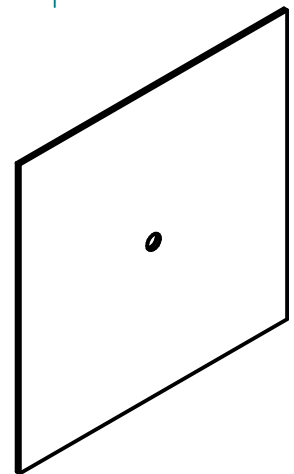
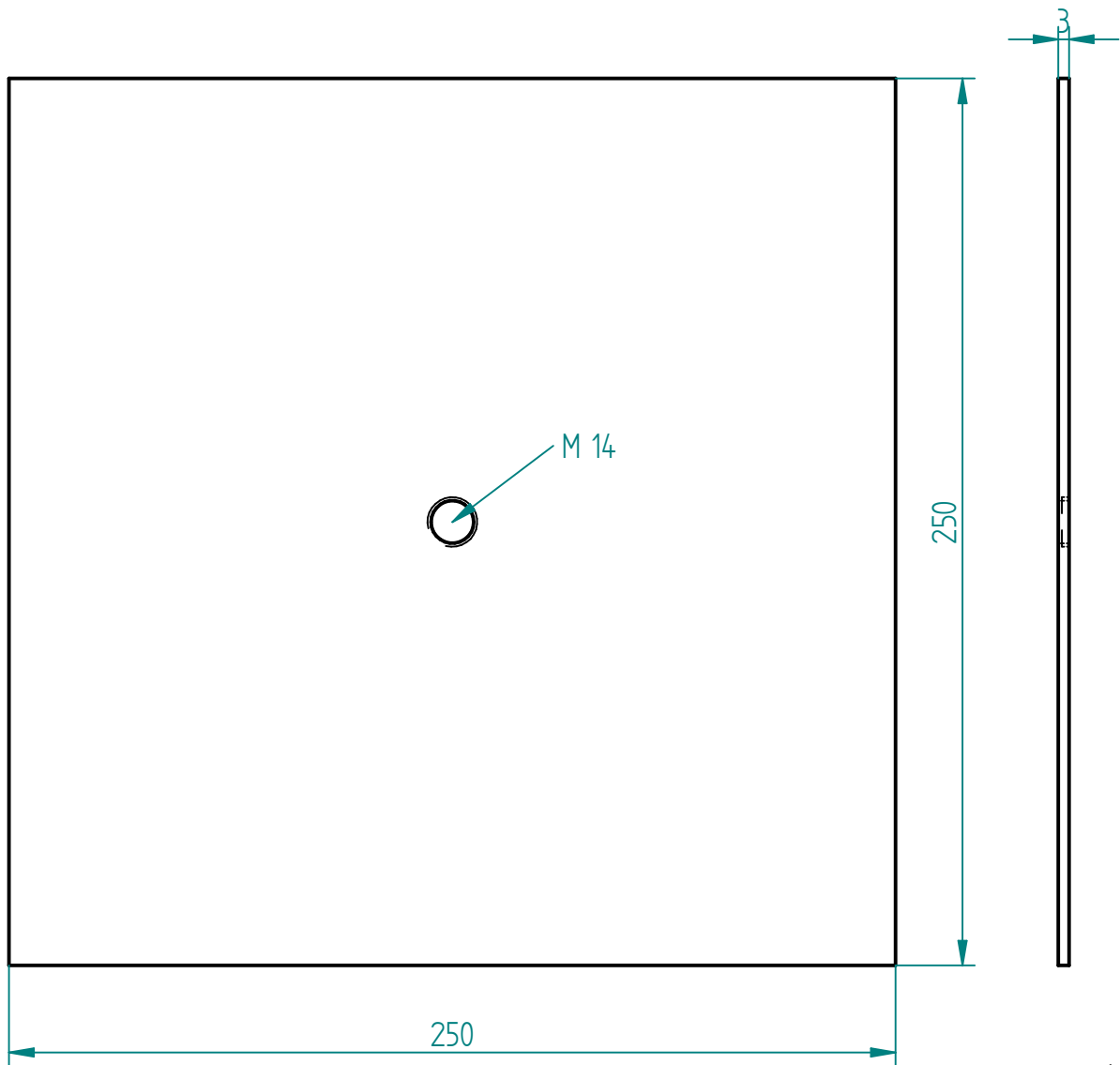
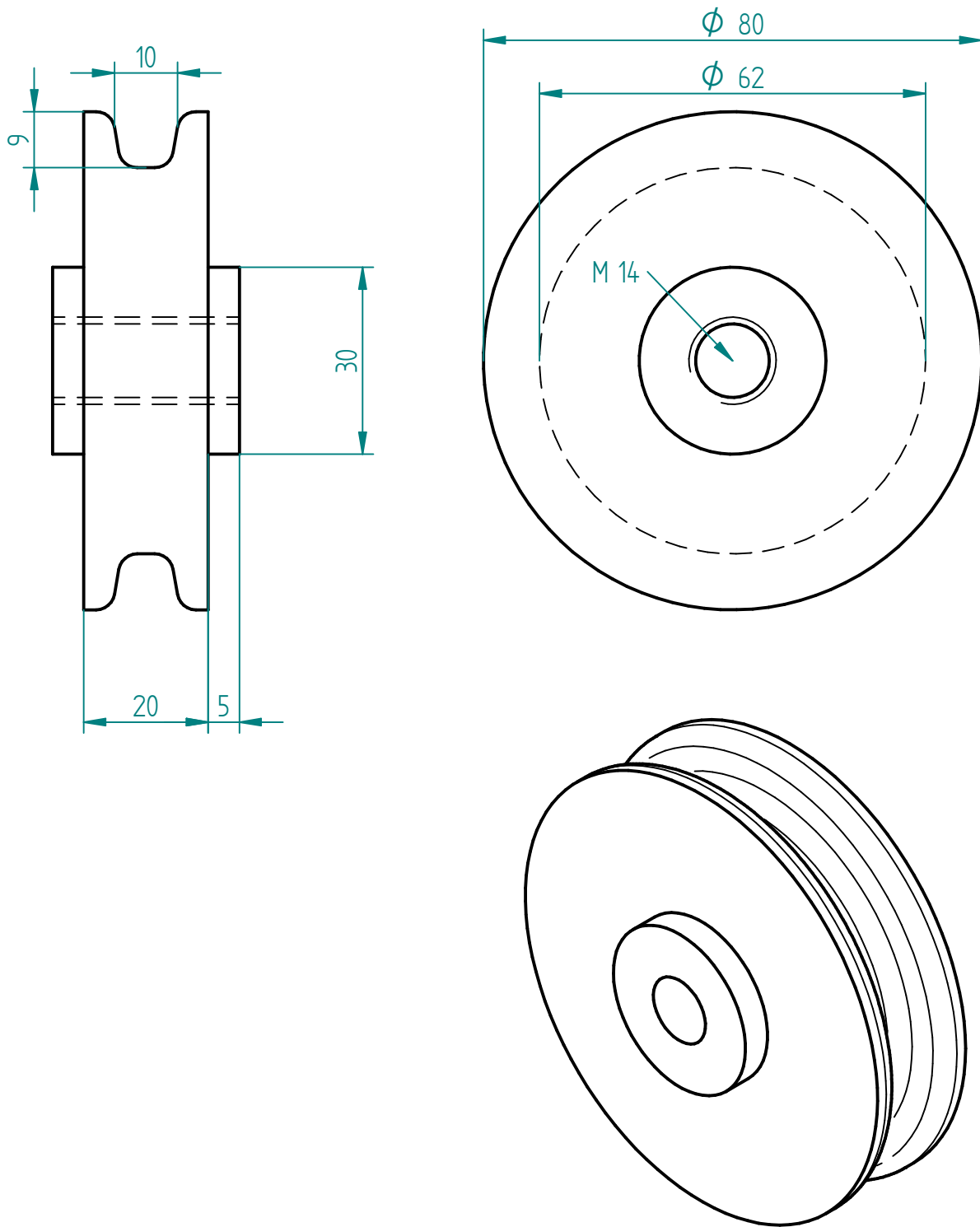


Número de elemento	Nombre pieza	Cantidad
1	Placa	1
2	Taco de separacion	1
3	Polea	1
4	Tornillo DIN933 M14	1
5	Tuerca DIN934 M14	1

T.F.G.	DISEÑO DE BANCO HIDRÁULICO PARA USO EN LABORATORIO	ESCALA
AUTOR	ÁLVARO GIL RODRÍGUEZ	1 : 2
GRADO	INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	FECHA
EMPRESA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	10/07/2015
PIEZA	CONJUNTO	PLANO 6/6



T.F.G.	DISEÑO DE BANCO HIDRÁULICO PARA USO EN LABORATORIO	ESCALA
AUTOR	ÁLVARO GIL RODRÍGUEZ	1 : 5
GRADO	INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	FECHA
EMPRESA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	10/07/2015
PIEZA	PLACA SOPORTE	PLANO 4/6



T.F.G.	DISEÑO DE BANCO HIDRÁULICO PARA USO EN LABORATORIO	ESCALA
AUTOR	ÁLVARO GIL RODRÍGUEZ	1 : 1
GRADO	INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	FECHA
EMPRESA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	10/07/2015
PIEZA	POLEA	PLANO 1/6

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**DISEÑO DE EXPERIMENTO  
EN BANCO HIDRÁULICO  
PARA PRÁCTICAS DE  
LABORATORIO**

GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Autor: Álvaro Gil Rodríguez

Tutor: Alfredo Navarro Robles

**Departamento de Ingeniería Mecánica y de Fabricación  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2015





Trabajo de Fin de Grado  
Ingeniería Mecánica y de Fabricación

# **DISEÑO DE EXPERIMENTO EN BANCO HIDRÁULICO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

Autor:

Álvaro Gil Rodríguez

Tutor:

Alfredo Navarro Robles

Catedrático

Departamento de Ingeniería Mecánica y de Fabricación

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2015



Trabajo Fin de Grado:

DISEÑO DE EXPERIMENTO EN BANCO HIDRÁULICO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Autor: Álvaro Gil Rodríguez

Tutor: Alfredo Navarro Robles

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2013

El Secretario del Tribunal





*A mis padres Rubén y Juana  
por su cariño y apoyo incondicional .*





## ÍNDICE

1. Antecedentes y objeto.....	Página 11
2. Descripción elementos.....	Página 13
2.1. Componentes hidráulicos.....	Página 13
2.2. Componentes eléctricos.....	Página 25
2.3. Instrumentos de medida.....	Página 31
2.4. Componentes adicionales.....	Página 35
3. Descripción de pruebas académicas.....	Página 41
3.1. Accionamiento a través de un cilindro hidráulico.....	Página 42
3.2. Accionamiento a través de un motor hidráulico.....	Página 47
4. Bibliografía.....	Página 46
5. Anexos.....	Página 53
5.1. Cálculos.....	Página 55
5.2. Costes.....	Página 61
5.3. Datos de interés.....	Página 65
5.4. Planos.....	Página 81





## **1. ANTECEDENTES Y OBJETO.**

El proyecto que se describe en este documento trata sobre el diseño de unas mejoras para un banco hidráulico de pruebas. El banco hidráulico es objeto de uso académico por parte del departamento de ingeniería mecánica en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI) de la Universidad de Sevilla (US).

Este proyecto nace de la necesidad, por parte del personal docente del departamento de mecánica, de un instrumento docente que se aleje de lo teórico donde los alumnos puedan poner en práctica los conceptos aprendidos previamente en clase. En los laboratorios de la ETSI ya existe un banco hidráulico con esta finalidad. Por tanto, el objeto del proyecto será el de diseñar una mejora alternativa para dicho banco de pruebas hidráulico que sea segura, manejable y visual para facilitar la comprensión de los aspectos fundamentales de hidráulica acompañado de una pequeña parte eléctrica por parte de los alumnos. Además, se elaborarán una descripción sobre una serie de pruebas que se pueden llevar a cabo en dicho banco hidráulico, explicando detalladamente los elementos que participan en cada prueba y su función dentro del conjunto. Por último se estimará el coste de la compra y fabricación de los elementos adicionales necesarios para llevar a cabo dicha mejora.

Lo primero que es necesario plantearse es qué es realmente un banco hidráulico y cuál es su función. Bien, como su propio nombre indica es un conjunto de elementos que constituyen un circuito hidráulico por donde circula un tipo de fluido líquido, en este caso un tipo de aceite que se describirá más adelante, que ejercerá cierta presión sobre un elemento con el fin de transmitir la energía eléctrica que proviene del motor hacia un cierto punto que la transformará, en nuestro caso, en energía mecánica. En el transcurso del fluido tanto por el circuito hidráulico como por los elementos hidráulicos conllevará unas pérdidas de energía, que se traducirá en una diferencia de potencia. Todos los cálculos que deben realizar los alumnos en las prácticas tienen como fin calcular esas diferencias de potencia, es decir, rendimientos locales y, por consiguiente, el rendimiento del conjunto.

Las pruebas que llevarán a cabo los alumnos en el banco hidráulicos serán el levantamiento de elementos pesados a través de dos elementos hidráulicos: un cilindro de doble efecto y un motor hidráulico.



En cuanto a lo que organización se refiere, el proyecto se dividirá en una serie de apartados que facilitarán la comprensión del mismo. En primer lugar, se hará una descripción de los elementos del banco que juegan un papel en este proyecto. Los elementos que se describen se dividirán según su tipología: elementos mecánicos (bombas, válvulas, motores...), elementos eléctricos (cableado, elementos de protección, relés...) y los instrumentos de medida (tacómetro, manómetros, caudalímetro...). En segundo lugar, se elaborará una descripción detallada de las dos pruebas que se deben realizar expresando las fórmulas necesarias por las que se rige el circuito y la documentación que deben entregar los alumnos. En este apartado no se incluirán cálculos ni planos, simplemente la descripción con los fundamentos físicos haciendo alusión a los elementos del anexo, de esta manera el resultado será bastante más ordenado. En tercer lugar, se incluirá un apartado de anexos donde como se ha indicado anteriormente se expresará todo lo adicionalmente necesario para fundamentar lo antes descrito.

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del banco real del laboratorio.



Figura 1



## 2. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS.

Este apartado trata de situar al lector sobre los elementos físicos del banco hidráulico que participan en las pruebas de los alumnos. Se estructurará según la tipología de cada uno, según sean elementos mecánicos, elementos eléctricos o instrumentos de medida.

### 2.1. Componentes hidráulicos.

En este sub-apartado se describen los componentes hidráulicos que serán necesarios para realizar las pruebas en el banco hidráulico, aunque el banco dispone de más elementos. Estos elementos serán los que aparecerán en los circuitos hidráulicos y sobre los que se realizarán las medidas oportunas para poder hacer un posterior cálculo del rendimiento.

#### - *Central hidráulica.*

La central hidráulica es un conjunto formado por:

- Depósito de 80 litros de capacidad.
- Grupo motor-bomba de 1,5 L/min movido, descritos en los siguientes apartados.
- Aceite hidráulico.
- Filtro de retorno con una malla de 25 $\mu$ .
- Tapón de llenado con filtro de aire, visor de nivel y tapón de drenaje.

En circuitos hidráulicos se considera una temperatura normal los 80°C, por encima de 90°C se deterioran las juntas.

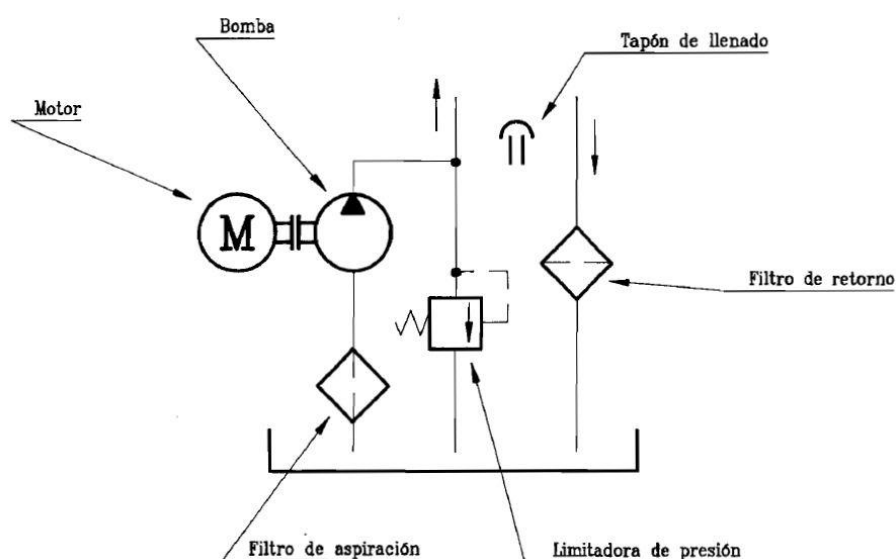


Figura 2



En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.

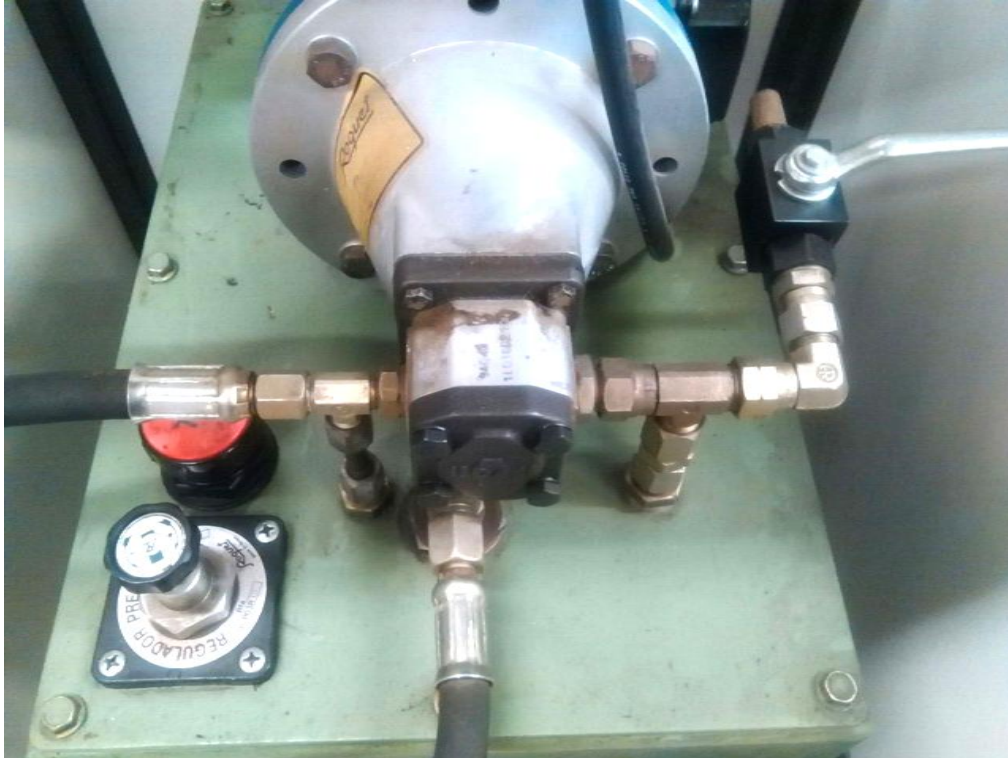


Figura 3

- *Aceite hidráulico.*

Los fluidos hidráulicos en el caso de este banco serán líquidos que se emplean para transmitir la potencia que le suministra la bomba en forma de presión y caudal, con el fin de convertirla en otro tipo de energía. Este banco hará que el fluido convierta su energía de presión en energía mecánica gracias a la cual el objeto pesado será elevado.

El fluido que será usado para el circuito hidráulico del banco debe de tener unas ciertas características de viscosidad y transmisión de calor óptimas para que se reduzcan las pérdidas y que, además, dichas pérdidas no provoquen otros efectos no deseados.

El aceite hidráulico se hará pasar por un filtro de malla de  $125\mu$ .

La temperatura máxima que puede alcanzar dicho aceite antes de degradarse es  $100^{\circ}\text{C}$ .

- *Bomba de engranajes.*

Es un elemento hidráulico que transforma la energía mecánica que proviene del motor eléctrico en energía de impulso al fluido, es decir, en presión. La bomba tiene un rotor activo que a la vez que mueve el fluido, además mueve a otro rotor en este caso pasivo que también desplaza fluido en el sentido en que se muestra en la imagen. Este elemento lleva consigo unas pérdidas mecánicas asociada a los elementos mecánicos (engranajes, ejes...) y también unas pérdidas hidráulicas asociadas al movimiento del fluido como puede ser fricción del fluido con las paredes, desprendimiento de capa límite y escape de fluido debido a estanqueidad no ideal.

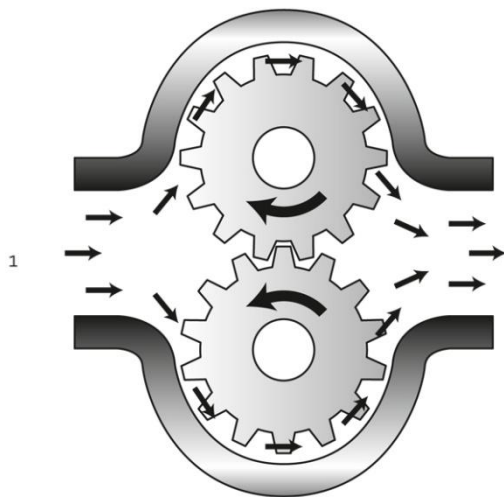


Figura 4.a

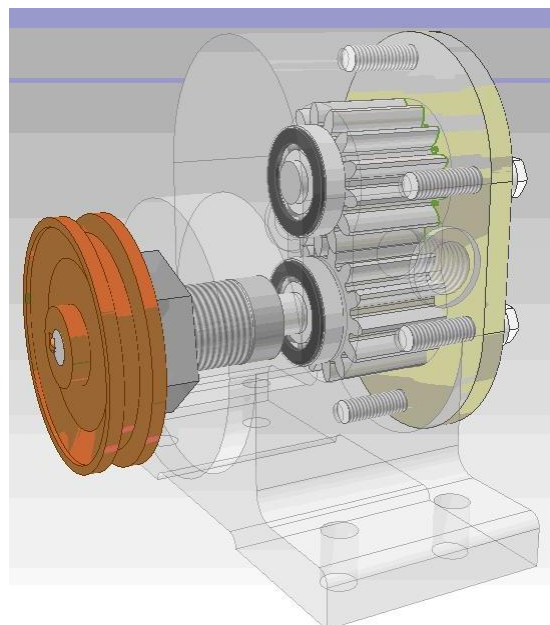


Figura 4.b.

Vista en perspectiva, por dentro la bomba sería como se muestra en la figura 4.b. El elemento motriz de color rojo transmite su potencia al engranaje activo y este mueve al pasivo. Ambos mueven el fluido como se ha explicado anteriormente, y dicho fluido que entra con una cierta presión a la entrada, sale con otra presión mayor a la salida. Se pretende elevar la presión hasta tal punto que se pueda vencer las pérdidas de carga o potencia debidas al circuito hidráulico y reste energía para el cilindro o el motor hidráulico, según cada caso.

Según los datos del manual del banco hidráulico, la bomba proporciona un caudal nominal de 1,5 L/min.



- *Cilindro doble efecto.*

Es un componente hidráulico que transforma la energía hidráulica que transmite el fluido en energía mecánica. Esta transmisión se produce debido a que el fluido que entra por un orificio ejerce una cierta presión sobre el émbolo (4), desplazándolo hacia el sentido de la velocidad del fluido. El émbolo está unido a otro elemento llamado pistón (5) el cual sale del cilindro ejerciendo la misma fuerza que le transfiere el pistón. La presión ejercida sobre el émbolo es diferente a la del pistón debido a que el área del primero es mayor que la del segundo. El émbolo se desplaza dentro del cilindro por un elemento denominado camisa (1) cuyo diámetro es importante conocer para el cálculo de presiones.

El cilindro del banco hidráulico es de doble efecto, esto significa que las entradas y salida de fluido se alternan pudiéndose mover el pistón en un sentido o en el contrario. Ya que el cilindro tiene como finalidad el subir o bajar un cierto elemento pesado, debe desplazarse en los dos sentidos. Es importante tener en cuenta por donde entra el fluido ya que, como se explicará más adelante, en un caso hay que tener en cuenta sólo el área del émbolo y en otro caso, además, hay que restarle el área del pistón.

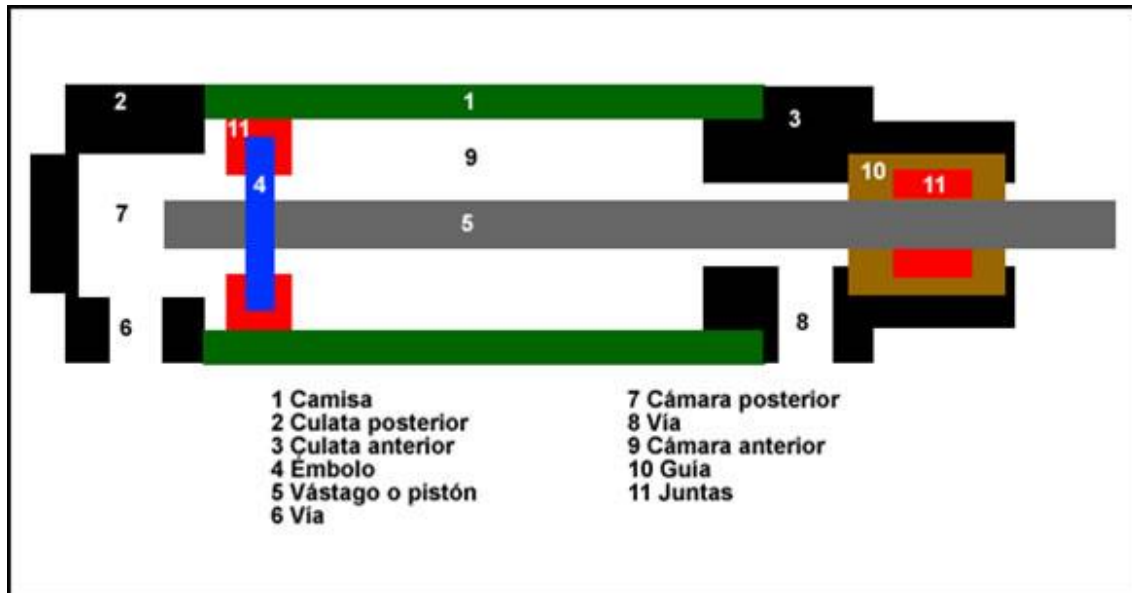


Figura 5



En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.

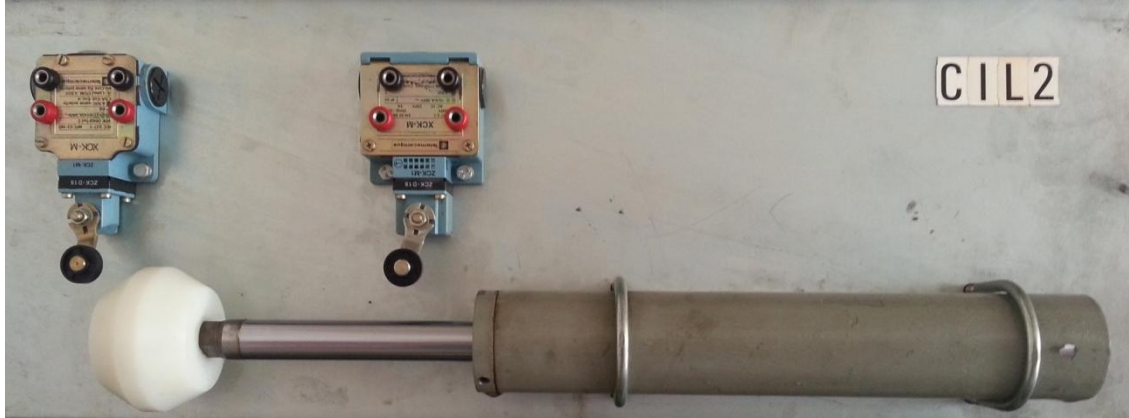


Figura 6

Las dimensiones del cilindro son las siguientes: diámetro de la camisa 40 mm, diámetro del vástago 20 mm y carreta 150 mm, con dos tornas de 1/4”.

Además hay dos interruptores final de carrera que proporcionan un contacto abierto y uno cerrado disponibles para automatismos.

- *Motor hidráulico.*

El motor hidráulico es un elemento mecánico cuyo fin es convertir energía hidráulica (presión) en energía mecánica (par motor). El fluido que proviene de las tuberías del circuito hidráulico entra por una de las aberturas del motor, a la que se le conecta una manguera, produciendo un giro del rotor y saliendo por una segunda abertura para devolver el fluido con menos energía al circuito.

Este elemento se instalará en la estructura metálica y se usará en una de las prácticas. Con la potencia del motor hidráulico se levantará un elemento pesado.

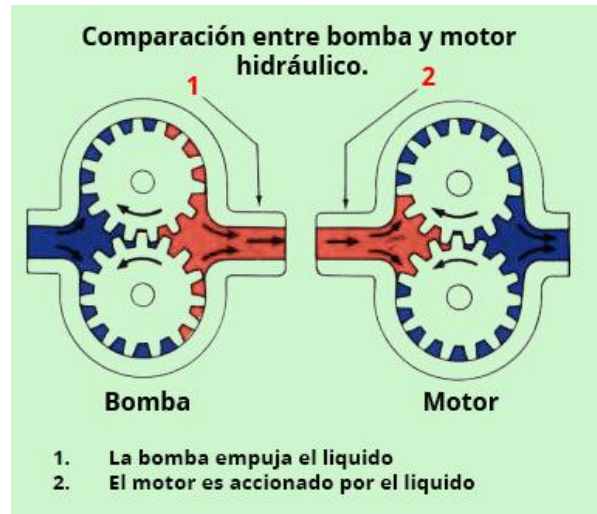


Figura 7

El motor de engranajes del banco es de  $3,3 \text{ cm}^3$  por revolución que acciona un disco con cuadrantes de distintos colores, de forma que se pueda apreciar con facilidad su movimiento.

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.

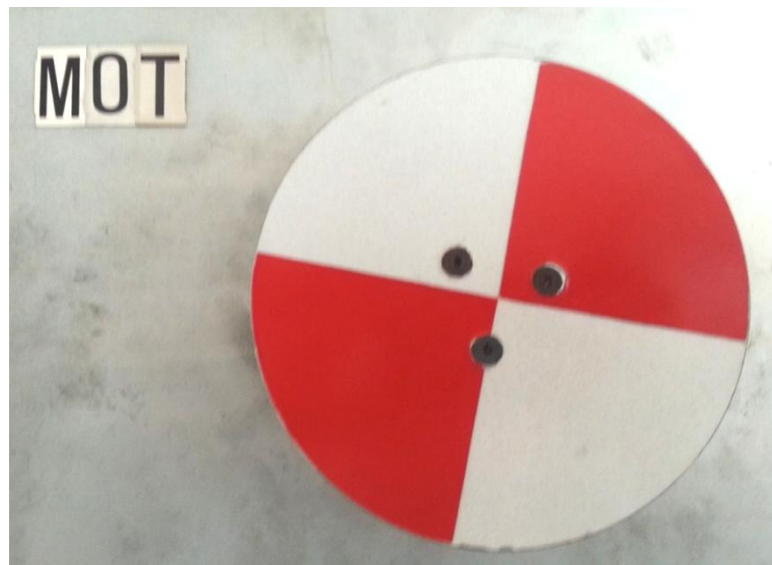


Figura 8



- *Válvula anti-retorno.*

La válvula anti-retorno es un elemento que se coloca dentro del circuito como medida de seguridad para que en caso de que llegue el fluido en sentido contrario al que debe no pueda acceder. Este componente tiene sentido cuando dentro del circuito hidráulico se pretende redirigir el fluido para que pase por otro camino y poder así realizar otra función para la que esté diseñado.

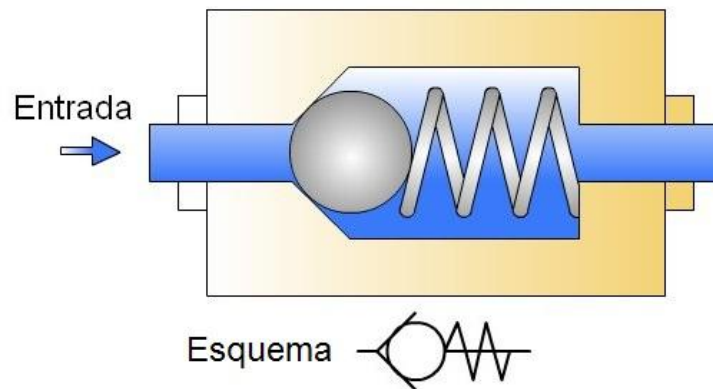


Figura 9

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.



Figura 10

- *Electroválvula direccional.*

La válvula direccional es la encargada de hacer pasar el fluido hidráulico por un conducto u otro según su posición. En otras palabras tiene como función cambiar el sentido del flujo de fluido dentro del circuito. Este elemento será de gran importancia en la prueba con el cilindro ya que según como esté dispuesta la válvula, el cilindro tendrá un movimiento en un sentido o en otro. El accionamiento de este aparato será de tipo eléctrico, de ahí su nombre. Para el caso del motor hidráulico no tendrá tanta importancia ya que la diferencia entre uno y otro es que el cable se recoja en un sentido de giro o en otro.

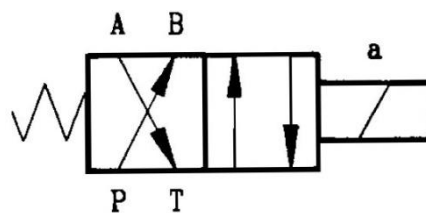


Figura 11

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.



Figura 12



- *Válvula reguladora de caudal.*

La válvula reguladora de caudal nos permite controlar en todo momento el caudal que circula por los elementos hidráulicos. Este elemento es necesario debido a que el caudal que nos proporciona la bomba no siempre es el adecuado para la función del banco. Por tanto, puede tomar como un elemento de seguridad adicional. Su símbolo es el siguiente:



Figura 13

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.



Figura 14





- *Estrangulador unidireccional.*

Los estranguladores unidireccionales se utilizan como elemento que crea una contrapresión, frenando un cilindro o un motor hidráulico mediante la disipación en forma de calor de la energía hidráulica.

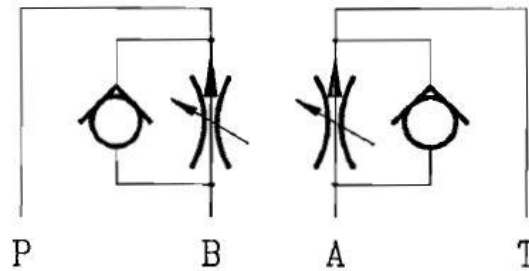


Figura 15

Como se puede apreciar en este esquema, este elemento es un conjunto de los dos anteriores dispuestos en paralelo.

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.

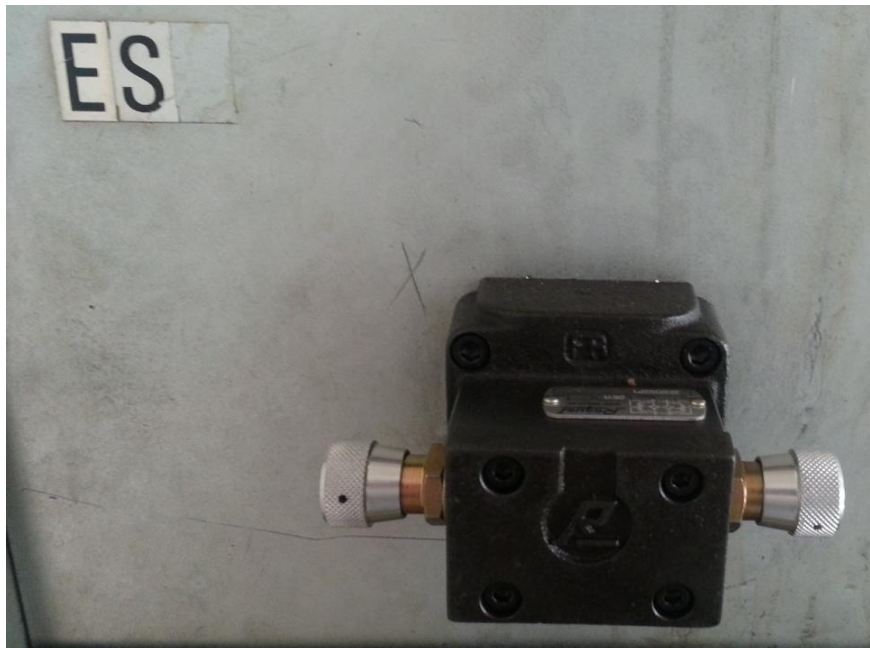


Figura 16



- *Válvula de seguridad.*

Esta válvula tiene como objeto el desalajo de fluido en el caso de que en el conducto se superen unas presiones no deseadas. En general, está tarada a 70 bar para proteger el equipo en el caso de que se ponga en marcha sin ningún componente. Su símbolo es:

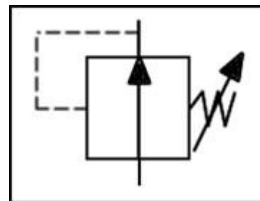


Figura 17

En el banco real no se puede apreciar la válvula de seguridad debido a que está encapsulada junto al resto de componentes de la central hidráulica.

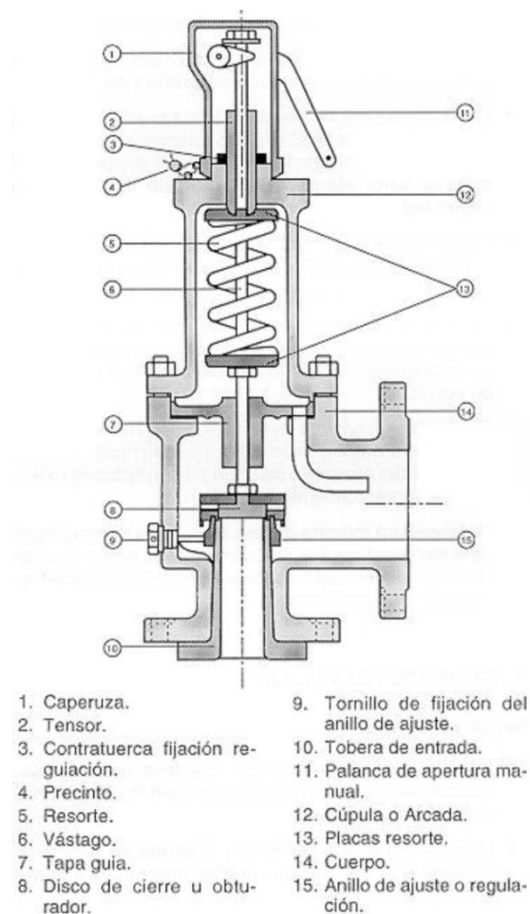


Figura 18



- *Mangueras:*

Las mangueras son los elementos que transportarán el fluido hidráulicos y, por consiguiente, las que transportarán la energía hidráulica. Las mangueras serán flexibles y con conexiones tanto al principio como al final. Estas conexiones permitirán conectarlas libremente a la estructura para poder montar el circuito hidráulico.

Las del banco son mangueras de conexión constituidas cada una de ellas por un tramo de un metro de longitud de manguera flexible de caucho con malla metálica con una denominación SAE 1DDRI de 1/4", rematadas en ambos extremos con enchufes rápidos de 1/8".

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.



Figura 19



Figura 20



## 2.2. Componentes eléctricos.

Los componentes eléctricos serán los encargados de poner en marcha todo el banco hidráulico. Depende de cómo se realicen las conexiones se conseguirá que los componentes hidráulicos realicen una función u otra. En este apartado se describen los elementos que son necesarios para realizar la práctica, aunque en realidad el banco dispone de más elementos eléctricos.

### - *Cuadro eléctrico.*

El cuadro eléctrico es un elemento metálico donde se disponen todos los componentes eléctricos con su correspondiente cableado.

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.



Figura 21.a



Figura 21.b

Como se puede apreciar en la fotografía, los elementos eléctricos tienen una disposición fija dentro del cuadro. Para mayor seguridad, los alumnos sólo realizarán conexiones en la carcasa del cuadro eléctrico Figura 21.b

- *Relés.*

El relé es un elemento eléctrico que funciona como un interruptor en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Dichos relé tienen un papel importante a la hora de automatizar algunos procesos.

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.

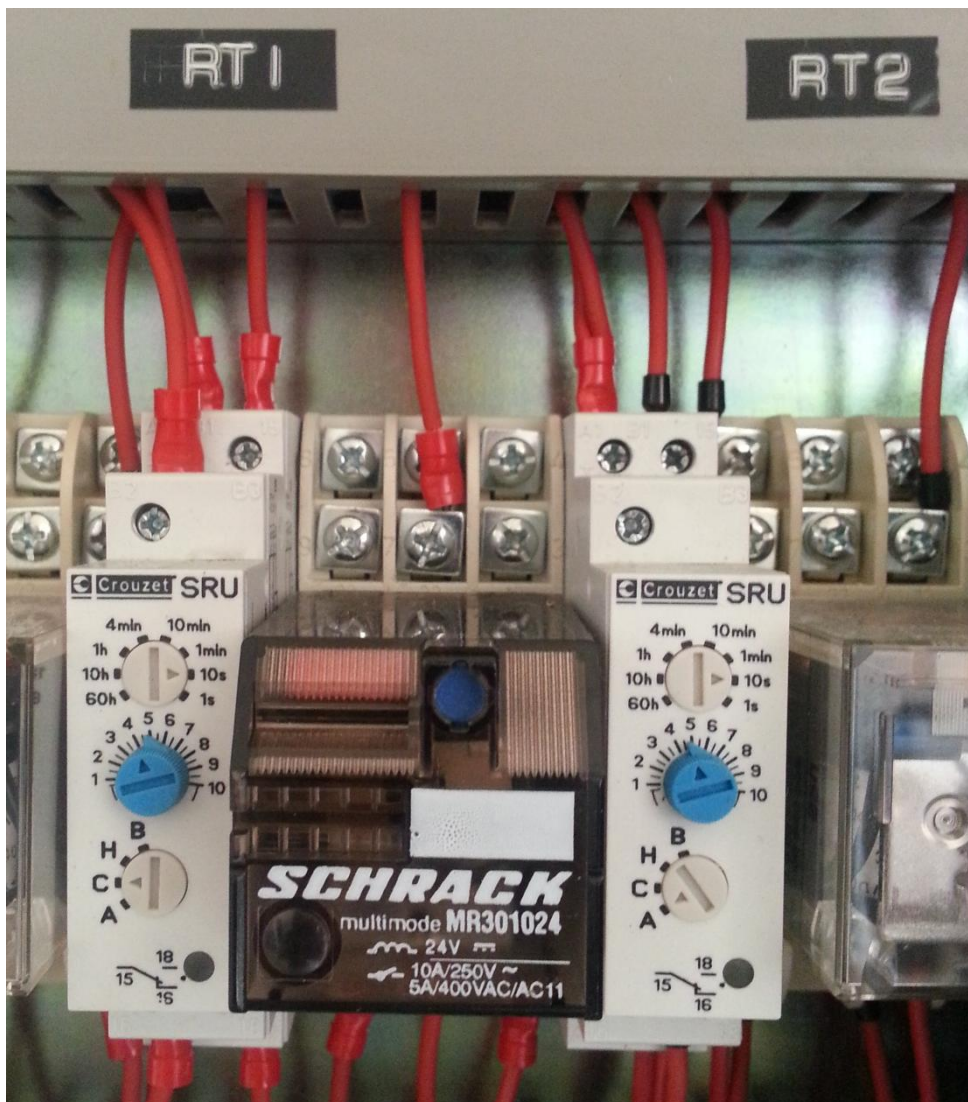


Figura 22

- *Magneto-térmicos.*

Un interruptor magneto-térmico es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos de intensidad. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule).

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.

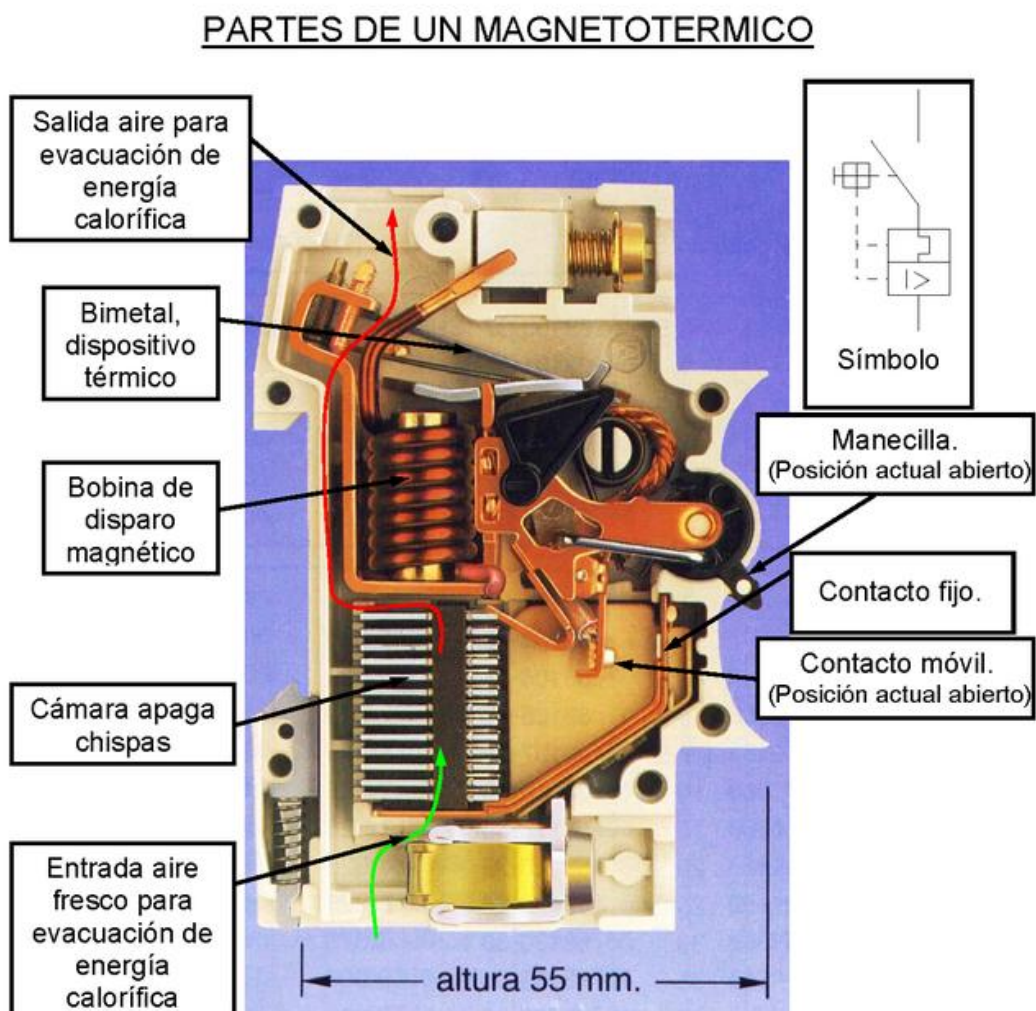


Figura 23



- *Diferencial.*

Es un interruptor que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito. Cuando esta diferencia supera un valor determinado (sensibilidad), para el que está calibrado el dispositivo, abre el circuito interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación que protege.

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.

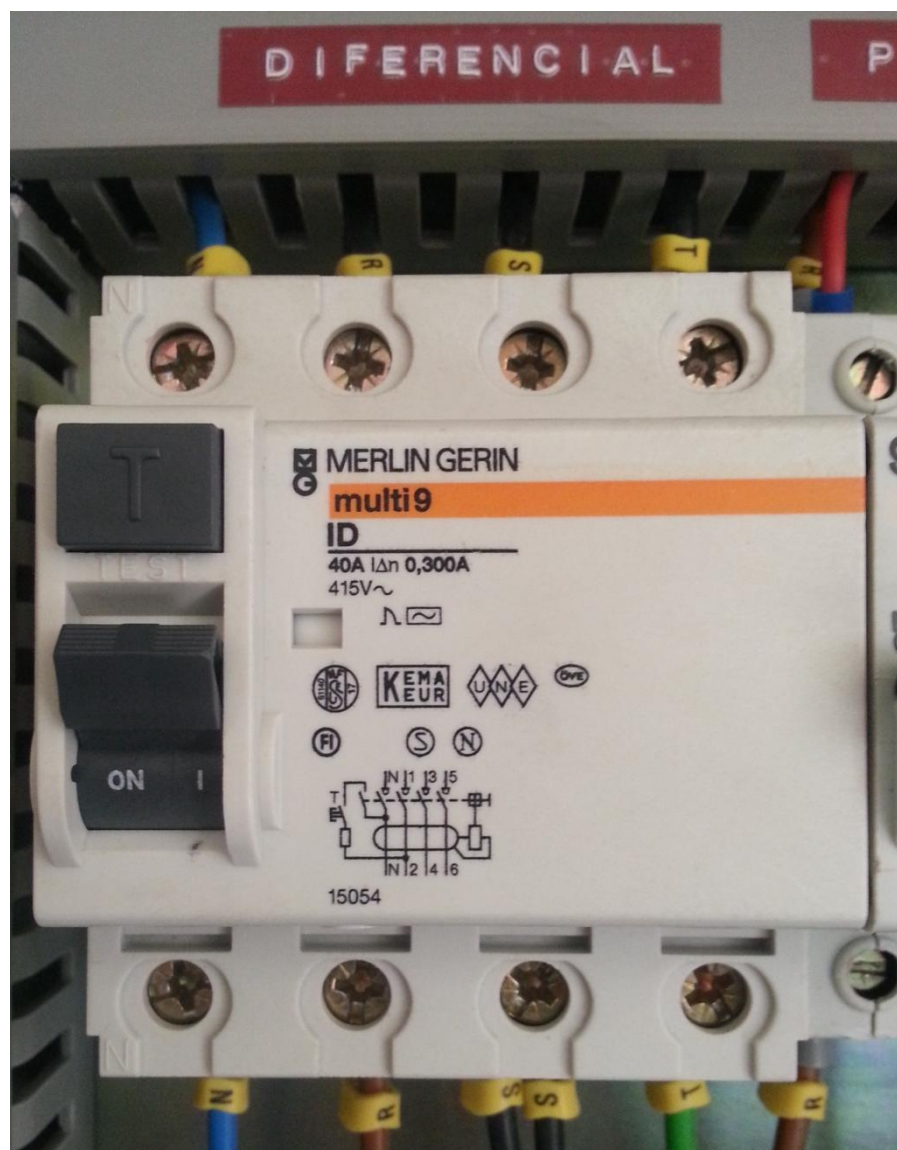


Figura 24



- *Cables banana-banana.*

Estos cables se utilizarán para realizar en el cuadro eléctrico las conexiones oportunas según cada práctica lo exija. Para el banco hidráulico serán necesarios cables de diferentes dimensiones, debido a que habrá conexiones dentro del cuadro eléctrico pero también conexiones con elementos mecánicos de la estructura.

En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.



Figura 25

- *Ventilador.*

Aunque el ventilador no es un elemento puramente de fines eléctricos, tiene una clara función dentro del cuadro eléctrico. Su tarea es refrigerar, con aire a temperatura ambiente, los componentes eléctricos que tienen un sobrecalentamiento. Esto se produce debido a las pérdidas por efecto Joule en los elementos eléctricos en su funcionamiento. El ventilador se conectará a la red eléctrica y se situará en la base del cuadro eléctrico.





En la siguiente imagen se muestra una fotografía del elemento del banco real del laboratorio.



Figura 26

- *Interruptores.*

El interruptor es un componente eléctrico cuya función es, como su propio nombre indica, interrumpir o cortar la corriente que pasa por el mismo, además también de dar paso a la corriente. El interruptor será de utilidad para detener el circuito a través de la parada del motor eléctrico, cuando se proceda a realizar las conexiones oportunas tanto en el cuadro eléctrico como en el circuito hidráulico. Una vez se finalice la conexión, se pulsará de nuevo para su puesta en funcionamiento.



Figura 27



### **2.3. Instrumentos de medida.**

Este apartado trata los instrumentos de medida que serán necesarios para los alumnos para realizar las prácticas. Gracias a los datos que nos proporcionarán algunos de estos instrumentos de medida se podrán realizar los cálculos posteriores mientras que otros de ellos nos darán una información cualitativa con lo que se podrán explicar los conceptos teóricos.

#### *- Tacómetro:*

Un tacómetro es un dispositivo que mide la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro de un motor. Se mide en revoluciones por minuto (r.p.m.). Actualmente se utilizan con mayor frecuencia los tacómetros digitales, por su mayor precisión, por esta razón el tacómetro empleado en este proyecto será digital.

Para el caso del banco, dicho instrumento será usado para medir la velocidad de giro del motor eléctrico descrito anteriormente. Esta medida, como se explicará posteriormente con más detalle, será de utilidad para el cálculo de potencia y presión de las pruebas.

En la imagen que se muestra a continuación se ve como es realmente el aparato que se va a comprar.



Figura 28



- *Cronómetro:*

El cronómetro es un aparato que sirve para medir el tiempo desde que se inicia cualquier tipo de proceso hasta que finaliza el mismo. En el caso del banco, será usado para medir el tiempo que tarda el pistón en completar una carrera o el tiempo que tarda la polea en subir el elemento pesado, entre otros.

En la imagen que se muestra a continuación se ve como es realmente el aparato que se va a comprar.



Figura 29

- *Caudalímetro:*

El caudalímetro es un elemento cuyo fin es medir el caudal en unidad de volumen de fluido que pasa por una determinada tubería en un cierto intervalo de tiempo. Este dato también nos será de utilidad en el cálculo de la potencia tanto del motor eléctrico como de la bomba. En general se trabajará con unidades de L/min.

En la imagen que se muestra a continuación se ve como es realmente el aparato que se va a comprar.



Figura 30



- *Manómetros:*

El manómetro es un instrumento de medida de presión, normalmente en bares, que se colocará en las tuberías para conocer la presión en cada instante de tiempo y así poder controlar el caudal mediante presión y poder calcular las pérdidas de carga. En nuestro caso serán 3 manómetros analógicos colocados estratégicamente.

A continuación se muestra una imagen del aparato ya existente en el banco.



Figura 31

- *Termómetro:*

El termómetro es un aparato cuyo fin es el de medir la temperatura en un cierto ambiente o la temperatura de un cierto elemento. En el caso del banco hidráulico, se usará un termómetro para comparar las temperaturas en distintos puntos del circuito notando el efecto de las pérdidas en calor que se dan. Este aparato no será necesario para la elaboración de cálculo ya que lo que se pretende con el mismo es dar una explicación de la teoría de manera cualitativa.



En la imagen que se muestra a continuación se ve como es realmente el aparato que se va a comprar.



Figura 32

- *Cinta métrica:*

La cinta métrica, como su propio nombre indica y todos saben, es un elemento extensible que se usa para medir distancias pequeñas que con el pie de rey resultarían demasiado grandes. Será de utilidad para cuando se quieran estimar pérdidas por conductos de cierta longitud. Estamos hablando de distancias del orden de metros. La cinta que se comprará es la que a continuación se muestra de longitud máxima 5 m, que para las pruebas en este proyecto son suficientes.

En la imagen que se muestra a continuación se ve como es realmente el aparato que se va a comprar.



Figura 33



## **2.4. Componentes adicionales.**

Estos componentes adicionales son los que no corresponden a la tipología de los tres apartados anteriores pero que son necesarios para completar la construcción del banco hidráulico objeto del proyecto.

### *- Estructura metálica:*

La estructura del banco hidráulico será de tipo metálica, con el fin de que sea capaz de sujetar de manera segura todos los elementos que serán adheridos a ella. Será una estructura cuadrada abierta para que todos los elementos estén a la vista y puedan ser identificados fácilmente por los alumnos, observando también como están interconectados para comprender el funcionamiento del mismo según la prueba en cuestión.

En la imagen que se muestra a continuación es un esquema de la estructura metálica sacado del manual del banco.

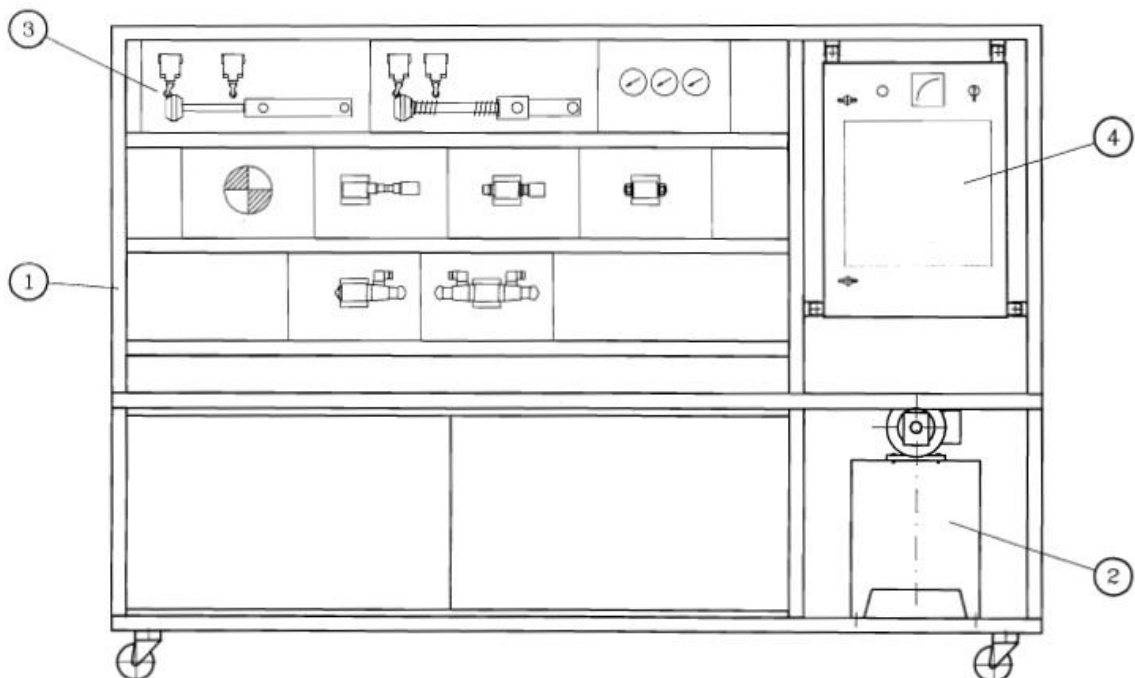


Figura 34

- *Placa.*

La placa hace posible que el resto de componentes se puedan acoplar a la estructura metálica. En el caso de este proyecto es necesario diseñar otra placa igual que las ya existentes en el banco para añadir la polea al conjunto y poder hacer las pruebas. Dicha placa tendrá en su centro un agujero roscado de M14 para poder introducir el tornillo que sujetará la polea.

En la imagen que se muestra a continuación es una de las vistas sacadas del programa con el cual se han realizado los plano.

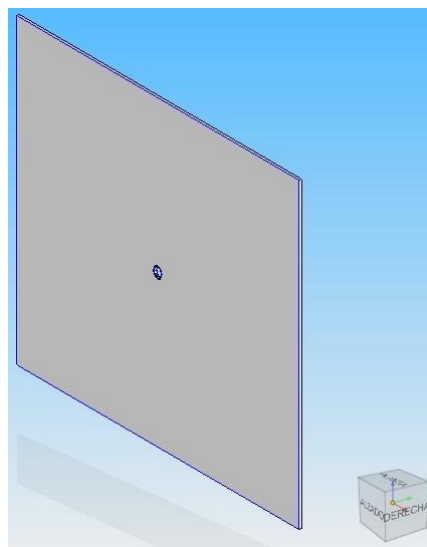


Figura 35

- *Polea.*

La polea es un elemento mecánico que se compone de un disco y un elemento de sujeción por donde pasa un cable o una cuerda. Este elemento tiene como fin variar la dirección y/o sentido de la fuerza sin variar su módulo. Para el caso del banco hidráulico, uno de los extremos irá unido a un componente pesado y el otro extremo irá unido al cilindro o a la bomba descrita anteriormente.

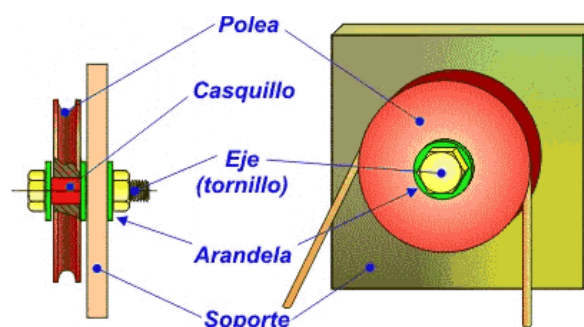


Figura 36

La polea que se comprará será la que se puede ver a continuación:

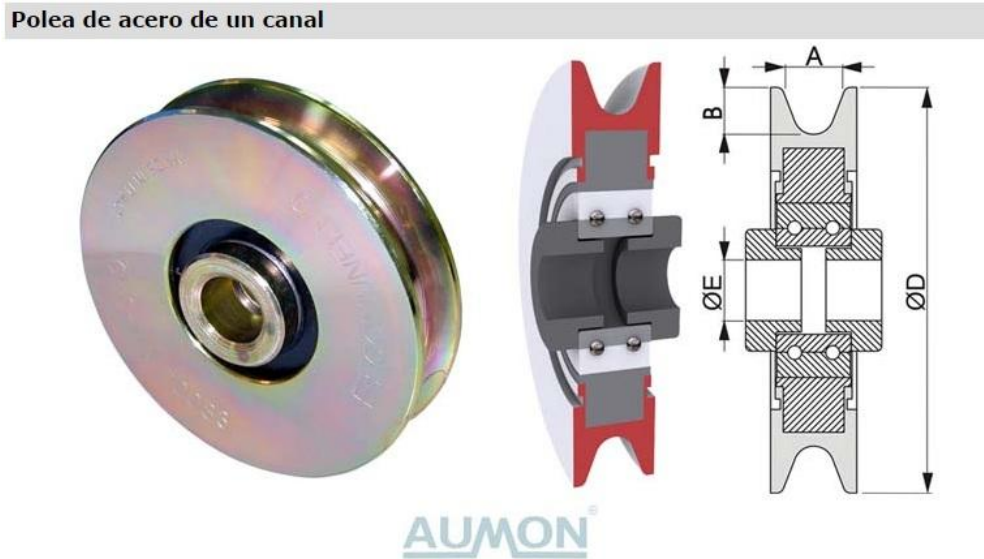


Figura 37

De dimensiones según la nomenclatura del dibujo,

A	10 mm
B	9 mm
D	80 mm
E	M-14 mm

- Tornillo.

El tornillo que se usará para la unión del eje con la placa será un DIN933 M14x100 de cabeza hexagonal. Los cálculos necesarios para diseñar este tornillo aparece en los anexos.

En la imagen que se muestra a continuación se muestra como es realmente el elemento que se va a comprar.



Figura 38







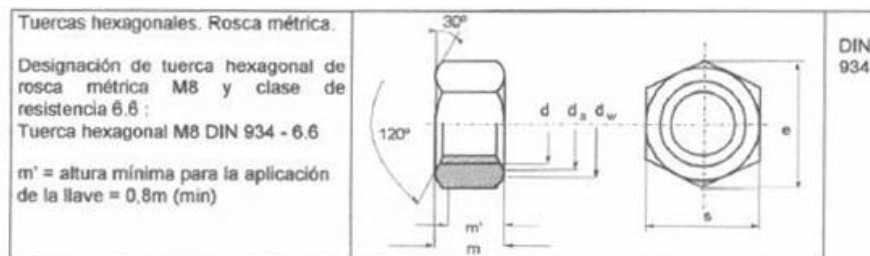
- Tuerca.

La tuerca que se acoplará al tornillo será una DIN934 M14 como se muestra en la siguiente imagen. Este elemento tiene como objeto la fijación de los componentes, en el caso de banco serían la polea y el taco, a la placa.



Figura 40

Las características de la tuerca son las siguientes:



Rosca d	M 1	M 1,2	M 1,4	M 1,6	M 2	M 2,5	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 7
p	0,25	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1
$d_s$ min	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7
$d_s$ max	1,15	1,4	1,6	1,84	2,3	2,9	3,45	4	4,6	5,75	6,75	7,75
$d_w$ min	2	2,1	2,1	2,4	3,2	4,1	4,5	5	5,8	6,8	8,8	9,5
e min	2,71	3,28	3,28	3,48	4,38	5,45	6,01	6,58	7,66	8,79	11,05	12,12
m max	0,8	1	1,2	1,3	1,6	2	2,4	2,8	3,2	4	5	5,5
m min	0,55	0,75	0,95	1,05	1,35	1,75	2,15	2,55	2,9	3,7	4,7	5,2
$m'$	0,44	0,6	0,76	0,84	1,08	1,4	1,72	2,04	2,32	2,96	3,76	4,16
s max	2,5	3	3	3,2	4	5	5,5	6	7	8	10	11
s min	2,4	2,9	2,9	3,08	3,88	4,82	5,32	5,82	6,78	7,78	9,78	10,73

Rosca d	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20
	M 8x1	M 10x1,25	M 12x1,25	M 14x1,5	M 16x1,5	M 18x1,5	M 20x1,5
	-	M 10x1	M 12x1,5	-	-	M 18x2	M 20x2
p	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5
$d_s$ min	8	10	12	14	16	18	20
$d_s$ max	8,75	10,8	13	15,1	17,3	19,5	21,6
$d_w$ min	11,3	15,3	17,2	20,2	22,2	25,3	28,2
e min	14,38	18,90	21,1	24,49	26,75	29,56	32,95
m max	6,5	8	10	11	13	15	16
m min	6,14	7,64	9,64	10,3	12,3	14,3	14,9
$m'$	4,91	6,11	7,71	8,24	9,84	11,44	11,92
s max	13	17	19	22	24	27	30
s min	12,73	16,73	18,67	21,67	23,67	26,16	29,16

Figura 41



- Taco.

Es un elemento adicional situado entre la polea y la placa, que tiene como fin el alinear la polea con el cilindro de doble efecto o con el motor hidráulico, dependiendo de la prueba que se trate. Este componente también es atravesado por el tornillo, es por esto de que tiene un agujero en su interior de M14. La información dimensional aparece en los planos de los anexos. Al ser fabricado por los maestros de taller en el laboratorio de la ETSI y al ser su función básica, se puede tomar cualquiera de los materiales comunes disponibles en el laboratorio como puede ser un aluminio ahorrando así en peso.

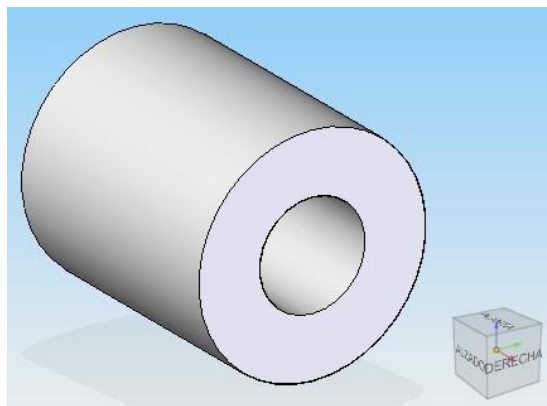


Figura 42

- Cable de acero.

El cable de acero será el elemento que transmita la fuerza que ejerce la gravedad sobre el objeto pesado al elemento en cuestión que esté conectado al circuito hidráulico en la prueba que se trate, bien sea el cilindro de doble efecto o el motor hidráulico.

Se trata de un cable de acero galvanizado plastificado de poliamida capaz de soportar una masa de 959 Kg con un diámetro total de 6 mm.



Figura 43



### **3. DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS ACADÉMICAS.**

Las pruebas que a continuación se describen tratan poner en práctica los conocimientos hidráulicos por parte del alumno haciendo uso del banco hidráulico de pruebas. Dicho banco será ensayado cambiando la disposición de sus componentes, teniendo en cuenta unos y desacoplando otros, según las pruebas lo exijan.

Ambas pruebas consistirán en levantar un objeto de una masa de unos 20 Kg y de unas dimensiones de con el fin de que sea fácilmente manipulable por los alumnos.

En primer lugar es importante, tal y como se indica en el manual del banco hidráulico de MC2 Ingeniería y sistemas, tener una primera toma de contacto con el banco hidráulico. Para ello tal y como se muestran en dicho manual, se dan las siguientes indicaciones:

- Compruebe que el nivel de aceite en el tanque es correcto.
- Compruebe que la llave de toma de aire en la aspiración de la bomba está cerrada (palanca en posición perpendicular al flujo).
- Compruebe que el único módulo instalado es el MAN. Conecte con una manguera uno de los manómetros al colector de PRESIÓN .
- Instale el módulo MOT. Conecte una toma al colector de PRESIÓN y otra al colector de RETORNO. En estas condiciones la bomba no dará presión pero se apreciará que está funcionando por el giro del disco del motor hidráulico.
- Compruebe que está encendido el piloto de *Cuadro general de tensión*.
- Compruebe que está encendido el piloto de *Tensión de mando*.
- Sitúe el conmutador local/remoto en posición *Local*.
- Pulse el botón de *Arranque local*. En este momento se pondrá en marcha el grupo motobomba y girará el disco de MOT.
- Si la bomba arranca pero MOT no gira es posible que el sentido de giro de las fases sea erróneo. Compruebe este extremo comparando el sentido de giro del ventilador motor con la flecha fijada en la envolvente. Si el sentido de giro no es el correcto, pare el motor con el pulsador local, gire el conmutador de cambio de fases y arranque de nuevo localmente el motor.
- Pare el motor. Probemos el funcionamiento de las protecciones del cuadro.
- Accione el pulsador de "Test" del relé diferencial. El cuadro se quedará sin alimentación. Rearme el relé.
- Desconecte el interruptor magneto-térmico trifásico para protección del motor. Compruebe que el motor no arranca. Conecte el interruptor.
- Desconecte el interruptor magneto-térmico bifásico de protección del circuito de mando. Compruebe que no hay tensión de mando. Conecte el interruptor.
- Pulse el botón "Test" del relé térmico anejo al contactor del motor. Pulse "Rearme" para volver a la situación normal.



- Arranque de nuevo el motor. Abra ligeramente la llave de toma de aire en la bomba; percibirá un sonido típico de este fenómeno. Aprenda y recuerde que bomba ruidosa es igual a problemas en la aspiración.
- Pare el motor. Desconecte el módulo MOT tanto del colector de PRESIÓN como del de RETORNO. Deje las mangueras sobre la bandeja para que escurran el aceite que pudiera quedar en los enchufes rápidos. No se impaciente o enfade si se ensucia las manos en esta operación; si realmente está interesado en aprender la tecnología hidráulica deberá acostumbrarse a esta incomodidad y tener siempre un trapo a mano. ¡Cuidado con los cortes producidos por la presencia en el trapo de virutas de mecanizado!
- Arranque nuevamente el motor. Comprobará que, al no encontrar otra salida, el aceite retorna al tanque a través de la válvula de seguridad, que al vibrar produce un ruido típico. Lea el manómetro. Anote la presión. Pare el motor.

Una vez haya realizado satisfactoriamente los ejercicios precedentes se encontrará suficientemente familiarizado con el equipo y podrá pasar a efectuar los montajes de prácticas que se describen en el apartado siguiente.

### **3.1. Accionamiento a través de cilindro hidráulico.**

En esta prueba se levantará un objeto pesado a partir del movimiento de retroceso del cilindro hidráulico. Además se deberá calcular cual es el peso máximo que se puede levantar para las condiciones que se disponen. Al estar soportando una carga el circuito, se producirán una serie de pérdidas. Es objetivo del alumno hallar las pérdidas en cada uno de los tramos y sacar rendimientos locales y un posterior rendimiento general.

Se parte del siguiente esquema:

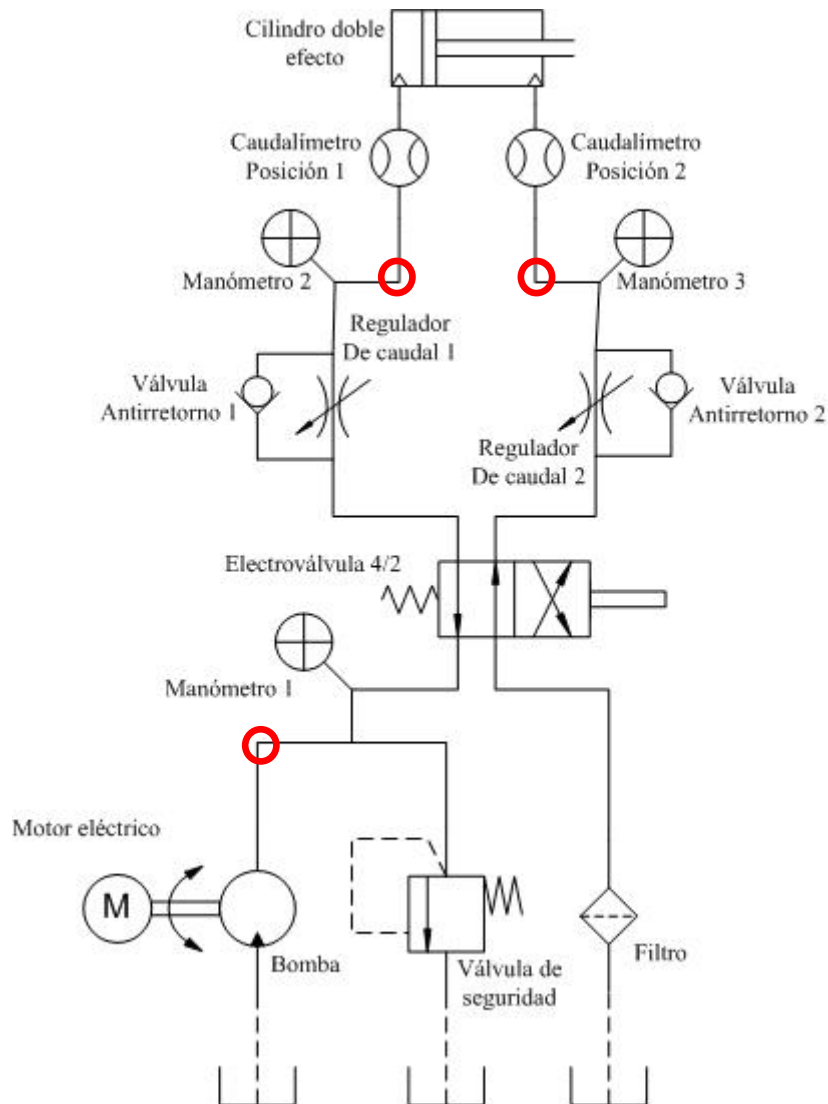


Figura 44

Como se puede apreciar en esta prueba los elementos que son necesarios para realizar la misma son:

- Conjunto motor-bomba.
- Válvula de seguridad.
- Filtro.
- Manómetros.
- Electroválvula.
- Estrangulador unidireccional
- Caudalímetro.
- Cilindro hidráulico de doble efecto.



Se han marcado los puntos donde se van a realizar los análisis de los rendimientos. Se tomarán 3 puntos de análisis: el punto 1 a la salida de la bomba, el punto 2 a la entrada del cilindro y el punto 3 a la salida del cilindro. En todos los puntos se realizará una medición de la presión y, salvo en el punto 1, una medición del caudal. Con los datos de presión y caudal se puede hallar la potencia, según la bibliografía, mediante la siguiente fórmula:

$$W (kW) = \frac{p (bar) \cdot Q (L/min)}{612}$$

Donde P es la potencia, p es la presión medida en ese punto y Q es el caudal que pasa por ese punto.

Esta formulación no está en el Sistema Internacional (S.I.), pero se eligen estas unidades porque son las típicas usadas en términos de ingeniería mecánica.

Se calculará la potencia en todos los tres puntos anteriormente mencionados con dicha fórmula. Es importante señalar que al existir solamente un caudalímetro habrá que ejecutar dos veces la prueba colocando el caudalímetro una vez a la entrada del cilindro y otra a la salida del mismo.

$$W_1 (kW) = \frac{p (bar) \cdot Q (L/min)}{612}$$

En el caso del primer punto, se toman el valor nominal de la presión que se nos proporciona en el manual del banco hidráulico, donde:

$$Q = 1,5 L/min$$

El resto de puntos,

$$W_2 (kW) = \frac{p_2 (bar) \cdot Q_2 (L/min)}{612}$$

$$W_3 (kW) = \frac{p_3 (bar) \cdot Q_3 (L/min)}{612}$$

Se trabajará con cuatro potencias. Por un lado, la potencia nominal que el motor eléctrico transmite a la bomba  $W_m$  que según el fabricante del motor su valor máximo es:

$$W_m = 1 kW$$

Y por otro lado, las potencias en cada uno de los tres puntos que se han realizado las mediciones: la potencia en el punto 1 que es a la salida de la bomba  $W_1$ , la potencia



en el punto 2 que es a la entrada del cilindro  $W_2$  y en el punto 3 que es a la salida del mismo  $W_3$ .

A partir de estos datos se hallan los rendimientos de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{W_{transmitida}}{W_{absorbida}}$$

El rendimiento del conjunto motor-bomba:

$$\eta_{m-b} = \frac{W_1}{W_{motor}}$$

Las pérdidas en el circuito, suponiendo que el camino de ida es aproximadamente igual que el de vuelta sería:

$$\xi (kW) = 2(W_1 - W_2)$$

Y el rendimiento debido a las pérdidas en el circuito sería entonces:

$$\eta_p = \frac{W_1 - \xi}{W_1}$$

El rendimiento del cilindro se calcularía de la siguiente manera:

$$\eta_c = \frac{W_3}{W_2}$$

Teniendo en cuenta todo lo que se tiene, el rendimiento total sería:

$$\eta_{total} = \eta_{m-b} \cdot \eta_p \cdot \eta_c$$

Hasta este punto, todo han sido cálculos para estimar los rendimientos. Nos centramos ahora en el cilindro hidráulico de doble efecto. Para realizar un análisis del mismo hay que distinguir dos casos: expansión y compresión. En cualquier caso hay que tener en cuenta como ya se indicó en el apartado de descripción de elementos que el diámetro de la camisa  $D$  es 40 mm, diámetro del vástago  $d$  es 20 mm y carreta  $L$  es 150 mm.

Si el cilindro se está expandiendo, el área efectiva será el área del émbolo que es aproximadamente igual al de la camisa de diámetro  $D$ , entonces:

$$A_c = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi 40^2}{4} = 1256,6 \text{ mm}^2$$

Con esto la presión que el fluido debe ejercer sobre el émbolo es:





$$p = \frac{F}{A_c}$$

Para la prueba que se quiere llevar a cabo, en ningún momento se ejercerá presión en este sentido, es decir, en expansión, ya que lo que se pretende es levantar el objeto. Por tanto, el que realmente interesa es el movimiento de compresión.

Para esta situación hay que tener en cuenta que el área efectiva es el área de la camisa menos el área del vástago, con lo que se tiene que:

$$A_c = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4}(40^2 - 20^2) = 942,5 \text{ mm}^2$$

Siendo, al igual que antes la presión:

$$p = \frac{F}{A_c} = \frac{m \cdot g}{A_c}$$

Se debe comprobar que la presión que mide el manómetro 2 sea como mínimo la presión antes calculada.

Hay que tener en cuenta que la bajada del objeto, para que no exista ningún tipo de problema, debe hacerse a velocidad constante. Teniendo en cuenta que siempre actúa la gravedad que tenderá a expandir el cilindro, hay que ejercer una fuerza de compresión un poco menor que la fuerza del peso.

Como se puede observar, en última instancia, depende de la masa. Es por esto que para realizar las pruebas se deben ir cambiando la masa y viendo cómo van variando tanto los rendimientos puntuales como el general. Las masas que se colocarán para elevarlas serán de 5 Kg, 10 Kg y 20 Kg. Y para cada una de ellas hay que medir las presiones y los caudales en los puntos anteriormente indicados para calcular, haciendo uso de las fórmulas anteriores, los rendimientos de cada parte del sistema.

Al finalizar los alumnos deben rellenar las siguientes tablas:

m = 5 Kg	p (bar)	Q (L/min)	W (kW)
PUNTO 1			
PUNTO 2			
PUNTO 3			



m = 10 Kg	p (bar)	Q (L/min)	W (kW)
PUNTO 1			
PUNTO 2			
PUNTO 3			

m = 20 Kg	p (bar)	Q (L/min)	W (kW)
PUNTO 1			
PUNTO 2			
PUNTO 3			

	p (bar)	Q (L/min)	W (kW)
PUNTO 1			
PUNTO 2			
PUNTO 3			

(%)	m = 5 Kg	m = 10 Kg	m = 20 Kg
$\eta_{m-c}$			
$\eta_p$			
$\eta_c$			
$\eta_{total}$			

### **3.2. Accionamiento a través de motor hidráulico.**

En esta prueba se levantará un objeto pesado, al igual que en la prueba anterior, pero en esta ocasión a partir del movimiento de giro del eje del motor hidráulico. Y también deberá calcular cuál es el peso máximo que se puede levantar para las condiciones que se disponen.

Se parte del siguiente esquema que es casi el mismo que el de la anterior prueba pero cambiando el cilindro por el motor hidráulico:

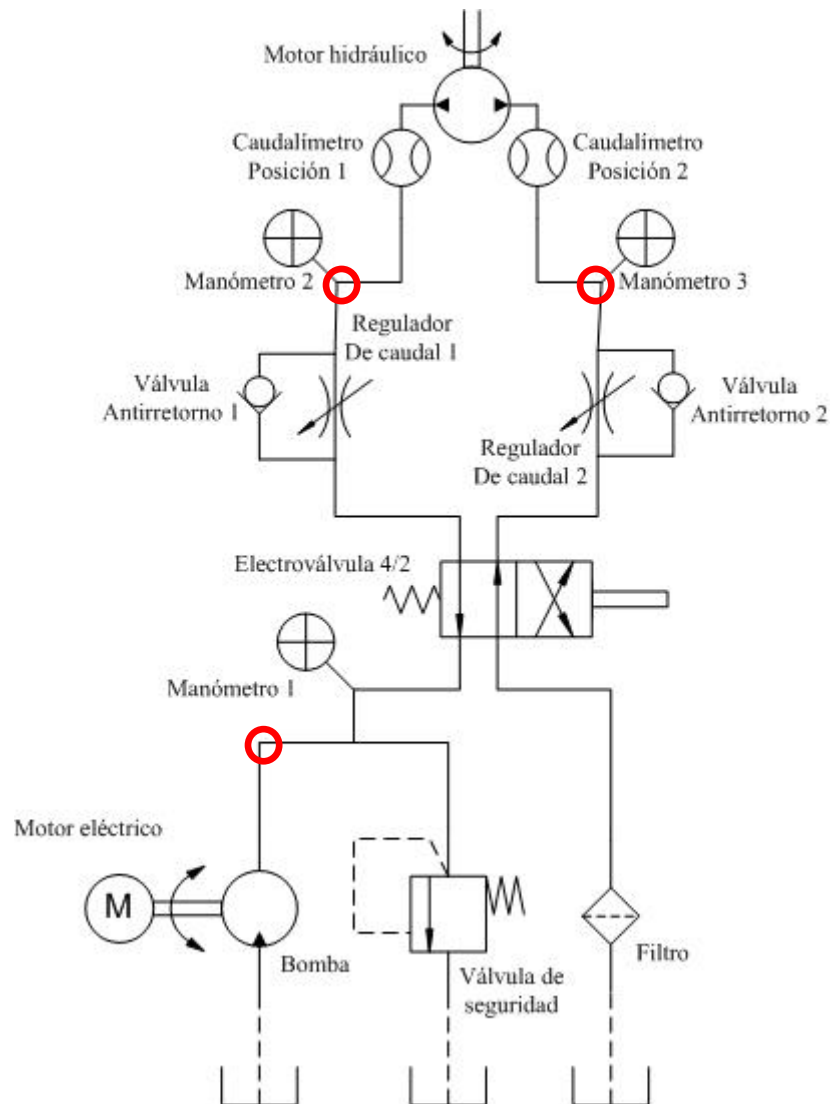


Figura 45

Como se puede apreciar en esta prueba los elementos que son necesarios para realizar la misma son prácticamente los mismos pero realizando dicho cambio:

- Conjunto motor-bomba.
- Válvula de seguridad.
- Filtro.
- Manómetros.
- Electroválvula.
- Estrangulador unidireccional
- Caudalímetro.
- Motor hidráulico.



El cálculo de rendimientos será en su mayor parte igual, es decir, las potencias se calculan como:

$$P (kW) = \frac{p (bar) \cdot Q (L/min)}{612}$$

Y los rendimientos se calculan como:

$$\eta = \frac{P_{transmitida}}{P_{absorbida}}$$

Sin embargo, cuando nos centramos en el motor hidráulico, los cálculos son diferentes:

$$Q(L/min) = \frac{C \cdot n}{10^3 \cdot \eta_{volumétrico}}$$

Donde C es la cilindrada en cm<sup>3</sup>/rev y n es la velocidad del eje del motor en rpm.

Se debe comprobar que el caudal que mide el caudalímetro en la posición 1 se corresponde con el anteriormente calculado.

Por otro lado, la potencia del motor se puede estimar como:

$$W = \frac{M (Nm) \cdot n(rpm)}{955}$$

La potencia que se calcule en el punto 2, debe ser como mínimo la potencia que resulta de la fórmula anterior.

Al igual que el apartado 3.1, tras finalizar las pruebas, los alumnos deben rellenar las siguientes tablas:

m = 5 Kg	p (bar)	Q (L/min)	W (kW)
PUNTO 1			
PUNTO 2			
PUNTO 3			

m = 10 Kg	p (bar)	Q (L/min)	W (kW)
PUNTO 1			
PUNTO 2			
PUNTO 3			



m = 20 Kg	p (bar)	Q (L/min)	W (kW)
PUNTO 1			
PUNTO 2			
PUNTO 3			

	p (bar)	Q (L/min)	W (kW)
PUNTO 1			
PUNTO 2			
PUNTO 3			

(%)	m = 5 Kg	m = 10 Kg	m = 20 Kg
$\eta_{m-c}$			
$\eta_p$			
$\eta_c$			
$\eta_{total}$			



#### 4. Bibliografía.

##### Webs:

- Rationalstock.<<http://www.rationalstock.es>> [Consulta: junio de 2015]
- Femto.<[www.femto.es](http://www.femto.es)> [Consulta: mayo de 2015]
- Electrobombas.< [www.electrobombas.es](http://www.electrobombas.es)> [Consulta: mayo de 2015]
- RS components.< <http://es.rs-online.com>> [Consulta: junio de 2015]
- Electronicaembajadores.< [www.electronicaembajadores.com](http://www.electronicaembajadores.com)> [Consulta: junio de 2015]
- Pce-instruments < [www.pce-instruments.com](http://www.pce-instruments.com) > [Consulta: junio de 2015]
- Wikipedia < <http://es.wikipedia.org> > [Consulta: junio de 2015]
- Aliexpress < <http://es.aliexpress.com> > [Consulta: junio de 2015]
- Fixnvis < <http://www.fixnvis.es/> > [Consulta: junio de 2015]

##### Libros:

- SERRANO NICOLÁS, ANTONIO (2002). Oleohidráulica. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Zaragoza.
- DEL POZO POLIDORO, ENRIQUE. Manual de Instrucciones del Banco Hidráulico. MC2 Ingeniería y Sistemas S.L.
- D. MANRING, NOAH (2005). Hydraulic control systems. The National Fluid Power Association.

##### Normas:

- UNE-EN ISO 3506-1:2010. Características mecánicas de los elementos de fijación de acero inoxidable resistente a la corrosión. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones.
- ISO (2013). La citación bibliográfica. ISO 690:2013 y los estilos de citación.
- APA (AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION) *Publication Manual of the APA*.

##### Fotografías:

- DEL POZO POLIDORO, E. Central Hidráulica del Banco de Pruebas. [Figura 2]
- Bomba de engranajes. [Figura 4.a.] Recuperado de [www.cbs.grundfos.com](http://www.cbs.grundfos.com)
- Bomba de engranajes. [Figura 4.b.] Recuperado de [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)
- Cilindro doble efecto. [Figura 5]. Recuperado de [sitioniche.nichese.com](http://sitioniche.nichese.com)
- Comparación entre bomba y motor hidráulico. [Figura 7] Recuperado de [virtual.unal.edu.com](http://virtual.unal.edu.com)
- Válvula anti-retorno. [Figura 9] Recuperado de <https://sites.google.com/site/circuito11claudiomiguel/7-valvulas/7-2-valvulas-de-bloqueo-y-conmutacion/valvula-antirretorno>
- Válvula de seguridad. [Figura 18] Recuperado de [www.siafa.com.ar](http://www.siafa.com.ar)



- Manguera hidráulica SAE100. [Figura 20] Recuperado de <http://www.tiendahidraulica.com/es/mangueras-hidraulicas/1955-manguera-hidraulica-sae-100-r2-08.html>
- Partes de Magnetotérmico. [Figura 23] Recuperado de [http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3077/html/22\\_instalaciones\\_elctricas\\_en\\_viviendas\\_elementos\\_componentes\\_y\\_funcionamiento\\_ii.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3077/html/22_instalaciones_elctricas_en_viviendas_elementos_componentes_y_funcionamiento_ii.html)
- Tacómetro. [Figura 28] Recuperado de <http://es.rs-online.com/web/p/tacometros/4459557/>
- Cronómetro. [Figura 29] Recuperado de <http://es.rs-online.com/web/p/cronometros/8111818/>
- Caudalímetro. [Figura 30] Recuperado de <http://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-caudal-interruptores-e-indicadores/7406433/>
- Termómetro. [Figura 32] Recuperado de <http://es.rs-online.com/web/p/termometros-ir/7943153/>
- Cinta métrica. [Figura 33] Recuperado de <http://es.rs-online.com/web/p/cintas-metricas/7769784/>
- DEL POZO POLIDORO, E. Banco de Pruebas. [Figura 34]
- Disposición polea atornillada. [Figura 36] Recuperado de [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope\\_poleacable.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/operadores/ope_poleacable.htm)
- Polea. [Figura 36] Recuperado de <http://www.rationalstock.es/s/es/polea/1/>
- Tornillo DIN933 M14x100. [Figura 38] Recuperado de <http://es.aliexpress.com/w/wholesale-m14-din933-hex-bolt.html>
- Tabla Tornillos DIN933. [Figura 39] Recuperado de <http://lim.ii.udc.es/docencia/din-sismec/Tornillos.pdf>
- Tuerca DIN934 M14. [Figura 40] Recuperado de <http://www.fixnvis.es/ecrou-hum14-inox-a4-din-934.html>
- Tabla Tuercas DIN934. [Figura 41] Recuperado de <http://lim.ii.udc.es/docencia/din-sismec/Tornillos.pdf>
- Cable de acero 6 mm. [Figura 43] Recuperado de <http://www.rationalstock.es/equipamiento/es/cable-de-acero-plastificado-ideal-para-maquinas-de-gimnasio/05701000007/0/>



# ANEXOS







## 5. ANEXOS.

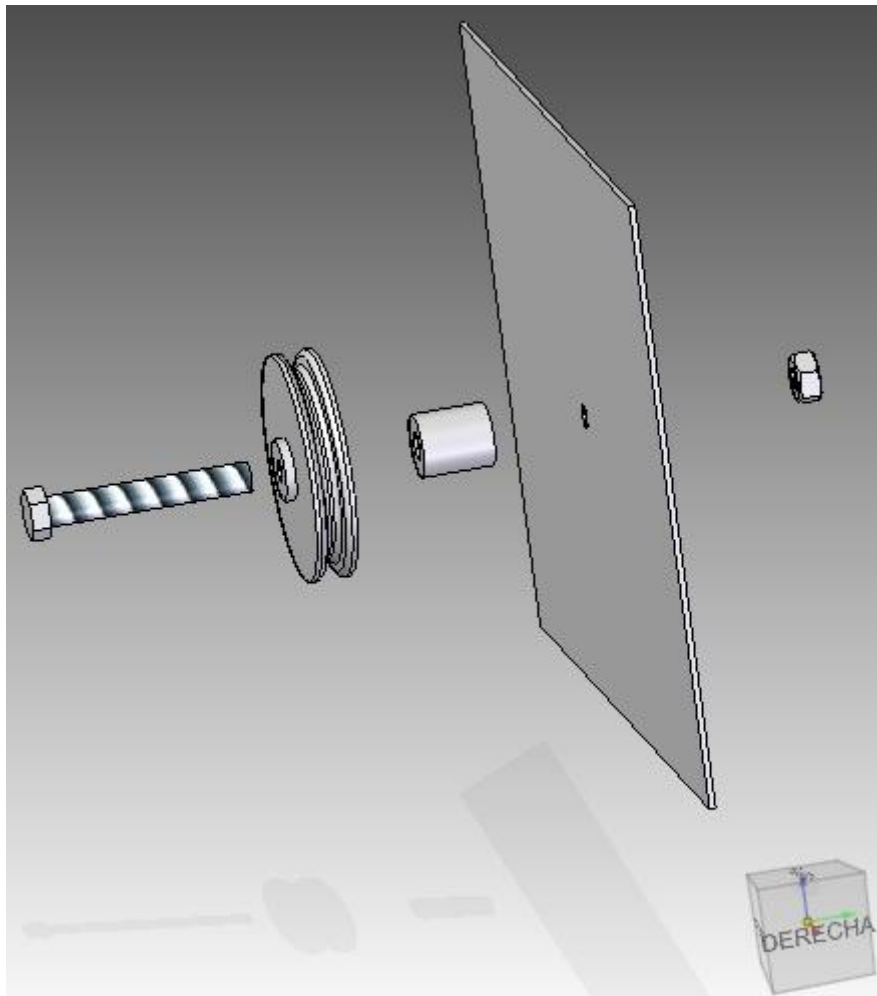
En este apartado de anexos, se incluyen los documentos necesarios para comprender las conclusiones descritas en los apartados anteriores.

### 5.1. Cálculos.

En este apartado de anexos, se incluyen una descripción detallada de los cálculos que se han realizado para llegar a la conclusión que se mostraban en los apartados anteriores.

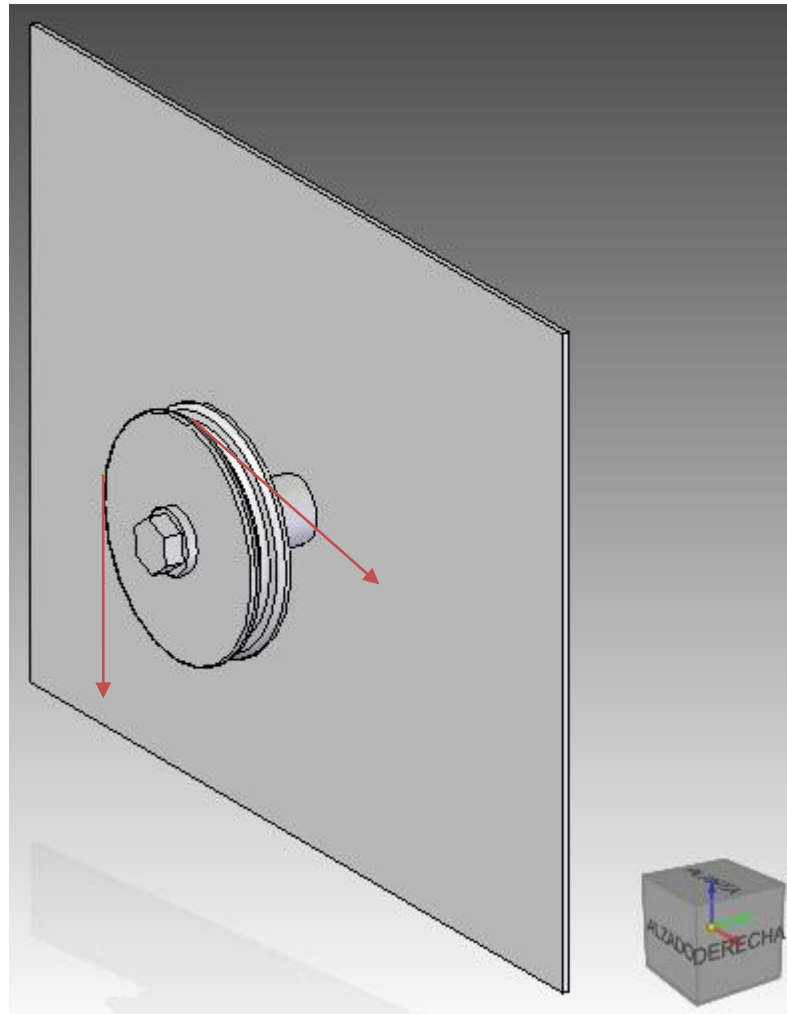
#### 5.1.1. Cálculo de la polea.

La polea se colocará en una nueva placa como las del banco ya existente, la cual deberá ser fabricada. La unión entre la polea y la placa será mediante un tornillo hexagonal DIN933 separados por un elemento de hierro. Dicho elemento separará la polea de la placa y dará el alineamiento necesario a la polea con el eje del motor hidráulico o con el eje del cilindro de doble efecto, según corresponda en cada prueba. Se dispondrán los elementos de la siguiente manera:

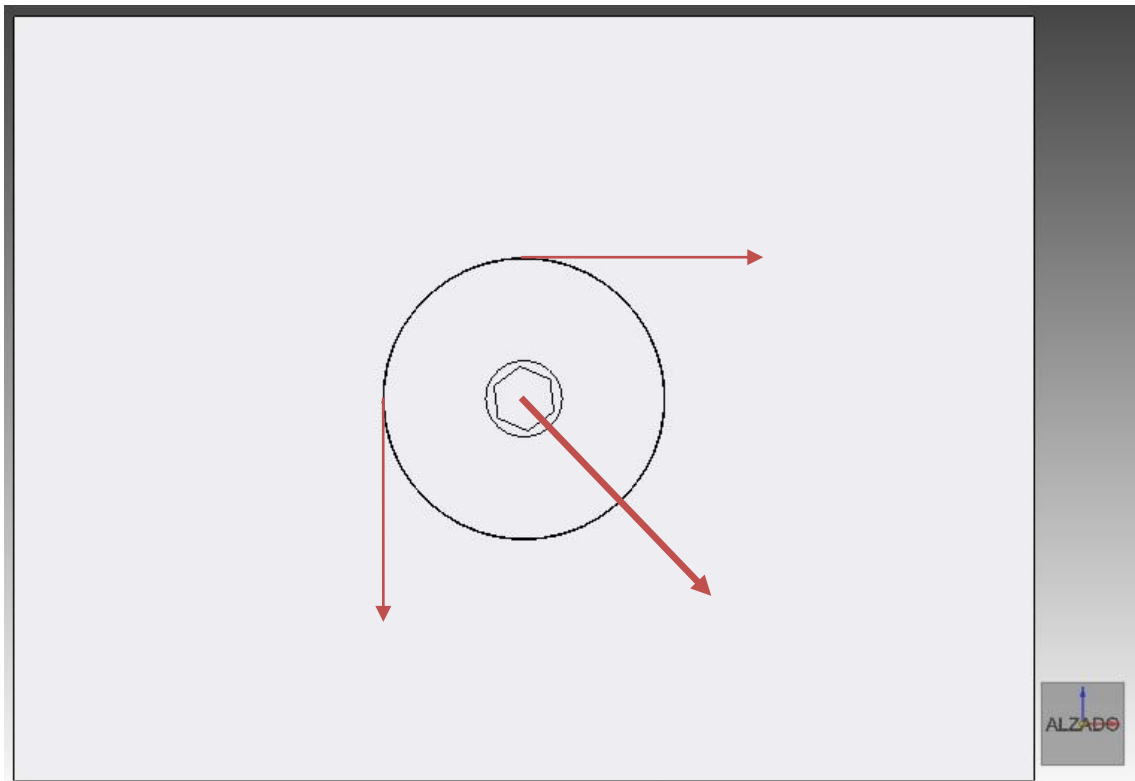




Para calcular el tornillo, es necesario trasladar todos los esfuerzos al punto de unión. Para ello hay que saber qué dirección y sentido tendrán las fuerzas sobre la polea. Como se situará tanto el cilindro como el motor hidráulico junto a la polea y el objeto pesado justo debajo, se puede decir que ambas fuerzas serán perpendiculares.



Mostrando en alzado, se puede observar dos fuerzas perpendiculares de igual módulo, ya que una es la fuerza del peso del objeto y otra es la fuerza que lo levanta (suponiendo despreciables los efectos de fricción), cuya resultante total es una fuerza a  $45^\circ$  de cada una.



Una vez ya se sabe cuál es la fuerza, se traslada al punto de unión. En el punto de unión lo que aparece es un momento flector proporcional a la distancia  $d$ .

$$M_z = F_{total} \cdot d$$

Donde,

$$F_{total} = \sqrt{F^2 + F^2} = \sqrt{2} \cdot F$$

En este caso se desprecian las fuerzas propias del peso del eje y de la polea debido a que son mucho menores que la fuerza del peso del objeto.

Por otro lado, la tensión máxima que llega a la unión se puede calcular de la siguiente manera:

$$\sigma_{max} = \frac{M_z}{W_z}$$

Donde  $W_z$  es el módulo resistente que tiene la siguiente expresión:

$$W_z = \frac{I_{zz}}{y_{max}}$$

En esta expresión aparecen dos nuevos términos, la inercia de área  $I_{zz}$  y el punto de máxima cota  $y_{max}$ , para el caso de un cuerpo cilíndrico:



$$I_{zz} = \frac{A \cdot R^2}{4} = \frac{\pi}{64} \cdot D^4$$

$$y_{max} = \frac{D}{2}$$

Agrupando todos los términos y tomando como  $\sigma_{max}$  el 90% del valor de la tensión de fluencia (como coeficiente de seguridad), se tiene que:

$$0.9 \cdot \sigma_y = \frac{32}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot F \cdot d}{D^3}$$

Para el cálculo de este apartado, se pueden tomar dos caminos. El primero es tener en cuenta un diámetro de tornillo y obtener una fuerza máxima que puede soportar el tornillo. El segundo es el inverso, tomar un peso del objeto que se quiera levantar y a partir de ahí obtener un diámetro. En este caso es más conveniente tomar la segunda opción.

El objeto que se quiere levantar tiene una masa de unos 20Kg y la polea se colocará a una distancia de 50 mm del punto de unión gracias al taco separador. Además, el material del tornillo es un acero inoxidable SS304 con las siguientes características:

**ACERO INOXIDABLE 304  
(UNS S30400)**

**1. Descripción:** éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

**2. Normas involucradas:** ASTM A 276

**3. Propiedades mecánicas:** Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)  
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)  
Elongación 30 % (en 50mm)  
Reducción de área 40 %  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.8 g/cm<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>)

\*Recuperado de <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>

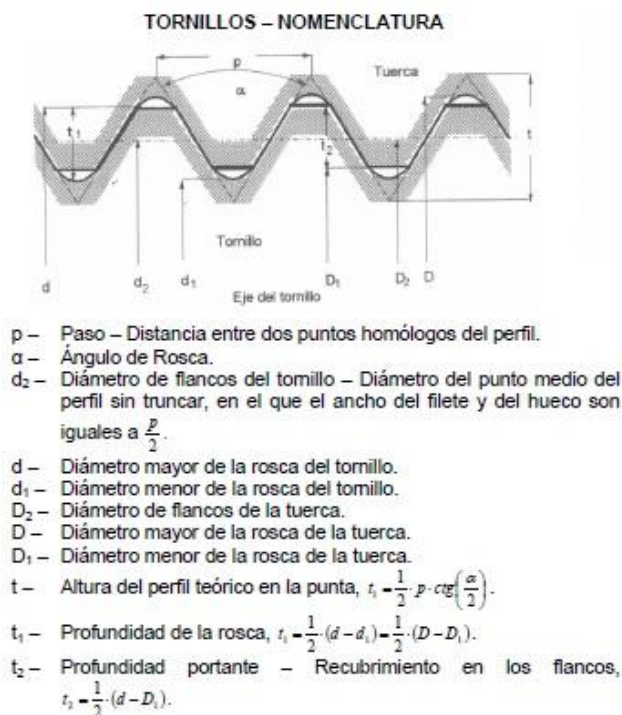


Con estos datos al sustituirlos se tiene,

$$0.9 \cdot 310 \text{ MPa} = \frac{32}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot (20 \cdot 9.81) N \cdot 50 \text{ mm}}{D^3}$$

$$D = 7,97 \text{ mm}$$

Si nos fijamos en la norma de tornillos, el más conveniente para este caso es un tornillo DIN933 con cabeza hexagonal, que tiene las siguientes características:



\* Recuperado de <http://lim.ii.udc.es/docencia/din-sismec/Tornillos.pdf>

Según la norma de tornillos, el diámetro que se toma para el cálculo de esfuerzos a flexión es el diámetro de los flancos  $d_2$  del tornillo.

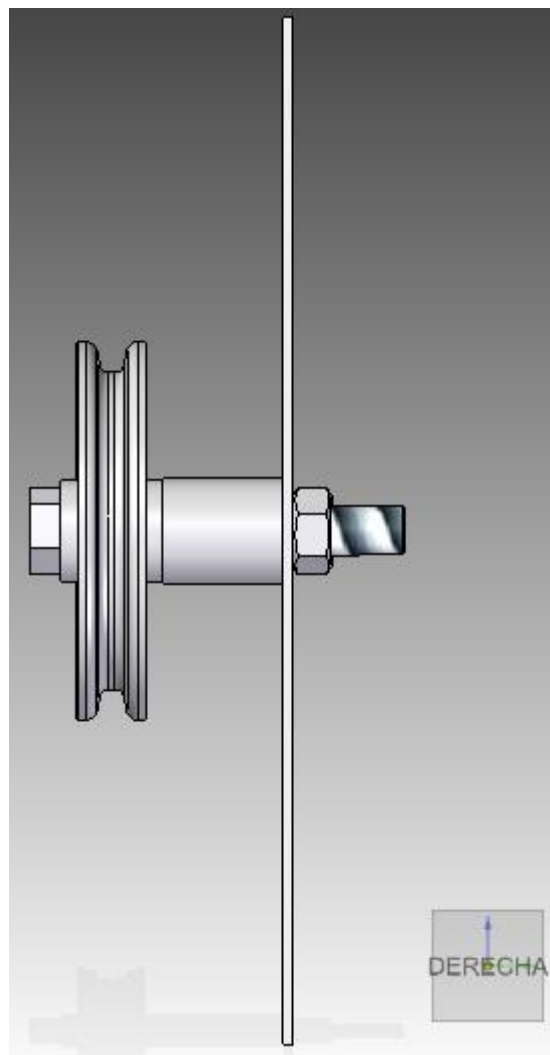
Aunque el resultado es un tornillo de diámetro aproximadamente 8 mm, se colocará un tornillo de M14 ya que el diámetro del agujero del eje de la polea tiene esta dimensión. Es por esto que los cálculos anteriores demuestran que colocando un tornillo de esta dimensión cumple para esta carga y para cargas superiores. Al tomar un diámetro superior al necesario (14 mm en vez de 8 mm) se puede asumir que no habrá problemas por el efecto del peso de los componentes, por pequeño que sea, ni de las posibles vibraciones.



Como se ha indicado anteriormente se puede hacer el camino inverso y calcular cuál es el peso máximo que soportará el tornillo seleccionado. De esta manera:

$$0.9 \cdot 310 \text{ MPa} = \frac{32}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot (M \cdot 9.81) \text{ N} \cdot 50 \text{ mm}}{14^3}$$
$$M_{\max} = 108 \text{ Kg}$$

Por otro lado el tornillo debe tener una longitud tal que sea capaz de cubrir el ancho de la polea, el ancho del taco adaptador, el espesor de la placa y el ancho de la tuerca. Como se puede apreciar en la siguiente figura:



El tornillo comercialmente más adecuado es el de 100 mm de longitud. Con estas características el tornillo comercial se denominaría DIN933 M14x100.

La tuerca que se debe acoplar para que el tornillo cumpla su función tiene una denominación DIN934 M14.



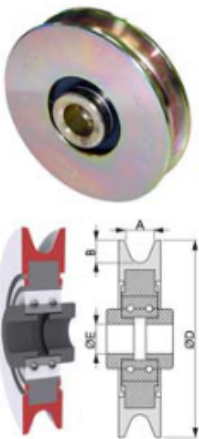
## 5.2. Costes.

Debido a que ya en el laboratorio existen muchos de los componentes anteriormente descritos en la memoria, solamente hay que tener en cuenta el coste de los componentes nuevos, ya sea porque se han añadido en el nuevo diseño o porque se quiere comprar un producto mejor que los ya existentes.

A continuación se presentan los costes de cada uno de ellos. En primer lugar se muestran la información que se obtiene de la búsqueda en internet y posteriormente se disponen en una tabla para una mejor visualización.

- Polea.

**Polea de acero de un canal**



**Utilidades**  
ADVERTENCIA: Las cargas se entienden verticales tanto en la entrada como en la salida, nunca tangenciales.  
IMPORTANTE: La carga máxima de toda la polea siempre dependerá del peso de la puerta y de las medidas de ésta.

**Especificaciones**  
-Incluye dos casquillos.  
-Acabado: Bicromatado.

Dimensión D	Dimensión A	Dimensión B	Dimensión E	Carga radial	Rodamiento	Cantidad	Formato	Precio
Ø 80 mm	10 mm	9 mm	M-14	420 Kg		0	Unidad	<b>4,0961 €</b> (4,9563 € IVA incl.)

**Añadir a cesta**

- Tornillo.



2 unids DIN933 hexagonal tornillo de cabeza M14 \* 100 mm SS 304 / A2 STEEL cabeza hexagonal perno de la tapa

Ver nombre original del producto en inglés

Precio: ~~€ 6,96~~ / lote (2 unidades / lote , € 3,13 / unidad )  
Oferta: **€ 6,26** / lote Termina en 14 días

Envío: **€ 7,92** a Spain via China Post Registered Air Mail Tiempo de entrega: 15-45 días (Se envía en 10 días hábiles)

Cantidad: 1 lote (998 lotes available)

Precio total: **€ 14,18**

**Comprar ahora** **Añadir a la cesta**

Añadir a mi Lista de Deseos (0 veces añadido)

**Mejor Valorado**

**Vendido por**  
Sage Electronic Technology Co., Ltd  
China (Mainland) (Guangdong)

105 **97.2%** Valoraciones positivas  
Valoraciones detalladas del vendedor

Visitar tienda

Añadir a Mis tiendas favoritas (21 veces añadido)

ID Producto: 32262462072





- Tuerca.



**ECROU HU M14 INOX A4 DIN 934**

Voir toutes les dimensions disponibles

Disponibilidad: En existencias

Prix unitaire	Prix Total
Impuestos no Incluidos: 0,586 €	HT :
Impuestos Incluidos: <b>€ 0,70</b>	TTC :

> Comprar 50 por 0.3516 € (0.422 con impuestos incluidos) cada uno y guardar 40%

- Cable de acero.

**Cable de acero plastificado**



**Utilidades**

Cable de acero galvanizado y plastificado en poliamida negro especialmente indicado para las máquinas de gimnasio

**Especificaciones**

-Tipo de acabado: Acero galvanizado y plastificado en poliamida de color negro.

Ø Total	Ø Acero	Carga rotura	Composición	Cantidad	Formato	Precio	
5 mm	3 mm	539 Kg	7x19	<input type="text" value="0"/>	Metro	<b>1,3455 €</b> (1,6281 € IVA incl.)	<a href="#">Añadir a cesta</a>
6 mm	4 mm	959 Kg	7x19	<input type="text" value="0"/>	Metro	<b>1,5348 €</b> (1,8571 € IVA incl.)	<a href="#">Añadir a cesta</a>

- Caudalímetro.

[Medidor de caudal ifm electronic Líquido PBT, acero inoxidable 19 → 30 V dc, 16bar de presión](#)



**589,06 €** Unidad

**Pedido**

Disponibilidad de stock

Comparar

[Vista rápida](#)

Código RS: 740-6433

Fabricante: ifm electronic

Nº ref. fabric: SM8000

Líquido

Indicador de caudal

0,2 l/min

100 l/min



- Cinta métrica.

<p><u>Cinta métrica Stanley. longitud: 5m. anchura: 19mm. Tylon. Imperial o Métrica</u></p>  <p><b>7,47 €</b> Unidad</p> <p>1 <b>Pedido</b></p> <p>Disponibilidad de stock</p> <input type="checkbox"/> Comparar	<p>Código RS <u>776-9784</u></p>	5m	Tylon	19mm	Tylon
	<p>Fabricante <u>Stanley</u></p> <p>Nº ref. fabric. 1-30-696</p>				

[Vista rápida](#)

- Cronómetro.

<p><u>Cronómetro RS 509RS. Negro. Digital. 1s. Batería. 64 x 58mm</u></p>  <p><b>15,11 €</b> Unidad</p> <p>1 <b>Pedido</b></p> <p>Disponibilidad de stock</p> <input type="checkbox"/> Comparar	<p>Código RS <u>811-1818</u></p>	Bolsillo	Digital	24h 1s, 40min 1/100s	1s
	<p>Fabricante <u>RS</u></p> <p>Nº ref. fabric. 509RS</p>				

[Vista rápida](#)

- Tacómetro.

<p></p> <p><b>164,59 €</b> Unidad</p> <p>1 <b>Pedido</b></p> <p>Disponibilidad de stock</p> <input type="checkbox"/> Comparar	<p><u>Tacómetro. RS. ±0.05% +1 dígito. Láser. AA. 73 x 37 x 190mm. 99999rpm. 10rpm. DT-2234BL. 37mm</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima Precisión ±0.05% +1 dígito</li> <li>• Categoría Láser</li> <li>• Tipo de Batería AA</li> <li>• Dimensiones 73 x 37 x 190mm</li> <li>• Altura 190mm</li> </ul> <p><a href="#">Consulte productos similares en Tacómetros</a></p>	<p>Código RS <u>445-9557</u></p>
	<p>Fabricante <u>RS</u></p>	

[Vista rápida](#)

- Termómetro.

<p><u>Termómetro IR Amprobe. IR-710-EUR. +380°C. precisión ±2%. resolución 0.1 °C. Emisividad 0.95</u></p>  <p><b>64,99 €</b> Unidad</p> <p>1 <b>Pedido</b></p> <p>Disponibilidad de stock</p> <input type="checkbox"/> Comparar	<p>Código RS <u>794-3153</u></p>	+380°C	Centigrado, Fahrenheit	RSCAL	10:1
	<p>Fabricante <u>Amprobe</u></p> <p>Nº ref. fabric. IR-710-EUR.</p>				

[Vista rápida](#)



Reuniendo todos los precios de cada elemento y disponiéndolos en una tabla para que sea más fácil el análisis, se tiene que:

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO (€)	COSTE (€)
Polea	1	4,95	4,95
Tornillo (LOTE)	2	3,13	14,18*
Tuerca	1	0,70	0,70
Cable de acero 3 m	1	1,8571**	5,57
Caudalímetro	1	589,06	589,06
Cinta métrica	1	7,47	7,47
Cronómetro	1	15,11	15,11
Tacómetro	1	164,59	164,59
Termómetro	1	64,99	64,99

\*Precio más gastos de envío.

\*\*Precio en € por metro de cable.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, sumando el coste que conlleva la compra de cada componente resulta un total de 866,62 €. A esta cantidad habría que sumarle el coste asociado a la fabricación tanto de la placa soporte como del taco que se usa para separar la polea de la placa. Al ser piezas de extrema simplicidad asumimos que el coste es de unos 3 € por cada una ya que puede ser fabricada en el laboratorio por los maestros de taller de la ETSI.

En este caso al no ser un banco comercial, sino didáctico, el montaje y desmontaje de los elementos debe ser llevado a cabo por los alumnos o por el profesor. Es por esto que habría un ahorro en lo que a coste operativo se refiere.


Por tanto el coste final de este proyecto suma un total de 872,62 €.

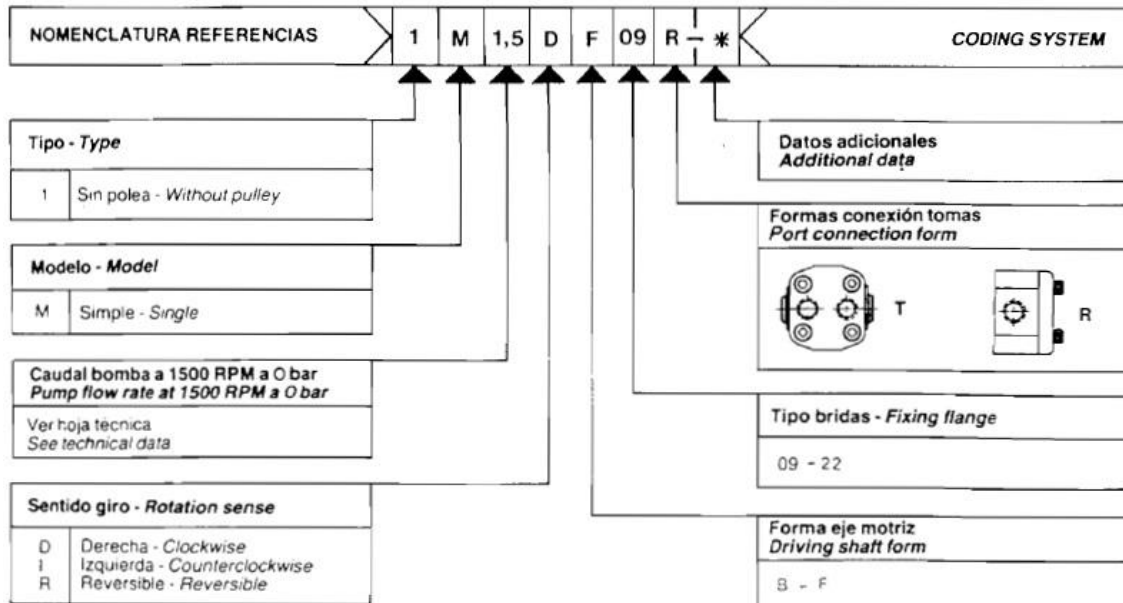


### 5.3. Datos de interés.

En este apartado se dispone información recuperada del manual del banco donde se encuentra, entre otros, los datos que nos proporciona el fabricante sobre las características de cada elemento. En este caso todos los elementos son de la empresa Pedro Roquet

#### 5.3.1. Motor hidráulico.

	<b>Bomba engranajes serie M</b> <b>Gear pump type M</b>
<p>Nuestras bombas están equilibradas hidrostáticamente y provistas de reajuste lateral automático.</p> <p>Se recomienda el empleo de aceite para instalaciones oleodinámicas con aditivos antiespumantes y de extrema presión.</p> <p>Para obtener una larga vida, tanto del aceite como de la bomba es preciso trabajar entre una viscosidad de 3°-8°E, según presiones de trabajo a una temperatura de 50°C.</p> <p>Gama de temperaturas del fluido hidráulico -20°C +80°C.</p> <p>El apartado de filtraje es muy importante, ya que la mayoría de averías son debidas a la suciedad del aceite. Recomendamos: filtraje en aspiración 125 mínimo. Filtraje en retorno 40 mínimo.</p> <p>La mejor forma de accionamiento es de conexión por medio de un acoplamiento elástico, que permite un movimiento mínimo radial y axial de 0,3 a 0,4 mm., por lo que de esta forma quedarán absorbidas las posibles desalineaciones. Esto es fundamental para el buen funcionamiento de la bomba.</p> <p>Los conductos de aspiración serán lo suficientemente dimensionados para que la depresión no exceda de 0,3 bar max.</p> <p>Conexión por rosca B.S.P.</p> <p>Sentido de giro derecha o izquierda, mirando la bomba por el lado del eje.</p> <p>Antes de poner por primera vez la bomba en marcha, asegurarse que el sentido de giro es correcto.</p>	<p><i>Our pumps are hydrostatically balanced and have automatic lateral adjustment.</i></p> <p><i>We recommend the use of the oil for oil-dynamic installations with antifoaming additives and for extreme pressure.</i></p> <p><i>To obtain extended pump life it is necessary to work with oil viscosities between 3°- 8°E, relating to working pressure and at a temperature of 50°C.</i></p> <p><i>Oil temperature range -20° +80°C.</i></p> <p><i>Filtration is extremely important since most problems are due to oil contamination.</i></p> <p><i>Filtration recommended on suction line:125 minimum.</i></p> <p><i>Filtration recommended on return line:40 minimum.</i></p> <p><i>The most efficient drive method is by means of axial flexible coupling, with minimum 0,3-0,4 mm. radial and axial movement, thus reducing the effects of vibration and maintaining maximum efficiency of the pump.</i></p> <p><i>The suction pipes should be large enough to ensure that cavitation does not exceed 0,3 bar max.</i></p> <p><i>Conexion threaded B.S.P.</i></p> <p><i>Rotation direction:Clockwise or anti-clockwise when facing the shaft end.</i></p> <p><i>Before starting the pump, make sure the direction of rotation is correct.</i></p>



**Datos técnicos hidráulicos**  
*Hydraulic technical data*

<b>CAUDAL BOMBA</b> <b>PUMP FLOW RATE</b>	(L/min.) 1500 R.P.M.	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2
<b>CILINDRADA</b> <b>DISPLACEMENT</b>	cm <sup>3</sup> / v cc/r.	0,33	0,5	0,66	0,83	1	1,33
<b>PRESION MAX.CONTINUA EN</b> <b>CONT. MAX. PRESSURE</b>	bar	225					175
<b>PRESION MAX. INTER. 5 SEG. MAX.</b> <b>INTERMITENT MAX. PRESSURE</b>	bar	250					200
<b>R.P.M. A PRESION CONTINUA</b> <b>R.P.M. AT CONT. PRESSURE</b>		5.000		4.000		3.000	
<b>R.P.M. MAXIMAS</b> <b>MAX. R.P.M.</b>		10.000		8.000		6.000	
<b>MINIMAS R.P.M.</b> <b>SEGUN PRESION</b> <b>MIN. R.P.M. AT GIVEN</b> <b>PRESSURES</b>	100 bar	1.000					
	150 bar	1.500					
	250 bar	3.000	2.500		+		



Diagrama de rendimientos volumétricos a 1500 R.P.M.  
*Volumetric efficiencies diagram at 1500 R.P.M.*

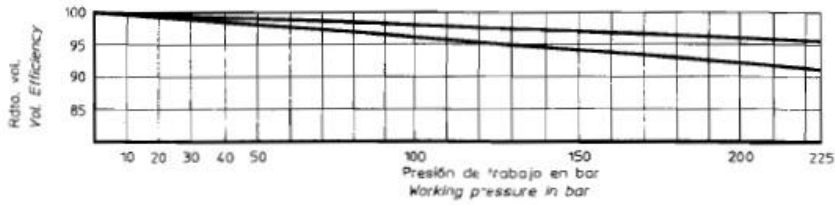
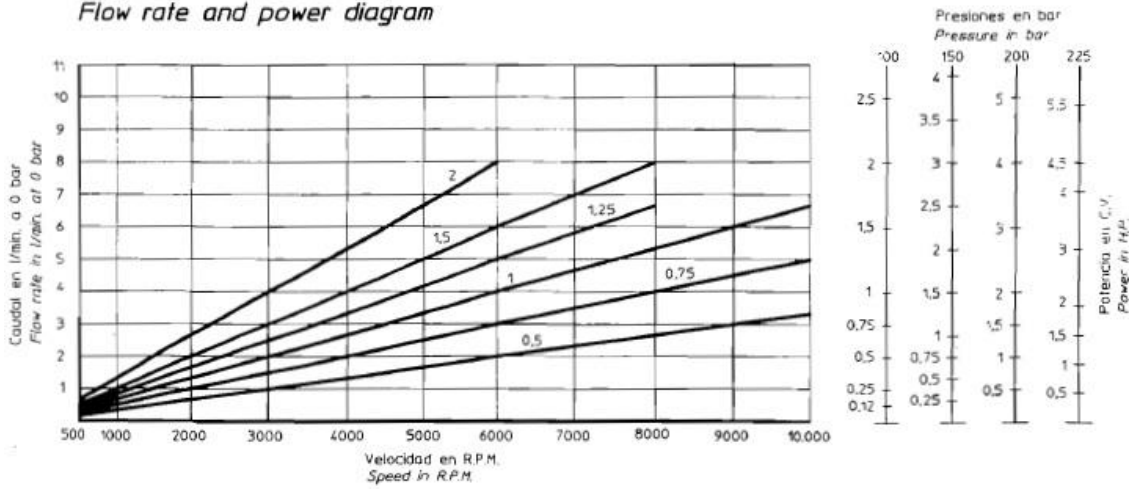


Diagrama de caudales y potencias  
*Flow rate and power diagram*

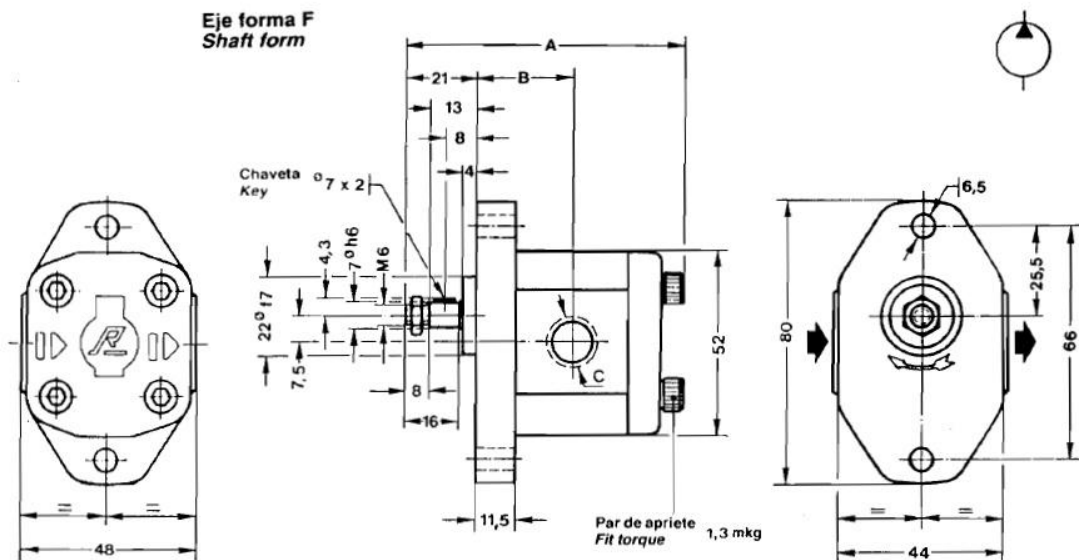


NOTA: Estos diagramas han sido obtenidos con un aceite de 4.5°E de viscosidad y una temperatura de 50°C.

NOTE: These results have been obtained with 4.5°E viscosity oil and at 50°deg C.



Tapa tipo – Front flange type 09



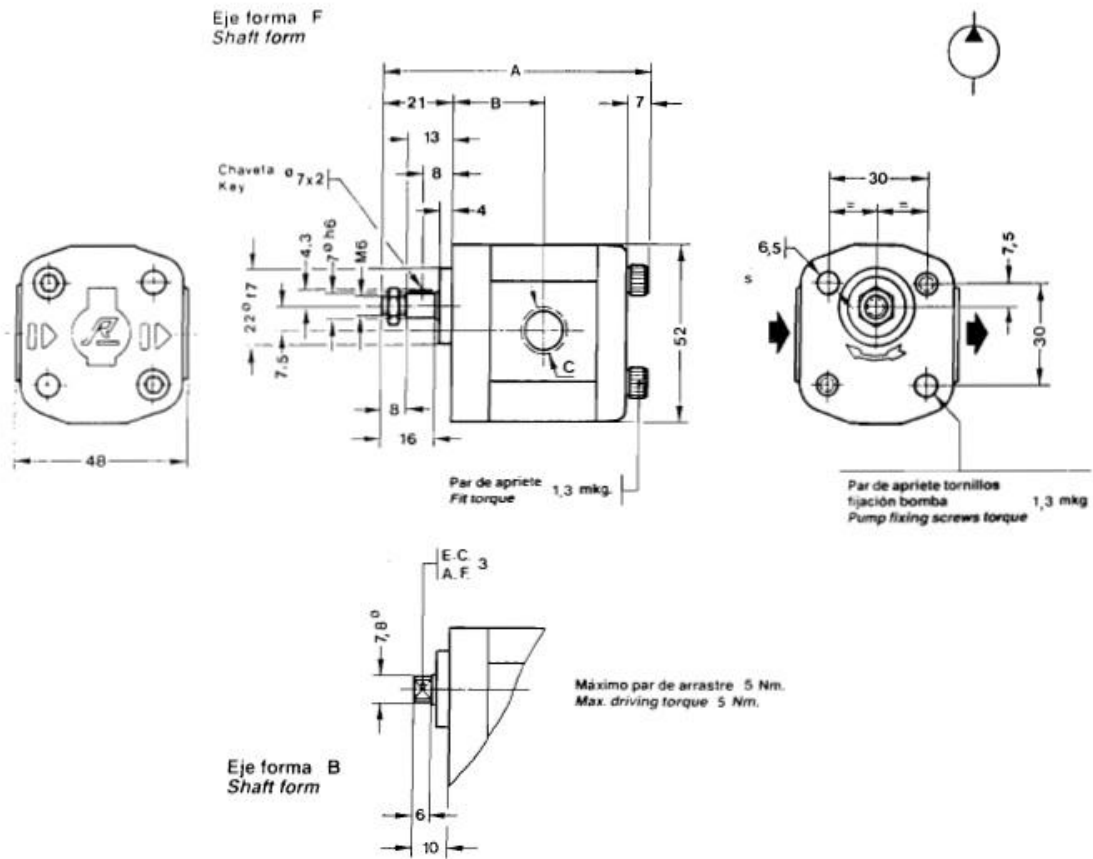
Modelo Model	Cilindrada Displacement cm <sup>3</sup> /v. cc/r.	A	B	Presión Pressure	Aspiración Suction	Peso Weight Kg.
				C	C	
1M0,5DF09R	0,33	75	26,5	1/4" B.S.P.	1/4" B.S.P.	0,558
1M0,75DF09R	0,5	77	27,5			0,606
1M1DF09R	0,66	79	28			0,624
1M1,25DF09R	0,83	81				0,645
1M1,5DF09R	1	83	30,5			0,666
1M2DF09R	1,33	87				0,688

Para bombas reversibles, las conexiones serán iguales en ambos lados y las medidas corresponderán a la toma de aspiración.  
*In the reversible pumps, side ports are both same dimension that corresponds to the suction dimension.*

El dibujo aquí representado indica que la bomba es de giro derecha, para giro izquierda se sustituirá la "D" de la referencia por una "I", en este caso los orificios de aspiración y presión estarán invertidos.

*The drawing above shows a pump turning clockwise. For anti-clockwise rotation sense, replace "D" by "I", in which case suction and pressure ports shall be inverted.*

Tapa tipo – Front flange type 22



Modelo Model	Cilindrada Displacement cm <sup>3</sup> /v. cc/r.	A	B	Presión Pressure	Aspiración Suction	Peso Weight Kg.
				C	C	
M0,5DF22R	0,33	75	26,5	1/4" B.S.P.	1/4" B.S.P.	0,519
M0,75DF22R	0,5	77	27,5			0,537
M1DF22R	0,66	79	28			0,555
M1,5DF22R	0,83	81				0,576
M1,5DF22R	1	83	30,5			0,597
M2DF22R	1,33	87				0,619

Para bombas reversibles, las conexiones serán iguales en ambos lados y las medidas corresponderán a la toma de aspiración.  
 in the reversible pumps, side ports are both same dimension that corresponds to the suction dimension.

El dibujo aquí representado indica que la bomba es de giro derecha para giro izquierda se sustituirá la "D" de la referencia por una "I", en este caso los orificios de aspiración y presión estarán invertidos.

The drawing above shows a pump turning clockwise. For anti-clockwise rotation sense, replace "D" by "I", in which case suction and pressure ports shall be inverted.

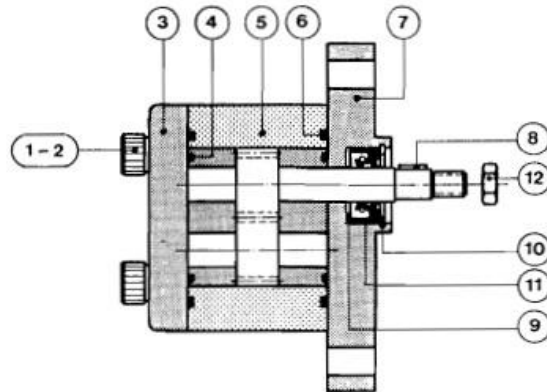




**Recambios**

**Spare parts**

Ejemplo para pedido de recambios  Example to order spare parts	Cantidad Quantity	Denominación Description	N.º de la pieza Part number	Referencia según la placa Reference according serial number plate
	1	Chaveta Key	8	Para bomba For pump



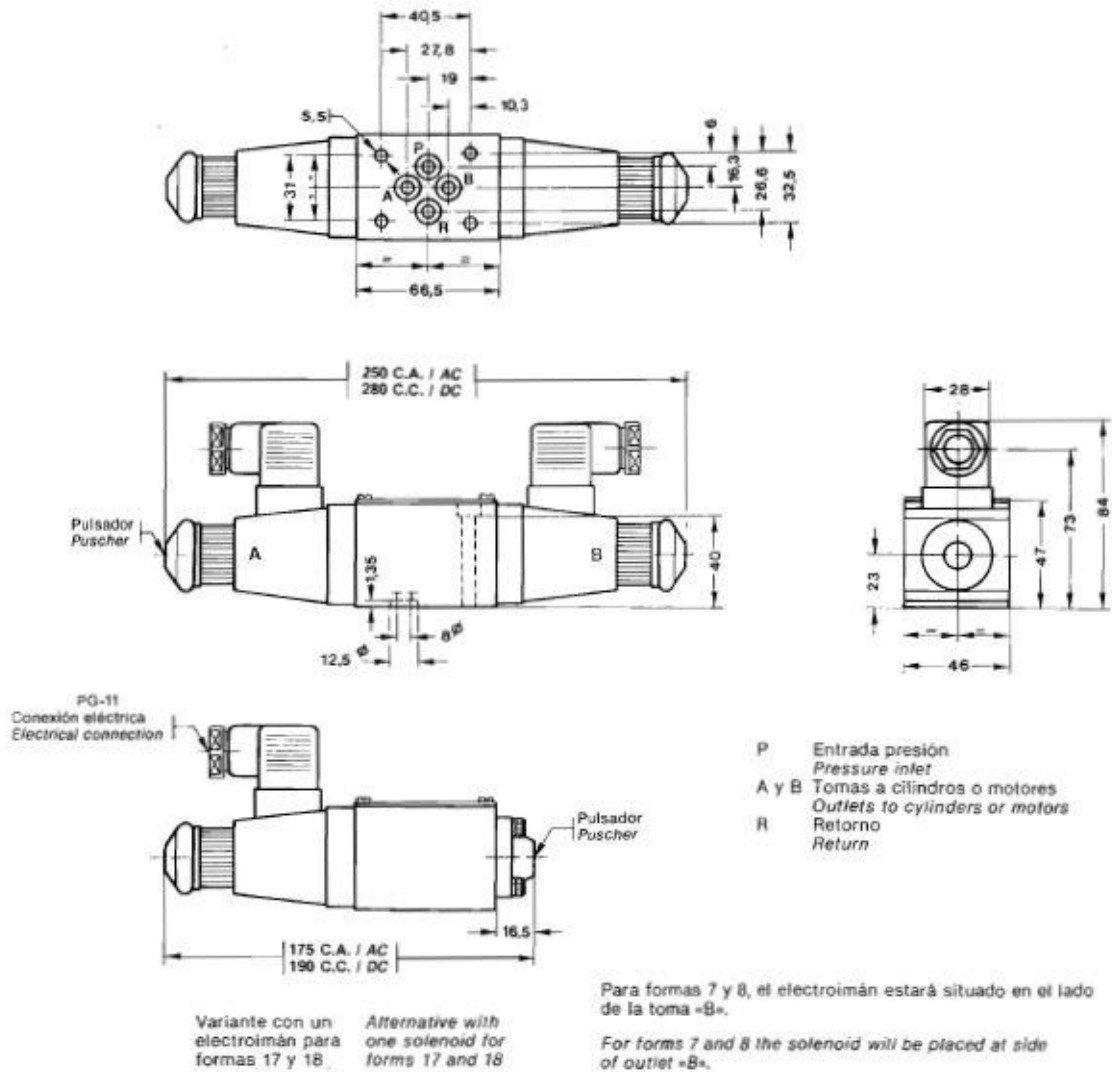
El conjunto marca 4 está compuesto por:  
 1 - Cuerpo bomba  
 2 - Cojinetes  
 1 - Rueda dentada motriz  
 1 - Rueda dentada conducida

The set mark 4 consists of:  
 1 - Pump housing  
 2 - Bearings  
 1 - Driving gear  
 1 - Driven gear

Nun.	Denominación Description	Cantidad Quantity
1	Tornillos Screws DIN 912	4
2	Arandelas Washer DIN 6797	4
3	Tapa posterior Back cover	1
4	Juntas de compensación Gasket	2
5	Conjunto cuerpo bomba Pump housing sub-assembly	1
6	Juntas de tope Gasket	2
7	Tapa y soporte bomba Flange	1
8	Chaveta Key	1
9	Junta guía retén Guide gasket	1
10	Anillo elástico Circlip	1
11	Retén aceite Oil seal	1
12	Tuerca eje bomba Shaft nut	1

El conjunto de juntas de recambio está compuesto por los números 4-6-11  
 The spare seals kit is composed of parts N.º.4-6-11.





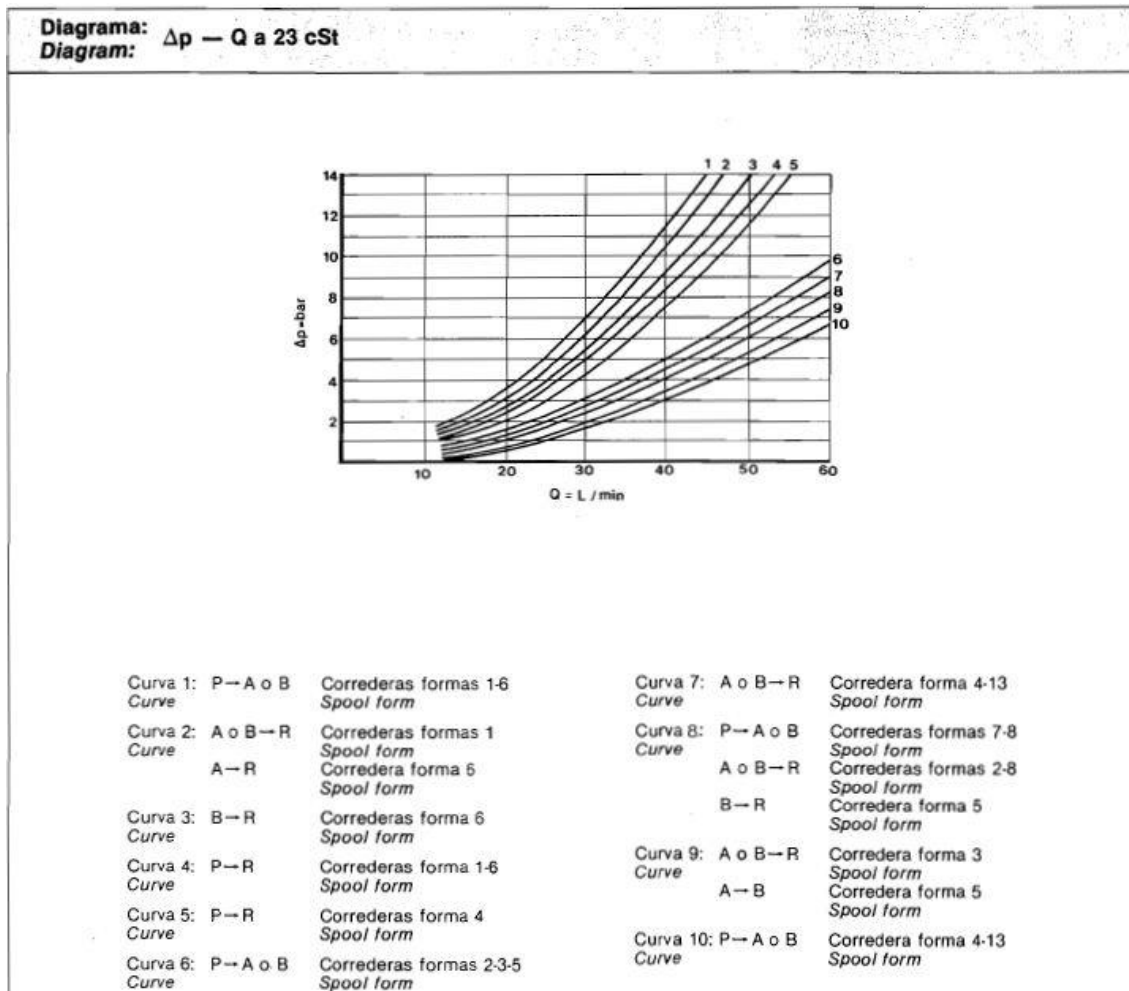
Variante con un electroimán para formas 17 y 18  
 Alternative with one solenoid for forms 17 and 18

Referencia Reference	Forma de la corredera Spool form	Símbolo Symbol	Circulación del aceite Oil circulation					
			Solenoid a conectado Solenoid a switched on		Posición central Central position		Solenoid b conectado Solenoid b switched on	
4EVP3D1CO2*	1		P(1)A	B(1)R	A y B(2)	P(1)R	P(1)B	A(1)R
4EVP3D2CO2*	2		P(1)B	A(1)R	A,B,P y R(2)	P(2)	P(1)A	B(1)R
4EVP3D3CO2*	3							
4EVP3D4CO2*	4							
4EVP3D5CO2*	5							
4EVP3D6CO2*	6							
4EVP3D13CO2*	13		P(1)A	B(1)R	A(2)	B y P(1)R	P(1)B	A(1)R
4EVP2D2CO2*	2		P(1)B	A(1)R	P(1)A y B	R(2)	P(1)A	B(1)R
			Solenoid conectado Solenoid switched on			Solenoid desconectado Solenoid switched off		
4EVP1D7BO2*	7		P(1)A	B y R(2)	P(1)B	A y R(2)		
4EVP1D8CO2*	8		P(1)A	B(1)R	P(1)B	A(1)R		
4EVP1D17BO2*	17		P(1)B	A y R(2)	P(1)A	B y R(2)		
4EVP1D18CO2*	18		P(1)B	A(1)R	P(1)A	B(1)R		

(1) Comunica / Connet. (2) Cerrado / closed.

\*Tipo de corriente del electroimán:  
 C para corriente continua, indicando a continuación la tensión deseada.  
 R para corriente alterna, indicando a continuación la tensión y frecuencia deseadas.

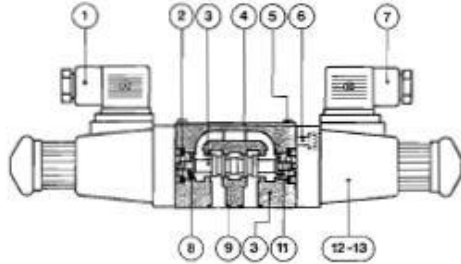
\*Solenoid current type:  
 C for D.C. current, indicating after it voltage required.  
 R of A.C. current, indicating after it voltage and frequency required.



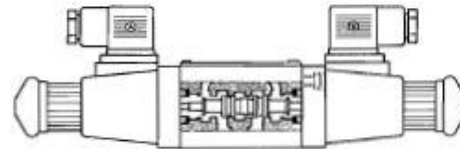
LIMITES DE FUNCIONAMIENTO OPERATING LIMITS			
bar	100	150	250
FORMAS DE CORREDERAS SPOOL FORMS	CAUDAL FLOW RATE L/min.		
1-6	35		30
2		60	
3	50		30
4-13		60	
5	60		50
7-17	40		15
8-18		50	

Ejemplo para pedido de recambios - Exemple to order spare parts			
Cantidad Quantity	Denominación Description	Nº de la pieza Part number	Referencia según la placa Reference according serial number plate
2	Muelle recuperación corredera Spool return spring	11	Para válvula For valve 4EVP3D2C02R220-50

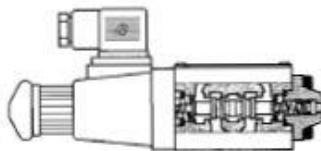
Accionamiento  
Positioning device 3



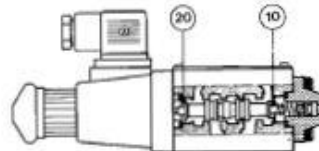
Accionamiento  
Positioning device 2



Accionamiento  
Positioning device 12



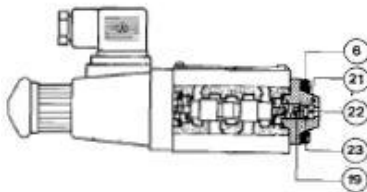
Accionamiento  
Positioning device 14



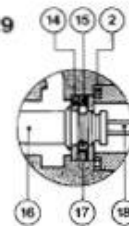
Accionamiento  
Positioning device 13



Accionamiento  
Positioning device 1



Accionamiento  
Positioning device 29



Núm.	Denominación Description	Cant. Quant.
1	Enchufe electroimán lado «A» Solenoid connector	1
2	Junta tórica O Ring Ø16x2	2
3	Conj. cuerpo y corredera Body and spool	1
4	Placa referencias Cover	1
5	Tornillos Screws DIN-84	4
6	Tornillos Screws M4x14	8
7	Enchufe electroimán lado «B» Solenoid connector	1
8	Platillo centraje corredera Spool centring part	2

Núm.	Denominación Description	Cant. Quant.
9	Juntas tóricas O Rings Ø9,25x17,7	4
10	Suplemento muelle Spring guide	1
11	Muelle recup. corredera Spool return spring	1-2
12	Conj. electroimán completo Solenoid complete set	1-2
13	Bobina Coil	1-2
14	Anclajes Acc. 29 Detent	1
15	Muelle circular Spring	4
16	Conj. cuerpo y corredera Body and spool	1

Núm.	Denominación Description	Cant. Quant.
17	Bolas Ball Ø2	4
18	Aguja acondicionamiento Spring stop ring	
19	Muelle recup. corredera Spool return spring	1
20	Arandela centraje Spool centring part	1
21	Tapa posterior Back cover	1
22	Botón pulsador Pushing knob	1
23	Junta tórica O Ring Ø4,2x1,9	1

Accesorios Requieren pedido por separado Accessories That need separate orders	Placa base individual Sub-plate	RFE. 321001 - 321002	Según necesidades According requirement
	Tornillos para fijación Screws for fixing	4	Tornillos Screws DIN-912 M5x50

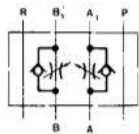
### 5.3.3. Estrangulador unidireccional.

#### Estrangulador doble con válvula retención - Double throttle valve with check valve

DÁTOS TÉCNICOS HIDRAULICOS - HYDRAULIC TECHNICAL DATA	
Presión máxima de trabajo <i>Max. working pressure</i>	250 bar
Caudal nominal <i>Nominal flow rate</i>	20 L/min
Gama de viscosidades <i>Viscosity range</i>	1.5°E...8°E
Gama de temperaturas <i>Temperatura range</i>	-20°C... + 80°C
Peso aproximado <i>Approx. weight</i>	0,85 kg

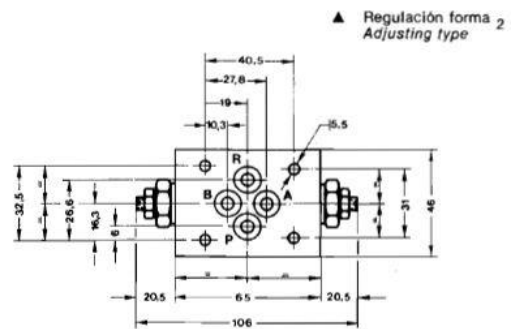


Serie - Type 2EGD

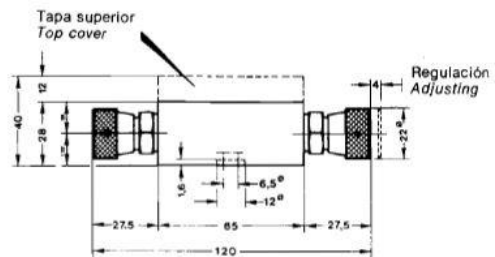


- P Entrada de presión  
*Pressure inlet port*
- A y B Tomas a cilindros o motores  
*Outlet ports to cylinders or motors*
- R Retorno a depósito  
*Return to tank*

RFE: 2EGD02P2

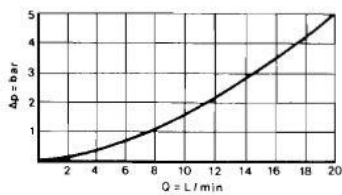


RFE: 2EGD02P1

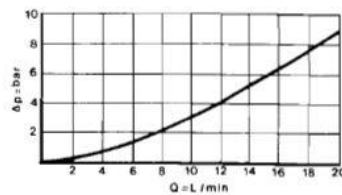


Diagramas:  $\Delta p$ -Q a 23 cSt.  
 Diagrams:

Sentido A<sub>1</sub>-A, B<sub>1</sub>-B con el estrangulador cerrado.  
 Sense A<sub>1</sub>-A, B<sub>1</sub>-B with closed throttle valve.

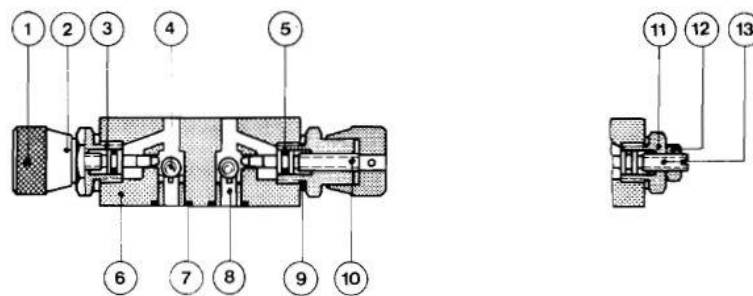


Sentido A-A<sub>1</sub> B-B<sub>1</sub> con el estrangulador abierto al máximo.  
 Sense A-A<sub>1</sub> B-B<sub>1</sub> with throttle valve max. opened.





Ejemplo para pedido de recambios - Example to order spare parts			
Cantidad Quantity	Denominación Description	Nº de la pieza Part number	Referencia según la placa Reference according serial number plate
2	Volante regulación Adjusting knob	2	Para válvula For valve 2EGD02P2

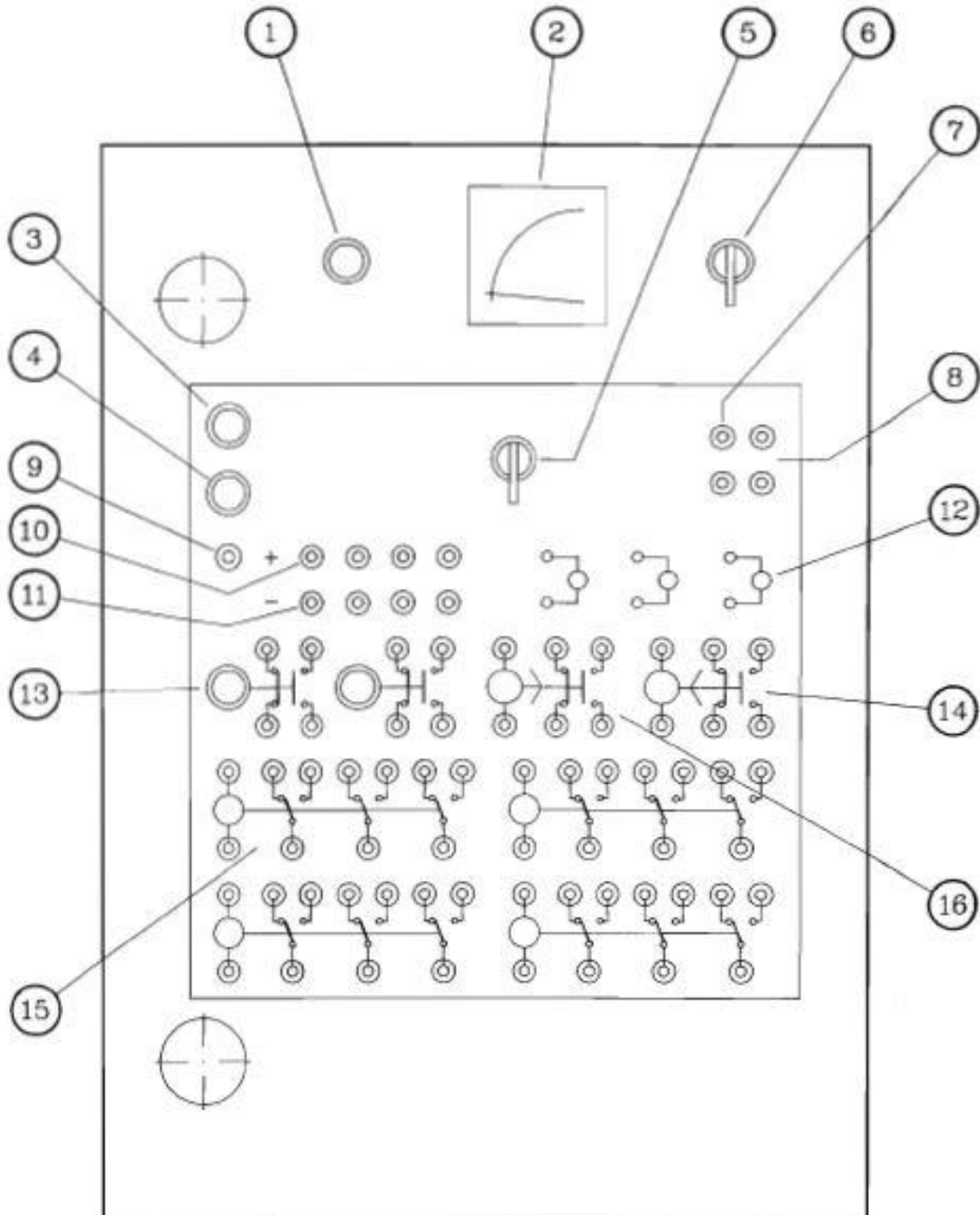


Núm.	Denominación Description	Cant. Quant.	Núm.	Denominación Description	Cant. Quant.
1	Pasador elástico Elastic pin DIN-1481 Ø2 x 20	2	8	Pasador elástico tope bola Ball stop elastic pin	2
2	Volante regulación Adjusting knob	2	9	Juntas metal-buna Metal bonded gasket	2
3	Tapón guía tornillo estrangulador Plugs and screw guides	2	10	Tornillo estrangulador Adjusting screw	2
4	Bolas Balls Ø6,5	2	11	Tapón guía tornillo estrangulador Plug and screw guides	2
5	Juntas tóricas O ring Ø3,4 x 1,9	2	12	Contratuercas Nut	2
6	Cuerpo válvula Valve body	1	13	Tornillo estrangulador Adjusting screw	2
7	Juntas tóricas O Ring Ø8 x 12x2	4			

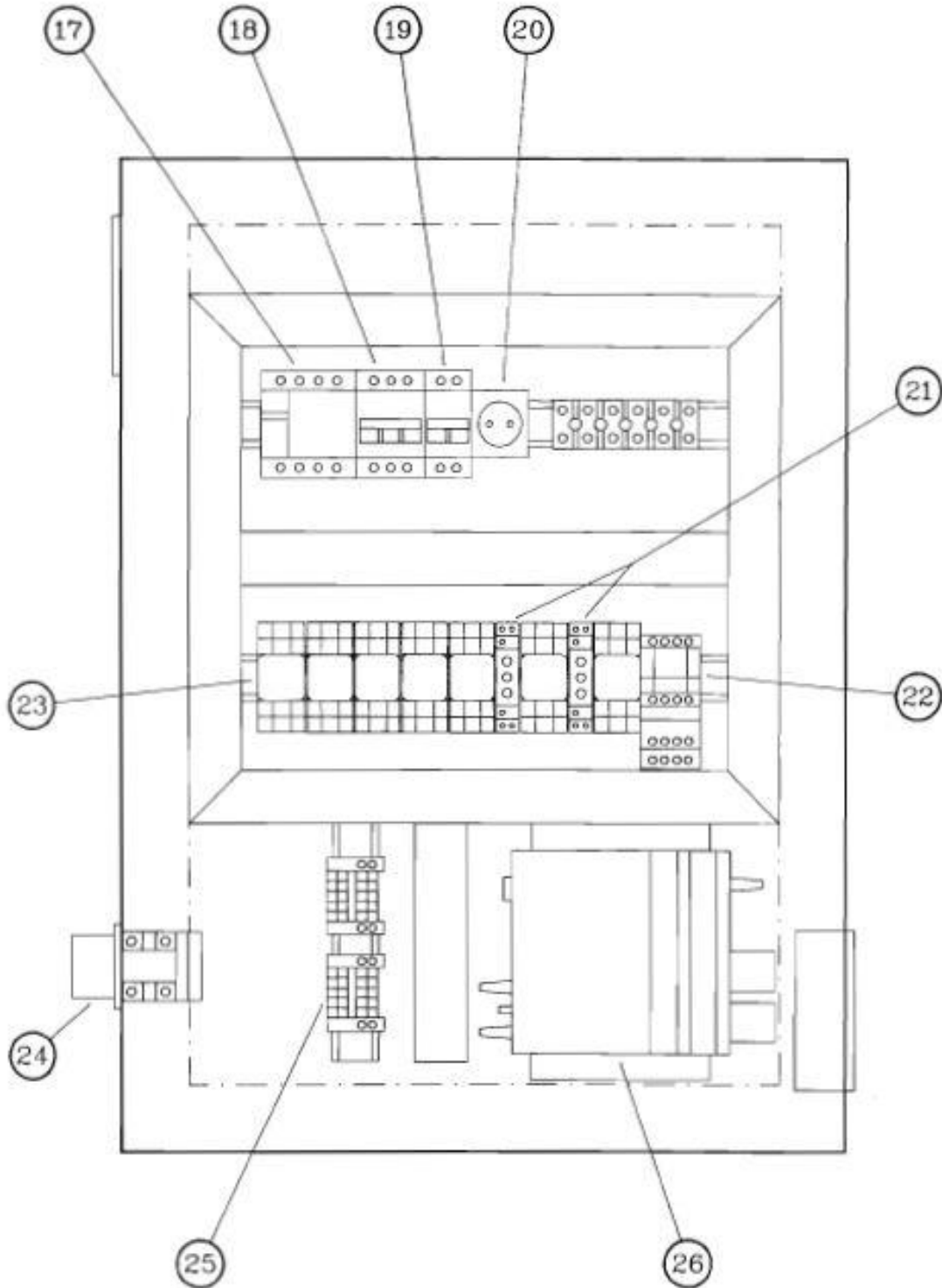
Accesorios Requieren pedido por separado	Accesorios That need separate orders
Placa base individual Sub-plate	RFE. 321001 - 321002 Según necesidades According requirements
Tapa superior Top cover	RFE. 321013
Juntas tóricas para montaje individual O Ring for simple mounting	2 Juntas tóricas O Ring Ø 17 x 2
Tornillos para fijación Screws for fixing	4 Tornillos Screws M5 x 45 DIN-912
Arandelas Washers	4 Arandelas Washers Ø5 DIN-7980



### 5.3.4. Cuadro eléctrico.









#### **Elementos de maniobra:**

- 9 - Piloto de presencia de tensión de mando a 24 V.
- 10 - Cuatro tomas de positivo de tensión de mando.
- 11 - Cuatro tomas de negativo de tensión de mando.
- 12 - Tres interruptores de balanza biestables.
- 13 - Pulsadores P1 y P2 de impulsión con un contacto abierto y uno cerrado.
- 14 - Relé temporizado a la conexión RT1 con un contacto abierto y uno cerrado.
- 15 - Relé temporizado a la desconexión RT2 con un contacto abierto y uno cerrado.
- 16 - Cuatro relés auxiliares undecales RA, RB, RC y RD, cada uno de ellos con tres contactos conmutados independientes.

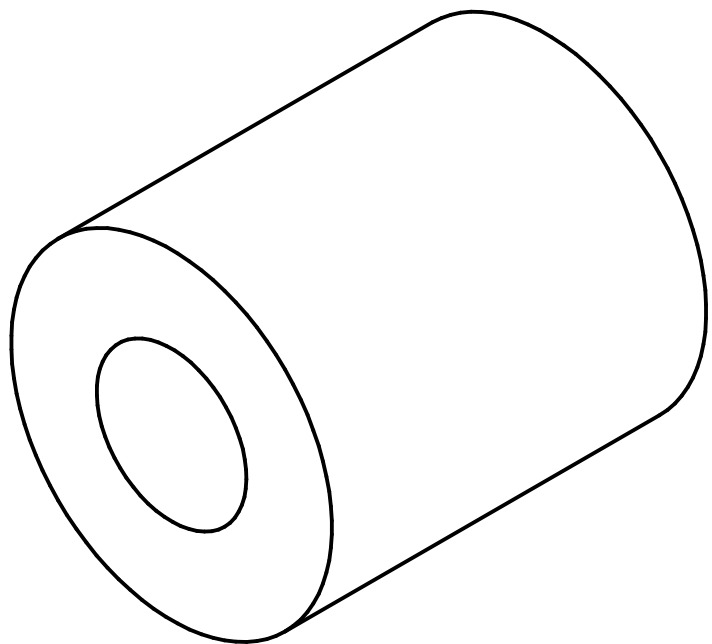
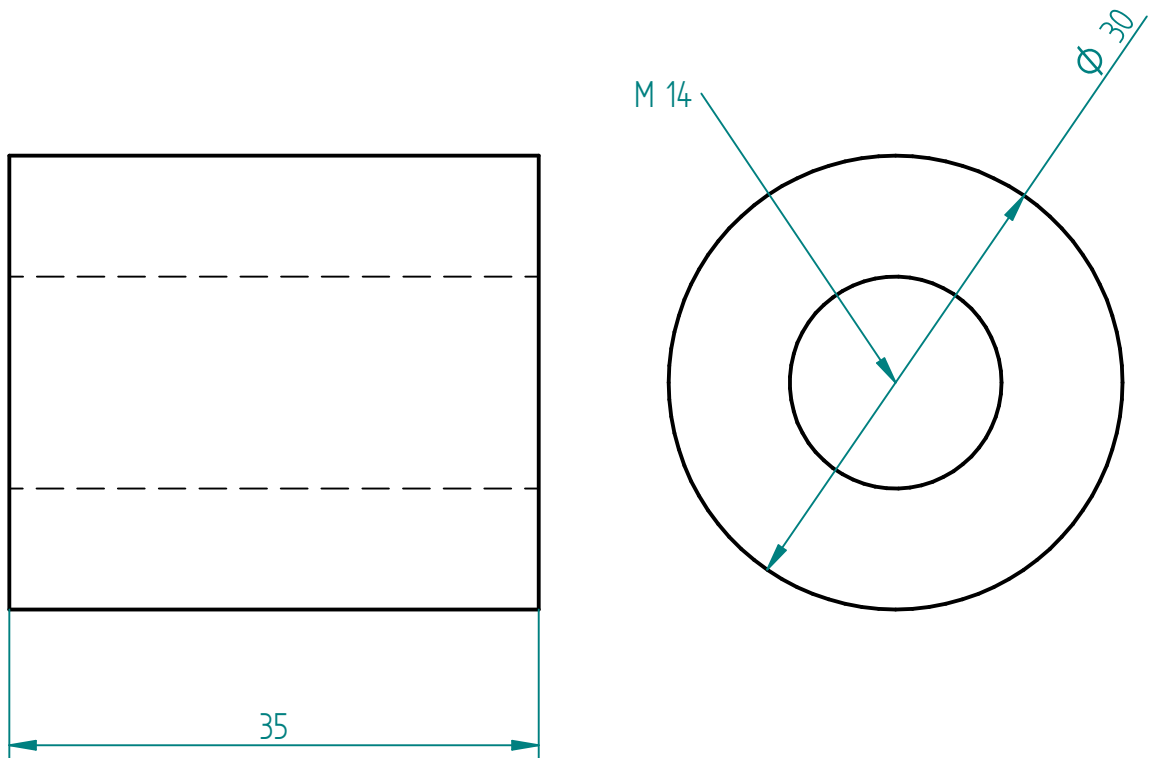
Los elementos visibles en el interior del cuadro son los siguientes (véase fig. 3):

- 17 - Relé diferencial.
- 18 - Interruptor magnetotérmico trifásico para la protección del motor.
- 19 - Interruptor magnetotérmico bifásico para la protección del circuito de mando.
- 20 - Toma de corriente para la fuente de alimentación.
- 21 - Relés temporizados RT1 y RT2 con sus relés auxiliares.
- 22 - Contactor de motor con relé térmico.
- 23 - Relés auxiliares RA, RB, RC y RD.
- 24 - Desconectador general.
- 25 - Bornas de conexión.
- 26 - Fuente de alimentación cortocircuitable.

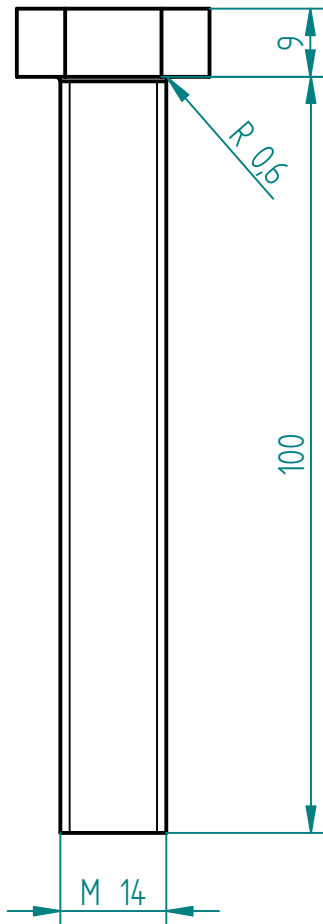
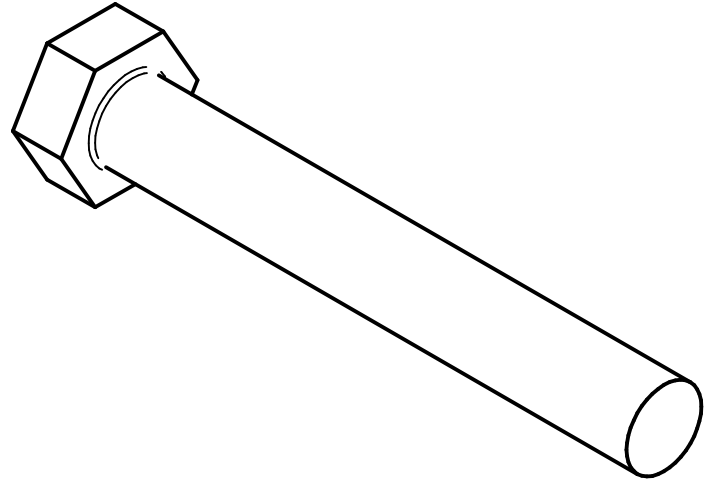
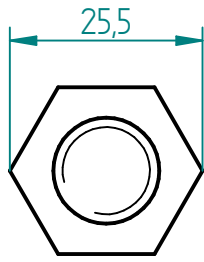




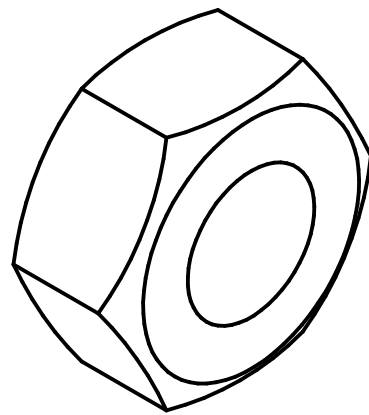
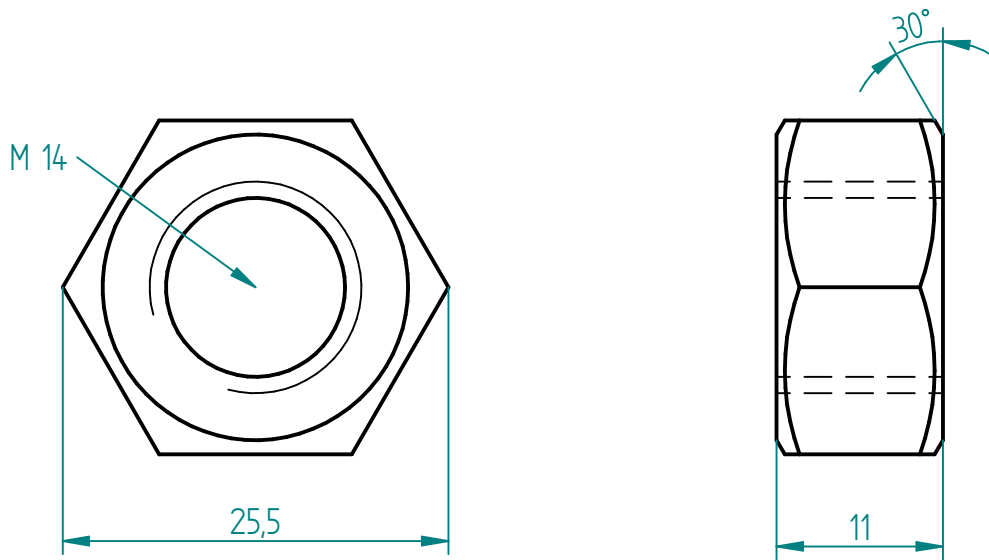
# PLANOS



T.F.G.	DISEÑO DE BANCO HIDRÁULICO PARA USO EN LABORATORIO	ESCALA
AUTOR	ÁLVARO GIL RODRÍGUEZ	2 : 1
GRADO	INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	FECHA
EMPRESA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	10/07/2015
PIEZA	TACO DE ADAPTACIÓN	PLANO 5/6



T.F.G.	DISEÑO DE BANCO HIDRÁULICO PARA USO EN LABORATORIO	ESCALA
AUTOR	ÁLVARO GIL RODRÍGUEZ	1 : 1
GRADO	INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	FECHA
EMPRESA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	10/07/2015
PIEZA	TORNILLO DIN 933 M14x100	PLANO 2/6



T.F.G.	DISEÑO DE BANCO HIDRÁULICO PARA USO EN LABORATORIO	ESCALA
AUTOR	ÁLVARO GIL RODRÍGUEZ	2 : 1
GRADO	INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	FECHA
EMPRESA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	10/07/2015
PIEZA	TUERCA DIN 934 M14	PLANO 3/6