



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# *Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones*

---

**MEMORIA PRESENTADA POR:**

*Joan Forqués Puigcerver*

GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

**Convocatoria de defensa:** *Septiembre de 2019*

**Autor:** Joan Forqués Puigcerver

**Tutor:** Jorge Gabriel Segura Alcaraz



# “Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones.”

## RESUMEN

El trabajo se centra en el diseño y análisis de un remolque dedicado al transporte por carretera de pequeñas embarcaciones de recreo. El propósito de éste, es diseñar un remolque para el transporte de embarcaciones que cumpla tanto su función como las normas impuestas para este tipo de vehículos no motorizados.

Para ello, primeramente se realizará un estudio de los diferentes tipos de remolques para este uso que existen en el mercado. A continuación, se estudiarán diferentes alternativas de diseño (tipo de remolque, materiales, etc.). Finalmente se procederá a proponer el diseño del remolque y la justificación de las soluciones adoptadas.

El trabajo se completará con un anejo de cálculos, el presupuesto y planos del diseño final.

**Palabras clave:** *Remolque, Náutico, Transporte, Embarcación*



# "Disseny d'un remolc per al transport de petites embarcacions."

## RESUM

El treball es centra en el disseny i anàlisi d'un remolc dedicat al transport per carretera de petites embarcacions d'esbarjo. El propòsit d'aquest, és dissenyar un remolc per al transport d'embarcacions que compleixi tant la seva funció com les normes imposades per a aquest tipus de vehicles no motoritzats.

Per a això, primerament es realitzarà un estudi dels diferents tipus de remolcs per a aquest ús que hi ha al mercat. A continuació, s'estudiaran diferents alternatives de disseny (tipus de remolc, materials, etc.). Finalment es procedirà a proposar el disseny del remolc i la justificació de les solucions adoptades.

El treball es completarà amb un annex de càlculs, el pressupost i plànols del disseny final.

**Paraules clau:** *Remolc, Nàutic, Transport, Embarcació*



# "Design of a trailer for the transport of small boats."

## **SUMMARY**

The project focuses on the design and analysis of a trailer dedicated to road transport of small recreational boats. The purpose of this, is to design a trailer for the transport of boats that fulfills both its function and the standards imposed for this type of non-motorized vehicles.

For this, first a study of the different types of trailers for this use that exist in the market will be carried out. Next, different design alternatives will be studied (type of trailer, materials, etc.). Finally we will proceed to propose the design of the trailer and the justification of the adopted solutions.

The project will be completed with an annex of calculations, the budget and final design plans.

**Keywords:** *Trailer, Nautical, Transportation, Boat*



## TABLA DE CONTENIDOS

Resumen.....	3
Resum.....	5
Summary .....	7
Tabla de contenidos .....	9
Abreviaturas.....	13
Listado de figuras .....	14
Listado de tablas.....	19
<b>1. Objetivo y motivación del proyecto .....</b>	<b>21</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>27</b>
2.1. Clasificación de los remolques por su MMA.....	28
2.1.1. Remolques hasta 750 kg de MMA .....	28
2.1.2. Remolques de más de 750 kg de MMA.....	28
2.2. Remolques náuticos.....	28
2.2.1. Componentes estándar.....	29
2.2.2. Componentes especiales.....	33
2.3. Tipos de remolques náuticos .....	36
2.3.1. Remolques para kayaks.....	36
2.3.2. Remolques para veleros.....	37
2.3.3. Remolques para moto náuticas .....	38
2.3.4. Remolques para embarcaciones de casco rígido .....	39
2.3.5. Remolques para embarcaciones neumáticas .....	39
2.3.6. Remolques para embarcaciones de vela ligera.....	40
2.3.7. Remolques para grandes yates .....	41
2.3.8. Remolques mixtos.....	41
<b>3. Normativa y homologación .....</b>	<b>43</b>
3.1. Normativa.....	44
3.1.1. Clasificación de vehículos por categorías.....	44
3.1.2. Real Decreto 750/2010 .....	45
3.1.3. Dimensiones y elementos obligatorios en vehículos de categoría O1 .....	45
3.2. Homologación .....	47
<b>4. Diseño preliminar .....</b>	<b>51</b>
4.1. Bastidor .....	52

4.1.1. Material .....	52
4.1.2. Perfiles utilizados .....	56
4.1.3. Geometría .....	56
4.1.4. Dimensiones.....	66
4.2. Componentes .....	68
4.2.1. Cabezal de enganche.....	68
4.2.2. Rueda jockey .....	69
4.2.3. Eje.....	70
4.2.4. Ruedas.....	72
4.2.5. Soporte de la rueda de repuesto .....	73
4.2.6. Porta-matrícula, instalación eléctrica y reflectantes .....	74
4.2.7. Guardabarros .....	76
4.2.8. Cabrestante .....	77
4.2.9. Rodillos.....	77
4.2.10. Tope de proa .....	78
<b>5. Diseño .....</b>	<b>81</b>
5.1. Bastidor .....	82
5.2. Componentes comerciales.....	85
5.2.1. Cabezal de enganche.....	85
5.2.2. Rueda jockey .....	87
5.2.3. Eje.....	88
5.2.4. Ruedas.....	92
5.2.5. Porta-matrícula, instalación eléctrica y reflectantes .....	92
5.2.6. Guardabarros .....	94
5.2.7. Cabrestante .....	96
5.2.8. Rodillos.....	97
4.2.9. Tope de proa .....	98
5.3. Componentes propios.....	99
5.3.1. Soporte de la rueda de repuesto .....	99
5.3.2. Soportes de los rodillos de quilla .....	99
5.4. Remolque completo.....	101
<b>6. Cálculos y simulaciones.....</b>	<b>105</b>
6.1. Análisis estático del bastidor.....	106
6.2. Análisis dinámico del bastidor .....	108
6.2.1. Aceleración.....	109
6.2.2. Frenada .....	112

6.2.3. Resalto.....	115
6.3. Análisis del soporte de rodillo de quilla .....	118
<b>7. Protección catódica por ánodos de sacrificio (Propuesta de estudio) .....</b>	<b>123</b>
7.1. Protección catódica.....	125
7.2. Ánodos de sacrificio .....	125
7.2.1. Características de los ánodos de sacrificio.....	126
7.2.2. Materiales más utilizados como ánodos para acero.....	127
7.3. Propuesta de diseño.....	128
7.3.1. Material.....	128
7.3.2. Geometría y dimensiones .....	128
7.3.3. Cantidad y ubicación .....	129
<b>8. Presupuesto .....</b>	<b>133</b>
<b>9. Conclusiones .....</b>	<b>139</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>143</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>147</b>
I. Planos .....	149
Plano 1: Soporte de rodillo quilla.....	151
Plano 2: Soporte de rueda repuesto .....	152
Plano 3: Soporte trasero de guardabarros.....	153
Plano 4: Soporte delantero de guardabarros.....	154
Plano 5: Soporte de tope de proa .....	155
Plano 6: Soporte añadido al porta-matrícula.....	156
Plano 7: Ubicación de soportes porta-matrícula .....	157
Plano 8: Bastidor .....	158
Plano 9: Ubicación de soportes guardabarros y de soportes tope proa.....	159
Plano 10: Ubicación de los componentes .....	160
II. Justificación de precios .....	161
- Cabezal de enganche .....	162
- Cabrestante .....	162
- Cadena (enganche secundario) .....	163
- Eje .....	163
- Guardabarros.....	164
- Palanca roscada .....	164
- Porta-matrícula.....	165
- Reflectante delantero.....	165
- Reflectante lateral .....	165

- Rodillo lateral.....	166
- Rodillo quilla .....	166
- Rueda jockey.....	167
- Rueda .....	167
- Varilla roscada .....	168
- Tope de proa.....	168
- Tubo de acero del bastidor.....	169
- Tornillería, galvanizado, soldadura y fabricación soportes .....	169

## **ABREVIATURAS:**

km – Quilómetro

m – Metro

cm - centímetro

mm – Milímetro

kg – Quilogramo

CV – Caballo de vapor

3D – Tres dimensiones

MMA – Masa máxima autorizada

ITV – Inspección Técnica de Vehículos

h - Hora

ISO – International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización)

t – Toneladas

UNE – Una Norma Española

V – Voltio

CE - Conformité Européenne (Conformidad Europea)

MPa – Mega-Pascal

GPa – Giga-Pascal

S – Siemens

°C – Grado Celsius

N – Newton

W – Watt

J – Joule

K – Kelvin

DIN - Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)

€ - Euro

s – Segundo

MRUA – Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado

a – Aceleración

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Dibujo de la planta de la embarcación.....	22
Figura 2: Embarcación navegando .....	23
Figura 3: Embarcación amarrada .....	23
Figura 4: Embarcación sobre remolque I .....	23
Figura 5: Embarcación sobre remolque II .....	23
Figura 6: Embarcación sobre remolque III .....	24
Figura 7: Motor de la embarcación .....	24
Figura 8: Modelo 3D de la embarcación a transportar .....	25
Figura 9: Remolque náutico cargado .....	29
Figura 10: Botadura de embarcación desde remolque.....	29
Figura 11: Rueda jockey maciza .....	30
Figura 12: Rueda jockey hinchable.....	30
Figura 13: Cabezal con indicador de carga.....	30
Figura 14: Cabezal sin indicador de carga .....	30
Figura 15: Kit porta-matrícula sin reflectantes .....	31
Figura 16: Kit porta-matrícula con reflectantes .....	31
Figura 17: Conector de 7 polos .....	31
Figura 18: Conector de 13 polos .....	31
Figura 19: Esquema de conexión de polos.....	32
Figura 20: Eje sin freno.....	32
Figura 21: Eje con freno .....	32
Figura 22: Diversos tipos de ubicación y soporte de rueda de repuesto.....	33
Figura 23: Distintos tipos de cabrestantes.....	34
Figura 24: Rodillo de quilla.....	35
Figura 25: Rodillo lateral .....	35
Figura 26: Deslizaderas de goma.....	35
Figura 27: Deslizaderas en remolque.....	35
Figura 28: Diferentes tipos de tope de proa .....	36
Figura 29: Distintos remolques para kayaks .....	37
Figura 30: Remolques para veleros.....	38
Figura 31: Diferentes remolques para motos náuticas.....	38
Figura 32: Remolques para embarcaciones de casco rígido .....	39
Figura 33: Remolque con rodillos.....	39

Figura 34: Remolque con deslizaderas.....	39
Figura 35: Embarcación neumática sobre remolque .....	40
Figura 36: Remolques para embarcaciones de vela ligera.....	40
Figura 37: Remolques para grandes yates .....	41
Figura 38: Remolque mixto .....	41
Figura 39: Gráfico densidad-rigidez .....	54
Figura 40: Gráfico precio-rigidez .....	54
Figura 41: Gráfico densidad-límite elástico.....	55
Figura 42: Gráfico densidad-precio .....	55
Figura 43: Geometría de bastidor, ejemplo 1 .....	57
Figura 44: Geometría de bastidor, ejemplo 2 .....	57
Figura 45: Geometría de bastidor, ejemplo 3 .....	58
Figura 46: Geometría de bastidor, ejemplo 4 .....	58
Figura 47: Geometría de bastidor, ejemplo 5 .....	59
Figura 48: Geometría de bastidor, ejemplo 6 .....	59
Figura 49: Geometría de bastidor, ejemplo 7 .....	60
Figura 50: Otras geometrías de bastidor.....	60
Figura 51: Esbozo de la geometría del bastidor .....	61
Figura 52: Distribución de los componentes.....	62
Figura 53: Áreas y centroides I.....	63
Figura 54: Áreas y centroides II.....	64
Figura 55: Descomposición geométrica de la embarcación .....	64
Figura 56: Descomposición geométrica del motor .....	65
Figura 57: Centro de masas de la embarcación con su motor .....	65
Figura 58: Esbozo de dimensiones .....	66
Figura 59: Distancia entre rodillos laterales.....	67
Figura 60: Tipos de cabezal .....	68
Figura 61: Tipos de anclaje a bastidor en cabezales de enganche.....	68
Figura 62: Enganche secundario .....	69
Figura 63: Tipos de rueda jockey.....	70
Figura 64: Tipos de eje .....	70
Figura 65: Dimensiones de eje a medida .....	71
Figura 66: Funcionamiento de la suspensión del eje .....	71
Figura 67: Sistema de buje estanco .....	72
Figura 68: Opciones de ruedas para remolques .....	72
Figura 69: Diferentes tipos de soporte para la rueda de repuesto.....	73

Figura 70: Kit porta-matrícula con conector de 7 polos.....	74
Figura 71: Kit de luces portátil .....	75
Figura 72: Formatos de matrícula .....	75
Figura 73: Reflectantes delanteros y laterales.....	76
Figura 74: Materiales en guardabarros.....	76
Figura 75: Tipos de cabrestantes .....	77
Figura 76: Tipos de rodillos .....	78
Figura 77: Tope de proa .....	78
Figura 78: Gráfico de espesores de la capa de zinc.....	84
Figura 79: Etapas del galvanizado por inmersión en caliente.....	84
Figura 80: Cabezal Knott K7.5-L.....	85
Figura 81: Medidas del cabezal .....	86
Figura 82: Dispositivo de enganche secundario.....	86
Figura 83: Foto Knott TK48.....	87
Figura 84: Medidas Knott TK48 .....	87
Figura 85: Soporte LB48 .....	88
Figura 86: Eje Knott VG7L.....	88
Figura 87: Sistema de bujes estancos .....	88
Figura 88: Medidas del eje Knott VG7L.....	89
Figura 89: Medidas del buje.....	89
Figura 90: Centro de masas Embarcación + Bastidor.....	90
Figura 91: Esbozo para el cálculo de la reacción en el enganche .....	91
Figura 92: Ilustración del montaje del eje.....	91
Figura 93: Foto de la rueda (de catálogo) .....	92
Figura 94: Foto de la rueda (proporcionada por el vendedor) .....	92
Figura 95: Kit porta-matrícula seleccionado .....	92
Figura 96: Porta-matrícula modificado Vista I.....	93
Figura 97: Porta-matrícula modificado Vistall .....	93
Figura 98: Palanca roscada.....	93
Figura 99: Esquema de montaje del porta-matrícula y de las tuercas soldadas al bastidor .....	93
Figura 100: Reflectantes laterales.....	94
Figura 101: Reflectantes delanteros .....	94
Figura 102: Esquema de montaje de los reflectantes laterales y delanteros .....	94
Figura 103: Guardabarros Alko Compact.....	94
Figura 104: Medidas del guardabarros .....	95
Figura 105: Esquema de montaje del guardabarros .....	95

Figura 106: Recorrido de la suspensión elástica .....	95
Figura 107: Cabrestante seleccionado .....	96
Figura 108: Esquema de montaje del cabrestate.....	96
Figura 109: Rodillo de quilla seleccionado Vista I .....	97
Figura 110: Rodillo de quilla seleccionado Vista II .....	97
Figura 111: Rodillo lateral seleccionado .....	97
Figura 112: Tope de proa seleccionado .....	98
Figura 113: Esquema de montaje del tope de proa .....	98
Figura 114: Varilla roscada M12.....	99
Figura 115: Esquema de montaje de la rueda .....	99
Figura 116: Soporte de rodillo de quilla.....	100
Figura 117: Esquema de montaje de los rodillos de quilla .....	100
Figura 118: Vista general remolque acabado .....	101
Figura 119: Vista delantera remolque acabado .....	101
Figura 120: Vista trasera remolque acabado .....	101
Figura 121: Vista lateral remolque acabado .....	102
Figura 122: Remolque acabado visto desde arriba .....	102
Figura 123: Remolque acabado visto desde abajo.....	102
Figura 124: Remolque acabado con embarcación cargada .....	103
Figura 125: Comando Fuerza SolidWorks .....	106
Figura 126: Comando Rodillo/Control deslizante SolidWorks .....	106
Figura 127: Comando Geometría fija SolidWorks.....	106
Figura 128: Comando Gravedad SolidWorks .....	106
Figura 129: Fuerzas aplicadas para análisis estático .....	107
Figura 130: Tensiones en análisis estático .....	107
Figura 131: Desplazamientos exagerados análisis estático .....	108
Figura 132: Desplazamientos escala real análisis estático.....	108
Figura 133: Foto BMW 320d .....	109
Figura 134: Esquema de sujeción de la embarcación .....	110
Figura 135: Esquema de fuerza en aceleración .....	110
Figura 136: Fuerzas aplicadas para aceleración.....	111
Figura 137: Tensiones en aceleración .....	111
Figura 138: Desplazamientos exagerados aceleración .....	112
Figura 139: Desplazamientos escala real aceleración.....	112
Figura 140: Esquema de fuerza de frenada .....	113
Figura 141: Fuerzas aplicadas para frenada.....	113

Figura 142: Tensiones en franada .....	114
Figura 143: Situación de tensión máxima en frenada.....	114
Figura 144: Desplazamientos exagerados frenada .....	115
Figura 145: Desplazamientos escala real frenada.....	115
Figura 146: Fuerzas aplicadas para resalto .....	117
Figura 147: Tensiones en resalto .....	117
Figura 148: Desplazamientos exagerados resalto.....	118
Figura 149: Desplazamientos escala real resalto .....	118
Figura 150: Fuerzas aplicadas S.Quilla .....	119
Figura 151: Tensiones S.Quilla .....	119
Figura 152: Desplazamientos aumentados S.Quilla.....	120
Figura 153: Desplazamientos escala real S.Quilla .....	120
Figura 154: Remolque náutico completamente oxidado.....	124
Figura 155: Esquema de la pila o celda de corrosión.....	124
Figura 156: Ejemplos de ánodos de sacrificio en embarcación .....	125
Figura 157: Ánodo de zinc.....	127
Figura 158: Ánodo de aluminio .....	127
Figura 159: Ánodo de magnesio.....	128
Figura 160: Ánodo seleccionado .....	129
Figura 161: Tornillos para el ánodo.....	129
Figura 162: Detalle del montaje de los ánodos.....	130

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Datos técnicos de la embarcación a transportar.....	22
Tabla 2: Luces y catadióptricos obligatorios en vehículos de la Categoría O1.....	46
Tabla 3: Composición química del material .....	82
Tabla 4: Características mecánicas del material .....	83
Tabla 5: Propiedades del material a introducir en SolidWorks.....	83
Tabla 6: Características Knott TK48.....	87
Tabla 7: Fórmulas MRUA.....	109
Tabla 8: Serie electroquímica.....	126
Tabla 9: Presupuesto material .....	134
Tabla 10: Presupuesto procesos .....	135
Tabla 11: Presupuesto total .....	136



# **1. OBJETIVO Y MOTIVACIÓN DEL PROYECTO**

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño y cálculo de un remolque dedicado al transporte de una embarcación. También se incluirá en el trabajo el proceso de homologación del remolque, los planos y el presupuesto del prototipo. Este diseño se realizará atendiendo a las exigencias que supone en todo momento el transporte de embarcaciones.

La idea de la realización de este trabajo viene de la pasión del autor por la náutica de recreo y la necesidad del transporte de embarcaciones por carretera con el fin de ahorrar gastos de amarre, de cuidado y de mantenimiento de las embarcaciones en este hobby que resulta tan costoso económicamente.

La embarcación modelo que se ha elegido para la realización de este trabajo ha sido el modelo Futura Mark III Alu de la marca Zodiac. Se trata de una embarcación neumática semirrígida de 4.5 m de eslora. Las características de la embarcación son las siguientes:

#### Datos Técnicos:

##### Datos Técnicos Básicos:

Astillero: Zodiac Española S.A.U.  
Modelo: Zodiac Futura Mark 3 Alu  
Año de fabricación: -  
Tipo de Barco: Neumática  
Material de construcción: Otro

Eslora: 4,5 m  
Manga: 2,05 m  
Calado: -  
Peso: 116 Kg  
Motor: 25 CV - 50 CV

##### Datos Técnicos Completos:

Eslora total: 4,5 m  
Eslora casco: -  
Eslora interior: -  
Manga: 2,05 m  
Manga interior: 0.90 m  
Calado: -  
Diámetro de flotador: 0.57 m  
Cámaras de aire: -

Peso: 116 Kg  
Puntal: -  
Capacidad de carga: -  
Material de construcción: Otro  
Tipo de Construcción: -  
Tipo de casco: -  
Categoría de diseño: -  
Plazas: 9

#### Motorización:

Marca: 25 CV - 50 CV  
Velocidad máx.: 60km/h - 37mph

Capacidad de combustible: -  
Tipo de motor: -

Tabla 1: Datos técnicos de la embarcación a transportar



Figura 1: Dibujo de la planta de la embarcación



*Figura 2: Embarcación navegando*



*Figura 3: Embarcación amarrada*

Dadas las dimensiones y peso del tipo de embarcación, el remolque a diseñar será un remolque de tipo ligero y de un solo eje capaz de transportar embarcaciones neumáticas similares de hasta 4.5 m de eslora aproximadamente.



*Figura 4: Embarcación sobre remolque I*



*Figura 5: Embarcación sobre remolque II*



*Figura 6: Embarcación sobre remolque III*

Además, esta embarcación estará equipada con un motor fueraborda de 25 CV. Este motor fueraborda será el modelo F25GEL de la marca Yamaha, que tiene una masa de 58 kg.



*Figura 7: Motor de la embarcación*

Así quedaría la vista en 3D del modelo de la embarcación con el motor fueraborda incorporado:



*Figura 8: Modelo 3D de la embarcación a transportar*



## **2. INTRODUCCIÓN**

Un remolque es un vehículo de carga no autopropulsado, diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo tractor, y que constará como mínimo de un bastidor, ruedas, superficie de carga y, dependiendo de su masa y dimensiones, frenos propios.

El remolque proporciona una capacidad extra de almacenamiento al vehículo que lo remolca para transportar voluminosas y pesadas cargas.

Los remolques se pueden clasificar de diferentes formas. A continuación se explica la más común:

## **2.1. CLASIFICACIÓN DE REMOLQUES POR MMA**

Según su MMA (Masa Máxima Autorizada), que es la masa máxima legal con la que puede circular un vehículo incluyendo tanto la carga como su propia masa, los remolques pueden clasificarse en dos grupos: remolques de hasta 750 kg de MMA y remolques de más de 750 kg de MMA.

### **2.1.1. Remolques hasta 750 kg de MMA**

Estos remolques, también llamados remolque ligeros, tienen un solo eje con dos ruedas. Su normativa de uso se limita a su vehículo tractor, es decir, no se necesitará un carnet adicional para llevarlo y tampoco necesitará matrícula propia ni será obligatorio tener un seguro para este. Además, estos remolques también estarán exentos de pasar la ITV periódica. El límite de velocidad para este tipo de remolques en autovías y autopistas será de 90km/h. Dentro de esta categoría se encontrará el remolque a diseñar como se verá más adelante.

### **2.1.2. Remolques de más de 750 kg de MMA**

Para estos remolques sí que será necesario la posesión de un permiso de circulación adicional, así como matrícula y seguro propios del remolque. Además, estos remolques también se verán sometido a una ITV periódica. El límite de velocidad de estos remolques en autovías y autopistas será de 80km/h.

## **2.2. REMOLQUES NÁUTICOS**

Por otro lado, los remolques también se podrán clasificar según su función principal en muchos grupos diferentes: remolques de transporte, remolques vivienda, remolques de venta ambulante, etc. Este trabajo se centrará en los remolques de transporte, más concretamente en un subgrupo de ellos que corresponde a los llamados remolques náuticos.



*Figura 9: Remolque náutico cargado*

Los remolques náuticos están destinados al transporte de embarcaciones por carretera, y en muchas ocasiones, también a la botadura de estas embarcaciones, es decir, a la descarga de estas en el mar. Es por esto que este tipo de remolque se ven sometidos a unas condiciones de trabajo que exigirán un diseño cuidadoso.



*Figura 10: Botadura de embarcación desde remolque*

Los remolques náuticos comparten componentes estándar comunes en todo tipo de remolques, pero también tienen algunos componentes especiales para remolque de este tipo.

### **2.2.1. Componentes estándar**

Los componentes estándar que se pueden encontrar en todo tipo de remolques son los siguientes:

- Rueda jockey:

Básicamente se trata de un tubo que irá enganchado al remolque mediante una brida. En su extremo inferior tendrá una pequeña rueda y en el superior una manivela para su nivelación en altura.

Es un elemento imprescindible que sirve para poder mover el remolque cuando no está enganchado a su vehículo tractor así como de apoyo y nivelación del remolque en este mismo caso. Esta rueda podrá ser rígida o hinchable e incluso podrá llevar un motor eléctrico incorporado para ayudar a desplazar el remolque, si este es muy pesado, cuando no está enganchado a su vehículo tractor.



Figura 11: Rueda jockey maciza



Figura 12: Rueda jockey hinchable

- Cabezal de enganche:

El cabezal de enganche es la parte que hará de unión entre el bastidor del remolque y el enganche del vehículo tractor. Suelen ser todos muy similares con algunas pequeñas diferencias dependiendo si el remolque dispone de freno o no. Mucho de estos cabezales suelen incorporar también un sencillo testigo mecánico que indicará si la carga sobre el enganche es muy negativa, muy positiva o si este está correctamente cargado, cosa que será de utilidad a la hora de hacer el reparto de pesos de la carga sobre el remolque.



Figura 13: Cabezal con testigo indicador de carga



Figura 14: Cabezal sin indicador de carga

- Kit porta-matrícula:

Se trata de un kit que a menudo suele venderse todo en conjunto e incluye el soporte de la matrícula, las luces y los reflectantes traseros reglamentarios. En los remolques más sencillos este kit llevará toda la instalación eléctrica del remolque, ya que esta solo constará de las luces traseras.



Figura 15: Kit porta-matrícula sin reflectantes



Figura 16: Kit porta-matrícula con reflectantes

- Conector:

A menudo, este se incluye en el kit porta-matrícula. Los conectores que unen la instalación eléctrica del remolque a su vehículo tractor (que les dará la alimentación) están normalizados. Básicamente, se pueden resumir en dos tipos: conectores de 7 polos (regulados por la norma ISO 1724) y conectores de 13 polos (regulados por la norma ISO 11446). En remolques ligeros, lo más común es encontrarse con conexiones de 7 polos que dan corriente a los intermitentes, las luces de posición, las luces de freno y el antiniebla trasero. Mientras que en caravanas u otros tipos de remolques más complejos se suelen encontrar conectores de 13 polos, que además de lo anteriormente indicado y de la luz de marcha atrás, también pueden dar corriente a otros elementos con conexión directa de batería o pasando por la llave del vehículo tractor. Ejemplos de estos elementos serían las luces interiores en remolques cerrados o caravanas, cabrestantes eléctricos de carga, etc.



Figura 17: Conector de 7 polos



Figura 18: Conector de 13 polos



Figura 19: Esquema de conexión de polos

- Eje:

Es la parte que sirve de estructura y soporte para las ruedas del remolque e incorporará a estas. Los remolque pueden disponer de un solo eje o de varios dependiendo de su MMA. Además, podrán incorporar o no, sistema de freno y sistema de amortiguación.



Figura 20: Eje sin freno



Figura 21: Eje con freno

- Rueda de repuesto:

Su localización en el remolque y su soporte pueden ser muy variados.



Figura 22: Diversos tipos de ubicación y soporte de rueda de repuesto

### 2.2.2. Componentes especiales

Los componentes especiales para remolques náuticos más comunes suelen ser los siguientes:

- Cabrestante:

Es el elemento que ayudará a subir con facilidad la embarcación que se desee transportar al remolque. Existen cabrestantes manuales, utilizados normalmente en pequeñas embarcaciones, y cabrestantes eléctricos, utilizados para embarcaciones más grandes o pesadas. Además, la parte tirante del cabrestante puede ser de diferentes materiales, siendo los más comunes los de cuerda, los de cinta y los de cable de acero.



Figura 23: Distintos tipos de cabrestantes

- Rodillos:

Estos elementos son los que ayudan a la embarcación a deslizarse sobre el remolque hasta su posición correcta disminuyendo al máximo el rozamiento del casco de esta sobre el remolque. La cantidad, el tipo y la localización de estos en un remolque náutico dependerá de muchos factores como por ejemplo el tamaño de la embarcación, su forma y su masa. Además, estos rodillos pueden ser de geometría y tamaño muy diverso y suelen ser adaptables en inclinación y altura con el fin de que un mismo remolque sirva para transportar el máximo número de modelos de embarcación con unos mínimos ajustes. Básicamente podemos diferenciar dos tipos: rodillos de quilla (que se montan en la parte central del remolque en caso de montarse) y rodillos laterales.



Figura 24: Rodillo de quilla



Figura 25: Rodillo lateral

- Deslizaderas:

Se trata de unos patines que en ocasiones sustituyen a los rodillos en remolques destinados a embarcaciones muy ligeras, donde el rozamiento del casco de la embarcación con el remolque no es un aspecto crítico dado el bajo peso de la embarcación. Una desventaja de estos podría ser que no son tan regulables como suelen ser los rodillos. Las deslizaderas suelen ser de goma o de algún otro material acolchado o revestido para cuidar el casco de la embarcación de ralladuras.



Figura 26: Deslizaderas de goma



Figura 27: Deslizaderas en remolque

- Tope de proa:

Como su nombre indica, su función es la de hacer de tope de la embarcación por la parte delantera de esta (proa). Sobre él hará presión la embarcación cuando llegue a su tope en el remolque tirada por el cabrestante, elemento que muchas veces se monta sobre este. También suelen ser de goma y muchas veces es regulable en inclinación y altura.



*Figura 28: Diferentes tipos de tope de proa*

## **2.3. TIPOS DE REMOLQUES NÁUTICOS**

Existe una gran diversidad de tipos o subgrupos dentro de la gran familia de los remolques náuticos, dependiendo del tipo de embarcación que transportarán (velero, neumática, de casco rígido, moto náutica, kayak, etc.), de su tamaño (normalmente por eslora) y de su masa. A continuación se pueden ver estos diferentes tipos de remolques náuticos:

### **2.3.1. Remolques para kayaks**

Estos remolques están diseñados para el transporte de kayaks, piraguas, canoas y otras embarcaciones de este estilo. Dado el reducido tamaño y el bajo peso de este tipo de embarcaciones, este subgrupo de remolques permite transportar muchas de estas embarcaciones a la vez. Suelen disponer de una estructura metálica a modo de estantería donde se apoyan las embarcaciones y se atan a esta con cintas.



*Figura 29: Distintos remolques para kayaks*

Este tipo de embarcaciones suele cargarse a su remolque de forma manual y sin ayuda de ningún dispositivo especial dado su sencillez, su bajo peso y su reducido tamaño.

### **2.3.2. Remolques para veleros**

Los remolques para el transporte de veleros tienen la peculiaridad de tener el soporte del casco más alto respecto a su eje ya que muchos velero disponen de un contrapeso debajo de su casco llamado orza. En ocasiones esta orza no es fija, sino que se puede abatir, cosa que permite que el soporte en estos casos no tenga que ser tan alto.



Figura 30: Remolques para veleros

Este tipo de embarcaciones suele cargarse a su remolque mediante una grúa que saca la embarcación del agua agarrándola del casco con grandes cinchas. En estos casos, la embarcación no desliza sobre el remolque.

### 2.3.3. Remolques para motos náuticas

Estos remolques, suelen ser de tamaño reducido y de un solo eje dado el reducido tamaño y el bajo peso de las motos náuticas. Estos remolques pueden llevar rodillos para facilitar el deslizamiento de la moto náutica hasta su posición correcta de transporte u otras veces llevan unas simples deslizaderas de goma u otro material, ya que dado el bajo peso de estas embarcaciones, la fricción de su casco con el remolque no es un aspecto crítico. Cabe destacar también, que dada la pequeña manga (ancho) de este tipo de embarcaciones, algunos remolques de este tipo permiten transportar dos motos náuticas en paralelo.

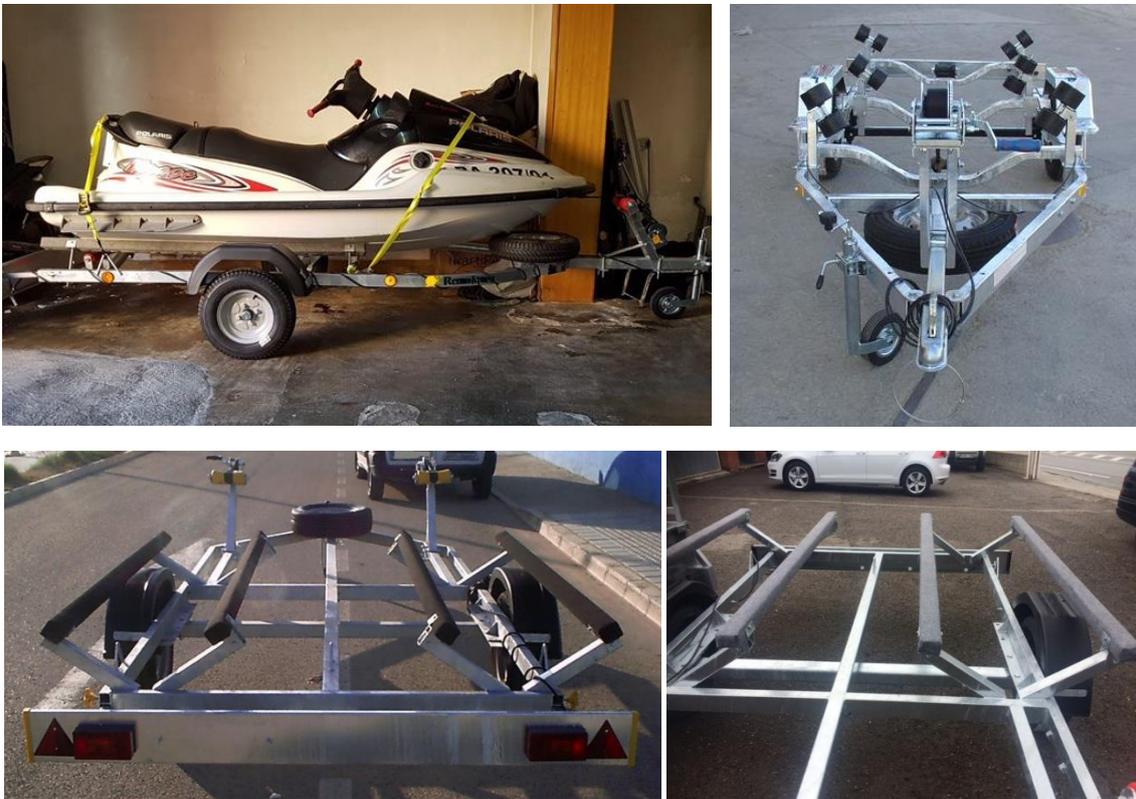


Figura 31: Diferentes remolques para motos náuticas

Este tipo de embarcaciones suelen cargarse a su remolque con ayuda de un cabrestante manual y deslizándose sobre los rodillos o deslizaderas hasta su posición correcta.

#### 2.3.4. Remolques para embarcaciones de casco rígido

Este tipo de remolques son muy variados, ya que las embarcaciones de casco rígido son las más comunes y diversas. Hay remolque de uno o de dos ejes, de rodillos o de deslizaderas (aunque la mayoría son de rodillos), con cabrestante manual o eléctrico, etc.



Figura 32: Remolques para embarcaciones de casco rígido

Estos remolques, igual que los remolques para motos náuticas y otros tipos que se verán a continuación, entran parcialmente al agua mediante una rampa para cargar y descargar la embarcación de él.

#### 2.3.5. Remolques para embarcaciones neumáticas

Estos remolques suelen ser de un solo eje dado el bajo peso de las embarcaciones neumáticas y los hay tanto de rodillos como de deslizaderas, ya que su peso no es un aspecto crítico igual que ocurre en las motos náuticas.



Figura 33: Remolque con rodillos



Figura 34: Remolque con deslizaderas



Figura 35: Embarcación neumática sobre remolque

Los remolques para este tipo de embarcaciones los hay tanto de cabrestante manual como de cabrestante eléctrico dependiendo sobretodo del peso del motor fueraborda que lleven instalado las embarcaciones, ya que en este tipo de embarcaciones, una parte importante de su peso es el correspondiente al motor.

### 2.3.6. Remolques para embarcaciones de vela ligera

Dado el pequeño peso y tamaño de estas embarcaciones, los remolques para transportarlas suelen permitir llevar varias a la vez como en el caso de los kayaks. Los hay muy diversos, desde algunos similares a los remolques para kayaks, hasta otros en los que las embarcaciones van colocadas de forma vertical (en ambos casos las velas se desmontan para su transporte).



Figura 36: Remolques para embarcaciones de vela ligera

Igual que en los remolques para kayaks, en estos las embarcaciones también se cargan sin ayuda de ningún mecanismo dada su ligereza y fácil manejabilidad.

### 2.3.7. Remolques para grandes yates

Este tipo de remolques son muy diferentes a los anteriormente descritos dados el tamaño de las embarcaciones que transportan así como el peso de estas. Muchas veces se tienen que adaptar a la embarcación en concreto que transportan dada la complejidad de su transporte y su seguridad. La legislación y los permisos en estos casos también son muy complejos y diversos.



Figura 37: Remolques para grandes yates

### 2.3.8. Remolques mixtos

Estos remolques no son muy comunes. La particularidad de estos remolques es que permiten transportar a la vez varios tipos de embarcaciones, normalmente de pequeño tamaño y/o peso.



Figura 38: Remolque mixto



# **3. NORMATIVA Y HOMOLOGACIÓN**

## 3.1. NORMATIVA

### 3.1.1. Clasificación de los vehículos por categorías

Para entender bien que un remolque no es más que otro tipo más de vehículo dentro de tantos, a continuación se expone la clasificación de los vehículos de acuerdo con las categorías establecidas a efectos de homologación y criterios de construcción y utilización:

- Categoría L: Vehículos de motor con menos de cuatro ruedas.
  - *Categoría L1*: Vehículos de dos ruedas cuya cilindrada del motor no exceda de 50 cm<sup>3</sup> y cuya velocidad máxima por construcción no sea superior a 50 km/h.
  - *Categoría L2*: Vehículos de tres ruedas, cuya cilindrada del motor no exceda de 50 cm<sup>3</sup> y cuya velocidad máxima por construcción no sea superior a 50 km/h.
  - *Categoría L3*: Vehículos de dos ruedas cuya cilindrada del motor exceda de 50 cm<sup>3</sup> o cuya velocidad por construcción sea superior a 50 km/h
  - *Categoría L4*: Vehículos de tres ruedas asimétricas respecto al eje medio longitudinal, cuya cilindrada del motor pasa de 50 cm<sup>3</sup> o cuya velocidad por construcción pase de 50 km/h.
  - *Categoría L5*: Vehículos de tres ruedas simétricas respecto al eje medio longitudinal, cuya MMA no exceda de 1000 kg y cuya cilindrada del motor exceda de 50 cm<sup>3</sup> o cuya velocidad por construcción pase de 50 km/h.
- Categoría M: Vehículos de motor destinados al transporte de personas y que tengan, ya sea cuatro ruedas, al menos, o tres ruedas y una MMA que exceda de 1 t. Los vehículos articulados compuestos de dos elementos inseparables pero articulados se consideran como un solo vehículo.
  - *Categoría M1*: Vehículos destinados al transporte de personas que permitan ocho plazas sentadas como máximo, además del asiento del conductor.
  - *Categoría M2*: Vehículos destinados al transporte que permitan más de ocho plazas sentadas, además del asiento del conductor, y que tengan una MMA que no exceda de 5 t.
  - *Categoría M3*: Vehículos destinados al transporte de personas que permitan más de ocho plazas sentadas, además del asiento del conductor, y que tengan una MMA que exceda de 5 t.
- Categoría N: Vehículos a motor destinados al transporte de mercancías y que tengan, ya sea cuatro ruedas, al menos, o tres ruedas y una MMA que exceda de 1 t.
  - *Categoría N1*: Vehículos destinados al transporte de mercancías que tenga una MMA que no exceda de 3.5 t.
  - *Categoría N2*: Vehículos destinados al transporte de mercancías que tenga una MMA entre 3.5 t y 12 t.
  - *Categoría N3*: Vehículos destinados al transporte de mercancías que tenga una MMA que exceda de 12 t.
- Categoría O: Remolques concebidos o fabricados para el transporte de mercancías o de personas, así como para alojar personas (comprendidos los semirremolques).

- *Categoría O1*: Remolques de un eje, distintos de los semirremolques, cuya MMA no exceda de 750 kg.
- *Categoría O2*: Remolques cuya MMA no exceda de 3.5 t, excepto los remolques de la Categoría O1.
- *Categoría O3*: Remolques que tengan una MMA entre 3.5 t y 10 t.
- *Categoría O4*: Remolques que tengan una MMA que exceda de 10 t.

El remolque objeto de este trabajo, estaría comprendido en la Categoría O1 que corresponde a los remolques de un eje cuya MMA no exceda de 750 kg. Esto lo podemos deducir ya que sabemos que la embarcación a transportar tiene un peso total de 174 kg, es decir, 116 kg de la embarcación neumática (Zodiac Futura Mark 3 ALU) y 58 kg de su motor fueraborda (Yamaha F25GEL), por lo que nos quedarían 576 kg para el remolque completo ( 750kg - 174kg = 576kg ).

### **3.1.2. Real Decreto 750/2010**

Según el Real Decreto 750/2010 por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos a motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos, los vehículos pertenecientes a la Categoría O1 (también llamados remolques ligeros por tener una MMA inferior a 750 kg) no necesitarán matrícula propia. Bastará con que estos remolques lleven incorporada una copia de la matrícula del vehículo a motor que lo remolca.

Estos remolques tampoco necesitarán estar equipados con ningún tipo de frenos.

También hay que destacar que estos remolques no necesitarán ni seguro obligatorio para poder circular, ni realizar inspecciones periódicas en estaciones de ITV. Además, para la conducción de este tipo de remolques no es necesario ningún carnet de conducir especial, es decir, será suficiente con el carnet de tipo B.

A esta normativa está también sujeta la cumplimentación de la tarjeta ITV que permite la puesta en circulación de este tipo de remolques y que deberá comunicarse a la Dirección General de Tráfico por el fabricante del mismo.

La documentación necesaria para circular con estos vehículos constará de un certificado (ficha del vehículo) que especifica las características del remolque dotadas por el fabricante según el Anexo IV del Real Decreto 750/2010.

### **3.1.3. Dimensiones y elementos obligatorios en vehículos de Categoría O1**

Teniendo en cuenta las restricciones en lo que respecta a las dimensiones, deberemos tener en cuenta que:

- La anchura total del remolque no deberá ser superior a 2.3 m en ningún caso.
- La altura del remolque en vacío no podrá ser superior a 1.8 veces el ancho de vía ni superior a 3 m.
- La longitud total del remolque no podrá sobrepasar los 8 m.

- La masa sobre el dispositivo de acoplamiento no deberá ser superior a 75 kg ni inferior al 4% de la MMA y será siempre positiva.
- La tara será menor o igual al 40% de la MMA, exceptuando los de carga fija.
- La MMA será igual o inferior de 750 kg, y no inferior al 67% de la capacidad de carga del eje.
- El eje del remolque como mínimo tendrá que estar preparado para soportar la MMA del remolque.
- Con los neumáticos ocurrirá lo mismo que con el eje, es decir, si el remolque tiene una MMA de 750 kg y nuestro remolque tiene un solo eje, la carga mínima de cada neumático será de 375 kg (750kg/2ruedas).

En cuanto a los elementos obligatorios en estos remolques, deberemos incorporar:

- Un enganche secundario que impida que la barra que contiene el cabezal de enganche tocara el suelo si este se desenganchara. Podrá ser una cadena, un cable, etc.
- Una rueda tipo jockey.
- Una copia de la matrícula del vehículo a motor que lo remolca debidamente colocada y visible.
- Las luces y catadióptricos marcados como obligatorios en la siguiente tabla:

#### KIT DE LUCES Y CATADIOPTRICOS OBLIGATORIOS

Tabla de luces para remolques tipo O1

TIPO DE LUZ	Cantidad	Color	Ubicación	Obligatoriedad	Potencia mínima (w)
Luces marcha atras	1 - 2	Blanco	Posterior (1u's derecho)	Opcional (2)	21
Luces intermitentes laterales	2 (1)	Amarillo-naranja	Lateral	Opcional	5
Luces intermitentes	2 (1)	Amarillo-naranja	Posterior	Obligatorio	21
Luces emergencia	2 (1)	Amarillo-naranja	Posterior	Obligatorio	21
Luces de freno	2 (1)	Rojo	Posterior	Obligatorio	21
Luces de posición delantera	2 (1)	Blanco	Delantera	Opcional	5
Luces de posición traseras	2 (1)	Rojo	Posterior	Obligatorio	5
Luces de posición lateral	4 (3)	Amarillo-naranja	Lateral	Obligatorio	5
Luces traseras de placa	1 - 2	Rojo	Posterior	Opcional	5
Luces antiniebla posterior	1 - 2	Rojo	Posterior (1u's izquierdo)	Obligatorio	21
Luces perimétrica delantera (galibo)	2 (4)	Blanco	Delantera	Opcional	5
Luces perimétrica posterior (galibo)	2 (4)	Rojo	Posterior	Opcional	5
Reflectores triangular	2 (1)	Rojo	Posterior	Obligatorio	--
Reflectores de longitud	2 (1)	Amarillo-naranja contorno rojo	Posterior	Opcional	--
Reflector lateral	2 (1)	Amarillo-naranja	Lateral	Obligatorio	--
Reflector delantero	2 (1)	Blanco	Delantera	Obligatorio	--

(1). Sólo en números pares.

(2). Debe ser accionado por la palanca de marcha atrás. Cuando hay una sola luz, se debe colocar en el lateral derecho de la parte posterior, si tenemos 2 luces, una en cada lado de la parte posterior.

(3). Únicamente para remolques cuya longitud supera los 6m. Separados cada 3mts y a 1mts de cada extremo del remolque.

(4). Es obligatorio en vehículos de más de 1,60mts de ancho y/o de 3m de alto.

(5). Exigible en defecto de indicación expresa del fabricante.

Tabla 2: Luces y catadióptricos obligatorios en vehículos de la Categoría O1

Estas luces irán alimentadas por la batería del vehículo tractor según la Norma UNE 26-170-84.

Otras normas que se aplicarán a componentes o procesos a lo largo del trabajo serán las siguientes:

- **ISO 1724:2013** Vehículos de carretera. Conectores para uniones eléctricas entre vehículos tractores y vehículos remolcados. Conector de 7 bornes de tipo 12 N (normal) para vehículos con tensión nominal de 12 V.
- **EN 10025-1:2006** Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.
- **EN 10025-2:2006** Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados.
- **UNE-EN ISO 1461:2010** Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.
- **UNE 37-501-88** Métodos de ensayo para galvanización en caliente.
- **UNE-EN 1179:2004** Cinc y aleaciones de cinc. Cinc primario.

### 3.2. HOMOLOGACIÓN

Bajo el Real Decreto 750/2010, se podrán conseguir diferentes tipos de homologaciones:

- **HOMOLOGACIÓN DE TIPO CE:** Se aplica a los vehículos incluidos dentro del ámbito de aplicación de las directivas comunitarias, según la **Directiva 2007/46/CE**.
- **HOMOLOGACIÓN DE TIPO NACIONAL:** Se aplica a los vehículos no incluidos en el ámbito de aplicación de las directivas comunitarias. La validez de esta homologación queda limitada al territorio de ese Estado miembro del Espacio Económico Europeo.
- **HOMOLOGACIÓN INDIVIDUAL:** Es la que se refiere a un vehículo en particular y no a un tipo de vehículo. En el Real Decreto 750/2010 se regulan la documentación a presentar para solicitar este tipo de homologación. Este tipo de homologación valida la construcción de un vehículo de manera única, y el cumplimiento de este vehículo de todas las normativas establecidas en un país o en una comunidad, la Unión Europea en nuestro caso. La ITV se encarga de realizar esta homologación con los datos del fabricante o particular y es el proceso más común para los remolques ligeros destinados a aplicaciones muy específicas como sería nuestro caso, ya que el remolque a diseñar irá destinado al transporte de una embarcación concreta.
- **HOMOLOGACIÓN DE SERIES CORTAS NACIONALES:** Procedimiento que se emplea en el caso de vehículos producidos dentro de determinados límites cuantitativos. Para vehículos de las categorías O1 y O2 este límite será de 500 unidades, mientras que para los vehículos de las categorías O3 y O4 el límite será de 250 unidades.

El Real Decreto 750/2010 también indica que el fabricante será la persona u organismo responsable ante la autoridad de homologación de todos los aspectos del proceso de homologación o de autorización, y de garantizar la conformidad de la producción. No será esencial que el fabricante participe directamente en todas las fases de la fabricación de un vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente sujeta al proceso de homologación.

En el caso del remolque a diseñar como objeto de este trabajo, se elegiría la opción de Homologación Individual ya que sería lo más sencillo para la fabricación de una sola unidad de este remolque.

Según el Artículo 4 del Real Decreto 750/2010, los pasos para la tramitación y obtención de la homologación individual de nuestro remolque (vehículo de Categoría O1) serán los siguientes:

- 1- Solicitud de la homologación individual del remolque ligero (vehículo de categoría O1). Esta solicitud deberá dirigirse a un servicio técnico de homologación designado por el Ministerio de Industria como son: INTA, INSIA e IDIADA.
- 2- Elaboración de la ficha reducida, sellada por el servicio técnico, de acuerdo con el modelo que figura en el Apéndice 2, Parte III, del anexo correspondiente a la categoría del vehículo en el Real Decreto 750/2010.
- 3- Acta de ensayo de homologación individual expedida por el servicio técnico, donde se incluirán los requisitos establecidos en los apéndices de los anexos correspondientes del Real Decreto 750/2010.
- 4- Si se cumplen los requisitos señalados en los apartados anteriores, la autoridad de homologación concederá la homologación individual para la unidad en cuestión asignando un número de homologación de acuerdo con el anexo correspondiente.

Para obtener la homologación será necesaria la ficha de características y ficha reducida del vehículo. El contenido de estas dos fichas está regulado como se ha dicho por la normativa vigente y será esta la que contendrá toda la información técnica necesaria para que el servicio técnico de homologación evalúe si se cumple o no la reglamentación. Entre estos datos técnicos estará toda la información del propio remolque (medidas, pesos y descripción del uso al que se destinará el remolque) y de sus componentes homologados (placa del fabricante de partes funcionales como el eje y el cabezal de enganche y códigos y homologaciones grabadas de todas las luces).





## **4. DISEÑO PRELIMINAR**

Como se ha indicado ya en apartados anteriores, el remolque a diseñar será un remolque náutico ligero, es decir, un vehículo de la Categoría O1 destinado al transporte de embarcaciones por carretera. Por este motivo, no deberá tener una MMA superior a 750 kg y sólo dispondrá de un eje. Las ventajas principales de este tipo de remolque son que no precisan de seguro obligatorio, están exentos de inspecciones ITV periódicas y se pueden llevar con el carnet de coche convencional (B).

Para su diseño se deberá tener en cuenta la geometría y dimensiones de la embarcación neumática a transportar (Zodiac Futura Mark 3 Alu equipada con un motor Yamaha F25GEL) así como su centro de masas, ya que esto influirá sobre la normativa que se nos impondrá en aspectos como la carga sobre el dispositivo de enganche y que habrá que respetar.

Además, también se deberá tener en cuenta las exigencias que tendrá que cumplir este remolque en general como la resistencia a la corrosión (ya que estará constantemente en ambientes salinos y se someterá constantemente a inmersiones en el agua salada del mar), la ligereza (ya que el peso de este estará limitado por la normativa de la Categoría O1) y un precio económico.

Antes de decidir cómo será el diseño final del remolque, se realizará un estudio o análisis de los remolques ligeros existentes en el mercado destinados a la misma aplicación, es decir, al transporte de embarcaciones neumáticas de dimensiones similares al modelo seleccionado. Estos remolques suelen ser muy similares en la mayoría de aspectos como en los elementos utilizados (rodillos, cabrestante, cabezal de enganche, porta-matrículas, etc.), aunque en el bastidor de estos se pueden encontrar una gran diversidad de variaciones respecto a la geometría de este y el tipo de perfil utilizado para su fabricación.

## **4.1. BASTIDOR**

### **4.1.1. Material**

Para la selección del material con el que fabricar el remolque, se debe realizar un análisis de las características que deberá cumplir dicho material y se deberá realizar un estudio de mercado que ayudará a la decisión final en esta selección.

Para analizar las características que deberá cumplir el material a utilizar, se deberá tener en cuenta la misión del remolque a diseñar, el ambiente en el que trabajará y la normativa que regula su homologación. Por esto, el material a seleccionar deberá cumplir con las siguientes características:

- Material resistente a la corrosión:  
Dado que el remolque a diseñar tiene como misión principal el transporte de una embarcación, éste estará continuamente sometido a atmosferas marinas con mucha salinidad, e incluso se sumergirá en el agua del mar para la carga y descarga de la embarcación a transportar. Es por este motivo, que el material a elegir para la fabricación del remolque tendrá que ser capaz de soportar estos ambientes tan exigentes en cuanto a corrosión, bien por el mismo, o bien con la ayuda de una protección adecuada.

- Material rígido y con un alto límite elástico:  
Estas características del material serán interesantes para la fabricación del remolque con el fin de que la energía transmitida al bastidor en momentos puntuales como aceleraciones, frenadas fuertes con transferencias de carga, pasos por baches y posibles golpes, no provoquen una gran deformación en la estructura del remolque y para que este no se deforme permanentemente.
- Material económico:  
Esta característica también será muy importante tenerla en cuenta, dado que se busca diseñar un remolque que sea resistente y duradero, pero también que no sea excesivamente caro.
- Material ligero:  
Por último, se deberá tener en cuenta la densidad del material ya que por normativa, para que el remolque a diseñar sea un vehículo de Categoría O1, deberá tener como máximo una masa de 576 kg como ya se justificó en el punto de Normativa y Homologación. Esta característica está puesta en último lugar dado que, por la simplicidad del diseño del remolque, esto no debería ser un aspecto crítico en este diseño en concreto.

Por otro lugar, realizando un estudio de mercado sobre remolque ligeros en general y también sobre remolque náuticos más profundamente, se puede observar que casi el 100% de los remolques que se pueden encontrar en el mercado, salvo muy pocas excepciones especiales, tienen un bastidor fabricado en perfiles de acero, al cual se le realiza posteriormente un galvanizado por inmersión en caliente.

Este tipo de material con dicho acabado, cumple mejor que ningún otro las características anteriormente descritas manteniendo el equilibrio entre ellas. El otro material utilizado para la fabricación de bastidores de estos tipos de remolques, el aluminio, tiene muy buena resistencia a la corrosión pero en cambio no es tan resistente ni elástico, ni aguanta tanto la fatiga como el acero.

Otros materiales que aunque no se vean en remolques comerciales se podrían utilizar, como el titanio, los composites o las aleaciones de magnesio, podrían ser mucho más ligeras pero se descartarán principalmente por su elevado precio y/o su complejidad a la hora de la fabricación.

Por todo esto, se puede concluir, que la mejor opción como material para la fabricación del remolque a diseñar en este trabajo, sería el acero galvanizado por inmersión en caliente. Además se podría aplicar posteriormente alguna pintura que mejoraría tanto su apariencia como su capacidad de protección contra la corrosión.

A continuación, se muestran cuatro gráficos comparativos extraídos del programa CES EduPack 2018, que ayudarán a justificar lo anteriormente dicho. Para estos gráficos, se han comparado los siguientes materiales:

[EN VERDE] - Algunos metales ferrosos (aceros aleados, aceros al carbono, aceros inoxidables y fundiciones)

[EN MORADO] - Algunos metales no ferrosos (aleaciones de aluminio y titanio)

[EN MARRÓN] - Algunos composites (fibras de aramida, carbono y vidrio con resina epoxi y fibra de vidrio con resina de poliéster)

El primer gráfico representa el módulo de Young (GPa), es decir, la rigidez del material, en el eje X y la densidad del material ( $\text{kg/m}^3$ ) en el eje Y.

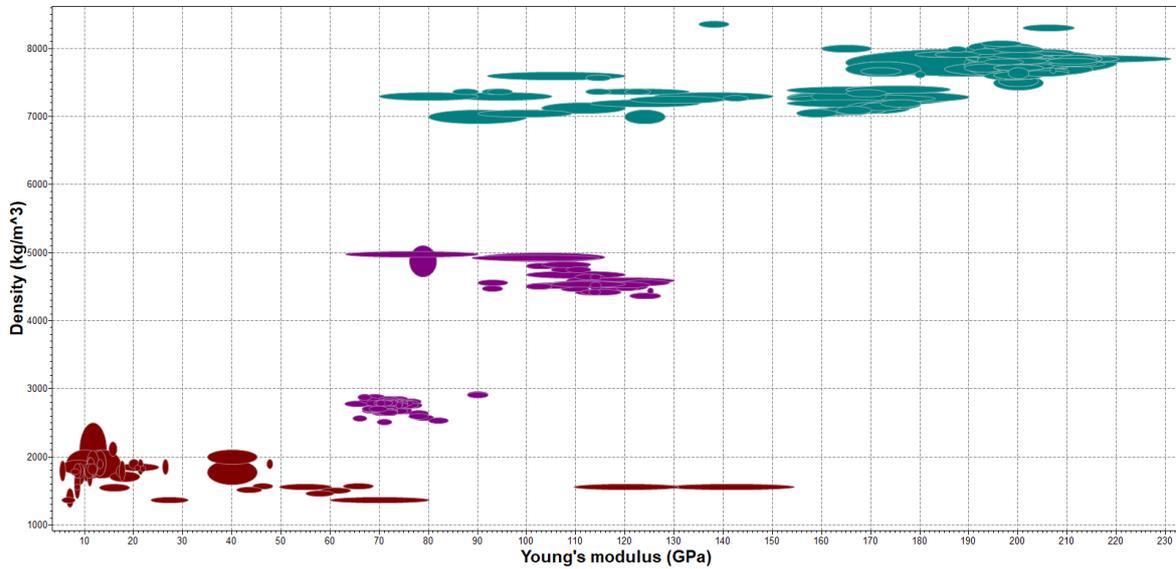


Figura 39: Gráfico densidad-rigidez

En este gráfico se puede observar, que aunque las aleaciones de titanio y aluminio y los materiales compuestos, tengan una densidad mucho menor que los metales ferrosos en general, estos últimos llegan a alcanzar una mayor rigidez, es decir, podrán resistir grandes tensiones sin sufrir mucha deformación. Dentro de los metales ferrosos se encontraría como los más rígidos algunos tipos de acero y como menos rígidos las fundiciones.

El segundo gráfico representa la rigidez del material, es decir, su módulo de Young (GPa) en el eje X y el precio del material ( $\text{€/kg}$ ) en el eje Y.

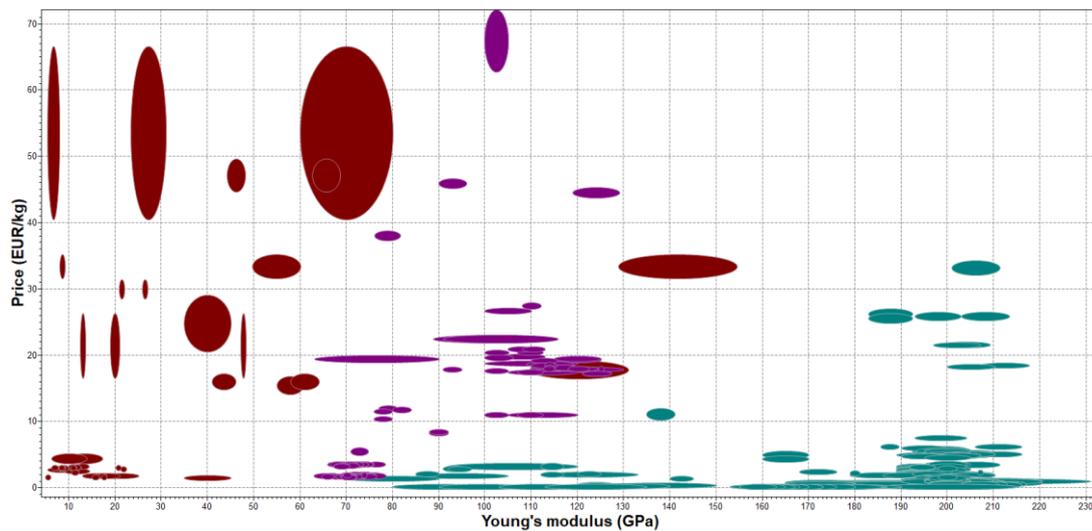


Figura 40: Gráfico precio-rigidez

En este gráfico se puede observar que los aceros están en la mejor posición en relación precio-rigidez, y además, con bastante diferencia respecto a los demás materiales analizados. Los

materiales más caros que se ven en este gráfico son algunas aleaciones de titanio y composites compuestos de fibra de carbono y aramida con resina epoxy, y además, estos no tienen una gran rigidez.

Por otra parte, en este tercer gráfico que representa el límite elástico del material (MPa) en el eje X y la densidad del material ( $\text{kg/m}^3$ ) en el eje Y, podemos ver una de las desventajas del acero respecto a otros materiales.

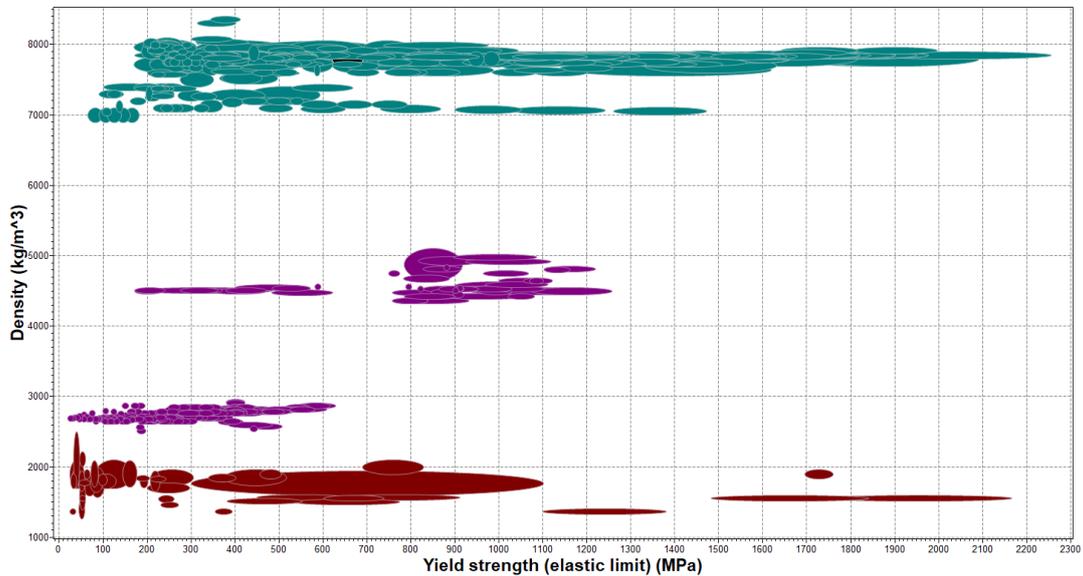


Figura 41: Gráfico densidad-límite elástico

Como se puede observar, aunque algunos aceros llegan a alcanzar el máximo límite elástico de entre estos materiales, algunos composites formados de fibra de carbono con resina epoxy llegan casi a tener el mismo límite elástico con una densidad muy inferior.

Y por último, como podemos observar en el siguiente gráfico, que representa el precio del material ( $\text{€}/\text{kg}$ ) en el eje X y la densidad del material ( $\text{kg/m}^3$ ) en el eje Y, aunque los aceros son de los materiales más baratos de entre estos, también son los de mayor densidad, algo con lo que se deberá lidiar en este caso.

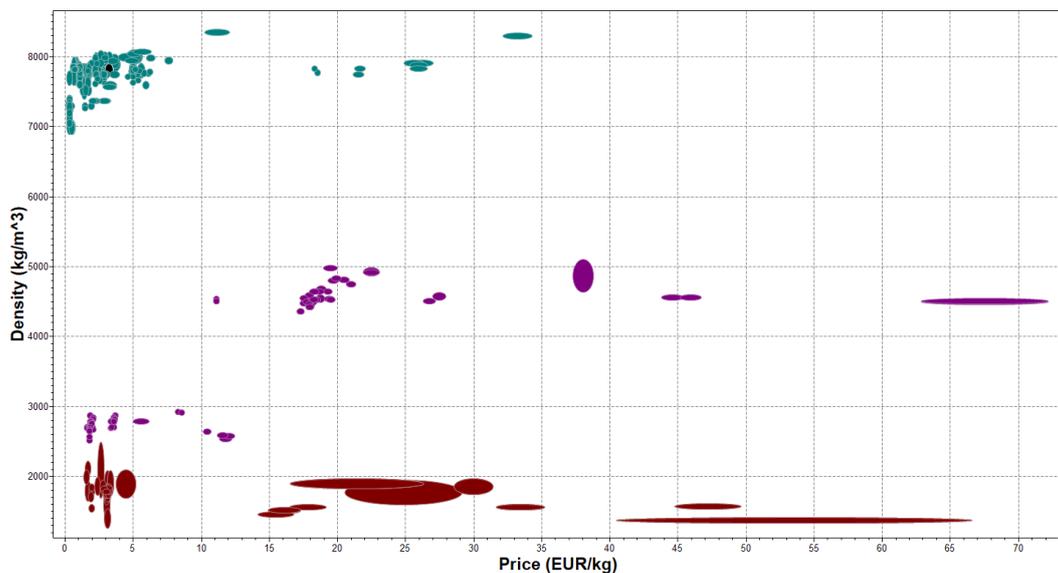


Figura 42: Gráfico densidad-precio

Haciendo un balance sobre los resultados obtenidos en estos cuatro gráficos, podemos concluir que aunque los aceros son bastante más densos que los otros materiales vistos, también son mucho más baratos que estos, tienen una mayor rigidez y tienen también un límite elástico más alto. Además resultan los mejores en cuanto a relación precio-rigidez se trata.

#### **4.1.2. Perfiles utilizados**

La mayoría de remolque náuticos que se pueden encontrar en el mercado, están fabricados combinando dos tipos de perfiles de diferentes dimensiones, siendo de mayor sección los perfiles que componen la parte central del remolque y de menor sección los perfiles del contorno del remolque.

En los remolques más comunes, fabricados en perfiles de acero para embarcaciones de tamaño y/o masa similar a la embarcación que transportará el remolque a diseñar (4.5 m de eslora y 175 kg de masa), las combinaciones de perfiles más utilizadas son las siguientes:

- 80x60x3 y 80x40x2
- 60x60x3 y 60x40x2 o 50x50x2
- 80x60x3 y 80x40x2

Viendo que este tipo de perfil se comercializa en tubos de 6 m y que el diseño es para la fabricación de una sola unidad, sería conveniente utilizar el mismo perfil en todo el bastidor en este caso, por lo que una opción viable sería utilizar 80x60x3 con el que no se debería de tener problemas dado que es el mayor de los utilizados en este tipo de remolques que hay en mercado.

Si se optara por estos perfiles, o por cualquier otro perfil cerrado (de sección redonda, cuadrada, rectangular, etc.), deberíamos tener en cuenta dejar partes abiertas para que el galvanizado llegue bien al interior de los perfiles que conforman el bastidor o cerrarlo bien vigilando que no queden poros o agujeros en la soldadura para evitar que el agua del mar entre en el interior de los perfiles del bastidor donde no esté galvanizado correctamente y provocando así la corrosión del bastidor.

Otra opción para evitar este problema sería utilizar perfiles en U, también utilizados en algunos modelos comerciales de remolque náuticos, u otros tipos de perfiles abiertos como los perfiles en V, en H, etc.

#### **4.1.3. Geometría**

En el mercado, se pueden encontrar remolques náuticos con bastidores normalmente muy similares pero que adoptan algunas diferencias en su geometría: con más o menos barras dependiendo del peso y/o tamaño de la embarcación a transportar así como de los perfiles utilizados, con barras rectas soldadas o con barras dobladas (con redondeos), con más o menos refuerzos, etc.

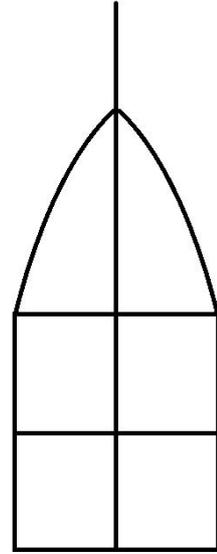


Figura 43: Geometría de bastidor, ejemplo 1

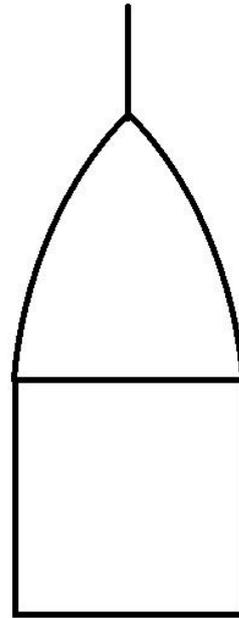


Figura 44: Geometría de bastidor, ejemplo 2

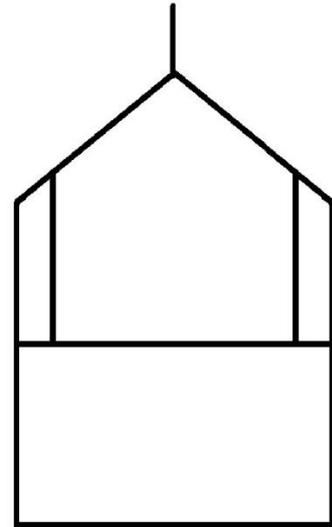
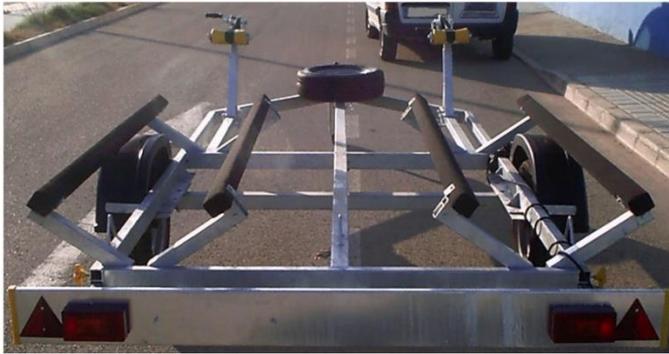


Figura 45: Geometría de bastidor, ejemplo 3

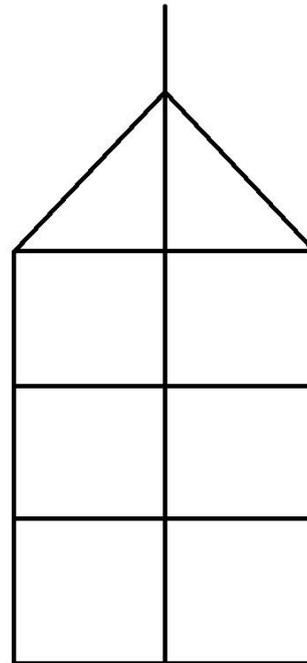


Figura 46: Geometría de bastidor, ejemplo 4

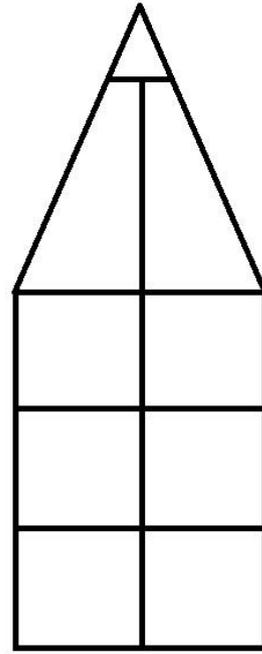


Figura 47: Geometría de bastidor, ejemplo 5

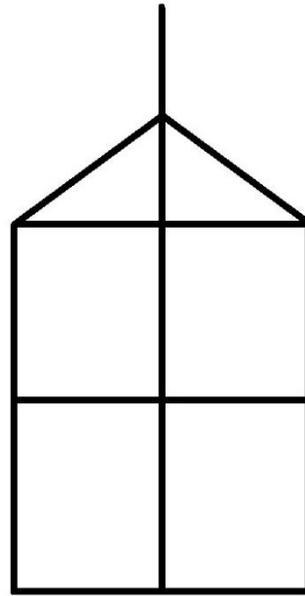


Figura 48: Geometría de bastidor, ejemplo 6

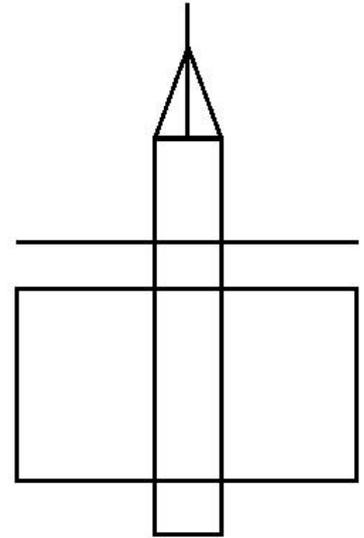


Figura 49: Geometría de bastidor, ejemplo 7

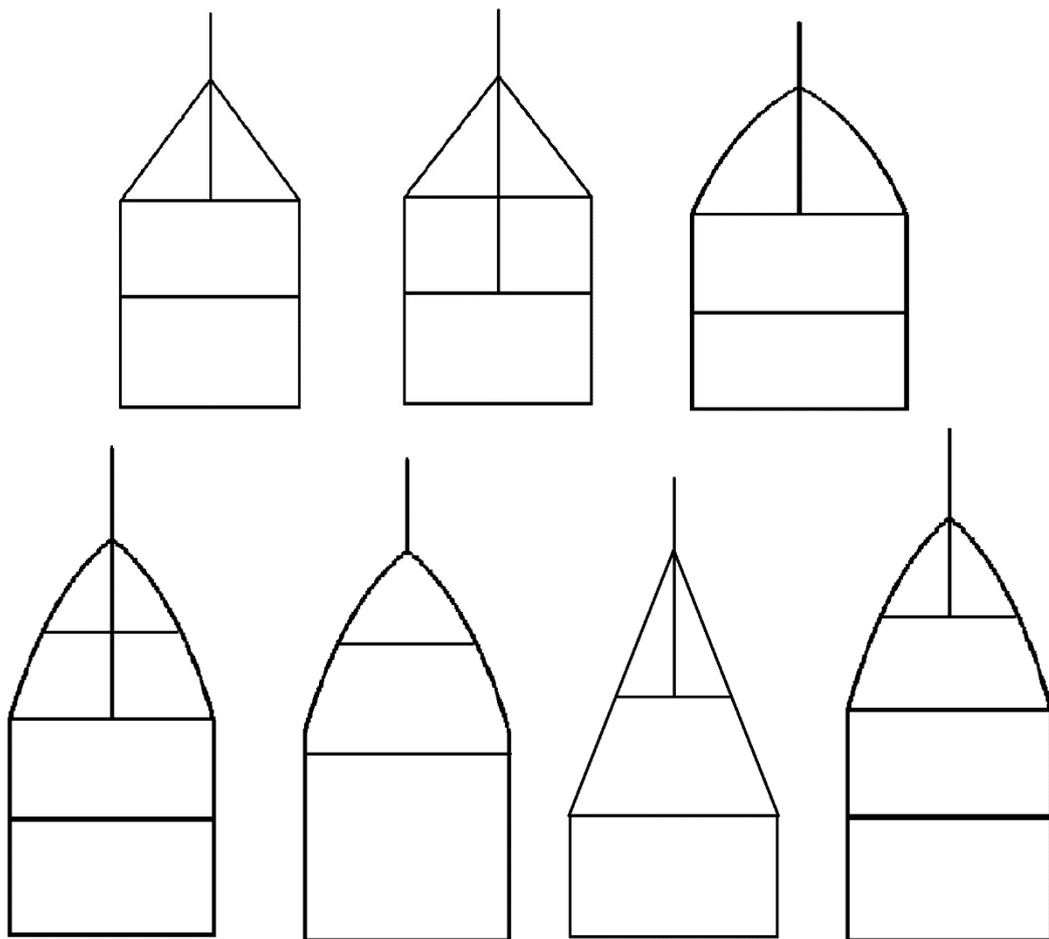


Figura 50: Otras geometrías de bastidor

Para la selección de la geometría del bastidor a diseñar, se realizará un análisis de las diferentes geometrías que podemos encontrar en el mercado eligiendo una o partiendo como base de alguna y realizando las modificaciones necesarias para adaptarse a la embarcación a transportar.

Se optará por un bastidor similar al de remolques náuticos destinados a transportar embarcaciones del mismo tipo, tamaño y peso aproximados al de la embarcación a transportar en este caso, pero se optarán por aportaciones innovadoras como la modificación de la parte trasera para que el motor fueraborda quede dentro del perímetro del remolque una vez tenga montado el porta-matricula. Esta aportación innovadora en cuanto a la geometría del remolque evitará que el motor fueraborda interfiera a la visibilidad tanto de la matrícula como de las luces y reflectantes como pasa en todos los remolques de este tipo. Además, esta geometría innovadora también hará que el porta-matricula cumpla una función protectora del motor fueraborda, protegiéndolo por ejemplo de colisiones a la hora de realizar maniobras complicadas con el remolque. De esta forma, si el remolque colisionara con algo al retroceder, el porta-matricula sería el afectado en vez del motor fueraborda como suele pasar en el caso de los remolques más comunes del mercado. Este aspecto es muy importante ya que en embarcaciones de este tipo, el motor supone muchas veces hasta casi el 80% del valor de la embarcación completa.

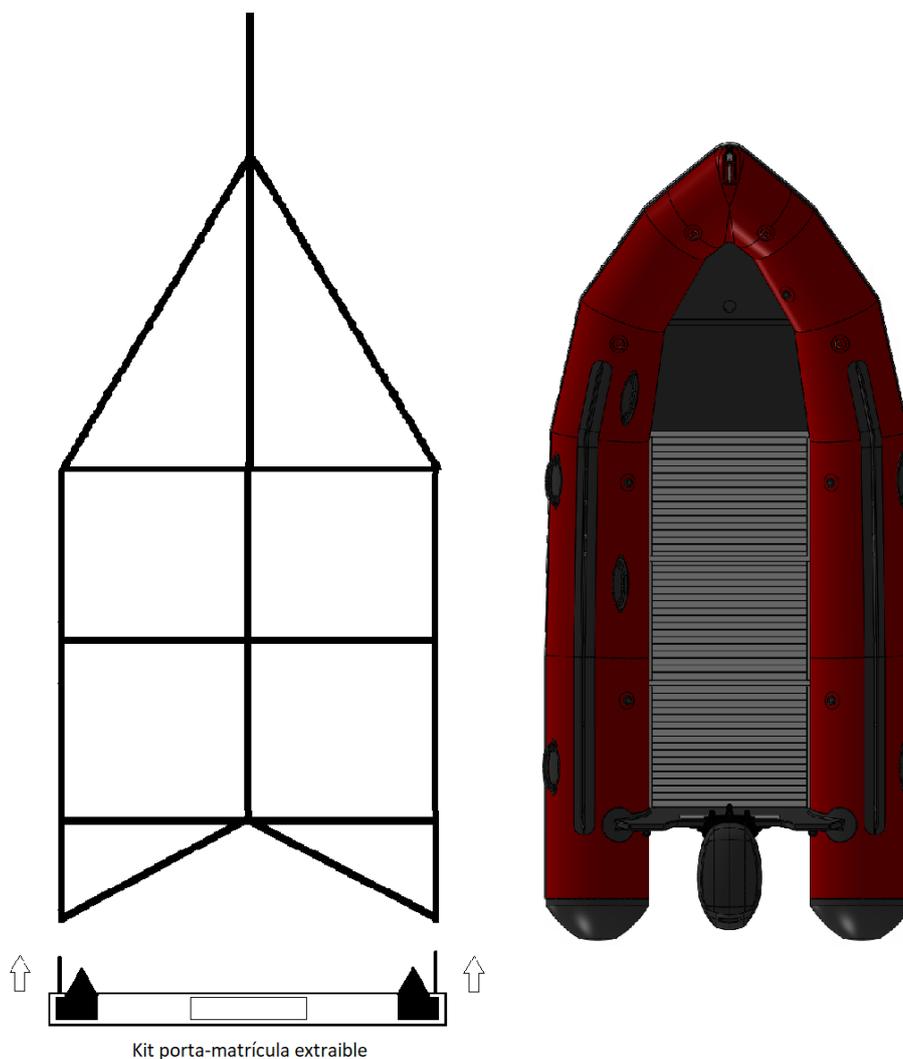


Figura 51: Esbozo de la geometría del bastidor

Como se ve en la figura 47, el porta-matrícula extraíble protegería al motor fueraborda de golpes a la hora de maniobrar con el remolque y a su vez dejaría el motor en una situación donde no interferiría en ningún momento la vista con la matrícula o las luces del remolque como se suele ver en la práctica en la mayoría de remolques de este tipo.

El dimensionado de los perfiles a utilizar y la incorporación de refuerzos adicionales, se añadirían y modificarían después de los cálculos si fuese necesario.

La distribución de los componentes podría ser aproximadamente la siguiente:

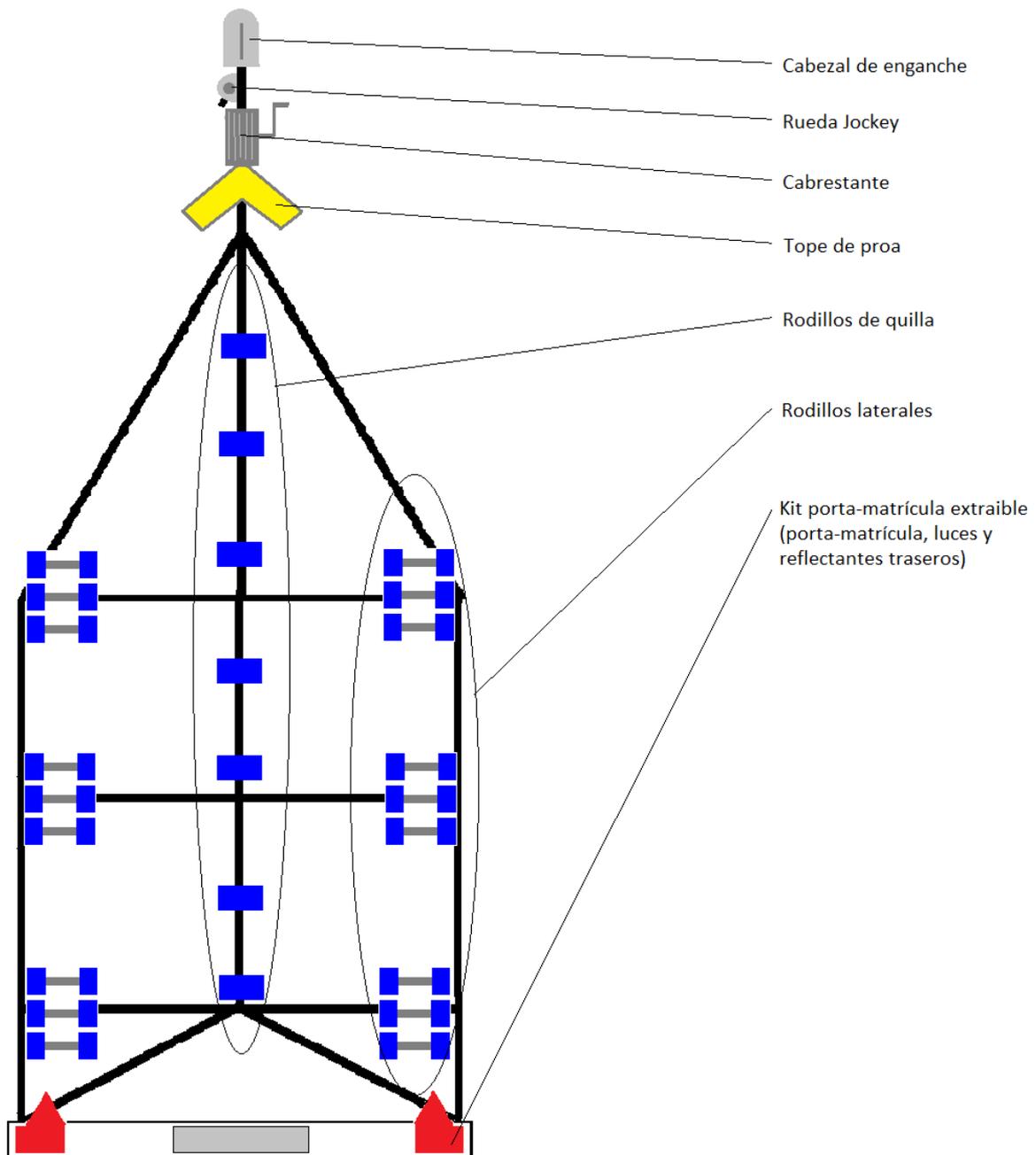


Figura 52: Distribución de los componentes

En cuanto a la ubicación del eje (con las ruedas, guardabarros y reflectantes laterales y delanteros), deberemos situarlo lo más cerca posible del centro de masas del conjunto que formarán la embarcación junto a su motor y al bastidor del remolque con sus componentes. Así

conseguiremos que el bastidor no sufra tanto por el peso de la carga y también un equilibrado que será importante para la estabilidad del remolque, aunque deberemos tener en cuenta, que el equilibrado deberá ser tal que sobre el dispositivo de acoplamiento del vehículo tractor, la carga no sea superior a 75kg ni inferior al 4% de la MMA (que serán 30 kg en este caso) y será siempre positiva, es decir, en sentido hacia el suelo.

Para calcular el centro de masas del conjunto total, deberemos de calcular antes el centro de masas del motor, de la embarcación y del remolque por separado. El centro de masas del motor y de la embarcación se podrá calcular ya, mientras que el centro de masas del remolque, y por tanto también la posición exacta del eje, se calculará con el programa SolidWorks una vez finalizado el diseño del bastidor (que supondrá un gran porcentaje del peso del remolque).

Para proceder al cálculo del centro de masas del motor y la embarcación, se supone que sus masas están igualmente repartidas entre la superficie de sus proyecciones y de forma simétrica respecto a sus secciones transversales. Por ello, se descomponen sus proyecciones en formas geométricas sencillas para poder hacer el cálculo a mano fácilmente. Después se procede al cálculo con las siguientes fórmulas:

$$X_c = \frac{A_1 \cdot x_1 + \dots + A_n \cdot x_n}{A_1 + \dots + A_n} \quad Y_c = \frac{A_1 \cdot y_1 + \dots + A_n \cdot y_n}{A_1 + \dots + A_n}$$

“x” y “y” serán las coordenadas de los centros de masas parciales y “A” será el área o sección de cada una de estas partes.

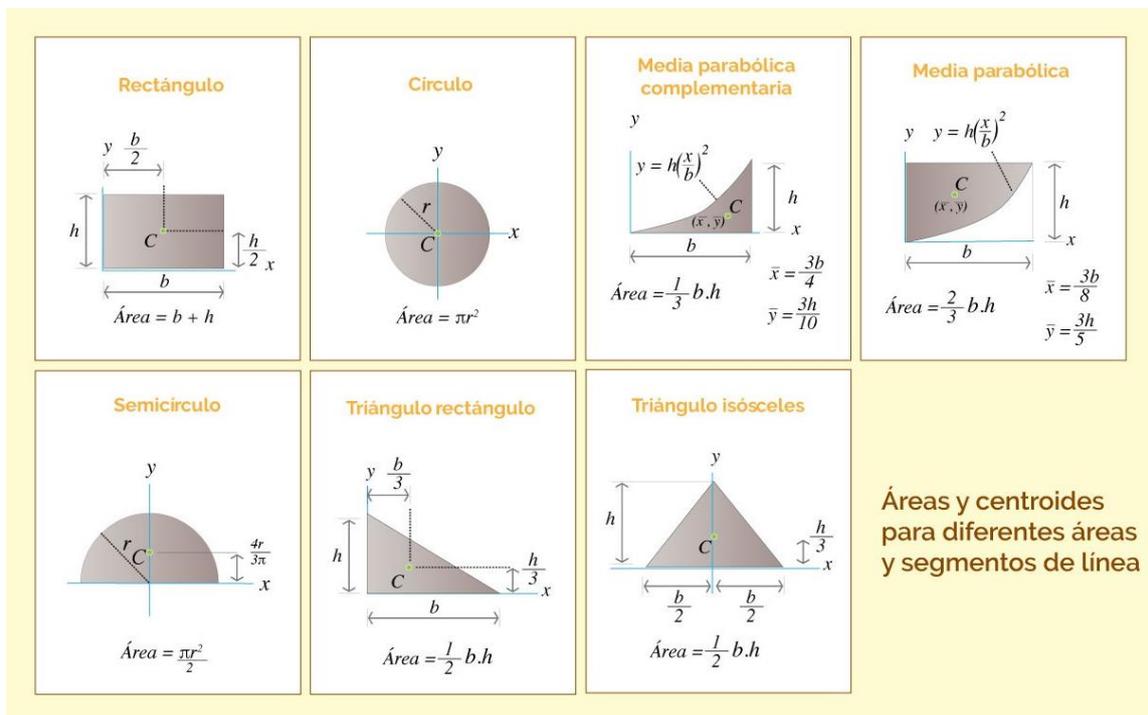


Figura 53: Áreas y centroides I

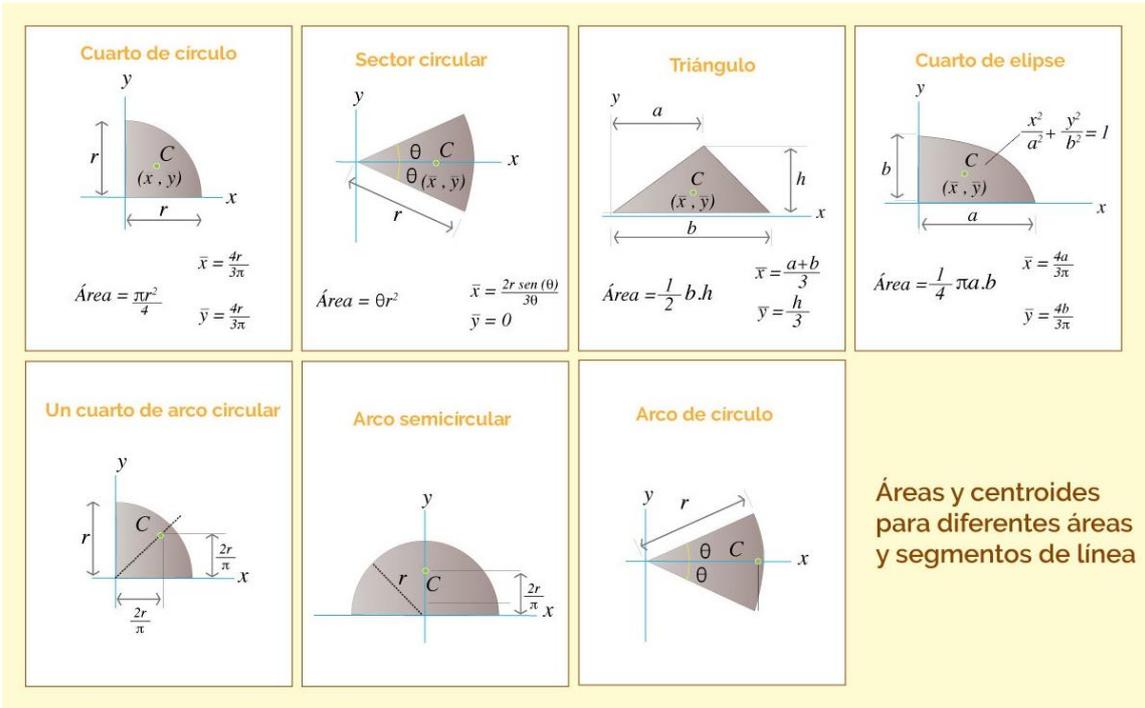


Figura 54: Áreas y centroides II

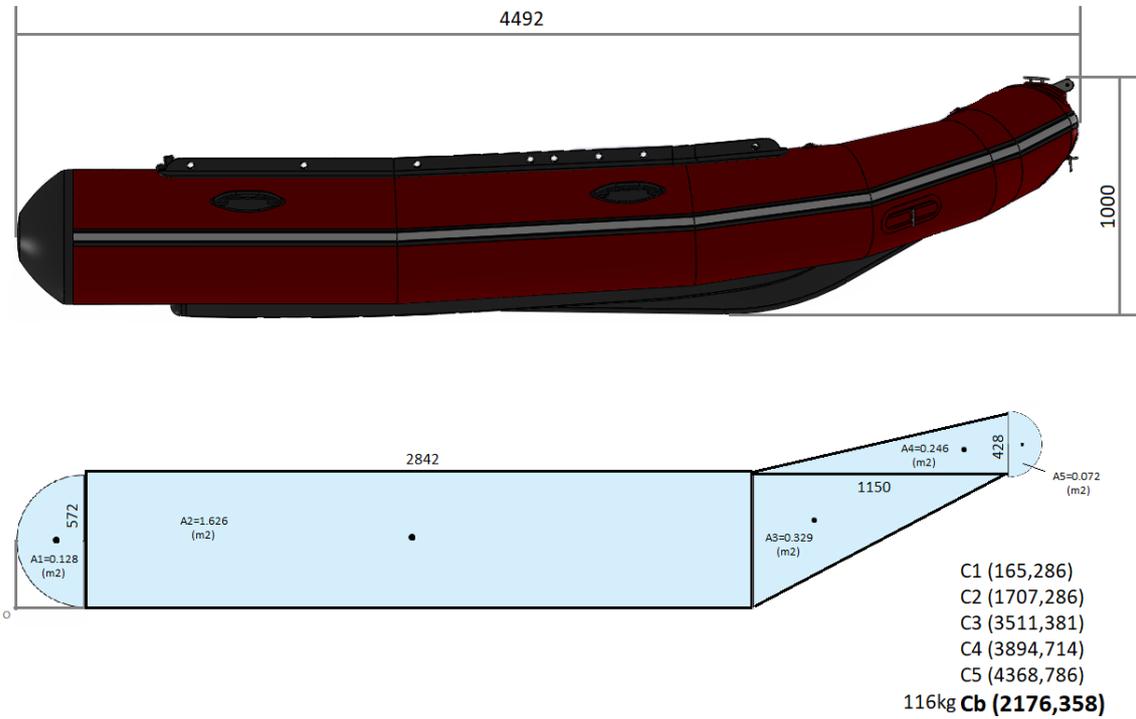


Figura 55: Descomposición geométrica de la embarcación

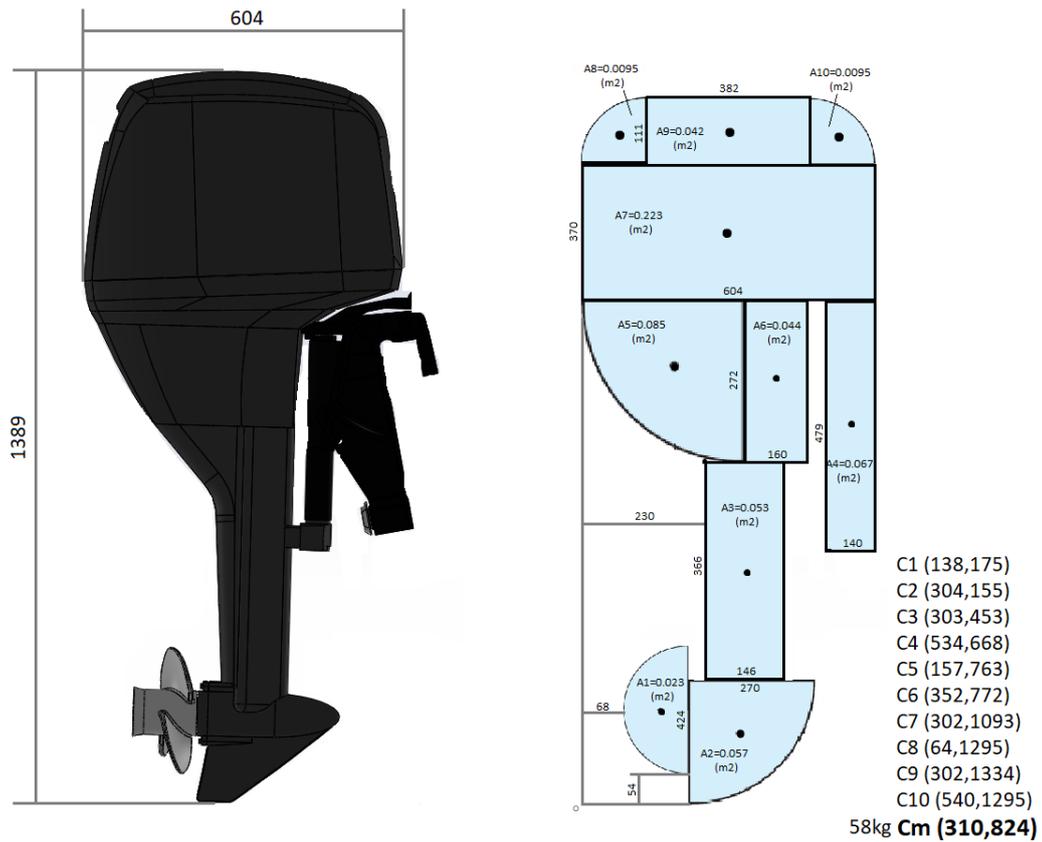


Figura 56: Descomposición geométrica del motor

Una vez calculados los centros de masas del motor y de la embarcación por separado, y conociendo sus masas, se puede proceder al cálculo del centro de masas del conjunto, tomando un nuevo origen de coordenadas. La fórmula a utilizar será la siguiente:

$$X_c = \frac{m_1 \cdot x_1 + \dots + m_n \cdot x_n}{m_1 + \dots + m_n} \quad Y_c = \frac{m_1 \cdot y_1 + \dots + m_n \cdot y_n}{m_1 + \dots + m_n}$$

“x” y “y” serán las coordenadas de los centros de masas y “m” será su masa.

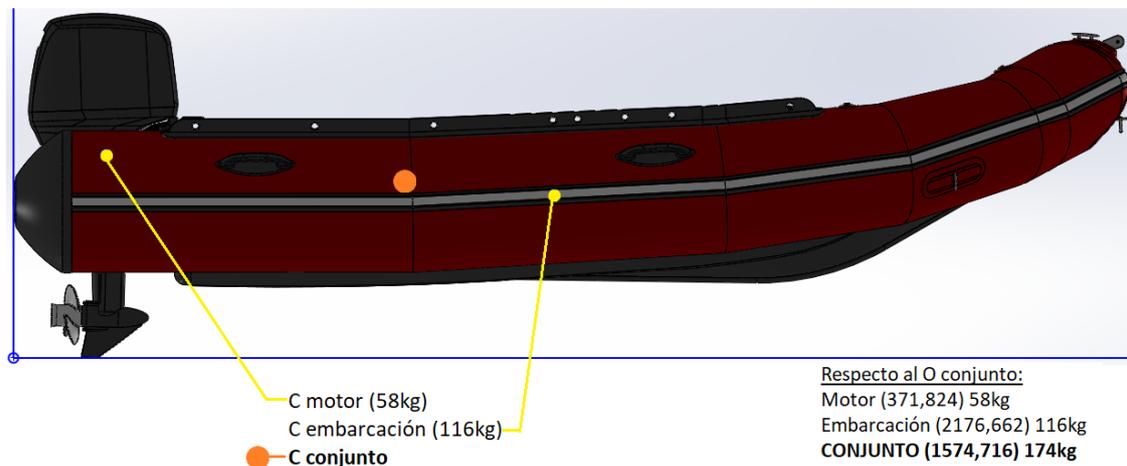


Figura 57: Centro de masas de la embarcación con su motor

#### 4.1.1. Dimensiones

Para las dimensiones principales del remolque a diseñar (largo y ancho), se deberá tener en cuenta las dimensiones de la embarcación a transportar. Para ello, se dividirá el bastidor en secciones:

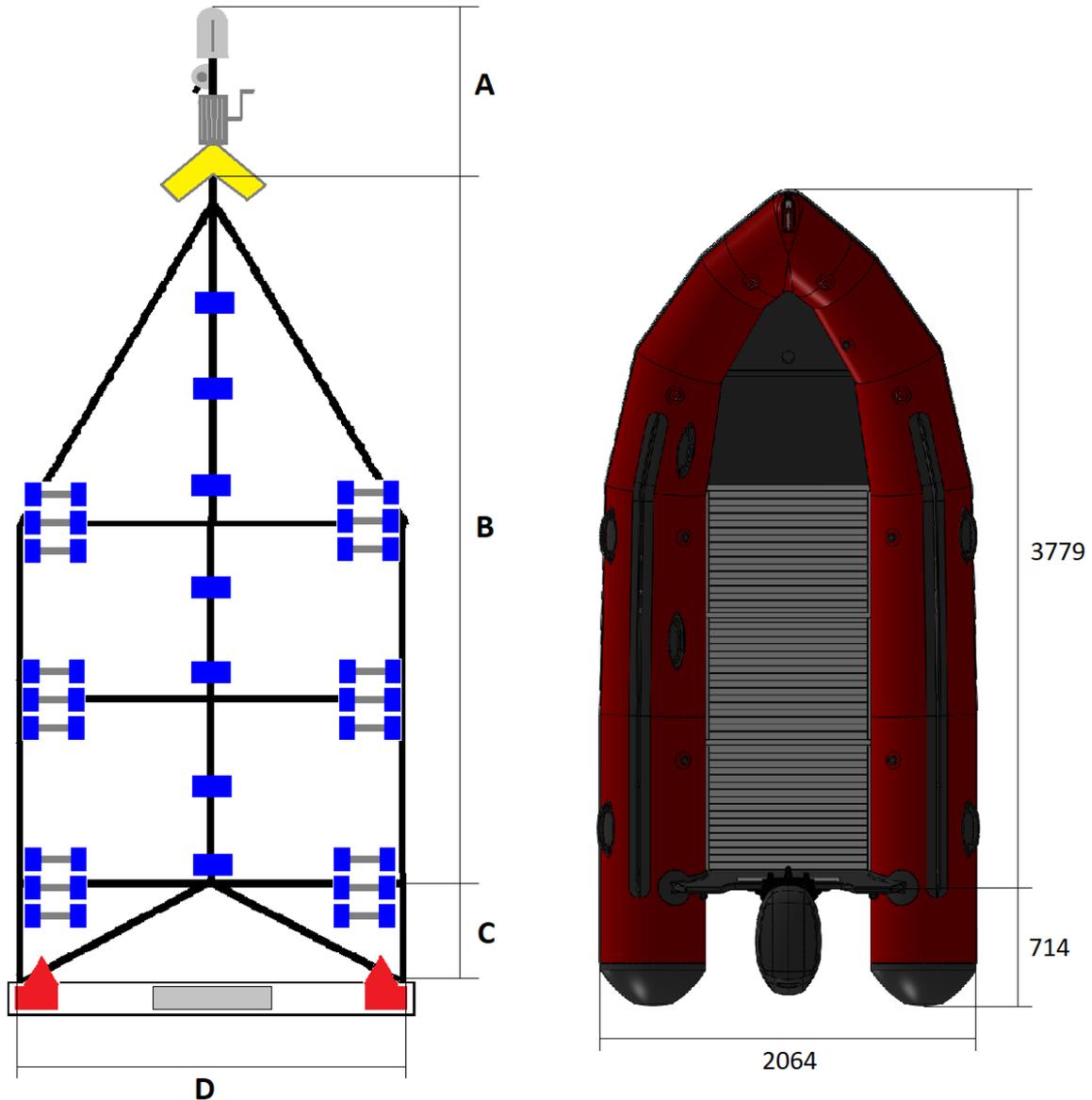


Figura 58: Esbozo de dimensiones

**A)** Será la distancia desde el apoyo o zona de contacto del tope de proa hasta el principio del enganche. Para conocer esta distancia, se puede realizar una pequeña investigación sobre los remolque que hay en el mercado, observando que habrá que dejar 1 m aproximadamente, ya que en esta parte se situará la estructura que soportará el tope de proa y el cabrestante (torreta de proa), la rueda jockey, el cabezal de enganche y la cadena que cumplirá la función de enganche secundario.

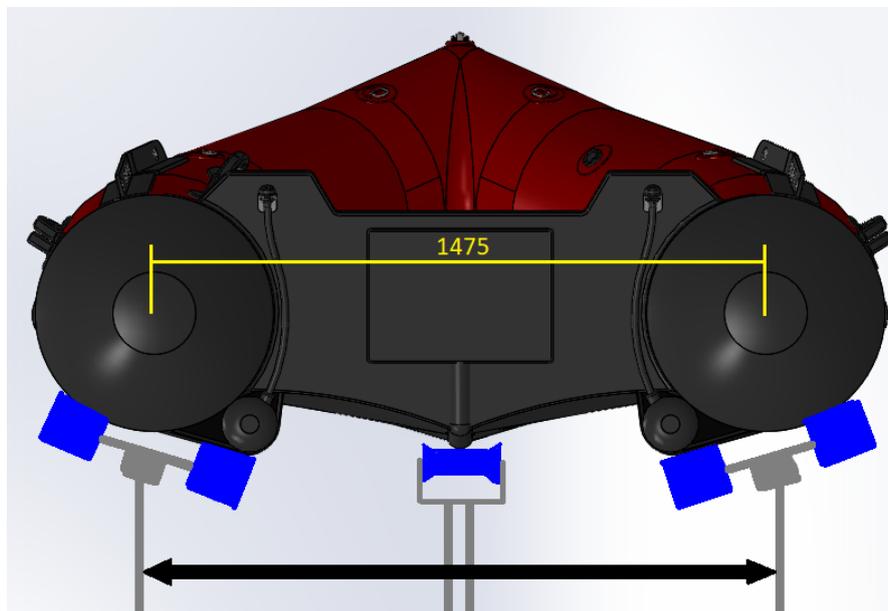
**B)** Será la distancia entre el apoyo o zona de contacto del tope de proa y el inicio de la última sección del remolque. Esta dimensión deberá ser igual o inferior a la distancia entre la proa y el

espejo de popa de la embarcación, que en este caso es de 3779 mm. Así, se conseguirá que el motor fueraborda no toque el bastidor del remolque cuando se cargue la embarcación a este.

**C)** Será la longitud de la última sección del remolque, es decir, la que tendrá la función de guardar el motor fueraborda de la embarcación a transportar. Esta parte deberá tener como mínimo la distancia entre el espejo de popa de la embarcación y sus extremos traseros (714 mm en este caso), asegurándonos así, que el motor fueraborda queda dentro del triángulo formado en esta parte del remolque sin tocar ni la parte delantera ni el porta-matrícula extraíble.

**D)** Esta medida corresponde al ancho total del remolque, y será aproximadamente el ancho total de la embarcación, es decir 2064 mm, o inferior, pudiendo ser estos 2064 mm el ancho total de vía.

Otra medida que se puede conocer ya será la distancia aproximada entre rodillos laterales:



*Figura 59: Distancia entre rodillos laterales*

Para esta distancia, se podrá tomar la distancia entre centros de las cámaras laterales de la embarcación a transportar, ya que los rodillos laterales servirán de apoyo para estas partes. Esta distancia será de 1475 mm aproximadamente.

En cuanto a otras medidas como el alto del bastidor respecto al suelo y la altura de los rodillos, así como las medidas exactas de las secciones nombradas, se conocerán en el capítulo de diseño, cuando se acaben de definir los componentes exactos a montar (eje, ruedas, rodillos, etc.) y el tipo y sección de perfil a utilizar.

## 4.2. COMPONENTES

### 4.2.1. Cabezal de enganche

El cabezal de enganche es la parte que hará de unión entre el bastidor del remolque y el enganche de su vehículo tractor.

Principalmente los podemos encontrar de dos tipos: cabezales de enganche simples y cabezales de inercia. Estos segundos son para remolque con freno, motivo por el cual se descartan para el diseño de nuestro remolque.



CABEZAL DE ENGANCHE SIMPLE



CABEZAL DE INERCIA

*Figura 60: Tipos de cabezal*

Para el diseño de este remolque, se deberá fijar la mirada en los cabezales de enganche simples que suelen ser muy baratos dada su sencillez. Este tipo de enganches suelen ser muy similares entre ellos encontrando las diferencias más importantes en la parte que irá unida al bastidor o estructura del remolque. Esta parte podrá ser de sección cuadrada o redonda dependiendo de la geometría del perfil del bastidor que se una al cabezal de enganche, o podrá ser de planta triangular si se une a dos perfiles del bastidor, etc.



SECCIÓN CUADRADA



SECCIÓN REDONDA



PLANTA TRIANGULAR

*Figura 61: Tipos de anclaje a bastidor en cabezales de enganche*

Para el diseño de este remolque se centrará la vista en buscar un cabezal de enganche simple con la parte que irá unida al bastidor de sección cuadrada (ya que suelen ser los más baratos

dado que los de sección redonda suelen fabricarse solamente para mayores cargas), que esté homologado para 750 kg como mínimo, ya que esta será la MMA del remolque a diseñar, y que tenga las medidas adecuadas a la parte del bastidor a la que se unirá atornillado.

Buscaremos que el enganche sea de un material resistente a la corrosión, como el aluminio, o que disponga de algún tratamiento que lo proteja de esta (anodizado, galvanizado, etc.), dadas las exigencias y el ambiente de trabajo del remolque a diseñar.

Además, también podría ser interesante que el cabezal de enganche a montar en el remolque fuese equipado de un testigo mecánico que indicara si la carga sobre el enganche es demasiado negativa, demasiado positiva o correcta, dato que ayudaría a saber si la carga está correctamente distribuida sobre el remolque.

Por último, para cumplir con la normativa de vehículos de Categoría O1, deberá incorporarse un enganche secundario que impida que la barra que contiene el cabezal de enganche tocara el suelo si este se desenganchara. Este elemento podría ser un cable de acero o una cadena que vaya unida de forma fija al remolque cerca del enganche principal y con un mosquetón por el otro extremo para engancharse y desengancharse del vehículo tractor con facilidad.



Figura 62: Enganche secundario

#### 4.2.2. Rueda jockey

Se trata básicamente de un tubo con una rueda en su extremo inferior y una manivela para la regulación de su altura en su extremo superior. Este tubo irá unido al bastidor del remolque mediante una brida también ajustable a su vez, para poder levantar o bajar rápidamente todo el recorrido del tubo.

Este elemento es también obligatorio incorporarlo en el remolque a diseñar según la normativa. Servirá de apoyo a la parte delantera del remolque cuando este no esté enganchado a su vehículo tractor y además facilitará la maniobrabilidad del remolque y su nivelación en estas mismas condiciones.

La mayoría de modelos de ruedas jockey son muy similares entre sí. Sus principales diferencias suelen estar en los diámetros del tubo según la carga para la que se diseñen y en su rueda, que podrá ser maciza o hinchable. Además, algunas ruedas jockey tienen sistema de amortiguación e incluso un motor eléctrico para mover el remolque para cuando no está unido a su vehículo tractor (se suele utilizar en caravanas).



Figura 63: Tipos de rueda jockey

Para el remolque a diseñar, objeto de este trabajo, se utilizará una rueda jockey lo más sencilla posible, es decir, con rueda maciza y sin amortiguación ni motor eléctrico, dado que esto encarecería innecesariamente el precio del remolque. Por último se deberá tener en cuenta que los componentes de la rueda jockey a elegir sean de materiales resistentes a la corrosión como el aluminio, el acero galvanizado, etc.

#### 4.2.3. Eje

El eje es el elemento que hará de estructura y soporte para las ruedas del remolque e incorporará a estas en sus extremos atornilladas a los bujes. Existen ejes sin freno y ejes con freno. Para este remolque se elegirá un eje sin freno dada su sencillez y precio, ya que la normativa no que le afecta no exige que se disponga de freno en el eje para esta categoría de vehículo (Categoría O1).



Figura 64: Tipos de eje

Los ejes sin freno que se pueden encontrar en el mercado son todos muy similares, siendo su principal diferencia las dimensiones de este. Además, cada eje estará homologado para una MMA, por lo que para el diseño de este remolque habrá que ver que el eje a elegir esté homologado para un mínimo de 750 kg de MMA.

Los fabricantes de este tipo de ejes suelen tener varios modelos base y fabrican los ejes por encargo a la medida del cliente, pudiendo elegir la distancia entre anclajes (A) y el largo total del eje (B), y quedando fijos el resto de parámetros para cada modelo base como los bujes, el tamaño de las placas de anclaje, los brazos de suspensión, etc.

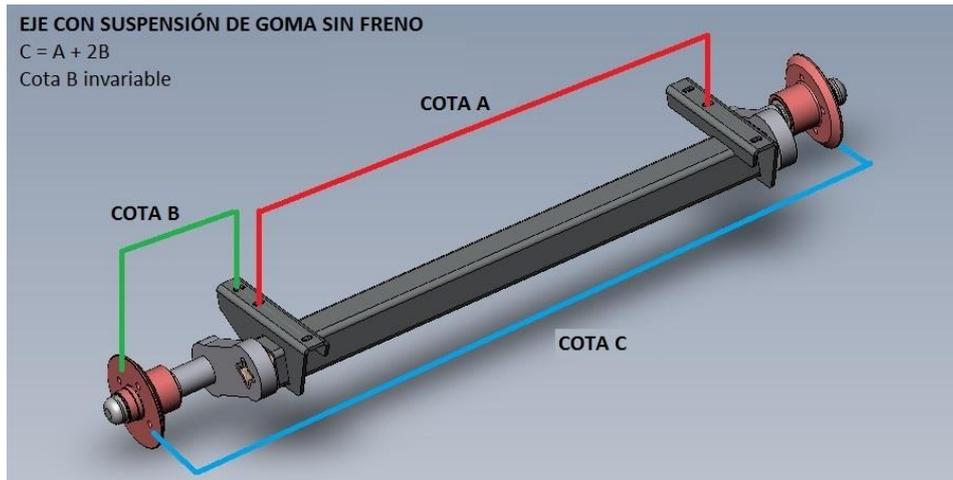


Figura 65: Dimensiones de eje a medida

Estos ejes suelen tener un sistema de suspensión elástica muy sencillo que se trata básicamente de un eje de sección cuadrada dentro de otro, los cuales están separados por piezas de algún material elástico (normalmente caucho) que deja al eje interior girar respecto al exterior pero solo unos pocos grados y de forma elástica. Se puede observar y entender mucho mejor en las siguientes imágenes:

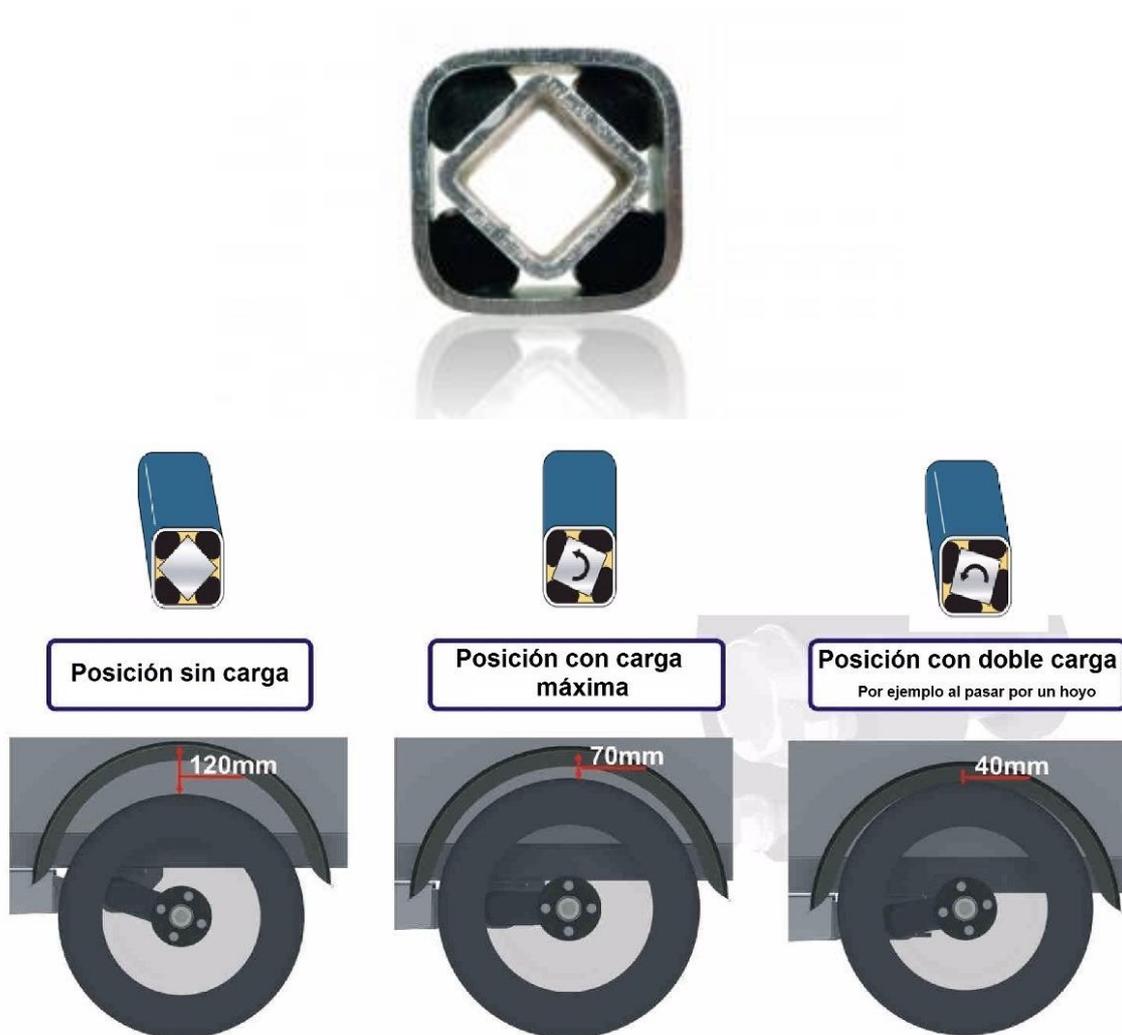


Figura 66: Funcionamiento de la suspensión del eje

Además existen ejes fabricados especialmente para remolque náuticos que disponen de bujes estancos para que el agua del mar no entre en estos, evitando así el deterioro que ésta podría provocar en los rodamientos y demás componentes y alargando su vida útil. Esta estanqueidad se suele conseguir mediante juntas tóricas y retenes de estanqueidad en los rodamientos.

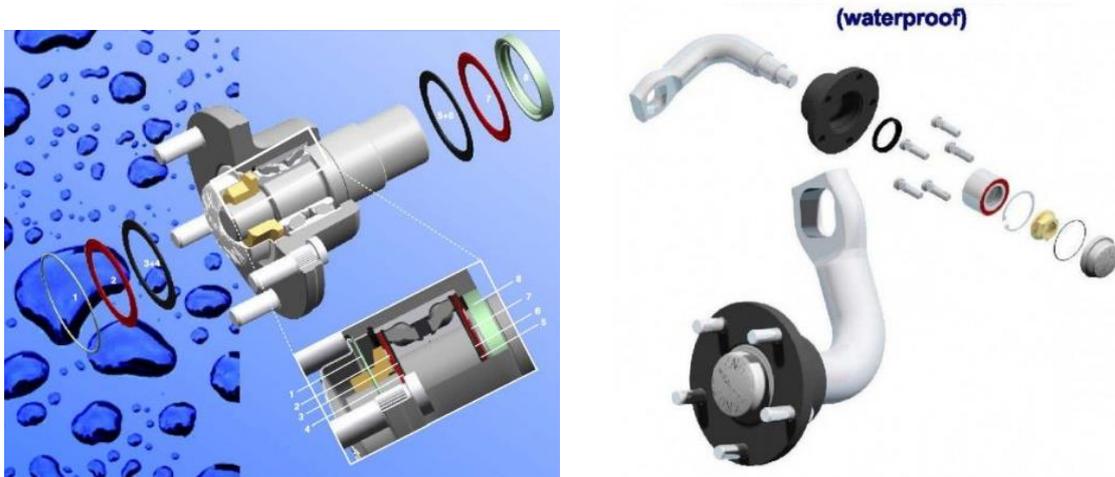


Figura 67: Sistema de buje estanco

Para el diseño de este remolque se buscará un eje sin freno homologado para un mínimo de 750 kg de MMA, con suspensión elástica y con bujes estancos. El modelo buscado se pediría por encargo con la distancia entre anclajes y ancho total del eje que se decida finalmente en el diseño definitivo.

#### 4.2.4. Ruedas

Para las ruedas existen dos posibilidades que se pueden encontrar en tiendas especializadas en componentes para remolques: comprar las ruedas por partes, es decir, llantas por un lado y neumáticos por otro, o comprar las ruedas completas (llantas con neumáticos ya montados) que suele ser la opción más económica.



Figura 68: Opciones de ruedas para el remolque

En el mercado se pueden encontrar llantas de acero y llantas de aluminio. Las de acero serán más baratas mientras que las de aluminio, que serían una buena opción para el remolque a diseñar dada su resistencia a la corrosión, suelen ser significativamente más caras.

Para el remolque a diseñar, se deberá buscar unas ruedas con el ataque de llanta igual al de los bujes incorporados en el eje elegido. Esto significa que la llanta a elegir deberá tener el mismo número de orificios para tornillos que los bujes de nuestro eje, además de ser del mismo diámetro y tener la misma separación entre ellos.

En cuanto a los neumáticos deberán de cumplir con las medidas de las llantas (ancho y diámetro).

#### 4.2.5. Soporte de la rueda de repuesto

Este elemento será el encargado de almacenar la rueda de repuesto del remolque a que será exactamente igual que las ruedas montadas en el eje.

En el mercado hay una enorme variedad de soportes diferentes para las ruedas de repuesto tanto en geometría como en ubicación.



Figura 69: Diferentes tipos de soporte para la rueda de repuesto

En el remolque a diseñar se optará por el tipo de soporte para rueda de repuesto más sencillo que sería similar al de las dos primeras imágenes. Este tipo de soporte es muy sencillo y se podría fabricar a partir de una varilla roscada de la métrica adecuada, por lo que resultaría también muy barato.

Además de sencillo y barato, este tipo de soporte es muy ligero y permite ubicar la rueda de repuesto agarrada al bastidor prácticamente dónde se desee. En el caso del remolque a diseñar, interesaría ubicar la rueda de repuesto lo más baja posible mejorando la estabilidad del remolque, y lo más adelantada posible compensando el peso del motor fueraborda que irá acoplado a la embarcación.

#### 4.2.6. Porta-matrícula, instalación eléctrica y reflectantes

Según la normativa, el remolque ligero a diseñar, vehículo de Categoría O1, deberá estar equipado con reflectantes traseros triangulares rojos, luces de posición, luces de emergencia e intermitentes, luces de freno y luz antiniebla, además de una copia de la placa de matrícula del vehículo tractor que lo remolca y reflectantes laterales y delanteros en número par.

Para estos elementos, a excepción de los reflectantes laterales y delanteros, existen unos kits en el mercado que lo incorporan todo unido con su respectiva instalación eléctrica y el conector correspondiente, que en este caso sería un conector de 7 polos regulado por la norma ISO 1724.



Figura 70: Kit porta-matrícula con conector de 7 polos

Este kit suele ser la opción más económica a elegir para incorporar todos estos elementos reglamentarios a un remolque, ya que la compra de todos los elementos por separado suele sumar un total más elevado que el coste de estos en kits.

Estos kits se pueden encontrar con placa de diferentes materiales (acero galvanizado, aluminio o plástico) y también de diferentes geometrías y dimensiones (placa fija o extensible). Además, los hay con lámparas convencionales o con luces LED.

Una alternativa a estos kits más comunes, son los llamados “kits portátiles” que consisten en las luces y reflectantes con soporte magnético, cosa que hace que sacar las luces y el cable de conexión del remolque sea muy fácil y rápido. Esto hará interesante esta opción para el remolque a diseñar, ya que permitirá sacar del remolque las luces y el cable de conexión fácilmente cuando el remolque vaya a sumergirse en el agua para así evitar el deterioro de toda la instalación eléctrica. Otra opción interesante sería el porta-matrículas extensible, que aunque sea un poco más caro que los portátiles, también se podrá desmontar y adaptarlo extendiéndolo para dejar el motor fueraborda protegido como se ha visto anteriormente.



Figura 71: Kit de luces portátil

Estos kits no tienen porta-matrícula, por lo que la placa de matrícula en este caso se podría montar de forma fija en el remolque. En este caso se optaría por una matrícula acrílica que será mucho más resistente a la corrosión que las metálicas en contacto con el agua del mar. En cuanto al formato de la placa de matrícula, se podría optar por la larga más común, o por el formato de matrícula alta desplazada hacia un lateral en caso de que el motor fueraborda pudiera tapar la visibilidad de esta. Ambos formatos están regulados por el Reglamento General de Vehículos.

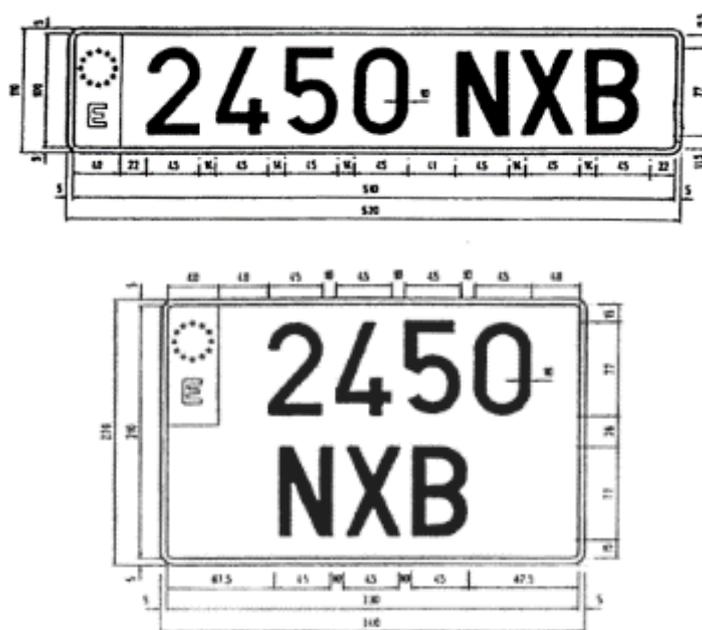


Figura 72: Formatos de matrícula

Para la selección de este kit, se deberá tener en cuenta la extensión del cable del mismo, dado que este cable tendrá que atravesar toda la longitud del remolque.

Por otra parte, se deberán instalar los reflectantes laterales (color amarillo-naranja) y delanteros (color blanco) reglamentarios, que se deberán disponer de forma par.

Estos reflectantes se encuentran en el mercado tanto en forma redonda como rectangular.



Figura 73: Reflectantes delanteros y laterales

#### 4.2.7. Guardabarros

Estas piezas cubrirán las ruedas por la parte superior y tendrán dos propósitos principales: evitar que la embarcación a transportar se ensucie o dañe debido a salpicaduras o proyecciones de arena o gravilla provocadas por la rueda, y proteger las ruedas, recubriéndolas para evitar que las cinchas u otros elementos de sujeción de la embarcación a transportar puedan enredarse en ellas.

Los guardabarros suelen ser componentes baratos y se pueden encontrar metálicos (normalmente de chapa de acero galvanizado) o de plástico.



Figura 74: Materiales en guardabarros

En el remolque a diseñar se podría proceder a la fabricación propia de estos componentes en chapa de acero galvanizado ya que resultaría muy barato. Pero dado el bajo precio de estos componentes, es más conveniente comprarlos de plástico, ya que casi con el mismo precio, estos resultarán más ligeros y mucho más resistentes a la corrosión provocada por el agua del mar y los ambientes salinos.

A la hora de comprar este componente, habrá que tener en cuenta las dimensiones de las ruedas del remolque y también su recorrido debido a la suspensión elástica, ya que los guardabarros irán anclados al bastidor del remolque y las ruedas podrán variar de posición respecto a estos ligeramente.

#### 4.2.8. Cabrestante

El cabrestante es el instrumento que nos ayudará a subir y bajar la embarcación a transportar en el remolque. Consiste en una polea que enrolla un cable, cuerda o cinta que tirará de la embarcación hasta que esta esté en su posición de transporte.

En el mercado se pueden encontrar cabrestantes accionados manualmente mediante una reductora y una manivela utilizados para embarcaciones pequeñas relativamente ligeras, o cabrestantes accionados con un motor-reductor eléctrico, utilizados para embarcaciones más grandes y pesadas o para hacer más cómoda y rápida la carga y descarga de la embarcación.



Figura 75: Tipos de cabrestantes

Además, el elemento tirante del cabrestante puede ser cable metálico, cuerda de diferentes tipos o cinta textil.

Para el remolque a diseñar se buscará un cabrestante de accionamiento manual, ya que resultará mucho más económico que uno eléctrico y la embarcación a transportar en este caso es relativamente ligera. Además, se deberá tener en cuenta que esté homologado para una carga mínima superior al peso de la embarcación a transportar teniendo en cuenta el peso del motor también, es decir, superior a 174 kg. En cuanto al material del tirante se debería optar por uno de cinta o cuerda, o si fuese de cable metálico, que tuviese una mínima protección contra la corrosión.

#### 4.2.9. Rodillos

Estos elementos facilitarán el deslizamiento de la embarcación sobre el remolque, en su carga y descarga, disminuyendo el rozamiento entre el casco de la embarcación y el mismo remolque.

Los rodillos suelen ser de materiales plásticos (polivinilo, gomas, etc.) para evitar que dañen el casco de la embarcación a transportar.

Básicamente, los rodillos existentes en el mercado se pueden clasificar en dos tipos diferentes: rodillos de quilla y rodillos laterales.



RODILLO DE QUILLA



RODILLO LATERAL

*Figura 76: Tipos de rodillos*

Los rodillos de quilla se montan sobre el eje longitudinal de simetría del remolque y sirven de apoyo para la quilla de la embarcación, es decir, para el nervio central de esta.

Los rodillos laterales sirven de apoyo a los laterales de la parte inferior del casco de la embarcación. Estos rodillos suelen ser regulables en altura e inclinación pudiéndose adaptar a diferentes formas de casco.

En el remolque a diseñar en este trabajo se montarán rodillos de ambos tipos con el fin de facilitar la carga y descarga de la embarcación a transportar y de asegurar un buen apoyo de la misma sobre el remolque.

#### **4.2.10. Tope de proa**

La función de este componente, como su nombre indica, es hacer de tope físico de la embarcación por la parte de proa, es decir, por la parte delantera de esta. La embarcación, tirada por el cabrestante, hará presión sobre este componente cuando esté cargada en el remolque, por lo que junto al cabrestante, este componente servirá también de soporte para la embarcación a transportar.



*Figura 77: Tope de proa*

Existen topes de proa fijos y regulables. En el caso del remolque a diseñar no es algo que importe, dado que se diseña para transportar una embarcación concreta.

Estos topes de proa suelen fabricarse de goma para evitar dañar el casco de la embarcación a transportar.



## **5. DISEÑO**

En el diseño del remolque náutico objeto de este trabajo, habrá que diferenciar sus diferentes partes:

- **Bastidor:** Es la estructura del remolque, su parte principal. Esta se diseñará desde cero y se fabricará a partir de perfiles de acero comerciales, cortándolos y soldándolos ensamblando la geometría final del bastidor.
- **Componentes comerciales:** Serán los diferentes componentes que se seleccionarán y comprarán directamente para instalar en el remolque. Dentro de este grupo se encontrarán desde el cabrestante y las ruedas del remolque, hasta la misma tornillería que servirá para la unión para estos componentes.
- **Componentes propios:** En este grupo se encontrarán los componentes que se decidirá diseñar y fabricar en lugar de comprarlos directamente.

## 5.1. BASTIDOR

El bastidor, chasis o estructura del remolque, se construirá soldando secciones de tubo rectangular de acero S275JR de 80x60x3 con la geometría y dimensiones que se indican en el Plano 8 del Anexo I. Esta geometría y dimensiones se han diseñado a partir de la geometría y dimensiones de la embarcación a transportar. Se ha procedido a realizar los diferentes cálculos y simulaciones para comprobar que la resistencia del remolque es adecuada en todas las situaciones con la geometría elegida para el bastidor del remolque y los perfiles metálicos utilizados para en fabricación.

El acero S275JR se trata de un acero no aleado laminado en caliente, es decir, una aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono, que le aportan una gran dureza y resistencia. Además, se ha seleccionado este tipo de acero porque es material muy fácil de encontrar en muchas formas comerciales como son los tubos rectangulares que se utilizarán para la fabricación de este bastidor. A su vez, se trata de un acero bastante resiliente, que no tiene rotura frágil, cualidad interesante para la fabricación de remolques. Por último cabe destacar también, que se trata de un material muy económico y apto para el uso que se le dará, ya que es el acero más utilizado en la fabricación de remolques ligeros a día de hoy.

La composición química de este material y sus características mecánicas, según la norma EN 10025-2:2006, serán las que se pueden observar en las siguientes tablas:

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE COLADA % según EN 10025-2: 2006									
	C		Mn	P	S	Si	N	Cu	Otro
	d≤16.00	16.00<d							
S235JR				≤0.035	≤0.035		≤0.012	0.55	-
S235JO	≤0.17	≤0.17	≤1.40	≤0.030	≤0.030	-	≤0.012	0.55	-
S235J2				≤0.025	≤0.025		-	0.55	-
S275JR	≤0.21		≤1.5	≤0.035	≤0.035	-	≤0.012	0.55	-
S275JO				≤0.030	≤0.030		≤0.012	0.55	-
S275J2	≤0.18			≤0.025	≤0.025		-	0.55	-
S355JR	≤0.24		≤1.60	≤0.035	≤0.035	≤0.55	≤0.012	0.55	-
S355JO				≤0.030	≤0.030		≤0.012	0.55	-
S355J2	≤0.20			≤0.025	≤0.025		-	0.55	-
S355K2				≤0.025	≤0.025		-	0.55	-
S185	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E295	-	-	-	≤0.045	≤0.045	-	≤0.012	-	-
E335	-	-	-	≤0.045	≤0.045	-	≤0.012	-	-
E360	-	-	-	≤0.045	≤0.045	-	≤0.012	-	-

Tabla 3: Composición química del material

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS según EN 10025-2: 2006										
	Re (N/mm <sup>2</sup> )		Rm (N/mm <sup>2</sup> )		A% (Mínimo tras la fractura)				Resiliencia Charpy	
	d≤16.00 16.00<d		d<3.00	3.00≤d	<1,5≤2	>2≤2,5	>2,5<3	≥3≤40	(°C)	(J)
					L <sub>0</sub> = 80mm			L <sub>0</sub> = 5,56√S <sub>0</sub>		
S185	≥185	≥175	310-540	290-510	12	13	14	18	-	-
S235JR					19	20	21	26	20	
S235JO	≥235	≥225	360-510	360-510					0	≥27
S235J2					17	18	19	24	-20	
S275JR					17	18	19	23	20	
S275JO	≥275	≥265	430-580	410-560					0	≥27
S275J2					15	16	17	21	-20	
S355JR					16	17	18	22	20	
S355JO	≥355	≥345	510-680	470-630					0	≥27
S355J2									-20	
S355K2					14	15	16	20		≥40
E295	≥295	≥285	490-660	470-610	14	15	16	20	-	-
E335	≥335	≥325	590-770	570-710	10	11	12	16	-	-
E360	≥360	≥355	690-900	670-830	6	7	8	11	-	-

Tabla 4: Características mecánicas del material

Las propiedades del material que más importancia tendrán para el diseño del bastidor, y se deberán introducir en SolidWorks correctamente, serán las siguientes:

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2.1e+11	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.3	-
Módulo cortante	7.5e+10	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	7850	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	410000000	N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	275000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	1.2e-5	-
Conductividad térmica	52.5	W/(m·K)
Calor específico	460.55	J/(kg·K)

Tabla 5: Propiedades del material a introducir en SolidWorks

Otras características del material:

- Módulo de rigidez: 81 GPa
- Conductividad: 3·10<sup>6</sup> S/m
- Temperatura de fusión: 1430 °C
- Dureza: 217 Brinell
- Material ferromagnético
- Material opaco
- Material dúctil y maleable

Este material por sí mismo se oxida con el tiempo, y más rápidamente en los ambientes en los que trabajará. Esta corrosión producirá fisuras, cosa que hará peligrar la integridad del bastidor. Para evitar la corrosión del material una vez fabricado el remolque, se realizará un galvanizado por inmersión en caliente, es decir, un revestimiento de zinc que protegerá el material de la corrosión.

El espesor de este revestimiento, se seleccionará para atmosferas marinas y una vida de servicio de 20 años como mínimo según el gráfico del fabricante. El espesor de esta capa será de 2.6 milésimas de pulgada que equivalen a 0.07 mm.

**AÑOS DE SERVICIO SEGÚN CAPA DE ZINC Y TIPO DE ATMÓSFERA**

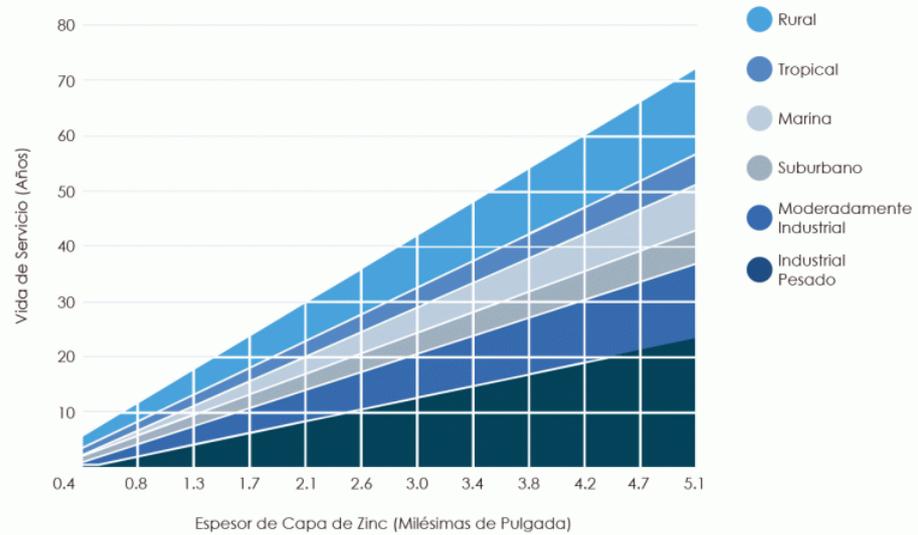


Figura 78: Gráfico de espesores de la capa de zinc

El galvanizado por inmersión en caliente se realizará en base a la Norma UNE-EN ISO 1461:2010 y constará de 9 etapas diferentes: desengrase, enjuague, decapado, enjuague, fluxado, secado, zincado e inspección final. Las 5 primeras etapas son realmente la preparación de la superficie del material para realizar posteriormente el zincado de forma adecuada. El zinc a utilizar contendrá como mínimo un 99.995% de Zn según la Norma UNE-EN 1179.

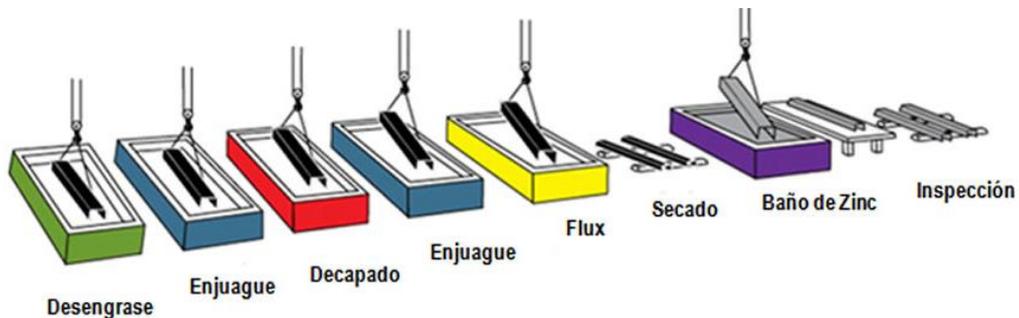


Figura 79: Etapas del galvanizado por inmersión en caliente

- **Desengrase:** Se sumergirá el bastidor del remolque en una solución desengrasante para eliminar de la superficie del acero residuos de aceites y grasas procedentes de procesados anteriores del material.
- **Enjuague:** Se limpiará bien el bastidor con agua para evitar el arrastre de la solución desengrasante a la etapa de decapado.
- **Decapado:** Se sumergirá el bastidor en una solución ácida con el fin de eliminar el óxido e impurezas superficiales del material, procurando dejar una superficie químicamente limpia para las etapas posteriores.
- **Enjuague:** Una vez finalizado el decapado, se sumergirá el bastidor en agua limpia para evitar el arrastre de ácido a la etapa de fluxado.

- **Fluxado:** El bastidor se introducirá en una solución de sales para prevenir la oxidación de la superficie del material antes de ser galvanizada y facilitando la adherencia entre el acero y el zinc.
- **Secado:** Se someterá el bastidor a un secado entre 40°C y 80°C con el fin de eliminar la humedad superficial que pueda tener este.
- **Zincado:** El bastidor se sumergirá en un baño de zinc fundido permaneciendo el tiempo suficiente para alcanzar la aleación zinc-hierro con una temperatura de trabajo de 450°C.
- **Enfriamiento:** En esta etapa el bastidor se sumergirá en agua a temperatura ambiente con el fin de facilitar su inspección posteriormente.
- **Inspección:** Finalmente, se realizará una verificación y un control de la calidad del material en cuanto a espesor, adherencia del zinc y apariencia con ayuda de equipos magnéticos y ensayos regulados por la Norma UNE 37-501-88.

Como ventajas y beneficios que aportará este tratamiento superficial al bastidor del remolque cabe destacar la protección contra la corrosión, su bajo costo y su larga vida útil.

## 5.2. COMPONENTES COMERCIALES

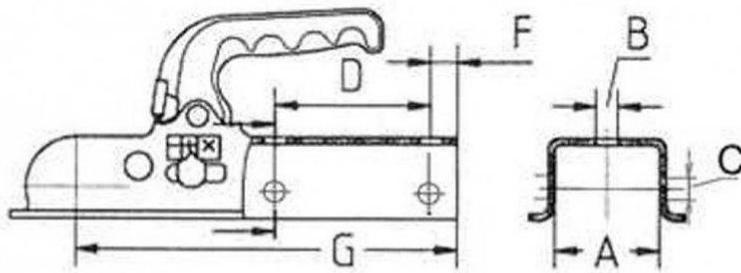
### 5.2.1. Cabezal de enganche

El cabezal de enganche seleccionado ha sido el modelo K-7,5-L de la marca alemana Knott.



Figura 80: Cabezal Knott K-7.5-L

Se trata de un cabezal de enganche simple de sección cuadrada con un ancho interior de 60 mm, es decir, del mismo ancho que el lado del perfil del bastidor al que se unirá. Este cabezal está homologado para soportar 750 kg de carga de arrastre y 75 kg de carga de apoyo, por lo que será apto para el remolque a diseñar.



Tipo	Valor D/DC	Carga sobre el eje	Carga de apoyo	A	B	C	D	F	G	Número de pedido	Precio * incl. IVA
K7,5-K	7,2 kn	750 kg	75 kg	50	12,5	X	90	16	229	6E0081.045	12,45 €
K7,5-L	7,2 kn	750 kg	75 kg	60	12,5	X	90	16	229	6E0081.053	12,45 €
K7,5-M	7,2 kn	750 kg	75 kg	70	12,5	X	90	16	229	6E0081.061	12,45 €

Figura 81: Medidas del cabezal

Este cabezal de enganche se unirá al bastidor del remolque mediante dos pernos hexagonales con brida de métrica M12 y 100 mm de longitud (DIN 6921) y dos tuercas autoblocantes de la misma métrica (DIN EN ISO 7040) con arandelas de diámetro interior de 13 mm, diámetro exterior de 37 mm y espesor de 3 mm (ISO 7093). Los pernos atravesarán la lanza del remolque por su interior.

Este cabezal de enganche ha sido el más barato encontrado con las características que se necesitan en cuanto a tipo, dimensiones y carga.

Además, como dispositivo de enganche secundario, se instalará una cadena de seguridad con gancho en uno de los extremos. El otro extremo se unirá de forma fija al bastidor, cerca del cabezal de enganche, soldando uno de sus eslabones.

Esta cadena será de 5.5 mm y fabricada para soportar 320 kg.



5.5 mm x 0.91 m / 320 Kg Ref.: 50-51271 Cómpralo ahora y lo recibes entre el Jueves 30 de Mayo	1	<b>13,80€</b>	 24 HORAS
6 mm x 1.06 m / 410 Kg Ref.: 50-51281 Cómpralo ahora y lo recibes entre el Jueves 30 de Mayo	1	<b>17,35€</b>	 24 HORAS

Figura 82: Dispositivo de enganche secundario

### 5.2.2. Rueda jockey

Como rueda jockey o rueda de apoyo, se ha seleccionado el modelo TK48 de la marca Knott.



Figura 83: Foto Knott TK48

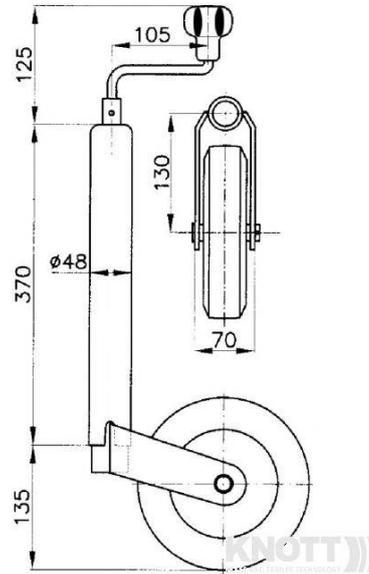


Figura 84: Medidas Knott TK48

Se trata de una rueda de apoyo de neumático macizo y llanta de chapa de acero galvanizado. Esta rueda de apoyo tiene un tubo de 48 mm de diámetro y 2.3 mm de espesor también de acero galvanizado.

<b>Rueda de apoyo TK48</b>
<b>(estándar)</b>
Llanta: .chapa de acero
Neumáticos: .goma sólida
Tamaño de rueda: .200x50 mm
Longitud de rebajo: .220 mm
Tubo exterior: .48x2,3 mm
Superficie: .galvanizada por inmersión en caliente
Máx. capacidad portante estática: 150 kg

Tabla 6: Características Knott TK48

Esta rueda de apoyo está homologada para soportar una carga estática de 150 kg, más que suficiente en el caso del remolque a diseñar. Se ha optado por esta opción, y no por una de tubo de 35 mm de diámetro que también cumpliría por carga, ya que al ser esta medida más común, es también más económica.

Esta rueda se unirá a la lanza del bastidor del remolque mediante el soporte LB48 de la marca Knott complementario a este modelo de rueda jockey. Se trata de una brida que agarrará el tubo de la rueda jockey y se unirá al bastidor del remolque mediante dos pernos hexagonales con brida de métrica M12 y 80 mm de longitud (DIN 6921) y dos tuercas autoblocantes de la misma métrica (DIN EN ISO 7040) con arandelas de diámetro interior de 13 mm, diámetro exterior de 37 mm y espesor de 3 mm (ISO 7093). Los pernos atravesarán la lanza del remolque por su interior.



Figura 85: Soporte LB48

### 5.2.3. Eje

Para el remolque a diseñar, se ha seleccionado el eje Knott Tipo VG7L. Se trata de un eje sin freno, fabricado especialmente para remolques náuticos, con cuerpo de acero galvanizado.



Figura 86: Eje Knott VG7L

Este eje está diseñado para remolques de 750 kg de MMA. Cuenta con suspensión elástica de caucho y con juntas de estanqueidad en los rodamientos, elementos que los harán estancos y servirán para alargar la vida útil de estos, ya que se verán sumergidos en agua de mar constantemente.

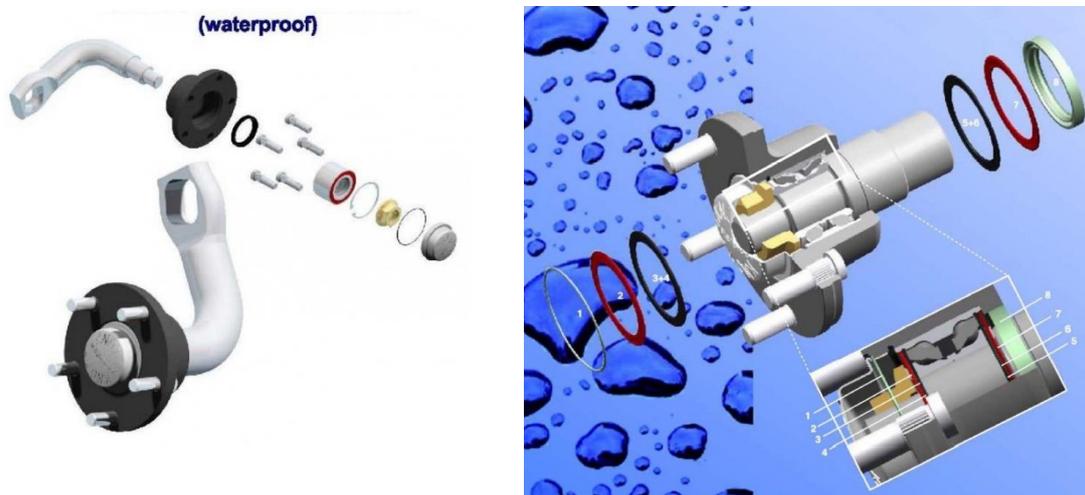


Figura 87: Sistema de bujes estancos

Este eje se fabrica con las medidas “A” y “B” (según el siguiente plano) a elegir, siendo el único requisito, que B – A debe ser igual o mayor a 330 mm dadas las medidas fijas del brazo de suspensión de este.

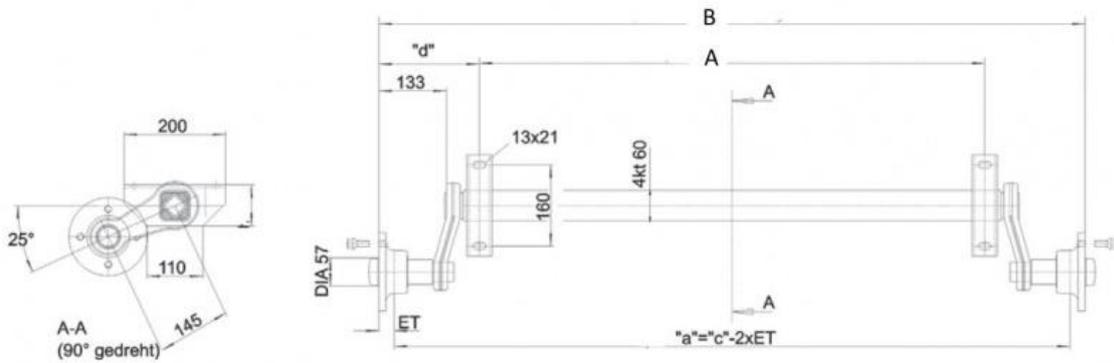


Figura 88: Medidas del eje Knott VG7L

El eje a montar en este remolque tendría una distancia de A=1600mm y una distancia de B=2030mm, cumpliendo la restricción del fabricante, ya que en este caso B–A=430mm.

Por último se deberá tener en cuenta las medidas de los bujes incorporados en el eje, ya que de estas dependerá la selección de la rueda a comprar para el remolque. Se trata de un buje 4T-58x98, ataque muy utilizado en las llantas de la marca de automóviles Seat.

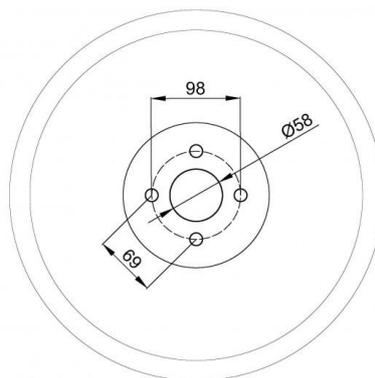


Figura 89: Medidas del buje

Este modelo de eje incluye también los pernos de rueda (8 pernos de métrica M12x1.25).

Para saber dónde se deberá ubicar el eje, se ha procedido a calcular el centro de masas del conjunto Embarcación + Bastidor Remolque. Este se ha calculado mediante las siguientes fórmulas:

$$X_c = \frac{m_1 \cdot x_1 + \dots + m_n \cdot x_n}{m_1 + \dots + m_n} \quad Y_c = \frac{m_1 \cdot y_1 + \dots + m_n \cdot y_n}{m_1 + \dots + m_n}$$

El centro de masas de este conjunto quedaría aproximadamente a 1882.61 mm desde el origen en el eje X según el siguiente esquema:

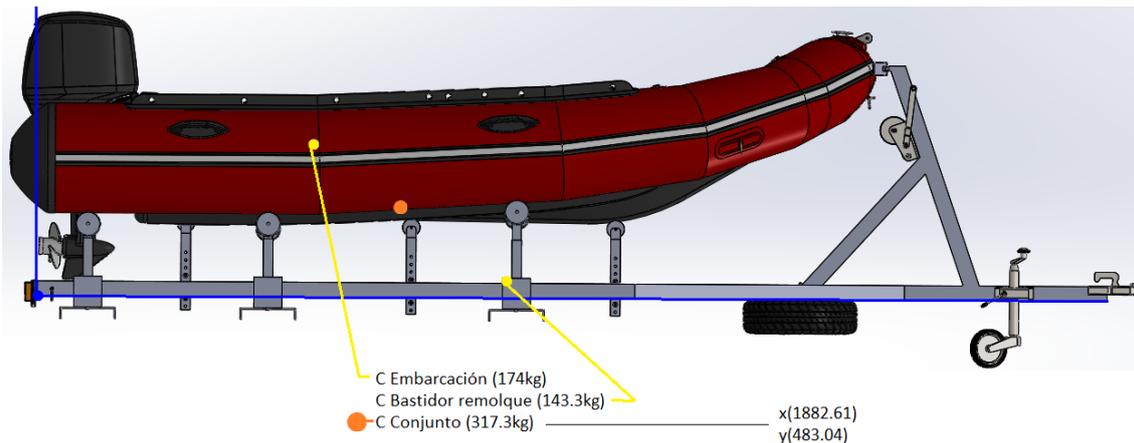


Figura 90: Centro de masas Embarcación + Bastidor

Además, se puede aproximar que el centro de masas real, es decir, el centro de masas teniendo en cuenta también los componentes que se montarán sobre el bastidor del remolque, quedaría un poco más adelantado que este ya que delante de él, el sumatorio de masa de componentes es ligeramente mayor que detrás de este:

Respecto al centro de masas del conjunto Embarcación + Bastidor Remolque:

**DELANTE:**

2x rodillo lateral = 12 kg  
 2x rodillo quilla = 3.9 kg  
 1x rueda jockey = 5.5 kg  
 1x rueda repuesto = 16 kg  
 1x cabrestante = 2.4 kg  
 1x cabezal enganche = 1.4 kg  
 1x cadena seguridad = 1 kg  
 1x tope proa = 0.3 kg  
**TOTAL = 42.5 kg**

**DETRÁS:**

6x rodillo lateral = 24 kg  
 1x rodillo quilla = 1.95 kg  
 1x kit porta-matrícula = 5 kg  
**TOTAL = 30.95 kg**

*\*Cada elemento incluye la masa de su tornillería de unión*

Por esto, se decide ubicar el eje a 1600 mm en X según el origen establecido, ya que así se asegura que la carga sobre el cabezal de enganche, tal y como indica la normativa para este remolque, será positiva, superior a 30 kg e inferior a 75 kg. Esto se comprueba igualando a 0 los sumatorios de fuerzas en el eje "y" e igualando a 0 el sumatorio de momentos provocados por todos los pesos de los componentes respecto a un punto, conociendo la masa y ubicación de cada componente:

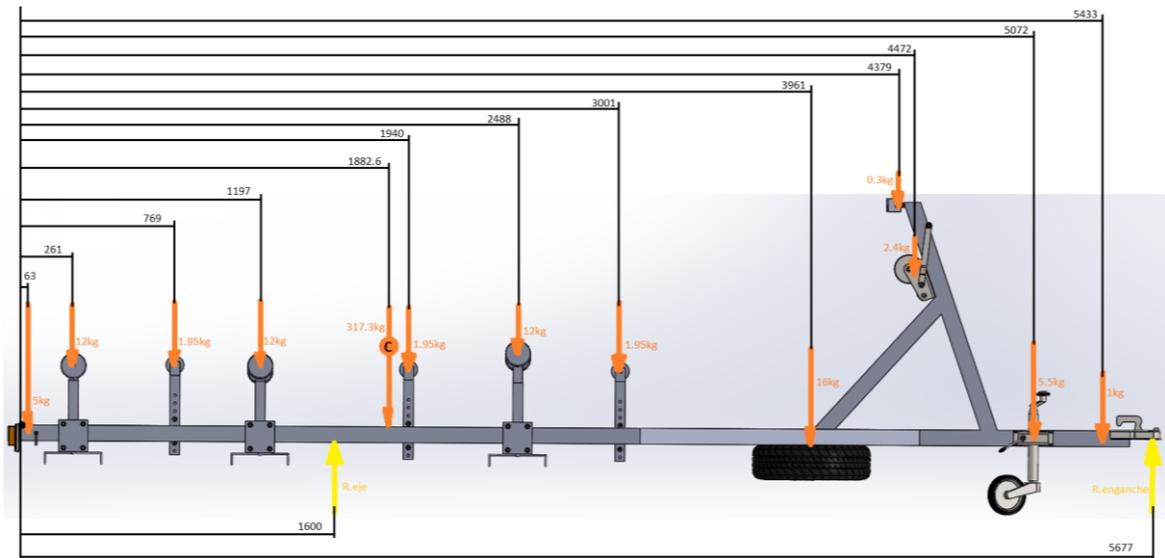


Figura 91: Esbozo para el cálculo de la reacción en el enganche

$$\Sigma Fy = 0$$

$$\Sigma Me = 0$$

De esta forma, obtenemos la fuerza que recaerá sobre el dispositivo de enganche (34.81 kg) y la fuerza que recaerá sobre el eje (354.54 kg).

Este eje se unirá al bastidor del remolque mediante cuatro pernos hexagonales con brida de métrica M12 y 100 mm de longitud (DIN 6921) y cuatro tuercas autoblocantes de la misma métrica (DIN EN ISO 7040) con arandelas de diámetro interior de 13 mm, diámetro exterior de 37 mm y espesor de 3 mm (ISO 7093). Los pernos atravesarán los perfiles laterales del bastidor.

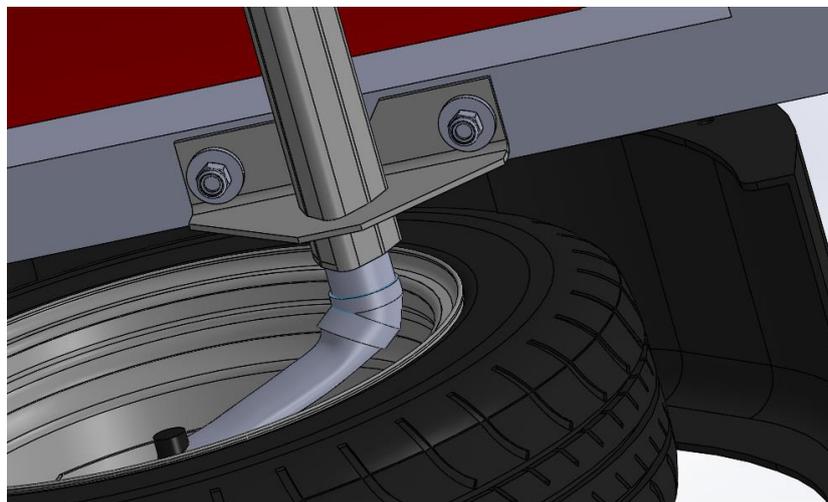


Figura 92: Ilustración de montaje del eje

#### 5.2.4. Ruedas

Se ha seleccionado un modelo de rueda completa vendido por RECAMBIOSREMOLQUES.COM con neumáticos 185/70 montados en llantas de acero galvanizado de 14”.



Figura 93: Foto de la rueda (de catálogo)



Figura 94: Foto de la rueda (Proporcionada por el vendedor)

Las llantas tienen el mismo ataque que los bujes incorporados en el eje seleccionado (utilizado por la marca Seat) y los neumáticos tienen un índice de carga 88 que corresponde a 560 kg y un índice de velocidad H que corresponde a 210 km/h de velocidad máxima.

El remolque llevará dos ruedas montadas en el eje y una de repuesto.

#### 5.2.5. Porta-matrícula, instalación eléctrica y reflectantes

Para el porta-matrícula y la instalación eléctrica del remolque, así como también los reflectantes traseros, finalmente se ha optado por la compra de un kit con una posterior pequeña modificación.

El kit seleccionado ha sido al referencia 05080 del proveedor Remolques Silvestre, que consiste en una estructura de chapa de acero galvanizado extensible desde 1200 mm hasta 2200 mm de longitud y que incorpora tanto los pilotos como los reflectantes traseros y el cable de instalación de 7 m de largo con conector de 7 polos ISO 1724.



Figura 95: Kit porta-matrícula seleccionado

A este kit se le ha soldado dos secciones de tubo rectangular de acero galvanizado de 70x20x1.5 mm y 150 mm de largo, como se indica en los planos 6 y 7 del anexo I. La finalidad de esta modificación es servir de soporte del porta-matrícula introduciéndose en el bastidor del remolque.

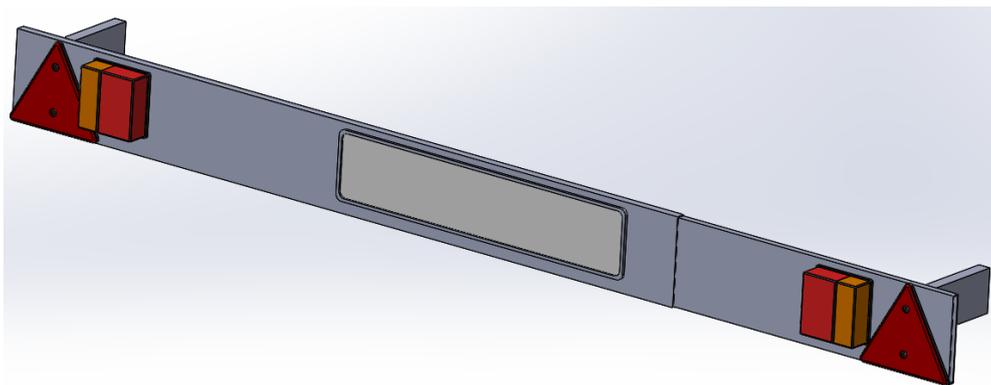


Figura 96: Porta-matrícula modificado Vista I

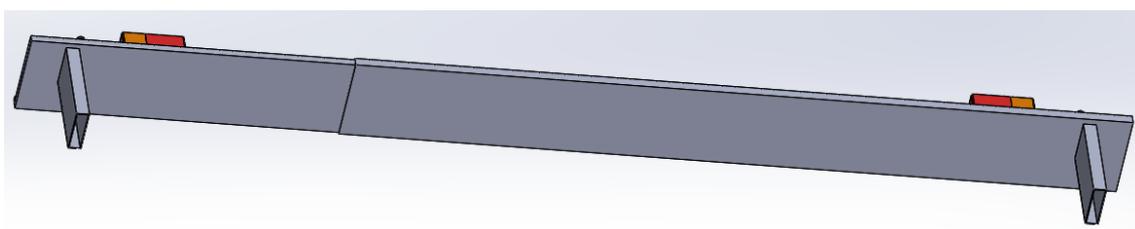


Figura 97: Porta-matrícula Modificado Vista II

Estas secciones de tubo añadidas se introducirán en el interior de los tubos que forman el bastidor por su parte trasera y se ajustarán mediante presión con palancas roscadas de 60 mm de longitud de rosca y métrica M8. Se roscarán a dos tuercas con valona de métrica M8 (DIN 6923) soldadas alrededor de 2 orificios en la parte trasera de los perfiles laterales del bastidor.



Figura 98: Palanca roscada

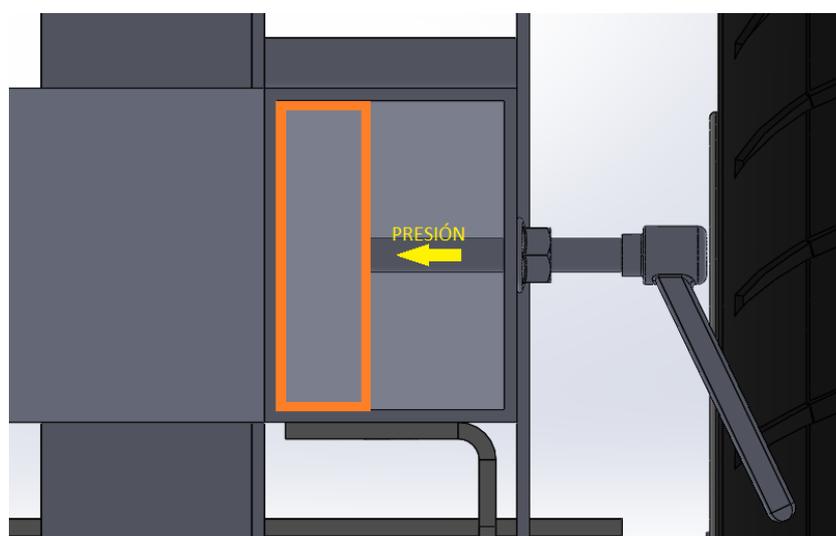


Figura 99: Esquema de montaje del porta-matrícula y de las tuercas soldadas al bastidor

En cuanto a los reflectantes delanteros y laterales, tan solo se ha tenido en cuenta el precio para su selección dadas sus bajas exigencias. Se ha seleccionado un modelo de reflectante lateral autoadhesivo rectangular y un modelo de reflectante delantero redondo que irá remachado.



Figura 100: Reflectantes laterales



Figura 101: Reflectantes delanteros

Ambos reflectantes irán ubicados en los guardabarros como se muestra en la siguientes imagen:

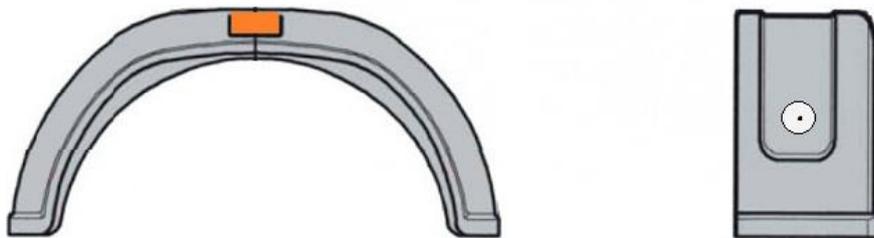


Figura 102: Esquema de montaje de los reflectantes laterales y delanteros

### 5.2.6. Guardabarros

Como guardabarros se ha seleccionado el modelo Compact de la marca Alko.



Figura 103: Guardabarros Alko Compact

Se trata de un modelo de guardabarros de PVC válido para ruedas con medidas desde 155 R13 hasta 185/70 R14. Las medidas de este guardabarros son las siguientes:

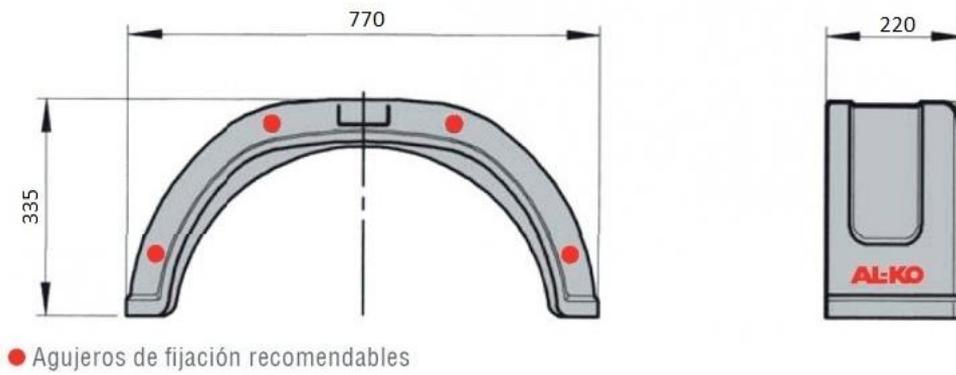


Figura 104: Medidas del guardabarros

Este modelo de guardabarros tiene muchos agujeros de fijación pre-marcados. Se terminará de agujerear los que necesitemos con ayuda de una taladradora y se fijarán a las pletinas de soporte del bastidor (planos 3 y 4 del anexo I) mediante dos pernos hexagonales con brida de métrica M8 y 20 mm de longitud (DIN 6921) y dos tuercas autoblocantes de la misma métrica (DIN EN ISO 7040) con arandelas de diámetro interior de 8.4 mm, diámetro exterior de 24 mm y espesor de 2 mm (ISO 7093).

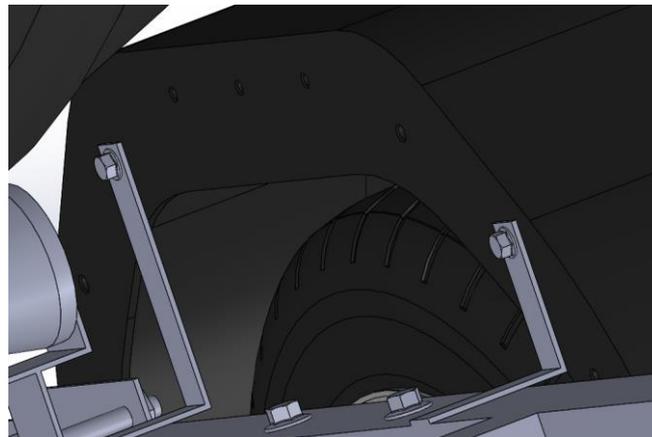


Figura 105: Esquema de montaje del guardabarros

Para la ubicación del guardabarros se deberá tener en cuenta el recorrido posible de la rueda debido a la suspensión elástica de caucho del eje utilizado. Además se dejará suficiente espacio de margen para evitar que la rueda toque el guardabarros en los resaltos o cuando el remolque tenga un exceso de carga. Para esto se contará con que el recorrido de la rueda en el eje “y” será del doble que el que se ve en la imagen hasta la posición horizontal del brazo de suspensión, es decir, 146.7 mm (73.35 x 2).

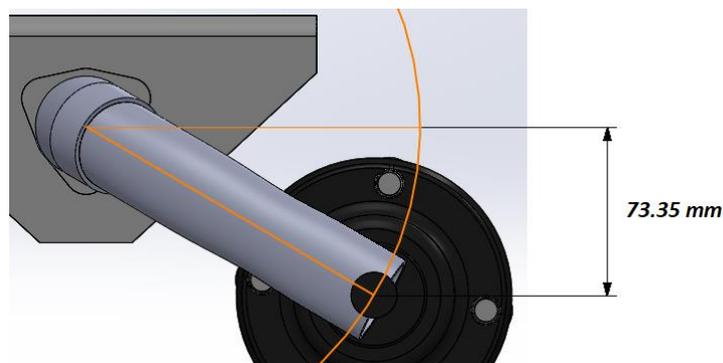


Figura 106: Recorrido de la suspensión elástica

### 5.2.7. Cabrestante

El cabrestante elegido ha sido un modelo manual de cable de acero galvanizado y estructura también de acero galvanizado. Este cabrestante tiene unas dimensiones de 280x25x12 mm (largo x ancho x alto) y una masa total de 2.4 kg. Su cable de acero tiene un diámetro de 4 mm y una longitud total de 10 m.



Figura 107: Cabrestante seleccionado

Se trata de uno de los modelos más económicos del mercado, diseñado para soportar hasta 363 kg. La reducción entre la manivela y el tambor que enrolla el cable tiene una relación de transmisión de 3,2:1, cosa que reducirá la fuerza a ejercer para enrollar el cable al tambor con la manivela.

Este cabrestante se unirá al bastidor del remolque mediante dos pernos hexagonales con brida de métrica M12 y 100 mm de longitud (DIN 6921) y dos tuercas autoblocantes de la misma métrica (DIN EN ISO 7040) con arandelas de diámetro interior de 13 mm, diámetro exterior de 37 mm y espesor de 3 mm (ISO 7093). Los pernos se ubicarán donde se indica en la siguiente imagen y atravesarán el perfil del bastidor que forma la torreta de proa.



Figura 108: Esquema de montaje del cabrestante

### 5.2.8. Rodillos

#### RODILLO DE QUILLA:

El rodillo de quilla seleccionado ha sido el modelo 580004 de la marca Domar.



Figura 109: Rodillo de quilla seleccionado Vista I



Figura 110: Rodillo de quilla seleccionado Vista II

Este rodillo de quilla tiene una longitud de 120 mm, un diámetro máximo de 90 mm y un diámetro mínimo de 70 mm. El orificio para el eje tiene un diámetro de 16 mm, por lo que se unirán a los soportes de diseño propio mediante pernos de métrica M16 y 140 mm de longitud (DIN 6921), tuercas autoblocantes de la misma métrica (DIN EN ISO 7040) y arandelas de diámetro interior de 17 mm, diámetro exterior de 50 mm y espesor de 3 mm (ISO 7093),

#### RODILLOS LATERALES:

Como rodillos laterales, se selecciona un modelo regulable en altura e inclinación, vendido en packs de 2 unidades, por lo que se comprarán 3 packs, ya que el remolque a diseñar tendrá 6 unidades de rodillos laterales.



Figura 111: Rodillo lateral seleccionado

Este modelo de rodillo lateral incluye su soporte y tornillería. Su estructura está fabricada de acero galvanizado de 1.8 mm de espesor y está diseñado para soportar 500 kg cada uno. Su altura se puede regular entre 590 y 840 mm. Cada rodillo con su soporte y tornillería tiene una masa de 6 kg.

#### 4.2.9. Tope de proa

El tope de proa seleccionado ha sido el modelo 580007 de la marca Domar.



Figura 112: Tope de proa seleccionado

Se trata de un tope de proa sencillo y económico fabricado en poliuretano. Este tope de proa se unirá al bastidor del remolque mediante un perno hexagonal con brida de métrica M12 y 100 mm de longitud (DIN 6921) y una tuerca autoblocante de la misma métrica (DIN EN ISO 7040).

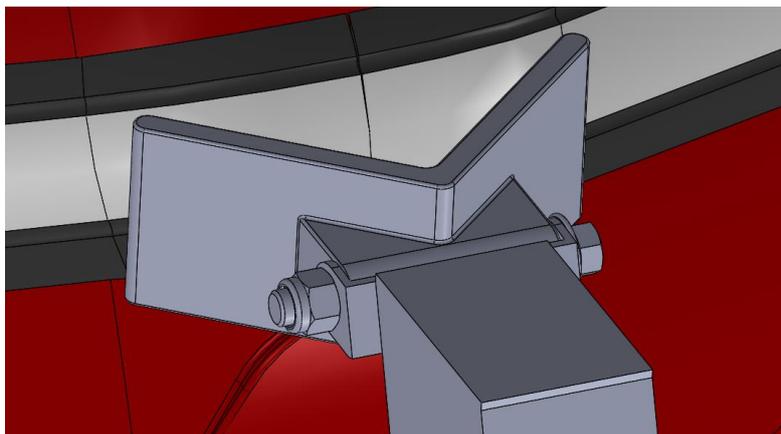


Figura 113: Esquema de montaje del tope de proa

## 5.3. COMPONENTES PROPIOS

### 5.3.1. Soporte rueda de repuesto

El soporte de la rueda de repuesto será de diseño y fabricación propia cortando y doblando una varilla roscada de métrica M12 según medidas y geometría del plano 2 del anejo I. Se unirá al bastidor del remolque junto a la rueda de repuesto mediante la tracción que provocarán dos tuercas de mariposa de métrica M12 (DIN 315).



Figura 114: Varilla roscada M12

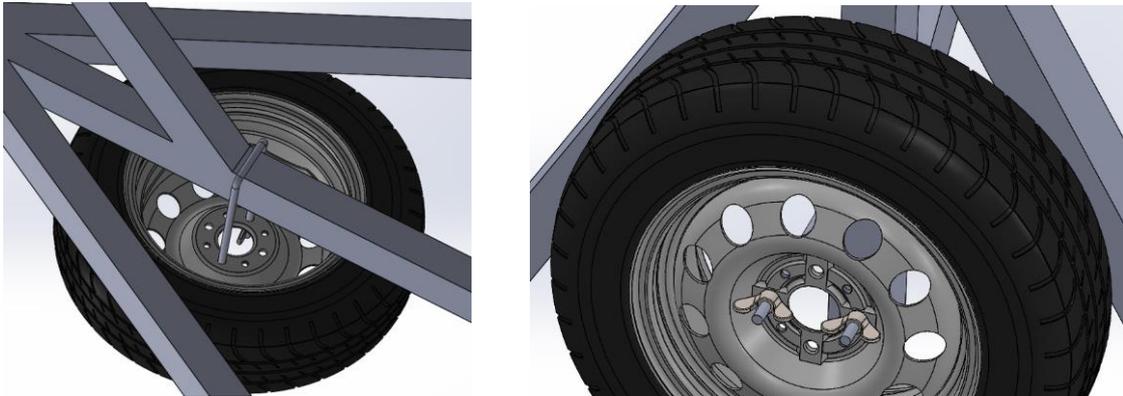


Figura 115: Esquema de montaje de la rueda de repuesto

### 5.3.2. Soporte de los rodillos de quilla

Los soportes de los rodillos de quilla serán de diseño y fabricación propia según las medidas y la geometría que se indica en el plano 1 del anejo I.

Estos se fabricarán con pletina de acero S275JR de 3 mm de espesor, e igual que el bastidor, se someterán a un posterior galvanizado por inmersión en caliente.

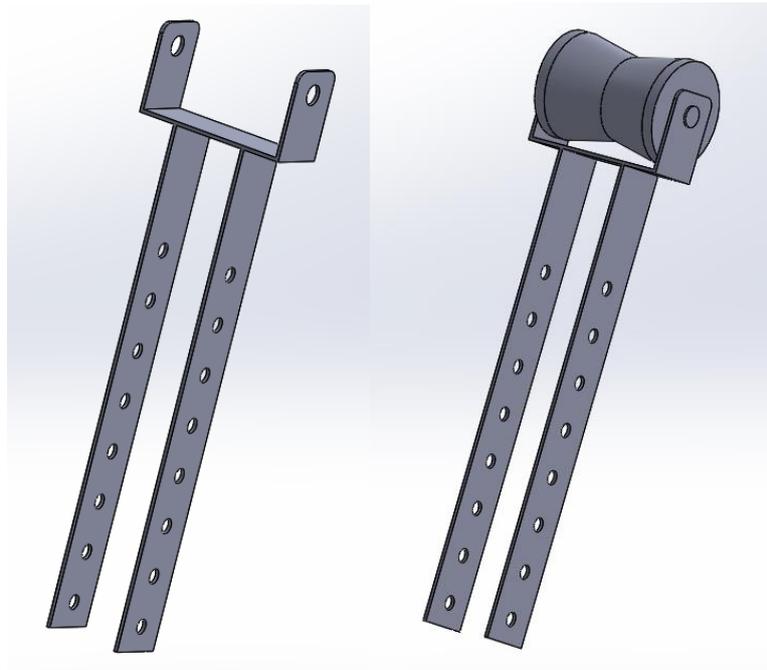


Figura 116: Soporte de rodillo de quilla

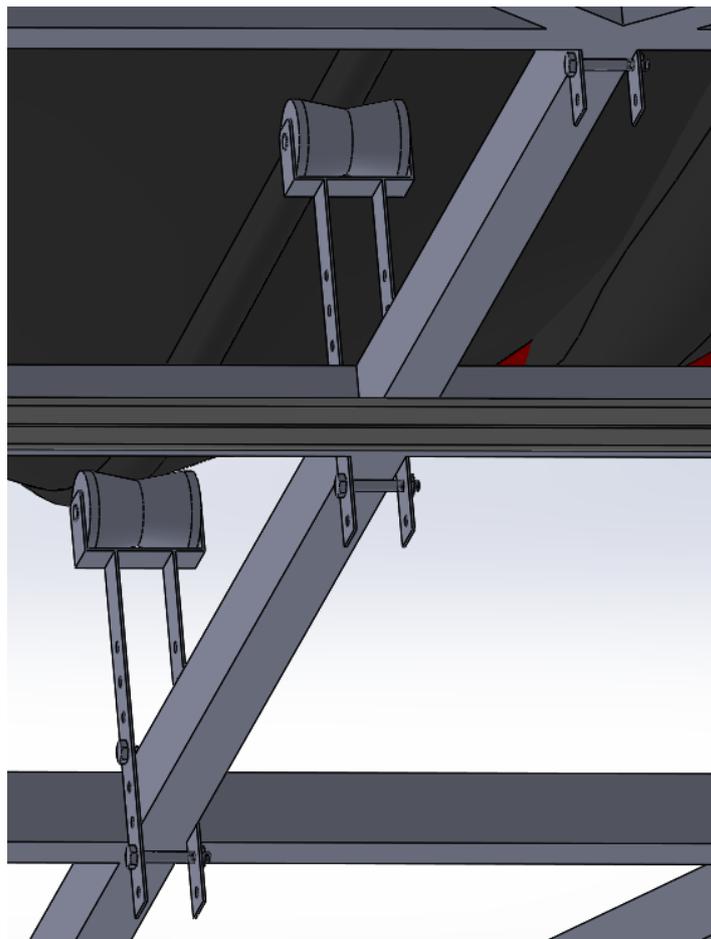


Figura 117: Esquema de montaje de los rodillos de quilla

Los soportes de los rodillos de quilla se unirán al bastidor del remolque mediante presión con dos pernos hexagonales con brida de métrica M12 y 80 mm de longitud (DIN 6921) y dos tuercas

autoblocantes de la misma métrica (DIN EN ISO 7040) y arandelas de diámetro interior de 13 mm, diámetro exterior de 37 mm y espesor de 3 mm (ISO 7093).

#### 5.4. REMOLQUE COMPLETO

Finalmente, el remolque completamente acabado de fabricar y con todos sus componentes montados quedaría de la siguiente forma:

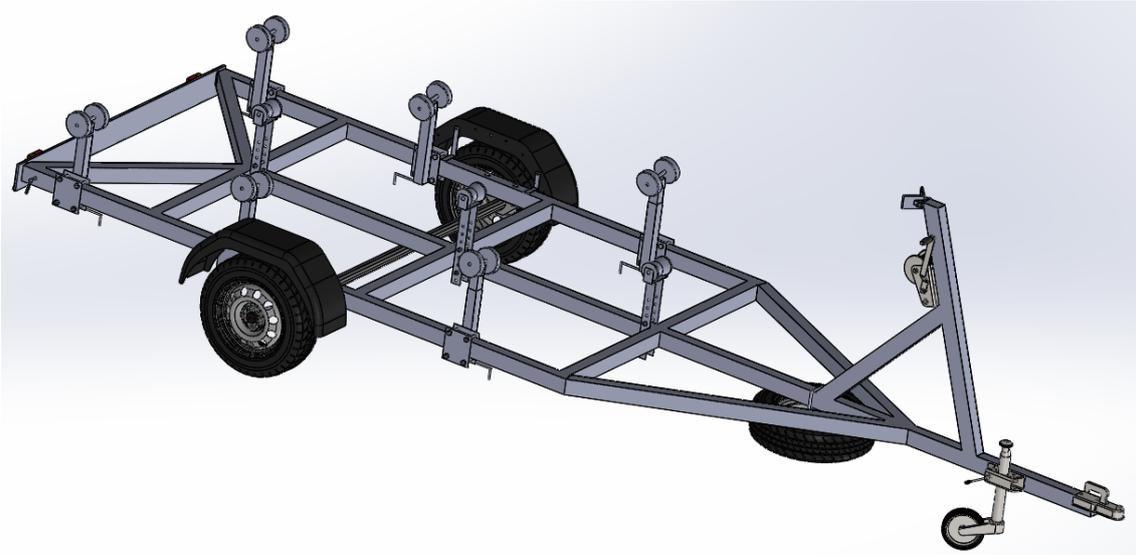


Figura 118: Vista general remolque acabado

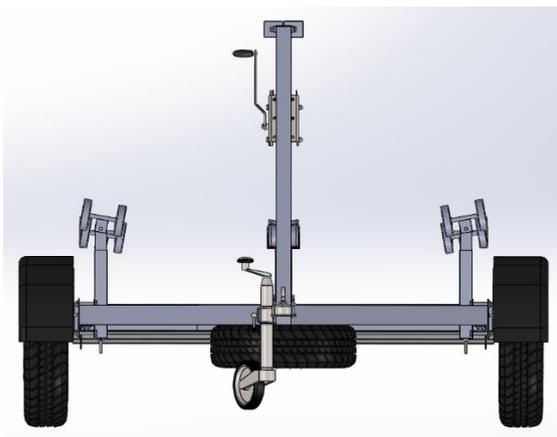


Figura 119: Vista delantera remolque acabado

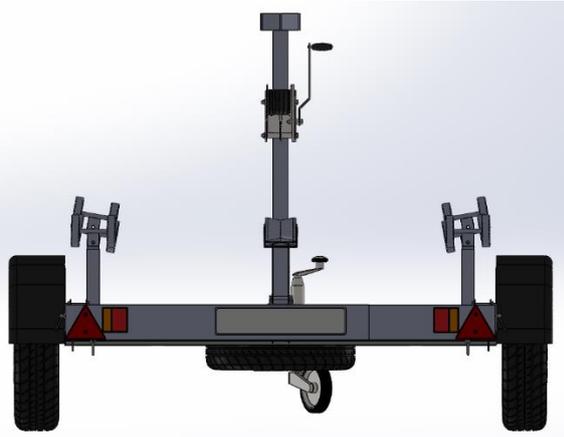


Figura 120: Vista trasera remolque acabado

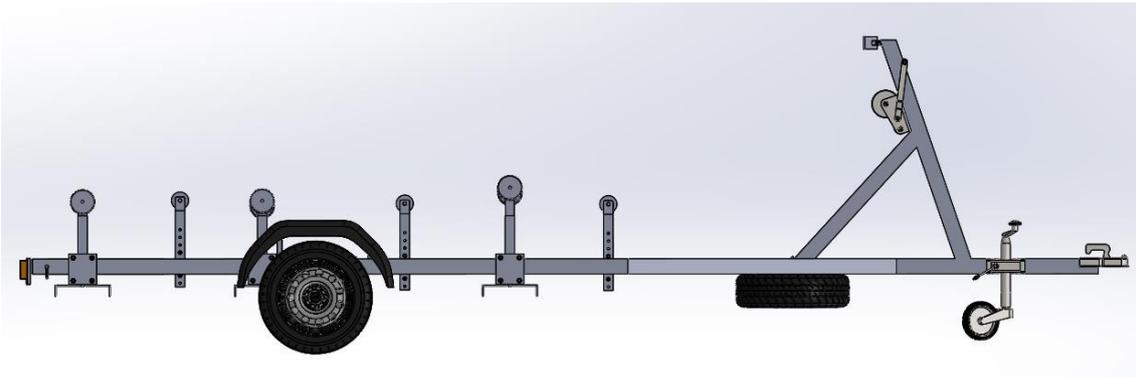


Figura 121: Vista lateral remolque acabado

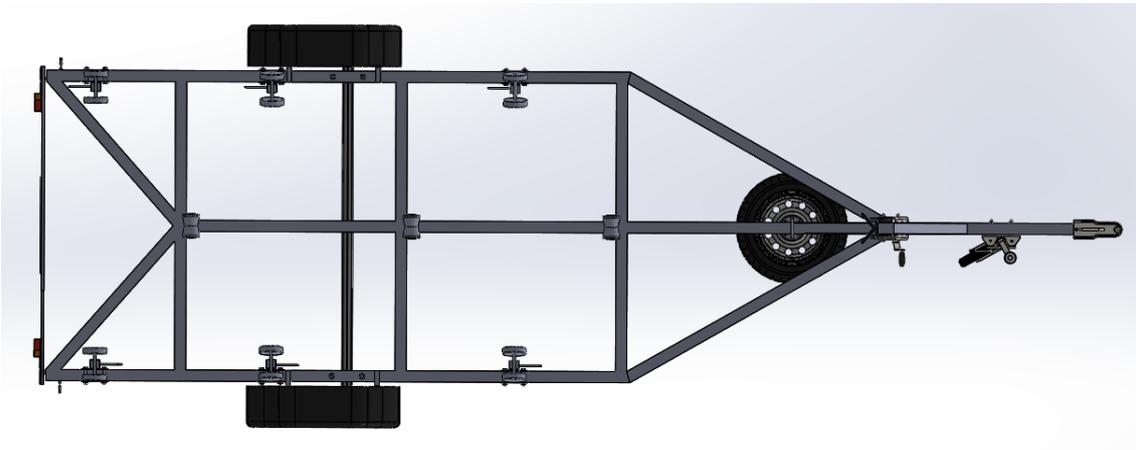


Figura 122: Remolque acabado visto desde arriba

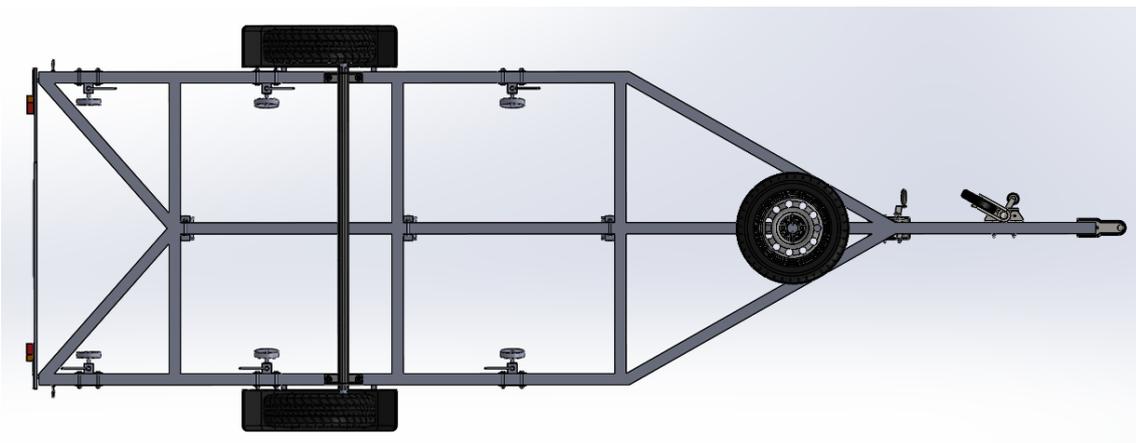


Figura 123: Remolque acabado visto desde abajo

Finalmente, así quedaría el remolque terminado con la embarcación cargada en su posición de transporte:



*Figura 124: Remolque acabado con embarcación cargada*



## **6. CÁLCULOS Y SIMULACIONES**

En este capítulo se realizarán diferentes simulaciones con el programa SolidWorks 2018 para comprobar la resistencia del remolque diseñado en diferentes situaciones. Primeramente se realizará un análisis estático, después se realizarán simulaciones de aceleración máxima y frenada de emergencia, y finalmente se realizará una simulación del paso del remolque por un resalto.

Para estos análisis, se tomará el modelo del bastidor del remolque diseñado y sobre él se aplicarán las cargas necesarias en cada caso. La masa de la embarcación, que realmente es de 174 kg incluyendo su motor fueraborda, se considerará que es de 484.25 kg para estos cálculos. La razón de esto es que el remolque se homologaría para una MMA de 750 kg y el peso propio de este con todos sus componentes montados es de 265.75 kg, por lo tanto, la masa máxima que podrá tener una embarcación para ser transportada por este remolque sería de 484.25 kg (750 kg – 265.75 kg).

## 6.1. ANÁLISIS ESTÁTICO DEL BASTIDOR

Para el análisis estático, que representará al remolque parado y enganchado a su vehículo tractor, se considerará que la masa máxima a transportar (484.25 kg) se repartirá uniformemente entre los 9 soportes (rodillos). Sobre cada rodillo recaerá una masa de 53.8 kg además de la propia masa de cada soporte (1.95 kg para cada rodillo de quilla y 6 kg para cada rodillo lateral). Así, tomando como valor de la aceleración de la gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$ , en la ubicación de cada rodillo lateral habrá que aplicar una fuerza de 586.64 N y en la ubicación de cada rodillo de quilla habrá que aplicar una fuerza de 546.94 N, en dirección vertical y sentido hacia el suelo en ambos casos.



Figura 125: Comando fuerza SolidWorks

A continuación, se deberán de definir también las sujeciones. Estas serán el eje y el dispositivo de enganche del remolque. Para el eje se seleccionará la opción de Rodillo/Control deslizante y para el dispositivo de enganche se seleccionará la opción de Geometría fija.



Figura 126: Comando Rodillo/Control deslizante SolidWorks



Figura 127: Comando Geometría fija SolidWorks

Por último, se aplicará la gravedad en la dirección y su sentido correcto para que también se tenga en cuenta el peso propio del bastidor.



Figura 128: Gravedad SolidWorks

Así quedarían todas las fuerzas y sujeciones aplicadas:

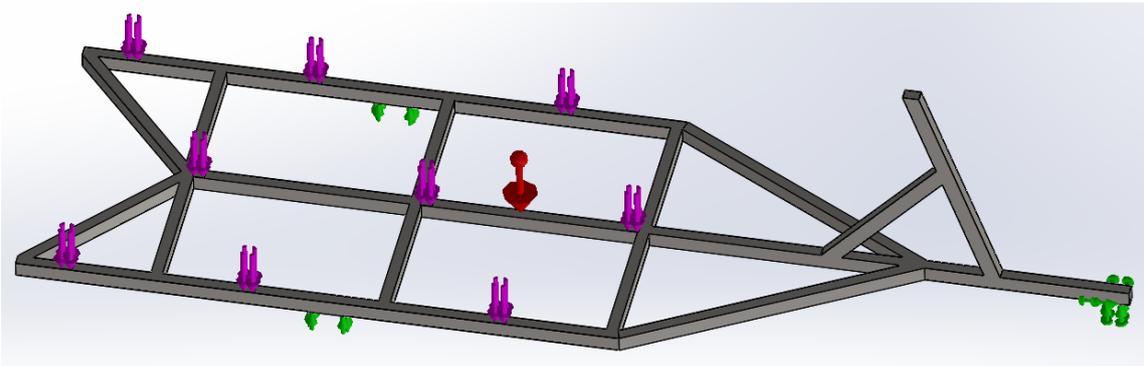


Figura 129: Fuerzas aplicadas para análisis estático

Analizando las tensiones provocadas en el bastidor, se puede decir que el bastidor está totalmente fuera de peligro en esta situación, ya que en ningún momento se sobrepasa el límite elástico del material:

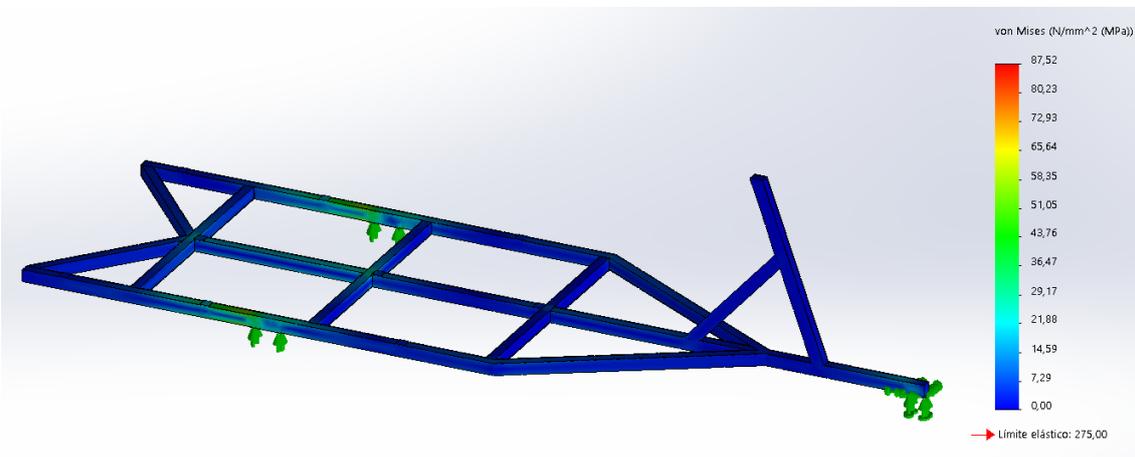


Figura 130: Tensiones en análisis estático

Se puede observar también que las zonas con más tensiones, como era de esperar, son las zonas de enganche del eje del remolque y la zona del cabezal de enganche, zonas donde descansará el peso del remolque en esta situación.

En esta situación, se tendría un coeficiente de seguridad de 3.14. Este se calcula con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{m\acute{a}x}}$$

*S=coeficiente de seguridad     $\sigma_{adm}$ =tensión admisible     $\sigma_{m\acute{a}x}$ =tensión máxima provocada*

La tensión admisible sería el límite elástico del material utilizado (275 MPa) y la tensión máxima provocada se extrae de la simulación realizada en SolidWorks (87.52 MPa).

Por otra parte, analizando los desplazamientos, se puede ver que estos son mínimos, por lo que no se trataría de un aspecto crítico en esta situación. A continuación se pueden observar los desplazamientos provocados en el bastidor del remolque de dos formas diferentes:

- Exagerando los desplazamientos gráficamente:

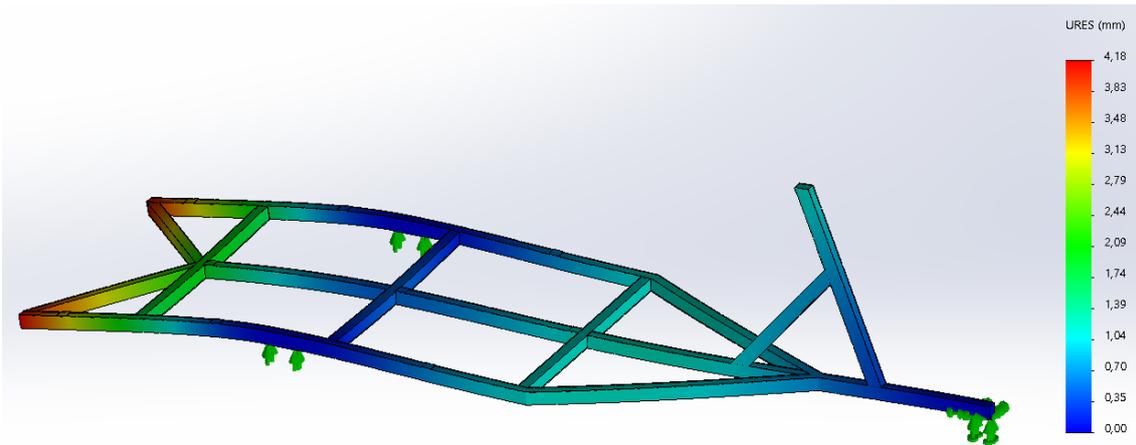


Figura 131: Desplazamientos exagerados análisis estático

- Con los desplazamientos a escala real:

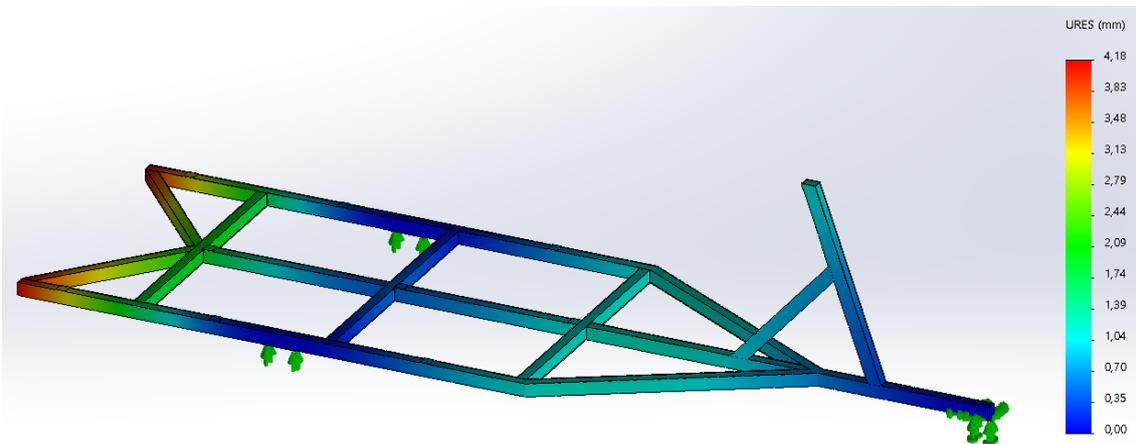


Figura 132: Desplazamientos escala real análisis estático

Como era de esperar, los desplazamientos máximos que tienen un valor de 4.18 mm, están en la parte trasera del bastidor donde este queda menos reforzado, en voladizo, y existen 2 apoyos de rodillos laterales de 59.8 kg cada uno.

## 6.2. ANÁLISIS DINÁMICO DEL BASTIDOR

Para el análisis dinámico del remolque, supondremos un vehículo tractor determinado para así poder tomar valores reales de aceleración y frenada. Se seleccionará un vehículo de gama media-alta para que las exigencias, tanto de aceleración como de frenada, no sean escasas.

El vehículo seleccionado ha sido el BMW 320d en la versión berlina fabricada entre el año 2015 y el año 2018.



Figura 133: Foto BMW 320d

De las pruebas dinámicas realizadas a este vehículo por una revista técnica especializada en el sector automoción obtenemos los siguientes datos:

- El vehículo acelera de 0 km/h a 100 km/h en 7.3 s
- El vehículo frena de 100 km/h a 0 km/h en una distancia de 50 m

Con estos datos, mediante las fórmulas del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, podemos calcular las aceleraciones máximas en el momento de aceleración y frenada del vehículo, que nos servirán para los cálculos y simulaciones posteriormente.

FORMULAS MRUA (Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado)	
$a = \frac{vf - vi}{t}$	<p>Donde:</p> <p><math>a</math>= Aceleración (m/s<sup>2</sup>)</p> <p><math>vf</math>= Velocidad final (m/s)</p> <p><math>vi</math>= Velocidad inicial (m/s)</p> <p><math>t</math>= Tiempo (s)</p> <p><math>x</math>= Distancia (m)</p>
$t = \frac{vf - vi}{a}$	
$x = \left(\frac{vf + vi}{2}\right) * t$	
$vf = vi + (a * t)$	
$x = (vi * t) + \frac{1}{2}at^2$	
$2ax = vf^2 - vi^2$	

Acelerando:  $a = 3.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$

Frenando:  $a = -7.72 \text{ (m/s}^2\text{)}$

Tabla 7: Fórmulas MRUA

### 6.2.1. Aceleración

Para el transporte de la embarcación con el remolque a diseñar, esta se sujetaría al remolque con el gancho del cabrestante y mediante dos cinchas de sujeción que agarrarían bien la embarcación repartiendo la fuerza entre los rodillos de soporte y evitarían también que la embarcación se elevara respecto al remolque en caso de tomar un resalto.



Figura 134: Esquema de sujeción de la embarcación

Aun así, para realizar unas simulaciones más conservadoras y seguras tanto en el caso de la aceleración máxima como en el de la frenada de emergencia, vamos a suponer que las cinchas no tuvieran tensión suficiente.

Así, en el caso de la aceleración, el cabrestante cargaría con toda la fuerza en el peor de los casos, transmitiéndola al bastidor mediante su unión con la torreta de proa.

Esta fuerza, se calculará multiplicando la carga máxima legal que podría transportar el remolque como ya se ha visto anteriormente (484.25 kg) por la aceleración máxima que puede alcanzar el vehículo tractor seleccionado para los cálculos (3.8 m/s<sup>2</sup>). El resultado que se obtiene es una fuerza con un valor de 1840.15 N tirando del cabrestante hacia atrás.

$$F = m \cdot a \quad \gg \quad F = 484.25 \text{ (kg)} \cdot 3.8 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 1840.15 \text{ (N)}$$

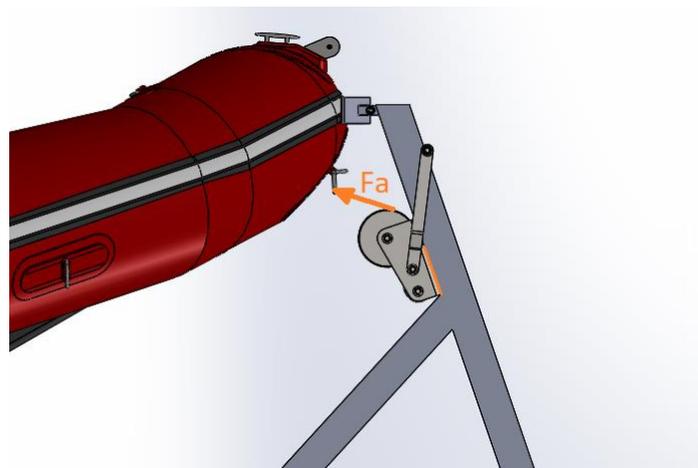


Figura 135: Esquema de fuerza en aceleración

Para simular esta situación con el programa SolidWorks, se definirán las sujeciones de igual forma que en el análisis estático: Rodillos/Control deslizante en las uniones del eje con el bastidor y Sujeción fija en el cabezal de enganche.

Además, se añadirá la gravedad en la dirección y sentido correctos y la fuerza que ejercerá la embarcación máxima a transportar al bastidor del remolque.

Las fuerzas y sujeciones aplicadas sobre el bastidor quedarían así:

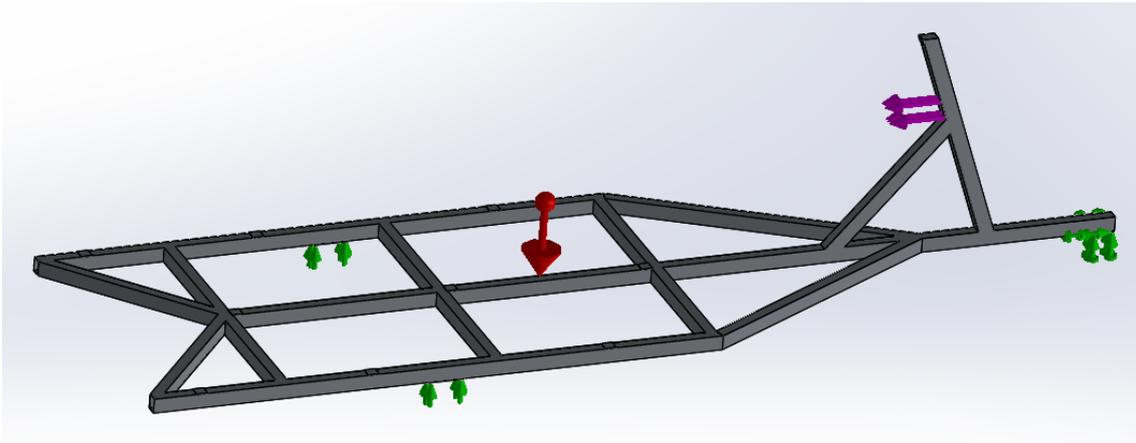


Figura 136: Fuerzas aplicadas para aceleración

Analizando las tensiones provocadas en el bastidor, se puede decir que el bastidor está totalmente fuera de peligro también en situación de aceleración máxima, ya que en ningún momento se sobrepasa el límite elástico del material:

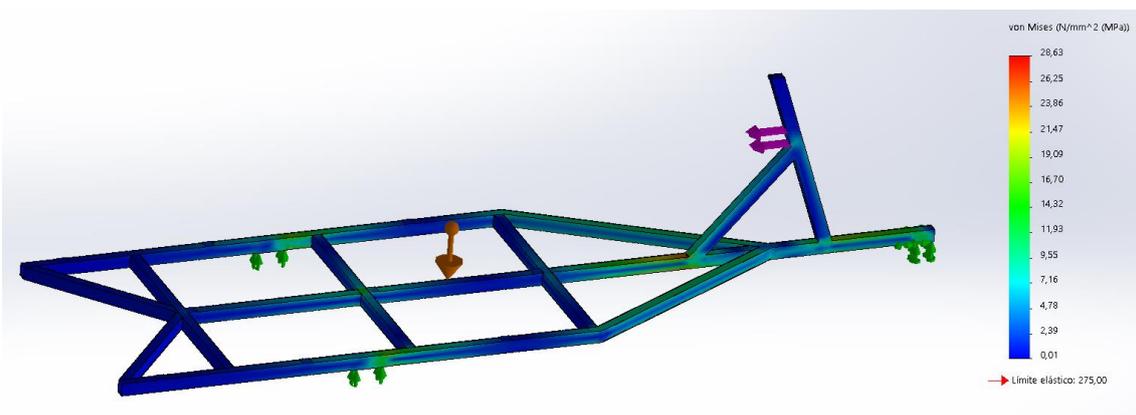


Figura 137: Tensiones en aceleración

En esta situación, al contrario que en el análisis estático, la máxima tensión no se tendrá en la zona trasera del bastidor, sino en las uniones de la torreta de proa con la base del bastidor. La tensión máxima que se tendrá será de 28.63 MPa, por lo que en situación de aceleración máxima, el coeficiente de seguridad del remolque tendrá un valor de 9.61, calculado de la misma forma que en el análisis estático.

Por otra parte, analizando los desplazamientos, se puede ver que estos son insignificantes, por lo que no se trataría de un aspecto crítico en este caso. A continuación se pueden observar los desplazamientos provocados en el bastidor del remolque de dos formas diferentes:

- Exagerando los desplazamientos gráficamente:

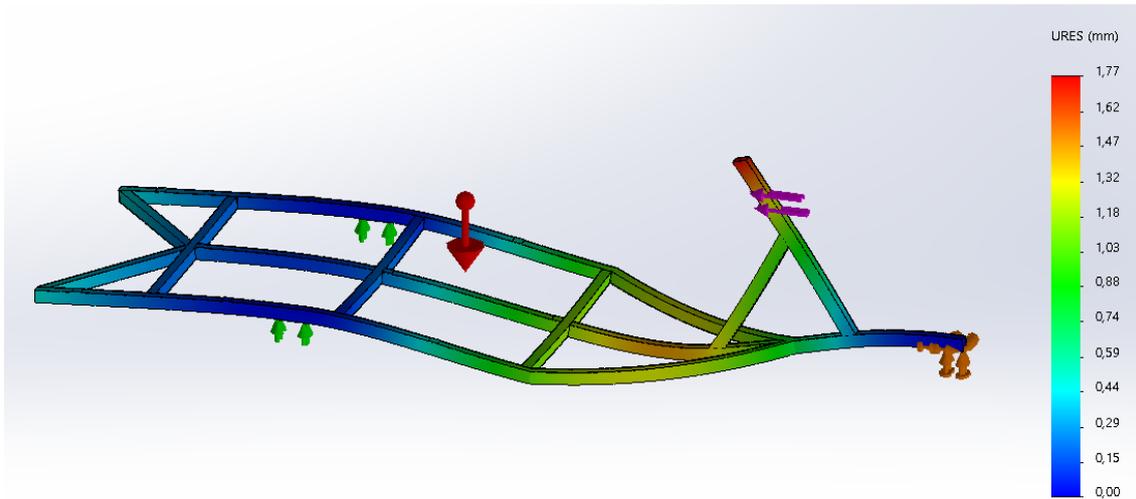


Figura 138: Desplazamientos exagerados aceleración

- Con los desplazamientos a escala real:

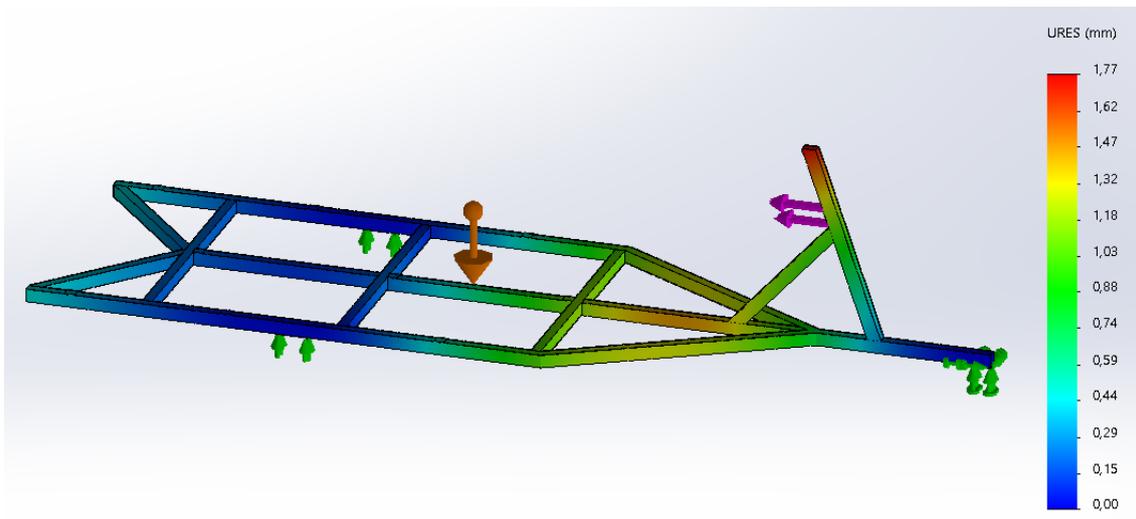


Figura 139: Desplazamientos escala real aceleración

En este caso, los desplazamientos máximos que tienen un valor de 1.77 mm, se dan en el extremo superior de la torreta de proa, cerca de donde se ubica el cabrestante que cargará con toda la fuerza en la aceleración. La otra zona con más desplazamiento sería la unión de la torreta con la base del bastidor por donde se transmitiría la fuerza a este. Como se ve en la imagen con los desplazamientos a escala real, a simple vista estos son inapreciables.

### 6.2.2. Frenada

En el caso de la frenada, igual que se ha hecho en el caso de la aceleración, se supondrá que se transporta una embarcación más pesada que la real, con la masa máxima que podrá transportar el remolque legalmente. Además, para hacer aún más conservadores los cálculos, esta tendrá las cinchas de sujeción con muy poca tensión, por lo que toda la fuerza que la embarcación

ejercherà sobre el remolque lo hará apoyándose en el tope de proa situado al extremo de la torreta de proa.



Figura 140: Esquema de fuerza de frenada

La fuerza que ejercerá la embarcación a transportar sobre el remolque, en el caso de una frenada de emergencia, se calculará multiplicando su masa máxima (484.25 kg) por la aceleración que provocará en sentido negativo la frenada de emergencia como se ha calculado anteriormente (7.72 m/s<sup>2</sup>). El resultado de esta fuerza tendrá un valor de 3738.41 N, mucho mayor que en el caso de la aceleración.

$$F = m \cdot a \quad \gg \quad F = 484.25 \text{ (kg)} \cdot 7.72 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 3738.41 \text{ (N)}$$

Para simular este caso en SolidWorks se hará de la misma forma que en el caso de la aceleración con la única diferencia de que ahora la fuerza ejercida sobre el remolque por la embarcación se encontrará concentrada en el tope de proa en vez de en el cabrestante, y en sentido opuesto. Por lo tanto, las fuerzas y sujeciones aplicadas en este caso quedarían de la siguiente forma:

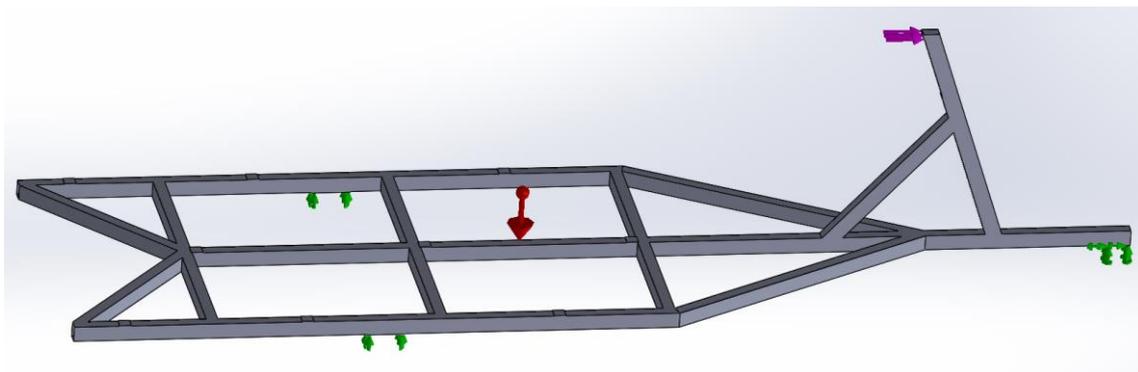


Figura 141: Fuerzas aplicadas para frenada

Analizando las tensiones provocadas en el bastidor, se puede decir que el bastidor está totalmente fuera de peligro también en situación de frenada de emergencia, ya que en ningún momento se sobrepasa el límite elástico del material:

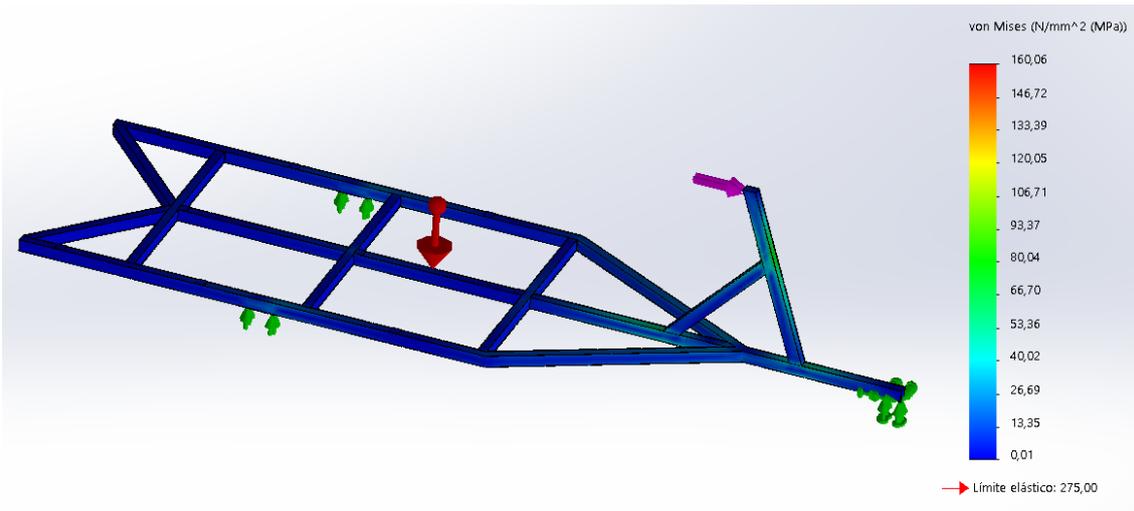


Figura 142: Tensiones en frenada

En esta situación, la máxima tensión será mayor que en las situaciones anteriormente analizadas, y se encontrará en la unión de los dos tubos que conforman la torreta de proa.

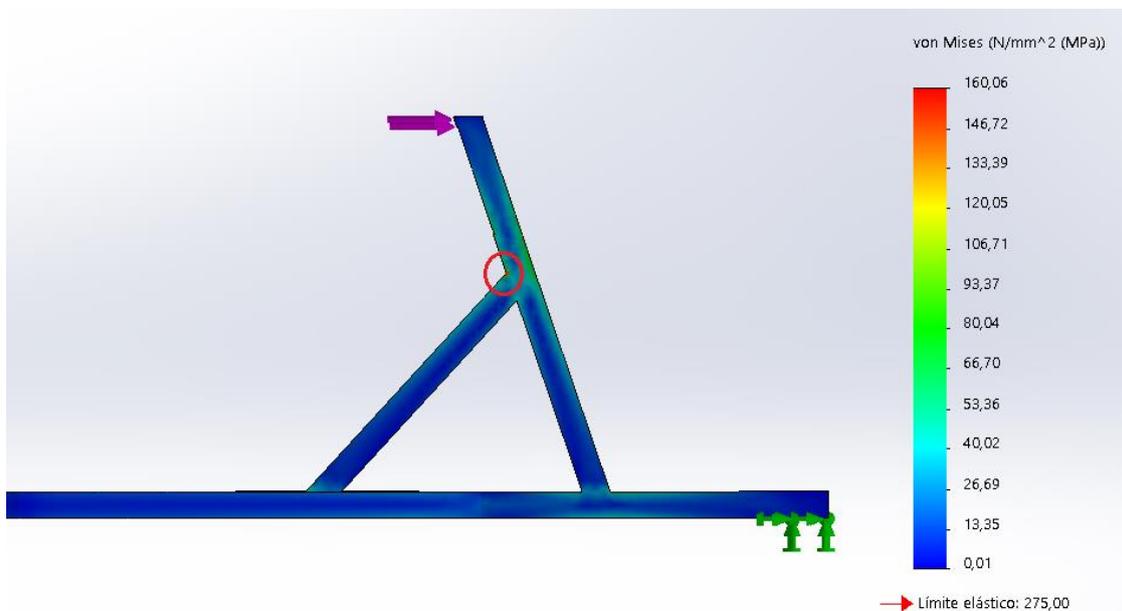


Figura 143: Situación de tensión máxima en frenada

Esta tensión tendrá un valor de 160.06 MPa, por lo que en situación de frenada de emergencia, el coeficiente de seguridad del remolque tendrá un valor de 1.72, calculado de la misma forma que en los casos anteriores.

Por otra parte, analizando los desplazamientos, se puede ver que estos son también pequeños aunque mayores que en los casos estudiados anteriormente. A continuación se pueden observar los desplazamientos provocados en el bastidor del remolque de dos formas diferentes:

- Exagerando los desplazamientos gráficamente:

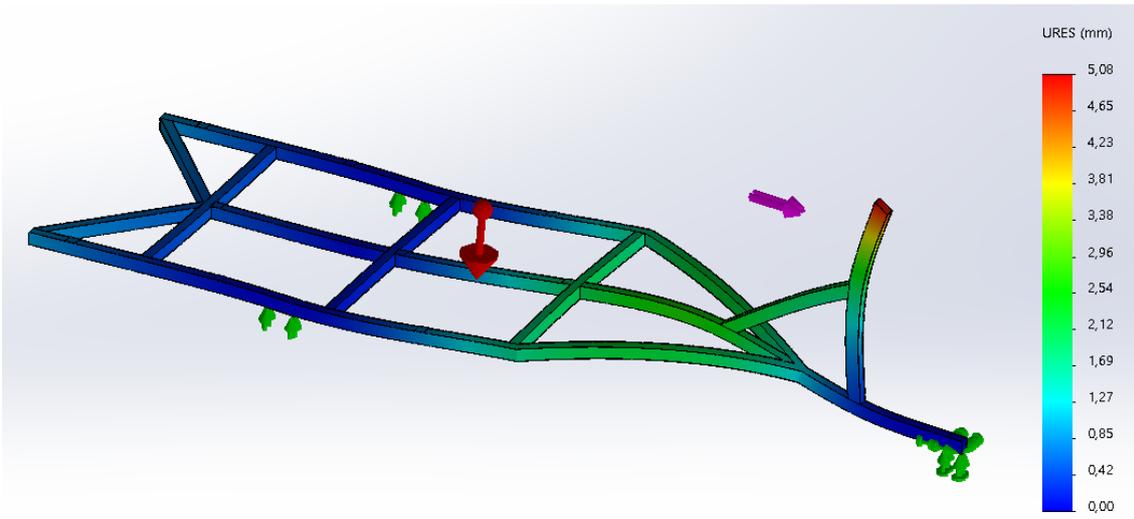


Figura 144: Desplazamientos exagerados frenada

- Con los desplazamientos a escala real:

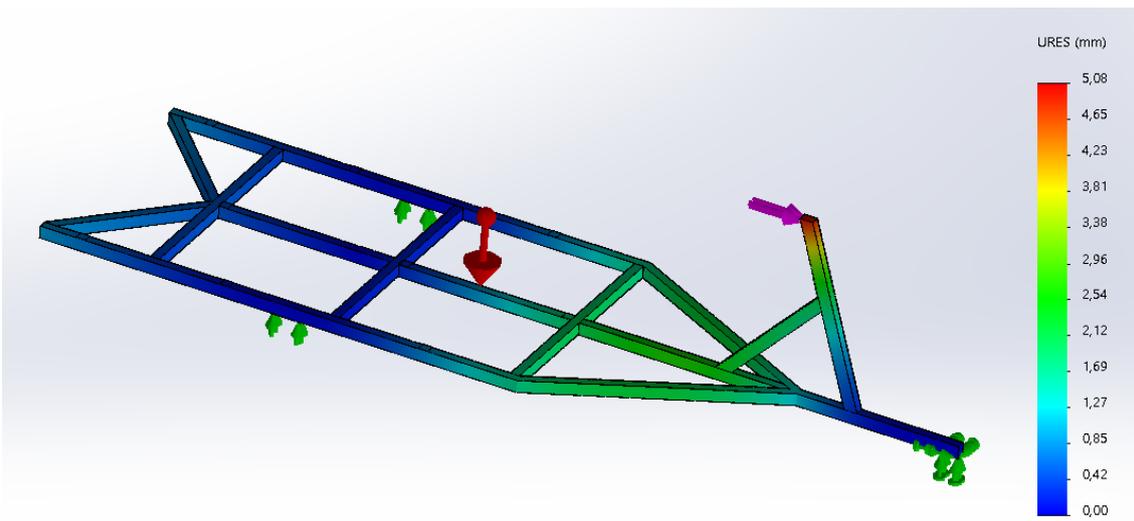


Figura 145: Desplazamientos escala real frenada

En esta situación de frenada de emergencia, los desplazamientos máximos que tienen un valor de 5.08 mm, están en el extremo superior de la torreta de proa igual que en el caso de la aceleración pero en sentido opuesto. Esto es debido a que la fuerza en este caso es mayor, de sentido opuesto y se concentra en el extremo superior de la torreta de proa. La otra zona con más desplazamiento sería la unión de la torreta con la base del bastidor por donde se transmitiría la fuerza a este. Estos desplazamientos, aunque mayores que en los casos anteriores, continúan siendo muy pequeños y casi inapreciables a escala real.

### 6.2.3. Realto

Por último, se calcularán y simularán las fuerzas ejercidas sobre el bastidor del remolque en caso de que este tomara un resalto por la carretera, debido por ejemplo a una piedra o un badén. Para esto, supondremos que el remolque se eleva 0.2 m del suelo al tomar el resalto y que cae

desde esa altura impactando contra el suelo. Además, para ser más conservadores en estos cálculos, supondremos que ni los neumáticos ni el sistema de suspensión elástica del eje del remolque absorben nada de energía de este impacto.

Para calcular la fuerza que se ejercerá sobre el remolque al caer al suelo después de elevarse 0.2 m debido al resalto en la carretera, se utilizarán las siguientes expresiones de cantidad de movimiento:

$$\bar{F} = m \cdot \bar{a}; \quad \bar{a} = \frac{\bar{v}_f - \bar{v}_0}{\Delta t}$$

$$\bar{F} = m \cdot \left( \frac{\bar{v}_f - \bar{v}_0}{\Delta t} \right)$$

Donde:

F = fuerza (N)

$\Delta t$  = variación de tiempo (s)

V = velocidad (m/s)

a = aceleración (m/s<sup>2</sup>)

m = masa (kg)

De aquí se conocerá la aceleración (aceleración de la gravedad = 9.8 m/s<sup>2</sup>), la masa (masa máxima legal del remolque y su carga, su MMA = 750 kg), y se supondrá un tiempo de impacto de 0.3 s. Faltará conocer la velocidad con que el remolque llega al suelo al caer, que se calculará con la siguiente ecuación del MRUA:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta x$$

Esta ecuación permite relacionar el espacio recorrido conociendo la aceleración y puede ser deducida de las ecuaciones más conocidas del MRUA tal como puede verse a continuación:

$$\begin{cases} v = v_0 + a \cdot t \\ x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t = \frac{v-v_0}{a} \\ \Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \Rightarrow \Delta x = v_0 \left( \frac{v-v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left( \frac{v-v_0}{a} \right)^2 \end{cases}$$

$$2 \cdot a \cdot \Delta x = v^2 - v_0^2$$

Así, ya se puede obtener, que cayendo desde una altura de 0.2 m, contando con que el remolque va cargado hasta su máximo legal (750 kg de masa total) y suponiendo un tiempo de impacto de 0.3 s, la velocidad con la que este llegaría de nuevo al suelo después de su elevación debida al resalto sería de 1.98 m/s, y la fuerza ejercida sobre el remolque sería de 4952.27 N. Esta fuerza se repartiría entre las dos uniones del eje con el bastidor, recayendo sobre cada unión una fuerza de 2476.14 N.

Para la simulación de este resalto con el programa SolidWorks, se asignará el peso que recae sobre cada rodillo de igual forma que se hizo en el análisis estático, se asignará como enganche fijo en la zona del cabezal de enganche para que el programa permita el cálculo como “análisis estático” y por último se aplicarán las fuerzas calculadas para la caída en las uniones del eje con el bastidor. Todas estas fuerzas aplicadas sobre el bastidor del remolque quedarían de la siguiente forma:

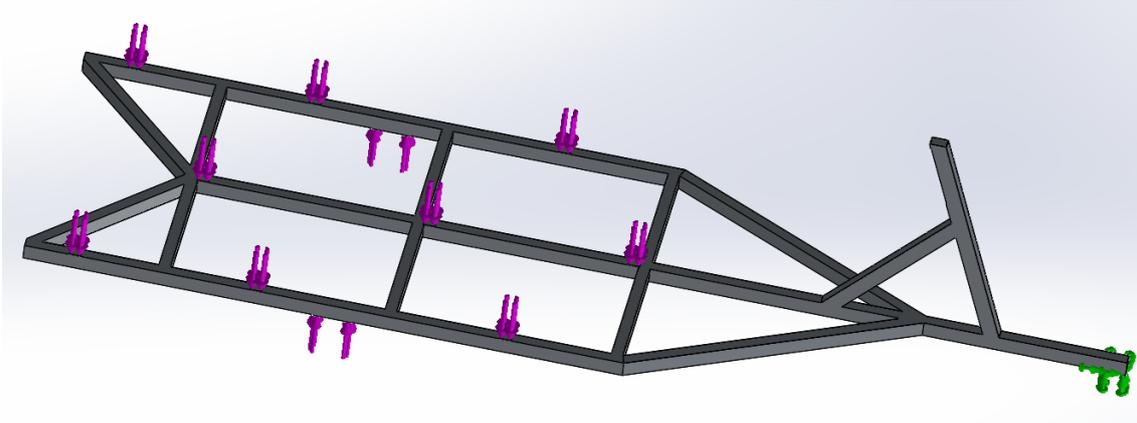


Figura 146: Fuerzas aplicadas para resalto

Analizando las tensiones provocadas en el bastidor debido a la caída provocada por el resalto, se puede decir que el bastidor está totalmente fuera de peligro también en esta situación, ya que en ningún momento se sobrepasa el límite elástico del material:

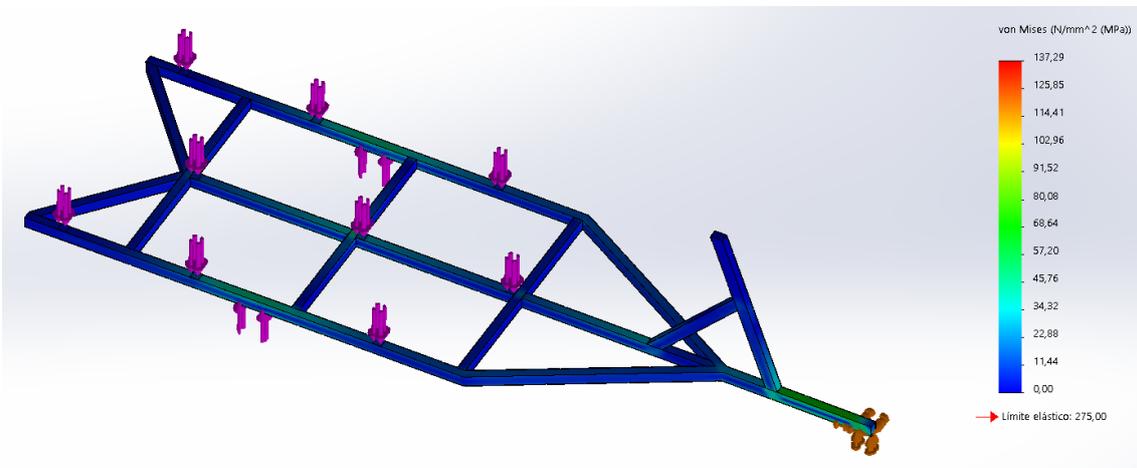


Figura 147: Tensiones en resalto

Se puede observar que las zonas con mayores tensiones están situadas en el cabezal de enganche debido a que hemos asignado a este un enganche fijo, y en la zona de los apoyos de eje, donde se transmitirá la fuerza del impacto al bastidor del remolque. La tensión máxima provocada es de 137.29 MPa, por lo que en esta situación, el coeficiente de seguridad tendría un valor de 2, calculado de la misma forma que en los casos anteriores.

Por otra parte, analizando los desplazamientos provocados por la caída, se puede ver que estos ya son considerables en este caso, aunque no permanentes dado que al no sobrepasar el límite elástico del material, estos desplazamientos desaparecerían después del impacto. A continuación se pueden observar los desplazamientos provocados en el bastidor del remolque de dos formas diferentes:

- Exagerando los desplazamientos gráficamente:

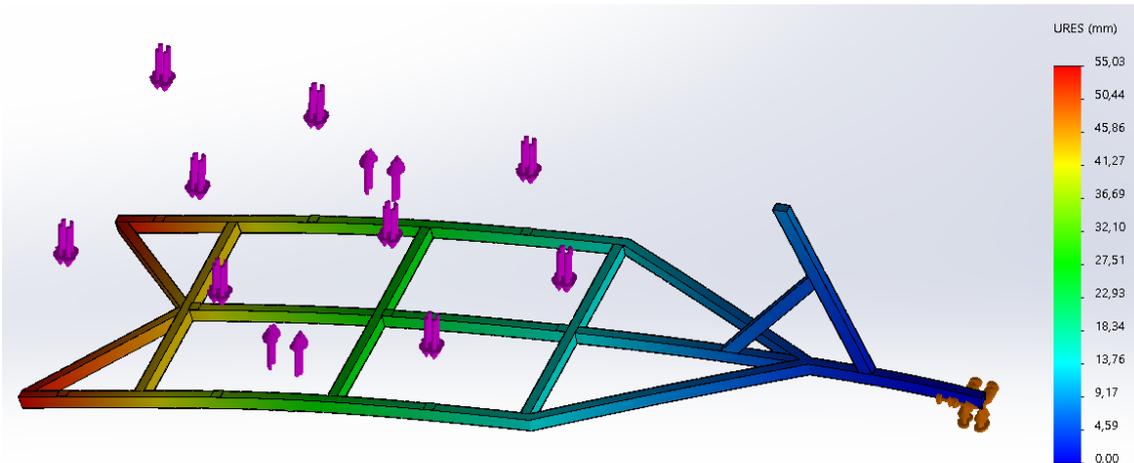


Figura 148: Desplazamientos exagerados resalto

- Con los desplazamientos a escala real:

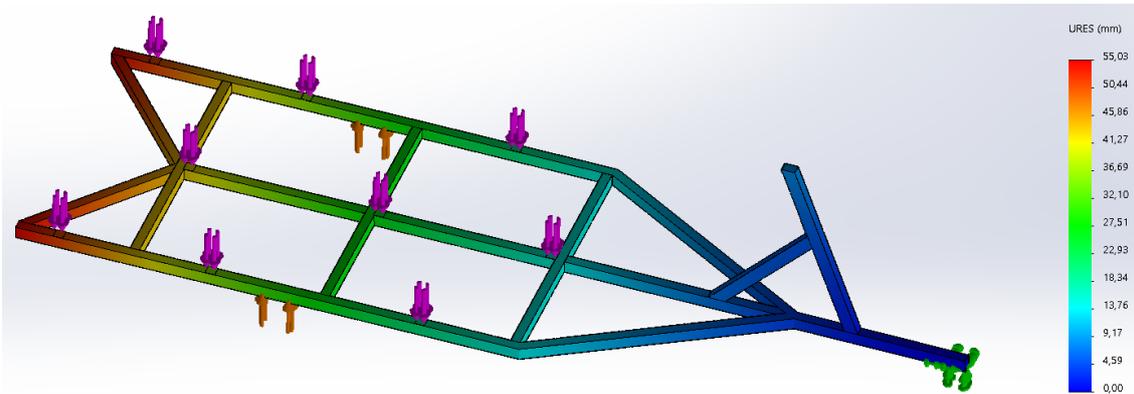


Figura 149: Desplazamientos escala real resalto

Los desplazamientos máximos tendrían un valor de 55.03 mm y se darían en la parte trasera del remolque ya que esta queda en voladizo y sobre ella existen 5 apoyos de rodillos.

### 6.3. ANÁLISIS DEL SOPORTE DE RODILLO DE QUILLA

Para finalizar este capítulo de cálculos y simulaciones, se realizará un análisis del soporte de rodillo de quilla, ya que este es de diseño propio al contrario que otros componentes, y se deberá asegurar un mínimo de resistencia.

Para este análisis de este componente con el programa SolidWorks, se asignará el material de la pieza (acero S275JR) y se supondrá que los rodillos de quilla cargan el mismo peso que en el estudio realizado en el análisis estático del bastidor (546.94 N cada uno). Además, se tomarán como orificios de soporte los que se utilizarían para este caso con la embarcación estudiada, es decir, los orificios 4º y 7º contando de arriba a abajo. Para simular esto, se pondrá como sujeción

de geometría fija los orificios donde se ubicarían los pernos de sujeción, y se repartirá la carga que afectaría a un rodillo de quilla sobre los dos orificios del perno pasante que actúa de eje del rodillo (273.47 N en cada orificio del eje).

Las fuerzas y sujeciones aplicadas quedarían como se indican en la imagen de la izquierda (*Figura 139*). La imagen de la derecha (*Figura 140*) representa las tensiones sufridas por el soporte del rodillo de quilla debidas a la carga efectuada.

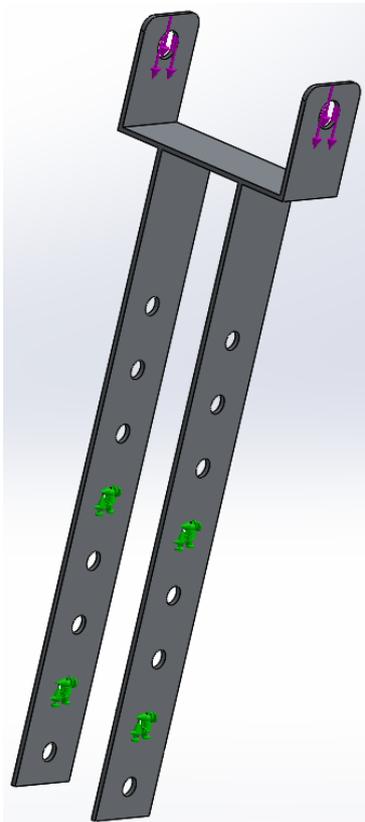


Figura 150: Fuerzas aplicadas S.Quilla

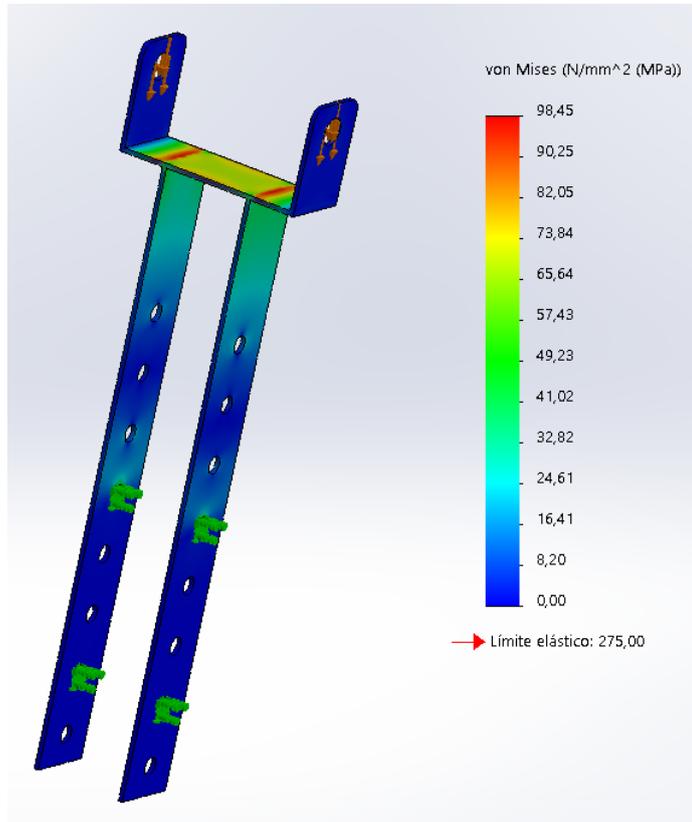


Figura 151: Tensiones S.Quilla

Como se puede observar en el análisis de tensiones, las zonas con mayor tensión son las uniones de la parte superior del soporte que tiene forma de U, con las partes alargadas que contienen los orificios para los pernos de sujeción. Esta tensión llega hasta un valor máximo de 98.45 MPa. Así, se puede observar que en ningún momento se sobrepasa el límite elástico del material (275 MPa), por lo que la pieza se puede considerar como segura. El coeficiente de seguridad que tendría esta pieza en este caso sería de 2.79.

Para finalizar, se realiza el análisis de desplazamientos, donde se puede ver que estos son insignificantes, no llegando ni si quiera a 1 mm en su valor máximo. Estos desplazamientos se pueden visualizar de dos formas: en la imagen de la izquierda (*Figura 141*) se pueden ver los desplazamientos provocados a escala aumentada y en la imagen de la derecha (*Figura 142*) se pueden ver los desplazamientos dados a escala real.

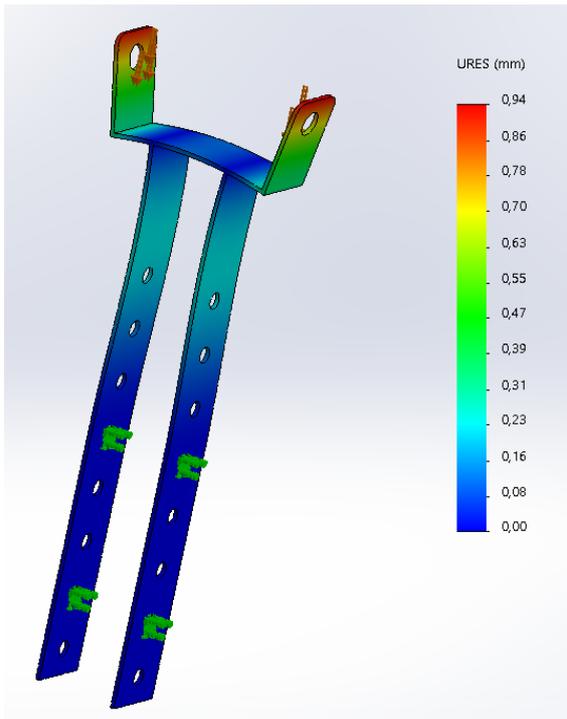


Figura 152: Desplazamientos aumentados S.Quilla

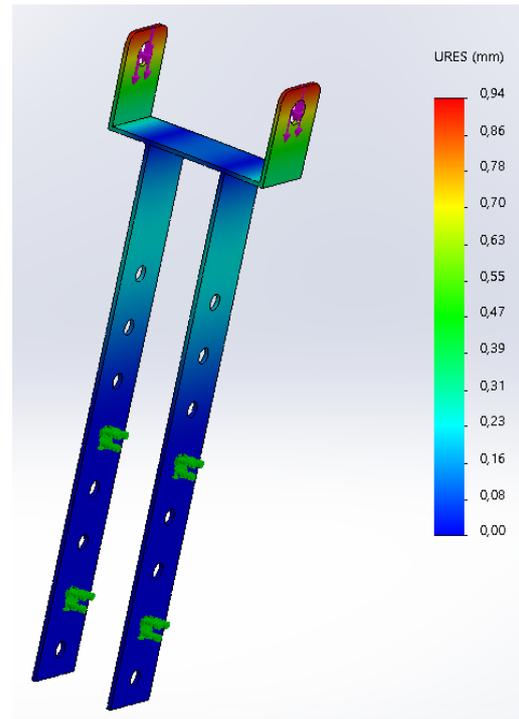


Figura 153: Desplazamientos escala real S.Quilla

Como se puede observar, los desplazamientos máximos se tienen en la parte superior del soporte del rodillo, donde debido al peso de la embarcación que recae sobre el soporte mediante el eje del rodillo, la parte del soporte en forma de U tiende a abrirse por arriba. Aun así, estos desplazamientos son insignificantes incluso en su valor máximo, que como ya se ha destacado su valor no llega a 1 mm. Además, dado que no se sobrepasa el límite elástico del material, estos desplazamientos desaparecerían al cesar el peso sobre el soporte.





# **7. POTECCIÓN CATÓDICA POR ÁNODOS DE SACRIFICIO (Propuesta de estudio)**

Como línea de investigación complementaria a este trabajo, se propone el estudio, cálculo y diseño de detalle de los ánodos de sacrificio adecuados para la protección frente a la corrosión del remolque diseñado, así como la cantidad de unidades a montar de este y su vida útil. Aunque esto es una propuesta de ampliación, a continuación se introduce el tema y se aproxima a un posible diseño. Este tema se propone debido a las características y exigencias de los ambientes en que trabajará el remolque diseñado.

La corrosión es el deterioro que sufre un material a causa de ataques electroquímicos (oxidación). La velocidad de la corrosión de un material dependerá de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el material (muy elevado en el caso del agua de mar y las atmósferas marinas) y de las propiedades del material en cuestión.



Figura 154: Remolque náutico completamente oxidado

En todo proceso de oxidación-reducción habrá un ánodo, que será el elemento que ceda electrones y donde se dará la oxidación, y un cátodo, que será el elemento que captará electrones y donde se dará la reducción. Estos dos electrodos en contacto a través de un conductor metálico y un electrolito (solución conductora), formaran una pila o celda de corrosión.

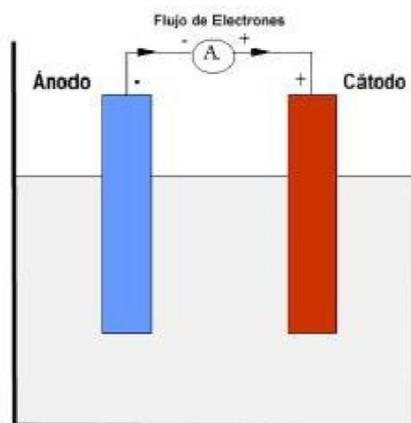


Figura 155: Esquema de la pila o celda de corrosión

Para combatir y prevenir la corrosión electroquímica, bastaría con la eliminación de alguno de estos componentes esenciales para llegar a detener el proceso. En la práctica, las dos formas más utilizadas para combatir y prevenir la corrosión son:

- AISLAMIENTO ELÉCTRICO DEL MATERIAL. Esto se suele lograr mediante el empleo de pinturas u otros recubrimientos como las resinas y otros materiales.
- CAMBIO DEL SENTIDO DE LA CELDA DE CORROSIÓN. Este será el principio básico del sistema de protección catódica.

## 7.1. PROTECCIÓN CATÓDICA

La protección catódica es un tipo de protección contra la corrosión electroquímica que se basa en cambiar el sentido de la celda de corrosión que se ha explicado anteriormente. En este tipo de protección, la corrosión se detiene cuando se hace fluir una corriente eléctrica de sentido contrario y magnitud suficiente para contrarrestar la corriente provocada por la celda electroquímica. Esta corriente puede obtenerse de un generador (corriente impresa) o de un ánodo de sacrificio (corriente galvánica), que formará una pila natural.

En el caso del remolque diseñado, la propuesta de protección más viable de entre estas sería la de los ánodos de sacrificio, ya que es más económica, más sencilla y no requerirá de una fuente externa de alimentación (baterías).

## 7.2. ÁNODOS DE SACRIFICIO

La protección catódica por ánodos de sacrificio consiste en crear otra pila o celda electroquímica en la que el metal a proteger (el acero del bastidor del remolque en este caso) actúe como cátodo. Para ello, se deberá de conectar eléctricamente este metal con otro que tenga menor potencial para que este funcione de ánodo en la pila y se sacrifique oxidándose (ánodo de sacrificio) para proteger el acero del bastidor del remolque.



*Figura 156: Ejemplos de ánodos de sacrificio en embarcación*

El material del ánodo de sacrificio, además de tener menor potencial que el material del bastidor del remolque, deberá ser también barato, ya que esta pieza se tendrá que reponer periódicamente para que cumpla su función adecuadamente y proteja el acero del remolque. Para la protección del acero, se suelen utilizar ánodos de magnesio, zinc, aluminio, aleaciones de estos materiales entre ellos y aleaciones de estos materiales con calcio.

En la siguiente lista, llamada serie electroquímica, se pueden ver diversos metales ordenados de menor a mayor potencial, es decir, de mayor a menor velocidad de oxidación:

<i>Activo o Anódico</i>	Magnesio
	Aleaciones de Magnesio
	Zinc
	Acero Galvanizado
	Aluminio 1100
	Aluminio 2024
	Acero
	Hierro Dulce (forjado)
	Hierro Colado (fundido)
	Acero Inoxidable 13% Cr, tipo 410 (Activo)
	Acero Inoxidable 18 – 8, tipo 304 (activo)
	Soldaduras Plomo - Estaño
	Plomo
	Estaño
	Metal Muntz
	Bronce al Manganeso
	Latón Naval
	Níquel (activo)
	Aleación 76 Ni – 16 Cr – 7 Fe (activo)
	Aleación 60 Ni – 30 Mo – 6 Fe (1Mn)
	Latón Amarillo
	Latón Admiralty
	Latón Rojo
	Cobre
	Bronce al Silicio
	Cuproníquel 70 – 30
	Bronce G.
	Soldadura de Plata
	Níquel (pasivo)
	Aleación 76 Ni – 16 Cr 7 Fe (pasiva)
	Acero Inoxidable 18 – 8. tipo 304 (pasivo)
Plata	
Grafito	
Oro	
<i>Noble o Catódico</i>	Platino

Tabla 8: Serie electroquímica

### 7.2.1. Características de los ánodos de sacrificio

Los ánodos de sacrificio deberán reunir una serie de propiedades o características para que sean útiles para su función:

- Tener un potencial suficientemente negativo para actuar de ánodo en la pila.
- No desarrollar capas de protección debido a la propia corrosión que hagan de este un elemento más catódico.
- Se deberá corroer de forma uniforme.
- Deberá ser de un material fácil de adquirir y obtener en diferentes formas.
- Deberá tener un precio económico, ya que será una pieza que se deberá de reponer periódicamente.

### 7.2.2. Materiales más utilizados como ánodos para acero

Los ánodos más utilizados para proteger acero son los ánodos de zinc, los ánodos de aluminio y los ánodos de magnesio.

- **ÁNODOS DE ZINC:** El zinc es el material más utilizado como material anódico en la actualidad, sobre todo en lo que se refiere a protección contra la corrosión por agua de mar (por ejemplo en cascos de grandes buques). El zinc a utilizar para la fabricación de los ánodos de sacrificio debe ser de gran pureza para evitar que las impurezas que pueda tener lo conviertan en inactivo.



Figura 157: Ánodos de zinc

- **ÁNODOS DE ALUMINIO:** El aluminio y sus aleaciones, a pesar de que tienen muy buenas características electroquímicas para la fabricación de ánodos de sacrificio, tienden a hacerse pasivos en muchos electrolitos debido a la formación de capas de óxido sobre su superficie. Es por esto que el uso de ánodos de este material es más limitado que los de zinc o magnesio.



Figura 158: Ánodo de aluminio

- **ÁNODOS DE MAGNESIO:** El magnesio presenta grandes inconvenientes como material para los ánodos de sacrificio en contacto con el agua del mar (como en este caso), por lo que no se utiliza ya casi aplicado a estos ambientes. Por un lado, su alto potencial limita el empleo de este material en medios muy conductores como sería el agua del mar. Por otro lado, tiene una gran tendencia a la auto-corrosión formando micro-pilas locales. Por esto, se podría descartar este material en el caso del remolque diseñado, ya que éste se consumiría muy rápidamente y habría que reponerlo muy frecuentemente.



Figura 159: Ánodo de magnesio

### 7.3. PROPUESTA DE DISEÑO

Como ya se ha dicho anteriormente, de entre los diferentes métodos de protección catódica, el más viable en este caso sería el de protección catódica por ánodos de sacrificio. Las razones de esto son que la otra alternativa, el método de corriente impresa, precisaría de una fuente de alimentación externa que supondría o bien añadir una batería al remolque, o que el remolque perdiera su protección contra la corrosión siempre que no estuviese conectado a un vehículo tractor que le suministrase la energía eléctrica necesaria (aunque haría más compleja la instalación eléctrica del remolque).

Dado que el tema de la protección catódica por sí mismo tiene la suficiente complejidad como para realizar un trabajo final de grado únicamente sobre esto, a falta de realizar un estudio más profundizado y los cálculos necesarios para determinar la geometría, dimensiones, cantidad y vida útil de los ánodos de sacrificio ideales para la protección del remolque, a continuación se expone una propuesta aproximada de diseño.

#### 7.3.1. Material

Como material a utilizar en los ánodos de sacrificio del remolque diseñado sería conveniente la utilización del zinc, siendo este el material más utilizado actualmente en lo que se refiere a protección catódica de acero en medios marinos.

Se optaría por descartar el aluminio, por su tendencia a hacerse pasivo formando capas de óxido superficiales, y se descartaría también el magnesio, principalmente porque como ya se ha explicado antes, su vida útil sería muy corta trabajando en el agua del mar dado la alta conductividad de esta.

#### 7.3.2. Geometría y dimensiones

Dado que, como se ha explicado, este capítulo es solo una propuesta de estudio y no se van a realizar los cálculos que determinen la geometría, dimensiones, número de unidades y vida útil de los ánodos de sacrificio a utilizar, se optará por buscar unos ánodos económicos, fáciles de encontrar en el mercado y que sean del material antes propuesto.

El ánodo seleccionado ha sido un modelo plano rectangular fabricado en zinc y con cuatro orificios para su unión con el bastidor del remolque.



*Figura 160: Ánodo seleccionado*

Este ánodo tiene unas dimensiones de 194x51x12 mm (largo x ancho x espesor) y una masa de 1.1 kg. Este modelo es utilizado para la protección de los motores fueraborda de la marca Mercury con potencia comprendida entre los 40 y los 75 CV, por lo que es muy fácil de encontrar en cualquier tienda de repuestos náuticos. Además, tiene un precio de 6.80 €, precio que no parece salirse de lo razonable.

Este modelo de ánodo incluye cuatro tornillos de acero inoxidable, métrica M8, y cabeza Phillips que nos servirán para su unión con el bastidor.



*Figura 161: Tornillos para el ánodo*

Para ello, se taladrará con una broca de 7 mm los orificios correspondientes donde se vayan a ubicar los ánodos y se roscará estos orificios con un macho de roscar de métrica M8 para posteriormente poder atornillar en estos el ánodo.

### **7.3.3. Cantidad y ubicación**

A falta del estudio en profundidad y del cálculo necesario para definir tanto el número de ánodos a montar como su ubicación, se decide incorporar cuatro unidades del ánodo seleccionado repartidas por el bastidor del remolque como se ve en el siguiente esquema.

De esta forma, los ánodos quedarán bien repartidos y sin interferir con la ubicación de otros componentes del remolque diseñado.

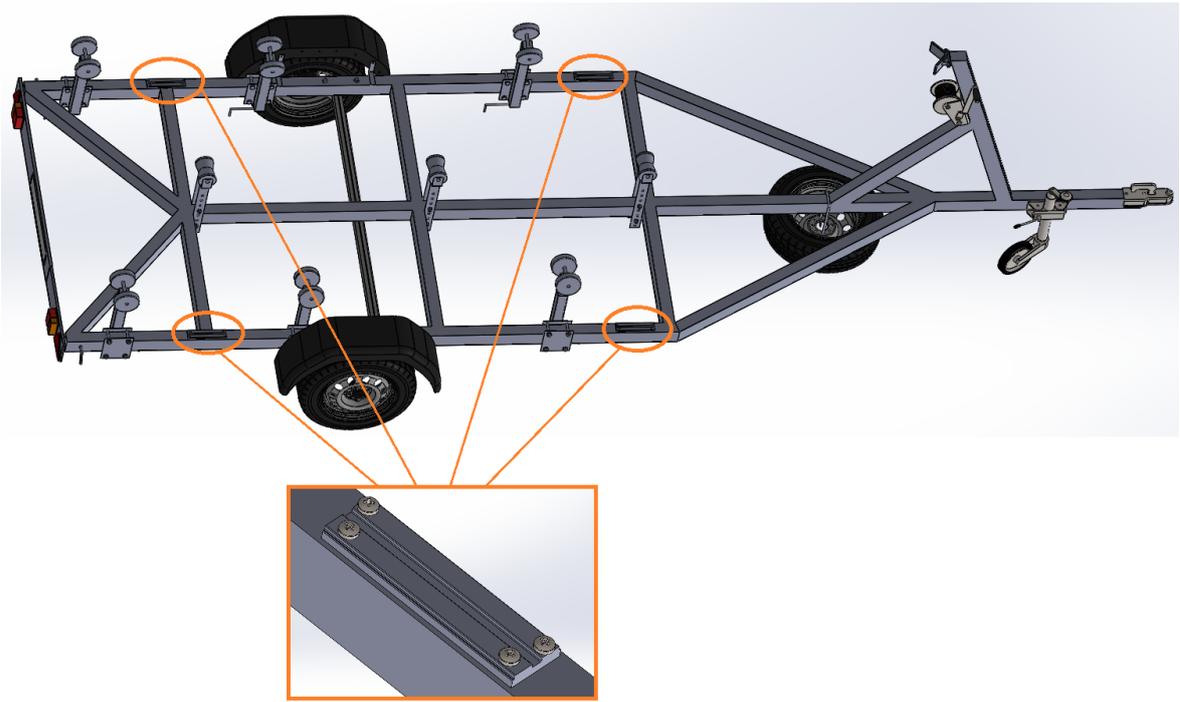


Figura 162: Detalle del montaje de los ánodos





## **8. PRESUPUESTO**

En este capítulo se presupuestará el material y los costes de fabricación subcontratada del prototipo de este remolque, es decir, de una sola unidad. Cabe destacar, que si el remolque finalmente se fabricara en serie, el precio tanto del material como de fabricación sería menor.

<b>PRESUPUESTO MATERIAL</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Unidades</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Perno con brida hexagonal DIN 6921 M8 l20	0.10 €	2	0.20 €
Perno con brida hexagonal DIN 6921 M12 l80	0.50 €	8	4.00 €
Perno con brida hexagonal DIN 6921 M12 l100	0.60 €	7	4.20 €
Perno con brida hexagonal DIN 6921 M16 l140	1.20 €	3	3.60 €
Tuerca autoblocante DIN EN ISO 7040 M8	0.10 €	2	0.20 €
Tuerca autoblocante DIN EN ISO 7040 M12	0.10 €	15	1.50 €
Tuerca autoblocante DIN EN ISO 7040 M16	0.10 €	3	0.30 €
Tuerca de mariposa DIN 315 M12	1.10 €	2	2.20 €
Arandela ISO 7093 M8	0.10 €	2	0.20 €
Arandela ISO 7093 M12	0.10 €	14	1.40 €
Arandela ISO 7093 M16	0.10 €	3	0.30 €
Tuerca con valona DIN 6923 M8	0.10 €	2	0.20 €
Tubo de acero S275JR 80x60x3 Barra de 6m (por Alsimet)	31.20 €	4	124.80 €
Cabezal de enganche	12.45 €	1	12.45 €
Cadena (enganche secundario)	13.80 €	1	13.80 €
Rueda jockey	12.61 €	1	12.61 €
Soporte de rueda jockey	2.98 €	1	2.98 €
Eje	169.00 €	1	169.00 €

Rueda completa	65.00 €	3	195.00 €
Reflectantes laterales (pack de 2 unidades)	2.00 €	1	2.00 €
Reflectantes delanteros	0.54 €	2	1.08 €
Porta-matrícula extensible	53.00 €	1	53.00 €
Tubo añadido al porta-matrícula	3.50 €	2	7.00 €
Palanca roscada	3.19 €	2	6.38 €
Guardabarros	15.97 €	2	31.94 €
Cabrestante	20.69 €	1	20.69 €
Rodillo de quilla	4.01 €	3	12.03 €
Rodillo lateral (pack de 2 unidades)	45.00 €	3	135.00 €
Soporte de rodillo quilla (terminado)	18.00 €	3	54.00 €
Tope de proa	6.05 €	1	6.05 €
Varilla roscada M12 para el soporte de la rueda de repuesto	2.91 €	1	2.91 €
Soportes guardabarros (conjunto completo)	10.00 €	1	10.00 €
Soporte tope de proa	4.00 €	1	5.00 €
<b>TOTAL:</b>			<b>896.02 €</b>

Tabla 9: Presupuesto material

<b>PRESUPUESTO PROCESOS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Unidades</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Galvanizado (por Galvanizados Olaizola)	180.00 €	1	180.00 €
Soldadura del bastidor completo (por Metálicas Ponce)	25.00 € (por hora)	3	75.00 €
Montaje	20.00 € (por hora)	3	60.00 €
<b>TOTAL:</b>			<b>315.00 €</b>

Tabla 10: Presupuesto procesos

<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	
<b>Descripción</b>	<b>SUBTOTAL</b>
MATERIAL	896.02 €
PROCESOS	315.00 €
<b>TOTAL:</b>	<b>1,211.02 €</b>

*Tabla 11: Presupuesto total*





## **9. CONCLUSIONES**

Durante la realización de este trabajo final de grado, se ha aprendido a diseñar un remolque para una aplicación concreta con todo lo que esto conlleva: se han investigado las exigencias que este tendrá dada su aplicación, se han estudiado posibles soluciones e innovaciones para su diseño, incluso se ha aprendido sobre la clasificación de este tipo de vehículos, su normativa y los procesos de homologación a los que se deben someter.

Se ha aprendido a saber priorizar cuál de las restricciones que afectan a un proyecto (presupuesto, tiempo y alcance) es prioritaria en cada caso.

Este trabajo final de grado, además de servir como “complemento” a lo que hasta ahora se había estudiado en el grado de ingeniería mecánica, también ha servido de repaso de muchos temas tratados a lo largo de los 4 cursos del grado: se ha adquirido agilidad en el diseño de piezas en SolidWorks y la posterior obtención de sus planos acotados, se ha practicado la búsqueda de información, se han aplicado conocimientos sobre materiales y física, etc.

Por último, cabe decir que este trabajo final de grado, ha implicado mucho más trabajo del que finalmente se ha reflejado sobre el papel, habiendo realizado muchas horas de reflexión, investigación y búsqueda, habiendo contactado con empresas especializadas tanto por email como por teléfono, habiendo realizado diseño de componentes que no eran válidos etc.





## **10. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Cascajosa, Manuel (2015): “*INGENIERIA DE VEHICULOS Sistemas y Cálculos*”, 4ª edición. Madrid (España), Editorial Tébar Flores.
- [2] “*Homologar Remolques ligeros tipo O1*”, Ingeniería Artdesign, disponible en: <http://www.homologar.com/spa/item/remolques-ligeros.html>
- [3] Humphries, Lewis R. (2017): “*Qué materiales se utilizan para construir un remolque utilitario*”, Leaf Group Media, disponible en: [https://www.ehowenespanol.com/ventanas-aluminio-vs-ventanas-galvanizadas-info\\_301276/](https://www.ehowenespanol.com/ventanas-aluminio-vs-ventanas-galvanizadas-info_301276/)
- [4] Ríos, Fernando (2015): “*BMW Serie 3 (2015)*”, Ruedas de Prensa, disponible en: <https://www.km77.com/coches/bmw/serie-3/2015/berlina/informacion>
- [5] Rosario Francia, Samuel (2004): “*Protección Catódica – Diseño de ánodos de sacrificio*”, Revista del Instituto de Investigación FIGMMG, Vol. 7, nº13. San Marcos (Perú), Universidad Nacional Mayor.
- [6] Carlos A. Giudice y Andrea M. Pereyra: “*Protección catódica con ánodos galvánicos*”, Revista de la Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires (Argentina), Universidad Tecnológica Nacional.
- [7] “*Los 5 tipos de remolques y de enganches*”, Revista Camping Arena Blanca. Benidorm (España), Camping Arena Blanca.
- [8] “*¿Kit de 7 polos o de 13 polos?*”, Ubeni – Enganches y remolques, disponible en: [http://www.urbeni.com/esquema\\_de\\_montaje\\_7\\_y\\_13\\_polo.aspx](http://www.urbeni.com/esquema_de_montaje_7_y_13_polo.aspx)



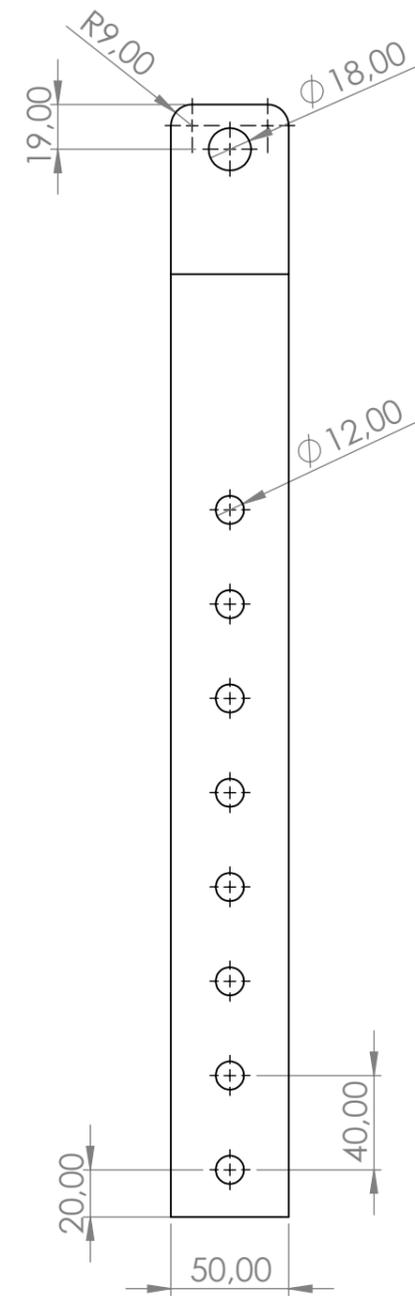
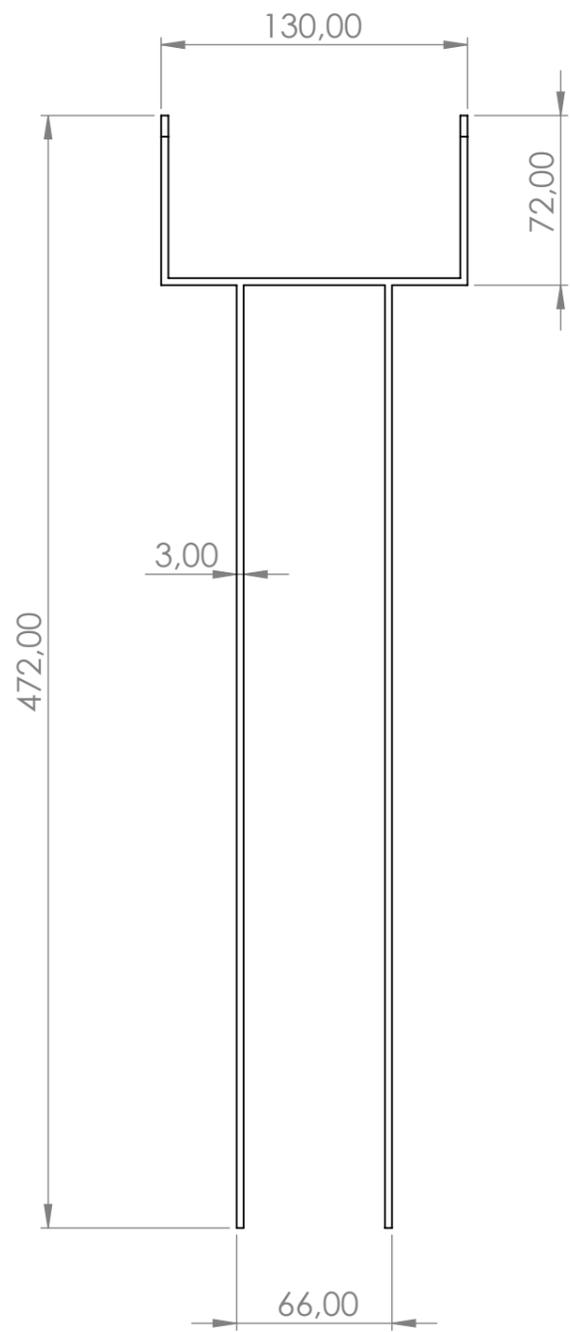


# **11. ANEXOS**

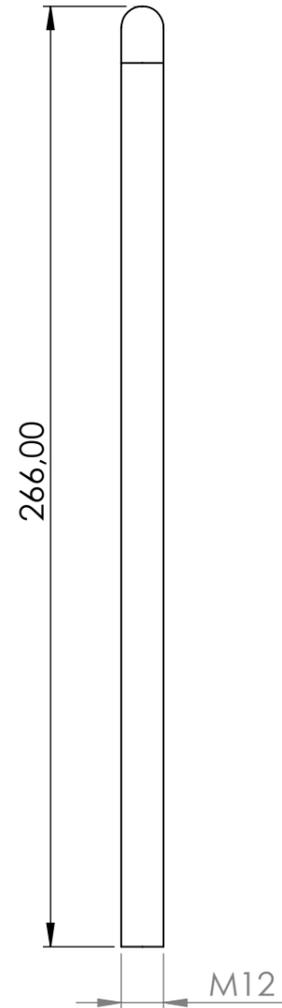
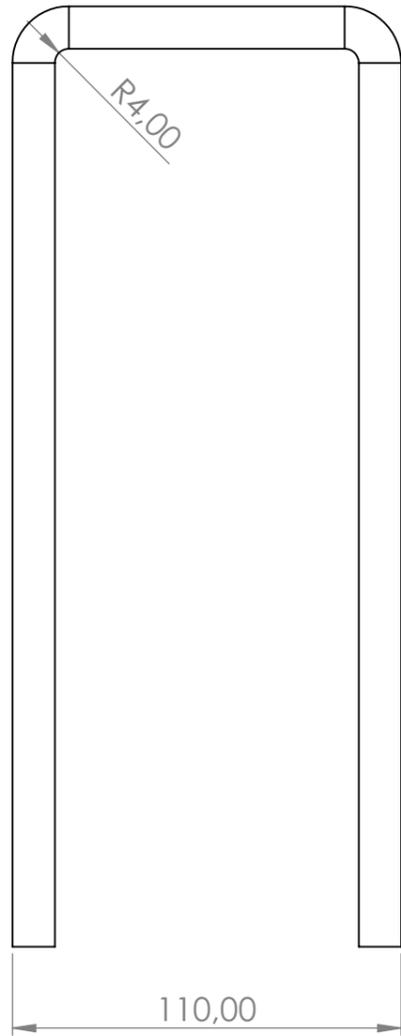


# I. PLANOS





 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI	<i>"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."</i>	
	<b>Designación:</b> Soporte de rodillo quilla	Plano nº <b>1</b>
<b>Dibujante:</b> Joan Forqués Puigcerver	<b>A3</b>	
<b>Material:</b> Acero S275JR		
<b>Tratamiento:</b> Galvanizado		
		Escala 1:3 



CAMPUS D'ALCOI

*"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."*

**Designación:**  
Soporte de rueda repuesto

Plano nº  
**2**

**Dibujante:** Joan Forqués Puigcerver

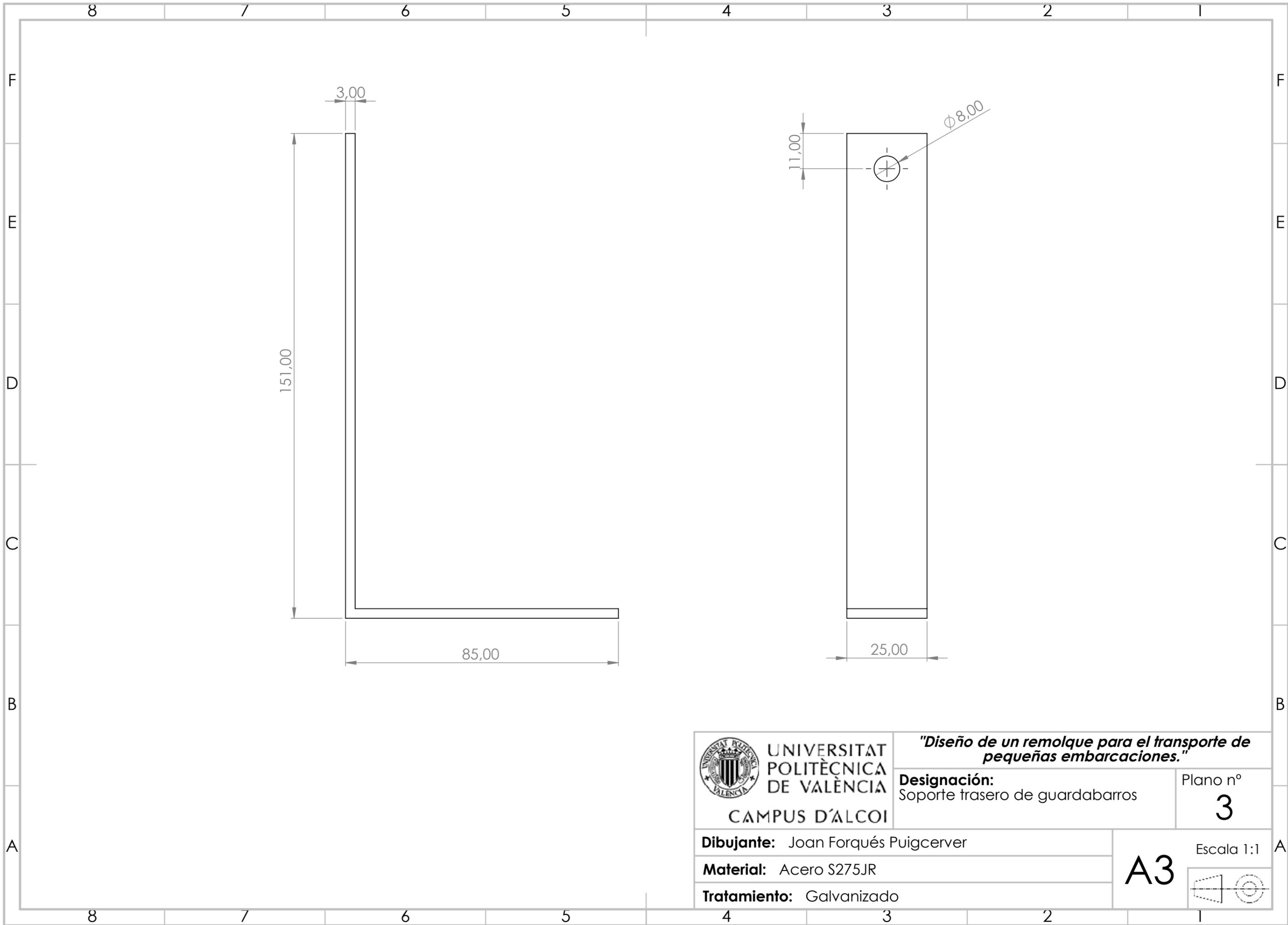
**Material:** Hierro

**Tratamiento:** Zincado

**A3**

Escala 1:2





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

*"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."*

**Designación:**  
Soporte trasero de guardabarros

Plano nº  
**3**

**Dibujante:** Joan Forqués Puigcerver

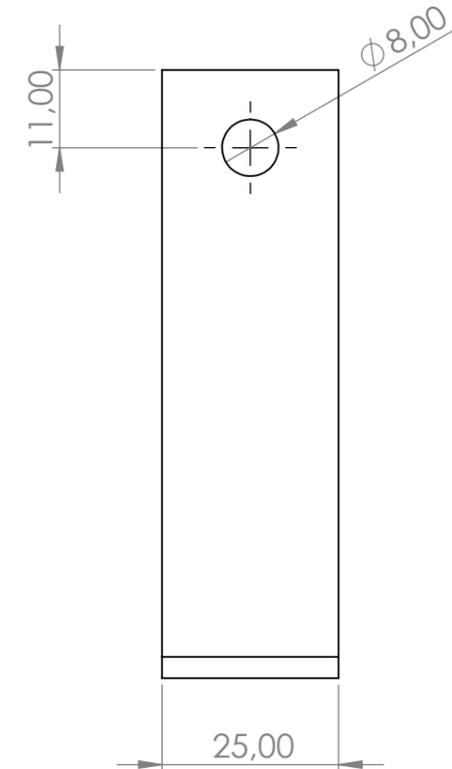
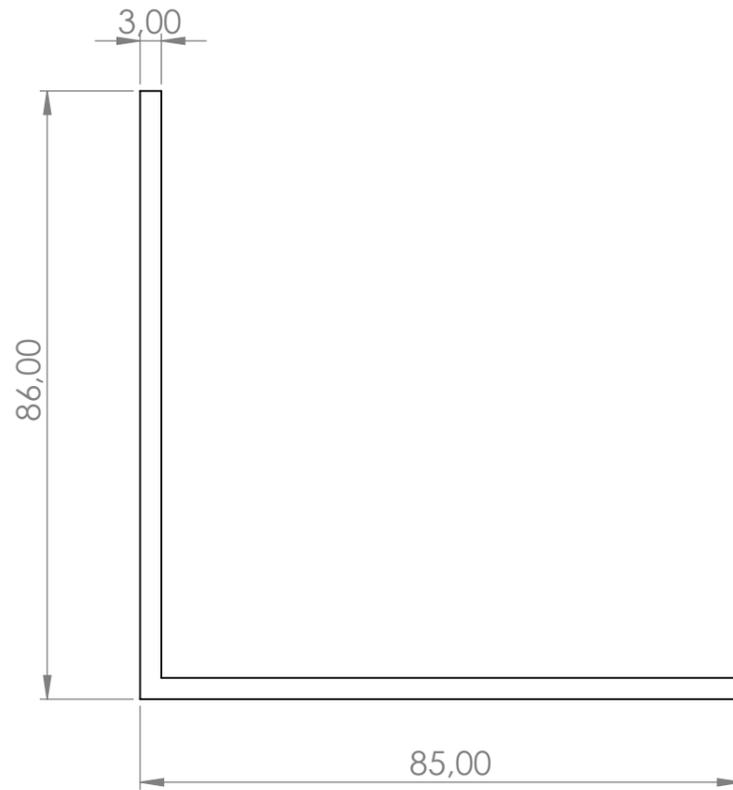
**Material:** Acero S275JR

**Tratamiento:** Galvanizado

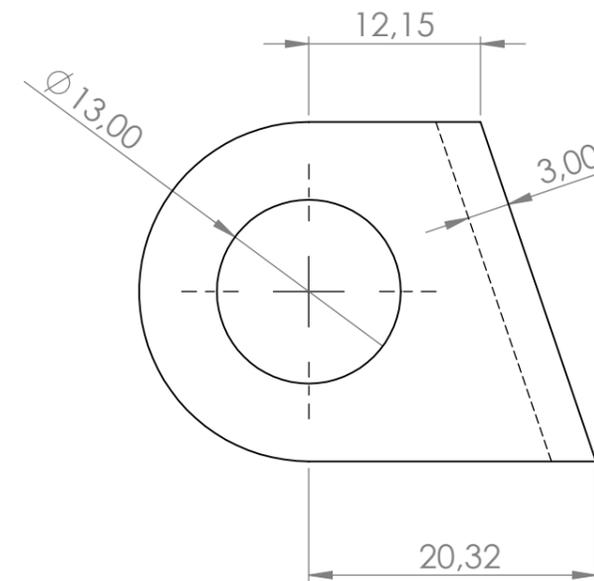
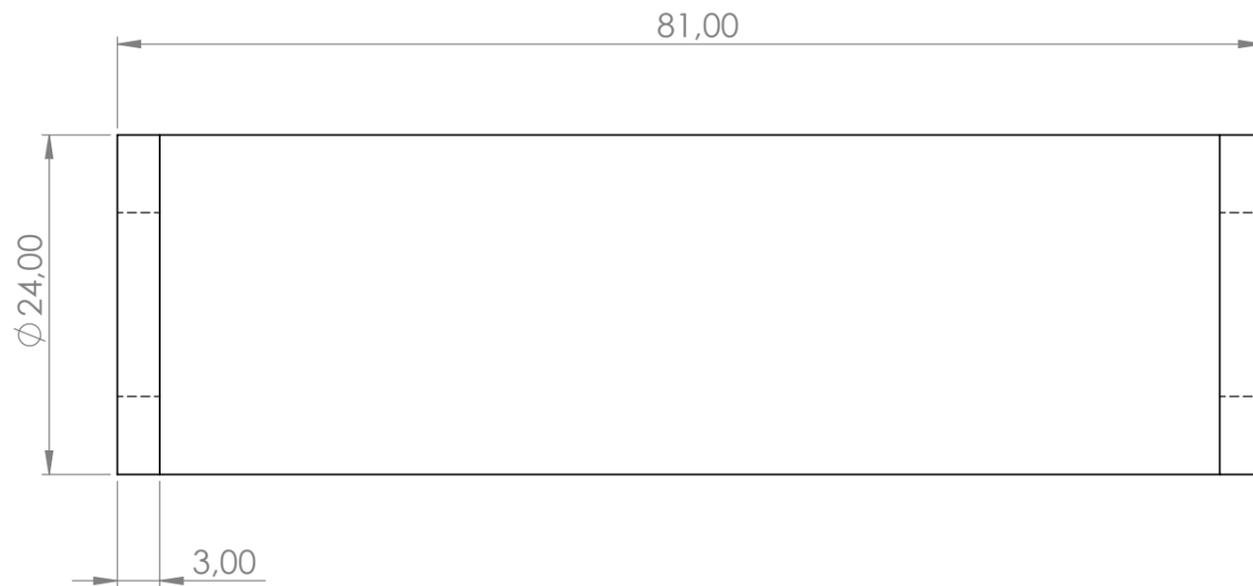
**A3**

Escala 1:1





 <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI</p>	<p><i>"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."</i></p>	
	<p><b>Designación:</b> Soporte delantero de guardabarros</p>	<p>Plano nº <b>4</b></p>
<p><b>Dibujante:</b> Joan Forqués Puigcerver</p>		<p><b>A3</b></p> 
<p><b>Material:</b> Acero S275JR</p>		
<p><b>Tratamiento:</b> Galvanizado</p>		



*"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."*

**Designación:**  
Soporte de tope proa

Plano nº  
**5**

**Dibujante:** Joan Forqués Puigcerver

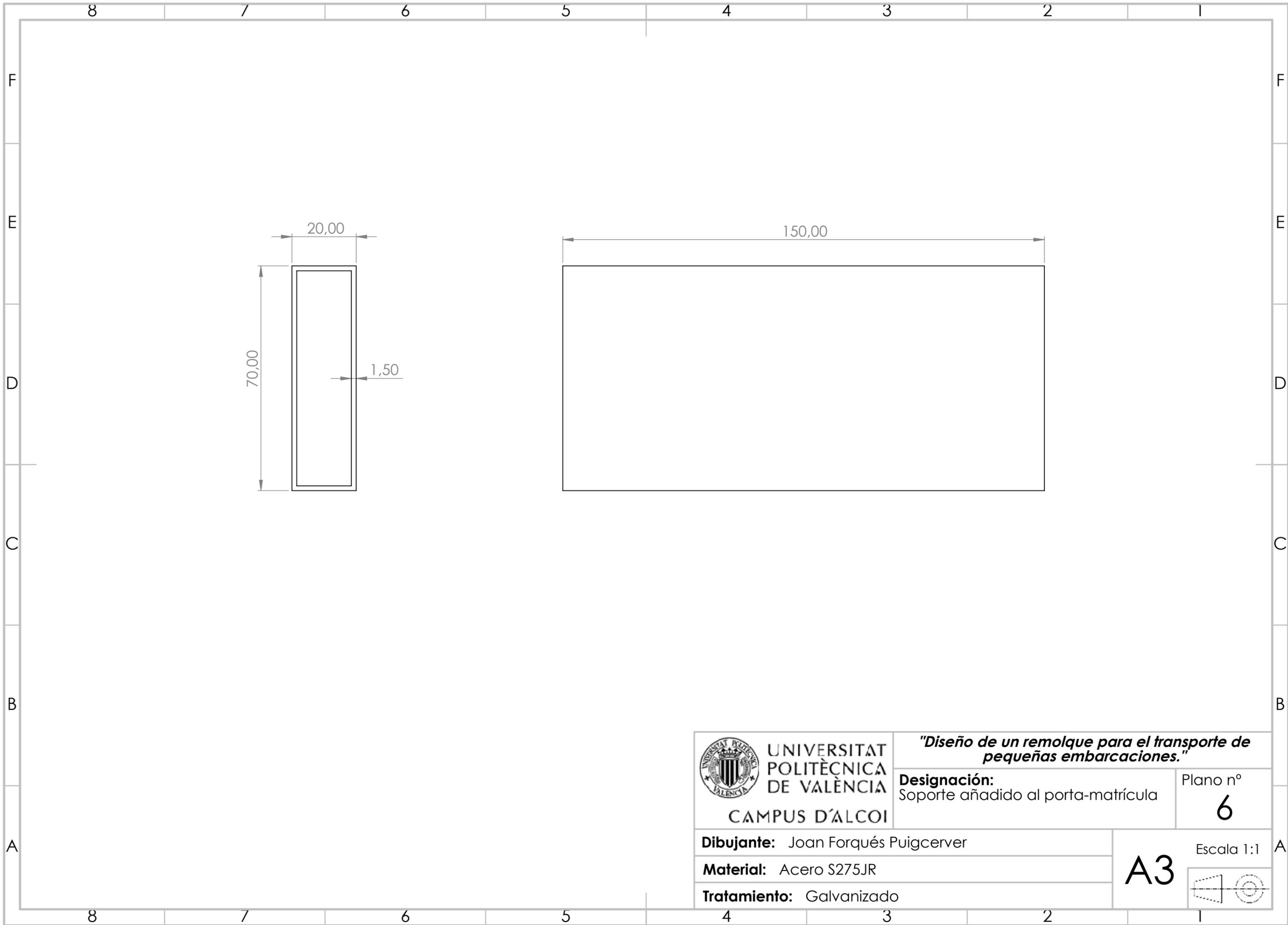
**Material:** Acero S275JR

**Tratamiento:** Galvanizado

**A3**

Escala 2:1





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

*"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."*

**Designación:**  
Soporte añadido al porta-matrícula

Plano nº  
**6**

**Dibujante:** Joan Forqués Puigcerver

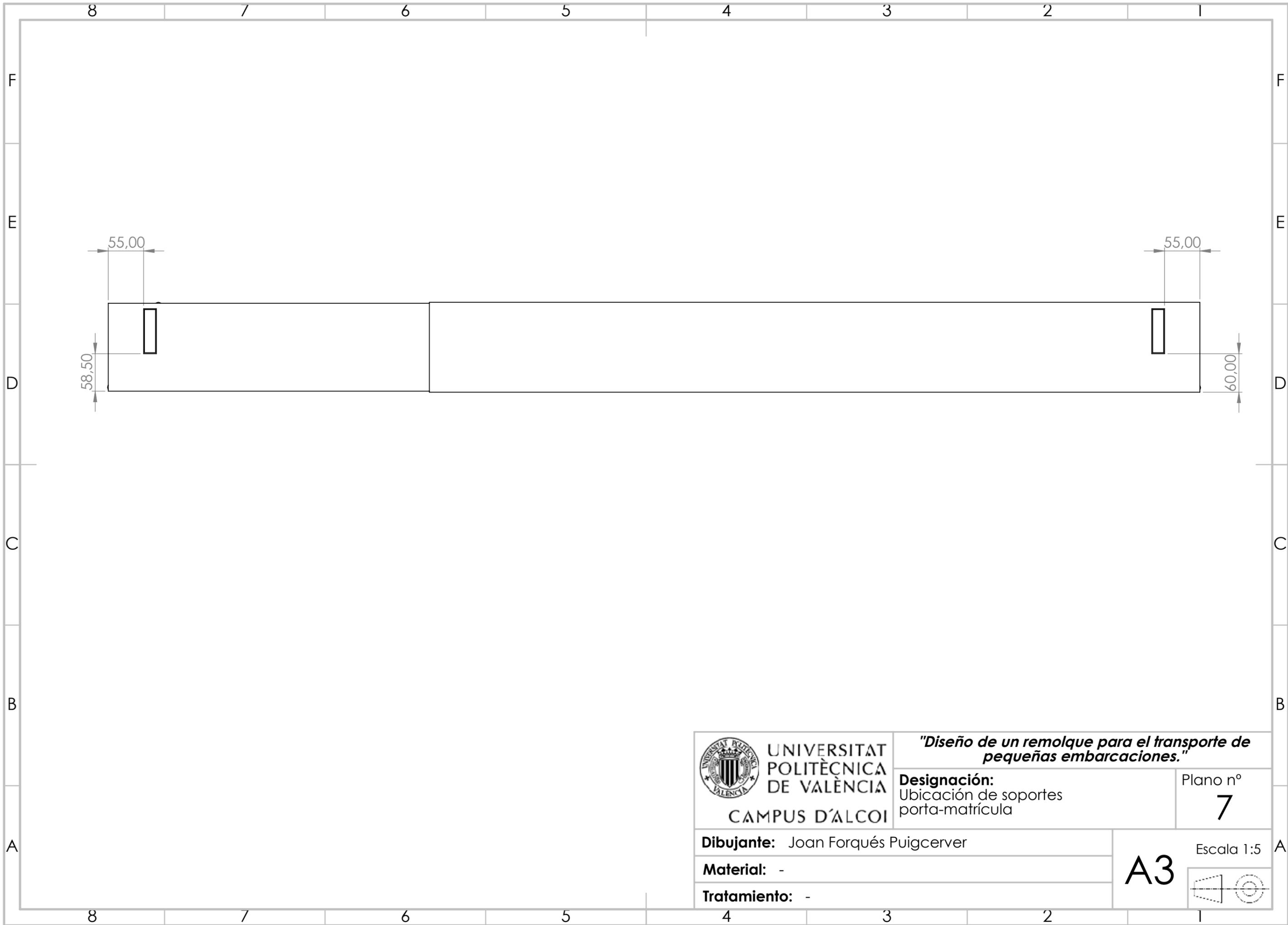
**Material:** Acero S275JR

**Tratamiento:** Galvanizado

**A3**

Escala 1:1





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

*"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."*

**Designación:**  
Ubicación de soportes  
porta-matrícula

Plano nº  
**7**

**Dibujante:** Joan Forqués Puigcerver

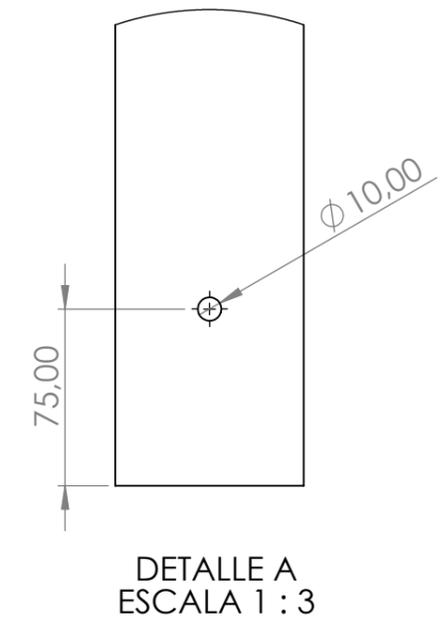
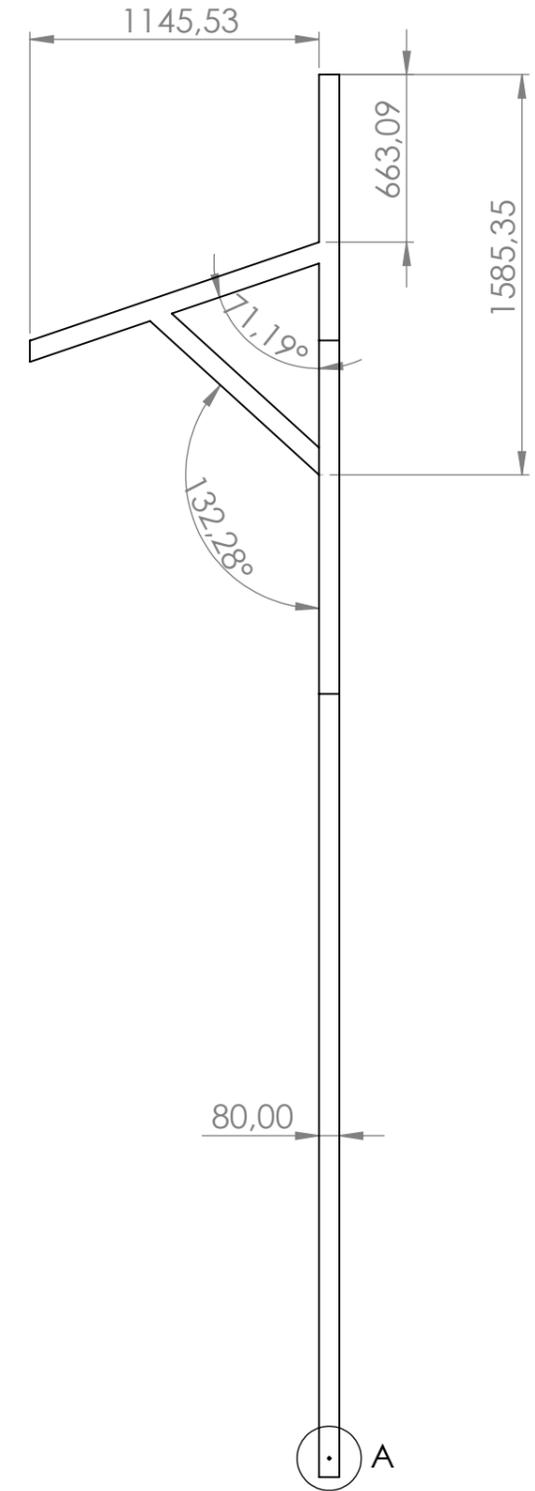
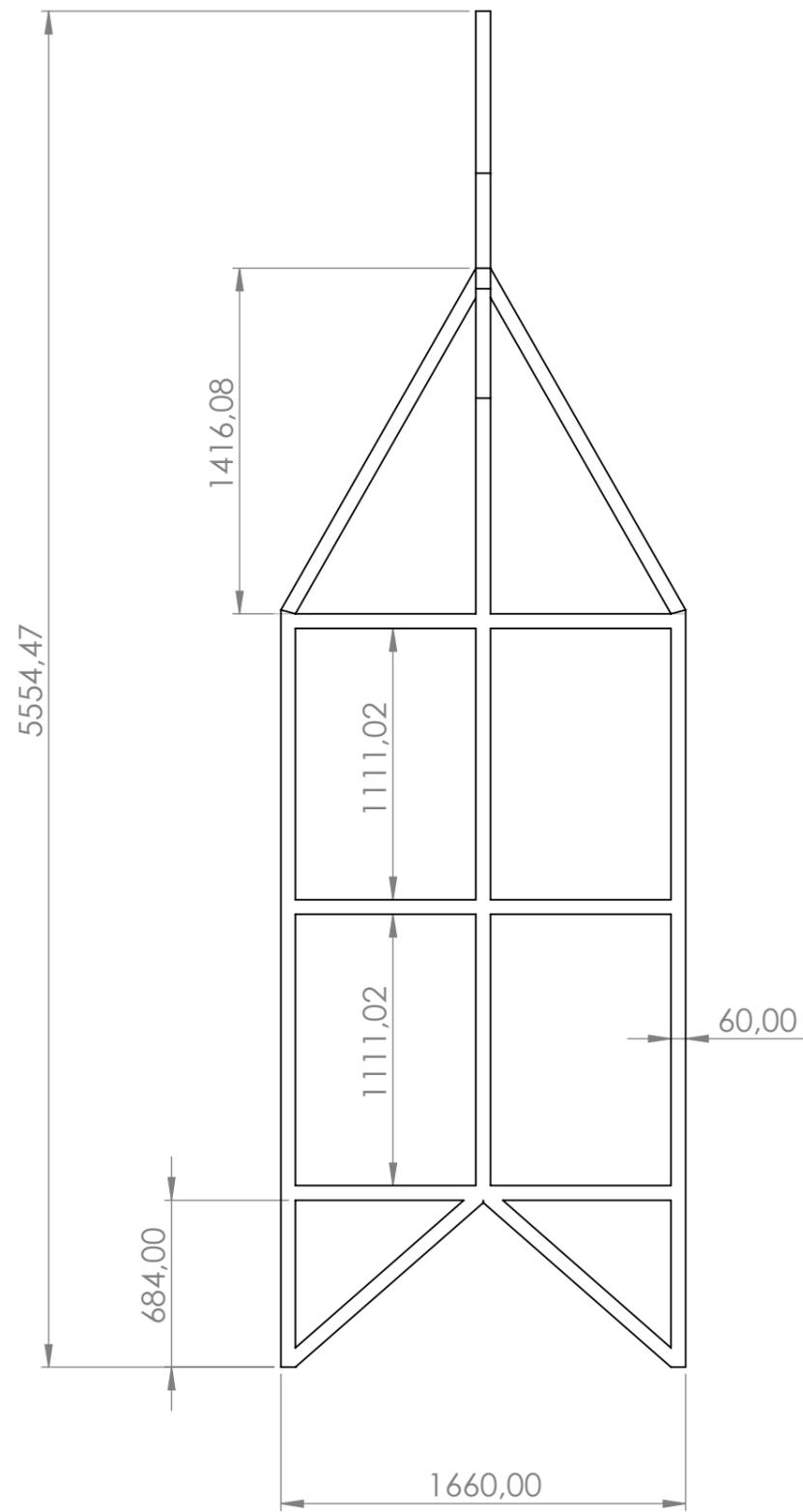
**Material:** -

**Tratamiento:** -

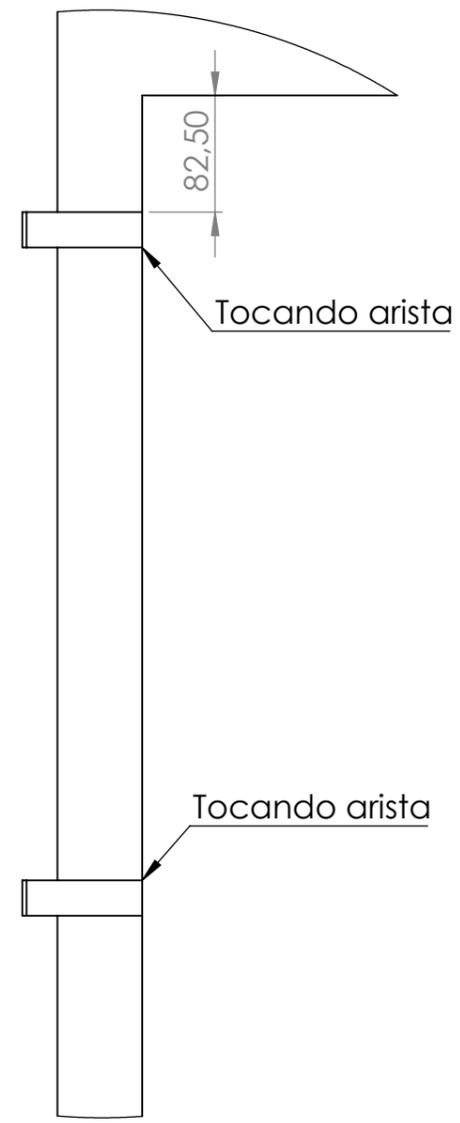
**A3**

Escala 1:5

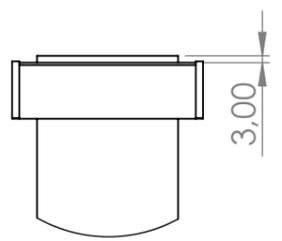




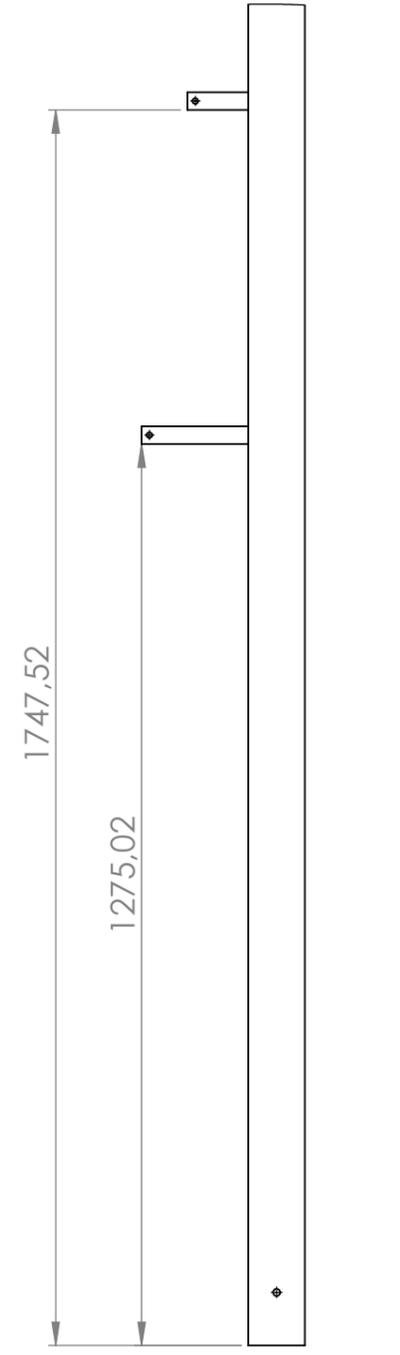
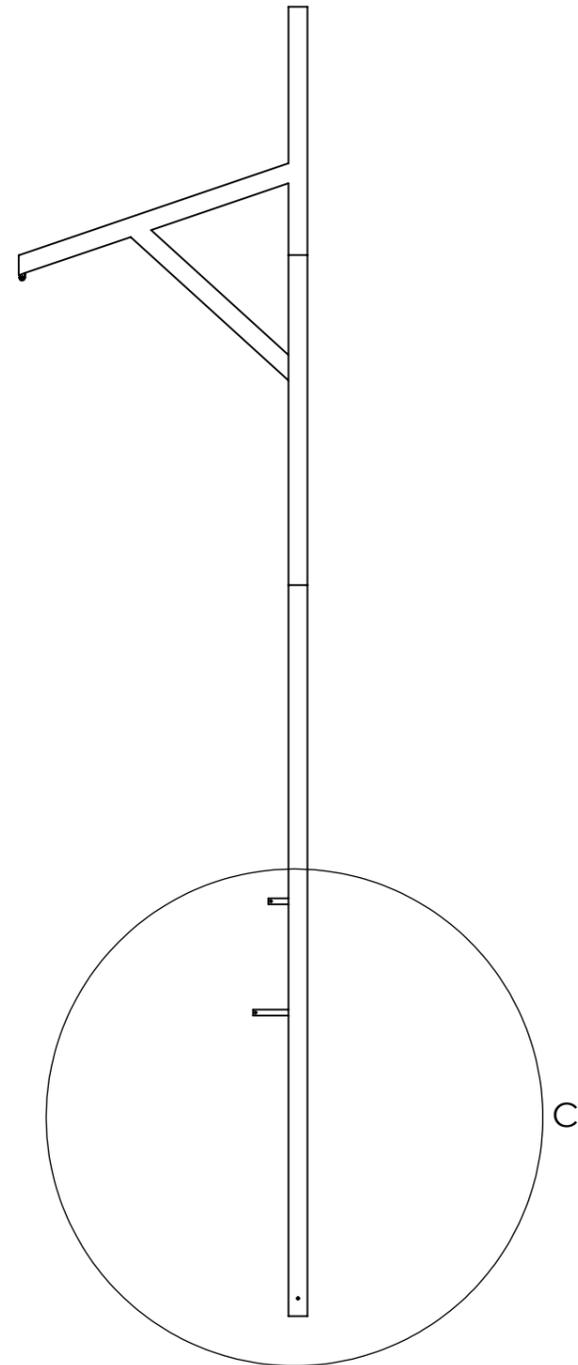
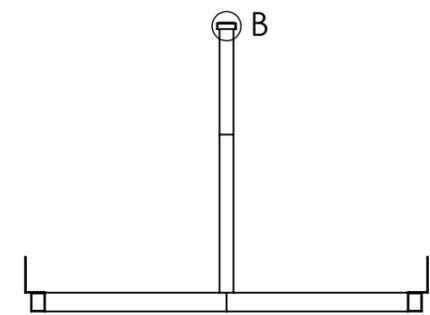
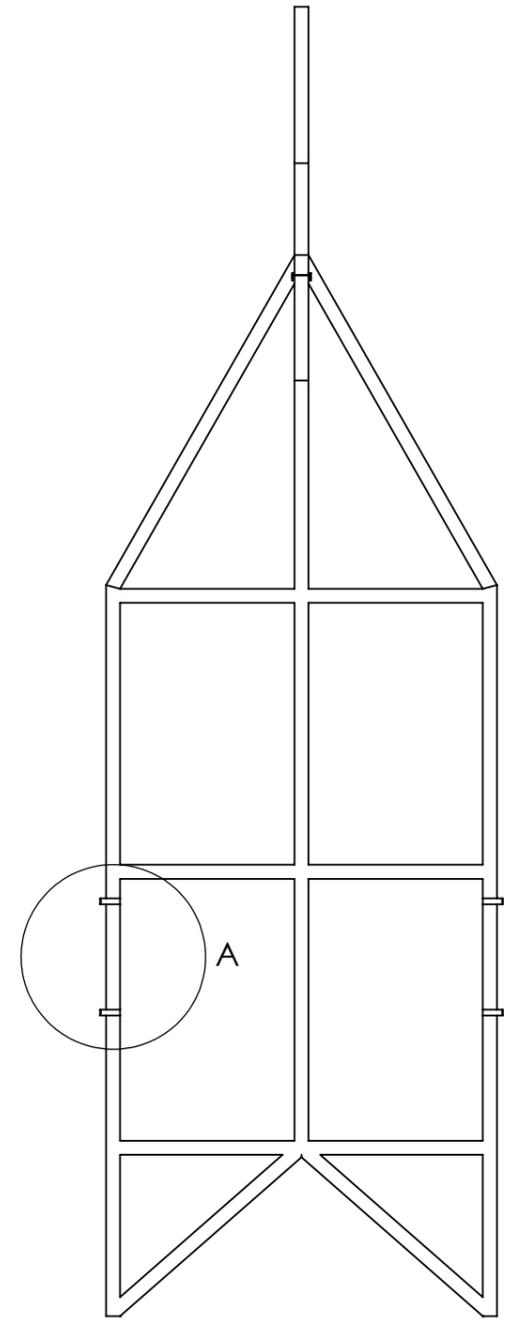
 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b> CAMPUS D'ALCOI	<i>"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."</i>	
	<b>Designación:</b> Bastidor	Plano nº <b>8</b>
<b>Dibujante:</b> Joan Forqués Puigcerver	<b>A3</b>	Escala 1:28
<b>Material:</b> Acero S275JR / Tubo rectangular 80x60x3		
<b>Tratamiento:</b> Galvanizado		



DETALLE A  
ESCALA 1 : 5



DETALLE B  
ESCALA 1 : 3

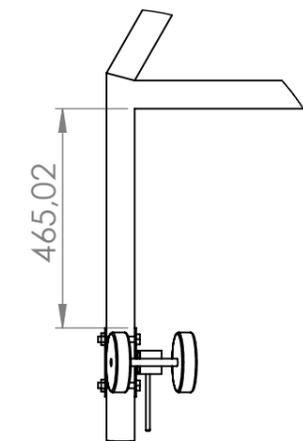


DETALLE C  
ESCALA 1 : 10

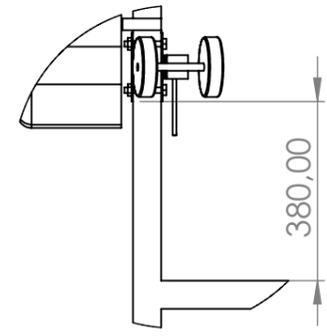
 <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> <p>CAMPUS D'ALCOI</p>	<p><b>"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."</b></p>	
	<p><b>Designación:</b> Ubicación de soportes guardabarros y de soporte tope proa</p>	<p>Plano nº <b>9</b></p>
<p><b>Dibujante:</b> Joan Forqués Puigcerver</p>		<p>Escala 1:30</p>
<p><b>Material:</b> -</p>		<p><b>A3</b></p> 
<p><b>Tratamiento:</b> -</p>		

8 7 6 5 4 3 2 1

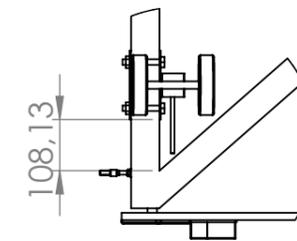
F  
E  
D  
C  
B  
A



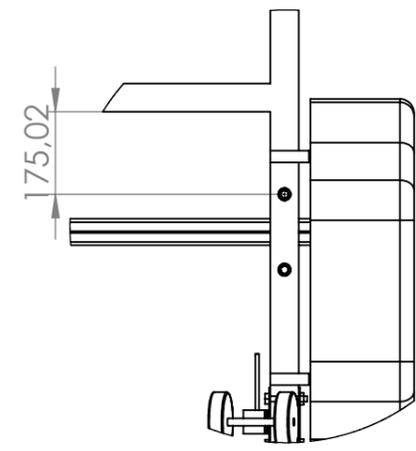
DETALLE A  
ESCALA 1 : 15



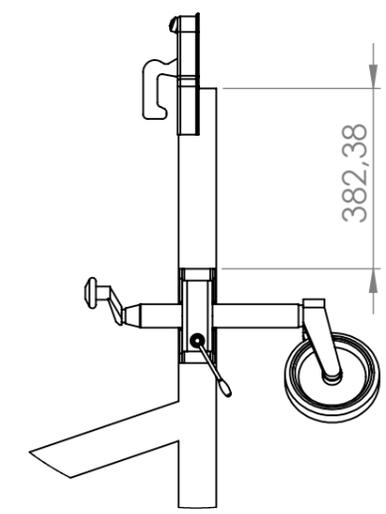
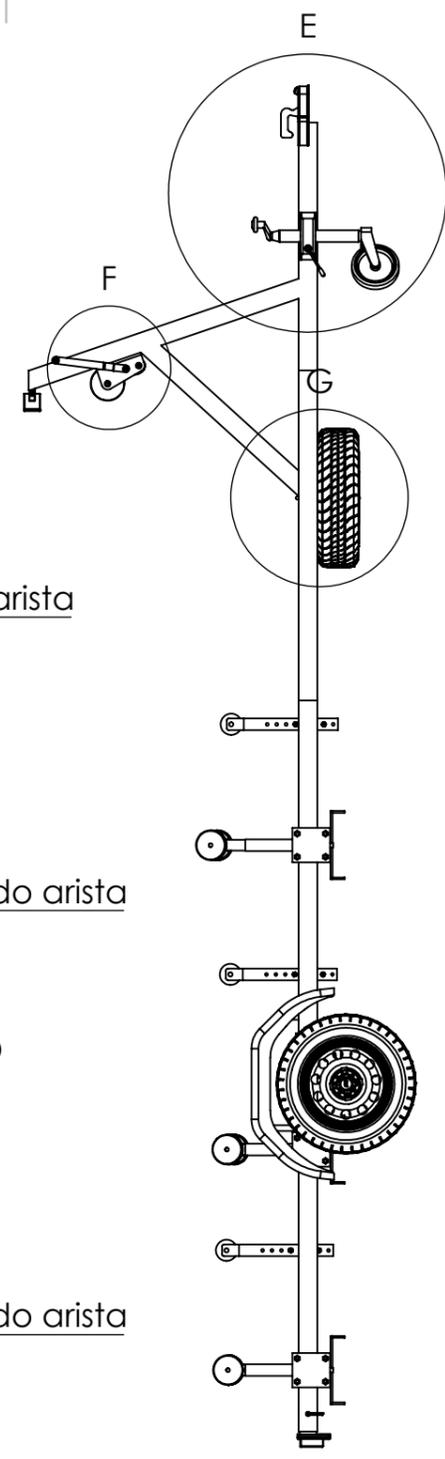
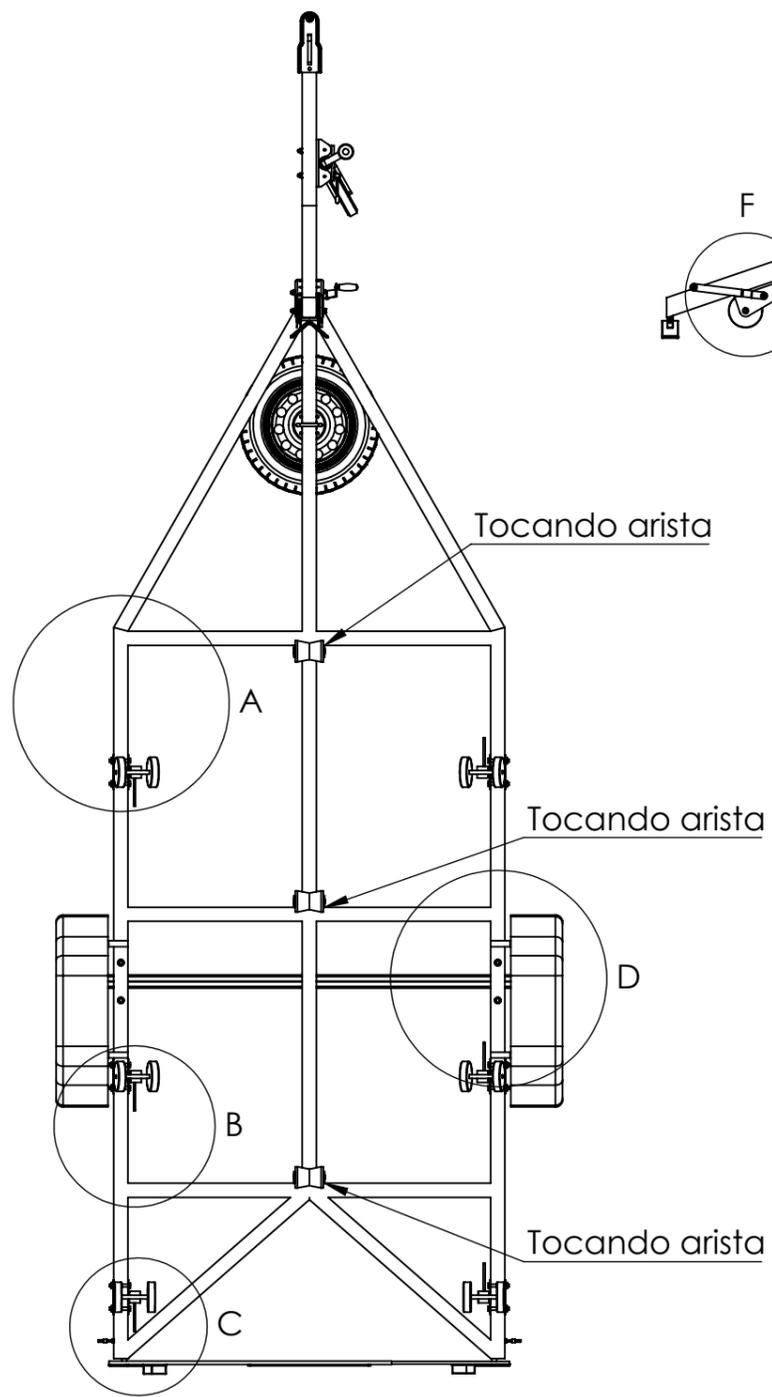
DETALLE B  
ESCALA 1 : 15



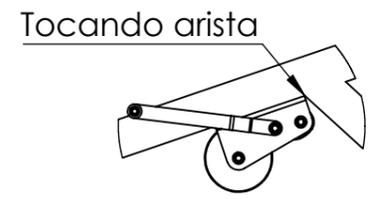
DETALLE C  
ESCALA 1 : 15



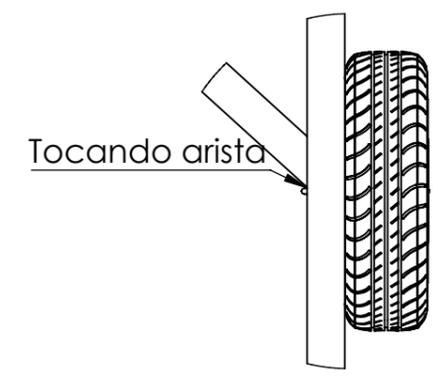
DETALLE D  
ESCALA 1 : 15



DETALLE E  
ESCALA 1 : 15



DETALLE F  
ESCALA 1 : 15



DETALLE G  
ESCALA 1 : 15



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

*"Diseño de un remolque para el transporte de pequeñas embarcaciones."*

**Designación:**  
Ubicación de los componentes

Plano nº

10

**Dibujante:** Joan Forqués Puigcerver

**Material:** -

**Tratamiento:** -

A3

Escala 1:30

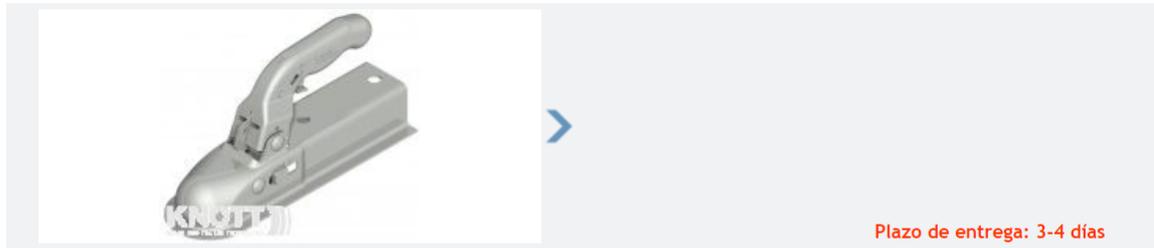


8 7 6 5 4 3 2 1

## II. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

- Cabezal de enganche:

Knott, tipo K7,5 / 750 kg/cuadrado



Seleccione aquí la opción de producto deseada:

	Tipo	Valor D/DC	Carga sobre el eje	Carga de apoyo	A	B	C	D	F	G	Número de pedido	Precio * incl. IVA	
<input type="radio"/>	K7,5-K	7,2 kn	750 kg	75 kg	50	12,5	X	90	16	229	6E0081.045	12,45 €	
<input checked="" type="radio"/>	K7,5-L	7,2 kn	750 kg	75 kg	60	12,5	X	90	16	229	6E0081.053	12,45 €	
<input type="radio"/>	K7,5-M	7,2 kn	750 kg	75 kg	70	12,5	X	90	16	229	6E0081.061	12,45 €	

- Cabrestante:



vidaXL Cabrestante Manual de Arrastre Tracción Camioneta Remolque Hierro 363kg

de vidaXL

★★★★☆ 10 opiniones de clientes | 3 preguntas respondidas

Disponible a través de estos vendedores.

Nuevos: 3 desde 20,69 €

- Material: Hierro
- Medidas: 28 x 25 x 12 cm (largo x ancho x alto)
- Capacidad: 363 kg / 800 lbs
- Diámetro del cable: 4 mm
- Longitud del cable: 10 m

Avisar de alguna información del producto errónea.



10 M 900 kg mano – Cabestrante 813 mecanismo de Cabestrante para remolques (mano Torno de alambre cuerda de acero para saltar...

102,98 €

[Comprar ya >](#)

- Cadena (enganches secundario):



Chapado en Zinc. Cadena de eslabones soldados con ganchos de seguridad. Referencia...

**Cómpralo ahora y lo recibes entre el Jueves 11 de Julio y el Viernes 12 de Julio.**

\* Excepto los productos bajo pedido que dependemos de la recepción del mismo.  
(+ [info](#).)

■ Fracciona tu pago desde 50,00€

**SEGURO**

**11** PUNTOS francobordo

RESOLVEMOS TUS DUDAS

DESCARGAR FICHA EN PDF

¡MEJOR PRECIO GARANTIZADO!  
¿Lo has visto más barato? [Infómanos](#)

### Opciones: Modelo

<p>5.5 mm x 0.91 m / 320 Kg Ref.: 50-51271 Cómpralo ahora y lo recibes entre el Jueves 11 de Julio y el Viernes 12 de Julio.</p>	<p>1</p>	<p>13,80€</p>	24 HORAS
<p>6 mm x 1.06 m / 410 Kg Ref.: 50-51281 Cómpralo ahora y lo recibes entre el Jueves 11 de Julio y el Viernes 12 de Julio.</p>	<p>1</p>	<p>17,35€</p>	24 HORAS

- Eje:

## EJE SIN FRENO 750 KG KNOTT (WATER PROOF) 4T-58X98 (SEAT)

Home / COMPONENTES PARA REMOLQUES Y CARAVANAS / EJES DE REMOLQUE Y REPUESTOS / EJES PARA REMOLQUES NAUTICOS / EJES SIN FRENO CON BUJE WATERPROOF / Eje sin freno 750 Kg KNOTT (WATER PROOF) 4T-58x98 (Seat)



### EJE SIN FRENO 750 KG KNOTT (WATER PROOF) 4T-58X98 (SEAT)

Referencia 5901750DWPSPA-9

Eje sin freno marca KNOTT , carga 750 Kg .Tipo VG7L

Suspension elastica de caucho. Rodamientos Compactos con junta de estanqueidad

Ataque rueda: 4T-58x98 (Seat) M12x15

Alto de soporte estandar (mm) 50. Soportes Opcionales: 70 - 90 - 125

Otras características: Ver imagenes

En el desplegable "PISA" elegir la medida del eje, Cotas A (distancia de amarre) y B (largo del eje)

**169,00 € impuestos inc.**

Calidad

PISA

- Guardabarros:

## GUARDABARROS PVC ALKO COMPACT RUEDA SIMPLE (13-14") 155R13 -185/70R14

Home / COMPONENTES PARA REMOLQUES Y CARAVANAS / RUEDAS - LLANTAS Y GUARDABARROS / GUARDABARROS / Guardabarros PVC ALKO COMPACT Rueda simple (13-14") 155R13 -185/70R14



### GUARDABARROS PVC ALKO COMPACT RUEDA SIMPLE (13-14") 155R13 -185/70R14

Referencia 1257131

Guardabarros PVC de inyección para remolque eje simple

Agujeros de Fijación premarcados

Valido para ruedas de: (13-14") 155R13 -185/70R14

Medida del Guardabarros: Largo 770. Ancho 220. Alto 335 mm.

15,97 € impuestos inc.

- 2 + La cantidad mínima en el pedido de compra para el producto es 2

[Añadir al carrito](#)

- Palanca roscada:

### Yunso M8 16-60 mm Macho rosca maquinaria mango ajustable palanca de sujeción con broche, plateado

de Yunso

[Sé el primero en opinar sobre este producto](#)

Precio: **3,19 €** Envío GRATIS.  
Precio final del producto

Nuevos: 1 desde 3,19 €

Tamaño: **60 mm**

16 mm 3,19 €	20 mm 3,19 €	25 mm 3,19 €	30 mm 3,19 €	40 mm. 3,19 €
<b>60 mm</b> 3,19 €				

- Material: aleación.
- Acabado de la superficie: recubrimiento en polvo, opaco.
- Tipo: M8 x 16, M8 x 20, M8 x 25, M8 x 30, M8 x 40, M8 x 60 (opcional).
- Son ideales para situaciones donde se requiere más torsión de lo que se puede lograr con un simple pomo.
- El diseño también permite un ajuste visual más fácil a posiciones específicas, y la forma ergonómica hace que sea fácil de usar.

[Ver más detalles](#)



- Porta-matrícula:

## PLACA PILOTOS REMOLQUE 7 POLOS, SOPORTE EXTENSIBLE LINEA 7 M

Home / COMPONENTES PARA REMOLQUES Y CARAVANAS / MATERIAL ELECTRICO Y SEÑALIZACION / KITS ELECTRICOS / KITS ELECTRICOS CON PILOTOS / KITS ELECTRICOS CON PLACA / KITS CON PLACA EXTENSIBLE / Placa pilotos remolque 7 Polos, soporte extensible linea 7 m



### PLACA PILOTOS REMOLQUE 7 POLOS, SOPORTE EXTENSIBLE LINEA 7 M

Referencia 05080

Kit electrico completo con placa, pilotos, cable electrico y clavija enchufe 7 Polos.

- Servicios y fuente de luz: Los soportados por el piloto elegido en el desplegable "Modelo"
- Tension :12 V.
- Conexión cableado : Conexión directa a piloto
- Alto placa: 140. Linea: 7.000. Ancho de 1500 a 2.200 mm
- Plazo entrega : 4 - 7 días

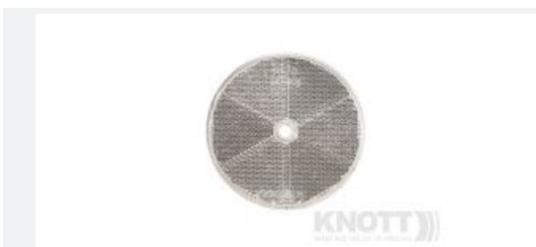
53,00 € impuestos inc.

Modelo Piloto

- 1 + [Añadir al carrito](#)

- Reflectante delantero:

### Reflectantes redondos Ø 60 blancos, enroscables



Reflectantes de alta calidad, redondos, Ø 60, enroscables adecuados para todos los remolques.

Plazo de entrega: inmediatamente disponible

Seleccione aquí la opción de producto deseada:

Nombre de producto	Número de pedido	Precio * incl. IVA
Reflectantes redondos Ø 60 blancos, enroscables	4803819X	0,54 €

- Reflectante lateral:

**Juego de reflectantes adhesivos rectangulares ambar**

★ Sea el primero en evaluar este producto

🟢 En existencias

Plazo de entrega: 2-3 días días laborables

Precio anterior ~~2,00€~~

**2,00 € / 2 unidad(es)**

El precio incluye el IVA

[Añadir a la cesta](#)

Poner en la lista de la compra Recomendar compra

Hacer una pregunta

**Juego reflectantes adhesivos ambar**

- Rodillo lateral:



vidaXL Set 2 soportes con rodillos para remolque de embarcaciones, 59 - 84 cm de vidaXL

★★★★★ 1 opinión de cliente

Precio: **45,00 €**  
Precio final del producto

Nuevos: 2 desde 45,00 €

- Material: Estructura de acero y rodillo de goma
- Espesor del acero: 1,8 mm
- Peso: 6 kg x 2
- Capacidad máx. de carga: 500 kg
- Altura: 59 - 84 cm

[Avisar de alguna información del producto errónea.](#)

- Rodillo quilla:

**Rodillo de quilla. 580004 (130X80X18) Rodillo tipo carrete azul.**



AMPLIAR

**Descripción de la oferta**

**Nuestro precio: 4,01 €**  
(I.V.A. Incl.)

**COMPRAR**

Valoración de los usuarios: ★★★★★

La imagen puede diferir del original



- Rueda jockey:

#### Rueda de apoyo TK48 (estándar)



**Rueda de apoyo TK48 (estándar)**

Llanta: .chapa de acero

Neumáticos: .goma sólida

Tamaño de rueda: .200x50 mm

Longitud de rebajo: .220 mm

Tubo exterior: .48x2,3 mm

Superficie: .galvanizada por inmersión en caliente

Máx. capacidad portante estática: 150 kg

**Plazo de entrega: inmediatamente disponible**

Seleccione aquí la opción de producto deseada:

Nombre de producto	Número de pedido	Precio * incl. IVA	
Rueda de apoyo TK48 (estándar)	4802819X	12,61 €	  

#### Soporte de rueda de apoyo LB48: chapa



48mm Jockey Wheel Bracket Assembly, Pressed Steel, 2 piece clamp, welded on nut c/w locking handle, B48P3

**Plazo de entrega: 3-4 días**

Seleccione aquí la opción de producto deseada:

Nombre de producto	Número de pedido	Precio * incl. IVA	
Soporte de rueda de apoyo LB48: chapa	400305.001	2,98 €	  

- Rueda:

### Rueda 185/70 R14

★★★★★ (1)

 En existencias

Plazo de entrega: 2-3 días días laborables

Precio anterior ~~89,00 €~~

**65,00 €**

Se ahorra 27 %

El precio incluye el IVA

+
-

**Añadir a la cesta**

 Poner en la lista de la compra  Recomendar compra

 Hacer una pregunta



**Rueda 185-70 R14**

- Varilla roscada:



### Wolfpack 6280525 Varilla Roscada Zincada 1 Metro M12

de WOLFPACK

★★★★★ 1 opinión de cliente

Precio: **2,91 €**

Precio final del producto

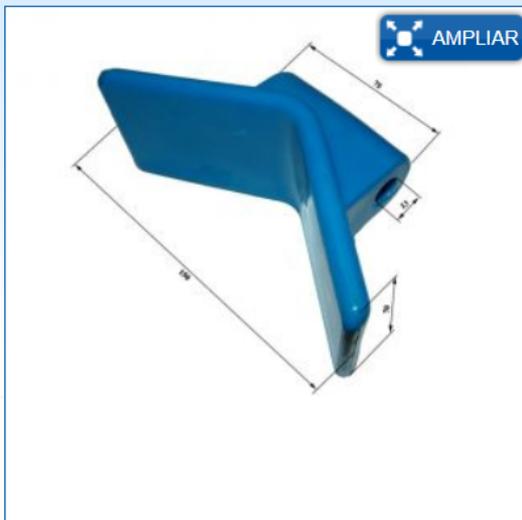
Nuevos: 10 desde **2,91 €**

- Varilla roscada zincada
  - Al estar zincadas son muy resistentes a la corrosión.
  - Maciza por dentro y roscada por fuera.
  - Medida/longitud: M12 / 1 metro.
  - Fabricado bajo norma DIN 975, calidad 4.8
- [Ver más detalles](#)

Avisar de alguna información del producto errónea.

- Tope de proa:

### Apoyo de proa marca DOMAR.



La imagen puede diferir del original

### Descripción de la oferta

Nuestro precio: **6,05 €**  
(I.V.A. Incl.)



**COMPRAR**

Valoración de los usuarios: ★★★★★

### Detalle del producto

Apoyo o tope de proa grande de plástico con recubrimiento en goma azul.

- Tubo de acero para bastidor:



**Juan Jose Gomez** <jjgomez.val@alsimet.es>  
para mí ▾

jue., 6 jun. 17:20 ☆ ↶

Buenas tardes Joan,

5,20€mt, son en barras de 6 mts.

~~~~~

Juanjo Gomez Vidal  
Comercial Valencia

ALSIMET S.A.  
Coeters 14, Pol. Vara de Quart, 46014 Valencia  
Móvil 629 167 960 , Oficina 963797900

[www.alsimet.es](http://www.alsimet.es)

Por último, se contactó por teléfono con la ferretería industrial Sumacres para el presupuesto de la tornillería, con Galvanizados Olaizola para el presupuesto del galvanizado del remolque, y con Metálicas Ponce para el presupuesto de la soldadura del bastidor y la fabricación de los soportes de los rodillos de quilla, los soportes del tope de proa y los soportes de los guardabarros.