

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	5
GLOSARIO.....	7
1. Memoria.....	9
1.1. Memoria descriptiva.....	9
1.1.1. Objetivo del proyecto.....	11
1.1.2. Descripción del proceso industrial.....	11
1.1.3. Principales características del Semi-remolque.....	12
1.1.4. Sistema de frenado.....	13
1.1.5. Suspensión pneumática.....	20
1.1.6. Sistema de alumbrado.....	23
1.1.7. Características de los materiales de construcción del semi-remolque.....	24
1.1.8. Consideraciones medioambientales.....	24
1.2. Cálculos justificativos.....	27
1.2.1. Cálculos Estructurales.....	29
1.2.1.1. Reparto de cargas.....	29
1.2.1.1.a. Reparto de cargas posición 1.....	30
1.2.1.1.b. Reparto de cargas posición 2.....	32
1.2.1.1.c. Reparto de cargas posición 3.....	34
1.2.1.1.d. Reparto de cargas posición 4.....	35
1.2.1.2. Cálculo de las tensiones cortantes y momentos flectores.....	37
1.2.1.2.a. Diagramas de cortantes y momentos flectores de la posición 1.....	37
1.2.1.2.b. Diagramas de cortantes y momentos flectores de la posición 2.....	40
1.2.1.2.c. Diagramas de cortantes y momentos flectores de la posición 3.....	43
1.2.1.2.d. Diagramas de cortantes y momentos flectores de la posición 4.....	46
1.2.2. Cálculos de resistencia de materiales.....	49
1.2.3. Cálculo de la estabilidad.....	51
1.2.3.1. Estabilidad longitudinal del semi-remolque en situación de marcha.....	51
1.2.3.2. Estabilidad transversal del semi-remolque en situación de marcha.....	52
1.2.4. Acción del viento.....	53
1.2.5. Cálculos de los rodamientos.....	55
1.2.6. Cálculo de las soldaduras.....	55
2. Pliego de condiciones.....	57
2.1. Pliego de condiciones generales.....	57
2.1.1. Calidad de los materiales de construcción del semi-remolque.....	59
2.1.1.1. Aceros para perfiles y chapas.....	60
2.1.1.2. Características mecánicas de los aceros.....	61
2.1.1.3. Composición química.....	62
2.1.1.4. Garantía de las características.....	63
2.1.1.5. Condiciones de suministro y recepción.....	64
2.1.1.6. Productos laminados.....	69
2.1.1.7. Perfiles huecos de acero.....	71
2.1.1.8. Suministro de los perfiles y placas conformados.....	78
2.1.2. Calidad de los componentes estandar.....	81
2.1.3. Normativa a aplicar.....	82
2.2. Pliego de condiciones particulares.....	83
2.2.1. Normas en la ejecución de construcción del semi-remolque.....	85



2.2.2. Normas en la ejecución de la instalación de los componentes estandar.....	86
2.2.3. Pruebas reglamentarias.....	87
2.2.4. Pruebas de ensayo.	87
3. Presupuesto	91
4. Planos.....	97
5. Conclusiones	103
6. Bibliografía	107
8. Anexos	111



AGRADECIMIENTOS

Desea agradecer a MONTFRAUTO, S.A. la gran colaboración prestada para la ejecución de este proyecto, ya que sin ellos esto solo sería un proyecto y no una realidad. En especial a Francisco Gracia, padre e hijo, por aguantarme tantas preguntas y más por responderme.

Desea también agradecer a mis padres la oportunidad que me han dado.



RESUMEN

Este proyecto comprende el diseño completo de un semi-remolque porta contenedores de tres ejes, lo que permite acoplarlo a una unidad tractora de dos o tres ejes, lo que permite unas masas máximas autorizadas de 40 000 Kg y 44 000 Kg La particularidad de este semi-remolque es su capacidad de adaptar su longitud total al tipo de contenedor ISO que transporta. Los tipos de contenedores ISO transportables por la plataforma son:

- Contenedor ISO 20 pies.
- Contenedor ISO 30 pies.
- Contenedor ISO 40 Pies.
- Contenedor 45 pies.

Para el diseño de este semi-remolque se ha utilizado un programa de dibujo 3D, se ha realizado los cálculos pertinentes suponiendo unas hipótesis para simplificar los cálculos.

Para el cálculo de los elementos normalizados se han utilizado las recomendaciones de los fabricantes por lo que se ha adoptado todo el conjunto para su utilización en un conjunto de 44 000 Kg.



GLOSARIO

Abreviación	Significado
ABS	Sistema Anti-Bloqueo de frenos
ADR	Agreement concerning the international carriage of Dangerous good by Road (Legislación internacional sobre el transporte de mercancías peligrosas por carretera)
ATC	Automatic tracction control (Control de tracción)
b	Ala
C	Curvado
CEE	Comunidad Económica Europea
d	Diámetro
E	Efervescente
e	Espesor
EB+	Modelo de ABS de la casa HALDEX
ECU	Unidad de Control Electrónica
EGP	Sistema de control de altura de la suspensión neumática
EOLT	Test de final de línea
f	Desvió
h	Altura
IVA	Impuesto sobre el Valor Añadido
Ix	Momento de inercia máximo
K	Calmado, para conseguir grano fino, mediante elementos fijadores de N2
King Pin	Sistema normalizado de unión con la tractora
L	Longitud
MMA	Masa Máxima Autorizada
Mx	Momentos respecto x en N·m
N	Newton
NE	No efervescente, sin elementos fijadores de N2
P	Presión en Pa (N/m ²)
PC	Ordenador Personal
Q	Carga uniformemente repartida en N/m
Qx	Esfuerzos cortantes respecto x en N
Rx	Reacción en x en N
S	Asimetría
TARA	Masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios necesarios.
TN	Tonelada 1000 Kilogramos
V	Velocidad del viento en m/s



VDS	Agenda del sistema de ABS
W_x	Módulo de inercia máximo
δ	Alargamiento de rotura en N/mm ²
ρ	Resiliencia N/mm
σ_e	Limite elástico en N/mm ²
σ_r	Resistencia a rotura en N/mm ²



1. MEMORIA

1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA



1. MEMORIA

1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.1. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es el diseño de un semi-remolque de camión de tres ejes capaz de transportar una masa de 33 000 Kg en un conjunto de 6 ejes (tractora con tres ejes). Aunque normalmente la plataforma estará preparada para rodar en un conjunto de 5 ejes (reduciéndose su capacidad de transporte a 28 000 Kg). Cumpliendo todas las normas vigentes establecidas por las autoridades.

Esta plataforma porta contenedores será capaz de transportar las siguientes combinaciones de contenedores ISO, conformes a la norma UNE 117101, adjunta en el anexo XII.

- 1 contenedor ISO 20 pies en posición 1 (MMA 33 000 Kg)
- 1 contenedor ISO 30 pies en posición 2 (MMA 33 000 Kg)
- 1 contenedor ISO 40 pies en posición 3
- 2 contenedores ISO 20 pies en posición 3
- 1 contenedor 45 pies en posición 4

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL

El remolque estará destinado principalmente al transporte de contenedores por carretera. Las mercancías que transportara no serán de características peligrosas ni explosivas.

El remolque tendrá una longitud comprendida entre 9 515 mm y 13 954 mm y una anchura de 2500 mm de ancho, la altura máxima del remolque será variable dependiendo de la altura del contenedor que transporte estando limitada a 4 000 mm. Estas medidas vienen impuestas por las longitudes máximas de los contenedores. El remolque tendrá tres ejes de la marca SAF modelo INTRADISC PLUS II que soportaran como máximo un peso de 90 000 N cada uno. Estos ejes son los mas demandados por los profesionales del transporte y los que poseen un mayor precio de



reventa. Y el “King-pin” que soportara también como máximo un peso de 150 000 N. El remolque ira dotado de siete neumáticos medida de 385/65 R 22,5 160J, un neumático completo de recambio. Estos neumáticos tienen un límite de carga de 90 000 N por eje a una velocidad máxima de 100 Km/h. Irán montados sobre llantas de 22,5 x 11,75 de aleación de magnesio o sobre una llanta de acero estampado de la misma medida.



Imagen 1. Perspectiva semi-remolque en posición 45 pies

El remolque ira dotado de un eje de enganche normalizado, de $\varnothing 2"$, alumbrado y señalización conforme a la reglamentación del código de circulación, con dos tomas de 7 polos a 24 voltios, un travesaño porta-pilotos, sirviendo de dispositivo anti-encastre conforme a la reglamentación de la CEE, un porta-rueda de socorro, con una rueda completa.

1.1.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL SEMI-REMOLQUE

El chasis del remolque estará constituido por un cuello constituido por dos vigas HEB 120, más dos vigas HEB 100. La viga HEB 120 viene impuesta por las dimensiones del cuello de cisne de los contenedores de 40 y 45 pies, la viga HEB 100 se coloca para tener la suficiente rigidez en el conjunto.



El sistema extensible central esta constituido por dos vigas IPE270 modificadas a un ancho de 120 mm. Dando como momento de inercia máximo.

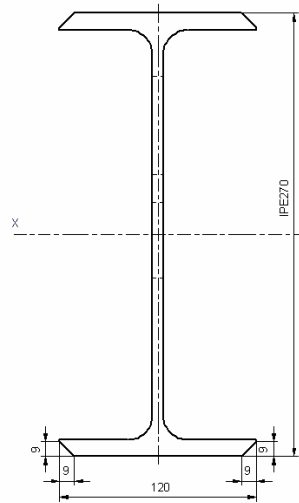


Figura 1

$$I_x = 12\,379,5 \text{ cm}^4 = 123\,795\,000 \text{ mm}^4$$

De este modulo de inercia se consigue un modulo resistente de:

$$W_x = I_x / Y_{\max} = 917 \text{ cm}^3 = 917\,000 \text{ mm}^3$$

Detrás del cuello ira colocado un tubo rectangular de 300.200.8 donde se soldaran los dos Twist-locks de la marca JOST-Werke modelo R401 VAK. Estos Twist-locks son los mejores del mercado según todos los transportistas consultados, además son los más livianos en peso. De este tubo partirán las dos vigas IPE270 modificadas que se ocultaran en dos tubos de sección rectangular de 300.150.10 que serán de tubo estructural de S355JR. Este tubo tiene un modulo de inercia máximo de 614 cm³ por dos tubos hacen un total de 1 228 cm³.

Las chapas y platinas serán de S275JR y todos los tubos estructurales tendrán una calidad de S355JR.

1.1.4. SISTEMA DE FRENADO

El sistema de frenado se compone de un conjunto de seis discos ventilados de 17 pulgadas de diámetro de la marca SAF modelo SKRB9022H. Accionados por un gobierno neumático, controlado por una centralita electrónica de ABS de la casa HALDEX modelo EB+.



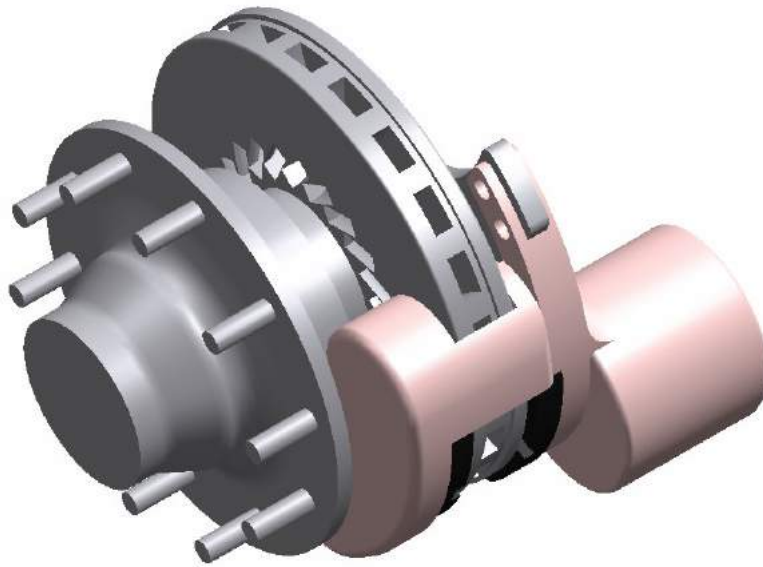


Imagen 2. Perspectiva sistema de frenado

Desde hace más de cuarenta años, los sistemas de frenado de los vehículos pesados han utilizado principalmente frenos de tambor en sus distintas formas, empleando sucesivamente accionamientos mecánicos, hidráulicos y neumáticos. Los actuales frenos neumáticos de tambor han alcanzado un desarrollo y perfeccionamiento máximos, ofreciendo unos niveles de prestaciones inimaginables hace sólo diez años.

No obstante, la tecnología del tambor conjugado con la zapata de expansión está alcanzando sus límites, particularmente en los vehículos más pesados.

Se exige cada vez más a los frenos; la normativa es cada vez más estricta, y el freno moderno debe absorber más energía en un espacio menor.

- En primer lugar, la velocidad media de los vehículos aumenta, a causa del incremento de índice potencia / peso, que ha pasado de 5 CV/ Tm en 1960 a los 15 CV/ Tm de 1990, del perfeccionamiento del aerodinamismo, y el uso de neumáticos más eficientes con menor resistencia a la rodadura. Además un pequeño incremento en la velocidad media causa un gran aumento en el esfuerzo de frenado, puesto que la energía cinética es función del cuadrado de la velocidad.



- En segundo lugar, los transportistas esperan que los frenos de los vehículos pesados brinden un comportamiento semejante al de los automóviles, en particular por lo que respecta a la estabilidad, modulación y eficacia. En todos estos ámbitos, un freno de tambor está limitado por las características de su propio diseño, y por problemas tales como la flexibilidad del tambor y del contacto forro-tambor que no es perfecto.
- Los frenos de tambor, pese a sus recientes perfeccionamientos, tienen también niveles de histéresis relativamente altos, y por consiguiente un bajo nivel de eficiencia mecánica, lo que el conductor registra como una falta de modulación o sensibilidad del freno. A causa de ello, además, se obtiene una menor compatibilidad de los frenos con toda la gama de sistemas electrónicos de control más sofisticados y cada vez más comunes, como ABS y ATC.
- Y, por último, no podemos esperar que la normativa facilite las cosas en el futuro. La directiva 85/647 de la CEE aumentó la desaceleración mínima requerida para la homologación de un vehículo de $4,5 \text{ m/s}^2$ a 5 m/s^2 , lo que supone un incremento de cerca del 11 % para los frenos. Los requerimientos reglamentarios se han vuelto más y más estrictos en los últimos 20 años; la norma puede probablemente pasar dentro de poco a 7 o aun 8 m/s^2 . Es decir que en los años 70 para homologar un camión de 19 Tm, este tenía que frenar de 80 Km/h a cero en algo más de 50 metros. Desde el 90 lo tiene que hacer en algo más de 30. Una solución lógica sería aumentar el tamaño de los tambores, lo que sencillamente ya no es posible. El diámetro del tambor está limitado por el tamaño de la rueda, y en muchos casos el enfriamiento mismo puede constituir un problema. El ancho de los frenos tampoco puede incrementarse más en la mayoría de las aplicaciones a causa de los problemas de instalación en los vehículos. Para complicar aún más la situación, con el avance tecnológico de los neumáticos se puede autorizar mayores cargas con llantas y neumáticos más pequeños, lo que reduce el espacio disponible para los frenos. La conclusión inevitable, prevista hace ya años es que los vehículos utilitarios pesados deberán pasar de los frenos de tambor a los de disco.

Los frenos de disco ofrecen más ventajas que un freno de tambor de tamaño equivalente, prácticamente en todos los aspectos.

Se ha elegido el sistema de frenado mediante discos ventilados por la gran capacidad de absorción de energía con un reducido espacio. Este sistema de frenado tiene una serie de ventajas respecto al tradicional freno de tambor de accionamiento también neumático.



- Menores niveles de histéresis, existe una diferencia de entre la fuerza de entrada y la fuerza de salida.
- Mejor par de frenado, mas constante al tener menos variaciones en el nivel de fricción, esto elimina los tirones en la dirección al existir diferencias de par de frenado entre ruedas de un mismo eje.
- Mayor resistencia a un uso prolongado. Los frenos de tambor tienden a perder eficacia en las frenadas prolongadas o fuertes a causa del aumento de temperatura. Los frenos de disco pueden funcionar a temperaturas más elevadas. Mantienen su eficacia, con un par de frenado constante que no se ve afectado por la temperatura ni por la frecuencia de utilización de los frenos.
- Los frenos de disco sufren menos deformaciones a lo largo de su vida útil no existiendo peligro de ovalidad ni de “acampanamiento”.
- Por ultimo a causa de su mayor capacidad de absorción de energía pueden detener el vehículo en un menor espacio.

La parte neumática será de la marca HALDEX. El sistema de frenado contara con un sistema de ABS de la marca HALDEX modelo EB+ en configuración 4S/2M que contiene cuatro sensores y dos moduladores, además de tener cuentakilómetros total y parcial, posición de altura de marcha, agenda (VDS) y test final de línea (EOLT) que permite la conexión de la ECU (unidad de control electrónica) a un PC, habilitando la compilación de datos históricos del vehículo para el control a largo plazo. Este sistema de ABS cumple la ultima reglamentación Europea (71/320 anexo 10) para el transporte de mercancías peligrosas usando cables de poliuretano. Además también cumple la legislación ADR. El ABS ira colocado encima del segundo eje centrado en el remolque de manera que exista la misma distancia entre los frenos de la derecha y los frenos de la izquierda. Las ruedas que llevaran los sensores serán las ruedas del segundo eje y las del último, teóricamente los sensores tendrían que ir en los dos primeros ejes pero como el primer eje es elevable, se desplaza todo un eje. El esquema de montaje seria el de la figura 3.



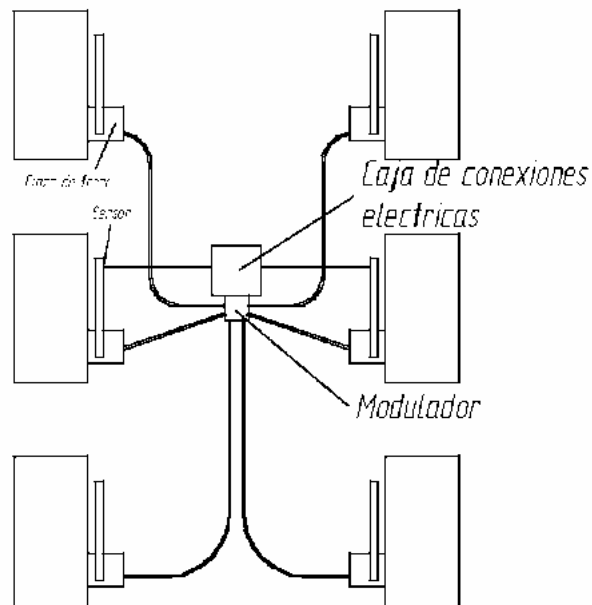


Figura 2

El sistema de frenado de ABS funciona de la siguiente manera. Si una rueda pierde velocidad respecto a las otras ruedas sensorizadas, la centralita determina que esta a punto de bloquearse. El modulador, que es una válvula de accionamiento neumático o eléctrico, esta recibiendo señal neumática de la cabeza tractora de frenar pero la señal eléctrica del ABS que predomina sobre la neumática elimina la señal neumática y las ruedas gobernadas por ese modulador dejan de frenar durante un instante hasta que las ruedas igualan su velocidad con el resto.

Los sistemas de ABS se venden en diferentes configuraciones, dependiendo de la cantidad de ejes sensorizados y la cantidad de moduladores de frenado se consigue una seguridad mayor o menor.

La configuración más básica que es la 2S/1M, dos sensores y un modulador, tiene el problema de que se posee un único modulador para todas las ruedas del semi-remolque, por lo tanto no se diferencia entre la banda derecha y la izquierda. Si la carretera esta partida en dos, una placa de hielo en la parte exterior de la carretera el vehículo, dejaría de frenar también en las ruedas que están sobre firme seco. El esquema de montaje seria el de la figura 2.



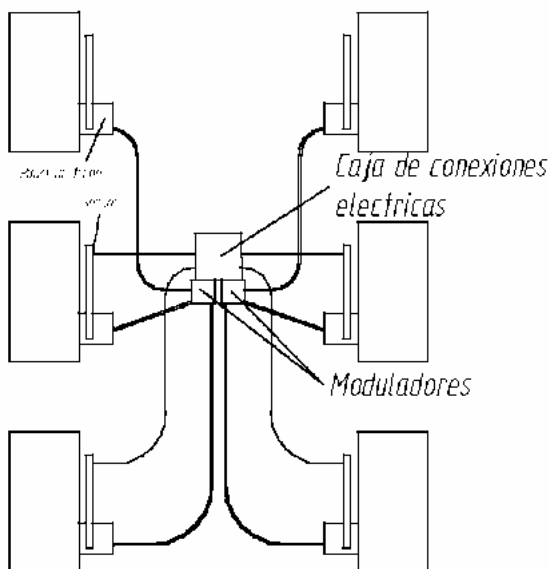


Figura 3

La configuración 2S/2M, dos sensores y dos moduladores. Esta configuración se considera la más estándar por diferenciar las dos bandas del vehículo, evitando la situación antes descrita. Los sensores siempre se pondrían en el primer eje no elevable.

Existe una configuración superior de la que hemos utilizado nosotros que sería la configuración 6S/3M, seis sensores y tres moduladores. Esta configuración es la que se emplea en semi-remolques que transportan mercancías peligrosas. En esta configuración todas las ruedas van sensorizadas, los moduladores se distribuyen de la siguiente manera. Dos moduladores controlan las cuatro ruedas primeras, dos cada uno. El tercer modulador controla el último eje. Con esta configuración se consigue una seguridad total. El único inconveniente que tiene es que el conductor no puede elevar el eje con el vehículo en marcha porque esto anularía la frenada del segundo eje, quedando solo el último eje para frenar. Esto sucede porque si el ABS, desde un principio detecta la parada de un eje, lo considera elevado, pero si una vez en marcha se eleva el ABS no lo considera elevado sino bloqueado y por lo tanto los moduladores dejan de frenar las ruedas que gobiernan, en este caso como cada modulador frena dos ruedas de dos ejes, el segundo eje que también está gobernado por este modular, deja de frenar.

El sistema de frenado contará con dos cabezas de acoplamiento de doble conducto, separando lo que sería el sistema de frenado de emergencia también denominado “VORRAT” y el



sistema de frenado de servicio también denominado “BREMSE”. Cada cabeza de acoplamiento será de un color, siendo la del VORRAT de color rojo y la del BREMSE de color amarillo. Además las cabezas de acoplamiento serán de tipo constructivo de seguridad que llevan una leva para impedir el acoplamiento de la cabeza VORRAT con la cabeza BREMSE.

Seguidamente después de cada cabeza de acoplamiento se colocaran unos filtros de aire, uno para cada conducción.

El sistema neumático se alimentará de tres depósitos de 60 litros de capacidad a una presión máxima de 10 bares aunque trabajaran a 6 bares de presión que es la que suministra normalmente la cabeza tractora. Los tres depósitos estarán conectados por tubo de 15x12 de manera que siempre exista la misma presión en los tres. Los tres depósitos se hallaran delante de cada eje en posición transversal. Cada depósito tendrá un grifo de purga automática.

Delante de la conexión del deposito central se hallara una válvula de relé que hará que cuando se desconecte la toma de aire VORRAT, que es por donde va la presión de la cabeza tractora, se cierra la conexión de aire de la toma BREMSE que es por donde va la señal de mando. A no ser que mediante el mando situado en el lateral del remolque, una válvula de aflojamiento doble, de la casa WABCO, se desvíe el aire de la entrada 11 a la salida 21, para funcionar con el aire de los depósitos. Para mediante este mando en el lateral también se puede quitar el freno de estacionamiento, utilizando también el aire de los depósitos.

Una vez la señal sale de la válvula de relé, esta pasa a través de una válvula ALB conectada a la presión de la suspensión neumática, esta señal lo que hace es adecuar la presión de frenado a la presión de la suspensión. La presión de la suspensión se adecua a la carga del vehículo. Por lo tanto si la presión de señal inicial es siempre de 5 Kg y la presión de la suspensión es de 1 Kg, el vehículo esta totalmente descargado, la presión de salida a los moduladores del ABS será de 2 Kg. Por el contrario si la presión de la suspensión es 5 Kg la presión de salida a los moduladores será de 5 Kg. Los moduladores siempre se alimentan de los depósitos. Solo la señal de mando viene directa de la cabeza tractora.

Los actuadores del sistema de frenado son los recomendados por SAF para su sistema de frenado de disco. Estos actuadores son unos actuadores tandem de simple efecto. En la primera parte del actuador se sitúa el sistema de frenado de servicio. El cual es un actuador que trabaja a la



salida del eje. En la segunda parte del actuador se sitúa un actuador que trabaja a la entrada del eje. Para la salida de este eje se monta un muelle a presión que hace la fuerza necesaria para el freno de estacionamiento. Por lo tanto el vehículo permanece frenado mientras no exista presión en la segunda cámara. Para evitar que se pueda dar el caso de que el freno de estacionamiento este actuado, y también el freno de servicio reciba presión, se sitúa una válvula selectora de circuito que hace que mientras el freno de servicio trabaja, se asegura que el freno de estacionamiento siempre este quitado. Esta válvula esta conectada a la válvula de aflojamiento doble para poder quitar el freno de estacionamiento utilizando el aire de los depósitos, como ya se ha mencionado antes.

Los actuadores de los frenos, en la cámara del freno de estacionamiento, irán conectados a unas válvulas de descarga rápida de 2 racores, estos racores son para que el freno de estacionamiento entre más rápido. En una de sus conexiones se pondrá un filtro de descarga para evitar la entrada de suciedad en los orificios de descarga y para amortiguar los ruidos de descarga.

1.1.5. SUSPENSIÓN PNEUMÁTICA

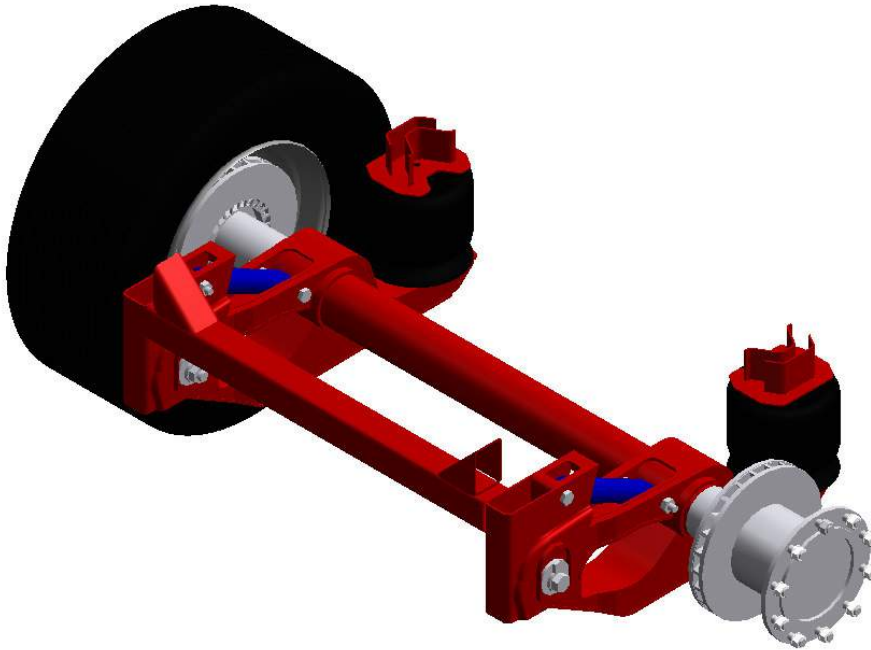


Imagen 3. Perspectiva del eje SAF Intradisc Plus II

La suspensión del remolque será de tipo neumático con unos resortes neumáticos que serán unos fuelles neumáticos suministrados por el fabricante de los ejes. La respuesta de los fuelles



neumáticos respecto de la presión se representa en el grafico 1. El resto de la neumática asociada será de la marca HALDEX igual que el sistema de frenado.

Presión del fuelle en las suspensiones neumáticas SAF de la serie INTRADISC XU / XO con fuelle neumático SAF 2618 V

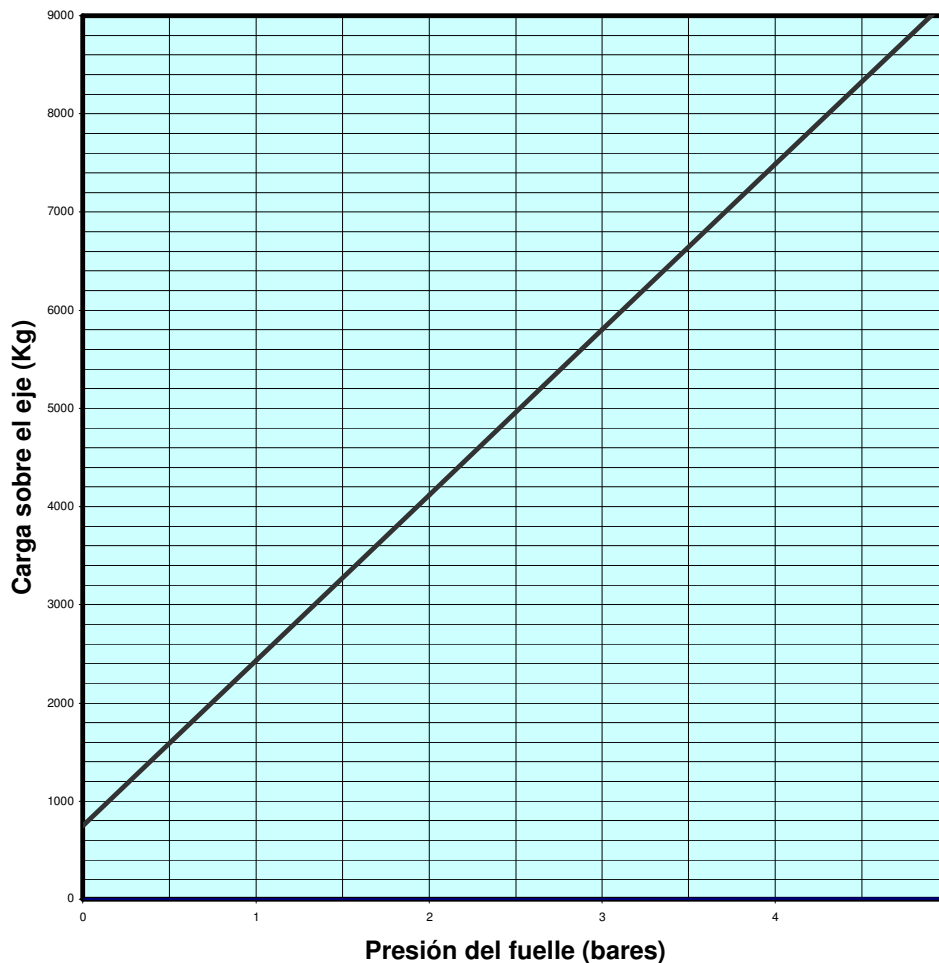


Grafico 1

Este tipo de suspensión se impone por la comodidad que proporciona además de la seguridad extra proporcionada por una altura constante al suelo del semi-remolque al poder regular la presión de los fuelles neumáticos. Además este sistema de suspensión permite regular la altura del piso del remolque para adecuarlo a las zonas de carga y descarga.

El sistema de suspensión estará gobernado por una válvula COLAS de la misma marca que el resto de la neumática. Mediante esta válvula y conjuntamente con una válvula niveladora de



suspensión EGP con dos alturas, se determinara la presión de los fuelles de los ejes. Esta presión varía en función de la carga como muestra el grafico 1. Dependiendo de la carga la presión varia desde aproximadamente 1 bar que seria lo mínimo para amortiguar el semi-remolque vacío y los 4,9 bares de presión que seria con el semi-remolque a plena carga. Este sistema interactúa con el sistema de ABS del sistema de frenado compartiendo información sobre el movimiento del vehículo por lo tanto, cuando el vehículo sobrepasa la velocidad de 10 Km/h el sistema de ABS MODAL envía una señal al sistema COLAS el cual automáticamente ajusta la suspensión a la correcta posición de orden de marcha.

Como el semi-remolque lleva un eje elevable, que es el primero, se utilizara un sistema de elevación de eje integrado ILAS eléctrico que permite al conductor subir y bajar el eje de elevación eléctricamente mediante un mando colocado en el semi-remolque u opcionalmente en la cabeza tractora, de esta manera aumenta la carga en la quinta rueda para proporcionar mayor tracción en un breve plazo de tiempo en condiciones resbaladizas.

Este sistema de eje elevable lo que permite es un ahorro de neumático cuando el semi-remolque circula vacío o a media carga. Consiguiendo disminuir los costes de mantenimiento del semi-remolque, menos cambios de neumáticos, y a causa de circular con dos ruedas menos, menos gasto de combustible. El sistema de elevación del eje funciona con unos fuelles neumáticos que hacen fuerza hacia arriba, estos fuelles están conectados al circuito neumático mediante la válvula ILAS.





Imagen 4. Perspectiva sistema de elevación del primer eje

Tener todos los sistemas de una misma marca permite que todos los componentes interactúen entre sí por lo que se aprovecha todas las funciones de los componentes instalados. Con los componentes elegidos se previenen entre otras.

- Rotura de los amortiguadores
- Rotura de los ejes
- Frenada incorrecta (suspensión con sobre presión)
- Rotura del techo del Vehículo

1.1.6. SISTEMA DE ALUMBRADO

El sistema de alumbrado se compone de un kit de la casa ASPOCK IBERICA que cumple la normativa de la CEE. Este kit se compone de una caja central de conexiones de donde salen todas las conexiones hacia los puntos de luz y donde entran las dos entradas de corriente provenientes de la tractora. Estas entradas son dos conectadores de 7 polos de 24 V que cumplen la



norma DIN ISO 1185 y DIN ISO 3731. El kit posee dos lámparas de posición delanteras blancas, ocho lámparas de posición lateral amarillo-auto, dos lámparas de posición voladizas traseras, dos lámparas de matrícula y dos grupos de pilotos en donde están situados las lámparas de frenado, posición, intermitencia, reflectores triangulares, marcha atrás y anti-nieblas.

1.1.7. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL SEMI-REMOLQUE

Los materiales empleados en la construcción de semi-remolque serán los especificados en la norma EA-95, de la cual se hace un resumen en el pliego de condiciones, manteniendo las especificaciones expuestas por la norma. El material elegido para la construcción del semi-remolque será el acero S275JR, mas conocido como A42b, que tendrá que cumplir todas las especificaciones en cuanto a composición y tolerancias dimensionales.

Sobre el material recepcionado se realizaran las pruebas reglamentarias de:

- Ensayo de tracción
- Ensayo de doblado
- Ensayo de resiliencia
- Análisis químicos
- Dureza Brinell

Estas pruebas podrán ser omitidas si el suministrador presenta la documentación como que él ha hecho estas pruebas en un laboratorio externo a él o presenta el certificado de calidad ISO 9002.

1.1.8. CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES

El sector del transporte en la actualidad es uno de los principales consumidores de energía a nivel mundial. Es por lo tanto necesario que la eficiencia de los medios dedicados al transporte, tanto de mercancías como de personas, sea lo mas alta posible.



El respecto ecológico ha de partir no solamente del producto final. Es igualmente imprescindible tomar medidas con tal que los medios de producción de los vehículos sean respetuosos con el medio ambiente.

En el caso que nos ocupa, tratándose de series de fabricación pequeñas, no será posible cambiar el proceso de fabricación habitual, pues no se prevén una inversión en instalaciones para fabricar el vehículo. Ahora bien, en el diseño de cada pieza se ha intentado minimizar la generación de residuos. También se puede exigir que los talleres encargados de la fabricación y montaje estén certificados según las correspondientes normas ISO. Así mismo, los operarios que realicen las tareas potencialmente más peligrosas tendrían que estar convenientemente cualificados (p.e.: los soldadores tendrían que estarlo según norma UNE-EN 287).

Para los procesos de fabricación propuestos, hay diversos puntos referentes a seguridad e higiene en el trabajo a tener en cuenta. Estos son los referentes a:

- Humos.
- Radiaciones luminosas.
- Calor.
- Descargas eléctricas.
- Manipulación de gases comprimidos.
- Proyección de partículas.
- Procesos de pintura.

Por lo tanto se tomaran las medidas necesarias con tal de asegurar un entorno de trabajo seguro.

En lo que hace referencia a los efectos medioambientales de las mejoras introducidas en el vehículo, estas son fácilmente identificables. Una disminución del tamaño del vehículo reporta una menor ocupación de la calzada por lo que descongestiona el tráfico ocasionando un menor consumo de combustible. Económicamente este hecho es difícil de valorar, no tiene una relación directa con el consumo de combustible del vehículo. Otra ventaja que reporta es el menor desgaste de las ruedas ya que cuando el vehículo va descargado y recogido el consumo de neumático cuando se abordan las curvas es mucho menor, esto si que se puede valorar mas fácilmente. Un vehículo de estas características consumo un 20% menos de rueda que su homónimo rígido.



Un menor gasto de neumático comporta un beneficio directo para el transportista y un beneficio social para la sociedad ya que el reciclaje de los neumáticos siempre es un problema.



1.2. CALCULOS JUSTIFICATIVOS



1.2.1. CALCULOS ESTRUCTURALES

Para realizar los cálculos se consideran una serie de hipótesis y unas masas determinadas, la tara del vehículo será de 5 500 Kg, las MMA para el conjunto de 5 ejes, 32 000 Kg, y para el de 6 ejes, 37 000 Kg. Estos números son los normalmente utilizados por los fabricantes ya que se considera que las tractoras tienen una TARA media de 8 000 Kg.

1.2.1.1. Reparto de cargas

Para determinar el reparto de cargas que hay en el semi-remolque establecemos que aunque el semi-remolque en cuestión tiene tres ejes, estos ejes están unidos al chasis con un elemento neumático que realiza la función de resorte en la suspensión. Este elemento además de realizar esta función por su tipo de instalación, todos los fuelles neumáticos están conectados, realiza una función de reparto de carga entre los tres ejes. Este reparto de cargas es un reparto teórico porque el primer eje siempre está menos cargado que los demás pero para los cálculos de resistencia de materiales de este tipo de estructuras se considera lo suficientemente preciso.

Los límites de carga según el fabricante de los ejes son los siguientes:

	PESO
“King pin”	150 000 N
1º eje	90 000 N
2º eje	90 000 N
3º eje	90 000 N

Tenemos, por tanto, que el peso de contenedor + carga¹ puede tomar un valor de:

$$\text{MMA} - \text{TARA} = 32\,000 - 5\,500 = 26\,500 \text{ Kg (Conjunto de 5 ejes)}$$

$$\text{MMA} - \text{TARA} = 37\,000 - 5\,500 = 31\,500 \text{ Kg (Conjunto de 6 ejes)}$$

¹ Se entiende carga como la masa de la mercancía transportable.



Para la configuración del conjunto de 5 ejes se escogerá la MMA para los contenedores, ya que normalmente son estos los que condicionan la carga del semi-remolque.

Esta carga se considera a efectos de cálculo como una carga Q uniformemente repartida a lo largo del chasis y situada simétricamente respecto al eje longitudinal.

Se deberá comprobar que con las medidas adoptadas para la distribución del chasis, las cargas sobre los ejes no superaran en ningún caso las máximas establecidas por el fabricante de los ejes.

1.2.1.1.a. Reparto de cargas posición 1

Si realizamos los cálculos para el reparto de cargas semi-remolque para la posición de 1, representado en la figura 4, correspondiente a la posición del contenedor de 20 pies, obtenemos:

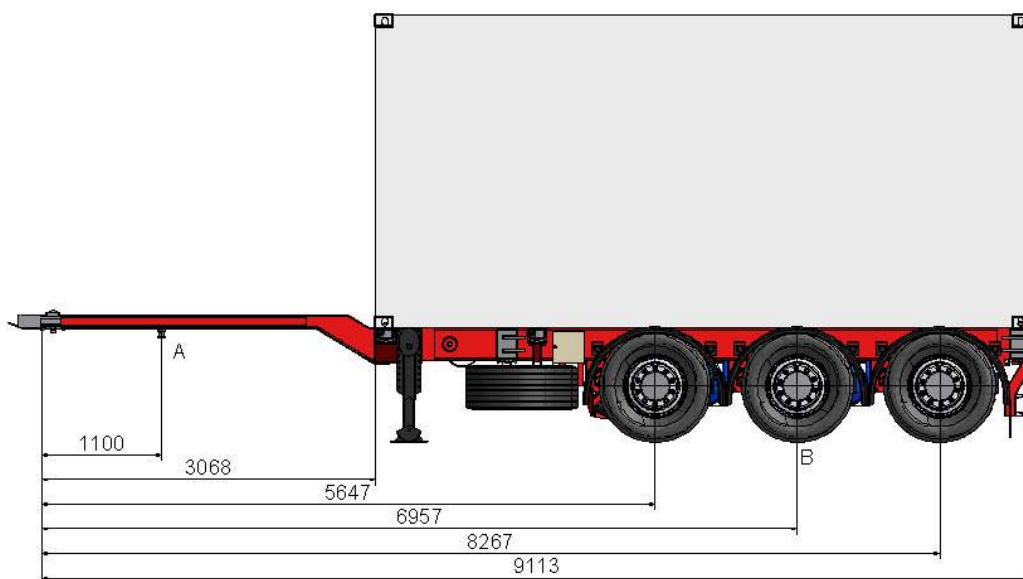


Figura 4.

La carga Q uniformemente repartida para la TARA del semi-remolque será de:

$$[1] \quad Q = 55\,000 \text{ N} / 9,118 \text{ m} = 6\,032 \text{ N/m}$$



$$[2] \quad \Sigma M_A = 6\,032 \cdot (8,018^2/2) - 6\,032 \cdot (1,1^2/2) - R_B \cdot 5,864 = 0$$

$$R_B = 32\,442,9 \text{ N}$$

$$[3] \quad \Sigma M_B = 6\,032 \cdot (6,964^2/2) - 6\,032 \cdot (2,154^2/2) - R_A \cdot 5,864 = 0$$

$$R_A = 22\,557,1 \text{ N}$$

La carga Q uniformemente repartida para la carga del semi-remolque será de:

$$[4] \quad Q = 240\,000 \text{ N} / 6,058 \text{ m} = 39\,617 \text{ N/m}$$

$$[5] \quad \Sigma M_A = 39\,617 \cdot 6,058 \cdot 4,989 - R_B \cdot 5,864 = 0$$

$$R_B = 204\,188,3 \text{ N}$$

$$[6] \quad \Sigma M_B = 39\,617 \cdot (3,904^2/2) - 39\,617 \cdot (2,154^2/2) - R_A \cdot 5,864 = 0$$

$$R_A = 35\,811,7 \text{ Kg}$$

De los datos obtenidos se realiza la siguiente tabla con el reparto de cargas:

	KING-PIN	1º eje	2º eje	3º eje
Debido a la TARA	22 557,1 N	10 814,3 N	10 814,3 N	10 814,3 N
Debido a la carga	35 811,7 N	68 062,7 N	68 062,7 N	68 062,7 N
Total	58 368,8 N	78 877,1 N	78 877,1 N	78 877,1 N

Como se puede comprobar en ninguno de los ejes se supera los límites del fabricante.

Para realizar los cálculos de la opción del semi-remolque configurado para un conjunto de 6 ejes se realizaría el mismo procedimiento, cambiando la cota del king-ping que varía, por lo que se extraen de la hoja de excell que se acompaña en el CD.

De los datos obtenidos se realiza la siguiente tabla con el reparto de cargas:

	KING-PIN	1º eje	2º eje	3º eje
Debido a la TARA	21 459,3 N	11 180,2 N	11 180,2 N	11 180,2 N
Debido a la carga	39 037,2 N	78 654,3 N	78 654,3 N	78 654,3 N



	KING-PIN	1° eje	2° eje	3° eje
Total	60 496,4 N	89 834,5 N	89 834,5 N	89 834,5 N

Como se puede comprobar en ninguno de los ejes se supera los límites del fabricante.

1.2.1.1.b. Reparto de cargas posición 2

Si realizamos los cálculos para el reparto de cargas del semi-remolque para la posición 2, representado en la figura 5, correspondiente a la posición del contenedor de 30 pies, obtenemos:

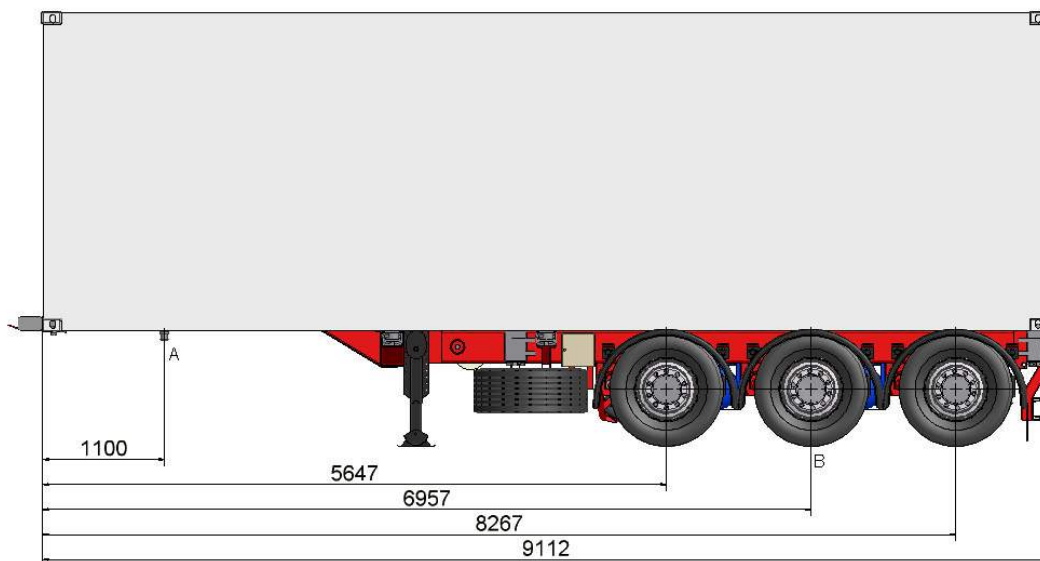


Figura 5.

La carga Q uniformemente repartida para la TARA del semi-remolque será de:

$$[7] \quad Q = 55\,000 \text{ N} / 9,118 \text{ m} = 6\,032 \text{ N/m}$$

$$[8] \quad \sum M_A = 6\,032 \cdot (8,018^2/2) - 6\,032 \cdot (1,1^2/2) - R_B \cdot 5,864 = 0$$

$$R_B = 32\,442,9 \text{ N}$$

$$[9] \quad \sum M_B = 6\,032 \cdot (6,964^2/2) - 6\,032 \cdot (2,154^2/2) - R_A \cdot 5,864 = 0$$

$$R_A = 22\,557,1 \text{ N}$$



La carga Q uniformemente repartida para la carga del semi-remolque será de:

$$[10] \quad Q = 254\,000 \text{ N} / 9,118 \text{ m} = 27\,857 \text{ N/m}$$

$$[11] \quad \sum M_A = 27\,857 \cdot (8,018^2/2) - 27\,857 \cdot (1,1^2/2) - R_B \cdot 5,864 = 0$$

$$R_B = 149\,827,1 \text{ N}$$

$$[12] \quad \sum M_B = 27\,857 \cdot (6,964^2/2) - 27\,857 \cdot (2,154^2/2) - R_A \cdot 5,864 = 0$$

$$R_A = 104\,172,9 \text{ N}$$

De los datos obtenidos se realiza la siguiente tabla con el reparto de cargas:

	KING-PIN	1º eje	2º eje	3º eje
Debido a la TARA	22 557,1 N	10 814,3 N	10 814,3 N	10 814,3 N
Debido a la carga	104 172,9 N	49 942,4 N	49 942,4 N	49 942,4 N
Total	126 730,0 N	60 756,6 N	60 756,6 N	60 756,6 N

Como se puede comprobar en ninguno de los ejes se supera los límites del fabricante.

Para realizar los cálculos de la opción del semi-remolque configurado para un conjunto de 6 ejes se realizaría el mismo procedimiento, cambiando la cota del king-ping que varia, por lo que se extraen de la hoja de excell que se acompaña en el CD.

	KING-PIN	1º eje	2º eje	3º eje
Debido a la TARA	21 459,3 N	11 180,2 N	11 180,2 N	11 180,2 N
Debido a la carga	107 296,4 N	55 901,2 N	55 901,2 N	55 901,2 N
Total	128 755,7 N	67 081,4 N	67 081,4 N	67 081,4 N

Como se puede comprobar en ninguno de los ejes se supera los límites del fabricante.



1.2.1.1.c. Reparto de cargas posición 3

Si realizamos los cálculos para el reparto de cargas del semi-remolque para la posición 3, representado en la figura 6, correspondiente a la posición del contenedor de 40 pies o bien la de dos contenedores de 20 pies, obtenemos:

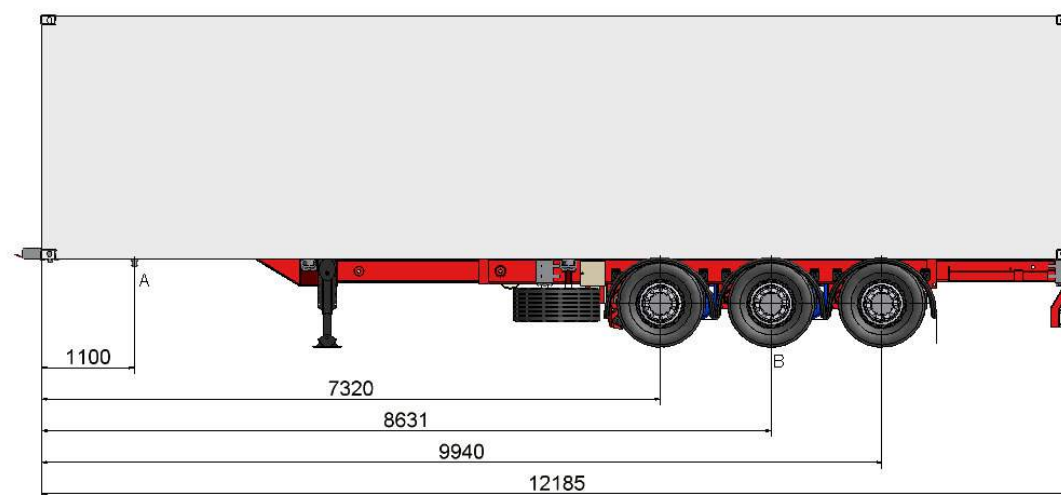


Figura 6.

La carga Q uniformemente repartida para la TARA del semi-remolque será de:

$$[13] \quad Q = 55\,000 \text{ N} / 12,192 \text{ m} = 4\,513,4 \text{ N/m}$$

$$[14] \quad \sum M_A = 4\,513,4 \cdot (11,086^2/2) - 4\,513,4 \cdot (1,1/2) - R_B \cdot 7,532 = 0$$

$$R_B = 36\,459,8 \text{ N}$$

$$[15] \quad \sum M_B = 4\,513,4 \cdot (8,632^2/2) - 4\,513,4 \cdot (3,554^2/2) - R_A \cdot 7,532 = 0$$

$$R_A = 18\,540,2 \text{ N}$$

La carga Q uniformemente repartida para la carga del semi-remolque será de:



$$[16] \quad Q = 304\,800 \text{ N} / 12,192 \text{ m} = 25\,012,3 \text{ N/m}$$

$$[17] \quad \sum M_A = 25\,012,3 \cdot (11,086^2/2) - 25\,012,3 \cdot (1,1/2) - R_B \cdot 7,532 = 0$$

$$R_B = 202\,053,4 \text{ N}$$

$$[18] \quad \sum M_B = 25\,012,3 \cdot (8,632^2/2) - 25\,012,3 \cdot (3,554^2/2) - R_A \cdot 7,532 = 0$$

$$R_A = 102\,746,6 \text{ N}$$

De los datos obtenidos se realiza la siguiente tabla con el reparto de cargas:

	KING-PIN	1° eje	2° eje	3° eje
Debido a la TARA	18 540,2 N	12 153,3 N	12 153,3 N	12 153,3 N
Debido a la carga	102 746,6 N	67 351,1 N	67 351,1 N	67 351,1 N
Total	121 286,8 N	79 504,4 N	79 504,4 N	79 504,4 N

Como se puede comprobar en ninguno de los ejes se supera los límites del fabricante.

Para realizar los cálculos de la opción del semi-remolque configurado para un conjunto de 6 ejes se realizaría el mismo procedimiento, cambiando la cota del king-ping que varía, por lo que se extraen de la hoja de excell que se acompaña en el CD.

	KING-PIN	1° eje	2° eje	3° eje
Debido a la TARA	17 830,1 N	12 390,0 N	12 390,0 N	12 390,0 N
Debido a la carga	102 117,6 N	70 960,8 N	70 960,8 N	70 960,8 N
Total	119 947,7 N	83 350,8 N	83 350,8 N	83 350,8 N

Como se puede comprobar en ninguno de los ejes se supera los límites del fabricante.

1.2.1.1.d. Reparto de cargas posición 4

Si realizamos los cálculos para el reparto de cargas del semi-remolque para la posición 4, representado en la figura 7, correspondiente a la posición del contenedor de 45 pies, obtenemos:



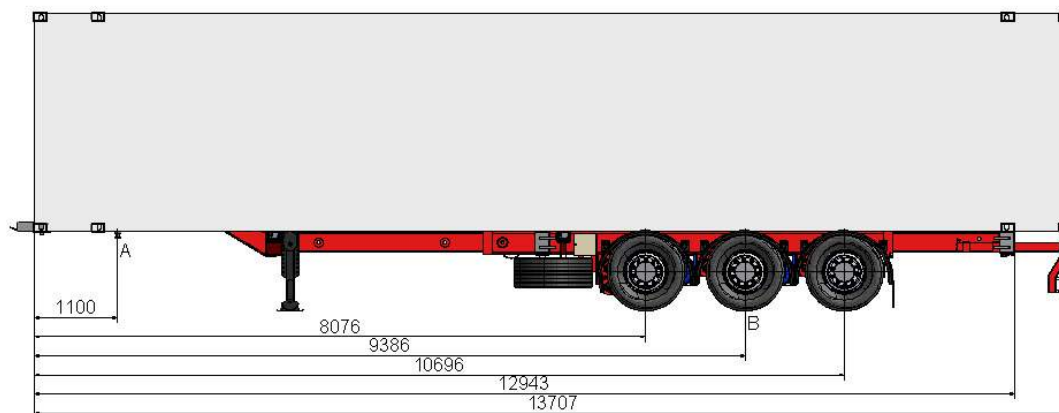


Figura 7.

La carga Q uniformemente repartida para la TARA del semi-remolque será de:

$$[19] \quad Q = 55\,000 \text{ N} / 13,716 \text{ m} = 4\,248,1 \text{ N/m}$$

$$[20] \quad \sum M_A = 4\,248,1 \cdot (11,847^2/2) - 4\,248,1 \cdot (1,1/2) - R_B \cdot 7,532 = 0$$

$$R_B = 35\,637,6 \text{ N}$$

$$[21] \quad \sum M_B = 4\,248,1 \cdot (9,393^2/2) - 4\,248,1 \cdot (3,554^2/2) - R_A \cdot 8,293 = 0$$

$$R_A = 19\,362,4 \text{ N}$$

La carga Q uniformemente repartida para la carga del semi-remolque será de:

$$[22] \quad Q = 304\,800 \text{ N} / 13,716 \text{ m} = 23\,542,1 \text{ N/m}$$

$$[23] \quad \sum M_A = 23\,542,1 \cdot (11,847^2/2) - 23\,542,1 \cdot (1,1/2) - R_B \cdot 7,532 = 0$$

$$R_B = 197\,497,0 \text{ N}$$

$$[24] \quad \sum M_B = 23\,542,1 \cdot (9,393^2/2) - 23\,542,1 \cdot (3,554^2/2) - R_A \cdot 8,293 = 0$$

$$R_A = 107\,022,3 \text{ N}$$

De los datos obtenidos se realiza la siguiente tabla con el reparto de cargas:



	KING-PIN	1º eje	2º eje	3º eje
Debido a la TARA	19 362,4 N	11 874,2 N	11 874,2 N	11 874,2 N
Debido a la carga	107 303,0 N	65 832,3 N	65 832,3 N	65 832,3 N
Total	126 665,4 N	77 711,5 N	77 711,5 N	77 711,5 N

Como se puede comprobar en ninguno de los ejes se supera los límites del fabricante.

Para realizar los cálculos de la opción del semi-remolque configurado para un conjunto de 6 ejes se realizaría el mismo procedimiento, cambiando la cota del king-ping que varia, por lo que se extraen de la hoja de excell que se acompaña en el CD.

	KING-PIN	1º eje	2º eje	3º eje
Debido a la TARA	18 686,4 N	12 104,5 N	12 104,5 N	12 104,5 N
Debido a la carga	107 022,3 N	69 325,9 N	69 325,9 N	69 325,9 N
Total	125 708,7 N	81 430,4 N	81 430,4 N	81 430,4 N

Como se puede comprobar en ninguno de los ejes se supera los límites del fabricante.

1.2.1.2. Cálculo de las tensiones cortantes y momentos flectores

Para determinar las tensiones cortantes y los momentos flectores utilizamos los repartos de cargas del apartado anterior.

1.2.1.2.a. Diagramas de cortantes y momentos flectores de la posición 1

El diagrama de cortantes y momentos flectores se puede representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la figura 4:

De 0 a 1,1 m

$$[25] \quad Q_{x_1} = -6\,032 \cdot x_1$$

$$[26] \quad M_{x_1} = -6\,032 \cdot x_1^2/2$$

De 1,1 a 3,068 m

$$[27] \quad Q_{x_2} = -6\,032 \cdot (1,1 + x_2) + 58\,368,9$$

$$[28] \quad M_{x_2} = -6\,032 \cdot (1,1 + x_2)^2/2 + 58\,368,9 \cdot x_2$$

De 3,068 a 5,647 m



$$[29] \quad Q_{x_3} = -6\,032 \cdot (3,06 + x_3) + 58\,368,9 - 39\,617 \cdot x_3$$

$$[30] \quad M_{x_3} = -6\,032 \cdot (3,06 + x_3)^2/2 + 58\,368,9 \cdot (1,96 + x_3) - 39\,617 \cdot x_3^2/2$$

De 5,647 a 6,957 m

$$[31] \quad Q_{x_4} = -6\,032 \cdot (5,654 + x_4) + 58\,368,9 - 39\,617 \cdot (2,594 + x_4) + 78\,877$$

$$[32] \quad M_{x_4} = -6\,032 \cdot (5,654 + x_4)^2/2 + 58\,368,9 \cdot (4,554 + x_4) - 39\,617 \cdot (2,594 + x_4)^2/2 + 78\,877 \cdot x_4$$

De 6,957 a 8,267 m

$$[33] \quad Q_{x_5} = -6\,032 \cdot (6,964 + x_5) + 58\,368,9 - 39\,617 \cdot (3,904 + x_5) + 78\,877 + 78\,877$$

$$[34] \quad M_{x_5} = -6\,032 \cdot (6,964 + x_5)^2/2 + 58\,368,9 \cdot (5,864 + x_5) - 39\,617 \cdot (3,904 + x_5)^2/2 + 78\,877 \cdot (1,31 + x_5) + 78\,877 \cdot x_5$$

De 8,267 a 9,113 m

$$[35] \quad Q_{x_6} = -6\,032 \cdot (8,274 + x_6) + 58\,368,9 - 39\,617 \cdot (5,214 + x_6) + 78\,877 + 78\,877 + 78\,877$$

$$[36] \quad M_{x_6} = -6\,032 \cdot (8,274 + x_6)^2/2 + 58\,368,9 \cdot (7,174 + x_6) - 39\,617 \cdot (5,214 + x_6)^2/2 + 78\,877 \cdot (1,31 + x_6) + 78\,877 \cdot (2,62 + x_6) + 78\,877 \cdot x_6$$

Las gráficas que representan estas funciones matemáticas son las representadas en los siguientes gráficos.

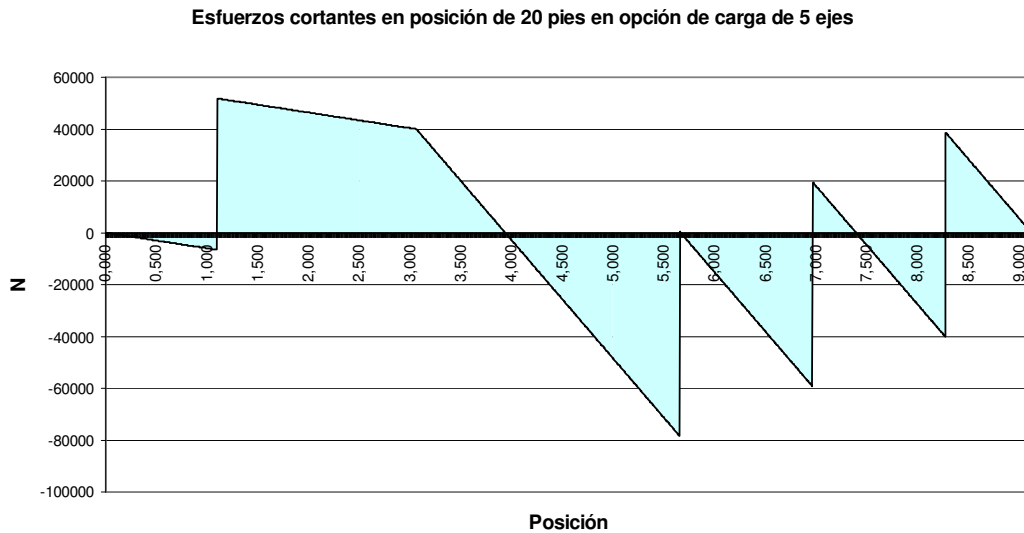


Gráfico 2



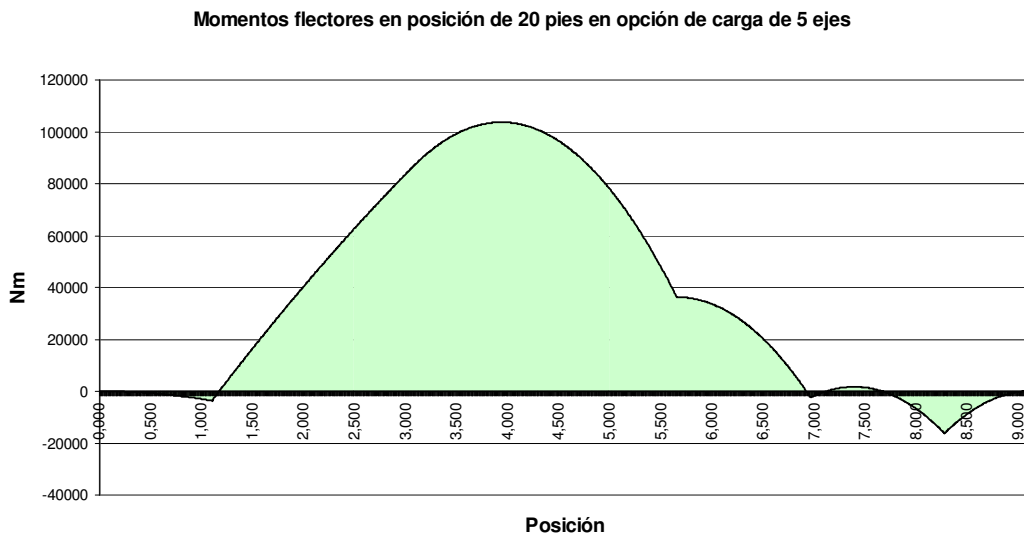


Gráfico 3

Las funciones matemáticas que representan los diagramas de cortantes y momentos flectores de la opción de 6 ejes no se describen por ser iguales a las anteriores cambiando las cargas y la posición del king pin pero si se representan sus gráficas a continuación:



Esfuerzos cortantes en posición de 20 pies en opción de carga de 6 ejes

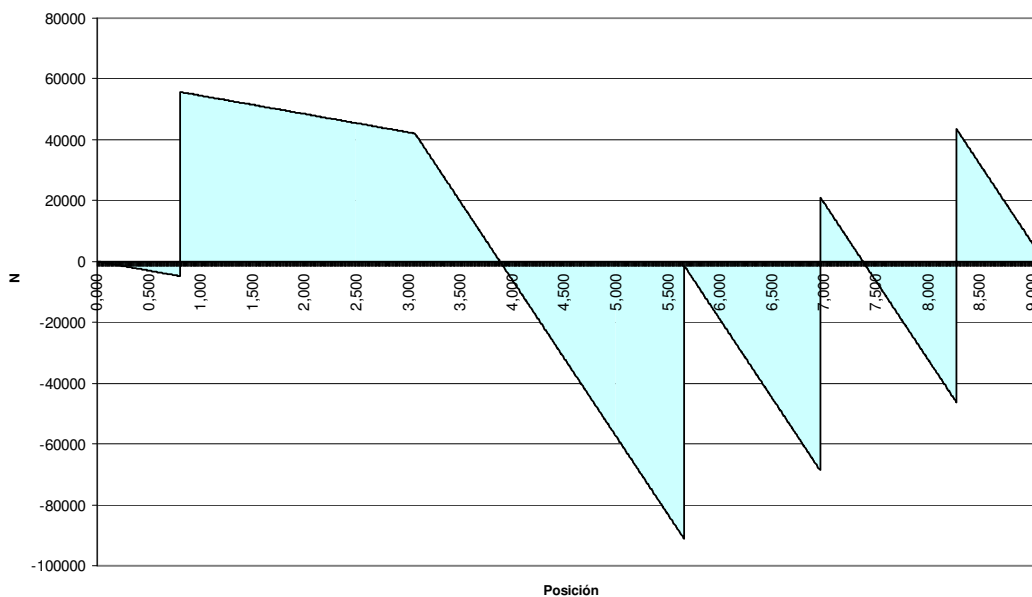


Gráfico 4

Momentos flectores en posición de 20 pies en opción de carga de 6 ejes

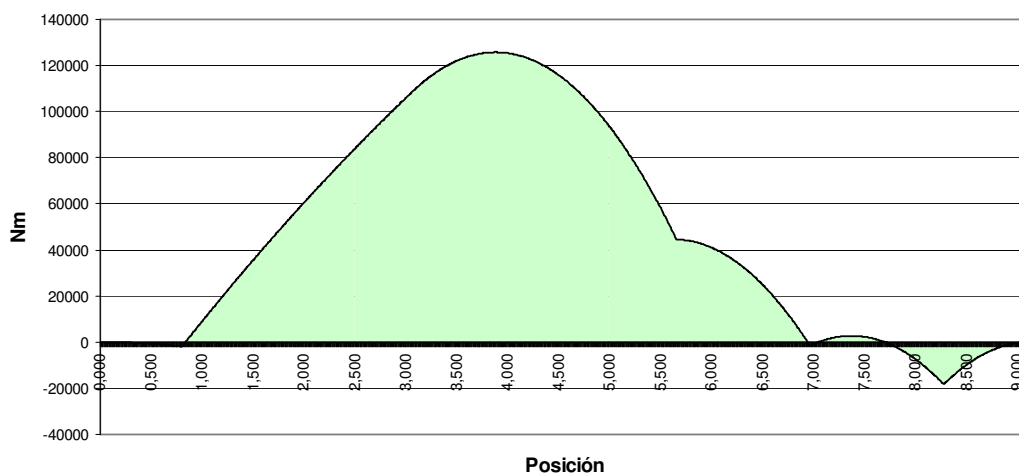


Gráfico 5

1.2.1.2.b. Diagramas de cortantes y momentos flectores de la posición 2

El diagrama de cortantes y momentos flectores se puede representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la figura 5:



De 0 a 1,1 m

$$[37] \quad Q_{x_1} = - (6\,032 + 27\,877) \cdot x_1$$

$$[38] \quad M_{x_1} = - (6\,032 + 27\,857) \cdot x_1^2/2$$

De 1,1 a 5,647 m

$$[39] \quad Q_{x_2} = - (6\,032 + 27\,857) \cdot (1,1 + x_2) + 126\,730$$

$$[40] \quad M_{x_2} = - (6\,032 + 27\,857) \cdot (1,1 + x_2)^2/2 + 126\,730 \cdot x_2$$

De 5,647 a 6,957 m

$$[41] \quad Q_{x_3} = - (6\,032 + 27\,857) \cdot (5,654 + x_3) + 126\,730 + 60\,756,7$$

$$[42] \quad M_{x_3} = - (6\,032 + 27\,857) \cdot (5,654 + x_3)^2/2 + 126\,730 \cdot (4,554 + x_3) + 60\,756,7 \cdot x_3$$

De 6,957 a 8,267 m

$$[43] \quad Q_{x_4} = - (6\,032 + 27\,857) \cdot (6,964 + x_4) + 126\,730 + 60\,756,7 + 60\,756,7$$

$$[44] \quad M_{x_4} = - (6\,032 + 27\,857) \cdot (6,964 + x_4)^2/2 + 126\,730 \cdot (5,864 + x_4) + 60\,756,7 \cdot (1,31 + x_4) + 60\,756,7 \cdot x_4$$

De 8,267 a 9,113

$$[45] \quad Q_{x_5} = - (6\,032 + 27\,857) \cdot (8,274 + x_5) + 126\,730 + 60\,756,7 + 60\,756,7 + 60\,756,7$$

$$[46] \quad M_{x_5} = - (6\,032 + 27\,857) \cdot (8,274 + x_5)^2/2 + 126\,730 \cdot (7,174 + x_4) + 60\,756,7 \cdot (2,62 + x_5) + 60\,756,7 \cdot (1,31 + x_5) + 60\,756,7 \cdot x_5$$

Las gráficas que representan estas funciones matemáticas son las representadas en los siguientes gráficos.



Esfuerzos cortantes en posición de 30 pies en opción de carga de 5 ejes

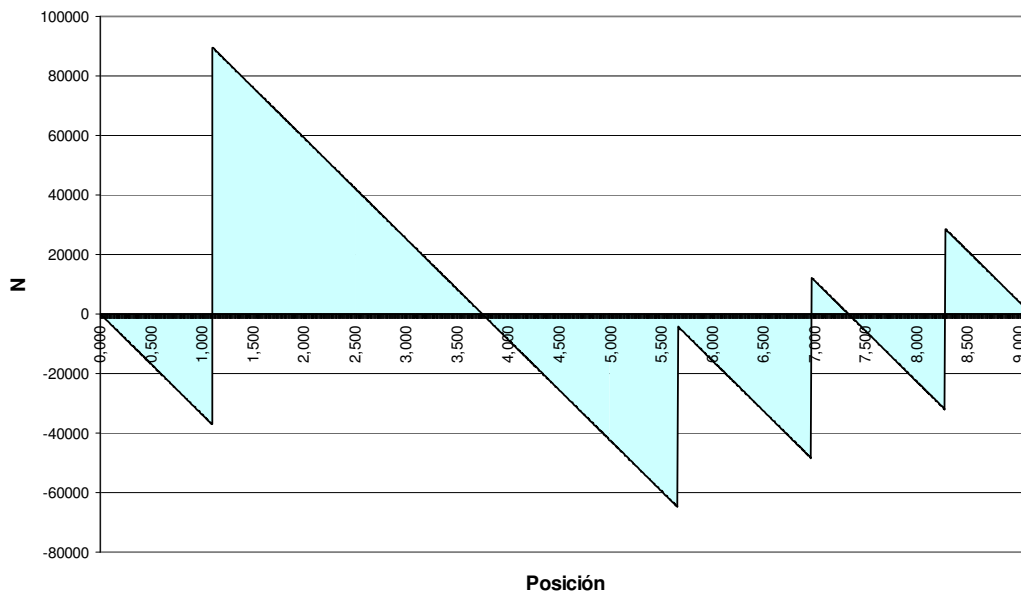


Gráfico 6

Momentos flectores en posición de 30 pies en opción de carga de 5 ejes

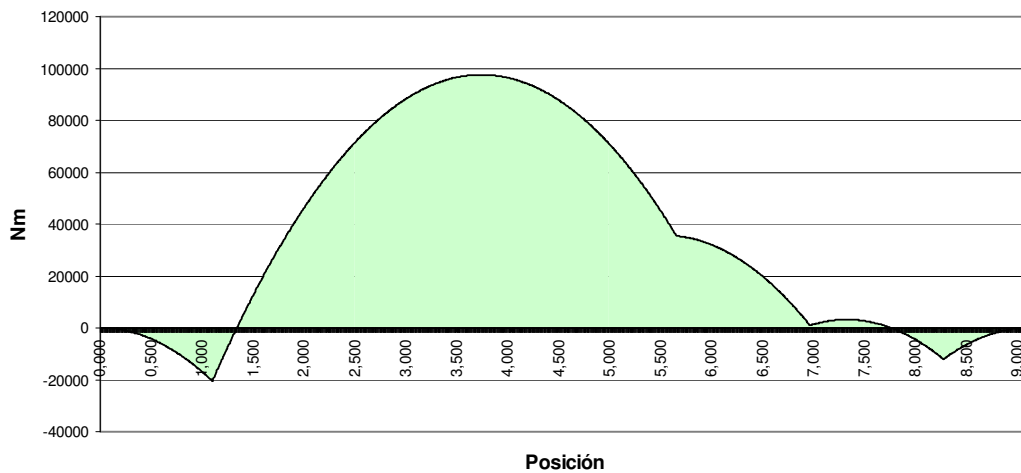


Gráfico 7

Las funciones matemáticas que representan los diagramas de cortantes y momentos flectores de la opción de 6 ejes no se describen por ser iguales a las anteriores cambiando las cargas y la posición del king pin pero si se representan sus gráficas a continuación:



Esfuerzos cortantes en posición de 30 pies en opción de carga de 6 ejes

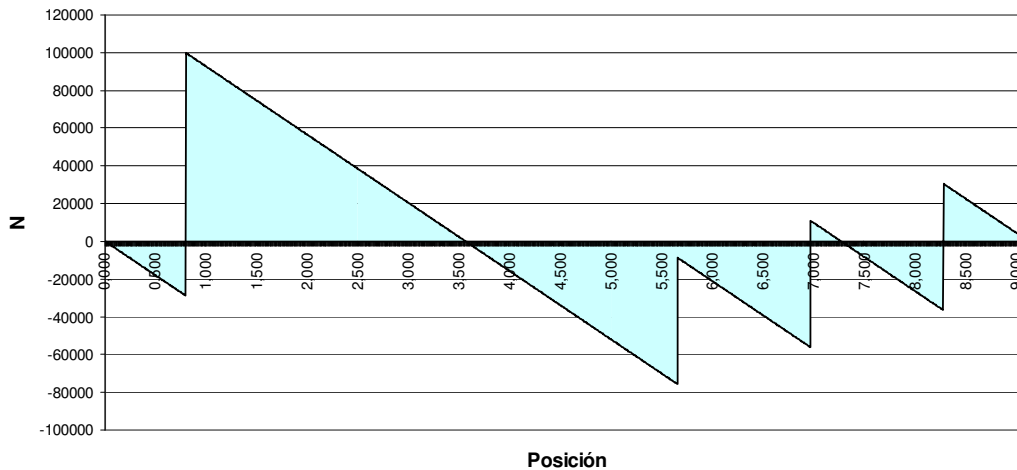


Gráfico 8

Momentos flectores en posición de 30 pies en opción de carga de 6 ejes

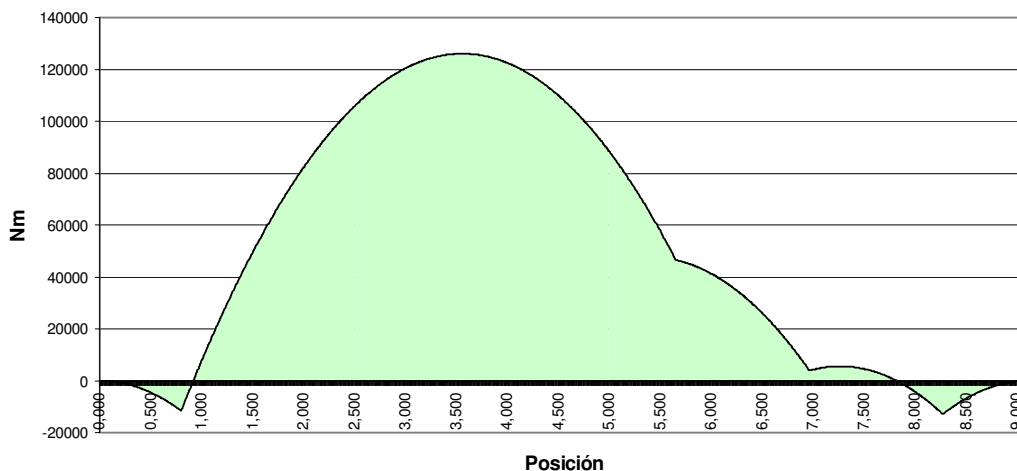


Gráfico 9

1.2.1.2.c. Diagramas de cortantes y momentos flectores de la posición 3

El diagrama de cortantes y momentos flectores se puede representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la figura 6:

De 0 a 1,1 m

[47] $Q_{x_1} = - (4\ 513,4 + 25\ 012,3) \cdot x_1$
 [48] $M_{x_1} = - (4\ 513,4 + 25\ 012,3) \cdot x_1^2 / 2$



De 1,1 a 7,32 m

$$[49] \quad Q_{x_2} = - (4\,513,4 + 25\,012,3) \cdot (1,1 + x_2) + 121\,288,8$$

$$[50] \quad M_{x_2} = - (4\,513,4 + 25\,012,3) \cdot (1,1 + x_2)^2/2 + 121\,288,8 \cdot x_2$$

De 7,32 a 8,631 m

$$[51] \quad Q_{x_3} = - (4\,513,4 + 25\,012,3) \cdot (7,322 + x_3) + 121\,288,8 + 79\,504,4$$

$$[52] \quad M_{x_3} = - (4\,513,4 + 25\,012,3) \cdot (7,322 + x_3)^2/2 + 121\,288,8 \cdot (6,222 + x_3) + 79\,504,4 \cdot x_3$$

De 8,631 a 9,94 m

$$[53] \quad Q_{x_4} = - (4\,513,4 + 25\,012,3) \cdot (8,632 + x_4) + 121\,288,8 + 79\,504,4 + 79\,504,4$$

$$[54] \quad Q_{x_4} = - (4\,513,4 + 25\,012,3) \cdot (8,632 + x_4)^2/2 + 121\,288,8 \cdot (7,532 + x_4) + 79\,504,4 \cdot (1,31 + x_4) + 79\,504,4 \cdot x_4$$

De 9,94 a 12,185

$$[55] \quad Q_{x_5} = - (4\,513,4 + 25\,012,3) \cdot (9,942 + x_5) + 121\,288,8 + 79\,504,4 + 79\,504,4 + 79\,504,4$$

$$[56] \quad M_{x_5} = - (4\,513,4 + 25\,012,3) \cdot (9,942 + x_5)^2/2 + 121\,288,8 \cdot (8,842 + x_4) + 79\,504,4 \cdot (2,62 + x_5) + 79\,504,4 \cdot (1,31 + x_5) + 79\,504,4 \cdot x_5$$

Las gráficas que representan estas funciones matemáticas son las representadas en los siguientes gráficos.

Esfuerzos cortantes en posición de 40 pies en opción de carga de 5 ejes

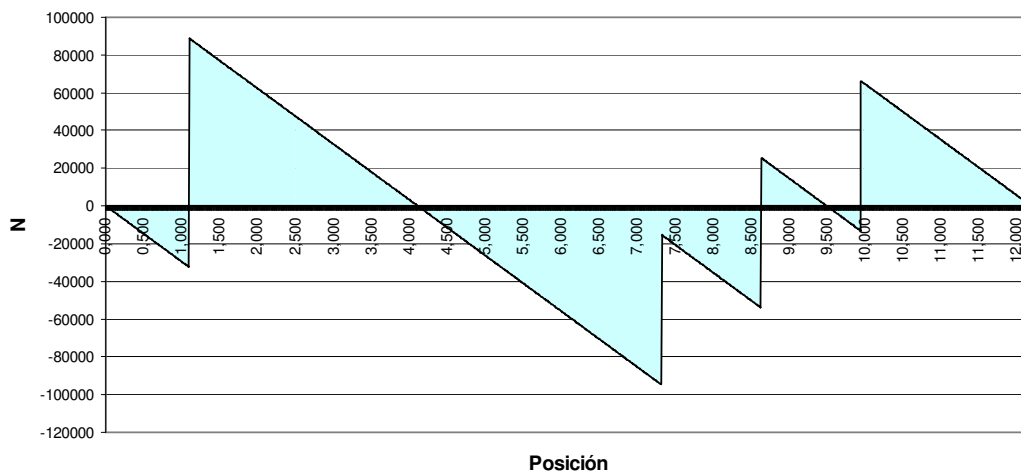


Gráfico 10



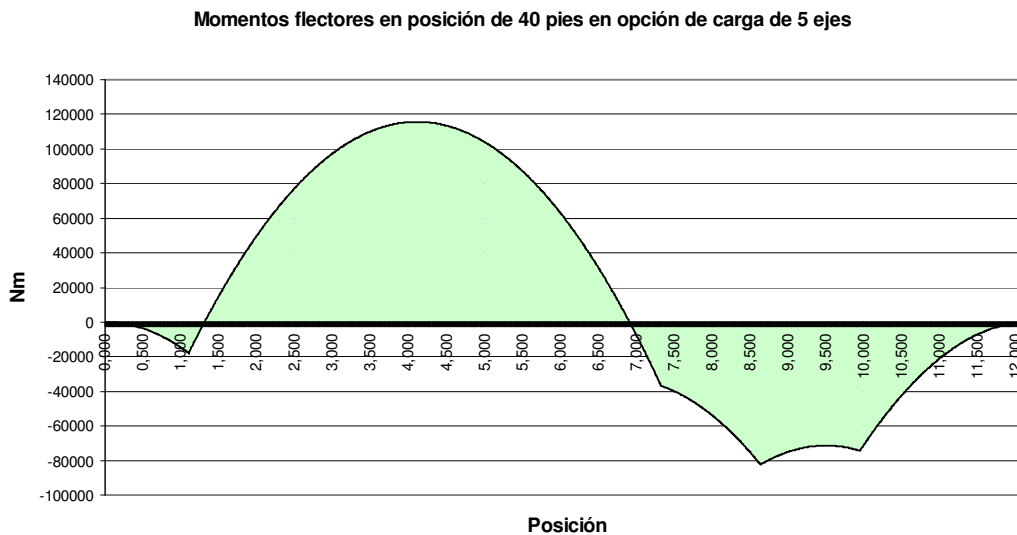


Gráfico 11

Las funciones matemáticas que representan los diagramas de cortantes y momentos flectores de la opción de 6 ejes no se describen por ser iguales a las anteriores cambiando las cargas y la posición del king pin pero si se representan sus gráficas a continuación:

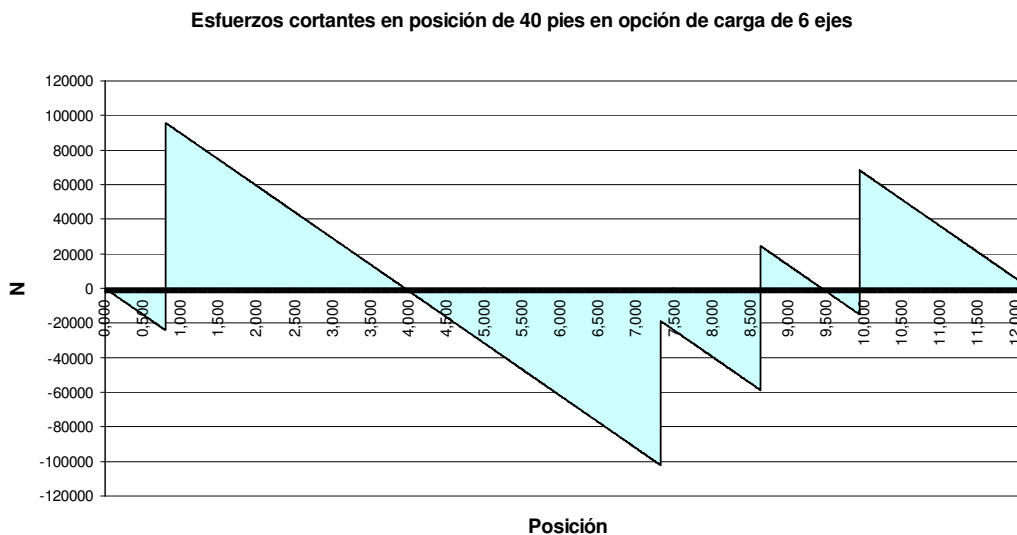


Gráfico 12



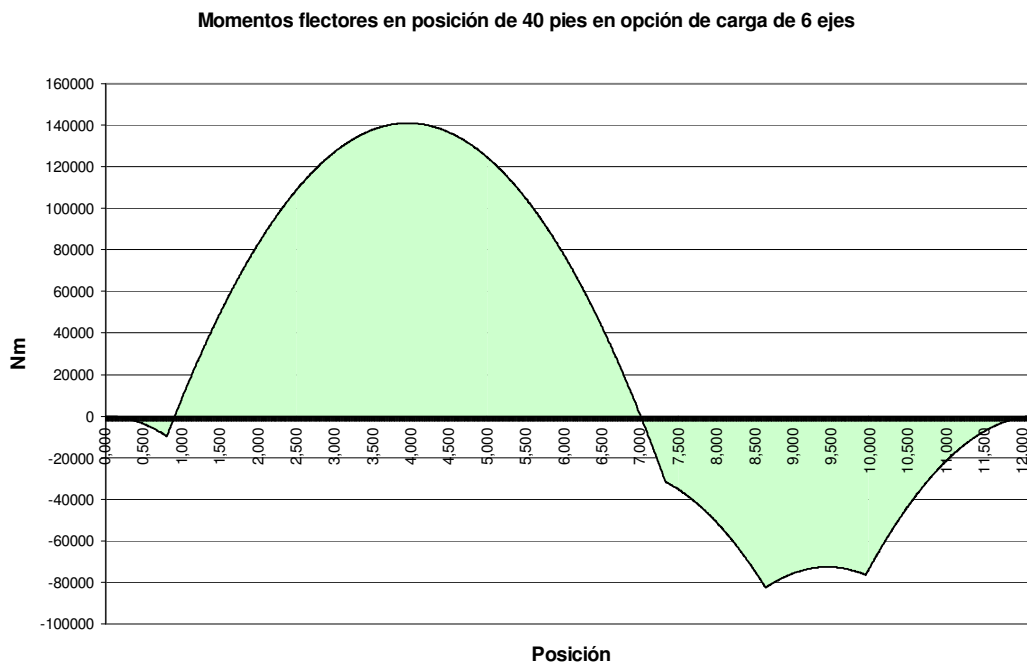


Gráfico 13

1.2.1.2.d. Diagramas de cortantes y momentos flectores de la posición 4

El diagrama de cortantes y momentos flectores se puede representar con las siguientes funciones matemáticas, correspondientes a la figura 7:

De 0 a 1,1 m

$$[57] \quad Q_{X_1} = - (4\,248,1 + 23\,542,1) \cdot x_1$$

$$[58] \quad M_{X_1} = - (4\,248,1 + 23\,542,1) \cdot x_1^2/2$$

De 1,1 a 8,076 m

$$[59] \quad Q_{X_2} = - (4\,248,1 + 23\,542,1) \cdot (1,1 + x_2) + 126\,665,4$$

$$[60] \quad M_{X_2} = - (4\,248,1 + 23\,542,1) \cdot (1,1 + x_2)^2/2 + 126\,665,4 \cdot x_2$$

De 8,076 a 9,386 m

$$[61] \quad Q_{X_3} = - (4\,248,1 + 23\,542,1) \cdot (8,083 + x_3) + 126\,665,4 + 77\,711,5$$

$$[62] \quad M_{X_3} = - (4\,248,1 + 23\,542,1) \cdot (8,083 + x_3)^2/2 + 126\,665,4 \cdot (6,983 + x_3) + 77\,711,5 \cdot x_3$$

De 9,386 a 10,696 m

$$[63] \quad Q_{X_4} = - (4\,248,1 + 23\,542,1) \cdot (9,393 + x_4) + 126\,665,4 + 77\,711,5 + 77\,711,5$$



[64] $M_{x_4} = - (4\ 248,1 + 23\ 542,1) \cdot (9,393 + x_4)^2/2 + 126\ 665,4 \cdot (8,293 + x_4) + 77\ 711,5 \cdot (1,31 + x_4) + 77\ 711,5 \cdot x_4$

De 10,696 a 12,943 m

[65] $Q_{x_5} = - (4\ 248,1 + 23\ 542,1) \cdot (10,703 + x_5) + 126\ 665,4 + 77\ 711,5 + 77\ 711,5 + 77\ 711,5$
 [66] $M_{x_5} = - (4\ 248,1 + 23\ 542,1) \cdot (10,703 + x_5)^2/2 + 126\ 665,4 \cdot (9,603 + x_4) + 77\ 711,5 \cdot (2,62 + x_5) + 77\ 711,5 \cdot (1,31 + x_5) + 77\ 711,5 \cdot x_5$

Las gráficas que representan estas funciones matemáticas son las representadas en los siguientes gráficos.

Esfuerzos cortantes en posición de 45 pies en opción de carga de 5 ejes

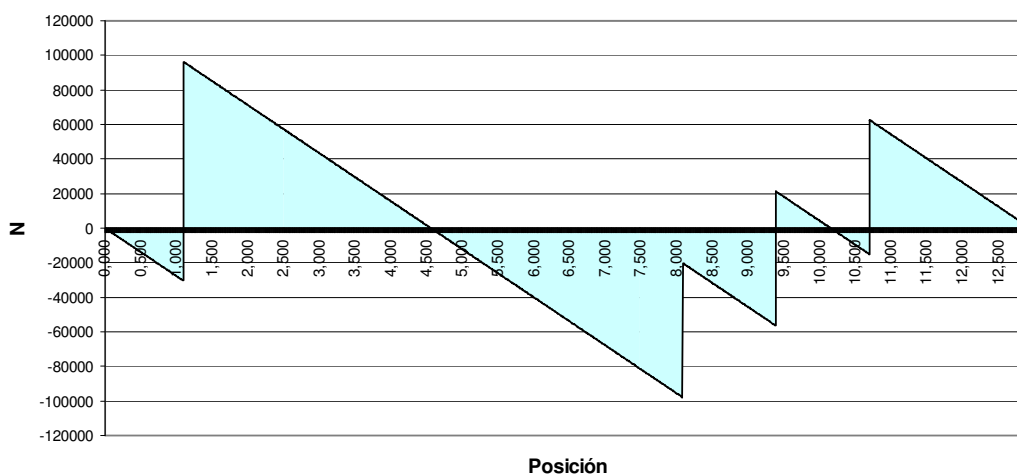


Gráfico 14



Momentos flectores en posición de 45 pies en opción de carga de 5 ejes

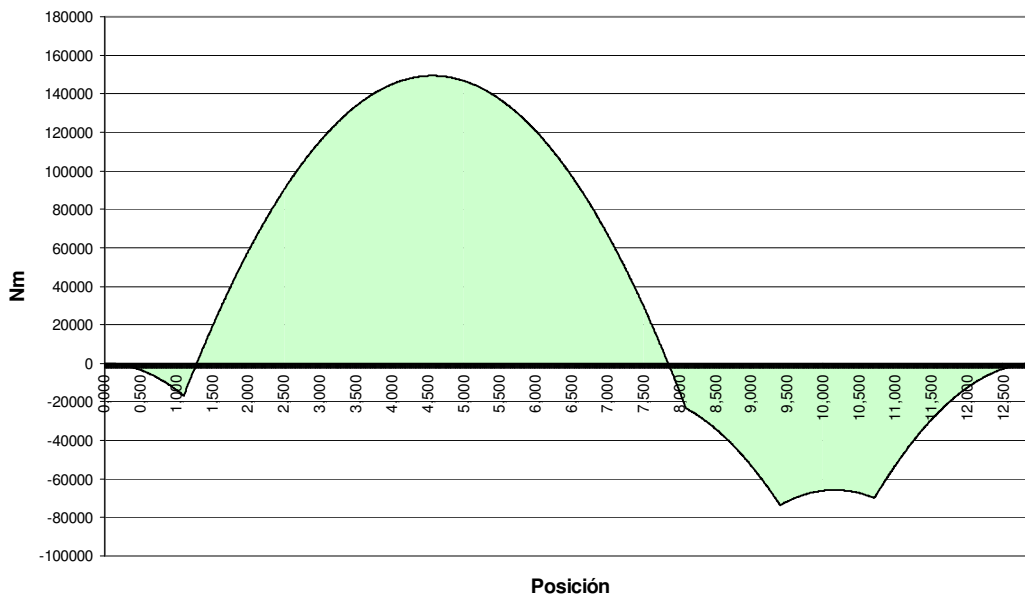


Gráfico 15

Las funciones matemáticas que representan los diagramas de cortantes y momentos flectores de la opción de 6 ejes no se describen por ser iguales a las anteriores cambiando las cargas y la posición del king pin pero si se representan sus gráficas a continuación:

Esfuerzos cortantes en posición de 45 pies en opción de carga de 6 ejes

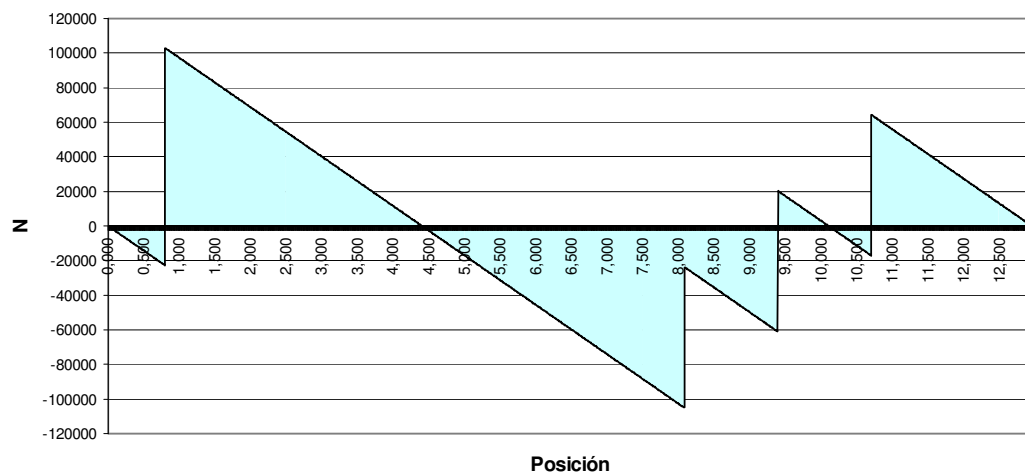


Gráfico 16



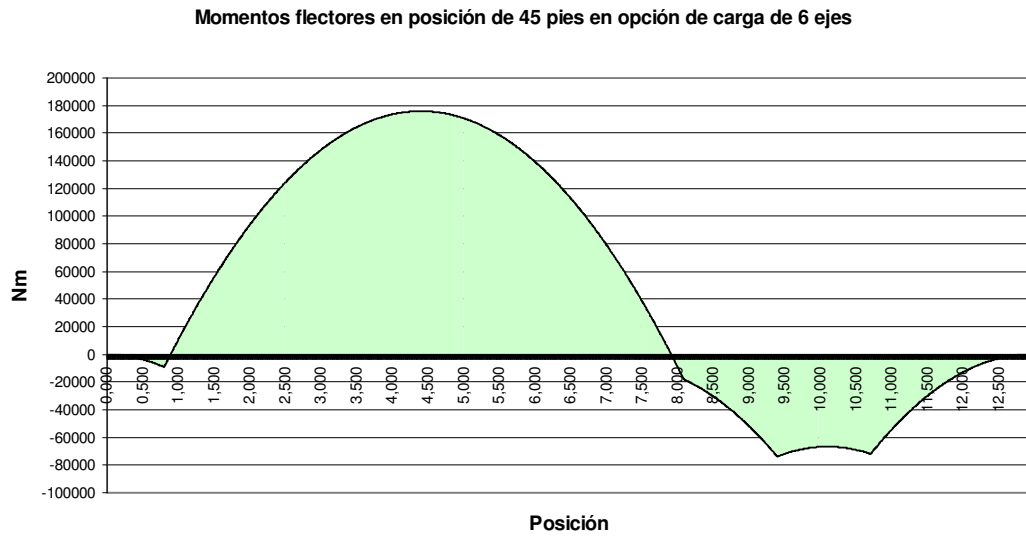


Gráfico 17

1.2.2. CÁLCULOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES

Para realizar los cálculos de resistencia de materiales se emplean los apartados 1.2.1.2 para cada posición.

Para tener una representación grafica de la utilización del material se representa en el gráfico 18, resultante de realizar la operación siguiente:

$$[67] \quad \sigma_{\max} = \frac{M}{W}$$

Donde M es el momento en la sección expresado en N-m y W es el modulo resistente de la misma, expresado en m³.



Tensiones máximas (5 ejes)

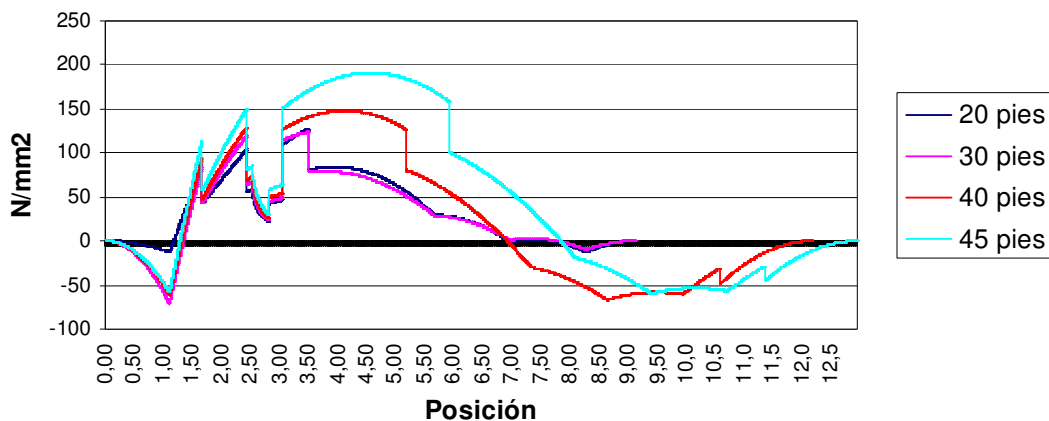


Gráfico 18

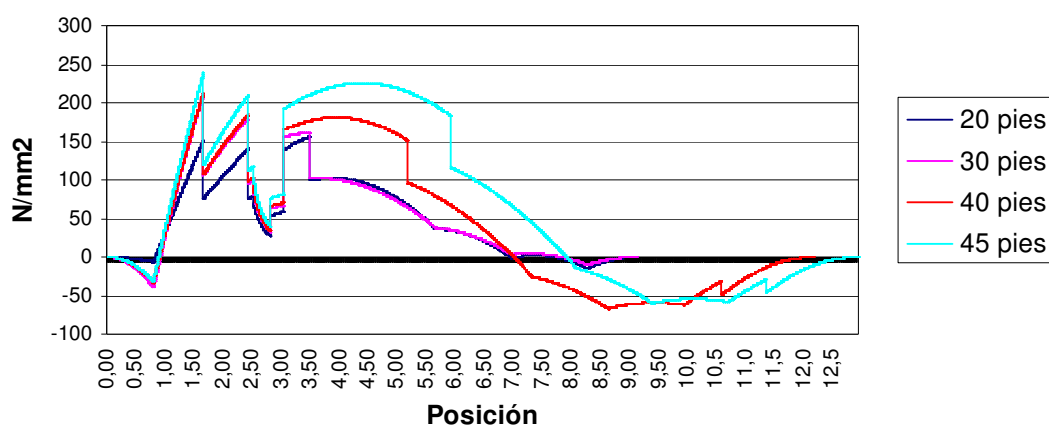
Como se puede observar para la configuración de 5 ejes, la tensión máxima se da en la viga IPE 270 modificada. Esta tensión máxima no supera el límite elástico del material por lo que se considera admisible.

En la gráfica 19 se representa lo mismo que en la gráfica 18 pero para la configuración de 6 ejes. Y como se puede observar el máximo se produce en el cuello pero como en el caso anterior la tensión máxima no supera el límite elástico del material por lo que se considera admisible.

En ambas configuraciones el coeficiente de seguridad es superior a 1,15 lo que se considera suficiente, considerando que en la realidad los mayores esfuerzos son absorbidos por el chasis del propio contenedor.



Tensiones máximas (6 ejes)



Gráfica 19

1.2.3. CALCULO DE LA ESTABILIDAD

Para el estudio de la estabilidad del semi-remolque consideramos además del caso de situación de marcha del vehículo, los casos en que se puedan presentar las situaciones más desfavorables.

1.2.3.1. Estabilidad longitudinal del semi-remolque en situación de marcha

El caso más desfavorable se produce cuando el semi-remolque circula a plena carga con una carga con un centro de gravedad elevado, en la posición 4.

Si realizamos un balance de momentos tomando como punto de referencia el contacto con el suelo del segundo eje, en el cual se puede representar la reacción producida por los tres ejes, y el centro de gravedad de la carga en la mitad de la misma y a una altura de tres cuartos de la altura máxima permitida, 3 m., representado en la figura 8:



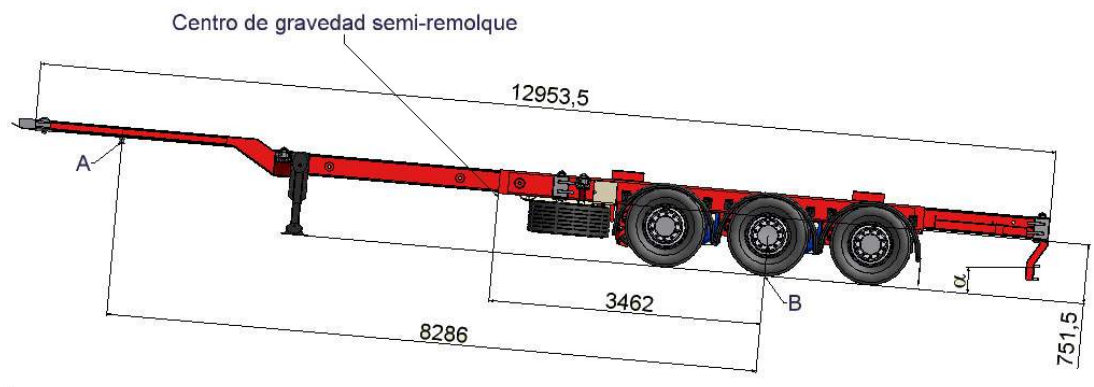


Figura 8

$$[68] \quad \sum M_B = 0 = R_A * 8,286 * \text{sen } \alpha + 265\,000 * \text{sen } \alpha * 2,909 + 55\,000 * \text{sen } \alpha * 3,462 - 265\,000 * \text{cos } \alpha * 3 - 55\,000 * \text{cos } \alpha * 0,751 = 0$$

En el límite antes del vuelco tenemos que R_A sea cero.

$$[69] \quad 961\,295 * \text{sen } \alpha - 836\,305 * \text{cos } \alpha = 0$$

$$[70] \quad \text{sen } \alpha / \text{cos } \alpha = 0.8699$$

Determinamos que la pendiente máxima admisible tiene que ser inferior al 87 % de pendiente.

1.2.3.2. Estabilidad transversal del semi-remolque en situación de marcha

El caso más desfavorable se produce, en este caso; como en el caso anterior, cuando el semi-remolque se encuentra plenamente cargado con una carga con un centro de gravedad elevado. Tomado las mismas consideraciones del centro de gravedad.

El ancho de vías de los ejes es de 2 040 mm.



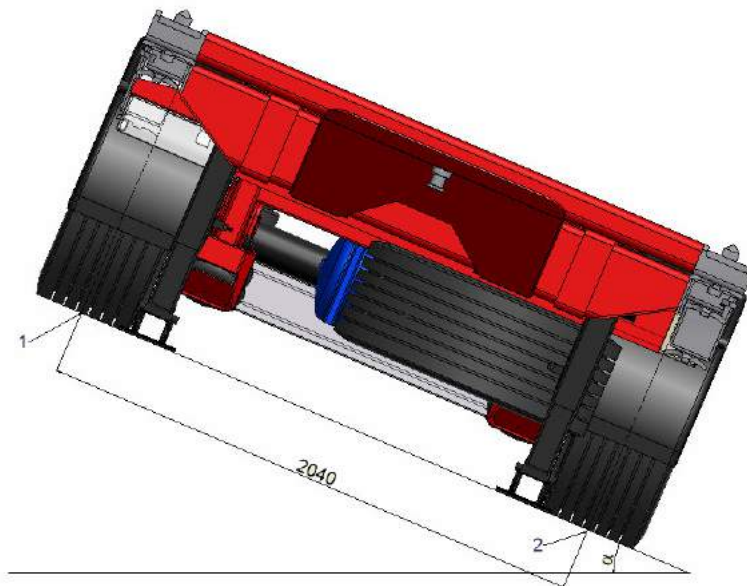


Figura 9

Si tomamos momentos respecto de uno de los puntos de contacto de las ruedas, tenemos:

$$[71] \quad \sum M_2 = R_1 * 2,04 * \text{sen } \alpha + 55\,000 * \text{sen } \alpha * 0,751 + 265\,000 * \text{sen } \alpha * 3 - 55\,000 * \text{cos } \alpha * 1,02 - 265\,000 * \text{cos } \alpha * 1,02 = 0$$

En el límite antes del vuelco tenemos que R_1 sería cero.

$$[72] \quad 836\,305 * \text{sen } \alpha - 326\,400 * \text{cos } \alpha = 0$$

$$[73] \quad \text{sen } \alpha / \text{cos } \alpha = 0,3902$$

Determinamos que la pendiente máxima admisible tiene que ser inferior al 39 % de pendiente.

1.2.4. ACCIÓN DEL VIENTO

Es necesario estudiar la acción del viento sobre el semi-remolque dado que la superficie que este ofrecerá a la acción del viento cuando transporte los contenedores de mayor volumen,



posiciones 3 y 4, será considerable, y en ocasiones excepcionales de fuerza de viento puede provocar el vuelco del vehículo.

Tomamos como fuerza estabilizadora la de la tara del semi-remolque mas la tara de un contenedor de 45 pies, pues el caso más desfavorable será cuando el semi-remolque circule con un contenedor sin ninguna carga. Esta tara será aproximadamente unos 10000 Kg

$$\text{Fuerza estabilizadora} = 100\,000 \text{ N}$$

$$[74] \quad \text{Brazo} = \text{Vía} / 2 = 1,02 \text{ m.}$$

$$[75] \quad \text{Momento estabilizador} = F. \text{ Estabilizadora} \times \text{Brazo} = 100\,000 \times 1,02 = 102\,000 \text{ N}\cdot\text{m}$$

La acción del viento sobre la superficie del semi-remolque se calculo a partir de la expresión que define la presión del viento sobre la superficie:

$$[76] \quad P = 0,113 \times v^2$$

La velocidad del viento en casos de extrema intensidad puede llegar a ser de 100 Km/h.

$$V = 100 \text{ Km/h} = 27,77 \text{ m/s}$$

$$[77] \quad P = 0,113 \times (27,77)^2 = 87,19 \text{ Kg/m}^2 = 871,9 \text{ N/ m}^2$$

La superficie sobre la que actúa el viento más grande sería la superficie lateral del semi-remolque, si despreciamos la superficie de las ruedas y la del chasis, tenemos entonces la superficie lateral del contenedor. Esto es:

$$[78] \quad \text{Superficie lateral del contenedor: } 13,716 \text{ m} \times 2,896 \text{ m} = 39,72 \text{ m}^2$$

La fuerza actuante por tanto será:

$$[79] \quad F. \text{ actuante} = \text{Presión del viento} \times \text{superficie caja} = 871,9 \times 39,72 = 34\,633,2 \text{ N}$$



[80] Momento de vuelco = $34633,2 \times 2,04 = 70\,651,7 \text{ N}\cdot\text{m}$

El momento de vuelco es inferior al momento estabilizador. Por supuesto bajo estas condiciones climatológicas se recomienda, si es que la autoridad competente no lo ha prohibido ya, no circular con el vehículo.

1.2.5. CÁLCULOS DE LOS RODAMIENTOS

Para la elección de los rodamientos se han seguido las indicaciones de la casa de rodamientos que nos ha asesorado para nuestro caso.

Las rodamientos del vehículos se ven sometidos a sollicitaciones estáticas principalmente, ocasionadas por las descargas de los contenedores que no se suelen realizar todo lo suavemente que debiera, esto ocasiona que los rodamientos tengan que estar sobredimensionados para evitar que las pistas se deformen por los golpes. Las cargas dinámicas son prácticamente nulas porque la velocidad de los rodamientos no sobrepasa las 15 revoluciones por minuto.

1.2.6. CÁLCULO DE LAS SOLDADURAS

Todas las soldadura del semi-remolque son realizadas a tope y por lo tanto se considera que la resistencia de la soldadura es igual a al resistencia de la viga soldada.

Para las soldaduras de los elementos auxiliares como por ejemplo los soportes de los ejes se siguen las recomendaciones del fabricante que se especifican en el anexo II.



2. PLIEGO DE CONDICIONES

2.1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES



2. PLIEGO DE CONDICIONES

2.1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

2.1.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL SEMI-REMOLQUE

La calidad de los materiales de construcción del semi-remolque que en su mayoría son perfiles y chapas de acero laminado, tienen que cumplir la norma EA-95.

Las reglas establecidas a continuación se aplican a productos laminados en caliente de espesor mayor que 3 mm, a perfiles huecos y conformados en frío o caliente destinados a servir de elementos resistentes de espesor constante igual o mayor que 2 mm, a roblones y a tornillos ordinarios, calibrados y de alta resistencia empleados en estructuras de acero, así como a sus tuercas y arandelas.

En el caso de productos provenientes de países que sean parte del acuerdo del Espacio Económico Europeo, éstos estarán sujetos a lo previsto en el Real Decreto 1.630/1992, por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la directiva 89/106/CEE, y en particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, los productos estarán sujetos a lo dispuesto en el artículo 9 del citado Real Decreto.

Esta norma, al tratarse de una refundición de las normas MV, mantiene las designaciones de acero A37, A42 y A52 con los grados b, c, d, para cada uno de ellos, no obstante, la designación comercial actual de aceros es la que figura en las normas UNE EN 10 025 y UNE EN 10 210-1. En ambas normas se incluyen correspondencias entre esas designaciones y las designaciones de normas anteriores de varios países.

En la tabla siguiente se indican las correspondencias entre las designaciones utilizadas en esta norma básica y las designaciones según UNE EN 10 025 para los productos laminados en caliente más usuales.



Designación según NBE-EA	Designación según UNE EN 10025 (1)
A37b	S 235 JR
-	S 235 JR G2
A37c	S 235 JO
A37d	S 235 J2 G3
A42b	-
A42c	-
A42d	-
(2)	S 275 JR
(2)	S 275 JO
(2)	S 275 J2 G3
A52b	S 355 JR
A52c	S 355 JO
A52d	S 355 J2 G3
<p>(1) La designación de aceros para la construcción metálica según UE EN 10 025 utiliza una notación alfanumérica que comienza por la letra S, seguida de tres dígitos que indican el valor mínimo del límite elástico expresado en N/mm² a los que se añaden otras letras y números que corresponden al grado y otras aptitudes.</p> <p>(2) Estas designaciones se corresponden con A44b, A44c y A44d, respectivamente según UNE 36 080-73</p>	

2.1.1.1. Aceros para perfiles y chapas

Se definen las clases de acero, por su tipo y grado, que se indica en la tabla siguiente, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente.

TIPO	GRADO		
	b	C	d
A37	A37b	A37c	A37d
A42	A42b	A42c	A42d
A52	A52b	A52c	A52d

Los aceros que se utilizan para perfiles y chapas son de la clase A37b y de la clase A42b. Los aceros de las clases A42c y A42d tienen utilizaciones específicas en casos de exigencias especiales de alta soldabilidad o de insensibilidad a la rotura frágil.



Los aceros de la clase A52b tienen su utilización en los casos en que se requieren altas resistencias, y los de las clases A52c y A52d tienen utilización específica en casos de exigencias especiales de alta soldabilidad o de insensibilidad a la rotura frágil.

2.1.1.2. Características mecánicas de los aceros

Las características mecánicas de aceros se establecen en la tabla siguiente en la cual son:

El límite elástico es la carga unitaria σ_e (1), referida a la sección inicial de la probeta, que corresponde a la cadencia en el ensayo a tracción según lo siguiente. El ensayo de tracción se realizara según la norma UNE 7 474-1 (EN 10 002-1). Se ensayara una probeta determinando solamente las características: límite elástico, resistencia a tracción y alargamiento de rotura. Determinada por la detención de la aguja de lectura de la maquina de ensayo. Esta definición corresponde al límite superior de cadencia según la norma UNE 7 474-1 (EN 10 002-1).

La resistencia a tracción es la carga unitaria máxima σ_r (1), soportada durante el ensayo a tracción según lo mencionado anteriormente.

El alargamiento de rotura es el aumento δ (1) de la distancia inicial entre dos puntos, en el ensayo de tracción según lo mencionado, después de producida la rotura de la probeta, y reconstruida la misma expresado en tanto por ciento de la distancia inicial.

El doblado es un índice de la dificultad del material, definido por la ausencia o presencia de fisuras en el ensayo de doblado según UNE 7 472.

La resiliencia es la energía ρ (1) absorbida en el ensayo de flexión por choque, con probeta entallada, según UNE 7 475-1.



Características mecánicas de los aceros

Características mecánicas	Espesor	Probeta	Clases de Acero								
			A37 b	A37 c	A37 d	A42 b	A42 c	A42 d	A52 b	A5 2c	A52 d
Limite elástico σ_e N/mm ² min.	≤16mm		240	240	240	260	260	260	360	360	360
	>16mm ≤40mm		230	230	230	250	250	250	350 ⁽¹⁾	350	350
	>40mm ≤63mm		220	220	220	240	240	240	240 ⁽¹⁾	340	340
Alargamiento de rotura δ N/mm ² min.	≤40mm	Longitud.	260	260	260	240	240	240	220 ⁽¹⁾	220	220
		Transves.	240	240	240	220	220	220	200	200	200
	>40mm ≤63mm	Longitud.	250	250	250	230	230	230	210 ⁽¹⁾	210	210
		Transves.	230	230	230	240	210	210	190	190	190
Resistencia a tracción σ_r N/mm ² (2)	Mínimo		370	370	370	420	420	420	520	520	520
	Máximo		480	450	450	530	500	500	620	620	620
Doblado satisfactorio en espesor a sobre mandril de diámetro	Longitud.		1a	1a	1a	2a	2a	2a	2.5a	2.5a	2.5a
	Transves.		2a	1.5a	1.5a	2.5a	2.5a	2.5a	3a	3a	3a
Resiliencia	Energía absor. ρ N/m min.		28	28	28	28	28	28	28	28	28
	Temperatura de ensayo °C		+20	0	-20	+20	0	-20	+20	0	-20

(1) En los aceros del tipo A52 el espesor limite de 40 mm se substituye por 36 mm.

(2) Salvo acuerdo en contrario, no será objeto de rechazo si en la resistencia a tracción se obtiene 20 N/mm² de menos. Tampoco si en los aceros de grados c y d se obtienen 20 N/mm² de más.

2.1.1.3. Composición química

En la tabla siguiente se definen los limites de contenido de carbono C, fósforo P, azufre S, y nitrógeno N₂, para la colada y para los productos, como resultado de los análisis efectuados según los métodos definidos en las diferentes UNE que nombraremos más adelante.



Composición química de los aceros

		Clases de acero										
		Esesor	A37b	A37b	A37c	A37d	A42b (5)	A42c (5)	A42d	A52 b	A52c	A52d
Estado de desoxidación (1)		E	NE	NE	K	NE	NE	K	NE	NE	K	
Sobre colada	C% _{max} ≤10mm	0.17	0.17	0.17	0.17	0.22	0.20	0.20	0.22	0.20	0.20	
	>10mm	0.17	0.17	0.17	0.17	0.22	0.20	0.20	0.24	0.20	0.20	
	≤16mm											
	>16mm	0.20	0.20	0.20	0.20	0.24	0.22	0.22	0.24	0.22	0.20 (2)	
	≤40mm											
	≤40mm	–	0.20	0.20	0.20	0.24	0.22	0.22	0.24	0.22	0.22	
	P% _{max}	0.050	0.050	0.045	0.040	0.050	0.045	0.040	0.050	0.045	0.040	
	S% _{max}	0.050	0.050	0.045	0.040	0.050	0.045	0.040	0.050	0.045	0.040	
N ₂ (3) % _{max}	0.007	0.009	0.009	–	0.009	0.009	–	0.009	0.009	–		
Sobre producto	C% _{max} ≤10mm	0.21	0.19	0.19	0.19	0.25	0.23	0.23	0.25	0.22	0.22	
	>10mm	0.21	0.19	0.19	0.19	0.25	0.23	0.23	0.27	0.22	0.22	
	≤16mm											
	>16mm	0.25	0.23	0.23	0.23	0.27	0.25	0.25	0.27	0.24	0.22 (2)	
	≤40mm											
	≤40mm	–	0.23	0.27	0.23	0.27	0.25	0.25	0.27	0.24	0.24	
	P% _{max}	0.065	0.060	0.055	0.050	0.060	0.055	0.050	0.060	0.055	0.050	
	S% _{max}	0.065	0.060	0.055	0.050	0.060	0.055	0.050	0.060	0.055	0.050	
N ₂ (4) % _{max}	0.009	0.010	0.010	–	0.010	0.010	–	0.010	0.010	–		

(1)E: Efervescente; NE: No efervescente, sin elementos fijadores de N₂;K: Calmado, para conseguir grano fino, mediante elementos fijadores de N₂ (por ejemplo: Al>0.020%).

(2)Hasta espesor 30 mm. Para espesor >30 mm: 0.22% sobre colada;0.24% sobre producto.

(3)Puede admitirse máximo de N₂:0.010;0.011;0.012.En aceros fabricados en horno eléctrico el limite es de 0.012 %.Si el máximo de P se reduce en :0.005;0.010;0.015.

(4)Puede admitirse máximo de N₂:0.011;0.012.En aceros fabricados en horno eléctrico el limite es de 0.015%.Si el máximo de P se reduce en. 0.05;0.010.

(5)En los aceros de tipo A52 se exige además: Si máximo 0.55; M_n máximo 1.60%

2.1.1.4. Garantía de las características

El fabricante garantiza las características mecánicas y la composición química de los productos laminados que suministra, es decir, garantiza que cumplen todas las condiciones que ,para la correspondiente clase de acero, se especifican en las tablas anteriores cuando los ensayos se han realizado según lo indicado a continuación.



Esta garantía se materializa mediante el marcado que perceptivamente deben llevar los productos según norma.

El consumidor puede a costa suya encargar a la fabrica, o a un laboratorio oficial, o acreditado en el área técnica correspondiente, que realice ensayos o análisis químicos y extienda el documento que corresponda con los resultados obtenidos.

2.1.1.5. Condiciones de suministro y recepción

Suministro de los productos: las condiciones técnicas de suministro de los productos serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, y se ajustaran a lo que se establece en esta norma y en las condiciones generales de la norma UNE 36 007, en todo lo que no contradiga lo presente.

Los productos no presentaran defectos internos o externos que perjudiquen a su correcta utilización.

Los fabricantes, para ofrecer la garantía de las características realizaran sobre las coladas y sobre los productos laminados los ensayos que juzguen precisos y en la forma que crean conveniente.

Los ensayos de recepción que el consumidor puede encargar a cada partida para comprobar el cumplimiento de la garantía, se realizarán dividiendo la partida en cada unidad de inspección según el apartado siguiente, tomando las muestras en cada unidad de inspección siguiendo los apartados siguientes.

Composición de las unidades de inspección: si sobre una partida se realizan ensayos de recepción, esta se dividirá en unidades de inspección según la norma UNE 36 080(EN 10 025).

Cada unidad de inspección se compondrá de productos de la misma serie y de la misma clase de acero tales que su s espesores, en el lugar de la muestra para el ensayo de tracción, estén dentro de uno de los siguientes grupos: hasta 16 mm, entre 16 y 40, mayor de 40 mm.



El peso de cada unidad de inspección, salvo acuerdo en contrario, los fijara el consumidor, pero no será mayor que 20 TN.

Toma de muestras: Las muestras para preparación de las probetas utilizadas en los ensayos mecánicos, o para los análisis químicos, se tomaran de productos de la unidad de inspección sacados al azar, según las normas UNE 36 300 y UNE 36 400.

Las probetas para el ensayo de tracción serán en general de sección rectangular, con anchura no mayor que 30 mm y espesor igual al del producto o que 30 mm en los casos de espesor mayor, rebajando por una sola cara. En redondos y en productos de espesor mayor que 40mm se permite utilizar probetas de sección circular.

En todos los productos, excepto chapa, las probetas serán longitudinales (eje en la dirección del laminado), tomadas de la forma siguiente: en perfiles, de los lugares a de las figuras.

En chapa las probetas serán transversales(eje perpendicular a la dirección de laminado) tomadas del lugar A de la figura.

Las probetas para el ensayo de doblado serán rectangulares, análogas a las del ensayo de tracción, excepto en redondos, que serán un trozo de producto cuando su diámetro no sea mayor que 30 mm, y si es mayor puede rebajarse por maquinado hasta <un espesor no menor que 20 mm.

Las probetas para ensayo de resiliencia serán longitudinales, tomadas de los lugares B de las figuras y con una cara lateral lo más próxima posible a al cara del producto, y la arista de la entalladura perpendicular a esa cara, como se indica en la figura.

Para análisis químicos se tomaran muestras de los lugares B de la figura 11 dividiendo cada muestra en tres, una para ensayar en el laboratorio del fabricante otra para entregar al consumidor, y una tercera para realizar el ensayo de contraste en un laboratorio oficial, o acreditado en el área técnica correspondiente, si fuera preciso.



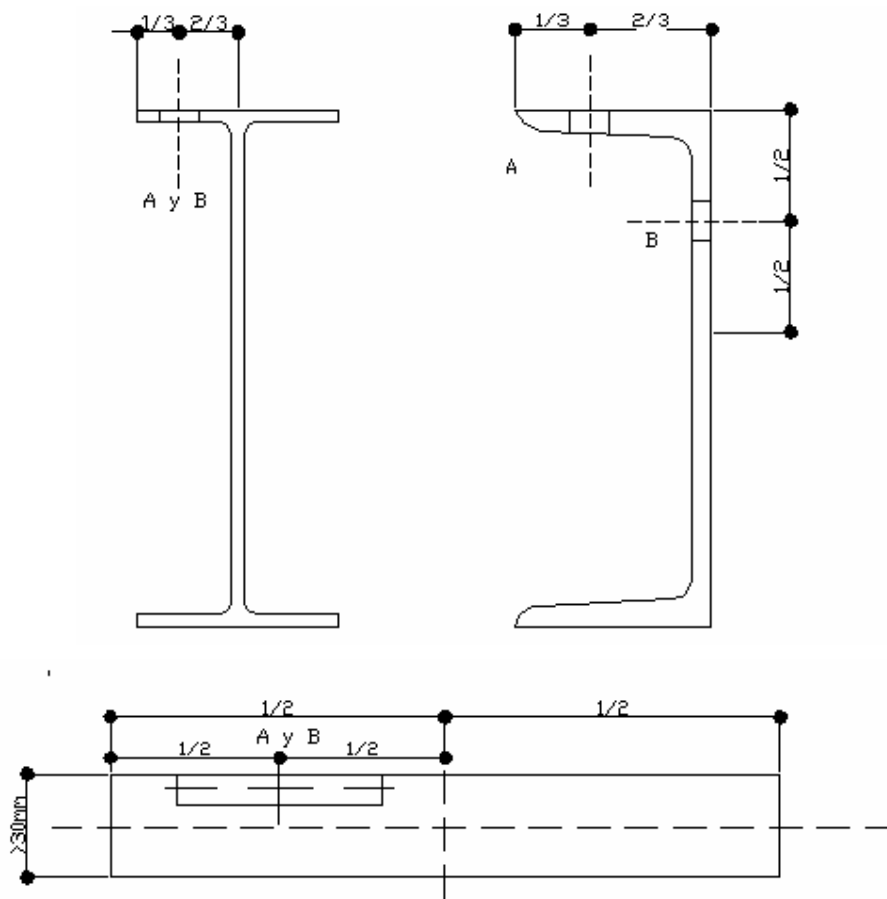


Figura 11

El ensayo de tracción se realizará según la norma UNE 7 474-1. Se ensayará una probeta determinando solamente las características: límite elástico σ_e , resistencia a tracción σ_r y alargamiento a rotura δ .

El ensayo de doblado se realizará según la norma UNE 7 472 sobre el mandril que figura en la tabla de características para la clase de acero.

La cara externa de la probeta doblada será siempre una cara de laminación. Se ensayará una probeta, siendo aceptable el resultado si no aparecen grietas.



El ensayo de resiliencia se realizara según la norma UNE 7 475-1 empleando la probeta A, con entalladura en V a 45°, de 10 mm de anchura.

Se ensayaran tres probetas, elaboradas con muestras tomadas contiguas en un producto, adoptando como resiliencia, la media de la energía absorbida en los tres ensayos.

En productos de espesor menor a 10 mm, se realizara el ensayo cuando se especifique, detallando la probeta que se va a emplear y, previo acuerdo, el valor de la resiliencia garantizada, para esta probeta.

Los análisis químicos sobre el producto se realizan según las normas siguientes

Carbono : UNE 7 014, UNE 7 331, UNE 7 349.

Fósforo : UNE 7 029

Azufre : UNE 7 019

Nitrógeno : UNE 36 317-1

Silicio : UNE 7 028

Manganeso : UNE 7 027

Cuando exista mas de un método de ensayo puede elegirse él más conveniente.

El ensayo de dureza Brinell no forma parte de los ensayos de recepción, peor por su sencillez puede utilizarse por el consumidor con carácter orientativo. Se realizara según la norma UNE 7 422, mediante bola de 10 mm y carga de 30000 N.

En función del diámetro de la huella se determina el numero HB según la tabla, en la figura además la resistencia a tracción equivalente, que tiene carácter orientativo.



Dureza Brinell

diámetro de la huella mm	Numero HB	Resistencia a tracción Equivalente N/mm ²	Error aproximado en la equivalencia N/mm ²
4.21	205	700	50
4.26	200	690	40
4.32	195	670	40
4.37	190	650	40
4.42	185	630	40
4.48	180	620	40
4.54	175	600	30
4.60	170	580	50
4.67	165	560	30
4.74	160	550	30
4.81	155	530	30
4.88	150	510	30
4.96	145	500	30
5.04	140	490	30
5.13	135	470	30
5.22	130	450	30
5.31	125	440	20
5.42	120	420	20
5.52	115	400	20
5.63	110	390	20
5.75	105	370	20
5.87	100	350	20
6.02	95	330	20
6.16	90	320	20
6.32	85	300	20
6.48	80	280	20



Si los resultados de todos los ensayos de recepción de una unidad de inspección cumplen lo prescrito, esta es aceptable.

Si algún resultado no cumple lo prescrito, habiéndose observado el correspondiente ensayo alguna anomalía no imputable al material como defecto en la mecanización de la probeta, irregular funcionamiento de la máquina de ensayo, defectuoso montaje de la probeta en la máquina, etc., el ensayo se considera nulo y debe repetirse correctamente sobre nueva probeta. Si algún resultado no cumple lo prescrito habiéndose efectuado el correspondiente ensayo correctamente, se realizara dos contra ensayos, según lo prescriben las normas UNE 36 007 y UNE 36 080, sobre probetas tomadas de dos piezas distintas de la unidad de inspección que se esta ensayando. Si los dos resultados de los contra ensayos cumplen lo prescrito, la unidad de inspección es aceptable; en caso contrario, es rechazable.

2.1.1.6. Productos Laminados

Los productos de acero laminado en caliente comprendidos en esta parte se agrupan en series por las características geométricas de su sección. Las series utilizadas actualmente se indican en la tabla siguiente en la que se incluye, en forma de ejemplo, la notación que se usara en los planos y en los escritos en que se describan estos productos.

No se prescribe la utilización de productos de estas series con otras dimensiones, o productos de nuevas series que puedan fabricarse en el futuro.

Serie	notación (en forma de ejemplo)	
Perfil IPN	IPN	340
Perfil IPE	IPE	500
Perfil HEB	HEB	180
Perfil HEA	HEA	220
Perfil HEM	HEM	280
Perfil UPN	UPN	200
Perfil L	L	40.4
Perfil LD	L	120.80.8
Perfil T	T	50.6
Redondo	Ø	8
Cuadrado	≠	20



Serie	notación (en forma de ejemplo)	
Rectangular	≠	100.20
Chapa	≠	1800.8.8000

Todo perfil laminado llevara las siglas de la fabrica, marcadas a intervalos, en relieve producido con los rodillos de laminación.

Los demás productos, redondos, cuadrados, rectangulares y chapa, irán igualmente marcados con las siglas de la fabrica mediante el procedimiento elegido por el fabricante, el símbolo de la clase de acero ira marcado además en todo producto, pudiendo hacerse en el laminado, o mediante troquel o pintura indeleble.

Las tolerancias en las dimensiones, la configuración y el peso son las establecidas en la tabla siguiente.

Son admisibles los defectos superficiales cuando, suprimidos por esmerilado, el perfil cumple las tolerancias.

Por convenio entre fabricante y consumidor pueden establecerse tolerancias más estrictas para el caso de aplicaciones especiales.

Tolerancias en los productos

Perfil mm	Tolerancias dimensionales en mm								Tolerancia en longitud L		Tolerancia de flecha f mm	Tolerancia en peso %
	Altura h	Ala b	Espesor e	Espesor e ₁	Asimetría S	Curvado C	Desvío f	Longitud mm	Tolerancia mm			
IPE	80 a 120	±2.0	±2.0	±0.5	±1.0	1.5	1.0	1.0	<14	±50	h ≤ 360 0.0015L	En el lote ±4
	140 a 180	+3 -2	+3 -2	±0.8	±1.5	2.5	1.5	1.4				
	200 a 270	±3.0	±3.0	±0.8	±1.5	2.5	1.5	2.0				
	300 a 400	±3.0	±3.0	±1.0	±2.0	3.5	1.5	2.7	≥14	±75	h > 360 0.0010L	En cada perfil ±6
	450 a 500	±4.0	±4.0	±1.0	±2.0	3.5	2.0	3.0				
	500 a 600	±5.0	±4.0	±1.0	±2.0	3.5	2.0	3.3				
HEB HEA	100 a 160	+4 -2	±3.0	±1.0	±1.5	2.5	1.5	1.6	<14	±50	h ≤ 400 0.0015L	En el lote ±4
	180 a 220	±3.0	±3.0	±1.0	±1.5	2.5	1.5	2.2				
	240 a 260	±3.0	±3.0	±1.0	±2.0	2.5	1.5	3.1				
	280 a 400	±3.0	±3.0	±1.5	±2.0	3.5	1.5	3.6	≥14	±75	h > 400 0.0010L	En cada perfil ±6
	450 a 500	±4.0	±3.0	±1.5	±2.0	3.5	2.0	3.6				
	550 a 600	±5.0	±3.0	±1.5	±3.0	3.5	2.0	3.6				
UPN	80 a 200	±2.0	±1.5	±0.5	-0.5	-	1.0	1.0	<14	±50	0.0015L	En el lote ±4
	220 a 300	±3.0	±2.0	±0.5	-1.0	-	1.5	1.5	≥14	±75		En cada perfil ±6



Perfil mm	Tolerancia dimensionales en mm			Tolerancia en Longitud L		Tolerancia de flecha f mm	Tolerancias en peso %			
	Altura h	Espesor e	Desvío f	Longitud m	Tolerancia mm					
40 a 50	±1.0	±0.4	1.0	<14	±50	a ≤ 150 0.0040L	e en mm			
60 a 70	±1.5	±0.6	2.0				4	5-6	>7	
80 a 100	±2.0	±0.8	2.0				En el lote	±8	±5	±4
120 a 150	±2.5	±1.0	3.0	≥14	±75	a > 150 0.0025L	En el perfil	±10	±6	±5
180 a 200	±3.0	±1.2	3.0							

2.1.1.7. Perfiles huecos de acero

El acero comercial para perfiles huecos incluidos en esta norma es el acero A42b, no aleado, según la clasificación de la norma UNE 36 004 (EN 10 020), teniendo en cuenta lo indicado en el apartado anterior.

La estructura de acero será homogénea, conseguida por un buen proceso en la fabricación, y un correcto laminado y conformación estando exenta de defectos, como el rechupe, que perjudique a su correcto uso.

Las características mecánicas del acero A42b de la chapa empleada para la fabricación de perfiles huecos conformados en frío son las indicadas en una de las tablas que mostramos a continuación.

Las propiedades mecánicas de los perfiles conformados en frío se modifican en parte por el proceso de fabricación por lo que el fabricante garantizara las propiedades indicadas en la tabla siguiente.

Las características mecánicas de los perfiles huecos laminados en caliente se indicas en la UNE EN 10 210-1.

Características mecánicas de la chapa de acero

Limite elástico	$\sigma_e \geq 260 \text{ N/mm}^2$
Resistencia a tracción	$\sigma_r \geq 420 \text{ N/mm}^2 \leq 530 \text{ N/mm}^2$
Alargamiento de rotura	$\delta \geq 24 \%$



Doblado	Satisfactorio realizando en el ensayo según UNE 7 472
---------	--

Características mecánicas de los perfiles huecos conformados en frío

Limite elástico	$\sigma_e \geq 260 \text{ N/mm}^2$
Resistencia a tracción	$\sigma_r \geq 420 \text{ N/mm}^2$
Alargamiento de rotura	$\delta \geq 20 \%$
Doblado	Satisfactorio realizando en el ensayo según UNE 7 472
Aplastamiento	Satisfactorio realizando en el ensayo según UNE 7 208

Salvo acuerdo en contrario, los perfiles huecos no serán objetos de rechazo si en la resistencia a tracción se obtienen 20 N/mm^2 de menos.

Las tres primeras características se determinan mediante el ensayo de tracción, realizado en los perfiles huecos redondos, cuadrados y rectangulares según la norma UNE 7 474-1 (EN 10 002-1), sobre probeta cortada longitudinal en el centro de la cara mayor, excluyendo la zona deformada por la curvatura y la soldadura si existe.

El ensayo de doblado, exigible a los perfiles huecos cuadrados y rectangulares, se realizara según la norma UNE 7 472 empleando como probeta una tira cortada longitudinalmente del perfil, de espesor e y anchura $5e$, que no incluye la soldadura, si existe, realizando el ensayo sobre mandril de diámetro $2e$.

El ensayo de aplastamiento, exigible solamente a los perfiles huecos redondos, se realizara según la norma UNE 7 208 situando la soldadura de la probeta, si existe, equidistante de las generatrices de apoyo en las placas. El ensayo consta de dos etapas y debe ser satisfactorio en ambas.

En la primera etapa, para comprobar la ductilidad de la soldadura, se acercan las placas hasta la distancia $2d/3$, siendo d el diámetro del perfil, y no debe apreciarse grieta alguna en la cara exterior ni en la interior de la soldadura.



En la segunda etapa, para comprobar la ductilidad del acero se continúan acercando las placas hasta la distancia 4e, siendo e el espesor del perfil, y no debe apreciarse grieta alguna salvo en la zona de la soldadura.

Composición química: los límites garantizados por el fabricante para la composición química del acero conformado en frío se dan en la tabla siguiente:

La composición química de los perfiles conformados en caliente se especifica en la UNE EN 10 210-1.

Los análisis químicos sobre el producto se realizan según las normas siguientes:

Carbono C: UNE 7 014, UNE 7 331, UNE 7 349.

Fósforo P: UNE 7 029

Azufre S: UNE 7 019

Nitrógeno N₂: UNE 36 317-1

Cuando exista más de un método de ensayo puede elegirse el más conveniente.

Sobre	Carbono C % máximo	Azufre S % máximo	Fósforo P % máximo	Nitrógeno N ₂ % máximo
Colada	0.22	0.050	0.050	0.009
			0.045	0.010
			0.040	0.011
			0.035	0.012
Producto	0.25	0.060	0.060	0.010
			0.055	0.011
			0.050	0.012

El límite de N₂ depende del contenido

Ensayos de recepción



Las condiciones técnicas de suministro de los perfiles conformados en frío serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante y se ajustarán a lo que establece esta norma y a las condiciones generales de la UNE EN 10 021, y para los perfiles huecos conformados en caliente se seguirá la UNE 10 210-1.

El fabricante garantiza las características mecánicas y la composición química de los perfiles huecos que suministra con su marca, es decir, garantiza que cumplen todas las condiciones que se especifican en las tablas anteriores, cuando los ensayos se han realizado según lo indicado. Será objeto de convenio el caso excepcional de que el suministro se realice con certificado de ensayos o de recepción.

Los fabricantes, para ofrecer estas garantías, realizarán los ensayos que juzguen precisos y en la forma que crean conveniente.

Los perfiles huecos se suministran habitualmente en longitudes de 6 m, 8 m y 12 m con la tolerancia normal establecido en la tabla siguiente. El consumidor puede solicitar el suministro en longitudes especificadas con la tolerancia normal o con tolerancia restringida que figura también en la misma tabla y, previo convenio, con otras tolerancias.

No se admitirán perfiles huecos suministrados con soldadura transversal.

Los ensayos de recepción que, en casos excepcionales, el consumidor puede realizar para comprobar el cumplimiento de las garantías del fabricante, se realizarán dividiendo la partida en unidades de inspección.

Cada unidad de inspección se compondrá de perfiles huecos de la misma serie (2.2.6) tales que sus espesores estén dentro de uno de los siguientes grupos:

Hasta 4 mm.

Mayores de 4 mm.

El peso de cada unidad de inspección lo fijará el consumidor, pero no será mayor que 10t.

Las muestras para preparación de las probetas utilizadas en los ensayos mecánicos, o para



los análisis químicos, se tomarán de perfiles huecos de cada unidad de inspección, elegidos al azar según las indicaciones de las normas

UNE 36300 y UNE 36400.

Si los resultados de todos los ensayos de recepción de una unidad de inspección cumplen lo prescrito, ésta es aceptable.

Si algún resultado no cumple lo prescrito, habiéndose observado en el correspondiente ensayo alguna anomalía no imputable al material, como defecto de la mecanización de la probeta, irregular funcionamiento de la máquina de ensayo, defectuoso montaje de la probeta en la máquina, etc., el ensayo se anula y vuelve a realizarse correctamente sobre nueva probeta.

Si algún resultado no cumple lo prescrito habiéndose efectuado el correspondiente ensayo correctamente, se realizarán dos contra ensayos sobre probetas tomadas de dos perfiles huecos distintos de la unidad de inspección que se está ensayando, elegidos al azar. Si los dos resultados de estos contra ensayos cumplen lo prescrito, la unidad de inspección son aceptables; en caso contrario, es rechazable.

Serie de perfiles huecos

En la tabla siguiente figuran, a título informativo, series normalizadas para los perfiles conformados en frío, en donde se incluyen, en forma de ejemplo, las notaciones para usar en los planos y en los documentos en que se describan estos productos. La referencia a estas series no excluye la posible utilización de otras series normalizadas.

Todo perfil hueco llevará las siglas de la fábrica y la del acero marcadas indeleblemente mediante procedimiento elegido por el fabricante.

Serie de perfiles huecos

Serie	Notación (en forma de ejemplo)
Perfil hueco redondo	Ø 100.4
Perfil hueco cuadrado	# 80.3
Perfil hueco rectangular	# 160.120.3



Tolerancias en los perfiles huecos

Las tolerancias en las dimensiones, la configuración y el peso de los perfiles huecos conformados en frío serán las establecidas en la tabla siguiente. Son admisibles los defectos superficiales cuando, suprimidos por esmerilado, el espesor del perfil cumple las tolerancias.

Tolerancias de los perfiles huecos

Diámetros d y lados a ó b		Espesor e		Longitud L	Peso P
Diámetro mm	Tolerancia mm	Dimensión mm	Tolerancia mm	Tolerancia mm	Tolerancia mm
40 a 60	±0,5	2 y 3	±0,25	Normal	En el lote
65 a 90	±0,7	4 a 8	±0,30	+100	±4
100 a 150	±0,8			-0	
150	±1,0			Restringida	En el producto
				+10	±6
				-0	

En perfiles cuadrados y rectangulares:

- Ortogonalidad, tolerancia entre 80° y 92°.
- Radio exterior r, tolerancia ±e
- Revirado, tolerancia 1° por m.
- Flecha, tolerancia inferior a 0,002 la longitud.

Perfiles y placas conformados de acero

El acero para los perfiles y placas conformadas incluidos en esta norma es el acero conformado A37b, no aleado, según la clasificación de la norma UNE 36 004 (EN 10 020), teniendo en cuenta lo indicado en 2.0.

No se consideran incluidos los perfiles y placas conformados fabricados con otros aceros



de características superiores a las del A37b, lo cual no impide que puedan utilizarse.

La estructura del acero será homogénea, conseguida por un buen proceso de fabricación y un correcto laminado y conformación, y estará exenta de defectos que perjudiquen a su correcto uso.

El acero puede fabricarse por cualquiera de los procedimientos usuales, conversión por soplado con oxígeno (proceso LD, etc.), horno eléctrico, Martín-Siemens y convertidor ácido o básico.

A petición del consumidor, al hacer el pedido, el fabricante indicará el procedimiento empleado.

La banda de acero empleada para conformar será laminada en caliente, con bordes redondeados de laminación o vivos de cizallado, recubierta o no.

Las características mecánicas del acero A37b de los perfiles y placas conformados son las indicadas en la tabla del capítulo anterior.

Tabla Características mecánicas del acero

Limite elástico	$\sigma_e \geq 240 \text{ N/mm}^2$
Resistencia a tracción	$\sigma_r \geq 370 \text{ N/mm}^2$
Alargamiento de rotura	$\delta \geq 26\%$
Doblado	Satisfactorio realizando el ensayo según UNE 7 472

Salvo acuerdo en contrario, el acero no será objeto de rechazo si en la resistencia a tracción se obtienen 30 N/mm^2 de menos.

Ensayo de tracción: las tres primeras características se determinarán mediante ensayo de tracción, realizado según la norma UNE 7 474-1 (EN 10 002-1), según el espesor, sobre probeta cortada longitudinalmente en el centro de la cara plana mayor del perfil o placa, excluyendo la zona deformada por la curvatura.

El ensayo de doblado se realizará según la norma UNE 7 472, empleando como probeta



una tira cortada longitudinalmente del centro de la cara plana mayor del perfil o placa, de espesor e y anchura $5e$, realizando el ensayo sobre mandril de diámetro $2e$.

Los límites de composición química que garantiza el fabricante para el acero S355JR de perfiles o placas conformados son los indicados en la tabla siguiente:

Sobre	Carbono (C) % máximo	Azufre (S) % máximo	Fósforo (P) % máximo	Nitrógeno (N) % máximo
Colada	0,22	0,05	0,05	0,009
Producto	0,25	0,06	0,06	0,01

El límite de N_2 depende del contenido de P, con los valores que figuran en cada fila.

En los aceros al horno eléctrico el límite máximo de N_2 en todos los casos es de 0.012 por 100 sobre colada y de 0.015 por 100 sobre producto.

2.1.1.8. Suministro de los perfiles y placas conformados

Las condiciones técnicas de suministro de los perfiles y placas conformados serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante; se ajustarán a lo que se establece en esta norma, y en las condiciones generales de la norma UNE 36 007, en todo lo que no contradiga a aquélla.

El fabricante garantiza las características mecánicas y la composición química de los perfiles y placas conformadas que suministra con su marca, es decir, garantiza que cumplen todas las condiciones que se especifican en las tablas anteriores. Será objeto de convenio el caso excepcional de que el suministro se realice con certificado de ensayos o de recepción.

Las fábricas, para ofrecer estas garantías, realizarán los ensayos que juzguen precisos y en la forma en que crean conveniente.

Los perfiles conformados se suministran habitualmente en longitudes de 6 m con la tolerancia normal establecida en la tabla siguiente. El consumidor puede solicitar el suministro en longitudes especificadas, con la tolerancia normal o con la tolerancia restringida que figura también en la tabla siguiente y, previo convenio, con otras tolerancias.

Las placas y paneles conformados se suministrarán con las longitudes especificadas en el



pedido, en general sin rebasar 12 m, con la tolerancia establecida en la tabla que sigue.

Ensayos de recepción

Los ensayos de recepción que, en casos excepcionales, el consumidor puede realizar para comprobar el cumplimiento de las garantías del fabricante se realizarán dividiendo la partida en unidades de inspección.

Cada unidad de inspección se compondrá de perfiles o placas conformadas de la misma serie, cuyo peso lo fijará el consumidor, sin que sea mayor que 10 t para perfiles, y sin que sea mayor del 3 por 100 del total del suministro para placas y paneles.

Las muestras para preparación de las probetas utilizadas en los ensayos mecánicos, o para los análisis químicos, se tomarán de perfiles conformados de cada unidad de inspección, elegidos al azar según las indicaciones de las normas UNE 36 300 y UNE 36 400, respectivamente.

Si los resultados de todos los ensayos de recepción de una unidad de inspección cumplen lo prescrito, ésta es aceptable.

Si algún resultado no cumple lo prescrito, habiéndose observado en el correspondiente ensayo alguna anomalía no imputable al material, como defecto en la mecanización de la probeta, irregular funcionamiento de la máquina de ensayo, defectuoso montaje de la probeta en la máquina, etc., el ensayo se vuelve a anular y vuelve a realizarse correctamente sobre nueva probeta.

Si algún resultado no cumple lo prescrito, habiéndose efectuado el correspondiente ensayo correctamente, se realizarán dos contra ensayos sobre probetas tomadas de dos perfiles o placas distintos de la unidad de inspección que se está ensayando, elegidos al azar. Si los dos resultados de estos contra ensayos cumplen lo prescrito, la unidad de inspección es aceptable, en caso contrario, es rechazable.

Los perfiles y placas conformados comprendidos en esta norma se agrupan en series por las características geométricas de su sección. La notación que se usará en los planos y en los documentos en que se describan estos productos.



Serie de perfiles conformados

Serie	Notación (en forma de ejemplo)
Perfil conformado L	LF 50.2
Perfil conformado LD	LF 60.30.3
Perfil conformado U	UF 100.3
Perfil conformado C	CF 120.2,5
Perfil conformado Ω (omega)	OF 40.2
Perfil conformado Z	ZF 180.2

Las placas nervadas, las placas agrafadas y los paneles, aunque propiamente no constituyen series, porque actualmente se fabrican con muy variadas formas y dimensiones.

Todo perfil y placa conformado llevará las siglas de la fábrica y la del acero A37b marcadas indeleblemente mediante procedimiento elegido por el fabricante.

Series de placas y paneles conformados

Serie	Notación
Placa ondulada	O.e.
Placa grecada	G.e.
Placa nervada	N.n.p.e.
Placa adrafada	A.n.h.p.e.
Panel	P.a.

n número de nervios entre ejes de solapo;

h altura de la placa. en mm;

p paso entre nervios, en mm;

e espesor de la chapa, en mm;

a espesor del aislante, en mm.



2.1.2. CALIDAD DE LOS COMPONENTES ESTANDAR

Los componentes a utilizar deberán estar en su embalaje original y poseer los certificados de garantía de los mismos. Los componentes originales deberán tener las especificaciones que marca el catalogo y deberán cumplir las normativas vigentes.

Los componentes neumáticos tendrán que ser completamente estancos y deberán estar exentos de marcas de golpes que hayan podido recibir en su entrega. Estos componentes tendrán que ser de la marca MIDLAND-GRAU, excepto la válvula de aflojamiento doble que será de la marca WABCO.

Los guardabarros del semi-remolque tendrán que ser de la marca DUNLOP, modelo DUNLOTECH. Estos guardabarros tendrán que estar en perfecto estado y no tendrán que presentar grietas ni cortes.

Los neumáticos elegidos para calzar el semi-remolque son los MICHELIN ENERGY XTA TL en medida 385/65 R 22,5 estos neumáticos tienen un índice de carga y un código de velocidad de 160 J. Estos neumáticos son de la clase gran ruta apropiados para largos recorridos por carreteras nacionales, autopistas o autovías con frecuentes solicitudes de aceleración y frenado. Recorridos regionales con paradas frecuentes. Apropriados para circular sobre un pavimento en buen estado. Los neumáticos tendrán que ser nuevos y no presentar cortes ni grietas causadas por un almacenamiento inapropiado.

Los ejes elegidos son los SAF modelo INTRADISC XO 41/2505 3 con un tipo de eje SK RS 9022 K con una carga máxima de 9.000 Kg un conjunto de frenos SBK 2243-11S y que puede calzar como máximo un neumático 385/65 R 22,5. Este eje estará acompañado por el caballete de sujeción 4 183 0735 01 y 4 183 0734 01 y por los caballetes de fuelle 2 237 0081 01. Los fuelles escogidos para el eje son los SAF 2618 V con la referencia 3 228 1029 00.

Las patas telescópicas serán de la marca HAACON, el modelo será 35207857. Estas patas tendrán que tener su embalaje original y deberán poseer la marca del fabricante junto con su referencia en la pata derecha. El tipo de apoyo será el tipo S, un apoyo en dos piezas adecuado para adaptarse al terreno y a terrenos con una resistencia menor por tener mas superficie de contacto.



El sistema de alumbrado será de la marca VORVERKABELTE LICHTANLAGEN y será el kit de 24 V para semi-remolque que cumplirá la normativa de la CEE en su versión de PVC. La caja de conexiones tendrá un IP 68 +ADR al igual que todas las carcasas de las luces.

El King pin escogido será uno del tipo 2” fabricado de acuerdo con la norma DIN 74080 y EC 94/20 en acero al cromo-molibdeno con tratamiento térmico posterior. De la casa HOLLAND modelo 62804 para una plancha inferior de 8 mm.

2.1.3. NORMATIVA A APLICAR

Deberán ser tomadas en cuenta en todo momento las disposiciones siguientes:

REAL DECRETO 1317/1991, de 2 de agosto, por el que se modifican los artículos 55, 57 y 58 del código de la circulación y se adecuan los límites para los pesos y dimensiones de los vehículos a la normativa Comunitaria: Directiva de la Comunidad Económica Europea 85/3 CEE, de 1 de julio de 1986 y posteriores modificaciones, Directivas 86/360, 88/338, 89/461 y 91/60 CEE.



2.2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES



2.2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

2.2.1. NORMAS EN LA EJECUCIÓN DE CONSTRUCCIÓN DEL SEMI-REMOLQUE

En la ejecución de construcción del semi-remolque se tendrá que tener en cuenta lo siguiente.

Para la construcción del chasis se construirá previamente un útil de sujeción de las dos vigas principales para asegurar su paralelismo y su misma altura. Después sobre este chasis se ira soldando las diferentes vigas que componen las estructura del semi-remolque.

Toda la soldadura del chasis se tendrá que efectuar con un maquina de hilo continuo con un cordón de soldadura adecuado al tipo de material a soldar. Generalmente toda la soldadura tendrá un cordón de 5 y estará hecha a tope, es decir el cordón será el máximo posible.

El corte de las vigas se realizara siempre con una maquina tronzadora para asegurar la perpendicularidad del corte. Dichas vigas tendrán que ser descascarilladas antes de ser cortadas para permitir después una buena adherencia con la pintura de imprimación.

Para la unión de los dos caballetes de cada eje se preparara otro útil que garantice la altura y el paralelismo de los mismos. Una vez soldado los caballetes al chasis se procederá a la colocación de las cartelas de refuerzo.

En la ejecución de las placas mecanizadas para la sujeción de las patas telescópicas se tendrá que respetar en todas las cotas de la placa una tolerancia de 0.5 mm de desviación. Para la unión de las placas se montara un útil que asegure su paralelismo y su misma altura.



2.2.2. NORMAS EN LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES ESTANDAR

Para la instalación de los componentes del semi-remolque se acatarán las siguientes normas además de las normas dictadas por los propios fabricantes.

Para la instalación de los ejes del semi-remolque se utilizarán llaves fijas no pudiéndose utilizar llaves inglesas o cualquier otro tipo de llave ajustable a la medida. Para los siguientes tornillos se utilizará la llave dinamométrica correspondiente:

Brazo de guía

Par de apriete, procedimiento de apriete por ángulo:	Apriete previo 400 N·m + apriete Final ángulo de giro 300° (5 Equinas de tuerca)
Tornillería de los amortiguadores	370 N·m
Tornillería de los fuelles neumáticos/ tornillo de rosca cortante	20 N·m
Placa de fijación del fuelle neumático	80 N·m
Fuelle neumático con caballete de fuelle	40 N·m

Para la instalación de los componentes neumáticos se hará uso exclusivamente de llaves fijas y de las llaves especiales para cada elemento. Los componentes neumáticos se anclarán al chasis en los lugares más oportunos a juicio del operario. El tubo de presión de todo el remolque se embriará al chasis utilizando bridas de NYLON negras del tamaño adecuada a cada situación. En ningún caso se podrá utilizar bridas metálicas sobre tubo neumático por peligro de corte del tubo que tendrá que ser obligatoriamente del tipo de poliuretano en color rojo para el circuito VORRAT y en color amarillo para el circuito BREMSE.

La instalación eléctrica del semi-remolque se hará con el kit de iluminación de semi-remolque VORVERKABELTE LICHTANLAGEN con el número de serie 95-0138-001 que es el que cumple la normativa de la CEE. Para este kit no se podrán utilizar empalmes cortando el cable sino que se utilizará el sistema de derivación utilizado por la marca. Este sistema consiste en utilizar un sistema de pinzamiento en el cable denominado P&R-System (Press & Ready).



En la instalación del King pin, que se hará al mismo tiempo que la fabricación del chasis se pondrá especial énfasis en la posición centrada del plato de sujeción del King pin. Los tornillos de sujeción del King pin se apretarán con un par de 190 N·m.

2.2.3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS

Las pruebas que se le realizarán al semi-remolque serán las siguientes:

- Prueba de frenada
- Prueba de anti-empotramiento
- Prueba de guardabarros

Estas pruebas serán necesarias si no se han homologado anteriormente estos elementos por separado, es decir si se tiene homologado un sistema de frenado, un sistema anti-empotramiento y un sistema de faldillas, las pruebas a realizar únicamente tendrán que ser homologación de tipo como es el caso.

2.2.4. PRUEBAS DE ENSAYO.

Las pruebas de ensayo serán estarán hechas por un organismo oficial, este organismo será IDIADA.

En el que se le tendrá que presentar además del proyecto un prototipo sobre el cual realizar las pruebas de ensayo para la homologación.



3. PRESUPUESTO



3. PRESUPUESTO

En la siguiente tabla se expone una relación de componentes y materiales usados en la fabricación del semi-remolque:

Elementos estándar

Denominación comercial	Numero de referencia	Unidades	Precio und	Proveedor
Soporte calzo rueda	1102120	2	3.80 €	ADAICO
Calzo Rueda	1102110	2	8.65 €	ADAICO
Serpentina para extensible 500 mm	A66-3877-007	1	42.58 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Kit placa vehiculo largo 570x200x2 (2und.)	BI90069	1	12.44 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Tercera luz freno ASPOCK Led 2m ADR	A31-9007-017	1	21.67 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Piloto ASPOCK der. 8 partes	A25-5401-517	1	23.74 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Piloto ASPOCK izq. 8 partes C/luz matricula P40.226.213	A25-5001-517	1	23.74 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Galibo superpoint ASPOCK 1.5m P&R ADR + grapa	A31-3704-017	2	6.91 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Posición blanca/refentante 0.5m P&R ADR rect. S/Sop. P/chasis + grapa 4080741	A31-5004-097	2	5.82 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Caja ASPOCK ADR Trasera 1.5+1.5 ext.	A76-6217-017	1	51.37 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Kit bayoneta 7 polos C/verde Piloto EUROPOINT derecho P50.047.002	A13-5626-724	1	3.50 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Caja ASPOCK ADR Extensible 0.5m C/Bayoneta P/Serp. Extensible C/ABS 6m	A76-6216-007	1	53.48 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Kit Bayoneta Verde 2p sist. ASS1 para cable P&R a caja ASPOCK	A13-5626-224	2	2.55 €	ASPOCK IBERICA, S.A.



Denominación comercial	Numero de referencia	Unidades	Precio und	Proveedor
Kit Bayoneta Amarilla 2p sist. ASS1 para cable P&R a caja ASPOCK	A13-5626-204	2	2.55 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Conexión 24S ISO 3731 14MT 4 hilos	A57-8963-037	1	21.65 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Conexión 24N ISO 1185 14MT 8 hilos	A56-8976-077	1	36.27 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Cable rectangular ASPOCK S/Bay 15 m ADR	A68-7056-007	1	21.11 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Kit bayoneta 7 polos C/amar. Piloto EUROPOINT izquierdo P50.047.001	A13-5626-704	1	3.50 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Piloto lateral ASPOCK 1.0m ADR P&R + grapa blanca	A31-2814-017	8	5.93 €	ASPOCK IBERICA, S.A.
Cabeza acoplamiento roja con filtro	KV1400	1	9.02 €	Bostiflex, S.A.
Cabeza acoplamiento amarilla con filtro	KU1410	1	9.02 €	Bostiflex, S.A.
Valvula niveladora la corta de altura	SU1466	1	57.10 €	Bostiflex, S.A.
Cajon extintor	72JBWE70	1	42.07 €	Bostiflex, S.A.
King-pin 2"	62804	1	42.07 €	Bostiflex, S.A.
Pies de apoyo HAACON suspensión neumatica	35207857	1	238.37 €	Bostiflex, S.A.
Horquilla cilindro extensible	G-80-100	2	11.42 €	ESPERIA
Charnela 90º extensible trasero	2-41-100	1	40.86 €	ESPERIA
Cilindro pneumatico extensible trasero CAMOZZI	40N2A100A1550	1	206.10 €	ESPERIA
Calderin de 60 litros de 396x570	0303351709B1	3	46.88 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Kit EB+	393806001	1	625.00 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Soporte calderin diametro 396	030200609	6	4.63 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Valvula antiretorno	314001001	3	7.51 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Filtro cir. Aire	310005011	1	5.47 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.



Denominación comercial	Numero de referencia	Unidades	Precio und	Proveedor
Soporte valvula niveladora	612025001	1	3.08 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Grifo de purga	315019001	3	1.02 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Valvula espape rapido 2 orificios	356012031	3	10.01 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Valvula com. Doble	333004001	1	12.43 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Colas sube/baja	338051001	1	86.55 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Valvula rebose 6.0-0.4 sin retorno	314012004	1	15.94 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Valvula park.Aflojamiento conjunto	352044001	1	31.40 €	HALDEX ESPAÑA, S.A.
Electrovalvula 3/2-1/8" NC 24V CC	NEL321NC024CC	1	39.92 €	JJ Comercial
Dist. Palanca 90º 5/3-1/8" M	NDP5318MCC	1	27.35 €	JJ Comercial
Distribuidor palanca frontal 3/2-1/8"M	NVP3218B	2	19.29 €	JJ Comercial
Distribuidor neumatico 3/2-1/4" M	NVAN3214M	3	22.77 €	JJ Comercial
Conector bobina	N3CONEC	1	1.44 €	JJ Comercial
Regulador de flujo en linea uni 1/8"	N9041002	1	5.23 €	JJ Comercial
Twist-lock HVC120 VAL	905544020	2	158.10 €	JOST IBERICA, S.A.
Twist-lock HVC120 VAR	905544010	2	158.10 €	JOST IBERICA, S.A.
Guardabarros rueda sencilla completo	K1	2	36.06 €	KINGON
Guardabarros rueda sencilla sin faldilla	K1SIN	4	28.25 €	KINGON
Llanta 11,75x22,5 direccional	9800220004	7	- €	Neumaticos SIES, S.A.
Neumatico 385/55 R 22,5 Continental HTR incluye llanta y montaje	224220704	7	477.56 €	Neumaticos SIES, S.A.
Tornilleria tuerca abarcon 10 20-250	4AB20250	1	1.36 €	REYZABAL INDUSTRIAL, S.A.



Denominación comercial	Numero de referencia	Unidades	Precio und	Proveedor
Tornillería DIN-931 8.8 M20-250x240	1 931 20 250 240	2	5.94 €	REYZABAL INDUSTRIAL, S.A.
Tornillería DIN-125 20 mm	512520	4	0.13 €	REYZABAL INDUSTRIAL, S.A.
Tornillería DIN-985 10 M20-250	498520250	2	1.23 €	REYZABAL INDUSTRIAL, S.A.
Cojinetes interior viga	KR62PP	8	33.27 €	Rodamientos Rabinat
Cojinetes de apoyo viga	NATV20PP	8	15.75 €	Rodamientos Rabinat
Kit conjunto ejes SAF con primer eje elevable	IU28/200533-SKRB9022H-2090	1	6,917.65 €	SAF ESPAÑA
Twist-lock Travesaño c/esquina de amarre frontal abatible 38 mm	410393100	1	434.52 €	SCHULZ IBERICA, S.A.
Twist-lock Esquina de amarre 38 mm	905248000	2	42.91 €	SCHULZ IBERICA, S.A.
Twist-lock Esquina de amarre 52 mm escamoteable	905294000	2	73.23 €	SCHULZ IBERICA, S.A.
Soporte guardabarros barra recta L=570 mm taladro 11	CD2P830014	12	6.61 €	SUMIG EUROPARTES S.L.
Cajon mandos Armario 300x300x150 HIMEL	6001004349	1	35.01 €	Suministros ABC, S.L.
Soporte anticilista	3095	2	11.42 €	Taller auxiliar de carrocerías
Cajon herramientas INOX 500x350	02571-I	1	57.45 €	Taller auxiliar de carrocerías
Total			10,467.76 €	

Perfiles y chapas

En la siguiente tabla se especifican los perfiles utilizados y las cantidades utilizadas de cada tipo de perfil.

Denominación	Longitud	Peso	Precio Barra	Precio Tm	Total
HE 120 B	8,4 m	225 kg	73,69 €	460,00 €	103,50 €
HE 140 B	1,2 m	41 kg	93,10 €	460,00 €	18,86 €
UPN 80	3,5 m	31 kg	8,82 €	390,00 €	12,09 €



Denominación	Longitud	Peso	Precio Barra	Precio Tm	Total
IPE 270	11 m	400 kg	99,64 €	460,00 €	184,00 €
L 40.4	1,2 m	3 kg	6,46 €	445,00 €	1,34 €
Tubo 100.4	3,7 m	43 kg	39,67 €	570,00 €	24,51 €
Tubo 100.6	2,3 m	39 kg	54,11 €	570,00 €	22,23 €
Tubo 200.120.8	4,1 m	150 kg	157,94 €	721,20 €	108,18 €
Tubo 300.150.10	11 m	713 kg	373,87 €	961,61 €	685,63 €
Tubo 300.200.8	2,1 m	125 kg	266,66 €	752,00 €	94,00 €
Platina 120.12	10 m	111 kg	32,27 €	476,00 €	52,84 €
Platina 150.15	1,5 m	17 kg	50,55 €	476,00 €	8,09 €
Chapa 6 mm x 1m	2 m	94 kg	-	470,00 €	44,27 €
Chapa 8 mm x 1m	5 m	314 kg	-	470,00 €	147,58 €
Chapa 10 mm x 1m	1 m	78,5 kg	-	470,00 €	36,90 €
Chapa 3/5 mm x 1m	5 m	157 kg	-	550,00 €	86,35 €
Varilla 6 mm	18	4 kg	0,15 €	600,00 €	2,40 €
Total					1632,77 €

A continuación se presenta una relación de las categorías profesionales necesarias para la ejecución de esta plataforma adjuntando las horas necesarias para su fabricación.

Categoría profesional	Horas necesarias	Precio hora	Total
Oficial de primera (soldador)	104	20,00 €	2080,00 €
Oficial de primera (Chapista)	104	20,00 €	2080,00 €
Oficial de segunda	104	17,00 €	1768,00 €
Peón	104	12,00 €	1248,00 €
Peón	104	12,00 €	1248,00 €
Total	520		8424,00 €

El coste de la elaboración de este proyecto es de 3600,00 € mas IVA. Este proyecto se estima que se amortizará en aproximadamente 100 semi-remolques vendidos por lo que se imputará a cada remolque un total de 36,00 €.

Con todos estos datos se obtiene la siguiente tabla:



Concepto	Porcentaje del total	Cantidad
Elementos estándar	43,5 %	10467,76 €
Perfiles y chapas	6,7 %	1632,77 €
Mano de obra	34,8 %	8424,00 €
Amortización de maquinaria	5 %	1209,44 €
Imputación de la ingeniería	0,001 %	36,00 €
Beneficio industrial	10 %	2418,86 €
Total base imponible	100 %	24188.83 €
IVA.	16 %	3870,21 €
Precio de venta		28059,04 €

Este precio se encuentra por debajo de la media de precio de este tipo de semi-remolque, es por tanto un opción interesante para los consumidores, teniendo como valor añadido que las plataformas se pueden pedir con ciertas modificaciones estéticas al gusto del cliente.



4. PLANOS



4. PLANOS

Descripción	Nº de plano
Semi-remolque Biextensible	PFC.0000.AA
Conjunto cuello	PFC.1000.AA
HE 120 B L = 2816 mm	PFC.1001.00
HE 120 B L = 1353.5 mm	PFC.1002.00
Platina 120.12 abrazadera	PFC.1003.00
Tubo segundo travesaño 300.200	PFC.1004.00
Alma unión abrazadera	PFC.1005.00
Chapa lagrimada 3-5	PFC.1006.00
Chapa en U 180 x 117	PFC.1007.00
Chapa King ping	PFC.1008.00
Platina 120.12 abrazadera viga	PFC.1009.00
Viga IPE 270 modificada delantera	PFC.1010.00
Platina 150.15 soporte rodamientos interiores	PFC.1011.00
Placa sujeción patas telescópicas	PFC.1012.00
Chapa inferior tubo 300.200	PFC.1013.00
Platina 120.12 abrazadera sup.-der.	PFC.1014.00
Platina 120.12 abrazadera inf.	PFC.1016.00
Refuerzo chapa 8 mm	PFC.1017.00
Conjunto chasis	PFC.2000.AA
Conjunto tubo 300.150.10 izquierdo	PFC.2000.AB
Conjunto tubo 300.150.10 derecho	PFC.2000.AC
Conjunto soporte rueda recambio	PFC.2000.AD
Tubo principal 300.150.10	PFC.2000.00
Soporte tubo guardabarros	PFC.2001.00
Soporte pasadores neumáticos	PFC.2004.00
Refuerzos pasadores neumáticos	PFC.2005.00



Descripción	Nº de plano
Soporte armarios L 40.4 L = 294 mm	PFC.2006.00
Soporte bidón agua derecho	PFC.2007.00
Soporte bidón agua izquierdo	PFC.2008.00
Soporte caja extintor	PFC.2009.00
Cartela refuerzo 6 mm	PFC.2010.00
HE 140 B L = 300	PFC.2014.00
Conjunto subchasis trasero	PFC.3000.AA
Viga IPE 270 modificada derecha	PFC.3000.00
Soporte guías parachoques	PFC.3002.00
UPN 80 soporte rodamientos	PFC.3003.00
Platina 150.15 soporte rodamientos interiores	PFC.3005.00
Conjunto parachoques	PFC.4000.AA
Soporte parachoques 120.100	PFC.4000.00
Tapa tubo 120.50	PFC.4003.00
Tope parachoques	PFC.4004.00
Pasador neumático corto	PFC.5000.AA
Pasador neumático largo	PFC.5000.AB
Tapa anterior pasador neumático	PFC.5001.00
Vástago pasador neumático corto	PFC.5002.00
Camisa pasador neumático corto	PFC.5003.00
Tapa posterior pasador neumático corto	PFC.5004.00
Tapa posterior muelle	PFC.5005.00
Aro 3 x 2 di 83 fijación anterior	PFC.5006.00
Aro 3 x 2 di 77 fijación posterior	PFC.5007.00
Tapa posterior pasador neumático largo	PFC.5008.00
Camisa pasador neumático largo	PFC.5009.00
Vástago pasador neumático largo	PFC.5010.00
Varilla roscada M5	PFC.5011.00
Conjunto rodamientos sellados	PFC.6000.AA
Separador tubo 50 x 12.5 L = 30 mm	PFC.6000.00
Camisa rodamientos	PFC.6001.00
Separador tubo 50 x 12.5 L = 40 mm	PFC.6002.00



Descripción	N° de plano
Excéntrica	PFC.6003.00



5. CONCLUSIONES



5. CONCLUSIONES

Este proyecto se ha elaborado siempre pensando que va a ser para una empresa pequeña que no puede afrontar grandes inversiones iniciales. Como se puede comprobar en el presupuesto la mano de obra necesaria para su fabricación es escasa. Se han utilizado perfiles normalizados modificados porque eliminan mucho tiempo de fabricación y además ofrecen la ventaja que no presentan problemas de fatiga en las soldaduras porque no las poseen en su elaboración. Esta plataforma ha tenido una buena aceptación entre los transportistas del puerto de Barcelona donde se encuentra su principal mercado por lo que se considera que es un semi-remolque que se encuentra en una buena posición dentro del mercado de semi-remolques portacontenedores, aunque siempre se puede mejorar y se mejorará a medida que la plataforma vaya trabajando.



6. BIBLIOGRAFÍA



6. BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía consultada es la siguiente:

LA ESTRUCTURA METALICA HOY

Autor: Ramón Argüelles Álvarez

ED: Técnica Bellisco

REGLAMENTO DE CIRCULACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

ED: Pons Editorial

MANUAL DE DISEÑO SAF INTRA ESPAÑOL

ED: SAF



8. ANEXOS



A continuación, en el anexo están los catálogos e informes técnicos siguientes:

- I. Catálogo de suspensiones SAF (parte referida al tipo de eje utilizado)
- II. Catálogo JOST-werke (parte referida a los tipos utilizados)
- III. Catálogo de "King pin" (únicamente hoja del tipo utilizada)
- IV. Catálogo de las patas Telescópicas HAACON
- V. Catálogo de frenos HALDEX
- VI. Catálogo de sistemas de alumbrado para vehículo industriales VORVERKABELTE LICHTANLAGEN
- VII. Normativa contenedores.
- VIII. Tablas con los resultados obtenidos en la hoja de cálculo de Excel (No existe copia impresa, D:\Proyecto final de carrera \ Memoria y Anexos PDF \ Cálculos en N.xls)

