

Banco de ensayos mecánicos con sistema oleo hidráulico automatizado

Cuenca, Agustín; Gamarra, Ariel Nicolás; Misericordia Fredy.

Centro Tecnológico Aeroespacial, Calle 116 e/ 47 y 48, B1900 La Plata, Provincia de Buenos Aires, CP 1900. Contacto: agustin.cuenca@alu.ing.unlp.edu.ar

Introducción

Es sabido que, desde sus inicios, la energía hidráulica de potencia tiene características que la hacen útil para múltiples aplicaciones. En el área de los ensayos mecánicos es ampliamente utilizada debido al reducido espacio ocupado y la capacidad de carga que la misma permite. Por estas razones, se realizó el desarrollo de un banco de ensayos mecánicos a partir de un sistema hidráulico el cual fue automatizado para lograr realizar ensayos específicos.

Parte experimental

Sistema hidráulico

El banco de ensayo en cuestión busca exigir piezas mecánicas similares a un cilindro de 1m de alto por 0.6m de diámetro, a esfuerzos axiales, corte y momento flector, características que sirvieron de base para el desarrollo de este.

Para la realización de las diferentes cargas, el sistema contará con cilindros hidráulicos los cuales convierten la energía proveniente de un fluido (aceite) en esfuerzos bajo el principio de Pascal. El tipo de cilindros utilizados es de doble efecto, es decir, posee dos cámaras receptoras de fluido: una cámara que permite el avance y otra que permite el retroceso de este. Un cilindro de este tipo puede verse plasmado en la siguiente imagen, donde la entrada I refiere a la entrada hidráulica hacia la cámara de retroceso del cilindro y la entrada II refiere a la entrada hidráulica hacia la cámara de avance del cilindro:

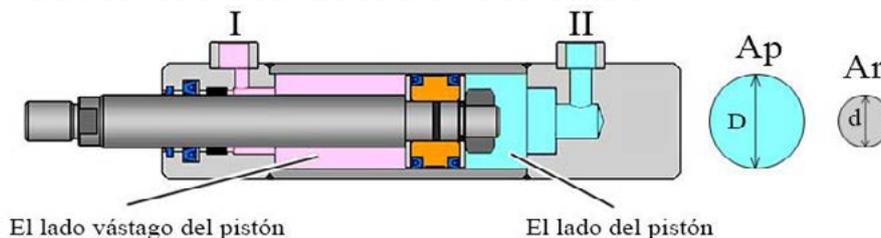


Ilustración 1 - Cilindro doble efecto (Fuente: www.hydraulic-calculation.com)

El control de avance o retroceso del cilindro será realizado mediante la conmutación de una válvula de vías o direccional, la cual se encargará de redirigir el fluido hidráulico a cada una de las cámaras, dependiendo de la acción que se busque realizar. El funcionamiento básico puede verse plasmado en la siguiente imagen de forma gráfica, dependiendo de la posición de comando de la válvula:

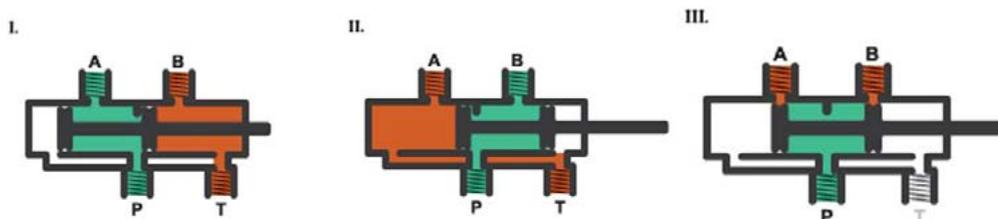


Ilustración 2 - Válvula direccional 4 vías, 2 posiciones (Fuente: www.mathworks.com)

Teniendo en cuenta que el sistema funciona a partir de un fluido, se deberá lograr un circuito tipo cerrado que no permita que el mismo tenga contacto con el medioambiente. Es por esto por lo que la energización del fluido se realiza a partir de una bomba, y este a su vez

se encuentra contenido en un contenedor específico, a este conjunto con otros componentes se lo denominará centralita hidráulica.

Los elementos antes descritos forman un circuito elemental como el que puede apreciarse en la siguiente imagen:

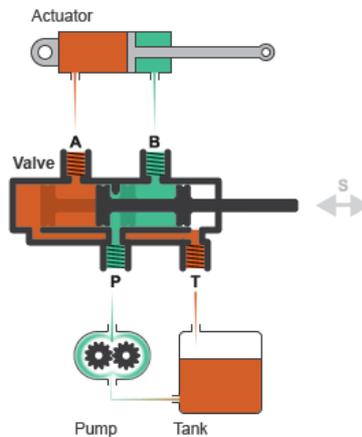


Ilustración 3 – Circuito hidráulico elemental (Fuente: www.mathworks.com)

A partir de la breve descripción del sistema, se reconoce que deberá ser el cilindro de doble acción el encargado de realizar los esfuerzos mecánicos de flexión, compresión y corte. Al ser tres acciones que requieren puntos de aplicación diferentes por sobre el espécimen que se busca ensayar, se requerirán 3 cilindros doble acción individuales para evitar el movimiento constante de un solo cilindro hacia diferentes posiciones y, a su vez, para permitir el ensayo en simultaneo de las tres acciones por sobre el espécimen.

El sistema hidráulico utilizado consta, entonces, de los siguientes elementos:

- Central Hidráulica compacta de la marca Hidromec Argentina, la cual consta de dos bombas hidráulicas en conjunto con 4 válvulas proporcionales y 4 válvulas de vías.
- Cilindros hidráulicos doble efecto de la marca Hidromec Argentina
- Mangueras de alta presión



Ilustración 4 – Centralita hidráulica utilizada

Hardware de control

Para lograr realizar ensayos con bajo porcentaje de error, fue requisito la automatización del sistema. Ante esto, el primer paso realizado fue el reconocimiento de las variables a controlar que, para este caso, fueron el tiempo, la presión y la distancia recorrida por el eje del cilindro hidráulico. El control del tiempo permitirá controlar la pendiente que tomará la carga (fuerza vs tiempo) a la vez que controlar el plazo de tiempo que se encontrará el espécimen bajo carga.

Para el control del tiempo será utilizado el reloj interno del sistema de control por software. Por su parte, el control de la presión que llega hacia el cilindro se dará por medio de celdas de carga, ya que existe una relación directa entre la presión hidráulica y la carga generada por los cilindros hidráulicos. Por último, el control de la distancia recorrida por los cilindros se realizará mediante sensores de distancia lineal tipo resistivos, conocidos comúnmente como LVDT.

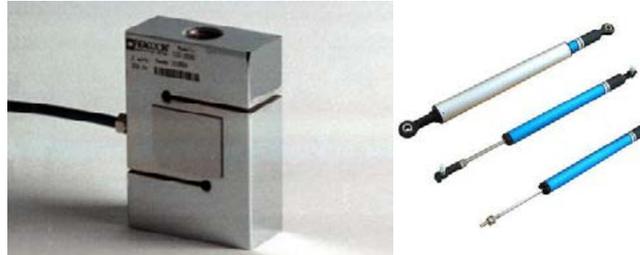


Ilustración 5 - Celda de carga (izquierda) y sensores LVDT (derecha)

La adquisición de las variables antes descritas se realizó mediante un chasis de la marca National Instruments modelo SCXI-1000. En el mismo se utilizó un módulo modelo SCXI-1520 en conjunto a una placa frontal SCXI-1314 para la adquisición de los datos de las celdas de carga, mientras que para la adquisición de los sensores de posición se utilizó un módulo SCXI-1540 en conjunto a una placa frontal SCXI-1315.

Software de control

El control del sistema fue realizado, como bien se planteó de forma inicial, bajo el entorno de programación LabVIEW desarrollado por National Instruments. Este tipo de código de programación se basa en comandos representados por bloques de función.

El programa en cuestión le permite al usuario el ingreso de las variables de control antes descritas, como el tiempo deseado de ensayo total, el tiempo deseado de mantenimiento de la carga, la distancia límite de recorrido permitida por cilindro y la carga deseada para cada uno de los cilindros.

Un parámetro necesario para el correcto control y la realización de mediciones del sistema es la calibración tanto de la celda de carga como de los sensores LVDT. La unidad correspondiente a la pendiente de la celda de carga es Kg/V y al cero de unidades es V , mientras que para los sensores LVDT son cm/V y V respectivamente.

El valor denominado cero busca mover la señal que entrega el adquirente en posición de equilibrio (por algún desalineamiento, pesos de accesorios, etc.) hacia un cero de fuerzas.

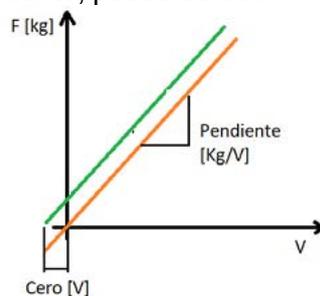


Ilustración 6 - Calibración de celda de carga (Fuente: propia)

Lo explicado anteriormente es similar a lo utilizado para los medidores de posición lineal (LVDT).

Dentro de los parámetros necesarios para la obtención de la pendiente se encuentra la sensibilidad, la cual es brindada por el fabricante del instrumento de medición en cuestión. Para obtener el valor de la pendiente se utiliza la siguiente ecuación:

$$m \left[\frac{kg}{V} \right] = \frac{F_{max}}{S * V_{alim}}$$

Donde

- m es la pendiente que se busca obtener
- F_{max} es la fuerza máxima de la celda de carga en Kgf
- S es la sensibilidad de la celda en $\frac{mV}{V}$
- V_{alim} es la tensión de alimentación de la celda en V dada por el adquisidor. En la programación original esta toma un valor de 5V.

En el caso de los sensores de posición, al igual que en el caso de las celdas de carga, la pendiente se debe obtener en función de la calibración de los sensores en cuestión.

Habiendo establecido todos los parámetros requeridos, se llega a una interfaz de software como la que puede apreciarse en la siguiente imagen:

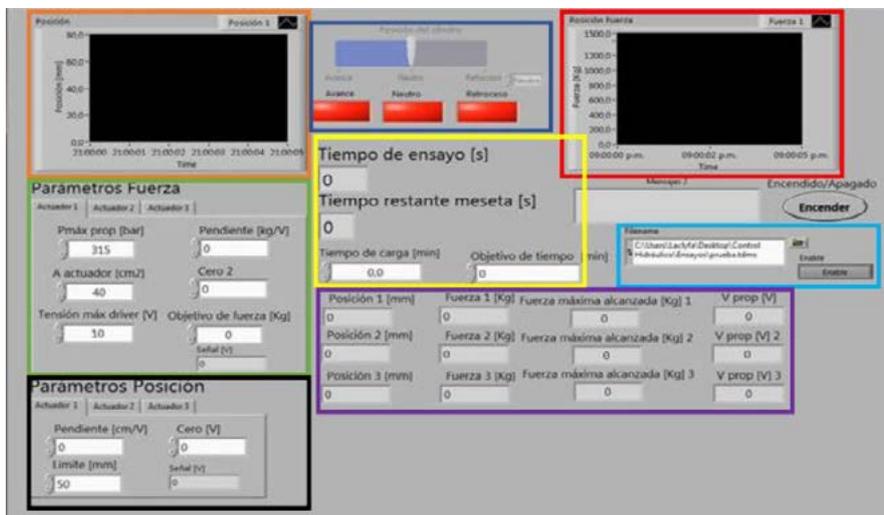


Ilustración 7 - Interfaz de control por software (Fuente: propia)

Cada uno de los recuadros indica:

- **Recuadro azul:** se ve el sistema de control manual de los actuadores el cual permite el avance y retroceso de estos. El avance de los actuadores no permite control por sobre las variables presentadas, si lo hace el retroceso de estos.
- **Recuadro naranja:** se encuentra el grafico de la posición de los cilindros.
- **Recuadro rojo:** se encuentra el grafico de la fuerza ejercida por los cilindros.
- **Recuadro verde:** se muestra la zona de configuración de los parámetros para el control de carga.
- **Recuadro negro:** se muestra la configuración de los parámetros de control de posición.
- **Recuadro violeta:** se muestran numéricamente los valores de posición, fuerza, fuerza máxima alcanzada y tensión entregada a la válvula proporcional de cada actuador.
- **Recuadro amarillo:** se presenta la configuración y los tiempos de carga.
- **Recuadro celeste:** se da la posibilidad de extraer los datos del ensayo, exportando archivos con nombre determinado y con posibilidad de convertirlos a archivos compatibles con Excel®.

La lógica de funcionamiento puede verse representada por el siguiente diagrama de bloques:

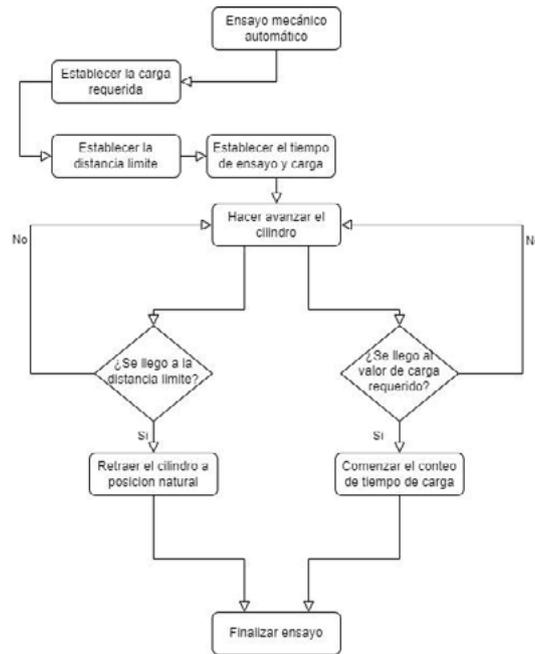


Ilustración 8 - Diagrama de bloques de funcionamiento (Fuente: propia)

Ensayos de prueba

Ante la inminente necesidad de probar el funcionamiento del sistema previo a la instalación final en el banco de ensayos, se buscó construir un sistema simple de pruebas. El diseño final se estableció como un medio pórtico, el cual permitió contener el cilindro y la celda de carga, manteniendo fijos ambos extremos del sistema.

En el extremo izquierdo del medio pórtico se fijó el cilindro hidráulico a través de su soporte basculante mediante un bulón pasante. En el extremo del eje de este fue adosada la celda de carga y, posteriormente, la misma fue fijada mediante cadenas hacia el extremo derecho del pórtico.

La construcción del medio pórtico de pruebas fue realizada en perfil tipo IPN para la base y tipo UPN para los extremos, como puede apreciarse en la siguiente imagen:

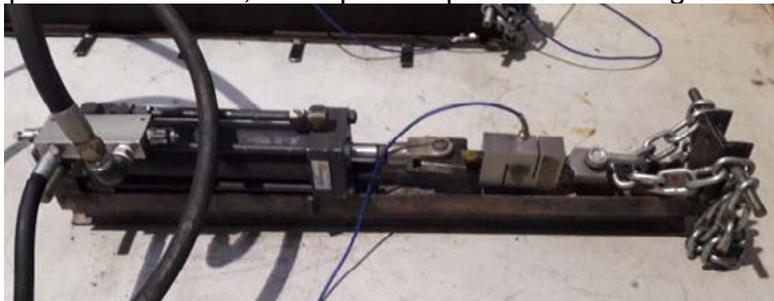


Ilustración 9 – Medio pórtico de prueba (Fuente: propia)

Resultados y discusión

Inicialmente se realizaron pruebas con un solo cilindro hidráulico, y paulatinamente se fueron agregando los demás cilindros. De esta forma se pudo calibrar correctamente cada una de las válvulas proporcionales. A continuación, puede verse un gráfico de fuerza vs tiempo extraído de un ensayo de prueba realizado con dos cilindros, uno de ellos con una carga máxima a alcanzar de 1500kgf (gráfico azul) y el segundo con una carga máxima de 1000 kgf (gráfico naranja):



Ilustración 10 - Gráfico de ensayo de prueba (Fuente: propia)

Puede verse que el aumento paulatino de la fuerza que ejerce cada cilindro se da de forma escalonada, signo del aumento paulatino de la tensión dirigida hacia la válvula proporcional y, por consiguiente, al aumento de la presión en la cámara interna de los cilindros.

En esta prueba se estableció un tiempo de ensayo total de 120 segundos con un tiempo de meseta de 60 segundos. Esto fue logrado y se traduce de forma gráfica, teniendo en cuenta que durante los primeros 60 segundos se busco llegar a la fuerza máxima a alcanzar y, una vez lograda, se comenzó el conteo de los 60 segundos de meseta, llevando a un tiempo total de 120 segundos.

Un aspecto importante que se busco mitigar es el salto inicial de presión. Como puede verse en el cilindro 1 (grafico azul) al momento de iniciar el ensayo existe un salto de aproximadamente 350 kgf. El origen de este se da en el seteo de las válvulas proporcionales y de las válvulas antirretorno pilotada presentes en cada uno de los cilindros. A lo largo de las diferentes pruebas realizadas y bajo un constante seteo se logro mitigar en gran medida este salto, pero no eliminarlo por completo.

Conclusiones

Las pruebas realizadas arrojaron resultados alentadores. El sistema respondió correctamente a las variables impuestas al momento de ejecutar el ensayo con errores menores al 5% (este fue un parámetro de diseño del sistema).

Pese a la existencia del salto mencionado debido al seteo de las válvulas proporcionales no se vieron comprometidos los ensayos ni el sistema de control, este salto corresponde a un 10% aproximadamente de la carga final del sistema.

En pruebas sucesivas se logró verificar el correcto funcionamiento del sistema para el conjunto de los 3 actuadores realizando diferentes curvas de carga.

Bibliografía

- ATOS. (s.f.). *Manual de driver*.
- Di Jorgi Menche, A. D. (s.f.). *CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA OLEOHIDRÁULICO PARA ENSAYOS DINÁMICOS*.
- Serrano. (2002). *Oleohidráulica*. McGraw-Hill.