

## **1. INTRODUCCIÓN.**

Actualmente ASMAR VALPARAÍSO es una empresa consolidada que ofrece servicios a empresas nacionales e internacionales, las cuales generan gran demanda de reparaciones y mantenciones de elementos hidráulicos.

La Armada de Chile, su principal cliente, tiene una vasta flota de buques que contienen una gran cantidad de elementos hidráulicos que cumplen funciones importantes. Dichos buques realizan viajes de larga duración y por lo mismo se debe tener plena seguridad y confianza de que los componentes hidráulicos se encuentran en óptimas condiciones de funcionamiento al momento de zarpar.

Para poder garantizar el buen funcionamiento de dichos elementos se debe solicitar a una empresa externa, especialista en pruebas hidráulicas sus servicios, generando pérdidas económicas y de tiempo.

Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo de titulación es diseñar un banco de pruebas de elementos hidráulicos que garantice el buen funcionamiento de motores, bombas y cilindros hidráulicos.

## **2. ANTECEDENTES GENERALES.**

Un sistema hidráulico permite distribuir y utilizar la energía contenida en un líquido, que se expresa por una alta presión y un caudal adecuado (normalmente pequeño), actuando sobre dispositivos apropiados, que convierten la energía hidráulica en mecánica.

### **2.1. Características de los sistemas hidráulicos:**

Un sistema hidráulico:

- Es capaz de transmitir potencia con eficiencia y seguridad dentro de su radio de trabajo.
- Admite variaciones en la velocidad y en la potencia, modificando las revoluciones y la presión de trabajo.
- Los circuitos hidráulicos, al utilizar agua y aceite como fluido transmisor, se mantienen lubricados, reduciendo el desgaste.
- Incluye elementos de seguridad para la protección de sus componentes.
- Es posible accionar diversos actuadores simultáneamente.
- Está formado por elementos muy flexibles y que pueden adaptarse a cualquier geometría, gracias a la flexibilidad de los conductos que conducen el aceite hidráulico hasta los actuadores.
- Sistema no muy limpio, debido a la posibilidad de fuga del fluido hidráulico.
- La alta presión de trabajo exige labores de mantenimiento preventivos.

## 2.2. Elementos de un circuito hidráulico.

Existen diversos elementos hidráulicos que son importantes conocer para lograr un desarrollo adecuado de este trabajo de investigación, como son:

### 2.2.1. Bombas Hidráulicas.

Las bombas hidráulicas son dispositivos que transforman la energía mecánica en energía hidráulica.

Generalidades de Prueba realizada a bombas hidráulicas:

Al llegar la bomba hidráulica que se pondrá a prueba a ASMAR, se debe instalar en la estructura de seguridad, para luego llevar a cabo las conexiones pertinentes. No menos importante es revisar que al momento de hacer la prueba, se haga con el fluido correspondiente.

Se debe calentar el fluido alcanzando la temperatura a la cual comúnmente trabaja la bomba; lo que dependerá de donde navegue el buque. Una vez alcanzada dicha temperatura se debe operar la bomba hasta que alcance las condiciones extremas de trabajo, es decir, hasta que alcance el máximo caudal y la máxima presión; para compararlos con la información entregada por los fabricantes y así saber en qué situación se encuentra la bomba puesta a prueba.

Para lograr el caudal máximo de la bomba, se debe probar a su velocidad nominal (información del fabricante) con la válvula de descarga totalmente abierta, y luego tomar las lecturas del caudal de salida, caudal de drenaje, potencia de entrada y potencia hidráulica; con el propósito de saber si el caudal de salida y drenaje corresponde con el caudal máximo indicado por el fabricante, y por medio de las potencias saber el rendimiento global.

Para lograr la presión máxima de la bomba, se debe regular la válvula de seguridad a la presión máxima señalada por el fabricante, luego se debe cerrar totalmente la válvula de descarga y comenzar la prueba. Una vez alcanzadas las condiciones de trabajo se deben tomar las lecturas de caudal de salida y drenaje, presión de descarga y admisión; y la potencia hidráulica y de entrada. Dichos datos se ocuparán para comparar las presiones alcanzadas con las presiones entregadas por el fabricante, y por medio de las potencias saber el rendimiento global de la bomba al momento de trabajar bajo las condiciones ya nombradas.

### 2.2.2. Motores Hidráulicos.

Un motor hidráulico es un actuador mecánico que convierte presión hidráulica y flujo en un par de torsión y un desplazamiento angular, es decir, en una rotación o giro.

Clasificación de motores hidráulicos:

- Motores de Engranajes: Son de tamaño reducido, pueden girar en los dos sentidos, se obtiene un par de torsión pequeño, son ruidosos y pueden trabajar a altas velocidades; se debe tener en cuenta que su rendimiento disminuye a bajas velocidades.
- Motores de Paletas: Tienen la misma estructura que las bombas de paletas, pero el movimiento radial de las paletas debe ser forzado, mientras que en las bombas se debe a la fuerza centrífuga.
- Motores hidráulicos orbitales: Los motores orbitales son conocidos por su gran fiabilidad, durabilidad extrema y alta eficiencia en cualquier condición, ofreciendo un rendimiento óptimo. Son de poca velocidad y de alto esfuerzo de torsión, con eficacia alta y larga vida. Pueden ser conectado directamente con máquina de trabajo, adaptados a muchos tipos de instalaciones de poca velocidad y de gran esfuerzo.

- Motores de Pistones: Son los más empleados de todos ya que consiguen las mayores potencias trabajando a altas presiones. En función de la posición de los pistones con respecto al eje podemos encontrar:
  - Motores de pistones axiales: Los pistones van dispuestos en la dirección del eje del motor. El líquido entra por la base del pistón y lo obliga desplazarse hacia fuera. Como la cabeza del pistón tiene forma de rodillo y apoya sobre una superficie inclinada, la fuerza que ejerce sobre ella se descompone según la dirección normal y según la dirección tangencial a la superficie. Este último componente la obligará a girar, y con ella solidariamente, el eje sobre la que va montada. Variando la inclinación de la placa o la báscula entre el eje de entrada y salida se puede variar la cilindrada y con ella el par de torsión y la potencia.
  - Motores de pistones radiales: Los pistones van dispuestos perpendicularmente al eje del motor. El principio de funcionamiento es análogo al de los axiales pero aquí el par torsor se consigue debido a la excentricidad, que hace que la componente transversal de la fuerza que el pistón ejerce sobre la carcasa sea distinta en dos posiciones diametralmente opuestas, dando lugar a una resultante no nula que origina el par de giro.

Generalidades de Pruebas realizada a motores hidráulicos:

Al llegar el motor hidráulico que se pondrá a prueba, se debe instalar en la estructura de seguridad, para luego llevar a cabo las conexiones pertinentes. Es importante revisar que al momento de hacer la prueba, se haga con el fluido correspondiente.

Se debe calentar el fluido alcanzando la temperatura a la cual comúnmente trabaja el motor; lo que dependerá de donde navegue el buque. Una vez alcanzada dicha temperatura se debe operar el motor hasta que alcance las condiciones que exija la prueba que se está aplicando.

A los motores hidráulicos se les aplicará dos pruebas para saber las condiciones en que se encuentran; dichas pruebas son:

- En vacío; consiste en operar el motor hidráulico, sin aplicarle carga, desde la mínima a la máxima velocidad. Para esta prueba se debe regular el caudal de admisión del motor hidráulico al máximo, por medio de la bomba; y además la presión debe ser la máxima, regulándose por medio de la válvula de descarga de la bomba. Una vez que el motor se encuentre trabajando bajo las condiciones ya nombradas, se debe tomar registro de las presiones y caudales de entrada y salida; y de la velocidad de giro del motor hidráulico, para luego comparar los datos obtenidos mediante la prueba, con los entregados por el fabricante.
- Con carga; consiste en mantener una velocidad de giro constante en el motor hidráulico a medida que se va aumentando la carga en éste. Para lograr que la velocidad sea constante se debe regular la presión de admisión, por medio de la válvula de descarga de la bomba (abriendo o cerrando la válvula según las exigencias de la prueba). Luego se debe tomar registro de las presiones de entrada y salida del motor, además del caudal y la velocidad de giro que deben ser constantes en el tiempo.

### 2.2.3. Cilindros hidráulicos.

Los cilindros hidráulicos son actuadores mecánicos que son usados para dar fuerza a través de un recorrido lineal. Esta fuerza es constante desde el inicio hasta la finalización de la carrera. La velocidad depende del caudal de fluido y de la superficie del pistón. Según la versión, el cilindro puede realizar fuerzas de tracción y/o compresión.

Los cilindros se pueden clasificar en dos grupos:

- De simple efecto; son aquellos que entregan su fuerza a tensión o a compresión según sea su aplicación y retroceden por fuerzas externas por resorte o por el propio peso del pistón. Dentro de este tipo de cilindros encontramos:
  - Cilindros de pistón sin vástago, sin pistón guía y con pistón guía. Ejemplos: Prensas y elevadores.
  - Cilindros con retroceso por resorte interno o externo. De trabajo a compresión y a tensión. Ejemplos: Herramientas de montaje y elementos de sujeción.
  - Cilindro de vástago con pistón. Ejemplos: Elevadores y montacargas.
  
- De doble efecto; son aquellos que entregan su fuerza a tensión y a compresión en ambos sentidos de su carrera. Dentro de este tipo de cilindros encontramos:
  - Cilindros diferenciales: Estos cilindros son los más comunes y se llaman así por la diferencia de áreas entre las dos cámaras, área del pistón y área anular (diferencia entre el área del vástago y área del pistón). Ejemplos: Máquinas de inyección de plástico y de metales, sopladoras y aplicaciones generales de tipo industrial.
  - Cilindros de doble vástago con diámetros de vástagos de igual diámetro. Ejemplo: Direcciones hidráulicas de algunos equipos (camiones o automóviles) y aplicaciones diversas de tipo industrial.
  - Cilindros de doble vástago, con diámetros de vástagos diferentes. Ejemplos: Aplicaciones diversas de tipo industrial (cilindros de construcción especial).
  - Cilindros telescópicos de doble efecto. Ejemplos: Elevación de torres perforadoras de petróleo, compactación de desperdicios en carros de recolección de basuras y en general aplicaciones donde se requiera desplazamientos de longitudes grandes pero cuando este retraído ocupe un espacio muy reducido.

- Cilindros Tándem; son como dos cilindros en uno trabajando en serie. Ejemplos: Maquinas inyectoras de plástico y sopladoras.

Generalidades de Prueba realizada a cilindros hidráulicos:

Al llegar el cilindro hidráulico que se pondrá a prueba, se debe instalar en la estructura de seguridad, para luego llevar a cabo las conexiones pertinentes. Relevante es revisar que al momento de hacer la prueba, se haga con el fluido correspondiente.

Una vez instalado el cilindro se comienza la prueba en la que se debe llenar el elemento ensayado, quedando gran parte del vástago afuera del cilindro. A medida que se llena aumenta la presión, hasta alcanzar la máxima, que es medida por un manómetro.

Una vez alcanzada dicha presión se procede a observar si existe goteo que indique filtración de fluido hidráulico; lo ideal es que no ocurra goteo, pero debido al uso del cilindro es que las piezas se desgastan ocurriendo filtración. Es importante destacar que la filtración mediante goteo del fluido hidráulico esta normalizado, con los cual se sabe si el cilindro hidráulico está en condiciones optimas para ejercer su función.

#### 2.2.4. Fluidos hidráulicos.

El fluido hidráulico es un líquido que tiene como principal misión transmitir la potencia hidráulica producida por la bomba a uno o varios elementos receptores.

Funciones principales de los fluidos hidráulicos:

- Transmitir potencia: Para cumplir esta función deberá fluir fácilmente a través de los conductos internos de los componentes. Una resistencia excesiva a su circulación produciría considerables pérdidas de carga y por consiguiente, un incremento en la potencia necesaria para el funcionamiento del equipo.
- Lubricar las partes en movimiento: Lubricación es la capacidad del fluido de formar una película sobre las superficies, y hacer que esta película facilite el

desplazamiento de estas partes sobre otras, evitando en lo posible el contacto directo entre ellas.

- Disipar calor: El fluido debe ser capaz de absorber el calor generado en determinados puntos del sistema para luego liberarlo al ambiente a través del depósito, manteniendo estable la temperatura del conjunto durante el normal funcionamiento del equipo.
- Sellar los espacios libres entre elementos: El fluido hidráulico debe tener la capacidad ubicarse entre los espacios existentes dentro del sistema hidráulico, cumpliendo así la función de sello.

Existe una gran gama de fluidos hidráulicos tales como:

- Fluidos hidráulicos ininflamables: Hay tres tipos básicos de fluidos ininflamables:
  - Agua-glicol: Presentan buenas características antidesgaste, mientras se eviten velocidades y cargas elevadas. La densidad es superior a la del aceite, lo que puede originar un vacío mayor en la entrada de las bombas.
  - Emulsiones agua-aceite: Son los fluidos ininflamables más económicos. Además del agua y del aceite, estas emulsiones contienen emulsificadores, estabilizadores y otros aditivos para evitar que ambos líquidos se separen.
  - Fluidos sintéticos: Como los productos sintéticos no contienen agua u otros materiales volátiles, funcionan bien a altas temperaturas sin pérdida de ningún elemento esencial. También son adecuados para sistemas de alta presión. Los fluidos sintéticos resistentes al fuego no funcionan bien en sistemas a baja temperatura, es por lo mismo que puede ser necesario precalentar en ambientes fríos.
- Aceites hidráulicos minerales:

Los aceites minerales tienen la habilidad de transmitir presión bajo un rango amplio de temperatura. Además, tienen la gran ventaja que pueden lubricar

las partes móviles del circuito hidráulico y protegerlas contra la corrosión. Sin embargo, los aceites minerales puros no pueden llevar a cabo adecuadamente todas las funciones requeridas en un fluido hidráulico, por lo mismo, la mayoría de éstos contienen aditivos apropiados para reforzar sus propiedades.

Este tipo de fluidos se clasifican en:

- Aceites minerales sin aditivos (HH): Estos son productos de costo relativamente bajo que pueden ser usados en sistemas no críticos.
- Aceites minerales que contienen antioxidantes (HL): Estos aceites tienen una vida útil más larga y dan mayor protección antioxidante que el aceite HH. Estos pueden ser usados en sistemas que no requieren un desempeño antidesgaste.
- Aceites minerales semejantes a los HL, pero además contienen aditivos antidesgaste (HM): Se utilizan cuando se requiere una vida útil más larga y protección antidesgaste. La mayoría de los sistemas industriales inmóviles utilizan estos tipos de aceite.
- Aceites minerales con alto índice de viscosidad (HV): Estos aceites se utilizan en casos de temperaturas extremas o en casos en que es esencial que la viscosidad del aceite cambie lo menos posible.

Las propiedades requeridas por los fluidos hidráulicos son las siguientes:

- Compresibilidad: Es la medida de reducción de su volumen cuando se aplica presión sobre éste. Un fluido hidráulico debe tener una compresibilidad baja de tal manera que haga presión, y por tanto la fuerza, sea transmitida instantánea y eficientemente.
- Antiespuma y liberación de aire: Un aceite mineral puede comprimirse más a medida que burbujas de aire quedan atrapadas en él, debido a posibles fugas en el sistema hidráulico. El aire atrapado afecta el volumen del fluido, causando

movimiento lento e irregular. Esto a su vez puede causar sobrecalentamiento por la compresión de las burbujas de aire.

- Viscosidad: La propiedad más importante de un fluido hidráulico, en cuanto a la lubricación del sistema, es su viscosidad. El aceite debe ser suficientemente viscoso para lubricar eficientemente las partes del sistema. También debe ser suficientemente espeso para mantener un sello efectivo y disminuir escapes en las bombas, las válvulas y los motores. Al mismo tiempo, la viscosidad no puede ser muy alta, al punto que la fricción del fluido impida que el aceite circule libremente alrededor del circuito. Además, los aceites espesos no son disipadores de calor tan efectivos como los aceites más ligeros.
- Índice de viscosidad: Es una medida referida al cambio de viscosidad respecto a la temperatura. Un aceite con alto índice de viscosidad muestra menos variación en la viscosidad con la temperatura que un aceite con un bajo índice de viscosidad. El índice de viscosidad de un aceite hidráulico debe ser suficientemente alto como para asegurar que éste funcione efectivamente en todo el rango de temperaturas de operación del sistema.

El aceite debe permanecer suficientemente viscoso para que actúe como un buen lubricante a las temperaturas de operación más altas, pero no debe volverse muy espeso a bajas temperaturas, debido a que puede dificultar el flujo y el arranque del sistema.

- Antidesgaste: La mayor parte de los aceites hidráulicos contienen en su fórmula aditivos antidesgaste para mejorar su capacidad de carga. Los aditivos funcionan gracias a que a elevadas temperaturas generadas por la fricción, estos reaccionan con el metal para formar una capa química. Esta capa puede romperse fácilmente lo cual disminuye la fricción y el desgaste.
- Demulsibilidad: Los aceites hidráulicos están frecuentemente contaminados con agua que tiende a entrar al sistema a través del depósito en estado de condensación. El agua puede promover la corrosión de las bombas, las válvulas y los puntos de apoyo; pudiendo afectar significativamente las propiedades de lubricación del aceite.

A las temperaturas de operación de muchos sistemas, alrededor de 60°C o menos, el agua no se evapora del aceite. Para separar el agua del aceite es que el fluido hidráulico debe tener buena demulsibilidad.

- Resistencia a la oxidación: La vida útil de un aceite hidráulico depende de su habilidad para resistir la oxidación, la cual causa el oscurecimiento y el espesamiento de los aceites minerales. Se pueden formar sedimentos que bloquean las válvulas y los filtros, mientras que los productos de desechos ácidos incrementan la corrosión. Las temperaturas y presiones altas encontradas en muchos sistemas hidráulicos incrementan la degradación del fluido, por lo que los aceites usados en tales sistemas incluyen normalmente aditivos antioxidantes para prevenir la oxidación y prolongar la vida útil.
- Anticorrosión: Los aceites hidráulicos de alto desempeño deberán contener anticorrosivos para combatir la corrosión causada por los efectos de contaminación por agua y por productos de la degradación del aceite.
- Estabilidad térmica: Muchos de los sistemas hidráulicos modernos están diseñados para trabajar a altas temperaturas. Los fluidos utilizados en tales sistemas deben ser suficientemente estables para resistir a la degradación, a la formación de sedimentos y a la corrosión de metales férricos y no férricos a estas altas temperaturas.

### 2.3 Principales elementos hidráulicos que repara ASMAR.

#### 2.3.1. Bombas hidráulicas:

- Bombas de engranajes simples y múltiples.
- Bombas de paletas simples y múltiples.
- Bombas de pistones circuito abierto simples y múltiples.
- Bombas de pistones circuito cerrado simples y múltiples.

#### 2.3.2 Motores hidráulicos:

- Motores de engranajes simples y múltiples.

- Motores de paletas simples y múltiples.
- Motores de pistones circuito abierto simples y múltiples.
- Motores de pistones circuito cerrado simples y múltiples.
- Motores orbitales.

### 2.3.3 Cilindros hidráulicos:

- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.

### 2.4 Capacidades del Banco de Pruebas Hidráulico.

Este banco de pruebas debe cumplir con las siguientes capacidades:

- Potencia máxima 111,85 kW (150 HP).
- Presión máxima 34473,78 kPa (5000 psig).
- Caudal máximo de 45,42m<sup>3</sup>/h (200 gpm).

### **3. ALTERNATIVAS DE DISEÑO.**

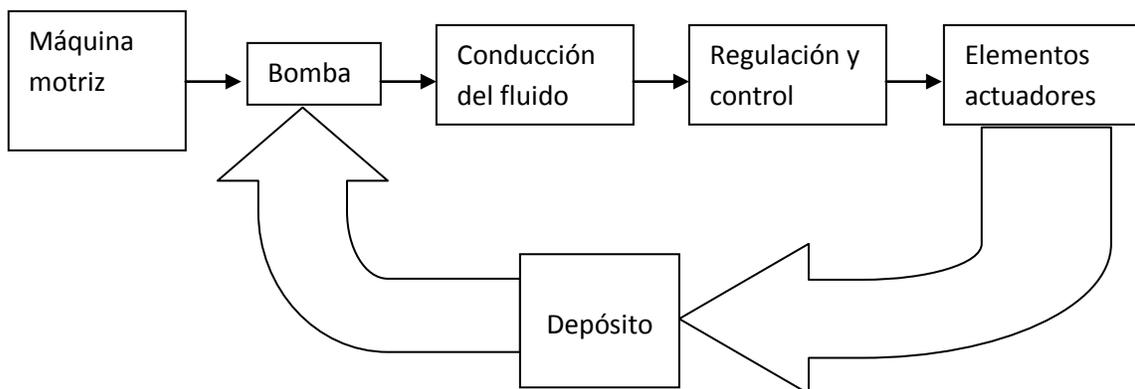
A continuación se describe el lugar físico en el que se instalará el laboratorio donde se realizarán las pruebas hidráulicas correspondientes.

#### **3.1. Características del lugar.**

El lugar donde se instalará el banco de pruebas cuenta con las siguientes particularidades:

- Área aproximada de 300 m<sup>2</sup>.
- Alimentación eléctrica.
- Alimentación de agua.
- Grúa puente con movimiento vertical y horizontal, ubicada en la parte superior del galpón, que se utiliza para desplazar elementos de gran envergadura.

#### **3.2. Esquema de una instalación hidráulica.**



Una fuente externa de energía acciona una bomba, ésta transforma la energía mecánica en energía hidráulica, representada por el caudal y la presión. El fluido hidráulico, por medio de ductos rígidos o flexibles, transporta la energía hasta un elemento accionador, donde se vuelve a transformar a energía mecánica para realizar un trabajo. Por medio de válvulas de regulación y control se regulan y operan los actuadores.

### 3.3. Máquina motriz.

Todos los sistemas hidráulicos necesitan una fuente externa de energía; ésta puede ser: motores eléctricos, motores de combustión interna o cualquier otro tipo de fuente de energía mecánica.

Para el diseño de este banco de pruebas las alternativas reales de fuente externa de energía son las siguientes:

- 3.3.1. Motores de combustión interna:

Es un tipo de máquina que transforma la energía química en energía mecánica.

- Ventajas:

- El uso de combustibles líquidos, de gran poder calorífico, lo que proporciona elevadas potencias y amplia autonomía.
- Amplio campo de potencias, desde 0,1 kW hasta más de 30 MW.

- Desventajas:

- Uso de un combustible peligroso.
- Necesidad de estanques con combustibles.
- Contaminación debido a los gases de escape, y la necesidad de evacuarlos.
- Son máquinas que emiten ruido.

- Necesidad de ventilación debido a las altas temperaturas alcanzadas.
- Mantenimiento complejo y caro.
- Necesita de una atención constante.
- Bajo rendimiento.

- 3.3.2. Motores eléctricos:

El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

- Ventajas:

- Son silenciosos, limpios y apenas vibran, por tener como medio de funcionamiento la electricidad.
- Este tipo de motor no emite contaminantes.
- Tienen un elevado rendimiento.
- Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.

- Desventajas:

- Debido a la dependencia de la energía eléctrica, tienen problemas de autonomía.

Los motores eléctricos de corriente alterna operan a velocidad constante y con valores que dependen de las características propias del motor. Para regular la velocidad de los motores se emplean en la actualidad variadores de frecuencia.

### 3.4. Bombas:

Este banco de pruebas debe cumplir con las siguientes capacidades: potencia máxima 111,85 kW (150 HP), presión máxima 34473,78 kPa (5000 psig), caudal máximo de 45,42m<sup>3</sup>/h (200 gpm).

Para cumplir con las condiciones ya nombradas; y según literatura y experiencia, las bombas que se analizan son de desplazamiento positivo tales como: bombas de engranaje, bombas de paleta, bombas rotatorias de pistones y bombas recíprocas.

La bomba de engranajes hidráulica es una bomba de volumen fijo, por lo que el flujo es controlado por la velocidad de rotación del eje de transmisión y por lo tanto requiere un motor de velocidad variable para variar el flujo. Esto puede ser una desventaja en comparación con las bombas de paletas y la bomba rotatoria de pistón, en las que la velocidad de accionamiento puede ser constante y el flujo puede ser controlado si se cambia la excentricidad del anillo de desgaste o las posiciones del pistón; es decir son de volumen variable.

Las bombas rotatorias de pistón tienen la gran ventaja de alcanzar altas presiones y tener un gran rendimiento, lo que es de vital importancia para el proyecto que se va a ejecutar.

Tanto las bombas de engranaje y las de paleta tienen la ventaja de alcanzar altos caudales en comparación a la bomba de pistón. Por lo demás las primeras nombradas tienen un costo económico más elevado.

### 3.5. Conducción del fluido.

Para conducir el fluido hidráulico se tiene dos alternativas: las tuberías y mangueras hidráulicas. Normalmente en un sistema hidráulico se ocupan ambas.

Ventajas de las mangueras por sobre las tuberías:

- En el caso de ensayar diferentes tipos de bombas, motores y cilindros hidráulicos es necesario que los elementos de transporte tengan “flexibilidad”, debido a los diferentes tamaños y formas de los elementos hidráulicos.

Ventajas de las tuberías por sobre las mangueras:

- Tienen un mayor rango de temperatura de operación.
- Son más económicas.

Para seleccionar las tuberías y mangueras hidráulicas, se utilizan los siguientes criterios: temperatura de trabajo, aplicación, material a transportar y la presión de trabajo (considerando la máxima presión).

### 3.6. Regulación y control.

En los circuitos hidráulicos existen una serie de elementos encargados de distribuir, regular y controlar el fluido que se inyecta hacia los elementos de consumo. Se conocen con el nombre de válvulas.

3.6.1. Según la función que lleven a cabo pueden ser de distintos tipos:

- **Válvula limitadora de presión:**  
Tiene como misión limitar la presión de trabajo a un valor máximo ajustable, protegiendo de esta manera a la instalación contra posibles accidentes provocados por una presión excesiva. Por este motivo, recibe también el nombre de válvula de seguridad o de alivio.
- **Válvula distribuidora:**  
Son válvulas que permiten el paso del líquido en una dirección determinada, controlando el funcionamiento de los elementos de trabajo de la instalación. Por lo mismo también son conocidas como válvula direccional. A continuación se nombran las más utilizadas:

- Válvula distribuidora 2/2 (dos vías/dos posiciones): Dirige el paso de la corriente de líquido, permitiendo o impidiendo su circulación; de manera que se utiliza para la apertura y cierre de circuitos hidráulicos.
  - Válvula distribuidora 3/2 (tres vías/dos posiciones): Permite que el líquido circule en una de las direcciones y al mismo tiempo obstruye el paso en la otra. Se utiliza para el mando de cilindros de simple efecto.
  - Válvula distribuidora 4/2 (cuatro vías/dos posiciones): Esta válvula controla el paso de la corriente líquida permitiendo que circule en ambas direcciones. De ahí que se utilice para dirigir el funcionamiento de cilindros hidráulicos de doble efecto: para sujetar, aflojar, adelantar y retroceder piezas.
  - Válvula distribuidora 4/3 (cuatro vías/tres posiciones): Similar a las válvulas 4/2, pero dispone de una posición intermedia, que le confiere una gama amplia de posibilidades de mando. Se utiliza para el accionamiento de motores hidráulicos y cilindros de doble efecto.
  - Válvula antirretorno: Tienen por objetivo cerrar por completo el paso de un fluido en circulación en un sentido y dejar paso libre en el contrario. También llamadas válvulas de retención, válvulas unidirecciónales o válvulas check.
- Válvulas reguladoras de presión.  
Disminuyen la presión de entrada del fluido hasta un valor ajustable correspondiente a la presión de salida, la cual será constante aunque la presión de entrada experimente variaciones. Para ello se debe cumplir que la presión de trabajo sea menor que la de la instalación y adecuada a las condiciones de trabajo.
  - Válvulas reguladoras de caudal.  
Tienen como misión controlar el caudal de alimentación con objeto de modificar la velocidad de los elementos de trabajo. Para conseguirlo, estas

válvulas estrangulan el orificio de paso, de manera proporcional a la velocidad deseada. Pueden ser:

- Válvulas reguladoras de caudal fijo: Posee un orificio estrecho de sección constante que da lugar a una variación de presión, lo que origina que parte del caudal de la bomba fluya a través de otro circuito y otra parte lo haga a través del estrechamiento, que actúa como una resistencia, en la que parte de la energía hidráulica se convierte en energía térmica.
- Válvulas reguladoras de caudal variable: De similar funcionamiento a la anterior, pero en este caso el fluido hidráulico a presión pasa a través de un estrechamiento cuya sección se puede regular por medio de un tornillo.
- Válvula reguladora de caudal de dos vías: en la entrada y/o salida de las válvulas reguladoras de caudal suelen producirse variaciones de presión, debido a la conexión y desconexión de elementos hidráulicos con diferentes cargas de trabajo. Estas válvulas mantienen constante el caudal, aunque varíen las presiones de entrada o salida.

### 3.7. Depósito del fluido hidráulico.

3.7.1. El depósito en un sistema hidráulico posee varias funciones, tales como:

- Almacenamiento del fluido.
- Enfriamiento del fluido hidráulico.
- Precipitación de impurezas.
- Separar el aire del fluido.
- Separar el agua del fluido.

### 3.7.2. Existen dos tipos de depósito hidráulico:

- Depósito presurizado: El estanque presurizado está completamente sellado, por lo que la presión atmosférica no afecta la presión del estanque; evitándose además que penetre la suciedad y la humedad

Son necesarias una válvula rompedora de vacío, que evita que se genere un vacío en el estanque y una válvula de alivio limita la presión máxima del estanque.

- Depósito atmosférico: El estanque atmosférico tiene un respiradero que lo conecta con el ambiente. El respiradero permite que el aire entre y salga libremente; y que la presión atmosférica afecte al estanque. El respiradero tiene una rejilla que impide que la suciedad entre al estanque.

#### **4. DISEÑO Y CÁLCULOS DEL BANCO DE PRUEBAS.**

En este capítulo se selecciona y calcula, de acuerdo a la información de los capítulos anteriores, los componentes que formarán parte del banco de pruebas, obteniendo el diseño de éste.

A continuación, por medio de un esquema hidráulico, se muestra el diseño del banco de pruebas con todos los elementos que lo componen.

4.1.1. Esquema Hidráulico del Banco de Pruebas

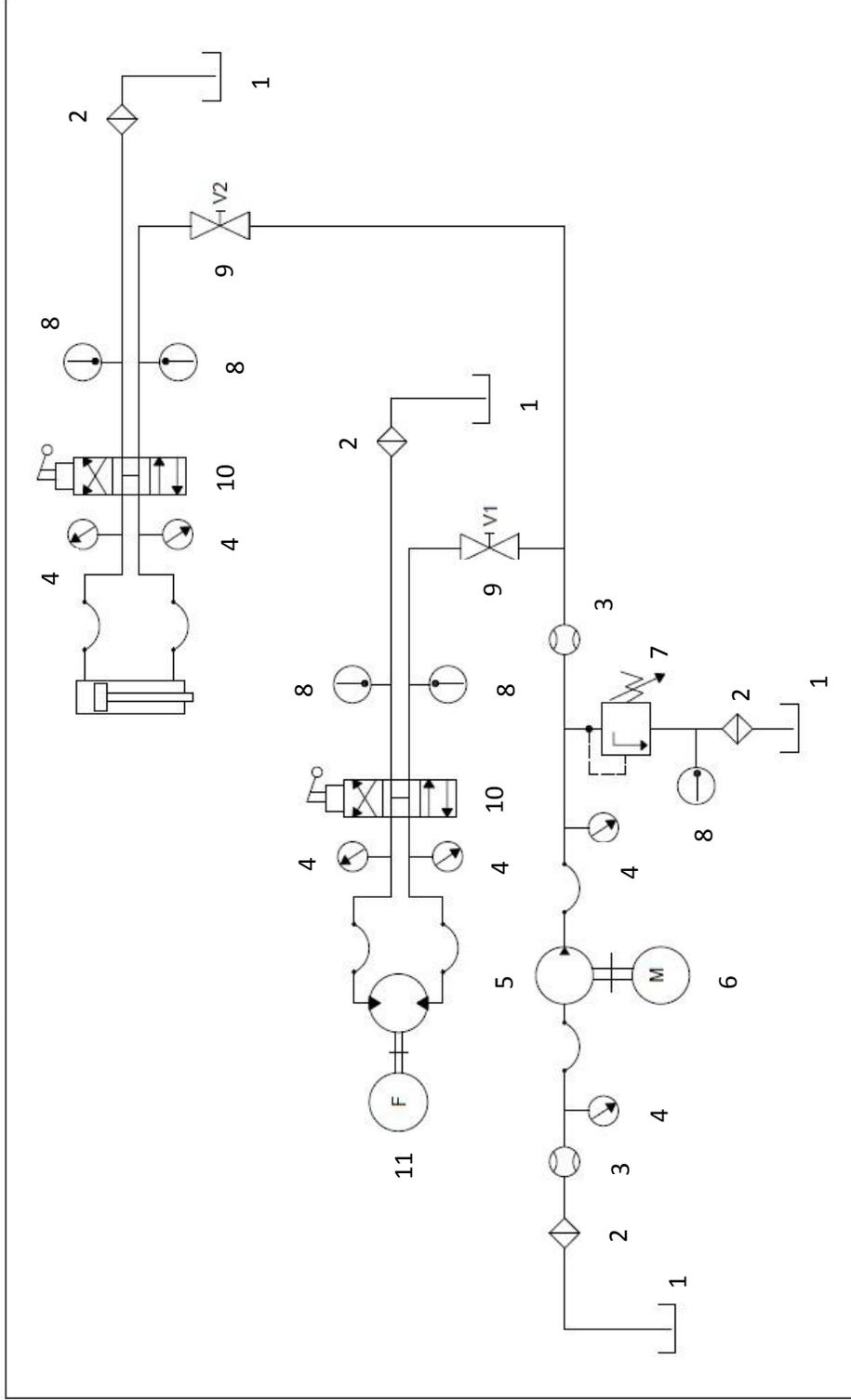


Figura N° 1 Esquema del banco de pruebas hidráulico

#### 4.2. Componentes del banco hidráulico:

- 1) Estanque; tiene como función almacenar el fluido hidráulico, ayudar a enfriar el fluido hidráulico y precipitar los contaminantes sólidos.
  - 2) 4 Filtros; tienen como función eliminar las partículas sólidas de origen externo o interno, originadas por procesos de desgaste o de erosión de las superficies.
  - 3) 2 Medidores de caudal; tienen como función medir el caudal que pasa a través de la tubería.
  - 4) 6 Manómetros; tienen como función medir la presión del fluido hidráulico.
  - 5) Bomba hidráulica, tiene como función transformar la energía mecánica en energía hidráulica, para accionar los motores y cilindros hidráulicos, y así poder realizar las pruebas necesarias.
  - 6) Motor eléctrico; tiene como función transformar la energía eléctrica en energía mecánica, para accionar la bomba hidráulica.
  - 7) Válvula limitadora de presión; tiene como función aliviar la presión cuando un fluido supera un límite preestablecido, protegiendo las componentes del sistema hidráulico.
  - 8) 5 Termómetros; tienen como función medir la temperatura del fluido hidráulico.
  - 9) 2 Válvulas de cierre; tienen como función cerrar el paso al fluido hidráulico, lo que es fundamental en el banco de pruebas, ya que el fluido hidráulico se dirige solo al dispositivo que se pondrá a prueba.
  - 10) 2 Válvulas distribuidora 4/3; tienen como función cambiar la dirección del fluido hidráulico, y así poder poner a prueba motores que tienen la capacidad de girar en 2 sentidos y cilindros hidráulicos de doble efecto.
  - 11) Freno dinamométrico; tiene como función poner resistencia al motor hidráulico, y así poder medir la fuerza o torque que entrega dicho motor.
- Tubos y mangueras flexibles; tienen como función transportar el fluido hidráulico que tiene una elevada presión.

#### 4.3. Como proceder antes de de las pruebas:

Para realizar las pruebas a las bombas hidráulicas, se debe instalar de manera adecuada y cuidadosa la bomba a probar, preocupándose de la aspiración, la descarga y el acoplamiento al motor eléctrico.

Procedimiento a seguir (ver figura N°1): Se deben cerrar las válvulas de cierre (V1 y V2) y regular la válvula limitadora de presión (7). Una vez efectuada la instalación se debe revisar de manera minuciosa los filtros (2). Al garantizarse que la prueba se realice de manera óptima, se da inicio a ésta.

Para realizar las pruebas a los motores hidráulicos, se debe instalar de manera adecuada y cuidadosa el motor a probar, preocupándose de la aspiración, la descarga y el acoplamiento al freno.

Procedimiento a seguir (ver figura N°1): Cerrar la válvula de cierre (V2) y regular la válvula limitadora de presión (7). Una vez efectuada la instalación se debe revisar de manera minuciosa los filtros (2). Al garantizarse que la prueba se pueda realizar de manera óptima, se da inicio a está.

Para realizar las pruebas a los cilindros hidráulicos, se debe instalar de manera adecuada y cuidadosa el cilindro a probar, preocupándose de la aspiración y la descarga.

Procedimiento a seguir (ver figura N°1): Cerrar la válvula de cierre (V1) y regular la válvula limitadora de presión (7). Una vez efectuada la instalación se debe revisar de manera minuciosa los filtros (2). Al garantizarse que la prueba se puede realizar de manera óptima, se da inicio a está.

#### 4.4. Cálculo y selección de los componentes que forman el banco de pruebas:

Los elementos se seleccionan para que el banco de pruebas cumpla con las siguientes capacidades:

- Potencia máxima: 111,85 kW (150 Hp).
- Presión máxima: 34473,78 kPa (5000psig).
- Caudal máximo: 45,42 m<sup>3</sup>/h (200 gpm).

##### 4.4.1. Estanque:

Se sabe que el estanque debe cumplir con las siguientes funciones: almacenamiento, precipitación de impurezas, enfriamiento, separar el aire y el agua del fluido.

El fluido hidráulico debe operar en un rango de temperaturas, por esto en el estanque se debe disipar calor a través de sus paredes o contar con un intercambiador de calor. Para ello el volumen de aceite debe ser adecuado y normalmente se considera a lo menos 2 veces el caudal máximo en litros por minuto.

Volumen del estanque:

- 45,42 m<sup>3</sup>/h = 757 [l/min]

Por lo tanto a lo menos el volumen de del estanque debe ser 1514 [ l ].

Además, se debe tener en cuenta que podrían existir gases, agua y dilatación del fluido, y debido a esto es aconsejable tener un 15% del depósito vacío, obteniendo:

$$\text{Volumen de estanque} = 1740 [ l ] = 1,74 [ m^3 ].$$

Al diseñar el estanque el problema que se presenta es la gran cantidad de energía generada al interior de éste.

Es importante informar que se consideró para los cálculos que el fluido hidráulico entra al estanque a 100 °C y sale del estanque a 30 °C.

A continuación se desarrolla el cálculo para conocer dicha energía:

- $Q_{\text{generado}} = m \cdot c \cdot \Delta T$

Donde:  $\dot{m}$  = Flujo másico en kg/s

$$C = \text{Calor específico en } \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$\Delta T$  = Variación de temperatura en  $^\circ\text{K}$

$$Q_{\text{generado}} = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,012616 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}} \cdot 70 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{generado}} = 1.543,7 \text{ [kW]}.$$

Por las paredes del estanque se disipa parte del calor generado, esta energía disipada se calcula de la siguiente manera:

- $Q_{\text{paredes}} = h \cdot A \cdot \Delta T$

Donde:  $h$  = coeficiente de transferencia de calor por convección en  $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}}$

$A$  = Área total de las paredes del estanque en  $\text{m}^2$ .

$\Delta T$  = Variación de temperatura en  $^\circ\text{K}$ .

$$Q_{\text{paredes}} = 300 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}} \cdot 8,96 \text{ m}^2 \cdot 70 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{paredes}} = 188,16 \text{ [kW]}$$

Para extraer gran parte de la energía generada, se utilizan tuberías (ubicadas en el interior del estanque) por las cuales circula agua. Para desarrollar los cálculos se consideran tuberías acero inoxidable de diámetro interior 2 [cm], diámetro exterior de 2,5 [cm] y un coeficiente de conductividad térmica de 58 [W/m $^\circ\text{K}$ ], obteniendo lo siguiente:

- $A_i = \pi \cdot \phi_i \cdot L = \pi \cdot 0,02 \cdot 1 = 0,0628 \text{ [m}^2\text{]}$

$$A_e = \pi \cdot \phi_e \cdot L = \pi \cdot 0,025 \cdot 1 = 0,0785 \text{ [m}^2\text{]}$$

Las áreas obtenidas son ocupadas para conocer la resistencia interior, exterior y del material de la tubería, logrando lo siguiente:

- $R_i = \frac{1}{h_i \cdot A_i} = \frac{1}{5000 \cdot 0,0628} = 0,003185 \text{ [}^\circ\text{K/W]}$
- $R_e = \frac{1}{h_e \cdot A_e} = \frac{1}{5000 \cdot 0,0785} = 0,0025478 \text{ [}^\circ\text{K/W]}$
- $R_{\text{tubería}} = \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot K} = \frac{\ln\left(\frac{0,0125}{0,01}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 58} = 0,0006123 \text{ [}^\circ\text{K/W]}$
- $\therefore R_{\text{total}} = R_i + R_e + R_{\text{tubería}} = 0,006345 \text{ [}^\circ\text{K/W]}.$

Con la resistencia total se puede calcular la energía que se puede extraer de las tuberías; es importante decir que para los cálculos se consideró el largo de 1[m], por lo que el resultado indicará la energía que se puede disipar en 1 [m] de dicha tubería.

- $Q_{\text{tubería}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{total}}} = \frac{100 - 30}{0,006345} = 11,03231 \text{ [kW]}.$

Por lo tanto para saber los metros que necesitamos de tubería se desarrolla el siguiente cálculo:

- $Q_{\text{generado}} = Q_{\text{paredes}} + Q_{\text{tubería total}} \Leftrightarrow 1543,7 = 188,16 + (x \cdot 11,03231)$

$$x = 122,87 \text{ [m]} \approx 123 \text{ [m]}.$$

Por último se debe considerar que al colocar 123 [m] de dicha tubería en el interior del estanque, se debe aumentar el volumen del estanque:

- $V_{\text{tubería}} = \pi \cdot L \cdot r^2 = \pi \cdot 123 \cdot (0,0125)^2$
- $V_{\text{tubería}} = 0,06 \text{ [m}^3\text{]}.$
- $\therefore V_{\text{total}} = 0,06 + 1,74 = 1,8 \text{ [m}^3\text{]}.$

Luego de realizar los cálculos correspondientes, para el agua se necesita:

- Estanque de 120 [l].
- Bomba de 0,44 [kW].

4.4.1.1. Esquema del diseño del estanque:

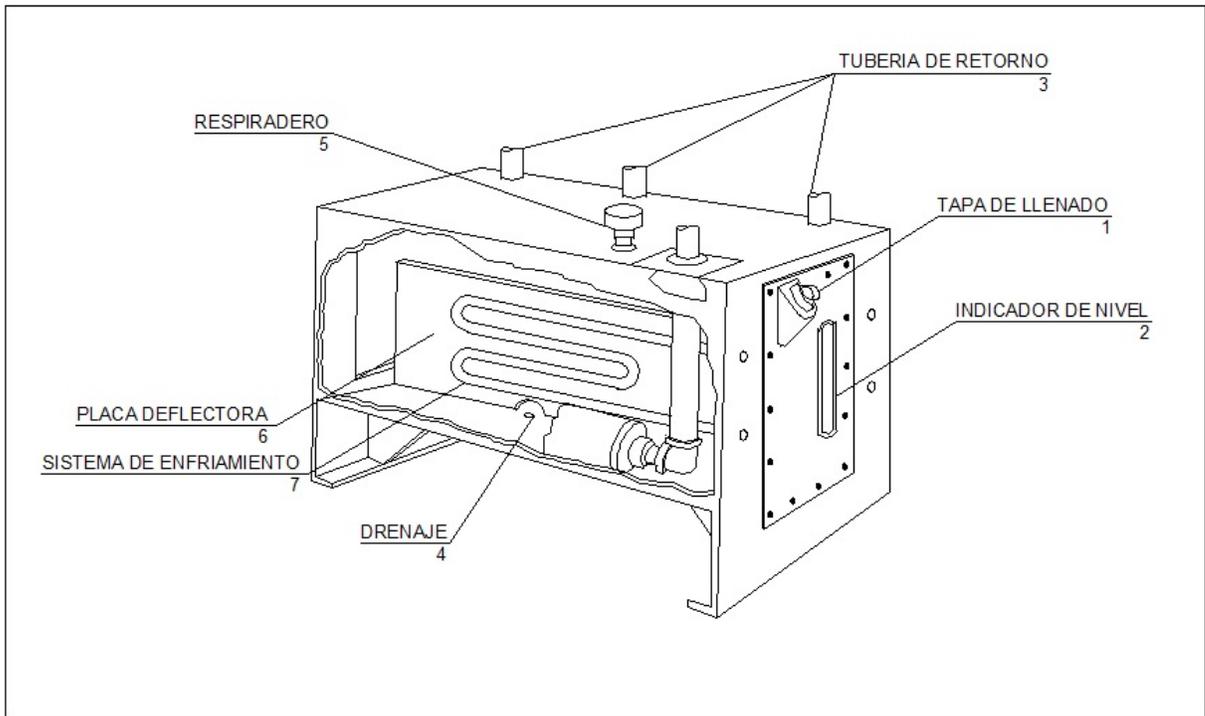


Figura N° 2 Esquema que muestra la parte interior del estanque.

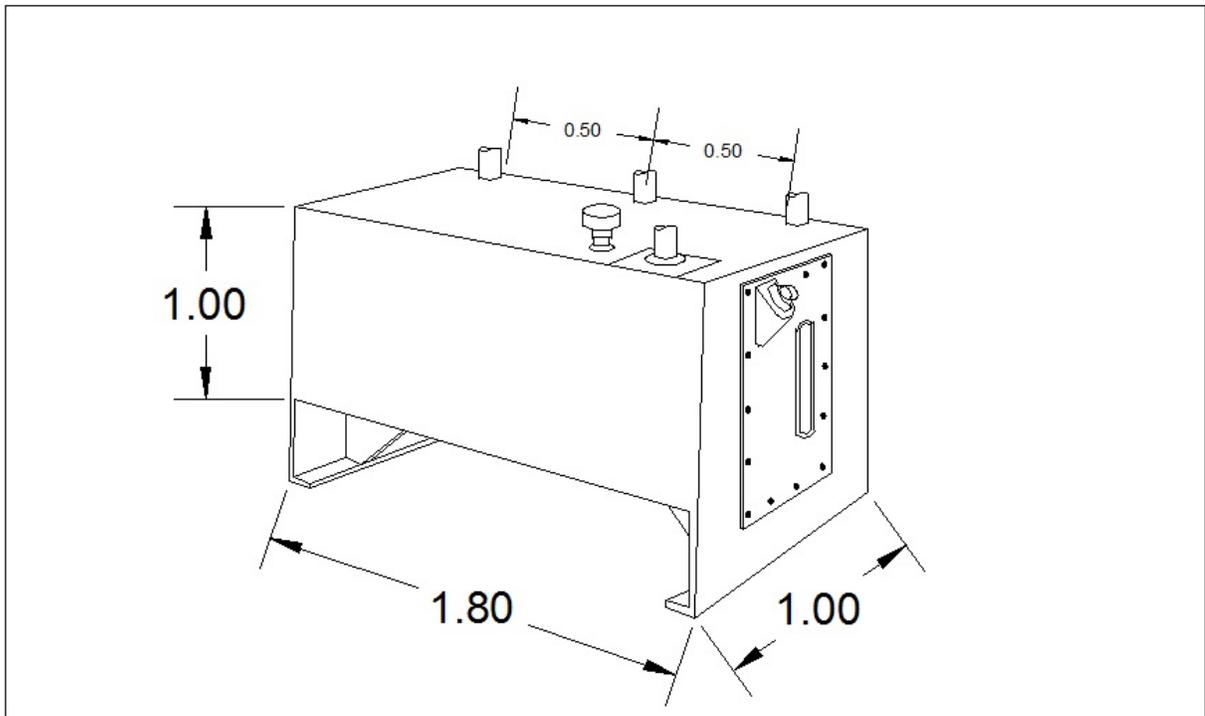


Figura N° 3 Esquema que muestra la parte exterior del estanque.

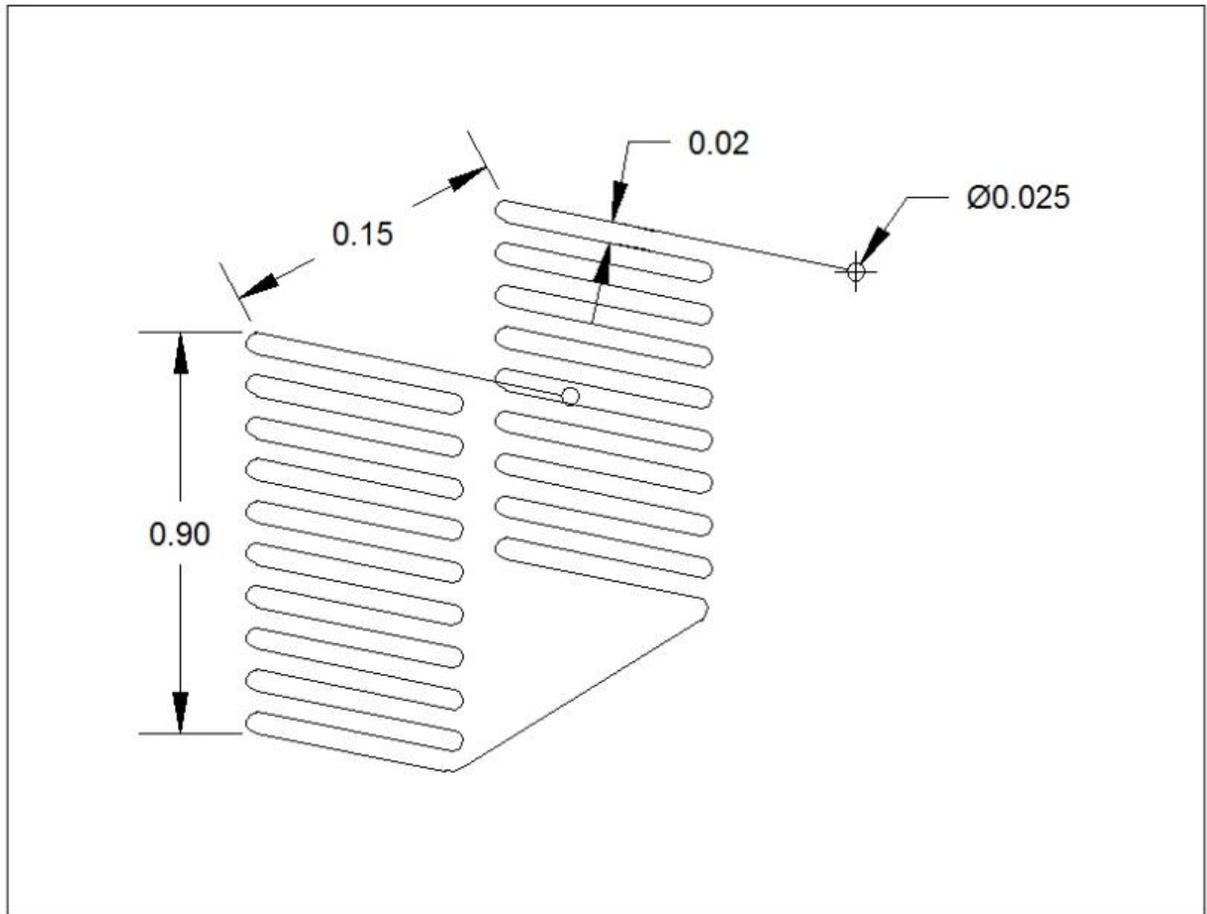


Figura N° 4 Esquema que muestra el sistema de enfriamiento.

El estanque que se utilizará no es presurizado y está compuesto por lo siguiente:

- 1) Tapa de llenado: Ubicado en la parte alta del estanque. Se utiliza para llenar y añadir aceite al estanque. Para evitar posibles contaminaciones tiene un filtro de aire.
- 2) Indicador de nivel: Permite revisar el nivel de aceite del estanque hidráulico. El nivel de aceite debe ser revisado cuando el aceite está frío.
- 3) Tuberías de suministro y retorno: La tubería de suministro permite que el aceite fluya del estanque al sistema. La tubería de retorno permite que el aceite fluya del sistema al estanque.

- 4) Drenaje: Ubicado en el punto más bajo del estanque. El drenaje permite sacar el aceite cuando es necesario realizar cambio de éste, o cuando se requiere retirar del aceite contaminantes como el agua y sedimentos.
- 5) Respiradero: Ubicado en la parte alta del estanque. Permite que el aire entre y salga libremente del estanque. Para que el aire que entre no contamine al fluido, el respiradero tiene un filtro.
- 6) Placa deflectora: Se ubica en el interior del estanque y tiene como funciones principales reducir los flujos turbulentos y evitar que el fluido ingrese inmediatamente al circuito a altas temperaturas.
- 7) Sistema de enfriamiento por agua: Son tuberías que se ubican en el interior del estanque. Dentro de estas circula agua con la que se enfría el aceite, para que alcance la temperatura ideal para realizar las pruebas.

#### 4.4.2. Filtro.

Generalmente los filtros están constituidos por lo siguiente:

- El elemento filtrante o cartucho.
- La carcasa o contenedor.
- Dispositivo de control de saturación.
- Válvulas de derivación, antirretorno, purgado y toma de muestras.

Al momento de tomar la decisión sobre qué filtro ocupar, es trascendental elegir un filtro que no deje pasar contaminantes de gran tamaño que pueden provocar problemas en los elementos del sistema, pero a la vez es importante que el filtro permita avanzar a partículas de tamaño pequeño, debido a que va a ocasionar problemas en el flujo del sistema.

Para seleccionar de manera adecuada un filtro es necesario conocer la Clasificación  $\beta$ , que es una manera de clasificar los filtros según la capacidad de eliminar partículas sólidas de tamaños determinados.

La manera correcta de clasificar un filtro es la siguiente:

$\beta_{xx} \geq YY$ ; donde el subíndice XX indica el tamaño de la partícula en  $\mu\text{m}$  e YY es un número que representa un porcentaje, el cual revela la capacidad de eliminar las partículas de dicho tamaño.

A continuación se muestra la tabla utilizada para la clasificación  $\beta$ , donde se observan los números YY que representan el porcentaje anteriormente nombrado.

YY, número que representa un porcentaje.	Capacidad de eliminar las partículas.
2	50%
10	90%
20	95%
75	98.7%
100	99%
200	99.5%
1000	99.9%

Figura N° 5 Tabla utilizada para la clasificación  $\beta$

Para seleccionar el filtro apropiado se asume como elemento crítico la bomba que pondrá a prueba a los motores y cilindros hidráulicos; ya que es el corazón del banco de pruebas. Al revisar los datos entregados por el fabricante en el catálogo de la bomba, se indica lo siguiente:

- “Como mínimo, se debe ocupar como elemento filtrante  $\beta_{20} \geq 100$ ”.  
Por lo tanto, tomando en cuenta ésta información, se decide usar  $\beta_{10} \geq 200$ .

Para seleccionar adecuadamente el filtro, se usan los datos entregados anteriormente y el siguiente:

- Elemento filtrante:  $\beta_{10} \geq 200$ .

Considerando la información presentada, se selecciona un filtro de alta presión marca Argo-Hytos modelo HD 990-156. Este filtro es seleccionado porque cumple con las altas exigencias de presión y caudal, lo que en el mercado es muy difícil de encontrar.

A continuación se entregan datos técnicos del filtro (ver anexo 1):

- Presión máxima de trabajo: 630 bar.
- Caudal nominal: 780 l/min.
- Elemento filtrante:  $\beta_{10} = 200$ .

#### 4.4.3. Bomba.

Los parámetros que se utilizan para la selección de una bomba hidráulica, y los que ayudarán a tomar la decisión de que bomba usar son la potencia, la presión y el caudal máximo del banco de pruebas.

De acuerdo a las alternativas de diseño de las bombas para ejecutar las pruebas a los motores y cilindros hidráulicos, existen tres posibilidades:

Las primeras dos opciones son bombas de engranaje y bombas de paleta, las que entregan un gran caudal, pero una pequeña presión. La última opción son bombas de pistones, que alcanzan presiones altas y caudales menores que las antes mencionadas.

De acuerdo a las características de trabajo, se decide utilizar una Bomba Hidráulica de Pistones Axiales de Caudal Variable, ya que éstas alcanzan la presión y caudal máximos requeridos.

La bomba a ocupar fue seleccionada del manual de Mannesmann Rexroth, la cual tiene un código de pedido A4VSG500MA/22R-PPH10N000N.

A continuación se muestran datos técnicos de la bomba (ver anexo 2):

- Presión máxima de trabajo: 400 bar.
- Caudal máximo: 900 l/min.
- Velocidad de rotación máxima: 1800 rpm.
- Potencia máxima: 525 kW.

#### 4.4.4. Motor eléctrico.

De las alternativas de diseño se selecciona el motor eléctrico, debido a que tiene grandes ventajas que favorecen la implementación del banco de pruebas.

Los motores eléctricos se clasifican según la alimentación eléctrica en Motores de Corriente Continua y Motores de Corriente Alterna. Hoy en día los más utilizados en las industrias son los motores de corriente alterna.

El motor eléctrico que se instalará como máquina motriz debe entregar la potencia necesaria para que la bomba genere la energía hidráulica que requiere el sistema.

Para seleccionar de manera correcta el motor eléctrico se debe tener en cuenta los siguientes datos:

- Potencia máxima de la bomba: 703,7 HP = 525 kW.
- Velocidad de rotación máxima de la bomba: 1800 rpm.

El motor eléctrico que satisface los requerimientos ya nombrado es de marca ABB y es un Motor Eléctrico de Inducción, Cerrado y Trifásico, cuyo código es M2CA 400LKA 3GCA 402 810 – ABC.

A continuación se muestran datos técnicos del motor eléctrico (ver anexo 3):

- Potencia nominal: 560 kW = 750.6 hp.
- Velocidad rotacional nominal: 1490 rpm.
- Numero de polos: 4.
- Corriente nominal: 1022 A.
- Tensión: 380 V.
- Frecuencia: 50 Hz.

#### 4.4.5. Variador de frecuencia.

Al momento de seleccionar un motor eléctrico de corriente alterna asíncrono se debe considerar que la velocidad de rotación es constante. Lo anterior es un inconveniente para un banco de pruebas, ya que se deberán ensayar diferentes bombas con variadas velocidades de rotación. Debido a esto, es necesario un variador de frecuencia que sea compatible con el motor eléctrico seleccionado. Para lograr esta compatibilidad el variador de frecuencia debe entregar una potencia igual o superior a la del motor eléctrico seleccionado y además debe tener la capacidad de suministrar como mínimo la corriente nominal del motor.

Para seleccionar de manera adecuada el variador de frecuencia son necesarios los siguientes datos:

- Potencia del motor eléctrico: 560 kW.
- Corriente del motor eléctrico: 1022 A.
- Tensión: 380 V.
- Frecuencia: 50 Hz.

El variador de frecuencia seleccionado es de marca ABB, modelo ACS800-07LC.

A continuación se muestran datos técnicos del variador de frecuencia (ver anexo 4):

- Potencia a trabajo pesado: 710 Kw.
- Corriente a trabajo pesado: 1303 A.
- Frecuencia: 48 a 63 Hz.
- Rango de tensión: 380 a 415 V.

#### 4.4.6. Tuberías y mangueras.

Dentro de las alternativas de diseño, para la conducción del fluido hidráulico están las tuberías y mangueras hidráulicas.

Para realizar el banco de pruebas se considera ambas alternativas debido a que las tuberías se ocupan en sectores donde no se necesita flexibilidad, además, las tuberías tienen dos características fundamentales para este proyecto, que son económicas y que en ellas se pueden incorporar los instrumentos de medición. Por su parte las mangueras son de gran importancia para el banco, ya que se realizarán pruebas a bombas, motores y cilindros hidráulicos de diferentes tamaños, por lo que se necesita de flexibilidad para cumplir con ésta función.

Se emplearán acoples rápidos, para facilitar las conexiones.

Para seleccionar de manera adecuada los tubos y mangueras es necesario saber el diámetro interior, lo que tiene relación con el caudal máximo y la velocidad del fluido hidráulico.

Se debe tener en cuenta que la velocidad recomendada en la aspiración esta en el rango de 0,6 a 1,2 m/s y en las líneas de presión esta en el rango de 2,1 a 10,7 m/s; según nomograma de flujos y velocidades recomendadas por Gates. Además, el caudal máximo es 45,42m<sup>3</sup>/h.

A continuación se muestra el nomograma de flujos y velocidades de Gates.

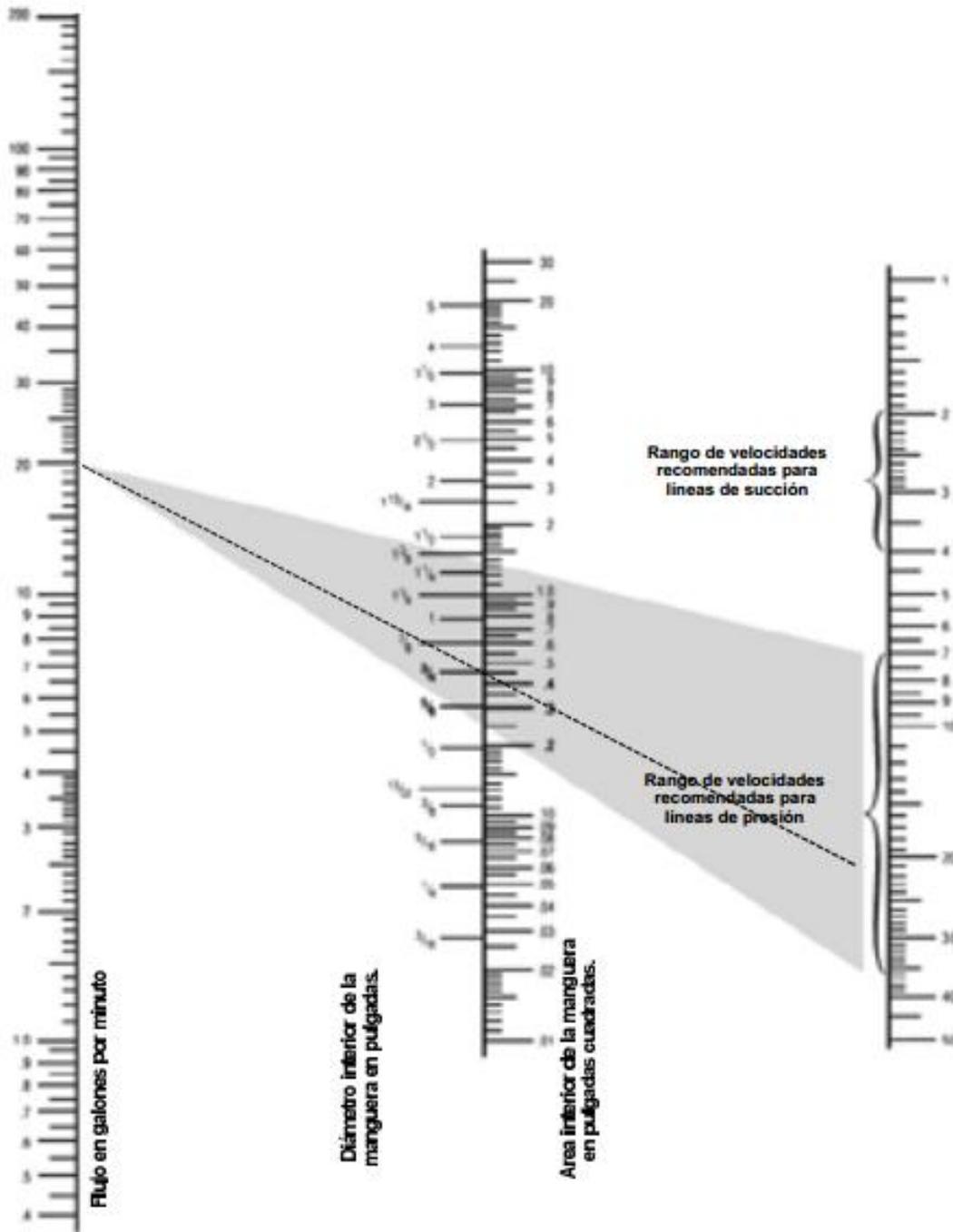


Figura N°6 Nomograma de flujos y velocidades del fluido según Gates.

Considerando las altas exigencias de presión y caudal, y cumpliendo con el nomograma, el diámetro interior de la manguera de aspiración es 5 plg y el diámetro interior de la línea de presión es 4 plg. Para lo anterior se considero la menor velocidad del flujo posible para evitar turbulencias.

Para seleccionar tubos y mangueras, no sólo se debe considerar el diámetro interior, también la presión máxima de trabajo:  $34473,78 \text{ kPa} = 5000 \text{ psig} = 344,7372 \text{ bar}$ .

Para la aspiración y las líneas de presión se seleccionan mangueras de marca Gates modelo Rotary Vibrator 4774 PE, con su respectivo diámetro interior.

A continuación se entrega la información técnica (ver anexo 5):

- Diámetro interior en la aspiración: 5 plg.
- Presión Nominal en la aspiración: 5000 psi.
- Diámetro interior en la línea de presión: 4 plg.
- Presión Nominal en la aspiración: 5000 psi.

#### 4.4.7. Válvula de cierre:

Para seleccionar de manera adecuada la válvula de cierre se considera presión y caudal máximos del banco de pruebas.

Debido a las altas exigencias de presión y caudal, se seleccionan válvulas de cierre marca Parker, ya que cumplen con las condiciones de trabajo. Dentro de esta marca se opta por válvulas de cierre modelo BVAH 32 S S S 4 N

A continuación se muestran datos técnicos de las válvulas de cierre seleccionadas (ver anexo 6):

- Presión máxima:  $6000 \text{ psi} = 414 \text{ bar}$ .
- Caudal máximo:  $500 \text{ gpm} = 1892.5 \text{ l/min}$ .

#### 4.4.8. Válvula direccional 4/3:

Al realizar pruebas a motores hidráulicos reversibles o cilindros hidráulicos de doble efecto, se necesita que el banco tenga la capacidad de accionar dichos elementos en ambas direcciones. Debido a lo anterior se considera una válvula direccional 4/3, que permite que el fluido hidráulico se mueva en una u otra dirección y así accionar a los elementos actuadores en uno u otro sentido.

Dentro de las válvulas direccionales 4/3 las que más se ajustan a los requerimientos para ejecutar una buena prueba son las de centro cerrado, debido a la posición de reposo, lo que es fundamental para la realización de pruebas.

Para seleccionar de manera adecuada la válvula es necesario considerar presión y caudal máximos del banco de pruebas.

Se seleccionan válvulas direccionales 4/3 Vickers modelo DG3V 10 B 2 C X 10.

A continuación se muestran datos técnicos de la válvula seleccionada (ver anexo 7):

- Presión máxima de trabajo: 350 bar = 5000 psig.
- Caudal máximo : 200 gpm = 757 l/min.

#### 4.4.9. Válvula de alivio.

Los sistemas hidráulicos deben estar protegidos contra presiones excesivas, para ello se emplean válvulas de alivio.

Para seleccionar de manera adecuada la válvula es necesario considerar presión y caudal máximos del banco de pruebas.

Se selecciona una válvula de alivio Parker, modelo R 32 E 35 L 1 S N.

A continuación se muestran los datos técnicos de la válvula seleccionada (ver anexo 8):

- Presión máxima de operación: 350 bar = 5075 psi.
- Caudal nominal: 950 l/min = 251 gpm.

#### 4.4.10. Freno dinamométrico:

La manera para garantizar el funcionamiento óptimo de un motor hidráulico es ensayarlo a distintas cargas y comparar con la información entregada por el fabricante. Para determinar la potencia y el torque que tiene dicho motor se emplean los frenos dinamométricos.

Tipos de freno dinamométrico:

- Freno dinamométrico Foucault: Estos frenos dinamométricos están diseñados para ensayos de motores hasta una potencia de 140 kW. Además tienen una gran precisión y regulación rápida.
- Freno dinamométrico de histéresis: Estos frenos dinamométricos están diseñados para ensayos de motores de baja y media potencia, hasta una potencia de 14 kW en ensayos intermitentes o 12 kW para ensayos continuos.
- Freno dinamométrico a polvo magnético: Estos frenos dinamométricos están diseñados para ensayos de motores de baja y media potencia hasta una potencia de 48 kW.
- Freno dinamométrico hidráulico: Estos frenos dinamométricos están diseñados para ensayos de motores de gran potencia por sobre 140 kW. A diferencia de los anteriores se les debe realizar mantenimiento más seguido y son más inestables.

Dentro de la gran gama de dinamómetros se optó por el tipo Foucault (corrientes parásitas) debido a que satisface la potencia requerida, tienen una rápida regulación y alta precisión.

Para disipar el calor generado es necesario un sistema externo de refrigeración mediante agua de circulación.

Para seleccionar de manera adecuada un dinamómetro se debe considerar la potencia máxima del banco de pruebas.

Se seleccionó un freno dinamométrico Foucault modelo 4WB15 de marca Magtrol.

A continuación se muestran los datos técnicos del dinamómetro seleccionado (ver anexo 9):

- Torque nominal: 560 Nm.
- Potencia nominal: 140 kW.
- Velocidad de rotación nominal: 2390 rpm.

4.4.11. A continuación se indica la compatibilidad de los elementos que componen el banco de pruebas:

El motor eléctrico es capaz de entregar la potencia y la velocidad rotacional máximas exigidas por la bomba. A su vez, el variador de frecuencia tiene la capacidad de modificar la velocidad rotacional que permite que el motor varíe la potencia de acuerdo a las exigencias de la prueba.

La bomba es capaz de entregar la presión y caudal máximos exigido por el sistema hidráulico, el cual es un dato entregado por ASMAR VALPARAÍSO. Además el freno dinamométrico es capaz de frenar la potencia máxima del sistema que se puede poner a prueba. En el caso de los filtros, la válvula de cierre, la válvula direccional 4/3 y la válvula de alivio, cumplen con la presión y caudal máximos del sistema hidráulico.

4.4.12. Esquemas del banco de pruebas hidráulico.

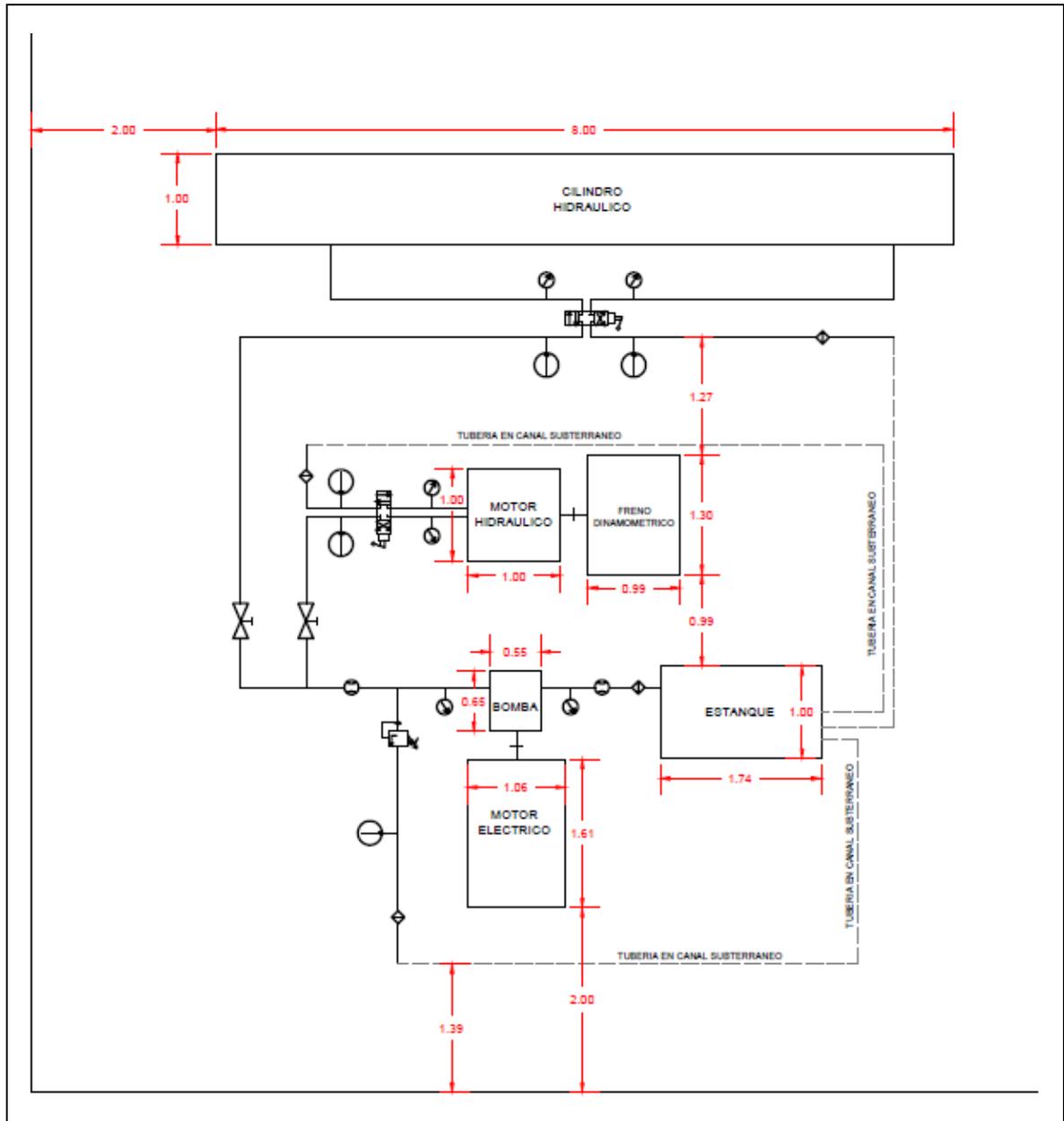


Figura N°7 Esquema que muestra las medidas de los componentes del banco.

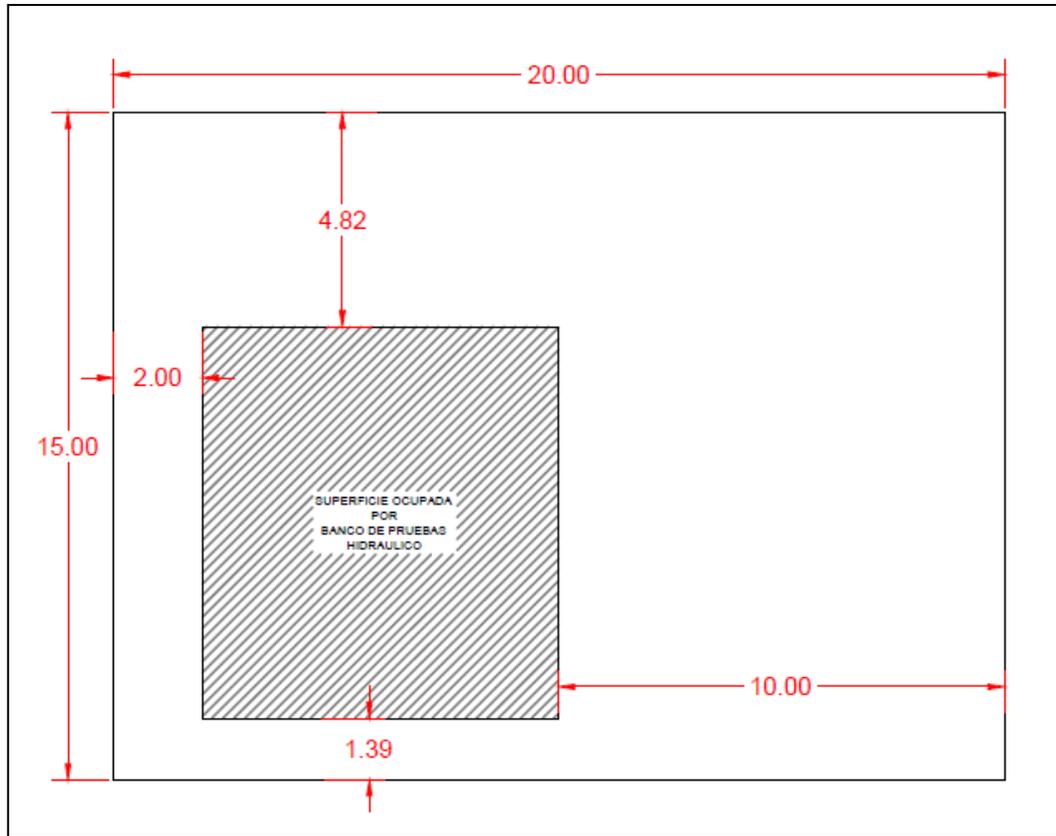


Figura N°8 Esquema que muestra la superficie del banco de pruebas y la superficie total que ASMAR destinó para su instalación.

## **5. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.**

A continuación en la tabla se detallan los elementos de gran costo que componen el banco de pruebas:

<b>Elementos.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Precio USD\$.</b>	<b>Precio CLP\$.</b>	<b>Total CLP\$</b>
Motor Eléctrico.	1	10.299	6.076.410	6.076.410
Variador de Frecuencia.	1	13.505	7.967.950	7.967.950
Bomba Hidráulica de Pistones Axiales.	1	26.000	15.340.000	15.340.000
Válvula de Cierre.	2	190	112.100	112.100
Válvula de Alivio.	1	360	212.400	212.400
Válvula Direccional 4/3.	2	2.100	1.239.000	1.239.000
Freno Dinamométrico.	1	69.705	41.125.950	41.125.950
Estanque de Almacenamiento.	1		1.080.000	1.080.000
Costo total de elementos de gran costo.				73.153.810

Tabla N°5.1 Valor económico de los elementos de gran costo.

Lo anterior detalla los precios de los elementos de mayor valor, pero hay que considerar los componentes de menor costo, como conexiones eléctricas y de agua, flexibles, tuberías y conexiones rápidas del banco de pruebas; entre otros componentes. Para esto se considera un 10% del total de los elementos señalados, obteniendo:

Costo de elementos de menor valor económico \$ 7.315.381.

Alcanzando un costo total de implementación de \$ 80.469.191.

A continuación se exponen los cálculos realizados para proyectar en años el pago del total de la inversión inicial:

- Mensualmente el banco de pruebas produce un gasto de \$1.493.000; en el que se consideran cambios de aceite, análisis de aceite, mano de obra de obreros e ingeniero, cambios de filtros, consumo eléctrico y consumo de agua. Es importante considerar que existen gastos anuales, los que fueron divididos por 12 para obtener los gastos mensuales. Otro dato fundamental es que se consideraron 8 pruebas por mes y cada prueba dura un día completo, es decir 8 horas diarias, dentro de este tiempo está el montaje, permisos necesarios para realizar el ensayo, la realización de la prueba, el desmontaje y el informe; obteniendo un tiempo de demanda del banco de pruebas de 64 horas por mes.
- Según información entregada por ASMAR, es de conocimiento que en la actualidad se cobra \$350.000 por elemento ensayado. Para saber cuánto dinero va a generar mensualmente el banco de pruebas es necesario multiplicar el valor de cada ensayo (\$350.000) por el número de ensayos mensuales (como se dijo anteriormente, 8); arrojando un total de: \$2.800.000.
- Luego de obtener los gastos y ganancias mensuales, se procede a calcular la cantidad de años necesarios para que el banco de pruebas recupere la inversión realizada:

$$\text{Cantidad de años para pagar la inversión} = \frac{\$ 80.469.191.}{(\$2.800.000 - \$1.493.000) * 12}$$

Cantidad de años para pagar la inversión = 5 Años y 2 meses.

## **6. CONCLUSIONES.**

El Banco de Pruebas Hidráulico diseñado es un conjunto de componentes mecánicos que por medio de pruebas sirve para garantizar el buen funcionamiento de los elementos hidráulicos.

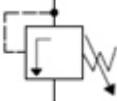
Los elementos seleccionados para el diseño de este Banco de Pruebas son los más indicados para ensayar motores, bombas y cilindros hidráulicos de gran capacidad y tamaño (potencia máxima: 140 kW, presión máxima: 34473,78 kPa, caudal máximo: 57 m<sup>3</sup>/h y torque máximo: 560 Nm) como los que se encuentran en los buques de gran envergadura.

Además, con elementos mecánicos e infraestructura disponibles en ASMAR (que normalmente no se utilizan), es factible transportar y maniobrar elementos de gran volumen y peso, aumentando así la viabilidad de este proyecto y aminorando costos de ejecución.

Si bien la inversión inicial es elevada y se recupera en aproximadamente 5 años, los potenciales beneficios que brindará son mayores debido a que no sólo son económicos y funcionales, sino que también entrega beneficios de confiabilidad, aumentando así el gran prestigio de esta empresa.

Finalmente, considerando lo anteriormente expuesto, resulta indispensable para ASMAR VALPARAISO contar con un banco de pruebas hidráulico como el diseñado en este proyecto.

## SIMBOLOGÍA.

	Estanque hidráulico.
	Filtro.
	Medidores de Caudal.
	Manómetro.
	Bomba Hidráulica.
	Válvula limitadora de presión.
	Termómetro.
	Válvula de cierre.
	Válvula distribuidora 4/3.
	Freno dinamométrico.
	Flexibles (mangueras).

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. "Proyectos y Construcción de Sistemas Hidráulicos". Serie: Tomo III.  
Autor: Drexler, D; Faatz, H; Feicht, F. Edición Lohr am Main, Alemania.  
Mannesmann- Rexroth 1988.
  
2. "Componente Hidráulico". Edición: Barcelona, España.  
Mannesmann- Rexroth 1992.
  
3. "Oleohidráulica Conceptos Básicos".  
Autor: E. Carnicer Royo.  
C. Mainar Hasta.
  
4. "Controles de la Potencia de Fluidos".  
Autor: John J. Pippenger.  
Richard M. Koff.
  
5. "Oleohidráulica"  
Autor: Antonio Serrano Nicolás.
  
6. "Manual oleohidráulica"  
Autor: Luis María Jiménez de Cisneros.

## ANEXOS.

### Anexo N°1: Filtro.

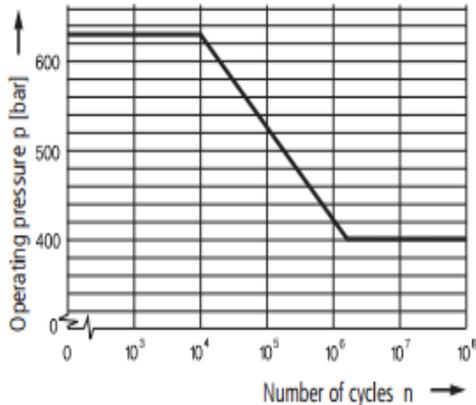
#### Characteristics

##### Operating pressure

0 ... 400 bar, min.  $2 \times 10^6$  pressure cycles  
Nominal pressure according to DIN 24550

0 ... 630 bar, min.  $10^4$  pressure cycles  
Quasi-static operating pressure

##### Permissible pressures for other numbers of cycles



##### Nominal flow rate

Up to 1000 l/min (see Selection Chart, column 2)  
The nominal flow rates indicated by ARGO-HYTOS are based on the following features:

- closed by-pass valve at  $v \leq 200 \text{ mm}^2/\text{s}$
- element service life > 1.000 operating hours at an average fluid contamination of 0.07 g per l/min flow volume
- flow velocity in the connection lines:
  - up to 250 bar  $\leq 8 \text{ m/s}$
  - > 250 bar  $\leq 12 \text{ m/s}$

##### Filter fineness

5  $\mu\text{m(c)}$  ... 16  $\mu\text{m(c)}$   
 $\beta$ -values according to ISO 16889  
(see Selection Chart, column 4 and diagram Dx)

##### Dirt-holding capacity

Values in g test dust ISO MTD according to ISO 16889  
(see Selection Chart, column 5)

##### Hydraulic fluids

Mineral oil and biodegradable fluids  
(HEES and HETG, see info-sheet 00.20).

##### Temperature range

-30 °C ... +100 °C (temporary -40 °C ... +120 °C)

##### Viscosity at nominal flow rate

- at operating temperature:  $v < 60 \text{ mm}^2/\text{s}$
- as starting viscosity:  $v_{\text{max}} = 1.200 \text{ mm}^2/\text{s}$
- at initial operation: The recommended starting viscosity can be read from the diagram D (pressure drop as a function of the kinematic viscosity) as follows: Find the 70 %  $\Delta p$  of the cracking pressure of the by-pass valve on the vertical axis. Draw a horizontal line so that it intersects the  $\Delta p$  curve at a point. Read this point on the horizontal axis for the viscosity.

##### Mounting position

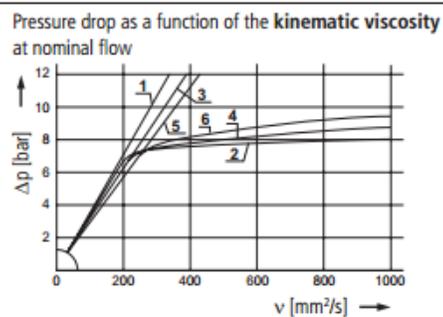
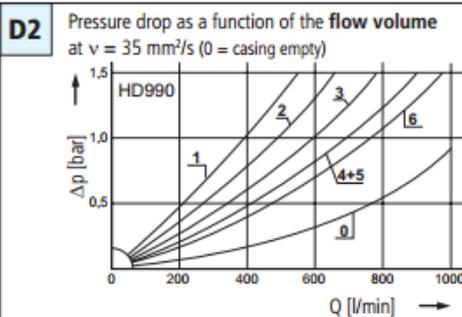
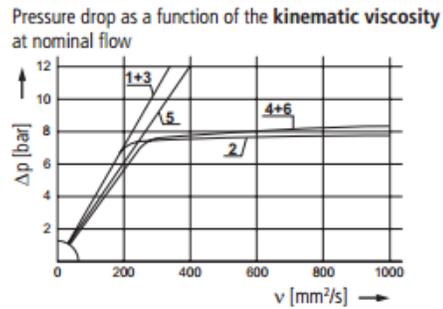
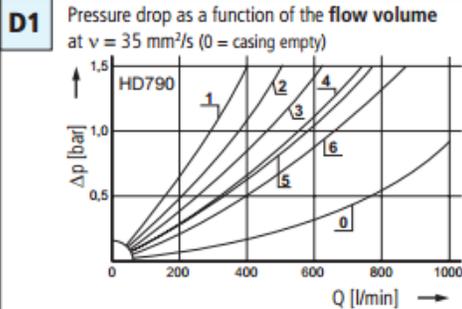
Preferably vertical. The filter head can be mounted in either the uppermost position or the inverse as required.

##### Connection

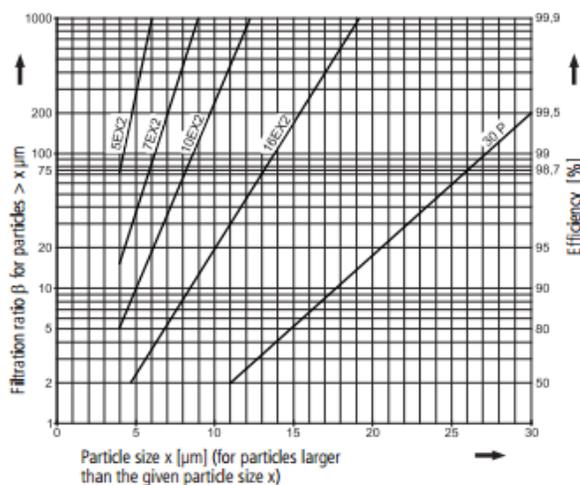
SAE-flange (6000 psi).  
Sizes see Selection Chart, column 6 (other connections on request).

## Diagrams

$\Delta p$ -curves for complete filters in Selection Chart, column 3



**Dx** Filtration ratio  $\beta$  as a function of particle size  $x$  obtained by the Multi-Pass Test according to ISO 16889



The abbreviations represent the following  $\beta$ -values resp. finenesses:

**For EXAPOR<sup>®</sup>MAX 2 and Paper elements:**

- 5EX2 =  $\beta_{5 (d)} = 200$  EXAPOR<sup>®</sup>MAX 2
- 7EX2 =  $\beta_{7 (d)} = 200$  EXAPOR<sup>®</sup>MAX 2
- 10EX2 =  $\beta_{10 (d)} = 200$  EXAPOR<sup>®</sup>MAX 2
- 16EX2 =  $\beta_{16 (d)} = 200$  EXAPOR<sup>®</sup>MAX 2
- 30P =  $\beta_{30 (d)} = 200$  Paper

Based on the structure of the filter media of the 30P paper elements, deviations from the printed curves are quite probable.

**For screen elements:**

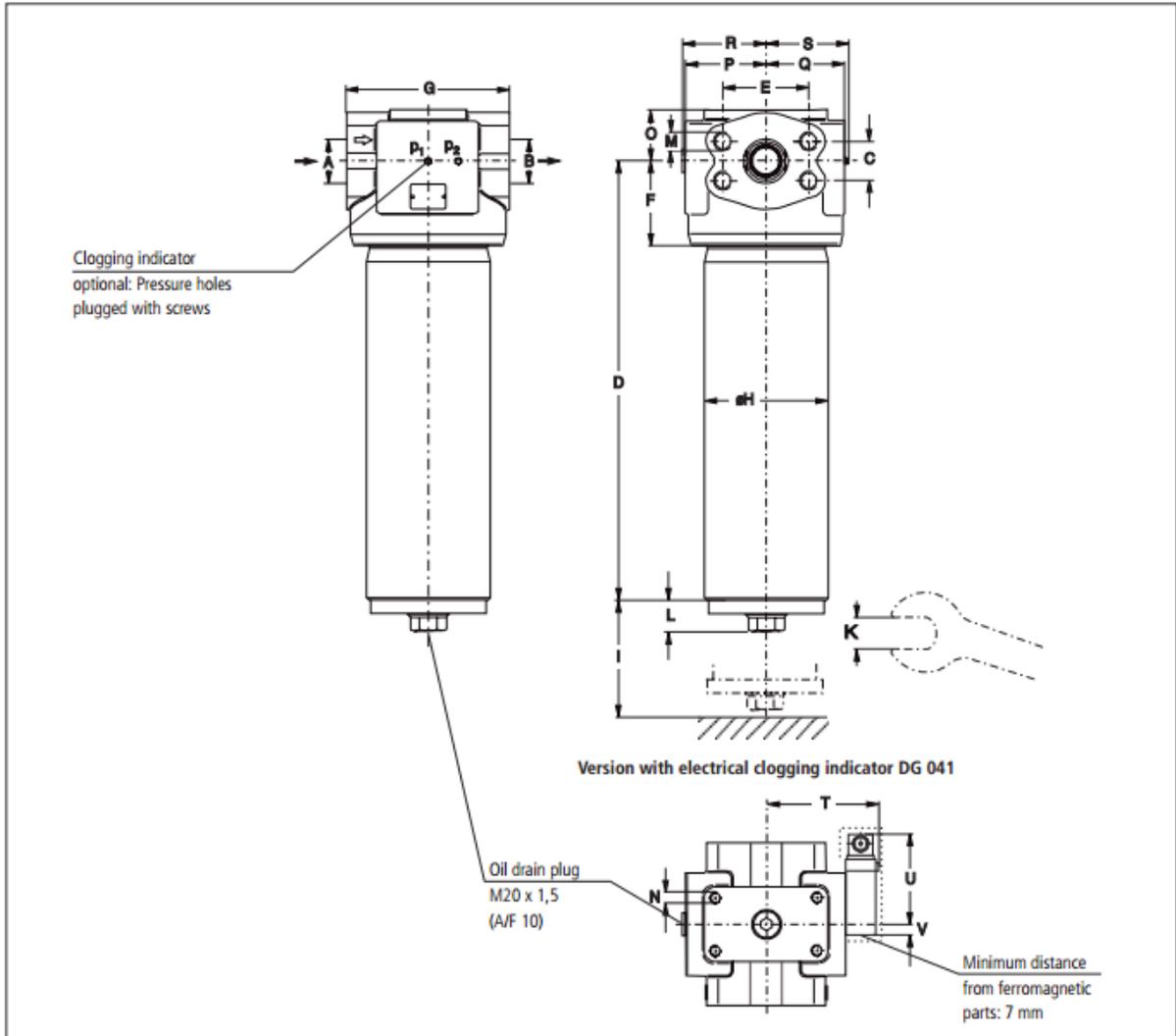
- 40S = screen material with mesh size 40  $\mu\text{m}$
- 60S = screen material with mesh size 60  $\mu\text{m}$
- 100S = screen material with mesh size 100  $\mu\text{m}$

Tolerances for mesh size according to DIN 4189

For special applications, finenesses differing from these curves are also available by using special composed filter media.



## Dimensions



Type	A/B	C	D	E	F	G	H	I	K A/F	L	M Ø/depth	N Ø/depth	O	P	Q	R	S	T	U	V
HD 790	SAE 2	44,4	495	96,6	96	184	140	430	36	36	M20/32	M12/20	58	91	89	95	93	122	102	13
→ HD 990	SAE 2	44,4	700	96,6	96	184	140	640	36	36	M20/32	M12/20	58	91	89	95	93	122	102	13



### Ordering code

#### Fluid

Mineral oils (no short code)	
HF fluids (except Skydrol)	E-

#### Axial piston unit

Variable pump, swashplate design, for industrial drives	A4VS
---	------

#### Operating mode

Pump, closed circuit	G
----------------------	---

#### Size

Displacement $V_{g,max}$ (cm <sup>3</sup> )	40	71	125	180	250	355	500	750	1000
---	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

#### Control device

Manual control	MA	●	●	●	●	●	●	●	-	-	MA	} see RE 92072
Electric motor control	EM	●	●	●	●	●	●	●	-	-	EM..	
Hydraulic control, flow dependent	HM	●	●	●	●	●	●	○	○		HM..	} see RE 92076
Hydr. control with servo/ prop. valve	HS	●	●	●	●	●	●	●	●	●	HS..	
Electronic control	EO	●	●	●	●	●	●	○	○		EO..	
Hydr. control, pressure dependent	HD <sup>1)</sup>	●	●	●	●	●	●	●	○		HD..	see RE 92080
Press. control, single sided operation	DR <sup>1)</sup>	●	●	●	●	●	●	●	○		DR..	see RE 92060
Power control with hyperbolic curve	LR <sup>1)</sup>	●	●	●	●	●	●	●	○		LR..N	see RE 92064
Hydr. control, distance dependent	HW	●	●	●	●	●	●	●	○		HW	see RE 92068
Speed control, secondary control	DS	●	●	●	●	●	●	●	○		DS..	see RE 92055

#### Series

	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	10
	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	22

#### Direction of rotation

Viewed on shaft end	right	R
	left	L
	bi-directional	W <sup>1)</sup>

#### Seals

NBR (Nitrile rubber to DIN ISO 1629) with shaft seal FPM	P
FPM (Fluoride rubber to DIN ISO 1629)	V

#### Shaft end

Parallel with key to DIN 6885	P
Splined to DIN 5480	Z

#### Mounting flange

	40	71	125	180	250	355	500	750	1000	
ISO 4-hole	●	●	●	●	●	●	-	-	-	B
ISO 8-hole	-	-	-	-	-	-	●	●	●	H

#### Service ports

Ports A,B: SAE at the side (same side), with metric fixing screws	10
---	----

In prep.

**Table of values** (theoretical values, without considering  $h_{mh}$  and  $h_v$ ; values rounded)

Size		40	71	125	180	250	355	500	750	1000		
Displacement	$V_{g \max}$	cm <sup>3</sup>	40	71	125	180	250	355	500	750	1000	
Max. speed	$n_{\max}$	rpm	3700	3200	2600	2400	2200	2000	1800	1600	1600	
Max. flow	at $n_{\max}$	$Q_{\max}$	L/min	148	227	325	432	550	710	900	1200	1600
	at $n_E = 1500$ rpm		L/min	60	107	186	270	375	533	750	1125	1500
Max. power ( $\Delta p = 350$ bar)	at $n_{o \max}$	$P_{o \max}$	kW	86	132	190	252	321	414	525	700	933
	at $n_E = 1500$ rpm		kW	35	62	109	158	219	311	438	656	875
Max. torque ( $\Delta p = 350$ bar)	at $V_{g \max}$	$T_{\max}$	Nm	223	395	696	1002	1391	1976	2783	4174	5565
Torque ( $\Delta p = 100$ bar)	at $V_{g \max}$	$T$	Nm	64	113	199	286	398	564	795	1193	1590
Moment of inertia about drive axis	$J$	kgm <sup>2</sup>	0,0049	0,0121	0,03	0,055	0,0959	0,19	0,3325	0,66	1,20	
Filling volume	$L$	L	2	2,5	5	4	10	8	14	19	27	
Approx. weight (pump with EO1 control and valve block) m		kg	47	60	100	114	214	237	350	500	630	
Max. axial force	$\pm F_{ax \max}$	N	600	800	1000	1400	1800	2000	2000	2200	2200	
Max. radial force	$F_{q \max}$	N	1000	1200	1600	2000	2000	2200	2500	3000	3500	



**Determination of size**

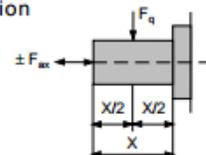
Output flow  $Q = \frac{V_g \cdot n \cdot \eta_v}{1000}$  [L/min]

Torque  $T = \frac{1,59 \cdot V_g \cdot \Delta p}{100 \cdot \eta_{mh}}$  [Nm]

Power  $P = \frac{2\pi \cdot T \cdot n}{60000} = \frac{T \cdot n}{9549} = \frac{Q \cdot \Delta p}{600 \cdot \eta_t}$  [kW]

- $V_g$  = geometr. displacement [cm<sup>3</sup>] per revolution
- $\Delta p$  = Differential pressure [bar]
- $n$  = Speed [rpm]
- $\eta_v$  = Volumetric efficiency
- $\eta_{mh}$  = Mechanical-hydraulic efficiency
- $\eta_t$  = Total efficiency [ $\eta_t = \eta_v \cdot \eta_{mh}$ ]

Application of forces





<b>Ports Standard</b>	<b>Thread size</b>	<b>Maximum permissible tightening torque of the female threads <math>M_{0\text{ max}}</math></b>	<b>Required tightening torque of the threaded plugs <math>M_v</math></b>	<b>WAF hexagon socket of the threaded plugs</b>
DIN 3852 <sup>1)</sup>	M8 x 1	10 Nm	7 Nm	3 mm
	M10 x 1	30 Nm	15 Nm <sup>2)</sup>	5 mm
	M12 x 1.5	50 Nm	25 Nm <sup>3)</sup>	6 mm
	M14 x 1.5	80 Nm	35 Nm	6 mm
	M16 x 1.5	100 Nm	50 Nm	8 mm
	M18 x 1.5	140 Nm	60 Nm	8 mm
	M22 x 1.5	210 Nm	80 Nm	10 mm
	M26 x 1.5	230 Nm	120 Nm	12 mm
	M27 x 2	330 Nm	135 Nm	12 mm
	M33 x 2	540 Nm	225 Nm	17 mm
	M42 x 2	720 Nm	360 Nm	22 mm
	M48 x 2	900 Nm	400 Nm	24 mm

## Fluid

For extensive information on the selection of fluids and for application conditions, please consult our data sheets RE 90220 (mineral oils), RE 90221 (environmentally acceptable fluids) or RE 90223 (HF fluids) before proceeding with the design stage. When operating with environmentally acceptable or HF fluids reduced operating conditions may apply.

### Operating viscosity range

In order to obtain optimum efficiency and service life, we recommend that the operating viscosity (at operating temperature) be selected from within the range:

$$v_{opt} = \text{operating viscosity } 16 \dots 36 \text{ mm}^2/\text{s}$$

referred to the closed loop temperature.

### Viscosity limits

The limiting values for viscosity are as follows:

$$v_{min} = 10 \text{ mm}^2/\text{s}$$

short term at a maximum permissible drain temperature of 90° C.

$$v_{max} = 1000 \text{ mm}^2/\text{s}$$

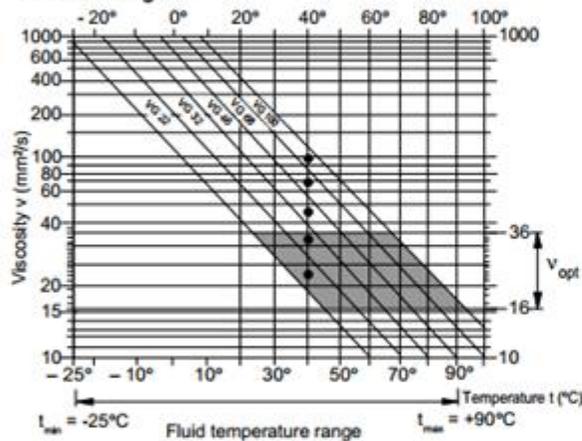
short term on cold start.

### Notes on the selection of hydraulic fluid

In order to select the correct fluid, it is necessary to know the operating temperature in the circuit (closed loop), in relation to the ambient temperature.

The hydraulic fluid should be selected so that within the operating temperature range the operating viscosity lies within the optimum range ( $n_{opt}$ ), (see shaded section of selection diagram). We recommend that the highest possible viscosity range be chosen in each case.

### Selection diagram



Example: At an ambient temperature of X° C the operating temperature is 60° C. Within the optimum operating viscosity range ( $n_{opt}$ ; shaded area) this corresponds to viscosity ranges VG 46 or VG 68. VG 68 should be selected.

Important: The leakage oil (case drain oil) temperature is influenced by pressure and speed and is always higher than the circuit temperature. However at no point in the circuit may the temperature exceed 90° C.

If it is not possible to comply with the above conditions because of extreme operating parameters or high ambient temperatures, please consult us.

### Flushing of the bearings

With the following operating conditions the bearings should be flushed to ensure correct functioning over a long period:

- with special fluids (not mineral) due to limited lubricity and a narrow operating temperature range
- when operating with mineral oils in limited conditions of temperature and viscosity
- with vertical installation (drive shaft facing upwards) flushing of the bearings is recommended for lubrication of the front bearing and shaft sealing ring.

Flushing of the bearings is carried out via port "U" in the vicinity of the front flange of the variable pump. The flushing oil flows through the front bearing and out with the pump case drain oil at the drain port.

The following quantities are required for flushing the various sizes:

Size	40	71	125	180	250	355	500	750	1000
$Q_{sp}$ L/min	3	4	5	7	10	15	20	30	40

For the given flushing quantities there will be a pressure difference of approx. 2 bar between port "U" (including fittings) and the case drain oil chamber.

### Filtration of fluid (axial piston unit)

In order to ensure correct functioning of the unit, a minimum level of cleanliness to NAS 16389 class 9

SAE class 6

ISO/DIS 4406 class 18/15 is necessary.

This is achievable for example with a filter element

Type...D 020...(see RE 31278).

This gives a filter quotient of

$$\beta_{20} \geq 100$$

If a filter for the boost circuit is factory mounted (Ordering code **F**), depending on the size of the axial piston unit the following filters are installed, fitted with opto-electrical clogging indicator as standard:

Sizes 40 and 71:	LFBN/HC60G20D1.0/24/V
Sizes 125, 180 and 250:	LFBN/HC110G20D1.0/24/V
Size 355:	LFBN/HC240G20D1.0/L24/V
Size 500:	LFBN/HC330G20D1.0/L24/V

For further details see RE 31278.

### Temperature range (cf. selection diagram)

$$t_{min} = -25^\circ \text{C}$$

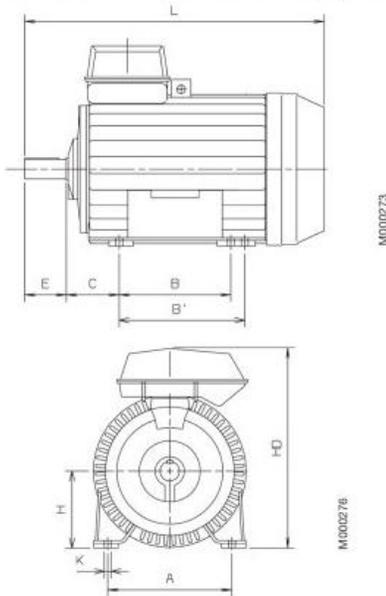
$$t_{max} = +90^\circ \text{C}$$

## Anexo N°3: Motor Eléctrico

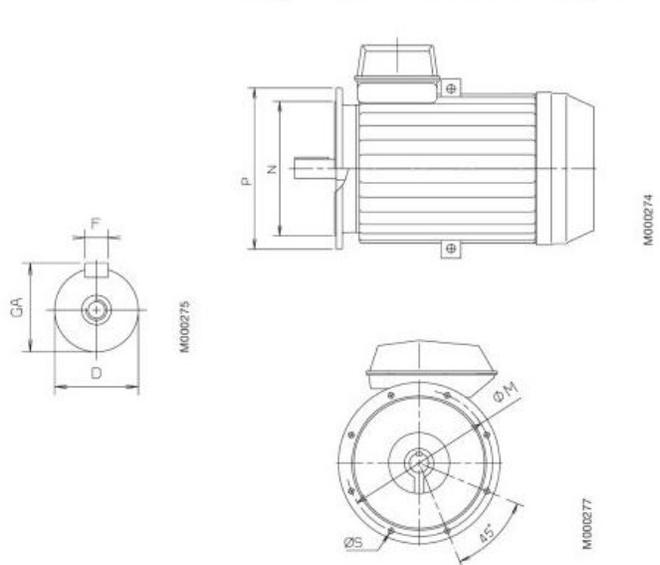
Output kW	Motor type	Product code	Speed r/min	Effi- ciency %	Power factor cos φ	Current		Torque									
						$I_N$	$I_s$	$T_N$	$T_s$	$T_{max}$							
						A	$I_N$	Nm	$T_N$	$T_N$							
<b>1500 r/min = 4 poles</b>						<b>380 V 50 Hz</b>						<b>Basic design</b>					
75	M2CA	280 SA	3GCA	282 110-••A	1481	94.8	0.86	142	6.2	483	2.2	2.5					
90	M2CA	280 SMA	3GCA	282 210-••A	1482	95.1	0.86	169	6.5	579	2.4	2.6					
110	M2CA	315 SA	3GCA	312 110-••A	1486	95.3	0.86	204	6.4	707	1.9	2.5					
132	M2CA	315 SMA	3GCA	312 210-••A	1485	95.5	0.86	245	6.1	849	2.0	2.4					
160	M2CA	315 MB	3GCA	312 320-••A	1485	95.9	0.87	294	6.6	1029	2.1	2.6					
200	M2CA	315 LA	3GCA	312 510-••A	1484	96.1	0.87	365	6.6	1286	2.2	2.6					
200	M2CA	355 SA	3GCA	352 110-••C	1487	95.9	0.87	364	6.6	1284	1.8	2.3					
250	M2CA	355 MA	3GCA	352 310-••C	1487	96.1	0.87	453	6.8	1605	1.9	2.3					
315	M2CA	355 LA	3GCA	352 510-••C	1487	96.3	0.87	571	6.6	2023	2.0	2.5					
355	M2CA	355 LB	3GCA	352 520-••C	1488	96.5	0.87	640	6.8	2277	2.1	2.4					
400	M2CA	355 LKD	3GCA	352 840-••C	1488	96.5	0.88	712	7.2	2567	2.2	2.5					
450	M2CA	400 MLA	3GCA	402 410-••C	1490	96.5	0.88	804	6.7	2884	1.7	2.4					
500	M2CA	400 MLB	3GCA	402 420-••C	1491	96.7	0.87	900	7.3	3202	1.9	2.6					
560	M2CA	400 LKA	3GCA	402 810-••C	1490	96.8	0.86	1022	6.7	3589	2.1	2.7					
630	M2CA	400 LKB	3GCA	402 820-••C	1490	96.8	0.88	1122	6.9	4037	1.9	2.7					

## Dimension drawings

Foot mounted motor IM 1001, B3



Flange mounted motor IM 3001, B5



Motor size	IM 1001, B3 and IM 3001, B5										IM 1001, B3						IM 3001, B5				
	D		GA		F		E		L max		A	B	B'	C	HD	K	H	M	N	P	S
	poles	poles	poles	poles	poles	poles	poles	poles													
280 SA	65	75	69	79.5	18	20	140	140	1060	990	457	368	-	190	730	24	280	500	450	550	18
280 SMA	65	75	69	79.5	18	20	140	140	1060	1060	457	368	419	190	730	24	280	500	450	550	18
280 MB	65	75	69	79.5	18	20	140	140	1120	1120	457	419	-	190	730	24	280	500	450	550	18
280 MC	65	75	69	79.5	18	20	140	140	1255	1255	457	419	-	190	730	24	280	500	450	550	18
280 MD	65	75	69	79.5	18	20	140	140	1255	1255	457	419	-	190	730	24	280	500	450	550	18
315 SA	65	80	69	85	18	22	140	170	1095	1125	508	406	-	216	820	28	315	600	550	660	23
315 SMA	65	80	69	85	18	22	140	170	1195	1125	508	406	457	216	820	28	315	600	550	660	23
315 MB	65	80	69	85	18	22	140	170	1195	1225	508	457	-	216	820	28	315	600	550	660	23
315 LA	65	90	69	95	18	25	140	170	1265	1295	508	508	-	216	820	28	315	600	550	660	23
315 LB	65	90	69	95	18	25	140	170	1545	1575	508	508	-	216	820	28	315	600	550	660	23
315 LC	65	90	69	95	18	25	140	170	1545	1575	508	508	-	216	848	28	315	600	550	660	23
355 SA, SB	70	100	74.5	106	20	28	140	210	1317	1387	610	500	-	254	900	28	355	740	680	800	23
355 MA, MB	70	100	74.5	106	20	28	140	210	1377	1447	610	560	-	254	915	28	355	740	680	800	23
355 LA, LB	70	100	74.5	106	20	28	140	210	1457	1527	610	630	-	254	915	28	355	740	680	800	23
355 LKD	-	100	-	106	-	28	-	210	-	1667	610	630	710	254	915	28	355	740	680	800	23
400 MLA, MLB	70	100	74.5	106	20	28	140	210	1628	1698	686	630	710	280	1000	35	400	740	680	800	23
→ 400 LKA, LKB	80	100	85	106	22	28	170	210	1798	1838	686	710	800	280	1000	35	400	740	680	800	23

A
B
C
D,E,F
G

**M2CA 315 SMA 3GCA 312 210 - ADA, 003 etc.**

1 - 4	5 - 6	7	8 - 10	11	12	13	14
-------	-------	---	--------	----	----	----	----

- A** Motor type
- B** Motor size
- C** Product code
- D** Mounting arrangement code
- E** Voltage/frequency code
- F** Generation code
- G** Variant code

**Explanation of the product code:**

**Positions 1 to 4**

**3GCA** = Totally enclosed fan cooled squirrel cage motor with steel stator frame

**Positions 5 and 6**

IEC-size

**28** = 280                      **35** = 355  
**31** = 315                      → **40** = 400

**Position 7**

Speed (Pole pairs)

→ **1** = 2 poles                      **6** = 12 poles  
**2** = 4 poles                      **7** = > 12 poles  
**3** = 6 poles                      **8** = Two-speed motors  
**4** = 8 poles                      **9** = Multi-speed motors  
**5** = 10 poles

**Position 12**

Mounting arrangement

→ **A** = Foot-mounted, top-mounted terminal box  
**R** = Foot-mounted, terminal box RHS seen from D-end  
**L** = Foot-mounted, terminal box LHS seen from D-end  
**B** = Flange-mounted, large flange  
**H** = Foot- and flange-mounted, top-mounted terminal box  
**S** = Foot- and flange-mounted, terminal box RHS seen from D-end  
**T** = Foot- and flange-mounted, terminal box LHS seen from D-end

**Position 13**

Voltage and frequency code

See table below

**Position 8 to 10**

Serial number

**Position 14**

Generation code = A or C

**Code letters for supplementing the product code for voltage and frequency:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>H</b>
380 VY 50 Hz	380 V $\Delta$ 50 Hz	380-420 V $\Delta$ 50 Hz 660-690 VY 50 Hz 440-480 V $\Delta$ 60 Hz	500 V $\Delta$ 50 Hz 575 V $\Delta$ 60 Hz	500 VY 50 Hz 575 VY 60 Hz	415 V $\Delta$ 50 Hz
<b>S</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>X</b>		
220-240 V $\Delta$ 50 Hz 380-420 VY 50 Hz 440-480 VY 60 Hz	660 V $\Delta$ 50 Hz	690 V $\Delta$ 50 Hz	Other rated voltage, connection or frequency max. 690 V		

## Anexo N°4: Variador de frecuencia

Especificaciones nominales		Uso sin sobrecarga	Uso sobrecarga ligera		Uso en trabajo pesado		Nivel de ruido dBA	Disipación al líquido kW	Flujo de masa l/min	Código de tipo	Tamaño bastidor	
$I_{cont. máx}$ A	$I_{máx}$ A	$P_{cont. máx}$ kW	IN	$P_N$ A	$I_{hd}$ kW	$P_{hd}$ A						kW
U <sub>N</sub> = 400 V (Rango de 380-415 V). Las especificaciones de potencia son válidas a tensión nominal (400 V).												
563	674	315		540	250	421	200	55	8,7	32	ACS800-07LC-0390-3	1xD3 + 1xR8i
678	837	355		651	355	507	250	55	10	32	ACS800-07LC-0470-3	1xD3 + 1xR8i
889	1037	500		853	400	665	355	55	14	32	ACS800-07LC-0620-3	1xD3 + 1xR8i
1103	1279	630		1059	560	825	450	56	16	45	ACS800-07LC-0760-3	1xD4 + 2xR8i
1329	1590	710		1276	710	994	500	56	21	45	ACS800-07LC-0920-3	1xD4 + 2xR8i
1742	1994	900		1673	900	1303	710	56	26	45	ACS800-07LC-1210-3	1xD4 + 2xR8i
1973	2347	1120		1894	1120	1476	900	58	28	77	ACS800-07LC-1370-3	2xD4 + 3xR8i
2587	2941	1400		2484	1400	1935	1120	58	37	77	ACS800-07LC-1790-3	2xD4 + 3xR8i
3414	3906	2000		3277	2000	2553	1400	58	51	90	ACS800-07LC-2370-3	2xD4 + 4xR8i
4245	4858	2500		4075	2240	3175	1800	59	62	122	ACS800-07LC-2940-3	3xD4 + 5xR8i
5067	5799	2800		4865	2800	3790	2000	60	76	135	ACS800-07LC-3510-3	3xD4 + 6xR8i

Tamaño bastidor mm	Altura mm	Anchura s/unidad LC mm	Anchura c/unidad LC mm	Prof. Kg	Peso
1xD3 + 1xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	730	1030	644	700
1xD3 + 2xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	930	1230	644	830
1xD4 + 2xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	930	1230	644	870
1xD4 + 3xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	1130	1430	644	1040
2xD4 + 3xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	1530	2130	644	1440
2xD4 + 4xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	1830	2430	644	1660
2xD4 + 5xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	2030	2630	644	1910
2xD4 + 6xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	2230	2830	644	2080
3xD4 + 5xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	2430	3030	644	1910
3xD4 + 6xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	2630	3230	644	2080
3xD4 + 7xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	2930	3530	644	2780
3xD4 + 8xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	3130	3730	644	2950
3xD4 + 9xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	3330	3930	644	3120
3xD4 + 10xR8i	2003 <sup>1)2)</sup>	3630	4230	644	3400

Conexión a la Red	
Rango de tensión y potencia	Trifásica, U2IN = 208 a 240 V, ± 10%, excepto 07, 07LC, 17 y 37 Trifásica, U3IN = 380 a 415 V, ± 10% Trifásica, U5IN = 380 a 500 V, ± 10% Trifásica, U7IN = 525 a 690 V, ± 10% (600 V UL, CSA)
Frecuencia	48 a 63 Hz
Factor de potencia	cos φ = 0,98 (fundamental) cos φ = 0,93...0,95 (total)
Factor de potencia (ACS800-11/31/17/37)	cos φ = 1 (fundamental) cos φ = 0,99 (total)
Rendimiento (a potencia nominal)	
ACS800-0x	98%
ACS800-1x/3x	97%
Conexión a Motor	
Tensión para unidades de > 500 V	Tensión salida trifásica 0...U2IN/U3IN/U5IN/U7IN Véase la "Tabla de selección del filtro para el ACS800" dentro de los filtros du/dt (pag A37)
Frecuencia	0...±300 Hz (0...±120 Hz para 07/17/37 con filtros du/dt opcionales)
Punto inicio debil. campo	8...300 Hz
Control del motor	Control Directo del Par de ABB (DTC)
Control de par:	Tiempo de incremento de escalón de par
Lazo abierto	< 5 ms con par nominal
Lazo cerrado	< 5 ms con par nominal
Lazo abierto	No linealidad: ±4% con par nominal
Lazo cerrado	±3% con par nominal
Control de velocidad:	Precisión estática:
Lazo abierto	10% del deslizamiento del motor
Lazo cerrado	0,01% de la velocidad nominal
Lazo abierto	Precisión dinámica: 0,3...0,4% seg. con 100% de escalón de par
Lazo cerrado	0,1...0,2% seg. con 100% de escalón de par
Cumplimiento de Normativas	
CE Directiva Europea sobre la Baja Tensión 73/23/EEC con enmienda 93/68/EEC Directiva relativa a la maquinaria 98/37/EC Directiva EMC 89/336/EEC con enmienda 93/68/EEC Sistema de control de calidad ISO 9001 y sistema de gestión medioambiental ISO 14001 UL, cUL 508A o 508C y CSA C22.2 N° 14-95, C-Tick y GOST R	
Límites Ambientales	
Temp. ambiente	
Transporte	-40...+70°C
Almacenamiento	-40...+70°C
Funcionamiento	-15...+50°C, no se permite escarcha 40...50°C a intensidad de salida reducida (1%/1°C)
Funcionamiento	0...±50°C no se permite escarcha
Serie de producto (ACS 800-07LC)	40...50°C a intensidad de salida reducida (1%/1°C)

Método refrigeración:	Aire limpio seco
Método refrigeración: (ACS800-07LC):	Refrigeración líquida directa
Líquido refrigerante:	+ 38°C máx. circuito cliente, agua dulce o agua marina (unidad de refrigeración líquida opcional) + 38°C... +45°C a intensidad de salida reducida (1%/1°C) + 38°C máx. circuito convertor, agua dulce + 42°C... +48°C a intensidad de salida reducida (1%/1°C)
Altitud	
0...1.000 m	sin derrateo
1.000...4.000 m	con derrateo ~ (1%/100 m) (unidades de 690 V, 1000...2000 m con derrateo)
Humedad relativa	5 a 95%, no se permite condensación
Grado de protección	
IP21	estándar para -01, -11, -31, -02, -07, -17 y -37
IP22	opción para -07, -17 y -37
IP42	Estándar para -07LC, opción para -07, -17 y -37
IP54	opción para -07, -07LC, -17 y -37
IP54R	opción para -07, -17 y -37
IP55	opción para -01
R = conexión al conducto de salida de aire	
Pintura	-07,-07LC -17, -37: RAL 7035 -01, -11, -31, -02: NCS 1502-Y (RAL 90021, PMS 420 C)
Niveles contaminación	No se permite polvo conductor
Almacenamiento	IEC60721-3-1, Clase 1C2 (gases químicos), Clase 1S2 (partículas sólidas)
Transporte	IEC60721-3-2, Clase 2C2 (gases químicos), Clase 2S2 (partículas sólidas)
Funcionamiento	IEC60721-3-3, Clase 3C1/3C2* (gases químicos), Clase 3S2 (partículas sólidas)
Vibración (clasif. marítima)	3 a 13,2 Hz: ±1 mm de amplitud (máxima) 13,2 a 100 Hz: 0,7 g de aceleración
C = sustancias químicamente activas S = sustancias mecánicamente activas * tarjetas de circuito impreso barnizadas	
EMC según EN 61800-3/A11 (2000), EN 61800-3 (2004)	
2o entorno, distribución no restringida, categoría C3; estándar en -07 (bastidor nxR8i), -07LC, -17 y -37 (bastidores R7i-nxR8i), opción en los demás 1er entorno, distribución restringida (categoría C2) como opción hasta una intensidad de entrada de 1.000 A	

## Anexo N°5: Mangueira



### Mangueira Rotary Vibrator/Drilling ou Motion Compensator

(Mangueira do Kelly)  
5.000psi P.T. – 10.000psi Teste Grau D  
12.500psi Pressão Mín. de Ruptura

#### Certificações / Normas

API Espec. 7K  
ISO 14693  
ABS-CDA Homologação de Tipo  
DNV Homologação de Tipo: NV D-3352  
Certificado de Teste (Incluso)  
Terminais-Investigação de Material (Disponível)  
Teste com Testemunho de 3ª Parte(Custo Adicional)

### Manguera Rotary Vibrator/Drilling o Motion Compensator

(Manguera de Kelly)  
5.000psi P.T. - 10.000psi Test Grado D  
12.500psi Presión Mín. de Ruptura

#### Certificaciones / Normas

API Espec. 7K  
ISO 14693  
ABS/CDA Homologación de Tipo  
DNV Homologa de Tipo: NV D-3352  
Certificado de Test (Incluido)  
Terminales/ Investigación de Material (Disponible)  
Test con Testimonio de 3ª Parte(Costo Adicional)

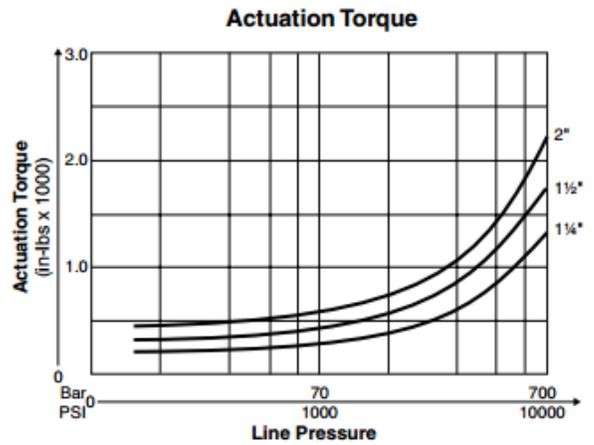
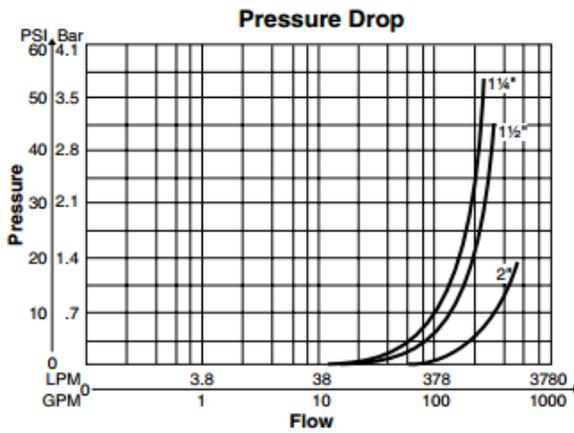
Diam. Int. Nominal	Diam. Ext. Nominal		Raio Min.de Curvatura / Radio Mín. Curvatura		Peso da Mangueira / Peso de la Mangueira		Rosca do Terminal API / Terminal de Tornillo API	Terminal Forjado (peso/pç) / (peso/número)		Comprimento Máximo da Mangueira / Lungitud Máxima de la Mangueira		Grampo e Corrente de Segurança / Abrazadera y la cadena de seguridad	Espec.
	Pol. / Pulgadas	Pol. / Pulgadas	m.m.	Pol. / Pulgadas	m.m.	Lbs./ft	Kg/m	Pol.	Lbs.	Kg	Fl.	m	
2.1/2	4,14	105	36	915	9,8	15	3	33	15,0	90	27,4	7361-0825	4774PE
3	4,61	117	48	1220	10,8	16	4	44,5	20,2	90	27,4	7361-0830	4774PE
3.1/2	5,25	133	54	1372	12,8	19	4	47	21,3	90	27,4	7361-0835	4774PE
→ 4	5,61	143	54	1372	13,4	20	5	55	24,9	90	27,4	7361-0840	4774PE
→ 5	7,41	188	60	1524	30,8	47	5	160,5	72,7	90	27,4	-	4774PE

**Anexo N°6: Válvulas de cierre.**

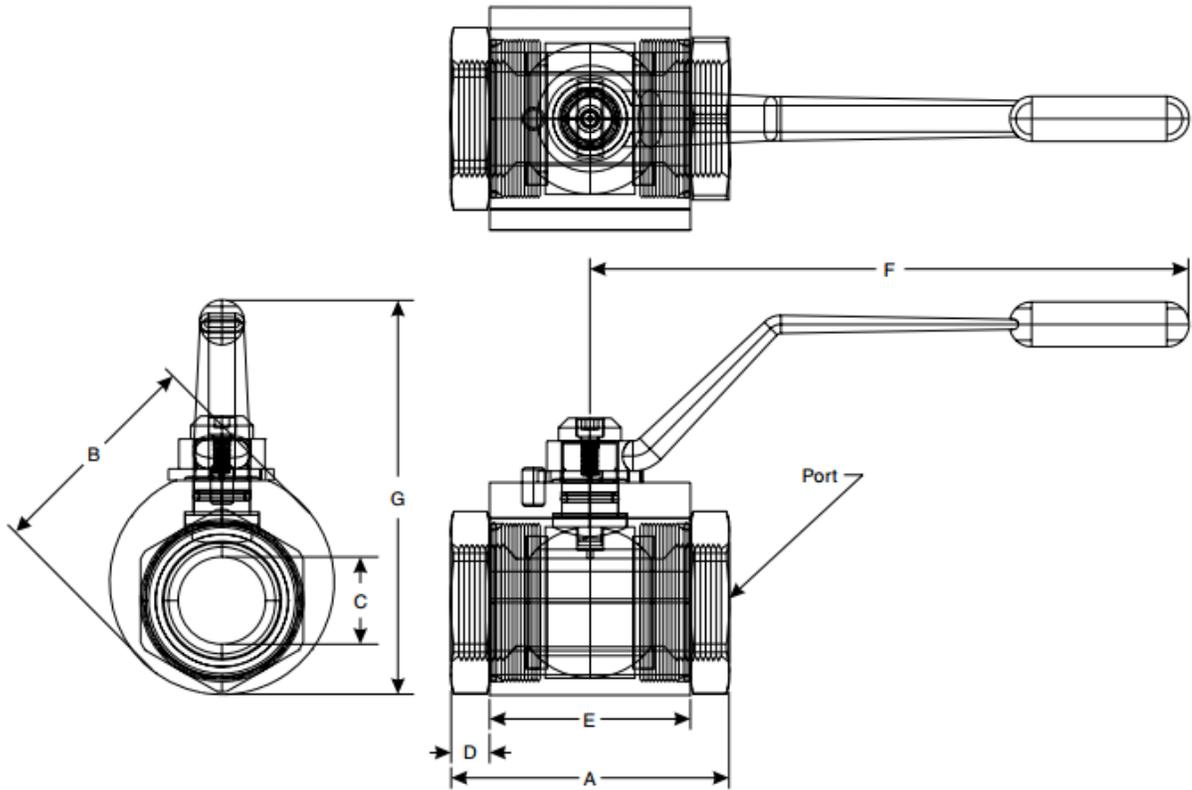
**Specifications**

<b>Maximum Pressure</b>	414 Bar (6000 PSI)
<b>Body Material</b>	Carbon Steel, Black Oxide, Stainless Steel
<b>Ball Material</b>	Steel, Chrome Plated, Stainless Steel
<b>Stem Material</b>	Steel, Zinc Plated, Stainless Steel
<b>Standard Handle</b>	Steel Offset, Nickel Plated
<b>Ball Seals</b>	Delrin + MoS <sub>2</sub>
<b>Spindle Seals</b>	O-Ring & Backup, Nitrile
<b>Operating Temperature</b>	-30°C to +100°C (-22°F to +212°F)

**Performance Curves**



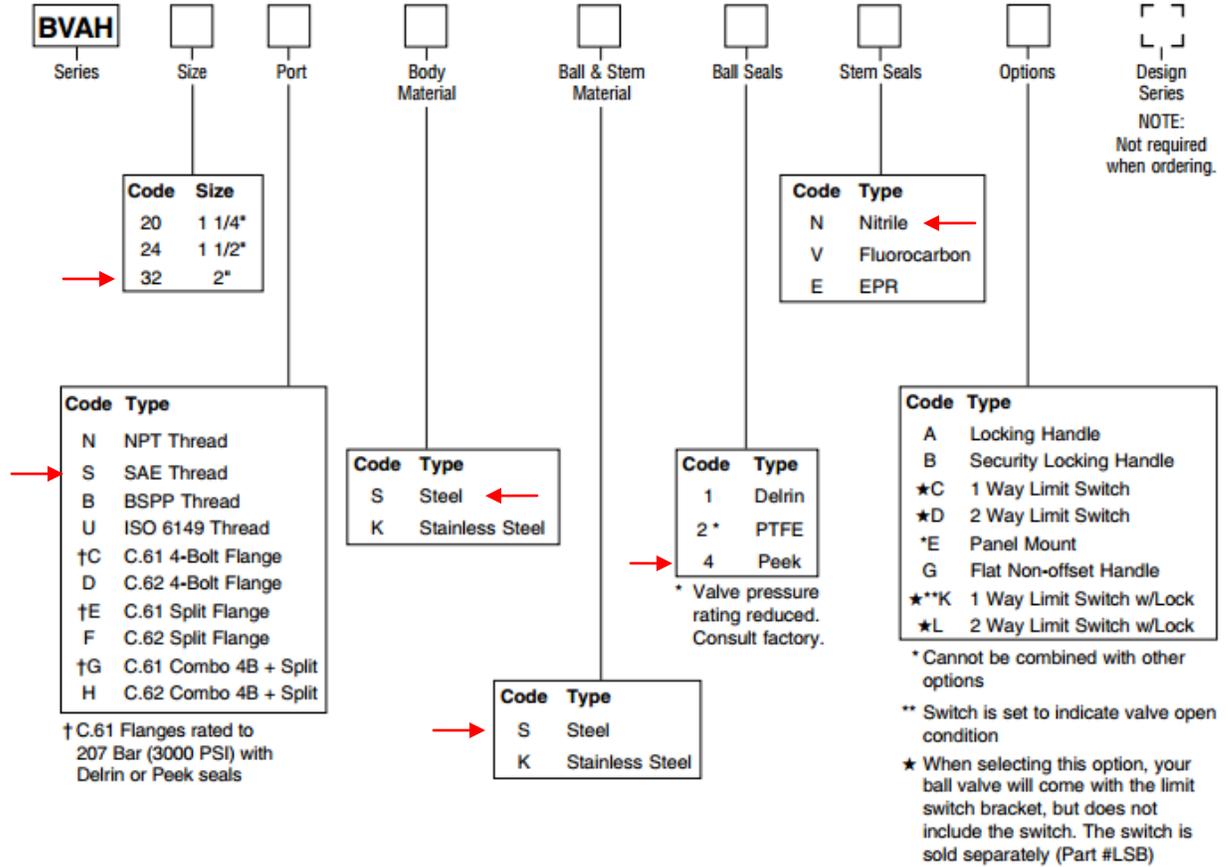
**Threaded Ports**



SAE Thread									
20	1 1/4"	414 Bar (6000 PSI)	122.9 (4.84)	88.9 (3.50)	32.0 (1.26)	21.6 (0.85)	80.0 (3.15)	254.0 (10.00)	160.3 (6.31)
24	1 1/2"	414 Bar (6000 PSI)	135.4 (5.33)	95.3 (3.75)	38.1 (1.50)	25.1 (0.99)	85.1 (3.35)	254.0 (10.00)	171.7 (6.76)
→ 32	2"	414 Bar (6000 PSI)	166.1 (6.54)	114.3 (4.50)	48.0 (1.89)	33.0 (1.30)	100.1 (3.94)	254.0 (10.00)	188.5 (7.42)

## Ordering Information

## Series BVAH

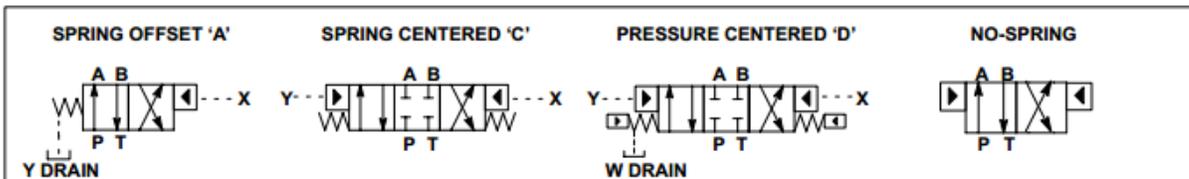


Anexo N°7: Válvula direccional 4/3

**Spool Type and Center Position**

Spool Type	Center Position	Spool Type	Center Position	Spool Type	Center Position	Spool Type	Center Position	Spool Type	Center Position
0		3		7		11		52	(Below)
1		4 (Closed Crossover)		8 (Open Crossover)		31			
2		6		9		33			

**Graphical Symbols**



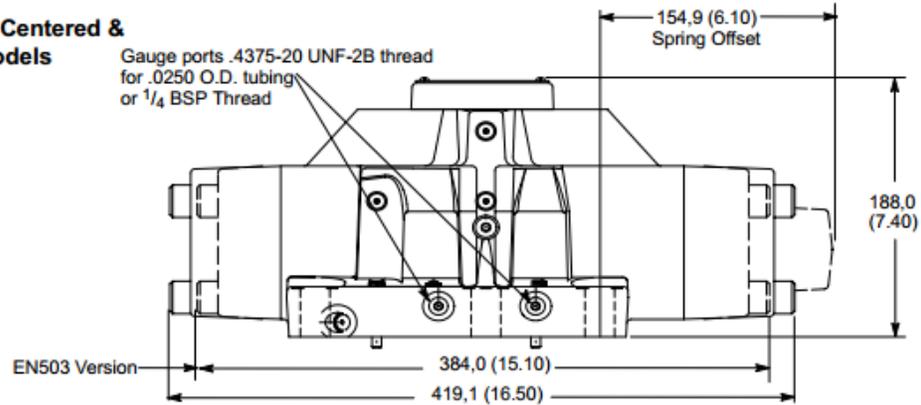
**Power Limits @ 10 bar (150 psi) Pilot Pressure**

**3 Position Valve & Spring Centered**

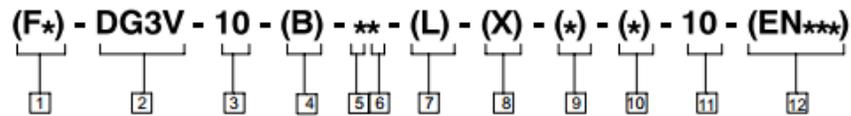
Spool Types	Pressure - bar (psi)				
	70 (1000)	140 (2000)	210 (3000)	280 (4000)	350 (5000)
	L/min (USgpm)				
2, 3, 6, 7, 33 & 52	1100 (290)	1078 (285)	1022 (270)	832 (220)	757 (200)
9	1100 (290)	1040 (275)	719 (190)	662 (175)	473 (125)
0, 4 & 8	946 (250)	889 (235)	851 (225)	757 (200)	662 (175)
1 & 11	946 (250)	681 (180)	454 (120)	321 (85)	321 (85)

Millimeters (inches)

**DG3V-10 Spring Centered & Spring Offset Models**



**Model Code**



**1 Special Seals**

(Omit if not required)  
**F3** - Seals for fire resistant fluids.  
**F6** - Seals for water glycol.

**2 Directional Control Valve**

**DG3V** - Subplate mounting; pilot operated, remote operator. Pressure rating 350 bar (5000 psi) for P, A & B ports. (See pressure tabulation below.)

**3 Valve Size**

**10** - Valve size CETOP 10, ISO 4401-10, NFPA D10

**4 Gauge Ports**

**Blank** - .4375-20 UNF-2B Thread  
**B** - 1/4 BSP Thread

**5 Spool Types**

- 0 - Open to T all ports
- 1 - Open P&A to T, closed B
- 2 - Closed to T all ports
- 3 - Closed P&B, open A to T
- 4 - Tandem P to T, closed crossover
- 6 - Closed P only, open A&B to T
- 7 - Open P to A&B, closed T
- 8 - Tandem P to T, open crossover
- 9 - Open to T all ports over tapers
- 11 - Open P&B to T, closed A
- 31 - Closed P&A, open B to T

- 33 - Closed P, open A&B to T over tapers
- 52 - Closed center, regen. by sol. 'A'
- 521 - Closed center, regen. by sol. 'B'

**6 Spool/Spring Arrangement**

- Blank** - No spring
  - A** - Spring offset to cylinder 'A'
  - C** - Spring centered ←
  - D** - Pressure centered 140-210 bar (2000 - 3000 psi)
- (See spool/spring combinations below)

**7 Left Hand Build**

**L** - 'A' Models only, omit if not required.

**8 Fast Response**

**X** - Not available with CETOP 3 pilots or pressure centered 'D' and 'DB' models.

**9 Spool Control Modifications**

- (Omit if not required)
- 1 - Stroke adjustment (both ends) available on C & Blank (no spring) models
- 2 - Pilot choke adjustment (available on all models)
- 3 - Pilot choke and stroke adjusters (both ends) (available on C & Blank (no spring) models)

- 7 - Stroke adjusters on cylinder 'A' end only (available on AL, C & Blank (no spring) models)
- 8 - Stroke adjusters on cylinder 'B' end only (available on AL, C, & Blank (no spring) models)
- 2-7 - If both are required (available on A, C, & Blank (no spring) models)
- 2-8 - If both are required (available on AL left hand build, C & Blank (no spring) models)

**10 Check Valve in Pressure Port**

Not available for 'D' models  
 Omit if not required.  
**K** - 0,3 bar (5 psi) check  
**Q** - 2,4 bar (35 psi) check  
**R** - 3,4 bar (50 psi) check  
**S** - 5,2 bar (75 psi) check

**11 Design Number**

Subject to change. Installation dimensions remain as shown for design numbers 10 through 19.

**12 Special Modifications**

(Omit if not required)  
**EN503**- Reduced overall axial length for close quarter applications.

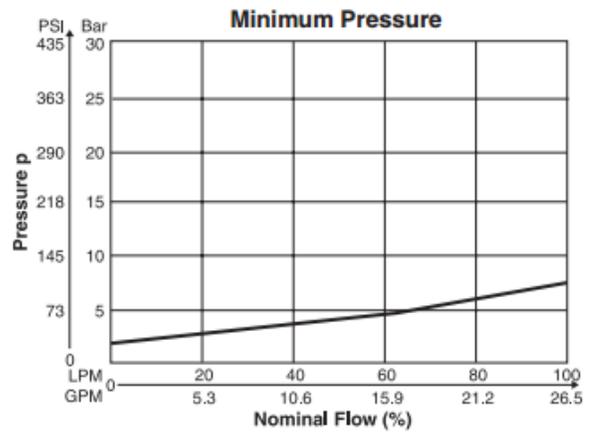
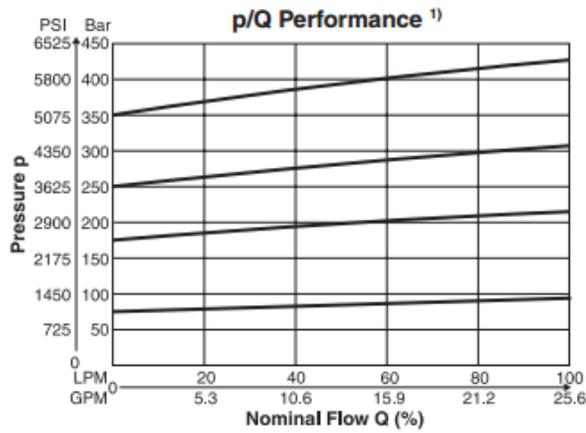
Anexo N°8: Válvula de alivio.

Specifications

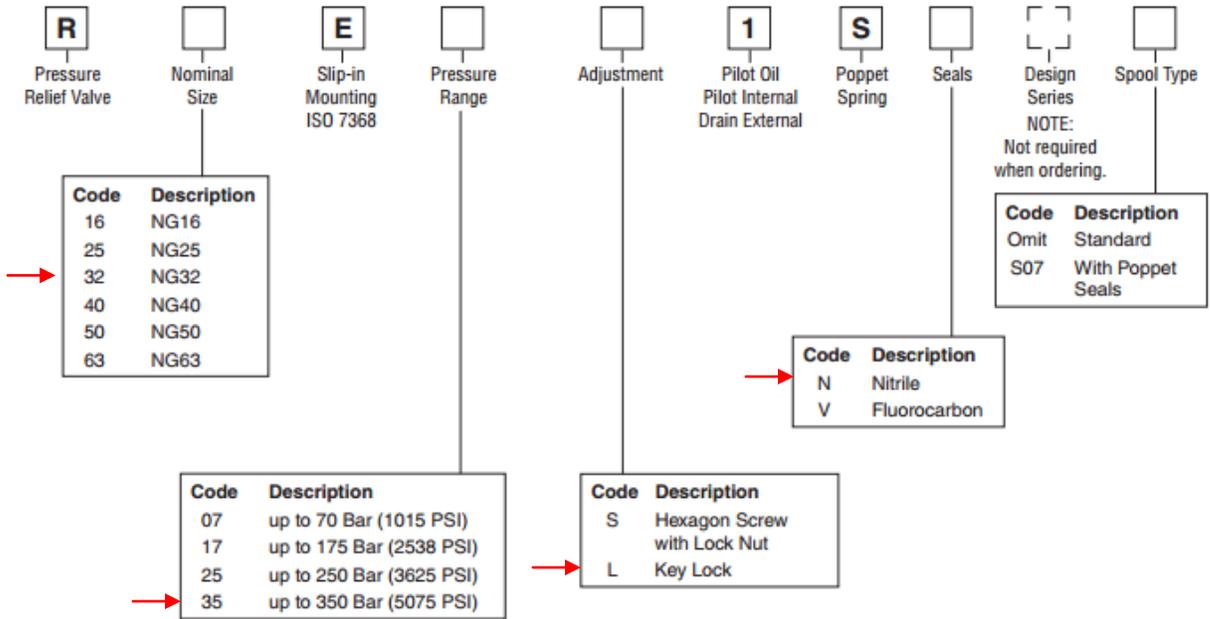


General						
Size	NG16	NG25	NG32	NG40	NG50	NG63
Interface	Slip-in mounting acc. ISO 7368					
Mounting Position	As desired, horizontal mounting preferred					
Ambient Temperature	-20°C to +80°C (-4°F to +176°F)					
Hydraulic						
Maximum Operating Pressure	Ports A and X up to 350 Bar (5075 PSI), Ports B and Y depressurized					
Pressure Range	75, 175, 250, 350 Bar (1088, 2538, 3625, 5075 PSI)					
Nominal Flow	220 LPM (58 GPM)	500 LPM (132 GPM)	950 LPM (251 GPM)	1400 LPM (370 GPM)	2300 LPM (609 GPM)	4000 LPM (1058 GPM)
Fluid	Hydraulic oil according to DIN 51524 ... 525					
Viscosity Recommended	30 to 50 cSt (mm <sup>2</sup> s)					
Viscosity Permitted	20 to 380 cSt (mm <sup>2</sup> s)					
Fluid Temperature	-20°C to +70°C (-4°F to +158°F)					
Filtration	ISO 4406 - (1999) ; 18/16/13					

Performance Curves

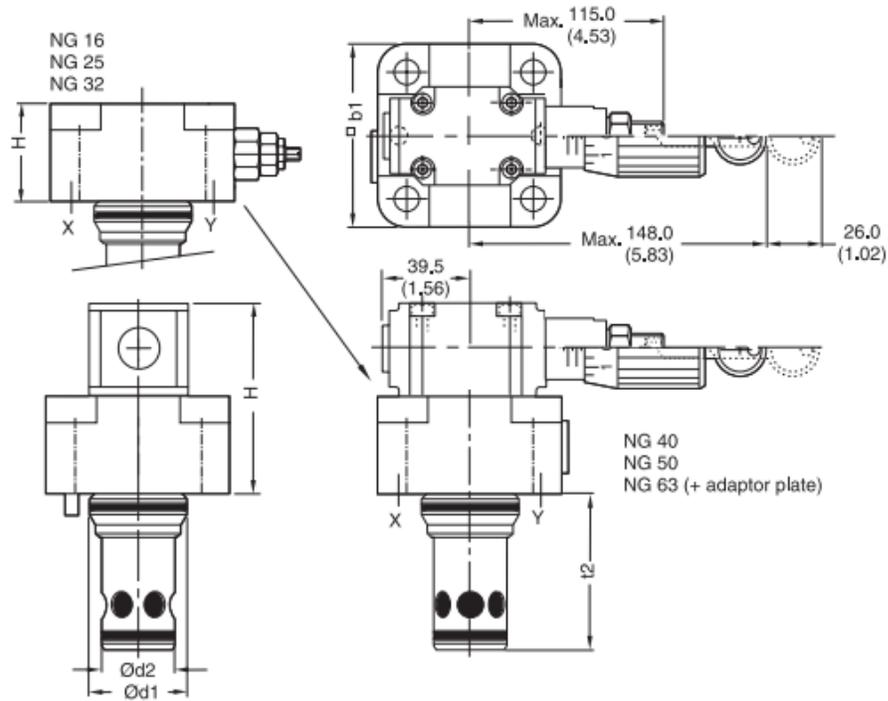


### Ordering Information



## Dimensions

Inch equivalents for millimeter dimensions are shown in (\*\*)



Size	H	b <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	t <sub>2</sub>
NG16	40.0 (1.57)	79.0 <sup>1)</sup> (3.11)	32.0 (1.26)	25.0 (0.98)	58.0 (2.28)
NG25	45.0 (1.77)	85.0 (3.35)	45.0 (1.77)	34.0 (1.34)	72.0 (2.83)
→ NG32	50.0 (1.97)	102.0 (4.02)	60.0 (2.36)	45.0 (1.77)	85.0 (3.35)
NG40	103.0 (4.06)	125.0 (4.92)	75.0 (2.95)	55.0 (2.17)	105.0 (4.13)
NG50	138.0 (5.43)	140.0 (5.51)	90.0 (3.54)	68.0 (2.68)	122.0 (4.80)
NG63	153.0 (6.02)	180.0 (7.09)	120.0 (4.72)	90.0 (3.54)	155.0 (6.10)

NG	Bolt Kit - 		Kit 	
			Nitrile	Fluorocarbon
16	BK414 (BK84)	33 Nm (24.3 lb.-ft.)	SK-R16E	SK-R16EV
25	BK391 (BK77)	115 Nm (84.8 lb.-ft.)	SK-R25E	SK-R25EV
→ 32	BK415 (BK85)	281 Nm (207.2 lb.-ft.)	SK-R32E	SK-R32EV
40	BK416 (BK86)	553 Nm (407.8 lb.-ft.)	SK-R40E	SK-R40EV
50	BK417 (BK87)	553 Nm (407.8 lb.-ft.)	SK-R50E	SK-R50EV
63	BK418 (BK88)	1910 Nm (1408.6 lb.-ft.)	SK-R63E	SK-R63EV

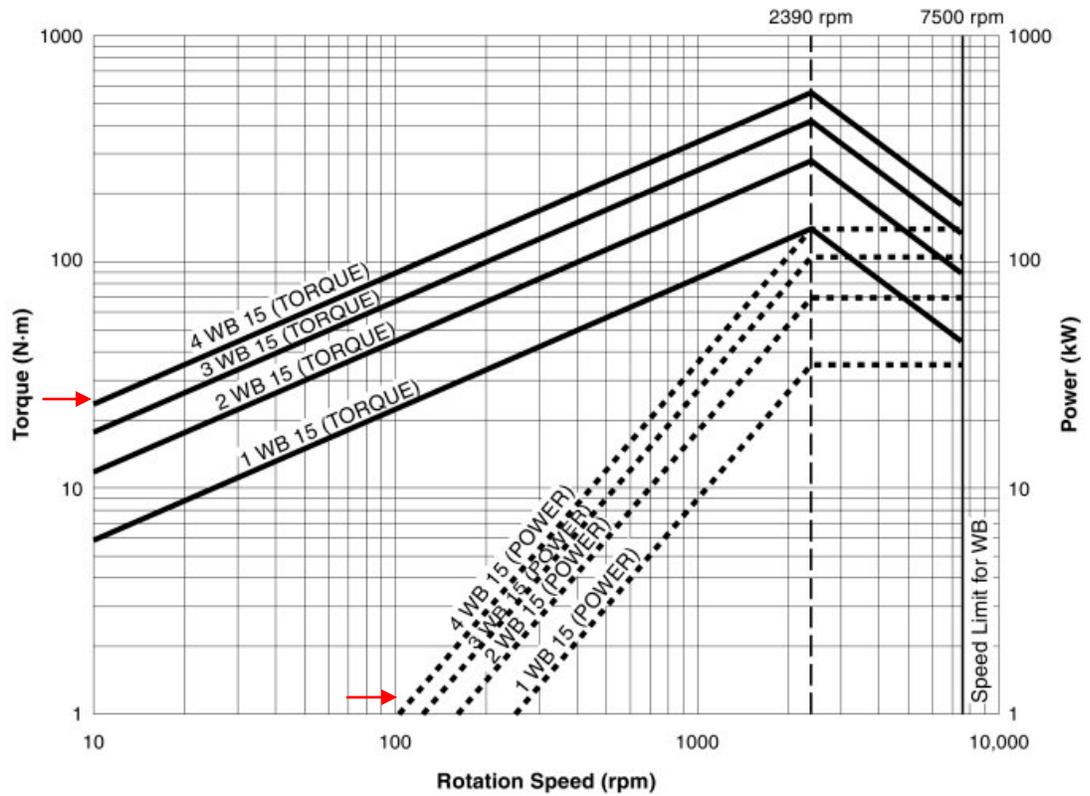
Anexo N°9: Freno dinamométrico

**WB DYNAMOMETER RATINGS**

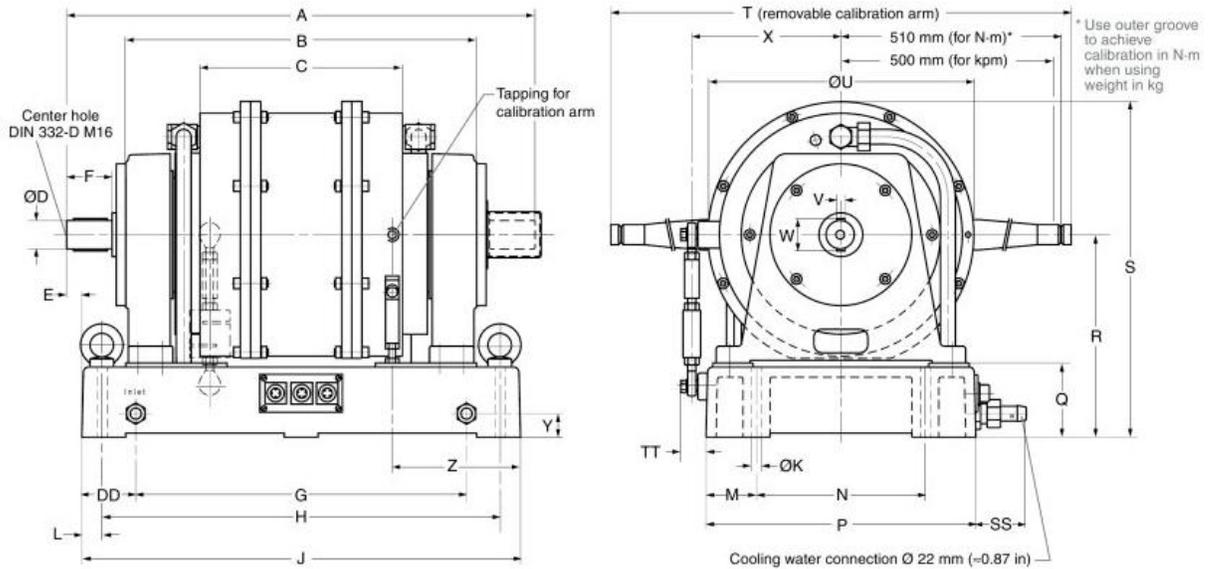
Model	Rated Torque		Drag Torque De-energized		Nominal Input Inertia		Rated Power	Rated Speed	Max. Speed	Excitation Current*
	<i>N·m</i>	<i>lb·ft</i>	<i>N·m</i>	<i>lb·in</i>	<i>kg·m<sup>2</sup></i>	<i>lb·ft·s<sup>2</sup></i>	<i>kW</i>	<i>rpm</i>	<i>rpm</i>	<i>A</i>
1 WB 15	140	103	1.4	12.3	$5.00 \times 10^{-2}$	$3.68 \times 10^{-2}$	35	2390	7500	4
2 WB 15	280	206	2.8	24.7	$1.00 \times 10^{-1}$	$7.37 \times 10^{-2}$	70	2390	7500	7.5
3 WB 15	420	309	4.2	37.1	$1.50 \times 10^{-1}$	$1.10 \times 10^{-1}$	105	2390	7500	10
→ 4 WB 15	560	413	5.6	49.5	$2.00 \times 10^{-1}$	$1.47 \times 10^{-1}$	140	2390	7500	12

**WB TORQUE-SPEED-POWER CURVES**

The diagram below shows the characteristic curves for the 15 Series Eddy-Current Dynamometers.



## SINGLE DYNAMOMETER DIMENSIONS



Model	units	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
1 WB 15 / 1 PB 15	mm	544	370	150	Ø 42g6	-53	68	490	590	650	Ø 15	30	75	250	400
	in	21.42	14.57	5.91	Ø 1.6531 1.6526	-2.09	2.68	19.29	23.23	25.59	Ø 0.59	1.18	2.95	9.84	15.75
2 WB 15 / 2 PB 15	mm	694	520	300	Ø 42g6	22	68	490	590	650	Ø 15	30	75	250	400
	in	27.32	20.47	11.81	Ø 1.6531 1.6526	0.87	2.68	19.29	23.23	25.59	Ø 0.59	1.18	2.95	9.84	15.75
3 WB 15	mm	844	670	450	Ø 42g6	-78	68	840	940	1000	Ø 15	30	75	250	400
	in	33.23	26.38	17.72	Ø 1.6531 1.6526	-3.07	2.68	33.07	37.01	39.37	Ø 0.59	1.18	2.95	9.84	15.75
→ 4 WB 15 / 4 PB 15	mm	994	820	600	Ø 42g6	-3	68	840	940	1000	Ø 15	30	75	250	400
	in	39.13	32.28	23.62	Ø 1.6531 1.6526	-0.12	2.68	33.07	37.01	39.37	Ø 0.59	1.18	2.95	9.84	15.75

Model	units	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	DD	SS	TT	Weight
1 WB 15 / 1 PB 15	mm	110	300 ±0.2	498	1030	Ø 395	12	48	220	35	265	80	75	37	185 kg
	in	4.33	11.819 11.803	19.61	40.55	Ø 15.55	0.47	1.89	8.66	1.38	10.43	3.15	2.95	1.46	407.86 lb
2 WB 15 / 2 PB 15	mm	110	300 ±0.2	498	1030	Ø 395	12	48	220	35	190	80	75	37	290 kg
	in	4.33	11.819 11.803	19.61	40.55	Ø 15.55	0.47	1.89	8.66	1.38	7.48	3.15	2.95	1.46	639.34 lb
3 WB 15	mm	110	300 ±0.2	498	1030	Ø 395	12	48	220	35	290	80	75	37	385 kg
	in	4.33	11.819 11.803	19.61	40.55	Ø 15.55	0.47	1.89	8.66	1.38	11.42	3.15	2.95	1.46	848.78 lb
→ 4 WB 15 / 4 PB 15	mm	110	300 ±0.2	498	1030	Ø 395	12	48	220	35	215	80	75	37	520 kg
	in	4.33	11.819 11.803	19.61	40.55	Ø 15.55	0.47	1.89	8.66	1.38	8.46	3.15	2.95	1.46	1146.40 lb

