante un orificio de ventilación.
	Instalar una antorcha a la salida de la ventilación para quemar el gas natural y que salga a la atmósfera los productos de combustión.
	La descarga controlada de gas natural a la atmósfera en grandes cantidades es una operación ruidosa (expansión de gas de alto flujo), que requiere el uso de un dispositivo adecuado de ruido, y la producción de frío. Estas operaciones son responsabilidad de las personas autorizadas en virtud de procedimientos de seguridad específicos.
	Evitar en lo posible la liberación de gas natural debido a su impacto en el clima.
<b>Información ecológica complementaria</b>	No dejar verter ni en la canalización ni en desagües.
<b>Lista de códigos sugeridos para desechos/designaciones de desechos de acuerdo con el EWC</b>	Clasificado como residuo peligroso de acuerdo con las Regulaciones de la Unión Europea.

Tabla 23: Consideraciones relativas a la eliminación. Fuente: Naturgy

### 3.3.14. Información relativa al transporte.

Número ONU	
NºONU	1972
<b>Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas.</b>	
Designación oficial de transporte	GAS NATURAL LÍQUIDO REFRIGERADO
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas IATA/IMDG	NATURAL GAS, REFRIGERATED LIQUID
<b>Clase(s) de peligro para el transporte.</b>	
Transporte por vía terrestre	Clase Clases de peligro Código de clasificación Etiquetas ADR/RID
	2-Gases 23 3F 2.1-Gases inflamables
Transporte por vía fluvial (ADN)	Etiquetas Clase
	2.1 2
Transporte marítimo	Etiquetas Clase
	2.1 2-Gases
Transporte aéreo	Etiquetas Clase
	2.1 2-Gases
<b>Grupo de embalaje.</b>	
Sin datos disponibles.	
<b>Peligros para el medio ambiente.</b>	
No se dispone de información disponible.	
<b>Precauciones particulares para los usuarios.</b>	
Sin datos disponibles.	
<b>Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenido Marpol 73/78 y Código IBC.</b>	
Sin datos disponibles.	
<b>Otra información adicional para el transporte.</b>	
Asegurarse de que el conductor esta enterado de los riesgos potenciales de la carga y de que conoce cómo actuar en caso de un accidente o una emergencia.	

Tabla 24: Información relativa al transporte. Fuente: Naturgy

### 3.3.15. Información reglamentaria.

<b>Prescripciones europeas</b>
Reglamento (CE) n ° 1272/2008 (UE-SGA) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.
Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE sobre la clasificación y etiquetado de sustancias peligrosas, derogado por el Reglamento (CE) n ° 1272/2008 (CLP).
Reglamento REACH EC 1907/2006 y sus modificaciones: los beneficios de proveedores del régimen de exención establecidos en el anexo V (exenciones de registro al amparo del art 0.2 § 7 B).
No es necesario un informe sobre la seguridad química.
Directiva ATEX 94/9/CE.
Equipos a presión 97/23/CE Directiva de 29 de mayo de 1997.
Directiva 2012/18/UE, de 4 de julio, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y por la que se modifica y ulteriormente deroga la Directiva 96/82/CE, cuyo plazo máximo de transposición máximo es 1 de Julio del 2015.
<b>Prescripciones nacionales(España)</b>
Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.
Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
<b>Evaluación de la seguridad química</b>
No aplicable (no se ha realizado evaluación)

Tabla 25: Información reglamentaria. Fuente: Naturgy

<b>Cantidades umbral (en toneladas) de las sustancias peligrosas a que se hace referencia en el artículo 3, apartado 10, a efectos de aplicación de</b>		
	Requisitos de nivel inferior	Requisitos de nivel superior
LÍQUIDOS INFLAMABLES Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3	5.000	50.000

Tabla 26: Cantidades umbral. Fuente: Naturgy

### 3.3.16. Información adicional.

<b>Flam.Gas 1</b>	Gases inflamables, categoría 1.
<b>Refrigerated liquefied gas</b>	Gases bajo presión, Gas comprimido.
<b>H220</b>	Gas extremadamente inflamable.
<b>H281</b>	Contiene gas refrigerado: peligro de explosión en caso de calentamiento.
<b>R12</b>	Extremadamente inflamable.
<b>F+</b>	Extremadamente inflamable.
<b>AND</b>	Acuerdo Europeo relativo al Transporte Internacional de mercancías peligrosas por vías de Navegación interior.
<b>ADR</b>	Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera.
<b>CLP</b>	Classification, Labelling and Packaging Regulation according to 1272/2008/CE.
<b>IATA</b>	International Air Transport Association.
<b>IMDG</b>	International Maritime Dangerous Goods Code.
<b>LEL</b>	Lower Explosive Limit/Lower Explosion Limit.
<b>UEL</b>	Upper Explosive Limit/Upper Explosion Limit.
<b>REACH</b>	Registration, Evaluation, authorization and Restriction of Chemicals.
<b>CSR</b>	El informe sobre la seguridad química.
<b>DNEL</b>	Nivel sin efecto derivado.
<b>LD50</b>	Dosis letal media.
<b>N.O.S</b>	No especificadas en otra categoría.
<b>PNEC</b>	Concentración prevista sin efecto.
<b>STEL</b>	Valor límite de exposición a corto plazo.
<b>TLV</b>	Límites umbrales.
<b>TWA</b>	Media de tiempo de carga.
<b>PBT</b>	Persistente, bioacumulable y tóxica.
<b>mPmB</b>	Muy persistentes y muy bioacumulables.

Tabla 27: Abreviaturas. Fuente: Naturgy

### 3.4. Norma NFPA 704.

Según la Revista de Seguridad Minera, la norma NFPA 704 fue creada por la Asociación nacional de protección contra incendios de Estados Unidos (NFPA, National Fire Protection Association) con el fin de que las persona afectadas sean capaces de reconocer los riesgos de los materiales y su nivel de peligrosidad con respecto al fuego.

Consiste en un rombo seccionado en cuatro partes cada una con un color diferente y una asignación numérica, del 0 al 4 dependiendo de su grado de peligrosidad, para clasificar el producto.



Ilustración 3: Señal NFPA. Fuente: Revista seguridad minera.

- El azul hace referencia a los riesgos para la salud.

**“4: Mortal**, materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden ser letales.

**3: Muy Peligroso**, materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden causar lesiones graves o permanentes.

**2: Peligroso**, materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden causar incapacidad temporal o lesión residual.

**1: Poco Peligroso**, materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden causar irritación significativa.

**0: Sin riesgo**, materiales que, bajo condiciones de emergencia, no ofrecerían peligro más allá del de los materiales combustibles ordinarios.” (Revisa de seguridad Minera)

- El rojo hace referencia al peligro de inflamabilidad.

**“4: Debajo de 25 °C**, materiales que se vaporizarán rápida o completamente a la presión atmosférica y temperatura ambiental normales o que son rápidamente dispersados en el aire y se quemarán fácilmente.

**3: Debajo de 37 °C**, líquidos y sólidos que pueden encenderse casi bajo cualquier condición de temperatura ambiente. Los materiales en esta clasificación producen atmósferas peligrosas con el aire bajo casi todas las temperaturas ambientes o, aunque no afectados por las temperaturas ambientes, se encienden rápidamente bajo casi todas las condiciones.

**2: Debajo de 93 °C**, materiales que se deben calentar moderadamente o exponerse a temperaturas ambientes relativamente altas antes de que pueda ocurrir la ignición. Los materiales en este grado bajo condiciones normales no formarían atmósferas peligrosas con el aire, pero bajo temperaturas ambientes altas o bajo calentamiento moderado podrían liberar vapor en cantidades suficientes para producir atmósferas peligrosas con el aire.

**1: Sobre 93 °C**, materiales que deben ser precalentados antes que pueda ocurrir la ignición. Los materiales en este grado requieren considerable precalentamiento, bajo todas las condiciones de temperatura ambiente, antes que pueda ocurrir la ignición y combustión.

**0: No se inflama**, materiales que no se queman bajo condiciones típicas de incendio, incluyendo materiales intrínsecamente no combustibles como el concreto, piedra y arena.” (Revisa de seguridad Minera)

- El amarillo hace referencia a los riesgos por reactividad, la inestabilidad del producto.

**“4: Puede explotar con facilidad**, materiales que en sí mismos son fácilmente capaces de detonación o descomposición explosiva o reacción explosiva a temperaturas y presiones normales.

**3: Puede explotar en caso de golpe o calentamiento**, materiales que en sí mismos son capaces de detonación o descomposición explosiva o reacción explosiva, pero que requieren una fuente de iniciación fuerte o que deben calentarse bajo confinamiento antes de la iniciación.



**2: Inestable en caso de cambio químico violento**, materiales que fácilmente sufren cambio químico violento a temperaturas y presiones elevadas.

**1: Inestable si se calienta**, materiales que en sí mismos son normalmente estables, pero que pueden volverse inestables a temperatura y presiones elevadas.

**0: Estable**, materiales que en sí mismos son normalmente estables, aún bajo condiciones de incendio.” (Revisa de seguridad Minera)

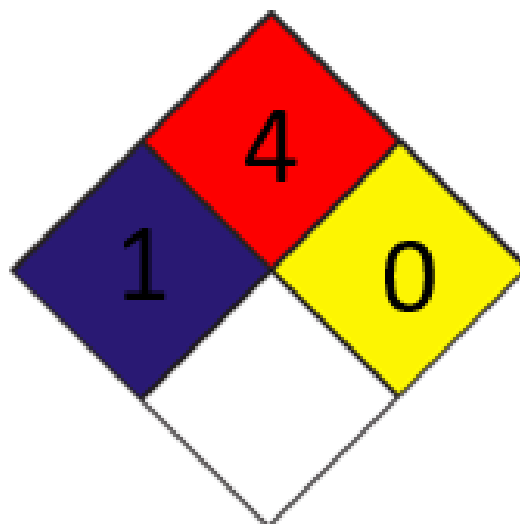
- El blanco hace referencia a indicaciones especiales.

**“OX: Materiales que tienen propiedades oxidantes.** Reacciona con agua de manera inusual o peligrosa, como el cianuro de sodio o el sodio.

**W: Materiales que reaccionan violentamente con el agua o explosivamente.** Oxidante, como el perclorato de potasio.

**SA: Materiales gaseosos que son asfixiantes simples.** Limitado para los gases: nitrógeno, helio, neón, argón, kriptón y xenón.” (Revisa de seguridad Minera)

En el caso del Metano Refrigerado, 1972, la placa NFPA 704 es la siguiente:



*Ilustración 4: NFPA 704 metano. Fuente: linde-gas.*

**En lo relativo a los riesgos para la salud.**

**1: Poco Peligroso**, materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden causar irritación significativa.

#### **En lo relativo a la inflamabilidad.**

**4: Debajo de 25 °C**, materiales que se vaporizarán rápida o completamente a la presión atmosférica y temperatura ambiental normales o que son rápidamente dispersados en el aire y se quemarán fácilmente.

#### **En lo relativo a la inestabilidad del producto.**

**0: Estable**, materiales que en sí mismos son normalmente estables, aún bajo condiciones de incendio.

### **4. CISTERNA.**

Para el cálculo de las dimensiones de la cisterna y sus accesorios se han utilizados rangos para la presión y la temperatura que debe soportar.

$$\text{Temperatura} [ -196^{\circ}\text{C} , \quad 50^{\circ}\text{C} ]$$

$$\text{Presión Máxima de Servicio} [ 0 \text{ bar} , 3 \text{ bar} ]$$

Por lo tanto, se evaluará a una presión de 5.2 *bar* que es la presión mínima de prueba.

Gracias a esto esta cisterna podrá ser utilizada para otro tipo del GNL que no sea el metano. Es una forma de darle un uso más amplio a la cisterna.

#### **4.1. Dimensiones.**

El depósito tiene las siguientes dimensiones:

- De largo total: 13.800mm.
- Diámetro exterior cisterna: 2.550mm.
- Longitud total vehículo: 14.000mm.
- Tara cabeza tractora: 7500 kg.
- Tara semirremolque: 12500 kg.
- Masa Máxima Admisible (MMA): 44tm

##### **4.1.1. Cálculo del diámetro interior.**

Sabiendo que el diámetro interior de la envolvente es:

$$D_i = D_e - 2 \cdot e = 2550 - 2 \cdot 4 = 2542 \text{ mm}$$

##### **4.1.2. Cálculo del espesor de la envolvente cilíndrica.**

El espesor mínimo se calcula de la siguiente forma:

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot f_d \cdot \lambda - P}$$

“Donde:

$e$  es el espesor mínimo requerido de la pared de la cisterna (mm);

$P$  es la presión de diseño (MPa);

$D_i$  es el diámetro interior de la parte cilíndrica de la cisterna o del faldón recto del fondo abombado;

$f_d$  es el esfuerzo nominal de diseño;

$\lambda$  es el coeficiente de soldadura ( $\lambda=0.8$  para envolvente;  $\lambda=1$  para los fondos)”

(UNE-EN 14025:2014+A1, 2014)

$$e = \frac{0.52 \cdot (2550 - 2 \cdot e)}{2 \cdot 216.67 \cdot 0.8 - 0.52} = 3.82 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el espesor normalizado es,  $e = 4 \text{ mm}$

#### 4.1.3. Cálculo del espesor de los fondos abombados.

Se ha seleccionado un fondo abombado toroidal del tipo Korbboegen ya que tienen un bajo costo y aguantan altas presiones. Tienen que cumplir las siguientes especificaciones:

$$R/D_e = 0.8 \text{ y } r/D_e = 0.154$$

El radio interior esférico de la parte central de un fondo toroidal,  $R$ , es:

$$R = D_e \cdot 0.8 = 2550 \cdot 0.8 = 2040 \text{ mm}$$

El radio interior del reborde,  $r$ , es:

$$r = D_e \cdot 0.154 = 2550 \cdot 0.154 = 392.7 \text{ mm}$$

Se deben de aplicar las siguientes limitaciones a los fondos de la cisterna:

$$0.001 \cdot D_e = 0.001 \cdot 2550 = 2.55 \leq e = 4 \leq 0.16 \cdot D_e = 0.16 \cdot 2550 = 408$$

$$0.06 \cdot D_i = 0.06 \cdot 2542 = 152.52 \leq r = 392.7 \leq 0.2 \cdot D_i = 0.2 \cdot 2542 = 508.4$$

$$r = 392.7 \geq 2 \cdot e = 2 \cdot 4 = 8$$

$$R = 2040 \leq D_e = 2550$$

Todas las condiciones se cumplen.

Para obtener el espesor necesario  $e$  hay que calcular  $e_s$ ,  $e_b$  y  $e_y$  y elegir el mayor de ellos.

$$e_s = \frac{p \cdot R}{2 \cdot f_d \cdot \lambda - 0.5 \cdot p} = \frac{0.52 \cdot 2040}{2 \cdot 216.67 \cdot 1 - 0.5 \cdot 0.52} = 2.45 \text{ mm}$$

$e_s$  es el espesor requerido del fondo para limitar la tensión de la membrana de la parte central.

$$e_b = (0.75 \cdot R + 0.2 \cdot D_i) \cdot \left( \frac{p}{111 \cdot f_d} \left( \frac{D_i}{r} \right)^{0.825} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$e_b = (0.75 \cdot 2040 + 0.2 \cdot 2542) \cdot \left( \frac{0.52}{111 \cdot 216.67} \left( \frac{2542}{392.7} \right)^{0.825} \right)^{\frac{2}{3}} = 4.42 \text{ mm}$$

$e_b$  es el espesor requerido del reborde para evitar dobleces del plástico.

$$e_y = \beta_e \cdot \frac{P \cdot (0.75 \cdot R + 0.2 \cdot D_i)}{f_d} = \beta_e \frac{0.52 \cdot (0.75 \cdot 2040 + 0.2 \cdot 2542)}{216.67} = \beta_e \cdot 4.89$$

$e_y$  es el espesor requerido del reborde para evitar que se produzca un rendimiento axisimétrico.

Cálculo de  $\beta_e$ :

$$X = \frac{r}{D_i} = \frac{392.7}{2550} = 0.154$$

$$Y = \text{mín.}(e/R; 0.04) = \text{mín.}(4/2040; 0.04) = \text{mín.}(0.00196; 0.04) = 0.00196$$

$$Z = \log_{10}(1/Y) = \log_{10}(1/0.00196) = 2.71$$

$$N = 1.006 - \frac{1}{6.2 + (90 \cdot Y)^4} = 1.006 - \frac{1}{6.2 + (90 \cdot 0.00196)^4} = 0.845$$

Como  $0.1 \leq X \leq 0.2$

$$\beta_{e_{0,1}} = N(-0.1833 \cdot Z^3 + 1.0383 \cdot Z^2 - 1.2943 \cdot Z + 0.837)$$

$$\beta_{e_{0,1}} = 0.845(-0.1833 \cdot 2.71^3 + 1.0383 \cdot 2.71^2 - 1.2943 \cdot 2.71 + 0.837) = 1.104$$

$$\beta_{e_{0,2}} = \text{máx.}(0.95 \cdot (0.56 - 1.94 \cdot Y - 82.5 \cdot Y^2); 0.5)$$

$$\begin{aligned} \beta_{e_{0,2}} &= \text{máx.}(0.95 \cdot (0.56 - 1.94 \cdot 0.00196 - 82.5 \cdot 0.00196^2); 0.5) \\ &= \text{máx}(0.528; 0.5) = 0.528 \end{aligned}$$

$$\beta_e = 10 \cdot [(0.2 - X) \cdot \beta_{e_{0,1}} + (X - 0.1) \cdot \beta_{e_{0,2}}]$$

$$\beta_e = 10 \cdot [(0.2 - 0.155) \cdot 1.104 + (0.155 - 0.1) \cdot 0.528] = 0.79$$

$$e_y = \beta_e \cdot \frac{P \cdot (0.75 \cdot R + 0.2 \cdot D_i)}{f_d} = 0.79 \cdot 4.89 = 3.86 \text{ mm}$$

$$e_{\text{máx}} = e_b = 4.42 \text{ mm}$$

$e$  normalizado es 6 mm.

#### 4.1.4. Cálculo del volumen de la cisterna.

Con la ayuda de la norma se pretende dar valor a los diferentes volúmenes que posee la cisterna.

##### 4.1.4.1. Dimensiones de los fondos abombados.

Para el cálculo del volumen de fondo tipo Korbogen:

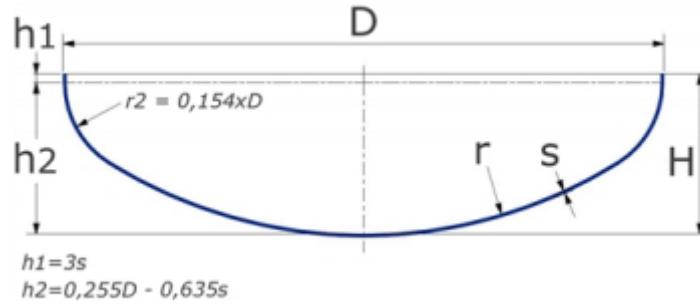


Ilustración 5: Fondo tipo Korbogen DIN 28013. Fuente: heco.

$D$  es el diámetro exterior de la envolvente cilíndrica ( $D_e = 2550 \text{ mm}$ )

$s$  es el espesor ( $e_m = 6 \text{ mm}$ )

$R$  es el radio interior del reborde ( $R = 2040 \text{ mm}$ )

$r$  es el radio de la curvatura ( $r = 392.7 \text{ mm}$ )

$r_2$  es el radio de la esquina,  $r_2 = 0.154 \cdot D = 0.154 \cdot 2550 = 392.7 \text{ mm}$

$h_1$  es la altura de la cabeza del cilindro,  $h_1 = 3 \cdot s = 3 \cdot 5 = 15 \text{ mm}$

$h_2$  es la altura de curvatura,  $h_2 = 0.255 \cdot D - 0.635 \cdot s = 0.255 \cdot 2550 - 0.63 \cdot 5 = 647.1 \text{ mm}$

$H$  es la altura total de la cabeza interna,  $H = h_1 + h_2 = 15 + 647.1 = 662.1 \text{ mm}$

$D_d$  es el diámetro del disco de partida,  $D_d = 1.16 \cdot D_e + 2 \cdot h_1 = 1.16 \cdot 2550 + 2 \cdot 15 = 2988 \text{ mm}$

#### 4.1.4.2. Volumen interior de los fondos.

$$\text{Volumen interior de los fondos} = 0.1298 \cdot D_i^3 = 0.1298 \cdot 2.542^3 = 2.132 \text{ m}^3$$

La cisterna al tener dos fondos, el volumen total de fondos es  $4.264 \text{ m}^3$

#### 4.1.4.3. Volumen exterior de los fondos.

$$\text{Volumen exterior de los fondos} = 0.1298 \cdot D_e^3 = 0.1298 \cdot 2.550^3 = 2.152 \text{ m}^3$$

La cisterna al tener dos fondos, el volumen total de fondos es  $4.304 \text{ m}^3$

#### 4.1.4.4. Volumen interior de la envolvente cilíndrica.

Para calcular este volumen es necesario saber el valor de la longitud de la envolvente ya que no coincide con la longitud de la cisterna.

$$L_{\text{envolvente}} = L_{\text{cisterna}} - 2 \cdot H = 13800 - 2 \cdot 662.1 = 12475.8 \text{ mm}$$

Una vez calculada la longitud de la envolvente, se puede calcular el volumen que ocupa:

$$V_{\text{envolvente interior}} = \pi \cdot \frac{D_i^2}{4} \cdot L_{\text{envolvente}} = \pi \cdot \frac{2,542^2}{4} \cdot 12,4758 = 63.315 \text{ m}^3$$

#### 4.1.4.5. Volumen exterior de la envolvente cilíndrica.

$$V_{\text{envolvente exterior}} = \pi \cdot \frac{D_e^2}{4} \cdot L_{\text{envolvente}} = \pi \cdot \frac{2,550^2}{4} \cdot 12,4758 = 63.715 \text{ m}^3$$

#### 4.1.4.6. Volumen total del interior de la cisterna.

$$\begin{aligned} V_{\text{total interior}} &= V_{\text{fondos interior}} + V_{\text{envolvente interior}} = 4.264 + 63.315 \\ &= 67.579 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### 4.1.4.7. Volumen total del exterior de la cisterna.

$$\begin{aligned} V_{\text{total exterior}} &= V_{\text{fondos exterior}} + V_{\text{envolvente exterior}} = 4.304 + 63.715 \\ &= 68.019 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### 4.1.5. Volumen de metano para transporte.

Lo primero de todo será determinar un grado de llenado para la cisterna ya que influirá en la cantidad de metano que se puede transportar.

##### 4.1.5.1. Grado de llenado.

El grado de llenado será de un 85% debido a las dimensiones y necesidades de la cisterna.

##### 4.1.5.2. Volumen transportado.

$$V_{\text{metano}} = V_{\text{total interior}} \cdot \text{grado de llenado} = 42.976 \cdot 0.85 = 36.5 \text{ m}^3$$

#### 4.1.6. Masa metano para transporte.

$$Masa_{\text{metano}} = \rho \cdot V_{\text{metano}} = 0.657 \cdot 1000 \cdot 36.5 = 24000 \text{ kg}$$

#### 4.1.7. Volumen de acero que forma la cisterna.

$$V_{\text{acero}} = V_{\text{total exterior}} - V_{\text{total interior}} = 68.019 - 67.579 = 0.44 \text{ m}^3$$

#### **4.1.8. Masa del cuerpo de la cisterna vacía.**

$$Masa_{acero} = \rho_{acero} \cdot V_{acero} = 7850 \cdot 0.44 = 3454 \text{ kg}$$

#### **4.1.9. Masa total del vehículo.**

$$\begin{aligned} Masa_{vehículo} &= Masa_{metano} + Masa_{tara\ remolque} + Masa_{tara\ cabeza\ tractora} \\ &= 24000 + 12500 + 7500 = 44000 \text{ Kg} \end{aligned}$$

La Masa Máxima Admisible se corresponde con el peso máximo que puede llegar a tener el vehículo para circular por carretera.

Debido a que la Masa Máxima Admisible del vehículo es 44 toneladas, los cálculos realizados para obtener el volumen de metano transportado son correctos.

#### **4.2. Codificación y jerarquía de las cisternas.**

En el apartado 4.3.3 del ADR 2019, se explica el significado del código indicado en la columna (12) de la tabla A, del capítulo 3.2:

Parte	Descripción	Código- cisterna
1	Tipos de cisterna, vehículo batería o CGEM	C= cisterna, vehículo batería o CGEM para gases comprimidos. P= cisterna, vehículo batería o CGEM para gases licuados o disueltos. R= cisterna para gases licuados refrigerados.
2	Presión de cálculo	X= valor cifrado de la presión mínima de prueba pertinente según el cuadro del 4.3.3.2.5. 22= presión mínima de cálculo en bar.
3	Aberturas (véase en 6.8.2.2 y 6.8.3.2)	B= cisterna con aberturas de llenado o de vaciado por el fondo con 3 cierres, o vehículo batería o CGEM con aberturas por debajo del nivel del líquido o para gases comprimidos. C= cisterna con aberturas de llenado o de vaciado por la parte superior con 3 cierres, que, por debajo del nivel del líquido, solo tiene orificios de limpieza. D= cisterna con aberturas de llenado o de vaciado por la parte superior con 3 cierres, o vehículo batería o CGEM sin aberturas por debajo del nivel del líquido.
4	Válvulas/dispositivos de seguridad	N= cisterna, vehículo batería o CGEM con válvula de seguridad conforme al 6.8.3.2.9 o al 6.8.3.2.10 que no está cerrado herméticamente. H= cisterna, vehículo batería o CGEM cerrado herméticamente (véase 1.2.1)

Tabla 28: Codificación y jerarquía de las cisternas. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)

En el caso del metano, el código de la cisterna es RxBN.

-Tipo de cisterna: R = Cisterna para gases licuados refrigerados.

-Presión de cálculo: X = valor cifrado de la presión mínima de prueba pertinente según el cuadro del 4.3.3.2.5.



Presión mínima de prueba para las cisternas				Mas	máxima
Con aislamiento térmico		Sin aislamiento térmico		admisible	del
				contenido por litro de	capacidad
MPa	bar	MPa	bar	kg	
Véase 4.3.3.2.4					

Tabla 29: Presión mínima y máxima. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)

“La presión de prueba aplicable a las cisternas destinadas al transporte de los gases licuados refrigerados no deberá ser inferior a 1,3 veces la presión de servicio máxima autorizada, indicada en la cisterna, ni inferior a 300 kPa (3 bar) (presión manométrica); para las cisternas provistas de un aislamiento por vacío de aire, la presión de prueba no debe ser inferior a 1,3 veces la presión de servicio máxima autorizada, aumentada en 100 kPa (1 bar).” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69663)

“Los depósitos destinados al transporte de materias, cuyo punto de ebullición es igual o inferior a 35°C, cualquiera que sea el método de llenado o vaciado, se calcularán para resistir una presión igual a 1,3 veces la presión de llenado o vaciado, pero como mínimo a 0,4 MPA (4bar) (presión manométrica).” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69938)

En el caso del metano N°ONU 1972, el punto de ebullición es -162°C (inferior a 35°C). La práctica estipula una presión de prueba igual a 520kPa (5.2bar) y una Presión Máxima de Servicio igual a 300kPa (3bar).

Por lo tanto, se cumple el apartado 4.3.3.2.4 ya que:

$$P > PMSA$$

$$(520 \text{ kPa} > 300 \text{ kPa})$$

-Aberturas: B = cisterna con aberturas de llenado o de vaciado por el fondo con 3 cierres, o vehículo batería o CGEM con aberturas por debajo del nivel del líquido o para gases comprimidos.

-Válvulas/dispositivos de seguridad: N = cisterna, vehículo batería o CGEM con válvula de seguridad conforme al 6.8.3.2.9 o al 6.8.3.2.10 que no está cerrado herméticamente.

### **4.3. Disposiciones especiales.**

En relación a lo que aparece en la tabla que describe al metano, se encuentran las siguientes disposiciones especiales:

“**TU18:** El grado de llenado deberá estar por debajo de un valor tal que, cuando el contenido se lleve a la temperatura en la que la tensión de vapor iguale la presión de apertura de las válvulas de seguridad, el volumen del líquido alcance el 95% de la capacidad de la cisterna a dicha temperatura. No se aplicará la disposición del 4.3.2.3.4.

#### **Aprobación del tipo**

**TA4:** Los procedimientos de evaluación de la conformidad recogidos en el 1.8.7 deberán ser aplicados por la autoridad competente, su representante o el organismo de control conforme al 1.8.6.2, 1.8.6.4, 1.8.6.5 y 1.8.6.8 y acreditados según la norma EN ISO/CEI 17020:2012 (salvo el artículo 8.1.3) tipo A.

#### **Pruebas**

**TT9:** Para inspecciones y pruebas (incluyendo la vigilancia de la fabricación) los procedimientos recogidos en el 1.8.7 deberán ser aplicados por parte de la autoridad competente, su representante o el organismo de control conforme al 1.8.6.2, 1.8.6.4, 1.8.6.5 y 1.8.6.8 y acreditados según la norma EN ISO/CEI 17020:2012 (salvo el artículo 8.1.3) tipo A.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69679)

### **4.4. Materiales.**

Para un buen aislamiento del producto es necesario tener un depósito interior que será de acero austenítico 316L debido a sus buenas características frente a la corrosión y a las bajas temperaturas. En cuanto al material exterior, debe ser de acero al carbono con una capa protectora para evitar su corrosión y que mejore su resistencia a la intemperie.

#### **4.4.1. Material para el depósito del interior.**

“Los depósitos destinados al transporte de gases comprimido, licuados o disueltos de la clase 2, se construirán de acero. Sólo se podrán utilizar los materiales que sean adecuados a las temperaturas mínima y máxima de servicio de los depósitos y de sus accesorios. Los accesorios podrán fijarse a

los depósitos, atornillados o por soldadura o por soldadura fuerte.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69976)

Debido a las condiciones que presenta el metano como gas y siguiendo las especificaciones del ADR 2019, se elige un acero inoxidable para la cisterna, concretamente el acero inoxidable austenítico 316 L, que corresponde con el 14404 en UNE-EN 10088.

Designación del acero		% en masa								
Simbólica	Numérica	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	N
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	0.03	1.0	2.0	0.045	0.015	16.5 a	2.0 a	10.0 a	0.1
							18.5	2.5	13.0	

Tabla 30: Composición química del acero 14404. Fuente: (UNE-EN 10088-1, 2015)

Número ISO	Nombre ISO	Línea	ASTM A959/UNS <sup>b</sup>		EN 10088-1:2014 Número <sup>c</sup>		JIS <sup>d</sup>		GB/T20878/IS C <sup>f</sup>	
				I/N/W <sup>f</sup>		I/N/W <sup>f</sup>		I/N/W <sup>f</sup>		I/N/W <sup>f</sup>
4404-316-03-I	X2CrNiMo17-12-2	AM31A	S31603	W	1.4404	N	SUS316L	W	S31603	N

B: Acero americano listado en la Norma ASTM A959 y en la UNS; si el número al acero se muestra entre paréntesis, entonces el acero tiene únicamente número UNS.  
C: Acero europeo listado en la Norma EN 10088-1:2014 y en la “Lista Stahl-Eisen” si el número correspondiente al acero se muestra entre paréntesis, entonces el acero está únicamente listado en la “Lista Stahl-Eisen”.  
D: Norma industrial japonesa.  
E: Acero chino de número ISC listado en GB/T20878.  
F: I=Acero idéntico al tipo de acero ISO; N= Tipo de acero con mayor similitud en composición pero no idéntico; W=similitud más amplia.

Tabla 31: Designación de aceros inoxidables ISO y los tipos comparables contenidos en varios sistemas de designación de acuerdo con el Sistema Europeo. Fuente: (UNE-EN 10088-1, 2015)

Designación del acero		Densidad	Módulo de elasticidad a °C				
Simbólica	Numérica	Kg/dm <sup>3</sup>	GPa				
			20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	8.0	200	194	186	179	172

Tabla 32: Datos de referencia de algunas propiedades físicas de los aceros ferríticos resistentes a la corrosión. Fuente: (UNE-EN 10088-1, 2015)

Coeficiente medio de dilación térmica entre 20°C y					Conductividad térmica a 20°C	Capacidad térmica específica a 20°C	Resistividad eléctrica a 20°C
10 <sup>-6</sup> x K <sup>-1</sup>					W/mK	J/kgK	Ωmm <sup>2</sup> /m
100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	15	500	0.75
16	16.5	17	17.5	18			

Tabla 33: Datos de referencia de algunas propiedades físicas de los aceros ferríticos resistentes a la corrosión 2. Fuente: (UNE-EN 10088-1, 2015)

Forma del producto	Espesor	Limite elástico convencional al	Limite elástico convencional al	Resistencia a la tracción $R_m$	Alargamiento de rotura		Energía de flexión por choque		Resistencia a la corrosión intergranular	
		0.2% $R_{p0,2}$	1% $R_{p0,1}$		$A_{80}^{D,F}$	$A^{D,G}$	KV <sub>2</sub> >10mm de espesor		En el estado de suministro	En estado sensibilizado
	mm máx	MPa *) mín. (tr.) <sup>D,E</sup>	MPa *) mín. (tr.) <sup>D,E</sup>	MPa *)	<3m de espesor	<3m de espesor	J Min (long.)	J Min (long.)	si	si
C	8	240	270	530 a	40	40	-	-	si	si
H	13.5	220	260	45	45	45	100	60		
P	75	220	260	520 a 670						

A: El tratamiento en disolución puede omitirse si las condiciones para el trabajo en caliente y los siguientes enfriamientos se hacen de modo que se obtienen los requisitos para las propiedades mecánicas del producto y la resistencia a la corrosión intergranular tal y como se definen en la Norma EN ISO 3651-2.

B: C = banda laminada en frío; H = banda laminada en caliente; P = chapa laminada en caliente.

C: Sólo como guía.

D: En el caso de bandas laminadas de anchura < 300 mm, si las probetas se toman longitudinalmente, el valor mínimo se reduce de la siguiente manera:

- límite elástico convencional – menos 15 MPa.
- alargamiento para longitud constante – menos 5%.
- alargamiento para longitud proporcional – menos 2%.

E: Para productos laminados en caliente en continuo, pueden acordarse en el momento de la solicitar la oferta y hacer el pedido valores mínimos superiores a 20 MPa para  $R_{p0,2}$  y valores mínimos superiores a 10 MPa para  $R_{p1,0}$ .

F: Los valores se aplican a probetas con una longitud entre marcas de 80 mm y una anchura de 20 mm. Pueden también utilizarse probetas con una longitud entre marcas de 50 mm y una anchura de 12,5mm.

G: Los valores se aplican a probetas con una longitud entre marcas de  $5,65 \sqrt{S_0}$

H: Cuando se ensaye de acuerdo con la Norma EN ISO 3651-2.

I: Véase la NOTA 2 del apartado 6.4.

J: Para materiales de nivelación por estiramiento, el valor mínimo es un 5% más bajo.

K: Tratamiento de sensibilización durante 15 min a 700°C seguido de enfriamiento al aire.

\*) 1MPa=1 N/mm<sup>2</sup>.

Tabla 34: Características mecánicas a temperatura ambiente y resistencia a la corrosión intergranular. Fuente: (UNE-EN 10088-2, 2015)

De esta tabla se obtienen los valores que se necesitan para el cálculo de las tensiones. Para esta cisterna de acero que será de chapa laminada en caliente, el acero 316L cuenta con un límite de elasticidad aparente al 0.1% $R_e=260$  MPa y con una resistencia a la tracción  $R_m=670$  MPa.

#### 4.4.1.1. Cálculo del Esfuerzo nominal de diseño.

El esfuerzo nominal de diseño  $f_d$  para aceros austeníticos con  $A \geq 35\%$  debe ser:

$$f_d = \text{máx}\{R_{e,t}/1.5; \text{mín}(R_{e,t}/1.2; R_{m,t}/3)\}$$

“Donde:

$f_d$  es el esfuerzo nominal de diseño;

$R_{e,t}$  es el límite elástico mínimo (superior) garantizado o tensión de prueba 0.2% mínima garantizada a la temperatura de diseño relevante, en  $N/mm^2$  (para acero austenítico se puede elegir la resistencia a la tracción de 1% a la temperatura de diseño)

$R_{m,t}$  es la resistencia a la tracción mínima garantizada a la temperatura de diseño relevante, en  $N/mm^2$ .” (UNE-EN 14025:2014+A1, 2014)

$$R_{e,t}/1.5 = 260/1.5 = 173.33 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{e,t}/1.2 = 260/1.2 = 216.66 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{m,t}/3 = 670/3 = 223.33 \text{ N/mm}^2$$

Por lo tanto,  $f_d = \text{máx}\{173.33; \text{mín}(216.66; 223.33)\} = 216.66 \text{ N/mm}^2$

#### 4.4.2. Material exterior de la cisterna.

Como es un material que sirve para recubrir al aislante y que no está en contacto con el producto, no se necesita un material como el acero inoxidable que soporte la temperatura de  $-162^\circ\text{C}$ . Por ello se ha elegido un acero al carbono SAE 1045, es un acero de fácil soldadura, tiene un gran grado de resistencia y bajo coste. Para trabajar con este acero es necesario precalentarlo antes de empezar a soldarlo y es recomendable aumentar sus propiedades ante la corrosión con un temple en agua.

#### 4.5. Equipos necesarios para el vehículo.

“Para la fabricación de los equipos de servicio y de la estructura se podrán emplear materiales no metálicos adecuados. Los equipos se dispondrán de modo que estén protegidos del riesgo de ser arrancados o de avería durante el transporte o durante la manipulación. Ofrecerán unas garantías de seguridad adaptada y semejante a las de los depósitos.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69945)

Por lo tanto, todos los equipos que se presentan a continuación podrán ser no metálicos siempre que cumplan unas garantías de seguridad.

#### **4.5.1. Aberturas para bocas de hombre y de inspección.**

“La envolvente o cada uno de sus compartimentos deben estar provistos de un medio de acceso para permitir la inspección del interior. El medio de acceso es una boca de hombre ya que la capacidad es superior a 3000L.

Al diseñar la abertura de boca de hombre, debe tenerse en cuenta la necesidad de permitir el acceso con todos los dispositivos de rescate necesarios, incluido un aparato de respiración autónomo.

La boca de hombre debe ser suficientemente grande para permitir la entrada y rescate de personas. La abertura de inspección debe ser tan pequeña que no permitan la entrada de personas, pero debe ser lo suficientemente grande para permitir la realización de una inspección adecuada.

Las dimensiones mínimas de las aberturas de bocas de hombre y de inspección en envolventes con revestimientos deben mantenerse después de haber sido aplicado el revestimiento.

Una envolvente que contenga una abertura de boca de hombre debe tener un refuerzo adecuado en la zona adyacente a dicha abertura y se puede obtener por medio de las medidas siguientes:

- el aumento del espesor de la pared de la envolvente,
- el uso de una placa de refuerzo,
- el uso de un anillo de refuerzo circunferencia,
- el aumento del espesor de la pared del anillo del cuello o
- una combinación de las medidas anteriores.

El tamaño de los diámetros de las aberturas debe ser:

-no inferiores a 100 mm y no inferiores a 400 mm para aberturas de inspección.

- no inferiores a 500 mm para aberturas de bocas de hombre circulares.

- no inferiores a 500 mm para aberturas de bocas de hombre no circulares.”

(UNE-EN 14025:2014+A1, 2014)

#### 4.5.1.1. Cálculo y elección de la brida del cuerpo y de la brida de la tapa.

“Se define PN como la designación alfanumérica utilizada como referencia y que se relaciona con una combinación de características mecánicas y dimensionales de un componente de un sistema de canalización, seguidas de un número adimensional.” (UNE-EN 1333:2006, 2006)

“Cuando se calculan cisternas para sobre presión externa que es parte de las condiciones de funcionamiento se debe utilizar un factor de seguridad  $S = 1,5$ .” (UNE-EN 14025:2014+A1, 2014)

La presión que debe soportar la cisterna es:

$$P = 1,5 * 5,2 = 7,8 \text{ bar.}$$

Teniendo en cuenta la presión y lo descrito en la norma UNE-EN 1333:2006, a esta cisterna le corresponde un PN10.

La elección final es una brida plana para soldar (Tipo 01) y una brida ciega (Tipo 05) que tendrá la función de ser su tapadera.

Según lo descrito en la norma, esta sería la forma correcta de nombrar a las bridas:

Brida EN 1092-1/01/DN 500/PN 10 → Brida del cuerpo.

Brida EN 1092-1/05/DN 500/PN 10 → Brida de la tapadera.

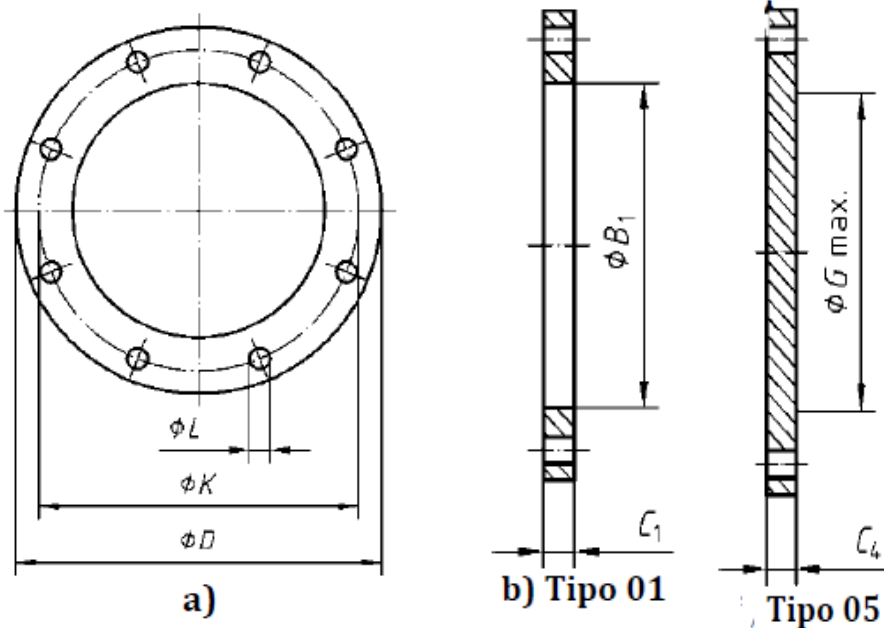


Ilustración 6: Bridas PN10. Fuente: (UNE-EN 1092-1:2019, 2019)

La imagen solo muestra cómo se disponen los tornillos, pero no el número correcto de ellos ya que se constará de 20 tornillos a tamaño M24.

DN	Dimensiones de acoplamiento					Diámetro del orificio de la brida B <sub>1</sub>	Espesor de la brida		Parte central G <sub>max</sub>
	Diámetro exterior D	Diámetro del círculo de tornillos K	Diámetro de los orificios de los tornillos L	Tornillos			C <sub>1</sub>	C <sub>4</sub>	
				Nº	Tamaño				
500	670	620	26	20	M24	513,5	38	28	475

Tabla 35: Dimensiones de las bridas. Fuente: (UNE-EN 1092-1:2019, 2019)

Tipo de brida	Masa
Brida EN 1092-1/01/DN 500/PN 10	40,2 kg
Brida EN 1092-1/05/DN 500/PN 10	75,2 kg

Tabla 36: Masa de las bridas. Fuente: (UNE-EN 1092-1:2019, 2019)

Para comprobar que la boca de hombre ha sido elegida correctamente hay que recurrir a la norma 14025:2015+A1 en la que se establece que todas las aberturas deben satisfacer la siguiente relación:

$$p \cdot [A_p + 0,5(A_{fm} + A_{fb} + A_{fp})] \leq (f_d \cdot A_{fm} + f_{d,b} \cdot A_{fb} + f_{d,p} \cdot A_{fp})$$

“Donde:

$p$  es la presión de diseño;

$A_p$  es la superficie sometida a presión, calculada utilizando las dimensiones interiores;

$A_{fb}$  es la sección transversal de la derivación dentro de los límites de compensación;

$A_{fm}$  es la sección transversal de la envolvente dentro de los límites de compensación;

$A_{fp}$  es la sección transversal de la placa dentro de los límites de compensación;

$f_{d,b}$  es el menor de los valores entre el esfuerzo de diseño nominal de la derivación y  $f_d$ ;

$f_{d,p}$  es el menor de los valores entre el esfuerzo de diseño nominal de la placa y  $f_d$ ,” (UNE-EN 14025:2014+A1, 2014)



Para el cálculo de un refuerzo de la abertura de boca de hombre se ha elegido un anillo del cuello (en forma de chapa, 200mm x 5mm) de acuerdo con la figura con  $l=150\text{mm}$ .

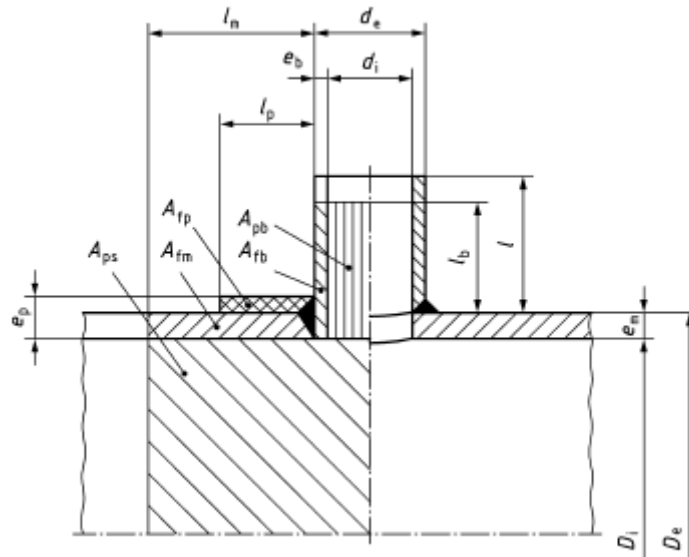


Tabla 37: Abertura boca hombre 500mm x 150mm con un anillo del cuello de 200mm x 5mm como refuerzo. Fuente: (UNE-EN 14025:2014+A1, 2014)

“Para el caso de fondos abombados toroidales:

La distancia entre aberturas cuando se mide desde la parte exterior de la derivación o del refuerzo no debe ser superior a  $2 \cdot l_m$ , donde:

$$l_m = \sqrt{(2 \cdot r_{im} + e_m) \cdot e_m}$$

donde:

$l_m$  es la longitud de la envolvente considerada como compensación eficaz, medida a lo largo del eje central del material, desde el extremo de la abertura sin derivación o exterior de la derivación.

$e_m$  es el espesor de análisis de la envolvente (fondo) manteniendo la longitud  $l_m$ ” (UNE-EN 14025:2014+A1, 2014)

$$r_{im} = R = D_e \cdot 0.8 = 2550 \cdot 0.8 = 2040 = 2040\text{mm}$$

$$l_m = \sqrt{(2 \cdot 2040 + 6) \cdot 6} = 156.58 \text{ mm}$$

$$A_{ps} = \frac{D_i}{2} \left( l_m + \frac{d_e}{2} \right) = \frac{2542}{2} \left( 156.58 + \frac{510}{2} \right) = 523118.18 \text{ mm}^2$$

$$[40]l_b = \sqrt{(500 + 6) \cdot 6} = 55.099 \text{ mm}$$

$$A_{pb} = \frac{d_i}{2} \cdot (l_b + e_m) = \frac{500}{2} \cdot (55.099 + 6) = 15274.75 \text{ mm}^2$$

$$A_p = A_{ps} + A_{pb} = 523118.18 + 15274.75 = 538392.93 \text{ mm}$$

$$A_{fm} = e_m \cdot l_m = 6 \cdot 156.58 = 939.48 \text{ mm}$$

$$A_{fb} = (l_b + e_m) \cdot e_b = (55.099 + 6) \cdot 6 = 366.594 \text{ mm}$$

Siendo  $l_p \leq l_m$  y  $e_p \leq 2 \cdot e_m$

$$A_{fp} = l_p \cdot (e_p - e_m) = 156.58 \cdot (12 - 6) = 939.48 \text{ mm}$$

Según la relación de proporcionalidad:

$$\begin{aligned} p \cdot [A_p + 0,5(A_{fm} + A_{fb} + A_{fp})] &\leq (f_d \cdot A_{fm} + f_{d,b} \cdot A_{fb} + f_{d,p} \cdot A_{fp}) \\ 0.52 \cdot [538392.93 + 0,5(939.48 + 366.594 + 939.48)] \\ &\leq (216.67 \cdot 939.48 + 216.67 \cdot 366.594 + 216.67 \cdot 939.48) \\ 280548.167 &\leq 486544.185 \rightarrow \text{Cumple} \end{aligned}$$

#### 4.5.2. Sistema de carga y descarga.

“A la llegada a los lugares de carga y descarga, comprendidas las terminales de contenedores, el vehículo y los miembros de la tripulación, deberán satisfacer las disposiciones reglamentarias (especialmente en lo que concierne a la seguridad, la protección, la limpieza y el buen funcionamiento de los equipos, utilizados durante la carga y descarga).

La carga no deberá efectuarse sin asegurarse:

- por control de los documentos; y
- por un examen visual del vehículo, o de los contenedores, contenedores para granel, CGEM, contenedores cisterna o cisternas portátiles, así como de sus equipos utilizados durante la carga y la descarga,

que el vehículo y los miembros de la tripulación, un contenedor, un contenedor cisterna o sus equipos utilizados durante la carga y la descarga cumplen las disposiciones reglamentarias. El interior y el exterior de un vehículo o contenedor deben ser inspeccionados antes de la carga, con el fin de asegurar la ausencia de todo desperfecto susceptible de afectar su integridad o la de los bultos que se vayan a cargar.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70014)

##### 4.5.2.1. Elementos del equipo de carga y descarga.

“Todas las aberturas situadas en la parte inferior y que sirven para el llenado o vaciado de las cisternas que aparecen señaladas en la tabla A del capítulo

3.2, columna (12), por un código de cisternas que lleve la letra B en la tercera parte, estarán equipadas, como mínimo, con tres cierres montados en serie e independientes entre sí, y que constarán de:” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69946)

“- un obturador interno, es decir, un obturador montado en el interior del depósito o en una brida soldada o su contrabrida.

- un obturador externo o un dispositivo equivalente situado en el extremo de cada tubo y

- un dispositivo de cierre, en el extremo de cada tubo, que podrá ser un tapón roscado, una brida ciega o un dispositivo equivalente. Este dispositivo de cierre deberá ser lo suficientemente estanco para que no haya fuga del contenido. Deberán tomarse medidas para que ninguna presión subsista en el tubo antes que el dispositivo de cierre este completamente quitado.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69946)

La empresa LAPESA recomienda el uso del siguiente sistema de distribución para la carga y descarga de metano.

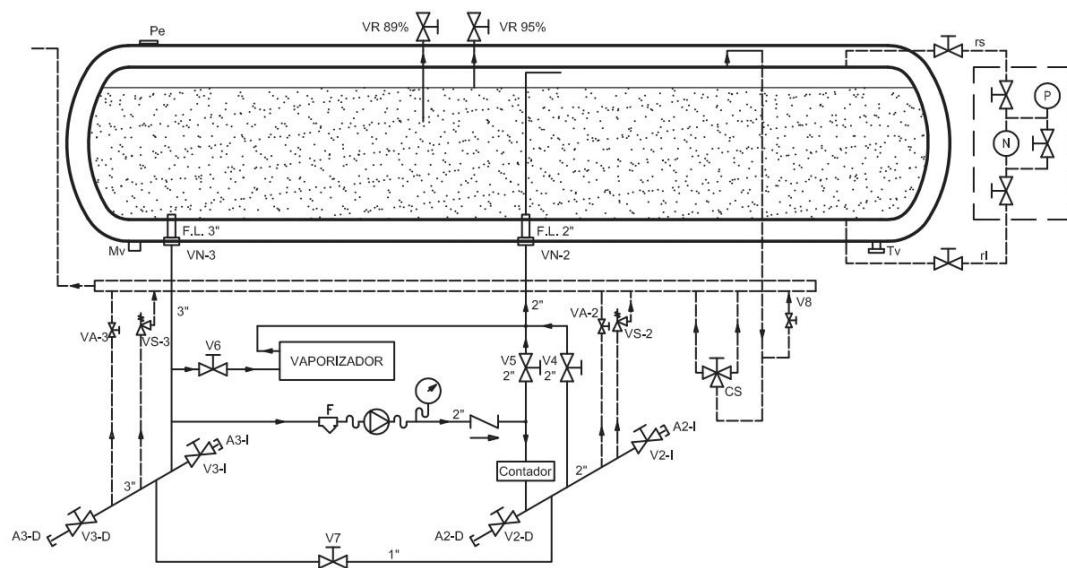


Ilustración 7: Sistema de carga y descarga: Fuente: lapesa.

Consiste en un sistema compuesto por válvulas de fase líquida carga y descarga, válvulas fase gas carga y descarga, válvulas fase líquida de puesta en presión, equipo de vaporización PPR y válvulas de descarga en ambos lados del camión.

### **Válvulas de fase líquida carga y descarga.**

A la hora de la carga de la cisterna, si el producto se encuentra en fase líquida, será necesaria una válvula de llenado para fase líquida.



*Ilustración 8: Válvula para fase líquida de llenado. Fuente: ERRESSE.*

### **Válvulas fase gas carga y descarga.**

Esta válvula sirve para el llenado de la cisterna cuando el producto está en forma gaseosa. Esto solo ocurriría si hubiera cualquier fallo o si hay una mezcla de fases ya que lo más eficiente es llenarla en estado líquido.



*Ilustración 9: Válvula para llenado de fase gas. Fuente: KSB.*

## Válvulas de descarga en ambos lados del camión.



*Ilustración 10: Válvula de descarga. Fuente: Parker.*

Esta válvula tiene como función reducir el riesgo de daños por sobrepresión en la cisterna. Gracias a esta válvula se garantiza una descarga suave del producto a transportar.

### 4.5.3. Seguridades.

“Las cisternas destinadas al transporte de materias líquidas cuyo punto de ebullición es igual o inferior a 35 °C estarán provistas de una válvula de seguridad tarada a una presión manométrica de al menos 300 kPa (3 bar) que se abrirá completamente a una presión, a lo sumo, igual a la presión de prueba; en su defecto, deberán estar cerradas herméticamente.

Si las cisternas consideradas herméticamente cerradas se equipan con válvulas de seguridad, éstas deben ir precedidas de un disco de ruptura y deben satisfacer a la autoridad competente la disposición del disco de ruptura y de la válvula de seguridad.

Un manómetro u otro indicador apropiado deberá ser instalado en el espacio entre el disco de ruptura y la válvula de seguridad para permitir detectar una ruptura, una perforación o una fuga del disco.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69945)

En cuanto a seguridades, la empresa LAPESA indica la necesidad de válvulas de seguridad, llaves de punto alto, válvulas manuales y automáticas de alivio de tuberías, válvulas internas en conexiones al depósito y un cuadro de control.

## Válvulas de seguridad.

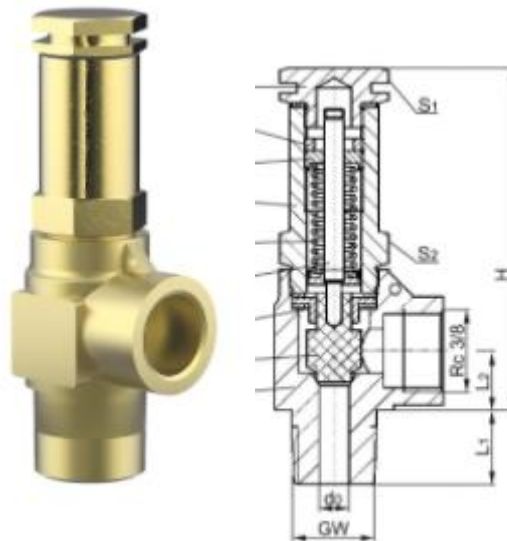


Ilustración 11: Válvula de seguridad. Fuente: Herose.

Esta válvula tiene la función de proteger contra la dilatación térmica en las tuberías y en cualquier parte de la instalación. Cumple con las especificaciones necesarias para un gas criogénico. Es una válvula recomendable para instalaciones horizontales. La válvula de seguridad alivia la presión en la atmosfera, fuera del sistema.

## Válvulas manuales y automáticas de alivio de tuberías.

Las válvulas de alivio sirven, para dejar salir la cantidad de líquido necesaria para aliviar la presión de la cisterna.



Ilustración 12: Válvula de alivio compacta. Fuente: Directindustry.

La válvula de alivio alivia la presión al aliviar el fluido nuevamente dentro del sistema, se abre gradualmente si la presión aumenta gradualmente.

#### 4.5.3.3. Puesta a tierra del vehículo.

“Las cisternas metálicas o de material plástico reforzado con fibras de los vehículos cisterna FL, y los elementos de los vehículos batería deberán estar unidos al chasis del vehículo, al menos, por una buena conexión eléctrica. Se deberá evitar cualquier contacto metálico que pudiera originar una corrosión electroquímica.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70068)

#### 4.5.3.4. Medios de extinción de incendios.

En cuanto a las medidas para la extinción de incendios hay que tener en cuenta lo siguiente:

“El cuadro siguiente indica las disposiciones mínimas para los extintores de incendio portátiles adaptados a las clases de inflamabilidad A, B y C, aplicables a las unidades de transporte que transporten mercancías peligrosas.

<b>Masa máxima admisible de la unidad de transporte</b>	<b>Número mínimo de extintores</b>	<b>Capacidad mínima total por unidad de transporte</b>	<b>Extintor adaptado a un incendio en el comportamiento motor o la cabina- al menos un extintor con una capacidad mínima de:</b>	<b>Disposiciones relativas al/los extintor/es suplementarios-al menos un extintor con una capacidad mínima de:</b>
≤3,5 toneladas	2	4 kg.	2 kg.	2 kg.
≤3,5 toneladas ≥7,5 toneladas	2	8 kg.	2 kg.	6 kg.
>7,5 toneladas	2	12 kg.	2 kg.	6 kg.

Tabla 38: Disposiciones mínimas para los extintores de incendio portátiles. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)

Los extintores deberán estar adaptados para la utilización en un vehículo y cumplir las disposiciones pertinentes de la norma EN 3 Extintores de incendio portátiles, Parte 7 (EN 3-7:2004 + A1: 2007).

Los extintores de incendio portátiles conformes con las disposiciones de 8.1.4.1 u 8.1.4.2 deberán ir provistos de un precinto que permita comprobar que no han sido utilizados. Los extintores de incendios deberán ser objeto de inspecciones, de acuerdo con las normas nacionales autorizadas, con el fin de garantizar su funcionamiento con total seguridad. Deberán llevar una marca de conformidad con una norma reconocida por una autoridad competente, así como una marca que indique la fecha (mes, año) de la próxima inspección o la fecha límite de utilización.

Los extintores de incendios deberán estar instalados a bordo de la unidad de transporte de manera que sean fácilmente accesibles para la tripulación. Su instalación deberá protegerlos de los efectos climáticos de modo que sus capacidades operacionales no se vean afectadas. Durante el transporte, la fecha prescrita en 8.1.4.4 no debe ser sobrepasada.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70030)

Según lo indicado en el ADR 2019, la cisterna deberá de disponer como mínimo de un extintor de 2kg junto con otro de 6kg. Dado que son 12 kg de capacidad mínima total por unidad de transporte, se colocarán un extintor de 2kg y dos de 6kg.

#### **4.5.4. Rompeolas.**

El espesor de los rompeolas, en ningún caso será inferior al del depósito.

“Los rompeolas serán de forma cóncava, con una profundidad mínima de la concavidad de 10 cm, o de forma ondulada, perfilado o reforzados de otro modo hasta alcanzar una resistencia equivalente. La superficie de los rompeolas será, como mínimo, un 70% de la superficie de la sección recta del depósito en el punto en que se instalen.

A partir del volumen nominal de la cisterna, 42.976 m<sup>3</sup>, y sabiendo que el volumen comprendido no debe superar los 7500 litros” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69943)

$$N^{\circ}rompeolas = Volumen_{nominal} \div Volumen_{m\acute{a}ximo} = 42976 \div 7500 = 5.7$$

Según los cálculos en cuanto a volumen se podrían colocar 6 rompeolas pero debido a la longitud de la cisterna hay que colocar 8 rompeolas para que se cumpla la premisa de una distancia menor a 1.75 entre ellos.



#### **4.5.5. Orejas de izaje.**

Esta cisterna llevará cuatro puntos de izado, los cuales se utilizan para el paso de cables necesarios y para poder mover y transportar el recipiente. Están fabricados con el mismo acero que el resto de la cisterna.

#### **4.5.6. Pasarela y escalera.**

Se necesita una pasarela para poder acceder a la parte superior para su inspección siempre que lo necesite. Será de metal, estará colocada de forma paralela al eje de la cisterna y tendrá una longitud de 13.700 m y anchura de 500m.

También constará de una escalera que facilite el acceso a la parte superior donde se encuentra la pasarela. Con una barandilla a cada lado y peldaños con antideslizantes.

#### **4.5.7. Componentes auxiliares.**

“Los depósitos destinados al transporte de gases licuados podrán ir provistos eventualmente de aberturas utilizables para el montaje de indicadores de nivel, termómetros, manómetros y purgadores, necesarios para su funcionamiento y seguridad.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69959)

##### **Termómetro.**

El termómetro se utiliza para medir la temperatura del líquido a transportar dentro de la cisterna. Se utilizará un termómetro de HECAPO con una caja y aro de aluminio y una mirilla de plástico. Vaina en latón y rosca macho RSP. Tiene una doble escala tanto en °C como en °F.



*Ilustración 13: Termómetro. Fuente: HECAPO.*

### **Manómetro.**

EL manómetro se utiliza para medir la presión en el interior de la cisterna. Se elegirá un manómetro siguiendo las proporciones necesarias para la cisterna y el líquido a transportar. Dado que el metano se encuentra a 5,2 bar y según el catálogo HECAPO, el manómetro P6053141400 es el indicado ya que soporta una presión de 0 a 6 bar.



*Ilustración 14: Manómetro. Fuente: HECAPO.*

### **Indicador de nivel.**

El indicador de nivel se utiliza para ver el nivel de llenado de la cisterna y saber cuándo parar de llenarla, para no se sobrepase el límite de llenado. Se colocará en la zona superior de dicha cisterna.

Se ha seleccionado un sensor radar VEGAPULS 62,



*Ilustración 15: Indicador de nivel. Fuente: HECAPO.*

#### **4.6. Fijación de la cisterna al chasis.**

Se colocarán mediante soldeo cuatro soportes en la base de la cisterna, 8 placas de anclaje y 32 tornillos de métrica 20. Todo ello será del mismo acero que la cisterna.

### **5. VEHÍCULO CISTERNA.**

La cisterna para transporte de esta sustancia se clasifica como Vehículo FL según la columna (14) de la tabla A del apartado 3.2 del ADR 2019. En este mismo documento, pero en el apartado 9.1.1.2. define “Vehículo FL como un vehículo destinado al transporte de líquidos con un punto de inflamación que no sobrepase 60 °C (exceptuando los carburantes diésel que cumplan con la norma EN 590:2013 + A1:2017, el gasoil y aceite mineral para caldeo, ligero – N° ONU 1202 – con un punto de inflamación definido en la norma EN 590:2013 + A1:2017) en cisternas fijas o desmontables con capacidad superior a 1 m<sup>3</sup> o en contenedores cisterna o cisternas portátiles de una capacidad individual superior a 3 m<sup>3</sup>.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70047)

#### **5.1. Equipamiento eléctrico.**

“La instalación deberá ser diseñada, realizada y protegida de manera que no pueda provocar ni inflamación, ni corta circuitos, en las condiciones normales de utilización de los vehículos.

##### **Cables.**

Ningún cable utilizado en un circuito eléctrico no deberá transmitir una corriente eléctrica de una intensidad superior a la cual ha sido diseñado. Los conductores deberán estar convenientemente aislados.

Los cables deberán estar adaptados a las condiciones en las cuales esté previsto utilizarlos, concretamente las condiciones de temperatura y compatibilidad con los fluidos.

Deberán ser conformes a la norma ISO 6722-1:2011 + Cor. 01:2012 o ISO 6722-2:2013.

Los cables deberán estar sólidamente sujetos y colocados de manera que estén protegidos contra las agresiones mecánicas y térmicas.

Los cables situados en la trasera de la cabina de conducción y sobre los remolques deberán, además, estar protegidos de manera que se reduzcan al

mínimo los riesgos de inflamación o de corto circuito accidental en caso de choque o deformación.

No será necesario prever una protección suplementaria para los cables de los captadores de velocidad de las ruedas.

### **Fusibles y disyuntores.**

Todos los circuitos deberán estar protegidos por fusibles o disyuntores automáticos, con excepción de los circuitos siguientes:

- de la batería de arranque al sistema de arranque en frío;
- de la batería de arranque al alternador;
- del alternador a la caja de fusibles o disyuntores;
- de la batería de arranque al arranque del motor;
- de la batería de arranque a la caja de mando de potencia del dispositivo de frenado de resistencia (ver 9.2.3.1.2), si este dispositivo es eléctrico o electromagnético;
- de la batería de arranque al mecanismo de elevador eléctrico del eje del bogie.

Los circuitos anteriores, no protegidos, deberán ser lo más cortos posibles.

### **Baterías.**

Los bornes de las baterías deberán estar aislados eléctricamente o cubiertos por la tapa del cofre aislado de la batería.

Las baterías que puedan desprender gases inflamables y que estuvieran situadas en otra parte que no fuera bajo el capó del motor, deberán estar instaladas en un cofre de baterías ventilado.

### **Iluminación.**

Las fuentes luminosas provistas de un casquillo a rosca no deben ser utilizadas.

### **Conexiones eléctricas entre los vehículos a motor y los remolques.**

Las conexiones eléctricas deberán ser diseñadas de manera que prevengan:

- la penetración de humedad y de impurezas; las partes conectadas deberán tener un grado de protección de al menos IP 54 conforme a la norma CEI 60529;

- una desconexión accidental; los conectores deberán satisfacer las prescripciones del artículo 5.6 de la norma ISO 4091:2003.

Las prescripciones se consideran satisfactorias:

- en el caso de conectores que respondan a las necesidades específicas conforme a las normas ISO 12098:20041, ISO 7638:20031, EN 15207:20141 o ISO 25981:20081;

- cuando las conexiones eléctricas formen parte de un dispositivo de enganche automático (ver Reglamento ONU N° 552).

Las demás conexiones eléctricas que sirvan para el buen funcionamiento de los vehículos o de sus equipos podrán ser utilizadas a condición de que cumplan las disposiciones del 9.2.2.6.1.

### **Tensión.**

La tensión nominal del sistema eléctrico no deberá sobrepasar 25 V CA o 60 V CC.

Las tensiones superiores serán admitidas en las partes galvánicamente aisladas del sistema eléctrico con la condición que estas partes se encuentren a más de 0,5 metros del exterior del compartimento de carga o de la cisterna.

Los sistemas que funcionen a una tensión superior a 1000 V CA o 1500 V CC deberán, además, estar colocados en una caja cerrada.

### **Cortar corrientes de baterías.**

Deberá montarse, lo más próximo posible a la batería, un interruptor que permita cortar los circuitos eléctricos. Cuando se emplee un interruptor monopolar, deberá estar colocado en el cable de alimentación y no en el cable de tierra.

En la cabina de conducción, se deberá instalar un dispositivo de mando para la abertura y el cierre del interruptor. Deberá ser fácilmente accesible al conductor y estar claramente señalizado.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70055)

## **5.2. Equipamiento de frenado.**

“Los vehículos a motor y los remolques destinados a constituir una unidad de transporte de mercancías peligrosas deben cumplir todas las disposiciones técnicas pertinentes del Reglamento ONU N° 134, en su redacción modificada, conforme a las fechas de aplicación que allí se especifican.

Los vehículos EX/II, EX/III, FL y AT deberán cumplir las disposiciones del anejo 5 al Reglamento ONU N° 134.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70059)

## **5.3. Prevención de riesgos de incendio.**

### **“Depósitos y botellas de carburante.**

Los depósitos y botellas de carburante para la alimentación del motor del vehículo deberán responder a las disposiciones siguientes:

a) En caso de fugas, sobrevenidas en condiciones normales de transporte, el carburante líquido o la fase líquida de un carburante gaseoso, se deberá canalizarse hasta el suelo sin entrar en contacto con la carga ni con las partes calientes del vehículo;

b) Los depósitos de carburante para los combustibles líquidos deberán ser conformes a las disposiciones del Reglamento ONU N° 345, los depósitos que contengan gasolina deberán ir equipados con un dispositivo cortallamas eficaz que se adapte a la boca de llenado o de un dispositivo que permita mantener la boca de llenado cerrada herméticamente. Los depósitos de GLP, y botellas de GNC deberán satisfacer las prescripciones pertinentes del Reglamento ONU N° 1106. Los depósitos de GLP, deberán satisfacer las prescripciones pertinentes del Reglamento ONU N° 677;

c) Las aberturas de vaciado de los dispositivos de descompresión o de las válvulas de los depósitos de carburante que contengan combustibles gaseosos deberán estar orientados en una dirección distinta que la de las tomas de aire, de los depósitos de carburante, del cargamento o de las partes calientes del vehículo y no deberán afectar a las superficies cerradas, los otros vehículos, los sistemas provistos de tomas de aire al exterior (por ejemplo los sistemas de climatización), la admisión del motor, el escape del motor. Las tuberías del circuito de alimentación no deberán ser fijadas sobre el recinto que contenga el cargamento.

**Motor.**

Los motores que arrastren los vehículos deberán ir equipados y estar ubicados de modo que se evite cualquier peligro para el cargamento a consecuencia de un recalentamiento o inflamación. La utilización de GNC o GNL como carburante no deberá ser admitido salvo que los órganos especiales para el GNC y GNL estén homologados conforme al Reglamento ONU N° 1106 y satisfagan las prescripciones del 9.2.2. La instalación sobre el vehículo deberá ser conforme a las prescripciones técnicas del 9.2.2 y del Reglamento ONU N° 1106. La utilización de GLP como carburante no deberá ser admitido salvo que los órganos especiales para el GLP, estén homologados conforme al Reglamento ONU 677 y satisfagan las prescripciones del 9.2.2. La instalación sobre el vehículo deberá ser conforme a las prescripciones técnicas del 9.2.2 y del Reglamento ONU N° 677. En el caso de los vehículos EX/II y EX/III, el motor deberá ser un motor de encendido por compresión y funcionar únicamente con carburantes líquidos cuyo punto de inflamación sea superior a 55 °C. Los gases no deberán ser utilizados.

**Dispositivo de escape.**

El dispositivo de escape (incluyendo los tubos de escape) debe dirigirse o protegerse de modo que se evite cualquier peligro para el cargamento a causa de un recalentamiento o inflamación. Las partes del escape que se encuentren directamente debajo del depósito de carburante (diésel) se deberán hallar a una distancia mínima de 100 mm o estar protegidas por una pantalla térmica.

**Frenado de resistencia del vehículo.**

Los vehículos equipados con un dispositivo de frenado de resistencia que emita temperaturas elevadas, situado detrás de la pared posterior de la cabina, deberán estar provistos de un aislamiento térmico entre el dispositivo y la cisterna o el cargamento, fijado de modo sólido y colocado de tal manera que permita evitar cualquier recalentamiento, aunque sea limitado, de la pared de la cisterna o el cargamento.

Además, este aislamiento deberá proteger al aparato contra las fugas o derrames, incluso accidentales, del producto transportado. Se considerará satisfactoria una protección que tenga, por ejemplo, una capota con pared doble.

### **Calefacción a combustión.**

Las calefacciones a combustión deben cumplir las disposiciones técnicas pertinentes del Reglamento ONU N° 1228 según se ha modificado, así como las disposiciones de 9.2.4.7.2 a 9.2.4.7.6 aplicables según la tabla 9.2.1.

Las calefacciones a combustión y sus conductos de escape de gases deberán diseñarse, ubicarse y estar protegidos o recubiertos de modo que se prevenga cualquier riesgo inaceptable de recalentamiento o de inflamación de la carga. Se considerará que se cumple con esta disposición si el depósito y el sistema de escape del aparato cumplen con disposiciones análogas a las prescritas para los depósitos de carburante y los dispositivos de escape de los vehículos en las 9.2.4.3 y 9.2.4.5 respectivamente.

Se deberá asegurar el corte de las calefacciones a combustión al menos por los métodos siguientes:

- a) corte manual a voluntad desde la cabina del conductor;
- b) parada del motor del vehículo; en este caso, el aparato de calefacción se podrá volver a poner en marcha manualmente por el conductor;
- c) puesta en marcha de una bomba de alimentación en el vehículo a motor para las mercancías peligrosas transportadas.

Se autorizará una marcha residual después de que los dispositivos de calefacción complementarios se hayan cortado. En lo que concierne a los métodos de los 9.2.4.7.3 b) y c), la alimentación de aire de la combustión se deberá interrumpir por medidas apropiadas después de un ciclo de marcha residual de un máximo de 40 segundos. Solamente se deberán utilizar aquellos dispositivos de calefacción a combustión para los que se haya probado que el cambiador de calor resiste un ciclo de marcha residual reducido de 40 segundos para su período de utilización normal.

La calefacción a combustión se deberá poner en marcha manualmente. Se prohíbe el uso de dispositivos de programación.



No se autorizarán las calefacciones a combustión de carburantes gaseosos.”  
(Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70059)

#### **5.4. Dispositivos de limitación de velocidad.**

“Los vehículos a motor (portadores y tractores para semirremolques) con una masa máxima superior a 3,5 toneladas deberán ir equipados con un dispositivo de limitación o una función de limitación de velocidad conforme a las disposiciones técnicas del Reglamento ONU N° 899, modificado. El dispositivo o la función de limitación se debe regular de tal manera que la velocidad no pueda exceder de 90 km/h.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70061)

#### **5.5. Dispositivos de enganche de los vehículos a motor y los remolques.**

“Los dispositivos de enganche de los vehículos a motor y los remolques deberán ser conforme a las prescripciones técnicas del Reglamento ONU N° 552 modificado, conforme a las fechas de aplicación que sean especificadas.”  
(Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70061)

#### **5.6. Prevención de otros riesgos debidos a los carburantes.**

“Los circuitos del carburante del motor propulsado por GNL de los vehículos deberán ser equipados y colocados de forma que eviten todo peligro para el cargamento, que podría ser causado por el hecho de que el gas esté refrigerado.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70061)

#### **5.7. Unión de la Cisterna al chasis/semirremolque.**

La unión de la Cisterna con el semirremolque se realiza mediante unos tornillos que unen unos soportes de acero soldado a la cisterna con unas placas de anclaje soldadas a las vigas del semirremolque.

#### **5.8. Unión de Semirremolque a la cabeza tractora.**

La cabeza tractora y el semirremolque están unidos gracias a la quinta rueda y el Kingpin. La quinta rueda está instalada en la parte trasera de la cabeza tractora mientras que el Kingpin está en la plataforma inferior delantera del semirremolque.

### 5.8.1. Quinta rueda.

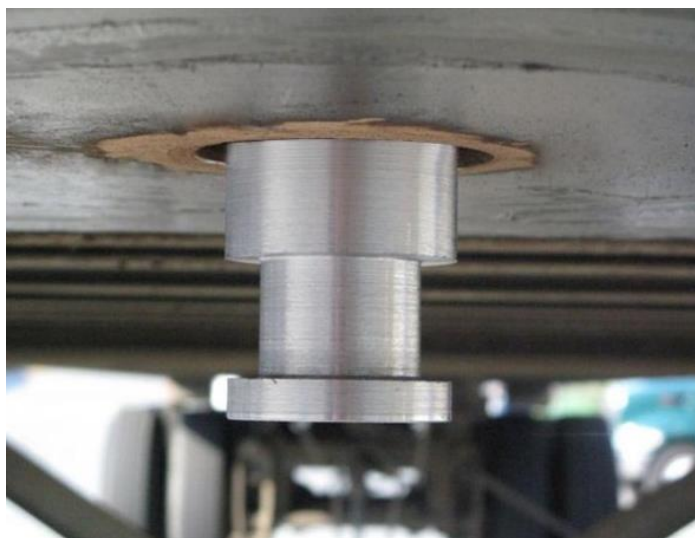
La quinta rueda es un plato de acero fundido y una base que puede ser fija o deslizante. Tiene dos apoyos en la base atornillados directamente a cada una de las vigas del chasis de la cabeza tractora, así la carga vertical irá al chasis y a su vez a la suspensión y las llantas.



*Ilustración 16: Quinta rueda. Fuente: Prueba de ruta.*

### 5.8.2. King-pin.

El perno de rey entra en la quinta rueda para que se realice la unión del semirremolque con la cabeza tractora. Debe estar colocado perpendicularmente, está fabricado de acero aleado, templado y revenido.



*Ilustración 17: Kingpin. Fuente: Prueba de ruta.*

## **6. PROTECCIONES.**

### **6.1. Aislamiento térmico de la cisterna.**

“El aislamiento térmico se diseñará de modo que no entorpezca el acceso a los dispositivos de llenado o vaciado, a las válvulas de seguridad, ni su funcionamiento.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69944)

“Si las cisternas destinadas al transporte de gases licuados estuvieran dotadas de aislamiento térmico, éste deberá estar formado por:

- bien por una pantalla parasol, aplicada al menos en el tercio superior y, como máximo, en la mitad superior de la cisterna, y separada del depósito por una cámara de aire de un espesor mínimo de 4 cm.,
- o por un revestimiento completo de materiales aislantes, de un espesor adecuado.” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

“Las cisternas destinadas al transporte de gases licuados refrigerados irán aisladas térmicamente. El aislamiento térmico se garantizará por medio de una envoltura continua. Si el espacio entre el depósito y la envoltura es una cámara de aire (aislamiento al vacío de aire), la envoltura de protección se calculará para soportar sin deformación una presión externa mínima de 100 kPa (1 bar) (presión manométrica). Anulando la definición de presión de cálculo del 1.2.1, podrá ser tenida en cuenta al efectuar los cálculos de los dispositivos de refuerzo interiores y exteriores. Si la envoltura estuviere cerrada de modo estanco a los gases, un dispositivo garantizará que no se produzca ninguna presión peligrosa en la capa de aislamiento en caso de insuficiente estanqueidad del depósito o de sus equipos. Tal dispositivo impedirá que haya filtraciones de humedad en la envoltura de aislamiento térmico.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69960)

Por todo lo descrito anteriormente por el ADR 2019 la cisterna constará de:

- Un aislante material aislante, lana de roca.

La lana de roca viene de roca natural, la basáltica, una roca natural que está muy presente en la corteza terrestre. Destaca por su buen comportamiento antes el fuego, cosa que es de destacar teniendo en cuenta de que se trata con un producto altamente inflamable, también tiene buenas propiedades como aislante térmico.

El aislante de lana de roca estará colocado entre el depósito interno y el recubrimiento.

- Al vacío. La cisterna tendrá como aislante un proceso de vacío, lo cual hará que la temperatura del depósito interior se mantenga constante y gracias a ello se podrá transportar el metano a dicha temperatura. Entre las dos capas de la cisterna se realizará el proceso de vacío a través de una tubería.

### **6.2. Protección contra vuelcos.**

“Los órganos y accesorios situados en la parte superior de la cisterna estarán protegidos contra los daños ocasionados por un posible vuelco. Esta protección puede consistir en unos aros de refuerzo, unas capotas de protección o unos elementos, bien transversales o longitudinales, de un perfil adecuado para garantizar una protección eficaz.

Por lo tanto, para esta cisterna, las válvulas de sobrepresión tendrán una protección con aros de refuerzo situados en la zona superior de la cisterna.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69945)

### **6.3. Protección posterior de los vehículos.**

“La parte posterior del vehículo deberá estar dotada, en todo el ancho de la cisterna, de un parachoques suficientemente resistente a los impactos traseros. Entre la pared posterior de la cisterna y la parte posterior del parachoques, deberá existir una separación mínima de 100 mm (esta separación se medirá referenciada al punto más posterior o a los accesorios salientes en contacto con la materia transportada).” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 70068)

### **6.4. Protección contra daños.**

“Para los depósitos de sección circular, o elíptica con un radio de curvatura máximo que no supere 2 m., el depósito se proveerá de refuerzos formados por mamparos, rompeolas, o de anillos exteriores o que, al menos, se cumpla una de las siguientes condiciones:

- que la separación entre dos refuerzos adyacentes no sea superior a 1,75 m
- que el volumen comprendido entre dos mamparos o rompeolas no supere los 7.500 litros.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69940)

## 7. SEÑALIZACIÓN.

### 7.1. Señalización de la cisterna.

“Para cada materia u objeto mencionado en la tabla A del capítulo 3.2, se aplicarán las etiquetas indicadas en la columna (5) a menos que se haya previsto otra cosa por una disposición especial en la columna (6). Las placas-etiquetas deberán figurar sobre un fondo de color que ofrezca un buen contraste o ir rodeadas de un borde de trazo continuo o discontinuo. Deberán ser resistentes a la intemperie y garantizar una señalización que dure todo el transporte.

Las placas-etiquetas deberán fijarse en los dos laterales y la trasera del vehículo. Si el vehículo-cisterna o la cisterna desmontable transportada sobre el vehículo tiene varios compartimentos y transporta dos o más mercancías peligrosas, las placas-etiqueta de cada mercancía se deben colocar a los dos lados del compartimento correspondiente y una placa-etiqueta, para cada modelo colocado en cada lado, en la trasera del vehículo. Si las mismas placas-etiquetas se deben colocar en todos los compartimentos, sólo se deberán colocar una vez a cada lado y en la trasera del vehículo. Si se necesitan varias placas-etiquetas para el mismo compartimento, éstas se colocarán una al lado de la otra.

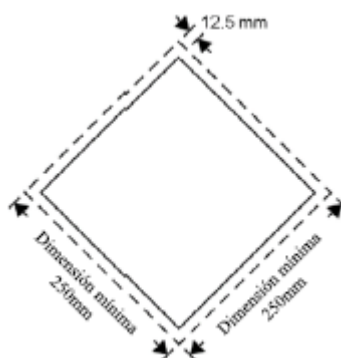


Ilustración 18: Placa etiqueta. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)

La placa etiqueta deberá tener la forma de un cuadrado colocado sobre un vértice formando un ángulo de  $45^\circ$  (en rombo). Las dimensiones mínimas deberán ser de 250 mm x 250 mm (hasta el borde de la placa-etiqueta). La línea interior deberá ser paralela al borde de la placa-etiqueta y encontrarse a una distancia de 12,5 mm. El símbolo y la línea trazada en el interior de la placa-etiqueta deberán ser del mismo color que la etiqueta de la clase o

división que formen parte de las mercancías peligrosas en cuestión. Cuando las dimensiones no estén especificadas, todos los elementos deben respetar aproximadamente las proporciones representadas.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69709)

### 7.2. Etiquetas de peligro clase 2.

El metano se trata de un gas, por ello de clase 2, inflamable, clase 2.1. El signo corresponde a una llama en color negro o blanco, sobre un fondo rojo, y en la esquina inferior el número 2 de color negro o blanco.



Ilustración 19: Etiqueta peligro. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)

### 7.3. Disposiciones especiales.

Haciendo referencia a la columna (6) de la tabla donde se describe al metano según el ADR 2019:

“**392:** Para el transporte de los sistemas de contención de gases combustibles que estén diseñados y homologados para ser instalados en vehículos automóviles y que contengan el gas, no será necesario aplicar las disposiciones de la subsección 4.1.4.1 y el capítulo 6.2 del ADR cuando el transporte tenga por objeto su eliminación, reciclaje, reparación, inspección o mantenimiento, o su traslado desde el lugar de fabricación a la fábrica de montaje de vehículos, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) Los sistemas de contención de gases combustibles deberán cumplir lo dispuesto en las normas y reglamentos aplicables en materia de depósitos de carburante para vehículos. Los siguientes son ejemplos de normas y reglamentos aplicables:

<b>Depósitos de GLP</b>	
Reglamento n.º 67 ONU (revisión 2)	Disposiciones uniformes relativas a: I. La homologación de: I equipos especiales para la alimentación del motor a gases licuados del petróleo específicos de vehículos de las categorías M y N. II. De vehículos de las categorías M y N provistos de equipos especiales para la alimentación del motor con gases licuados del petróleo, en relación con la instalación de dichos equipos.
Reglamento n.º 15 ONU	Disposiciones uniformes relativas a la homologación de: I. Sistemas especiales de adaptación al GLP (gas licuado del petróleo) destinados a ser instalados en vehículos de motor para la utilización de GLP en su sistema de propulsión. II Sistemas especiales de adaptación al GNC (gas natural comprimido) destinados a ser instalados en vehículos de motor para la utilización de GNC en su sistema de propulsión.

*Tabla 39: Normas y reglamentos aplicables. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)*

Podrán seguir transportándose los depósitos de gas diseñados y fabricados con arreglo a versiones anteriores de las normas o reglamentos en materia de depósitos de gas de vehículos automóviles que fueran aplicables en el momento de la homologación de los vehículos para los que los depósitos se diseñaron y fabricaron.

- b) Los sistemas de contención de gases combustibles deberán ser estancos y no presentar ningún daño externo que pueda afectar a la seguridad.
- c) Si el sistema de contención de gas está equipado de al menos dos válvulas integradas en serie, las dos válvulas deberán cerrarse de manera que sean

estancas al gas en condiciones normales de transporte. Si solo existe una válvula o solo una funciona correctamente, todas las aberturas, con excepción del dispositivo de alivio de presión, deberán cerrarse de manera que sean estancas a los gases en condiciones normales de transporte.

- d) Los sistemas de contención de gases combustibles deben ser transportados de manera que se eviten la obstrucción del dispositivo de alivio de presión, los daños en las válvulas o en cualquier otra parte a presión de los sistemas de contención de gases combustibles y las fugas accidentales de gas en condiciones normales de transporte. El sistema de contención de gases combustibles debe estar instalado de tal forma que no pueda deslizarse, rodar o desplazarse verticalmente.
- e) Las válvulas habrán de protegerse por alguno de los métodos descritos en las letras a) a e) de la subsección 4.1.6.8.
- f) Salvo cuando se retiren para su eliminación, reciclado, reparación, inspección o mantenimiento, los sistemas de contención de gases combustibles no podrán llenarse por encima del 20% de su grado nominal de llenado o presión nominal de servicio, según corresponda.
- g) Sin perjuicio de lo dispuesto en el capítulo 5.2, cuando los sistemas de contención de gases combustibles sean expedidos en un dispositivo de manipulación deberán colocarse en este las correspondientes marcas y etiquetas.
- h) Sin perjuicio de lo dispuesto en la letra f) del apartado 5.4.1.1.1, la información sobre la cantidad total de mercancías peligrosas podrá sustituirse por la siguiente:
  - a. el número de sistemas de contención de gases combustibles; y
  - b. en el caso de gases licuados, la masa neta total (kg) de gas de cada sistema de contención de gases combustibles y, en el caso de gases comprimidos, la capacidad total de agua (l) de cada sistema de contención de gases combustibles, seguida de la presión nominal de servicio. “ (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69447)



## **7.4. Paneles naranjas.**

### **7.4.1. Disposiciones generales relativas al panel naranja.**

“Estos paneles naranjas deberán ir provistos de los números de identificación de peligro y el número ONU dispuestos respectivamente en las columnas (20) y (1) de la Tabla A del capítulo 3.2.

Las unidades de transporte que lleven mercancías peligrosas llevarán, dispuestos en un plano vertical, dos paneles rectangulares de color naranja conforme al 5.3.2.2.1. Se fijará uno en la parte delantera de la unidad de transporte y el otro en la parte trasera, perpendicularmente al eje longitudinal de ésta. Habrán de ser bien visibles.

Los paneles naranjas que no se correspondan con las mercancías peligrosas transportadas, o con los residuos de estas mercancías, deberán ser retirados o recubiertos. Si los paneles van recubiertos, el revestimiento deberá ser total y deberá seguir siendo eficaz, después de un incendio de una duración de 15 minutos.

Si los paneles naranjas previstos en 5.3.2.1.2 y 5.3.2.1.4 colocados en los contenedores, los contenedores para granel, contenedores cisterna, CGEM o cisternas portátiles no son bien visibles desde el exterior del vehículo portador, los mismos paneles deberán además colocarse en los dos costados laterales del vehículo.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69713)

### **7.4.2. Especificaciones relativas a los paneles naranja.**

“Los paneles naranjas deben ser retroreflectantes y deberán tener una base de 40 cm. y una altura de 30 cm.; llevarán un ribete negro de 15 mm. El material utilizado debe ser resistente a la intemperie y garantizar una señalización duradera. El panel no deberá separarse de su fijación después de un incendio de una duración de 15 minutos. Permanecerá fijado sea cual sea la orientación del vehículo Los paneles naranjas pueden presentar en el medio una línea horizontal con una anchura de 15 mm.

Si el tamaño y la construcción del vehículo son tales que la superficie disponible sea insuficiente para fijar estos paneles naranjas, sus dimensiones podrán ser reducidas hasta un mínimo de 300 mm. para la base, 120 mm. para la altura y 10 mm. para el reborde negro.

El color naranja de los paneles, en condiciones de utilización normales, deberá tener coordenadas tricromáticas localizadas en la región del diagrama colorimétrico que se delimitará al unir entre sí los puntos cuyas coordenadas son las siguientes:

Coordenadas <u>tricromáticas</u> de los puntos situados en los ángulos de la región del diagrama colorimétrico.				
X	0.52	0.52	0.578	0.618
y	0.38	0.40	0.422	0.38

Tabla 40:Coordenadas tricromáticas de los puntos. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)

Factor de luminosidad del color retroreflectante:  $\beta > 0,12$ .

Centro de referencia E, luz patrón C, incidencia normal 45°, divergencia 0°.

Coefficiente de intensidad luminosa en un ángulo de iluminación de 5° y de divergencia 0,2: mínimo 20 candelas por lux y por m2.

El número de identificación de peligro y el número ONU deberán estar constituidos por cifras negras de 10 cm. de altura y de 15 mm. de espesor. El número de identificación del peligro deberá inscribirse en la parte superior del panel y el número ONU en la parte inferior; estarán separados por una línea negra horizontal de 15 mm. de espesor que atraviese el panel a media altura (véase 5.3.2.2.3). El número de identificación de peligro y el número de ONU deberán ser indelebles y permanecer visibles después de un incendio de una duración de 15 minutos. Las cifras y las letras intercambiables sobre los paneles que representen el número de identificación de peligro y el número ONU permanecerán en su lugar durante el transporte y sin tener en cuenta la orientación del vehículo.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69714)

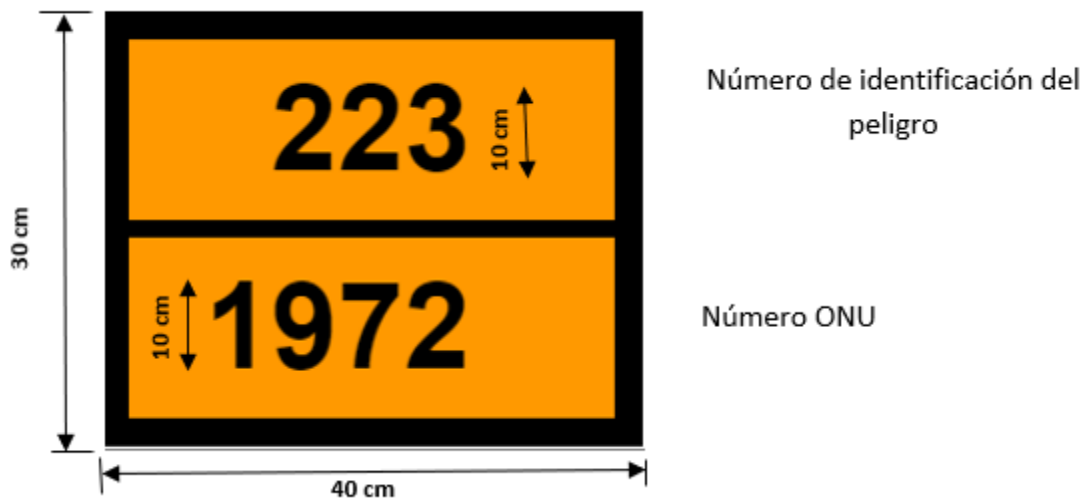


Ilustración 20: Panel naranja. Fuente: Evomec.

En el caso del metano, su número de identificación de peligro es 223, gas licuado refrigerado, inflamable.

### 7.5. Panel indicador de vehículos largos.

El panel indicador de vehículos largos V-6, es una placa que identifica a los vehículos cuya longitud es superior a 12 metros. Debe estar situada en el centro de la parte trasera del vehículo o si fuese necesario se colocarían dos placas iguales lo más próximo a los bordes aumentando su visibilidad.

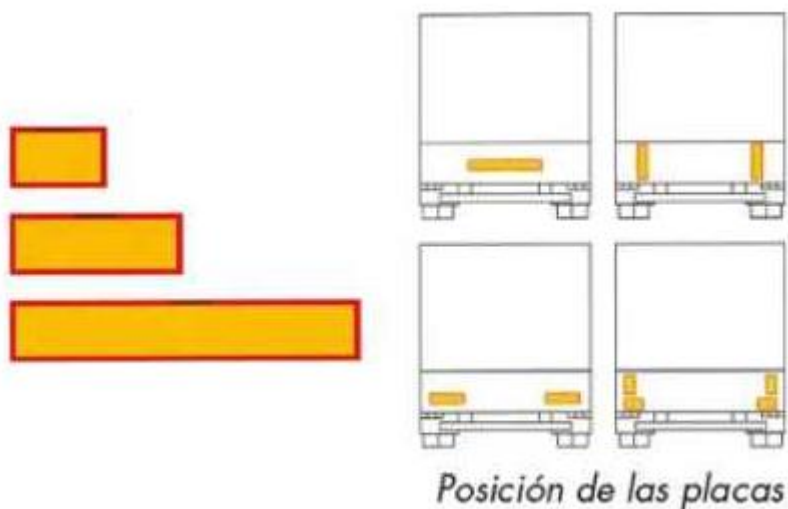


Ilustración 21: Panel Vehículos largos. Fuente: Preventecsl.

En todos los casos la señal V-6 se colocará entre 0,5 metros y 1,5 metros del suelo.

## 8. MARCADO.

### 8.1. Según ADR 2019.

“Todas las cisternas llevarán una placa metálica resistente a la corrosión, fijada de modo permanente sobre la cisterna, en un lugar de fácil acceso para su inspección. En esta placa se mostrarán, por estampado o cualquier otro método semejante, como mínimo, los datos que se relacionan a continuación. Se admitirá que estos datos se graben directamente en las paredes del depósito propiamente dicho, con la condición de que estas se refuercen de modo que no se comprometa la resistencia del depósito:” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69952)

- “- número de aprobación;
- designación o marca del fabricante;
- número de serie de fabricación;
- año de construcción;
- presión de prueba (presión manométrica);
- presión exterior de cálculo (véase 6.8.2.1.7);
- capacidad del depósito
- para los depósitos de varios compartimentos, la capacidad de cada elemento-, seguido del símbolo S cuando los depósitos o los compartimentos de más de 7.500 litros estén divididos mediante rompeolas en secciones con una capacidad no superior a 7.500 litros;
- temperatura de cálculo (solamente si es superior a +50° C o inferior a -20° C);
- fecha y tipo de la última prueba sufrida *mes, año* seguido de una *P* cuando esta prueba es la prueba inicial o una prueba periódica según 6.8.2.4.1 y 6.8.2.4.2, o *mes, año* seguido por una *L* cuando esta prueba es una prueba de estanqueidad intermedia según el 6.8.2.4.3;
- cuño del perito que ha realizado las pruebas; - material del depósito y referencia a las normas de los materiales, si fueran disponibles, y, en su caso, del revestimiento de protección;

- presión de prueba del conjunto del depósito y presión de prueba por compartimentos en MPa o bar (presión manométrica), si la presión por compartimentos fuera inferior a la presión para el depósito.

Además, la presión máxima de servicio autorizada se inscribirá sobre las cisternas de llenado o vaciado a presión.” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

“Las indicaciones siguientes deben estar inscritas sobre el vehículo cisterna (sobre la cisterna propiamente dicha o sobre una placa):

- nombre del propietario o del explotador

- masa en vacío del vehículo cisterna; y

- masa máxima autorizada del vehículo cisterna;” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69952)

### **8.1.1. Disposiciones especiales.**

“Los datos que se enumeran a continuación, se mostrarán, estampados o por cualquier otro medio similar, sobre la placa prevista en el 6.8.2.5.1, o directamente sobre las paredes del depósito propiamente dicho, siempre que éstas se refuercen de modo que no se pueda comprometer la resistencia de la cisterna.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69964)

“En cuanto a las cisternas destinadas al transporte de una sola materia:

- la designación oficial del transporte de gas y, por añadidura, para los gases afectados por un epígrafe n.e.p., la denominación técnica.

Esta mención se completará: para las cisternas destinadas al transporte de gases comprimidos que se cargan por peso, así como de los gases licuados, licuados refrigerados o disueltos, por el peso máximo admisible en kg. y por la temperatura de llenado, si ésta fuera inferior a -20 °C.” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

“En lo referente a las cisternas destinadas al transporte de gas licuado refrigerado:

- La presión máxima autorizada de servicio.” (Boletín Oficial del Estado, 2019)

“Para las cisternas provistas de aislamiento térmico:

- la inscripción calorifugado o aislado al vacío, en un idioma oficial del país de matriculación y, además, si este idioma no es el alemán, el inglés o el francés, en alemán, inglés o francés, excepto cuando los acuerdos establecidos entre

los Estados interesados, si los hubiere, dispongan en contrario.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69964)

## **8.2. Según el Real Decreto 1388/2011. Capítulo III. Conformidad de los equipos a presión transportables.**

### **“Artículo 12. Conformidad de los equipos a presión transportables y evaluación de la misma.**

1. Los equipos a presión transportables a que se refiere el artículo 1, apartado 2, párrafo a), deberán cumplir los requisitos pertinentes, relativos a la evaluación de la conformidad y a los controles periódicos, intermedios y extraordinarios, establecidos en el RID y ADR y en los capítulos III y IV del presente real decreto.

2. Los equipos a presión transportables a que se refiere el artículo 1, apartado 2, párrafo b), deberán cumplir las especificaciones de la documentación conforme a la cual se hayan fabricado. Los equipos estarán sujetos a controles periódicos, intermedios y extraordinarios con arreglo al RID y ADR y a los requisitos de los capítulos III y IV del presente real decreto.

3. Los certificados de evaluación de la conformidad, los certificados de reevaluación de la conformidad y los informes de los controles periódicos, intermedios y extraordinarios expedidos por un organismo notificado serán válidos en todo el territorio nacional y todos los Estados miembros.

Para las partes desmontables de los equipos a presión transportables recargables podrá efectuarse una evaluación de la conformidad independiente.” (Real Decreto 1388/2011, 2010)

### **“Artículo 13. Principios generales del mercado Π.**

1. El mercado Π será colocado únicamente por el fabricante o, en los casos de reevaluación de la conformidad, con arreglo a lo dispuesto en el anexo II del presente real decreto. En relación con las botellas de gas anteriormente conformes con la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 3 de julio de 1987, por la que se modifica la instrucción técnica complementaria MIE-AP7 del Reglamento de aparatos a presión, referente a botellas y botellones para gases comprimidos, licuados y disueltos a presión, el mercado Π será colocado por el organismo notificado o bajo la supervisión del mismo.

2. El marcado Π se colocará exclusivamente en los equipos a presión transportables que:

- a) Cumplan los requisitos relativos a la evaluación de la conformidad establecidos en el RID y ADR y en el presente real decreto, o
- b) cumplan los requisitos relativos a la reevaluación de la conformidad mencionados en la disposición transitoria única.

No se colocarán en ningún otro equipo a presión transportable.

3. Con la colocación del marcado Π, el fabricante indica que asume la responsabilidad de la conformidad del equipo a presión transportable con todos los requisitos aplicables establecidos en el RID y ADR y en el presente real decreto.

4. A los efectos del presente real decreto, el marcado Π será el único marcado que acredite la conformidad del equipo a presión transportable con los requisitos aplicables establecidos en el RID y ADR y en el presente real decreto.

5. Queda prohibido fijar en los equipos a presión transportables marcados, signos e inscripciones que puedan inducir a terceros a error sobre el significado o la forma del marcado Π.

Cualquier otro marcado se colocará en los equipos a presión transportables de forma que no afecte a la visibilidad, la legibilidad y el significado del marcado Π.

6. Las partes desmontables de los equipos a presión transportables recargables con una función directa de seguridad llevarán el marcado Π.

7. Las Comunidades Autónomas se asegurarán de la correcta aplicación del régimen que regula el marcado Π y emprenderán las acciones oportunas en caso de uso incorrecto del marcado. Las Comunidades Autónomas establecerán asimismo las correspondientes sanciones. Dichas sanciones deberán ser proporcionadas a la gravedad de la infracción y constituir un elemento eficaz de disuasión contra el uso incorrecto del marcado.” (Real Decreto 1388/2011, 2010)

#### **“Artículo 14. Reglas y condiciones para la colocación del marcado Π.**

1. El marcado Π consistirá en el símbolo que se reproduce en el modelo siguiente:

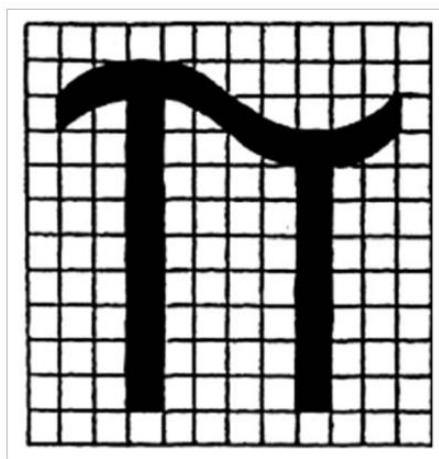


Ilustración 22: Símbolo del marcado П. Fuente: (Real Decreto 1388/2011, 2010)

2. La altura mínima del marcado П será de 5 mm. Para los equipos a presión transportables con un diámetro igual o inferior a 140 mm la altura mínima será de 2,5 mm.
3. Se respetarán las proporciones del dibujo graduado del apartado 1 de este artículo. La rejilla no forma parte del marcado.
4. El marcado П se colocará en el equipo a presión transportable o en su placa de datos de manera visible, legible e indeleble, así como en las partes desmontables del equipo a presión transportable recargable que cumplan una función directa de seguridad.
5. El marcado П se colocará antes de introducir en el mercado un nuevo equipo a presión transportable o partes desmontables del equipo a presión transportable recargable que cumplan una función directa de seguridad.
6. El marcado П irá seguido del número de identificación del organismo notificado que intervenga en los controles y ensayos iniciales.  
El número de identificación del organismo notificado lo colocará el propio organismo, o siguiendo sus instrucciones, el fabricante.
7. El marcado de la fecha del control periódico o, cuando proceda, del control intermedio deberá ir acompañado del número de identificación del organismo notificado responsable del control periódico.
8. En relación con las botellas de gas anteriormente conformes con la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 3 de julio de 1987, por la que se modifica la instrucción técnica complementaria MIE-AP7 del Reglamento de aparatos a presión, referente a botellas y botellones para gases comprimidos, licuados y disueltos a presión que no lleven el marcado П, con ocasión del



primer control periódico realizado de conformidad con el presente real decreto el número de identificación del organismo notificado deberá ir precedido del marcado П.” (Real Decreto 1388/2011, 2010)

## **9. PROCESO DE FABRICACIÓN.**

Una vez aprobado el proyecto y los planos, con una cortadora laser se empiezan a cortar las planchas de acero, este laser es muy preciso por lo que se corta con la forma deseada y teniendo en cuenta el hueco para la boca de hombre. A continuación, se fabrican las piezas más grandes, se colocan en una máquina controlado por ordenador, dos planchas de acero para ser soldadas en una soldadora por plasma mediante alambre de acero, que será el material de aporte. Uno de los operarios utilizará una lijadora de banda sobre la soldadura para dejarla recta e igualada. Mediante una laminadora, a la plancha se le va dando la forma cilíndrica (para una cisterna hacen falta de 2 a 4 cilindros). Mientras tanto otra laminadora hará unos aros que reforzarán los cilindros y le ayudarán a mantener la forma redonda. Algunas cisternas necesitan hasta 12 de estos para reforzar sus paredes. Se sueldan los aros a la cisterna, inspeccionando que todo vaya bien. También se van soldando las tapas del cilindro. Al soldar piezas en la parte exterior se decolora el acero de la parte interior, por ello un operario pule la parte interna de la cisterna para que quede limpio.

Después de todo esto, mediante unas bandas de poliuretano se delimita las secciones necesarias donde colocar el aislante térmico.

A continuación, se colocan chapas finas de acero envolviendo a la cisterna para proteger el aislante. Estos trozos se sujetan momentáneamente con correas de cuero, se sujetan para colocarlo correctamente para luego soldarlo. Se preparan las cubiertas de las tapas del cilindro usando una máquina de sellado que crea una pestaña en el borde de las pestañas, se unen la delantera y la trasera a la cubierta exterior, encajando las pestañas y se encajan del todo usando un martillo. Se colocan todos los componentes auxiliares como la pasarela y la escalera.

Posteriormente la cisterna se fija al chasis como se ha descrito anteriormente mediante unos tornillos. El semirremolque y la cabeza tractora también se unen mediante la quinta rueda y el kingpin.

Finalmente, se coloca toda la señalización necesaria y se pasan las pruebas y ensayos para su aprobación final.

## **10. SOLDADURA.**

Es muy importante tener en cuenta el proceso de soldadura para la calidad y coste del proyecto. Hay que aplicar un control sobre todo el proceso de soldeo para que se lleve a cabo de una forma correcta y eficiente.

“Los requisitos de calidad adecuados para los procesos de soldeo por fusión de materiales metálicos. Los requisitos que contiene esta norma pueden adoptarse para otros procesos de soldeo. Estos requisitos se refieren solo a aquellos aspectos de la calidad de productos, que pueden verse influenciados por el soldeo por fusión, sin ser asignados a ningún grupo de productos específico.” (UNE-EN ISO 3834-1, 2006)

“El fabricante debe revisar los requisitos contractuales y cualquier otro requisito, conjuntamente con cualquier dato técnico facilitado por el comprador o datos internos cuando la construcción es diseñada por el fabricante. El fabricante debe establecer que toda la información necesaria para llevar a cabo las operaciones de fabricación esta completa y disponible antes del comienzo del trabajo. El fabricante debe declarar su capacidad para cumplir todos los requisitos y debe asegurar una adecuada planificación de todas las actividades relacionadas con la calidad.

El fabricante revisa los requisitos para verificar que el conjunto del trabajo está dentro de sus posibilidades, que dispone de recursos suficientes para cumplir los plazos de entrega y que la documentación es clara e inequívoca. El fabricante debe asegurar que cualquier variación entre el contrato y cualquier presupuesto previo está identificada, y que se notificará al comprador cualquier cambio de programa, coste o cambio de ingeniería que pueda producirse.” (UNE-EN ISO 3834-2, 2006)

### **10.1. Plan de producción.**

“El fabricante debe elaborar un plan de producción adecuado.

Dicho plan debe incluir, al menos:

- la especificación de la secuencia por la cual la construcción va a ser fabricada (por ejemplo, con piezas individuales o por subconjuntos, y el orden de la secuencia final de ensamblaje);
- la identificación de los procesos individuales requeridos para fabricar la construcción;
- las referencias a las especificaciones de procedimiento apropiadas para el soldeo y procesos asociados;
- la secuencia en la que las soldaduras van a ser efectuadas;
- el orden y tiempo en el cual los procesos individuales van a llevarse a cabo;
- la especificación para la inspección y ensayos, incluyendo la participación de cualquier organismo de inspección independiente;
- las condiciones ambientales (por ejemplo, protección contra el viento y la lluvia);
- la identificación por lotes, componentes o piezas, según sea apropiado;
- asignación del personal cualificado;
- establecimiento de cualquier ensayo de producción.” (UNE-EN ISO 3834-2, 2006)

### **10.2. Instrucciones de trabajo.**

“El fabricante puede utilizar directamente la especificación del procedimiento de soldeo con objeto de instruir a los soldadores. Alternativamente, puede utilizar instrucciones específicas de trabajo. Tales instrucciones de trabajo se preparan a partir de una especificación de procedimiento de soldeo cualificada y no requieren cualificación independiente.” (UNE-EN ISO 3834-2, 2006)

### **10.3. Tratamiento térmico post-soldo.**

“El fabricante debe ser totalmente responsable de la especificación y de la aplicación de cualquier tratamiento térmico post-soldo. El procedimiento debe ser compatible con el metal base, la unión soldada, construcción, etc. y estar de acuerdo con la norma de producto y/o requisitos especificados. Durante el proceso se debe efectuar un registro del tratamiento térmico. El registro debe demostrar que se ha seguido la especificación y debe ser trazable al producto particular.” (UNE-EN ISO 3834-2, 2006)

#### **10.4. Inspecciones y ensayos de las soldaduras.**

“La inspección y los ensayos deben aplicarse en los momentos apropiados del proceso de fabricación para asegurar la conformidad con los requisitos del contrato. La situación y frecuencia de las inspecciones y/o ensayo dependerá del contrato y/o de la norma del producto, del proceso de soldeo y del tipo de construcción.” (UNE-EN ISO 3834-2, 2006)

#### **10.5. Inspección y ensayos antes del soldeo.**

“Antes del comienzo del soldeo se debe verificar lo siguiente:

- adecuación y validez de los certificados de cualificación de los soldadores y de los operadores de soldeo;
- adecuación de la especificación del procedimiento de soldeo;
- identificación del metal base;
- identificación de los consumibles de soldeo;
- preparación de la unión (por ejemplo, forma y medidas);
- ensamblaje, posicionado y punteado;
- cualquier requisito especial de la especificación del procedimiento de soldeo (por ejemplo, prevención de las deformaciones);
- adecuación de las condiciones de trabajo para el soldeo, incluyendo condiciones ambientales.” (UNE-EN ISO 3834-2, 2006)

#### **10.6. Inspección y ensayos durante el soldeo.**

“Durante el soldeo se debe verificar con la periodicidad apropiada, o por seguimiento continuo, lo siguiente:

- parámetros esenciales del soldeo (por ejemplo, corriente de soldeo, tensión del arco y velocidad de avance);
- precalentamiento/temperatura entre pasadas;
- limpieza y aspecto de los cordones y pasadas del metal de soldadura;
- resanado de la raíz;
- secuencia de soldeo;
- utilización y manejo correcto de los consumibles;
- control de deformaciones;
- cualquier examen intermedio (por ejemplo, control dimensional);” (UNE-EN ISO 3834-2, 2006)

### **10.7. Inspección y ensayos después del soldeo.**

“Después del soldeo, se debe verificar la conformidad con los criterios de aceptación correspondientes mediante:

- inspección visual;
- ensayos no destructivos;
- ensayos destructivos;
- forma, aspecto y dimensiones de la construcción;
- resultados y registros de las operaciones post-soldo (por ejemplo, tratamientos térmicos post-soldo, envejecimiento).” (UNE-EN ISO 3834-2, 2006)

### **10.8. Registro de calidad.**

- “-registro de la revisión de los requisitos o de la revisión técnica;
  - documentos de inspección de materiales;
  - documentos de inspección de los consumibles;
  - especificaciones de procedimiento de soldeo;
  - registros del mantenimiento de los equipos;
  - registros de los ensayos de cualificación de los procedimientos de soldeo (WPQR);
  - certificados de las cualificaciones de los soldadores y operadores de soldeo;
  - plan de producción;
  - certificados del personal de ensayos no destructivos;
  - especificaciones y registros de los procedimientos de tratamiento térmico;
  - procedimientos y registros de los ensayos destructivos y no destructivos;
  - informes de control dimensional;
  - registros de las reparaciones e informes de no-conformidades;
  - otros documentos que sean requeridos;
- Los registros de calidad se deben conservar por un periodo mínimo de 5 años, en ausencia de algún otro requisito específico.” (UNE-EN ISO 3834-2, 2006)

## **11. CONTROL Y PRUEBAS.**

### **11.1. Controles.**

Todos los controles que recoge la norma UNE-EN 12972:2015 están expuestos en este apartado.

#### **11.1.1. Control para la aprobación de tipo.**

“El control inicial para la aprobación de tipo debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos.
- Comprobación de las características de diseño.
- Examen del estado interior de la cisterna.
- Comprobación del exterior de la cisterna.
- Prueba de presión hidráulica.
- Prueba de vacío.
- Prueba de estanquidad.
- Determinación de la capacidad de agua.
- Comprobación de los equipos de servicio.
- Comprobación del bastidor y de otros equipos estructurales de cisternas portátiles y de contenedores-cisterna.
- Ensayo dinámico de resistencia al impacto longitudinal.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.1.2. Control inicial.**

“El control inicial debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos.
- Comprobación de las características de diseño.
- Examen del estado interior de la cisterna.
- Comprobación del exterior de la cisterna.
- Prueba de presión hidráulica.
- Prueba de estanquidad.
- Determinación de la capacidad de agua.
- Comprobación de los equipos de servicio.

- Comprobación del bastidor y de otros equipos estructurales de cisternas portátiles y de contenedores-cisterna.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.1.3. Control periódico.**

“El control periódico debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos.
- Examen del estado interior de la cisterna.
- Comprobación del exterior de la cisterna.
- Prueba de presión hidráulica.
- Prueba de estanquidad.
- Comprobación de los equipos de servicio.
- Comprobación del bastidor y de otros equipos estructurales de cisternas portátiles y de contenedores-cisterna.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.1.4. Control intermedio.**

“El control intermedio debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados:

- Examen de los documentos.
- Examen del estado interior de la cisterna.
- Comprobación del exterior de la cisterna.
- Prueba de estanquidad.
- Comprobación de los equipos de servicio.
- Comprobación del bastidor y de otros equipos estructurales de cisternas portátiles y de contenedores-cisterna.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.1.5. Controles excepcionales.**

“El control excepcional, después de que el depósito haya sufrido algún daño que comprometa la seguridad de la cisterna, y/o haya sido sometida a una reparación, debe llevarse a cabo de acuerdo con los siguientes apartados correspondientes en la medida en que sea aplicable:

- Examen de los documentos.
- Comprobación de las características de diseño.
- Examen del estado interior de la cisterna.

- Comprobación del exterior de la cisterna.
- Prueba de presión hidráulica.
- Prueba de estanquidad.
- Comprobación de los equipos de servicio.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

## **11.2. Procedimiento y documentación para los controles y pruebas.**

### **11.2.1. Examen de los documentos.**

“Se deben examinar los documentos para garantizar:

- que se han respetado los requisitos de las reglamentaciones sobre mercancías

peligrosas y el código técnico. Debe verificarse la compatibilidad de los materiales de la cisterna y cualquier revestimiento o capa y los equipos con las mercancías peligrosas que se van a utilizar.

- la conformidad de la aprobación de tipo y el cumplimiento de los requisitos de las reglamentaciones sobre mercancías peligrosas y del código técnico.

- que se corresponden a los de la cisterna examinada. Se debe tener en cuenta

cualquier requisito suplementario y observación indicada en estos documentos.

- que se corresponden a los de la cisterna examinada. Se debe tener en cuenta

cualquier requisito suplementario y observación indicada en estos documentos.

- que se cumplen los requisitos recogidos en las reglamentaciones aplicables de

mercancías peligrosas y en el código técnico.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

### **11.2.2. Comprobación de las características de diseño.**

“La comprobación de las características de diseño debe incluir:

- examen de las condiciones de fabricación;
- comprobación de los tipos de los materiales y de los espesores de pared;
- examen de los métodos de fabricación;
- comprobación del estado de la cisterna;
- comprobación de las dimensiones principales;



- ensayos no destructivos de las soldaduras;
- ensayo de las chapas de control (cuando sea requerido por la reglamentación o el código técnico pertinente).” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

### **11.2.3. Examen del estado interior de la cisterna.**

“Se debe realizar un examen visual completo (siempre que no se haya utilizado ningún revestimiento protector o capa protectora) para identificar cualquier defecto superficial.

Se debe comprobar el espesor de la pared con lo dado en los documentos de aprobación de tipo mediante las mediciones apropiadas si la cisterna presenta cualquier indicio de reducción del espesor.

Cualquier revestimiento protector o capa protectora que no corresponda a la definición de revestimiento protector o capa protectora dada en esta norma debe ser objeto de un examen visual para comprobar su integridad. En particular, se deben identificar y registrar en el informe las faltas de adherencia o las zonas despegadas.

Se debe controlar mediante métodos apropiados el estado del revestimiento protector o capa protectora, por ejemplo, un ensayo de chispa de conformidad con la especificación del fabricante del revestimiento protector o capa protectora, y según con las recomendaciones del constructor. En particular, se deben identificar y registrar en el informe las faltas de adherencia o las zonas despegadas.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

### **11.2.4. Comprobación del exterior de la cisterna.**

#### **11.2.4.1. Comprobación del estado de la cisterna**

“Se debe realizar un examen visual completo para identificar cualquier defecto superficial y de todo signo de fugas tales como humedad, pintura ablandada o manchas/limpieza inhabitual.

Los defectos superficiales se deben evaluar por el experto, y si es necesario se debe eliminar la pintura.

Se debe comprobar el espesor de la pared con lo dado en los documentos de aprobación de tipo mediante las mediciones apropiadas si la cisterna presenta cualquier indicio de reducción del espesor.

Se debe realizar la comprobación del estado de la cisterna para el control inicial antes de la aplicación de un revestimiento de aislamiento, de una capa de pintura o de un revestimiento protector o capa protectora. Para los controles posteriores los aislamientos de protección, térmico o de otro tipo sólo deben retirarse cuando sea indispensable para una apreciación correcta del estado de la cisterna.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.2.4.2. Comprobación de los elementos de fijación de la cisterna y de sus equipos estructurales.**

“Se deben examinar, mediante métodos apropiados, los siguientes elementos para asegurarse de que no hay evidencias de pérdida de su integridad estructural:

- las estructuras que soportan y refuerzan la cisterna;
- los medios de fijación al bastidor o al chasis incluyendo el acoplamiento de placa y el montaje de la cisterna al chasis;
- los equipos de protección de la estructura, por ejemplo, el capó, protección contra el sol, etc.;

Los aislamientos de protección, térmico o de otro tipo sólo deben retirarse cuando sea indispensable para la inspección correcta del estado de la cisterna.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.2.4.3. Comprobación de la puesta a tierra.**

“Los depósitos que están equipados con una toma de tierra se deben controlar para verificar la conformidad de la toma de tierra con los requisitos del diseño. Se debe verificar la resistencia eléctrica entre el borne de la toma de tierra y las piezas metálicas de la cisterna y de sus equipos, incluyendo cualquier bastidor, y si procede, entre la toma de tierra y el chasis del vehículo.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.2.5. Prueba de presión hidráulica.**

“La prueba de presión hidráulica del conjunto de la cisterna se debe realizar a la presión indicada en placa de características de la cisterna o en los documentos de aprobación de tipo. La presión de prueba debe ser la correspondiente al punto más elevado de la cisterna.

Todos los compartimentos de los contenedores cisterna, cisternas portátiles o vagones cisterna compartimentados deben probarse a la presión hidráulica requerida. La presión de prueba debe ser la correspondiente al punto más elevado del compartimento.

Cada compartimento de las cisternas fijas se debe ensayar con una presión hidráulica de como mínimo 1,3 veces la presión máxima de servicio.

El fluido generalmente utilizado para la prueba de presión hidráulica debe ser el agua.

Se puede utilizar otros fluidos para la conformidad del experto. Estos otros líquidos utilizados para la prueba deben tener un punto de inflamación superior a 60°C o ser combustibles diésel, gasóleo o fuelóleo ligero como se especifica en la Norma EN 590. No se deben utilizar de líquidos tóxicos o corrosivos.

Para cisternas con una presión de servicio superior a 0,5 bar sus compartimentos se deben presurizar gradualmente con verificación de la estanqueidad a una presión de la mitad de la presión de prueba para la prueba de presión hidráulica.

La presión de la prueba debe mantenerse el tiempo necesario para que el experto pueda realizar la prueba de presión hidráulica y la inspección de la cisterna o del compartimento(s) bajo presión, pero no menos de 15 min para una cisterna no aislada y no menos de 30 min en el caso de cisterna aislada (tiempo de mantenimiento).

La presión de prueba puede medirse ya sea por la altura de la columna del líquido de prueba en la columna de alimentación o en el tubo en U, o bien utilizando otros aparatos de medida de la presión.

Para la evaluación de la prueba se considera que una cisterna no ha superado la prueba de presión hidráulica, cuando uno de los eventos siguientes se produce durante la prueba:

- se detecta una fuga;
- se produce una caída de presión inexplicable durante la realización de la prueba;
- se constata una deformación visible y permanente.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

### **11.2.6. Prueba de vacío.**

“Al iniciar la prueba, la cisterna debe estar vacía y a la presión atmosférica. Todas las aberturas de la cisterna deben estar cerradas, excepto las de descarga. Se debe crear en el interior de cisterna una presión 1,5 veces más fuerte que presión exterior de cálculo y mantenerla durante 5 min.

Se considera que una cisterna no ha superado la prueba cuando ocurre cualquiera de las siguientes situaciones:

- se detecta una fuga;
- se produce una subida de presión inexplicable en el manómetro;
- se constata una deformación visible y permanente.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

### **11.2.7. Prueba de estanqueidad.**

“Antes de comenzar la prueba la cisterna debe secarse y limpiarse por el exterior de gorma que se pueda detectar cualquier fuga. Si la temperatura ambiente está por debajo de 0°C solo se permite la prueba de estanqueidad con agua si el contenido de la cisterna, del equipo de medida y de los sistemas de tuberías no pueden congelarse.

Se debe realizar la prueba de estanquidad en el depósito y en los equipos de servicio utilizados con la cisterna, incluyendo cualquier tubería fijada de forma permanente. Durante la prueba de un compartimento los compartimentos adyacentes deben vaciarse y despresurizarse.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

“Si los dispositivos de cierre están montados en serie, deben controlarse individualmente para garantizar que con la presión en el lado de la cisterna del dispositivo las fugas no superan la tasa indicada.

Cuando el dispositivo es una válvula, la prueba debe evaluar la estanqueidad entre el asiento y el collarín del mecanismo de accionamiento de la válvula.

La presión debe ser la correspondiente al punto más elevado de la cisterna o del compartimento.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

“La estanqueidad interna de los dispositivos de cierre debe probarse también a la presión de prueba de estanquidad a una presión de no más de 0,2 bar.

Los fluidos de prueba deben ser compatibles con los materiales de la cisterna y con las mercancías que se han de transportar.

La cisterna puede llenarse con el fluido de prueba y progresivamente aumentar la presión antes de que la prueba se realice bajo la supervisión del experto.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

“La cisterna debe llenarse con el líquido de prueba, al menos, hasta el 99% de capacidad de agua. Cuando se use una columna de alimentación para la presurización de la cisterna, solamente debe usarse agua como fluido de prueba.

La presión de la prueba debe mantenerse el tiempo necesario para que el experto pueda efectuar la prueba de estanquidad del depósito, del compartimento o del equipo, pero en ningún caso, menos de 5 min.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

“Si una válvula de alivio esta precedida de un disco de ruptura, se debe comprobar que las juntas del disco de ruptura están en buenas condiciones y si es necesario, renovarlas y colocarlas correctamente y comprobar que las fijaciones están apretadas con el par de apriete de acuerdo con la especificación del fabricante.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

“La tasa máxima de fuga permitida debe cumplir con la tasa A indicada en la tabla A.5 de la Norma EN 12266-1:2012, sabiendo que *Ausencia de fuga detectable visualmente* significa la ausencia de filtraciones visibles o de formación de gotas o de burbujas, y una tasa de fugas inferior a la tasa B en la tabla A.5 de la Norma EN 12266-1:2012.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.2.8. Determinación de la capacidad.**

“Para determinar la capacidad, se debe llevar a cabo un diseño apropiado (el que esté autorizado), método volumétrico o gravimétrico. En los casos de los métodos volumétrico y gravimétrico, todo error debe ser inferior al 1% del valor de la medición. Si no se indica otra cosa la capacidad de la cisterna debe determinarse a una temperatura de referencia de 20°C.

La determinación volumétrica o gravimétrica de la capacidad de la cisterna y, si procede, de cada compartimento debe realizarse rellenando completamente la cisterna o el compartimento con agua.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

### **11.2.9. Comprobación de los equipos de servicio.**

#### **12.2.9.1. Comprobación de los equipos de servicio para la aprobación de tipo de la cisterna.**

“Se debe comprobar la conformidad de los equipos de servicio y de su marcado con los requisitos de los reglamentos aplicables. La comprobación debe también asegurar que todos los equipos de servicio son adecuados a las condiciones de funcionamiento de la cisterna.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.2.9.2. Comprobación de los equipos de servicio para otros controles.**

“La comprobación debe verificar que los equipos de servicio de la cisterna están de acuerdo con los mencionados en la aprobación de tipo.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.2.9.3. Comprobación del correcto funcionamiento de los equipos de servicio.**

“Todos los equipos de servicio, incluyendo las mangueras fijadas de forma permanente, deben comprobarse montados en la posición de funcionamiento correcto y en condiciones satisfactorias (por ejemplo, con respecto al desgaste). Cuando no sea posible verificar los equipos en su posición de funcionamiento, por ejemplo, los dispositivos de ventilación, los equipos deben ensayarse por separado.

Las partes de los dispositivos de ventilación que están abiertos durante el transporte (por ejemplo, la válvula de respiración) deben ensayarse para asegurar su estanquidad cuando éstos se colocan en su posición de 90°, a 180° y a 270°. La presión de prueba debe ser al menos a 1,1 veces la presión estática de las materias que se van a transportar (por ejemplo: gasolina, gasóleo, gasóleo para calefacción) ejercida por la columna del posible fluido en el dispositivo de ventilación. Si los dispositivos de ventilación necesitan una presión de alivio para abrirse durante el transporte se debe ensayar su apertura correcta a esta presión de alivio y volver a sellar.

La regulación de la presión de comienzo de descarga de válvulas de seguridad debe inspeccionarse para cumplir los reglamentos vigentes. Si no hay ajuste, las válvulas de seguridad se deben controlar para verificar que las presiones

de comienzo de descarga y de restablecimiento cumplen con los reglamentos vigentes.

Si se instalan discos de ruptura, se deben inspeccionar para ver que están intactos y que la presión de rotura es correcta de conformidad con la regulación aplicable para el transporte de mercancías peligrosas.

Se debe realizar un control visual de las juntas flexibles y de las mangueras fijas que forman partes del sistema de carga y/o de descarga. Si es necesario, se debe quitar la pintura o el revestimiento.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

#### **11.2.10. Comprobación del bastidor o de otros equipos estructurales de las cisternas portátiles y de los contenedores cisterna.**

##### **11.2.10.1. Comprobación para la aprobación de tipo del bastidor o de otros equipos estructurales.**

“Si el bastidor u otros equipos estructurales de una cisterna portátil o de un contenedor cisterna no se han diseñado o construido según una norma o de otros requisitos, de cisternas para uso marítimo que no se han diseñado o construido de conformidad con la circular IMO MSC/Circ 860 o con la Norma EN 12079-1 se debe evaluar, mediante cálculo o mediante un ensayo para probar que estos elementos son adecuados para su utilización prevista.

Además, deben cumplir los requisitos aplicables de la convención CSC [11] todos los contenedores-cisterna, que cumplan con la definición de *contenedor* según los términos de esta convención.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

##### **11.2.10.2. Control inicial, periódico e intermedio y de los controles excepcionales del bastidor o de otros equipos estructurales de las cisternas portátiles y de los contenedores-cisterna**

“Deben controlarse el bastidor y demás equipos estructurales para confirmar que son seguros según los requisitos del apartado 6.7 del RID/ADR y con el apartado 6.7 del código IMDG [10]. Este control debe comprender una inspección visual de las uniones soldadas y de la superficie de todos los elementos de la estructura. Cuando fuera necesario, se debe retirar el aislamiento en la zona requerida para apreciar de forma correcta el estado del bastidor u otro equipo estructural.

Se debe reparar cualquier daño o corrosión del bastidor que pueda afectar a la seguridad o al funcionamiento.” (UNE-EN 12972:2015, 2019)

## **12. ENSAYOS.**

“Los materiales utilizados para la fabricación de los depósitos y los cordones de soldadura, a su temperatura mínima de servicio, pero como mínimo a -20° C, cumplirán al menos las condiciones que se relacionan a continuación, en cuanto a la resiliencia:

- los ensayos se realizarán sobre probetas con entalla en V;
- para los aceros austeníticos, solamente se someterá a una prueba de resiliencia el cordón de soldadura;
- para las temperaturas de servicio inferiores a -196 °C, la prueba de resiliencia no se ejecutará a la temperatura mínima de servicio, sino a -196 °C.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69977)

### **12.1. Ensayos de resiliencia.**

“Para las chapas de un espesor inferior a 10 mm, pero no menor de 5 mm, se utilizarán probetas de una sección de 10 mm x e mm, donde e representa el espesor de la chapa. En caso de ser necesario, se permitirá una reducción de espesor hasta 7,5 mm o 5 mm. En cualquier caso, se mantendrá el valor mínimo de 34 J/cm<sup>2</sup>.

a) Para la prueba de las chapas, la resiliencia se determinará a partir de tres probetas, cuya extracción se hará transversalmente a la dirección de la laminación; sin embargo, si se trata de aceros dulces, se podrán extraer en la dirección de la laminación.

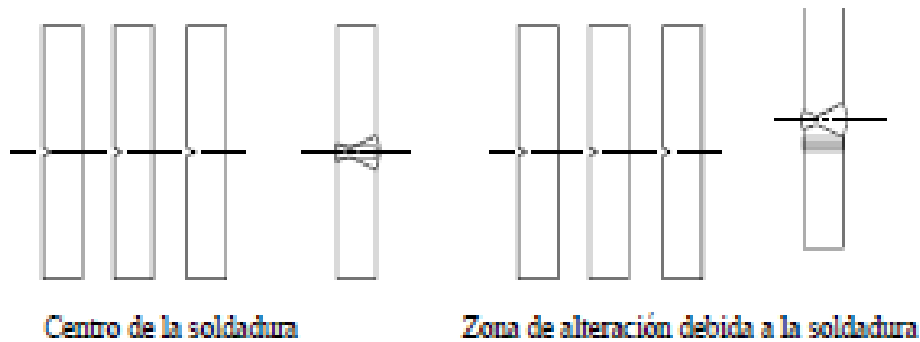
b) Para la prueba de las juntas de soldadura, las probetas se extraerán como a continuación se indica:

Cuando  $e \leq 10$  mm

Tres probetas con entalla en el centro de la junta soldada;

Tres probetas con entalla en el centro de la zona de alteración debida a la soldadura (la entalla en V deberá atravesar el límite de la zona fundida en el centro de la muestra).” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69978)





*Ilustración 23: Probeta. Fuente: (Boletín Oficial del Estado, 2019)*

“a) Para las chapas, la media de tres ensayos debe cumplir con el valor mínimo de 34 J/cm<sup>2</sup>; solamente uno de los valores podrá ser inferior al valor mínimo, sin ser menor de 24 J/cm<sup>2</sup>.

b) Para las soldaduras, el valor medio resultante de 3 probetas extraídas del centro de la soldadura no podrá ser inferior al valor mínimo de 34 J/cm<sup>2</sup>; solamente uno de los valores podrá ser inferior al mínimo indicado, sin ser menor de 24 J/cm<sup>2</sup>.

c) Para la zona de alteración debida a la soldadura (la entalladura en V deberá atravesar el límite de la zona fundida en el centro de la muestra), solamente el valor obtenido a partir de una de las tres probetas podrá ser inferior al valor mínimo de 34 J/cm<sup>2</sup>, sin ser menor de 24 J/cm<sup>2</sup>.

Si no se cumple con las condiciones prescritas, tan solo se podrá realizar un nuevo ensayo único:

a) si el valor medio que resulte de los tres primeros ensayos fuera inferior al valor mínimo de 34 J/cm<sup>2</sup> o

b) si más de uno de los valores individuales fuera inferior al valor mínimo de 34 J/cm<sup>2</sup> sin ser menor de 24 J/cm<sup>2</sup>.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69978)

“En la repetición del ensayo de resiliencia de las chapas o de las soldaduras, ninguno de los valores individuales podrá ser inferior a 34 J/cm<sup>2</sup>. El valor medio de todos los resultados del ensayo original y del ensayo repetido deberá ser igual o superior al mínimo de 34 J/cm<sup>2</sup>.

En la repetición de la prueba de resiliencia de la zona de alteración, ninguno de los valores podrá ser inferior a 34 J/cm<sup>2</sup>.” (Boletín Oficial del Estado, 2019, pág. 69978)

### **13. DOCUMENTACIÓN Y CERTIFICACIÓN.**

“Los documentos, a que se hace referencia en el apartado de este artículo, incluidas las actas negativas, serán archivados y custodiados por el organismo de control durante un plazo no inferior a diez años o hasta la fecha de caducidad del documento, si es superior a diez años; y estarán, en todo momento, a disposición del órgano competente de la Comunidad Autónoma donde se ha realizado la actuación. No obstante, será remitida copia al órgano competente de la Comunidad Autónoma, en la forma que éste disponga, en los casos que a continuación se enumeran:” (Real Decreto 97/2014, 2014)

#### **13.1. Certificación de prototipo de cisternas, por duplicado:**

- “1.º Certificado de conformidad con los requisitos reglamentarios de un tipo (apéndice E-6).
- 2.º Documento H especial (apéndice E-7).
- 3.º Documentos de clase (apéndice E-8).” (Real Decreto 97/2014, 2014)

#### **13.2. Inspección inicial, antes de la puesta en servicio:**

- “1.º Acta de conformidad de la cisterna, vehículo-batería y CGEM con el tipo (apéndice E-11).
- 2.º Documento H especial (apéndice E-7).
- 3.º Documentos G (apéndice E-14).
- 4.º Documentos V1 y V2 y acta de cumplimiento reglamentario (apéndice E-25).
- 5.º Documentos de clase (apéndice E-8).
- 6.º Ficha técnica (apéndice E-20).” (Real Decreto 97/2014, 2014)

#### **13.3. Inspecciones excepcionales, en los casos en que sean debidas a accidentes, por duplicado:**

- “1.º Informe previo a la modificación o reparación de una cisterna, contenedor cisterna o batería de recipientes para el transporte de mercancías peligrosas (apéndice E-16).

2.º Acta de inspección de una cisterna, vehículo-batería o CGEM para el transporte de mercancías peligrosas tras su modificación o reparación (apéndice E-17).

3.º Documento H especial (apéndice E-7).

4.º Documentos G (apéndice E-14).

5.º Documentos V1 y V2 y acta de cumplimiento reglamentario (apéndice E-25, parte I).

6.º Documentos de clase (apéndice E-8).

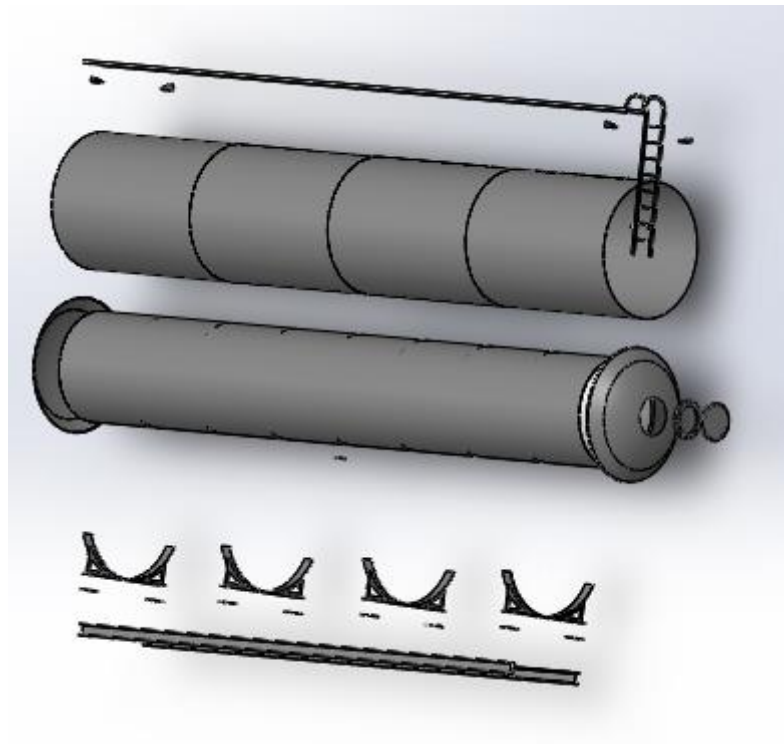
7.º Ficha técnica (apéndice E-20).” (Real Decreto 97/2014, 2014)



industriales  
etsii

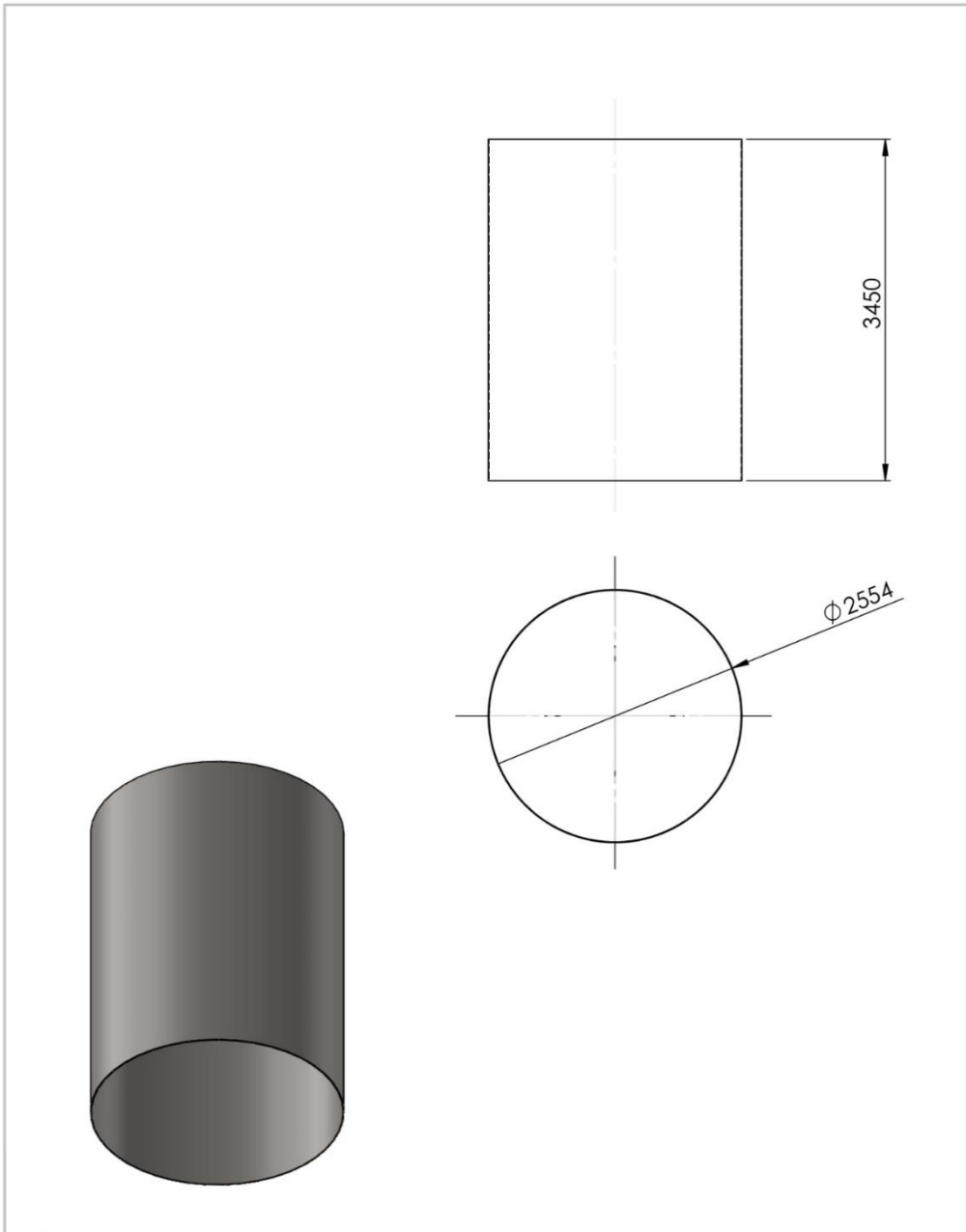
Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial

# PLANOS



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

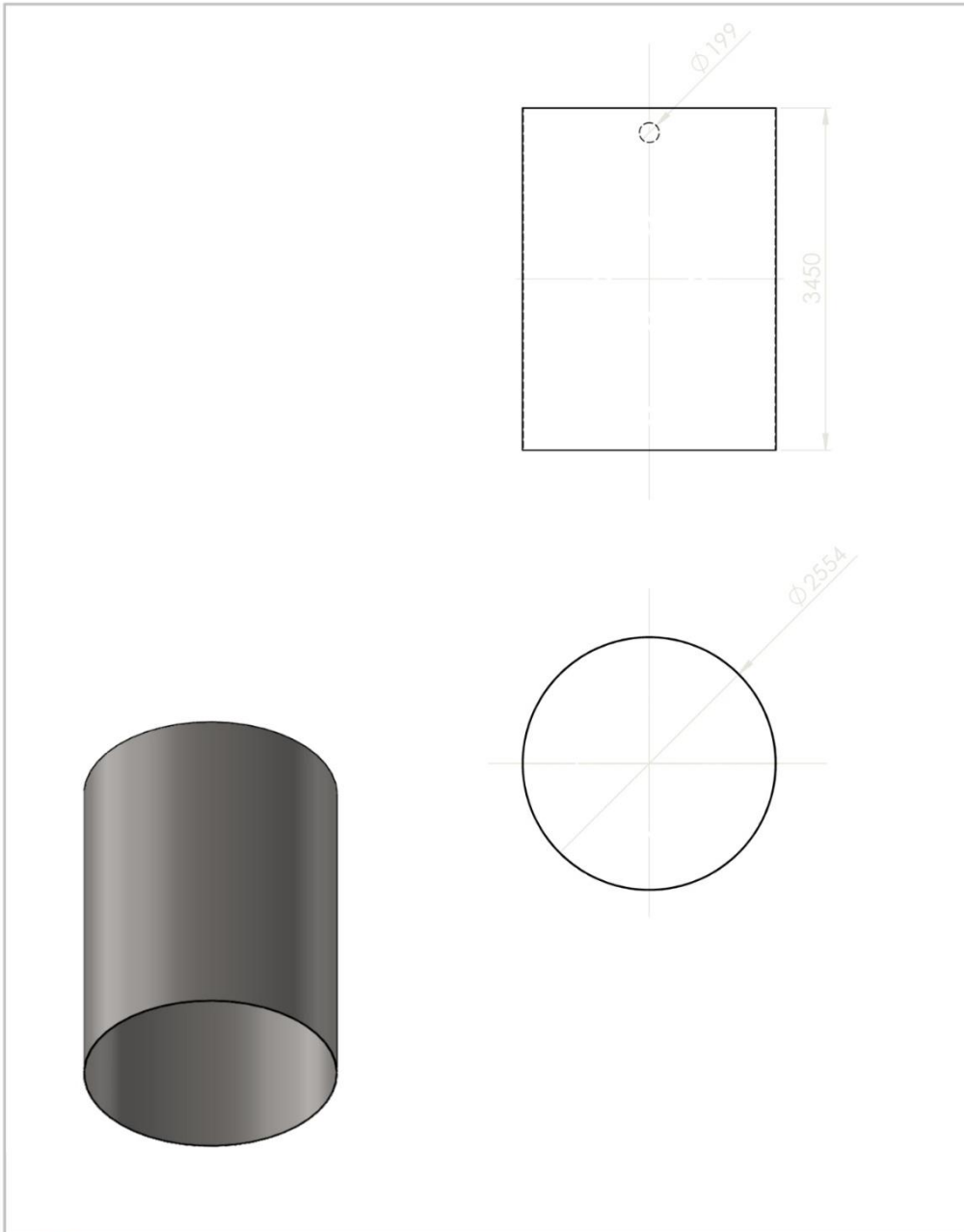




	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: PARTE 1		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		1325.59 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:50	NUMERO PLANO: 1

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

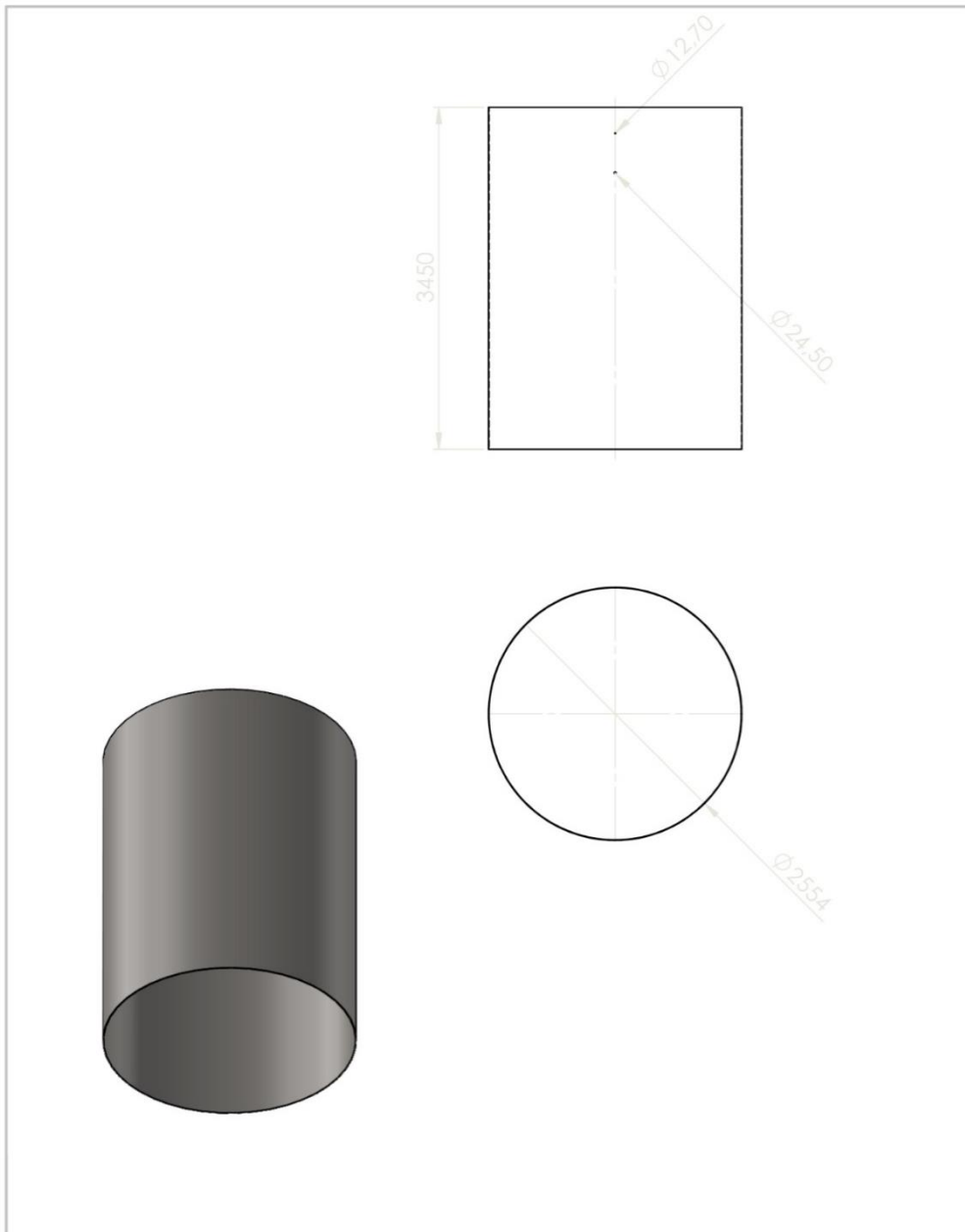
Ilustración 24: Parte 1.




	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: PARTE 2		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		1324.1 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:50	NUMERO PLANO: 2

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ilustración 25: Parte 2.

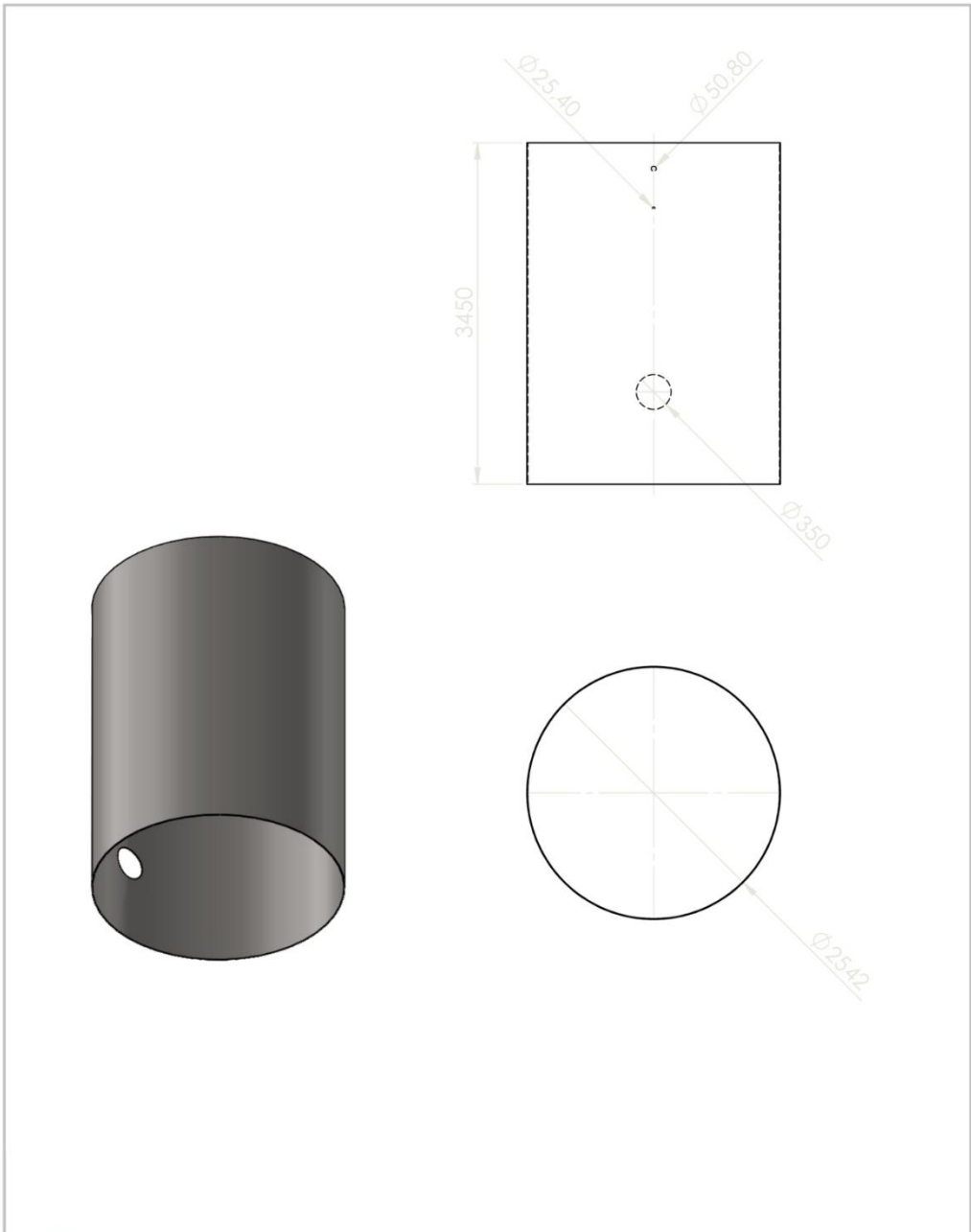


	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: PARTE 3		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		1325.56 KG
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:50	NUMERO PLANO: 3

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ilustración 26: Parte 3.

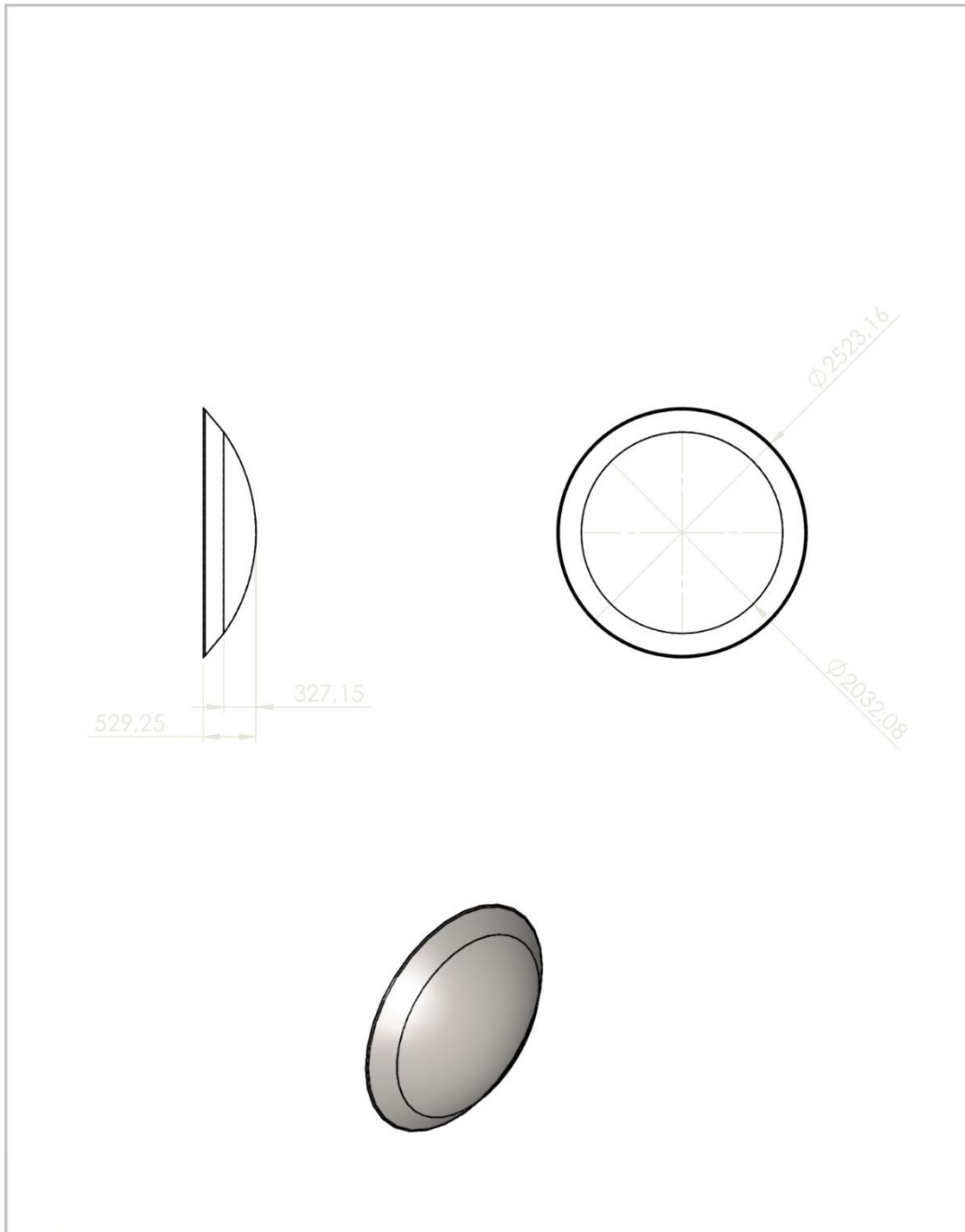




	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: PARTE 4		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		1320.84 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:50	NUMERO PLANO: 4

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

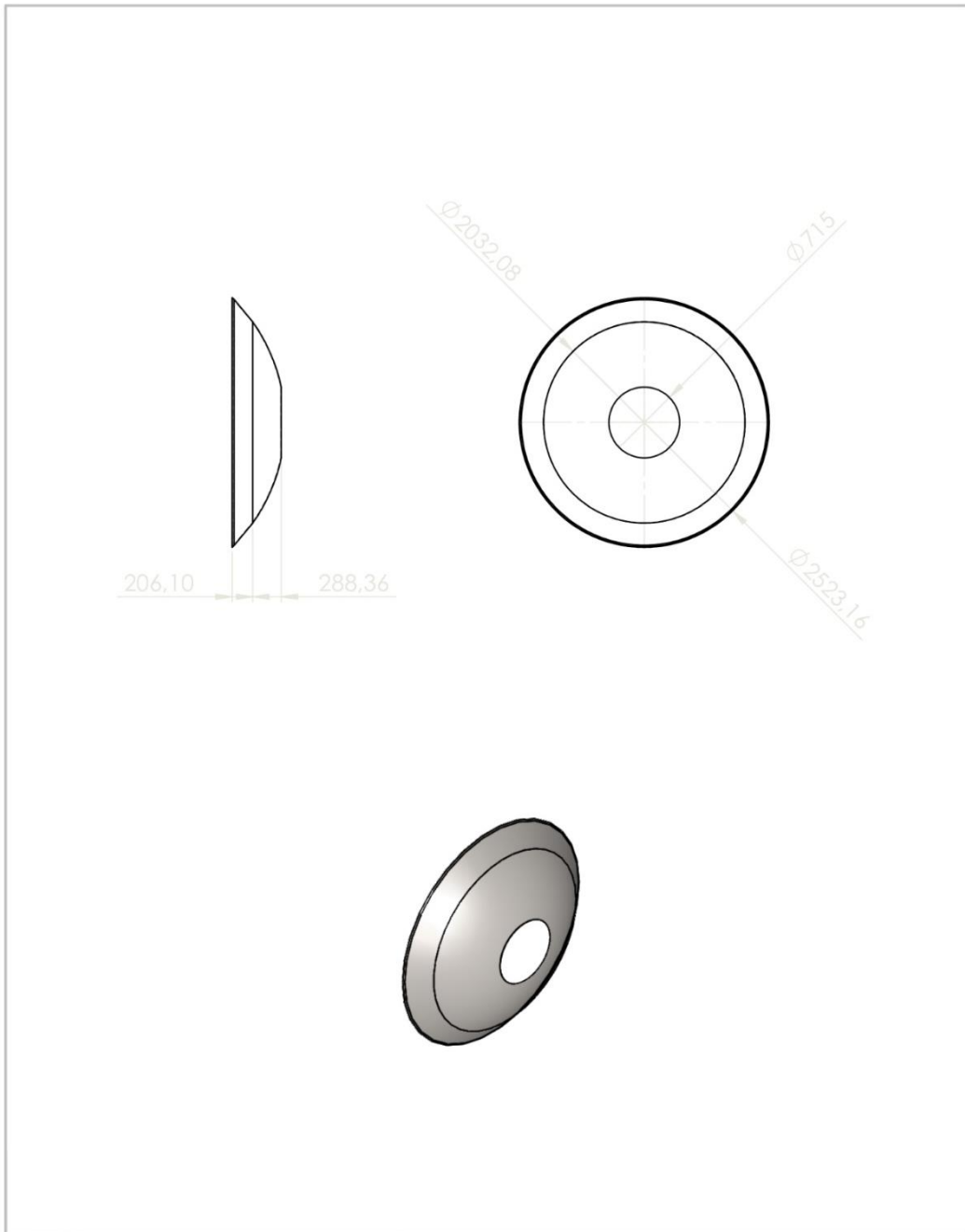
Ilustración 27: Parte 4.



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: TAPA DELANTERA		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		187.05 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:50	NUMERO PLANO: 5

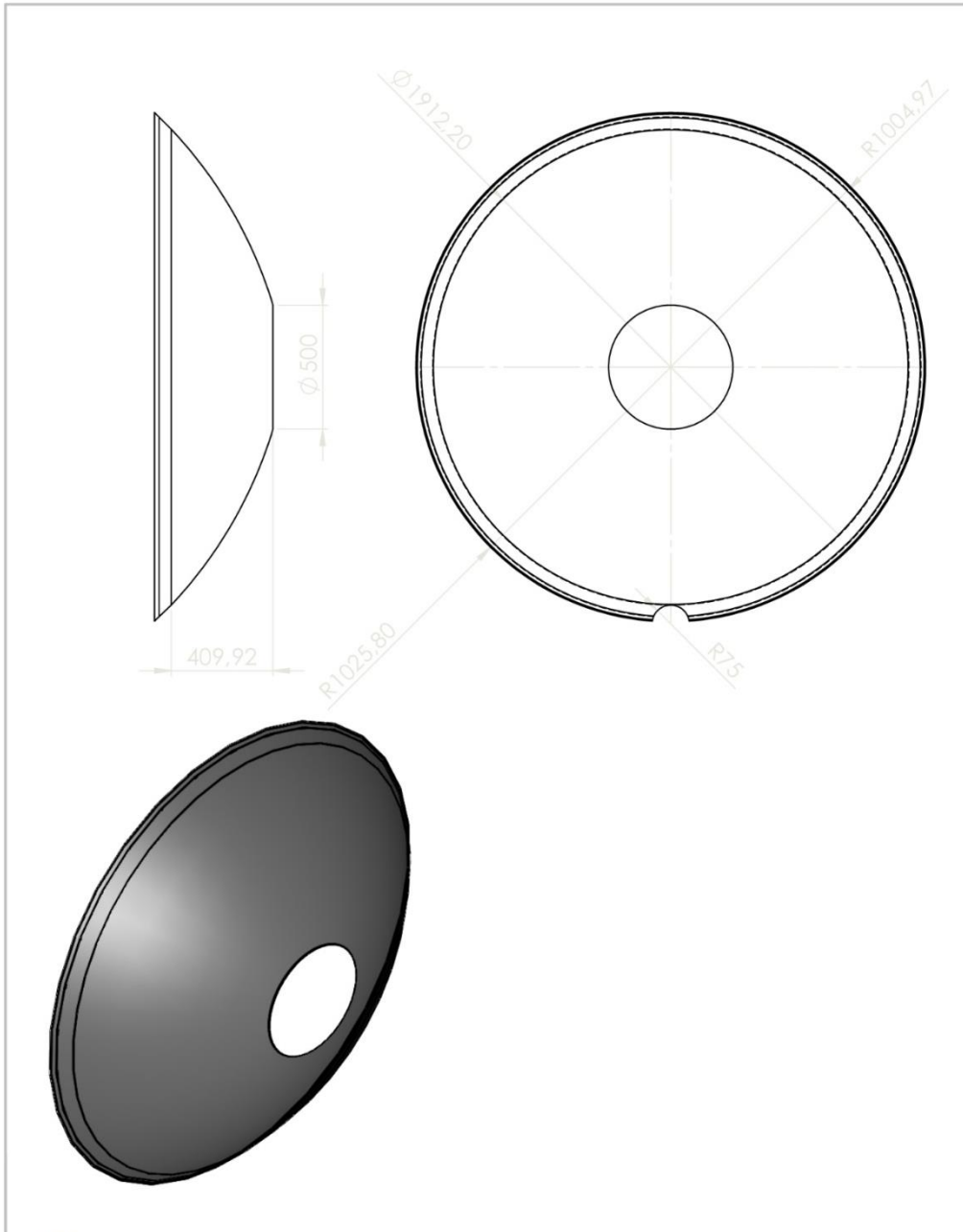
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ilustración 28: Tapa Delantera.



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: FONDO TRASERO		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		174.06 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:50	NUMERO PLANO: 6
		Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.		

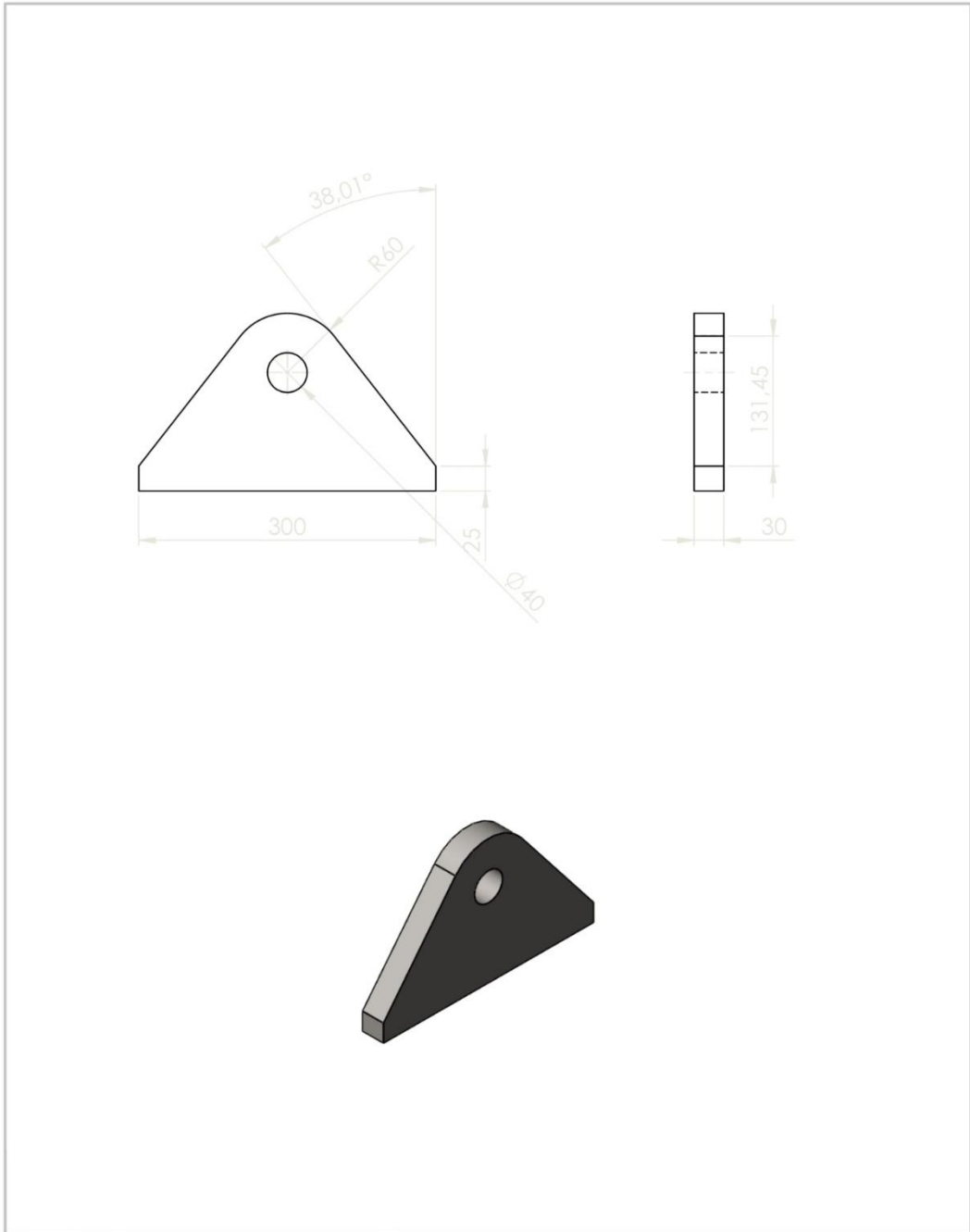
Ilustración 29: Fondo Trasero.



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: ROMPEOLAS		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:20	NUMERO PLANO: 8

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

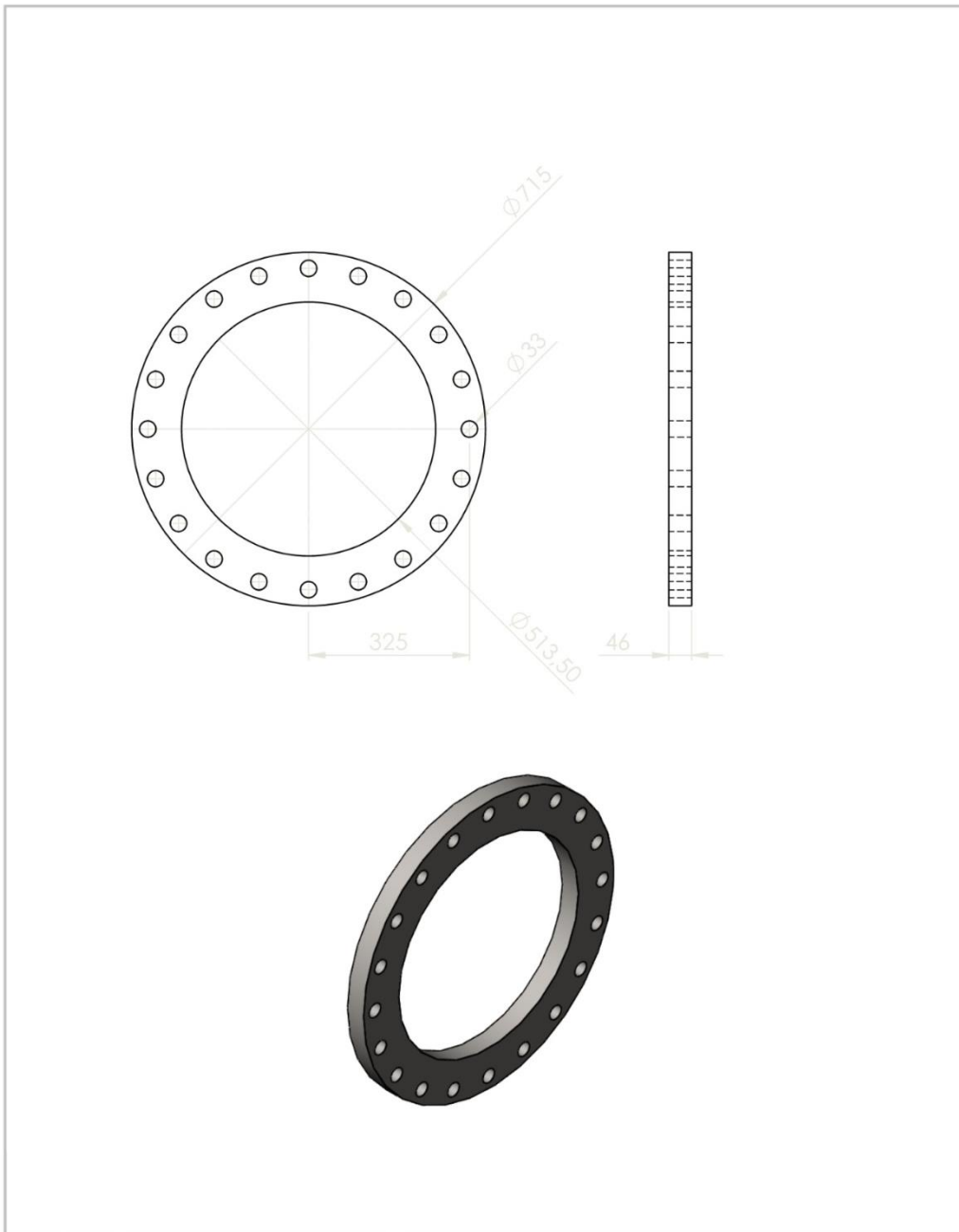
Ilustración 30: Rompeolas.



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: OREJA DE IZAJE		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		8.08 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:5	NUMERO PLANO: 8

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

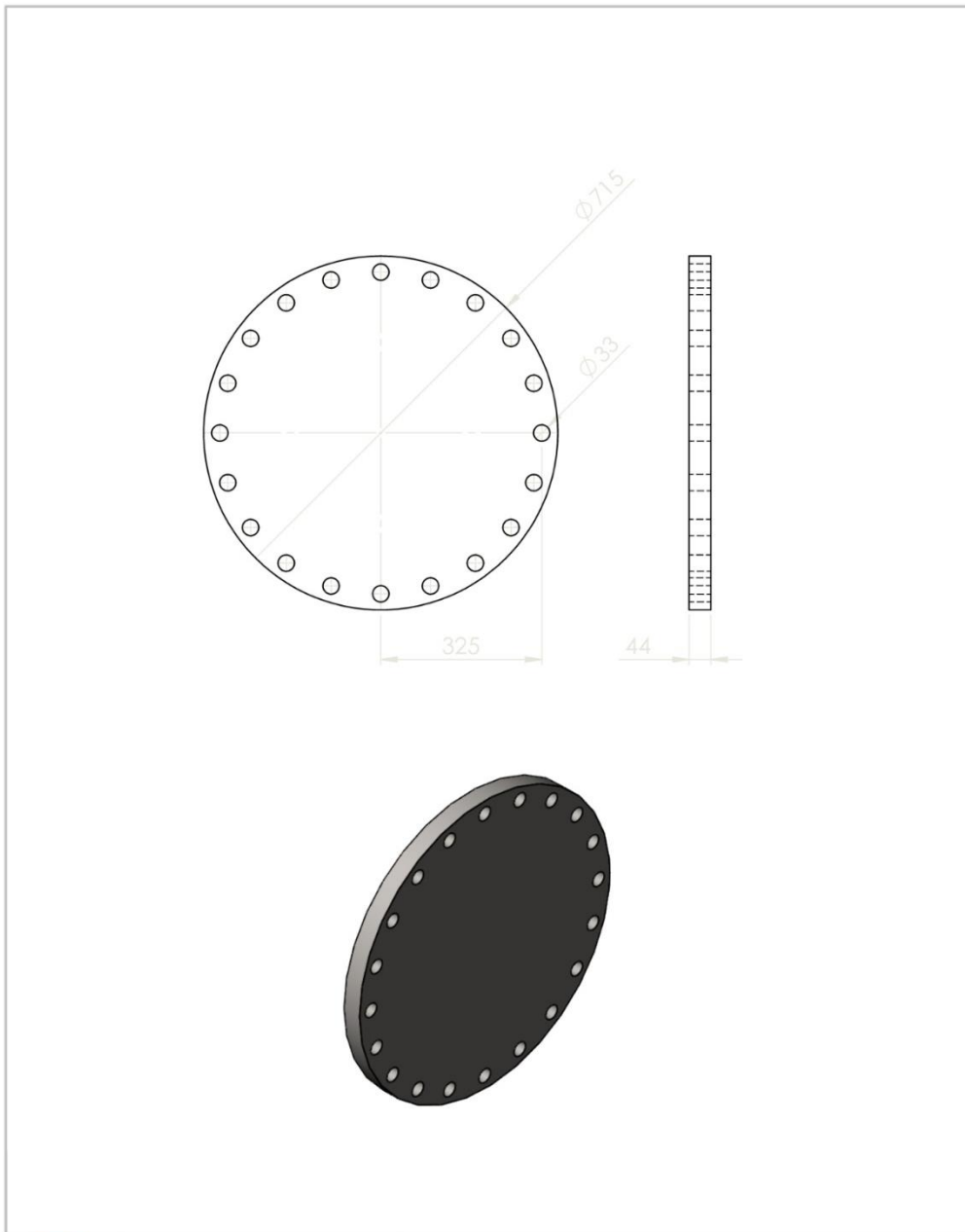
Ilustración 31: Oreja de Izaje.



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: BRIDA DE CUERPO		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		65.25 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:10	NUMERO PLANO: 9

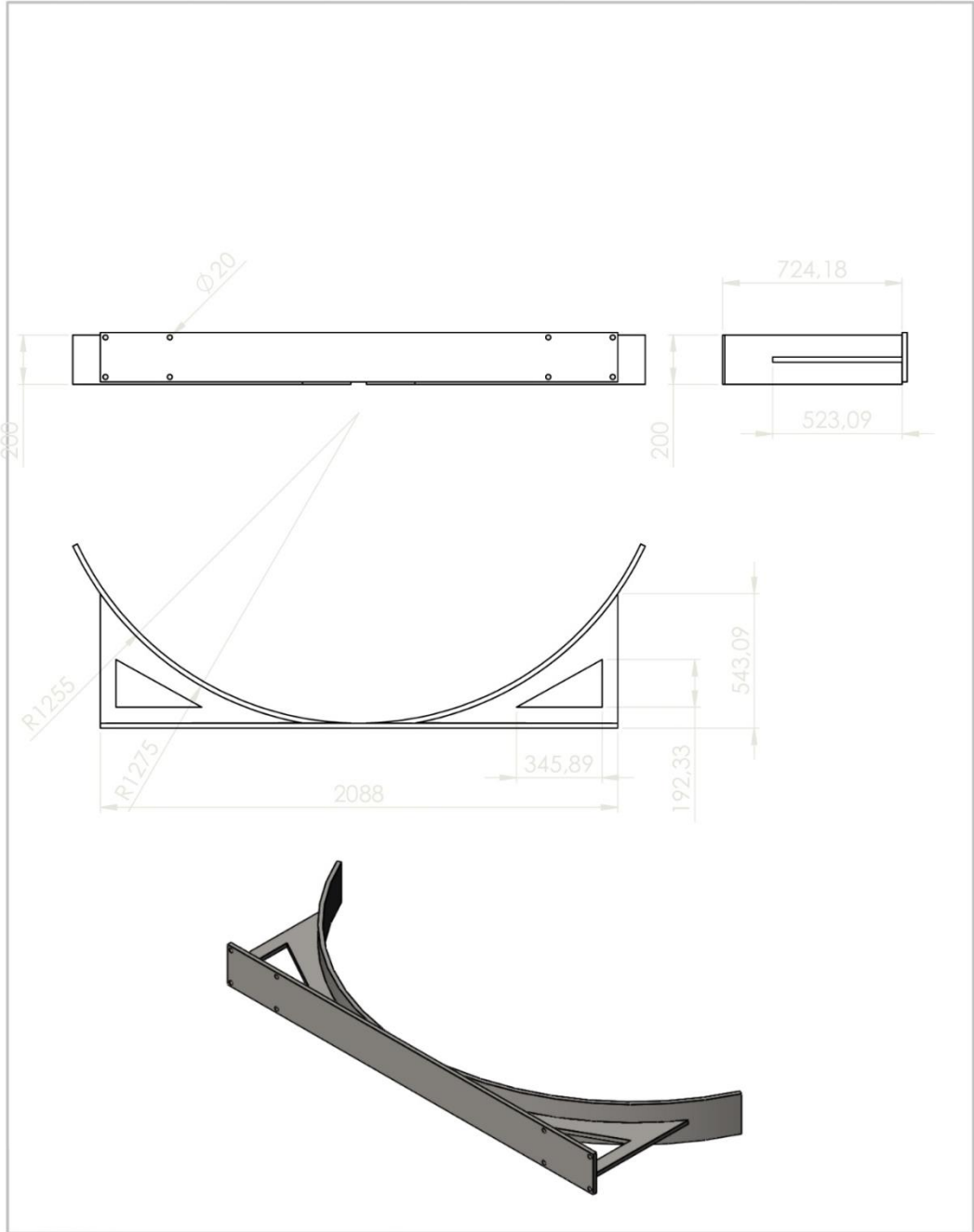
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.


Ilustración 32: Brida de cuerpo.



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: BRIDA TAPADERA		
		PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	NO. MBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.		FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:10	NUMERO PLANO: 10

Ilustración 33: Brida tapadera.

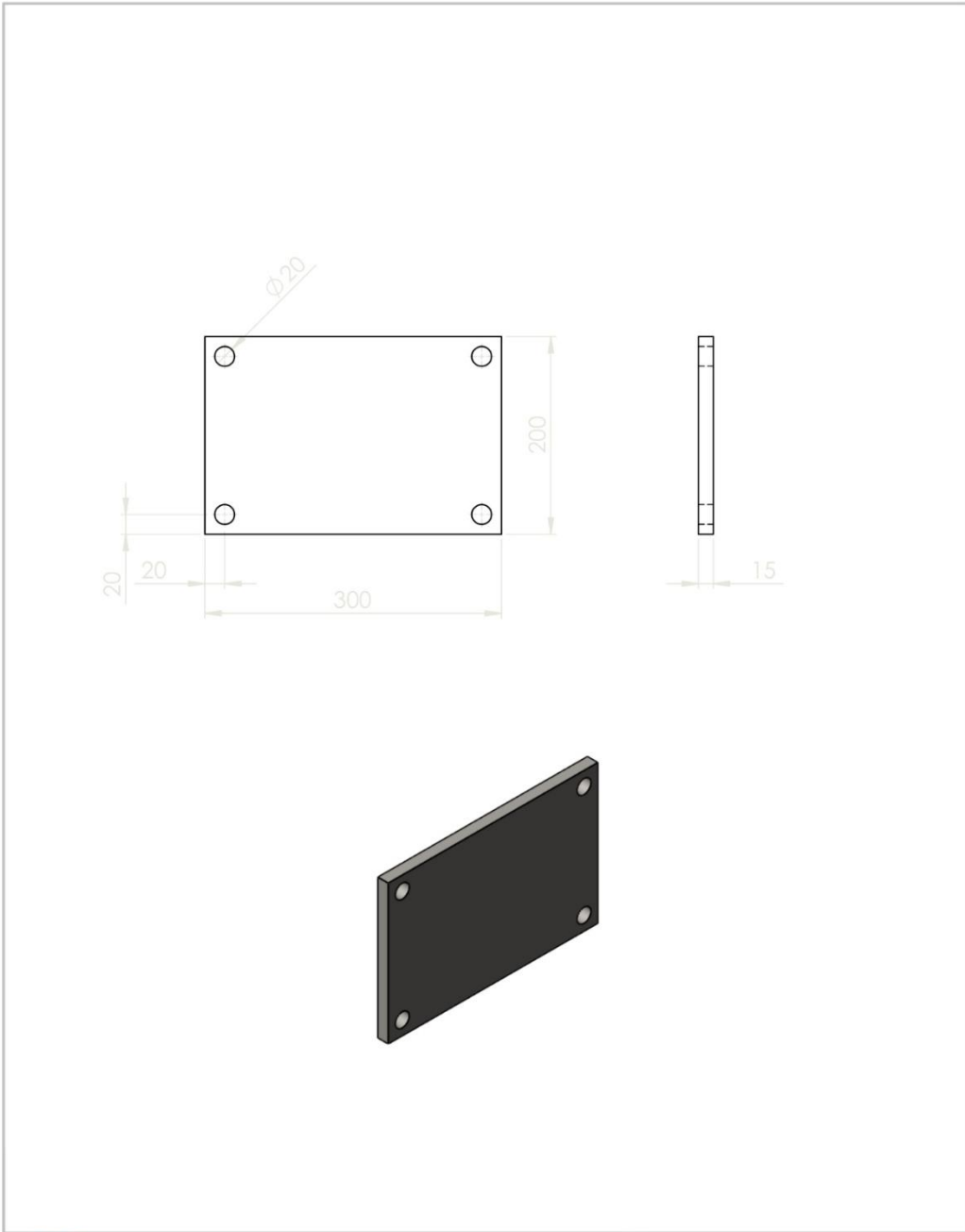


	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: SOPORTE		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		186.06 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:20	NUMERO PLANO: 11

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ilustración 34: Soporte.

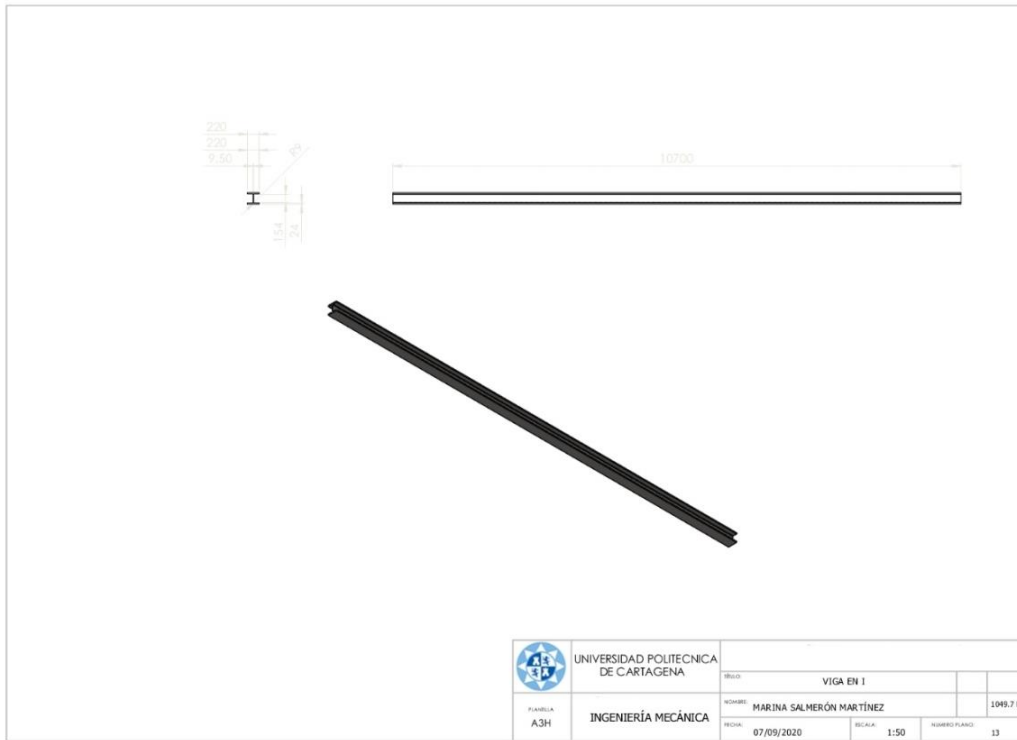




	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: ANCLAJE		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		7.05 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:5	NUMERO PLANO: 12

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ilustración 35: Anclaje.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ilustración 36: Viga en forma de I.

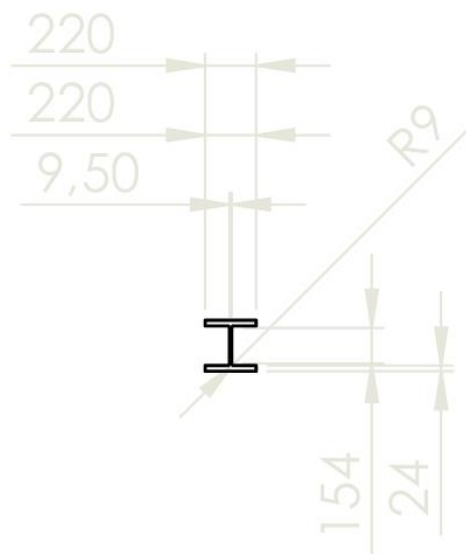
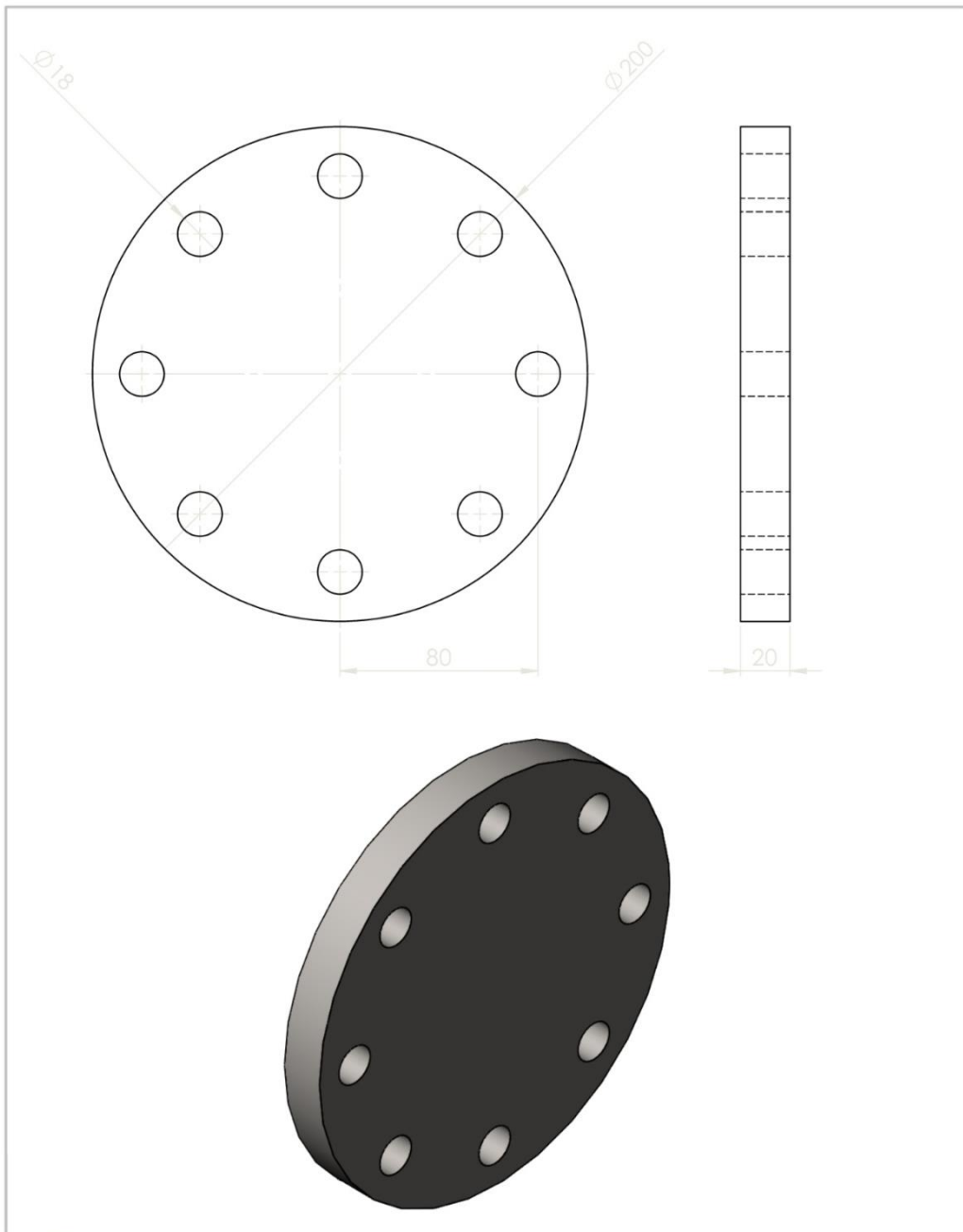


Ilustración 37: Ampliación para ver los detalles.



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: BRIDA TAPADERA BAJO		
		NO MBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		4.7 Kg
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:2	NUMERO PLANO: 14

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

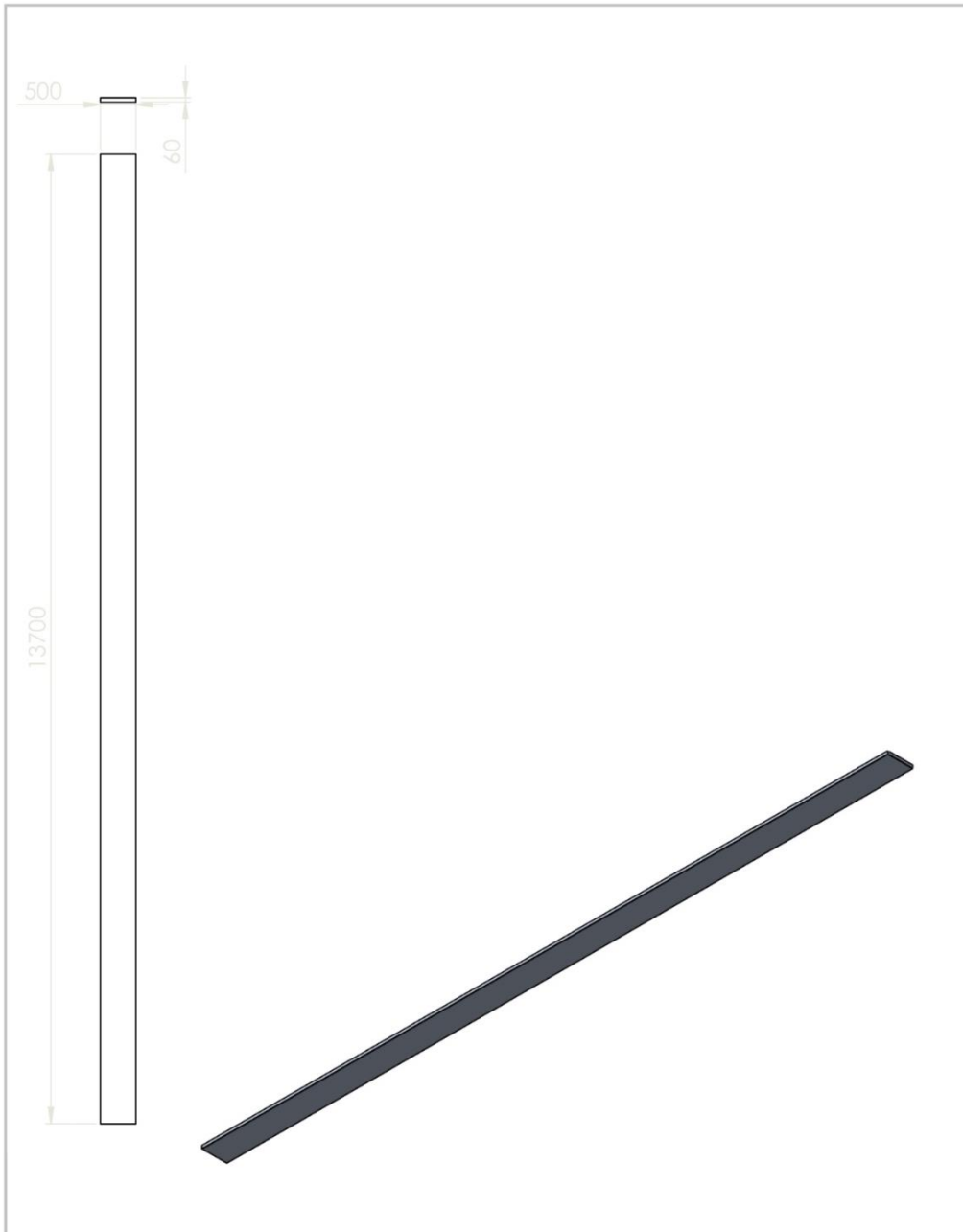
Ilustración 38: Brida tapadera bajo.



	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: ESCALERA			
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		37.45 Kg	
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:20	NÚMERO PLANO: 15	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

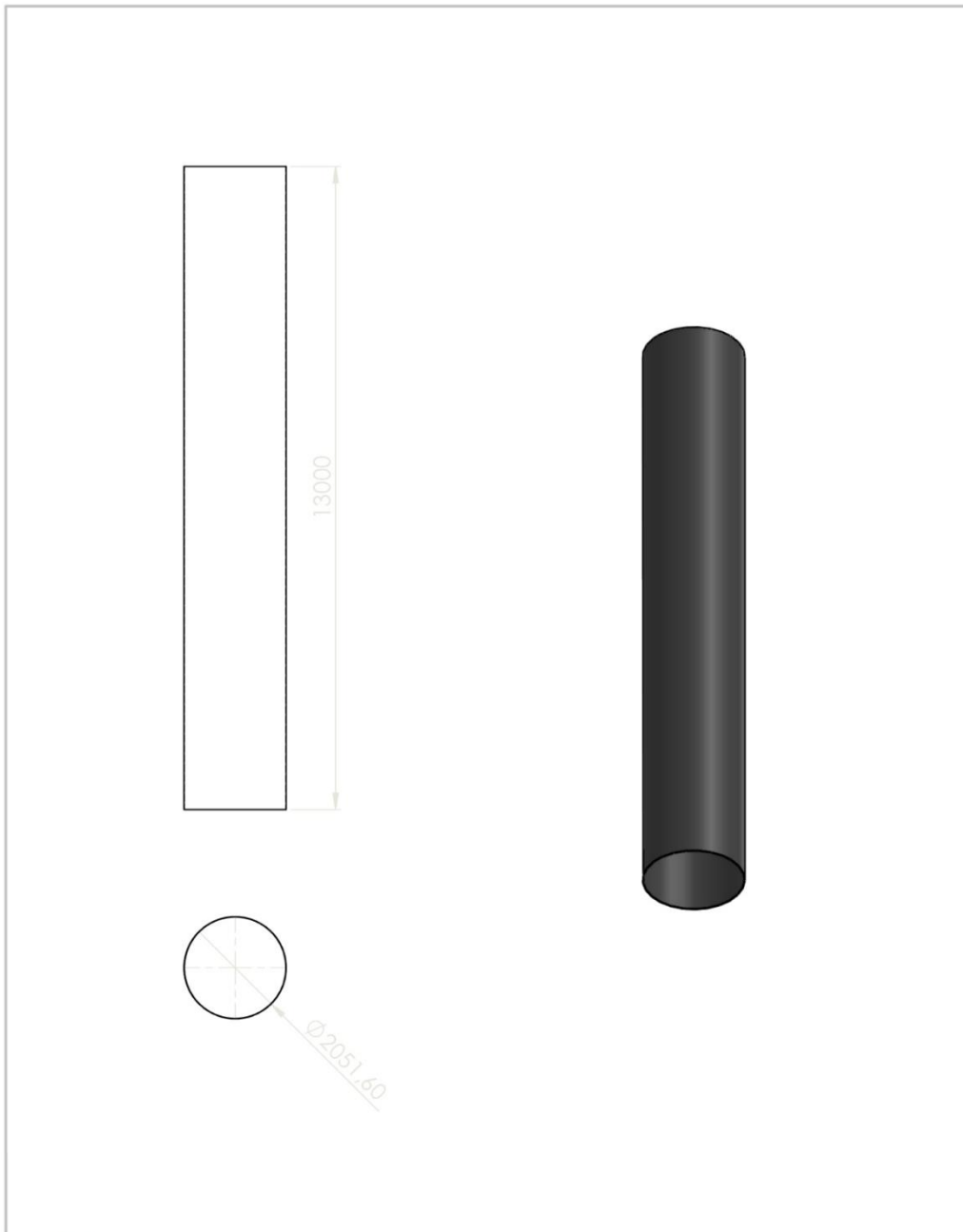
Ilustración 39: Escalera.




	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: PASARELA		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020		ESCALA: 1:70
		NUMERO PLANO: 16		1089.2 Kg

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

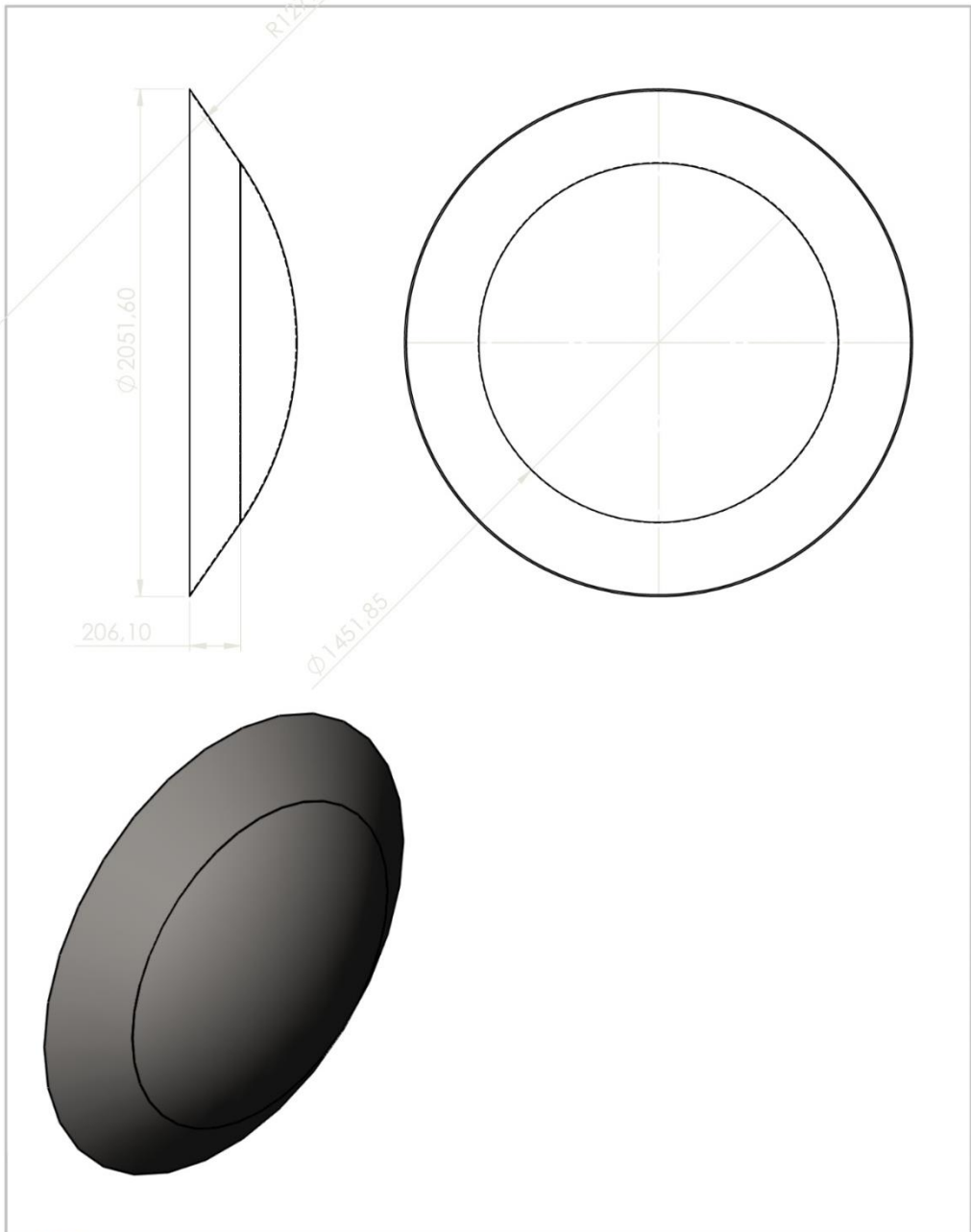
Ilustración 40: Pasarela.



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: CUERPO DEPÓSITO INTERIOR		
		NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ		
PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:100	NUMERO PLANO: 18

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ilustración 41: Depósito interior.



	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	TÍTULO: TAPADERA DEPÓSITO INTERIOR		
	PLANTILLA A4V	INGENIERÍA MECÁNICA	NOMBRE: MARINA SALMERÓN MARTÍNEZ	
		FECHA: 07/09/2020	ESCALA: 1:20	NUMERO PLANO: 19

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ilustración 42: Tapa depósito interior.

## 14. REFERENCIAS.

- Boletín Oficial del Estado. (1 de enero de 2019). ADR. *El Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera*. Madrid, Madrid, España.
- Real Decreto 1388/2011. (junio de 2010). Las disposiciones de aplicación de la Directiva 2010/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de junio de 2010 sobre equipos a presión transportables.
- Real Decreto 97/2014. (2014). Se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español. España.
- Revisa de seguridad Minera. (s.f.). Norma NFPA 704: significado y características. *Seguridad Minera*.
- UNE-EN 10088-1. (marzo de 2015). Aceros inoxidables. Parte 1: Relación de aceros inoxidables. España.
- UNE-EN 10088-2. (marzo de 2015). Aceros inoxidables. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro para chapas y bandas de acero resistentes a la corrosión para usos generales. España.
- UNE-EN 1092-1:2019. (marzo de 2019). Bridas y sus uniones. Bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN. Parte 1: Bridas de acero. España.
- UNE-EN 12972:2015. (octubre de 2019). Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Prueba, control y marcado de las cisternas metálicas. España.
- UNE-EN 1333:2006. (octubre de 2006). Bridas y sus uniones. Componentes de canalizaciones de tuberías. Definición y selección de PN. España.
- UNE-EN 14025:2014+A1. (2014). Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas. Cisternas metálicas sometidas a presión. Diseño y construcción. España.
- UNE-EN 14433. (marzo de 2015). Cisternas destinadas al transporte de mercancías peligrosas. Equipo para las cisternas destinadas al transporte de productos químicos líquidos. Válvulas de fondo. España.
- UNE-EN ISO 3834-1. (septiembre de 2006). Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 1: Criterios para la selección del nivel apropiado de los requisitos de calidad. España.



UNE-EN ISO 3834-2. (septiembre de 2006). Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 2: Requisitos de calidad completos.