



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR  
FIJO PARA TALLER

Alumno: Álvaro Sanz Górriz

Tutora: Vanesa Estremera Carrera

Pamplona, 14 de Noviembre de 2013



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR  
FIJO PARA TALLER

## 1. MEMORIA

Alumno: Álvaro Sanz Górriz

Tutora: Vanesa Estremera Carrera

Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

**ÍNDICE**

1.1 INTRODUCCIÓN. ....	4
1.2 OBJETO DEL PFC. ....	4
1.3 ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES. ....	5
1.4 TIPOS DE ELEVADORES PARA TALLER. ....	5
1.4.1 Elevador de 2 columnas. ....	5
1.4.2 Elevador de 4 columnas. ....	6
1.4.3 Elevador de tijera. ....	6
1.5 ELECCIÓN DEL TIPO DE ELEVADOR. ....	7
1.6 DATOS DE PARTIDA. ....	7
1.6.1 Dimensiones generales. ....	7
1.6.2 Carga máxima que hay que levantar. ....	8
1.6.3 Materiales a emplear. ....	8
1.6.4 Protección de los materiales del equipo y plan de mantenimiento. ....	9
1.7 CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL PROYECTO. ....	10
1.7.1 Partes de las que consta el elevador. ....	11
1.7.1.1 Piezas. ....	11
1.7.1.2 Subconjuntos. ....	17
1.7.2 Dimensiones principales. ....	20
1.7.2.1 Anchura y posicionamiento de los cuerpos. ....	21
1.7.2.2 Ángulo de salida al comienzo de la elevación. ....	22
1.7.3 Determinación del peso a soportar. ....	23
1.7.3.1 Determinación de la posición del peso sobre la plancha superior. ....	23
1.7.3.2 Determinación del valor de la carga a estudiar. ....	24
1.7.4 Determinación de esfuerzos en la plancha superior. ....	25
1.7.4.1 Caso 1.1 ....	26
1.7.4.2 Caso 1.2 ....	26
1.7.4.3 Caso 2.1 ....	27
1.7.4.4 Caso 2.2 ....	27
1.7.4.5 Caso 3.1 ....	28
1.7.4.6 Caso 4.1 ....	28
1.7.4.7 Caso 4.2 ....	29

1.7.4.8 Observación de casos de esfuerzos máximos para los casos anteriormente expuestos. ....	30
1.7.5 Resolución mediante diagramas de sólido libre. ....	31
1.7.5.1 Peso orientativo de la estructura. ....	31
1.7.5.2 Empleo de hojas de cálculo Excel para la resolución de ecuaciones. ....	32
1.7.5.3 Observaciones de los casos más desfavorables. ....	34
1.7.5.4 Secuencia de elevación del aparato para el caso 1.2. ....	35
1.7.6 Elección del material normalizado para largueros y plataforma. ....	38
1.7.6.1 Teorema de Castigliano para el cálculo de la inercia necesaria. ....	38
1.7.6.2 Comprobación mediante tracción y flexión. ....	38
1.7.6.3 Proceso de elección de material. ....	38
1.7.6.4 Elección del tipo de acero que se emplea para la composición de los elementos de la estructura. ....	40
1.7.7 Dimensionado de los bulones en las articulaciones. ....	41
1.7.7.1 Dimensionado de bulones "centrales" (g y h). ....	41
1.7.7.2 Dimensionado de bulones "extremos" (e, b, i y j). ....	43
1.7.7.3 Dimensionado de los bulones "libres de esfuerzos" (a, f, c y d). ....	43
1.7.8 Sección necesaria para el acoplamiento transmisor de esfuerzo del émbolo. ....	44
1.7.8.1 Método de cálculo empleado para el dimensionado. ....	44
1.7.8.2 Sustitución de perfil elegido debido a condiciones de soldadura. ....	45
1.7.9 Dimensionado de componentes mediante Catia. ....	46
1.7.9.1 Procedimiento de cálculo para las argollas de 22 mm. ....	47
1.7.9.2 Procedimiento de cálculo para las argollas de 30 mm. ....	50
1.7.9.3 Procedimiento de cálculo para bulones. ....	53
1.7.9.4 Procedimiento de cálculo para la pieza acoplamiento. ....	53
1.8 ELECCIÓN DEL EQUIPO HIDRAÚLICO. ....	55
1.8.1 Elección del cilindro ó actuador. ....	55
1.8.2 Elección del grupo hidráulico. ....	58
1.9 VELOCIDADES DE LOS ELEMENTOS DEL ELEVADOR. ....	65
1.9.1 Velocidades de los largueros. ....	66
1.10 RODAMIENTOS UTILIZADOS. ....	68
1.11 GRUPILLAS Ó CIRCLIPS. ....	70

1.12 SOLDADURAS EN LA ESTRUCTURA. ....	73
1.12.1 Tipos de soldadura. ....	75
1.12.2 Tipos de revestimientos. ....	76
1.12.3 Generalidades del cordón de soldadura. ....	77
1.12.4 Tipos de cordones de soldadura existentes en la estructura. ....	77
1.12.5 Soldaduras de cordones múltiples. ....	79
1.12.6 Tipo de electrodo escogido. ....	80
1.13 TRATAMIENTO TÉRMICO POR INDUCCIÓN. ....	81
1.13.1 Temple. ....	81
1.13.2 Revenido. ....	82
1.13.3 Diagrama hierro-carbono. ....	83
1.13.4 Aspectos cinéticos de la transformación de la austenita. ....	84
1.13.5 Procedimiento escogido y piezas estudiadas. ....	85
1.14 VIDA ÚTIL A FATIGA DE LOS BULONES. ....	87
1.15 BASE DE HORMIGÓN PARA LA ESTRUCTURA. ....	88
1.16 AJUSTES Y TOLERANCIAS. ....	90
1.16.1 Tolerancias dimensionales. ....	90
1.16.1.1 Ajustes con juego. ....	90
1.16.1.2 Ajustes indeterminados. ....	91
1.16.1.3 Ajustes con apriete. ....	91
1.16.2 Tolerancias geométricas o de forma. ....	92
1.16.3 Acabados superficiales. ....	92
1.16.4 Ajuste para el rodamiento de las ruedas. ....	94
1.17 MANUAL DE MONTAJE DEL ELEVADOR. ....	96
1.18 VISUALIZACIÓN DEL ELEVADOR EN CARGA. ....	101
1.19 RESUMEN DEL PRESUPUESTO. ....	103
1.20 CONCLUSIONES. ....	104
1.21 BIBLIOGRAFÍA. ....	105

## **1.1 INTRODUCCIÓN.**

En el presente proyecto se pretenden aclarar los pasos seguidos para el cálculo, diseño y construcción de un elevador fijo para taller.

El elevador ha sido diseñado para la elevación de vehículos automóviles en un taller de vehículos, de una forma segura y precisa para facilitar las labores rutinarias de un taller de estas características, como pueden ser cambios de aceite, sustitución de neumáticos, cambio de filtros...

El diseño del aparato se ha realizado en base a una estructura de tijera accionada por un cilindro hidráulico, la cual debe colocarse de modo subterráneo (a nivel del suelo), evitando así ser un obstáculo cuando no esté en uso.

## **1.2 OBJETO DEL PFC.**

El objeto del proyecto es el diseño de un mecanismo para la elevación de vehículos de 4 ruedas, generalmente coches de uso cotidiano, sin más ayuda que la propia máquina a diseñar, con el fin de que estos sean reparados de forma cómoda, fiable y con total seguridad para aquellos que utilizarán este sistema.

El mecanismo deberá poder elevar cargas de al menos 4.000 kg a una altura de 2 metros y tiene que ser capaz de mantenerlas elevadas un tiempo indeterminado, con garantías de seguridad, tanto para la integridad del vehículo elevado, como para la propia integridad del trabajador que utiliza el sistema de elevación.

La estructura elevadora deberá ser rígida para que no aparezcan balanceos indeseados ni deformaciones no requeridas en vehículos ni en el propio sistema elevador.

Este sistema deberá proporcionar una buena accesibilidad a cualquier parte del vehículo elevado para no resultar un impedimento a la hora de realizar los trabajos de reparación para los cuales sea empleado este sistema.

El accionamiento de este sistema será sencillo y cómodo de ejecutar y el vehículo deberá elevarse de forma equilibrada y a una velocidad coherente, evitando la posibilidad de vuelcos indeseados.

### **1.3 ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES.**

Estos aparatos elevadores ya existen como tal, con una estructura muy parecida a la diseñada en este proyecto, podemos observar la estructura en forma de tijera en otro tipo de elevadores para personas, como pueden ser andamios móviles, grúas...

La sustitución de los fosos en talleres por elevadores de tijera es la principal motivación para el desarrollo del presente proyecto, ya que tenemos una mejor luminosidad y accesibilidad a las partes del vehículo a las que podemos acceder con estos métodos.

### **1.4 TIPOS DE ELEVADORES PARA TALLER.**

En la actualidad existen diferentes tipos de elevadores de coches. Que pueden ser elevadores de 2 ó 4 columnas o elevadores de tijera. Siendo estos los tipos más característicos.

Dependiendo de la utilidad para la que queramos emplear el elevador deberemos escoger cuál nos interesa para las funciones que queremos desarrollar.

#### **1.4.1 ELEVADOR DE 2 COLUMNAS.**

Este tipo de elevadores están compuestos por dos columnas que van ancladas sobre el suelo del taller, dentro de cada barra tienen un tornillo sinfín que se mueve mediante un accionamiento eléctrico, haciendo levantar los apoyos que están en contacto con el vehículo automóvil.



Este es un elevador que da una muy buena accesibilidad a las partes inferiores del vehículo, pero que debido a su forma no puede evitarse como obstáculo en el taller cuando el elevador no se utiliza, ya que las dos columnas que lo componen se encuentran fijas en el suelo del taller.

Además no se pueden abrir completamente las puertas del vehículo porque golpeamos las columnas con la puerta, lo que nos da menos movilidad a la hora de acceder al interior del vehículo.

### 1.4.2 ELEVADOR DE 4 COLUMNAS.

En este caso tenemos una estructura con hasta 4 columnas, lo que nos permite colocar unas planchas de apoyo para que el vehículo pueda apoyar las ruedas sobre ella, también funciona con tornillo sinfín accionado con motor eléctrico.

El espacio que ocupa es mayor que el anterior, ya que sus columnas forman un rectángulo en el espacio del taller.



### 1.4.3 ELEVADOR DE TIJERA.

Es un elevador que está compuesto por una placa donde va apoyada la carga, la cual se mantiene horizontal en todo momento y es movida por una estructura de tijera accionada mediante un actuador hidráulico,



El espacio que queda debajo del vehículo es suficiente para la realización de los trabajos en taller, además al ser una estructura del tipo tijera, podemos tenerla "embutida" en el suelo, con lo que cuando el elevador no está siendo utilizado no tenemos ningún obstáculo en el taller, quedando la plataforma elevadora a nivel del suelo.

## **1.5 ELECCIÓN DEL TIPO DE ELEVADOR.**

El tipo de elevador elegido ha sido el elevador del tipo tijera, debido en gran medida a su capacidad de pasar desapercibido y de no resultar un obstáculo mientras éste no está siendo utilizado, quedando el suelo prácticamente liso cuando está recogido.

Además su estructura es más vistosa que las de los demás elevadores y resulta más atractivo para la realización de un proyecto final de carrera de este estilo, puesto que la estructura cambia de forma mientras se produce el movimiento de subida o bajada de la carga, lo cual complica en cierta medida los cálculos.

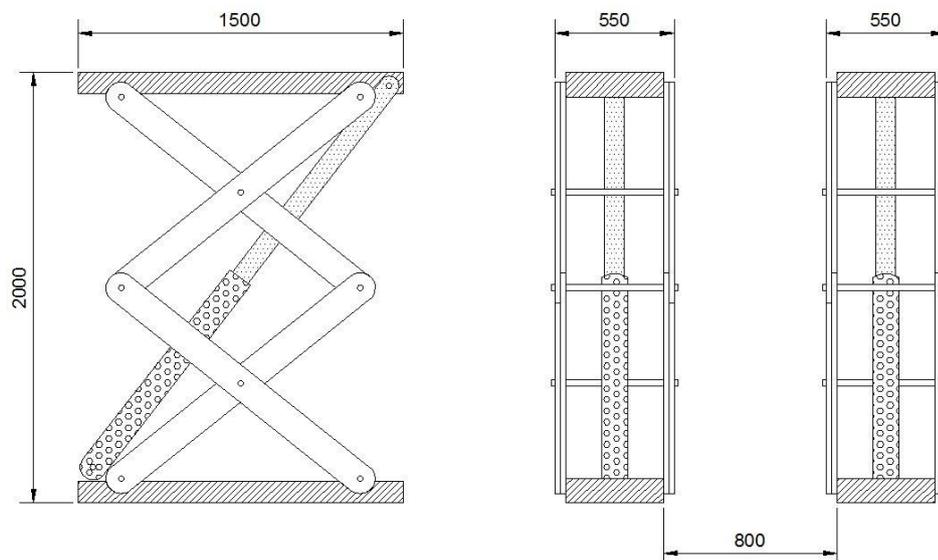
Se pueden realizar diversos cálculos referidos a la resistencia de materiales, como son resistencia a la tracción, cortadura, velocidades y aceleraciones...

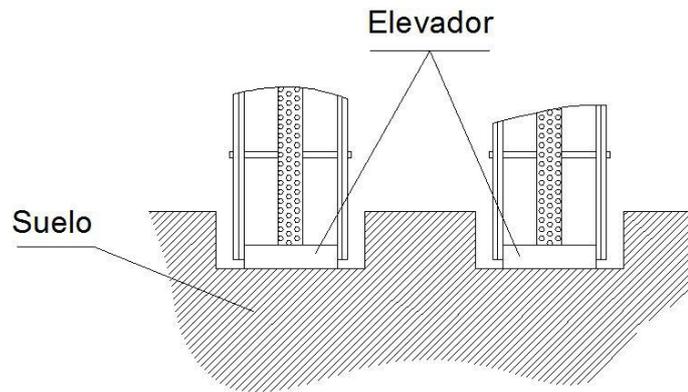
## **1.6 DATOS DE PARTIDA.**

En este apartado se definen a grosso modo, algunos de los aspectos más generales de los que va a constar el elevador diseñado.

### **1.6.1 DIMENSIONES GENERALES.**

Las dimensiones del elevador deberán aproximarse a las representadas en la figura adjunta, con la posible modificación de algunas de ellas por causas de fuerza mayor. Debido al requerimiento de que sea posible elevar las cargas al menos 2 metros de altura y a que tenemos una fosa en el suelo en donde va introducida la estructura y donde queda oculta mientras no está en funcionamiento, de aproximadamente 30 centímetros de profundidad, deberemos conseguir que la estructura diseñada pueda tener una altura de al menos 2 metros sobre su propio apoyo.





El accionamiento del cilindro es hidráulico, por lo tanto deberá instalarse en el emplazamiento de dicho elevador un grupo generador hidráulico, que nos asegure un correcto funcionamiento del equipo elevador en su conjunto.

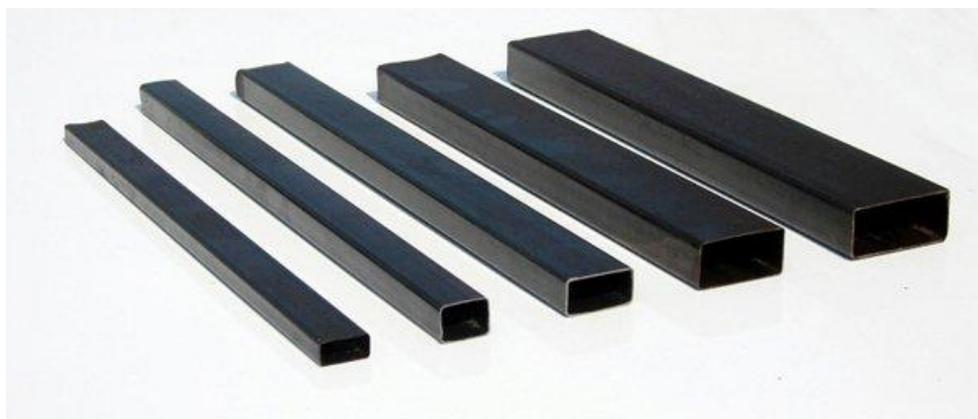
### 1.6.2 CARGA MÁXIMA QUE HAY QUE LEVANTAR.

La carga máxima que se puede elevar en este elevador es de 4.000 kg, un valor de carga que permite utilizar el elevador con casi la totalidad de vehículos que se pueden encontrar en el mercado.

### 1.6.3 MATERIALES A EMPLEAR.

Para el desarrollo de este proyecto se ha procurado emplear siempre que ha sido posible, materiales normalizados para rebajar costes y facilitar la construcción del elevador.

Tanto para la los largueros, casquillos, aceros... se emplearán materiales normalizados, para conseguir así un abaratamiento del material constructivo.



#### **1.6.4 PROTECCIÓN DE LOS MATERIALES DEL EQUIPO Y PLAN DE MANTENIMIENTO.**

Todos los componentes del equipo deberán ser tratados mediante las pinturas, engrases, aceitados y demás tratamientos que sean necesarios para la correcta puesta en funcionamiento, y la posterior exposición al ambiente del taller en donde va a ser colocado el elevador.

Las piezas de unión entre largueros de la estructura llamadas más adelante como argollas van tratadas térmicamente mediante un tratamiento por inducción.

Por lo que habrá que crear un plan de mantenimiento preventivo de la propia máquina y de sus componentes derivados, como pueden ser el grupo hidráulico, la fosa donde el equipo va alojado...

## **1.7 CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL PROYECTO.**

En este apartado se han tratado los datos y referencias que han dado forma al elevador proyectado, desde la geometría hasta los esfuerzos más importantes que tiene que soportar el elevador.

Hay que tener en cuenta que la estructura estudiada en este proyecto va a ser inspeccionada en dos dimensiones, por lo que aplicaremos las mismas dimensiones y cálculos para las 4 estructuras que conforman el proyecto, ya que son completamente semejantes entre sí.

En la imagen vemos la estructura completa donde se aprecian las cuatro estructuras paralelas entre sí, que conforman el elevador.



Ninguno de los elementos que componen la estructura observada, utiliza ningún tipo de tornillo para el montaje en la máquina, a excepción de los 6 perfiles que apoyan con el suelo.

Todos los demás componentes están soldados entre sí, de la forma que se indica en los planos y en el punto correspondiente a soldadura (Apartado 1.12).

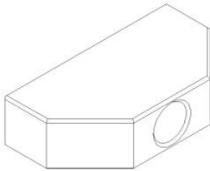
## 1.7.1 PARTES DE LAS QUE CONSTA EL ELEVADOR.

### 1.7.1.1 PIEZAS.

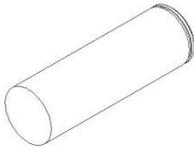
En este apartado se hace referencia a todas aquellas partes que componen el elevador de tipo tijera expuesto.

La estructura del elevador está compuesta por dos cuerpos iguales que en total tienen:

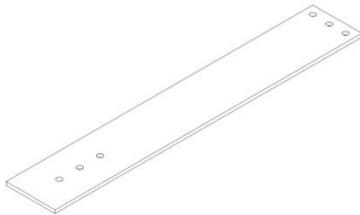
- Acoplamiento: es la pieza que transmite el esfuerzo proporcionado por el cilindro hidráulico, hasta los largueros. (2 piezas)



- Cilindro del acoplamiento: es la pieza que va soldada al acoplamiento y permite girar a este en el interior del larguero. (4 piezas)



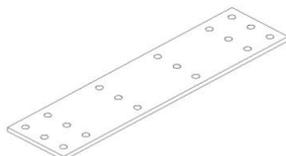
- Perfil rectangular suelo: hace de contacto entre el suelo y la estructura del elevador, por la parte desplazable de la estructura. (4 piezas)



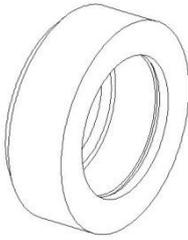
- Perfil en "L": va soldado a la parte superior de la pieza nombrada anteriormente y hace de raíl para las ruedas de la estructura. (16 piezas)



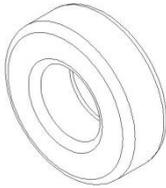
- Perfil rectangular suelo parte del cilindro: es la pieza en contacto con el hormigón, situada en la parte de máximos esfuerzos soportados. (2 piezas)



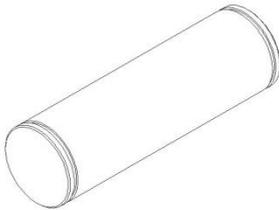
- Ruedas: estas piezas permiten el deslizamiento de la estructura durante el movimiento de subida o bajada de las cargas. (16 piezas)



- Rodamientos: van alojados en el interior de las ruedas facilitando el movimiento giratorio de estas con respecto del eje. (16 piezas)



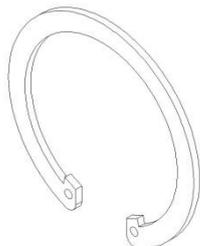
- Bulón de rodadura: utilizado para las ruedas de la estructura, ajustado a rodamientos y casquillos. (8 piezas)



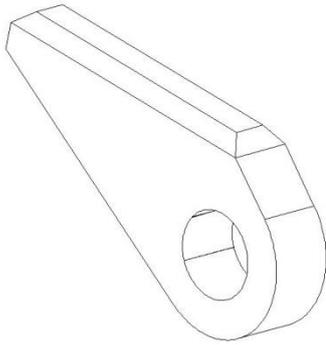
- Grupillas ó circlips para ejes: se emplean estos elementos para evitar el movimiento transversal de los bulones. (72 piezas)



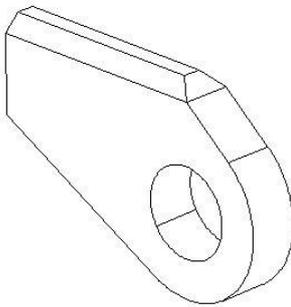
- Grupillas para agujeros: utilizadas para evitar la salida del rodamiento en cada una de las ruedas. (16 piezas)



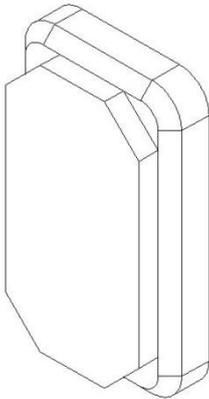
- Argolla 30 mm: pieza empleada para el enganche del bulón entre los largueros o partes que corresponda. (16 piezas)



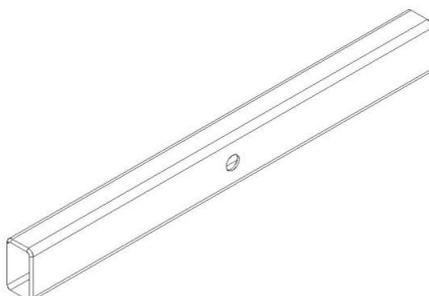
- Argolla 22 mm: pieza empleada para el enganche del bulón entre los largueros o partes que corresponda. (24 piezas)



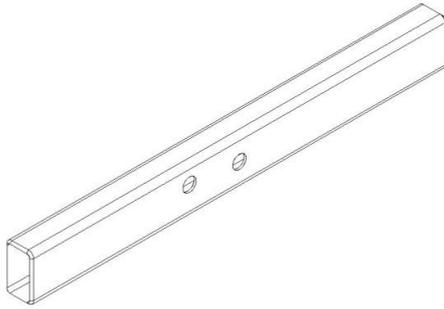
- Ajuste larguero argolla: pieza que sirve para la unión de las argollas con los largueros, todas ellas van soldadas unas con otras. (32 piezas)



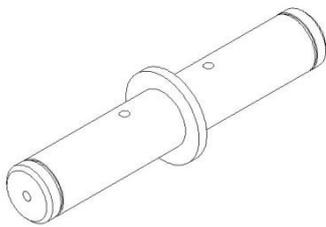
- Largueros estructura: son las piezas alargadas que transmiten los esfuerzos y dan las dimensiones al elevador. (12 piezas)



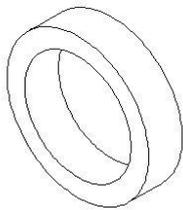
- Largueros estructura acoplamiento: estas piezas tienen la misma función que las anteriores, pero además reciben el esfuerzo transmitido por el acoplamiento. (4piezas)



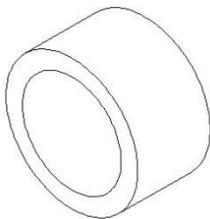
- Bulón central: esta pieza une los largueros de la estructura por sus centros, haciendo que giren sobre ese eje en cada movimiento. (8 piezas)



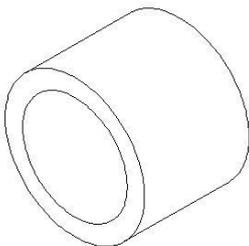
- Casquillo de tope 40 x 9,5: se utiliza para evitar que los rodamientos ajustados al eje en el apoyo del elevador que se mueve rodando por encima del suelo, no se muevan de su posición de ajuste debido a esfuerzos causados por el empleo normal del elevador. (16 piezas)



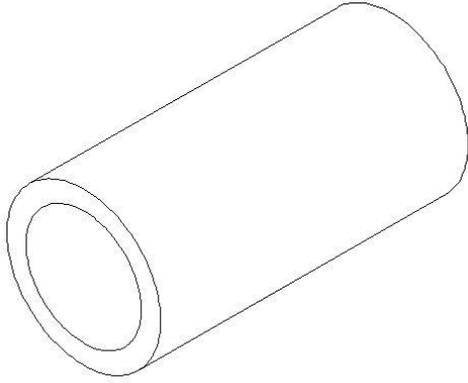
- Casquillo 40 x 22: empleado para las argollas de 22 mm de espesor. (28 piezas)



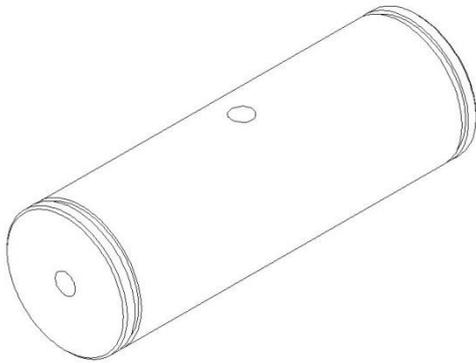
- Casquillo 40 x 30: empleado para las argollas de 30 mm de espesor. (28 piezas)



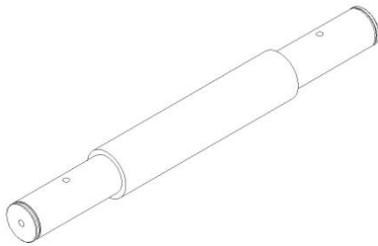
- Casquillo 40 x 80: se emplea para el ajuste del bulón central. (20 piezas)



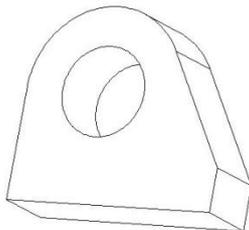
- Bulón 30 x 88: este es empleado para todos los ajustes en argollas con excepción de los ajustes con las ruedas y en la parte del bulón de equilibrio. (14 piezas)



- Bulón de equilibrio: es el bulón situado en las argollas que se encuentran en el punto E de la estructura, compensa el posible movimiento producido por esfuerzos no deseados en cualquier situación manteniendo firme la estructura. (2 pieza)



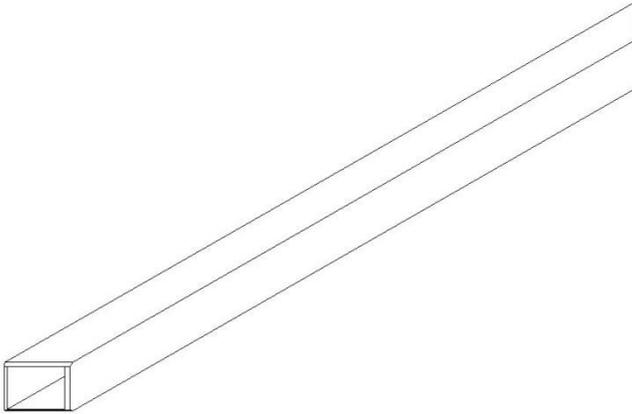
- Argolla de apoyo con el suelo de estructura: va soldada al perfil rectangular del suelo en la parte del cilindro, en ella apoyan los extremos de los largueros y el extremo del cilindro hidráulico. (6 piezas)



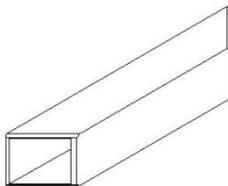
- Argolla enganche con plataforma superior: este elemento va soldado a la estructura superior del elevador, y permite el movimiento relativo de giro entre el larguero y la plataforma. (8 piezas)



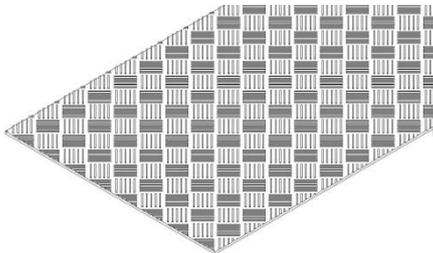
- Larguero plataforma largo: forma la estructura de la plancha superior ó plataforma junto al larguero plataforma corto. (4 piezas)



- Larguero plataforma corto: forma la estructura de la plancha superior ó plataforma junto al larguero plataforma largo. (4 piezas)



- Chapa de la plataforma: Sirve para formar una base de apoyo en donde colocar las cargas que se pretende sean elevadas. (2 pieza)



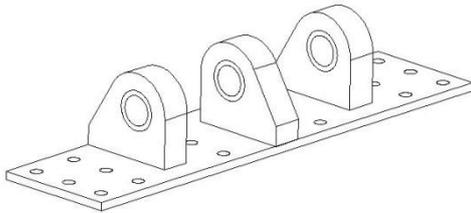
- Cilindro hidráulico: este elemento proporciona la fuerza necesaria para conseguir un correcto funcionamiento del elevador. (2 pieza)

### 1.7.1.2 SUBCONJUNTOS.

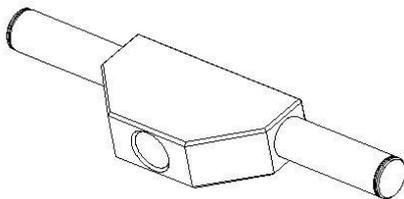
Los siguientes conjuntos son fabricados a partir de las piezas del apartado anterior y son los que el fabricante proporciona montados antes de comenzar la instalación en el lugar correspondiente que se habilite para el elevador.

Cada componente tiene su propia referencia como se indica en los planos.

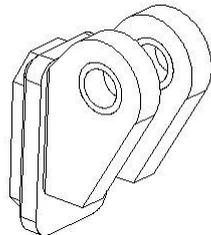
- Apoyo del cilindro: es el conjunto que se debe atornillar a la base de hormigón sobre el cuál van posicionados dos largueros y el cilindro hidráulico, como se muestra en el manual de montaje. (2)



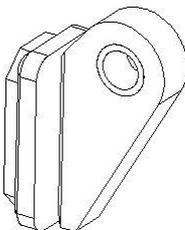
- Acoplamiento: es la pieza que se adapta al cilindro hidráulico para transmitir el esfuerzo a la estructura. (2)



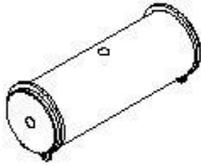
- Argollas de 22 mm: es el conjunto entre la tapa de ajuste del larguero y las argolla de 22 mm de espesor, va soldado. (8)



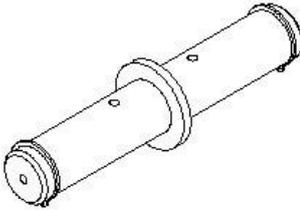
- Argollas de 30 mm: es el conjunto entre la tapa de ajuste del larguero y las argolla de 30 mm de espesor, va soldado. (16)



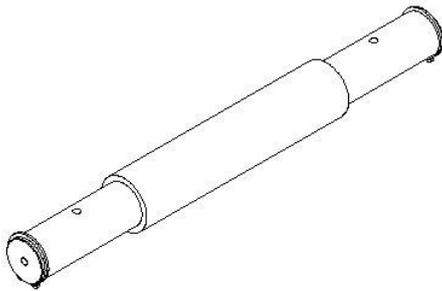
- Bulón 30 x 88: este bulón se utiliza para unir las articulaciones entre largueros y entre argollas de apoyo y de la plataforma. (7)



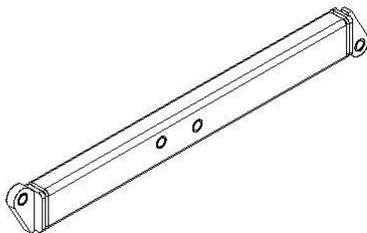
- Bulón central: es la pieza que sirve como articulación para el centro de los largueros. (8)



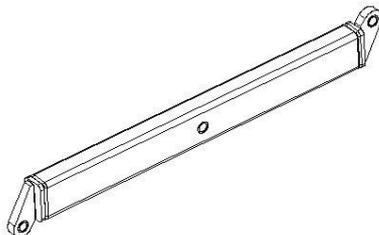
- Bulón de equilibrio: este bulón se sitúa en la articulación que está entre las dos articulaciones de rodadura, para evitar giros entre las estructuras que funcionan al mismo tiempo. (2)



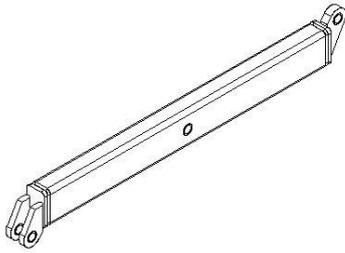
- Larguero de acoplamiento: este larguero dispone de dos agujeros en su longitud para poder acoplar el subconjunto acoplamiento, que es el que transmite la fuerza desde el cilindro. (4)



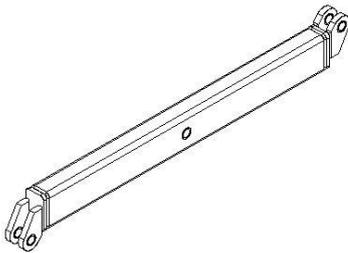
- Larguero formato 1 (con argollas de 30 mm): este larguero tiene dos argollas de 30 mm colocadas una a cada lado. (4)



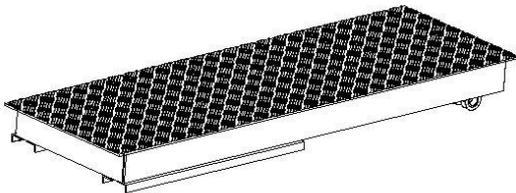
- Larguero formato 2: tiene dos argollas una de 30 mm y otra de 22 mm, una a cada lado de la forma que se muestra. (4)



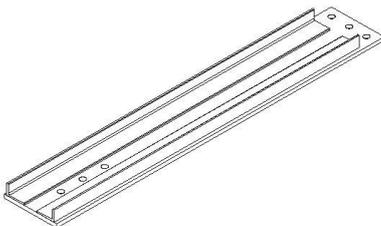
- Larguero formato 3: (con argollas de 22 mm): este larguero tiene dos argollas de 30 mm colocadas una a cada lado. (4)



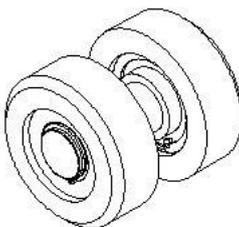
- Plataforma: es la base sobre la que apoya el vehículo. (2)



- Raíl guía: es la pieza que va atornillada al suelo y hace de raíl con las ruedas. (4)



- Ruedas: permiten que las articulaciones correspondientes se deslicen sobre la estructura permitiendo el desplazamiento relativo entre sus piezas y así su elevación. (8)

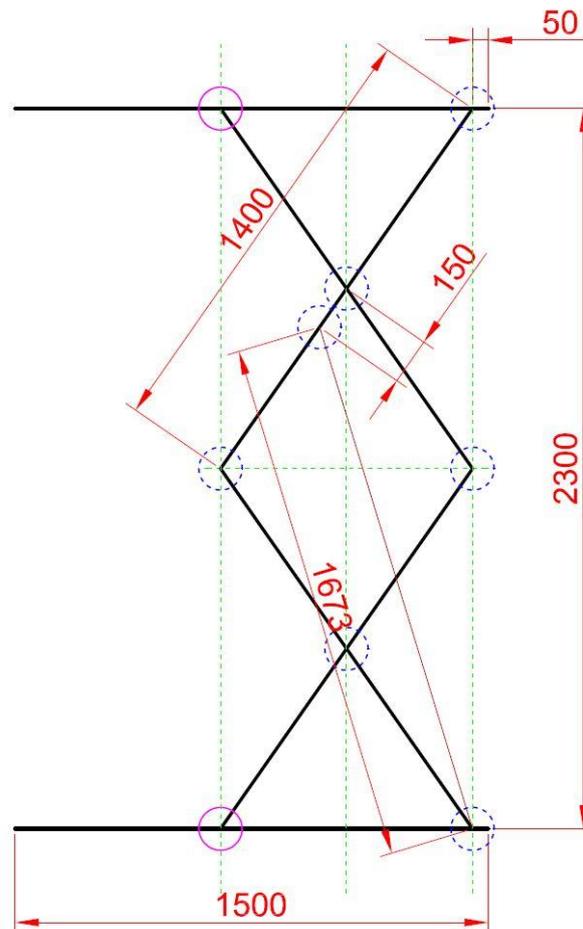


- Émbolo ó actuador: es el elemento que acciona la máquina mediante una bomba que le proporciona aceite para su correcto funcionamiento, este elemento está normalizado y se estudia en el punto 1.8.1. (1)

### 1.7.2 DIMENSIONES PRINCIPALES.

Las dimensiones que tiene el elevador se han propuesto de una manera totalmente gráfica y coherente con la función que va a realizar el elemento proyectado. Es decir dispondremos de las medidas necesarias que nos propone la forma gráfica del elevador, que tiene que poder recogerse cuando no esté siendo utilizado debajo de la plancha superior de apoyo del vehículo, por lo que todos sus componentes deben de ser de menor dimensión que las medidas superficiales de la plancha superior del elevador.

Como se puede apreciar en los dibujos siguientes, las medidas más generales de la totalidad de las piezas que componen el elevador viene dada por su condición de elevación máxima y por su condición del elemento recogido subterráneamente.

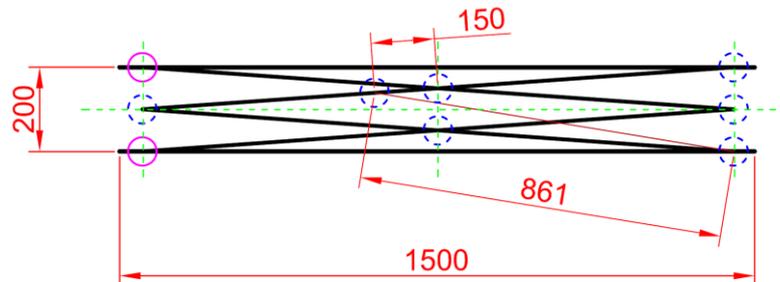


En el dibujo se aprecian las dimensiones generales mientras el equipo de trabajo se encuentra en una posición de elevación de 2,3 metros. Se pueden observar las medidas más características, como son la longitud de los largueros, distancia del punto de apoyo del émbolo, posicionamiento desde el borde...

En este dibujo se pueden observar una serie de círculos, que marcan las articulaciones que tiene cada estructura del elevador. Los círculos azules y a trazos nos señalan las articulaciones que solo tienen libertad de giro, mientras que los círculos de línea continua y de color rosa, nos marcan las

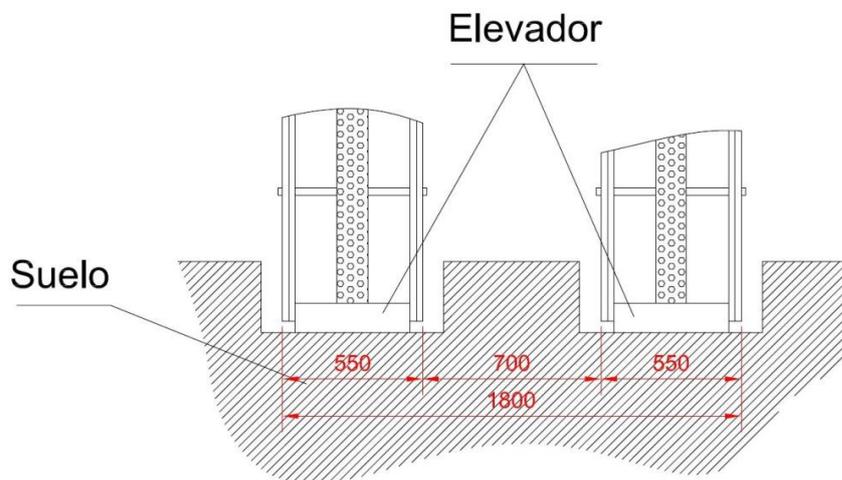
articulaciones que además de tener libertad de giro, tienen un movimiento rectilíneo relativo a la plancha superior y a la base del elevador en el eje transversal.

Además podemos apreciar también una línea de color granate, la cual interpreta al actuador hidráulico, que lógicamente es extensible como veremos en la siguiente imagen, por lo que su longitud varía de un dibujo a otro como se puede apreciar.



### 1.7.2.1 ANCHURA Y POSICIONAMIENTO DE LOS CUERPOS.

La anchura de las dos estructuras que componen el elevador no ha sido relevante en esta fase del proceso, ya que tiene que cumplir la condición de que el cilindro hidráulico quede introducido en su interior con el espacio suficiente para no interferir en el funcionamiento de la máquina. Por lo que se ha decidido que las medidas sean las siguientes.

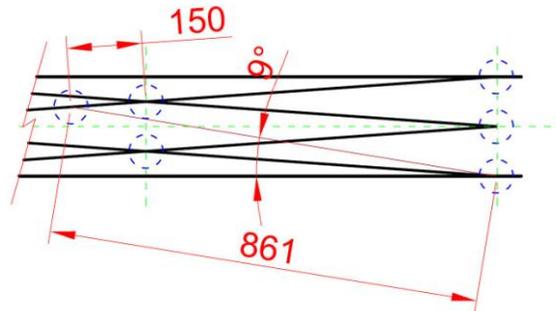


Es conveniente resaltar que la posición del actuador en su apoyo superior viene dada por el ángulo de salida al comienzo de la elevación y por el alargamiento inicial y final cuando el elevador está en su posición superior.

La distancia entre cuerpos se ha decidido que sean los 700 milímetros de la imagen porque es una distancia coherente y muy aceptable para levantar casi la totalidad de los vehículos que existen en el mercado. Ya que las dimensiones de estos son muy parecidas en cualquier caso que nos vayamos a encontrar en cuanto a anchura se refiere.

### 1.7.2.2 ÁNGULO DE SALIDA AL COMIENZO DE LA ELEVACIÓN.

Para que los componentes del elevador funcionen correctamente a la hora de realizar esfuerzos resultantes de la elevación de cargas, es necesario que el ángulo de salida del actuador hidráulico cuando el elevador está recogido, sea lo más grande posible por lo que trataremos de mantener el actuador con un ángulo lo más importante posible, en nuestro caso el que se aprecia en la figura.



El valor del ángulo al comienzo de la elevación es por lo tanto  $9^\circ$ . Ángulo suficiente para el correcto funcionamiento del inicio de elevación.

Este ángulo es muy importante ya que en este momento (cuando el elevador está comenzando a elevar la carga), los esfuerzos soportados por las partes que componen la estructura, son máximos.

Los ángulos de la estructura cuando se encuentra elevada totalmente no son de gran importancia, puesto que los elementos constructivos soportan esfuerzos mucho más pequeños que en este caso expuesto.

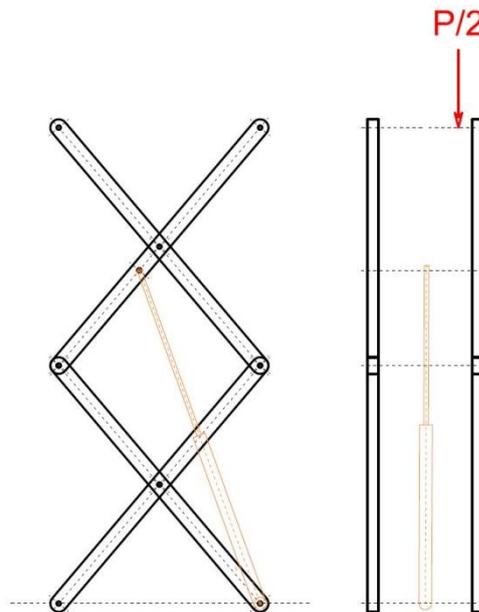
Debido al propio diseño, forma y cálculos que se van desarrollando durante la elaboración de este proyecto, algunas medidas y condiciones pueden ser modificadas mínimamente más adelante.

### 1.7.3 DETERMINACIÓN DEL PESO A SOPORTAR.

Las diferentes posibilidades que se tienen a la hora de apoyar un coche sobre el elevador, nos dan una larga lista de alternativas de tener diferentes cargas colocadas en diversas zonas de la plancha superior. Aunque para colocar la carga sobre la estructura se debe tener especial cuidado y sentido común del buen uso de este elemento.

#### 1.7.3.1 DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DEL PESO SOBRE LA PLANCHA SUPERIOR.

Las conclusiones que nos encontramos si miramos la estructura desde la posición frontal del coche, son que las fuerzas que va a soportar cada una de las dos estructuras, van a estar repartidas por igual, en cada una de ellas.



Por eso en la representación de la figura se puede observar como en un cuerpo del elevador se tiene la mitad del peso, que este ha de ser capaz de elevar en total.

Además si se observa la figura, fácilmente se aprecia que la mitad de la carga que va a soportar un cuerpo de la estructura, y debido a que un cuerpo de esta, está compuesto por dos subestructuras, se tiene que la carga a soportar por cada subestructura, será una cuarta parte de la carga total que pueda soportar el elevador en su totalidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se entiende que la carga a tener en cuenta para los cálculos, estará centrada y bien colocada en cada uno de los cuerpos del elevador.

### 1.7.3.2 DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA CARGA A ESTUDIAR.

Como se sabe el valor máximo que puede levantar nuestra estructura son 4000 Kg, que se reparten en los dos cuerpos del elevador de la forma expuesta anteriormente.

$$Carga\ máxima\ (P) = 4.000\ kg * 9.81\ \frac{m}{s^2} = 39.240\ N$$

En este caso y como se ha dicho en el apartado anterior, la carga a tener en cuenta es de:

$$\frac{P}{4} = 9.810\ N$$

Debido a la posibilidad de que la carga se reparta de forma incorrecta, cargando más o menos peso a un lado o a otro del cuerpo de la estructura, se aplica a este valor de una cuarta parte el peso total, un coeficiente de mayoración, para compensar el descentramiento de la carga, tal y como se observa en el apartado 2.1 de los cálculos.

Con esto se obtiene la carga máxima teórica que va a soportar cada una de las cuatro estructuras del elevador, que es:

$$C = \frac{P}{4} * 1,4 = 13.734\ N$$

Una vez obtenida la carga máxima, lo que se hace en este tipo de estructuras metálicas, es mayorar las cargas con las que han sido calculados los elementos que componen la estructura del elevador, para evitar situaciones críticas en el desarrollo y posterior funcionamiento del elemento.

Así se obtiene el resultado de la carga a tener en cuenta en cada una de las cuatro estructuras, que va a ser el valor a partir del cual se han realizado todos los posteriores cálculos.

Los cálculos referentes a este apartado, se encuentran en el apartado 2.1 de los cálculos.

Resultando que la carga máxima mayorada por el coeficiente  $\gamma$  es:

$$C_{m\acute{a}x} = \frac{P}{4} * 1,5 = 13.734\ N * 1,5 = 20.601\ N$$

### 1.7.4 DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN LA PLANCHA SUPERIOR.

La plancha superior de la estructura soporta los esfuerzos debidos a la carga del vehículo que se quiere elevar, en total el peso estimado que son los 20.600 N, ya expuestos con anterioridad.

Esta carga está distribuida en la plancha o plataforma superior de tal manera que, a la hora de la realización de los cálculos, nos ponemos en los peores casos posibles, para una correcta deducción de los esfuerzos máximos, generados en los largueros que están en contacto con la plataforma, y en la propia estructura de esta.

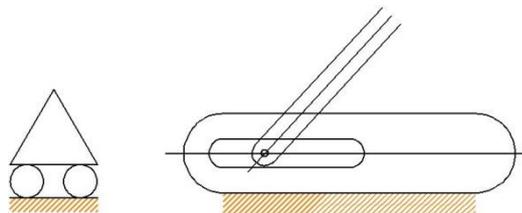
En este apartado se explica la forma de calcular cada una de los casos expuestos como casos más desfavorables.

Es necesaria la exposición de diferentes casos que se pueden dar, de forma más desfavorable, ya que de esta manera se pueden comparar y de todos ellos se extraen los peores resultados, con lo que este modo de cálculo nos asegura una cierta fiabilidad de diseño, en los componentes que se estudian.

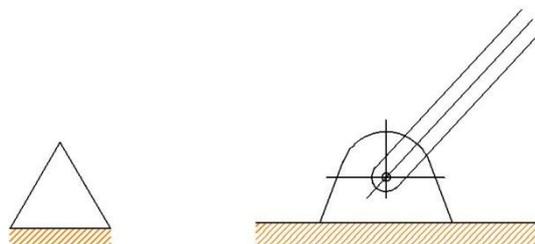
Para el cálculo de estos esfuerzos se han tratado los punto "C" y "D" como apoyos articulados, es decir, para el punto "C" se ha tomado un apoyo articulado, el cual deja que la barra gire sobre sí misma y además, también puede desplazarse en el eje X, y para el apoyo "D" se ha tomado el mismo tipo de apoyo pero sin que este pueda moverse en el eje X, como se aprecia en la figura adjunta.

Se definen como:

Apoyo articulado simple.

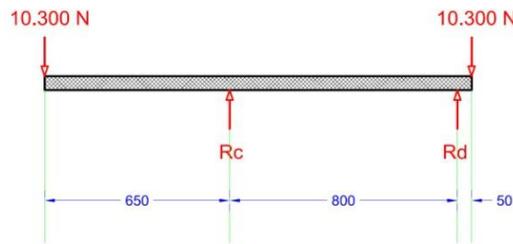


Apoyo articulado doble.



### 1.7.4.1 CASO 1.1

Se tiene el elevador completamente levantado y se coloca la carga distribuida, la mitad de esta se coloca en un extremo del elevador y la otra mitad la colocamos en el otro extremo.



Como se observa en este caso la mayor carga recae sobre el apoyo C, ya que en este extremo el voladizo que se presenta es mayor que en el extremo opuesto.

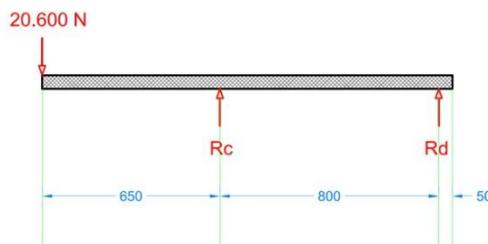
El momento máximo también se encuentra en el apoyo C debido a la explicación anterior. Estos valores son:

$$V(C) = -10.300 \text{ N} \quad M(C) = -6.695 \text{ Nm}$$

$$RD = 2.575 \text{ N} \quad RC = 18.025 \text{ N}$$

### 1.7.4.2 CASO 1.2

En este caso el elevador se encuentra totalmente en su posición superior, la diferencia con el caso anterior es que la totalidad de la carga se concentra en el extremo de mayor voladizo, apareciendo en el apoyo de la reacción "C", el momento máximo encontrado para el cálculo de la sección de la plancha superior.



En la imagen se observa sin problema, como la fuerza a tener en cuenta genera una reacción en el apoyo "D", de sentido contrario al expuesto, ya que la plancha tiende a tirar hacia arriba, detalle que se tiene en cuenta para el cálculo y diseño de los raíles guía de la plancha superior y de la estructura de apoyo en el suelo. De esta manera evitaremos cualquier posible fallo por vuelcos indeseados.

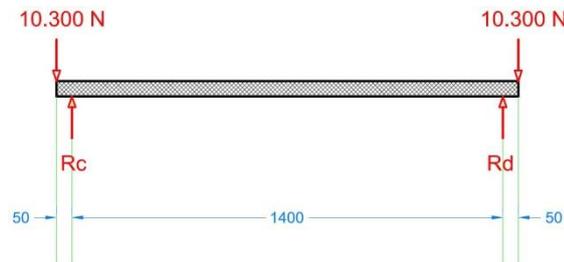
Los resultados que se obtienen en este apartado son los siguientes:

$$V(C) = -20.600 \text{ N} \quad M(C) = -13.390 \text{ Nm}$$

$$RD = -16.737 \text{ N} \quad RC = 37.337 \text{ N}$$

### 1.7.4.3 CASO 2.1

Caso para el elevador recogido con cargas puntuales en los dos extremos, al igual que en el primer caso, las cargas se encuentran distribuidas equitativamente en cada uno de los dos extremos, con la diferencia de que en este caso el elevador se tiene en su posición más baja, es decir, cuando se encuentra recogido.



Como es obvio para este caso, las reacciones en los largueros serán iguales a cada una de las cargas, debido a su simetría con el posicionamiento de todos los elementos influyentes en el cálculo.

$$V(D) = 10.300 \text{ N}$$

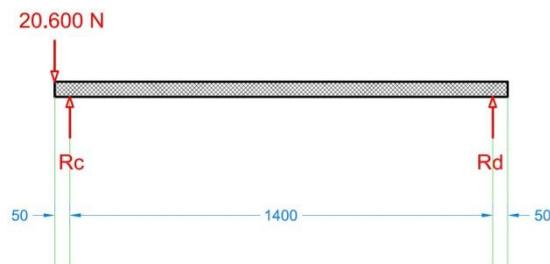
$$M(C) = -515 \text{ Nm}$$

$$RD = 10.300 \text{ N}$$

$$RC = 10.300 \text{ N}$$

### 1.7.4.4 CASO 2.2

Para este caso se tiene la carga en su totalidad colocada en un extremo, pero al contrario que en el caso 1.2, en este el elevador se encuentra completamente en su posición más baja, por lo que las reacciones y momentos son menos importantes en comparación con los anteriores.



Este caso no va a ser con probabilidad un caso a tener en cuenta, pero es una posibilidad de carga puntual. Por lo que no está de más estudiarlo.

Las reacciones aparentes son:

$$V(K) = V(C) = -20.600 \text{ N}$$

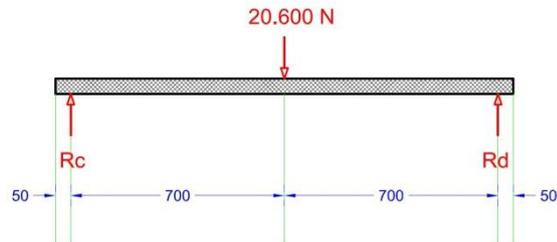
$$M(C) = -1.030 \text{ Nm}$$

$$RD = -736 \text{ N}$$

$$RC = 21.336 \text{ N}$$

### 1.7.4.5 CASO 3.1

Con el elevador recogido totalmente se tiene la carga totalmente concentrada en el centro de la plataforma (plancha superior), caso en el que se genera un momento de sentido positivo, que en su sentido resulta máximo, aunque como se puede observar en otros cálculos es superado a la hora de tener en cuenta el momento flector para calcular la sección de la estructura que forma la plancha superior.



Los resultados obtenidos para este caso son:

$$V(C) = V(M') = 10.300 \text{ N}$$

$$M(M') = 7.210 \text{ Nm}$$

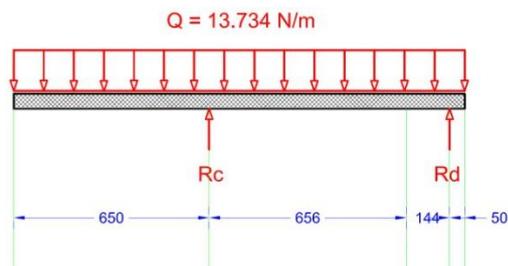
$$RD = 10.300 \text{ N}$$

$$RC = 10.300 \text{ N}$$

### 1.7.4.6 CASO 4.1

Este caso representa los 20.600 N que se han visto en apartados anteriores de manera puntual, pero de manera distribuida a lo largo de toda la longitud de la plataforma, cuando el elevador se encuentra en su posición más elevada.

Como la longitud de la plataforma por diseño es de 1,5 metros, la carga distribuida correspondiente a 20.600 N puntuales es de 13.734 Nm, como se puede observar en la imagen expuesta.



En este caso como podemos observar en los cálculos (apartado 2.2.6 y 2.3), el diagrama de cortantes y momentos flectores se complica, soportando los esfuerzos, más distribuidos que en los apartados anteriores.

Se observa en la gráfica de cortantes que los momentos apreciados como máximos para este apartado, coinciden con los sitios donde el cortante pasa por el valor 0.

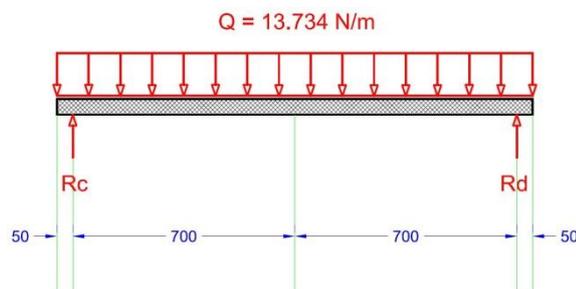
Los resultados obtenidos son:

$$V(C) = 9.100 \text{ N} \qquad M(C) = -2.900 \text{ Nm}$$

$$RD = 2.575 \text{ N} \qquad RC = 18.026 \text{ N}$$

#### 1.7.4.7 CASO 4.2

Para el cálculo de este apartado se ha tenido en cuenta la carga exactamente igual que en el apartado anterior, pero en este caso se tiene que la estructura se encuentra en su posición más baja, por lo que el momento máximo y el cortante mínimo se encuentran en la posición central de la plataforma.



Los resultados que se obtienen para el caso expuesto son:

$$V(D) = -V(C) = -9.613 \text{ N} \qquad M(x = 0,75\text{m}) = 3.347 \text{ Nm}$$

$$RD = 10.300 \text{ N} \qquad RC = 10.300 \text{ N}$$

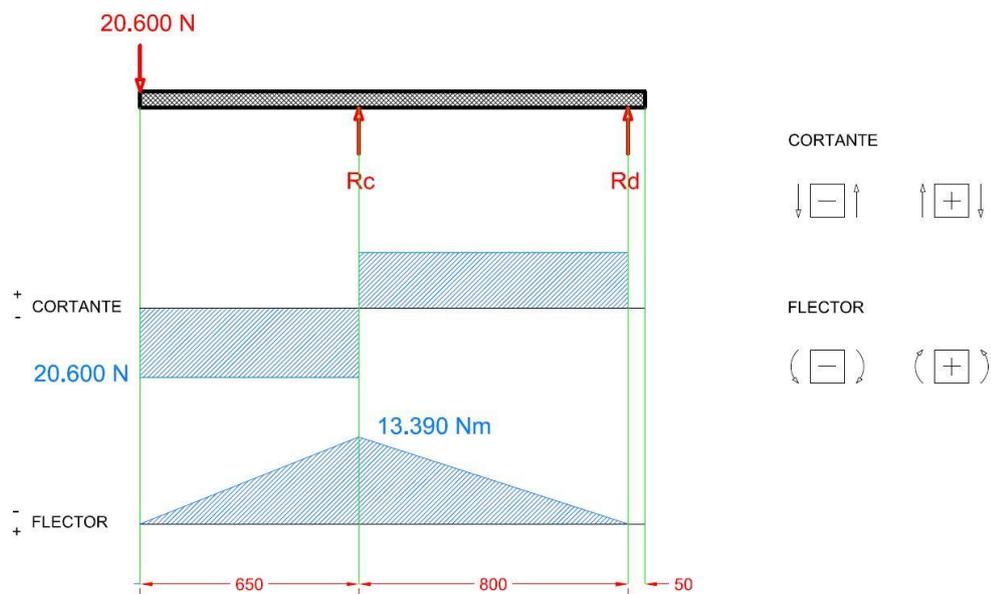
### 1.7.4.8 OBSERVACIÓN DE CASOS DE ESFUERZOS MÁXIMOS PARA LOS CASOS ANTERIORMENTE EXPUESTOS.

Una vez se tienen los resultados de todos los casos anteriores, se trata de observar cuales de los datos que se han obtenido en cada caso, son máximos para cada zona. Si se observa bien, lo interesante es recoger simplemente los 4 datos máximos que se tiene entre todos los expuestos, que son:

- Cortante máximo: 20.600 N
- Momento flector máximo: 13.390 Nm
- Reacción máxima en C: 37.337 N
- Reacción máxima en D: -16.737 N

Las reacciones de momento y cortante, son obvias y de fácil interpretación ya que con ellas se va a calcular la sección necesaria de la estructura de la plancha superior.

Mientras que por otra parte, las reacciones en "C" y "D", van a tener gran protagonismo a la hora de calcular las reacciones en las articulaciones de la estructura del elevador, ya que además de fijarse de si son máximas o mínimas, también es muy útil saber el sentido en el que se presentan.



Todas las reacciones máximas son atribuidas al caso 1.2, y se pueden observar en el diagrama de cortantes y momentos flectores.

La finalidad de este apartado es tratar de interpretar de una manera fiable y diversa las cargas o reacciones que se pueden dar en las articulaciones correspondientes a los apoyos de los largueros con la plancha superior, además de poder dimensionar la estructura de la plataforma mediante la elección del perfil más adecuado para los momentos y cortantes resultantes en dichos cálculos.

En el apartado de cálculos 2.3, podemos observar todas las gráficas de momentos flectores y cortantes de cada uno de los casos.

También podemos observar con claridad el método de cálculo empleado al detalle.

### 1.7.5 RESOLUCIÓN MEDIANTE DIAGRAMAS DE SÓLIDO LIBRE DEL ENTRAMADO DE LA ESTRUCTURA.

El procedimiento más adecuado para el cálculo de los esfuerzos soportados por los largueros y las piezas de unión entre ellos, ha sido elegido por su facilidad para realizar operaciones mediante sencillas hipótesis.

Este procedimiento se basa en que la suma de todas las fuerzas y momentos de la pieza a estudiar sea cero, ya que la estructura se encuentra en el momento de estudio en situación de reposo, ya sea elevada, en una posición intermedia o en su posición más baja.

$$\Sigma F_x = 0$$

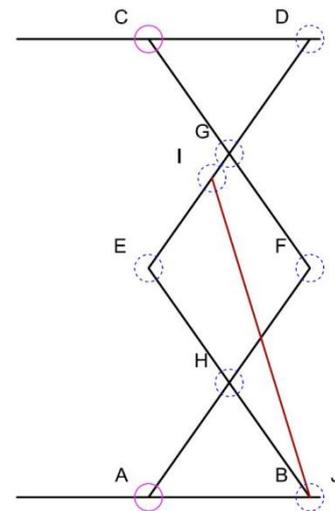
$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M_B = 0$$

Se ha tenido en cuenta para la confección de estas ecuaciones que, los apoyos articulados B y J, solo permiten el giro, originándose en ellos esfuerzos en el eje X de la figura, mientras que el apoyo articulado A, permite el giro del sólido y también permite el movimiento en el eje X, al contrario que los anteriores.

El sistema de ecuaciones originado mediante el estudio de esta estructura, se complementa en el apartado 2.4 de los cálculos. En el cual se pueden apreciar la dirección y sentido de las fuerzas tenidas en cuenta a la hora de realizar dichos cálculos.

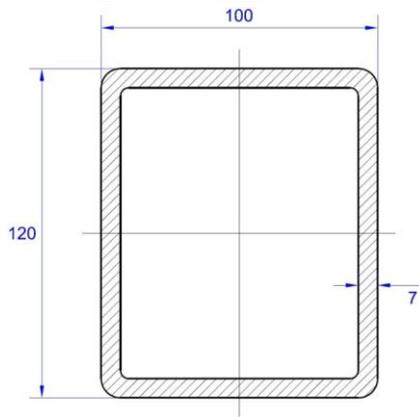
Estos sistemas de ecuaciones son resueltos en una tabla de excel y teniendo en cuenta además de las reacciones obtenidas en los casos más desfavorables del apartado 2.2 de los cálculos, el peso orientativo que se ha calculado para los largueros y el conjunto de la estructura.



#### 1.7.5.1 PESO ORIENTATIVO DE LA ESTRUCTURA.

Es un apartado importante a tener en cuenta el peso de los componentes del elevador, ya que además de oponer una resistencia y dar lugar a la posibilidad de elevar un vehículo (en este caso), también hay que tener en cuenta su peso, ya que se va a sumar al de la propia carga, aunque con diferente distribución.

Para simplificar este cálculo se han observado algunos elevadores ya construidos para el mismo fin que el que se está desarrollando en este proyecto, y se han deducido unas medidas de la sección de los largueros cuya área es muy habitual en este tipo de elementos, así teniendo la longitud (que viene dada desde el principio), que es de 1.400 mm, sabiendo que la densidad del acero es de  $7.850 \text{ Kg/m}^3$  se tiene que el peso aproximado de un larguero, y sabiendo que cada estructura tiene 4 largueros y despreciando el peso de bulones, casquillos, anclajes, plancha superior... se tiene que el peso aproximado (orientativo) de una estructura es de 1.500 N.

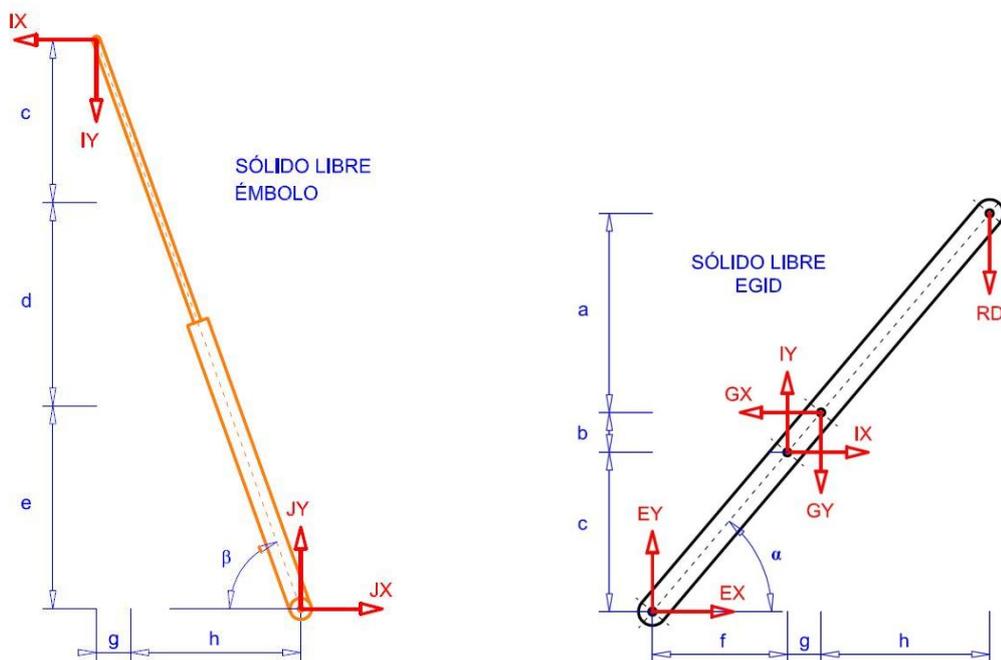


Sección típica en estructuras de este tipo, tomada como referencia para el cálculo del peso.

Este peso se suma a cada una de las reacciones que se han empleado en la hoja de cálculo de Excel de la forma que se explica posteriormente.

### 1.7.5.2 EMPLEO DE HOJAS DE CÁLCULO EXCEL PARA LA RESOLUCIÓN DE ECUACIONES.

Debido a los muchos casos que se pueden dar como ya se ha visto, la forma más rápida y sencilla de calcular los esfuerzos en cada situación, es crear una hoja de cálculo donde se introducen una serie de parámetros variables en cada caso y el propio programa da unos valores de salida, los cuales indican las reacciones existentes en cada articulación en cada situación estudiada.



En la imagen se observan dos sólidos libres a estudiar, los cuales presentan unas cotas que vienen definidas por las medidas variables que el dispositivo de elevación va adquiriendo durante todo su trayecto.

También se observan la dirección y sentido de los esfuerzos colocados como referencia para el inicio de los cálculos.

En la imagen siguiente se puede ver como se ha estructurado de una manera simple la hoja de cálculo, variando para cada altura las variables antes especificadas con las anteriores imágenes.

	A	B	C	D	E
1	<b>CASO DE CARGA DESFAVORABLE EN ELEVADOR MÁS EL PESO DE LOS ELEMENTOS (1500 N)</b>				
2					
3	F1=	0		a =	0,575
4	F2=	-38088		b =	0,123
5	G1=	0		c =	0,452
6	G2=	76176		d =	0,575
7	H1=	0		e =	0,575
8	H2=	-76176		f =	0,314
9	E1=	16732		g =	0,086
10	E2=	21011		h =	0,399
11	I1=	-16732			
12	I2=	39177		RC=RA=	38088
13	B1=	16732		RD=	-15988
14	B2=	-55165			
15	J1=	-16732		ALTURA ELEVADOR=	2,3
16	J2=	39177		(BASE) f+g+h=	0,80
17					
18	ÁNGULO LÍNEA DE FUERZA LARGUEROS=	55,23			
19	ÁNGULO LÍNEA DE FUERZA CILINDRO=	73,16			
20					

Se observan las variables de alturas en los ejes X e Y de cada articulación, que son los valores de la derecha, marcados de "a", hasta "h", que varían dependiendo del valor introducido en la casilla de altura del elevador.

También están representados los ángulos formados por el eje de los largueros, y el ángulo del cilindro hidráulico con el suelo.

Para el comienzo del cálculo es necesario introducir un valor de cargas, que en este caso son RC=RA, y RD, que vienen dados por los cálculos hechos en el apartado de cálculos 2.2.

Existe un detalle a tener en cuenta antes de introducir los valores en de las reacciones en su correspondiente casilla, ya que a estos valores les sumaremos el peso orientativo que se ha calculado para cada estructura, simulando así un aumento de la carga debido al peso del propio elevador (apartado 2.5 de las cálculos), la mitad del peso de la estructura la sumaremos a una articulación y la otra mitad a la otra, sumando un total de 1.500 N, que es el valor del peso orientativo que se ha estimado anteriormente.

En la columna de la izquierda que va de F1 a J2, se pueden apreciar las reacciones que resultan del cálculo de esfuerzos en las condiciones especificadas.

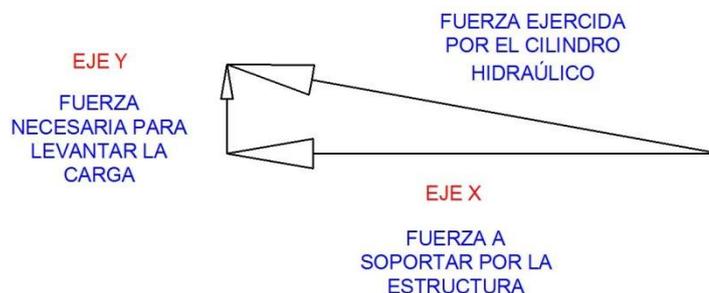
Los datos de salida de todos los casos llamados como más desfavorables, están identificados en la siguiente tabla:

SIT VARIAS	1,1)	1,2)	2,1)	2,2)	3,1)	4,1)	4,2)
Fx	0	0	-7	1	0	0	0
Fy	-18.775	-38.088	-22.238	-22.085	-11.049	-18.776	-11.049
Gx	0	0	7	-1	0	0	0
Gy	37.550	76.176	44.477	44.170	22.098	37.552	22.098
Hx	0	0	7	-1	0	0	0
Hy	-37.550	-76.176	-44.477	-44.170	-22.098	-37.552	-22.098
Ex	11.857	11.857	238.419	238.417	238.417	11.857	238.417
Ey	1.698	21.011	5.164	5.011	-6.025	1.698	-6.025
Ix	-11.857	-11.857	-238.419	-238.417	-238.417	-11.857	-238.417
Iy	39.177	39.177	39.174	39.174	39.173	39.179	39.173
Bx	11.857	11.857	238.419	238.417	238.417	11.857	238.417
By	-35.852	-55.166	-39.313	-39.159	-28.123	-35.854	-28.123
Jx	-11.857	-11.857	-238.419	-238.417	-238.417	-11.857	-238.417
Jy	39.177	39.177	39.174	39.174	39.173	39.179	39.173

### 1.7.5.3 OBSERVACIONES DE LOS CASOS MÁS DESFAVORABLES.

Se puede ver como en los casos en donde el elevador está en su posición más cercana al suelo (abajo), y siempre teniendo en mente que la carga está ejerciendo una fuerza contra el elevador, se obtienen datos de mayor esfuerzo que en los que el elevador se sitúa en una posición más elevada (arriba).

Esto es debido a que cuando se encuentra en una situación baja, el cilindro hidráulico tiene que ejercer una gran fuerza en el eje X, para que la componente en el eje Y sea lo suficientemente grande y poder comenzar con la elevación de la carga.



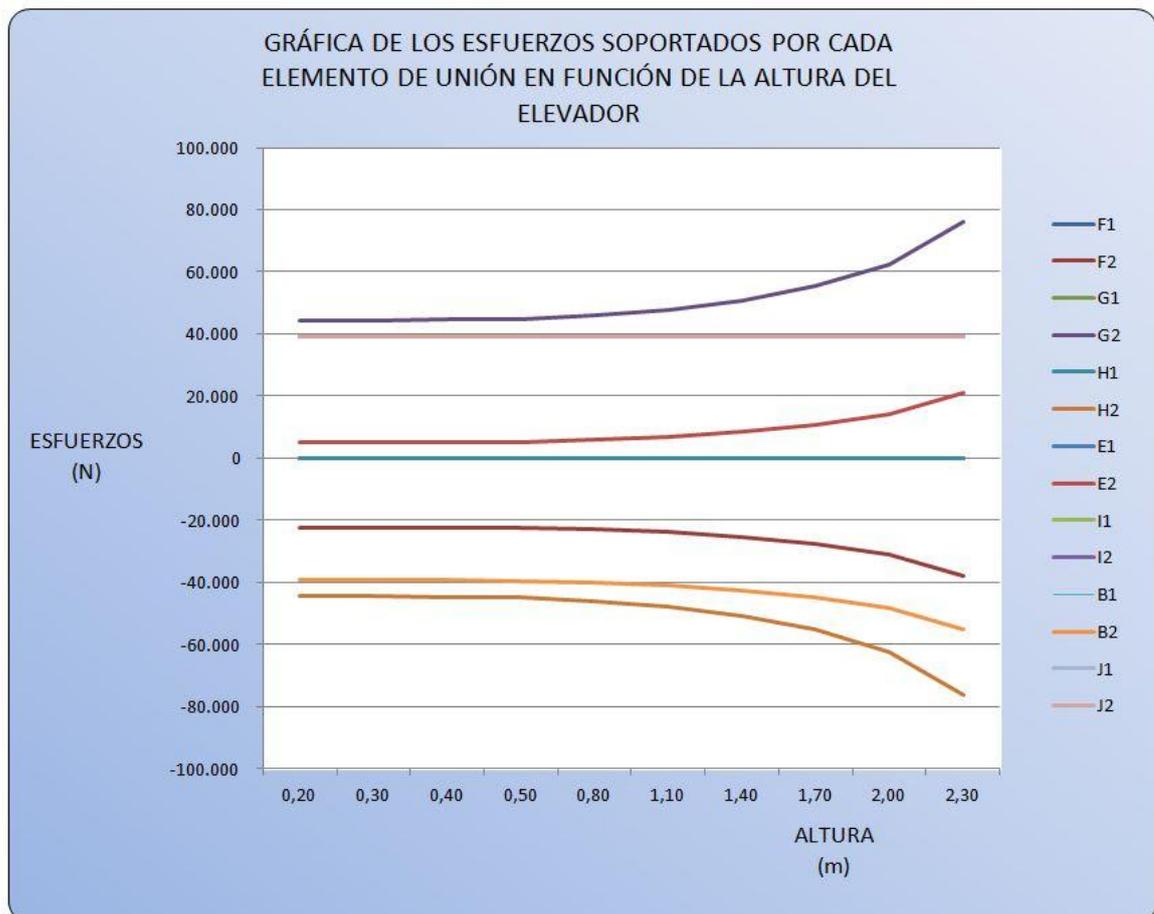
### 1.7.5.4 SECUENCIA DE ELEVACIÓN DEL APARATO PARA EL CASO 1.2.

Los valores reflejados en la siguiente tabla vienen dados por el apartado de los cálculos 2.6.2.2, donde se representa la secuencia de elevación desde una altura entre ejes de 0.2 metros, hasta una altura de 2.3 metros.

TABLA CASO 1.2	0,20	0,30	0,40	0,50	0,80	1,10	1,40	1,70	2,00	2,30
Fx	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fy	-22.238	-22.238	-22.317	-22.395	-23.041	-23.905	-25.436	-27.660	-31.230	-38.088
Gx	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gy	44.477	44.477	44.634	44.790	46.082	47.810	50.872	55.320	62.460	76.176
Hx	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hy	-44.477	-44.477	-44.634	-44.790	-46.082	-47.810	-50.872	-55.320	-62.460	-76.176
Ex	238.419	158.454	118.308	94.092	57.278	39.974	29.579	22.350	16.732	11.857
Ey	5.164	5.163	5.240	5.318	5.964	6.828	8.359	10.583	14.153	21.011
Ix	-238.419	-158.454	-118.308	-94.092	-57.278	-39.974	-29.579	-22.350	-16.732	-11.857
Iy	39.174	39.175	39.176	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177
Bx	238.419	158.454	118.308	94.092	57.278	39.974	29.579	22.350	16.732	11.857
By	-39.313	-39.314	-39.393	-39.472	-40.118	-40.982	-42.513	-44.737	-48.307	-55.165
Jx	-238.419	-158.454	-118.308	-94.092	-57.278	-39.974	-29.579	-22.350	-16.732	-11.857
Jy	39.174	39.175	39.176	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177

Para la consecución de esta tabla, se ha tenido en cuenta que los valores de las fuerzas resultantes en los apoyos "C" y "D", son de valor variable conforme avanza el proceso de elevación, ya que varía la distancia entre los apoyos con la plancha superior o plataforma.

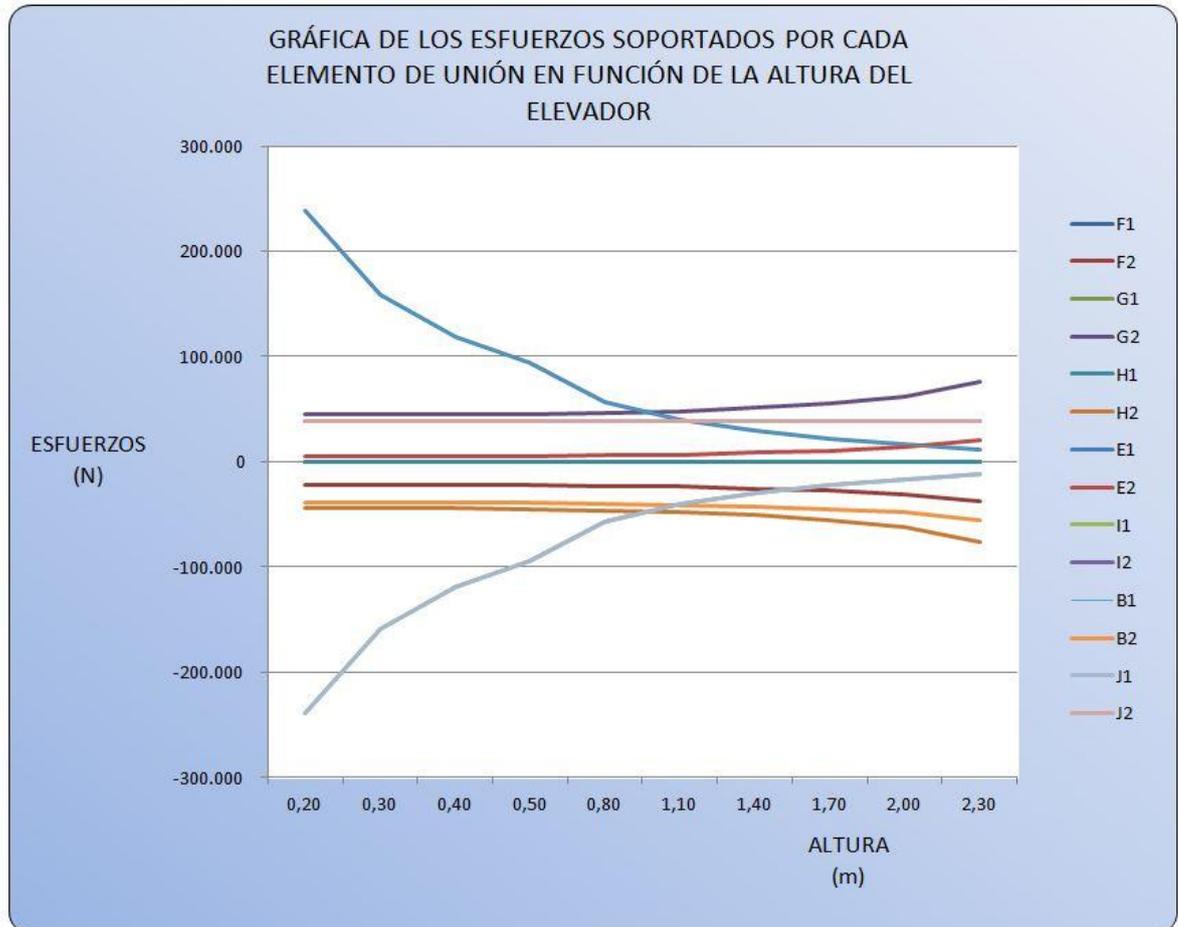
Observamos los valores para la elevación de 0.2 metros hasta 2.3 metros del caso 1.2 y sólo de las articulaciones de menor esfuerzo, es decir, Fx, Fy, Gx, Gy, Hx, Hy, Ey, Iy, By, Jy:



Como se puede percibir los esfuerzos sobre todo en los ejes Y de las articulaciones van en aumento conforme se eleva la estructura.

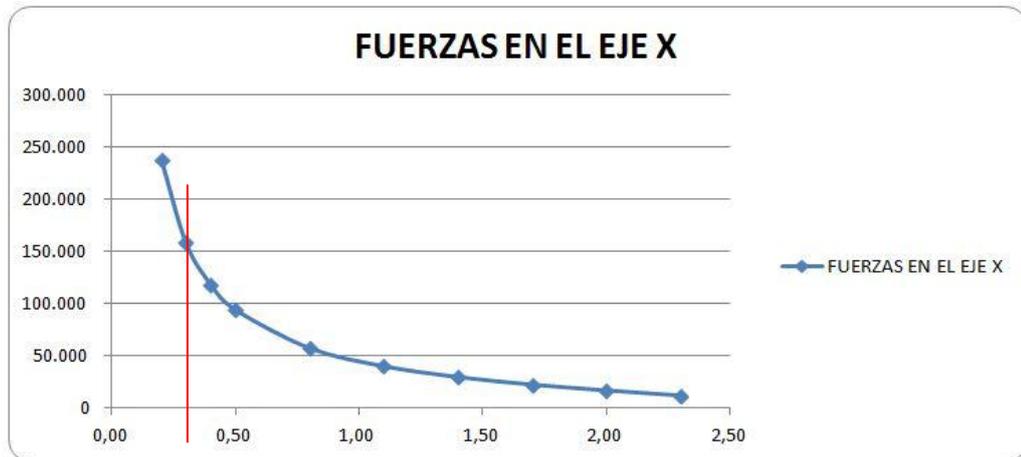
En este caso los esfuerzos no superan los valores de 80.000 N.

Observamos ahora la gráfica con todas las articulaciones representadas (las anteriores, mas Ex, Ix, Bx, Jx..



En esta gráfica claramente se aprecian los esfuerzos soportados por las articulaciones más desfavorecidas, donde los momentos más críticos, son al comenzar la elevación de la carga.

Conforme se va llegando a posiciones más altas se observa como en las articulaciones de mayor esfuerzo encontrado, este disminuye gradualmente con la altura del elevador, como se puede observar en la siguiente gráfica. (página siguiente)



En la gráfica se ven los esfuerzos en las articulaciones E, I, B y J en el eje X, según la altura a la que se encuentra el elevador en cada momento del proceso de elevación, desde 0.2 metros hasta los 2.3 metros, que son el total que puede elevar la estructura diseñada para tal fin. Los valores de la gráfica se obtienen de los esfuerzos resultantes en la articulación "E" en el eje X de la tabla de secuencia.

La línea roja de la gráfica, señala el límite de esfuerzo soportado por la estructura, ya que cuando esta se encuentre en su posición más desfavorable, estará a una altura de 30 cm entre sus ejes superiores e inferiores. Debido a su forma y dimensiones de los materiales empleados, los cuales se observan más adelante.

Por esta razón el valor máximo del esfuerzo soportado, lo encontramos a 0.30 metros.

## 1.7.6 ELECCIÓN DEL MATERIAL NORMALIZADO PARA LARGUEROS Y PLATAFORMA.

En esta sección se trata de elegir entre los materiales normalizados existentes en los catálogos comerciales, los perfiles necesarios para cada elemento componente de la estructura general del elevador. Los dos elementos que se estudian en este apartado son los largueros y la plataforma superior.

El estudio de ambos elementos viene dado por la resistencia a tracción / compresión, resistencia a momentos flectores soportados, y por el momento de inercia que es necesario para soportar las cargas expuestas.

### 1.7.6.1 TEOREMA DE CASTIGLIANO PARA EL CÁLCULO DE LA INERCIA NECESARIA.

El teorema de Castigliano permite relacionar de un modo muy efectivo el desplazamiento de un perfil, con una sección y una longitud sometidas a un momento flector.

Como es sabido que el desplazamiento máximo que se quiere aplicar a los largueros es de 7 mm, el momento flector son 26.604 Nm, y la longitud entre articulaciones (L) son 700 mm, se ha calculado el momento de inercia necesario para que los largueros sean válidos en este aspecto.

Obteniéndose primeramente valores que al comprobar mediante otra serie de cálculos no han sido aptos para el funcionamiento del elevador.

### 1.7.6.2 COMPROBACIÓN MEDIANTE TRACCIÓN Y FLEXIÓN.

Obtenidos los datos del momento de inercia, se han comprobado estos con las resultantes de las tensiones internas de las piezas.

Como es probable, puede ser que las piezas a calcular, sean válidas para un tipo de cálculo, pero no sean válidas para otros, como es el caso del cálculo de los largueros, que en un primer momento sirve para el cálculo de inercia, pero cuando se estudian las tensiones no dan valores aptos.

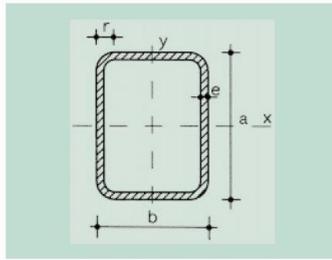
Para entender esto se explica paso por paso el método seguido para el cálculo.

### 1.7.6.3 PROCESO DE ELECCIÓN DE MATERIAL.

En primer lugar, se ha calculado el momento de inercia necesario para el perfil que se quiere elegir, y se elige un perfil con unas características que son:

Perfil	Dimensiones						Términos de sección										Peso	
	a	b	e	r	u	A	S <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>t</sub>	p		
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	kp/m		
×120.	60,4	120	60	4	10	343	13,20	24,90	236,0	39,30	4,22	15,40	80,00	26,70	2,46	201,0	10,37	P
×120.	60,5	120	60	5	13	339	16,10	30,00	279,0	46,50	4,16	18,40	94,00	31,40	2,41	241,0	12,67	P
×120.	60,6	120	60	6	15	334	18,90	34,60	317,0	52,80	4,09	21,20	106,00	35,30	2,37	277,0	14,85	P
×120.	80,4	120	80	4	10	383	14,80	29,60	290,0	48,30	4,42	22,40	155,00	38,80	3,24	332,0	11,63	C
×120.	80,5	120	80	5	13	379	18,10	35,70	345,0	57,60	4,36	27,00	184,00	46,10	3,19	402,0	14,24	P

El perfil es el 120 x 60 x 6.



$r$ = Radio exterior de redondeo	$S_y$ = Momento estático de media sección, respecto al eje Y
$u$ = Perímetro	$I_y$ = Momento de inercia de la sección, respecto al eje Y
$A$ = Área de la sección	$W_y = 2I_y : b$ : Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y
$S_x$ = Momento estático de media sección, respecto al eje X	$i_y = \sqrt{I_y : A}$ : Radio de giro de la sección, respecto al eje Y
$I_x$ = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X	$I_t$ = Módulo de torsión de la sección
$W_y = 2I_y : a$ : Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y	
$i_x = \sqrt{I_x : A}$ : Radio de giro de la sección, respecto al eje X	

Este perfil viene dado por la condición de momento de inercia mayor que el que ha resultado necesario en los cálculos.

Ocurre que en la comprobación de tensiones, el valor de tensiones internas generado es mayor que el dado como admisible para un acero S 235, habiéndole aplicado un factor de disminución de:

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

Por lo tanto, y observando que la sección se puede ir hacia unos valores demasiado elevados, se ha decidido cambiar las propiedades del acero, del S 235, al S 355, que tiene una mayor resistencia que el anterior.

A partir de este cambio, se trata de calcular el perfil mínimo que soporta unas tensiones características del elevador, con este tipo de acero.

Siempre teniendo como referencia el módulo resistente obtenido, tal y como se muestra en los cálculos.

Como se puede ver en el apartado 2.7.2, el perfil elegido es el 140 x 80 x 6 (S 355).

Perfil	Dimensiones						Términos de sección								Peso		
	a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	p kp/m	
×140. 80.4	140	80	4	10	423	16,40	37,40	423,0	60,40	5,08	25,40	178,00	44,60	3,30	412,0	12,88	P
×140. 80.5	140	80	5	13	419	20,10	45,30	506,0	72,40	5,01	30,80	212,00	53,10	3,25	500,0	15,81	P
×140. 80.6	140	80	6	15	414	23,70	52,70	582,0	83,10	4,95	35,70	243,00	60,70	3,20	582,0	18,62	P
×140. 100.4	140	100	4	10	463	18,00	42,80	497,0	71,00	5,25	34,10	297,00	59,30	4,06	601,0	14,14	P
×140. 100.5	140	100	5	13	459	22,10	52,10	598,0	85,40	5,20	41,40	356,00	71,20	4,01	733,0	17,38	P

Para el cálculo de la plancha, se ha empleado exactamente el mismo sistema que para los largueros, ya que también estará compuesta por perfiles normalizados.

En este caso se ha elegido un perfil 100 x 80 x 6 (S 355).

### 1.7.6.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE ACERO QUE SE EMPLEA PARA LA COMPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA.

Para los elementos que componen el elevador, se elige el tipo de acero F112, que tiene una muy buena adaptación a la soldadura y trabaja muy bien a bajas temperaturas.

Este tipo de acero se puede templar por lo que se pueden reforzar las superficies de algunas piezas que están en movimiento relativo entre sí.

En la siguiente tabla se pueden ver las principales características del acero elegido, que es un F112, S355. Según la norma UNE EN 10.025-2, según el parámetro de carbono equivalente (CEV).

Designación		Estado de desoxidación b	CEV máximo en % para espesor nominal del producto en mm				
Según las Normas EN 10027-1 y CR 10260	Según la Norma EN 10027-2		≤ 30	> 30 ≤ 40	> 40 ≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 400
S235JR	1.0038	FN	0,35	0,35	0,38	0,40	—
S235JO	1.0114	FN	0,35	0,35	0,38	0,40	—
S235J2	1.0117	FF	0,35	0,35	0,38	0,40	0,40
S275JR	1.0044	FN	0,40	0,40	0,42	0,44	—
S275JO	1.0143	FN	0,40	0,40	0,42	0,44	—
S275J2	1.0145	FF	0,40	0,40	0,42	0,44	0,44
S355JR	1.0045	FN	0,45	0,47	0,47	0,49 <sup>c</sup>	—
S355JO	1.0553	FN	0,45	0,47	0,47	0,49 <sup>c</sup>	—
S355J2	1.0577	FF	0,45	0,47	0,47	0,49 <sup>c</sup>	0,49
S355K2	1.0596	FF	0,45	0,47	0,47	0,49 <sup>c</sup>	0,49
S450J0 <sup>d</sup>	1.0590	FF	0,47	0,49	0,49	—	—

a Para la opción de incremento en el contenido de elementos con influencia en el CEV, véanse los apartados 7.2.4 y 7.2.5.

b FN = acero efervescente no permitido; FF = acero totalmente calmado (véase el apartado 6.2.2).

c Para productos largos aplica un CEV máximo de 0,54%.

d Aplicable sólo para productos largos.

Para ser más precisos en la composición de los aceros se observa la siguiente tabla.

Designación según		Método de desoxidación <sup>2</sup>	% C máx para un espesor nominal del producto en mm			Mn % máx	Si % máx	P % máx <sup>4</sup>	S % máx <sup>4</sup>	N % máx <sup>5</sup>	Cu % máx <sup>6</sup>	Otros % máx <sup>7</sup>
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2		≤16	>16 ≤40	>40 <sup>3</sup>							
S 235 JR	1.0038	FN	0,17	0,17	0,20	1,40	-	0,035	0,035	0,012	0,55	-
S 235 JO	1.0114	FN	0,17	0,17	0,17	1,40	-	0,030	0,030	0,012	0,55	-
S 235 J2	1.0117	FF	0,17	0,17	0,17	1,40	-	0,025	0,025	0,012	0,55	-
S 275 JR	1.0044	FN	0,21	0,21	0,22	1,50	-	0,035	0,035	0,012	0,55	-
S 275 JO	1.0143	FN	0,18	0,18	0,18 <sup>8)</sup>	1,50	-	0,030	0,030	0,012	0,55	-
S 275 J2	1.0145	FF	0,18	0,18	0,18 <sup>8)</sup>	1,50	-	0,025	0,025	-	0,55	-
S 355 JR	1.0045	FN	0,24	0,24	0,24	1,60	0,55	0,035	0,035	0,012	0,55	-
S 355 JO	1.0553	FN	0,20 <sup>9)</sup>	0,20 <sup>10)</sup>	0,22	1,60	0,55	0,030	0,030	0,012	0,55	-
S 355 J2	1.0577	FF	0,20 <sup>9)</sup>	0,20 <sup>10)</sup>	0,22	1,60	0,55	0,025	0,025	-	0,55	-
S 355 K2	1.0596	FF	0,20 <sup>9)</sup>	0,20 <sup>10)</sup>	0,22	1,60	0,55	0,025	0,025	-	0,55	-
S 450 J0 <sup>11)</sup>	1.0590	FF	0,20	0,20 <sup>10)</sup>	0,22	1,70	0,55	0,030	0,030	0,025	0,55	12)

### 1.7.7 DIMENSIONADO DE LOS BULONES EN LAS ARTICULACIONES.

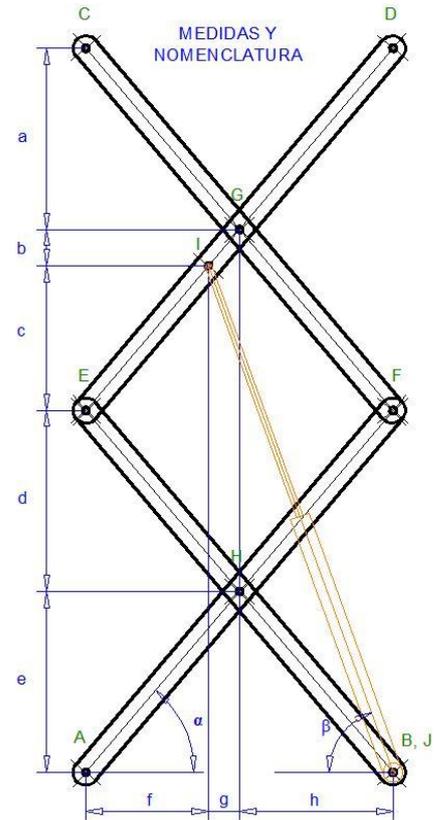
Los bulones de las articulaciones "G" y "H", se calculan a parte de las de las articulaciones "A", "B", "C", "D" y de las articulaciones "I", "J", "E" y "F".

Esto se debe a la diferencia de esfuerzos a soportar por cada articulación y a la diferencia de sistemas empleados para confeccionar el elevador.

Como se observa más adelante, los bulones resultantes del cálculo por cortadura, tendrán todos un mismo diámetro. Ya que los resultados son muy parecidos y facilita la obtención de piezas a la hora de la fabricación.

El cálculo por cortadura se hace para uno de los bulones "G" ó "H", ya que los esfuerzos en el siguiente son semejantes y para los bulones "I", "J", "E" y "F", que son los que mayor esfuerzo van tener que soportar, siendo el diámetro mayor obtenido para un bulón el de estos.

Por lo tanto a todos los demás se les asigna el mismo diámetro que a estos, como bien se ha dicho anteriormente para facilitar la fabricación de los elementos de montaje.



#### 1.7.7.1 DIMENSIONADO DE LOS BULONES "CENTRALES" (G y H).

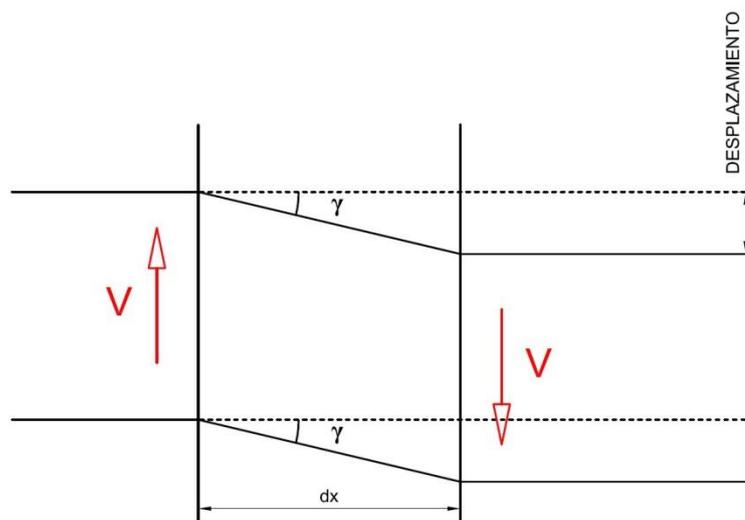
Para el cálculo de estos elementos, es necesario sacar de la hoja de cálculo los esfuerzos máximos obtenidos en estos puntos, en este caso nos encontramos un cortante máximo de  $V = 76.174 \text{ N}$ , por lo que el cálculo de cortadura se trata a partir de este dato (apartado 2.8.1).

Para el comienzo de estos cálculos conviene explicar cada variable que se emplea para su correcta confección.

La cortadura se produce cuando dos secciones cercanas, están sometidas a esfuerzos de diferente sentido, produciéndose en la sección unas tensiones tangenciales ( $\tau$ ), que son paralelas al esfuerzo soportado por la sección.

En la siguiente imagen se puede apreciar los desplazamientos producidos entre dos secciones, separadas una distancia muy pequeña entre sí y que soportan esfuerzos de diferente sentido. Este es

un caso de cortadura simple por lo que el esfuerzo soportado por cada sección del pasador, será igual al cortante soportado.



Cuando se dan este tipo de casos es necesario conocer algunas relaciones, las cuales se observan en el apartado 2.8.1, para poder comprender y calcular correctamente las secciones necesarias.

$\gamma$  es el ángulo que queremos que se desplace como máximo nuestro pasador, y se ha decidido mediante la observación de varios casos similares, que el ángulo máximo de desplazamiento entre secciones sea de  $2,5 * 10^{-3} \text{ rad.}$

El método empleado para calcular la sección necesaria que soporta la cortadura, ha sido igualar la tensión tangencial calculado mediante el módulo de cizalladura y el ángulo de giro entre secciones, con la tensión tangencial calculada mediante el cortante y el área empleada para su cálculo.

El módulo de cizalladura (G), se calcula mediante su expresión (apartado 2.8.1), que depende del módulo elástico y del módulo de Poisson. Sus dimensiones son  $Kg/cm^2$ . En magnitud es igual a la tensión que haría que al deformación angular fuera igual a un radián, suponiendo que la ley de Hooke fuera válida para tal carga imaginaria.

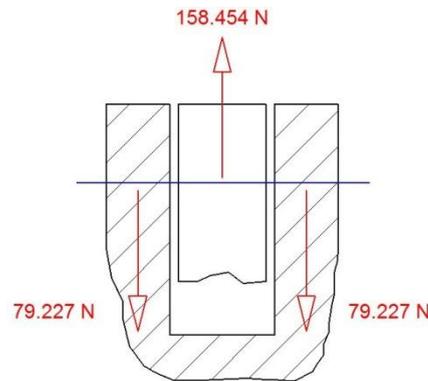
Como se puede calcular el módulo de cizalladura y sabemos el giro y el cortante, se obtiene con una simple ecuación el área necesaria para el dimensionado del bulón, como se sabe que la sección es redonda, se calcula el diámetro necesario para el correcto funcionamiento de la máquina.

Para estas articulaciones se necesita una sección de  $\varnothing 26,4 \text{ mm}$ , pero para redondear esta medida y dar un poco más de rigidez se le asigna un  $\varnothing 30 \text{ mm}$ .

### 1.7.7.2 DIMENSIONADO DE LOS BULONES "EXTREMOS" (E, B, I y J).

En este segundo caso de cortadura, se tiene que tener en cuenta que, la cortadura en este caso no es simple, sino que se trata de una cortadura doble.

Como se aprecia en el dibujo los esfuerzos soportados por las secciones expuestas del bulón son la mitad que la fuerza generada en el propio bulón, ya que en este caso se divide el esfuerzo en dos secciones diferentes.



Es importante insistir en que el esfuerzo soportado total, ha sido cambiado de 250.000 N a 156.456 N. Esto es debido a que durante el transcurso del desarrollo del presente proyecto, se ha decidido que la posición más desfavorable para el cálculo del esfuerzo máximo, sea cuando el elevador se encuentra elevado a 0,3 metros, ya que por geometría no va a bajar más.

Por lo tanto, y aunque las secciones de los largueros y la plataforma se han dimensionado mediante los valores de una altura de 0,2 metros, en este caso debido a los grandes esfuerzos que se generan en las argollas que alojan los bulones, se debe adaptar la altura mínima a 0,3 metros, para que las dimensiones de las argollas sean lógicas y asequibles para el tipo de máquina que se diseña.

Los cálculos en esta sección se desarrollan igualmente que en el caso de cortadura simple, con la única excepción de lo comentado en estas líneas (apartado 2.8.2).

También se elige el  $\varnothing 30$  mm para este caso.

### 1.7.7.3 DIMENSIONADO DE LOS BULONES "LIBRES DE ESFUERZOS" (A, F, C y D).

Las presentes articulaciones, al ser de menor importancia debido al soporte de menores esfuerzos, se les asigna un valor de  $\varnothing 30$  mm, al igual que en los casos anteriores, ya que es un diámetro coherente con las dimensiones a tratar.

Estas articulaciones no soportan esfuerzos en el eje X.

## 1.7.8 SECCIÓN NECESARIA PARA EL ACOPLAMIENTO TRANSMISOR DE ESFUERZO DEL ÉMBOLO.

### 1.7.8.1 MÉTODO DE CÁLCULO EMPLEADO PARA EL DIMENSIONADO.

El acoplamiento, es la pieza que engancha con el cilindro actuador, y soporta todo el esfuerzo realizado por este de forma directa. Por ello se calcula a partir del momento flector soportado.

Conviene resaltar que esta pieza consta de la sección que se calcula en el apartado 2.9, y de unos bulones soldados a sus extremos, que al igual que en casos anteriores, son de diámetro 30 mm, calculados a cortadura.

Se da comienzo al cálculo de esta pieza, observando la inercia que se necesita para que el desplazamiento generado no supere los 4 mm.

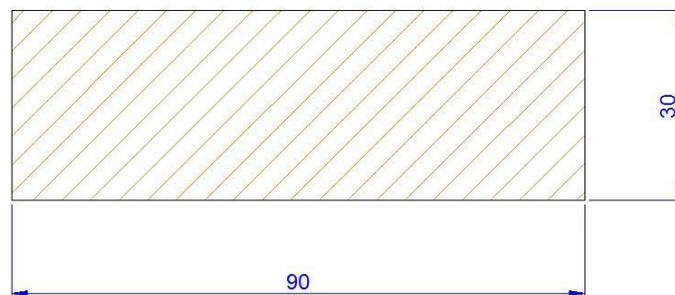
Conviene resaltar que la fuerza empleada para el cálculo de este elemento no han sido los 240.000 N vistos para una altura de elevador de 0.2 metros, sino que vistas las condiciones geométricas de la estructura, el elevador bajará hasta la posición de 0.3 metros, por lo que el esfuerzo soportado por este elemento se ha calculado a partir de este valor, que son 160.000 N.

Observado el momento de inercia resultante, se tiene que es suficiente una sección de 30 x 35 mm, aunque a la hora de la comprobación según el módulo resistente (W), se observa que la pieza no cumple dimensionalmente con esta característica (apartado 2.9.2), por lo que es necesario el cálculo del momento resistente mínimo requerido.

Este momento nos da un resultado de:

$$W = 40,24 \text{ cm}^3$$

Por lo que el perfil elegido es 90 x 30 para la pieza de acoplamiento, y se sabe que es válida, ya que se ha calculado a partir del módulo resistente máximo y la inercia que resulta de esta sección es mayor que la anterior, que ya era válida.



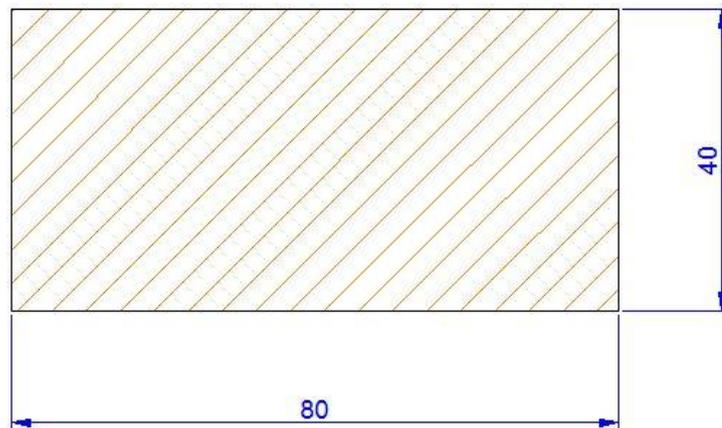
### 1.7.8.2 SUSTITUCIÓN DE PERFIL ELEGIDO DEBIDO A CONDICIONES DE SOLDADURA.

Este elemento se ha variado en la dimensión de lado 30 mm, ya que es una pieza que va soldada a dos bulones, y debido a la superficie necesaria para que quede plenamente agarrada, se ha decidido que su anchura sea de 40 mm, por lo que el perfil finalmente elegido teniendo en cuenta el nuevo lado es:

$$h = \sqrt{\frac{6 * W}{b}} = \sqrt{\frac{6 * 40.237}{40}} = 77.69 \text{ mm}$$

Igual que en el caso anterior se obtiene la altura mínima necesaria para la obtención de un módulo resistente que permita el soporte de estos esfuerzos.

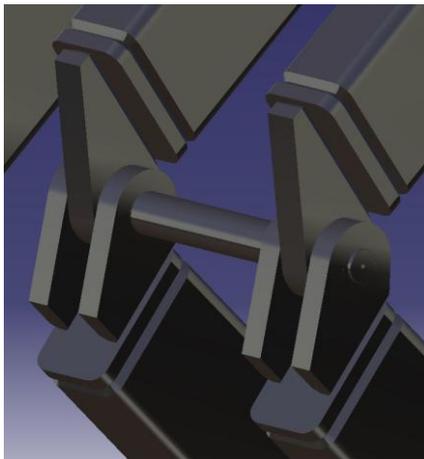
El nuevo perfil es:



### 1.7.9 DIMENSIONADO DE COMPONENTES MEDIANTE LA APLICACIÓN CATIA.

Para dimensionar algunas piezas de geometría compleja, se emplean programas de diseño como Catia V5R18, el cual permite obtener resultados tensionales, deformaciones y desplazamientos de la pieza a estudiar.

En este caso, se estudian los elementos llamados argollas, que como se ha visto existen de dos tipos, las de 22 mm y las de 30 mm. Las primeras van sometidas a un esfuerzo en diferente sentido que las segundas, por ello se colocan unas u otras dependiendo de la dirección de las fuerzas, si es a tracción del larguero, se colocan las de 22 mm, que van por parejas, mientras que si es a compresión de los largueros se colocan las de 30 mm, que van solas, ya que encajan en el hueco que queda entre las de 22 mm provocando el esfuerzo contrario mediante el bulón.



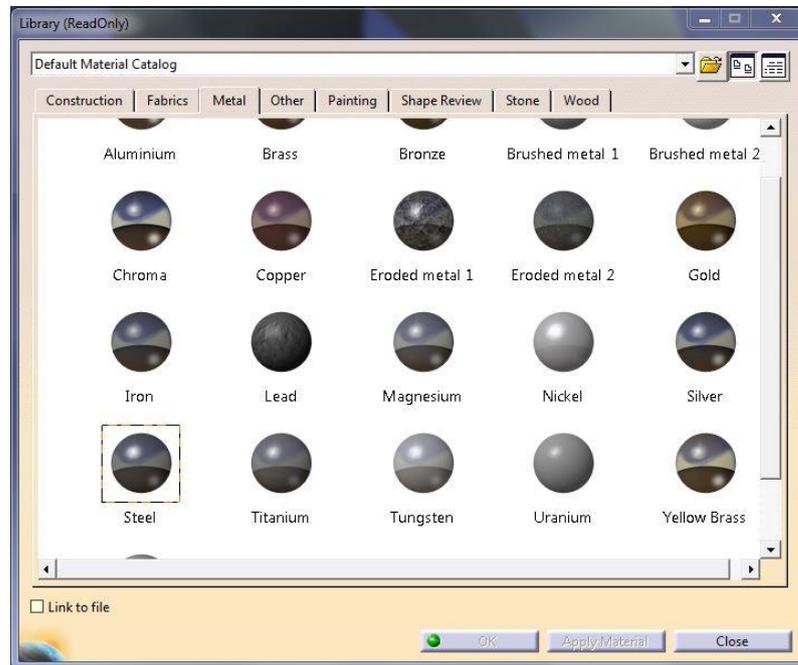
En todas las articulaciones se tiene en cuenta si el larguero soporta compresión o tracción, como se explica en el párrafo anterior, al tener los materiales una mayor resistencia a la compresión, se ha decidido que la pieza de menor volumen, en este caso la de 30 mm (ya que la de 22 va colocada por parejas) trabaje a compresión.

La forma de las dos argollas es similar, lo único que varía es la anchura, y en la piza de 22 mm, se quita la punta de debajo como se ve en la imagen, ya que para el correcto posicionamiento del elevador, se ha comprobado que producía choques entre componentes.



### 1.7.9.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LAS ARGOLLAS DE 22 mm.

Una vez tenidas las dimensiones de la pieza a estudiar, y dibujada en 3 dimensiones, se le debe aplicar unas propiedades de material a la pieza, para poder obtener resultados fiables de los esfuerzos que se estudian.



En las opciones de Catia elegimos el material Steel, como se aprecia en la imagen, que es el que realmente utilizan las piezas diseñadas.

Además hay que aplicar las propiedades del acero (steel) que se va a emplear para el desarrollo del proyecto.

Para ello en las propiedades del material, se pueden cambiar algunos datos.



Con botón derecho se clica en Steel y se selecciona la opción del desplegable Properties, para después acceder al cuadro de Analysis, donde se pueden cambiar algunas de las propiedades del material.



Si se observa el valor del módulo de Young, ha sido modificado de  $2e+011N\_m2$  a  $2,1e+011N\_m2$ , y el límite elástico de  $2,3e+008N\_m2$  a  $3,55e+008N\_m2$ .

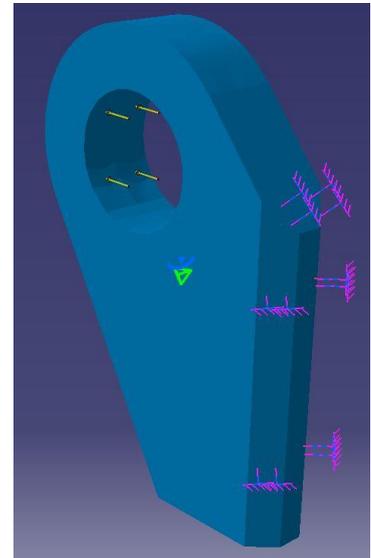
Con estos parámetros ya se puede comenzar con el análisis de la pieza requerido.

Para ello se comienza determinando los anclajes y esfuerzos a los que la pieza está sometida, así como el tamaño de mallado que se requiere para el cálculo.

En la imagen de la derecha se puede ver como el anclaje se toma en la posición de soldadura con la pieza de unión entre el larguero y las argollas. Viene representado por unas líneas de color magenta.

Además se puede ver la dirección en la que actúan las fuerzas, donde se aprecia que el trabajo se realiza a tracción en todas sus capas.

Los esfuerzos están aplicados solamente en la cara del agujero que se observa en la imagen, para que los cálculos sean lo más precisos posibles, ya que si se aplica en toda la circunferencia, se simula un estiramiento de las capas traseras al esfuerzo, lo que no es real.



Estos esfuerzos tienen un valor de 79.217 N, ya que al llevar dos argollas en cada articulación, el esfuerzo se reduce a la mitad. Debido a que el elevador solo baja hasta una distancia entre articulaciones de 300 mm, se tiene que el esfuerzo máximo es de 158.434 N.

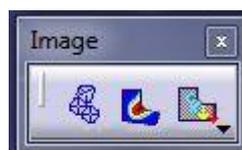
$$Load = \frac{158.434 N}{2} = 79.217 N$$

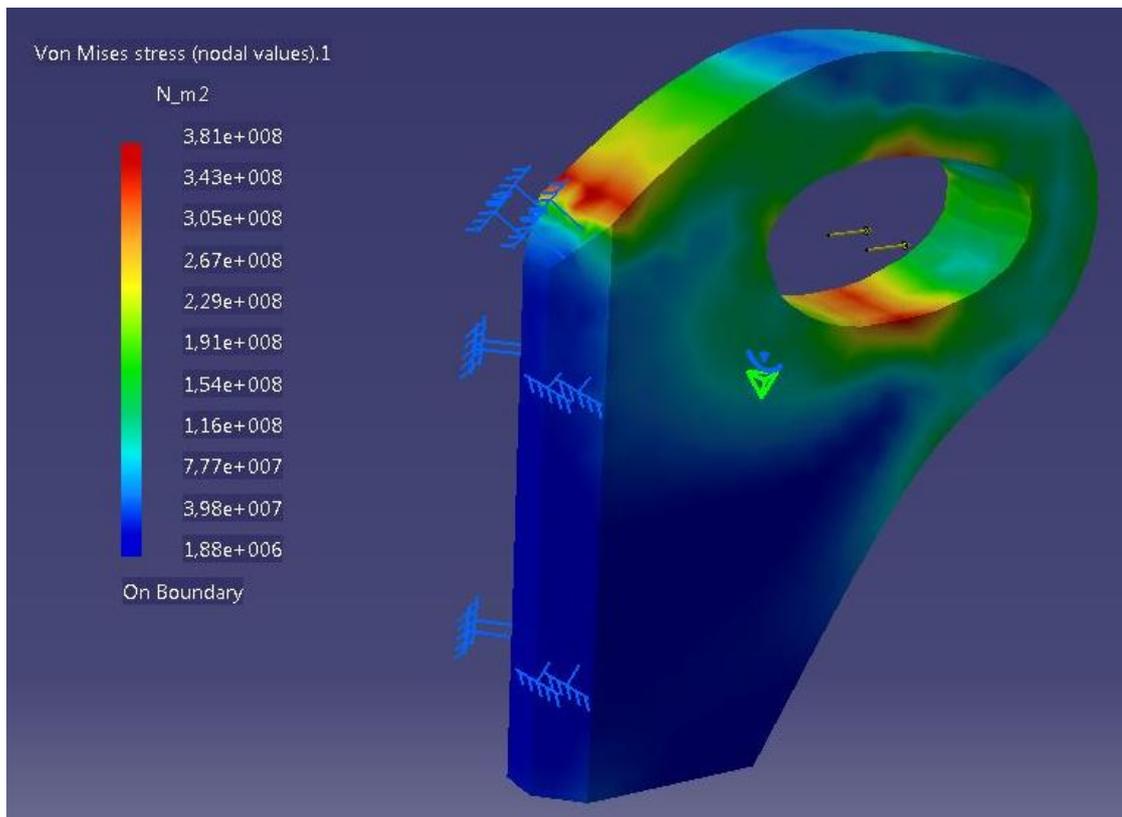
El tamaño de mallado se observa en el tetraedro verde que se ve en el centro de la pieza, como se ha dicho puede ser variado, la precisión de los cálculos puede venir marcada por este parámetro.

Una vez definidas todas las propiedades nombradas, se calculan mediante la opción Compute, los esfuerzos y deformaciones sufridos por la argolla estudiada.



Los resultados son los siguientes y se observan con las opciones Deformation, Von Misses Stress y Displacement.

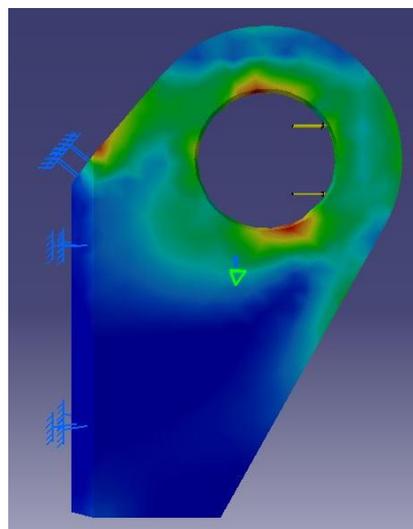




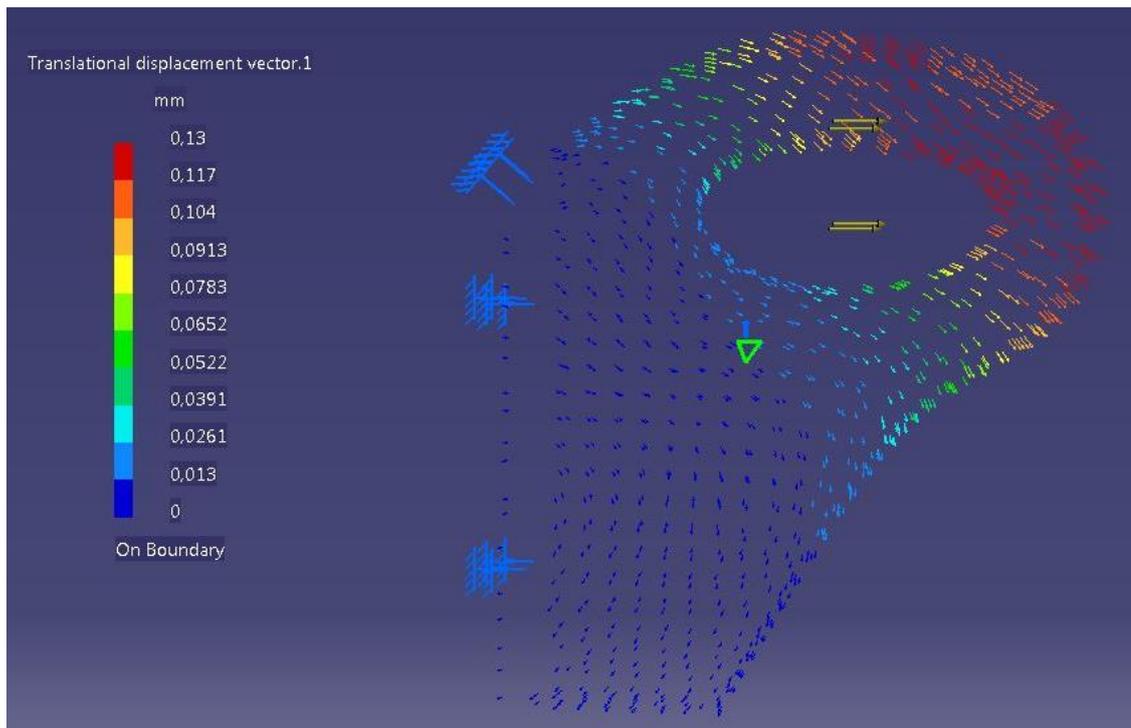
En la imagen se observa como la tensión máxima del elemento tiene un valor de 381 MPa, la cual es un poco superior a la soportada por el material elegido, pero al ser este material tratado térmicamente por un procedimiento de inducción, la capa superficial va a soportar tensiones mucho mayores que las expuestas en la gráfica de resultados. Ya que las mayores tensiones como se observa se producen en zonas muy puntuales, y siempre en la capa superior de la pieza, por lo que con el tratamiento mencionado es suficiente para los esfuerzos que se quieren soportar.

También se puede observar la deformación producida por este esfuerzo, ampliada a una escala de 172.53 veces mayor que la real.

Si se observa a escala 1:1 no se aprecian distorsiones.



En la siguiente imagen se pueden apreciar los desplazamientos de las fibras provocados por la carga empleada.



Como se ve en la gráfica el mayor desplazamiento apreciable que se produce tiene un valor de 0,13 mm, es bastante aceptable para la pieza estudiada, por lo que en este aspecto también es considerada correcta.

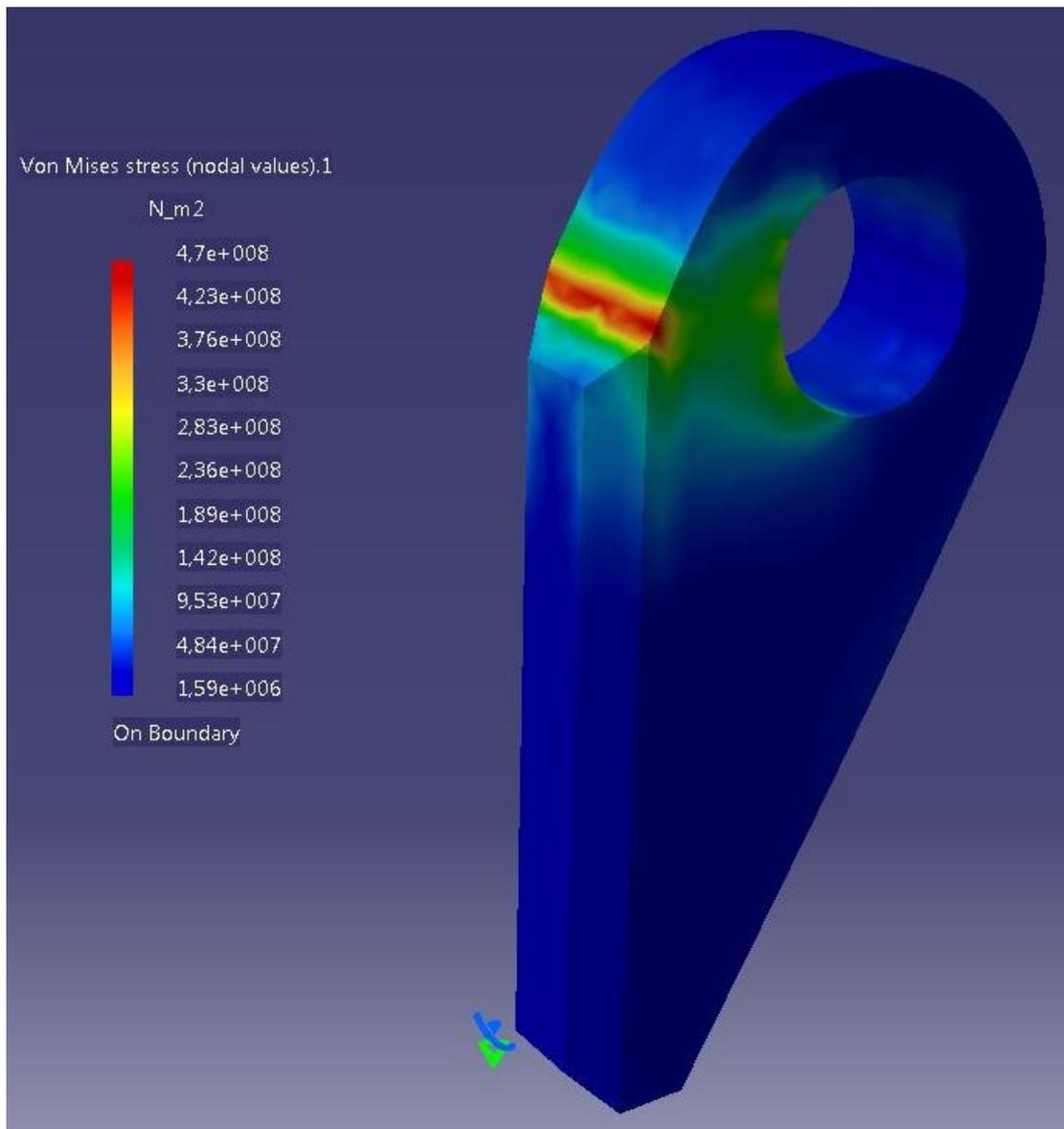
### 1.7.9.2 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LAS ARGOLLAS DE 30 mm.

Para el desarrollo del cálculo en las argollas de 30 mm, el procedimiento es el mismo, que en el caso anterior y los resultados muy parecidos, aunque en este caso las cargas empleadas van en sentido contrario y el módulo de estas también cambia, ya que el esfuerzo es soportado por únicamente una argolla.

La carga soportada en este caso es:

$$Load = 158.434 N \approx 160.000 N$$

Debido al cambio de sentido, las deformaciones varían de una argolla a otra como se observa en la siguiente imagen.

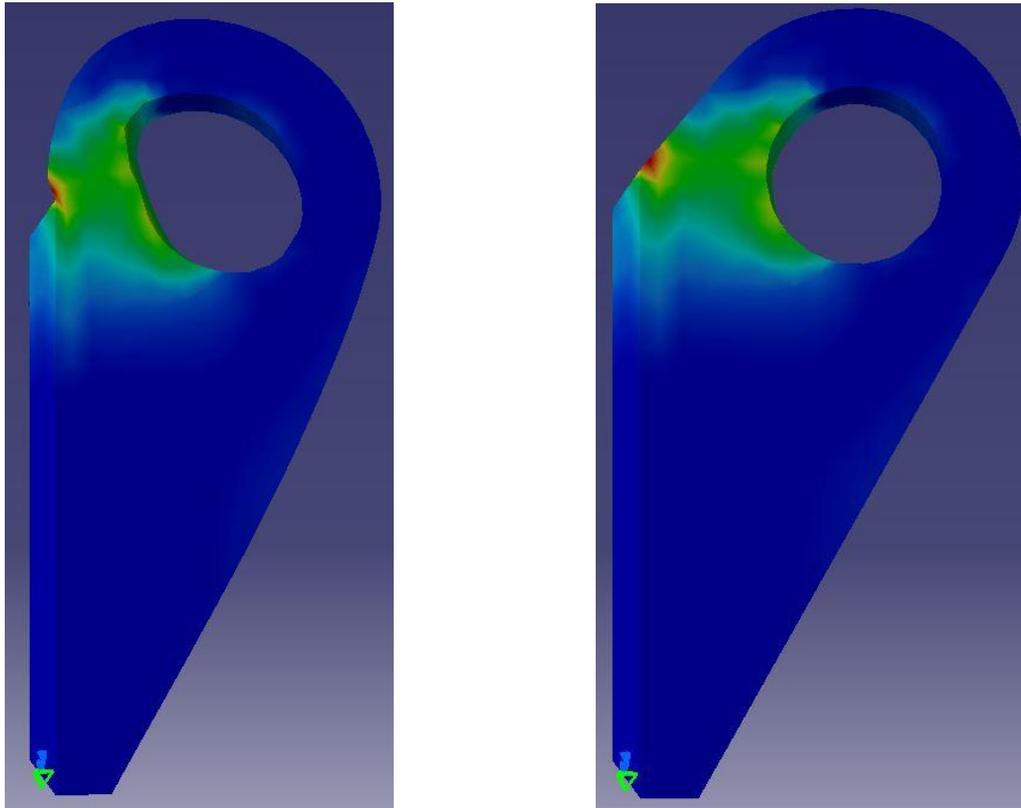


Se puede ver como en este caso el agujero no soporta grandes tensiones, y todo el esfuerzo lo lleva en la zona superior a la soldadura.

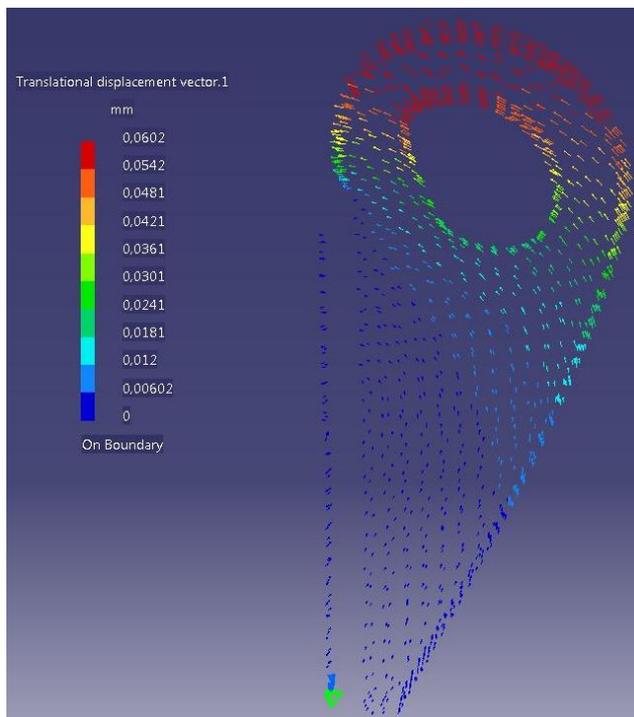
El esfuerzo máximo son 470 MPa.

Al igual que en el caso anterior esta pieza es tratada térmicamente, por lo que su capa superficial soportará unas tensiones mayores que las resultantes en el estudio de la pieza.

En las imágenes se puede observar la deformación multiplicada por 300 y a escala 1:1 respectivamente.



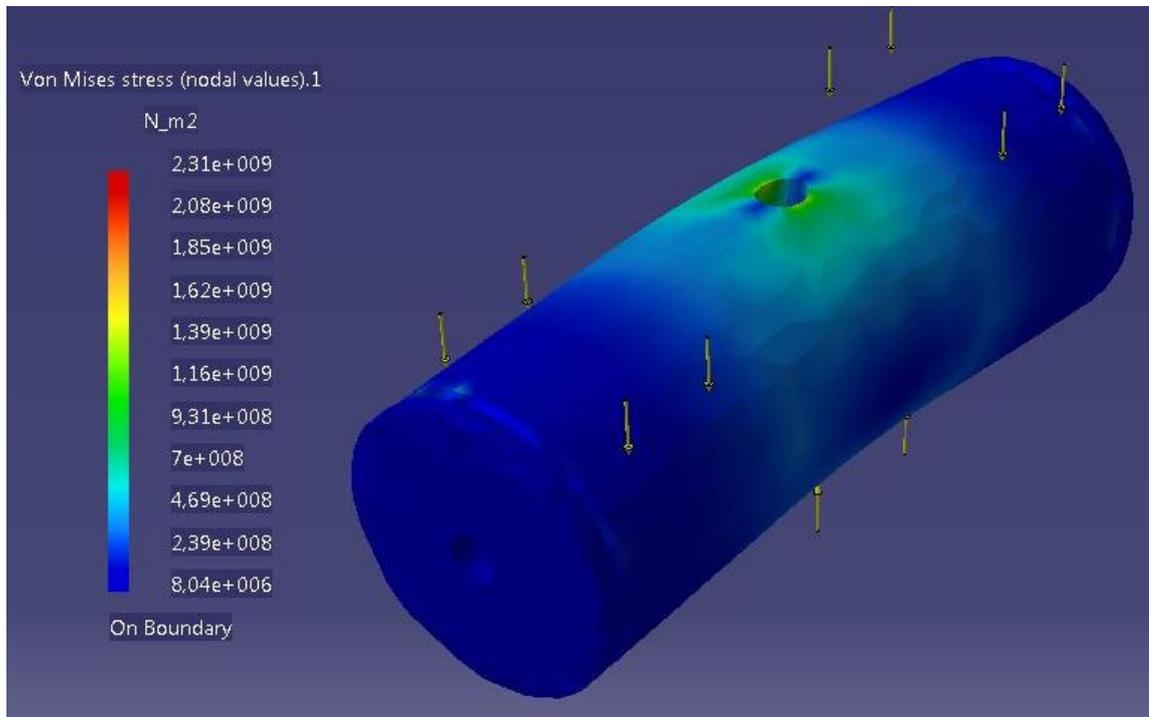
También se tienen los desplazamientos absolutos, que se ven gráficamente en la imagen siguiente.



El máximo desplazamiento observado es de 0.06 mm, bastante menor que en la argolla de 22 mm, debido a que el aguate de los materiales compresión siempre es mayor que a tracción. En este caso el esfuerzo lo soporta la argolla a compresión.

### 1.7.9.3 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA BULONES.

En el caso de los bulones se tienen tres fuerzas aplicadas sobre el elemento, como se observa en la imagen. Dos en los extremos y una en el centro en sentido contrario a las anteriores.



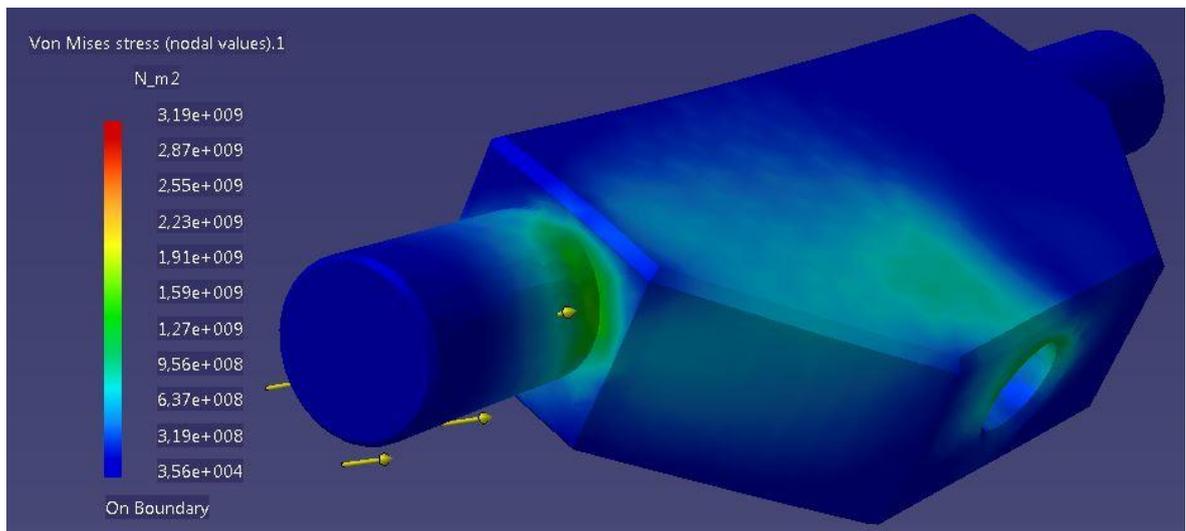
Como se observa en el gráfico, las tensiones que soporta la pieza en casi todo el entramado, son valores buenos para su correcto funcionamiento, hay que tener en cuenta que los valores máximos corresponden siempre a perfiles afilados debido a la fabricación de la pieza, y no se tienen en cuenta, ya que no son valores reales de lo que se estudia.

Además la pieza al igual que las anteriores también va tratada térmicamente, lo que mejora sus propiedades mecánicas de forma considerable.

### 1.7.9.4 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LA PIEZA ACOPLAMIENTO.

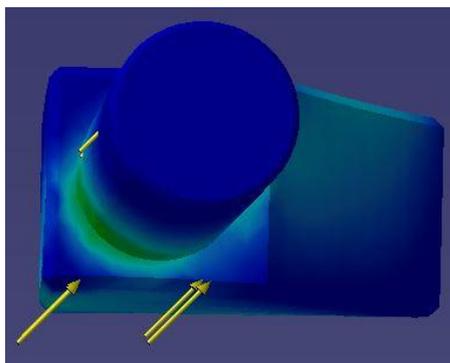
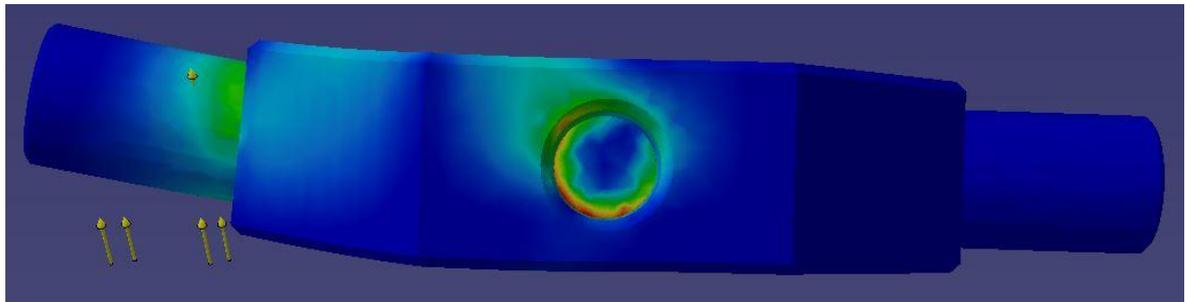
Es la pieza que soporta toda la fuerza de un cuerpo del elevador, por lo tanto es muy importante su estudio, ya que es la pieza que directamente soporta todos los esfuerzos transmitidos por el cilindro hidráulico.

En la página siguiente se muestra la imagen donde se pueden observar las tensiones internas que soporta la pieza acoplamiento, los esfuerzos asignados son en este caso, que la carga está soportada solamente por una de las dos estructuras del cuerpo (en el elevador hay dos cuerpos iguales), por lo tanto, se estudia un caso bastante improbable, por lo que los resultados deben ser estudiados minuciosamente, la restricción impuesta es la de la propia rosca del cilindro.



Aunque se ven unas medidas de tensiones bastante alarmantes, lo cierto es que estas se dan en la superficie de contacto con la rosca del vástago del cilindro. También se ve que las máximas tensiones se dan en la superficie del cilindro con la pieza acoplamiento, que rondan los 1.000 MPa, pero al ser esta pieza otra vez y al igual que las anteriores tratada térmicamente, los cálculos estudiados se dan por aceptables para esta pieza también.

En las imágenes siguientes se aprecia la pieza desde otras perspectivas que dan más información que la mostrada.



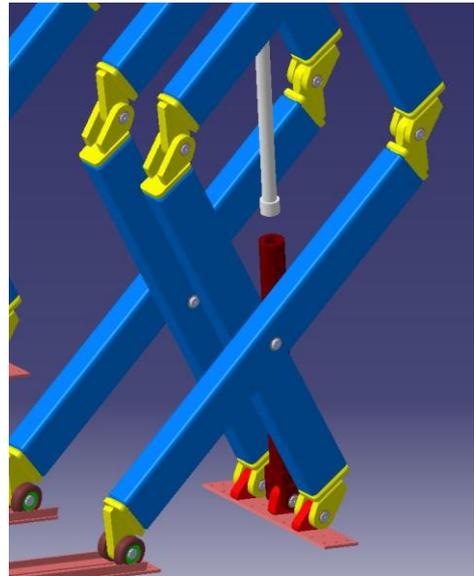
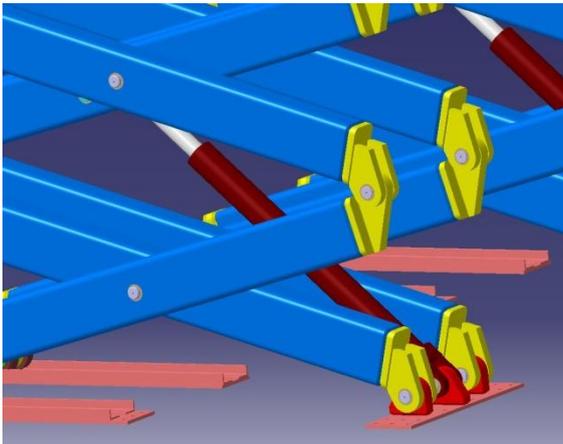
Las deformaciones se muestran aumentadas en 10 veces su valor original.

## **1.8 ELECCIÓN DEL EQUIPO HIDRÁULICO.**

### **1.8.1 ELECCIÓN DEL CILINDRO Ó ACTUADOR.**

En la elección del cilindro influyen varios parámetros que se han tenido en cuenta.

Uno de ellos y muy importante es la geometría de la máquina que se diseña, debido a la exigencia de que el cilindro pueda quedar recogido debajo del elevador, tal y como se indica en la imagen.



Se puede observar como la carrera de un cilindro de vástago simple, prácticamente coincide con la longitud del actuador, por lo que la fabricación de ese cilindro es muy complicada, ya que no se dispone de espacio físico para la correcta disposición del elemento en todas las posiciones, siendo necesario en tal caso, la reducción de la altura máxima alcanzada por el elevador.

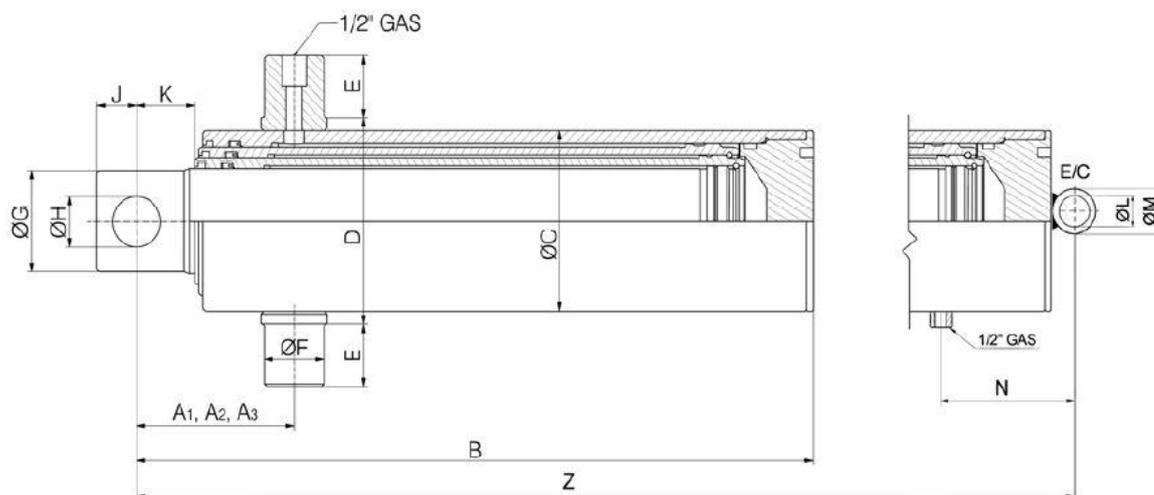
Como no es conveniente reducir la altura máxima a la que se eleva la carga ya que es una exigencia del diseño, se opta por otra solución.

Otra solución se basa en aumentar la distancia entre el bulón central del larguero y el bulón del acoplamiento, para dar mayor distancia al actuador a la hora de reposar el elevador sobre el suelo, y poder alargar la carrera de este.

Tampoco resulta una solución muy apropiada, ya que como es lógico, se produce un incremento de las fuerzas máximas empleadas para el inicio de la carrera de elevación, que como bien se puede apreciar en el apartado 1.7.5.3, se produce cuando el elevador está en su posición más baja, es decir cuando la plataforma superior se encuentra a ras del suelo.

Por ello, la solución adoptada para este caso, es un cilindro telescópico, el cual permite disponer de una carrera superior a la longitud del cilindro en reposo.

Las características del cilindro elegido son las siguientes:



Codigo/Code	Carrera Stroke	Ø 46	Ø 61	Ø 76	Ø 91	Ø 107	Ø 126	Ø 145	Ø 165	Ø 187	A1	A2	A3	Z
STN-76-3-570	576	*	*	*							103	--	262	377
STN-76-3-750	756	*	*	*							103	--	322	437
STN-76-3-900	906	*	*	*							103	--	372	487
STN-76-3-1350	1356	*	*	*							--	--	--	637
STN-91-3-900	867		*	*	*						102	200	369	486,5
STN-91-3-1000	1017		*	*	*						102	200	419	536,5
STN-107-3-1000	978			*	*	*					110	200	417	537
STN-107-3-1100	1128			*	*	*					110	200	467	587
STN-107-3-1250	1278			*	*	*					110	200	517	637
STN-107-3-1400	1428			*	*	*					110	200	567	687
STN-126-3-1050	1089				*	*	*	*			110	200	462	586,5
STN-126-3-1200	1239				*	*	*	*			110	200	512	636,5
STN-126-3-1350	1389				*	*	*	*			110	200	562	686,5
STN-145-3-1350	1350					*	*	*			--	200	--	693,5
STN-145-3-1800	1800					*	*	*			--	200	--	843,5

Codigo/Code	Carrera Stroke	B	ØC	D	E	ØF	ØG	ØH	J	K	ØL	ØM	TOMA (GAS)	N	E/C	Peso(Kg) Weight Kg	Vol. (Lt)
STN-76-3-570	576	352	95	113	45	45	43	26	25	34	31	50	1/2"	115	105	16,5	2,0
STN-76-3-750	756	412														19,5	2,6
STN-76-3-900	906	462														22,0	3,1
STN-76-3-1350	1356	612	110	128	45	45	58	31	25	34	36	55	1/2"	117,5	120	29,0	4,5
STN-91-3-900	867	459														30,0	4,4
STN-91-3-1000	1017	509														32,5	5,2
STN-107-3-1000	978	507	130	148	45	45	73	36	30	40	41	60	1/2"	120	140	46,0	7,1
STN-107-3-1100	1128	557														50,0	8,2
STN-107-3-1250	1278	607														54,0	9,3
STN-107-3-1400	1428	657	150	168	45	45	88	41	30	40	46	65	1/2"	122,5	160	58,5	10,2
STN-126-3-1050	1089	554														53,0	11,0
STN-126-3-1200	1239	604														57,5	12,5
STN-126-3-1350	1389	654														61,5	14,0

En la imagen se observan claramente las propiedades del cilindro escogido, que es el STN-107-3-1100, sobre todo se puede comprobar cómo la carrera que tiene es aceptada para el recorrido que realiza el elevador.

Además, si se comprueba la presión a la que trabaja el cilindro, y la superficie sobre la que el fluido de trabajo (aceite) actúa, tenemos la siguiente deducción:

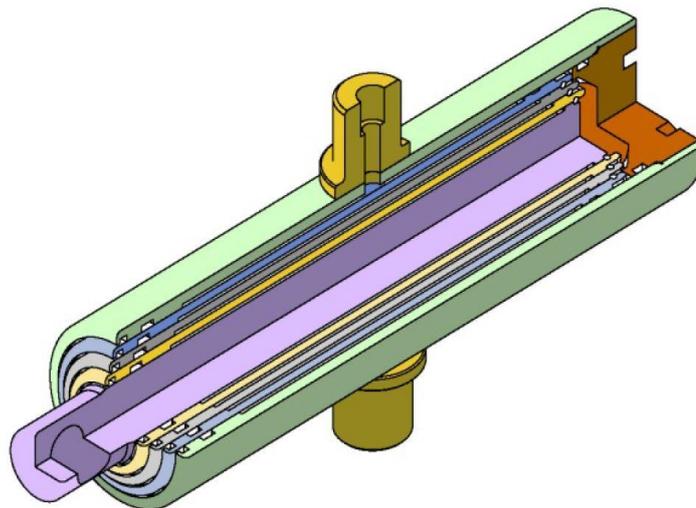
El cilindro es capaz de soportar los esfuerzos proporcionados por la carga, ya que el propio diseñador del émbolo, permite su utilización con dichas presiones de trabajo, por lo que como se observa en el apartado 2.10, el cilindro cumple su cometido con bastante firmeza.

El cilindro escogido tiene una capacidad para acoger aceite en su interior de 8,2 litros, dato importante a la hora del bombeo de aceite mediante el grupo hidráulico. el cuál será capaz de bombear a una presión de 150 bar.

Además como se ha explicado con anterioridad, la carrera que se necesita para que todo pueda resultar correcto a la hora de elevar desde 0,3 hasta 2,3 metros (altura desde el apoyo del elevador), es de 803,35 mm, y la medida máxima del cilindro recogido (en el momento de la posición más baja) es de 870,46 mm.

Como se observa en las tablas se tiene una medida mínima entre apoyos de 587 mm, y se tiene una carrera de 1.128 mm, por lo que la longitud máxima alcanzable es de 1.715 mm, suficiente ya que la altura de 2,3 metros se alcanza cuando tenemos una distancia entre apoyos del cilindro de 1.673,81 mm.

En la imagen podemos observar una ilustración del diseño de este tipo de émbolos.



El funcionamiento consiste en que primero actúa la carcasa interior (en el caso del cilindro escogido, tiene tres carcasas de  $\varnothing 76$ ,  $\varnothing 91$  y  $\varnothing 107$  respectivamente) y después lo van haciendo las de más al exterior en orden.

El cilindro elegido es de doble efecto, lo cual quiere decir que se dispone de dos accionamientos para la elevación (una entrada de aceite y una salida), ya que la bajada se realiza por el propio peso de la estructura ayudado del equipo hidráulico para evitar atascos por falta de presión y el elevador pueda descender hasta la posición deseada.

## 1.8.2 ELECCIÓN DEL GRUPO HIDRAÚLICO.

Es muy importante elegir un grupo hidráulico que satisfaga las necesidades que a este se le asignan. En este caso el grupo deberá suministrar un caudal de 10,93 l/min, ya que eso es lo requerido por la velocidad a la que el cilindro sale desde su estado más recogido, hasta su estado más alargado.

$$Q = \frac{V}{\Delta t} = \frac{8.2 \text{ litros}}{45 \text{ segundos}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 10,93 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Para ello han de elegirse con cuidado los componentes del grupo a emplear.

Los componentes son:

**1/ Bomba de engranajes:** es el elemento que movido mediante un motor eléctrico que gira a 1.500 r.p.m, proporciona el caudal necesario para que la máquina lleve a cabo su movimiento de elevación.

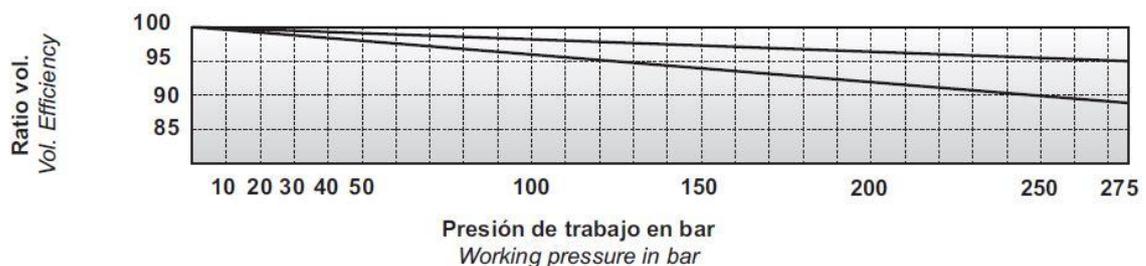
Según los datos que se observan en el Anexo 1, se pueden deducir las propiedades de la bomba elegida, que es la bomba:

1 - L - 22 - D - C - 9 - T - VC - 12 - 5

y sus características son:

- 1 - Sin polea.
- L - Bomba simple.
- 22 - Caudal de la bomba a 0 bar = 22 l/min.
- D - Sentido de giro hacia la derecha.
- C - Forma del eje motriz, tipo C.
- 9 - Tipo de tapa, tipo 9.
- T - Conexión de las tomas tipo T.
- VC - Con válvula reguladora de caudal con limitadora de presión.
- 12 - Taraje válvula limitadora de 80 a 175 bar.
- 5 - Caudal constante 22 l/min

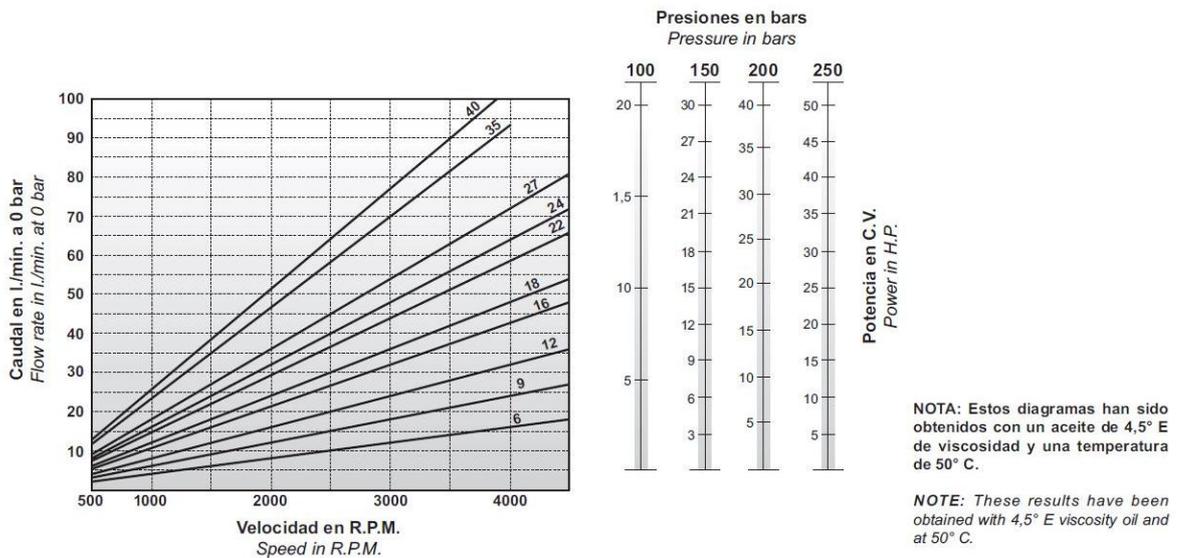
Aunque la bomba marca un caudal que puede proporcionar, existen pérdidas debidas a la presión que se deberán tener en cuenta.



En la imagen se ve una gráfica donde se indica que el porcentaje del caudal disminuye cuando se produce un aumento de la presión, siendo el caudal el 100 % cuando la bomba funciona en vacío y disminuyendo al 93 % cuando la bomba se encuentra mandando caudal a 150 bares. Por lo tanto se tiene que el caudal máximo que podrá suministrar la bomba es de:

$$Q_{\text{máx}} = 22 \frac{l}{\text{min}} * 0,93 = 20,46 \frac{l}{\text{min}}$$

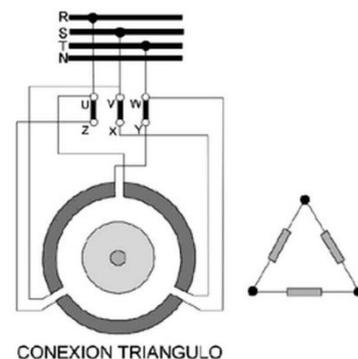
Con esto se puede calcular la potencia necesaria para el motor que según la siguiente tabla, sabiendo que el motor gira a 1.500 r.p.m. será:



En donde corta el eje vertical de 1.500 r.p.m. con la línea horizontal de 22 l/min, se tira una recta horizontal que corte al eje de 150 bar, ya se elige esta presión como máxima, ya que es suficiente con esa presión, para mover los elementos requeridos, que es lo quedado anteriormente. Y corta en el valor de 7 CV, por lo tanto:

$$\text{Potencia requerida para el motor} = 6 \text{ CV} * \frac{735 \text{ w}}{1\text{CV}} = 4.410 \text{ w} \simeq 4,4 \text{ Kw}$$

**2/ Motor eléctrico Sew:** este elemento transforma la energía eléctrica en energía mecánica, mediante corriente trifásica alterna de 400 V. Este elemento se conecta a la corriente en triángulo, como se ve en la imagen siguiente. Es un motor que gira a 1500 r.p.m. y tiene una potencia de 5Kw, por lo que soporta claramente las necesidades a las que será sometido.



**3/ Aceite utilizado:** este es el fluido que circula por el circuito hidráulico, con el fin de generar con él una oposición, la cual hace que el cilindro pueda moverse, y por consiguiente conseguir el movimiento de elevación.

El aceite elegido es:

SAE 20W PREMIUM

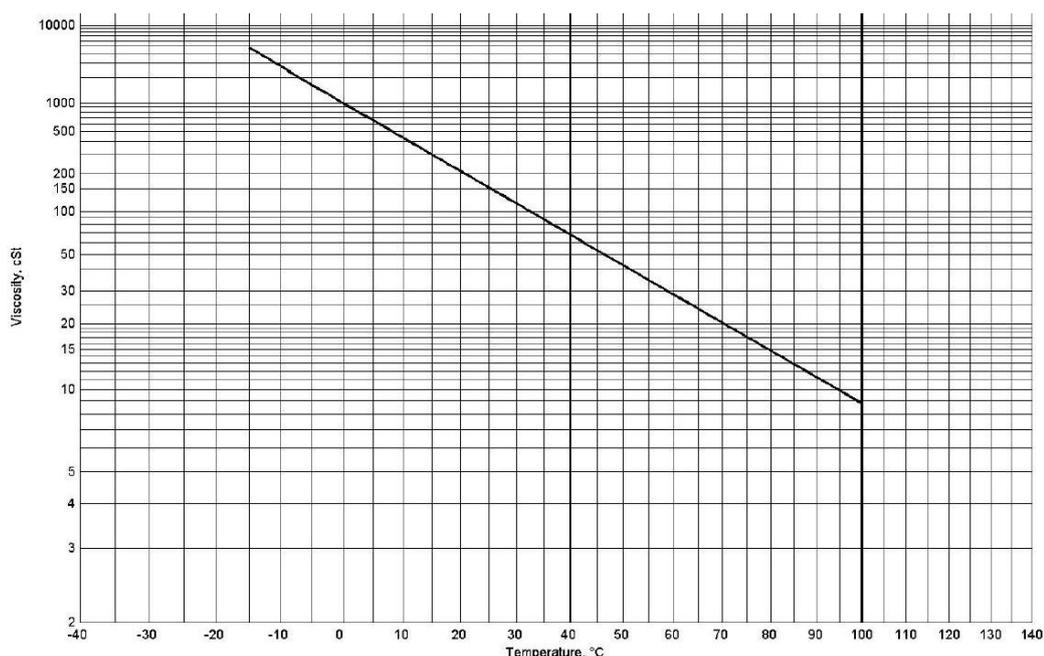
Es un aceite hidráulico industrial, formulado a partir de bases minerales parafínicas de alto grado de refino, y un completo conjunto de aditivos, que mejoran las propiedades de los aceites base, haciéndolo óptimo para cualquier sistema hidráulico, alargando su duración y uso.

Se necesitan 2 garrafas de 20 litros para que el aceite recircule por el circuito, vaya variando y pueda durar más tiempo sin ser sustituido.



En el Anexo 2 se pueden observar algunas de las propiedades del aceite elegido.

Si se observa la gráfica siguiente, se puede apreciar como varía la viscosidad del aceite según la temperatura aumenta o disminuye.



Definición de algunas de sus propiedades más importantes:

- *Viscosidad.*

Es la resistencia que presenta un líquido a fluir.

- *Índice de viscosidad.*

Es la mayor o menor variación apreciada de la viscosidad mientras se produce un cambio de temperatura.

- *Punto de inflamación.*

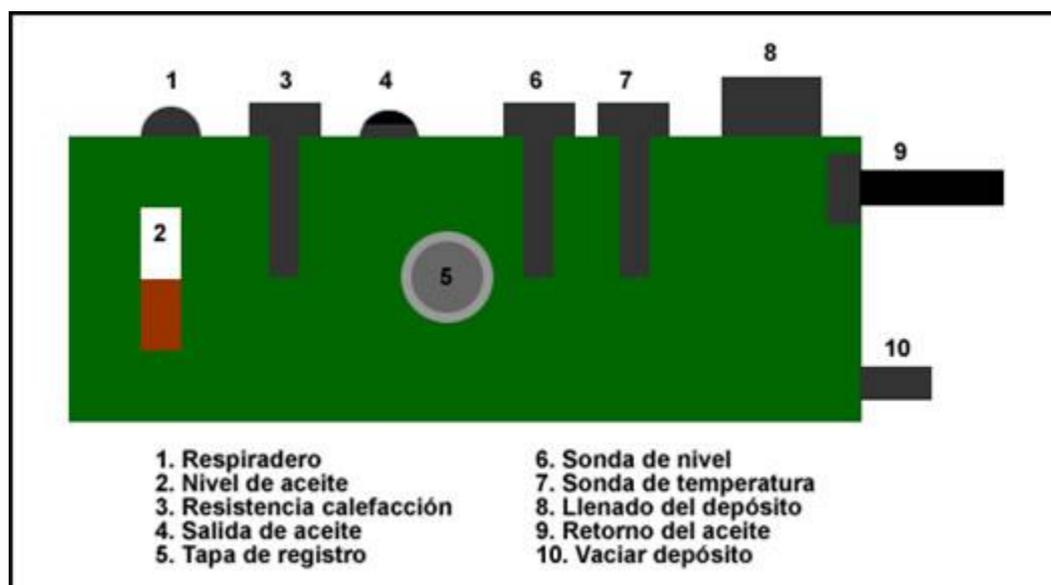
Es la temperatura mínima a la cual el aceite desprende la cantidad suficiente de vapores para inflamarse, momentáneamente, al serle aplicada una llama.

- *Punto de congelación.*

Es la temperatura más baja a la cual es observada la no fluidez del aceite cuando este es enfriado.

**4/ Depósito y circuito hidráulico:** es el elemento donde se almacena el aceite hidráulico, y desde donde es suministrado al resto del circuito, este elemento contiene varios elementos para su correcto funcionamiento y para el control de una serie de parámetros que es necesario tener en cuenta y conocer mientras el equipo está en funcionamiento.

Como ejemplo en la imagen se observa un depósito "tipo", en el que se aprecian los elementos nombrados.



El depósito empleado para el elevador utilizará un filtro de aire para el respiradero, ya que para que el aceite pueda fluir por el circuito se necesita que el depósito se llene de aire, para que no se generen depresiones, por lo que es necesario un filtro de entrada y salida de aire, que va posicionado en el respiradero (elemento 1).

También consta en el depósito un medidor del nivel de aceite, el cual indica si se dispone del suficiente aceite para que la máquina funcione correctamente, y pueda alcanzar su máxima altura, además de para evitar cavitaciones en el circuito por la falta de líquido. El nivel de aceite puede disminuir ya que en los elementos del circuito siempre se pueden encontrar pequeñas fugas, o incluso cuando se produce una avería se puede perder cierta cantidad de aceite. (elemento 2).

La resistencia de calefacción se emplea cuando el aceite del depósito está muy frío, se usa para disminuir la viscosidad del fluido, ya que si el aceite está muy frío el fluido es muy denso y circula mal por el circuito, haciendo trabajar a la bomba en exceso y dando lugar a que otros elementos del circuito puedan estropearse. (elemento 3).

En la salida del aceite del depósito van colocadas la electroválvula que acciona los dos cilindros y la válvula limitadora de la presión del circuito, además del filtro de aceite y de la válvula reguladora del caudal, que es manual. (elemento 4)

La tapa de registro permanece cerrada mientras el equipo está en funcionamiento y se emplea para labores de mantenimiento. (elemento 5)

El elemento que indica cuando el aceite está por debajo de unos mínimos se llama sonda de nivel, y se emplea para dar un aviso de cuando se dispone de poco aceite en el circuito. (elemento 6)

La sonda de temperatura es empleada para medir la temperatura baja del aceite, es decir, para controlar que no se enfríe demasiado cuando el equipo está en posición de funcionamiento inminente. Si esto sucede manda una señal a la resistencia calefactora para que aumente la temperatura del fluido durante un tiempo. No se emplea sonda para temperaturas muy elevadas por la sencilla razón de que el elevador no va a estar en continuo movimiento y su temperatura no va a aumentar en exceso. (elemento 7)

El llenado del depósito se hace por la apertura superior dispuesta para ello, que lleva un filtro incorporado para evitar la entrada de impurezas en el depósito. (elemento 8)

Para la recirculación del aceite por el circuito se necesita que este retorne hasta el depósito, donde se almacena para su uso. (elemento 9)

El vaciado del depósito se lleva a cabo desde el grifo inferior, cuando el aceite ya ha perdido sus propiedades debido al uso y necesita ser sustituido. (elemento 10)

El depósito elegido es de 50 litros de capacidad y de la marca OLIGASA.

**OLIGASA**



**5/ Válvula direccional:** es la válvula que distribuye el fluido, desde la bomba hasta el cilindro, permitiendo o no el paso del aceite, además permite mantener el cilindro en una posición determinada y permite el vaciado del cilindro a tanque (depósito) cuando se desea que el elevador recorra el camino de bajada.

En este caso al válvula elegida es la:

4SEC16E351X/CG24N9K4

Que se corresponde con la referencia E35 de la figura:

3/3-Wege-Sitzventil	
Bestellangabe	Symbol
E35	
E100	
E13	
E22 <sup>2)</sup>	



Es una válvula 3/3, pilotada por dos solenoides a 24v, y con su posición central bloqueando el paso de aceite en cualquier sentido, la marca empleada es Bosch Rexroth.

Como solamente se necesita un tipo de movimiento que es el de salida del cilindro, es la válvula adecuada para su uso, ya que permite circular el caudal necesario requerido para conseguir las especificaciones deseadas. Ya que el movimiento de bajada del cilindro se realiza con el propio peso de la estructura, con la válvula pilotada en la posición "a", dejando que el aceite que se encuentra en el cilindro vaya a tanque.

**6/ Válvula limitadora de la presión:** esta válvula va colocada a la salida de la bomba y si la presión sobrepasa el límite estipulado a 150 bar, desvía parte del caudal hacia el tanque disminuyendo hasta la presión tarada, en todo el fluido del circuito.



**7/ Válvula reguladora del caudal:** esta válvula va colocada a la salida de la bomba y es la encargada de disminuir o aumentar el caudal requerido, para que el elevador realice el movimiento de salida más o menos rápido.



**7/ Filtro del aire:** este elemento impide la entrada de suciedad al depósito, durante la aspiración de aire hacia el interior.

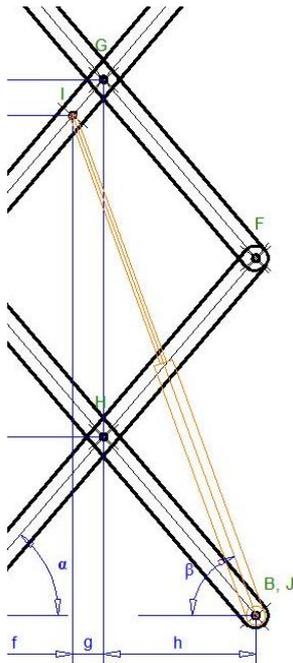


Como se trata de movimientos puntuales del elevador no se necesita un filtro de gran calidad ya que no está continuamente siendo empleado. Se coloca uno de fácil sustitución.

## 1.9 VELOCIDADES DE LOS ELEMENTOS DEL ELEVADOR.

Para el desarrollo de este punto, es necesario saber el tiempo de elevación de que dispone el elevador, en este caso se decide que el tiempo que tarda en llegar desde la posición más baja (0,3 metros), hasta la posición más elevada (2,3 metros), sea de 45 segundos.

Es importante observar que ningún elemento del elevador se mueve a velocidades constantes, ya que todos sus elementos se mueven al mismo tiempo que giran entre si, a excepción del movimiento constante de salida del vástago del cilindro, que al mismo tiempo también desarrolla un movimiento de giro sobre su apoyo en el punto J.



Por ello es muy importante saber la velocidad a la que se necesita que trabaje el cilindro, ya que eso indicará también el caudal necesario de aceite que se necesita para el llenado del cilindro, cada vez que se lleve a cabo el movimiento de elevación.

Como se sabe que el elevador debe tardar 45 segundos en hacer el movimiento completo y se tiene el alargamiento del cilindro total a 2,3 metros, y también la medida del cilindro en su posición más baja, podemos calcular con una simple ecuación la velocidad constante a la que sale el cilindro, como se observa en el punto 2.11. De donde se obtiene la velocidad para la salida del émbolo de 17,87 mm/s.

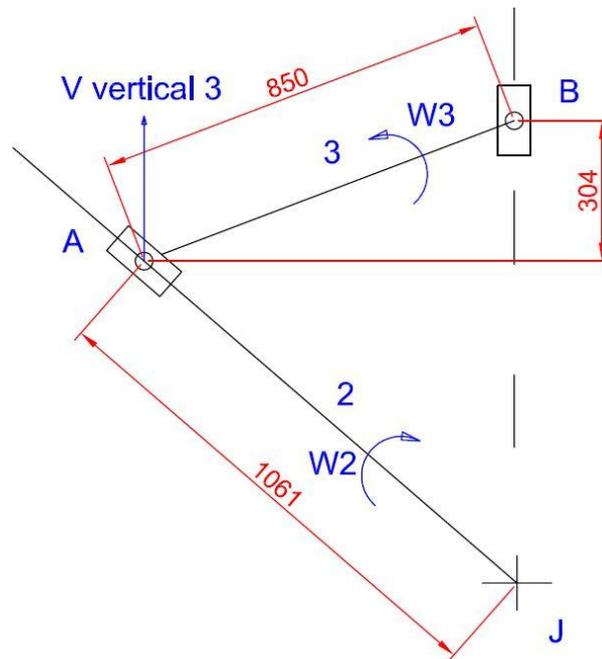
Una vez se sabe la velocidad a la que el cilindro hace todo su recorrido, se puede dar comienzo al cálculo de las velocidades de los demás elementos, ya que mecánicamente van a depender totalmente de la posición del cilindro.

Para esto se emplea el sistema de cálculo de velocidades mediante vectores, que resulta muy simple de aplicar, cuando se simplifica la figura a estudiar cómo se explica a continuación.

### 1.9.1 VELOCIDADES DE LOS LARGUEROS.

Una vez obtenida la velocidad constante a la que sale el cilindro, para simplificar los cálculos, lo que se hace es, observando minuciosamente las propiedades de la estructura y fijándose en que todos los largueros giran a la misma velocidad angular, se consigue un mecanismo de sencillo cálculo y que coincide exactamente con la máquina que se quiere calcular.

Se sustituye el alargamiento del cilindro por un ajuste cilindro vástago que puede moverse a lo largo del elemento 2, que es el sustituyente del vástago, mientras que en el punto 3, este está fijo.



Esta máquina consta de tres puntos claves en el cálculo que son el punto A, el punto B y el punto J. Los puntos B y J se nombran así porque son las articulaciones de la máquina en sí, mientras que el punto A, sustituye a la articulación I.

En lugar de la articulación I, se ha colocado una corredera que simula la carrera a velocidad constante del cilindro, pudiendo así calcular el resto de velocidades.

La corredera situada en B, indica que esa articulación solo se mueve en la dirección vertical, ya que siempre se mantiene en línea con el apoyo del suelo J.

Por lo tanto de esta aproximación se sabe que la proporción de velocidades verticales se mantiene proporcional a la altura en la que se sitúe cualquier pieza, es decir, que sabiendo la velocidad vertical en un punto podemos saber la velocidad vertical en todos los demás en ese instante.

Para el correcto desarrollo del cálculo de velocidades, lo primero es colocar las el origen o punto de 0 velocidades, para ir sacando una por una todas las direcciones con una regla, haciendo coincidir correctamente todas las velocidades del elemento a estudiar. Tal y cómo se puede apreciar en el dibujo del apartado 2.11.

Cuando ya se tienen todas las direcciones y sentidos colocados, se mide la velocidad conocida y se compara con las demás, mediante una regla de tres, se sacan los valores de todas las velocidades especificadas en el dibujo.

Una vez obtenidas estas se pueden hallar también las velocidades angulares.

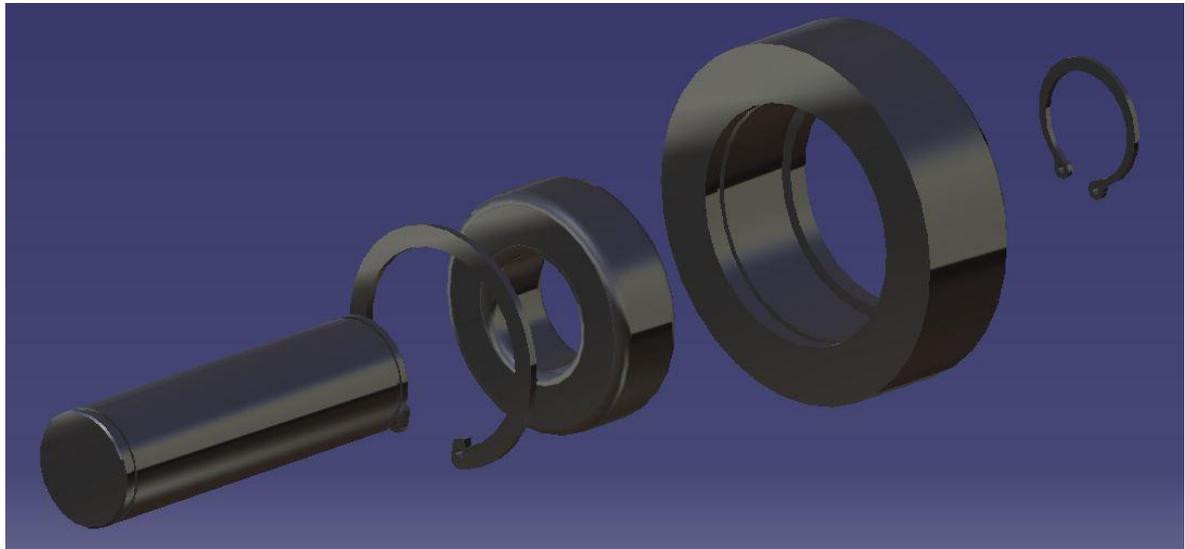
Sabiendo que todos los largueros se mueven a la misma velocidad, ya se tienen todas las velocidades de la estructura diseñada para un instante de funcionamiento.

El cálculo de aceleraciones no se ha realizado para este tipo de elevador, ya que al igual que ocurre con las velocidades, los módulos de estas también son muy reducidos, por lo que no se tienen en consideración.

Según la norma UNE 58.132-2=2005, se tiene que para equipos que se muevan a velocidades menores a 1 m/s, no es de aplicación el aumento de esfuerzos debidos a la carga dinámica.

### 1.10 RODAMIENTOS UTILIZADOS.

Para la elección de rodamientos, son de gran importancia las dimensiones de la rueda de la que se pretende el giro, por lo que junto con el esfuerzo a soportar, que va a ser sobredimensionado, son las dos propiedades más importantes a tener en cuenta para la elección del rodamiento.



En la imagen se observa el montaje que lleva el rodamiento dentro de la rueda.

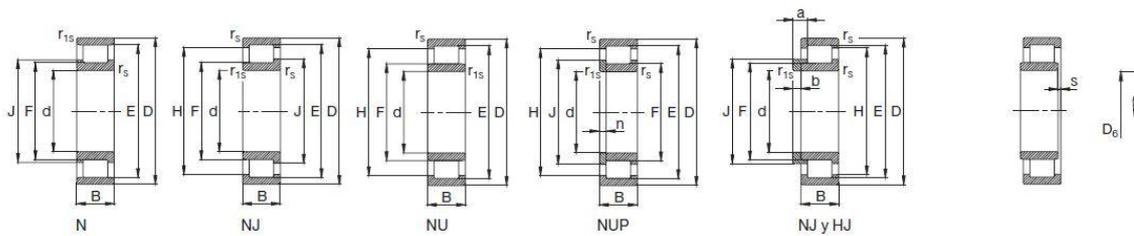
El rodamiento seleccionado es de rodillos, ya que es un tipo de rodamientos que soporta mejor las cargas radiales, como se observa en el cuadro siguiente.

● Aptitud muy buena    ◐ limitada ● buena    ○ no adecuada / no aplicable ◑ normal / aceptable		Características:														
Tipo de rodamiento		Carga radial	Carga axial en ambas direcciones	Compensación longitudinal en el rodamiento	Compensación longitudinal con ajuste deslizante	Rodamientos desplazables	Compensación de desalineaciones	Elevada precisión	Aptitud para elevadas velocidades	Funcionamiento silencioso	Agujero cónico	Obtención, uno o ambos lados	Elevada rigidez	Bajo rozamiento	Rodamientos fijos	Rodamientos libres
Rodamientos rígidos de bolas		◑	◑	○	◐	○	◐	◑	●	●	○	◑	◑	●	◑	◑
Rodamientos de bolas de contacto angular		◑	◑	○	◐	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	◑	◑
Rodamientos de bolas de contacto angular, de doble hilera		◑	◑	○	◐	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	◑	◑
Rodamientos para husillos		◑	◑	○	◐	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	◑	◑
Rodamientos con cuatro caminos de rodadura		◑	◑	○	○	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	◑	○
Rodamientos oscilantes de bolas		◑	◑	○	◐	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	◑	◑
Rodamientos de rodillos cilíndricos NU, N		●	○	●	○	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	○	●
NJ		●	◑	◑	○	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	◑	◑
NUP, NJ + HJ		●	◑	○	◐	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	◑	◑
NN		●	○	●	○	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	○	●
NCF, NJ23VH		●	◑	◑	◐	○	○	◑	●	●	○	○	◑	●	◑	◑
NNC, NNF		●	◑	○	◐	○	○	◑	○	○	○	○	◑	○	◑	◑

◀ Rodamientos individuales y rodamientos en tandem en un sentido    a) para montaje por pares    b) para baja carga axial    c) aptitud limitada para montaje por pares    d) también con manguitos de montaje o desmontaje    e) solo carga axial    f) muy bien en series estrechas

El rodamiento elegido finalmente, para una buena colocación en la rueda es:

NU2206E.TVP2 FAG



Eje	Dimensiones													Peso		Capacidad de carga	
	d	D	B	r <sub>s</sub> min	r <sub>1s</sub> min	E	F	H	J	n	a	b	s <sup>1)</sup>	Roda- miento kg	Anillo angular	C	estát. C <sub>0</sub>
	mm													kg		kN	
25	25	62	24	1,1	1,1	54	34	50,6	38,1		8	4	1,9	0,356	0,027	57	56
	25	62	24	1,1	1,1	54	34	50,6					1,9	0,349	57	56	
	25	62	24	1,1	1,1	54	34	50,6	38,1	4				0,363	57	56	
30	30	55	13	1	0,6	48,5	36,5	46,1					2,4	0,129	16,6	16	
	30	62	16	1	0,6	55,5	37,5		41,3				1,4	0,205	39	37,5	
	30	62	16	1	0,6	55,5	37,5	52,5	41,3		7	4	1,5	0,213	0,025	39	37,5
	30	62	16	1	0,6	55,5	37,5	52,5					1,5	0,208	39	37,5	
	30	62	16	1	0,6	55,5	37,5	52,5	41,1	3				0,219	39	37,5	
30	30	62	20	1	0,6	55,5	37,5	52,5	41,3	7,5	4	1,6	0,261	0,026	49	50	
	30	62	20	1	0,6	55,5	37,5	52,5					1,6	0,255	49	50	
	30	62	20	1	0,6	55,5	37,5	52,5	41,3	3,5				0,268	49	50	
30	72	19	1,1	1,1	62,5	40,5		45				0,6	0,366	51	48		

Se calculan solamente los esfuerzos estáticos, ya que el elemento gira a menos de 10 vueltas por minuto.

Debido a que el rodamiento está sobredimensionado, ya que en principio la máquina funcionaría solo con un rodamiento en cada articulación con rueda, pero más tarde se ha cambiado por no generar un momento flector en el eje de la rueda, se lleva a cabo el cálculo de vida ilimitada del rodamiento.

Este estudio consiste en hacer una relación entre la carga estática que puede soportar el rodamiento según el fabricante (FAG), y la carga estática equivalente, calculada según el apartado 2.12.

Para que el rodamiento tenga una vida ilimitada en su posición habitual, el resultado de esta comparación debe ser mayor o igual que 8.

En este caso el resultado es mucho mayor que 8, debido a la sobredimensión de los elementos.

Aquí se puede observar el rodamiento elegido:



## 1.11 GRUPILLAS Ó CIRCLIPS.

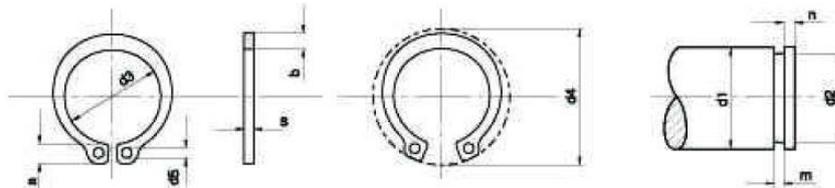
Las grupillas o circlips son elementos normalizados, que vienen determinados por el elemento al que van a ir enganchados. Se definen por el diámetro nominal del eje o agujero en el que se alojan, y la normativa es muy clara en su modo de empleo, por lo que los mecanizados de los ejes y agujeros que los contienen deben cumplir con unos mínimos para que la pieza en si cumpla con sus características especificadas.



En la imagen se aprecia un circlip para ejes y otro para agujeros, pequeños y grande respectivamente.

En este proyecto se han empleado los dos tipos de grupillas, para un eje de Ø30 mm y para un agujero de Ø62 mm que deben cumplir con unos requisitos que se observan a continuación.

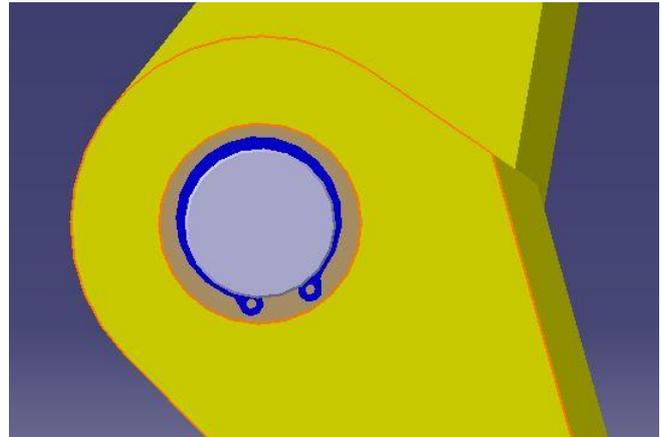
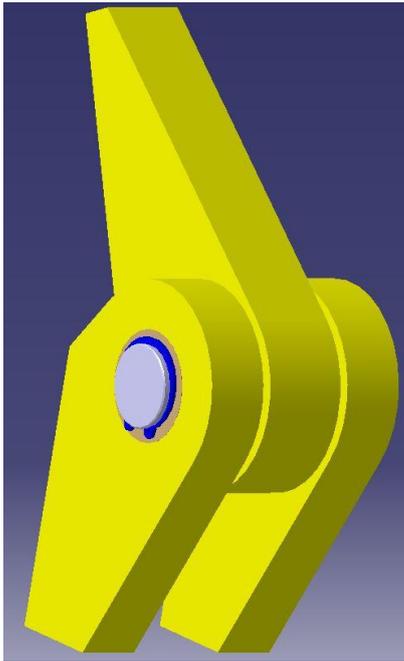
- Para el eje:



Med. Nom. d1	ANILLO							RANURA				Fuerza Axial KG. ≤					
	s h11	a max.	b ≈	d3	Toler.	d4	d5	Peso Kgs. x 1000 Pz.	d2	Toler.	m H 13		n min.				
24	1,5	4,4	3	22,2	+0,21 -0,42	33,2	2	1,770	22,9	h12 +0 -0,21	1,6	1,7	1010				
25				23,2		34,2		1,900	23,9				1060				
26		4,5	3,1	24,2		35,5		1,960	24,9				1100				
27		4,6		24,9		37		2,700	25,6				1200				
28		4,7	3,2	25,9		37,9		2,920	26,6				1500				
29		4,8	3,4	26,9		39,1		3,200	27,6				1560				
30		5	3,5	27,9		40,5		3,320	28,6				1620				
31				28,6		41,5		3,301	29,3				1860				
32				5,2		3,6		29,6	43				3,540	30,3	h12	2,6	2100

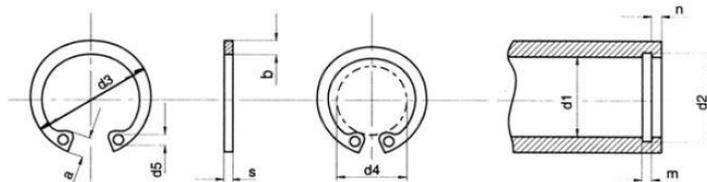
Como se puede ver en el plano del bulón 30 x 88, la ranura se ha mecanizado teniendo en cuenta la tabla anterior para diámetro nominal de 30 mm.

El montaje del eje con la grupilla será:



En el montaje se puede observar claramente cómo encaja la grupilla en la ranura del bulón. Este mecanismo evita que el bulón se desplace y salga de su alojamiento dejando la estructura en desequilibrio.

- Para agujero:



DESIGNACION: Para diámetro del agujero 40 mm.

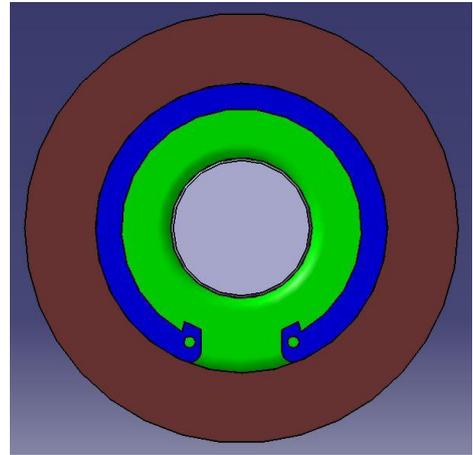
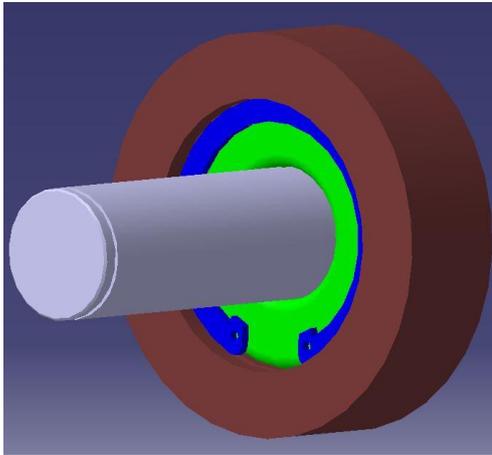
Anillo de seguridad 40 I DIN 472

Med. Nom. d1	ANILLO								RANURA				Fuerza Axial KG. ≤		
	s h11	a max.	b ≈	d3	Toler.	d4	d5	Peso Kgs. x 1000 Pz.	d2	Toler.	m H 13	n min.			
55	2	6,8	5,1	59,2	+1,1 -0,46	40,7		8,300	58	H12 +0,30 -0	2,15	4,5	6650		
56				60,2		41,7		8,700	59				6750		
57				61,2		42,2		9,970	60				8055		
58		6,9	5,2	62,2		43,5		10,500	61				7000		
60		7,3	5,4	64,1		44,7		11,100	63				7250		
62						5,5		66,2	46,7				11,200	65	7480
63						5,6		67,2	47,7				11,700	66	7580

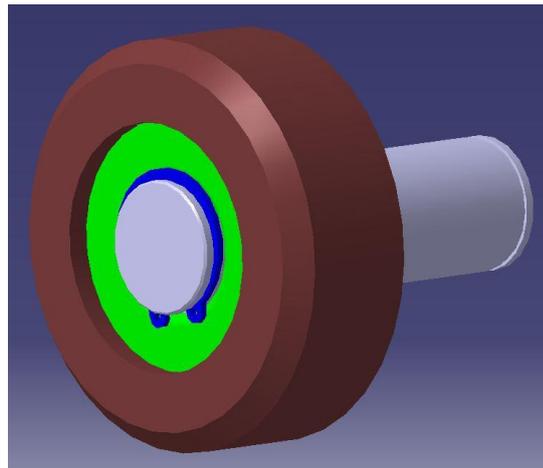
El montaje para agujero se realiza en las ruedas, donde el rodamiento va encajado mediante ajuste, se coloca el circlip por seguridad de que poco a poco y mediante el uso del elevador, el rodamiento vaya saliendo de su alojamiento.

La grupilla es de diámetro nominal para agujeros  $\text{Ø}62$  mm.

En las siguientes imágenes se puede observar el rodamiento en verde, la rueda en marrón, el eje ó bulón en gris y la grupilla ó circlip en color azul.



Con las dos imágenes de la grupilla para agujeros, queda aclarado el funcionamiento de esta pieza, además en la rueda como se observa en la siguiente imagen, también se dispone de una grupilla para ejes, que es de  $\text{Ø}30$  mm, como en el caso anterior.



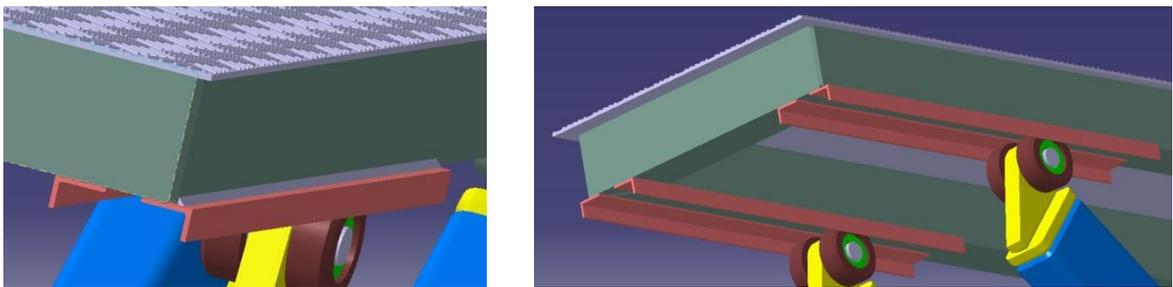
## 1.12 SOLDADURAS EN LA ESTRUCTURA.

La estructura del elevador está compuesta por varios elementos que van unidos entre sí por varios sistemas, como pueden ser tornillos, bulones o soldaduras.

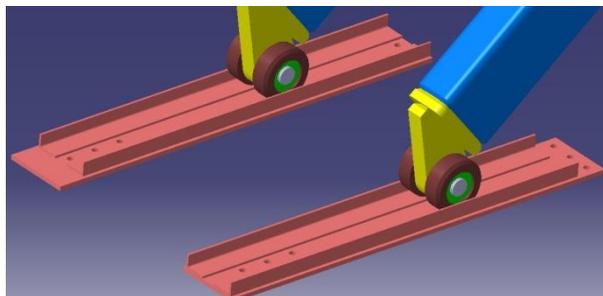
En este apartado se estudian las uniones soldadas de la máquina, y se tienen 5 casos diferenciados unos de otros.

Las medidas de soldadura están en el apartado de planos de montaje.

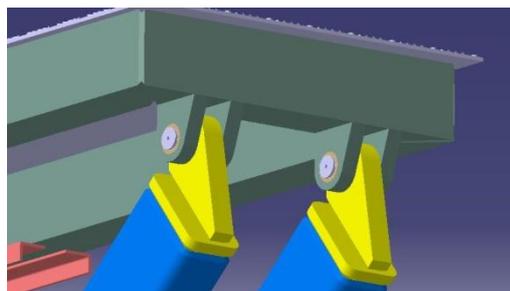
- **Perfil en "L" con la plataforma superior:** este perfil va soldado longitudinalmente a la plataforma como se ve en la imagen.



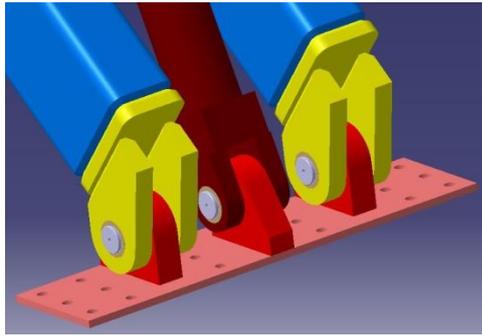
- **Perfil en "L" con perfil suelo:** igual que en el caso anterior, pero en esta ocasión los perfiles en "L" se sueldan a otro perfil rectangular que va anclado al suelo mediante tornillería, como se puede apreciar en el plano 0320.



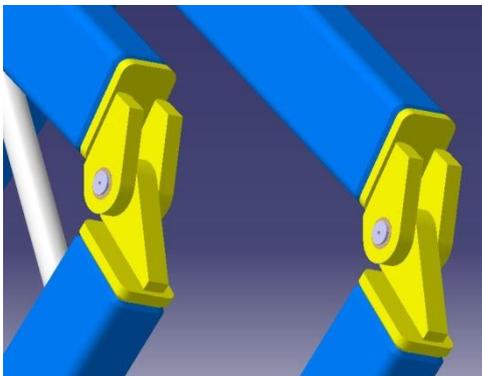
- **Argolla en plataforma:** se suelda la argolla correspondiente en la plataforma superior de manera que quede rígida con la propia plataforma. Las argollas van centradas entre si y en la propia estructura. Dejando un hueco entre ellas de 36 mm, para el alojamiento de la argolla que engancha mediante el bulón.



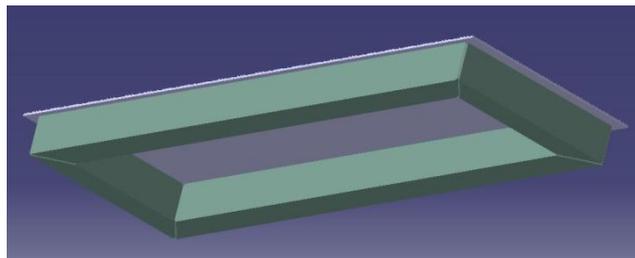
- **Argolla en perfil del suelo:** se suelda en el perfil diseñado para ello, centradas en este y teniendo en consideración los planos de montaje.



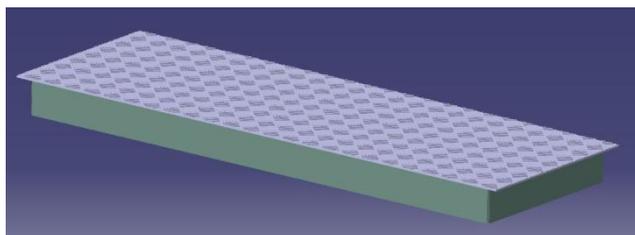
- **Argollas con largueros y pieza intermedia:** se suelda en la ranura diseñada para tal fin, que permite una mejor penetración de la soldadura.



- **Estructura de plataforma y chapa de apoyo:** la primera se suelda mediante chaflanes a 45grados en sus extremos, los chaflanes a su vez, tienen mecanizado en sus aristas un chaflán para rellenar con la soldadura del electrodo.



La segunda se suelda centrada en la superficie que va a tapar y con cordones alargados alrededor.



### 1.12.1 TIPOS DE SOLDADURA.

Existen diferentes tipos de soldadura para la unión de elementos metálicos, como pueden ser la soldadura autógena ó la soldadura por arco eléctrico. La utilizada en este caso será de arco eléctrico porque se necesita aporte controlado de material y la autógena no lo aporta.

- **Soldadura por arco eléctrico:** se basa en que si a dos conductores en contacto se les somete a una diferencia de potencial, se establece entre ambos una corriente.

Si posteriormente se les separa, se provoca una chispa, cuyo efecto es ionizar el gas o el aire que la rodea, permitiendo así el paso de la corriente, a pesar de no estar los conductores en contacto.

Con esto lo que se hace es crear entre ellos un arco eléctrico por transformación de la energía eléctrica, en energía luminosa y calorífica.

El calor provocado por el arco no sólo es intenso, sino que además está muy localizado, lo que resulta ideal para la operación de soldar. Las temperaturas alcanzadas son del orden de 3.500 °C.

En el circuito eléctrico formado por los electrodos y el arco, la intensidad de corriente depende de la tensión y de la resistencia del circuito. Si los electrodos se acercan o se separan variará la resistencia y la intensidad y, por lo tanto, la energía se transformará en calor, con lo que la soldadura no será uniforme.

Desde el punto de vista práctico quiere decir que, para obtener soldaduras uniformes es imprescindible mantener constante la separación de los electrodos durante el proceso del soldeo.

Dentro del campo de la soldadura por arco eléctrico, hay diferentes tipos que son:

- **Soldadura con electrodo de carbono:** no se utiliza en la estructura metálica. El arco salta entre un electrodo de carbón y la pieza a soldar. Se complementa con metal de aportación.

- **Soldadura con electrodo de tungsteno:** el arco salta entre dos electrodos de tungsteno en atmósfera de hidrógeno. El calor del arco disocia las moléculas de hidrógeno, que vuelven a soldarse al contacto con las piezas a soldar, desprendiendo una gran cantidad de calor.

Este calor funde las piezas y permite que se efectúe la soldadura en ausencia del oxígeno y el nitrógeno del aire.

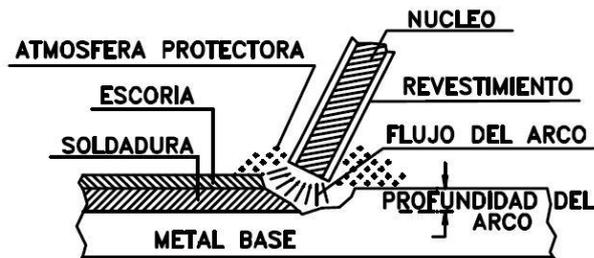
- **Soldadura con electrodo metálico revestido:** es el procedimiento de unión normalmente utilizado en la construcción metálica, pudiendo afirmarse sin titubeos que el gran desarrollo de la construcción metálica actual se debe en gran parte a este sistema.

La unión se consigue al provocar un arco eléctrico entre las piezas a unir y un electrodo que sirve de material de aportación.

El operario establece un contacto inicial entre el electrodo y la pieza a soldar (llamada trabajo), con lo que se inicia un flujo de corriente.

A continuación se retira ligeramente el electrodo y se establece un arco, que funde el electrodo y los bordes de la pieza a unir, formándose el cordón de soldadura.

A continuación se muestra en detalle como es el proceso de fundición.



Como se observa en la imagen el revestimiento del electrodo proporciona una capa más difícilmente fundible que el material del electrodo, que queda por encima del cordón de soldadura y lo protege de las oxidaciones que el aire le puede provocar, quedando una soldadura de mejores propiedades.

Además proporciona un más lento enfriamiento, lo que evita que puedan aparecer unas tensiones internas demasiado grandes en piezas de gran penetración.

### 1.12.2 TIPOS DE REVESTIMIENTOS.

Los tipos de revestimientos de electrodos vienen especificados en la siguiente tabla.

**Principales tipos de revestimiento de los electrodos**

Tipo de revestimiento	Porcentaje de nitrógeno	Volumen de H por 100 g/cm <sup>3</sup>
Acido	0.034	9.0
Básico	0.015	2.5
Celulósico	0.028	15.0
Oxidante	0.035	1.5
Rutilo	0.025	12.0

En esta tabla se observa el efecto protector de cada tipo de electrodo. En ella se indica el porcentaje aproximado de nitrógeno absorbido por la soldadura y el volumen de hidrógeno absorbido por cada 100 gramos de metal depositado.

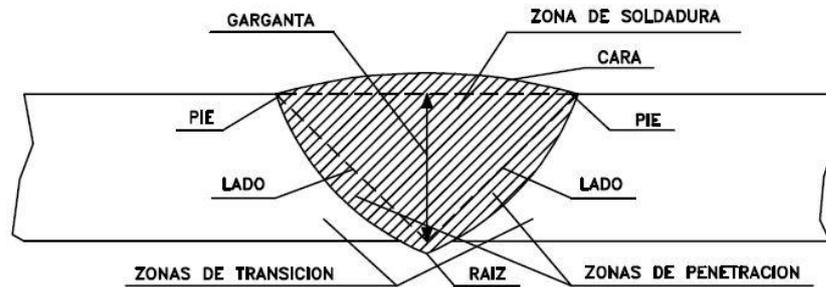
Así puede observarse que el revestimiento básico es el que proporciona la mejor protección.

Los diámetros más normales de electrodos son, en milímetros: 2, 2,5, 3,25, 4, 5, 6,3, 8, 10 y 12.

La elección del electrodo de soldadura depende del diámetro de cordón que se requiere depositar.

### 1.12.3 GENERALIDADES DEL CORDÓN DE SOLDADURA.

Existen 3 partes bien diferenciadas en los cordones de soldadura.



- Zona de soldadura: es la zona central, que está formada fundamentalmente por el metal de aportación.

- Zona de penetración: es la parte de las piezas que ha sido fundida por los electrodos.

- Zona de transición: es la más próxima a la zona de penetración. Esta zona aunque no haya sido alcanzada por la fundición del material, ha soportado altas temperaturas que han proporcionado un tratamiento térmico con posibles consecuencias desfavorables, provocando tensiones internas

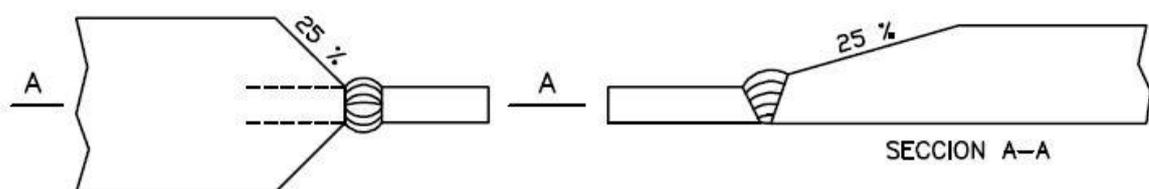
Las dimensiones fundamentales que sirven para definir un cordón de soldadura son la garganta y su longitud.

### 1.12.4 TIPOS DE CORDONES DE SOLDADURA EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA.

Los tipos de cordones de soldadura que se pueden encontrar en la estructura del elevador son soldaduras a tope y soldaduras en "L", las primeras para las argollas con pieza intermedia y largueros y para la estructura de la plataforma, y las segundas para todos los demás elementos vistos con anterioridad. Como se puede apreciar en la introducción al punto 1.12.

Se hace una breve explicación de cada uno de ellos.

- **Soldaduras a tope:** son soldaduras con las raíces saneadas y deben ser continuas en toda su longitud y de penetración completa. Ejemplos.



En la norma UNE EN ISO\_9692-1=2004 se tiene la siguiente tabla: (ver página siguiente)

Para los casos que se dan, deberán escogerse los datos de la fila 1.3.

Preparación de la unión para soldaduras a tope soldadas desde un lado

Nº Ref.	Espesor del material $t$ mm	Tipo de preparación	Símbolo (según la Norma ISO 2553)	Sección transversal	Medidas				Proceso de soldado recomendado (número de referencia según la Norma ISO 4063)	Representación gráfica	Observaciones
					Ángulo <sup>a</sup> $\alpha, \beta$	Separación <sup>b</sup> $b$ mm	Esesor del talón de la raíz $c$ mm	Profundidad de la preparación $h$ mm			
1.3	$3 < t \leq 10$	Preparación en V simple	V		$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\leq 4$	$c$ mm	$h$ mm	3 111 13 141		Cuando sea aplicable con pletina de respaldo
	$6^\circ \leq \alpha \leq 8^\circ$				-	-	-	52 <sup>d</sup>			
1.4	$> 16$	Preparación en V simple con bisel cerrado	V		$5^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$	$5 \leq b \leq 15$	-	-	111 13		Con pletina de respaldo
1.5	$5 \leq t \leq 40$	Preparación en V simple con talón en la raíz amplio	Y		$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 4$	-	111 13 141		-

- Soldaduras en ángulo: estas soldaduras se dan en piezas sin preparación previa.

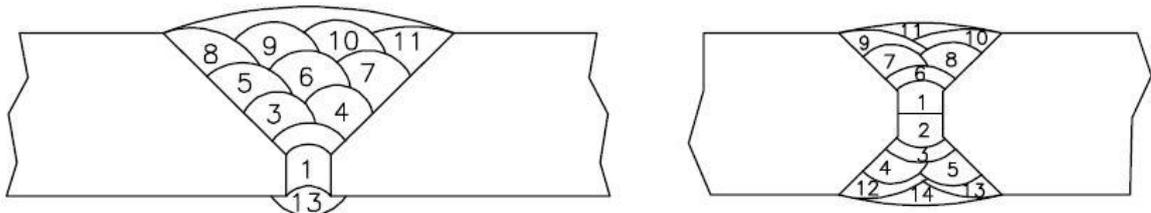
En la siguiente tabla se dan los valores límite de la garganta de una soldadura en ángulo en una unión de fuerza.

**Valores límite de la garganta de una soldadura en ángulo en una unión de fuerza**

Espesor de la pieza (mm)	Garganta a	
	Valor máximo (mm)	Valor mínimo (mm)
4.0- 4.2	2.5	2.5
4.3- 4.9	3	2.5
5.0- 5.6	3.5	2.5
5.7- 6.3	4	2.5
6.4- 7.0	4.5	2.5
7.1- 7.7	5	3
7.8- 8.4	5.5	3
8.5- 9.1	6	3.5
9.2- 9.9	6.5	3.5
10.0-10.6	7	4
10.7-11.3	7.5	4
11.4-12.0	8	4
12.1-12.7	8.5	4.5
12.8-13.4	9	4.5
13.5-14.1	9.5	5
14.2-15.5	10	5
15.6-16.9	11	5.5
17.0-18.3	12	5.5
18.4-19.7	13	6
19.8-21.2	14	6
21.3-22.6	15	6.5
22.7-24.0	16	6.5
24.1-25.4	17	7
25.5-26.8	18	7
26.9-28.2	19	7.5
28.3-31.1	20	7.5
31.2-33.9	22	8
34.0-36.0	24	8

### 1.12.5 SOLDADURAS DE CORDONES MÚLTIPLES.

Esta soldadura se emplea para rellenar huecos generalmente en las uniones a tope, y en el caso del elevador se da en todas las uniones nombradas en la introducción del punto, menos en la argolla de la plataforma, la argolla del cilindro y los perfiles en "L", tanto del suelo como en la plataforma superior que serán soldaduras en ángulo. En la imagen se observa la forma correcta de llevarlas a cabo.



### 1.12.6 TIPO DE ELECTRODO ESCOGIDO.

El electrodo a elegir es un electrodo de entre 4 o 6 mm de diámetro para las soldaduras en "L", ya que según el apartado 2.13, se tiene un espesor de garganta de 10mm, por lo que las capas de soldadura a aplicar variarían en función de la garganta escogida.

El electrodo elegido finalmente es el denominado E6013, de 3,25 mm de diámetro más o menos, y con una resistencia a la tracción de 500 MPa.



En las demás soldaduras a tope el electrodo escogido también es este, por cuestión de simplificar el trabajo y dar facilidades a los operarios de montaje, además de disminuir los costes.

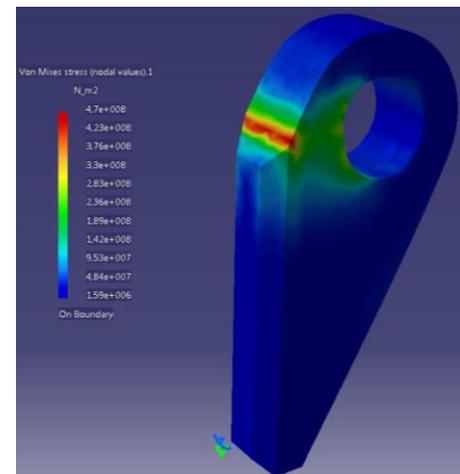
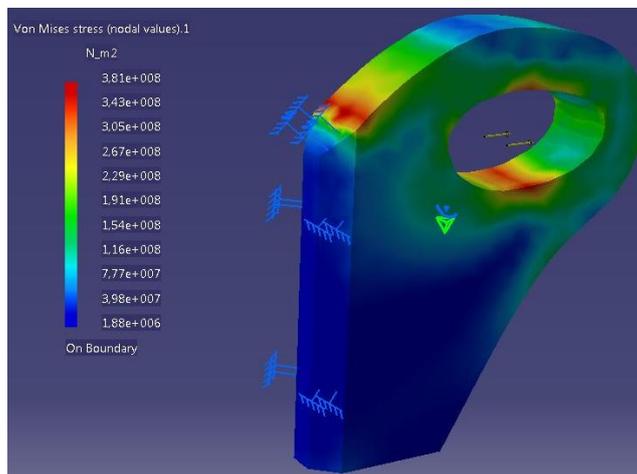
## 1.13 TRATAMIENTO TÉRMICO POR INDUCCIÓN.

Este tipo de tratamientos se les aplica a los aceros para mejorar sus propiedades, para que sean capaces de soportar mayores esfuerzos que sin ellos sería imposible.

En el caso del tratamiento térmico por inducción, las piezas tratadas notan un cambio de propiedades sobre todo en su parte más exterior, en una capa muy fina que es la que se puede observar a simple vista. Proporcionando a los materiales una mayor resistencia al desgaste, y una mayor resistencia también a la tracción y compresión.

Las piezas que se tratan con este sistema, son las argollas, y los bulones, consiguiendo con esto que el soporte de esfuerzos sea aún mayor que el calculado con anterioridad, además de evitar así el rápido desgaste de los elementos.

En el caso de las argollas, se puede observar que las tensiones máximas representadas en el estudio de Catia, se producen en partes superficiales de la estructura de la pieza, con lo que con este tratamiento, se evita el rápido deterioro de las piezas en caso de no ser tratadas.



### 1.13.1 TEMPLE.

El temple es un proceso de calentamiento seguido de un enfriamiento rápido para conseguir mayor dureza y resistencia mecánica del acero.

Para ello, se calienta el acero a una temperatura ligeramente más elevada que la crítica superior (entre 850-900° C) y se enfría luego más o menos rápidamente (según características del acero) en un medio como aire, aceite, agua, agua más polímeros solubles, etc.

Existen diferentes métodos para realizar el calentamiento tales como horno eléctrico, horno de gas, horno de sales, llama e inducción entre otros.

En el temple por inducción los aceros normalmente utilizados tienen un contenido de carbono entre 0,3% y 0,7% (aceros hipoeutectoide).

Ventajas del calentamiento por inducción:

- Permite tratar una parte determinada de la pieza (perfil de temple).
- Gestión de la potencia aplicada.
- Control de la frecuencia y tiempos de calentamiento.
- Control del enfriamiento.
- Ahorro de energía.
- No hay contacto físico.
- Control y localización del calor.
- Posibilidad de integración en líneas de producción.
- Incrementa el rendimiento y ahorra espacio.

El tratamiento por inducción se puede realizarse de dos formas:

**En estático:** consiste en situar la pieza frente al inductor y realizar la operación sin desplazar ni la pieza ni el inductor. Este modo de trabajo es muy rápido, requiere una mecánica sencilla y permite una localización muy precisa de la zona tratada, incluso sobre piezas de geometría complicada.

**Progresivo ó al desfile:** consiste en recorrer la pieza realizando la operación en continuo, desplazando bien la pieza o bien el inductor. Este modo de trabajo permite el tratamiento de piezas de gran superficie a tratar y de grandes dimensiones.

Para un mismo tipo de pieza el temple al desfile requiere potencias más pequeñas con tiempos de tratamiento más largos en comparación con el temple en estático.

### 1.13.2 REVENIDO.

El revenido consigue disminuir la dureza, la resistencia y aumenta la tenacidad de los aceros templados, a la vez se eliminan las tensiones creadas en el temple, dejando al acero con la dureza deseada.

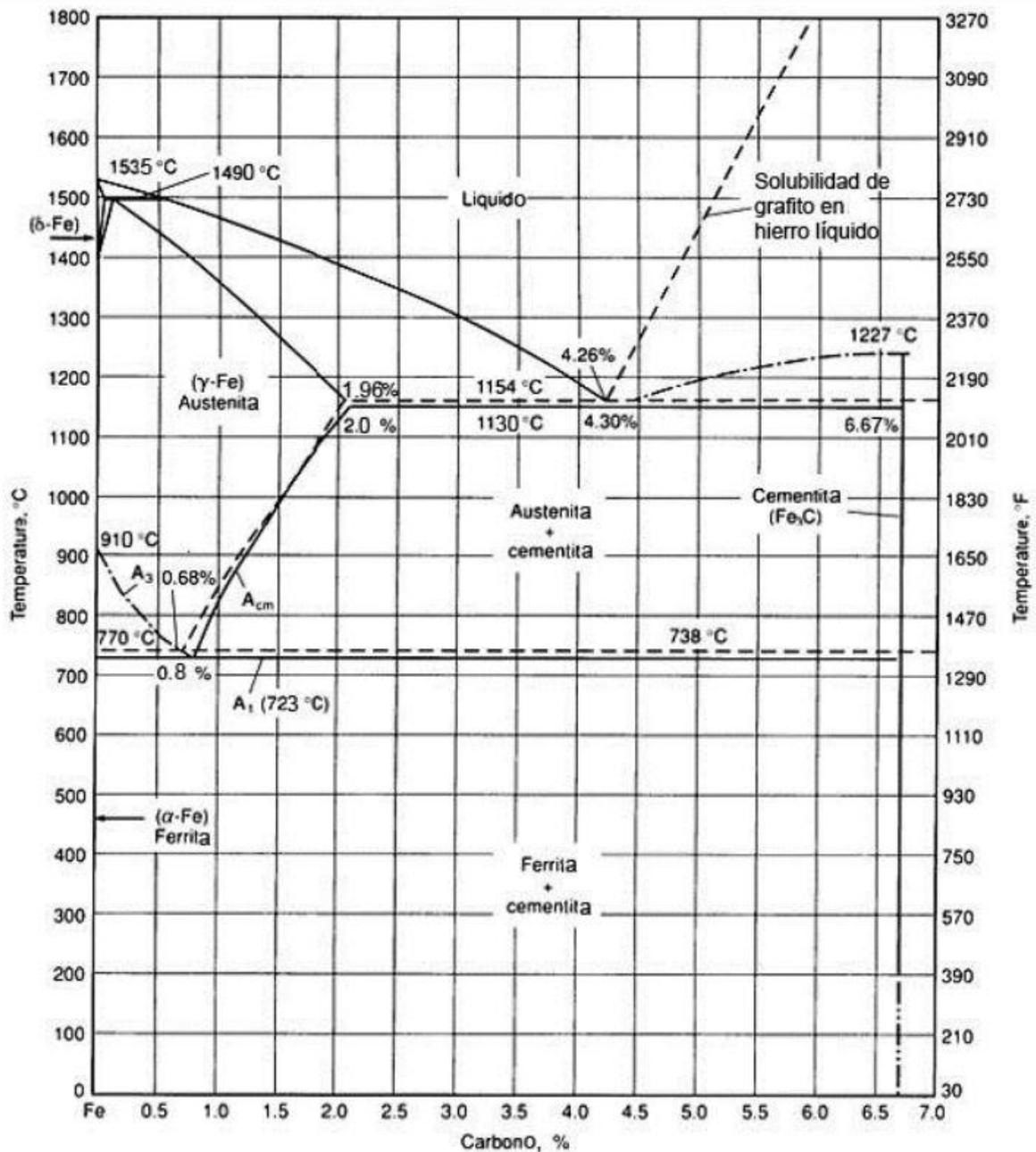
El sistema tradicional de revenido consiste en un calentamiento a temperaturas relativamente bajas (entre 150 y 500 °C siempre por debajo de la línea AC1) durante un tiempo para luego dejarlas enfriar lentamente.

Ventajas del calentamiento por revenido:

- Tiempos más cortos en el proceso.
- Control de la temperatura.
- Integración en líneas de producción.
- Ahorro de energía.
- Disponibilidad inmediata de piezas.
- Ahorra espacio en la planta.
- Mejora las condiciones del entorno.

### 1.13.3 DIAGRAMA HIERRO-CARBONO.

Para entender algunos datos que se dan en este punto se muestra el diagrama hierro-carbono (Fe-C):



En el diagrama de equilibrio o de fases, Fe-C se representan las transformaciones que sufren los aceros al carbono con la temperatura, admitiendo que el calentamiento (o enfriamiento) de la mezcla se realiza muy lentamente, de modo que los procesos de difusión (homogeneización) tienen tiempo para completarse.

Dicho diagrama se obtiene experimentalmente identificando los puntos críticos (temperaturas a las que se producen las sucesivas transformaciones) por métodos diversos.

### 1.13.4 ASPECTOS CINÉTICOS DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA AUSTENITA.

En condiciones de enfriamiento lento los cambios de fase que tienen lugar en los aceros pueden predecirse mediante el diagrama de equilibrio Fe-C.

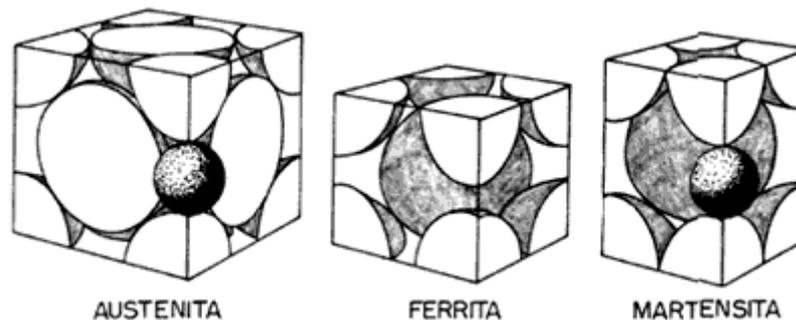
Pero si las transformaciones no se producen en equilibrio se obtendrán otras fases y constituyentes, que adquieren gran importancia cuando se trata de modificar las propiedades mediante los tratamientos térmicos.

Variando la velocidad de enfriamiento se observan los siguientes fenómenos:

- Disminución de las temperaturas de comienzo de formación de ferrita (Ar3) y eutectoide (Ar1).
- La transformación eutectoide ya no ocurre a temperatura constante y su concentración de carbono es menor a 0,8 %.
- Disminución de la cantidad de ferrita libre, hasta desaparecer.
- Afinamiento de la perlita.
- Formación de troostita (intermedio de temple).
- Crecimiento acicular de la ferrita.
- Cuando la difusión está limitada, formación de martensita.
- Surgimiento de otra estructura (entre la perlita y la martensita), denominada bainita, en la que la ferrita crece en forma acicular y la cementita precipita en su interior.

Si se consigue controlar estos parámetros en los procesos de calentamiento y de enfriamiento, se puede dar paso al tratamiento de los materiales.

En la siguiente ilustración se puede ver la variación de los enlaces químicamente hablando de algunos de los productos en los que se transforma el acero durante los procesos mencionados.

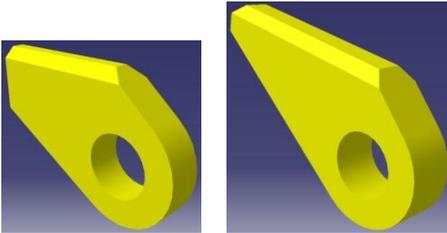


### 1.13.5 PROCEDIMIENTO ESCOGIDO Y PIEZAS ESTUDIADAS.

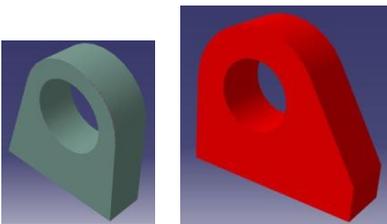
Este procedimiento se llevará a cabo mediante un horno eléctrico, de modo estático la pieza quedará inmóvil en su interior durante el tiempo que dura el templado. La pieza se calentará hasta unos 800 °C y se enfriará rápidamente, con lo que el acero adquiere propiedades de mayor resistencia a los esfuerzos estudiados, tal y como se ha explicado con anterioridad.

Las piezas a estudiar se ven a continuación:

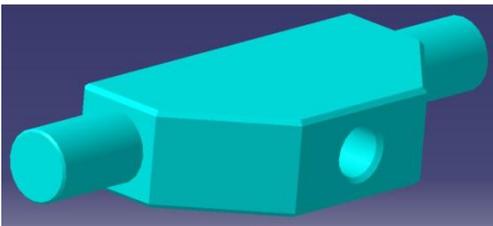
- Argollas tanto de 22 como de 30 mm.



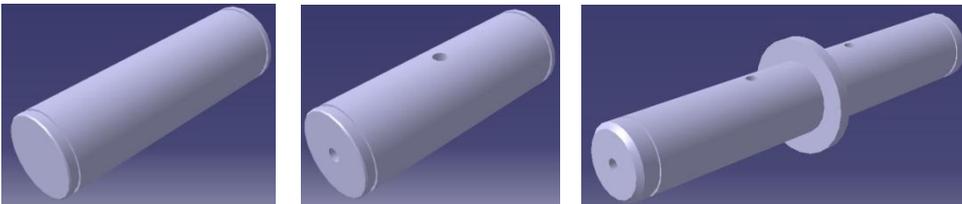
- Argollas plataforma y suelo.



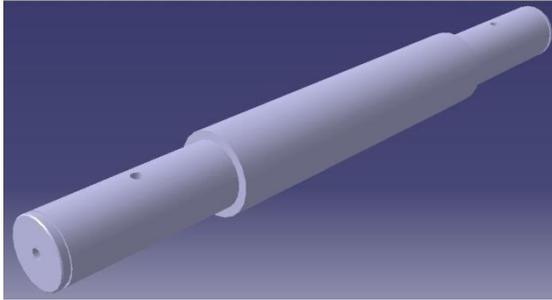
- Pieza de acoplamiento.



- Bulones de rodamientos, de articulaciones y bulón central.



- Pieza bulón de equilibrio.



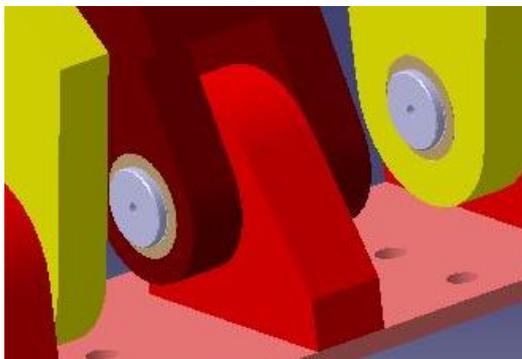
Las piezas pueden ser tratadas todas a la vez, solo depende del tamaño del horno a emplear, con lo que los costes del tratamiento térmico disminuyen en relación a tener que tratar piezas individualmente.

## 1.14 VIDA ÚTIL A FATIGA DE LOS BULONES.

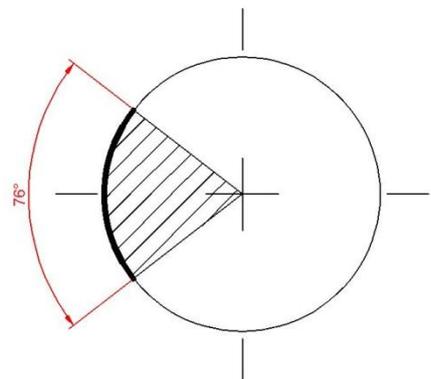
Para obtener un valor orientativo de la vida útil del elevador, se presta especial atención a las piezas más desfavorecidas, en este caso los bulones de 30 x 88 mm, los cuales soportan esfuerzos en los peores casos de 160.000 N.

Esto traducido a los esfuerzos que acabarán por estropear las piezas nombradas, son 160.000 N, aplicados en un tercio de la superficie en contacto con la pieza, durante cada proceso de subida y bajada del elevador, creando sistemáticamente, un proceso de fallo por fatiga del elemento.

En la siguiente imagen se puede ver la superficie de apoyo del bulón que trabaja a flexión cada vez que el elevador está cercano a su posición más baja.



ÁNGULO DE GIRO DEL BULÓN

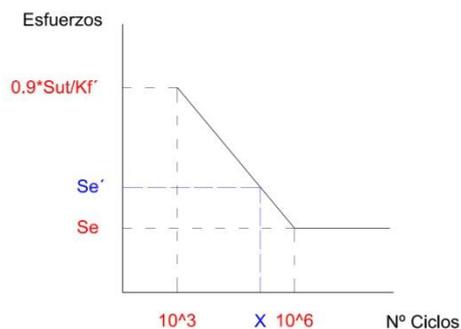


Esto quiere decir que cada vez que se produce un ciclo, se tiene un esfuerzo máximo repetitivo en el bulón.

Por lo que se estudia el límite de la pieza a fatiga. Como la pieza gira sobre sí misma y no tiene una posición fija, se debe estudiar de modo que la fatiga sea calculada como flexión rotativa de la pieza.

Los cálculos realizados en el apartado correspondiente a fatiga del presente proyecto, se han desarrollado teniendo en cuenta la carga máxima que puede llegar a soportar el material con el que está construido el bulón.

El resultado obtenido en el apartado 2.14, se ha extraído de la siguiente gráfica:



De la cual se puede sacar mediante una simple ecuación de equivalencias de triángulos, el número total de ciclos que se pueden llegar a ejecutar con el elevador diseñado.

Partiendo de una serie de datos que se dan en tablas y se estiman tal y como se desarrollan en dicho punto.

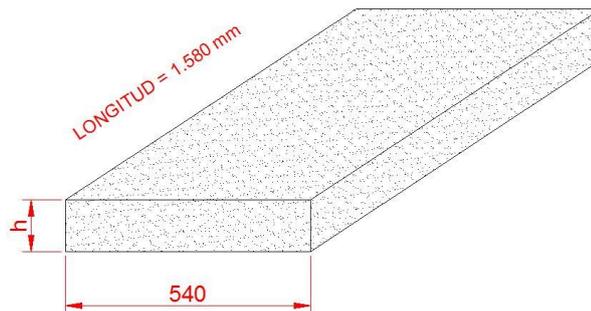
Los bulones soportan un total de 16.387 ciclos.

## 1.15 BASE DE HORMIGÓN PARA LA ESTRUCTURA.

La base es una pieza importante para el correcto funcionamiento del elemento que se diseña, ya que es el elemento que realizará el traspaso de esfuerzos hasta la tierra.

Como bien se explica en el apartado de cálculos 2.15, el grosor de la losa de hormigón a utilizar para el montaje del elevador es de 27 cm de profundidad como se observa en la imagen siguiente, donde la "h" representa esta magnitud.

LOSA DE HORMIGÓN PARA APOYO DE 1 CUERPO  
DEL ELEVADOR



La pieza que mayor esfuerzo soporta es la pletina de apoyo del cilindro con el suelo, y se encuentra a una distancia del centro de la losa menor que la que aparece en los cálculos, por lo que estos quedan sobredimensionados.

En la imagen se muestran las dos piezas de apoyo con el suelo, se ha escogido la segunda para los cálculos ya que es la que menos superficie apoyo, y la que más tensiones va a generar en tal caso.



La pieza que va apoyada sobre la losa, está atornillada mediante 18 tornillos de Ø12 mm, como el de la imagen, al igual que las dos piezas de cada cuerpo que hacen de apoyo de las guías de las ruedas en la articulación "A".

Se entiende que los esfuerzos que han de soportar los tornillos a cortadura, se van a anular debido a su propia resistencia y al propio rozamiento de la pletina que sujetan contra la losa de hormigón.

Además la losa es de hormigón armado, lo que de nuevo incrementa en gran medida los esfuerzos máximos a los que puede ser sometida sin que aparezcan defectos de forma.

El procedimiento de construcción del suelo del elevador o losa de hormigón es el siguiente.

Se deben realizar dos agujeros iguales para cada cuerpo del elevador, de una profundidad de unos 87 cm, procurando no pasarse.

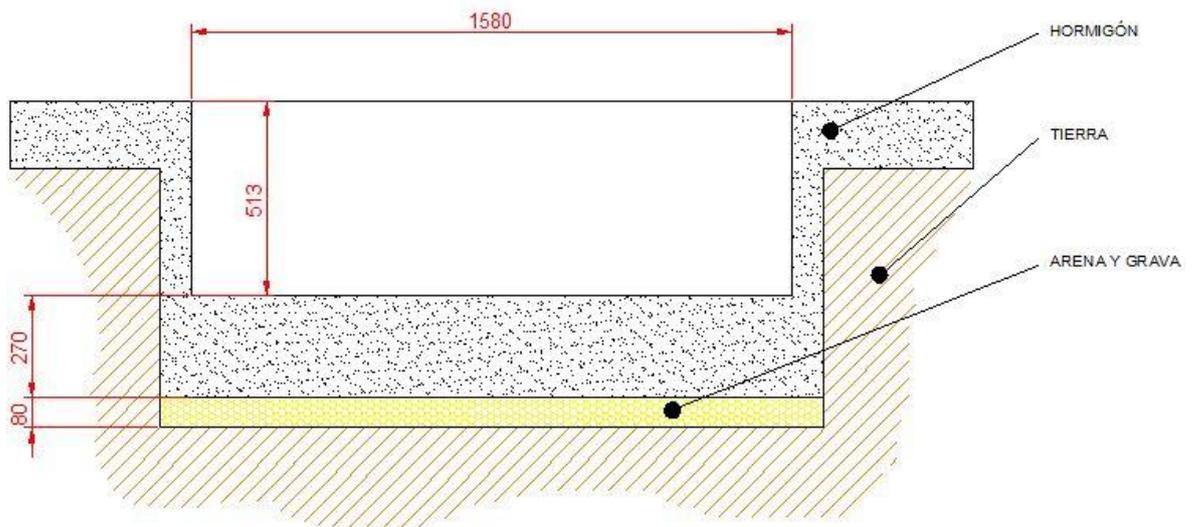
Cuando se tiene el terreno a nivel se le añade gravilla y arena para formar una primera capa estable, la cual a de regarse y compactarse.

Está capa tiene que ser cubierta por un plástico antes de verter el hormigón encima, para que no se filtre hacia abajo.

El grosor de esta capa de arena y grava ha de ser de unos 8 cm.

Una vez preparada la superficie se vierte el hormigón con cuidado sobre el plástico hasta la profundidad de agujero medida desde el suelo "superior" de 51.3 cm, la medida que ocupa el elevador recogido totalmente, introduciendo en la mitad del espesor de la capa del suelo el mallazo que conforma la capa final de hormigón armado.

Como se aprecia en la imagen.



## **1.16 AJUSTES Y TOLERANCIAS.**

La base de una buena agrupación y funcionamiento de las piezas entre sí, son en gran parte los ajustes y tolerancias que se emplean en la construcción de cualquier máquina.

En este caso se han empleado tolerancias tanto geométricas como dimensionales, pudiendo observarse con facilidad en los planos detallados del apartado 3 del presente proyecto.

Para simplificar la explicación se dice que las tolerancias dimensionales son aquellas que indican entre qué valores debe situarse una cota concreta, en una posición cualquiera, sin detallar la geometría general de la pieza en cuestión, y dando lugar a posibles deformaciones no deseadas, incluso manteniendo estas tolerancias como buenas.

Por ello es necesario conocer en muchas ocasiones también las tolerancias geométricas, que nos indican si una pieza cumple o no geoméricamente, y que por lo tanto deben complementar siempre que sea necesario a las tolerancias dimensionales.

Otro factor muy importante en este apartado han de ser los acabados superficiales de las piezas definidas en los planos, ya que de esta característica depende en parte el buen funcionamiento a medio y largo plazo de la máquina que se diseña.

### **1.16.1 TOLERANCIAS DIMENSIONALES.**

En este proyecto básicamente se pueden encontrar ajustes entre casquillos y bulones en su mayor parte, por lo que se ha llevado a cabo la confección de los ajustes dependiendo de la importancia de las piezas, su uso, la vida útil...

Como se indica en el párrafo anterior se tienen básicamente los ajustes llamados Eje ó agujero base, y las tolerancias que se deben emplear, vienen indicadas en las tablas siguientes, que dependen de la calidad del acabado, del diámetro de las piezas...

Dentro del campo del ajuste se pueden encontrar tres clases, que son el juego, el apriete y el ajuste indeterminado.

En el presente proyecto, se han empleado los tres tipos de ajustes, aunque son empleados en mayor cantidad los de apriete y juego, por su claridad de funcionamiento.

Se definen a continuación los tipos de ajustes nombrados, cuyos valores y nomenclaturas pueden definirse observando las tablas de ajustes y tolerancias del Anexo 3.

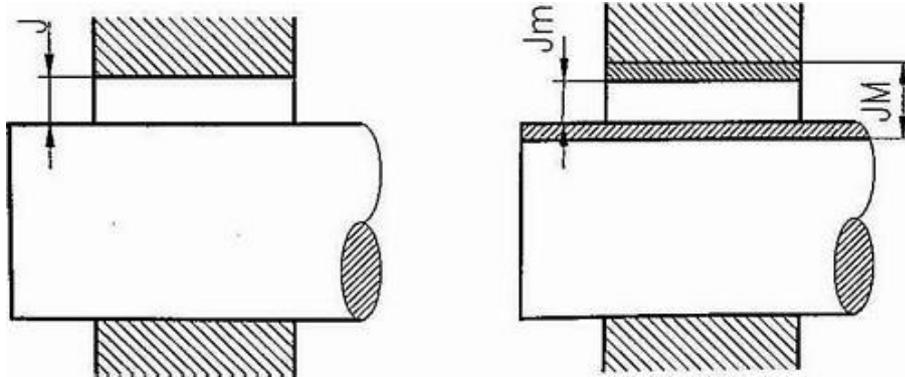
#### **1.16.1.1 AJUSTES CON JUEGO.**

Es la diferencia entre las medidas del agujero y del eje, antes del montaje, cuando ésta es positiva, es decir, cuando la dimensión real del eje es menor que la del agujero.

Ajuste con juego o ajuste móvil es un tipo de ajuste en el que la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje resultan positivas.

Juego máximo ( $JM$ ) es la diferencia que hay entre la medida máxima del agujero y la mínima del eje.

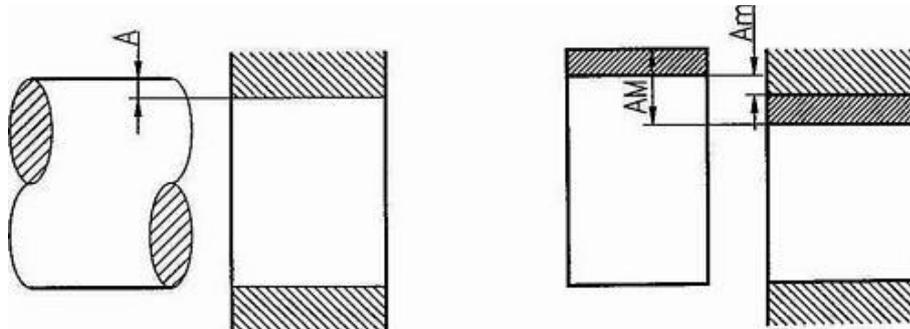
Juego mínimo ( $J_m$ ) es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la máxima del eje. Se llama tolerancia del juego ( $TJ$ ) a la diferencia entre los juegos máximo y mínimo, que coincide con la suma de las tolerancias del agujero y del eje como se observa en la siguiente imagen.



En el presente proyecto se emplean los ajustes con juego para el giro entre bulones y casquillos.

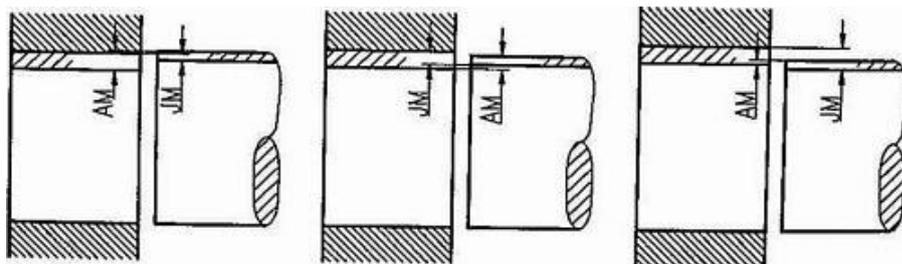
### 1.16.1.2 AJUSTES INDETERMINADOS.

Se denomina ajuste indeterminado (I) a un tipo de ajuste en el que la diferencia entre las medidas efectivas del agujero y del eje pueden ser positivas y negativas, dependiendo de cada montaje concreto.



### 1.16.1.3 AJUSTES CON APRIETE.

Se denomina ajuste con apriete o ajuste fijo es un tipo de ajuste en el que la diferencia entre las medidas efectivas de eje y agujero son negativas.



### 1.16.2 TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS O DE FORMA.

Una tolerancia de forma, de situación, de orientación o de oscilación de un elemento geométrico (punto, línea, superficie o plano medio) define la zona teórica dentro de la que debe estar contenido el elemento.

De esta forma, el elemento considerado puede tener cualquier forma, posición u orientación comprendida dentro de esta zona de tolerancia, siempre que se cumplan las especificaciones señaladas.

En el anexo 4 se pueden observar algunas de las tolerancias que se pueden dar en la confección de algunas piezas.

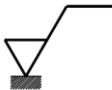
### 1.16.3 ACABADOS SUPERFICIALES.

Como bien se indica en este apartado no es de menor importancia los buenos acabados superficiales, que pueden ser verificados tanto por la vista como por el tacto, aunque también existen sofisticados sistemas de medición de rugosidades, ondulaciones...

De los acabados superficiales depende en buena medida el correcto desgaste de los elementos que se mueven entre sí en un ajuste.

Por ejemplo, si se tiene un mal acabado superficial, la pieza comienza a desgastarse rápidamente hasta que la superficie adquiere mayor compactación, por lo que el desajuste se produce rápidamente a partir de que la pieza comienza a funcionar, lo que no interesa demasiado en según qué casos, mientras que si se tiene un acabado más compacto y de mejor calidad, el desgaste de la pieza viene a producirse de una forma más lenta, por lo que la vida del ajuste está más asegurada que de la forma anterior.

Para indicar los acabados superficiales se tienen algunos símbolos como los de la tabla.

Símbolo	Significado
	Se permite cualquier proceso de fabricación.
	Debe retirarse material.
	No debe retirarse material.

Además estos símbolos se acompañan de una serie de números y letras los cuales indican el grado de acabado del elemento en cuestión.

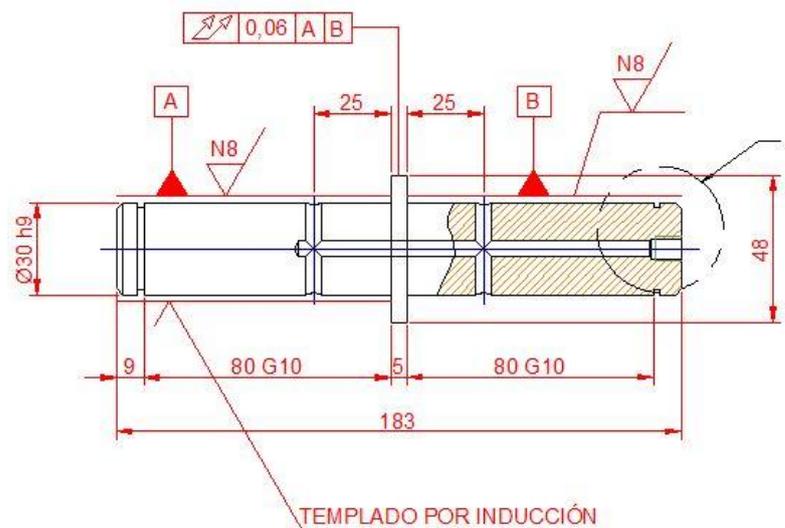
Según la siguiente tabla se tienen diferentes calidades superficiales.

Valor de la Rugosidad Ra		
micrómetros m	micropulgadas in	Clase de rugosidad
50	2000	N12
25	1000	N11
12,5	500	N10
6,3	250	N9
3,2	125	N8
1,6	63	N7
0,8	32	N6
0,4	16	N5
0,2	8	N4
0,1	4	N3
0,05	2	N2
0,025	1	N1

Los casquillos que se diseñan en este proyecto son de bronce y con un peor acabado superficial que el eje, para que se produzca el desgaste en estos, y si fuese necesario solo realizar el cambio de los casquillos cuando estos se desgasten.

Conviene recalcar que el casquillo siempre va ajustado a su agujero con ajuste de apriete, por lo que no gira con respecto a su alojamiento, mientras que el eje si lo hace con respecto al casquillo.

En los planos se pueden ver todas las tolerancias empleadas, tanto dimensionales como de forma, un ejemplo de ello se muestra en el dibujo del plano 0306, que se muestra a continuación.



### 1.16.4 AJUSTE PARA EL RODAMIENTO DE LAS RUEDAS.

Para el cálculo de este ajuste es necesario tener en cuenta una serie de características que vienen representadas por la normalización de rodamientos en el propio catálogo del fabricante, que en este caso es FAG.

Se necesita saber según el catálogo de FAG, el valor inverso de  $f_s$  (factor de esfuerzos estáticos), para desde la tabla obtener la tolerancia necesaria tanto en el eje a alojar, como en el agujero necesario para que sea alojado el rodamiento. Este valor se puede encontrar en el apartado de ajustes y tolerancias 2.12.

Como se tiene que el rodamiento es un NU2206E.TVP2 FAG, entonces se sabe que su diámetro de eje interior es 30 mm y que alojamiento o diámetro exterior es de 62 mm, por lo que de las tablas siguientes se saca la calidad necesaria del ajuste para el rodamiento, junto con el valor del factor de esfuerzos estáticos, que se sabe menor de 0,08.

Tabla para elección de calidad del eje del rodamiento.

#### Rodamientos radiales con agujero cilíndrico

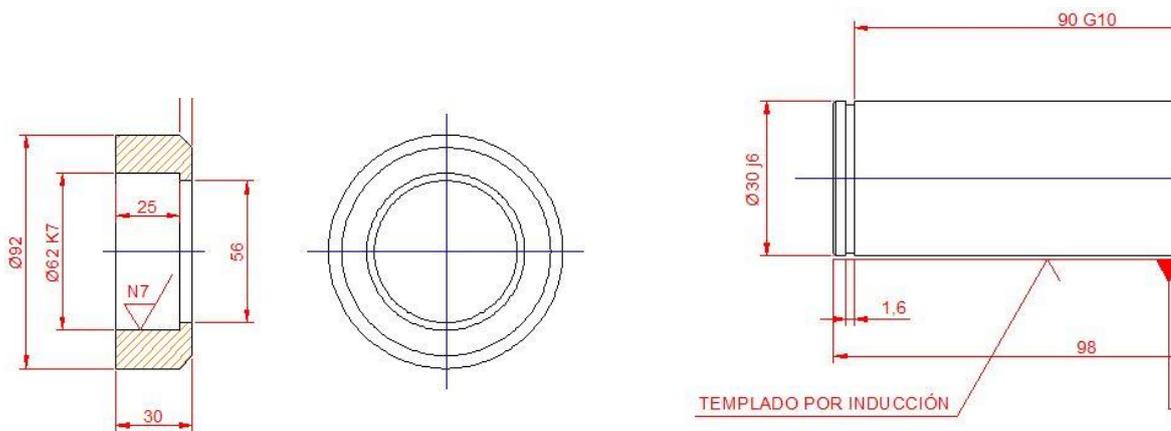
Carácter de la carga	Tipo de rodamiento	Diámetro del eje	Posibilidad de desplazamiento Carga	Campo de tolerancia
Carga puntual para el aro interior	rodamientos de bolas y de rodillos	todas las dimensiones	rodamiento libre con aro interior desplazable	g 6 (g 5) h 5 (h 6)
			rodamientos de bolas de contacto angular y de rodillos cónicos, con aros interiores ajustados uno contra otro	h 6 (j 6)
Carga circunferencial para el aro interior o carga indeterminada	rodamientos de bolas	hasta 40 mm	carga normal (P/C < 0,1)	j 5
		hasta 100 mm	carga pequeña (P/C < 0,08)	j 6
			carga normal y elevada (P/C > 0,08)	k 5 (k 6)
		hasta 200 mm	carga pequeña (P/C < 0,1)	k 6
			carga normal y elevada (P/C > 0,1)	m 6
		más de 200 mm	carga pequeña (P/C < 0,1)	m 6
	rodamientos de rodillos	hasta 60 mm	carga pequeña (P/C < 0,08)	j 6
			carga normal y elevada (P/C > 0,08)	k 5 (k 6)
		hasta 200 mm	carga pequeña (P/C < 0,1)	k 6
			carga normal (P/C = 0,1 - 0,15)	m 6 (m 5)
			carga elevada (P/C > 0,15)	n 6 (n 5)
		hasta 500 mm	carga normal (P/C < 0,15)	m 6 (n 6)
carga elevada (P/C > 0,15)	p 6			
más de 500 mm	carga normal (P/C < 0,2)	n 6 (p 6)		
	carga elevada (P/C > 0,2)	r 6		

Tabla para elección de la calidad del agujero que aloja al rodamiento.

### Rodamientos radiales

Carácter de la carga	Posibilidad de desplazamiento Carga	Condiciones de servicio	Campo de tolerancia
Carga puntual para el aro exterior	rodamiento libre con aro exterior fácilmente desplazable	la calidad de la tolerancia depende de la precisión de giro necesaria	H 6
			H 7
			H 8
	aro exterior generalmente desplazable; rodamientos de bolas de contacto angular y de rodillos cónicos con aros exteriores ajustados uno contra otro	gran precisión de giro	J 6
		precisión de giro normal	J 7
	calentamiento del rodamiento a través del eje		G 7
Carga circunferencial para el aro exterior o carga indeterminada	carga pequeña y normal ( $P/C < 0,15$ )	con grandes exigencias en la precisión de giro K 6, M 6, N 6 y P 6	K 7 (K 6)
	carga normal; choques		M 7 (M 6)
	carga elevada ( $P/C > 0,15$ ), choques		N 7 (N 6)
	carga elevada, choques fuertes, alojamientos de paredes delgadas		P 7 (P 6)

De las tablas se saca el siguiente ajuste como se muestra en la imagen del plano 0325.



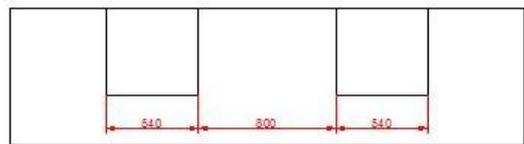
Los ajustes obtenidos para el rodamiento en este caso son:

- Para el eje:  $\varnothing 30$  j6
- Para el agujero:  $\varnothing 62$  K7

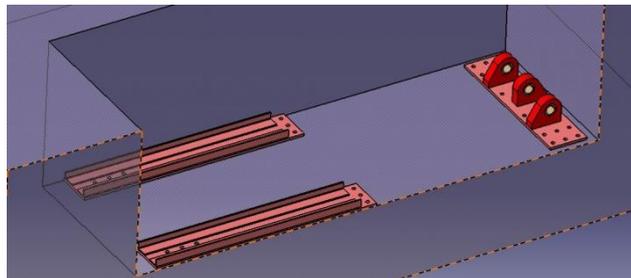
## **1.17 MANUAL DE MONTAJE DEL ELEVADOR.**

En este apartado se explica el montaje del elevador de tijera, solamente de un cuerpo, ya que consta de dos cuerpos exactamente iguales.

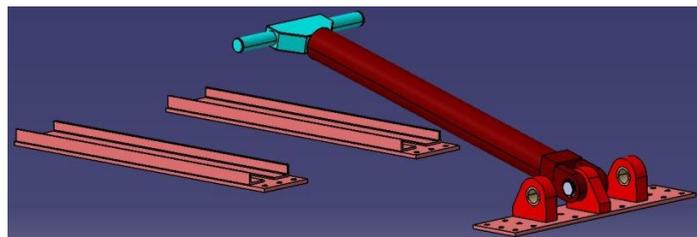
Lo primero a tener en cuenta son las dimensiones del foso necesario de hormigón donde el elevador debe quedar alojado cuando finalice el montaje, que pueden ser vistas al igual que su composición en el apartado 1.14 de la presente memoria.



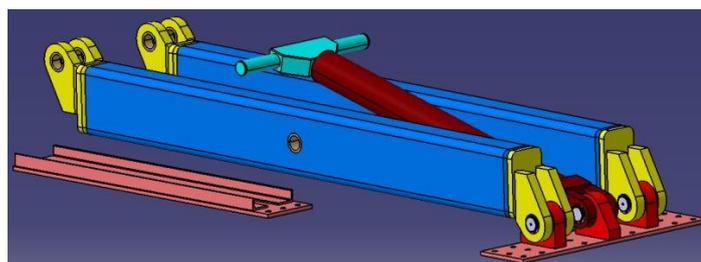
Una vez se tiene el suelo bien adaptado para el montaje se atornillan las pletinas de la base tal como se indica en la siguiente ilustración y teniendo en cuenta las indicaciones proporcionadas en los planos, en concreto en el plano 0365.



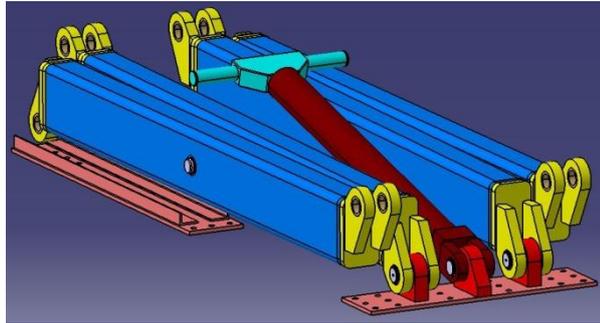
Tenidas las tres pletinas (1 apoyo cilindro y 2 raíles) atornillados se procede a la instalación del cilindro central con su eje de giro, ya que si se colocan antes los largueros se imposibilita la introducción del bulón del cilindro.



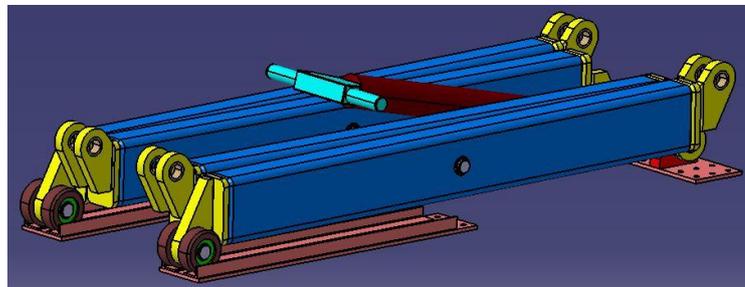
A continuación se colocan los largueros correspondientes a las argollas que quedan a cada lado del cilindro con sus correspondientes bulones, uno de los largueros debe de montarse fuera de la argolla de apoyo hasta que se coloque el bulón de equilibrio.



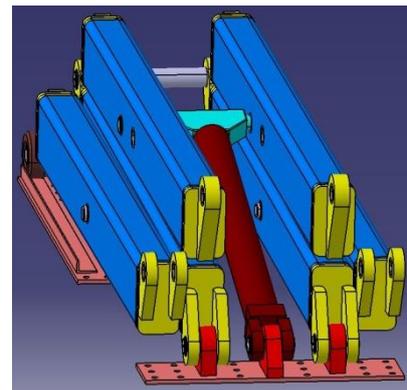
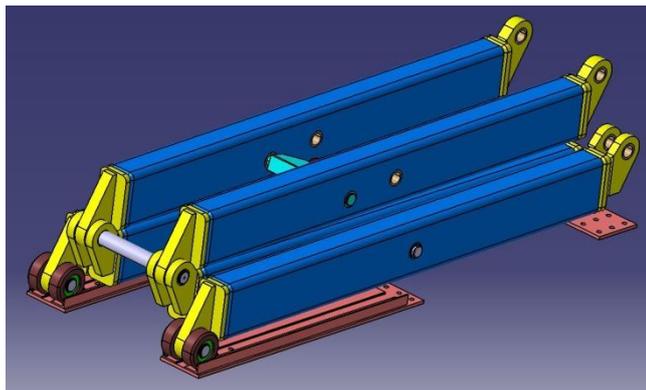
Teniendo esto montado, se disponen a montar los largueros que llevarán las ruedas en sus extremos, mediante la colocación de los bulones centrales en los largueros colocados con anterioridad.



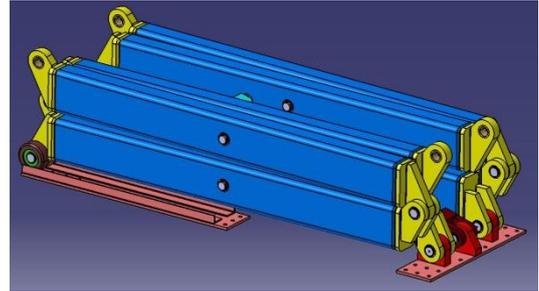
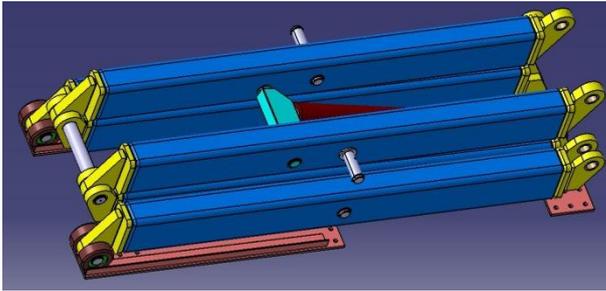
Una vez colocado este conjunto se instalan las ruedas en los extremos que apoyan sobre los raíles.



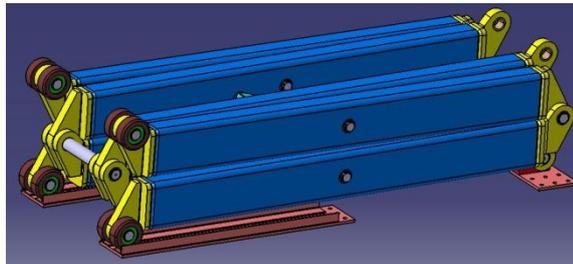
Cuando tenemos el montaje como se muestra en la imagen anterior, teniendo en cuenta que un lado todavía no está colocado sobre la argolla del suelo aunque así se representa, se colocan los largueros correspondientes al enganche del acoplamiento entre el cilindro y los largueros. Además también debe colocarse a la vez el bulón de equilibrio.



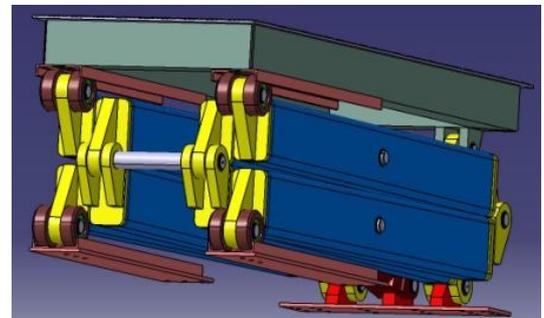
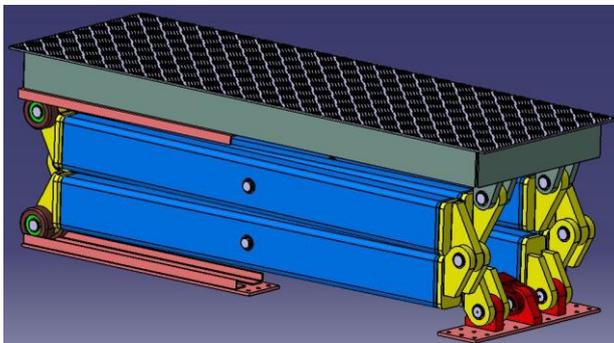
El siguiente paso es colocar los bulones centrales al igual que en los apartados iniciales para poner los dos largueros que quedan.



Se colocan las ruedas en su correspondiente lugar.

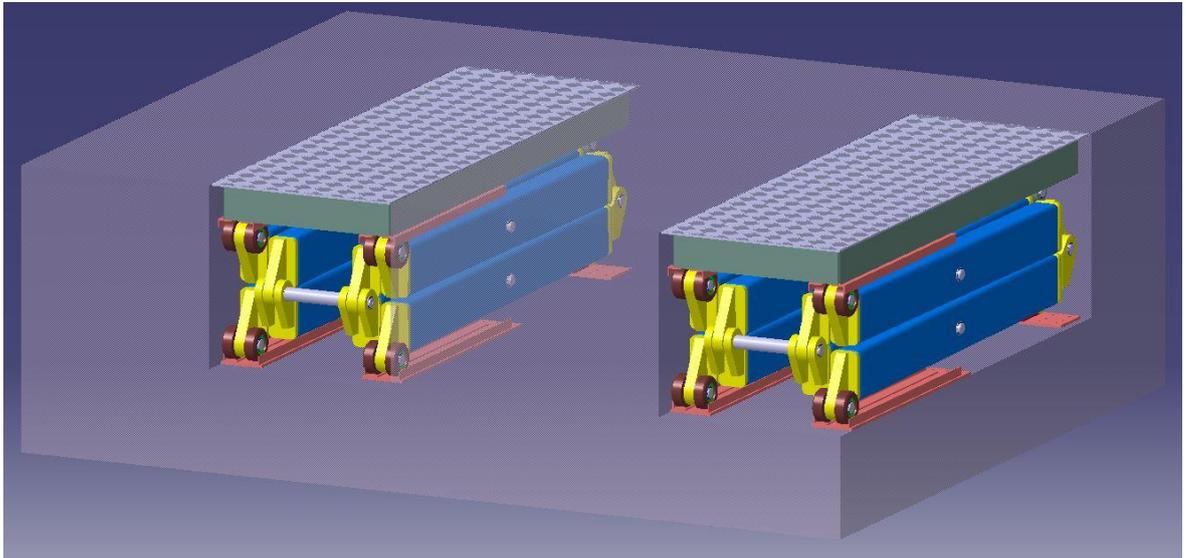


Y por último se coloca la plataforma con sus bulones correspondientes en el lado de las argollas del suelo, mientras que los raíles adaptados en la propia plataforma, se sitúan apoyados sobre las ruedas colocadas con anterioridad. Quedando finalmente la estructura como se muestra a continuación.

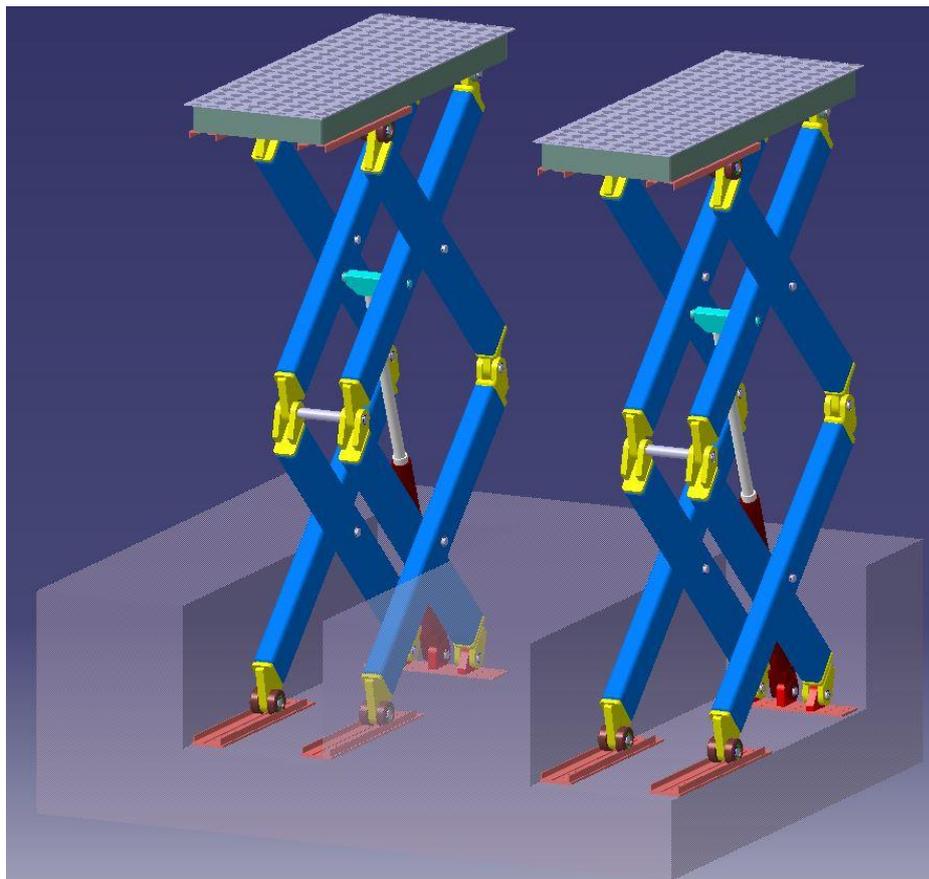


En las siguientes imágenes se pueden observar como quedan los dos cuerpos de la estructura montados sobre el foso de hormigón.

Elevador totalmente recogido.



Elevador a 2,1 metros entre ejes (eje argolla suelo y eje argolla plataforma).

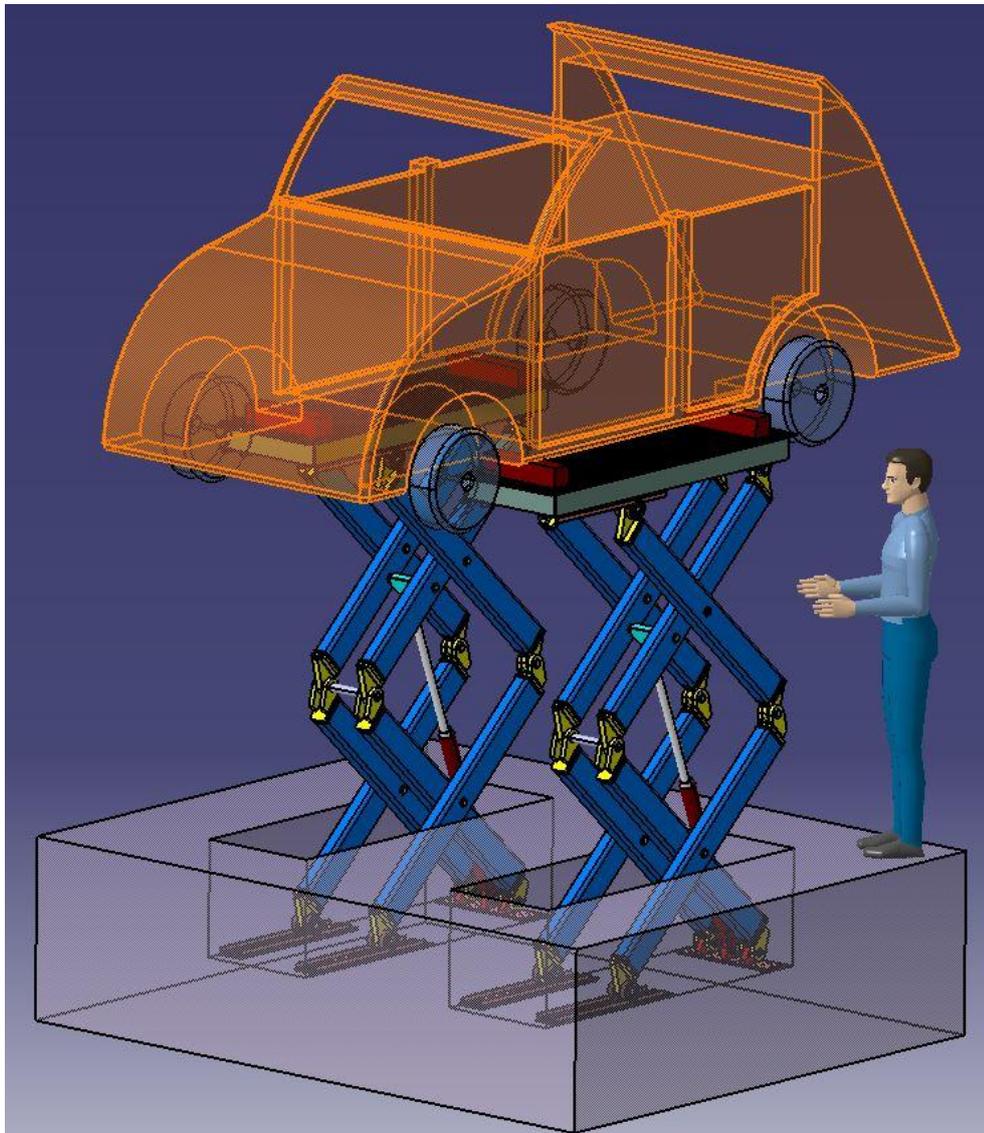


Para asegurar el montaje correcto del elevador, se deberán colocar una serie de topes en el foso de hormigón dependiendo de cuando se requiera la parada cuando el elevador está recogido totalmente, ya que puede variar de un montaje a otro dependiendo de la altura del foso.

Estos topes evitan que cuando el elevador quede recogido, este pueda descender por debajo del nivel del suelo, y también evitan que las posibles cargas que se puedan situar encima del elevador en ese instante, sean soportadas por toda la estructura del elevador y por el cilindro hidráulico.

## 1.18 VISUALIZACIÓN DEL ELEVADOR EN CARGA.

En las siguientes imágenes se observa el elevador realizando el trabajo para el cual es desarrollado, levantar vehículos.

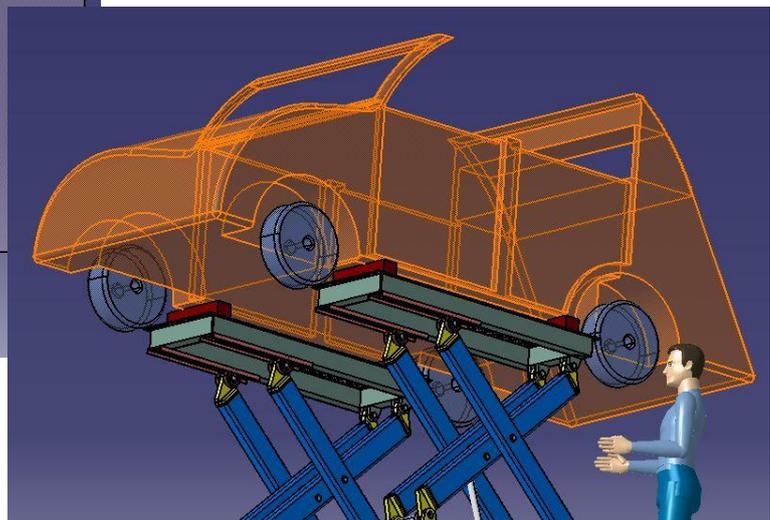
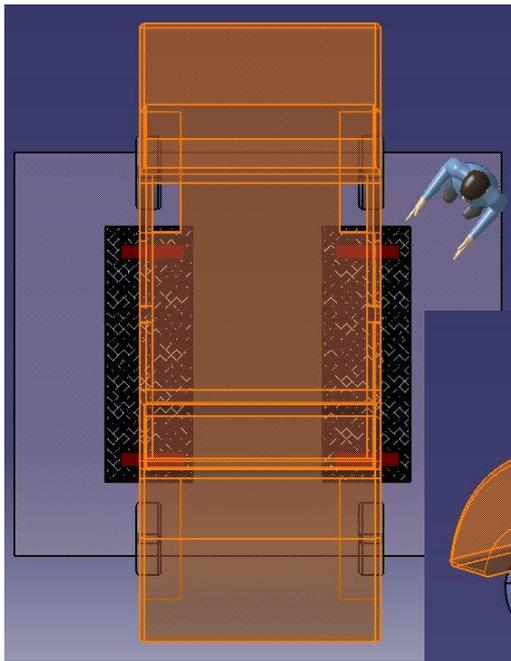
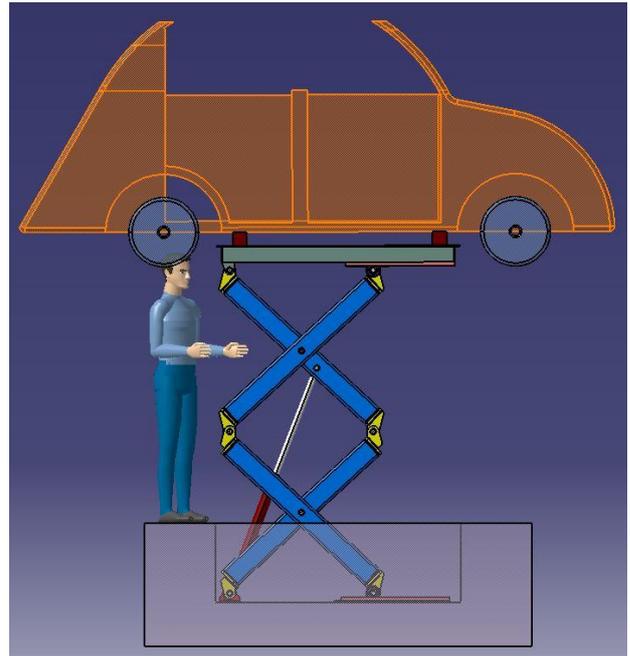
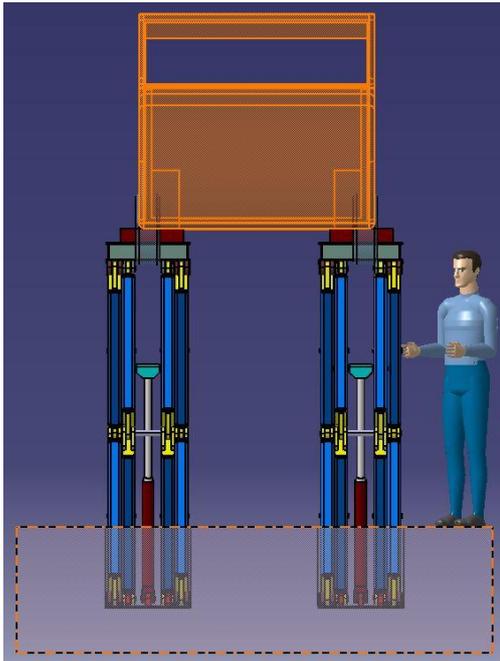


Se puede ver claramente como la geometría del elevador permite la elevación de cualquier tipo de vehículo, mediante la colocación de cuatro tacos de goma que sirven para que el chasis del vehículo no toque directamente la plataforma metálica del elevador, evitando así que el vehículo sufra daños ocasionados por el uso de la máquina.

En la imagen se aprecia un vehículo de dimensiones reducidas, y se observa que las plataformas que lo soportan quedan centradas respecto de las ruedas sin molestar estas para el apoyo del vehículo. Por ello para la elevación de vehículos de mayores dimensiones no existe problema alguno ya que se tendrá más holgura a la hora de situar el vehículo encima de las plataformas.

Las dimensiones del vehículo corresponden a un Citroën 2 CV, que son, longitud total 3.860 mm, batalla 2.270 mm, altura 1.600 mm y anchura 1.480 mm.

En las siguientes imágenes se ve en diferentes vistas como el vehículo queda elevado sin problema alguno con la máquina diseñada para tal efecto:



Como se ha dicho anteriormente, el vehículo ilustrado tiene dimensiones reducidas, por lo que observando el dibujo se deduce que el elevador es apto para casi cualquier vehículo existente en el mercado, siempre que no supere los 4.000 Kg.

**1.19 RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

Capítulo	Denominación del coste	Precio
01	Materia prima en bruto.	948,47 €
02	Material normalizado existente en el mercado.	3.614,01 €
03	Fabricación de las piezas individuales mediante procesos de mecanizado, rectificado y tratamientos a aplicar.	4.472,54 €
04	Soldadura en ensamblajes o subconjuntos.	476,83 €
05	Preparación del alojamiento del elevador (forjado de hormigón).	786,04 €
06	Instalación del elevador en el sitio de destino.	185,28 €
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>10.483,17 €</b>
	9 % de gastos generales	943,49 €
	6 % de beneficio industrial	628,99 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>12.055,65 €</b>

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la expresada cantidad de DOCE MIL CINCUENTA Y CINCO EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>12.055,65 €</b>
21 % IVA	2.531,69 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>14.587,34 €</b>

El presupuesto de ejecución general asciende a la cantidad expresada de CATORCE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

## **1.20 CONCLUSIONES.**

Después de la realización del presente proyecto, puedo decir que estoy plenamente satisfecho con su resultado, que aunque siempre se puede hilar más fino, el resultado es vistoso y fácilmente entendible, lo cual resulta gratificante para cualquiera que se interese por el tema del diseño de máquinas.

He elegido este tipo de elevadores por el hecho de que están compuestos de una estructura móvil, que resulta muy cómoda de manejar, ya que tiene la capacidad de que cuando no se utiliza, pasa totalmente desapercibida, hecho que ha influido en gran medida en la elección de este tipo de elevador y no de otro.

También ha influido bastante en la elección del diseño del elevador, el hecho de que sea una estructura puramente mecánica.

Una vez finalizados memoria, cálculos, planos, pliego y presupuesto, y visto el resultado del proyecto, es de resaltar que este tipo de trabajos final de carrera, sirven de una manera muy importante para comenzar a introducirse en el mundo laboral, teniendo una base de conocimientos y de cualidades tanto narrativas como de cálculo, que se ven maximizadas mediante su elaboración. Además del desarrollo de planos e ilustraciones que hacen posible y facilitan la comprensión de lo que se quiere exponer y de algún modo fabricar.

Hay que resaltar la complejidad que tiene el diseño de cualquier tipo de máquina, ya que lo que a simple vista parece muy sencillo, cuando se trata de que todo encaje en su correcta posición y en su debido lugar, teniendo en cuenta que el elemento diseñado es una máquina y por lo tanto tiene movimiento, presenta algunos problemas, como pueden ser colisiones entre elementos de la máquina, del elevador en mi caso, que limitan la geometría de algunos elementos que componen la estructura.

Además durante el diseño de los planos he aprendido a ser cuidadoso con algunos detalles, muy importantes a la hora de que alguien que no sabe absolutamente nada de lo que se diseña, sea capaz de comprender e interpretar de forma correcta lo que en ellos se expone.

Con la elaboración del presupuesto he adquirido una conciencia del coste de muchos materiales empleados para la fabricación del elevador, que es verdaderamente importante tener a la hora de diseñar, mejorar, reparar... cualquier máquina, estructura o compra que se lleve a cabo durante futuros trabajos como ingeniero mecánico. Ya que el precio de cualquier propuesta de proyecto, o proyecto, es determinante a la hora de aprobar o rechazar una adquisición.

En términos generales, la realización de este proyecto final de carrera, me ha servido como ejemplo de trabajo para mi futuro como ingeniero técnico mecánico, donde todos los conocimientos aprendidos durante la época de estudiante, se centran en cualquier decisión que pueda tomar en este y en mis futuros trabajos.

Creo que es una buena manera de involucrarse en el mundo laboral después de haber terminado mis estudios como ingeniero. Ya que se adquiere una conciencia de la magnitud que tiene cualquier proyecto desarrollado por simple que pueda parecer.

## **1.21 BIBLIOGRAFÍA.**

### **LIBROS.**

- Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Richard G. Budynas & J. Keith Nisbett. Ed Mc Graw-hill.
- Mecánica II; I. Zabalza Villaba (UPNA).
- Ingeniería Mecánica Estática. William F. Riley & Leroy D. Sturges. Ed Reverté, S.A. Año 1995.
- Ingeniería Mecánica Dinámica. William F. Riley & Leroy D. Sturges. Ed Reverté, S.A. Año 1996.
- Diseño de elementos de máquinas. Robert L. Mott. Ed Prentice Hall.
- Elementos de máquinas. M. F. Spotts; T. E. Shoup. Ed Prentice hall.
- Máquinas, cálculos de taller A. L. Casillas.
- Hidráulica general. Gilberto Sotelo Ávila. Ed Limusa.
- Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Claudio Mataix. Ediciones DOSSAT-2000.
- Dibujo técnico I. F. Javier Rodríguez de Abajo, Víctor Álvarez Bengoa. Ed. Donostiarra 2002.
- Normalización del dibujo técnico. Cándido Preciado, Francisco Jesús Moral. Ed. Donostiarra. 2004.
- Normalización del dibujo industrial. F. Javier Rodríguez de Abajo, Roberto Galarraga Astibia. Ed. Donostiarra.

### **APUNTES UPNA.**

- Apuntes de automoción. Vanesa Estremera Carrera.
- Dibujo técnico geométrico. Pedro Gonzaga.
- Diseño de máquinas I. V. Badiola. Año 2004.
- Mecánica I. Jorge San Miguel. 2010.
- Mecánica II. Isidro Zabalza Villaba. 2011.
- Elasticidad y resistencia de materiales. Jose Javier Lumbreras Azanza.
- Teoría de estructuras y construcciones industriales. Jose Javier Lumbreras Azanza.

- Materiales.
- Diseño y fabricación asistida por ordenador.
- Síntesis de mecanismos y máquinas.

### **PÁGINAS WEB CONSULTADAS.**

- <http://www.arqhys.com/articulos/estructuras-mecanicas.html>
- <http://www.wikipedia.org/>
- <http://www.foro.todomecanica.com/>
- <http://www.slideshare.net/juanitonina/elementos-hidraulicos-5509057>
- <http://www.enerpac.com/es/herramientas-industriales/cilindros-hidraulicos-gatos-y-sistemas-y-productos-de-elevacion>
- <http://www.tribology.com.mx/aceiteshidraulicos.html>
- <http://www.ntn-snr.com/portal/fr/en-en/index.cfm>
- <http://www.otia.com.ar/>
- <http://www.apta.com.es/index.php>

### **PRONTUARIOS.**

- Prontuario de perfiles de acero. Universidad politécnica de Madrid.
- Rodamientos FAG.
- Grupillas o circlips normalizados.
- Características aceros especiales.
- Moro hidráulica.
- Cilindros telescópicos basculación.

Álvaro Sanz Górriz  
Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad Mecánica  
Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

Firma: \_\_\_\_\_



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR  
FIJO PARA TALLER

## 2. CÁLCULOS

Alumno: Álvaro Sanz Górriz

Tutora: Vanesa Estremera Carrera

Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

**ÍNDICE**

2.1 CARGA A TENER EN CUENTA PARA EL COMIENZO DE LOS CÁLCULOS. ....	3
2.2 CASOS MÁS DESFAVORABLES. REACCIONES, CORTANTES Y FLECTORES. ....	5
2.2.1 Caso 1.1 .....	5
2.2.2 Caso 1.2 .....	6
2.2.3 Caso 2.1 .....	7
2.2.4 Caso 2.2 .....	8
2.2.5 Caso 3.1 .....	9
2.2.6 Caso 4.1 .....	10
2.2.7 Caso 4.2 .....	12
2.3 REACCIONES MÁXIMAS EN LOS CASOS MÁS DESFAVORABLES. ....	13
2.4 DIAGRAMA DE SÓLIDO LIBRE. REACCIONES EN LAS ARTICULACIONES. ....	18
2.5 CÁLCULO DEL PESO ORIENTATIVO DE LA ESTRUCTURA. ....	20
2.6 CÁLCULO DE REACCIONES DE SÓLIDO LIBRE. ....	21
2.6.1 Introducción de datos en la hoja de cálculo. ....	21
2.6.2 Resultados obtenidos en la hoja de cálculo. ....	22
2.6.2.1 Resultados diagrama sólido libre para cada uno de los casos expuestos anteriormente. ....	22
2.6.2.2 Cálculo de reacciones en los apoyos "c" y "d", en la progresión de elevación para el caso 1.2. ....	22
2.6.2.3 Resultados de la trayectoria de elevación con esfuerzos del caso 1.2. ....	24
2.6.2.4 Vista general de la hoja de cálculo empleada para el desarrollo de estos procedimientos. ....	25
2.6.2.5 Imagen de la denominación de articulaciones y distanciamiento entre ellas. ....	26
2.6.3 Momentos máximos en cada barra según los casos expuestos en el apartado anterior. ....	27
2.7 CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS LARGUEROS Y SECCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA PLANCHA SUPERIOR, ELECCIÓN DEL MATERIAL.....	28
2.7.1 cálculo de la sección de los largueros según la inercia. ....	28
2.7.2 Comprobación de sección de largueros según tracción y flexión. ....	29

2.7.3 Cálculo de la sección de la plancha superior según la inercia. ....	32
2.7.4 Comprobación de sección de plancha superior según tracción y flexión. ....	32
2.7.5 Elección final de perfiles. ....	32
2.8 CÁLCULO DE BULONES PARA LAS ARTICULACIONES DE LOS LARGUEROS....	33
2.8.1 Área mínima necesaria para los bulones centrales "h" y "g" según cortante. ....	33
2.8.2 Área mínima necesaria para las articulaciones de la estructura "b", "e", "i". ....	35
2.9 SECCIÓN Y DISEÑO DEL ACOPLAMIENTO TRANSMISOR DE ESFUERZO DEL ÉMBOLO. ....	36
2.9.1 Sección necesaria según la inercia. ....	36
2.9.2 Comprobación mediante flexión de la sección elegida. ....	37
2.9.3 Elección del perfil necesario para el acoplamiento. ....	37
2.10 ELECCIÓN, COMPROBACIÓN DEL CILINDRO ACTUADOR. ....	39
2.11 VELOCIDADES EN LA ESTRUCTURA. ....	40
2.12 ELECCIÓN DE RODAMIENTOS. ....	43
2.13 CÁLCULO DE SOLDADURAS. ....	46
2.14 CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL DE LOS BULONES A FATIGA. ....	48
2.15 BASE DE HORMIGÓN. ....	51

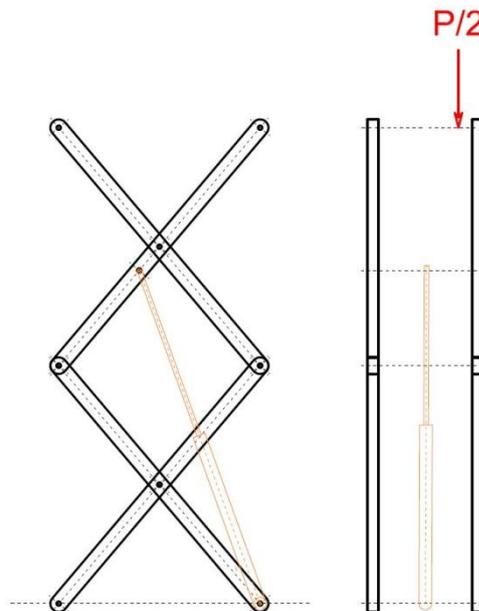
## 2.1 CARGA A TENER EN CUENTA PARA EL COMIENZO DE LOS CÁLCULOS.

El elevador está compuesto por dos estructuras exactamente iguales, por lo que la carga soportada por cada estructura, es la mitad de la carga total que se dispone para elevar.

$$\text{Carga máxima para el elevador (P)} = 4.000 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 39.240 \text{ N}$$

Por lo tanto se tiene que:

$$\text{Peso en cada una de las dos estructuras } \frac{P}{2} = \frac{39.240 \text{ N}}{2} = 19.620 \text{ N}$$



Como se aprecia en la imagen anexa, la carga que corresponde a cada estructura puede estar desplazada con respecto a su centro de gravedad, aunque lo lógico es que la carga esté bien distribuida. Por lo que el valor P/2, pasa a ser:

$$\frac{P}{4} = \frac{39.240 \text{ N}}{4} = 9.810 \text{ N}$$

A este valor se le aplica un coeficiente de mayoración para compensar la posición descentrada de la carga en la estructura.

$$\zeta = 1,4$$

La carga a tener en cuenta es:

$$C = \frac{P}{4} * 1,4 = 13.734 \text{ N}$$

Además, para el comienzo del cálculo de la estructura necesitaremos un coeficiente de mayoración de la carga, que en este caso tal y como dice la normativa y bajo criterio propio, suficiente:

$$\gamma = 1,5$$

Por lo tanto la carga máxima a tener en cuenta para el cálculo de cada estructura es:

$$C_{m\acute{a}x} = \frac{P}{4} * 1,5 = 13.734 N * 1,5 = 20.601 N$$

Esta carga ha sido distribuida de la forma más desfavorable para el cálculo y exposición del siguiente apartado.

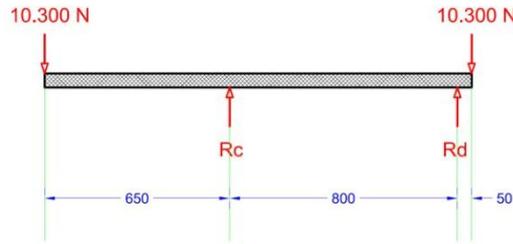
Siendo:

- P                    peso máximo que puede levantar el elevador
- C                    carga inicial a tener en cuenta para cada una de las cuatro estructuras, sin mayorar
- $\zeta$                     coeficiente de mayoración de la carga debido al desplazamiento
- $\gamma$                     coeficiente de mayoración debido al cálculo de una estructura metálica
- Cmax                carga final mayorada

## 2.2 CASOS MÁS DESFAVORABLES. REACCIONES, CORTANTES Y FLECTORES.

### 2.2.1 CASO 1.1

Elevador en su posición más elevada, con cargas puntuales en sus extremos.



REACCIONES

$$\sum M(C) = 0 \text{ Nm} \quad 0 = 10.300 * 0,65 + RD * 0,8 - 10.300 * 0,8$$

$$RD = 2.575 \text{ N} \quad RC = 18.025 \text{ N}$$

TRAMO KC

$$V(K) = -10.300 \text{ N}$$

$$V(C) = -10.300 \text{ N}$$

$$M(K) = 0 \text{ N}$$

$$M(C) = -10.300 * x \quad M(C) = -10.300 * 0,65 = -6.695 \text{ Nm}$$

TRAMO CD

$$V(C) = 18.025 - 10.300 = 7.725 \text{ N}$$

$$V(D) = 18.025 - 10.300 = 7.725 \text{ N}$$

$$M = -10.300 * x + 18.025 * (x - 0,65)$$

$$M(D) = -10.300 * 1,45 + 18.025 * (1,45 - 0,65)$$

$$M(D) = -515 \text{ Nm}$$

$$M(C) = -10.300 * x = 10.300 * 0,65 = -6.695 \text{ Nm}$$

TRAMO DL

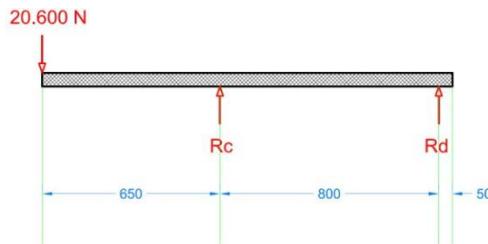
$$V(D) = 10.300 \text{ N} \quad V(L) = 10.300 \text{ N}$$

$$M(D) = -10.300 * 1,45 + 18.025 * (1,45 - 0,65)$$

$$M(D) = -515 \text{ N} \quad M(L) = 0 \text{ N}$$

## 2.2.2 CASO 1.2

Elevador en su posición más elevada, con una carga puntual en su extremo más desfavorable.



### REACCIONES

$$\sum M(C) = 0 \text{ Nm} \quad 0 = 20.600 * 0,65 + RD * 0,8$$

$$RD = -16.737 \text{ N} \quad RC = 37.337 \text{ N}$$

### TRAMO KC

$$V(K) = -20.600 \text{ N}$$

$$V(C) = -20.600 \text{ N}$$

$$M(K) = 0 \text{ N}$$

$$M = -20.600 * x \quad M(C) = -20.600 * 0,65 = -13.390 \text{ Nm}$$

### TRAMO CD

$$V(C) = 37.337 - 20.600 = 16.737 \text{ N}$$

$$V(D) = 16.737 \text{ N}$$

$$M = -20.600 * x + 37337 * (x - 0,65)$$

$$M(D) = -20.600 * 1,45 + 37.337 * (1,45 - 0,65)$$

$$M(D) = 0 \text{ Nm}$$

$$M(C) = -20.600 * 0,65 = -13.390 \text{ Nm}$$

### TRAMO DL

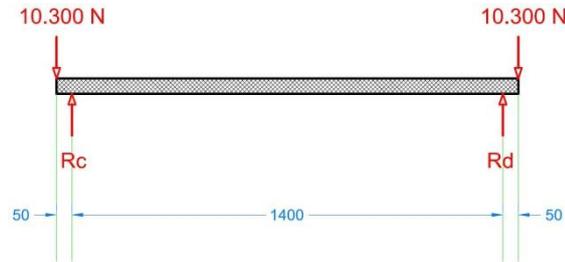
Como tenemos una articulación justo antes del saliente del elevador, en este caso en este tramo no aparecerán ni cortantes, ni momentos flectores.

$$V(D) = 0 \text{ N} \quad V(L) = 0 \text{ N}$$

$$M(D) = 0 \text{ Nm} \quad M(L) = 0 \text{ N}$$

### 2.2.3 CASO 2.1

Elevador recogido con cargas puntuales en los dos extremos.



#### REACCIONES

$$\sum M(C) = 0 \text{ Nm} \quad 0 = 10.300 * 0,05 + RD * 1,4 - 10.300 * 1,45$$

$$RD = 10.300 \text{ N} \quad RC = 10.300 \text{ N}$$

#### TRAMO KC

$$V(K) = V(C) = -10.300 \text{ N}$$

$$M = -10.300 * x$$

$$M(C) = -10.300 * 0,05 = -515 \text{ Nm}$$

$$M(K) = -20.600 * 0 = 0 \text{ Nm}$$

#### TRAMO CD

$$V(C) = V(D) = 0 \text{ N}$$

$$M = -10.300 * x + 10.300 * (x - 0,05)$$

$$M(D) = -10.300 * 1,45 + 10.300 * (1,45 - 0,05)$$

$$M(D) = -515 \text{ Nm}$$

$$M(C) = -10.300 * 0,05 = -515 \text{ Nm}$$

#### TRAMO DL

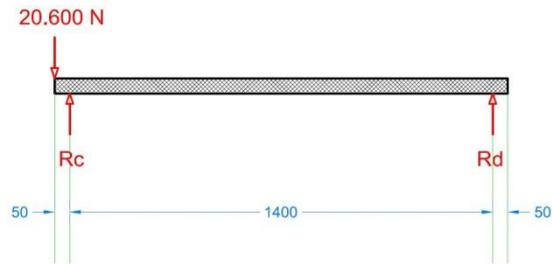
El tramo será el mismo que el tramo KC, pero con otro signo en caso del cortante y con el mismo signo en el caso de los momentos flectores, ya que todos los esfuerzos son simétricos.

$$V(D) = 10.300 \text{ N} \quad V(L) = 10.300 \text{ N}$$

$$M(D) = -515 \text{ Nm} \quad M(L) = 0 \text{ N}$$

## 2.2.4 CASO 2.2

Elevador recogido con carga puntual en un extremo.



### REACCIONES

$$\sum M(C) = 0 \text{ Nm} \quad 0 = 20.600 * 0,05 + RD * 1,4$$

$$RD = -736 \text{ N} \quad RC = 21.336 \text{ N}$$

### TRAMO KC

$$V(K) = V(C) = -20.600 \text{ N}$$

$$M = -20.600 * x$$

$$M(C) = -20.600 * 0,05 = -1.030 \text{ Nm}$$

$$M(K) = -20.600 * 0 = 0 \text{ Nm}$$

### TRAMO CD

$$V(C) = V(D) = 21.336 - 20.600 = 736 \text{ N}$$

$$M = -20.600 * x + 21.336 * (x - 0,05)$$

$$M(D) = -20.600 * 1,45 + 21.336 * (1,45 - 0,05)$$

$$M(D) = 0 \text{ Nm}$$

$$M(C) = -20.600 * 0,05 = -1.030 \text{ Nm}$$

### TRAMO DL

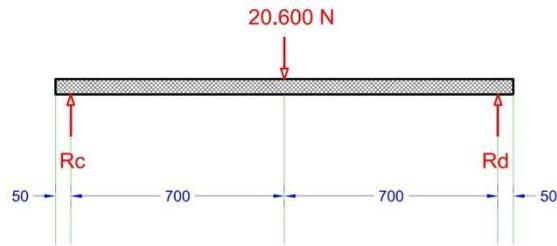
Como tenemos una articulación justo antes del saliente del elevador, en este caso en este tramo no aparecerán ni cortantes, ni momentos flectores.

$$V(D) = 0 \text{ N} \quad V(L) = 0 \text{ N}$$

$$M(D) = 0 \text{ Nm} \quad M(L) = 0 \text{ N}$$

### 2.2.5 CASO 3.1

Elevador recogido con carga puntual en el centro de la plataforma.



REACCIONES

$$RD = RC = \frac{20.600}{2} N$$

$$RD = 10.300 N$$

$$RC = 10.300 N$$

TRAMO KC Y TRAMO DL

$$V(K) = V(C) = 0 N$$

$$M(C) = M(K) = 0 Nm$$

TRAMO CM'

$$V(C) = V(M') = 10.300 N$$

$$M = 10.300 * (x - 0,05)$$

$$M(M') = 10.300 * (0,75 - 0,05)$$

$$M(M') = 7.210 Nm$$

$$M(C) = 0 Nm$$

TRAMO M'D

Como las fuerzas que aparecen en este caso son simétricas a las estructura, nos encontramos con que en este tramo los valores absolutos de los cortantes y de los momentos flectores, son equivalentes a los del tramo CM'.

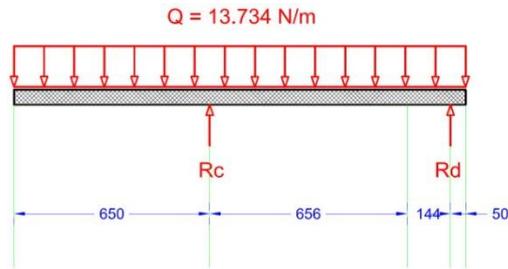
$$V(D) = V(M') = -10.300 N$$

$$M(M') = 7.210 Nm$$

$$M(D) = 0 Nm$$

## 2.2.6 CASO 4.1

Elevador totalmente elevado con carga uniformemente distribuida.



REACCIONES

$$\sum M(C) = 0$$

$$0 = 13.734 * 0,65 * \frac{0,65}{2} - 13.734 * 0,85 * \frac{0,85}{2} + RD * 0,8$$

$$RD = 2.575 \text{ N}$$

$$RC = 13.734 * 1,5 - 2.575 \quad RC = 18.026 \text{ N}$$

TRAMO KC

$$V = -13.734 * x \quad V(K) = 0 \text{ N}$$

$$V(C) = -13.734 * 0,65 = -8.927 \text{ N}$$

$$M = -13.734 * \frac{x^2}{2} \quad M(K) = 0 \text{ Nm}$$

$$M(C) = -13.734 * \frac{0,65^2}{2} = -2.900 \text{ Nm}$$

TRAMO CD

$$V = 18.026 - 13.734 * x$$

$$V(C) = -18.026 + 13.734 * 0,65 = 9.100 \text{ N}$$

$$V(D) = -18.026 + 13.734 * 1,45 = -1.890 \text{ N}$$

$V = 0 \implies$  Momento máximo del intervalo.

$$V = 0 = -18.026 + 13.734 * x \implies x = 1,33 \text{ m}$$

$$M = -13.734 * \frac{x^2}{2} + 18.026 * (x - 0,65)$$

$$M(C) = -2.900 \text{ Nm} \quad M(D) = -17 \text{ Nm}$$

$$M(x = 1,31\text{m}) = 113 \text{ Nm}$$

TRAMO DL

$$V = -13.734 * x$$

$$V(D) = -13.734 * 0.05 = 687 \text{ Nm}$$

$$V(K) = 0 \text{ N}$$

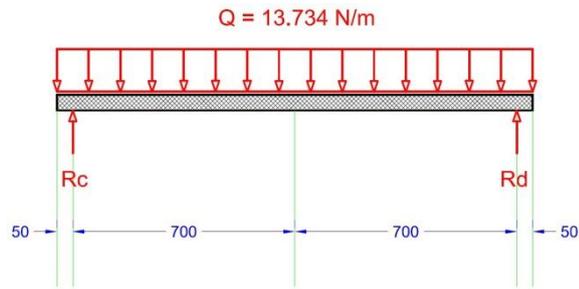
$$M = -13.734 * \frac{x^2}{2}$$

$$M(D) = -13.734 * \frac{0,05^2}{2} = 17 \text{ Nm}$$

$$M(K) = 0 \text{ Nm}$$

## 2.2.7 CASO 4.2

Elevador totalmente recogido con carga uniformemente distribuida.



### REACCIONES

$$\sum M(C) = 0$$

$$0 = -13.734 * 1,45 * \frac{1,45}{2} + 13.734 * 0,05 * \frac{0,05}{2} + R_D * 1,4$$

$$R_D = 10.300 \text{ N}$$

$$R_C = 10.300 \text{ N}$$

### TRAMO KC

$$V = -13.734 * x \quad V(K) = 0 \text{ N}$$

$$V(C) = -13.734 * 0,05 = -687 \text{ N}$$

$$M = -13.734 * \frac{x^2}{2} \quad M(K) = 0 \text{ Nm}$$

$$M(C) = -13.734 * \frac{0,05^2}{2} = -17 \text{ Nm}$$

### TRAMO CD

$$V = 10.300 - 13.734 * x$$

$$V(C) = 10.300 - 13.734 * 0,05 = 9.613 \text{ N}$$

$$V(D) = 10.300 - 13.734 * 1,45 = -9.613 \text{ N}$$

$$V = 0 \implies \text{Momento máximo del intervalo.}$$

$$V = 0 = 10.300 - 13.734 * x \implies x = 0,75 \text{ m}$$

$$M = -13.734 * \frac{x^2}{2} + 10.300 * (x - 0,05)$$

$$M(C) = -17 \text{ Nm}$$

$$M(D) = -17 \text{ Nm}$$

$$M(x = 0,75\text{m}) = 3.347 \text{ Nm}$$

### TRAMO DL

Como las fuerzas utilizadas en esta hipótesis son simétricas, nos encontramos con que los esfuerzos soportados por cada una de las secciones de nuestra plataforma elevadora, son también simétricos, por lo tanto:

$$V(D) = -687 \text{ N}$$

$$V(K) = 0 \text{ N}$$

$$M(D) = -17 \text{ Nm}$$

$$M(K) = 0 \text{ Nm}$$

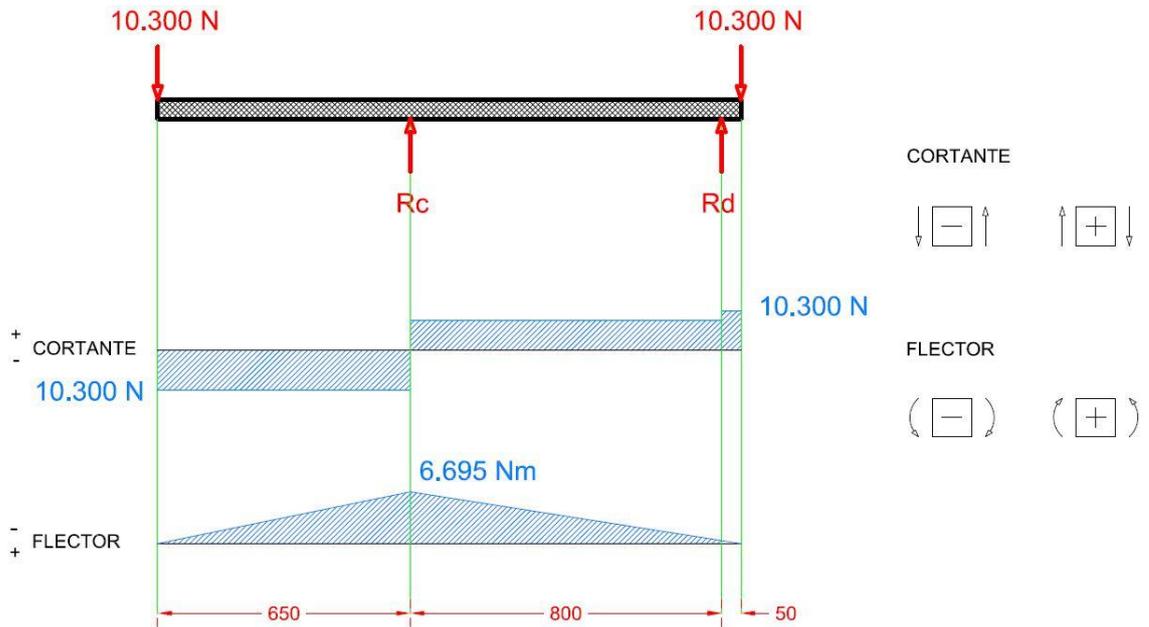
### 2.3 REACCIONES MÁXIMAS EN LOS CASOS MÁS DESFAVORABLES.

- **Cortante máximo:** 20.600 N
- **Momento flector máximo:** 13.390 Nm
- **Reacción máxima en C:** 37.337 N
- **Reacción máxima en D:** -16.737 N

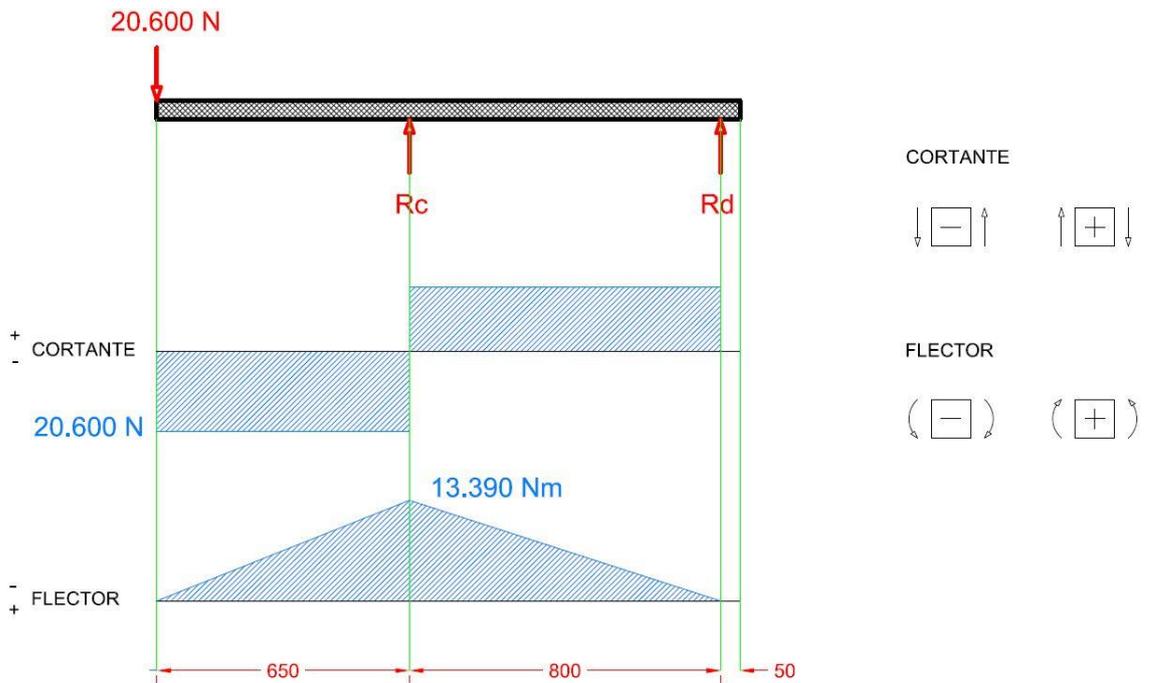
La reacción máxima en D, en cualquier caso nos ha resultado menor que 20.600 N, por lo que tendremos que tener en cuenta que el vehículo automóvil puede estar apoyado exactamente en ese punto y tendremos que decir que la reacción máxima apreciable en D será de 20.600 N.

**GRÁFICAS DE MOMENTOS Y CORTANTES DE LA PLANCHA SUPERIOR.**

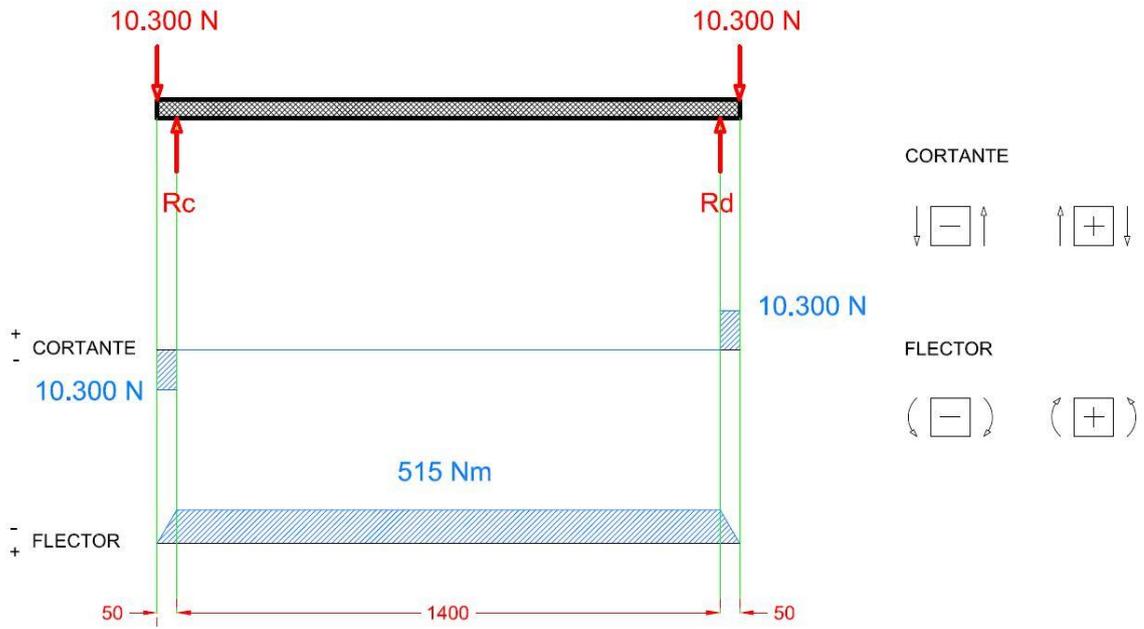
CASO 1\_1



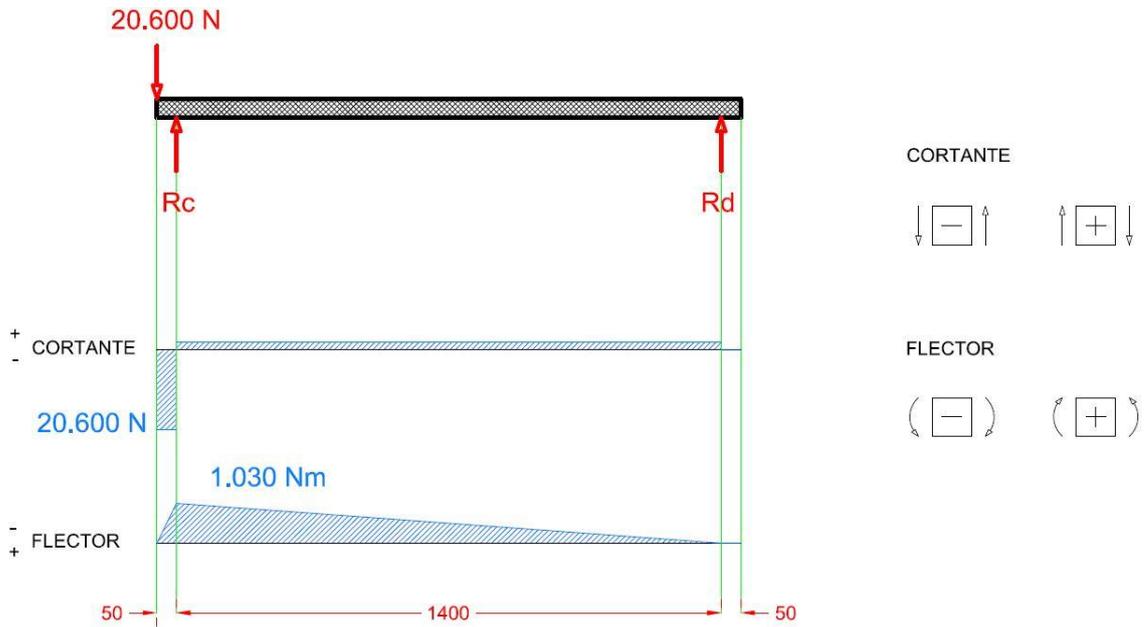
CASO 1\_2



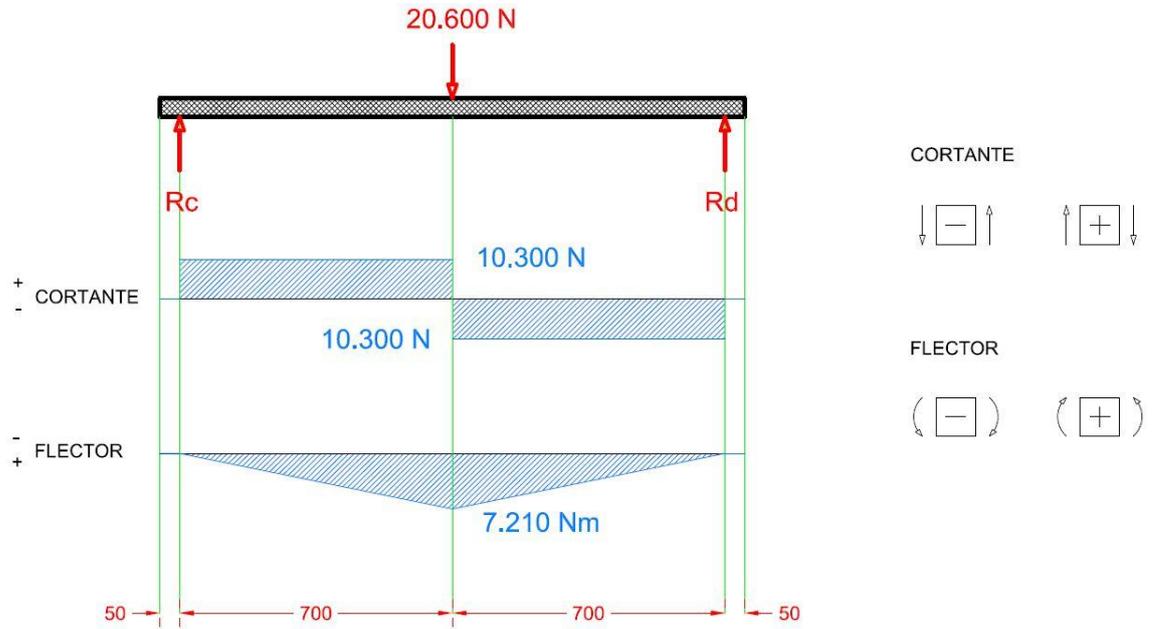
CASO 2\_1



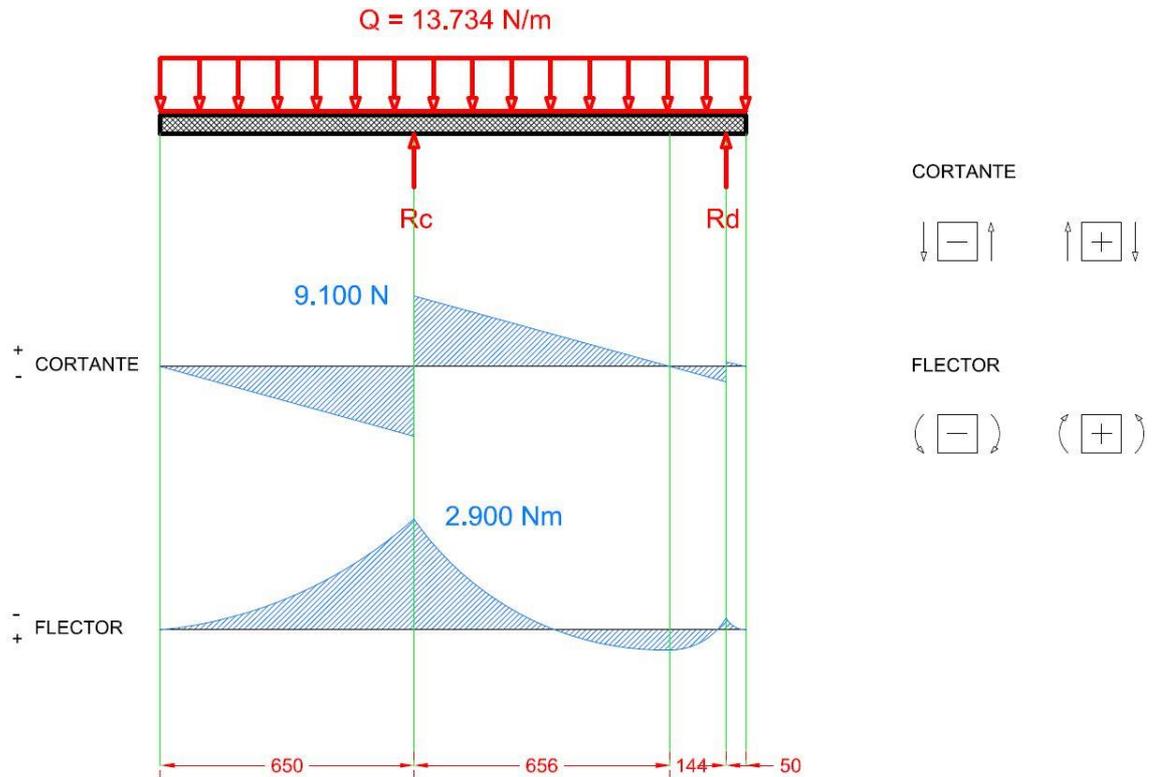
CASO 2\_2



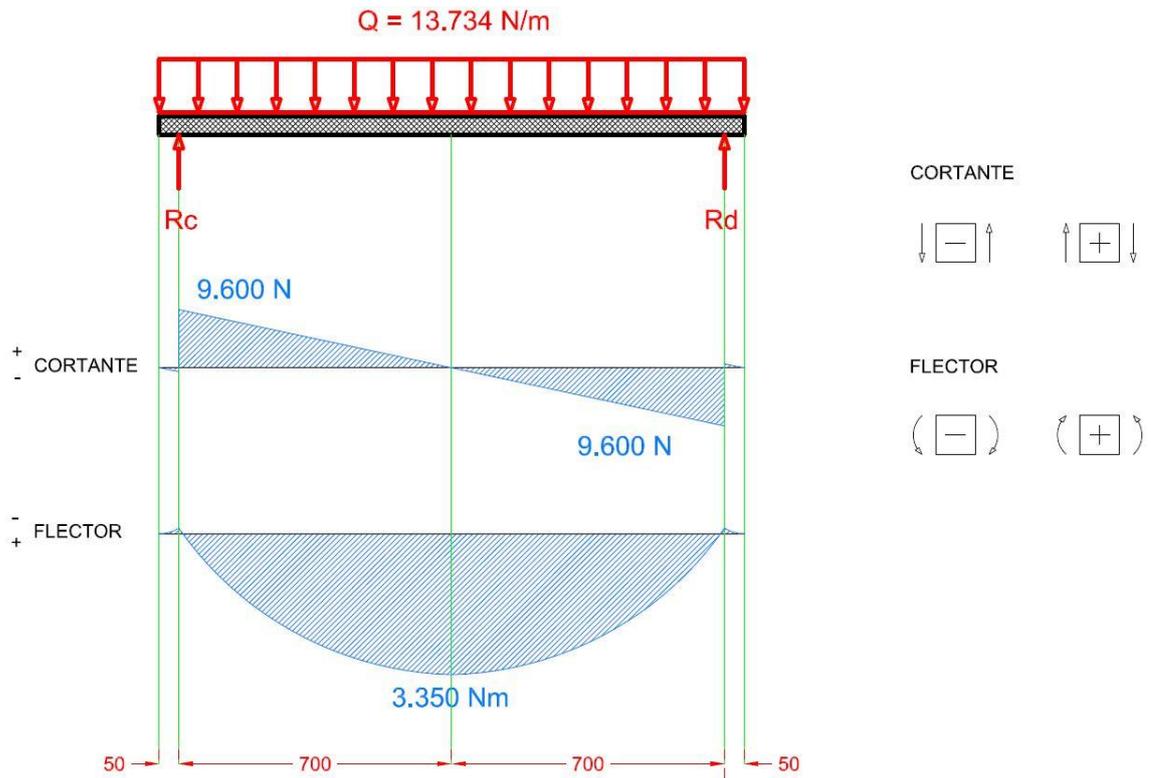
CASO 3\_1



CASO 4\_1



CASO 4\_2



## 2.4 DIAGRAMA DE SÓLIDO LIBRE. REACCIONES EN LAS ARTICULACIONES.

Para la resolución de las reacciones en cada nudo del elevador, en cualquiera de las condiciones expuestas en el apartado 2.2, se ha creado el siguiente sistema de ecuaciones, el cual está resuelto por una hoja de cálculo de Excel.

Las soluciones que se dan vienen dadas por los casos más desfavorables que nos podemos encontrar en el funcionamiento de la máquina.

El sistema de ecuaciones general es:

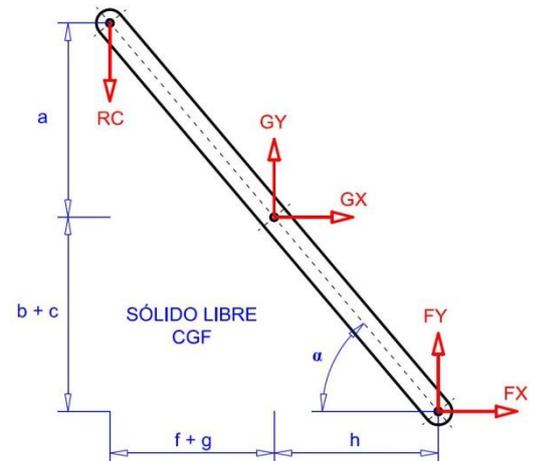
### BARRA CGF

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 & \Sigma F_y &= 0 \\ \Sigma M_G &= 0 \end{aligned}$$

$$(F_y * h) + RC * (f + g) + F_x * (c + b) = 0$$

$$G_y + F_y - RC = 0$$

$$G_x + F_x = 0$$



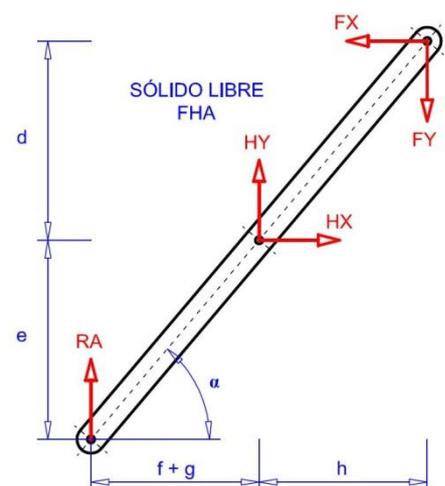
### BARRA AHF

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 & \Sigma F_y &= 0 \\ \Sigma M_H &= 0 \end{aligned}$$

$$F_x * d - F_y * h - RA * (f + g) = 0$$

$$RA + H_y - F_y = 0$$

$$H_x + F_x = 0$$



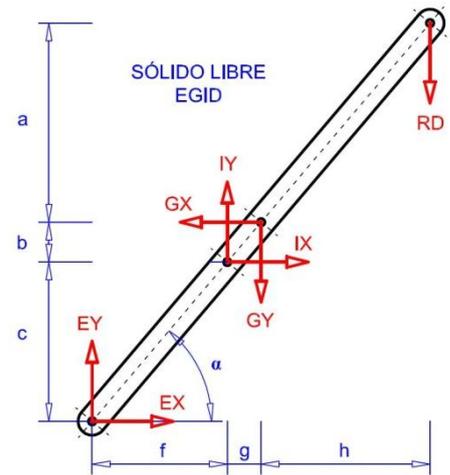
BARRA EIGD

$$\Sigma Fx = 0 \quad \Sigma Fy = 0 \quad \Sigma MI = 0$$

$$-RD * (g + h) - Gy * g + Gx * b + Ex * c - Ey * f = 0$$

$$Ey + Iy - RD - Gy = 0$$

$$Ex + Ix + Gx = 0$$



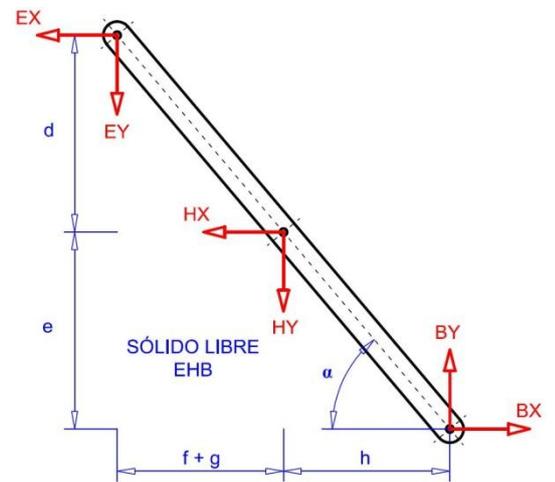
BARRA EHB

$$\Sigma Fx = 0 \quad \Sigma Fy = 0 \quad \Sigma MB = 0$$

$$Ex * (d + e) + Ey * (f + g + h) + Hy * h + Hx * e = 0$$

$$Bx - Ex = 0$$

$$By - Ey - Hy = 0$$

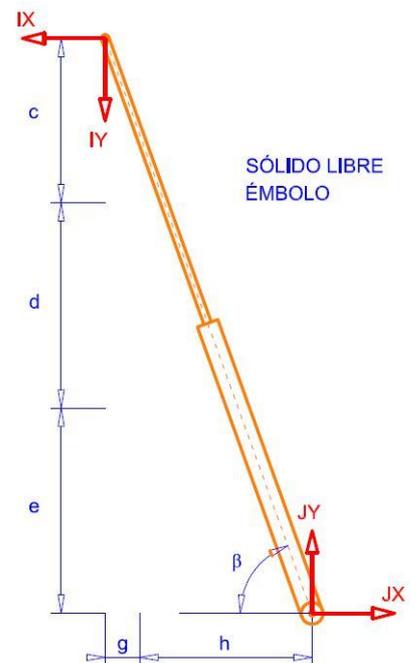


CILINDRO HIDRAÚLICO IJ

$$\Sigma Fx = 0 \quad \Sigma Fy = 0$$

$$Jx = Ix$$

$$Jy = Iy$$



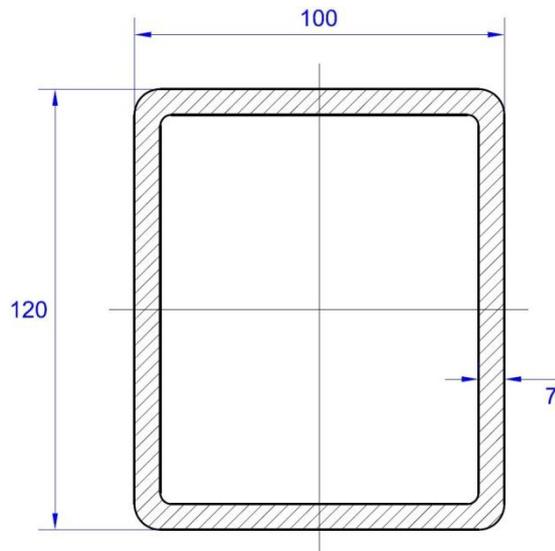
## 2.5 CÁLCULO DEL PESO ORIENTATIVO DE LA ESTRUCTURA.

Se ha tratado de sobredimensionar con una barra mayor que la que finalmente se utiliza, y calcular un peso ficticio, que ha sido añadido en cada caso a la fuerza predominante.

Sabemos que la densidad del acero es:

$$\rho_{acero} = 7.850 \frac{Kg}{m^3}$$

Poniendo por ejemplo una sección de barra de 120 \* 100 \* 7, y sabiendo que la longitud de barra es de 1.500 mm, se tiene que el volumen es:



$$Vol = (120 * 7 * 2 + (100 - 14) * 7 * 2) * 1500 = 4.326.000 \text{ mm}^3 = 4.326 * 10^{-9} \text{ m}^3$$

Por lo que la masa de cada barra de 1,5 metros es de:

$$m_{barra} = 7.850 \frac{Kg}{m^3} * 4.326 * 10^{-9} \text{ m}^3 = 33,96 \text{ Kg} \approx 34 \text{ Kg}$$

y su peso:

$$P_{barra} = 33,96 \text{ Kg} * 9,81 \frac{m}{s^2} = 333,14 \text{ N} \approx 333 \text{ N}$$

Como cada estructura que se ha calculado tiene 4 barras, entonces el peso orientativo de la estructura es:

$$P_{orient \text{ estruct}} = 333 \text{ N} * 4 = 1.332 \text{ N}$$

Este peso se ha redondeado a **1.500 N**, ya que la estructura está compuesta por otros elementos, como bulones, rodamientos, soldaduras, plancha superior... de los cuales se desprecia el peso.

## 2.6 CÁLCULO DE REACCIONES DE SÓLIDO LIBRE.

### 2.6.1 INTRODUCCIÓN DE DATOS EN LA HOJA DE CÁLCULO.

Los cálculos vienen definidos por un programa creado para tal fin, en una hoja de cálculo de Excel, como se explica en la memoria.

Los datos introducidos en cada respectiva celda son:

CELDA B22:	=B4*E10+E12*(E8+E9)+B3*(E5+E4)
CELDA B23:	=B6+B4-E12
CELDA B24:	=B5+B3
CELDA B25:	=B3*E6-B4*E10-E12*(E8+E9)
CELDA B26:	=E12+B8-B4
CELDA B27:	=B7+B3
CELDA B28:	=-E13*(E9+E10)-B6*E9+B9*E5-B10*E8
CELDA B29:	=B10+B12-E13-B6
CELDA B30:	=B9+B11
CELDA B31:	=B9*(E6+E7)+B10*(E8+E9+E10)+B8*E10
CELDA B32:	=B13-B9
CELDA B33:	=B14-B10-B8
CELDA B35:	=B22*B22+B23*B23+B24*B24+B25*B25+B26*B26+B27*B27 + B28*B28+B29*B29+B30*B30+B31*B31+B32*B32+B33*B33
CELDA E3:	=E15/4
CELDA E4:	=0,15*SENO(RADIANES(B18))
CELDA E5:	=E3-E4
CELDA E6:	=E3
CELDA E7:	=E3
CELDA E8:	=E16-E9-E10
CELDA E9:	=0,15*COS(RADIANES(B18))
CELDA E10:	=E16/2

Para la entrada de datos se ha calculado previamente los pesos de cada componente en el anterior apartado, y se han añadido todos los pesos que forman una estructura al esfuerzo estudiado en cada caso.

CELDA E12:	=(VALOR FUERZA + 1000)
CELDA E13:	=(VALOR FUERZA + 1000)
CELDA E15:	ALTURA EN CADA INSTANTE
CELDA E16:	=(1,4^2-(E15/2)^2)^(1/2)
CELDA B18:	=GRADOS(ASENO(E7/0,7))
CELDA B19:	=GRADOS(ATAN((E7+E6+E5)/(E9+E10)))

Con la función DATOS / SOLVER de la hoja de cálculo de Excel, sacamos las soluciones requeridas en las columnas B3 / ... / B16.

## 2.6.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA HOJA DE CÁLCULO.

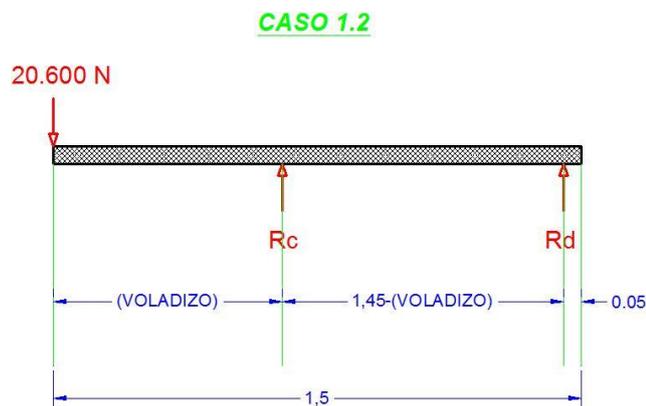
### 2.6.2.1 RESULTADOS DIAGRAMA SÓLIDO LIBRE PARA CADA UNO DE LOS CASOS EXPUESTOS ANTERIORMENTE.

En este apartado se pueden apreciar todos los esfuerzos que soporta cada articulación en el diagrama de sólido libre, en todos los casos más desfavorables expuestos en el apartado 2.2.

SIT VARIAS	1,1)	1,2)	2,1)	2,2)	3)	4,1)	4,2)
Fx	0	0	5	-1	0	0	0
Fy	-18.775	-38.088	-11.049	-22.085	-11.049	-18.776	-11049
Gx	0	0	-5	1	0	0	0
Gy	37.550	76.176	22.098	44.170	22.098	37.552	22099
Hx	0	0	-5	1	0	0	0
Hy	-37.550	-76.176	-22.098	-44.170	-22.098	-37.552	-22099
Ex	11.857	11.857	238.423	238.420	238.417	11.857	238438
Ey	1.698	21.011	-6.025	5.011	-6.025	1.698	-6026
Ix	-11.857	-11.857	-238.423	-238.420	-238.417	-11.857	-238438
Iy	39.177	39.177	39.174	39.174	39.173	39.179	39175
Bx	11.857	11.857	238.422	238.420	238.417	11.857	238438
By	-35.852	-55.166	-28.124	-39.159	-28.123	-35.854	-28125
Jx	-11.857	-11.857	-238.423	-238.420	-238.417	-11.857	-238438
Jy	39.177	39.177	39.174	39.174	39.173	39.179	39175

Los valores de todas las fuerzas representadas en esta tabla, vienen dados en Newton, y su signo identifica la dirección del esfuerzo resultante según el apartado 2.4.

### 2.6.2.2 CÁLCULO DE REACCIONES EN LOS APOYOS "C" Y "D", EN LA PROGRESIÓN DE ELEVACIÓN PARA EL CASO 1.2.



Las ecuaciones empleadas para todas las alturas, son las siguientes.

$$20.600 * VOLADIZO + R_D * (1,45 - VOLADIZO) = 0$$

$$R_C = 20.600 - R_D$$

Los resultados obtenidos para todos los casos son:

Para  $VOLADIZO = 0,06 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 0,2 \text{ m}$

$$R_C = 21.489 \text{ N} \quad R_D = -889 \text{ N}$$

Para  $VOLADIZO = 0,06 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 0,3 \text{ m}$

$$R_C = 21.489 \text{ N} \quad R_D = -889 \text{ N}$$

Para  $VOLADIZO = 0,065 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 0,4 \text{ m}$

$$R_C = 21.567 \text{ N} \quad R_D = -967 \text{ N}$$

Para  $VOLADIZO = 0,07 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 0,5 \text{ m}$

$$R_C = 21.645 \text{ N} \quad R_D = -1.045 \text{ N}$$

Para  $VOLADIZO = 0,11 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 0,8 \text{ m}$

$$R_C = 22.291 \text{ N} \quad R_D = -1.691 \text{ N}$$

Para  $VOLADIZO = 0,16 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 1,1 \text{ m}$

$$R_C = 23.155 \text{ N} \quad R_D = -2.555 \text{ N}$$

Para  $VOLADIZO = 0,24 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 1,4 \text{ m}$

$$R_C = 24.686 \text{ N} \quad R_D = -4.086 \text{ N}$$

Para  $VOLADIZO = 0,34 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 1,7 \text{ m}$

$$R_C = 26.910 \text{ N} \quad R_D = -6.310 \text{ N}$$

Para  $VOLADIZO = 0,47 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 2,0 \text{ m}$

$$R_C = 30.480 \text{ N} \quad R_D = -9.880 \text{ N}$$

Para  $VOLADIZO = 0,65 \text{ m}$  en el caso de  $Altura = 2,3 \text{ m}$

$$R_C = 37.338 \text{ N} \quad R_D = -16.738 \text{ N}$$

### 2.6.2.3 RESULTADOS DE LA TRAYECTORIA DE ELEVACIÓN CON ESFUERZOS DEL CASO 1.2.

TABLA CASO 1.2	0,20	0,30	0,40	0,50	0,80	1,10	1,40	1,70	2,00	2,30
Fx	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fy	-22.238	-22.238	-22.317	-22.395	-23.041	-23.905	-25.436	-27.660	-31.230	-38.088
Gx	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gy	44.477	44.477	44.634	44.790	46.082	47.810	50.872	55.320	62.460	76.176
Hx	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hy	-44.477	-44.477	-44.634	-44.790	-46.082	-47.810	-50.872	-55.320	-62.460	-76.176
Ex	238.419	158.454	118.308	94.092	57.278	39.974	29.579	22.350	16.732	11.857
Ey	5.164	5.163	5.240	5.318	5.964	6.828	8.359	10.583	14.153	21.011
Ix	-238.419	-158.454	-118.308	-94.092	-57.278	-39.974	-29.579	-22.350	-16.732	-11.857
Iy	39.174	39.175	39.176	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177
Bx	238.419	158.454	118.308	94.092	57.278	39.974	29.579	22.350	16.732	11.857
By	-39.313	-39.314	-39.393	-39.472	-40.118	-40.982	-42.513	-44.737	-48.307	-55.165
Jx	-238.419	-158.454	-118.308	-94.092	-57.278	-39.974	-29.579	-22.350	-16.732	-11.857
Jy	39.174	39.175	39.176	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177

Como se puede apreciar en la tabla, tenemos durante toda la trayectoria de elevación las mismas reacciones en algunas articulaciones (Fy, Gy, Hy, Ey, Iy, By, Jy), esto se debe a que el cálculo se ha realizado en todo momento con la misma fuerza de carga en los puntos C y D.

También se observa que las fuerzas son nulas en las articulaciones Fx, Gx, Hx, debido a que los largueros que se unen en el punto F, no presentan oposición alguna en ninguno de sus extremos para desplazarse en el eje X.

Es destacable que los esfuerzos máximos se dan en las articulaciones E, I, B y J en el eje X, por lo que se ha extraído una gráfica con la progresión de los esfuerzos.

En la siguiente gráfica se observa el incremento del esfuerzo en las articulaciones E, I, B y J en el eje X, según la altura a la que se encuentra el elevador en cada momento del proceso de elevación:



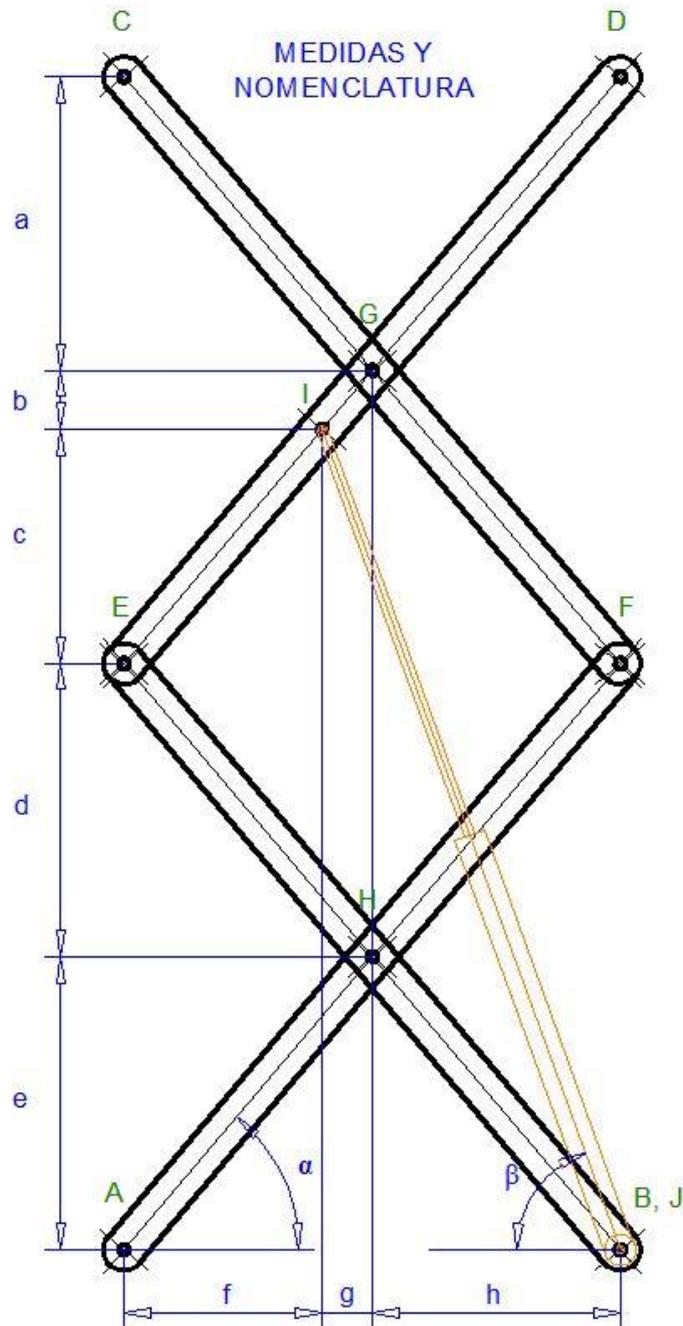
Altura a la que se encuentra el elevador

Como se ha observado anteriormente, el esfuerzo máximo soportado, en una articulación son 240.000 N, y se da cuando el elevador comienza su trayectoria de elevación, o termina su trayecto de descenso.

### 2.6.2.4 VISTA GENERAL DE LA HOJA DE CÁLCULO EMPLEADA PARA EL DESARROLLO DE ESTOS PROCEDIMIENTOS.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2							SIT VARIAS	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	4.1	4.2			
3		F1=	0	a =	0,100		Fx	0	0	-7	1	0	0	0			
4		F2=	-22317	b =	0,021		Fy	-18.775	-38.088	-22.238	-22.085	-11.049	-18.776	-11.049			
5		G1=	0	c =	0,079		Gx	0	0	7	-1	0	0	0			
6		G2=	44634	d =	0,100		Gy	37.550	76.176	44.477	44.170	22.098	37.552	22.098			
7		H1=	0	e =	0,100		Hx	0	0	7	-1	0	0	0			
8		H2=	-44634	f =	0,544		Hy	-37.550	-76.176	44.477	44.170	-22.098	-37.552	-22.098			
9		E1=	118308	g =	0,148		Ex	11.857	11.857	238.419	238.417	238.417	11.857	238.417			
10		E2=	5240	h =	0,693		Ey	1.698	21.011	5.164	5.011	-6.025	1.698	-6.025			
11		I1=	-118308	RC=RA=	22317		Ix	-11.857	-11.857	-238.419	-238.417	-238.417	-11.857	-238.417			
12		I2=	39176	RD=	-217		Iy	39.177	39.177	39.174	39.174	39.173	39.179	39.173			
13		B1=	118308				Bx	11.857	11.857	238.419	238.417	238.417	11.857	238.417			
14		B2=	-39393				Bx	-35.852	-55.166	-39.313	-39.159	-28.123	-35.854	-28.123			
15		J1=	-118308	ALTURA ELEVADOR=	0,4		Jx	-11.857	-11.857	-238.419	-238.417	-238.417	-11.857	-238.417			
16		J2=	39176	(BASE) f+g+h=	1,39		Jy	39.177	39.177	39.174	39.174	39.173	39.179	39.173			
17				0,06435935													
18		ÁNGULO LÍNEA DE FUERZA LARGUEROS=	8,21				0,20	0,30	0,40	0,50	0,80	1,10	1,40	1,70	2,00	2,30	
19		ÁNGULO LÍNEA DE FUERZA CILINDRO=	18,32				Fx	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20							Fy	-22.238	-22.317	-22.395	-23.041	-23.905	-25.436	-27.660	-31.230	-38.088	
21							Gx	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22		a(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				Gy	44.477	44.477	44.634	44.790	46.082	47.810	50.872	55.320	62.460	76.176
23		b(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				Hx	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24		c(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				Hy	-44.477	-44.477	-44.634	-44.790	-46.082	-47.810	-50.872	-55.320	-62.460	-76.176
25		d(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				Ex	238.419	158.454	118.308	94.092	57.278	39.974	29.579	22.350	16.732	11.857
26		e(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				Ey	5.164	5.163	5.240	5.318	5.964	6.828	8.359	10.583	14.153	21.011
27		f(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				Ix	-238.419	-158.454	-118.308	-94.092	-57.278	-39.974	-29.579	-22.350	-16.732	-11.857
28		g(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	-1				Iy	39.174	39.175	39.176	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177
29		h(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				Bx	238.419	158.454	118.308	94.092	57.278	39.974	29.579	22.350	16.732	11.857
30		i(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				By	-39.313	-39.314	-39.393	-40.118	-40.982	-42.513	-44.737	-48.307	-55.165	-65.165
31		j(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				Jx	-238.419	-158.454	-118.308	-94.092	-57.278	-39.974	-29.579	-22.350	-16.732	-11.857
32		k(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0				Jy	39.174	39.175	39.176	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177	39.177
33		l(F1,F2,G1,G2,H1,H2,E1,E2,I1,I2,B1,B2)=	0														
34																	
35																	
Líto																	

### 2.6.2.5 IMAGEN DE LA DENOMINACIÓN DE ARTICULACIONES Y DISTANCIAMIENTO ENTRE ELLAS.



### 2.6.3 MOMENTOS MÁXIMOS EN CADA BARRA SEGÚN LOS CASOS EXPUESTOS EN EL APARTADO ANTERIOR.

- Para el caso 1.2 se tiene:

Barra CGF = Barra AHF:

$$\begin{aligned}Mmax_{CGF} &= Mmax_{AHF} = Rc * 0,7 * \cos(\alpha) \\Mmax_{CGF} &= Mmax_{AHF} = 37.337 * 0,7 * \cos(4,1) = 26.069 Nm\end{aligned}$$

Barra EIGD:

$$\begin{aligned}Mmax_{EIGD} &= RD * 0,7 * \cos(\alpha) \\Mmax_{CGF} &= -16.737 * 0,7 * \cos(4,1) = -11.686 Nm\end{aligned}$$

Barra EHB:

$$\begin{aligned}Mmax_{EHB} &= Ey * 0,7 * \cos(\alpha) + Ex * 0,7 * \sen(\alpha) \\Mmax_{EHB} &= 21.013 * 0,7 * \cos(4,1) + 238.417 * 0,7 * \sen(4,1) = 26.604 Nm\end{aligned}$$

- Para el caso 2.1 se tiene:

Barra CGF = Barra AHF:

$$\begin{aligned}Mmax_{CGF} &= Mmax_{AHF} = Rc * 0,7 * \cos(\alpha) \\Mmax_{CGF} &= Mmax_{AHF} = 10.300 * 0,7 * \cos(4,1) = 7.192 Nm\end{aligned}$$

Barra EIGD:

$$\begin{aligned}Mmax_{EIGD} &= RD * 0,7 * \cos(\alpha) \\Mmax_{CGF} &= 10.300 * 0,7 * \cos(4,1) = 7.192 Nm\end{aligned}$$

Barra EHB:

$$\begin{aligned}Mmax_{EHB} &= Ey * 0,7 * \cos(\alpha) + Ex * 0,7 * \sen(\alpha) \\Mmax_{EHB} &= -6.435 * 0,7 * \cos(4,1) + 254.609 * 0,7 * \sen(4,1) = 8.250 Nm\end{aligned}$$

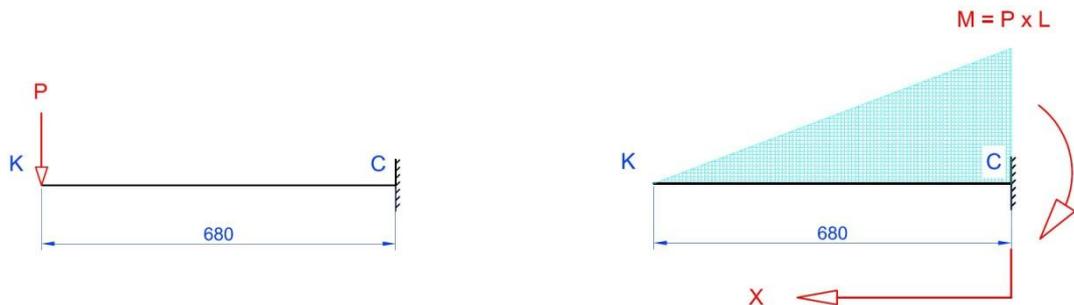
El momento máximo observado y con el que se realizarán los posteriores cálculos en el punto correspondiente es de **26.604 Nm**.

## 2.7 CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS LARGUEROS Y SECCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA PLANCHA SUPERIOR, ELECCIÓN DEL MATERIAL.

### 2.7.1 CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS LARGUEROS SEGÚN LA INERCIA.

Para el cálculo de este apartado se ha empleado el Teorema de Castigliano, el cual nos da un valor bastante fiable de los desplazamientos que aparecen en la estructura, mediante el análisis de la energía elástica de los materiales.

Para simplificar el cálculo, elegiremos el caso más desfavorable, que viene dado en el caso 1.2, y simplificaremos la estructura por una ménsula con un momento provocado por una fuerza colocada en su extremo.



Según el Teorema de Castigliano, tenemos que la energía elástica es igual a:

$$U = \int_C^K \frac{1}{2} * M^2 * \frac{dx}{EI} = \frac{P^2}{2EI} * \int_{x=0}^{x=L} (L - x)^2 * dx = \frac{P^2}{2EI} * \left[ -\frac{(L - x)^3}{3} \right] = \frac{P^2 L^3}{6EI}$$

Si derivamos la ecuación anterior obtenemos los desplazamientos producidos por este momento, la ecuación es la siguiente:

$$\frac{\partial U}{\partial P} = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{ML^2}{3EI} = \delta$$

A continuación se despeja la inercia de la sección y se obtiene la ecuación buscada.

$$I = \frac{ML^2}{\delta 3E}$$

El desplazamiento máximo, no debe superar los 7 mm en los largueros, por lo que tenemos que:

Siendo el módulo elástico para todos los aceros:

$$E = 210.000 \text{ MPa}$$

Teniendo como momento máximo apreciado:

$$M_{max} = 26.604 \text{ Nm} \approx 26.604.000 \text{ Nmm}$$

Correspondiente a la barra EHB.

Ha sido calculada mediante la obtención de los datos de la hoja de cálculos de Excel en el apartado de cálculos 2.6.3.

La inercia necesaria para esta sección es:

$$I = \frac{26.604.000 * 700^2}{7 * 3 * 210.000} = 2.956.000 \text{ mm}^4 \approx 296 \text{ cm}^4$$

El perfil elegido será un perfil hueco rectangular de dimensiones 120 x 60 x 6, según la siguiente tabla.

Perfil	Dimensiones						Términos de sección										Peso	
	a	b	e	r	u		A	S <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	S <sub>y</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>t</sub>	p	
	mm	mm	mm	mm	mm		cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	kp/m	
×120.	60.4	120	60	4	10	343	13,20	24,90	236,0	39,30	4,22	15,40	80,00	26,70	2,46	201,0	10,37	P
×120.	60.5	120	60	5	13	339	16,10	30,00	279,0	46,50	4,16	18,40	94,00	31,40	2,41	241,0	12,67	P
×120.	60.6	120	60	6	15	334	18,90	34,60	317,0	52,80	4,09	21,20	106,00	35,30	2,37	277,0	14,85	P
×120.	80.4	120	80	4	10	383	14,80	29,60	290,0	48,30	4,42	22,40	155,00	38,80	3,24	332,0	11,63	C
×120.	80.5	120	80	5	13	379	18,10	35,70	345,0	57,60	4,36	27,00	184,00	46,10	3,19	402,0	14,24	P

$$317 \text{ cm}^4 > 296 \text{ cm}^4$$

## 2.7.2 COMPROBACIÓN DE SECCIÓN DE LARGUEROS SEGÚN TRACCIÓN Y FLEXIÓN.

Para este cálculo se ha comprobado en primer lugar, cuál es la tensión que soportan los largueros según su esfuerzo máximo observado en los cálculos.

El cálculo se ha realizado teniendo en cuenta la sección del perfil normalizado elegido en el apartado anterior.

Con la diferencia que en este caso, la sección la multiplicamos por un factor de disminución para asegurarnos del correcto cálculo de todos los elementos.

El factor es:

$$\gamma_2 = 0,7$$

Por lo tanto tenemos que:

$\sigma_G$  ==> Tensión generada por la carga máxima en el caso de tracción.

$$\sigma_G = \frac{F}{\text{Área} * \gamma_2}$$

El área de la sección es:

$$\text{Área} = 120 * 6 * 2 + 50 * 6 * 2 = 2.040 \text{ mm}^2$$

La tensión generada por la carga máxima será:

$$\sigma_G = \frac{240.000}{2.040 * 0.7} = 168.07 \text{ MPa}$$

Por ello se ha elegido un acero S 235, que aplicando un coeficiente de seguridad tal que:

$$\gamma_{M0} = 1,05 \quad f_y = 235 \text{ MPa}$$

Tenemos que la tensión admisible de este perfil a tracción es:

$$\sigma_A = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1,05} = 224 \text{ MPa}$$

$$224 \text{ MPa} > 168 \text{ MPa}$$

Este perfil nos cumple perfectamente a tracción.

Comprobamos si cumple también a flexión, para lo que se necesita el dato del módulo resistente de la sección elegida, que en este caso es:

$$W = 52,80 \text{ cm}^3$$

Y sabemos que:

$$\sigma = \frac{M}{W} \implies W = \frac{M}{\sigma} \text{ (Ley de Navier)}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{26.600.000 \text{ Nmm}}{52.800 \text{ mm}^3} = 504 \text{ MPa} > 224 \text{ MPa} \text{ (NO VALE)}$$

Como esta sección no nos sirve a flexión tendremos que buscar la sección con el módulo resistente que nos dé un valor adecuado.

Probamos cambiando el tipo de acero de un S 235 a un S 355, ya que si escogemos perfiles de mayor tamaño nos vamos a secciones demasiado grandes.

Por lo tanto tenemos que:

$$\sigma_A = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,05} = 338 \text{ MPa}$$

y de esta manera calculamos el módulo resistente necesario del perfil a escoger:

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{26.600.000 \text{ Nmm}}{338 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 78.676 \text{ mm}^3 \approx 79 \text{ cm}^3$$

Con este valor vamos de nuevo a la tabla y sacamos el perfil definitivo que se ha empleado en la confección de los largueros del elevador.

Perfil	Dimensiones						Términos de sección										Peso p kp/m
	a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>		
×140. 80.4	140	80	4	10	423	16,40	37,40	423,0	60,40	5,08	25,40	178,00	44,60	3,30	412,0	12,88	P
×140. 80.5	140	80	5	13	419	20,10	45,30	506,0	72,40	5,01	30,80	212,00	53,10	3,25	500,0	15,81	P
×140. 80.6	140	80	6	15	414	23,70	52,70	582,0	83,10	4,95	35,70	243,00	60,70	3,20	582,0	18,62	P
×140. 100.4	140	100	4	10	463	18,00	42,80	497,0	71,00	5,25	34,10	297,00	59,30	4,06	601,0	14,14	P
×140. 100.5	140	100	5	13	459	22,10	52,10	598,0	85,40	5,20	41,40	356,00	71,20	4,01	733,0	17,38	P

$$83,10 \text{ cm}^3 > 79 \text{ cm}^3$$

Se ha elegido el perfil 140 x 80 x 6, ya que cumple con las propiedades de inercia, tracción y flexión necesarias.

**INERCIA**

$$582 \text{ cm}^4 > 296 \text{ cm}^4$$

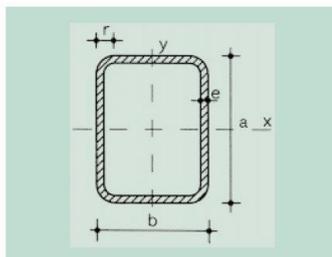
**TRACCIÓN**

$$338 \text{ MPa} > 168 \text{ MPa}$$

**FLEXIÓN**

$$83,10 \text{ cm}^3 > 79 \text{ cm}^3$$

**ESQUEMA DE MEDIDAS OBSERVADAS EN LAS TABLAS.**



r = Radio exterior de redondeo	S <sub>y</sub> = Momento estático de media sección, respecto al eje Y
u = Perímetro	I <sub>y</sub> = Momento de inercia de la sección, respecto al eje Y
A = Área de la sección	W <sub>y</sub> = 2I <sub>y</sub> / b; b. Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y
S <sub>x</sub> = Momento estático de media sección, respecto al eje X	i <sub>y</sub> = √(I <sub>y</sub> / A). Radio de giro de la sección, respecto al eje Y
I <sub>x</sub> = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X	I <sub>t</sub> = Módulo de torsión de la sección
W <sub>x</sub> = 2I <sub>x</sub> / a; a. Módulo resistente de la sección, respecto al eje X	
i <sub>x</sub> = √(I <sub>x</sub> / A). Radio de giro de la sección, respecto al eje X	

### 2.7.3 CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LA PLANCHA SUPERIOR SEGÚN LA INERCIA.

La inercia necesaria para esta sección es:

$$I = \frac{20.600 * 680^3}{7 * 3 * 210.000} = 2.056.285 \text{ mm}^4 \approx 206 \text{ cm}^4$$

En la tabla siguiente elegimos según este apartado la sección de 100 x 80 x 5.

Perfil	Dimensiones					Términos de sección										Peso	
	a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	p kp/m	
×100. 60.6	100	60	6	15	294	16,50	25,70	197,0	39,50	3,46	17,90	88,40	29,50	2,31	214,0	12,97	C
×100. 80.4	100	80	4	10	343	13,20	22,60	186,0	37,20	3,75	19,40	132,00	33,00	3,16	254,0	10,37	P
×100. 80.5	100	80	5	13	339	16,10	27,10	221,0	44,10	3,70	23,30	156,00	39,00	3,11	307,0	12,67	P
×100. 80.6	100	80	6	15	334	18,90	31,30	251,0	50,10	3,64	26,90	177,00	44,30	3,06	355,0	14,85	P
×120. 60.4	120	60	4	10	343	13,20	24,90	236,0	39,30	4,22	15,40	80,00	26,70	2,46	201,0	10,37	P

$$221 \text{ cm}^4 > 206 \text{ cm}^4$$

### 2.7.4 COMPROBACIÓN DE SECCIÓN DE PLANCHA SUPERIOR SEGÚN TRACCIÓN Y FLEXIÓN.

A diferencia de lo que ha pasado en el caso de los largueros que están sometidos a tracción, en este caso no existe tal esfuerzo por lo que ese cálculo no tiene sentido en la comprobación del perfil.

Si nos centramos en la flexión se observa que teniendo:

$$W = 44,10 \text{ cm}^3$$

Se tiene que:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{20.600 \text{ N} * 680 \text{ mm}}{44.100 \text{ mm}^3} = 318 \text{ MPa}$$

Como se observa:

$$338 \text{ MPa} > 318 \text{ MPa} > 224 \text{ MPa}$$

Por lo tanto se ha elegido un acero S 355, y el perfil cumple con lo requerido.

### 2.7.5 ELECCIÓN FINAL DE PERFILES.

- **LARGUEROS: 140 x 80 x 6 / S 355**

- **PLANCHA SUPERIOR: 100 x 80 x 6 / S 355**

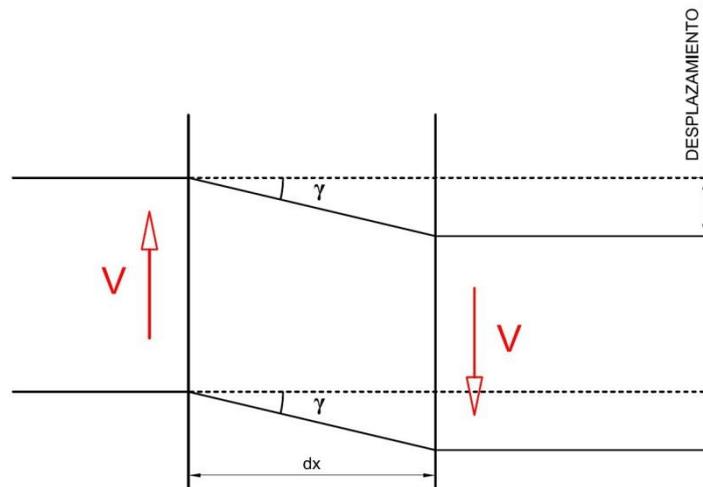
## 2.8 CÁLCULO DE BULONES PARA LAS ARTICULACIONES DE LOS LARGUEROS.

### 2.8.1 ÁREA MÍNIMA NECESARIA PARA LOS BULONES CENTRALES "H" Y "G" SEGÚN CORTANTE.

En este caso se ha empleado el método de cortadura para el cálculo de la sección mínima necesaria. Siendo el cortante máximo apreciado de:

$$V = 76.174 \text{ N}$$

Según se aprecia en la siguiente ilustración se tiene:



$\tau$  = Tensión tangencial, paralela al esfuerzo cortante.

$G$  = Módulo de cizalladura.

$\delta$  = Desplazamiento.

$\gamma$  = Ángulo generado por el desplazamiento ( $\delta$ ).

$\mu$  = Módulo de Poisson.

$A$  = Área de la sección del bulón.

$\psi$  = Coeficiente de mayoración de la carga por cortadura.

$E$  = Módulo elástico o módulo de Young.

$$\tau = G * \gamma$$

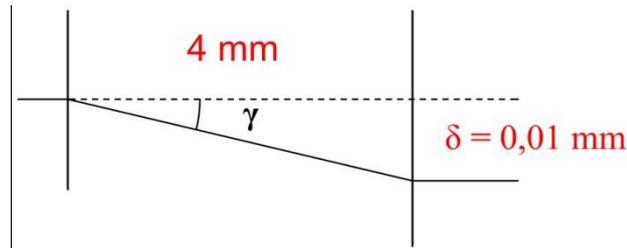
$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$G * \gamma = \frac{V}{A}$$

$$A = \frac{V}{G * \gamma}$$

$$G = \frac{E}{2 * (1 + \mu)}$$

Se ha querido que el desplazamiento máximo en la longitud del bulón sea de 0,5 mm, y debido a su forma tiene una longitud máxima de 180 mm, por lo que se tiene que:



$$\delta = 0,01 \text{ mm}$$

Longitud de la zona del cortante = 4 mm

$$\gamma = \arctan\left(\frac{0,01}{4}\right) = 0,143^\circ$$

$$\gamma = 0,143^\circ * \frac{2\pi \text{ rad}}{360^\circ} \simeq 2,5 * 10^{-3} \text{ rad}$$

Por lo tanto el área requerida se ha calculado sabiendo que:

$$\mu(\text{acero}) = 0.266$$

$$E = 210.000 \text{ MPa}$$

y se tiene:

$$G = \frac{210.000}{2 * (1 + 0,266)} = 82.938 \text{ MPa}$$

Coefficiente de mayoración por cortadura:

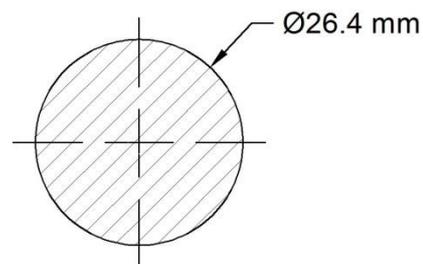
$$\psi = 1,5$$

el área mínima necesaria será:

$$A = \frac{V * \psi}{G * \gamma} = \frac{76.174 * 1,5}{82.938 * 2,5 * 10^{-3}} = 551 \text{ mm}^2 \simeq 5,51 \text{ cm}^2$$

$$A = 5,51 \text{ cm}^2 = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{5,51}{\pi}} = 1,32 \text{ cm}$$



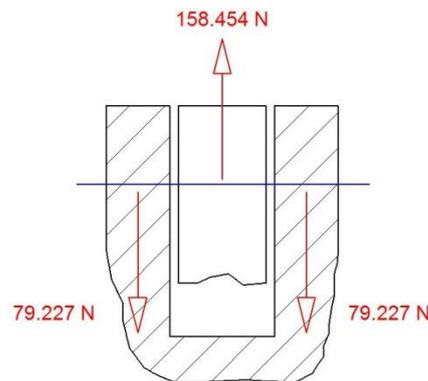
## 2.8.2 ÁREA MÍNIMA NECESARIA PARA LAS ARTICULACIONES DE LA ESTRUCTURA "B", "E", "I".

Lo que se calcula es el cortante doble, y se tiene que la fuerza máxima en estos puntos es 158.454 N.

Por ser cortadura doble se tiene que:

$$V = \frac{158.454 \text{ N}}{2} = 79.227 \text{ N}$$

tal y como se observa en la siguiente ilustración:



Al igual que en el caso anterior, se tiene que el ángulo máximo de la sección del cortante sea:

$$\gamma = 2,5 * 10^{-3} \text{ rad}$$

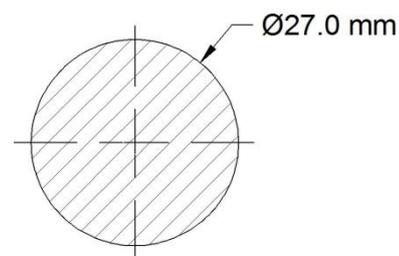
Las medidas de los elementos de unión con el bulón son respectivamente según el anterior dibujo: 22 mm, 30 mm y 22 mm, dejando un espacio intermedio entre ellos de 3 mm en los dos casos.

Si mayoramos la carga de cortadura con el coeficiente  $\psi$ , la sección necesaria en estas articulaciones será:

$$A = \frac{V}{G * \gamma} = \frac{79.227 \text{ N} * 1,5}{82.938 \text{ MPa} * 2,5 * 10^{-3}} = 573 \text{ mm}^2 \approx 5,73 \text{ cm}^2$$

$$A = 5,73 \text{ cm}^2 = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{5,73}{\pi}} = 1,35 \text{ cm}$$



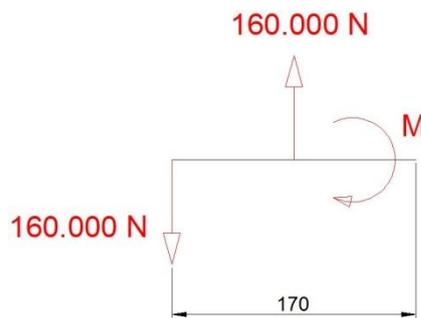
## 2.9 SECCIÓN Y DISEÑO DEL ACOPLAMIENTO TRANSMISOR DE ESFUERZO DEL ÉMBOLO.

### 2.9.1 SECCIÓN NECESARIA SEGÚN LA INERCIA.

Al igual que en el apartado 2.7.1 se emplea el teorema de Castigliano, por lo tanto se sabe que:

$$I = \frac{ML^2}{\delta 3E}$$

Como se tiene un momento flector tal que:



$$M = 160.000 \text{ N} * 0,085 \text{ m} = 13.600 \text{ Nm} \approx 13.600.000 \text{ Nmm}$$

Como el máximo desplazamiento que se admite son 4 mm en este caso se obtiene la siguiente inercia necesaria para el buen funcionamiento del equipo.

$$I = \frac{13.600.000 * 85^2}{4 * 3 * 210.000} = 38.992 \text{ mm}^4 \approx 3,89 \text{ cm}^4$$

Sabiendo el valor del cálculo realizado se ha elegido un perfil normalizado de 35 x 30, que tiene una inercia por ser un rectángulo de:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Por lo tanto:

$$I = \frac{30 * 35^3}{12} = 107.187,5 \text{ mm}^4 \approx 10,72 \text{ cm}^4$$

Cumple con solvencia, ya que:

$$10,72 \text{ cm}^4 > 3,89 \text{ cm}^4$$

## 2.9.2 COMPROBACIÓN MEDIANTE FLEXIÓN DE LA SECCIÓN ELEGIDA.

Para este cálculo se ha empleado el módulo resistente de la sección, como en casos vistos anteriormente.

Para una sección rectangular, el módulo resistente es:

$$W = \frac{b * h^2}{6}$$

En este caso será:

$$W = \frac{b * h^2}{6} = \frac{30 * 35^2}{6} = 6.125 \text{ mm}^3 \approx 6,125 \text{ cm}^3$$

El acero elegido en este caso al igual que en los anteriores es un acero S 355, por lo que aplicando el siguiente coeficiente de seguridad:

$$\gamma_{M0} = 1,05 \qquad f_y = 355 \text{ MPa}$$

tenemos que:

$$\sigma_A = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,05} = 338 \text{ MPa}$$

La tensión generada en la pieza por los esfuerzos que en ella recaen es:

$$\sigma = \frac{M}{W} \text{ (Ley de Navier)}$$

$$\sigma = \frac{13.600.000 \text{ Nmm}}{6.125 \text{ mm}^3} = 2.220 \text{ MPa (NO VALE)}$$

Como es un valor muy grande no sirve esta sección, buscaremos la sección que si nos sirve en la tabla de elementos normalizados.

## 2.9.3 ELECCIÓN DEL PERFIL NECESARIO PARA EL ACOPLAMIENTO.

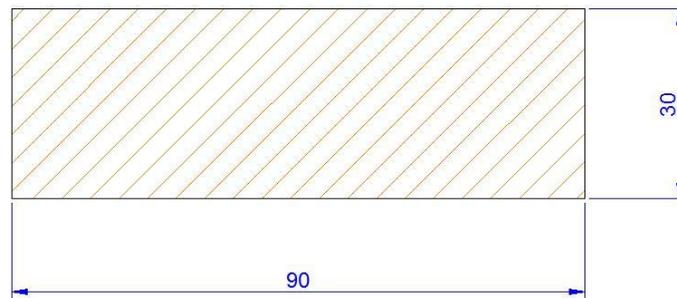
El módulo resistente que nos sirve es mayor que:

$$W = \frac{M}{\sigma_A} = \frac{13.600.000 \text{ Nmm}}{338 \text{ MPa}} = 40.237 \text{ mm}^3 \approx 40,24 \text{ cm}^3$$

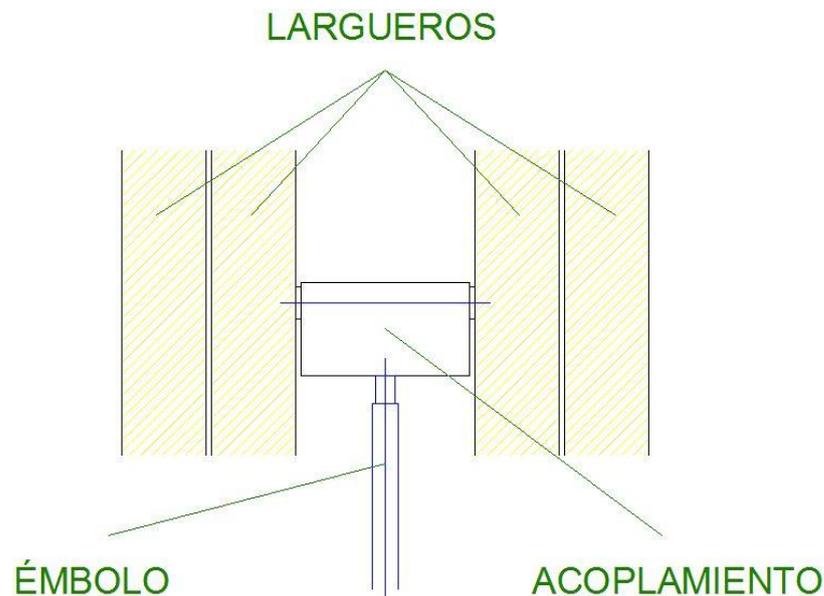
Como la base que se necesita es de 30 mm, para que enganche la rosca del émbolo la sección será.

$$h = \sqrt{\frac{6 * W}{b}} = \sqrt{\frac{6 * 40.237}{30}} = 89.71 \text{ mm}$$

Se ha elegido una sección de 90 x 30 para la pieza de acoplamiento y se sabe que es válida, ya que se ha calculado a partir del módulo resistente máximo y la inercia que resulta de esta sección es mayor que la anterior, que ya era válida.



Para la observación más gráfica en máquina del elemento, se adjunta la siguiente imagen, donde se aprecian los largueros y el montaje intermedio del acoplamiento con la medida de 90 x 160 mm. Los 30 mm de anchura que tiene la pieza, se interpreta que están en el eje perpendicular al papel.



Esta pieza enganchada al émbolo mediante rosca, a definir más adelante.

## 2.10 ELECCIÓN, COMPROBACIÓN DEL CILINDRO ACTUADOR.

Como bien se explica en el apartado 1.8, en la elección del actuador tiene mucho que ver la disposición geométrica, por lo que se comprobará la validez del cilindro empleado mediante unos sencillos parámetros.

La medida máxima que deberá adoptar será de 1.674 mm y la mínima de 870 mm, por lo que se necesita una carrera como mínimo de:

$$1.674 - 870 = 804 \text{ mm}$$

En este caso el cilindro tiene como se puede observar en la memoria, una longitud mínima de 587 mm y una carrera de 1.128 mm.

Se entiende válido dimensionalmente.

El cilindro es el STN-107-3-1100, y tiene un diámetro en su sección más pequeña de 76 mm, por lo que se tiene que:

$$76 \text{ mm} = 0,076 \text{ m}$$

El área empleada es:

$$\text{Área} = \pi * r^2 = \pi * (0,076 \text{ m})^2 = 0,018 \text{ m}^2$$

Como la presión máxima de trabajo es de 150 bares, y:

$$P = 150 \text{ bar} = 150 * 10^5 \text{ Pa}$$

por lo que se tiene que:

$$P = \frac{F}{\text{Área}} \implies F = P * \text{Área}$$

por lo tanto:

$$F = 15.000.000 \text{ Pa} * 0,018 \text{ m}^2 = 270.000 \text{ N} > 240.000 \text{ N}$$

Es válido para lo requerido en el presente documento.

Se entiende que el vástago soporta perfectamente las cargas de compresión que le son proporcionadas por el peso de un vehículo, puesto que propio diseñador del cilindro permite que se emplee con dichas presiones de trabajo.

## 2.11 VELOCIDADES EN LA ESTRUCTURA.

Cálculo de la velocidad a la que sale el vástago con respecto al cilindro:

Si se tiene que la distancia que recorre el cilindro es:

$$\text{Recorrido} = \text{Cil. Alargado} - \text{Cil. Recogido}$$

Para:

$$\text{Cil. Alargado} = 1.674 \text{ mm}$$

$$\text{Cil. Recogido} = 870 \text{ mm}$$

entonces:

$$\text{Recorrido} = 1.674 - 870 = 804 \text{ mm}$$

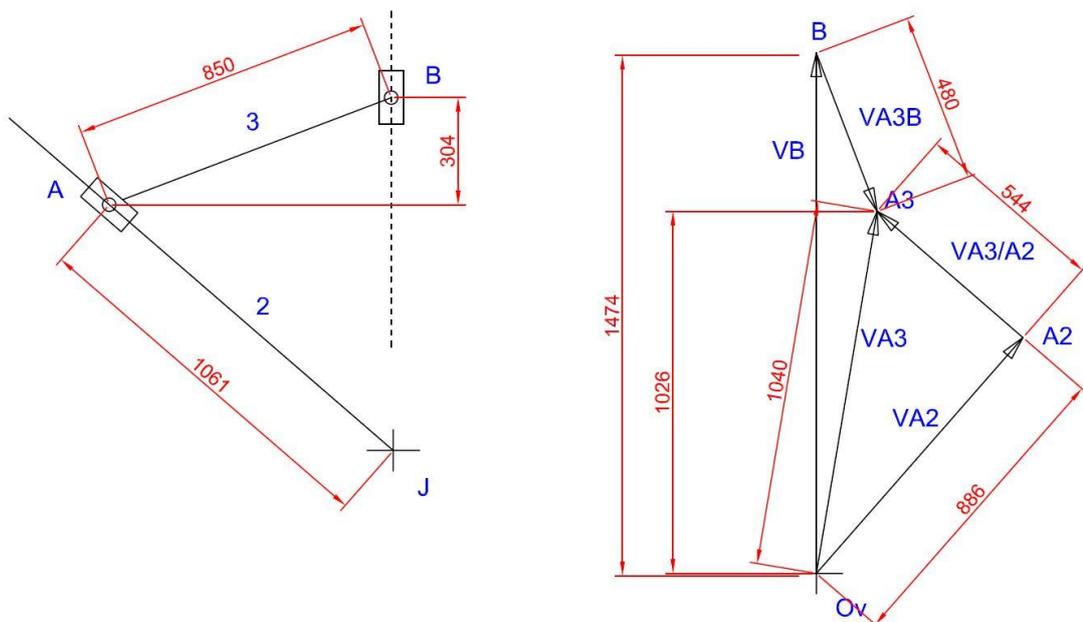
por lo tanto se tiene que la velocidad lineal de salida del cilindro es de:

$$v_{\text{cilindro}} = \frac{804 \text{ mm}}{45 \text{ s}} = 17,87 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Habiendo sido calculado este dato, ya se puede continuar con el cálculo de las velocidades de los demás elementos, en un estado concreto de elevación.

Para ello se simplifica la estructura quedando este sencillo mecanismo, del cual se sabe la velocidad relativa entre el punto A3 y el punto A2.

CASO DE VELOCIDADES PARA DISTANCIA ENTRE  
J Y B IGUAL A 1000 mm



Además se sabe que la velocidad en el eje vertical de A es proporcional a la distancia a la que se encuentra del suelo, variando entre todas las piezas del elevador desde 0, hasta la máxima registrada en el punto más elevado.

Para este caso se tiene que:

$$V_{A3 \text{ VERTICAL}} = \frac{696}{1000} * V_B$$

Por lo que se inserta la dirección obtenida en la gráfica de velocidades, con el fin de obtener todos los vectores mediante las direcciones y los módulos que ya se conocen.

Datos conocidos son:

$$V_{A3/A2} = 17,87 \frac{mm}{s}$$

es conocida también la proporcionalidad de la dirección de la velocidad vertical hacia arriba del punto A3, con la velocidad del punto B, que se mueve en el eje vertical. Además son conocidas las direcciones de VA2 y VA3/A2.

Los resultados obtenidos de la gráfica son los siguientes:

$$V_{A3/A2} \implies 544 \text{ unidades} \implies 17,87 \frac{mm}{s} \text{ (Dato conocido)}$$

$$886 \text{ unidades} \implies V_{A2}$$

$$480 \text{ unidades} \implies V_{A3B}$$

$$1.474 \text{ unidades} \implies V_B$$

$$1.040 \text{ unidades} \implies V_{A3}$$

siendo:

$$V_{A2} = 29,10 \frac{mm}{s}$$

$$V_{A3B} = 15,77 \frac{mm}{s}$$

$$V_B = 48,42 \frac{mm}{s}$$

$$V_{A3} = 34,16 \frac{mm}{s}$$

La velocidad que más interesa conocer, es la velocidad de A3 con respecto a la articulación B, ya que proporciona mediante una sencilla ecuación la velocidad angular a la que giran todos los largueros de la estructura.

Ya que todos los largueros debido a su diseño mecánico se mueven a la misma velocidad y aceleración angular.

El cálculo se realiza mediante esta ecuación:

$$V_{A3B} = \omega_3 * R_{AB}$$

$$\omega_3 = \frac{V_{A3B}}{R_{AB}} = \frac{15,77 \frac{mm}{s}}{850 mm} = 0,01855 \frac{rad}{s} \approx 0,019 \frac{rad}{s}$$

A la altura de 1000 mm entre las articulaciones B y J, los largueros están girando a esta velocidad angular.

Como dato adjunto, también se puede obtener la velocidad angular del cilindro en esa posición.

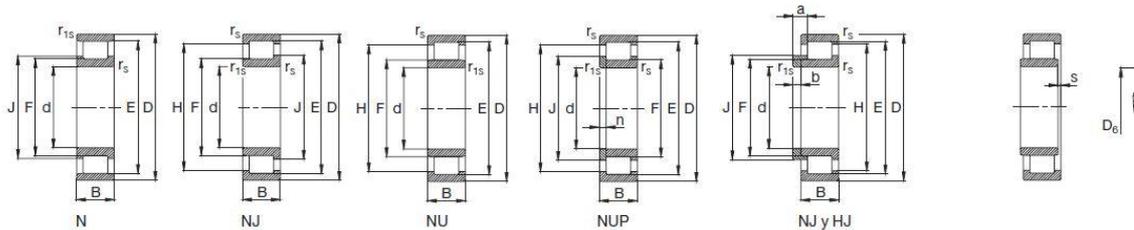
$$\omega_2 = \frac{V_{A2}}{R_{JI}} = \frac{29,10 \frac{mm}{s}}{1.061 mm} = 0,018 \frac{rad}{s}$$

## 2.12 ELECCIÓN DE RODAMIENTOS.

Para llevar a cabo este apartado, conviene resaltar que la elección de rodamientos en este elevador, ha sido preconcebida por las dimensiones de la rueda que el equipo utiliza.

Por lo tanto en este apartado se justifica que la elección de rodamientos es correcta.

El rodamiento elegido es un rodamiento de rodillos denominado NU2206E.TVP2, con las siguientes características.



Eje	Dimensiones													Peso		Capacidad de carga			
	d	D	B	r <sub>s</sub> min	r <sub>1s</sub> min	E	F	H	J	n	a	b	s)	Roda- miento kg	Anillo angular	C	estát. C <sub>0</sub>		
	mm																		
25	25	62	24	1,1	1,1	54	34	50,6	38,1	8	4	1,9	0,356	0,027		57	56		
	25	62	24	1,1	1,1	54	34	50,6	38,1			1,9	0,349		57	56			
	25	62	24	1,1	1,1	54	34	50,6	38,1	4			0,363		57	56			
30	30	55	13	1	0,6	48,5	36,5	46,1					2,4	0,129		16,6	16		
	30	62	16	1	0,6	55,5	37,5		41,3				1,4	0,205		39	37,5		
	30	62	16	1	0,6	55,5	37,5	52,5	41,3	7	4	1,5	0,213	0,025		39	37,5		
	30	62	16	1	0,6	55,5	37,5	52,5					1,5	0,208		39	37,5		
	30	62	16	1	0,6	55,5	37,5	52,5	41,1	3				0,219		39	37,5		
	30	62	20	1	0,6	55,5	37,5	52,5	41,3		7,5	4	1,6	0,261	0,026		49	50	
30	62	20	1	0,6	55,5	37,5	52,5						1,6	0,255		49	50		
30	62	20	1	0,6	55,5	37,5	52,5	41,3	3,5					0,268		49	50		
30	72	19	1,1	1,1	62,5	40,5		45					0,6	0,366		51	48		

Para el cálculo se tienen los datos de la tabla:

$$d = 30 \text{ mm} \quad D = 62 \text{ mm} \quad B = 20 \text{ mm} \quad C_{est} = 50 \text{ KN} \quad C_{din} = 49 \text{ KN}$$

siendo:

- d → diámetro del agujero interior
- D → diámetro del aro exterior
- B → anchura del rodamiento
- C<sub>est</sub> → capacidad de carga estática
- C<sub>din</sub> → capacidad de carga dinámica

Como en este caso las vueltas por minuto a las que gira el motor son inferiores a 10, no se tiene en cuenta el cálculo para carga dinámica, simplemente se calcula estáticamente.

Los rodamientos soportan los esfuerzos, ya que cada apoyo articulado soporta como máximo:

$$F_y = 37.337 \text{ N}$$

y el esfuerzo estático soportado por el rodamiento es:

$$C_{est} = 50.000 N$$

como además tenemos dos rodamientos en cada articulación, la mitad de la fuerza soportada es la que realmente soporta cada rodamiento.

$$F_{\text{rodamiento}} = \frac{37.337 N}{2} = 18.668,5 N$$

Para este cálculo se calcula si el rodamiento va a tener vida ilimitada, ya que está sobredimensionado, debido a las especificaciones dimensionales.

Pueden alcanzar una duración de vida ilimitada si:

$$f_s (\text{factor de esfuerzos estáticos}) = \frac{C_0}{P_0} \geq 8$$

siendo:

$P_0$  → carga estática equivalente

$$P_0 = X_0 * Fr + Y_0 * Fa$$

para:

$X_0$  → factor radial

$Fr$  → fuerza de rozamiento

$Y_0$  → factor axial

$Fa$  → fuerza axial

se tiene que la fuerza de rozamiento para un rodamiento de rodillos es de:

$$Fr = \mu * N$$

siendo:

$\mu$  → coeficiente de rozamiento para rodamiento de rodillos

$$\mu = 0,026$$

$N$  → fuerza normal aplicada sobre el rodamiento

$$Y_0 * Fa = 0$$

por lo tanto:

$$P_0 = X_0 * Fr = 1 * \mu * N = 0,026 * 18.668,5 N = 485,4 N$$

si se hace el cálculo del factor de esfuerzos estáticos con estos datos se tiene que:

$$f_s \text{ (factor de esfuerzos estáticos)} = \frac{C_0}{P_0} = \frac{50.000 \text{ N}}{485,4 \text{ N}} = 103 \geq 8$$

por lo que se deduce que la vida de los rodamientos de las ruedas será ilimitada.

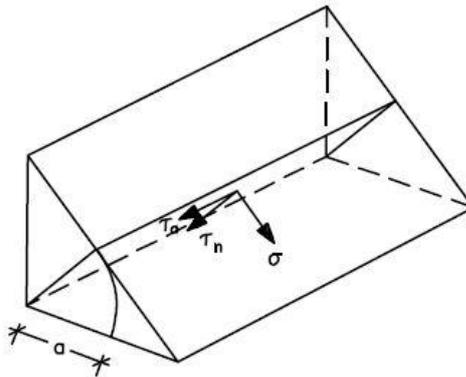
Para apartado de memoria 1.15 se necesita calcular la inversa de  $f_s$ .

$$f_s^{-1} = \frac{P_0}{C_0} = \frac{485,4 \text{ N}}{50.000 \text{ N}} = 0,01 < 0,08$$

## 2.13 CÁLCULO DE SOLDADURAS.

En este apartado se detallan los cálculos referidos a soldaduras en ángulo, ya que para la soldadura a tope no se precisa de ellos, porque son los suficientemente resistentes para confiar en ellos.

Para el cálculo de las tensiones que aparecen en la soldadura y su correspondiente anchura, hay que tener en cuenta el desarrollo de tensiones internas que son:



Las soldaduras en "L" de los elementos nombrados, soportan como esfuerzo máximo 160.000 N, y se calculan a flexión.

Según la norma se calculan con el siguiente sistema de ecuaciones:

Para una altura de garganta  $a = 5 \text{ mm}$ , siendo  $F = 160.000 \text{ N}$  y  $L = 100 \text{ mm}$ .

Tensión máxima producida por el momento flector ( $\tau_n$ ):

$$n = \frac{M}{W} = \frac{F}{2} * e * \frac{6}{a * L^2}$$

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} * n = \tau_n = \frac{3}{\sqrt{2}} * \frac{F * e}{a * L^2}$$

$$\tau_n = \frac{3}{\sqrt{2}} * \frac{160.000 * 50}{5 * 100^2} = 339,41 \text{ MPa}$$

Tensión tangencial ( $\tau_a$ ):

$$\tau_a = \frac{F}{2 * a * L} = \frac{160.000 \text{ N}}{2 * 5 * 100} = 160 \text{ MPa}$$

La tensión total es:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 1,8 * (\tau_n^2 + \tau_a^2)} = \sqrt{339,41^2 + 1,8 * (339,41^2 + 160^2)} = 607,15 \text{ MPa}$$

Para el cordón de soldadura se asigna un tensión admisible tal que:

$$\sigma_{adm} = 355 \text{ MPa}$$

Por lo que para ese espesor de garganta, los cordones no sirven.

Se prueba con un espesor de garganta tal que:

$$a = 8 \text{ mm}$$

y se tiene que:

$$\tau_n = \frac{3}{\sqrt{2}} * \frac{160.000 * 50}{8 * 100^2} = 212,13 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = \frac{F}{2 * a * L} = \frac{160.000 \text{ N}}{2 * 8 * 100} = 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 1,8 * (\tau_n^2 + \tau_a^2)} = \sqrt{212,13^2 + 1,8 * (212,13^2 + 100^2)} = 379,47 \text{ MPa}$$

Tampoco sirve este espesor porque 379,47 MPa es mayor que  $\sigma_{adm}$ .

Para a=10 mm se tiene:

$$\tau_n = \frac{3}{\sqrt{2}} * \frac{160.000 * 50}{10 * 100^2} = 169,71 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = \frac{F}{2 * a * L} = \frac{160.000 \text{ N}}{2 * 10 * 100} = 80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 1,8 * (\tau_n^2 + \tau_a^2)} = \sqrt{169,71^2 + 1,8 * (169,71^2 + 80^2)} = 303,59 \text{ MPa}$$

como se tiene que:

$$\sigma_{adm} = 355 \text{ MPa} \geq 303,59 \text{ MPa}$$

sirve el espesor de garganta de 10 mm.

## 2.14 CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL DE LOS BULONES A FATIGA.

Para comenzar este cálculo es necesario saber qué tipo de fatiga se da en este caso, y se tiene que el tipo de fatiga observado es a flexión.

El diámetro del bulón a estudiar es de 30 mm.

Para el cálculo se tienen los siguientes datos:

$$Sut(\text{resistencia a la tracción del material}) = 355 \text{ MPa}$$

$$Se'(\text{índice de resistencia en flexión rotativa}) = 0,504 * Sut$$

$$Se' = 0,504 * 355 = 178,92 \text{ MPa}$$

$$Se = Ka * Kb * Kq * Kd * Ke * Kg * Kc * Se'$$

siendo:

Se ==> límite de resistencia a la fatiga de un elemento.

Ka ==> factor de superficie.

Kb ==> factor de tamaño.

Kq ==> factor de carga.

Kd ==> factor de temperatura.

Ke ==> factor de concentración de tensiones.

Kg ==> factor de efectos diversos.

Kc ==> factor de confiabilidad.

Se calcula cada factor por separado según la teoría de fatiga.

$$Ka = a * (Sut)^b$$

$$Ka = 1,58 * (355)^{-0,085} = 0,9592$$

$$Kb = \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,1133}$$

$$Kb = \left(\frac{30}{7,62}\right)^{-0,1133} = 0,856$$

$$Kq = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,577$$

$$Kd = 1$$

$$Kf = 1 + q * (Kt - 1)$$

$$Ke = \frac{1}{Kf}$$

$$Kf' = 1 * (Kf - 1) + c$$

Para este factor se asigna el valor  $Ke = 1$ , ya que no existe ningún punto en los bulones empleados donde se exista concentración de tensiones.

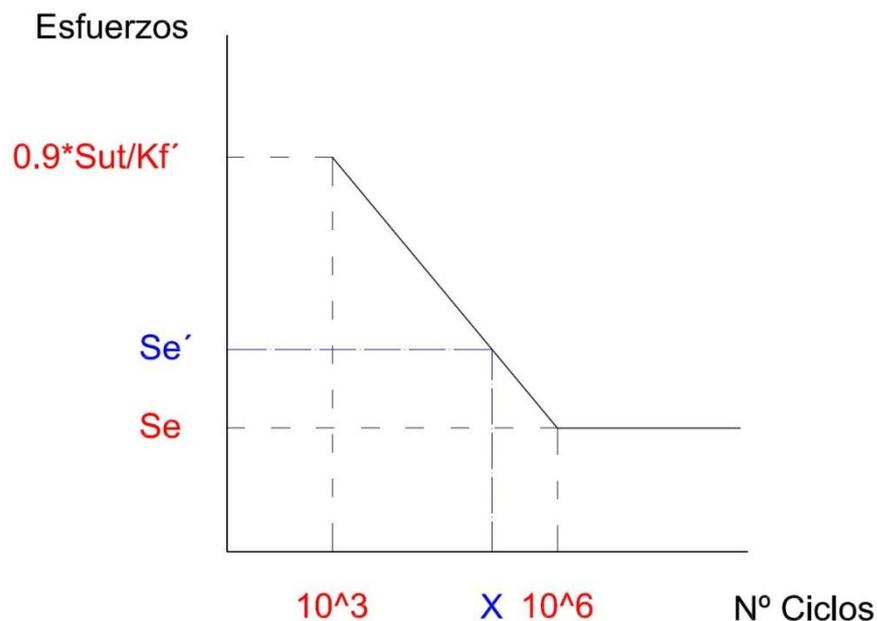
$$Kg = 1$$

En el caso del factor de confiabilidad se elige  $Kc = 0.9$ , ya que se estima mínima la fatiga en el elemento, por las condiciones de funcionamiento y de frecuencia de empleo del elevador, y es un valor que habitualmente se emplea en este tipo de casos.

$$\begin{aligned} Se &= Ka * Kb * Kq * Kd * Ke * Kg * Kc * Se' \\ &= 0,9592 * 0,856 * 0,577 * 1 * 1 * 1 * 0,9 * 178,92 \end{aligned}$$

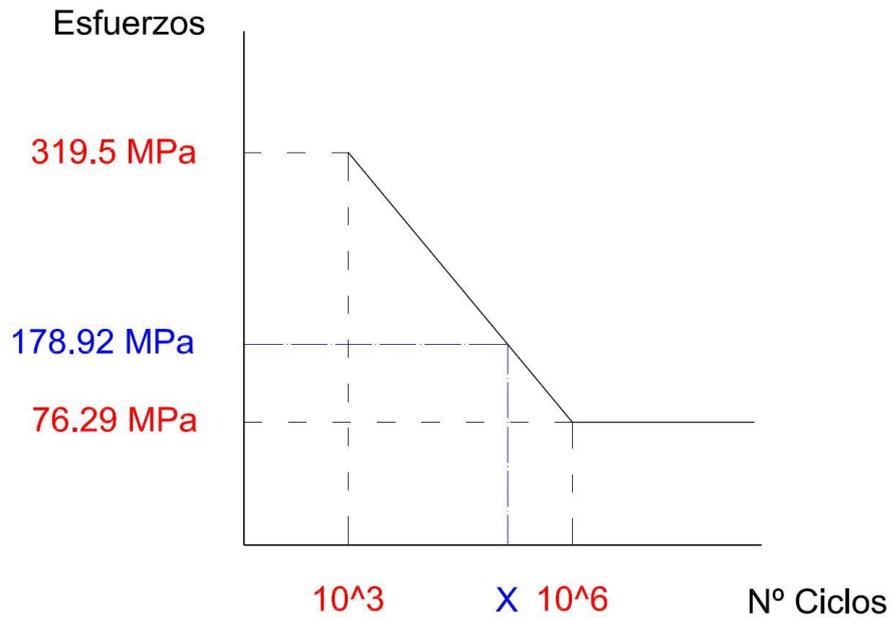
$$Se = 76.29 \text{ MPa}$$

Según el diagrama logarítmico siguiente, se pueden calcular de un modo orientativo los ciclos que aguantará el bulón en estudio.



Haciendo una simple regla de tres se obtiene el nº de ciclos que aguantarán los bulones del elevador, como se muestra a continuación:

$$0.9 * \frac{S_{ut}}{K_{f'}} = 0.9 * S_{ut} = 0.9 * 355 = 319.5 \text{ MPa}$$



$$\frac{\log(319,5) - \log(76,29)}{\log(10^6) - \log(10^3)} = \frac{\log(319,5) - \log(178,92)}{\log(x) - \log(10^3)}$$

$$x = 16.387,81$$

Por lo tanto se tiene que la pieza estudiada, soportará por fatiga sin romper sus fibras, un total de **16.387 ciclos**.

## 2.15 BASE DE HORMIGÓN.

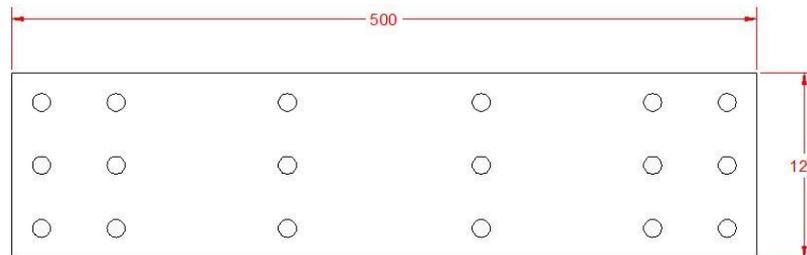
Se tiene en cuenta la superficie de menor apoyo sobre el hormigón y la zona de mayor carga soportada.

Así que se tiene que:

$$C_{m\acute{a}x} = 20.600 \text{ N}$$

y la superficie de menor apoyo es la de la base del apoyo del cilindro, por lo que tendrá en cuenta a la hora de la distribución del peso siendo:

$$\text{Área} = 500 \text{ mm} * 125 \text{ mm} = 62.500 \text{ mm}^2 = 625 \text{ cm}^2$$

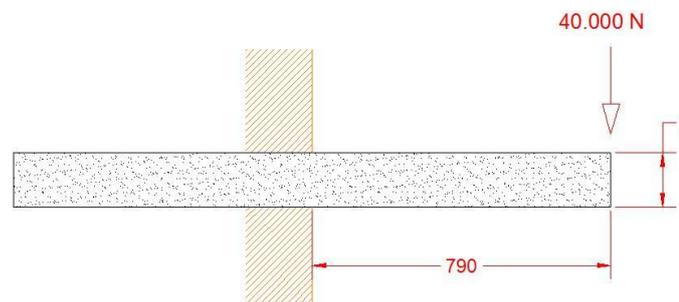


El cálculo se realiza teniendo en cuenta que todo el peso del vehículo (40.000 N), puede estar sobre la pletina, y teniendo en cuenta que el peso se transmite sobre la superficie de hormigón más alejada del centro, lo que provoca un momento flector, sobredimensionado en la plancha de hormigón.

Por lo tanto se tiene que la tensión soportada en el apoyo es de:

$$\sigma = \frac{40.000 \text{ N}}{625 \text{ cm}^2} = 64 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \text{ (Aguanta de sobra)}$$

La figura equivalente para el cálculo se muestra en la siguiente imagen:



El momento resultante es:

$$M = 40.000 \text{ N} * 0,79 \text{ m} = 31.600 \text{ Nm}$$

Además se sabe que:

$$\sigma_h = 50 \frac{Kg}{cm^2} = 490,5 \frac{N}{cm^2} \quad E_h = 1,4 * 10^5 \frac{Kg}{cm^2} = 1.373.400 \frac{N}{cm^2}$$

$$\delta = 5 \text{ mm}$$

siendo:

- $\sigma_h$ ; tensión admisible en el hormigón.
- $E_h$ ; módulo de elasticidad o módulo de Young del hormigón.
- $\delta$ ; desplazamiento.

Como se ha deducido del apartado 2.7, la relación para el cálculo de inercia con los datos que se conocen es:

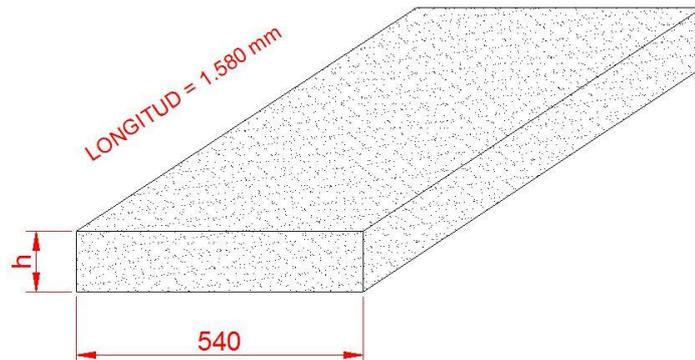
$$I = \frac{ML^2}{\delta 3E}$$

por lo que para este caso se necesita una inercia en la losa de hormigón de:

$$I = \frac{31.600 * 0,79^2}{5 * 3 * 1.373.400 * 10^4} = 9,573 * 10^{-8} m^4 \approx 9,57 cm^4$$

teniendo la siguiente situación ilustrada:

LOSA DE HORMIGÓN PARA APOYO DE 1 CUERPO  
DEL ELEVADOR



Como se sabe que:

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

se tiene que:

$$h = \sqrt[3]{\frac{12 * I}{b}} = \sqrt[3]{\frac{12 * 9,57}{54}} = 1,29 \text{ cm}$$

Se deduce de este resultado que aunque el hormigón soporte la carga a flexión con este espesor, al ser muy frágil, se debe calcular también mediante el módulo resistente.

El módulo resistente es igual a:

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{3.160.000 \text{ Ncm}}{490,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}} = 6.442 \text{ cm}^3$$

y sabiendo que:

$$W = \frac{b * h^2}{6}$$

se tiene:

$$h = \sqrt{\frac{6 * W}{b}} = \sqrt{\frac{6 * 6.442}{54}} = 26,75 \text{ cm}$$

por lo tanto observando los dos resultados, se elige el de mayor magnitud, y se aproxima el espesor a 27 cm.

Se entiende el elevado valor del módulo resistente, con las estructuras antes calculadas, ya que se trata de un material más frágil y que soporta un momento mayor, así mismo la sección resultante también tiene unas características de grandes dimensiones.

El volumen de la losa de hormigón es de:

$$V_{\text{hormigón}} = 1,58 * 0,54 * 0,27 = 0,23 \text{ m}^3 \approx 230 \text{ dm}^3$$

para un cuerpo, como se tienen dos cuerpos el volumen será:

$$V_{\text{hormigón total}} = 460 \text{ dm}^3$$

Álvaro Sanz Górriz  
Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad Mecánica  
Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

Firma: \_\_\_\_\_



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR  
FIJO PARA TALLER

## 3. PLANOS

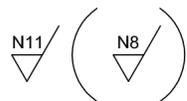
Alumno: Álvaro Sanz Górriz

Tutora: Vanesa Estremera Carrera

Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

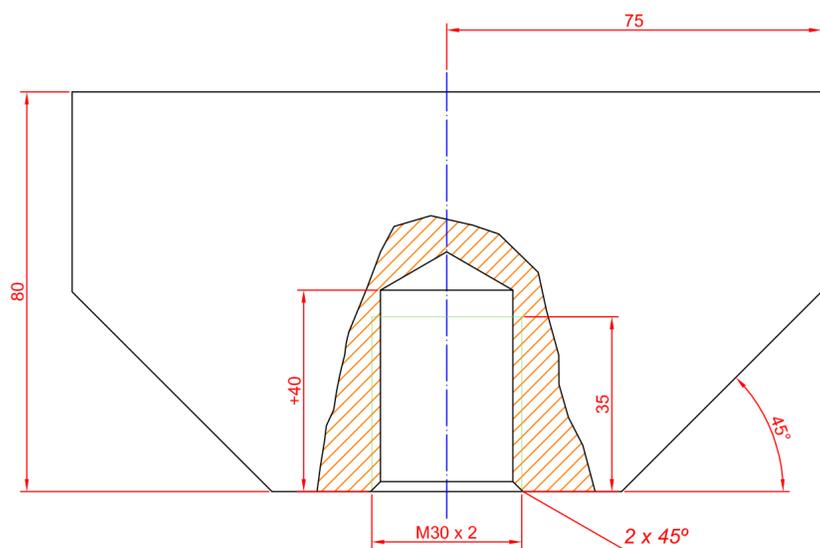
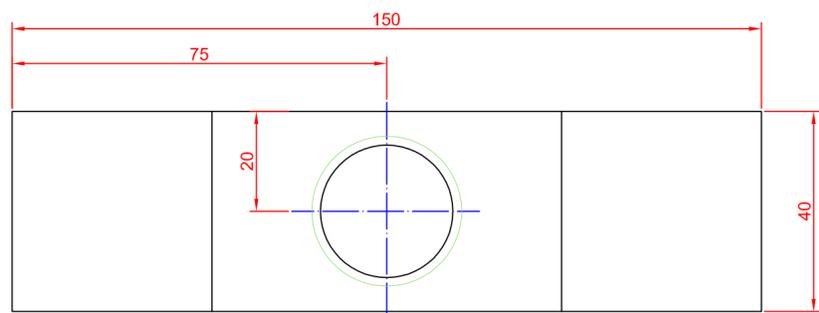
**ÍNDICE**

CONJUNTO ACOPLAMIENTO. ....	PLANO 0300
LARGUERO CON AJUSTE SOLDADO PARA ARGOLLA. ....	PLANO 0305
LARGUERO DE ACOPLAMIENTO Y BULÓN CENTRAL. ....	PLANO 0306
CONJUNTO ARGOLLAS - CASQUILLOS - BULÓN. ....	PLANO 0307
MONTAJE LARGUERO - ARGOLLAS. ....	PLANO 0308
BULÓN EQUILIBRIO PARA ARGOLLAS CENTRALES. ....	PLANO 0310
ELEMENTOS DE APOYO ESTRUCTURA - SUELO. ....	PLANO 0315
ARGOLLAS PARA APOYO SUELO. ....	PLANO 0316
SOLDADURA PARA APOYO DE RODADURA. ....	PLANO 0320
MONTAJE ARGOLLAS EN PLETINA DE SUELO. ....	PLANO 0321
CONJUNTO CORREDERA APOYO SUELO. ....	PLANO 0325
COMPONENTES DE LA PLATAFORMA SUPERIOR. ....	PLANO 0330
ARGOLLAS PARA PLATAFORMA. ....	PLANO 0331
MONTAJE PLATAFORMA SUPERIOR I. ....	PLANO 0335
MONTAJE PLATAFORMA SUPERIOR II. ....	PLANO 0340
ALZADOS I. ....	PLANO 0345
ALZADOS II. ....	PLANO 0350
ALZADOS III. ....	PLANO 0355
VISTA EN 3D. ....	PLANO 0359
ELEVADOR EXPLOSIONADO. ....	PLANO 0360
ELEVADOR EN SUELO DE HORMIGÓN. ....	PLANO 0365



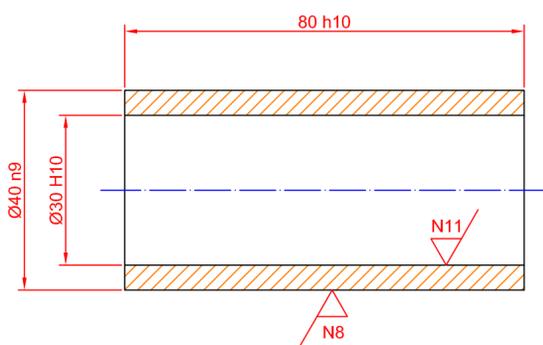
1)

TEMPLADO POR INDUCCIÓN

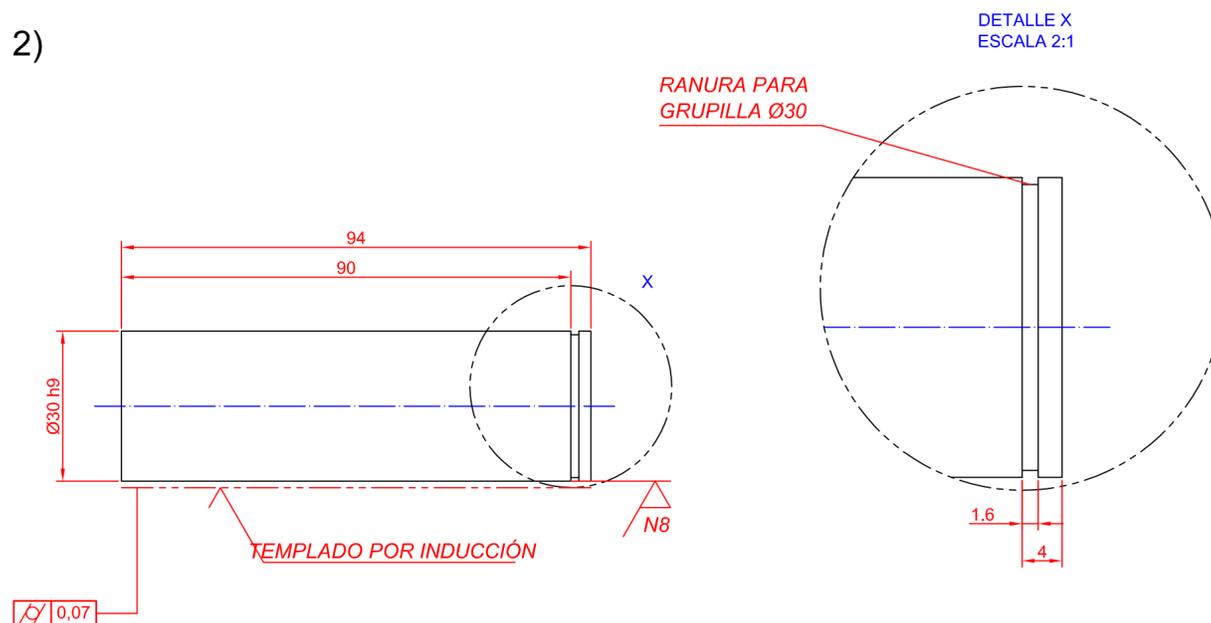


TODAS LAS ARISTAS LIBRES DE REBABAS

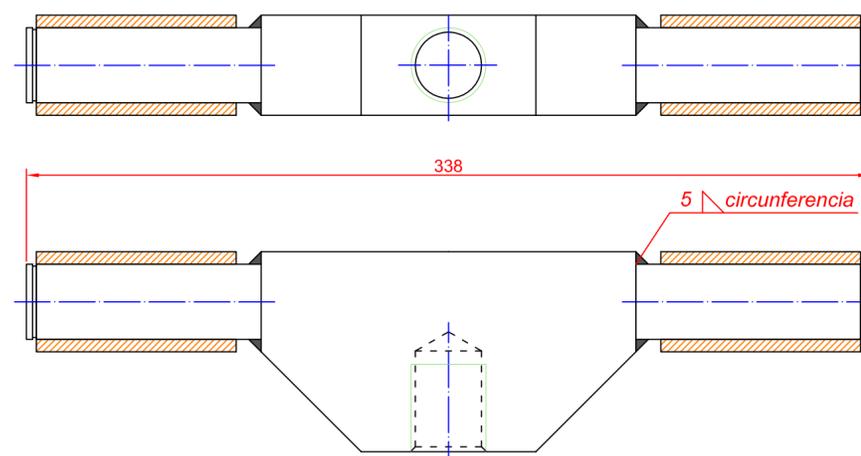
3)



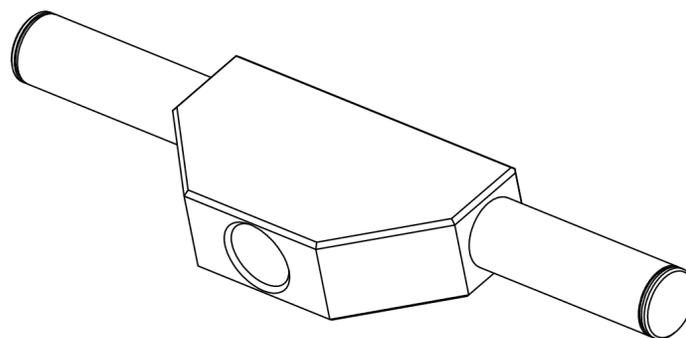
2)



4) CONJUNTO SOLDADO ACOPLAMIENTO ESCALA 1:2

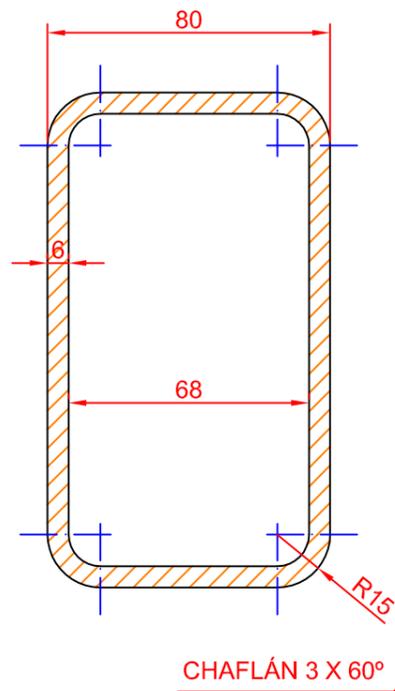


5)

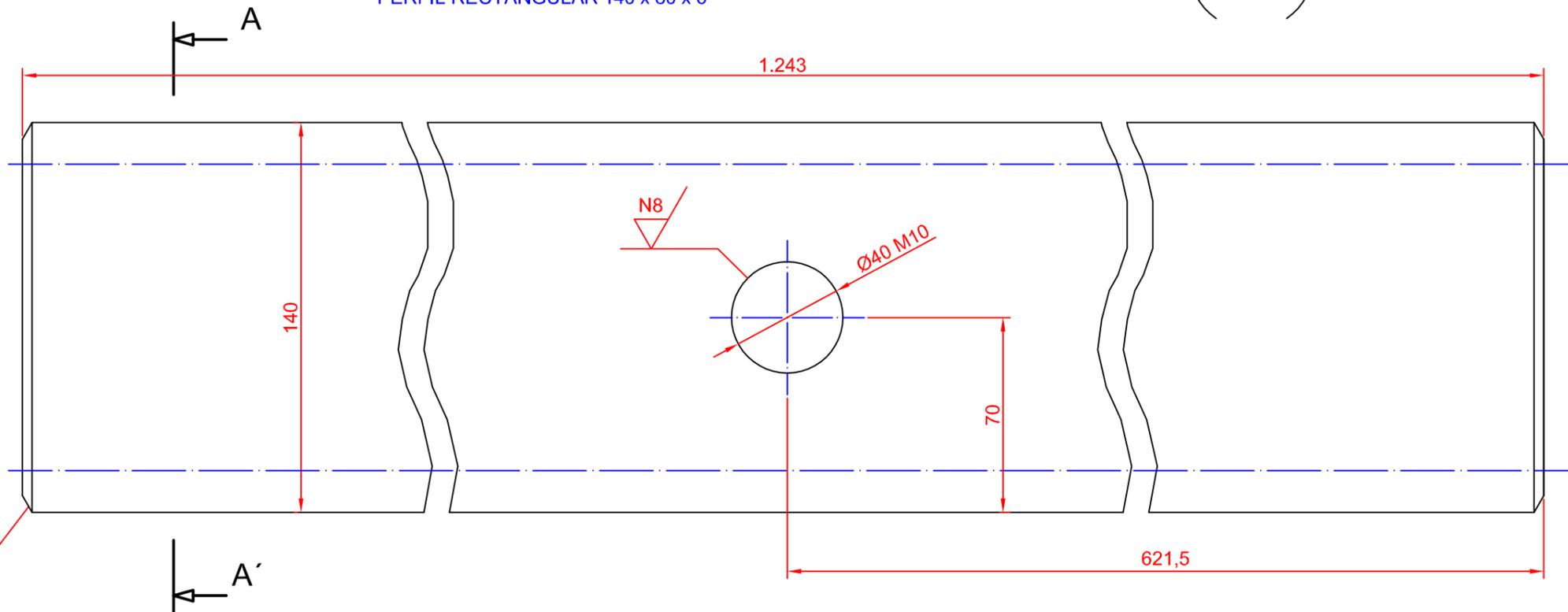
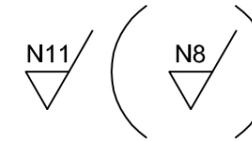


5	Vista tridimensional			
4	Conjunto soldado acoplamiento-bulón	SCL030000		2
3	Casquillo	SCL030003	Bronce	20
2	Bulón	SCL030002	Acero S 355	4
1	Acoplamiento del cilindro actuador	SCL030001	Acero S 355	2
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.</b>		<b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>CONJUNTO ACOPLAMIENTO</b>			FIRMA:	FECHA: <b>01/09/2013</b>
			ESCALA: <b>1:1</b>	Nº PLANO: <b>0300</b>

1) Corte AA'

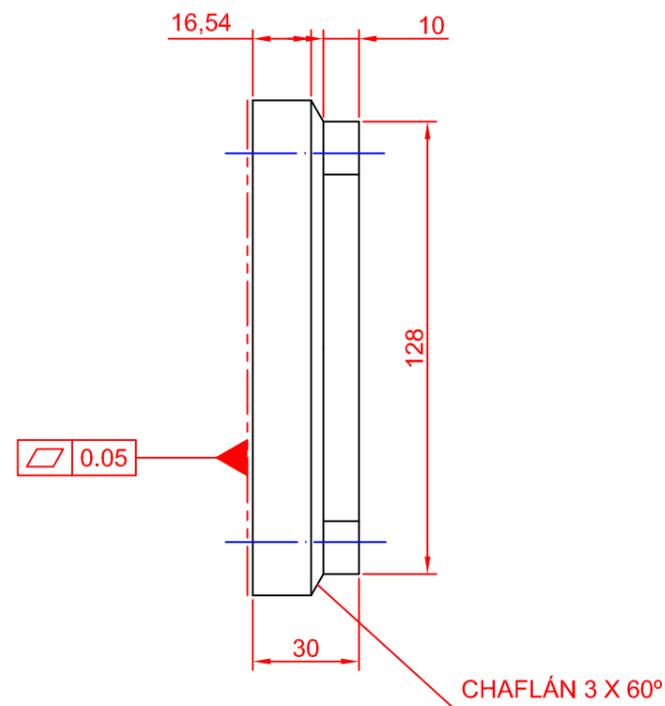
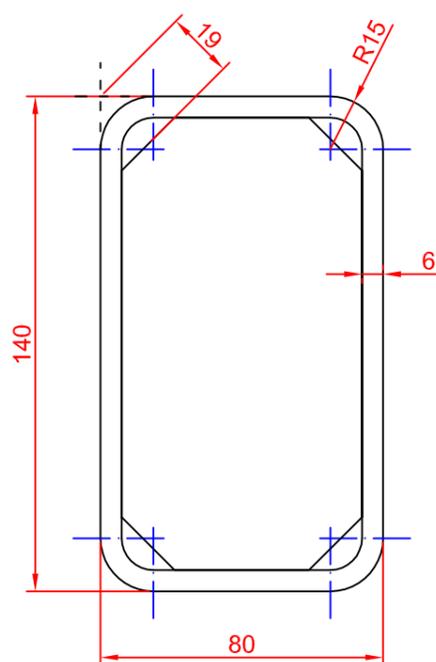


PERFIL RECTANGULAR 140 x 80 x 6

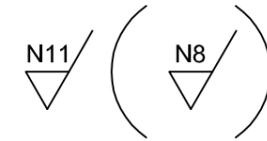


AGUJERO PASANTE PERFIL COMPLETO

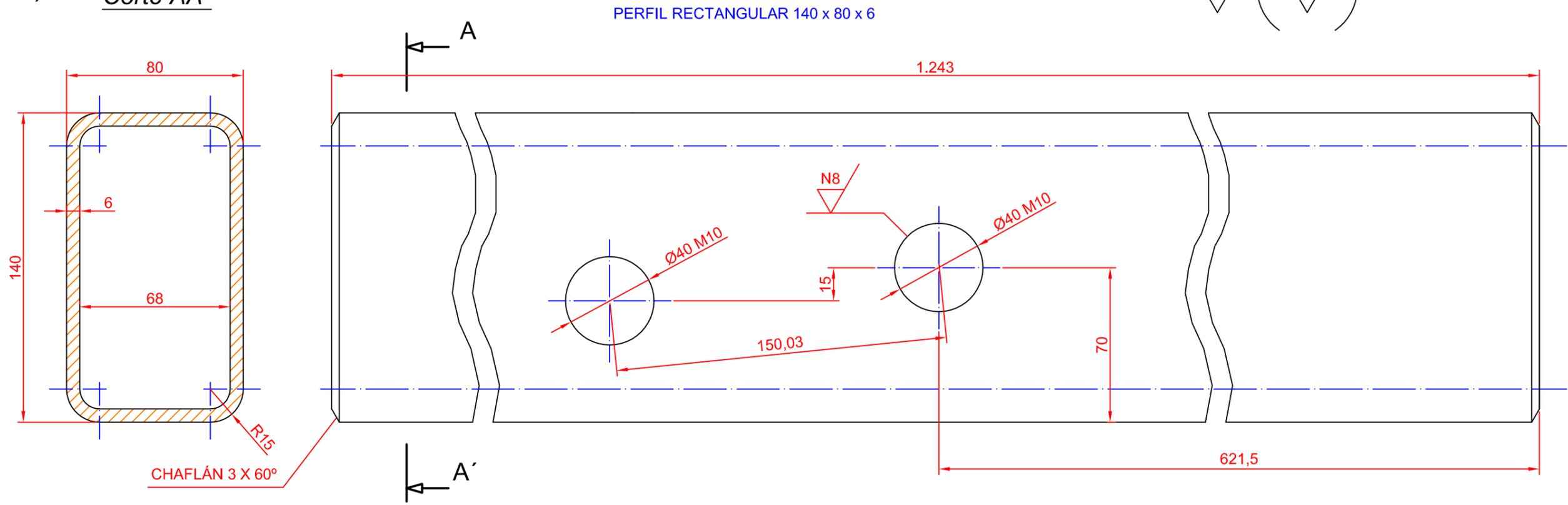
2)



2	Ajuste tapa larguero	SCL030502	Acero S 355	32	
1	Larguero	SCL030501	Acero S 355	12	
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS	
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES			
		PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>		REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>LARGUERO CON AJUSTE SOLDADO PARA ARGOLLA</b>		FIRMA:	FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:2	Nº PLANO: 0305

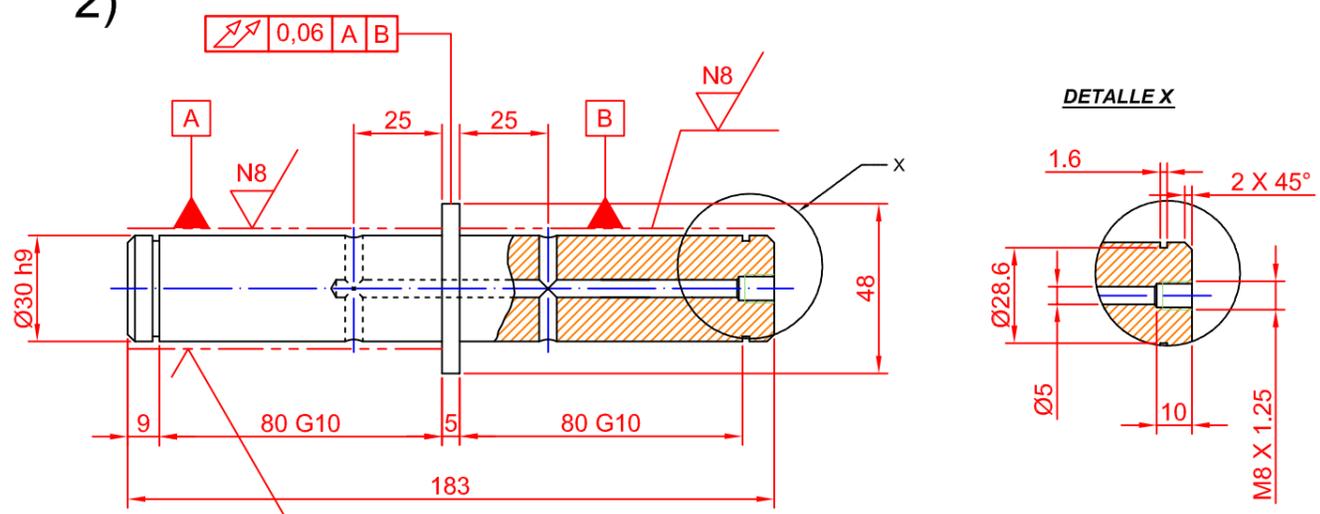


1) Corte AA'



AGUJEROS PASANTES PERFIL COMPLETO

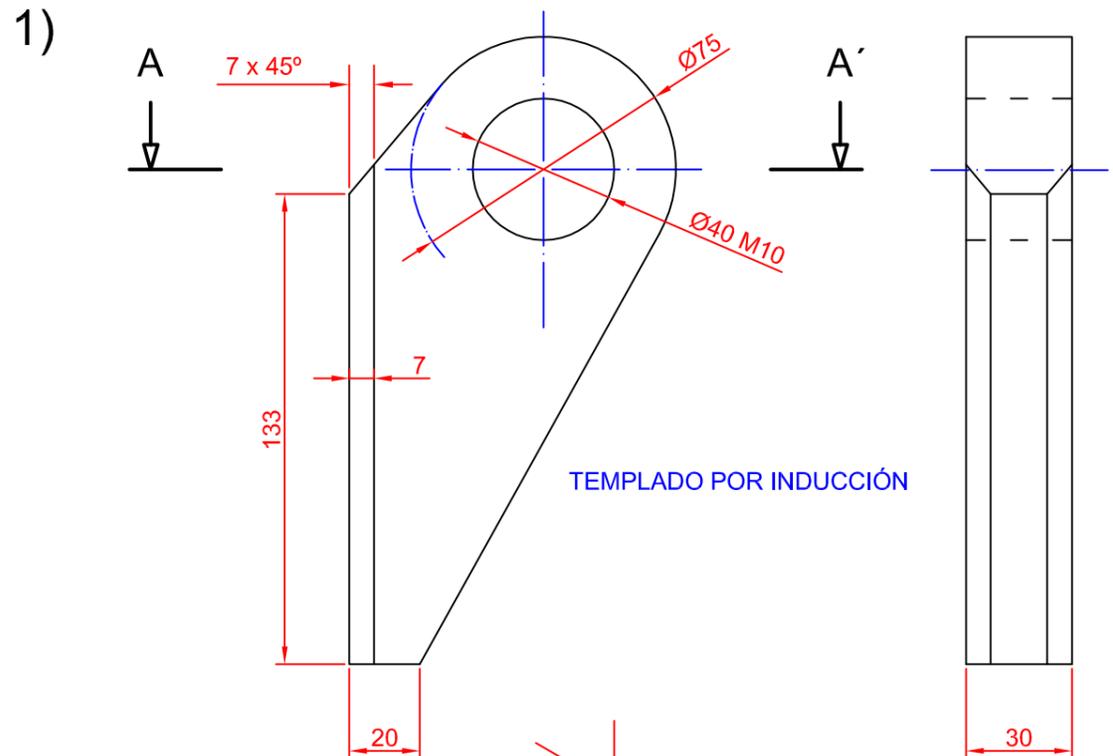
2)



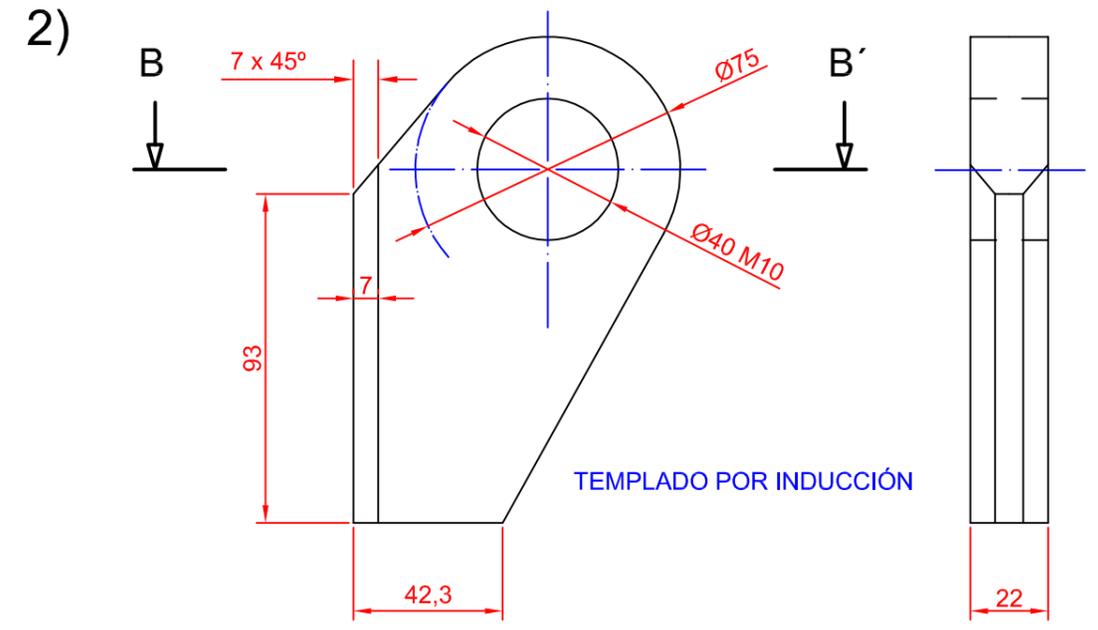
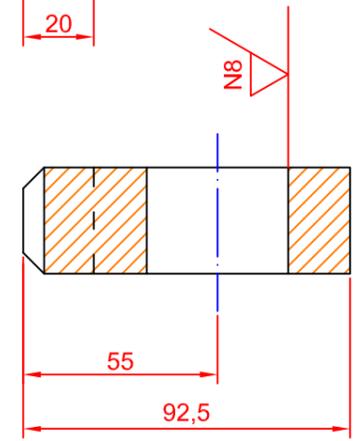
TEMPLADO POR INDUCCIÓN

AJUSTE A LOS DOS LADOS  
 RANURAS PARA GRUPILLAS Ø30  
 TEMPLADO POR INDUCCIÓN A AMBOS LADOS

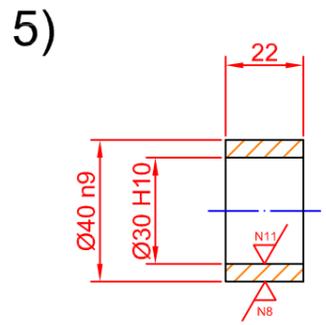
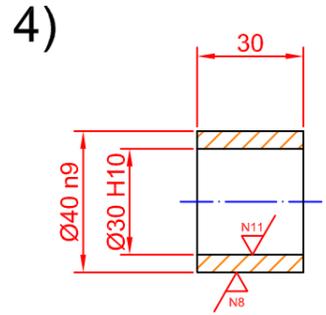
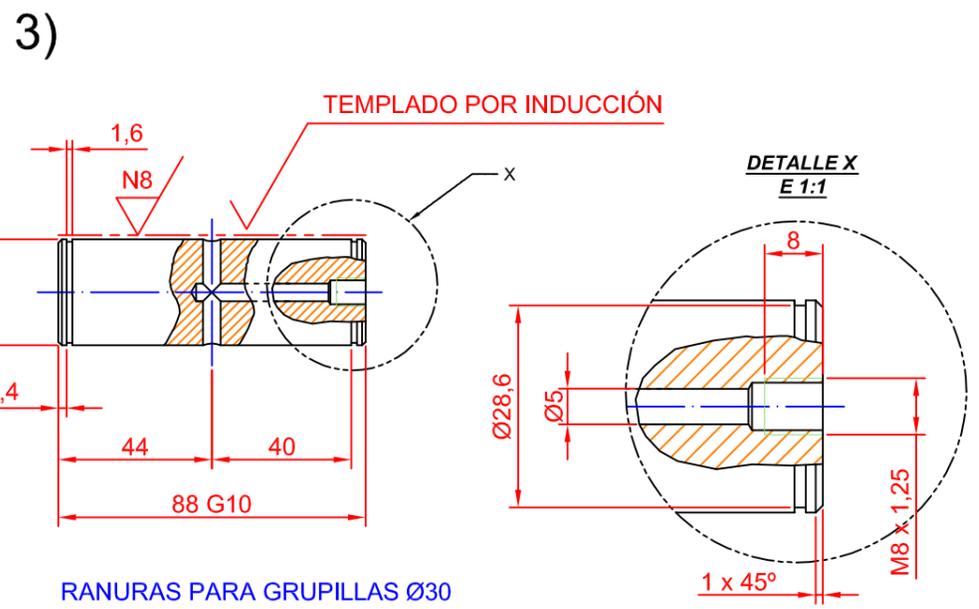
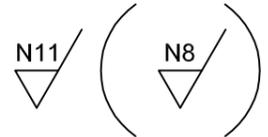
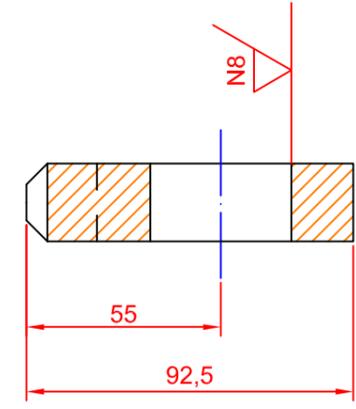
2	Bulón central	SCL030602	Acero S 355	4
1	Larguero de acoplamiento	SCL030601	Acero S 355	4
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		
		PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>		
PLANO: <b>LARGUERO DE ACOPLAMIENTO Y BULÓN CENTRAL</b>		REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	FIRMA:	
FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:		
01/09/2013	1:2	0306		



Corte AA'



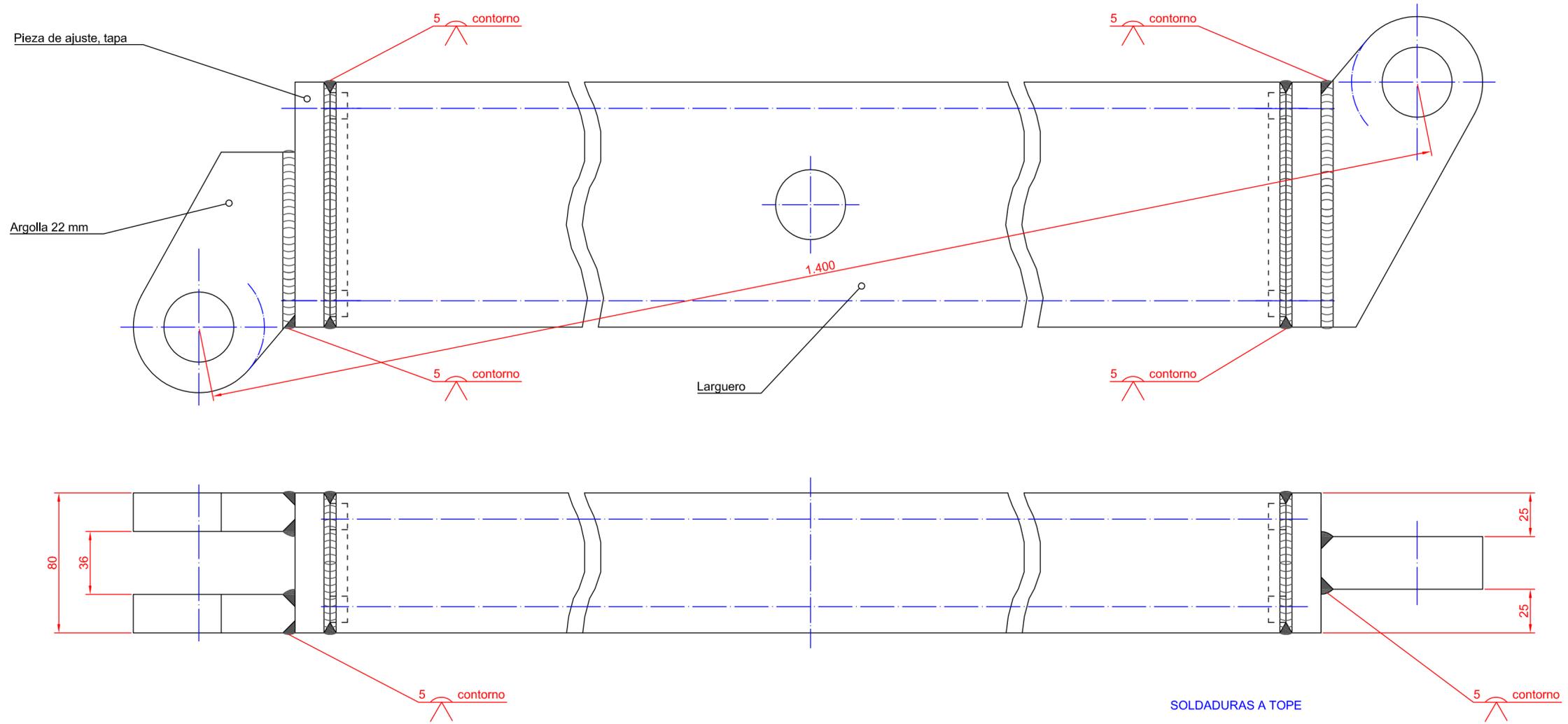
Corte BB'



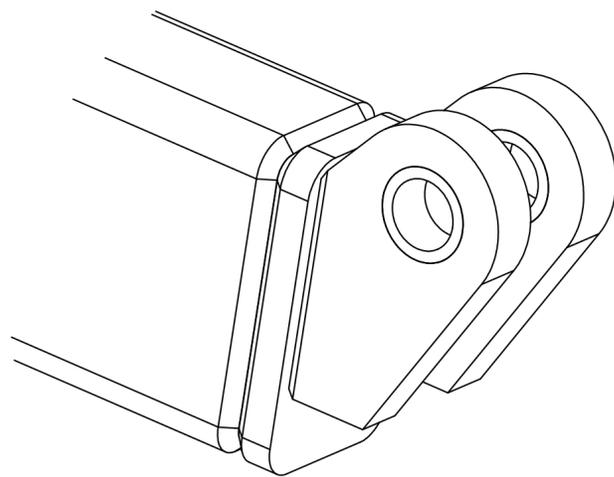
5	Casquillo 40 x 22	SCL030705	Bronce	32
4	Casquillo 40 x 30	SCL030704	Bronce	26
3	Bulón argollas centrales 30 x 88	SCL030703	Acero S 355	14
2	Argolla 22 mm	SCL030702	Acero S 355	24
1	Argolla 30 mm	SCL030701	Acero S 355	20
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES			
		PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>		REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>CONJUNTO ARGOLLAS - CASQUILLOS - BULÓN</b>		FIRMA:	FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:2	Nº PLANO: 0307

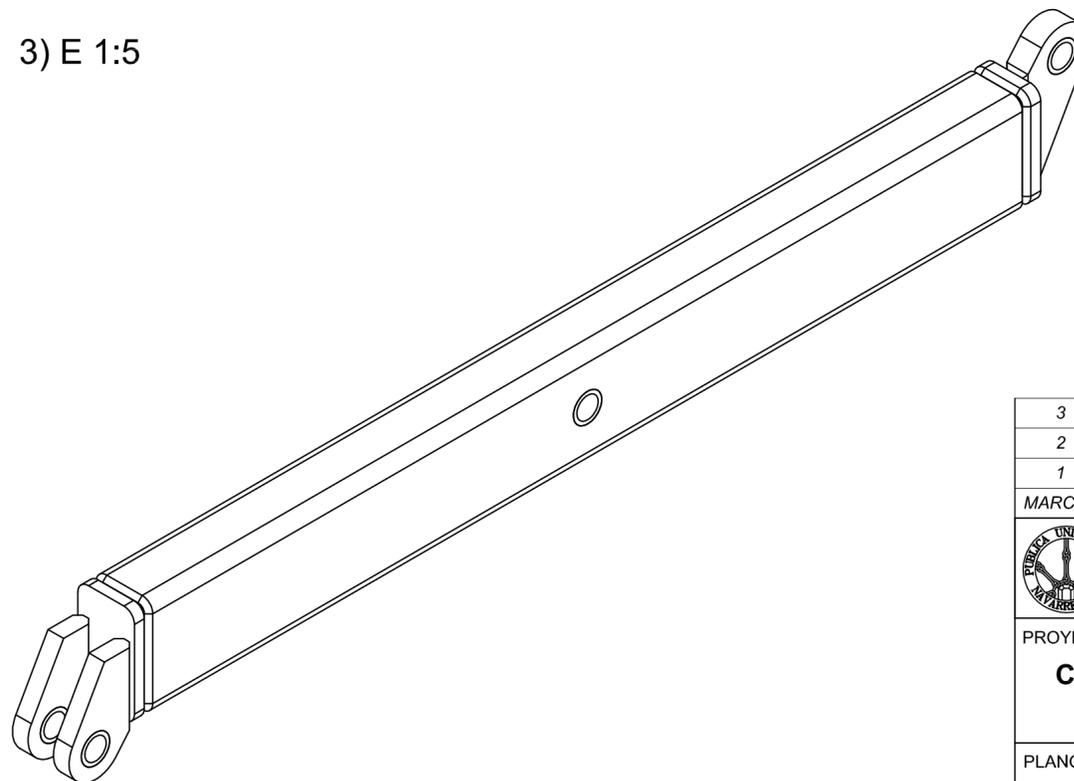
1)



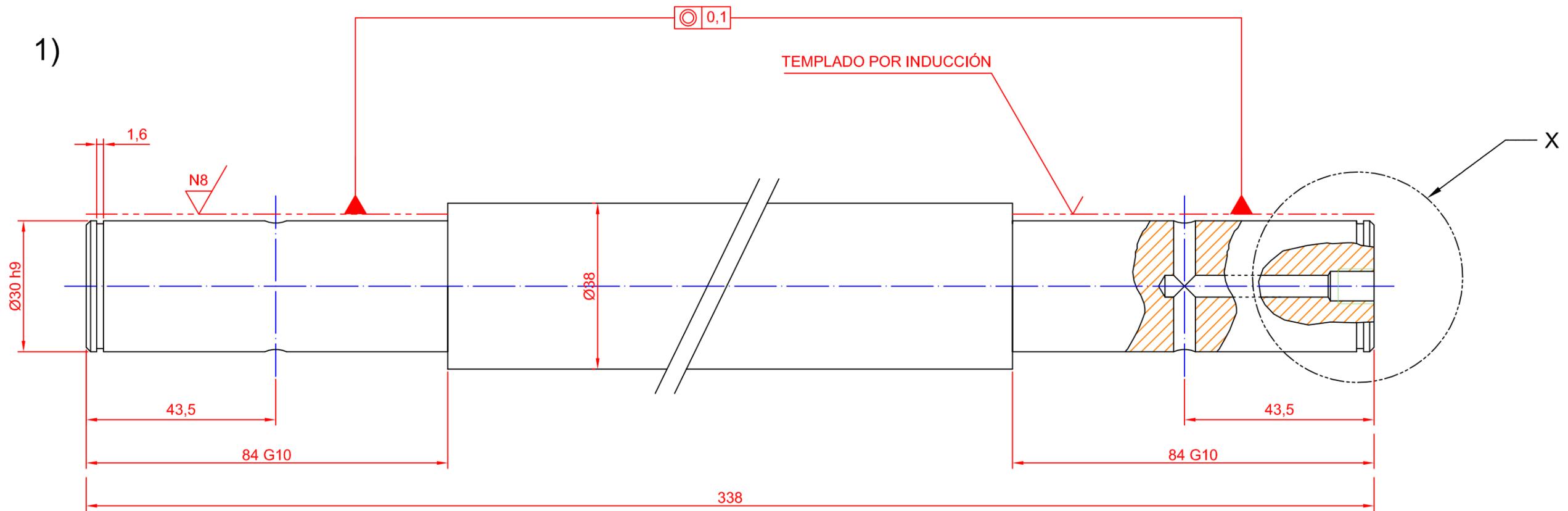
2) E 1:2



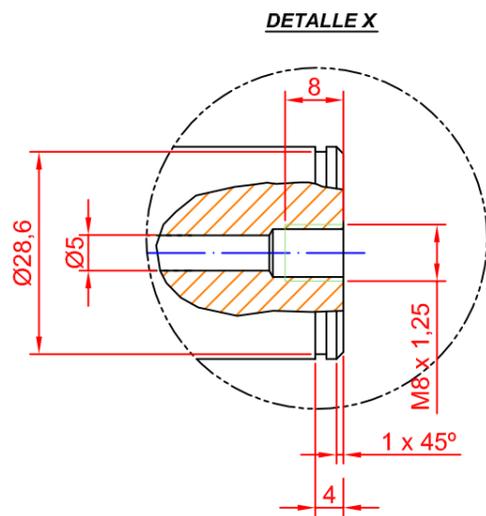
3) E 1:5



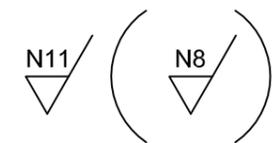
3	Vista tridimensional montaje largueros			
2	Detalle argollas 22 mm			
1	Conjunto soldado de larguero	SCL030801	Acero S 355	
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>MONTAJE LARGUERO ARGOLLAS</b>			FIRMA:	
	FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:2	Nº PLANO: 0308	



TEMPLADO Y AJUSTE A AMBOS LADOS

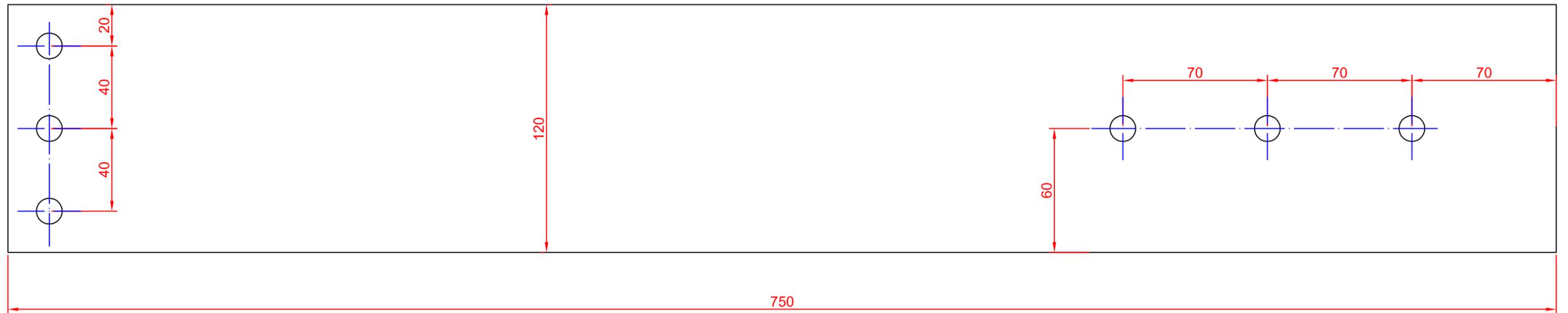


RANURAS PARA GRUPILLAS  $\varnothing 30$

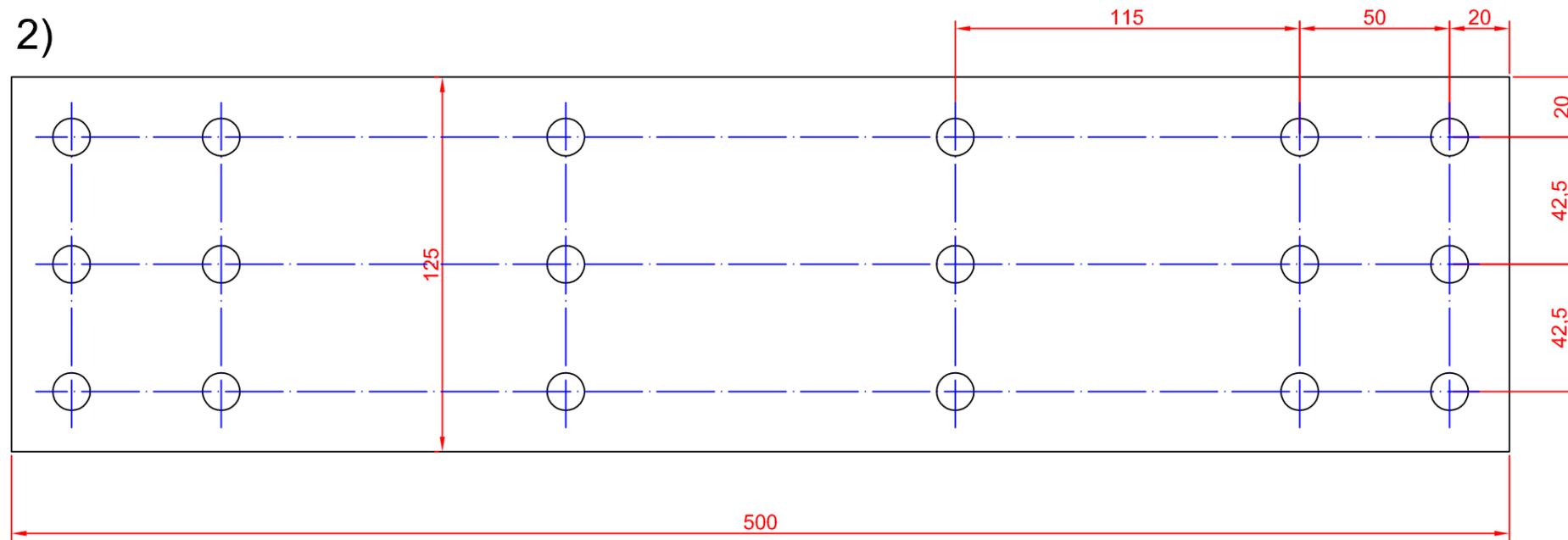


1	Bulón de equilibrio	SCL031001	Acero S 355	2
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	<b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>BULÓN DE EQUILIBRIO PARA ARGOLLAS CENTRALES</b>			FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:1
			Nº PLANO: 0310	

1)

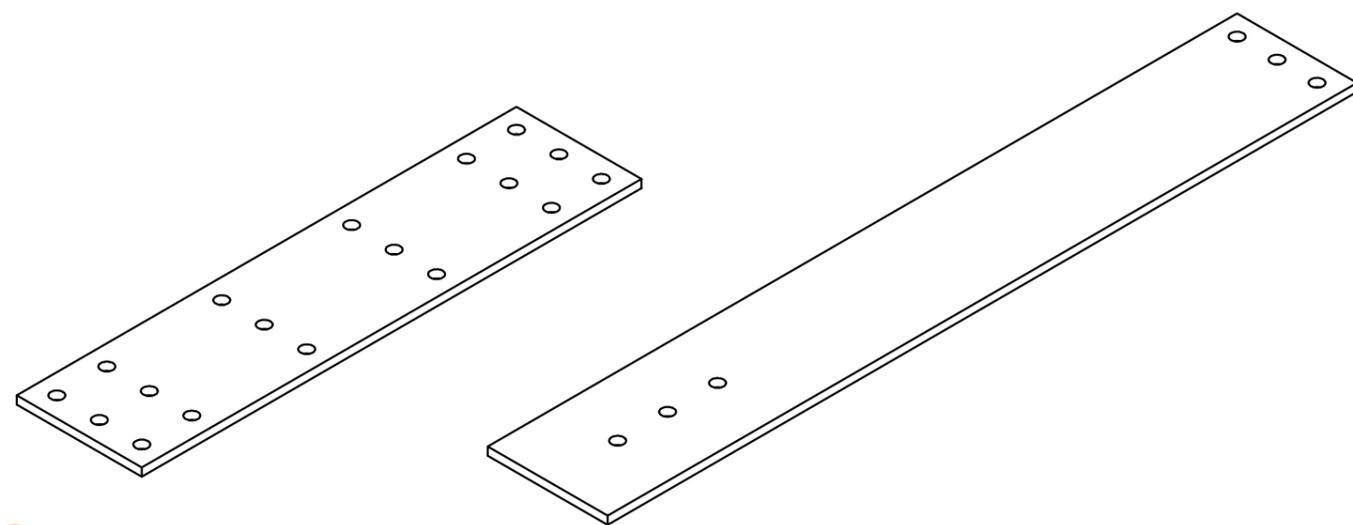


2)



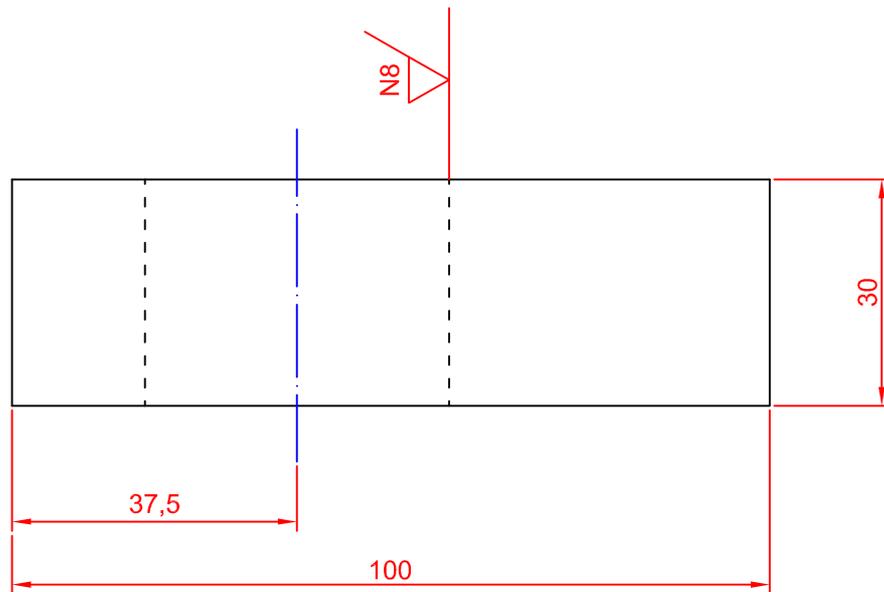
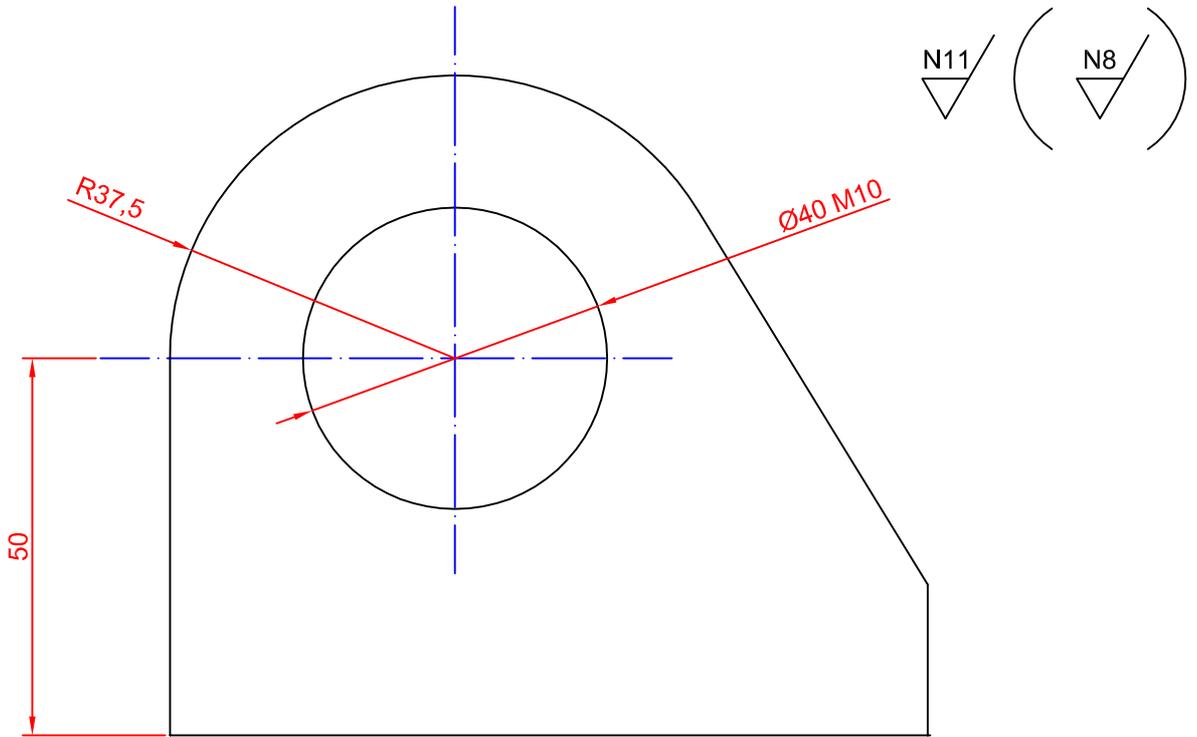
TODOS LOS AGUJEROS Ø12,5 PASANTES  
 ESPESOR 8 mm (PERFILES 120 x 8 y 125 x 8)  
 ARISTAS LIBRES DE REBABAS

N11



2	Chapa apoyo cilindro	SCL031502	Acero S 355	2	
1	Chapa apoyo rodadura	SCL031501	Acero S 355	3	
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS	
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES			
		PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>		REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>ELEMENTOS DE APOYO ESTRUCTURA - SUELO</b>		FIRMA:	FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:2	Nº PLANO: 0315

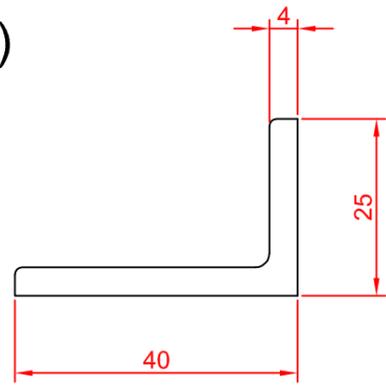
1)



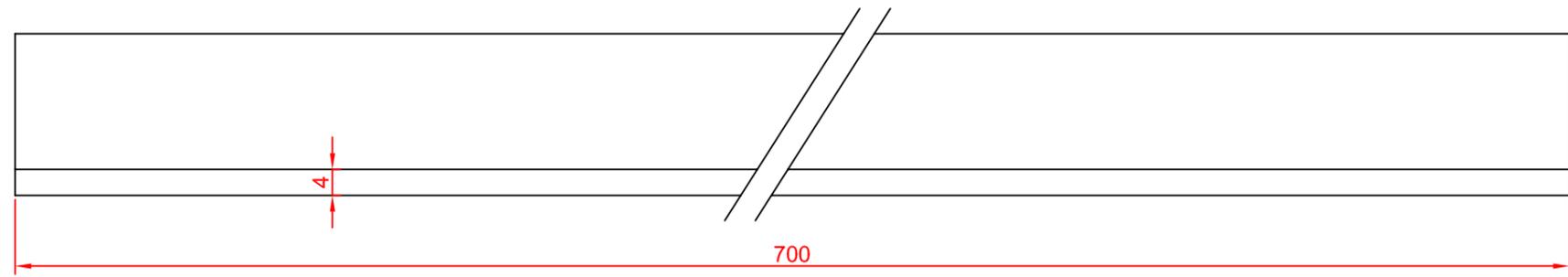
TEMPLADO POR INDUCCIÓN

1	Argolla apoyo suelo	SCL031601	Acero S 355	6
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
	Universidad Pública de Navarra	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>	
	Nafarroako Unibertsitate Publikoa			
<b>PROYECTO:</b> <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			<b>REALIZADO:</b> <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
<b>PLANO:</b> <b>ARGOLLAS PARA APOYO SUELO</b>			<b>FIRMA:</b>	<b>FECHA:</b> <b>01/09/2013</b>
			<b>ESCALA:</b> <b>1:1</b>	<b>Nº PLANO:</b> <b>0316</b>

1)

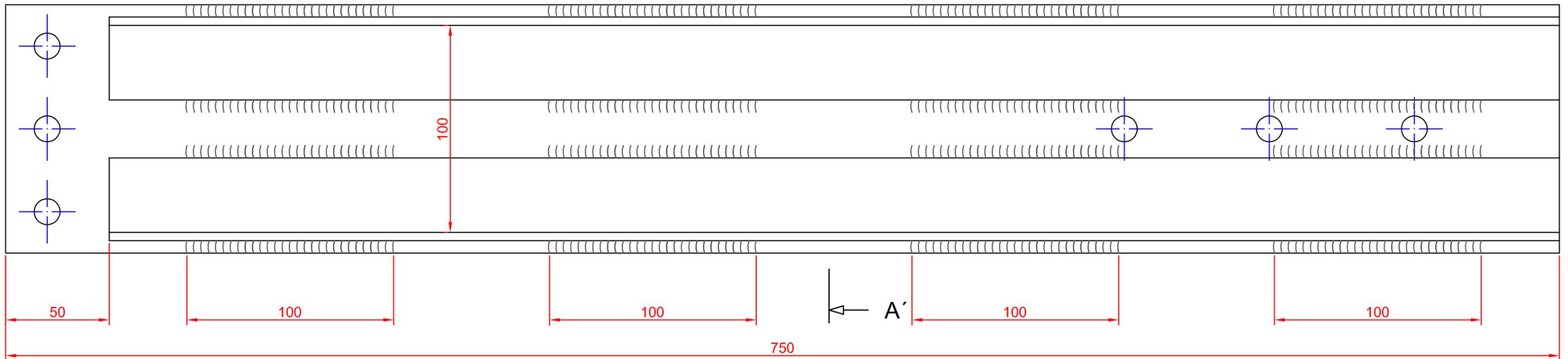


PERFIL EN "L" NORMALIZADO

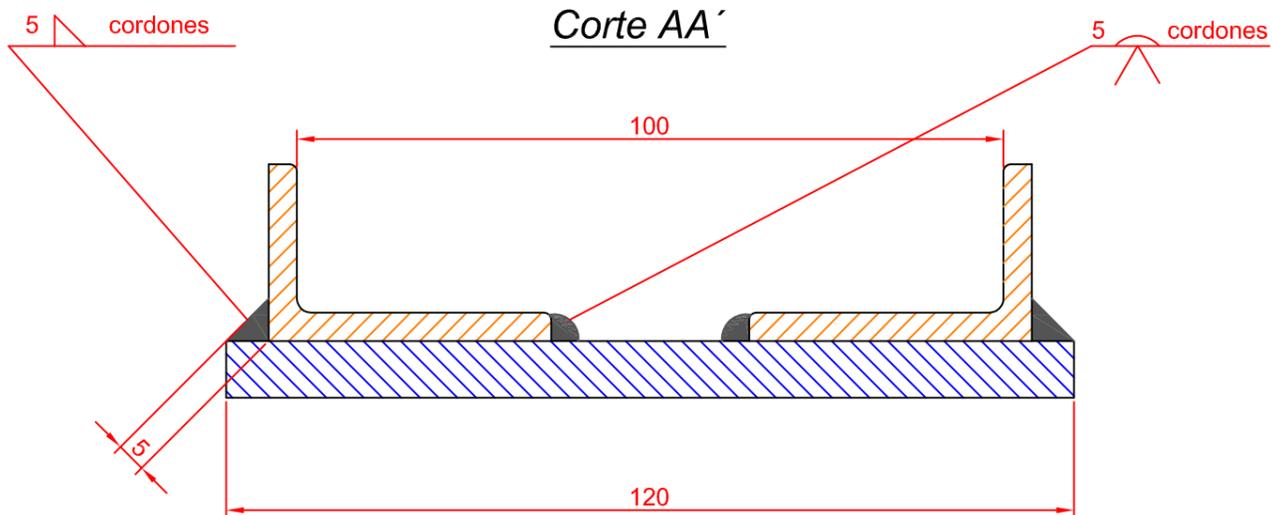


2) E 1:2

A

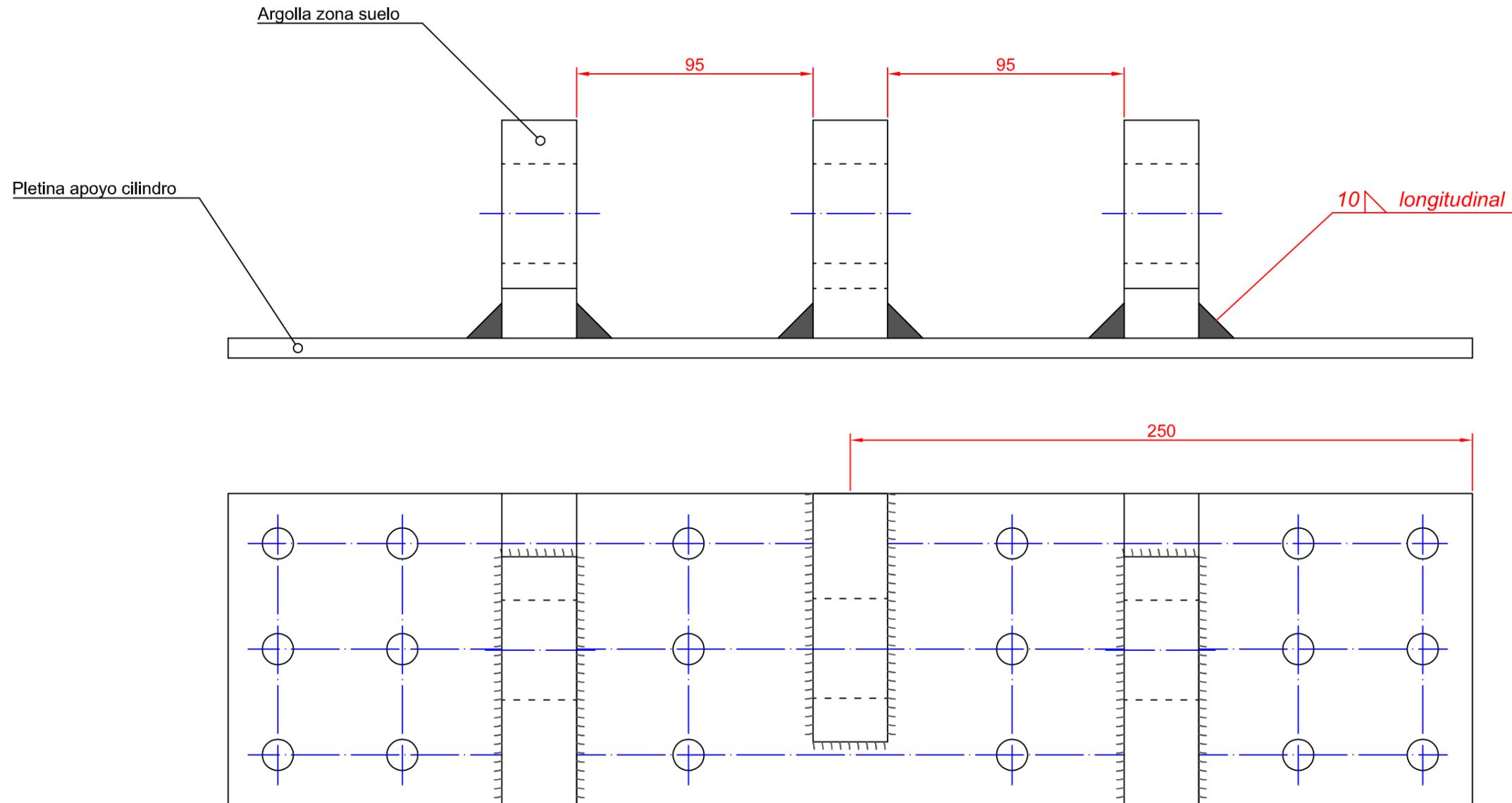


Corte AA'

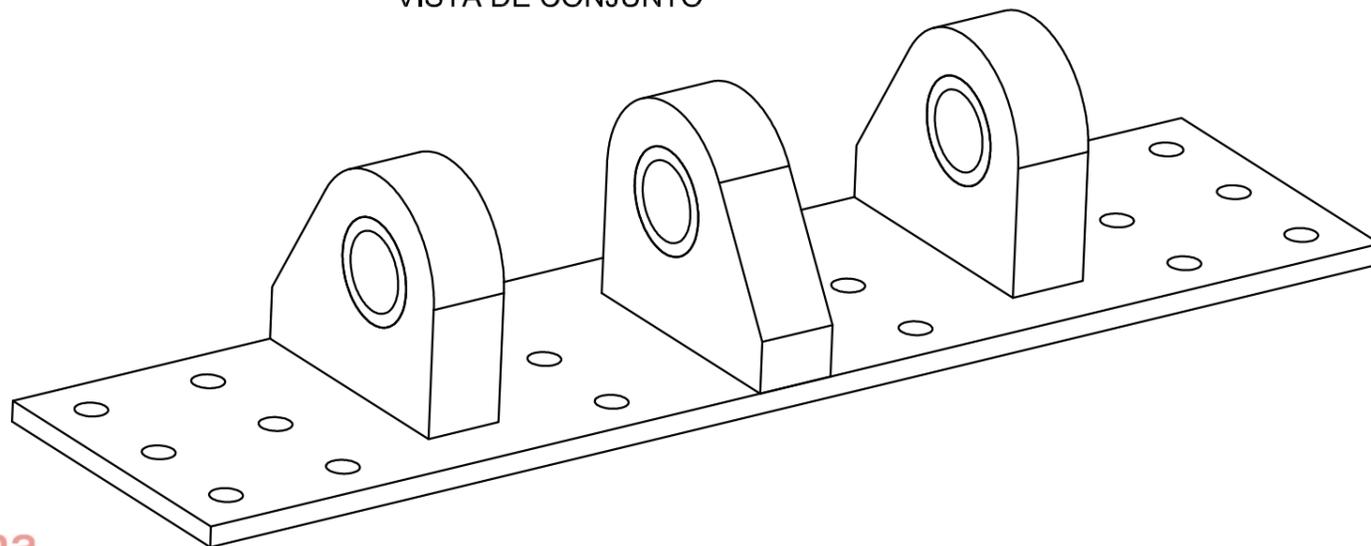


2	Conjunto soldado rail suelo	SCL032002	Acero S 355	4	
1	Perfil en "L"	SCL032001	Acero S 355	16	
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS	
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES			
		PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>		REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>SOLDADURA PARA APOYO DE RODADURA</b>		FIRMA:	FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:1	Nº PLANO: 0320

1)

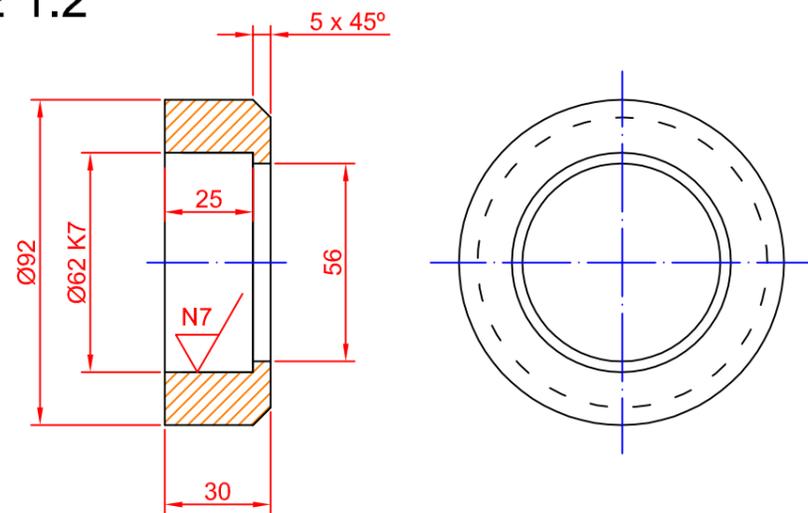


VISTA DE CONJUNTO

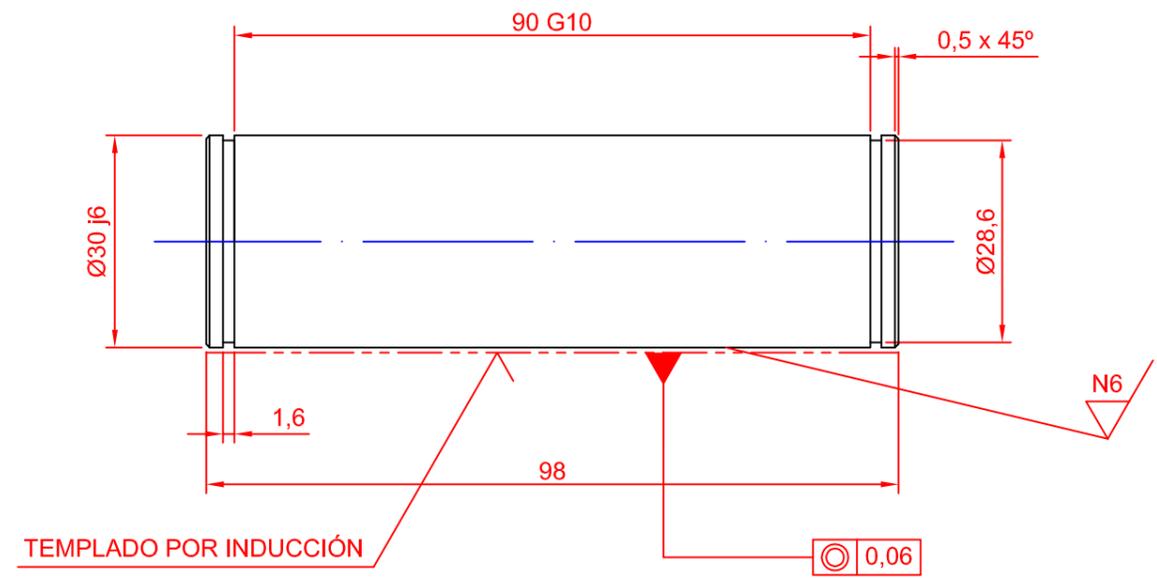


1	Conjunto soldador pletina suelo argollas	SCL031701		
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>MONTAJE ARGOLLAS EN PLETINA DE SUELO</b>			FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:2
			Nº PLANO: 0321	

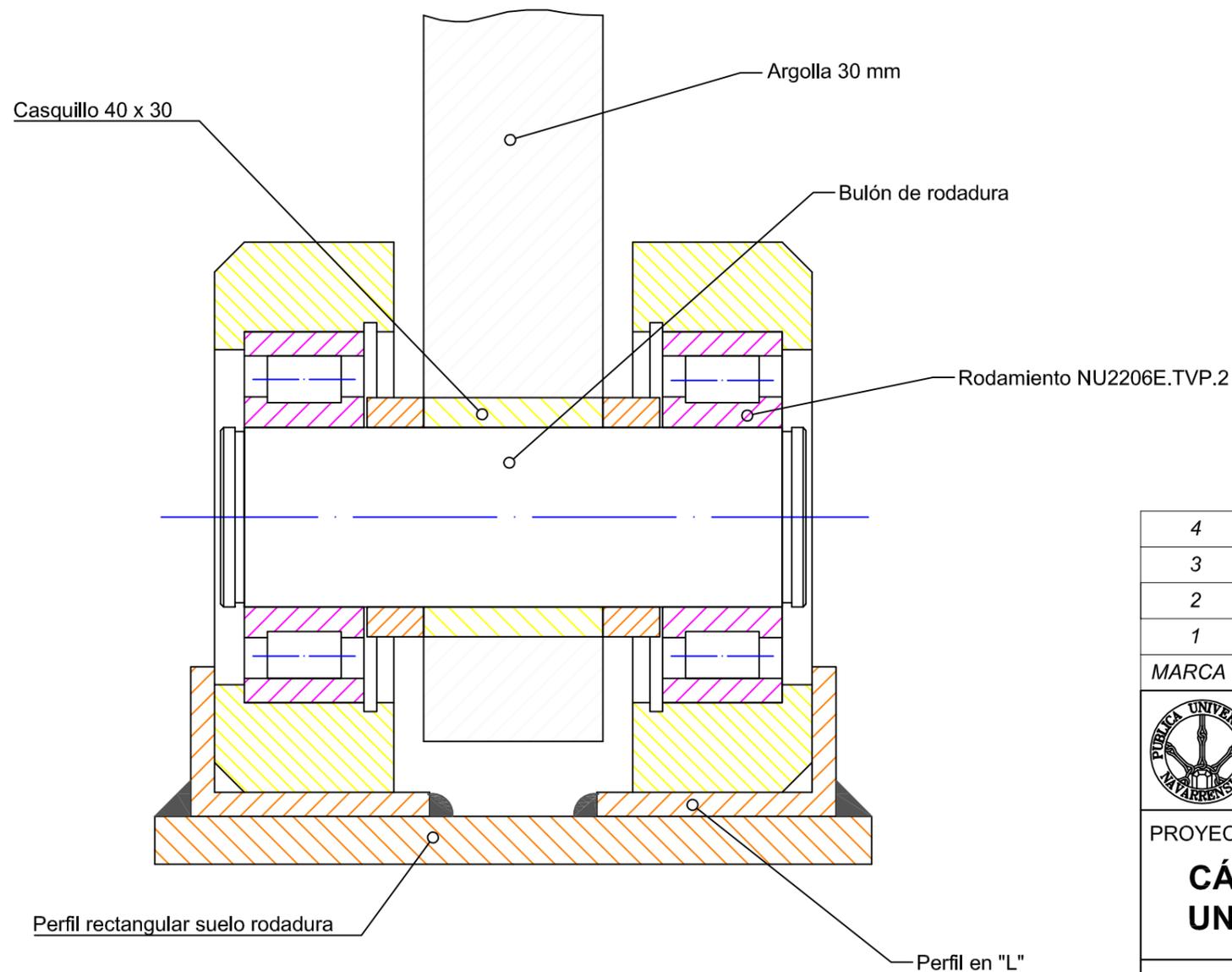
1) E 1:2



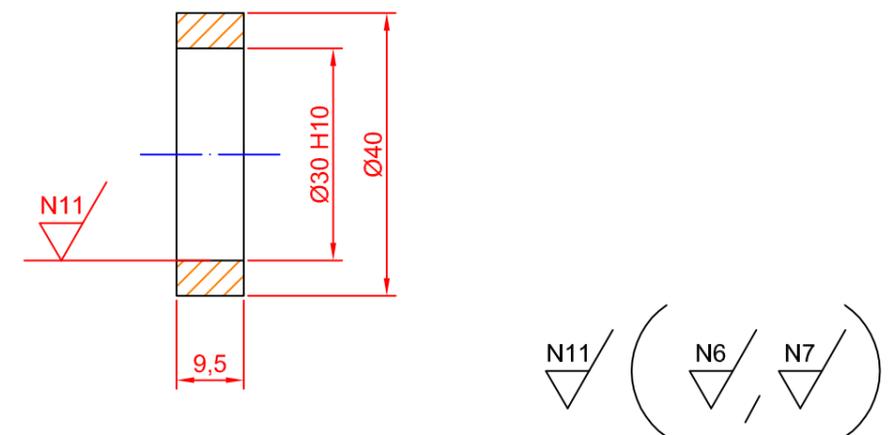
2)



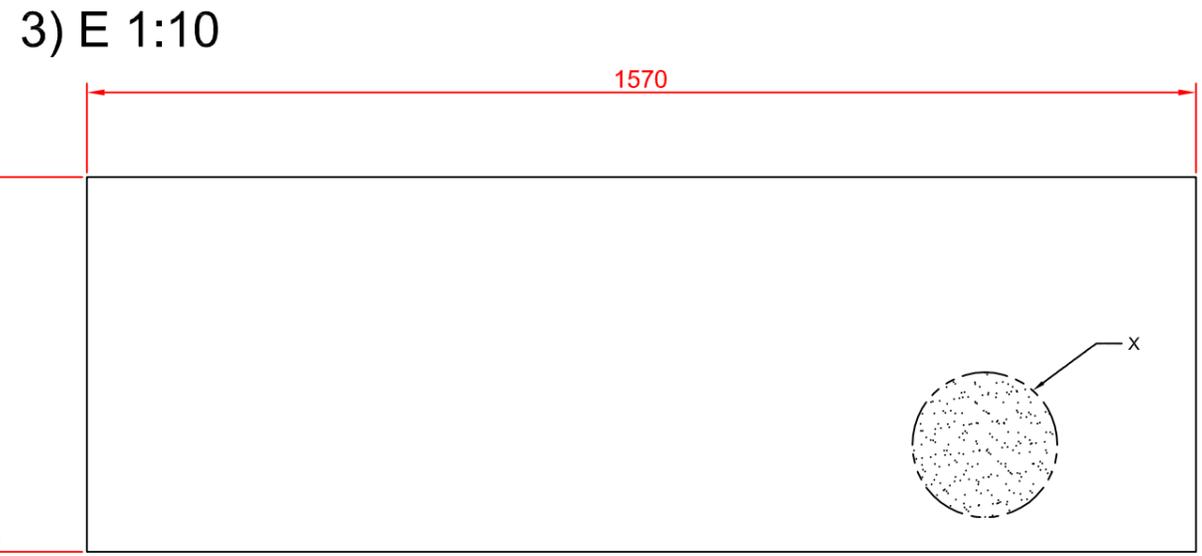
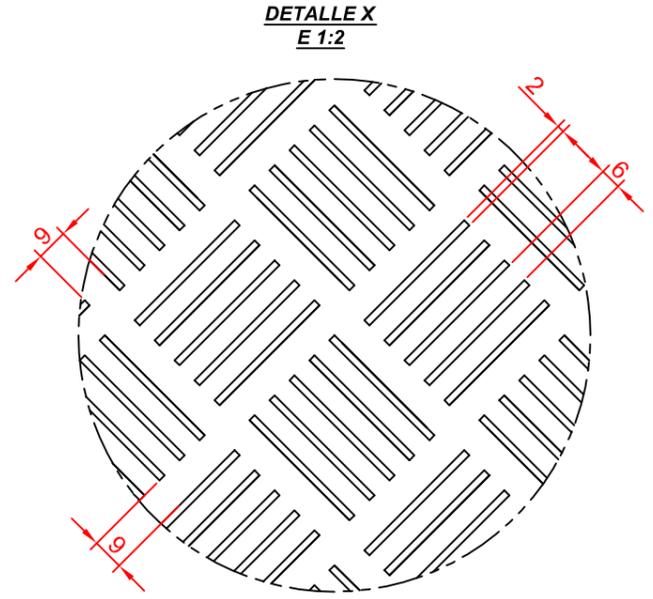
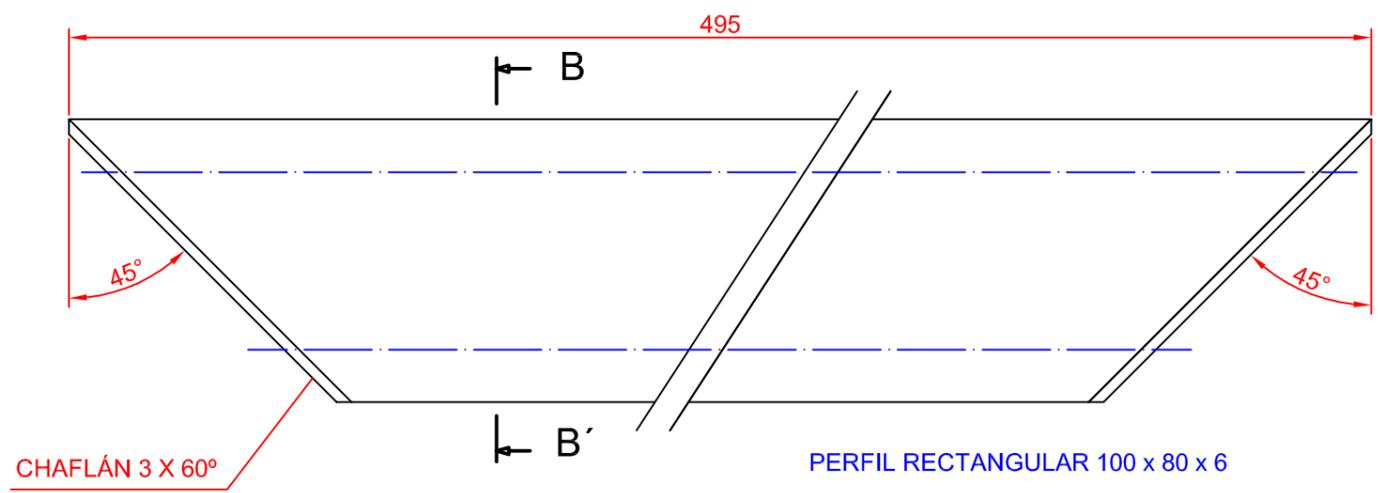
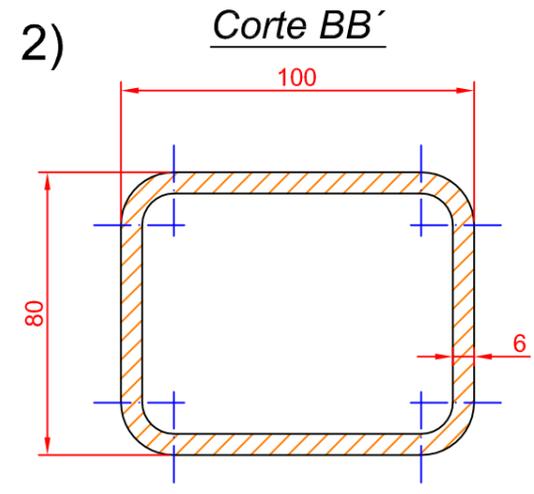
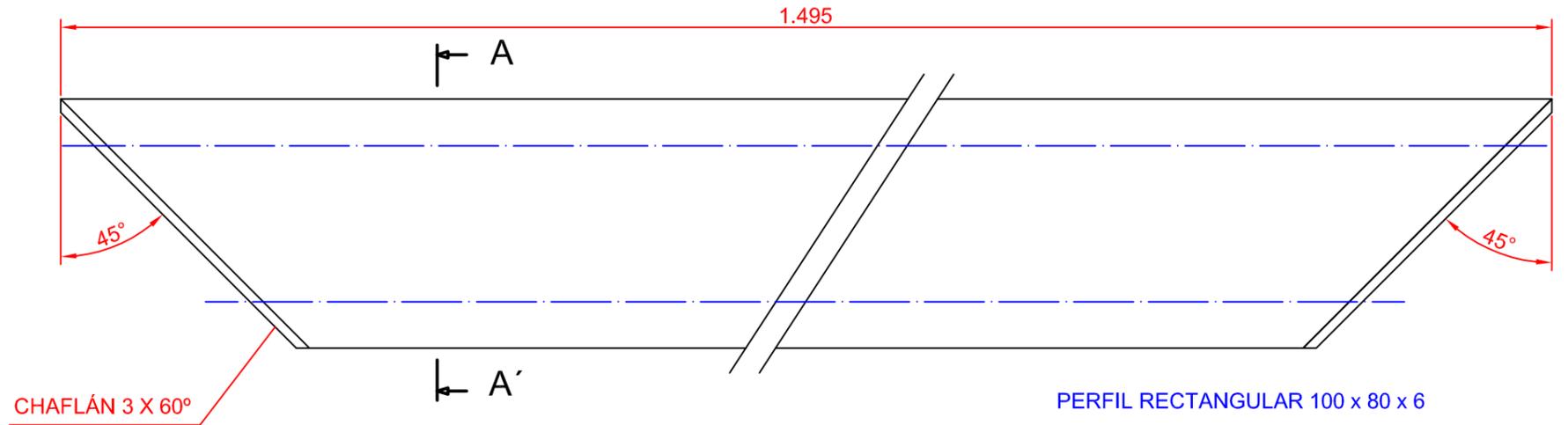
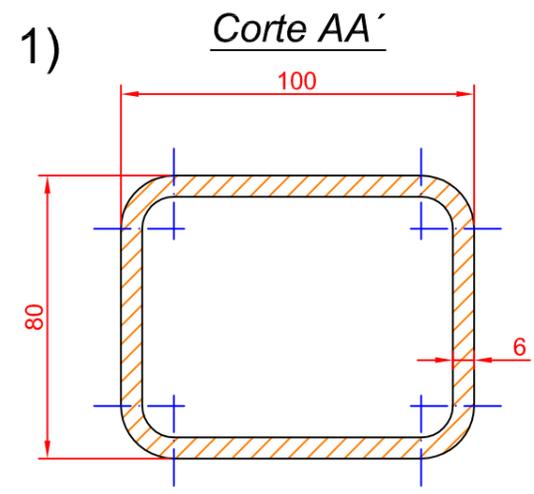
4)



3)



4	Montaje de corredera				
3	Casquillo tope 40 x 19,5	SCL032503	Bronce	32	
2	Bulón de corredera	SCL032502	Acero S 355	16	
1	Rueda	SCL032501	Acero S 355	32	
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS	
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES			
		PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>		REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>CONJUNTO CORREDERA APOYO SUELO</b>		FIRMA:	FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:1	Nº PLANO: 0325



CHAPA DE ESPESOR 7 mm CON HUELLA ESTAMPADA

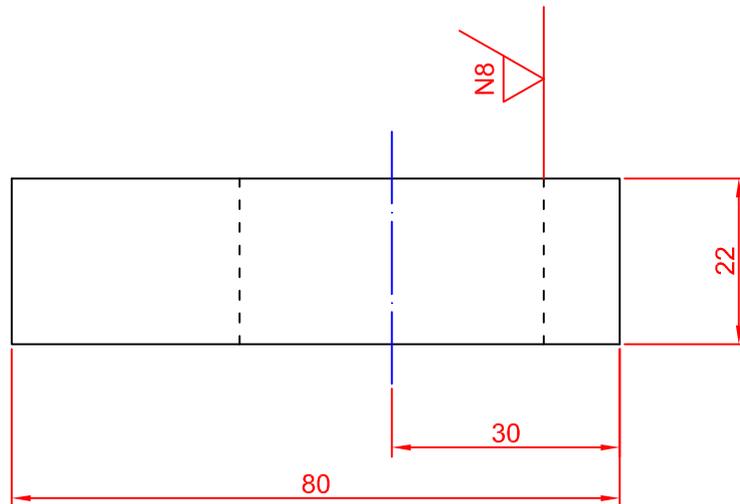
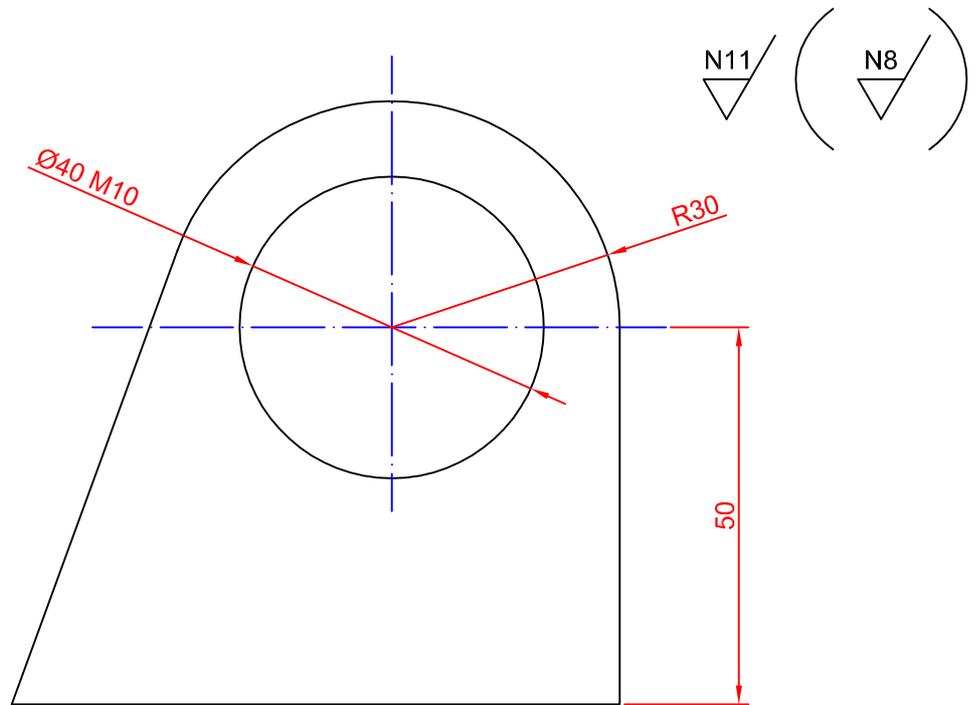
3	Chapa de plataforma	SCL033003	Acero S 355	2
2	Larguero plataforma corto	SCL033002	Acero S 355	4
1	Larguero plataforma largo	SCL033001	Acero S 355	4
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES

PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>	REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>
FIRMA:	

PLANO:	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
<b>COMPONENTES DE LA PLATAFORMA SUPERIOR</b>	01/09/2013	1:2	0330

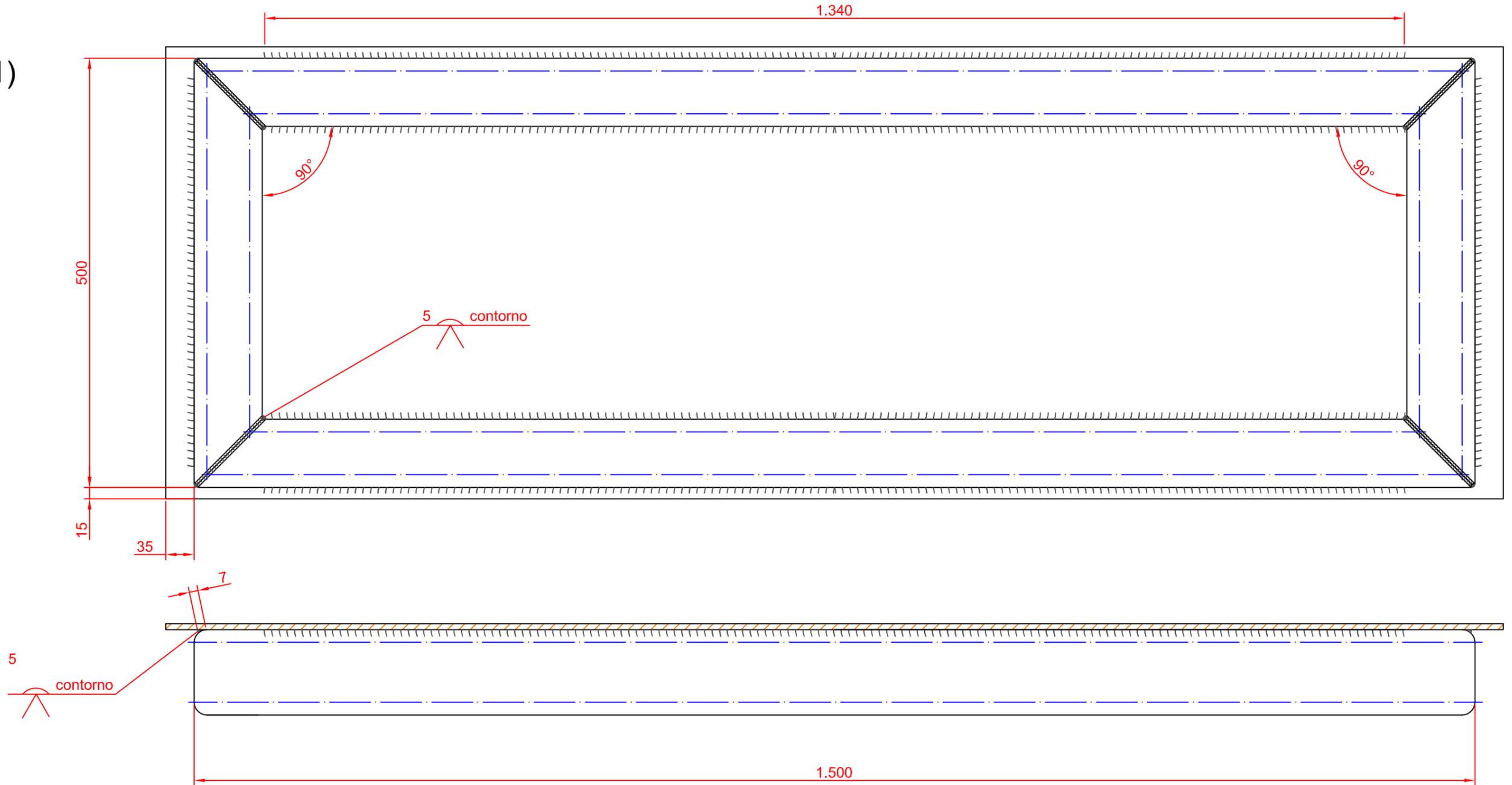
1)



TEMPLADO POR INDUCCIÓN

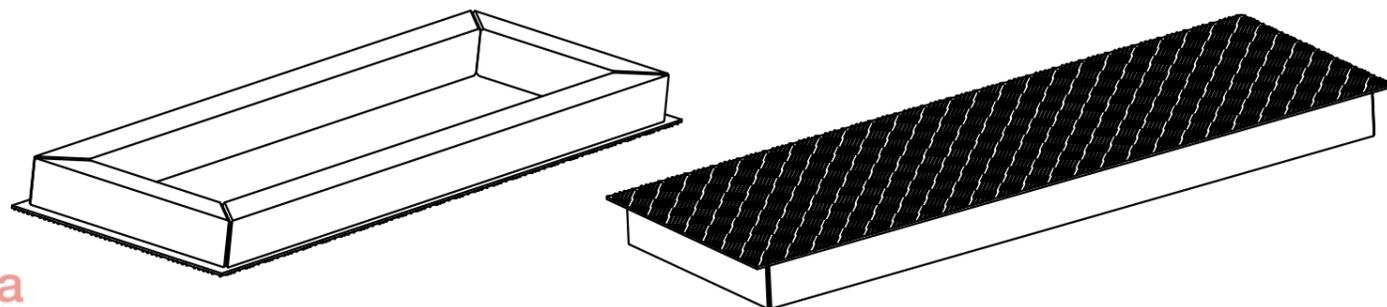
1	Argolla plataforma superior	SCL033101	Acero S 355	8	
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS	
	Universidad Pública de Navarra	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>		
	Nafarroako Unibertsitate Publikoa				
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>		
			FIRMA:		
PLANO: <b>ARGOLLAS PARA PLATAFORMA</b>			FECHA: <b>01/09/2013</b>	ESCALA: <b>1:1</b>	Nº PLANO: <b>0331</b>

1)



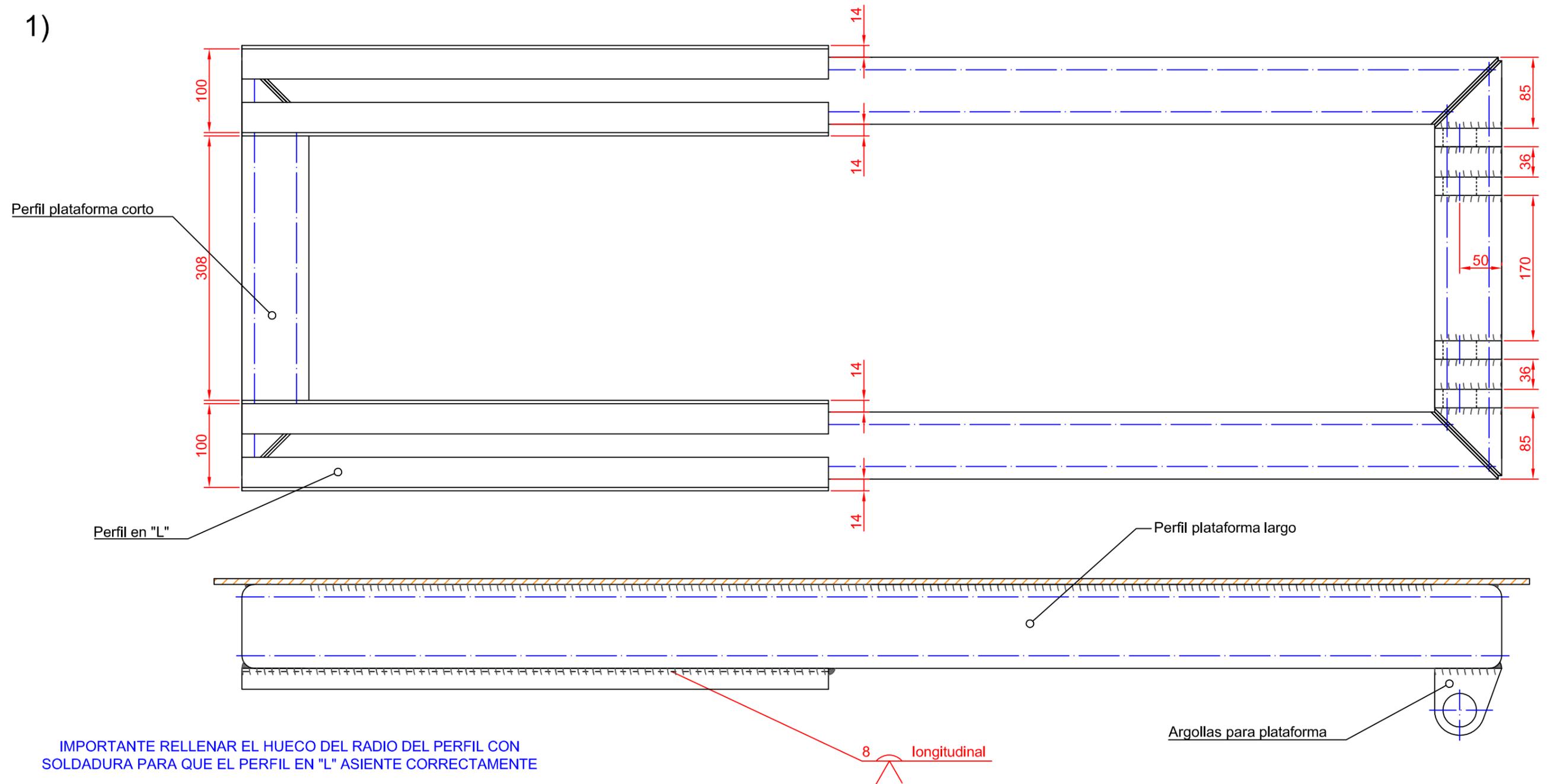
VISTA INFERIOR

VISTA SUPERIOR

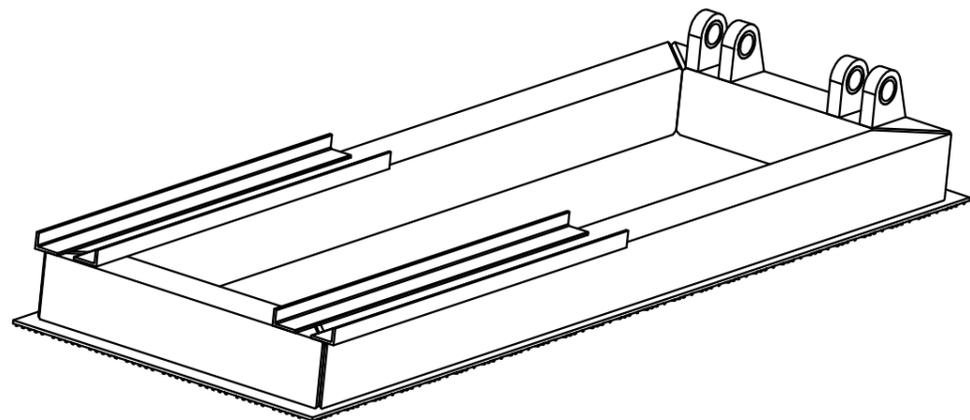


1	Conjunto plataforma superior soldado	SCL033501		
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES		
		PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>		REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>
PLANO: <b>MONTAJE PLATAFORMA SUPERIOR I</b>			FIRMA:	FECHA: 01/09/2013
			ESCALA: 1:5	Nº PLANO: 0335

1)

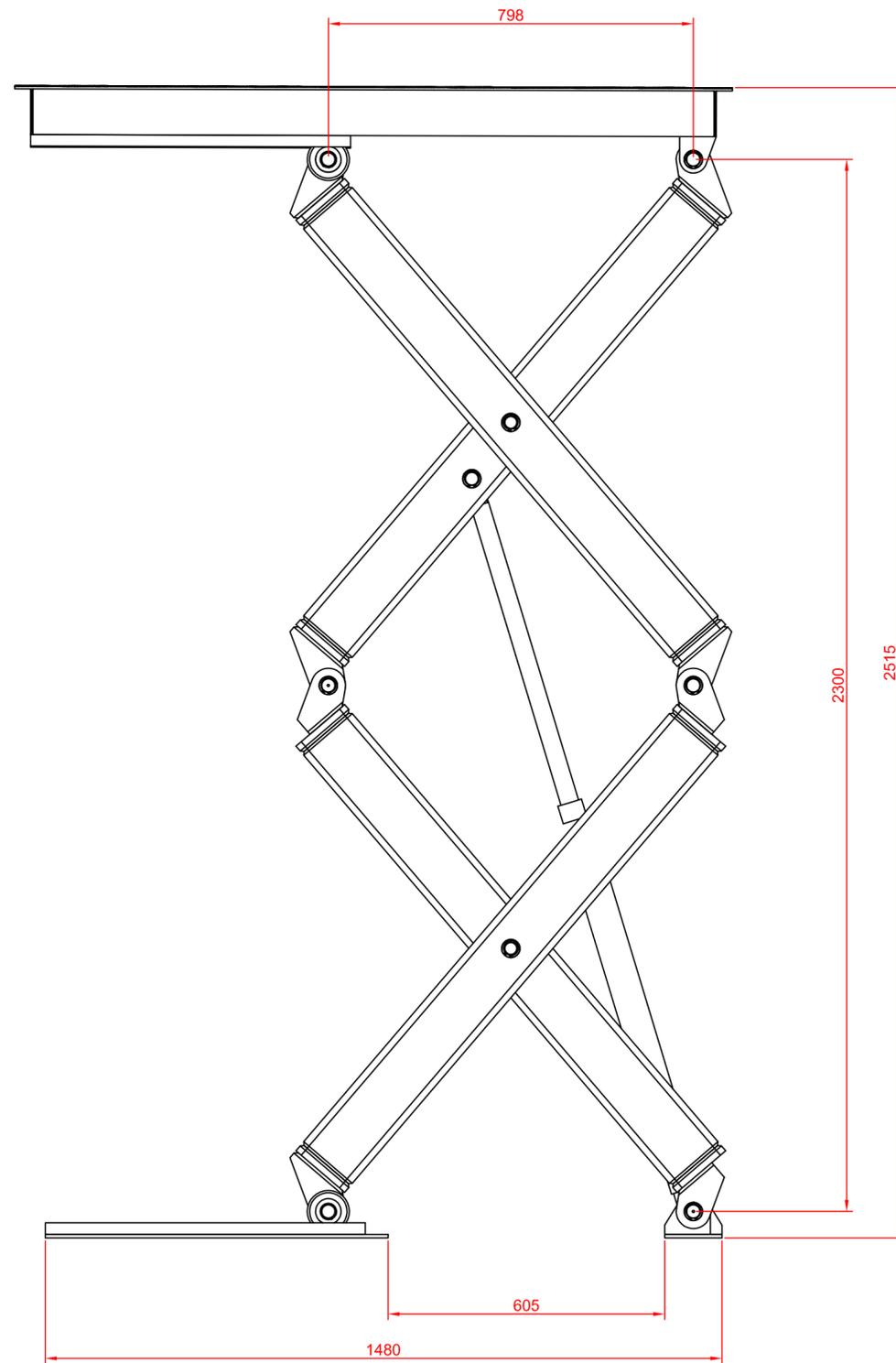


VISTA INFERIOR

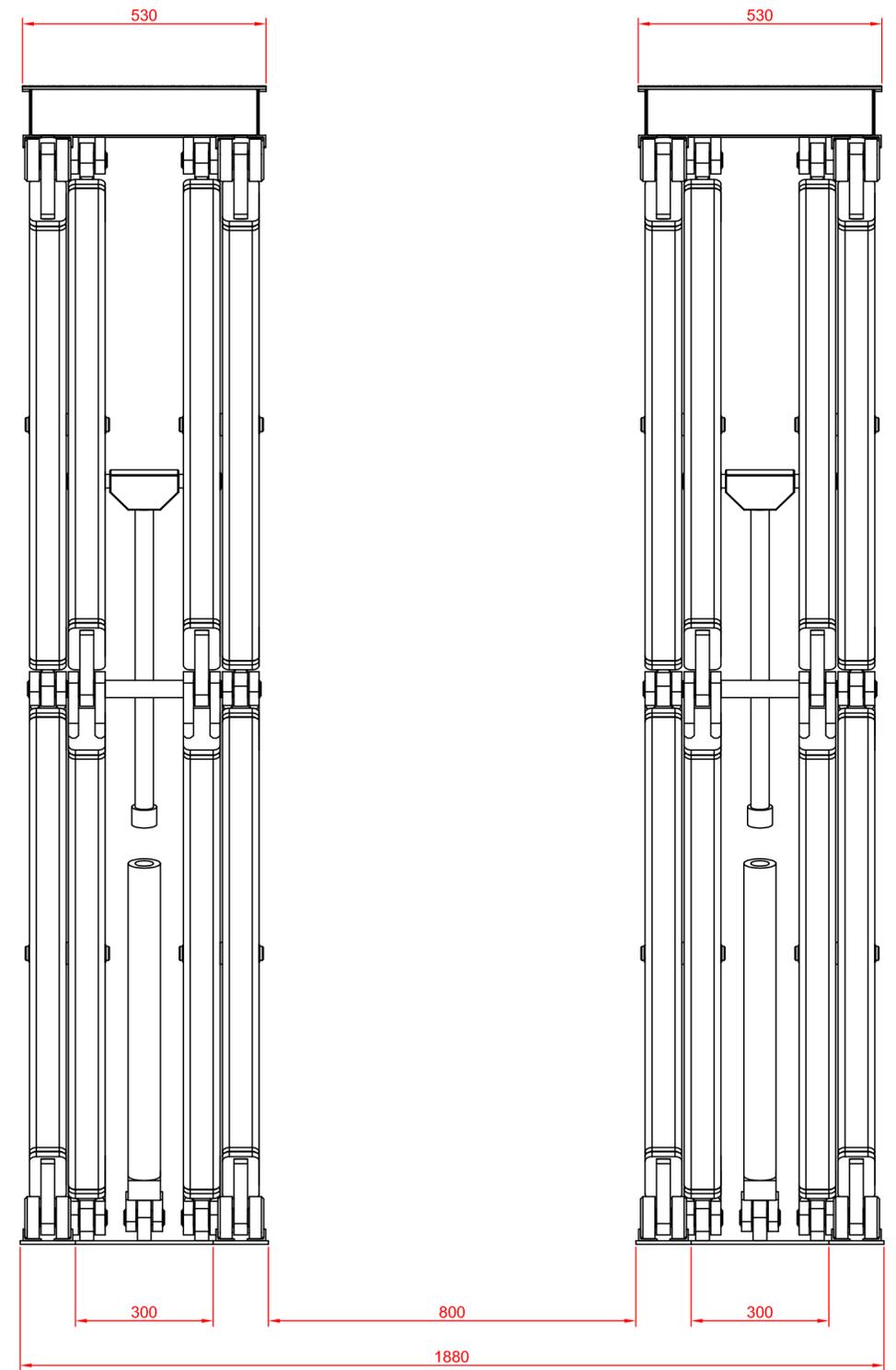


1	Conjunto plataforma superior soldado	SCL034001		
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>MONTAJE PLATAFORMA SUPERIOR II</b>			FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:5
			Nº PLANO: 0340	

1)

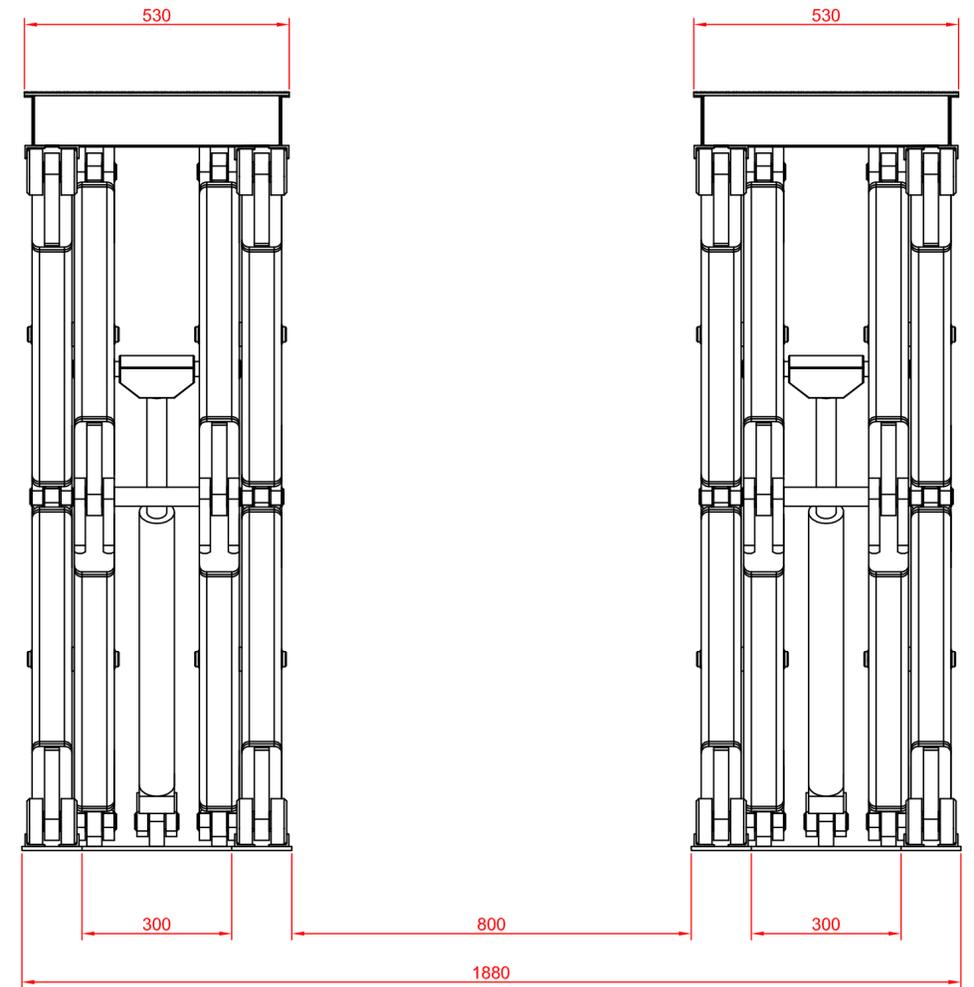
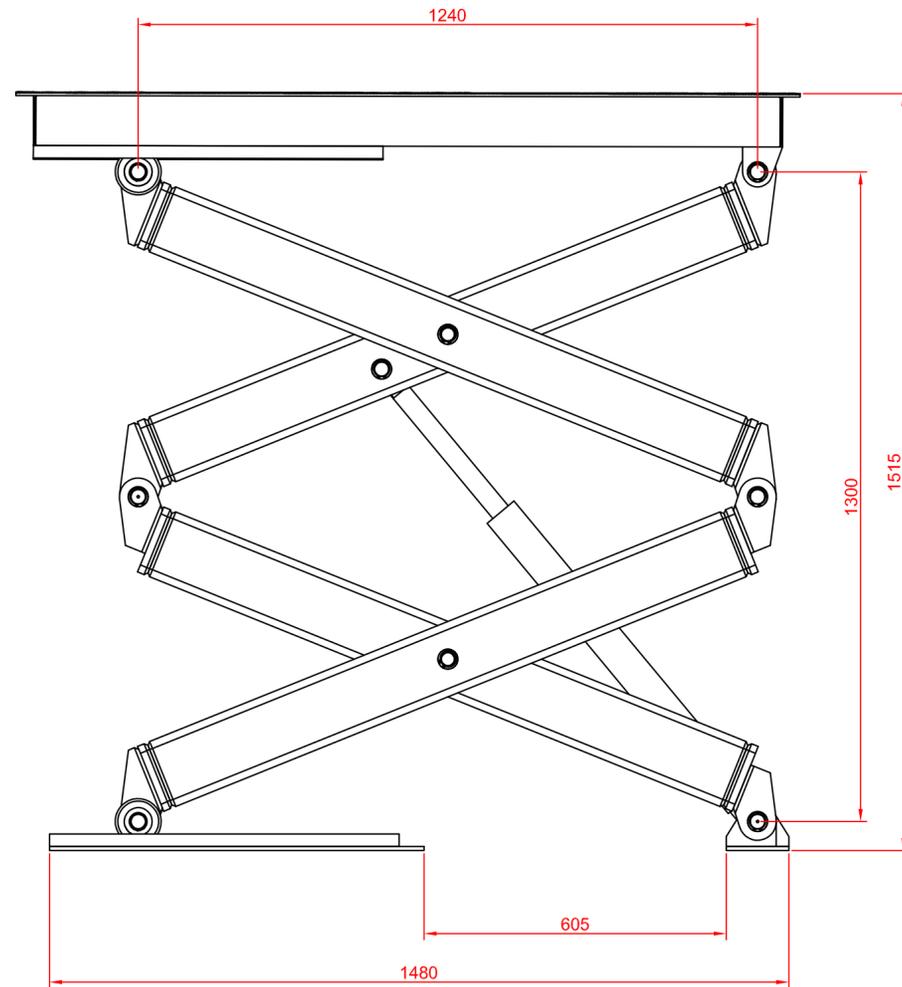


ELEVACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE ENTRE EJES 2.300 mm



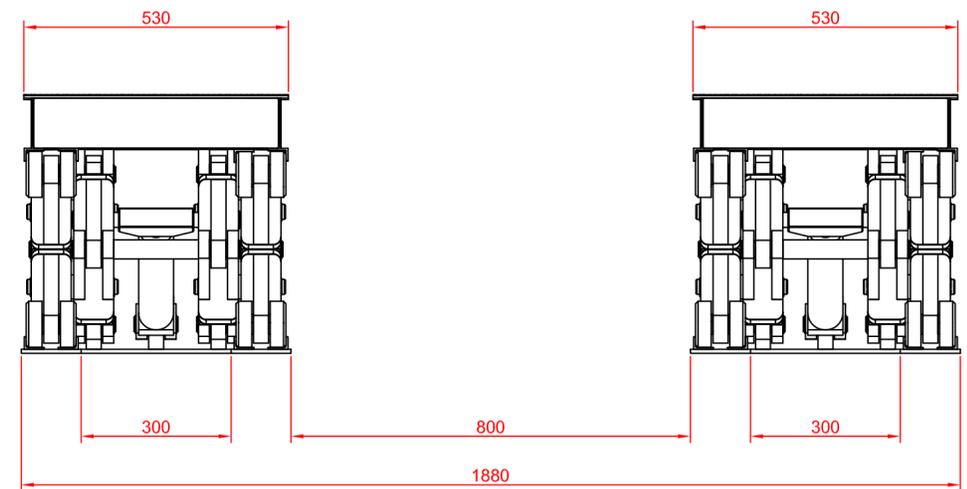
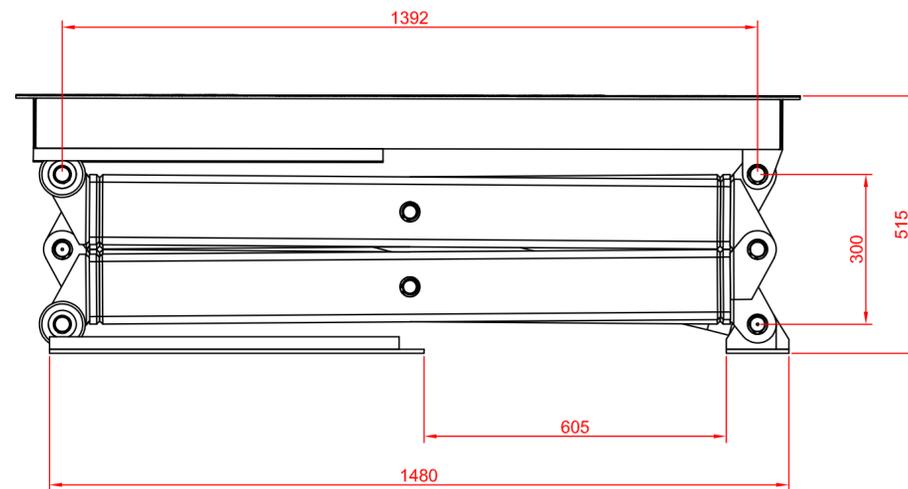
1	Elevador a 2.300 mm entre ejes			
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>ALZADOS I</b>			FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:10
			Nº PLANO: 0345	

1) ELEVACIÓN ENTRE EJES 1.300 mm

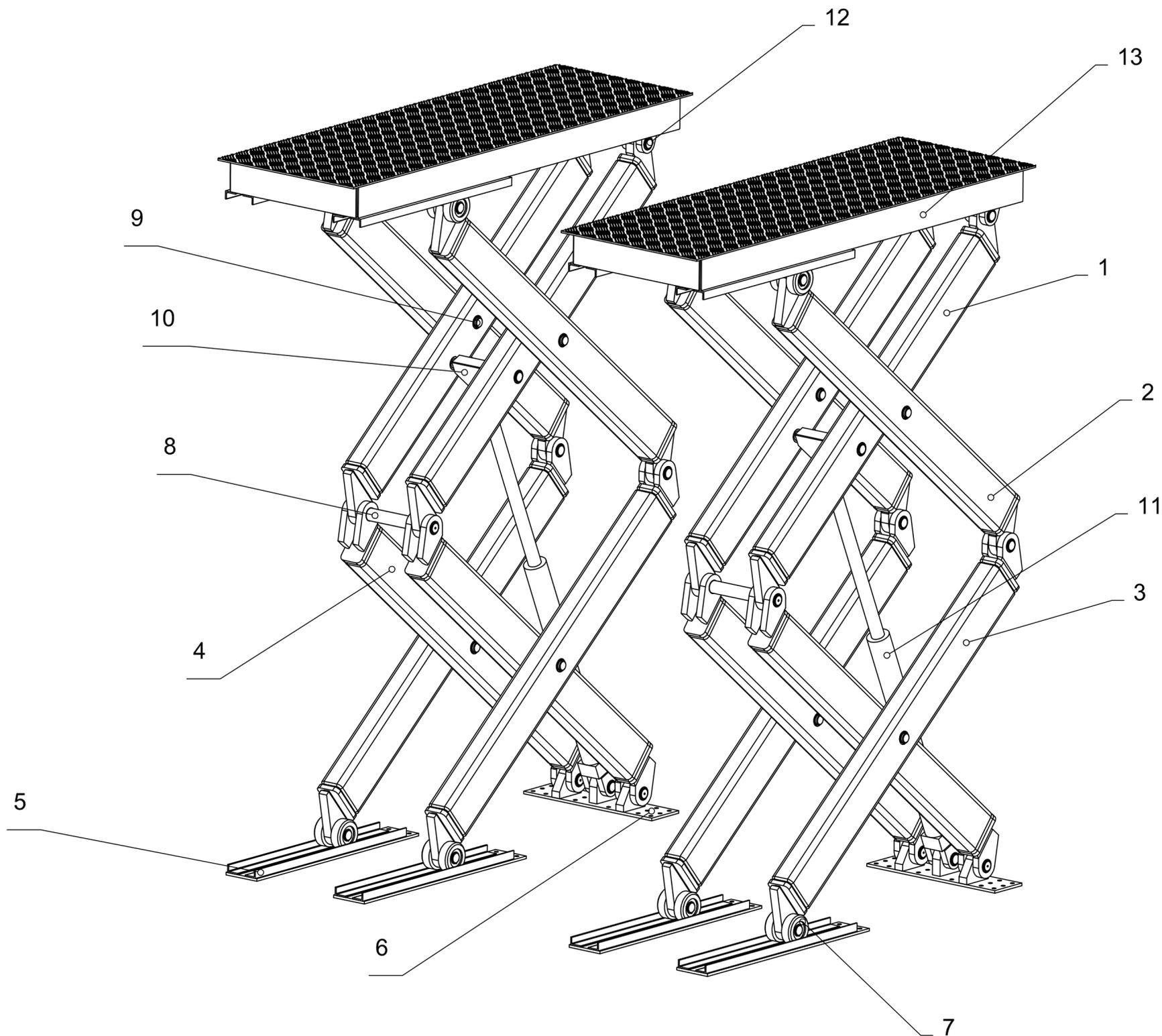


1	Elevador a 1.300 mm entre ejes			
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>ALZADOS II</b>			FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:10
			Nº PLANO: 0350	

1) ELEVACIÓN ENTRE EJES 300 mm.

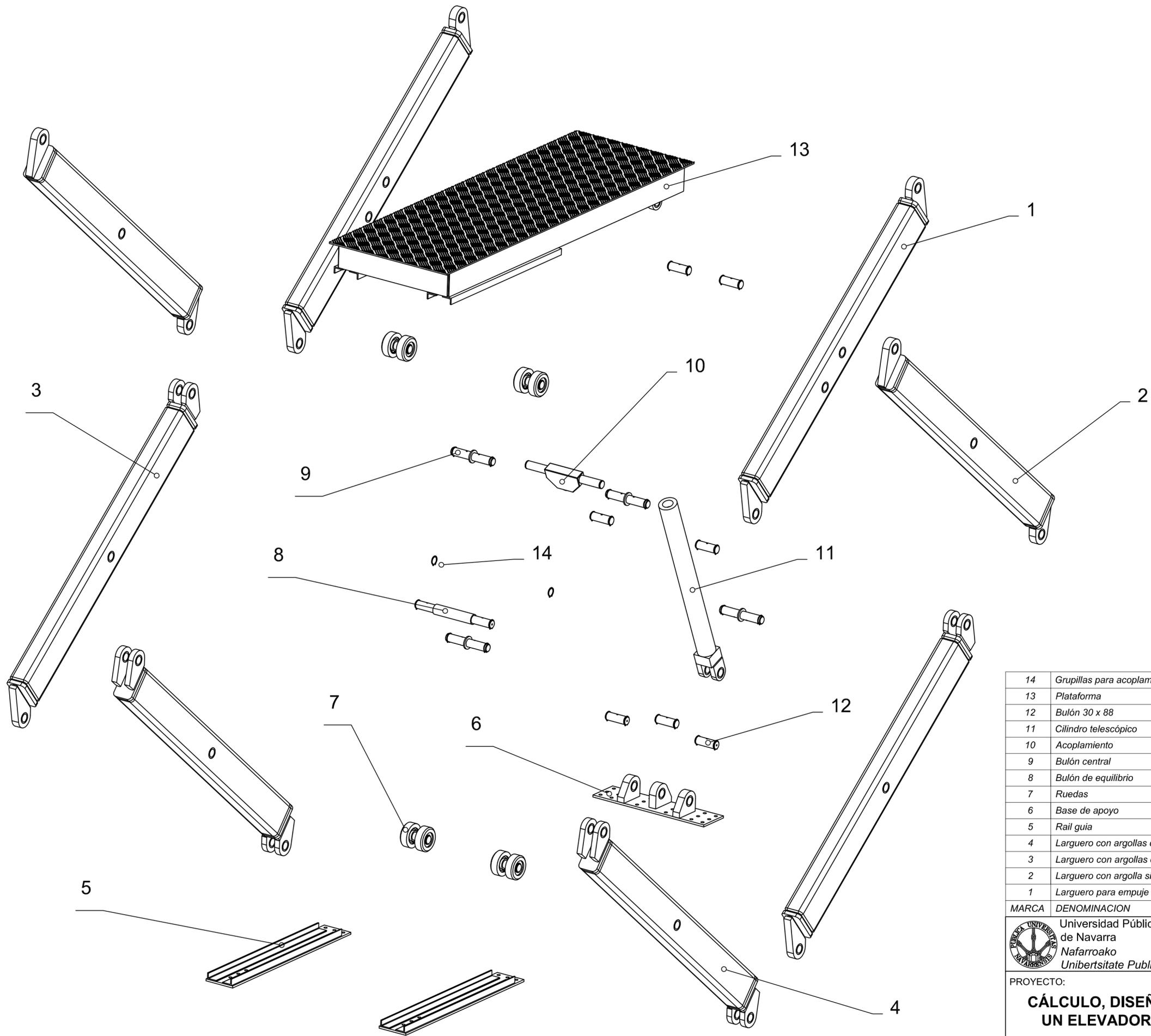


1	Elevador a 300 mm entre ejes			
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES	
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>ALZADOS III</b>			FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:10
			Nº PLANO: <b>0355</b>	



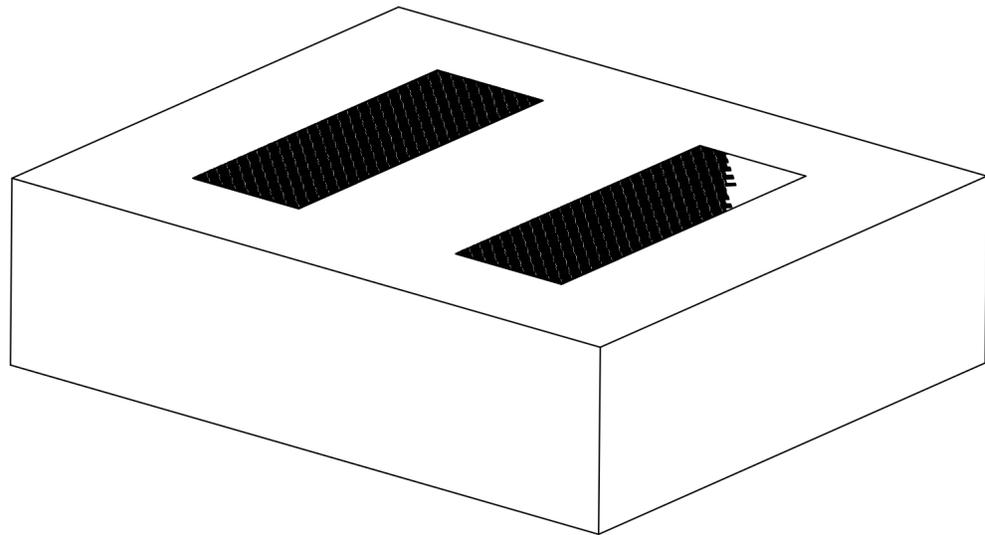
13	Plataforma			2
12	Bulón 30 x 88			14
11	Cilindro telescópico			2
10	Acoplamiento			2
9	Bulón central			8
8	Bulón de equilibrio			2
7	Ruedas			16
6	Base de apoyo			2
5	Rail guía			4
4	Larguero con argollas dobles			4
3	Larguero con argollas diferentes			4
2	Larguero con argolla simple			4
1	Larguero para empuje émbolo (acoplamiento)			4
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>
	PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>	
PLANO: <b>VISTA EN 3D</b>		REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b> FIRMA:
FECHA: <b>01/09/2013</b>	ESCALA: <b>1:10</b>	Nº PLANO: <b>0359</b>

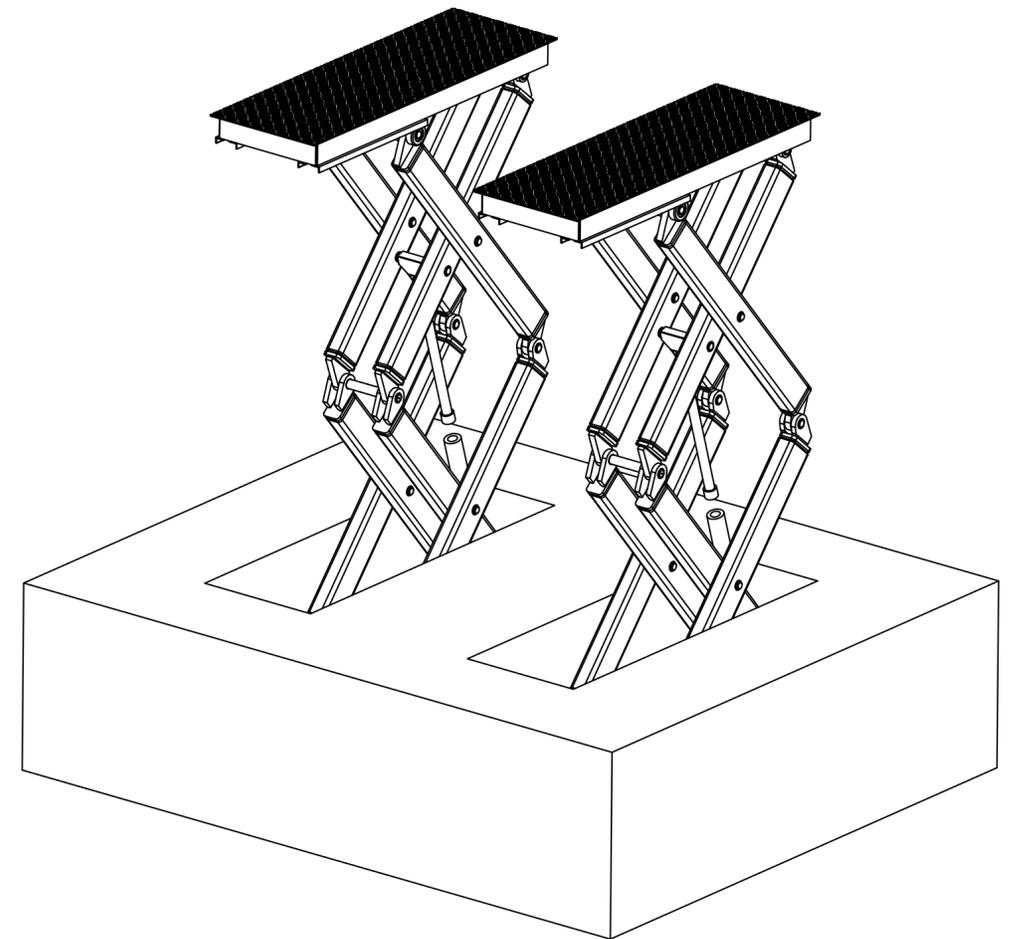


14	Grupillas para acoplamiento					
13	Plataforma	SCL036013		1		
12	Bulón 30 x 88	SCL036012		7		
11	Cilindro telescópico	SCL036011		1		
10	Acoplamiento	SCL036010		1		
9	Bulón central	SCL036009		2		
8	Bulón de equilibrio	SCL036008		1		
7	Ruedas	SCL036007		4		
6	Base de apoyo	SCL036006		1		
5	Rail guía	SCL036005		2		
4	Larguero con argollas dobles	SCL036004		2		
3	Larguero con argollas diferentes	SCL036003		2		
2	Larguero con argolla simple	SCL036002		2		
1	Larguero para empuje émbolo	SCL036001		2		
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS		
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.</b>		<b>DEPARTAMENTO DE ING. MECÁNICA, ENERGÉTICA Y DE MATERIALES</b>			
	PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>		
PLANO: <b>ELEVADOR EXPLOSIONADO (1 CUERPO)</b>			FIRMA:	FECHA: <b>01/09/2013</b>	ESCALA: <b>1:10</b>	Nº PLANO: <b>0360</b>

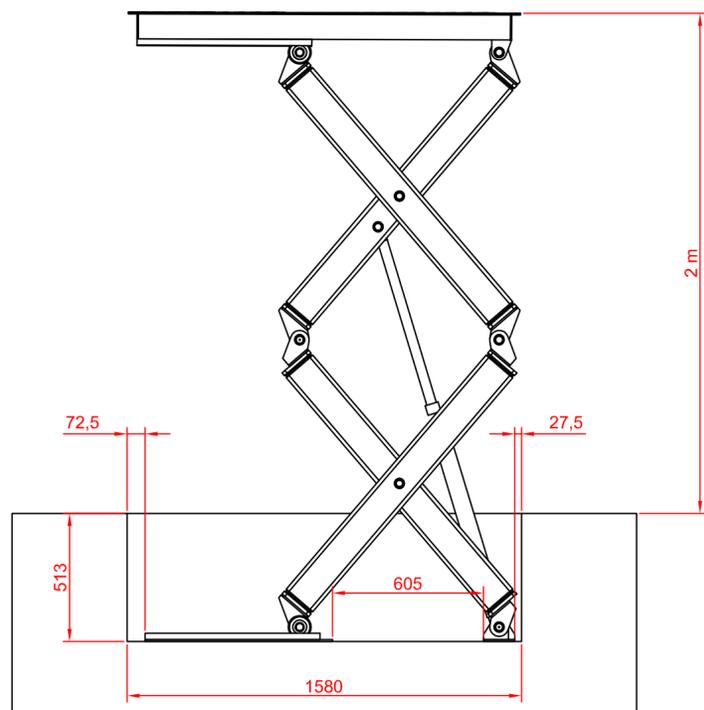
1)



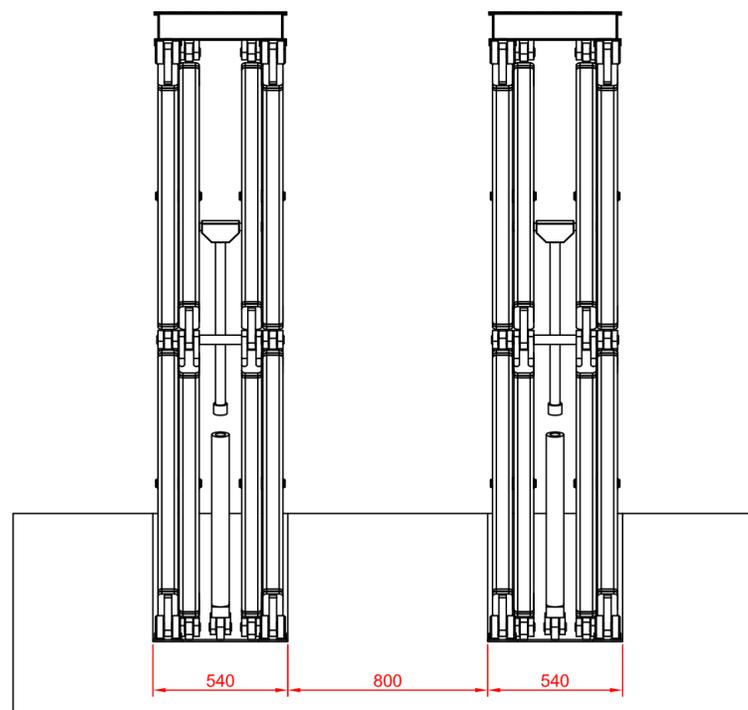
2)



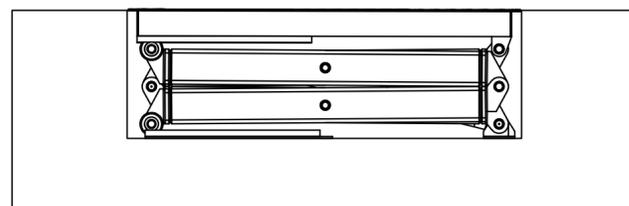
3)



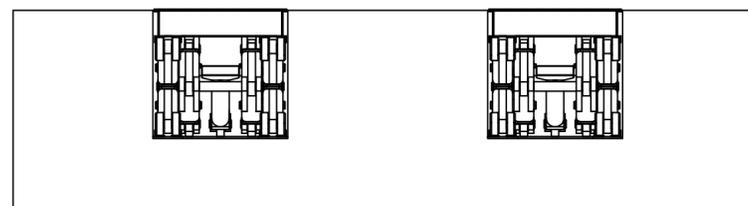
4)



5)



6)



6	Vista frontal elevador recogido			
5	Vista costado elevador recogido			
4	Vista frontal elevador desplegado			
3	Vista de costado elevador desplegado			
2	Elevador totalmente desplegado			
1	Elevador recogido en el hormigón			
MARCA	DENOMINACION	REFERENCIA	MATERIAL	Nº PIEZAS
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa			
	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.			
PROYECTO: <b>CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR FIJO PARA TALLER</b>			REALIZADO: <b>SANZ GÓRRIZ, ÁLVARO</b>	
PLANO: <b>ELEVADOR EN SUELO DE HORMIGÓN</b>			FIRMA:	
	FECHA: 01/09/2013	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 0365	

Álvaro Sanz Górriz  
Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad Mecánica  
Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

Firma: \_\_\_\_\_



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR  
FIJO PARA TALLER

## 4. PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Álvaro Sanz Górriz

Tutora: Vanesa Estremera Carrera

Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

**ÍNDICE**

4.1 INTRODUCCIÓN. ....	2
4.2 DESCRIPCIÓN DE LO PROYECTADO. ....	3
1.2.1 Elevación de la carga. ....	4
1.2.2 Bajada de la carga. ....	4
4.3 NORMATIVA Y REGLAMENTOS. ....	5
4.4 CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES. ....	7
4.4.1 Acero S 355. ....	7
4.4.2 Pinturas. ....	7
4.5 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS EMPLEADOS. ....	8
4.6 TARJETA DE LA MÁQUINA. ....	9
4.7 MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO. ....	10
4.7.1 Cargas y uso. ....	10
4.7.2 Instrucciones de seguridad. ....	10
4.7.3 Funciones de seguridad. ....	11
4.7.4 Parada de emergencia. ....	11
4.7.5 Funcionamiento. ....	12
4.7.6 Descenso del elevador. ....	12
4.7.7 Medidas después del uso. ....	12
4.7.8 Instalación del elevador. ....	12
4.7.9 Mantenimiento y servicio. ....	13
4.7.9.1 Inspección semanal. ....	13
4.7.9.2 Inspección mensual. ....	14
4.7.9.3 Inspección anual. ....	14
4.7.10 Búsqueda de averías. ....	15
4.7.11 Recomendación de aceite. ....	16
4.7.12 Instrucciones para reciclaje. ....	16
4.8 FORMACIÓN PARA OPERARIOS Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO.....	17

## **4.1 INTRODUCCIÓN**

En este trabajo se proyecta el diseño e instalación necesarios para la confección y el buen uso de un elevador fijo para taller, basándose en sencillos cálculos que confirman el correcto funcionamiento y la seriedad con la que la máquina se diseña.

En el proyecto se define claramente cada elemento que conforma la máquina, y se justifica su elección mediante datos precisos.

Se explican todos los procesos a los que cada pieza o elemento son sometidos, y se comparan con posibles alternativas desechadas, siendo alternativas en muchos casos válidas, pero que por unos u otros motivos, no se eligen para este trabajo.

También se dan a conocer las situaciones en las que el elevador se comporta de manera más desfavorable, y se estudian varios casos que pueden resultar de utilidad.

Todas las piezas que componen el elevador, como elementos necesarios para su colocación, se encuentran correctamente definidos en los planos, que son precisos y de fácil visualización y comprensión.

Los equipos escogidos para la puesta a punto del elevador y su puesta en marcha, son productos normalizados y se pueden encontrar en distribuidores comerciales dedicados al producto específico en cuestión, permitiendo así su fácil adquisición, menor precio y facilidad de montaje.

La base sobre el que se asienta el elevador viene claramente especificada en la memoria del presente proyecto, siendo esta parte del conjunto de la máquina que se debe instalar siempre que se requiera de la adquisición del elevador.

## **4.2 DESCRIPCIÓN DE LO PROYECTADO**

Se trata del diseño, cálculo e instalación de un elevador fijo para taller, que debe cumplir una serie de características, que vienen especificadas en la memoria.

El elevador es diseñado partiendo de la base de que es un elevador del tipo tijera, cuyo nombre hace mención a la estructura, que consta de unas barras entrecruzadas movidas a partir de un cilindro hidráulico, según la disposición de las barras en el elevador, su movimiento queda limitado al eje vertical, consiguiendo de este modo el ansiado elevador.

El elevador consta de dos cuerpos iguales colocados uno paralelamente al otro, y con idéntico funcionamiento.

La estructura nombrada anteriormente se sitúa anclada al suelo y tiene una base plana en su parte superior, que será donde apoyen los vehículos que requieran de elevación para las tareas correspondientes.

Lo definido inicialmente en el proyecto, son las dimensiones necesarias que los elementos del equipo han de tener para cumplir con los objetivos finales para los que se desarrolla el presente proyecto.

Una vez diseñadas las dimensiones principales se calculan las secciones y formas de los elementos que componen la estructura, además de los elementos empleados para la puesta en marcha y funcionamiento del equipo.

La máquina se pinta de colores los cuales distinguen cada componente, haciendo el mecanismo más bonito estéticamente y más distinguibles sus piezas a la hora del mantenimiento y del recambio de piezas.

El mantenimiento y uso del equipo es sencillo y cualquier persona con uso de razón puede llevarlo a cabo, sin que resulte un peligro para su integridad física y para la de los demás.

Debe instalarse en el elevador un equipo de seguridad para evitar accidentes según indica la normativa vigente para aparatos de elevación.

Los vehículos llegarán a la posición idónea para su elevación, rodando por encima de la plataforma diseñada para tal fin y colocada a la altura del suelo.

Se deberán colocar unos tacos de goma para el correcto apoyo de la plancha superior con el vehículo a elevar.

Cuando se tiene todo listo comienza el proceso de elevación siendo importante el instante de apoyo de los tacos de goma con el vehículo, ya que estos deben mantenerse en correcta posición mientras dure el proceso de elevación.

El elevador se situará en su posición más elevada ó en la requerida en ese momento.

#### **4.2.1 ELEVACIÓN DE LA CARGA**

Este proceso se lleva a cabo en un tiempo no superior a 45 segundos, siendo posible la regulación de la velocidad, mediante la regulación del caudal de entrada del aceite al cilindro hidráulico.

La velocidad de subida depende en todo momento de la velocidad del cilindro hidráulico que es constante.

Este movimiento es pilotado por una válvula 3/3 en el sistema hidráulico, de centros cerrados.

#### **4.2.2 BAJADA DE LA CARGA**

Para este proceso se tiene que al igual que en el caso anterior la velocidad de bajada también es regulable mediante un regulador de caudal.

Además la bajada se produce mediante el propio peso del elevador ayudado por el pilotaje de la válvula 3/3 para evitar escalonamientos en la bajada.

### **4.3 NORMATIVA Y REGLAMENTOS**

Para la conformación del proyecto se han llevado a cabo muchos cálculos y decisiones, y se han tenido en cuenta para ello, algunas normas como las que se muestran a continuación. Estas normas aclaran en muchos casos el funcionamiento o elección de algunas partes del elevador, y están referidas en su mayor parte a aparatos de elevación.

Aunque la normativa que se muestra está dirigida en su mayor parte a aparatos de elevación del tipo grúas, elevadores de personas, ascensores... se han adaptado estas normativas para la confección del elevador de vehículos para taller, ya que su estructura es similar a las nombradas en este párrafo.

Las normas empleadas son:

- Reglas de cálculo.

- UNE - 58132 - 1 Generalidades.
- UNE - 58132 - 2 Solicitaciones.
- UNE - 58132 - 3 Cálculo de estructuras y uniones.
- UNE - 58132 - 4 Elección mecánica.
- UNE - 58132 - 6 Seguridad.

- Cargas a considerar.

- UNE - 58121 Estabilidad y resistencia.

- Aceros.

- UNE EN - 10020 Definición y clasificación de los tipos de aceros.
- UNE EN - 10021 Condiciones técnicas de suministro.
- UNE EN - 10025 - (1\_6) Productos laminados en caliente de aceros para estructuras.
- UNE EN - 10083 - (1\_3) Aceros para temple y revenido.

- Ensayos de materiales.

- UNE 7117 Denominación y nomenclatura.

- Soldadura.

- UNE - EN ISO 3834 - 1 Requisitos de calidad de soldeo por fusión de materiales metálicos.
- UNE - CEN ISO/TR 3834 - 6 IN Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos.
- UNE - 9692 - 1 Recomendaciones para la preparación de la unión.

- Velocidades.

- UNE 58160 Velocidades en aparatos de elevación.

- Suministro de materiales.

UNE - EN 10058 Barras rectangulares de acero laminado.

UNE - EN 10059 Barras cuadradas de acero laminado.

UNE - EN 10051 Chapas laminadas.

Algunas condiciones que aparecen en normativa que afectan al proyecto directamente.

**Soldabilidad.** Los requisitos generales relativos a la soldadura se indican en las partes correspondientes de las Normas Europeas EN 10025 - 2 a EN 10025 - 6.

**Aptitud para el conformado.** Los requisitos generales relativos a la aptitud para el conformado, son los que se indican en las partes correspondientes de las normas europeas EN 10025 - 2 a EN 10025 - 6.

**Aptitud a la mecanización.** Los requisitos generales relativos a la aptitud a la mecanización se indican en la Norma Europea EN 10025 - 6.

**Características superficiales.** El acabado superficial debe ser conforme con lo especificado en las partes correspondientes de las Normas Europeas EN 10025 - 2 a EN 10025 - 6.

**Dimensiones, tolerancias dimensionales y de forma, y masa.** Las dimensiones, así como las tolerancias dimensionales y de forma, deben cumplir los requisitos especificados en el pedido.

Las dimensiones, así como las tolerancias dimensionales y de forma no amparadas por un documento apropiado, deben ser conformes a los requisitos especificados en una norma nacional en vigor en el lugar de uso previsto, o acordarse en el momento de solicitar la oferta y hacer el pedido.

La masa nominal debe determinarse a partir de las dimensiones nominales utilizando una densidad de  $7.850 \text{ kg/m}^3$ .

## **4.4 CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES**

### **4.4.1 ACERO S355**

Acero de construcción no aleado, de grano fino en estado templado y revenido.

Límite elástico: 210.000 MPa.

Resistencia a la tracción: 355 MPa.

Calidad requerida: calidad 1 (Según UNE 10025).

### **4.4.2 PINTURAS**

Se utilizará una primera capa de pintura anticorrosiva, tipo minio, para luego dar dos capas de pintura amarilla intensa como dicta la normativa.

## **4.5 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS EMPLEADOS**

### ***Motor SEW***

Frecuencia:	50 Hz
Tensión:	230 / 400 V
Intesidad:	6,5 / 4,1 A
Potencia:	5 Kw
cos $\varphi$ :	0,81
r.p.m.	1.500

### ***Bomba***

Es una bomba de engranajes de tipo simple.  
Sentido de giro hacia la derecha.  
Sin polea.  
Bomba simple.  
Caudal de la bomba a 0 bar = 22 l/min.  
Sentido de giro hacia la derecha.  
Forma del eje motriz, tipo C.  
Tipo de tapa, tipo 9.  
Conexión de las tomas tipo T.  
Con válvula reguladora de caudal con limitadora de presión.  
Taraje válvula limitadora de 80 a 175 bar.  
Caudal constante 22 l/min  
(Según anexo1)

### ***Aceite utilizado***

Viscosidad a 100°C, cst	5,6 / 9,3
Índice de viscosidad (mínimo)	95
Punto de inflamación (mínimo, °C)	200
Punto de congelación (mínimo, °C)	-9

### ***Cuadro eléctrico***

Medidas: 280 x 220 mm  
Contiene:

- Contactor
- Transformador para alimentación de corriente alterna de 24 V
- Fusible para el circuito secundario del transformador
- Tarjeta de circuitos impresos con bloques de conexión.
- Fusible de vidrio.
- Seta de emergencia e indicadores luminosos.

## **4.6 TARJETA DE LA MÁQUINA**

### ***Características mecánicas***

Capacidad	4.000 Kg
Plano de elevación	1.500 x 4.000 Kg
Movimiento elevador	2.000 mm / mínimo 45 s (variable)
Tiempo de bajada	menos de 45 s (variable)
Altura recogido	530 mm
Altura elevado	2530 mm
Recorrido	2.000 mm

### ***Características hidráulicas***

Colocación del equipo	Externo
Capacidad de la bomba	22 l/min
Volumen tanque de aceite	50 litros
Cilindro hidráulico	Telescópico
Aceite utilizado	SAE 20W PREMIUM

### ***Características eléctricas***

Potencia del motor	5 Kw
Amperaje nominal	4,1 A
Tensión alimentación / maniobra	3 x 400 / 24 v (AC)

## **4.7 MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO**

En el manual se describe el uso para el que se ha diseñado el elevador. El fabricante no asume responsabilidad por los daños o averías que sufra el elevador por haberse utilizado de cualquier otra manera que la que se indica en este manual.

El usuario tiene la responsabilidad de que no se inflijan daños a terceras personas. Cuando se utilice el equipo en lugares donde puedan hallarse terceras personas el elevador deberá estar correctamente vallado para evitar que alguien sea alcanzado por un movimiento del elevador.

### **4.7.1 CARGAS Y USO**

El elevador está destinado a utilizarse sobre bases planas y firmes, descendidas en fosos. La base ha de tener la capacidad portante suficiente para el elevador cuando este se encuentra cargado.

La máquina debe ir anclada al suelo, con elementos que se indican en el presente proyecto, para evitar desplazamientos imprevistos en caso de recibir golpes. Además el anclaje sirve para evitar vuelcos.

Se supone que el campo de aplicación es el manejo de cargas estacionarias extendidas. Significa esto que no se permiten ampliaciones de plataforma, cargas desiguales, cargas puntuales o cargas horizontales.

Se supone que el uso del aparato es en el interior de locales, bajo condiciones industriales normales en lo que se refiere a temperatura, humedad y alumbrado.

### **4.7.2 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD**

El mecanismo ha sido diseñado y provisto con los dispositivos de seguridad destinados a prevenir y evitar daños y accidentes. Sin embargo, sigue siendo sumamente importante que el usuario esté bien instruido sobre la manera de manejar el elevador.

Además de los dispositivos de seguridad incorporados pueden ser necesarios otros en o junto al elevador. Cuando el elevador sea instalado se recomienda llevar a cabo un análisis de riesgos según se dispone en la Directiva de Máquinas.

- Utilice únicamente el elevador para las tareas propias para las que ha sido construido.
- El elevador solamente debe ser manejado por personas que hayan sido formadas para ello y que están autorizadas.
- No hay que sobrepasar la carga máxima permitida.
- El elevador no ha de utilizarse si presenta daños o averías que afectan a su seguridad de uso y funcionamiento. Tampoco ha de utilizarse el elevador si ha sido reparado, modificado o ajustado sin la aprobación y permiso del personal responsable.
- Si se aprieta el botón de parada de emergencia se detienen todos los movimientos de mando eléctrico de la mesa y el movimiento del propio elevador.
- Si el trabajo lo requiere utilice calzado, guantes y ropa de protección.
- Nunca introduzca manos, brazos, u otras partes del cuerpo ni tampoco objetos en el mecanismo de elevación cuando las plataformas están levantadas.

- No descienda las plataformas si no están libre de personas u obstáculos el espacio debajo de la misma.
- En cualquier servicio que se realice debajo del elevador, es necesario poner todos los bloqueos de que se dispone en funcionamiento, como medio de prevención.
- No han de eliminarse o ponerse fuera de funcionamiento los dispositivos de seguridad.
- No han de quitarse ni hacerse ilegibles los rótulos y marcas.
- Puede ser necesaria más de una parada de emergencia juntos al elevador para obtener plena seguridad en el lugar de trabajo.
- El elevador no ha de utilizarse para manejar cargas de oscilación libre.
- El elevador no ha de tener contacto directo con productos comestibles.
- No utilice el elevador en ambientes potencialmente explosivos, si esto no se indica en la tarjeta de máquina.
- No utilice el elevador en conexión con soldaduras si no está especialmente adaptado para ello.

#### **4.7.3 FUNCIONES DE SEGURIDAD**

Protección contra rotura de mangueras.

Cada cilindro está provisto con una válvula contra la rotura de mangueras y, además el elevador tiene una o varias válvulas de accionamiento eléctrico montadas en el cilindro. Ésta o estas válvulas se abren al mismo tiempo que la válvula de descenso cuando haya de producirse éste. La válvula de retención mandada eléctricamente impide el descenso del elevador siempre que no se apriete el botón de descenso.

El paquete de válvulas del equipo hidráulico contiene una válvula de caudal constante de presión compensada con la que se puede regular al velocidad de descenso. Esta válvula ha de ajustarse de manera que la velocidad al descender con plena carga no sobrepase 0,05 m/s.

El paquete de válvulas contiene también un cartucho de válvula de descenso con función de válvula de retención así como una válvula de retención. Puede producirse una pequeña fuga, pero si se atasca cualquier partícula en la válvula de retención, puede incrementarse la fuga. En dicho caso hay que proceder a limpiar el sistema hidráulico.

#### **4.7.4 PARADA DE EMERGENCIA**

El elevador está provisto con función de parada de emergencia en la caja de mandos y puede tener también una parada de emergencia adicional para acceso cómodo también en otras posiciones.

Si se aprieta el botón de parada de emergencia se detienen todos los movimientos de accionamiento eléctrico del elevador.

Una vez se ha comprobado y solucionado esta parada de emergencia, se hace girar el botón a derechas para reposición.

Para descender el elevador después de la parada de emergencia, hay que pulsar brevemente el botón UP de subida, para tener confirmación de descenso.

#### **4.7.5 FUNCIONAMIENTO**

El equipo hidráulico se acopla a la red eléctrica. Comprobar que la tensión del equipo corresponde a la tensión de la red. Cuando ha de funcionar la mesa, la caja de mandos ha de estar ubicada de manera que el operario tenga una buena visión sobre el elevador. Éste ha de funcionar siempre pausadamente, con cuidado y prestando atención.

Las funciones de subir (UP) y bajar (DOWN), se hacen con la función de "hombre muerto", es decir, que cuando se suelta un botón el elevador se para a la altura a la que se encuentra. El elevador se levanta accionando los botones de subir y descender ubicados ambos en la caja de mandos.

Una vez terminado el trabajo la plataforma ha de descenderse hasta el fondo y cortar la corriente con el interruptor principal. Si hay riesgo de uso indebido por personal no autorizado el interruptor principal se bloquea en posición de desconectado.

#### **4.7.6 DESCENSO DEL ELEVADOR**

Antes de hacer descender el elevador hay que controlar si no existe riesgo de infligir daños a personas o cosas. Esté particularmente atento a que el elevador no alcance nada sobre lo que pueda permanecer colgado.

#### **4.7.7 MEDIDAS DESPUÉS DEL USO**

Se recomienda que el elevador se descienda hasta el fondo una vez terminado el trabajo, sin embargo, podrá dejarse en posición levantada, siempre que esto no constituya inconveniente o riesgos.

Si el elevador permanece en posición levantada, la altura puede modificarse por diversos motivos:

- Puede modificarse el volumen de aceite si cambian las temperaturas.
- Si hay fugas en válvulas o tuberías.
- Si hay fugas en cilindros.

Apague siempre el interruptor de corriente principal y colóquelo en posición bloqueada si hay riesgos de que pueda ponerse en funcionamiento indebidamente.

#### **4.7.8 INSTALACIÓN DEL ELEVADOR**

Durante la instalación, reparación o controles debajo o junto al elevador, deberá ésta estar siempre en posición bloqueada. La instalación eléctrica ha de ser efectuada por electricista autorizado y la instalación mecánica por personal competente.

Hay que instalar un interruptor de corriente principal que durante el funcionamiento esté accesible a personal autorizado. Comprobar que la tensión a la que se conecta el elevador correspondan a la de la red eléctrica y que los cables de alimentación y fusibles correspondan a las necesidades de potencia de la máquina.

Durante los trabajos de instalación el elevador ha de hallarse siempre sin carga.

- Compruebe que el elevador no tiene daños debidos al transporte. Si así fuera, presente la correspondiente reclamación a la empresa de transporte.
- Quite eventuales pernos que se hayan aplicado al elevador para el transporte y guárdelos para uso futuro.
- El elevador ha de colocarse en un foso una base plana y estable.
- Ha de fijarse el elevador a la base mediante tornillos y pernos de expansión.
- El interruptor de corriente principal no forma parte de la entrega sino que ha de ser montado por el instalador. El cable de alimentación se acopla a los bloques de conexión del interruptor principal.
- La caja de botones pulsadores ha de colocarse de manera que el operario tenga una buena visión sobre el elevador durante la conducción.
- A la caja de contactos del equipo hidráulico se conecta un cable de corriente de 3 fases del tamaño suficiente en relación a la potencia del motor. No hay que conectar conductor neutro.

Comprobar que el ajuste de tensión del elevador coincide con la tensión de la red eléctrica y que los cables de alimentación y fusibles correspondan a las necesidades de potencia del elevador. Las conexiones eléctricas han de ser efectuadas por electricistas autorizados.

- Pruebe el funcionamiento del elevador. Levántelo presionando el botón de subir (UP). ¿Arranca el motor pero no se levanta el elevador? Intercambie dos fases para obtener el sentido de rotación correcto del motor. (Es importante que no se haga funcionar el motor en sentido contrario durante mucho tiempo, pues podría estropearse la bomba)
- Boquear el elevador aplicando los pernos de servicio.
- Taladre orificios para los pernos de fijación y monte estos.
- Estará ahora listo para funcionar el elevador de vehículos.

#### 4.7.9 MANTENIMIENTO Y SERVICIO

El mantenimiento y el servicio a intervalos regulares son de gran importancia para que puedan eliminarse defectos o evitar interrupciones innecesarias de funcionamiento.

Si no se tienen en cuenta estas normas, el fabricante no aceptará responsabilidad alguna por las consecuencias.

**IMPORTANTE:** Asegúrese de que el operario del elevador tiene los suficientes conocimientos de su funcionamiento así como de los riesgos y de la necesidad de mantenimiento y servicio.

Las inspecciones, las tareas de servicio y las reparaciones han de ser efectuadas por personal competente.

Antes de proceder a las tareas de servicio hay que quitar toda carga del plano superior. Los bloqueos de servicio han de colocarse en la posición de bloqueo. Antes de cualquier intervención en el sistema eléctrico hay que cortar la corriente con el interruptor principal.

##### 4.7.9.1 INSPECCIÓN SEMANAL

**Control de aceite:** piense que cuando el elevador se encuentre en su posición inferior el tanque de aceite está al máximo de su capacidad. Busque eventuales fugas de aceite y trate los derrames del aceite hidráulico como residuo ambientalmente peligroso.

**Bloqueo de ejes:** compruebe que todos los ejes están anclados firmemente, de no ser así aplique al tornillo de seguridad del eje un cierre para roscas tipo Loctite.

**Lubricación de ejes:** la lubricación de cojinetes en los cilindros ha de hacerse como mínimo cada 3.000 ciclos de trabajo. Los demás cojinetes con lubricador han de engrasarse cada 500 horas de trabajo. Los demás puntos de articulación se lubricarán con grasa cuando sea necesario.

**Limpieza:** limpieza del equipo elevador (pistas de ruedas, etc.). Asegurarse de que los rótulos son fácilmente legibles.

#### 4.7.9.2 INSPECCIÓN MENSUAL

**Cables y conexiones eléctricas:** compruebe que no hay cables sueltos, conexiones aplastadas o dañadas. Si hay daños en cualquier cable o conexión, pida su reparación a personal competente.

**Mangueras hidráulicas:** compruebe que no hay fugas de aceite en las conexiones y que estas no estén dañadas. Si hay mangueras o conexiones dañadas, pida su reparación a cualquier experto en hidráulica.

**Sobrecargas:** compruebe si se han producido daños a causa de sobrecargas.

#### 4.7.9.3 INSPECCIÓN ANUAL

**Cojinetes:** compruebe que no hay juegos anormales en los cojinetes. De haberlos, será necesario sustituir ejes y casquillos.

#### 4.7.10 BÚSQUEDA DE AVERÍAS

Las reparaciones, mantenimiento y búsqueda de averías sólo han de ser realizadas por personal competente. Póngase en contacto con el fabricante para solicitar ayuda o si la avería no puede ser reparada.

Durante la inspección y los trabajos debajo del plano superior, los bloqueos de servicio han de colocarse en la posición de bloqueo.

Después de cualquier reparación importante han de llevarse a cabo pruebas completas de carga y funcionamiento.

AVERÍA	CAUSA	SOLUCIÓN
El moto no arranca.	Desconectado el interruptor principal.	Conectarlo
	No hay tensión.	Controlar la tensión de alimentación y la intensidad de corriente en todas las fases en el motor.
	Apretado el botón de parada.	Girar el botón a izquierdas.
No hay movimiento de elevación.	Sentido de elevación del motor erróneo.	Intercambiar dos fases. Es importante que el motor no funciones demasiado tiempo en el sentido de rotación erróneo ya que podría averiarse la bomba.
	Conexión eléctrica averiada.	Controlar la conexión.
	El motor se para.	Elevador sobrecargado. Eliminar la sobrecarga.
	El elevador no puede con la carga máxima.	Controlar la intensidad de corriente en todas las fases en el motor. Ajustar la válvula reguladora de presión. Efectuar el ajuste según la correspondiente carga máxima de la mesa. Eventualmente verificar la presión con un manómetro.
	Otras causas.	Contactar al fabricante.
La elevación no llega a la posición máxima.	Es insuficiente el volumen de aceite.	Controlar el nivel en el tanque. Reponer en caso necesario con el aceite recomendado aunque no más del suficiente para alcanzar la posición máxima. Un exceso de aceite puede causar escapes del tanque en los descensos.
	Sobrecarga.	Controlar que no se sobrepase la carga máxima. Quitar el exceso de carga.
	El sensor de posición límite superior.	Si es necesario ajustar el sensor de máxima.
Los movimientos de elevación o descenso se hacen a tirones.	Hay aire en el sistema hidráulico.	Controlar el nivel en el tanque.
El elevador no desciende.	Conexión eléctrica averiada.	Controlar la conexión.
	Apretado el botón de parada.	Girar el botón hacia la derecha, hacer subir el elevador un trecho para obtener la confirmación de descenso.
	Corte de corriente.	Después de un corte de corriente hay que pulsar el botón de subida (UP) para obtener la confirmación de descenso.
	No se abre la válvula de descenso.	Controlar la alimentación de corriente. Eventualmente, sustituir la válvula de descenso.

El elevador no desciende.	Tensión de alimentación y fusibles.	Sustituir el fusible averiado.
El elevador desciende sin que se haya pulsado el botón de descenso (DOWN).	Hay suciedad en el sistema hidráulico. Fugas de aceite. Fugas de aceite en los orificios de respiración en la parte superior del cilindro.	Limpiar o cambiar la válvula de descenso. Controlar y reparar mangueras y acoplamientos hidráulicos. Controlar las juntas de los cilindros hidráulicos. Cambiar juntas en caso necesario. Juntas estropeadas. Cambiarlas.
La velocidad de descenso es superior o inferior a la deseada.	Válvula de control de flujo mal ajustada.	Ajustar la válvula de flujo.

#### 4.7.11 RECOMENDACIÓN DE ACEITE

##### Aceites estándar.

SAE 20W PREMIUM (es el aceite incluido en la entrega)

Statoil            Hydraway HMA 46

Mobil            Mobil DET 13

Castrol            Hyspin AWH

BRUGAROLAS HM46 - ISO 46

#### 4.7.12 INSTRUCCIONES PARA RECICLAJE

Los elevadores están fabricados con material recuperable o reciclable. Hay empresas especializadas en el aprovechamiento de elevadores desechados, las desmontan y aprovechan el material que puede volver a utilizarse.

El aceite hidráulico se trata como residuo ambientalmente peligroso.

## **4.8 FORMACIÓN PARA OPERARIOS Y PERSONAL DE MANTENIMIENTO**

Ya sea en el momento de la venta o de la instalación del elevador en el emplazamiento preparado para ello, se debe recibir una formación básica de su funcionamiento, dirigida tanto para operarios como para personal de mantenimiento del taller. Con el fin de evitar accidentes y de repercutir positivamente en la durabilidad del elevador.

Destinada a usuarios y operadores de la instalación:

- Manejo detallado de las instalación.
- Descripción de los diferentes elementos que la forman.
- Normas para la correcta utilización.
- Normas de seguridad e higiene a tener en cuenta durante su manipulación.
- Mantenimiento mínimo a nivel producción.

Destinado al personal de mantenimiento:

- Información similar a la demandada para los Usuarios, pero orientada a los profesionales de Mantenimiento.
- Análisis detallado del sistema eléctrico, electrónico, programación, hidráulico y neumático.
- Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
- Fallos típicos y modos de actuación.
- Precauciones especiales a adoptar en las intervenciones de mantenimiento.

Una vez recibida la información por parte de todo el personal, el encargado de la máquina deberá ser el responsable de que el elevador sea utilizado correctamente por parte de todo el personal, debiendo hacer cumplir todas las medidas de seguridad, y planes de mantenimiento existentes sin excepción.

Álvaro Sanz Górriz  
Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad Mecánica  
Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

Firma: \_\_\_\_\_



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR  
FIJO PARA TALLER

## 5. PRESUPUESTO

Alumno: Álvaro Sanz Górriz

Tutora: Vanesa Estremera Carrera

Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

**ÍNDICE**

5.1 INTRODUCCIÓN. ....	2
5.2 DESGLOSE DEL PRESUPUESTO. ....	2
5.2.1 Capítulo 01: Costes de la materia prima en bruto. ....	2
5.2.2 Capítulo 02: Costes del material normalizado existente en el mercado. ....	4
5.2.3 Capítulo 03: Costes de la elaboración de las piezas individuales mediante procesos de mecanizado, rectificado y tratamientos a aplicar. ....	5
5.2.4 Capítulo 04: Costes de soldadura, ensamblajes o subconjuntos. ....	8
5.2.5 Capítulo 05: Costes de la preparación del hueco donde se aloja el elevador. ....	9
5.3 RESUMEN DEL PRESUPUESTO. ....	10

## **5.1 INTRODUCCIÓN**

En este apartado del proyecto se muestran los costes de todo el proceso de elaboración del elevador fijo para taller. Empezando por la adquisición de la materia prima necesaria, tratamientos necesarios para la elaboración de la máquina, procesos a realizar a los materiales, coste de la construcción de la base necesaria para el apoyo del mecanismo...

Este apartado está dividido en varias secciones, para diferenciar unos procesos de otros, y dejar perfectamente especificados los costes totales del elemento diseñado.

El presupuesto se ha elaborado para la confección de un solo elevador de vehículos, por lo que los costes finales serán más elevados que si se fabrica en serie, ya que la compra de materia prima y de los procesos de fabricación, se abarata en el segundo caso dependiendo de las cantidades que se requiera fabricar.

## **5.2 DESGLOSE DEL PRESUPUESTO**

### **5.2.1 CAPÍTULO 01: COSTES DE LA MATERIA PRIMA EN BRUTO**

Código	Denominación	Cantidad (m)	Precio unitario (€/m)	Precio total (€)
5.2.1.1	Perfil rectangular macizo acero S355, 80 x 40, para pieza de acoplamiento.	0,32	15,61	5,00
5.2.1.2	Barra maciza Ø35 acero S355, para piezas acoplamiento, bulón de rodadura y bulón 30 x 88	2,97	5,74	17,05
5.2.1.3	Perfil rectangular acero S355 120 x 8, para pletina de apoyo rodadura.	3,02	5,73	17,30
5.2.1.4	Perfil en L 40 x 25 e=4 mm acero S355, para raíl de rodadura.	11,20	1,46	16,35
5.2.1.5	Perfil rectangular de acero S355, 125 x 8, para apoyo en suelo del cilindro.	1,02	5,91	6,03
5.2.1.6	Barra perforada de Ø100 x Ø50, para ruedas.	0,56	140,57	78,72
5.2.1.7	Perfil rectangular acero S355, 100 x 25, para argollas 30 mm y 22 mm.	6,16	14,92	91,91

Código	Denominación	Cantidad (m)	Precio unitario (€/m)	Precio total (€)
5.2.1.8	Perfil rectangular acero S355, 30 x 80, para pieza de ajuste entre largueros y argollas.	4,64	14,32	66,44
5.2.1.9	Perfil hueco acero S355, 140 x 80 x 6, para largueros estructura de tijera.	20,08	15,61	313,45
5.2.1.10	Barra maciza Ø40 acero S355, para la pieza de equilibrio.	0,69	7,50	5,18
5.2.1.11	Barra maciza Ø50 acero S355, para el bulón central entre largueros.	1,52	11,72	17,81
5.2.1.12	Barra perforada de bronce, Ø45, Ø25, para casquillos.	3,58	14,79	52,95
5.2.1.13	Perfil rectangular macizo acero S355, 100 x 30, para argollas apoyo pletina suelo.	0,57	17,90	10,20
5.2.1.14	Perfil rectangular macizo acero S355, 80 x 25, para argollas apoyo en plataforma.	0,60	11,93	7,16
5.2.1.15	Perfil rectangular acero S355, 100 x 80 x 6, para estructura plataforma.	8,00	12,74	101,92
Código	Denominación	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
5.2.1.16	Chapa 1570 x 530, e=7 mm, a medida para base de plataforma.	2 Unidad.	34,75 Unidad	69,50
5.2.1.17	Spray de pintura amarillo para metal.	7 Botes de 0,5 litros.	3,25 €/bote	22,75
5.2.1.18	Spray de pintura azul para metal.	15 Botes de 0,5 litros.	3,25 €/bote	48,75
5.2.1.19		<b>COSTE TOTAL MATERIA PRIMA EN BRUTO</b>		<b>948,47 €</b>

## 5.2.2 CAPÍTULO 02: COSTES DEL MATERIAL NORMALIZADO EXISTENTE EN EL MERCADO

Código	Denominación	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
5.2.2.1	Rodamiento NU2206E.TVP2 FAG.	16	65,03	1.040,48
5.2.2.2	Grupillas o circlips para eje Ø30.	72	0,60	43,20
5.2.2.3	Grupillas o circlips para agujero Ø62.	16	0,70	11,20
5.2.2.4	Engrasadores M8 x 1,25.	26	1,05	27,30
5.2.2.5	Tanque del grupo hidráulico 50 litros de capacidad.	1	70,83	70,83
5.2.2.6	Filtro de aire del grupo hidráulico.	1	19,95	19,95
5.2.2.7	Filtro de aceite del grupo hidráulico.	1	35,42	35,42
5.2.2.8	Kit de mangueras hidráulicas.	1	85,95	85,95
5.2.2.9	Cilindro telescópico.	2	325,15	650,30
5.2.2.10	Bloque de válvulas para grupo hidráulico.	1	737,23	737,23
5.2.2.11	Bomba de aceite.	1	72,25	72,25

Código	Denominación	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
5.2.2.12	Motor eléctrico SEW 5 Kw.	1	246,75	246,75
5.2.2.13	Cuadro eléctrico y sus componentes correspondientes para el funcionamiento del elevador, cableado y mandos eléctricos.	1	573,15	573,15
5.2.2.14		<b>COSTE TOTAL DEL MATERIAL NORMALIZADO</b>		<b>3.614,01 €</b>

### 5.2.3 CAPÍTULO 03: COSTES DE LA ELABORACIÓN DE LAS PIEZAS INDIVIDUALES MEDIANTE PROCESOS DE MECANIZADO, RECTIFICADO Y TRATAMIENTOS A APLICAR

Código	Denominación	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
5.2.3.1	Acoplamiento.	2	22,35	44,70
5.2.3.2	Cilindro para acoplamiento.	4	17,25	69,00
5.2.3.3	Pletina de rodadura.	4	13,93	55,72
5.2.3.4	Perfil en L.	16	3,14	50,24
5.2.3.5	Pletina de apoyo cilindro.	2	15,10	30,20
5.2.3.6	Ruedas.	16	23,97	383,52

Código	Denominación	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
5.2.3.7	Bulón de rodadura.	8	17,25	138,00
5.2.3.8	Argolla de 30 mm.	24	25,52	612,48
5.2.3.9	Argolla de 22 mm.	32	23,62	755,84
5.2.3.10	Ajuste para larguero y argollas.	32	12,65	404,80
5.2.3.11	Larguero estructura.	12	10,72	128,64
5.2.3.12	Larguero para acoplamiento.	4	14,58	58,32
5.2.3.13	Bulón central.	8	23,51	188,08
5.2.3.14	Casquillo de tope 40 x 9.	16	7,41	118,56
5.2.3.15	Casquillo de tope 40 x 22.	28	7,41	207,48
5.2.3.16	Casquillo de tope 40 x 30.	28	7,41	207,48
5.2.3.17	Casquillo de tope 40 x 80.	20	7,41	148,20
5.2.3.18	Bulón 30 x 88.	14	19,13	267,82

Código	Denominación	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
5.2.3.19	Bulón de equilibrio.	2	21,77	43,54
5.2.3.20	Argolla de apoyo en suelo.	6	16,31	97,86
5.2.3.21	Argolla de enganche con plataforma.	8	16,31	130,48
5.2.3.22	Larguero plataforma largo.	4	11,89	47,56
5.2.3.23	Larguero plataforma corto.	4	11,89	47,56
5.2.3.24	Prensado de la chapa de la plataforma para extruir el dibujo antideslizante en la superficie.	2	4,15	8,30
5.2.3.25	Tratamiento térmico a aplicar a las piezas especificadas en el apartado 1.13.5.			435,64
5.2.3.26			<b>COSTE TOTAL EN FABRICACIÓN DE PIEZAS</b>	<b>4.472,54 €</b>

## 5.2.4 CAPÍTULO 04: COSTES DE SOLDADURA, ENSAMBLAJES O SUBCONJUNTOS

Código	Denominación	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
5.2.4.1	Caja de electrodos E 6013, Ø3,25 mm.	1	36,95	36,95
5.2.4.2	Apoyo del cilindro.	2	6,20	12,40
5.2.4.3	Acoplamiento.	2	8,23	16,46
5.2.4.4	Argollas 22 mm con pieza ajuste.	8	5,21	41,68
5.2.4.5	Argollas 30 mm con pieza ajuste.	16	5,21	83,36
5.2.4.6	Larguero de acoplamiento con argollas 30 mm.	4	10,73	42,92
5.2.4.7	Larguero con argollas 30 mm.	4	10,73	42,92
5.2.4.8	Larguero con argollas diferentes.	4	10,73	42,92
5.2.4.9	Larguero con argollas 22 mm.	4	10,73	42,92
5.2.4.10	Plataforma superior.	2	35,41	70,82
5.2.4.11	Raíl guía.	4	10,87	43,48
5.2.4.12			<b>COSTE TOTAL EN SOLDADURA</b>	<b>476,83 €</b>

## 5.2.5 CAPÍTULO 05: COSTES DE LA PREPARACIÓN DEL HUECO DONDE SE ALOJA EL ELEVADOR

Código	Denominación	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
5.2.5.1	Malla metálica, con cuadrado 15 x 15.	2 metros cuadrados	5,14	10,28
5.2.5.2	Hormigón.	0,3 metros cúbicos	132,04	39,61
5.2.5.3	Arena y grava.	0,1 metros cúbicos	102,32	10,23
5.2.5.4	Subcontrata empresa de encofradores con alquiler de pala excavadora. (2 personas)	1	504,60	504,60
5.2.5.5	Desplazamiento camión con hormigón.	1	65,23	65,23
5.2.5.6	Material de encofrado.	1	156,09	156,09
5.2.5.7		<b>COSTE TOTAL DE LA BASE DE HORMIGÓN</b>		<b>786,04 €</b>

## 5.2.6 CAPÍTULO 06: COSTES RELACIONADOS CON LA INSTALACIÓN DEL ELEVADOR

Código	Denominación	Cantidad	Precio unitario (€)	Precio total (€)
5.2.6.1	Tornillos speeds, Ø12 x 110 mm.	60	0,18	10,80
5.2.6.2	Operario montador 8 horas.	2	87,24	174,48
5.2.6.3		<b>COSTE TOTAL DE LA INSTALACIÓN EN EL EMPLAZAMIENTO</b>		<b>185,28 €</b>

**5.3 RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

Capítulo	Denominación del coste	Precio
01	Materia prima en bruto.	948,47 €
02	Material normalizado existente en el mercado.	3.614,01 €
03	Fabricación de las piezas individuales mediante procesos de mecanizado, rectificado y tratamientos a aplicar.	4.472,54 €
04	Soldadura en ensamblajes o subconjuntos.	476,83 €
05	Preparación del alojamiento del elevador (forjado de hormigón).	786,04 €
06	Instalación del elevador en el sitio de destino.	185,28 €
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>10.483,17 €</b>
	9 % de gastos generales	943,49 €
	6 % de beneficio industrial	628,99 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>12.055,65 €</b>

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la expresada cantidad de DOCE MIL CINCUENTA Y CINCO EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>12.055,65 €</b>
21 % IVA	2.531,69 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>14.587,34 €</b>

El presupuesto de ejecución general asciende a la cantidad expresada de CATORCE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Álvaro Sanz Górriz  
Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad Mecánica  
Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

Firma: \_\_\_\_\_



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁLCULO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN ELEVADOR  
FIJO PARA TALLER

## 6. ANEXOS

Alumno: Álvaro Sanz Górriz

Tutora: Vanesa Estremera Carrera

Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

**ÍNDICE**

ANEXO 1. Catálogo bomba hidráulica.

ANEXO 2. Características del aceite escogido.

ANEXO 3. Engrasadores.

ANEXO 4. Tabla de medidas de agujeros para roscas.

ANEXO 5. Tolerancias de forma.

ANEXO 6. Calidades. Diferencias fundamentales para ejes y agujeros base.

ANEXO 7. Prontuario de perfiles de acero.

ANEXO 8. Cilindro telescópico nitrurado - Serie STN.

# ANEXO 1

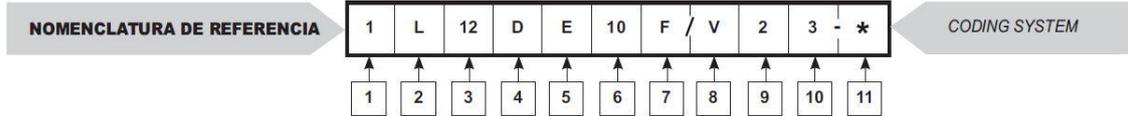
# ANEXO 1.

## CATÁLOGO BOMBA HIDRAÚLICA.

1 - L - 22 - D - C - 9 - T - VC - 12 - 5



### Nomenclatura de referencias Coding systems



1	Tipo Type
1	Sin polea <i>Without pulley</i>
2	Con polea <i>With pulley</i>
5	Bomba con eje flotante y cojinete de refuerzo. <i>Pump with back-up bearing and floating shaft.</i>

2	Modelo Model
L	Simple - Single
LM	Múltiple - Multiple banked / L+L
LS	Múltiple - Multiple banked / L+LO

3	Caudal bomba a 1500 RPM a 0 bar <i>Pump flow rate at 1500 RPM at 0 bar</i>
Ver hoja técnica <i>See technical data</i>	

4	Sentido giro <i>Rotation sense</i>
D	Derecha - Clockwise
I	Izquierda - Counter-clockwise
R	Reversible - Reversible

5	Forma eje motriz <i>Driving shaft form</i>
B - C - E - G - H - J - R - T - V - W	
Tipo polea <i>Pulley type</i>	
P - R - S - L - T - X	

6	Tipo tapa <i>Fixing flange</i>
09 - 10 - 19 - 22 - 23 - 29 - 31 - 55 - 61	

7	Tipo conexión tomas <i>Ports connecting type</i>

8	Variantes con válvulas <i>Alternatives with valves</i>
V	Válvula limitadora <i>Relief valve</i>
VC	Válvula reguladora caudal con limitadora <i>Flow control valve with relief valve</i>
RC	Repartidor de caudal <i>Priority flow rate</i>

9				Taraje válvula limitadora <i>Relief valve pressure setting</i>	
	Fijo <i>Pre-set</i>		Regulable <i>Adjustable</i>		
1	5 - 80 bar	11	5 - 80 bar		
2	80 - 175 bar	12	80 - 175 bar		
3	175 - 250 bar	13	175 - 250 bar		

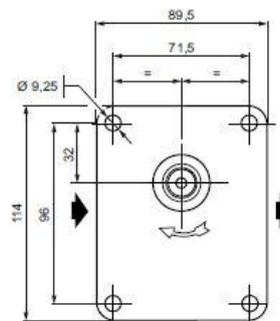
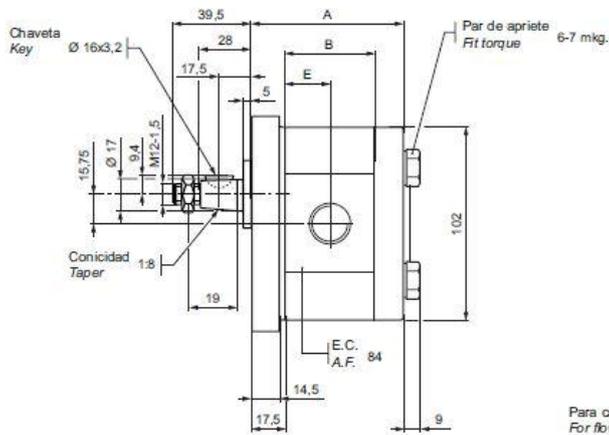
10	Caudal constante/prioritario <i>Constant/primary flow</i>
1	5 l./min.
2	8 l./min.
3	12 l./min.
4	16 l./min.
5	22 l./min.
6	26 l./min.
7	28 l./min.

11	Datos adicionales <i>Additional data</i>
----	---

NOTA: Medidas en mm. si no se indica lo contrario.  
NOTE: Measurements in mm. unless otherwise indicated.

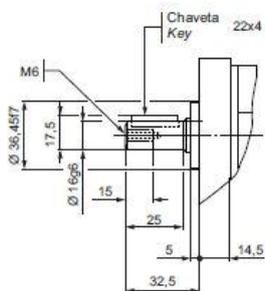
Tapa tipo 31  
Front flange type

5 Eje forma E Máx. par de arrastre 160 Nm  
Shaft form E Max driving torque



Para caudal de 6 cm<sup>3</sup>/v  
For flow rate of 6 cc/r

5 Eje forma C Máx. par de arrastre 55 Nm  
Shaft form C Max driving torque



Las bombas de engranajes Roquet del grupo 2 están equilibradas hidrostáticamente y provistas de reajuste lateral automático. Los caudales en la serie “L” van desde 6cm<sup>3</sup> X RPM. Para obtener los máximos resultados se recomienda el empleo de aceites con aditivos antiespumantes y de extrema presión, con las siguientes características:

La viscosidad entre 3°-8°

La temperatura de trabajo óptima debe rondar los 50°C.

Las temperaturas del fluido hidráulico pueden fluctuar entre los -20°C + 80°C. por supuesto siempre manteniendo los grados de viscosidad.

La filtración es muy importante, pues la mayoría de las averías son producidas por contaminación en el aceite.

Mayor exigencia de la bomba el grado de filtración debe ser mayor.

La duración de la bomba está muy directamente relacionada con la limpieza del aceite que utilizemos.

La recomendación en la mayoría de los casos sería:

Filtraje en aspiración 125 micras.

Filtraje en retorno 25 micras.

La forma de conexión directa por medio de un acoplamiento elástico es la que obtiene las máximas prestaciones, el movimiento radial y axial no debe pasar de 0,3 a 0,4mm.

También hay modelos que llevan polea incorporada con rodamiento en la tapa para absorber los movimientos radiales y axiales que producen las correas.

Las conducciones en la aspiración estarán dimensionadas para que la depresión no exceda de 0,3 bares.

Las conexiones a las bomba serán mediante bridas o rosca BSP.

El sentido de giro de la bomba podrá ser derecha o izquierda siempre mirando la bomba por el lado del eje con este en la parte superior, el aceite siempre va del agujero grande (Aspiración) hacia el pequeño (presión).

También hay la opción de bombas reversibles.

Antes de poner por primera vez la bomba en marcha, asegurarse que el sentido de giro es el correcto. Si no es así póngase en contacto con Cohimar para efectuar el cambio sentido de giro de la bomba.

Se podrán montar bombas simples, dobles y triples con las diferentes combinaciones de ejes, tapas y cuerpos pudiendo dar una solución completa a las necesidades del mercado.

Las combinaciones serían:

Tipo LM Grupo 2+2 y Tipo LS Grupo 2+1

# ANEXO 2

## ANEXO 2.

### CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE ESCOGIDO.

SAE 20W PREMIUM

## **PREMIUM**

### **INFORMACIÓN TÉCNICA**

#### **DESCRIPCIÓN y APLICACIÓN**

Aceites hidráulicos industriales formulados a partir de bases minerales parafínicas de alto grado de refinado y un completo conjunto de aditivos, que mejoran las propiedades de los aceites base, haciéndolos óptimos para cualquier sistema hidráulico, alargando su duración y uso.

Aceite especial para sistemas hidráulicos, reforzado para su **trabajo en temperaturas y condiciones extremas.**

#### **PROPIEDADES**

- Contiene inhibidores de corrosión sobre metales, procurando una película protectora contra la corrosión.
- Buenas propiedades antioxidantes, que impide la oxidación del aceite evitando que aumente la viscosidad y se deteriore.
- Buenas propiedades antiherrumbre.
- Buena estabilidad a la hidrólisis y buenas propiedades térmicas.

#### **ANÁLISIS TIPO**

	<b>VISCOSIDAD A 100°C, cSt</b>	<b>INDICE DE VISCOSIDAD Mínimo</b>	<b>PUNTO DE INFLAMACIÓN Mínimo, °C</b>	<b>PUNTO DE CONGELACIÓN Mínimo, °C</b>
SAE 10W PREMIUM	>4,1	95	200	-9
SAE 20 PREMIUM	5,6 - 9,3			
SAE 30 PREMIUM	9,3 - 12,5			
SAE 40 PREMIUM	24 - 42			

*Las características mencionadas representan valores típicos.*

#### **PRESENTACIÓN**

El **PREMIUM** se suministra en envases de 2, 5, 20, 200 y 1.000 litros.

# ANEXO 3

# Engrasadores

DIN 714 12 A, B, C

Acero, cincado

## Engrasadores cónicos rectos



DIN	Denom.	Rosca	Long. Rosca (mm)	Long. Total (mm)	Medida Llave (mm)	Art. N°	U/E		
71412A	H1	M6X1	4.0	14.0	7	<b>986 40</b>	25/ 100		
			7.5	24.0		<b>986 40 0*</b>			
		M8X1	5.4	16.0	9	<b>986 41</b>			
		M8X1.25				<b>986 135</b>			
		M10X1			11	<b>986 42</b>			
		M10X1.5				<b>986 136</b>			
		R1/8"	6.5	19.5	14	<b>986 43</b>			
		R1/4"			4.4	14.0		8	<b>986 44</b>
		R3/8"			6.5	19.5		17	<b>986 45</b>

\* El Art. N° 986 40 0 corresponde a 24,0 mm de longitud

## Engrasadores cónicos a 45°



DIN	Denom.	Rosca	Long. Rosca (mm)	Long total (mm)	Medida llave (mm)	Art. N°	U/E	
71412B	H2	M6x1	5.5	20.0	9	<b>986 50</b>	25/ 100	
						M8x1		<b>986 51</b>
		M10x1	5.0		11	<b>986 52</b>		
		M10x1.5	6.0			<b>986 145</b>		
		R1/8"	7.0		21.0	14		<b>986 53</b>
		R1/4"				17		<b>986 54</b>
		R3/8"				23.0		<b>986 55</b>

## Engrasadores cónicos a 90°



DIN	Denom.	Rosca	Long. Rosca	Long. total (mm)	Medida llave (mm)	Art. N°	U/E
71412C	H3	M6x1	5.5	18.0	9	<b>986 60</b>	25/ 100
						M8x1	
		M10x1	6.0		11	<b>986 62</b>	
		M10x1.5				<b>986 155</b>	
		R1/8"				<b>986 63</b>	

## Conjunto de engrasadores



Contenido:

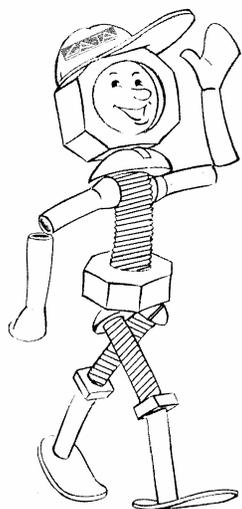
9 medidas H1/H2/H3 desde 6 x 1 hasta 10 x 1 mm = 450 piezas

3 medidas de engrasadores de impacto H1 desde 6 hasta 10 mm = 150 piezas

**Art. N° 964 986**

# ANEXO 4

# TABLA DE MEDIDAS DE AGUJEROS PARA ROSCAS



WHITWORTH BSW				AMERICANA NF				GAS WHIT. BPS				METRICA			
Macho	Filete	Diam.	Mecha	Macho	Filete	Diam.	Mecha	Macho	Filete	Diam.	Mecha	Macho	Filete	Diam.	Mecha
1/16	60	1,59	1,25	Nº 3	56	2,52	2,00	1/8	28	9,73	8,75	M 2	0,40	2,0	1,50
3/32	48	2,38	2,00	Nº 4	48	2,85	2,25	1/4	19	13,16	11,75	M 2.3	0,40	2,3	2,00
1/8	40	3,18	2,50	Nº 5	44	3,18	2,50	3/8	19	16,66	15,25	M 2.5	0,45	2,5	2,15
5/32	32	3,97	3,25	Nº 6	40	3,51	3,00	1/2	14	20,96	19,00	M 3	0,50	3,0	2,50
3/16	24	4,76	3,75	Nº 8	36	4,17	3,50	5/8	14	22,91	21,00	M 3.5	0,60	3,5	3,00
7/32	24	5,56	4,75	Nº 10	32	4,83	4,00	3/4	14	26,44	24,50	M 4	0,70	4,0	3,25
1/4	20	6,35	5,25	Nº 12	28	5,49	4,50	7/8	14	30,20	28,25	M 5	0,80	5,0	4,25
5/16	18	7,94	6,50	1/4	28	6,35	5,50	1"	11	33,25	30,50	M 6	1,00	6,0	5,00
3/8	16	9,53	8,00	5/16	24	7,94	7,00	<b>AMERICANA GAS NPS</b>				M 7	1,00	7,0	6,00
7/16	14	11,11	9,50	3/8	24	9,53	8,50					M 8	1,25	8,0	6,75
1/2	12	12,70	10,50	7/16	20	11,11	10,00	Macho	Filete	Diam.	Mecha	M 9	1,25	9,0	7,75
9/16	12	14,29	12,00	1/2	20	12,70	11,50	1/8	27	10,27	9,00	M 10	1,00	10,0	9,00
5/8	11	15,88	13,50	9/16	18	14,29	13,00	1/4	18	13,57	11,50	M 10	1,50	10,0	8,50
3/4	10	19,05	16,50	5/8	18	15,88	14,50	3/8	18	17,06	15,00	M 12	1,00	12,0	11,00
7/8	9	22,23	19,50	3/4	16	19,05	17,50	1/2	14	21,22	18,50	M 12	1,50	12,0	10,50
1"	8	25,40	22,50	7/8	14	22,23	20,50	3/4	14	26,57	24,00	M 12	1,75	12,0	10,50
1 1/4	7	31,75	28,00	1"	14	25,40	23,50	1"	11	33,23	30,00	M 14	1,25	14,0	12,75
1 1/2	6	38,10	34,00	1 1/2	12	38,10	36,00	1 1/2	11 1/2	48,05	45,00	M 14	1,50	14,0	12,50

ES INDISPENSABLE PARA EL BUEN RESULTADO DE UN MACHO DE ROSCAR UTILIZAR UNA MECHA ADECUADA



Tte. Gral. J. D. Perón 1314 - Cap. Fed.

Tel.: 4383-7340 / 4383-4341 / 4383-8610

E-mail: [gatatornillos@infovia.com.ar](mailto:gatatornillos@infovia.com.ar)

[www.gatatornillos.com.ar](http://www.gatatornillos.com.ar)

# ANEXO 5

## Tolerancias de Forma

Rectitud		<p>Una línea contenida en la superficie superior paralela al plano de proyección sobre el que se da la inclinación, debe estar contenida entre dos líneas paralelas distantes en <math>t=0.1</math> (d es cualquier distancia).</p>
		<p>Cualquier generatriz del cilindro ha de estar comprendida entre dos rectas // separadas entre sí 0.06 mm</p>
		<p>El eje del cilindro ha de estar comprendido en una zona cilíndrica de diámetro 0.06 mm</p>
Planicidad		<p>La superficie debe estar comprendida entre dos planos // separados entre sí, 0.06 mm</p>
Redondez		<p>El contorno del cono debe estar comprendido entre dos circunferencias separadas entre sí 0.06 mm</p>
Cilindricidad		<p>La superficie considerada debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales separados entre sí 0.07 mm.</p>
Forma de una línea cualquiera		<p>La línea debe estar comprendida entre dos líneas envolventes de círculos de diámetro <math>t=0.05</math> cuyos centros están situados sobre una línea con la forma geométrica teórica.</p>
Forma de una superficie cualquiera		<p>La superficie debe estar comprendida entre dos superficies envolventes de esferas de diámetro <math>t=0.2</math> cuyos centros están situados sobre una superficie con la forma geométrica correcta.</p>

# ANEXO 6

Grupos de diámetros (mm)	CALIDADES																	
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
$d \leq 3$	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
$3 < d \leq 6$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
$6 < d \leq 10$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
$10 < d \leq 18$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
$18 < d \leq 30$	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
$30 < d \leq 50$	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
$50 < d \leq 80$	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
$80 < d \leq 120$	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
$120 < d \leq 180$	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
$180 < d \leq 250$	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
$250 < d \leq 315$	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
$315 < d \leq 400$	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
$400 < d \leq 500$	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Tabla 1. Valores numéricos de amplitudes de zonas de tolerancia (en micras)

Posición	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js
Calidad	Todas las calidades											
Diámetro	Diferencia inferior Di											
d≤3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	IT/2
3<d≤6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	
6<d≤10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	
10<d≤18	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0	
18<d≤30	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0	
30<d≤40	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0	
40<d≤50	+320	+180	+130									
50<d≤65	+340	+190	+140	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0	
65<d≤80	+360	+200	+150									
80<d≤100	+380	+220	+170									
100<d≤120	+410	+240	+180	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0	
120<d≤140	+460	+260	+200									
140<d≤160	+520	+280	+210									
160<d≤180	+580	+310	+230									
180<d≤200	+660	+340	+240	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0	
200<d≤225	+740	+380	+260									
225<d≤250	+820	+420	+280									
250<d≤280	+920	+480	+300									
280<d≤315	+1050	+540	+330									
315<d≤335	+1200	+600	+360	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0	
335<d≤400	+1350	+680	+400									
400<d≤450	+1500	+760	+440									
450<d≤500	+1650	+840	+480	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0	

Posición	J			K				M					N					P			
	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	≥9	5	6	7	8	≥9	5	6	7	≥8
Diámetro	Diferencia superior Ds																				
d≤3	+2	+4	+6	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-6
3<d≤6	+5	+6	+10	0	+2	+3	+5	-3	-1	0	+2	-4	-7	-5	-4	-2	0	-11	-9	-8	-12
6<d≤10	+5	+8	+12	+1	+2	+5	+6	-4	-3	0	+1	-6	-8	-7	-4	-3	0	-13	-12	-9	-15
10<d≤18	+6	+10	+15	+2	+2	+6	+8	-4	-4	0	+2	-7	-9	-9	-5	-3	0	-15	-15	-11	-18
18<d≤30	+8	+12	+20	+1	+2	+6	+10	-5	-4	0	+4	-8	-12	-11	-7	-3	0	-19	-18	-14	-22
30<d≤40	+10	+14	+24	+2	+3	+7	+12	-5	-4	0	+5	-9	-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-26
40<d≤50																					
50<d≤65	+13	+18	+28	+3	+4	+9	+14	-6	-5	0	+5	-11	-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-32
65<d≤80																					
80<d≤100	+16	+22	+34	+2	+4	+10	+16	-8	-6	0	+6	-13	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-37
100<d≤120																					
120<d≤140	+18	+26	+41	+3	+4	+12	+20	-9	-8	0	+8	-15	-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-43
140<d≤160																					
160<d≤180																					
180<d≤200	+22	+30	+47	+2	+5	+13	+22	-11	-8	0	+9	-17	-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-50
200<d≤225																					
225<d≤250																					
250<d≤280	+25	+36	+55	+3	+5	+16	+25	-13	-9	0	+9	-20	-27	-25	-14	-5	0	-49	-47	-36	-56
280<d≤315																					
315<d≤335	+29	+39	+60	+3	+7	+17	+28	-14	-10	0	+11	-21	-30	-26	-16	-5	0	-55	-51	-41	-62
335<d≤400																					
400<d≤450																					
450<d≤500	+33	+43	+66	+2	+8	+18	+29	-16	-10	0	+11	-23	-33	-27	-17	-6	0	-61	-55	-45	-68

Tablas 2 y 3. Diferencias fundamentales para agujeros en micras (Desde A hasta P)

Posición	R				S				T				U			
	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8
Diámetro	Diferencia superior Ds															
d≤3	-10	-10	-10	-10	-14	-14	-14	-14	-	-	-	-	-18	-18	-18	-18
3<d≤6	-14	-12	-11	-15	-18	-16	-15	-19	-	-	-	-	-22	-20	-19	-23
6<d≤10	-17	-16	-13	-19	-21	-20	-17	-23	-	-	-	-	-26	-25	-22	-28
10<d≤14	-20	-20	-16	-23	-25	-25	-21	-28	-	-	-	-	-30	-30	-26	-33
14<d≤18									-38	-37	-33	-41	-45	-44	-40	-48
18<d≤24	-25	-24	-20	-28	-32	-31	-27	-35	-	-	-	-	-38	-37	-33	-41
24<d≤30									-44	-43	-39	-48	-56	-55	-51	-60
30<d≤40	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43	-50	-49	-45	-54	-66	-65	-61	-70
40<d≤50									-61	-60	-55	-66	-82	-81	-76	-87
50<d≤65	-36	-35	-30	-41	-48	-47	-42	-53	-70	-69	-64	-75	-97	-96	-91	-102
65<d≤80	-38	-37	-32	-43	-54	-53	-48	-59	-86	-84	-78	-91	-119	-117	-111	-124
80<d≤100	-46	-44	-38	-51	-66	-64	-58	-71	-99	-97	-91	-104	-139	-137	-131	-144
100<d≤120	-49	-47	-41	-54	-74	-72	-66	-79	-116	-115	-107	-122	-164	-163	-155	-170
120<d≤140	-57	-56	-48	-63	-86	-85	-77	-92	-128	-127	-119	-134	-184	-183	-175	-190
140<d≤160	-59	-58	-50	-65	-94	-93	-85	-100	-140	-139	-131	-146	-204	-203	-195	-210
160<d≤180	-62	-61	-53	-68	-102	-101	-93	-108	-160	-157	-149	-166	-230	-227	-219	-236
180<d≤200	-71	-68	-60	-77	-116	-113	-105	-122	-174	-171	-163	-180	-252	-249	-241	-258
200<d≤225	-74	-71	-63	-80	-124	-121	-113	-130	-190	-187	-179	-196	-278	-275	-267	-284
225<d≤250	-78	-75	-67	-84	-134	-131	-123	-140	-211	-209	-198	-218	-308	-306	-295	-315
250<d≤280	-87	-85	-74	-94	-151	-149	-138	-158	-233	-231	-220	-240	-343	-341	-330	-350
280<d≤315	-91	-89	-78	-98	-163	-161	-150	-170	-261	-257	-247	-268	-383	-379	-369	-390
315<d≤355	-101	-97	-87	-108	-183	-179	-169	-190	-287	-283	-273	-294	-428	-424	-414	-435
355<d≤400	-107	-103	-93	-114	-201	-197	-187	-208	-323	-317	-307	-330	-483	-477	-467	-490
400<d≤450	-119	-113	-103	-126	-225	-219	-209	-232	-353	-347	-337	-360	-533	-527	-517	-540
450<d≤500	-125	-119	-109	-132	-245	-239	-229	-252								

Posición	V				X				Y			Z			ZA		ZB	ZC
	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	6	7	≥ 8	6	7	≥ 8	7	≥ 8	≥ 8	≥ 8
Diámetro	Diferencia superior Ds																	
d≤3	-	-	-	-	-20	-20	-20	-20	-	-	-	-26	-26	-26	-32	-32	-40	-60
3<d≤6	-	-	-	-	-27	-25	-24	-28	-	-	-	-32	-31	-35	-38	-42	-50	-80
6<d≤10	-	-	-	-	-32	-31	-28	-34	-	-	-	-39	-36	-42	-46	-52	-67	-97
10<d≤14	-	-	-	-	-37	-37	-33	-40	-	-	-	-47	-43	-50	-57	-64	-90	-130
14<d≤18	-36	-36	-32	-39	-42	-42	-38	-45	-	-	-	-57	-53	-60	-70	-77	-108	-150
18<d≤24	-44	-43	-39	-47	-51	-50	-46	-54	-59	-55	-63	-69	-65	-73	-90	-98	-136	-188
24<d≤30	-52	-51	-47	-55	-61	-60	-56	-64	-71	-67	-75	-84	-80	-88	-110	-118	-160	-218
30<d≤40	-64	-63	-59	-68	-76	-75	-71	-80	-89	-85	-94	-107	-103	-112	-139	-148	-200	-274
40<d≤50	-77	-76	-72	-81	-93	-92	-88	-97	-109	-105	-114	-131	-127	-136	-171	-180	-242	-325
50<d≤65	-97	-96	-91	-102	-117	-116	-111	-122	-138	-133	-144	-166	-161	-172	-215	-226	-300	-405
65<d≤80	-115	-114	-109	-120	-141	-140	-135	-146	-168	-163	-174	-204	-199	-210	-263	-274	-360	-480
80<d≤100	-141	-139	-133	-146	-173	-171	-165	-178	-207	-201	-214	-251	-245	-258	-322	-335	-445	-585
100<d≤120	-167	-165	-159	-172	-205	-203	-197	-210	-247	-241	-254	-303	-297	-310	-387	-400	-525	-690
120<d≤140	-196	-195	-187	-202	-242	-241	-233	-248	-293	-285	-300	-358	-350	-365	-455	-470	-620	-800
140<d≤160	-222	-221	-213	-228	-274	-273	-265	-280	-333	-325	-340	-408	-400	-415	-520	-535	-700	-900
160<d≤180	-246	-245	-237	-252	-304	-303	-295	-310	-373	-365	-380	-458	-450	-465	-585	-600	-780	-1000
180<d≤200	-278	-275	-267	-284	-344	-341	-333	-350	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-653	-670	-880	-1150
200<d≤225	-304	-301	-293	-310	-379	-376	-368	-385	-461	-453	-470	-566	-558	-575	-723	-740	-960	-1250
225<d≤250	-334	-331	-323	-340	-419	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-631	-623	-640	-803	-820	-1050	-1350
250<d≤280	-378	-376	-365	-385	-468	-466	-455	-475	-571	-560	-580	-701	-690	-710	-900	-920	-1200	-1550
280<d≤315	-418	-416	-405	-425	-518	-516	-505	-525	-641	-630	-650	-781	-770	-790	-980	-1000	-1300	-1700
315<d≤355	-468	-464	-454	-475	-583	-579	-569	-590	-719	-709	-730	-889	-879	-900	-1129	-1150	-1500	-1900
355<d≤400	-523	-519	-509	-530	-653	-649	-639	-660	-809	-799	-820	-989	-979	-1000	-1279	-1300	-1650	-2100
400<d≤450	-588	-582	-572	-595	-733	-727	-717	-740	-907	-897	-920	-1087	-1077	-1100	-1427	-1450	-1850	-2400
450<d≤500	-653	-647	-637	-660	-813	-807	-797	-820	-987	-977	-1000	-1237	-1227	-1250	-1577	-1600	-2100	-2600

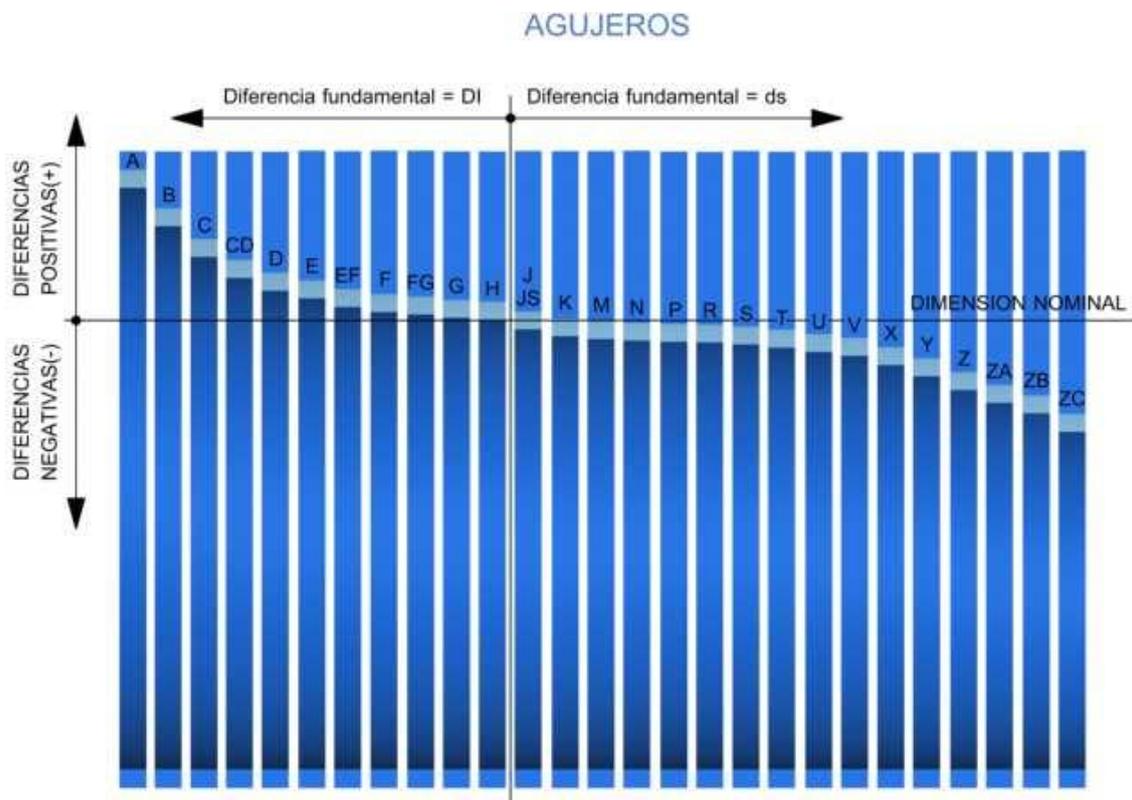
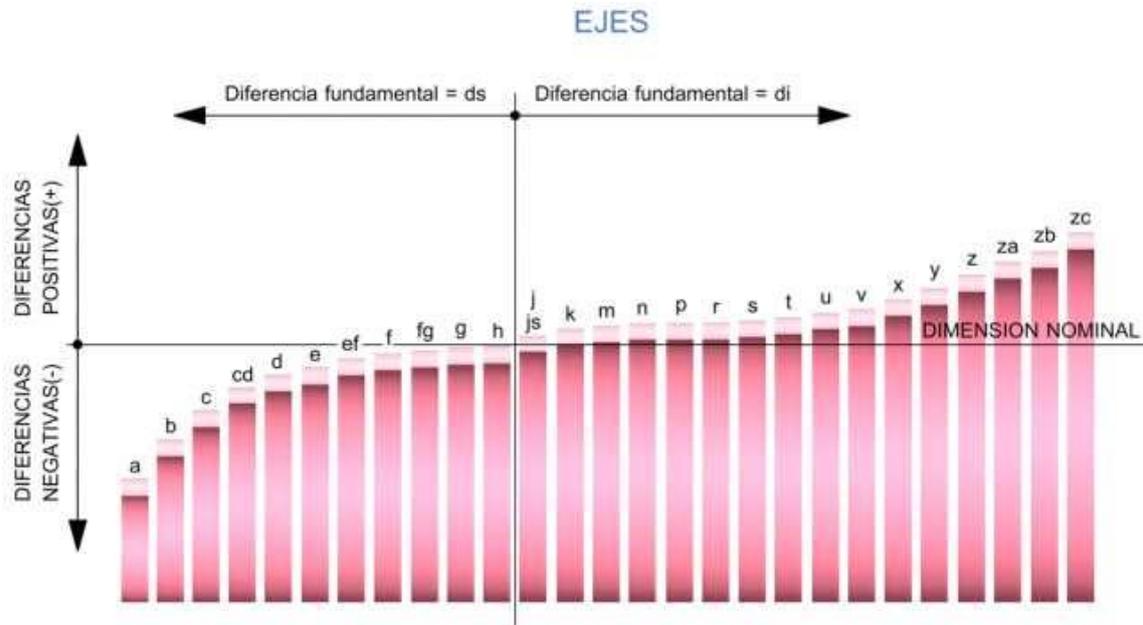
Tablas 3 y 4. Diferencias fundamentales para agujeros en micras (Desde R hasta ZC)

Posición	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j			k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
Calidad												5 y 6	7	8	$\geq 4$ $\leq 7$	$< 4$ $> 7$	Todas las calidades															
Diferencia fundamental	Diferencia superior ds											Diferencia inferior di																				
$d \leq 3$	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60		
$3 < d \leq 6$	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-2	-4	-	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80		
$6 < d \leq 10$	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	-2	-5	-	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97		
$10 < d \leq 14$	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0	-3	-6	-	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130		
$14 < d \leq 18$																															+39	+45
$18 < d \leq 24$	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0	-4	-8	-	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188		
$24 < d \leq 30$																															+41	+48
$30 < d \leq 40$	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0	-5	-10	-	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	-	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274	
$40 < d \leq 50$	-320	-180	-130																													+54
$50 < d \leq 65$	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0	-7	-12	-	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
$65 < d \leq 80$	-360	-200	-150																												+43	+59
$80 < d \leq 100$	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0	-9	-15	-	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585		
$100 < d \leq 120$	-410	-240	-180																												+54	+79
$120 < d \leq 140$	-460	-260	-200	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	-11	-18	-	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800		
$140 < d \leq 160$	-520	-280	-210																												+65	+100
$160 < d \leq 180$	-580	-310	-230	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	-13	-21	-	+4	0	+17	+31	+50	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000		
$180 < d \leq 200$	-660	-340	-240																												+77	+122
$200 < d \leq 225$	-740	-380	-260	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	-16	-26	-	+4	0	+20	+34	+56	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250		
$225 < d \leq 250$	-820	-420	-280																												+84	+140
$250 < d \leq 280$	-920	-460	-300	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	-18	-28	-	+4	0	+21	+37	+62	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550		
$280 < d \leq 315$	-1050	-540	-330																												+98	+170
$315 < d \leq 355$	-1200	-600	-360	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-20	-32	-	+5	0	+23	+40	+68	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900		
$355 < d \leq 400$	-1350	-680	-400																												+114	+208
$400 < d \leq 450$	-1500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-20	-32	-	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400		
$450 < d \leq 500$	-1650	-840	-480																												+132	+252

Para la posición js,  $d_i = -IT/2$   $d_s = IT/2$

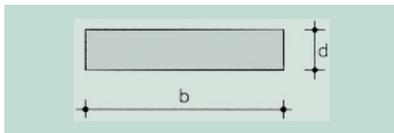
Tabla 5. Diferencias fundamentales para ejes en micras

El Sistema ISO de tolerancias define veintiocho posiciones diferentes para las zonas de tolerancia, situadas respecto a la línea cero. Se definen por unas letras (mayúsculas para agujeros y minúsculas para ejes).



# ANEXO 7

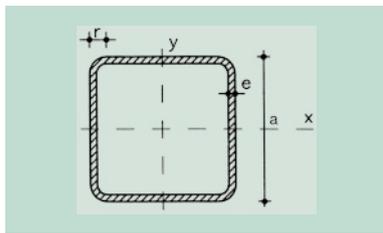
Tabla 2.A1.10. Rectangulares



A = Área de la sección  
p = Peso por m

b · d	A	p		b · d	A	p		b · d	A	p		b · d	A	p		b · d	A	p	
mm mm	cm <sup>2</sup>	kp/m		mm mm	cm <sup>2</sup>	kp/m		mm mm	cm <sup>2</sup>	kp/m		mm mm	cm <sup>2</sup>	kp/m		mm mm	cm <sup>2</sup>	kp/m	
20,4	0,80	0,628	C	45,12	5,40	4,24	C	70,20	14,00	11,00	P	100,30	30,00	23,60	C	160,25	40,0	31,4	C
20,5	1,00	0,785	C	45,15	6,75	5,30	C	70,25	17,50	13,70	P	100,35	35,00	27,50	C	160,30	48,0	37,7	C
20,6	1,20	0,942	C	45,20	9,00	7,07	C	70,30	21,00	16,50	C	100,40	40,00	31,40	C	160,35	56,0	44,0	C
20,8	1,60	1,260	C	45,25	11,20	8,83	C	70,35	24,50	19,20	C	110,4	4,40	3,45	C	160,40	64,0	50,2	C
20,10	2,00	1,570	C	45,30	13,50	10,60	C	70,40	28,00	22,00	C	110,5	5,50	4,32	C	180,8	14,4	11,3	C
20,12	2,40	1,880	C	45,35	15,80	12,40	C	75,4	3,00	2,36	C	110,6	6,80	5,18	C	180,10	18,0	14,1	C
20,15	3,00	2,360	C	45,40	18,00	14,10	C	75,5	3,75	2,94	C	110,8	8,80	6,91	C	180,12	21,6	17,0	C
25,4	1,00	0,785	C	50,4	2,00	1,57	P	75,6	4,50	3,53	C	110,10	11,00	8,64	C	180,15	27,0	21,2	C
25,5	1,25	0,981	C	50,5	2,50	1,96	P	75,8	6,00	4,71	C	110,12	13,20	10,40	C	180,20	36,0	28,3	C
25,6	1,50	1,180	C	50,6	3,00	2,36	P	75,10	7,50	5,89	C	110,15	16,50	13,00	C	180,25	45,0	35,3	C
25,8	2,00	1,570	C	50,8	4,00	3,14	P	75,12	9,00	7,07	C	110,20	22,00	17,30	C	180,30	54,0	42,4	C
25,10	2,50	1,960	C	50,10	5,00	3,93	P	75,15	11,20	8,83	C	110,25	27,50	21,60	C	180,35	63,0	49,5	C
25,12	3,00	2,360	C	50,12	6,00	4,71	C	75,20	15,00	11,80	C	110,30	33,00	25,90	C	180,40	72,0	56,5	C
25,15	3,75	2,940	C	50,15	7,50	5,89	C	75,25	18,80	14,70	C	110,35	38,50	30,20	C	200,8	16,0	12,6	C
25,20	5,00	3,930	C	50,20	10,00	7,85	C	75,30	22,50	17,70	C	110,40	44,00	34,50	C	200,10	20,0	15,7	C
30,4	1,20	0,942	P	50,25	12,50	9,81	C	75,35	26,20	20,60	C	120,4	4,80	3,77	C	200,12	24,0	18,8	C
30,5	1,50	1,180	P	50,30	15,00	11,80	C	75,40	30,00	23,60	C	120,5	6,00	4,71	C	200,15	30,0	23,6	C
30,6	1,80	1,410	P	50,35	17,50	13,70	C	80,4	3,20	2,51	C	120,6	7,20	5,65	C	200,20	40,0	31,4	C
30,8	2,40	1,880	C	50,40	20,00	15,70	C	80,5	4,00	3,14	C	120,8	9,60	7,54	C	200,25	50,0	39,2	C
30,10	3,00	2,360	C	55,4	2,20	1,73	C	80,6	4,80	3,77	P	120,10	12,00	9,42	P	200,30	60,0	47,1	C
30,12	3,60	2,830	C	55,5	2,75	2,16	C	80,8	6,40	5,02	P	120,12	14,40	11,30	P	200,35	70,0	55,0	C
30,15	4,50	3,530	C	55,6	3,30	2,59	C	80,10	8,00	6,28	P	120,15	18,80	14,10	P	200,40	80,0	62,8	C
30,20	6,00	4,710	C	55,8	4,40	3,45	C	80,12	9,60	7,54	P	120,20	24,00	18,80	P	250,8	20,0	15,7	C
30,25	7,50	5,890	C	55,10	5,50	4,32	C	80,15	12,00	9,42	P	120,25	30,00	23,60	P	250,10	25,0	19,6	C
35,4	1,40	1,100	C	55,12	6,60	5,18	C	80,20	16,00	12,60	P	120,30	36,00	28,50	C	250,12	30,0	23,6	C
35,5	1,75	1,370	C	55,15	8,25	6,48	C	80,25	20,00	15,70	P	120,35	42,00	33,00	C	250,15	37,5	29,4	C
35,6	2,10	1,650	C	55,20	11,00	8,64	C	80,30	24,00	18,80	C	120,40	48,00	37,70	C	250,20	50,0	39,2	C
35,8	2,80	2,200	C	55,25	13,80	10,80	C	80,35	28,00	22,00	C	140,8	11,2	8,79	C	250,25	62,5	49,1	C
35,10	3,50	2,750	C	55,30	16,50	13,00	C	80,40	32,00	25,10	C	140,10	14,0	11,00	C	250,30	75,0	58,9	C
35,12	4,20	3,300	C	55,35	19,30	15,10	C	90,4	3,60	2,85	C	140,12	16,8	13,20	P	250,35	87,5	68,7	C
35,15	5,25	4,120	C	55,40	22,00	17,30	C	90,5	4,50	3,53	C	140,15	21,0	16,50	P	250,40	100,0	78,5	C
35,20	7,00	5,500	C	60,4	2,40	1,88	C	90,6	5,40	4,24	C	140,20	28,0	22,00	P	300,8	24,0	18,8	C
35,25	8,75	6,870	C	60,5	3,00	2,36	P	90,8	7,20	5,85	C	140,25	35,0	27,50	P	300,10	30,0	23,6	C
35,30	10,50	8,240	C	60,6	3,60	2,83	P	90,10	9,00	7,07	C	140,30	42,0	33,00	C	300,12	36,0	28,3	C
40,4	1,60	1,26	P	60,8	4,80	3,77	P	90,12	10,80	8,48	C	140,35	49,0	38,50	C	300,15	45,0	35,3	C
40,5	2,00	1,57	P	60,10	6,00	4,71	P	90,15	13,50	10,60	C	140,40	56,0	44,00	C	300,20	60,0	47,1	C
40,6	2,40	1,88	P	60,12	7,20	5,65	P	90,20	18,00	12,10	C	150,8	12,0	9,42	C	300,25	75,0	58,9	C
40,8	3,20	2,51	P	60,15	9,00	7,07	P	90,25	22,50	17,70	C	150,10	15,0	11,80	C	300,30	90,0	70,6	C
40,10	4,00	3,14	C	60,20	12,00	9,42	P	90,30	27,00	21,20	C	150,12	18,0	14,10	C	300,35	105,0	82,4	C
40,12	4,80	3,77	C	60,25	15,00	11,80	P	90,35	31,50	24,70	C	150,15	22,5	17,70	C	300,40	120,0	94,2	C
40,15	6,00	4,71	C	60,30	18,00	14,10	C	90,40	36,00	28,30	C	150,20	30,0	23,60	C	400,8	32,0	25,1	C
40,20	8,00	6,28	C	60,35	21,00	16,50	C	100,4	4,00	3,14	C	150,25	37,5	29,40	C	400,10	40,0	31,4	C
40,25	10,00	7,85	C	60,40	24,00	18,80	C	100,5	5,00	3,93	C	150,30	45,0	35,30	C	400,12	48,0	37,7	C
40,30	12,00	9,42	C	70,4	2,80	2,20	C	100,6	6,00	4,71	C	150,35	52,5	41,20	C	400,15	60,0	47,1	C
40,35	14,00	11,00	C	70,5	3,50	2,75	P	100,8	8,00	6,23	P	150,40	60,0	47,10	C	400,20	80,0	62,8	C
45,4	1,80	1,41	C	70,6	4,20	3,30	P	100,10	10,00	7,85	P	160,8	12,8	10,0	C	400,25	100,0	78,5	C
45,5	2,25	1,77	C	70,8	5,60	4,40	P	100,12	12,00	9,42	P	160,10	16,0	12,6	C	400,30	120,0	94,2	C
45,6	2,70	2,12	C	70,10	7,00	5,50	P	100,15	15,00	11,80	P	160,12	19,2	15,1	C	400,35	140,0	110,0	C
45,8	3,60	2,83	C	70,12	8,40	6,59	P	100,20	20,00	15,70	P	160,15	24,0	18,8	C	400,40	160,0	126,0	C
45,10	4,50	3,53	C	70,15	10,50	8,24	P	100,25	25,00	19,60	P	160,20	32,0	25,1	C				

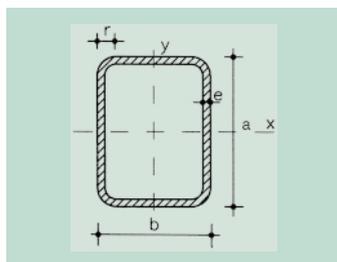
Tabla 2.A2.2. Perfiles huecos cuadrados



$r$  = Radio exterior de redondeo  
 $u$  = Perímetro  
 $A$  = Área de la sección  
 $S$  = Momento estático de media sección, respecto al eje X o Y  
 $I$  = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X o Y  
 $W = 2I : d$  : Módulo resistente de la sección, respecto al eje X o Y  
 $i = \sqrt{I : A}$  : Radio de giro de la sección, respecto al eje X o Y  
 $It$  = Módulo de torsión de la sección

Perfil	Dimensiones				Términos de sección						Peso	
	a mm	e mm	r mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	S cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	p kp/m	
# 40.2	40	2	5	151	2,90	2,04	6,60	3,40	1,53	11,3	2,28	P
# 40.3	40	3	8	147	4,13	2,80	9,01	4,51	1,48	15,6	3,24	P
# 40.4	40	4	10	143	5,21	3,40	10,50	5,26	1,42	18,9	4,09	P
# 45.2	45	2	5	171	3,30	2,63	9,94	4,42	1,74	16,3	2,59	C
# 45.3	45	3	8	167	4,73	3,65	13,40	5,95	1,68	22,9	3,71	C
# 45.4	45	4	10	163	6,01	4,49	15,90	7,07	1,63	28,2	4,72	C
# 50.2	50	2	5	191	3,70	3,30	13,90	5,57	1,94	22,7	2,91	P
# 50.3	50	3	8	187	5,33	4,62	19,00	7,59	1,89	32,0	4,18	P
# 50.4	50	4	10	183	5,81	5,73	22,90	9,15	1,83	39,9	5,35	P
# 55.2	55	2	5	211	4,10	4,04	18,90	6,86	2,14	30,5	3,22	C
# 55.3	55	3	8	207	5,93	5,70	25,90	9,43	2,09	43,4	4,66	C
# 55.4	55	4	10	203	7,61	7,12	31,60	11,50	2,04	54,5	5,97	C
# 60.2	60	2	5	231	4,50	4,86	24,80	8,28	2,35	39,9	3,53	P
# 60.3	60	3	8	227	6,53	6,89	34,40	11,50	2,30	57,1	5,13	P
# 60.4	60	4	10	223	8,41	8,66	42,30	14,10	2,24	72,2	6,60	P
# 60.5	60	5	13	219	10,10	10,20	48,50	16,20	2,19	85,2	7,96	C
# 70.2	70	2	5	271	5,30	6,71	40,30	11,50	2,76	64,1	4,16	P
# 70.3	70	3	8	267	7,73	9,60	56,60	16,20	2,71	92,6	6,07	P
# 70.4	70	4	10	263	10,00	12,20	70,40	20,10	2,65	118,0	7,86	P
# 70.5	70	5	13	259	12,10	14,50	82,00	23,40	2,60	141,0	9,53	P
# 80.3	80	3	8	307	8,93	12,80	86,60	21,70	3,11	140,0	7,01	P
# 80.4	80	4	10	303	11,60	16,30	108,80	27,20	3,06	180,0	9,11	P
# 80.5	80	5	13	299	14,10	19,50	128,00	32,00	3,01	217,0	11,10	P
# 80.6	80	6	15	294	16,50	22,40	144,00	36,00	2,95	250,0	13,00	C
# 90.3	90	3	8	347	10,10	16,40	126,00	37,90	3,52	202,0	7,95	P
# 90.4	90	4	10	343	13,20	21,10	159,00	35,40	3,47	281,0	10,40	P
# 90.5	90	5	13	339	16,10	25,30	189,00	41,90	3,42	316,0	12,70	P
# 90.6	90	6	15	334	18,90	29,20	214,00	47,60	3,36	366,0	14,90	P
# 100.3	100	3	8	387	11,30	20,10	175,00	35,00	3,93	279,0	8,89	P
# 100.4	100	4	10	383	14,80	26,40	223,00	44,60	3,88	363,0	11,60	P
# 100.5	100	5	13	379	18,10	31,90	266,00	53,10	3,83	440,0	14,20	P
# 100.6	100	6	15	374	21,30	37,00	304,00	60,70	3,77	513,0	16,70	P
# 120.4	120	4	10	463	18,00	38,90	397,00	66,20	4,70	638,0	14,10	P
# 120.5	120	5	13	459	22,10	47,20	478,00	79,60	4,64	780,0	17,40	P
# 120.6	120	6	15	454	26,10	55,10	551,00	91,80	4,59	913,0	20,50	C
# 140.5	140	5	13	539	26,10	65,60	780,00	111,00	5,46	260,0	20,50	P
# 140.6	140	6	15	534	30,90	76,80	905,00	129,00	5,41	480,0	24,30	P
# 140.8	140	8	20	526	40,00	97,50	1.130,00	161,00	5,30	890,0	31,40	P
# 160.5	160	5	13	619	30,10	86,90	1.190,00	149,00	6,28	1.901,0	23,70	P
# 160.6	160	6	15	614	35,70	102,00	1.390,00	173,00	6,23	2.240,0	28,00	P
# 160.8	160	8	20	609	46,40	131,00	1.740,00	218,00	6,12	2.890,0	36,50	P
# 170.5	170	5	13	659	32,10	98,70	1.440,00	169,00	6,69	2.290,0	25,20	C
# 170.6	170	6	15	654	38,10	116,00	1.680,00	198,00	6,64	2.710,0	29,90	C
# 170.8	170	8	20	646	49,60	149,00	2.120,00	249,00	6,53	3.410,0	39,00	P

Tabla 2.A2.3. Perfiles huecos rectangulares



$r$ = Radio exterior de redondeo	$S_y$ = Momento estático de media sección, respecto al eje Y
$u$ = Perímetro	$I_y$ = Momento de inercia de la sección, respecto al eje Y
$A$ = Área de la sección	$W_y = 2I_y : b$ . Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y
$S_x$ = Momento estático de media sección, respecto al eje X	$i_y = \sqrt{I_y : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto al eje Y
$I_x$ = Momento de inercia de la sección, respecto al eje X	$I_t$ = Módulo de torsión de la sección
$W_y = 2I_x : a$ . Módulo resistente de la sección, respecto al eje Y	
$i_x = \sqrt{I_x : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto al eje X	

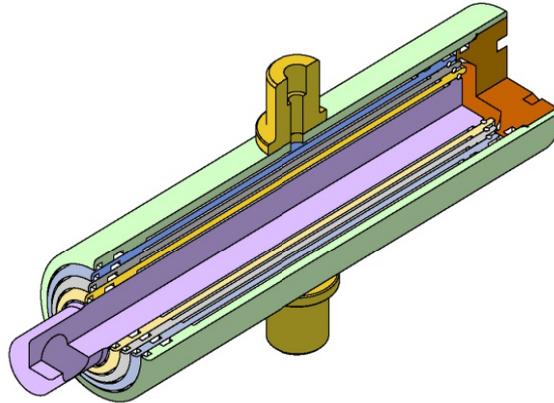
Perfil	Dimensiones					Términos de sección											Peso p kp/m
	a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	$S_x$ cm <sup>3</sup>	$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$i_x$ cm	$S_y$ cm <sup>3</sup>	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm	$I_t$ cm <sup>4</sup>		
✖ 60. 40.2	60	40	2	5	191	3,70	3,70	18,1	6,03	2,21	2,80	9,69	4,85	1,62	20,7	2,91	P
✖ 60. 40.3	60	40	3	8	187	5,33	5,18	24,7	8,23	2,15	3,91	13,10	6,56	1,57	29,2	4,18	P
✖ 60. 40.4	60	40	4	10	183	6,81	6,42	29,7	9,91	2,09	4,84	15,70	7,86	1,52	36,1	5,35	P
✖ 70. 40.2	70	40	2	5	211	4,10	4,67	26,4	7,55	2,54	3,18	11,10	5,57	1,65	25,8	3,22	C
✖ 70. 40.3	70	40	3	8	207	5,93	6,59	36,4	10,40	2,48	4,47	15,20	7,59	1,60	36,4	4,66	C
✖ 70. 40.4	70	40	4	10	203	7,61	8,23	44,3	12,60	2,41	5,56	18,30	9,16	1,55	45,3	5,97	C
✖ 70. 50.2	70	50	2	5	231	4,50	5,35	31,1	8,87	2,63	4,26	18,50	7,42	2,03	37,5	3,53	C
✖ 70. 50.3	70	50	3	8	227	6,53	7,59	43,1	12,30	2,57	6,03	25,60	10,30	1,98	53,6	5,13	C
✖ 70. 50.4	70	50	4	10	223	8,41	9,55	53,0	15,10	2,51	7,57	31,40	12,50	1,93	67,6	6,60	C
✖ 80. 40.3	80	40	3	8	227	6,53	8,15	51,0	12,80	2,79	5,02	17,20	8,62	1,62	43,8	5,13	P
✖ 80. 40.4	80	40	4	10	223	8,41	10,20	62,6	15,60	2,73	6,28	20,90	10,50	1,58	54,7	6,60	P
✖ 80. 40.5	80	40	5	13	219	10,14	12,00	71,6	17,90	2,66	7,33	23,70	11,90	1,53	63,6	7,96	C
✖ 80. 60.3	80	60	3	8	267	7,73	10,50	68,8	17,20	2,98	8,60	44,20	14,70	2,39	88,5	6,07	P
✖ 80. 60.4	80	60	4	10	263	10,00	13,30	85,7	21,40	2,93	10,90	54,90	18,30	2,34	113,0	7,86	P
✖ 80. 60.5	80	60	5	13	259	12,10	15,80	99,8	25,00	2,87	12,90	63,70	21,20	2,29	134,0	9,53	P
✖ 100. 50.3	100	50	3	8	287	8,33	13,10	105,0	20,90	3,54	8,13	35,60	14,20	2,07	88,6	6,54	P
✖ 100. 50.4	100	50	4	10	283	10,80	16,80	131,0	26,10	3,48	10,30	44,10	17,60	2,02	113,0	8,49	P
✖ 100. 50.5	100	50	5	13	279	13,10	20,00	153,0	30,60	3,41	12,20	51,10	20,40	1,97	134,0	10,31	P
✖ 100. 50.6	100	50	6	15	274	15,30	22,90	171,0	34,20	3,34	13,90	56,70	22,70	1,92	151,0	12,03	C
✖ 100. 60.4	100	60	4	10	303	11,60	18,70	149,0	29,80	3,58	13,10	67,40	22,50	2,41	156,0	9,11	P
✖ 100. 60.5	100	60	5	13	299	14,10	22,40	175,0	35,10	3,52	15,70	78,90	26,30	2,36	187,0	11,10	C
✖ 100. 60.6	100	60	6	15	294	16,50	25,70	197,0	39,50	3,46	17,90	88,40	29,50	2,31	214,0	12,97	C
✖ 100. 80.4	100	80	4	10	343	13,20	22,60	186,0	37,20	3,75	19,40	132,00	33,00	3,16	254,0	10,37	P
✖ 100. 80.5	100	80	5	13	339	16,10	27,10	221,0	44,10	3,70	23,30	156,00	39,00	3,11	307,0	12,67	P
✖ 100. 80.6	100	80	6	15	334	18,90	31,30	251,0	50,10	3,64	26,90	177,00	44,30	3,06	355,0	14,85	P
✖ 120. 60.4	120	60	4	10	343	13,20	24,90	236,0	39,30	4,22	15,40	80,00	26,70	2,46	201,0	10,37	P
✖ 120. 60.5	120	60	5	13	339	16,10	30,00	279,0	46,50	4,16	18,40	94,00	31,40	2,41	241,0	12,67	P
✖ 120. 60.6	120	60	6	15	334	18,90	34,60	317,0	52,80	4,09	21,20	106,00	35,30	2,37	277,0	14,85	P
✖ 120. 80.4	120	80	4	10	383	14,80	29,60	290,0	48,30	4,42	22,40	155,00	38,80	3,24	332,0	11,63	C
✖ 120. 80.5	120	80	5	13	379	18,10	35,70	345,0	57,60	4,36	27,00	184,00	46,10	3,19	402,0	14,24	P
✖ 120. 80.6	120	80	6	15	374	21,30	41,40	395,0	65,80	4,30	31,30	210,00	52,50	3,14	467,0	16,74	C
✖ 120. 100.4	120	100	4	10	423	16,40	34,20	343,0	57,20	4,57	30,20	260,00	57,00	3,98	479,0	12,88	P
✖ 120. 100.5	120	100	5	13	419	20,10	41,50	412,0	68,60	4,52	36,60	311,00	62,20	3,93	583,0	15,81	C
✖ 120. 100.6	120	100	6	15	414	23,70	48,30	473,0	78,80	4,46	42,60	357,00	71,40	3,88	681,0	18,62	C
✖ 140. 60.4	140	60	4	10	383	14,80	32,00	349,0	49,80	4,85	17,60	92,60	30,90	2,50	247,0	11,63	C
✖ 140. 60.5	140	60	5	13	379	18,10	38,60	415,0	59,30	4,78	21,20	109,00	36,40	2,45	297,0	14,24	C
✖ 140. 60.6	140	60	6	15	374	21,30	44,70	474,0	67,70	4,71	24,40	124,00	41,20	2,41	342,0	16,74	C
✖ 140. 80.4	140	80	4	10	423	16,40	37,40	423,0	60,40	5,08	25,40	178,00	44,60	3,30	412,0	12,88	P
✖ 140. 80.5	140	80	5	13	419	20,10	45,30	506,0	72,40	5,01	30,80	212,00	53,10	3,25	500,0	15,81	P
✖ 140. 80.6	140	80	6	15	414	23,70	52,70	582,0	83,10	4,95	35,70	243,00	60,70	3,20	582,0	18,62	P
✖ 140. 100.4	140	100	4	10	463	18,00	42,80	497,0	71,00	5,25	34,10	297,00	59,30	4,06	601,0	14,14	P
✖ 140. 100.5	140	100	5	13	459	22,10	52,10	598,0	85,40	5,20	41,40	356,00	71,20	4,01	733,0	17,38	P

Tabla 2.A2.3. (Continuación)

Perfil	Dimensiones					Términos de sección										Peso	
	a mm	b mm	e mm	r mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	p kp/m	
⌘140. 100.6	140	100	6	15	454	26,10	60,80	690,0	98,50	5,14	48,20	410,00	82,00	3,96	858,0	20,51	C
⌘160. 80.4	160	80	4	10	463	18,00	46,00	589,0	73,60	5,72	28,50	201,00	50,30	3,34	495,0	14,14	C
⌘160. 80.5	160	80	5	13	459	22,10	55,90	708,0	88,50	5,65	34,50	241,00	60,20	3,30	601,0	17,38	P
⌘160. 80.6	160	80	6	15	454	26,10	65,20	816,0	102,00	5,59	40,20	276,00	69,00	3,25	700,0	20,51	C
⌘160. 120.5	160	120	5	13	539	26,10	71,40	948,0	119,00	6,02	58,70	610,00	102,00	4,83	1.200,0	20,52	P
⌘160. 120.6	160	120	6	15	534	30,90	83,70	1.100,0	138,00	5,97	68,80	707,00	118,00	4,78	1.420,0	24,27	P
⌘160. 120.8	160	120	8	20	526	40,00	106,00	1.370,0	171,00	5,85	87,20	878,00	146,00	4,68	1.810,0	31,43	C
⌘180. 100.5	180	100	5	13	539	26,10	76,30	1.110,0	123,00	6,51	50,90	446,00	89,30	4,13	1.050,0	20,52	P
⌘180. 100.6	180	100	6	15	534	30,90	89,40	1.280,0	143,00	6,44	59,50	516,00	103,00	4,09	1.230,0	24,27	P
⌘180. 100.8	180	100	8	20	526	40,00	113,00	1.600,0	178,00	6,32	75,30	637,00	127,00	3,99	1.560,0	31,43	P
⌘180. 140.5	180	140	5	13	619	30,10	93,80	1.410,0	157,00	6,85	79,10	962,00	137,00	5,65	1.840,0	23,66	C
⌘180. 140.6	180	140	6	15	614	35,70	110,00	1.650,0	183,00	6,79	92,90	1.120,00	160,00	5,60	2.170,0	28,04	C
⌘180. 140.8	180	140	8	20	606	46,40	141,00	2.070,0	230,00	6,68	119,00	1.410,00	201,00	5,50	2.790,0	36,45	C
⌘200. 80.5	200	80	5	13	539	26,10	80,10	1.250,0	125,00	6,91	42,00	297,00	74,20	3,37	810,0	20,52	P
⌘200. 80.6	200	80	6	15	534	30,90	93,80	1.450,0	145,00	6,84	49,10	342,00	85,40	3,32	943,0	24,27	P
⌘200. 80.8	200	80	8	20	526	40,00	119,00	1.800,0	180,00	6,70	61,70	418,00	105,00	3,23	1.180,0	31,43	P
⌘200. 120.5	200	120	5	13	619	30,10	99,60	1.630,0	163,00	7,35	70,20	742,00	124,00	4,96	1.660,0	23,66	P
⌘200. 120.6	200	120	6	15	614	35,70	117,00	1.900,0	190,00	7,29	82,50	863,00	144,00	4,92	1.950,0	28,04	C
⌘200. 120.8	200	120	8	20	606	46,40	150,00	2.390,0	239,00	7,17	105,00	1.080,00	180,00	4,82	2.500,0	36,45	P
⌘200. 150.5	200	150	5	13	679	33,10	114,00	1.910,0	191,00	7,60	94,00	1.230,00	164,00	6,10	2.400,0	26,01	C
⌘200. 150.6	200	150	6	15	674	39,30	135,00	2.240,0	224,00	7,54	111,00	1.440,00	192,00	6,05	2.830,0	30,87	C
⌘200. 150.8	200	150	8	20	666	51,20	173,00	2.830,0	283,00	7,43	142,00	1.820,00	242,00	5,95	3.650,0	40,22	P

# ANEXO 8

**Cilindro Telescopico Nitrurado – Serie STN**  
**Nitrided Telescopic Cylinder – Serie STN**



**Presión máxima de trabajo**

- P = 180 bares

**Material**

- Acero ST-52
- Todos los elementos, una vez mecanizados, se ven sometidos a un proceso de nitruración gaseosa, consiguiendo aumentar la dureza superficial, con un elevado grado de penetración, lo que asegura una elevada resistencia al desgaste, al gripaje y a la corrosión.

**Estanqueidad**

- Todas las juntas y rascadores son de poliuretano, Trelleborg Sealing Solutions.

**Maximum working pressure**

- P = 180 bares

**Material**

- ST-52 steel.
- All items, once machined, are subjected to a nitriding process, it will further increase the surface hardness, with a high degree of penetration, ensuring a high resistance to wear, seizure and corrosion

**Sealing**

- All seals and scrapers are made of polyurethane, Trelleborg Sealing Solutions

## Cilindro Telescopico Nitruado – Serie STN

### Nitrided Telescopic Cylinder – Serie STN

#### Comprobación

- Los cilindros telescópicos se comprueban mediante muestreo aleatorio según muestra representativa de cada lote. Se pueden comprobar tanto de manera hidráulica, como neumática mediante maquinaria específica.
- La prueba hidráulica se realiza a 240 bares.

#### Testing

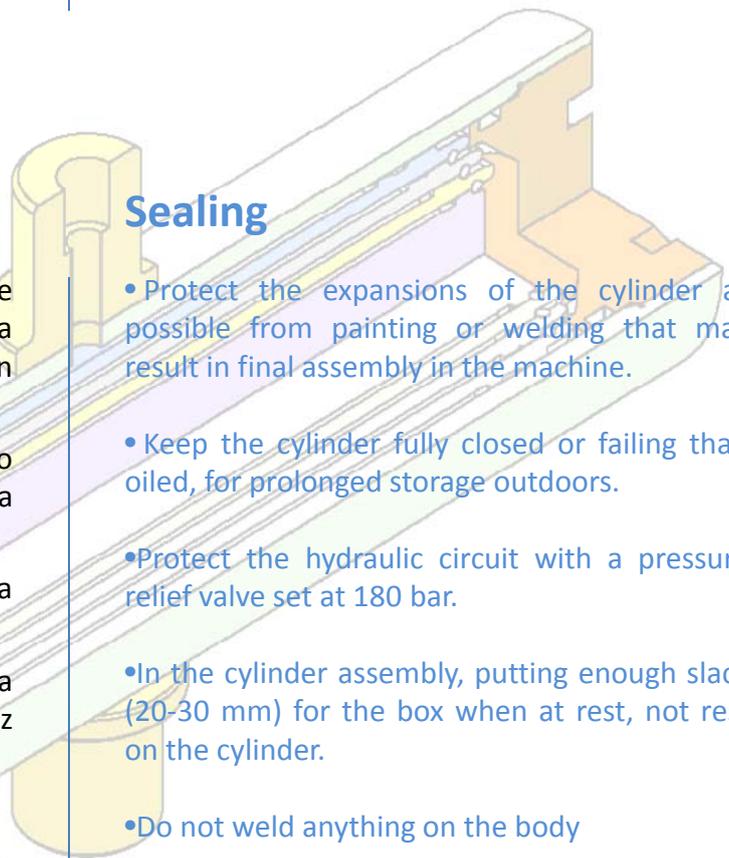
- Telescopic cylinders are checked by random sampling as representative sample of each lot. You can check both hydraulically, and pneumatically using specific machinery.
- The hydraulic test is performed at 240 bar.

#### Recomendaciones

- Proteger las expansiones del cilindro de posibles salpicaduras de pintura o soldadura que se puedan ocasionar en su montaje final en la máquina.
- Mantener el cilindro completamente cerrado o en su defecto, engrasado, para almacenamientos largos en intemperie.
- Proteger el circuito hidráulico con una válvula limitadora tarada a 180 bares.
- En el montaje del cilindro, dejar una holgura suficiente (20-30 mm) para que la caja una vez en reposo, no apoye sobre el cilindro.
- No soldar nada sobre el cuerpo.
- Evitar aplicar sobre el cilindro limpiadores con agua a presión.
- Usar aceites hidráulicos y lubricantes en base mineral.

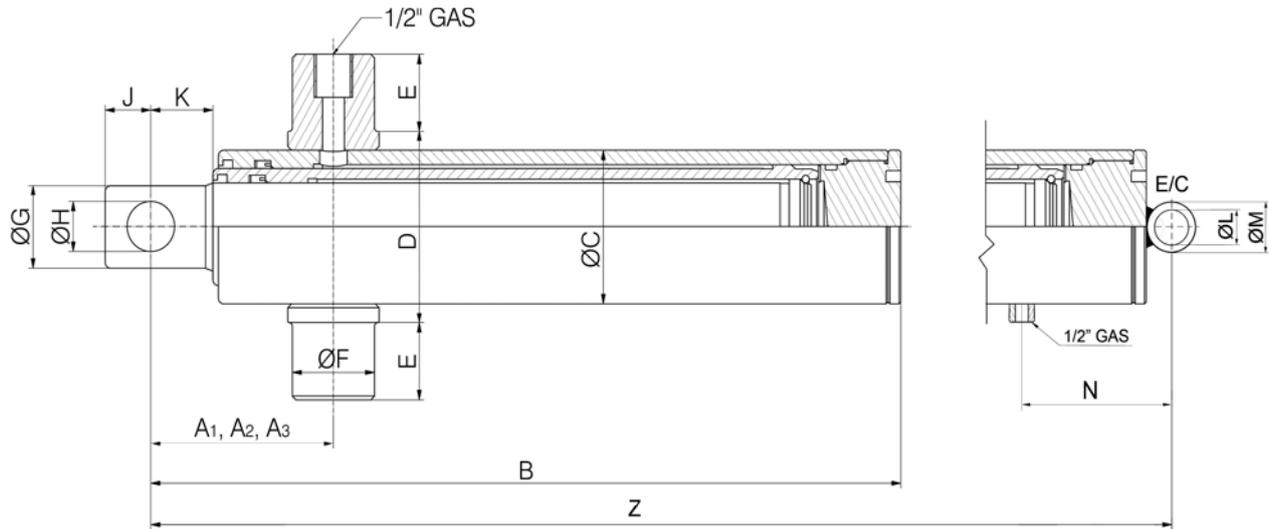
#### Sealing

- Protect the expansions of the cylinder as possible from painting or welding that may result in final assembly in the machine.
- Keep the cylinder fully closed or failing that, oiled, for prolonged storage outdoors.
- Protect the hydraulic circuit with a pressure relief valve set at 180 bar.
- In the cylinder assembly, putting enough slack (20-30 mm) for the box when at rest, not rest on the cylinder.
- Do not weld anything on the body
- Avoid applying on the cylinder pressure water cleaners.
- Used hydraulic oils and mineral-based lubricants.



**Cilindro Telescopico Nitrurado – Serie STN**  
**Nitrided Telescopic Cylinder – Serie STN**

**2 Expansiones**  
**2 Stages**



Codigo/Code	Carrera Stroke	Ø 46	Ø 61	Ø 76	Ø 91	Ø 107	Ø 126	Ø 145	Ø 165	Ø 187	A1	A2	A3	Z	(*)Ton	D.P. Giro
STN-61-2-500	517	*	*								100	200	321	433,5	3	650
STN-61-2-600	617	*	*								100	200	371	483,5	3	750
STN-61-2-700	717	*	*								100	200	421	533,5	3	900
STN-61-2-800	817	*	*								100	200	471	583,5	3	1000
STN-76-2-600	591		*	*							100	--	369	484	5	750
STN-76-2-800	791		*	*							100	--	469	584	5	1000
STN-91-2-700	665			*	*						105	--	422	539,5	8,5	850
STN-91-2-950	965			*	*						105	--	572	689,5	8,5	1200
STN-107-2-950	939				*	*					107	--	--	684	10	1200

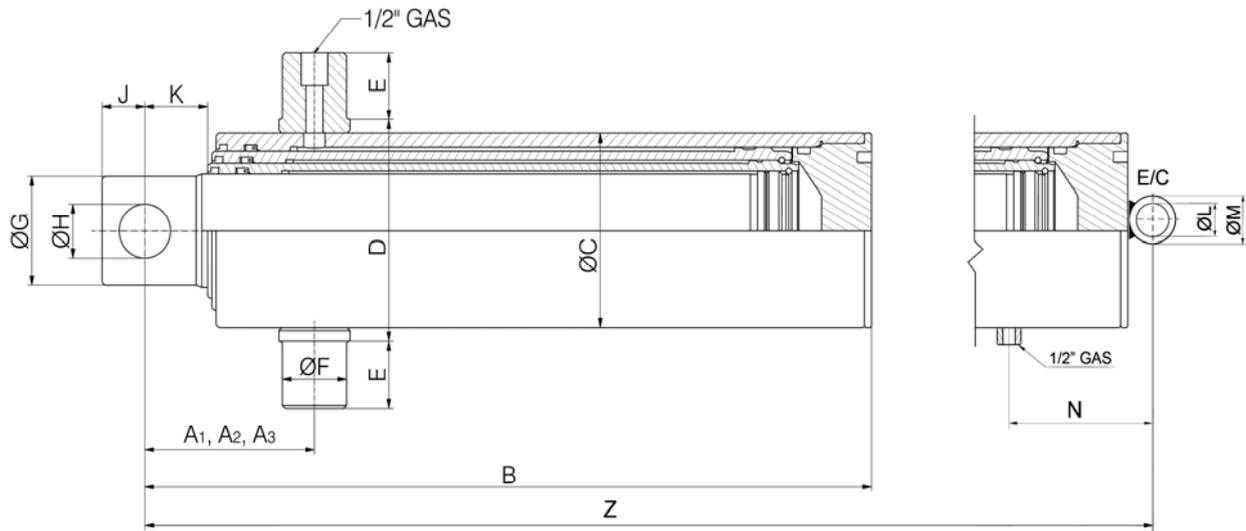
(\*) capacidad de basculación aconsejada / **Recommended basculation capacity**

Codigo/Code	Carrera Stroke	B	ØC	D	E	ØF	ØG	ØH	J	K	ØL	ØM	TOMA (GAS)	N	E/C	PesoKg Weight Kg	Vol. (Lt)
STN-61-2-500	517	411	80	100	40	45	43	26	25	34	26	45	1/2"	112,5	90	15,0	1,4
STN-61-2-600	617	461														16,0	1,7
STN-61-2-700	717	511														18,0	1,9
STN-61-2-800	817	561														19,5	2,2
STN-76-2-600	591	459	95	113	45	45	58	31	25	34	31	50	1/2"	115	105	23,0	2,5
STN-76-2-800	791	559														28,0	3,9
STN-91-2-700	665	512	110	128	45	45	73	36	30	40	36	55	1/2"	117,5	120	34,5	4,1
STN-91-2-950	965	662														44,0	6,0
STN-107-2-950	939	654	130	148	45	45	88	41	30	40	41	60	1/2"	120	140	45,0	8,0

# Cilindro Telescopico Nitrurado – Serie STN

## Nitrided Telescopic Cylinder – Serie STN

**3 Expansiones**  
**3 Stages**



Codigo/Code	Carrera Stroke	Ø 46	Ø 61	Ø 76	Ø 91	Ø 107	Ø 126	Ø 145	Ø 165	Ø 187	A1	A2	A3	Z	(*)Ton	D.P. Giro
STN-76-3-570	576	*	*	*							103	--	262	377	4,5	700
STN-76-3-750	756	*	*	*							103	--	322	437	4,5	950
STN-76-3-900	906	*	*	*							103	--	372	487	4,5	1150
STN-76-3-1350	1356	*	*	*							--	--	--	637	4,0	1950
STN-91-3-900	867		*	*	*						102	200	369	486,5	7	1100
STN-91-3-1000	1017		*	*	*						102	200	419	536,5	7	1300
STN-107-3-1000	978			*	*	*					110	200	417	537	9,5	1250
<b>STN-107-3-1100</b>	<b>1128</b>			*	*	*					<b>110</b>	<b>200</b>	<b>467</b>	<b>587</b>	<b>9,5</b>	<b>1400</b>
STN-107-3-1250	1278			*	*	*					110	200	517	637	9,5	1600
STN-107-3-1400	1428			*	*	*					110	200	567	687	9,5	1800
STN-126-3-1050	1089				*	*	*				110	200	462	586,5	13	1350
STN-126-3-1200	1239				*	*	*				110	200	512	636,5	13	1550
STN-126-3-1350	1389				*	*	*				110	200	562	686,5	13	1750
STN-145-3-1350	1350					*	*	*			--	200	--	693,5	18	1700
STN-145-3-1800	1800					*	*	*			--	200	--	843,5	18	2250

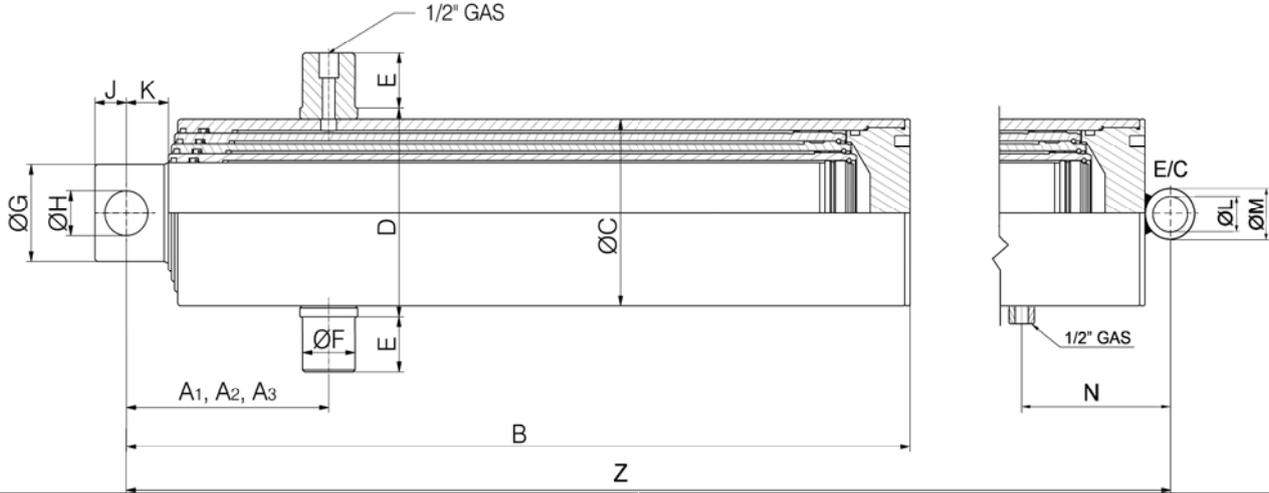
(\*) capacidad de basculación aconsejada / Recommended basculation capacity

Codigo/Code	Carrera Stroke	B	ØC	D	E	ØF	ØG	ØH	J	K	ØL	ØM	TOMA (GAS)	N	E/C	Peso(Kg) Weight Kg	Vol. (Lt)
STN-76-3-570	576	352	95	113	45	45	43	26	25	34	31	50	1/2"	115	105	16,5	2,0
STN-76-3-750	756	412														19,5	2,6
STN-76-3-900	906	462														22,0	3,1
STN-76-3-1350	1356	612														29,0	4,5
STN-91-3-900	867	459	110	128	45	45	58	31	25	34	36	55	1/2"	117,5	120	30,0	4,4
STN-91-3-1000	1017	509														32,5	5,2
STN-107-3-1000	978	507	<b>130</b>	<b>148</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>73</b>	<b>36</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>60</b>	<b>1/2"</b>	<b>120</b>	<b>140</b>	46,0	7,1
<b>STN-107-3-1100</b>	<b>1128</b>	<b>557</b>														<b>50,0</b>	<b>8,2</b>
STN-107-3-1250	1278	607														54,0	9,3
STN-107-3-1400	1428	657														58,5	10,2
STN-126-3-1050	1089	554	150	168	45	45	88	41	30	40	46	65	1/2"	122,5	160	53,0	11,0
STN-126-3-1200	1239	604														57,5	12,5
STN-126-3-1350	1389	654														61,5	14,0
STN-145-3-1350	1350	656														78,0	18,4
STN-145-3-1800	1800	806	170	190	50	50	104	46	35	50	51	75	3/4"	127,5	180	93,5	28,5

# Cilindro Telescopico Nitrurado – Serie STN

## Nitrided Telescopic Cylinder – Serie STN

**4 Expansiones**  
**4 Stages**



Codigo/Code	Carrera Stroke	Ø 46	Ø 61	Ø 76	Ø 91	Ø 107	Ø 126	Ø 145	Ø 165	Ø 187	A1	A2	A3	Z	(*)Ton	D.P. Giro
STN-91-4-940	982	*	*	*	*						105	203	322	439,5	5,5	1200
STN-91-4-1200	1182	*	*	*	*						105	203	372	489,5	5,5	1500
STN-107-4-1100	1130		*	*	*	*					107	197	--	484	7	1400
STN-107-4-1400	1330		*	*	*	*					107	197	--	534	7	1700
STN-107-4-1700	1730		*	*	*	*					107	197	--	634	7	2200
STN-107-4-2000	1930		*	*	*	*					107	197	--	684	7,5	2300
STN-107-4-2700	2730		*	*	*	*					107	197	--	884	8,5	3400
STN-126-4-1300	1278			*	*	*	*				--	203	--	539,5	10	1600
STN-126-4-1500	1478			*	*	*	*				--	203	--	589,5	11	1850
STN-126-4-1700	1678			*	*	*	*				--	203	--	639,5	12	2100
STN-126-4-1900	1878			*	*	*	*				--	203	--	689,5	12	2300
STN-126-4-2300	2278			*	*	*	*				--	203	--	689,5	12	2700
STN-145-4-1200	1226				*	*	*	*			--	193	--	--	14	1550
STN-145-4-1400	1426				*	*	*	*			--	193	--	--	14	1800
STN-145-4-1600	1626				*	*	*	*			--	193	--	636,5	15	2000
STN-145-4-1800	1826				*	*	*	*			--	193	--	--	16	2250
STN-145-4-2000	2026				*	*	*	*			--	193	--	--	17	2500
STN-145-4-2200	2226				*	*	*	*			--	193	--	--	17	2800
STN-165-4-1800	1774					*	*	*	*		--	205	--	--	22	2200
STN-165-4-2000	1974					*	*	*	*		--	205	--	701	24	2500
STN-165-4-2200	2174					*	*	*	*		--	205	--	--	24	2700

(\*) capacidad de basculación aconsejada / Recomend basculation capacity

Codigo/Code	Carrera Stroke	B	ØC	D	E	ØF	ØG	ØH	J	K	ØL	ØM	TOMA (GAS)	N	E/C	Peso(Kg) Weight (Kg)	Vol. (Lt)
STN-91-4-940	982	412														25,5	4,2
STN-91-4-1200	1182	462	110	128	45	45	43	26	25	34	36	55	1/2"	117,5	120	28,5	5,1
STN-107-4-1100	1130	454														39,0	7,0
STN-107-4-1400	1330	504														43,5	8,3
STN-107-4-1700	1730	604	130	148	45	45	58	31	25	34	41	60	1/2"	120	140	52,0	10,8
STN-107-4-2000	1930	654														56,5	11,9
STN-107-4-2700	2730	854														73,5	17,1
STN-126-4-1300	1278	507														59,0	11,1
STN-126-4-1500	1478	557														64,5	12,9
STN-126-4-1700	1678	607	150	168	45	45	73	36	30	40	46	65	1/2"	122,5	160	70,5	14,7
STN-126-4-1900	1878	657														76,0	16,2
STN-126-4-2300	1878	757														87,0	18,7
STN-145-4-1200	1226	499														62,5	14,5
STN-145-4-1400	1426	549														68,0	16,9
STN-145-4-1600	1626	599														74,0	19,3
STN-145-4-1800	1826	649	170	190	50	50	88	41	30	40	51	75	3/4"	127,5	180	80,0	21,7
STN-145-4-2000	2026	699														85,0	24,1
STN-145-4-2200	2226	749														91,0	26,5
STN-165-4-1800	1774	651														101,0	27,9
STN-165-4-2000	1974	701	193	230	50	50	104	46	35	50	61	85	3/4"	132,5	203	107,5	31,1
STN-165-4-2200	2174	751														114,5	34,5



Álvaro Sanz Górriz  
Ingeniero Técnico Industrial, Especialidad Mecánica  
Pamplona, 14 de Noviembre de 2013

Firma: \_\_\_\_\_