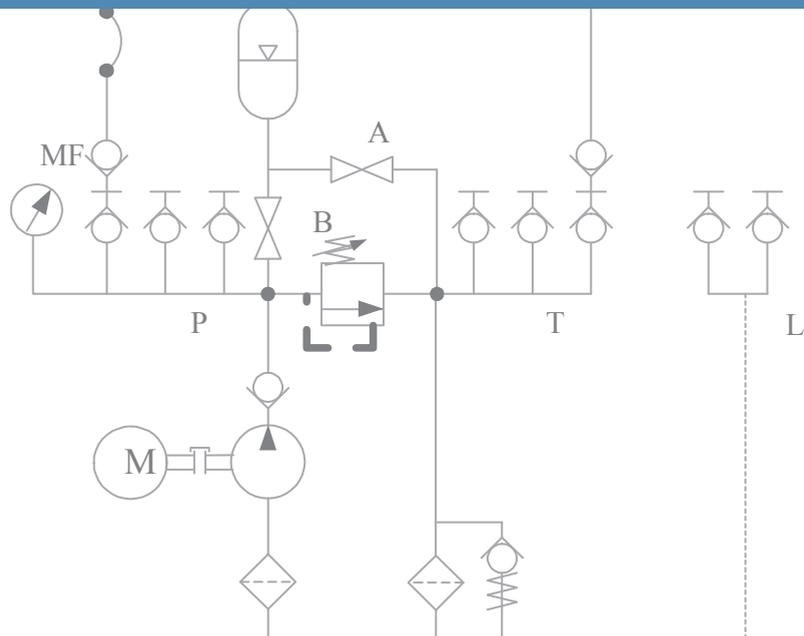


INSTRUCTIVO DE PRÁCTICAS CIRCUITOS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS



ING. VÉRULO CASTRO LÓPEZ, MI. BAUDEL LARA LARA
ING. RUBÉN MENDOZA SILVA

**INSTRUCTIVO DE PRÁCTICAS DE
CIRCUITOS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS**

INSTRUCTIVO DE PRÁCTICAS DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS



Semestre _____

Nombre _____

Brigada _____ Día _____ Horario _____

Nombre del instructor _____

Primera edición Enero del 2006

Segunda edición

Esta obra se terminó de imprimir en
Enero del 2007

Tercera edición

Esta obra se terminó de imprimir en
Julio del 2008

Cuarta edición

Esta obra se terminó de imprimir en
Enero del 2009

PREFACIO

El laboratorio de la asignatura de Circuitos Hidráulicos y Neumáticos se ha creado para reafirmar los conocimientos teóricos, así como, despertar el espíritu analista e innovador del alumno. En el ejercicio profesional, el ingeniero necesita de técnicas aprendidas en el laboratorio, por lo que se pretende que adquiera destreza para trabajar con elementos e instrumentos que forman parte de los circuitos hidráulicos y neumáticos; para ello, se han implementado una serie de prácticas, la mitad de ellas de circuitos hidráulicos y la otra de neumáticos. Cada práctica se ha dividido en: objetivo, material, procedimiento, comprensión y conclusiones.

En el objetivo, se marca el alcance que se pretende al desarrollar la práctica; en el material, se enumeran los elementos necesarios para armar el circuito que se va a analizar; en el procedimiento, se marca una serie de actividades o pasos en un orden lógico que llevan al estudiante a la demostración de un concepto o principio; en la comprensión, se hace una serie de preguntas para que al contestarlas se reafirme lo antes demostrado y por último en las conclusiones, se pretende que el alumno vierta lo que personalmente obtenga de lo visto en la práctica.

Se tuvo especial cuidado en relacionar el contenido de la asignatura con el orden de las prácticas y que cada tema visto por el profesor en el salón de clase tenga al menos una sesión de laboratorio. Por ello, el instructivo cuenta con 14 prácticas indispensables para cubrir tanto los temas de hidráulica como de neumática. La práctica 14, es una sesión en la cual el alumno entregará un proyecto que desarrollará a lo largo del semestre.

En el anexo A y B se muestran algunos símbolos e información técnica que se emplea en hidráulica y neumática de acuerdo con las normas ISO 1219-1 e ISO 1219-2; en el C, se muestran las características técnicas de las unidades de potencia.

El presente trabajo fue desarrollado por los profesores abajo firmantes.

Ing. Vérulo Castro López
M.I. Baudel Lara Lara
Ing. Rubén Mendoza Silva

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| PREFACIO | 5 |
| REGLAMENTO, FUNCIONES Y PROCEDIMIENTOS | 9 |
| PRÁCTICA No 1 Descripción del Equipo y Normas de Operación. | 15 |
| PRÁCTICA No 2 Leyes Básicas y Características de los Fluidos. | 27 |
| PRÁCTICA No 3 Presión y Flujo. | 39 |
| PRÁCTICA No 4 Actuadores y Válvulas (I) | 49 |
| PRÁCTICA No 5 Actuadores y Válvulas (II). | 63 |
| PRÁCTICA No 6 Bombas y Compresores | 73 |
| PRÁCTICA No 7 Esquemas Hidráulicos Básicos | 81 |
| PRÁCTICA No 8 Esquemas Neumáticos Básicos | 89 |
| PRÁCTICA No 9 Simulación de Circuitos Hidráulicos y Neumáticos. | 97 |
| PRÁCTICA No 10 Simbología Eléctrica y Uso de Sensores en Neumática | 105 |
| PRÁCTICA No 11 Representación de Circuitos Hidráulicos | 113 |
| PRÁCTICA No 12 Secuencia (I) | 117 |
| PRÁCTICA No 13 Secuencia (II) | 121 |

| | |
|---|-----|
| PRÁCTICA No 14 Proyecto. | 125 |
| ANEXO A Componenetes Según Norma ISO 1219-1 | 127 |
| ANEXO B Datos Técnicos Según Norma ISO 1219-2. | 131 |
| ANEXO C Datos Técnicos de la Unidad de Potencia Hidráulica | 133 |

REGLAMENTO FUNCIONES Y PROCEDIMIENTOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Mecánica de Fluidos

REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO

1. Teoría y Laboratorio se deben cursar y acreditar simultáneamente.
2. No se guardarán calificaciones de Laboratorio para cuando el alumno apruebe la teoría. En caso de no acreditar el Laboratorio y aprobar la asignatura, se anula ésta última, debiendo cursar nuevamente la asignatura y el Laboratorio.
3. En toda práctica realizada por el alumno en el Laboratorio se debe contestar lo que marque el manual, la evaluación de lo anterior será la calificación de la práctica. El resultado se expresará con una calificación numérica que puede variar de cero a diez.
4. La calificación mínima para que una práctica se considere aprobada es de 6.0.
5. El alumno podrá faltar cuando más a dos sesiones, si acumula más faltas se le dará de baja automáticamente y la calificación será: Laboratorio Reprobado (LR)
6. En caso de inasistencia por parte del alumno, para fines de evaluación, la calificación de la práctica será de cero.
7. El Laboratorio se considera aprobado cuando el alumno obtiene promedio de 6.0 en las sesiones y aprueba el proyecto final también con 6.0. Dicha nota se expresará en la boleta de calificaciones como Acreditado (AC). Si no se cumple lo anterior su nota será (LR).
8. El criterio para evaluar al alumno es el siguiente:

| | |
|---------------|-----|
| Procedimiento | 30% |
| Participación | 20% |

| | |
|--------------|------|
| Comprensión | 30% |
| Conclusiones | 20% |
| Total | 100% |

9. La entrada al Laboratorio será la indicada, teniendo el alumno 5 minutos de tolerancia, para llegar a tiempo, si llega pasado los 5 minutos se le permitirá la entrada anotándose en la lista, que llegó con retardo. Después de los 10 minutos, no se le permitirá la entrada a la práctica. Cada dos retardos equivale a una falta.

FUNCIONES Y PROCEDIMIENTOS

1. El Laboratorio, es el lugar destinado a realizar actividades experimentales, tendientes a apoyar o demostrar el conocimiento científico.
2. Práctica de Laboratorio, es aquella actividad de investigación básica que consiste en realizar ensayos ya conocidos que apoyen o demuestren el conocimiento académico que se imparte en la Facultad.
3. Es obligación de los alumnos del Laboratorio conocer este reglamento junto con las normas de seguridad y los procedimientos de emergencia.
4. El personal que trabaja para el laboratorio es el encargado de dar a conocer y hacer cumplir este reglamento.
5. Es obligación de los alumnos utilizar el equipo de seguridad que se indique.
6. El alumno deberá adquirir bata para usarla cuando trabaje con equipo hidráulico y usar las gafas proporcionadas por la Facultad para trabajar con equipo neumático.

EL COMPORTAMIENTO DEL ALUMNO EN EL LABORATORIO

1. Guardará consideración y respeto a su instructor, al personal que trabaja en el laboratorio y a sus compañeros.
2. Asistirá con puntualidad a las prácticas.
3. Permanecerá en el área que le corresponda.

4. Será responsable del buen uso de las instalaciones, equipo y material del Laboratorio y de todo lo que se le proporcione para su enseñanza.
5. Si incurre en una falta de disciplina dentro del Laboratorio de acuerdo con la naturaleza y la gravedad de la falta, el instructor le pedirá que se retire. Lo anterior, sin menoscabo de las sanciones a que pudiera hacerse acreedor por parte de las autoridades de nuestra Facultad.
6. Avisará si el equipo o material se encuentra dañado o representa un riesgo.
7. Solamente podrá realizar prácticas a la hora y día que le corresponda.
8. Se preparará para la sesión, estudiando previamente la práctica.
9. Estudiará el procedimiento a efectuar y las medidas de seguridad necesarias, antes de comenzar a trabajar. En caso de duda, preguntará a su instructor.
10. Comenzará a trabajar sin energizar aparato alguno, hasta recibir autorización de su instructor.
11. Tendrá prohibido jugar, hacer bromas y usar un vocabulario soez o frases en doble sentido.
12. Tendrá prohibido comer, beber, tirar basura o fumar dentro del Laboratorio.
13. No permitirá que alguien se lastime o cometa un error por su propia inacción.
14. Dejará limpio y ordenado el lugar y el equipo utilizado antes de salir del Laboratorio.
15. De realizar trato o convenio con el instructor, no será reconocido por el Responsable del Laboratorio.
16. Dejará la mochila en la gaveta que se encuentra en la entrada.

REQUISITOS PARA CONTESTAR LA PRÁCTICA

1. Se entregará en el instructivo de prácticas, utilizando los espacios destinados para ese propósito.
2. Será individual. En caso de demostrarse que ha copiado, se dará de baja automáticamente a los alumnos y su calificación será LR.

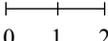
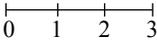
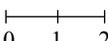
3. Deberá contestarla y entregarla al término de la práctica para su revisión.
4. Las gráficas se realizarán, en los ejes coordenados que se encuentran en el instructivo.
5. El instructivo revisado se entregará dos días después de la fecha de la práctica, con el objetivo de que el alumno conozca su calificación y se prepare para la siguiente sesión.
6. Para un mejor control deberá colocar en la esquina superior derecha, la fecha en que se efectuó la práctica.
7. Al contestar la parte de la “Comprensión” es conveniente que estudie y/o repase antes de entrar a la práctica los principios y fundamentos referentes al tema.
8. Las conclusiones serán un razonamiento personal sobre lo realizado en la práctica, a la luz de los conocimientos teóricos y de la experiencia propia, no basta con decir “Me pareció muy bien” o que “Estuvo bien la práctica” etc. Este punto es uno de los más importantes del reporte.
9. La evaluación de la participación y procedimiento teórico es la calificación que otorga el instructor a cada alumno, tomando en cuenta su puntualidad, comportamiento e interés mostrado a lo largo de la sesión.

FORMATO PARA LA ENTREGA DEL REPORTE.

1. El alumno debe entregar un reporte del proyecto final. El reporte debe ser gramaticalmente correcto, libre de frases sin sentido, carente de faltas de ortografía y escrito en computadora, el uso de pronombres personales deberá evitarse.
2. Para la presentación del reporte, el alumno considerará los siguientes aspectos:
 - A) Escritos en hojas blancas tamaño carta. Se entregará un máximo de tres y un mínimo de dos hojas impresas por ambos lados con doble columna.
 - B) Realizar los dibujos, diagramas, tablas y gráficas de los resultados en computadora.
 - C) No se permitirán texto o dibujos obtenidos de libros electrónicos o Internet, situación que causará reprobar el proyecto.

PRÁCTICA No 1

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y NORMAS DE OPERACIÓN

| | |
|-----------------------------|---|
| Procedimiento |  |
| Participación |  |
| Comprensión |  |
| Conclusiones |  |
| Calificación de la práctica | <input data-bbox="1114 569 1223 609" type="text"/> |

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Describir el banco de pruebas en el cual se realizarán las pruebas de hidráulica y neumática. Explicar los procesos de conversión de energía que se dan en un circuito hidráulico y neumático.

HIDRÁULICA

MATERIAL

- Banco de pruebas de hidráulica.
- Válvula direccional 4 conexiones 3 posiciones accionada manualmente con detente.
- Actuador de doble efecto.
- Mangueras hidráulicas de ½ pulgada.

PROCEDIMIENTO

Por ser la primera sesión del laboratorio el instructor será la persona encargada de realizar todas las actividades.

1. Pasar a los alumnos al tablero que contiene equipo hidráulico seccionado para proporcionar una breve descripción del mismo.
2. Explicar el funcionamiento general del banco de pruebas sin que existan componentes sobre él.

3. Comentar sobre el flujo de energía y las conversiones que se llevan a cabo en un circuito hidráulico. Para ello, explicar la función y relación de los siguientes componentes:

Alimentación de energía eléctrica a la unidad de potencia.

Tablero de energía eléctrica del motor, botón de arranque y paro.

El acoplamiento entre el motor eléctrico y la bomba.

La bomba.

La línea de succión.

El depósito de aceite con sus accesorios.

La línea de descarga

Los puertos de presión.

Los puertos para regresar fluido al tanque.

4. Repetir el punto anterior en el banco industrial.

5. Señalar en la figura 1.1, las partes más importantes de la unidad que generan la potencia fluida.

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____

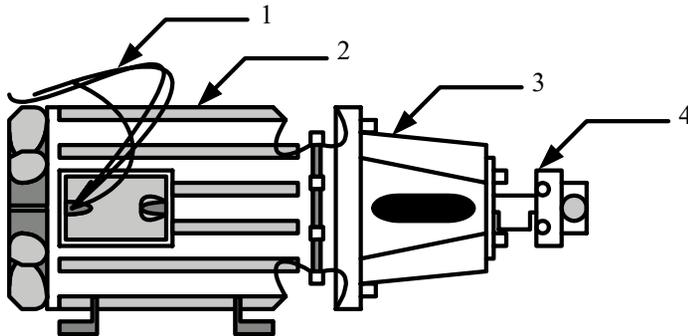
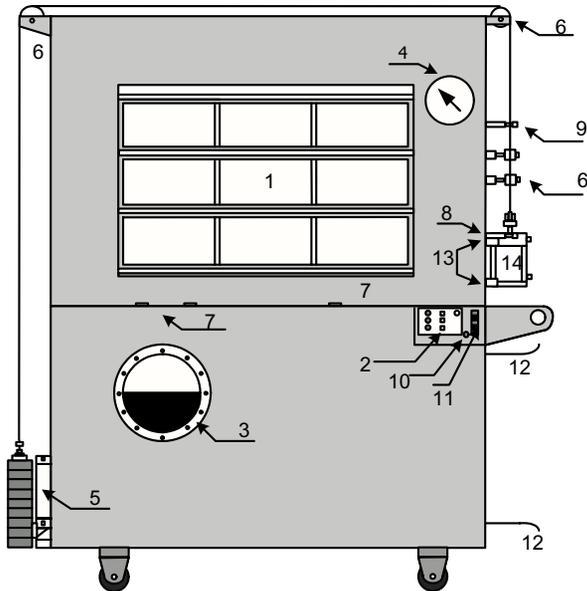


Figura 1.1. Esquema del equipo que convierte energía eléctrica a hidráulica

6. Colocar los nombres de los componentes del banco de pruebas mostrados en la figura 1.2.



- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____
- 11 _____
- 12 _____
- 13 _____
- 14 _____

Figura 1.2. Vista frontal del banco de pruebas.

7. Mostrar la simbología correspondiente a cada uno de ellos, de acuerdo con la figura 1.3.

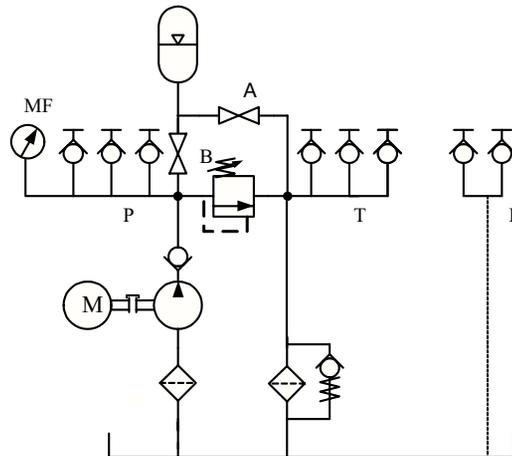


Figura 1.3. Simbología de la unidad de potencia.

8. Abrir la válvula de descarga (A) y la de alimentación al acumulador (B).
9. Encender la unidad de potencia y anotar a continuación la lectura del manómetro MF _____ . La lectura observada en el manómetro MF corresponde

a la presión necesaria para vencer las fuerzas de fricción de los conductos y conectores usados.

10. Dibujar con color azul la trayectoria del aceite bajo las condiciones anteriores en la figura 1.3.

11. Apagar la unidad de potencia.

12. Cerrar la válvula de descarga (A) y mantener la de alimentación al acumulador (B) abierta.

13. Encender la unidad de potencia y anotar a continuación la lectura del manómetro MF _____. ¿A qué valor corresponde esta presión?

14. Dibujar con color rojo la trayectoria del aceite bajo las condiciones anteriores en la figura 1.3. Apagar la unidad de potencia y abrir la válvula de descarga del acumulador

Cuando use la válvula de descarga de acumulador cerrada, es necesario abrirla después de parar el motor para despresurizar el sistema y poder realizar cambios en la conexión.

Observar que el aceite no se tira por los puertos de presión, debido a la válvula antirretorno que tienen.

15. Explicar el procedimiento para conectar las mangueras y señalar la forma de actuar de la válvula antirretorno que tienen los conectores rápidos. Conectar una manguera a la unidad de potencia de acuerdo con la figura 1.4.

16. Con la válvula de descarga (A) cerrada y la de alimentación al acumulador (B) abierta, encender la unidad de potencia.

17. Observar que el aceite no se tira por la manguera y que la lectura del manómetro MF corresponde a la del punto 13. Apagar la unidad de potencia.

18. Marcar con color rojo la línea presurizada y con azul la línea de baja presión en la figura 1.4.

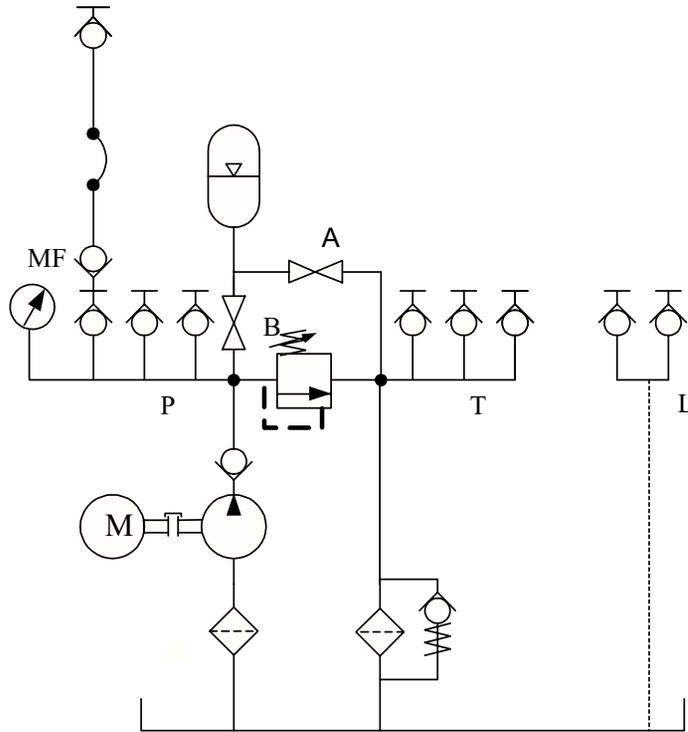


Figura 1.4. Simbología de la unidad de potencia con un conector flexible acoplado.

19. Colocar un conector en la manguera para abrir la válvula antirretorno y colocarlo al respirador del tanque.

20. Con la válvula de descarga (A) cerrada y la de alimentación al acumulador (B) abierta, encender la unidad de potencia. Observar como fluye el aceite hacia el tanque. Escribir a continuación la presión del manómetro MF _____.
 ¿A qué se debe esta lectura de presión?

21. Apagar la unidad de potencia y construir el circuito mostrado en la figura 1.5.

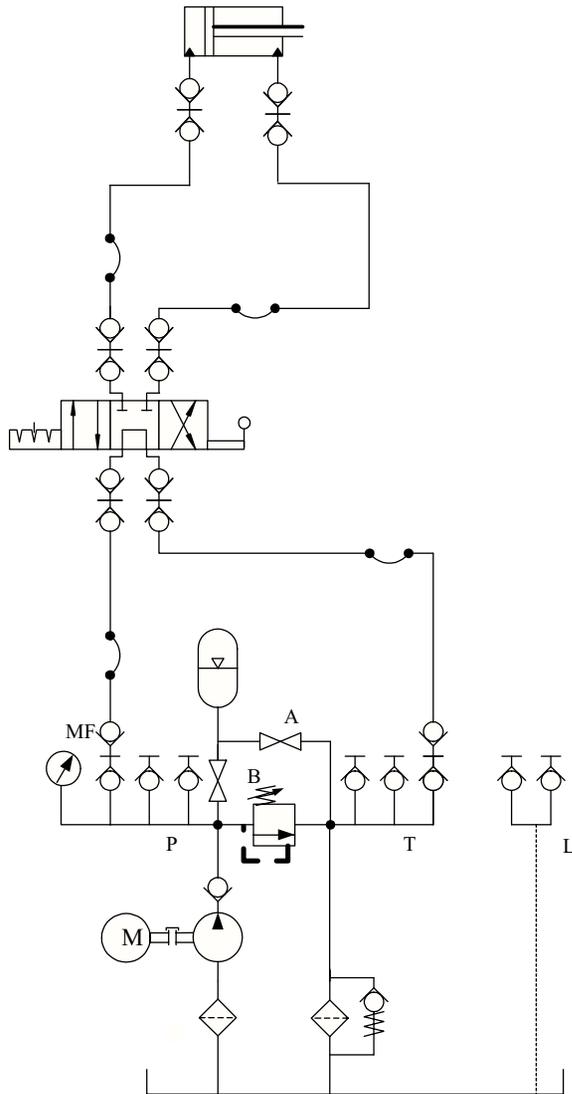


Figura 1.5. Circuito hidráulico.

22. Marcar en la figura 1.5 con color rojo el camino que sigue el aceite cuando la válvula se encuentra en conductos cruzados y con color azul cuando se encuentra en posición central
23. Analizar con el instructor el símbolo de la válvula y actuador.
24. Comentar las posibles aplicaciones del circuito.
25. Una vez que el alumno está familiarizado con el funcionamiento del circuito, el instructor dejará que opere la válvula direccional.

NEUMÁTICA

MATERIAL

- Banco de pruebas de neumática.
- Válvula direccional 4 conexiones, 3 posiciones accionada manualmente con detente
- Actuador de doble efecto

El instructor proporcionará gafas para protección de los alumnos. De no ser así, suspender la realización de la práctica.

PROCEDIMIENTO

1. Explicar el funcionamiento general del banco de pruebas de neumática. Al momento de explicar el banco de pruebas no habrá componentes sobre él.
2. Hablar sobre las conversiones de energía que tienen lugar en un circuito neumático. Para ello explicar los siguientes elementos:

Alimentación de energía eléctrica al motor

El acoplamiento entre el motor eléctrico y el compresor.

El compresor y el filtro a la entrada.

El tanque.

El control de presión del tanque.

La unidad de mantenimiento.

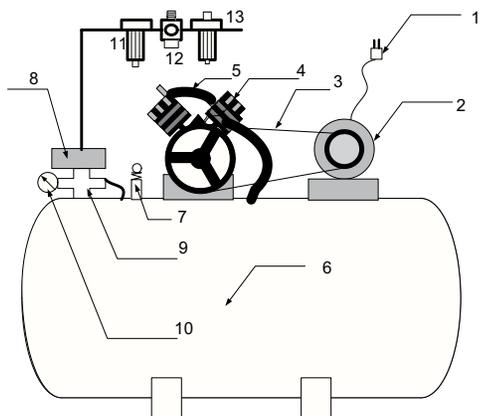
La línea de alimentación de presión hacia el panel de trabajo.

Los conectores de presión.

La forma de conectar las mangueras.

Válvula de alivio

3. Colocar los nombres de los componentes mostrados en la figura 1.6.

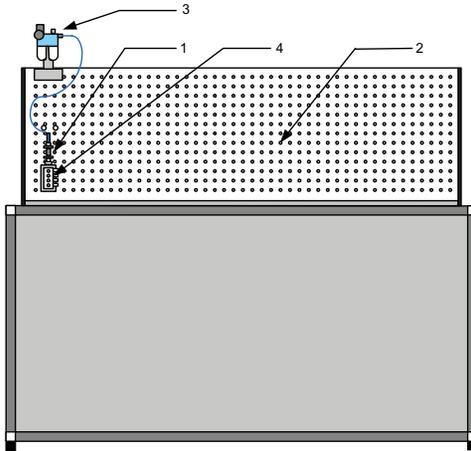


- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____

- 10 _____
- 11 _____
- 12 _____
- 13 _____

Figura 1.6. Esquema del equipo que convierte energía eléctrica a energía neumática.

4. Colocar los nombres de los componentes mostrados en la figura 1.7.



- 1.- _____
- 2.- _____
- 3.- _____
- 4.- _____

Figura 1.7. Panel de pruebas de neumática.

5. Comentar la simbología correspondiente a cada uno de los componentes, de acuerdo con la figura 1.8.

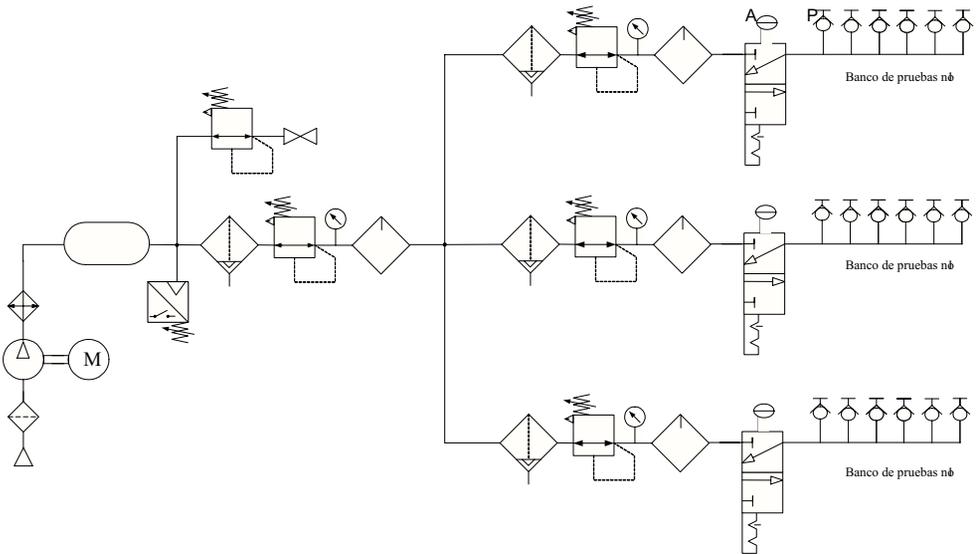


Figura 1.8. Simbología de la parte de potencia del sistema neumático.

6. Explicar el control de arranque y paro del motor eléctrico. El instructor señalará el símbolo y el alumno ubicará el equipo en el banco de pruebas.
7. Cerrar y abrir la válvula de corredera (A) y mostrar las válvulas antirretorno en los conectores de presión (P).
8. Tomar un conector T y una manguera, practicar la forma de realizar las conexiones con los dos componentes anteriores. Asegurarse que la válvula de corredera se encuentra cerrada y conectar una manguera a un puerto de presión como se ilustra en la figura 1.9.

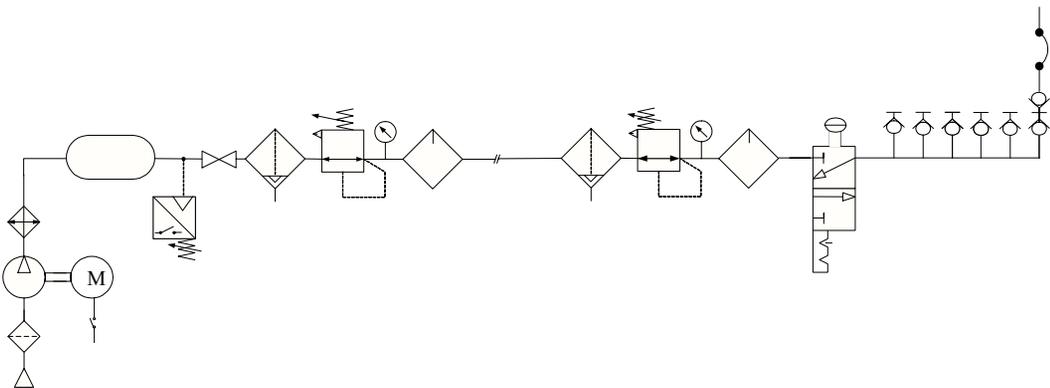


Figura 1.9. Circuito neumático básico.

9. Sin soltar la manguera abrir la válvula de corredera. Mostrar los movimientos bruscos que se producen si se presenta una mala conexión.
10. Esperar a que disminuya la presión del aire en el depósito y anotar el valor cuando arranca el motor $P_{\min} =$ _____
11. Cerrar la válvula de corredera y esperar a que detenga el motor, anotar la presión a la que detiene $P_{\max} =$ _____.
12. Realizar el circuito neumático mostrado en la figura 1.10 y comparar con los conocimientos adquiridos sobre hidráulica.

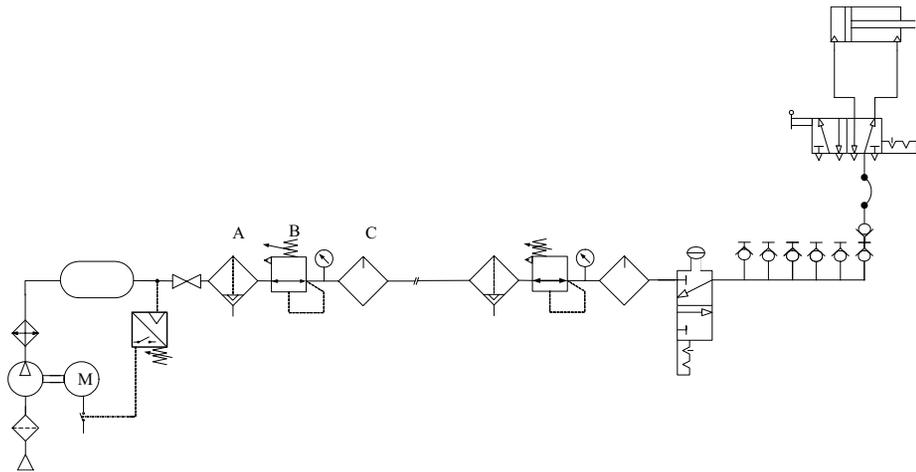


Figura 1.10. Circuito neumático simple.

COMPRESIÓN

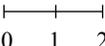
1. En la figura 1.10, ¿a qué se refieren los elementos marcados con A, B y C?

2. Mencionar 5 aplicaciones de la neumática a nivel industrial.

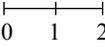
PRÁCTICA No 2

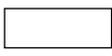
LEYES BÁSICAS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS

Procedimiento 

Participación 

Comprensión 

Conclusiones 

Calificación
de la práctica 

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Al término de la práctica el alumno habrá comprobado las leyes básicas que se aplican a un fluido en movimiento y a un fluido que se encuentra confinado.

HIDRÁULICA

MATERIAL

- Unidad de trabajo hidráulica.
- Actuador hidráulico de doble efecto de 32 cm. de carrera.
- Válvula direccional 4 conexiones, 3 posiciones, actuada manualmente.
- Manguera de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgada.
- Manómetros de la escala indicada en el circuito.
- Conectores múltiples.
- Cronómetro.

PROCEDIMIENTO

1. Identificar el equipo a usar y colocarlo en los soportes de la unidad de trabajo.
2. Construir el circuito de la figura 2.1. Cerrar la válvula de carga al acumulador
3. Revisar la construcción del circuito. Pedir al instructor que verifique la instalación.
4. Encender la unidad de potencia. Esperar hasta que el sistema se estabilice y anotar las lecturas de los manómetros MF, M1, M2, y M3 en la tabla 2.1.

| Registro de presiones | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| Manómetro MF | Manómetro 1 | Manómetro 2 | Manómetro 3 |
| | | | |

Tabla 2.1. Registro de presiones.

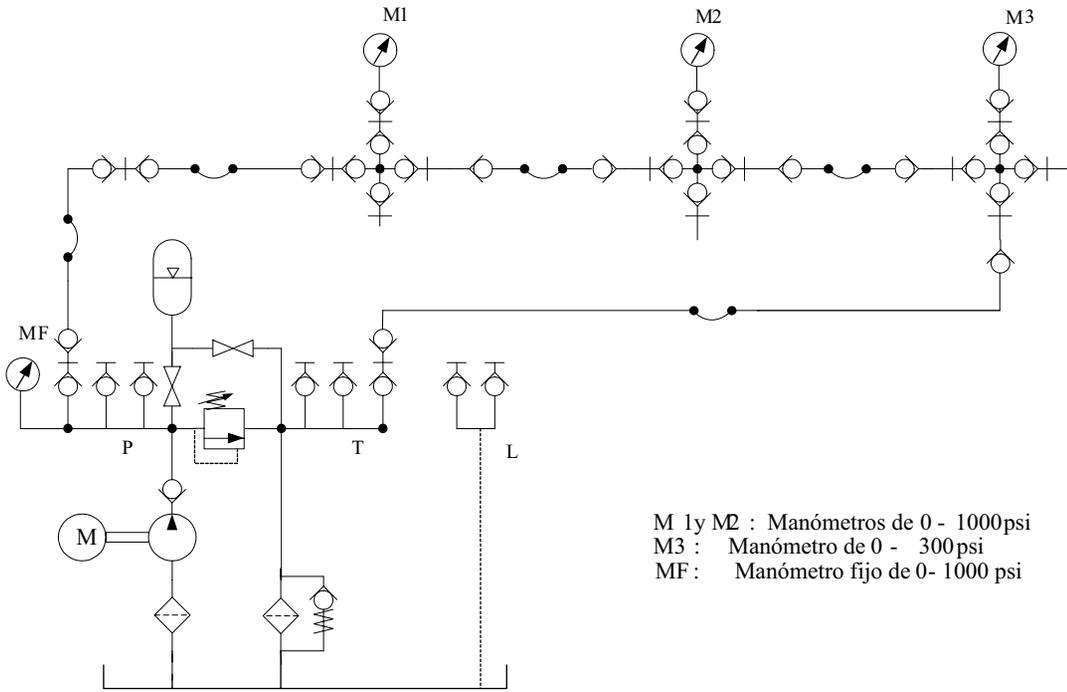


Figura 2.1. Circuito hidráulico, para comprobar leyes fundamentales.

5. Apagar la unidad y abrir la válvula de carga del acumulador.
6. Construir el circuito de la figura 2.2. Proceder de igual forma que con el circuito de la Figura 2.1.
7. Encender la unidad de potencia. Esperar hasta que el sistema se estabilice y anotar las lecturas de los manómetros MF, M1 y M2 en la tabla 2.2. Apagar la unidad de potencia.
8. Abrir la válvula de carga del acumulador.

| Registro de presiones | | |
|-----------------------|-------------|-------------|
| Manómetro MF | Manómetro 1 | Manómetro 2 |
| | | |

Tabla 2.2. Registro de presiones.

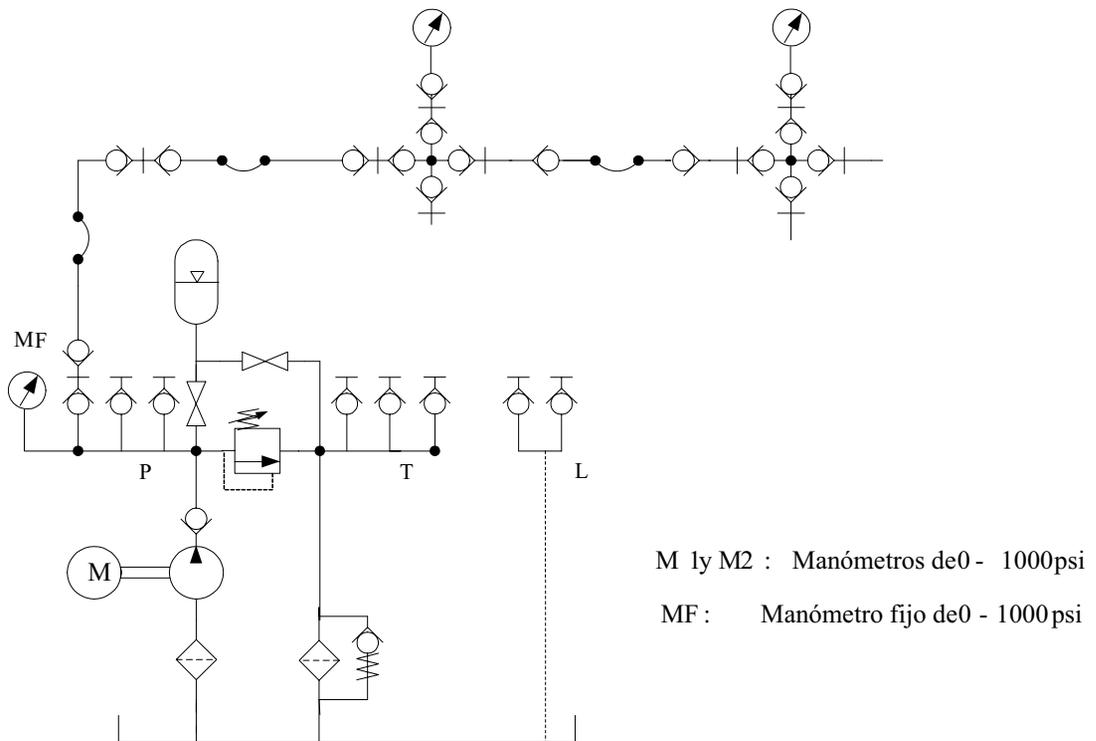


Figura 2.2. Circuito hidráulico, para comprobar leyes fundamentales.

9. Construir el circuito mostrado en la figura 2.3. Cerrar la válvula de carga del acumulador.
10. Pedir al instructor que verifique la construcción del circuito.
11. Encender la unidad de potencia. Esperar hasta que el sistema se estabilice.
12. Actuar la válvula direccional y observar la lectura de los manómetros conforme se extiende y retrae el actuador.

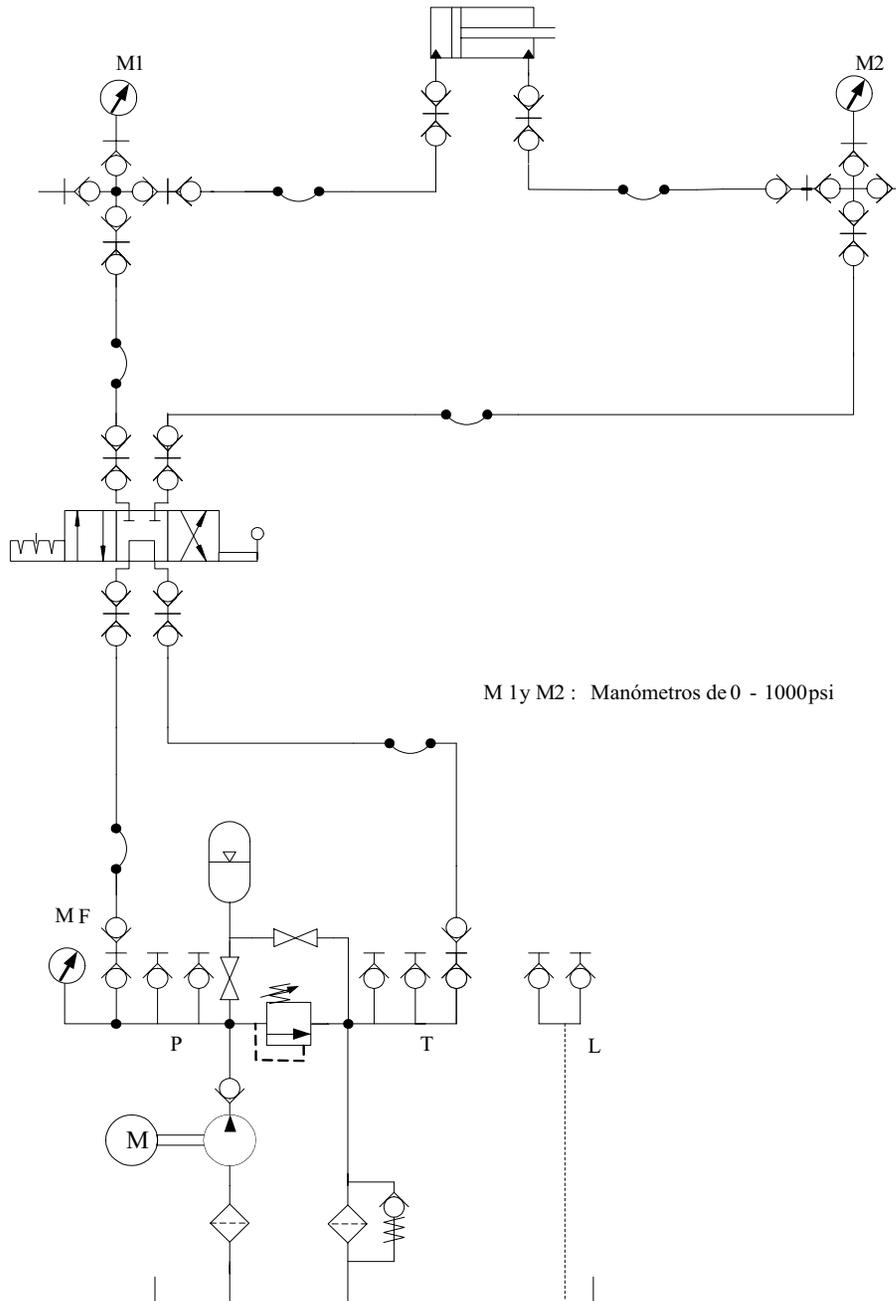


Figura 2.3. Circuito hidráulico.

13. Graficar la presión de los manómetros M1 y M2 respecto a la posición del actuador en el eje coordenado mostrado en la figura 2.4. Colocar los rótulos adecuados a los ejes.

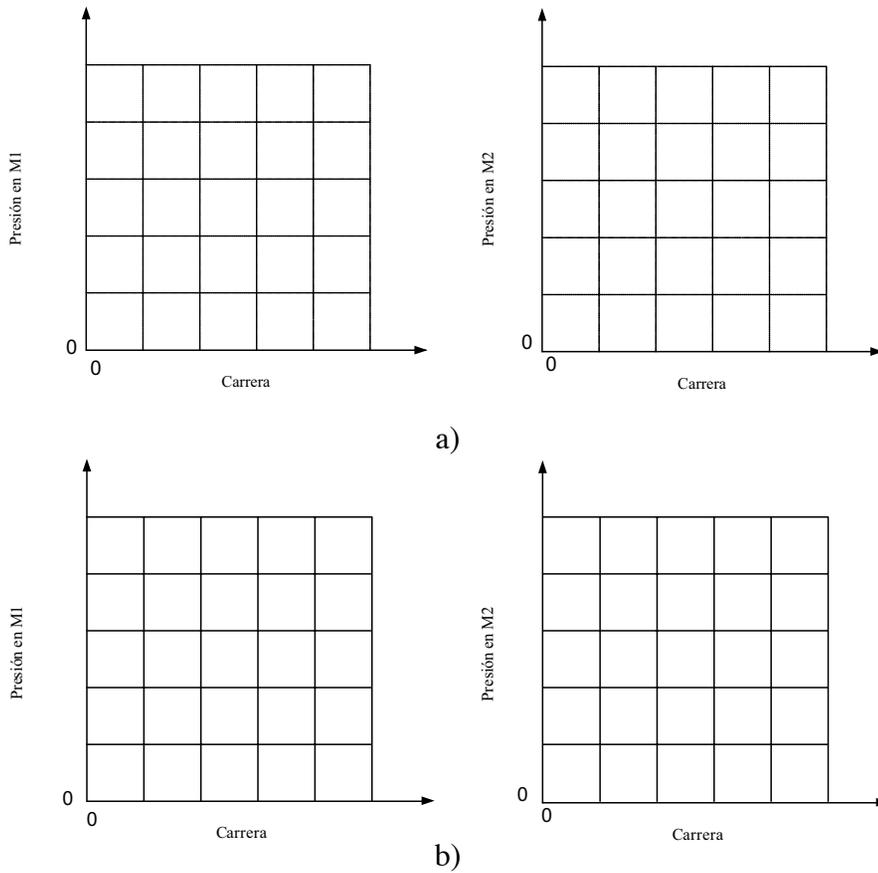


Figura 2.4. Ejes coordenados, a) extensión y b) retracción

14. Trazar el diagrama espacio-tiempo del circuito en la figura 2.5.
15. Apagar la unidad de potencia y abrir la válvula de carga del acumulador.
16. Antes de realizar las pruebas con el equipo neumático analizar y discutir los resultados obtenidos con los compañeros de brigada.

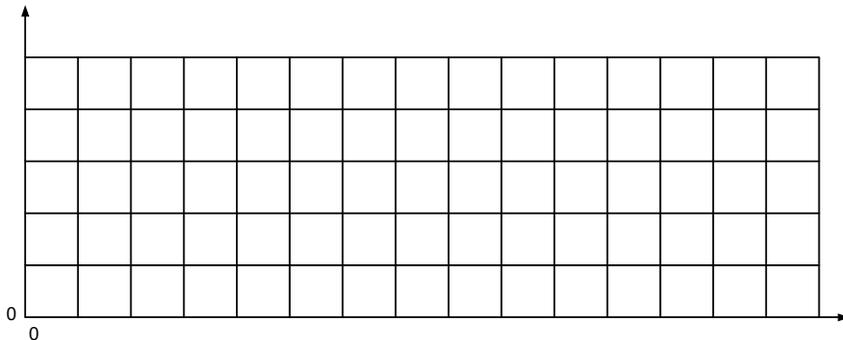


Figura 2.5. Diagrama espacio-tiempo.

COMPRENSIÓN

1. Escribir las ecuaciones y describir los principios que se demuestran en la práctica.

2. Describir la relación entre el concepto demostrado en clase con el desarrollo de la práctica.

3. ¿A qué se debe la diferencia de lecturas de presión entre los manómetros M1 y M2 de la figura 2.3?

NEUMÁTICA

MATERIAL

- Banco de pruebas neumáticas.
- Un actuador neumático doble efecto.
- Válvula direccional 5 conexiones 2 posiciones, actuada por palanca mantenida con trinquete.
- Manómetros de la escala indicada en el circuito.
- Válvula reguladora de flujo.
- Conectores múltiples.

Proteja sus ojos con lentes de seguridad en todo momento.

PROCEDIMIENTO

1. Identificar el equipo a utilizar y colocarlo sobre el panel de trabajo.
2. Construir el circuito de la figura 2.6. (observar que se usa simbología simplificada)

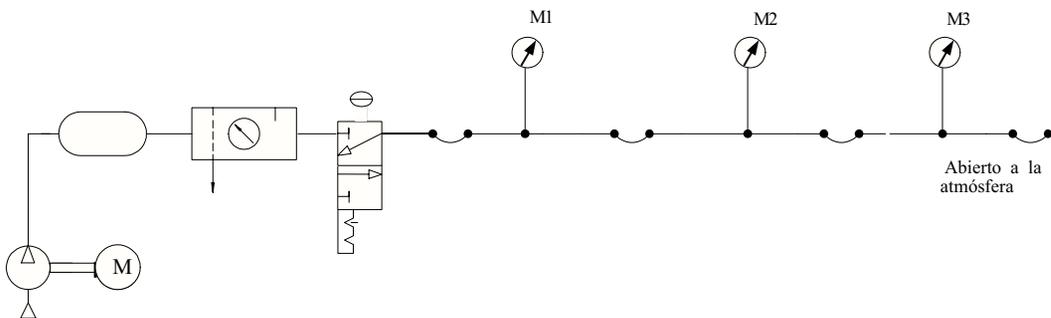


Figura. 2.6. Circuito neumático para comprobar leyes fundamentales.

3. Para verificar que exista presión en el tanque, observar el manómetro de la unidad de mantenimiento.
4. Revisar la construcción del circuito neumático. Pedir al instructor que verifique la instalación.
5. Tomar con la mano la manguera que se encuentra abierta.

6. Accionar la válvula 3/2 para presurizar el circuito.

7. Anotar las lecturas de los manómetros en la tabla 2.3. Cerrar la válvula 3/2

| Registro de presiones | | |
|-----------------------|--------------|--------------|
| Manómetro M1 | Manómetro M2 | Manómetro M3 |
| | | |

Tabla 2.3. Registro de presiones.

8. Construir el circuito de la figura 2.7.

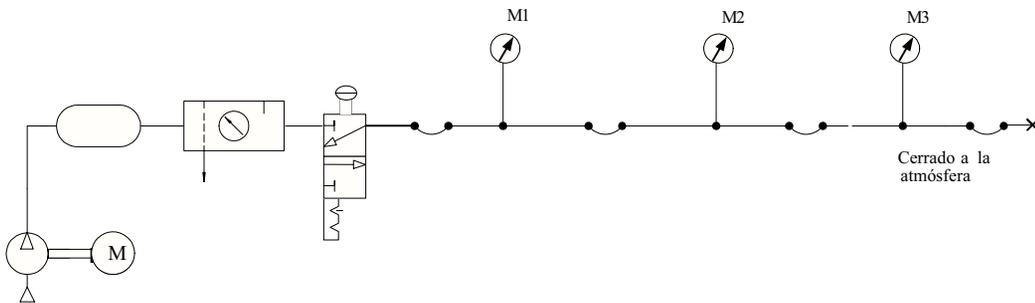


Figura. 2.7. Circuito neumático para comprobar leyes fundamentales.

9. Revisar la construcción del circuito neumático. Pedir al instructor que verifique la instalación

10. Accionar la válvula 3/2 y anotar los resultados pedidos en la tabla 2.4.

| Registro de presiones | | |
|-----------------------|--------------|--------------|
| Manómetro M1 | Manómetro M2 | Manómetro M3 |
| | | |

Tabla 2.4. Registro de presiones.

11. Cerrar la válvula 3/2.
12. Construir el circuito mostrado en la figura 2.8. Pedir al instructor que verifique la construcción.
13. Presurizar el circuito, accionar la válvula direccional y manipular la válvula reguladora de flujo hasta que la extensión del actuador sea en 3 segundos.

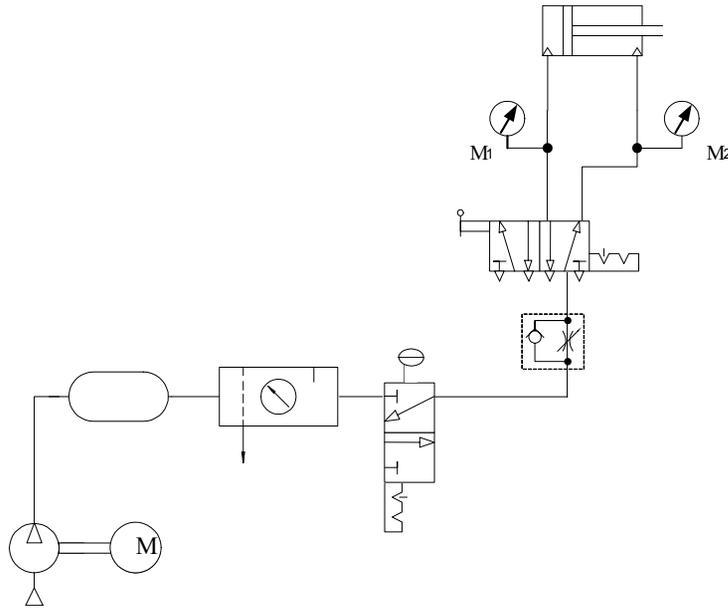
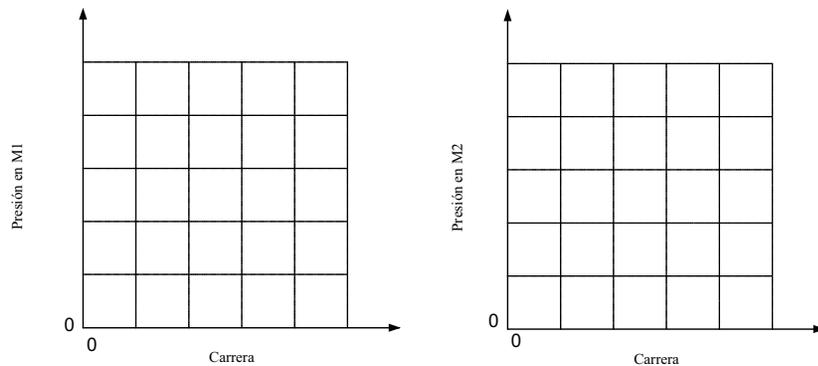
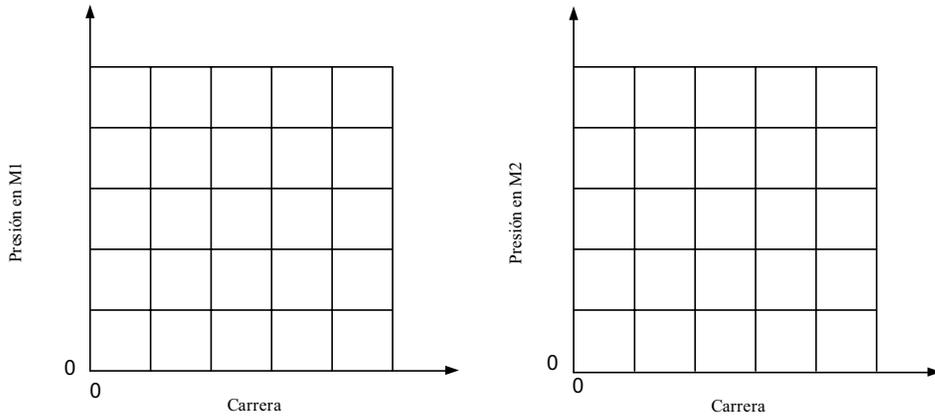


Figura 2.8. Circuito neumático.

14. Actuar la válvula direccional y observar la lectura de los manómetros conforme se extiende y retrae el actuador.
15. Graficar la presión del manómetro M₁ y M₂ respecto a la posición del actuador en el eje coordenado mostrado en la figura 2.9.



a)



b)

Figura 2.9. Ejes coordenados, a) extensión y b) retracción

16. Trazar el diagrama espacio-tiempo del circuito, en la figura 2.10.

17. Cerrar la válvula 3/2.

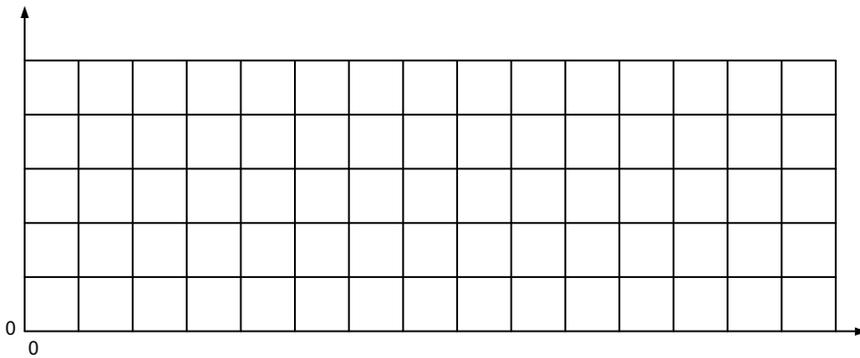


Figura 2.10 Diagrama espacio-tiempo

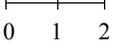
COMPRENSIÓN

1. ¿En qué parte o momento en el circuito de la figura 2.8 se cumple el principio de Pascal?

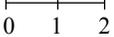
PRÁCTICA No 3

PRESIÓN Y FLUJO

Procedimiento 

Participación 

Comprensión 

Conclusiones 

Calificación de la práctica 

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

El alumno observará como están ligadas la presión con la fuerza de carga y flujo con la velocidad de un actuador, realizará un análisis de eficiencia global del sistema hidráulico.

HIDRÁULICA

MATERIAL

- Unidad de trabajo hidráulica.
- Un actuador hidráulico.
- Válvula direccional 4 conexiones 3 posiciones, actuada por palanca.
- Manguera de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de pulgada.
- Manómetros de 0 a 1000 psi.
- Conectores múltiples.
- Unidad de carga.
- Flujómetro
- Cronómetro
- Multímetro

PROCEDIMIENTO

1. Identificar el equipo a usar y colocarlo en los soportes de la unidad de trabajo.
2. Construir el circuito de la figura 3.1. Tomar en cuenta que el aceite sólo fluye en un sentido dentro del flujómetro.
3. Revisar la construcción del circuito. Pedir al instructor que verifique la instalación.

9. Graficar el promedio de la presión respecto a la fuerza de carga, y el gasto proporcionado respecto a la velocidad en los ejes mostrados en la figura. 3.2. Rotular una escala adecuada.
10. Graficar el promedio de la presión respecto al gasto proporcionado por la bomba en la figura 3.3. Rotular una escala adecuada.

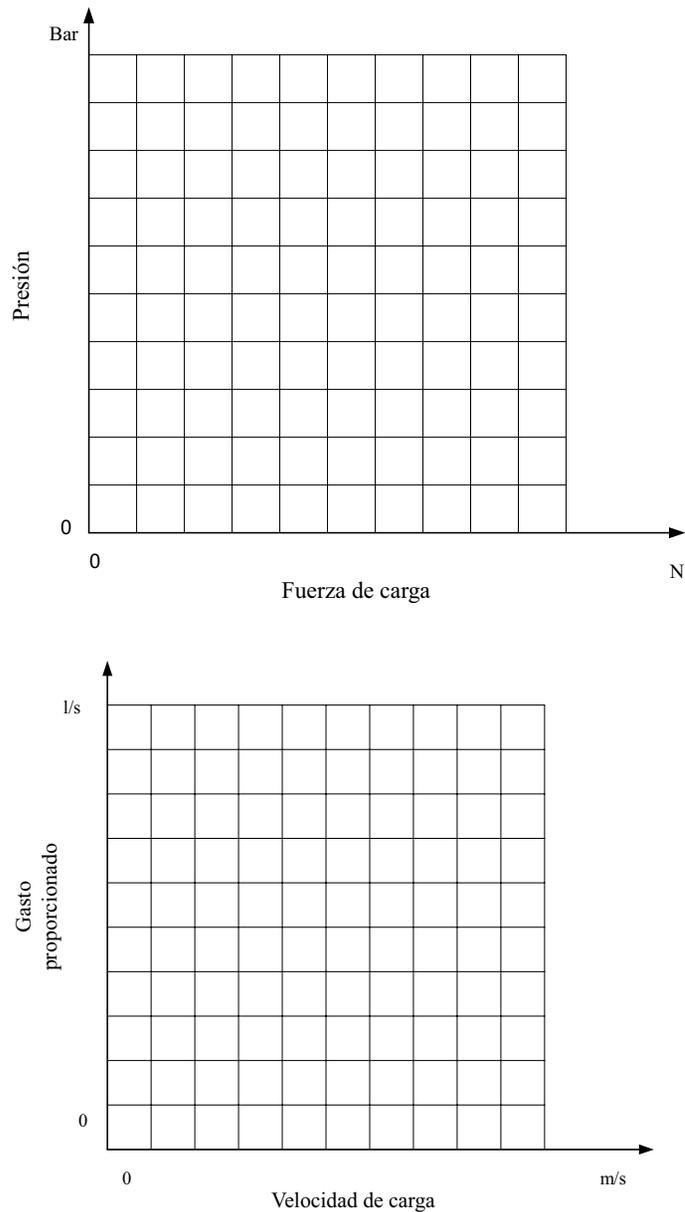


Figura 3.2. Ejes coordenados para gráficas de P/F y Q/V.

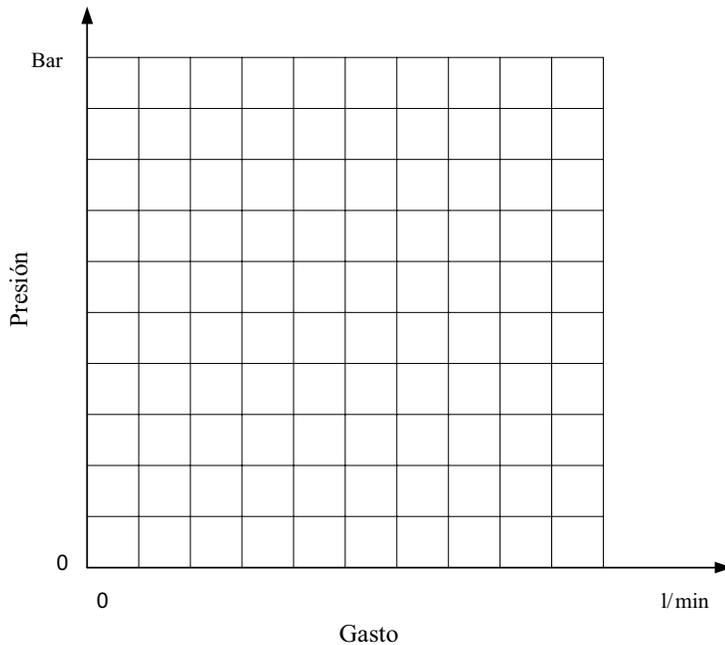


Figura 3.3. Ejes coordenados para gráficas de P/Q

11. Con el mismo circuito y siguiendo los pasos 5, 6 y 7 tomar los datos pedidos en la tabla 3.2, para calcular la eficiencia global del sistema.

| Carga (N) | Corriente del motor eléctrico (A) | Factor de potencia | Potencia eléctrica suministrada(W) | Potencia mecánica de salida (W) | Eficiencia del sistema % |
|-----------|-----------------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Tabla 3.2. Parámetros eléctricos del sistema.

Nota: El motor es trifásico alimentado con 220 V, preguntar por la relación del factor de potencia y corriente al instructor.

NEUMÁTICA

MATERIAL

- Banco de pruebas neumáticas.
- Un actuador neumático de doble efecto.
- Válvula direccional 5 conexiones 2 posiciones, actuada por palanca
- Conectores múltiples.

Proteja sus ojos con lentes de seguridad en todo momento.

PROCEDIMIENTO

1. Construir el circuito de la figura 3.4.

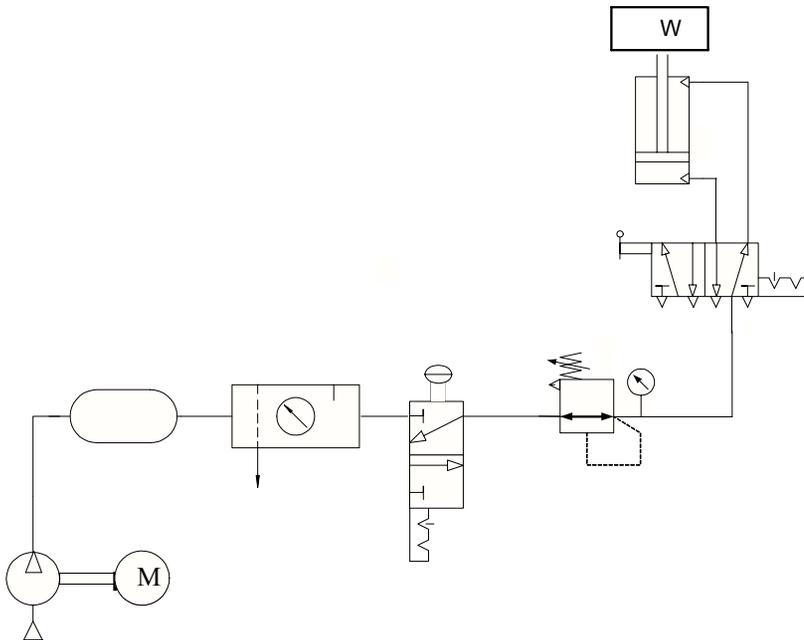


Figura 3.4 Actuador neumático con carga.

2. Pedir al instructor que verifique la instalación.
3. Verificar que exista presión en el tanque observando el manómetro de la unidad de mantenimiento.
4. Calcular la presión que se debe graduar en el regulador para mover la masa indicada en la tabla 3.4 y anotar su valor.

| Masa colocada (kg.) | Presión calculada | Presión necesaria |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| 0 | | |
| 3.5 | | |
| 7 | | |

Tabla 3.4 Resultado del sistema neumático con carga

5. Colocar la masa de 3.5 kg en el actuador y graduar el regulador con la presión calculada.
6. Actuar la válvula direccional y observar si es suficiente la graduación del regulador. Si no es suficiente incrementar la presión del regulador hasta que mueva la carga y anotarla en la tabla 3.4.
7. Repetir el punto 5 y 6 para la masa de 7 kg.
8. Graficar el promedio de la presión necesaria respecto a la fuerza de carga, en los ejes mostrados en la figura 3.5. Rotular una escala adecuada.

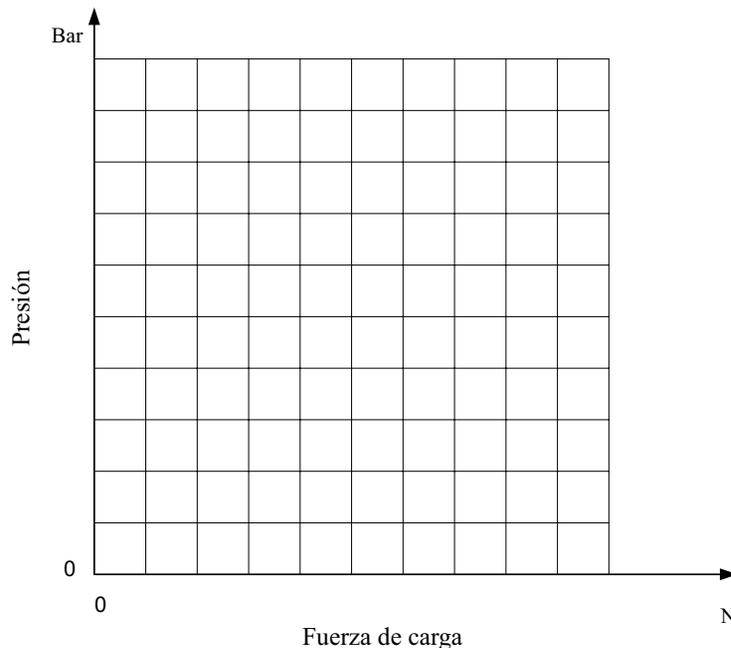


Figura 3.5. Ejes coordenados para la gráfica de P/F

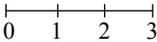
COMPRESIÓN

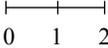
1. ¿Cómo es el comportamiento de un gas cuando está en un recipiente bajo presión?

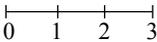
CONCLUSIONES

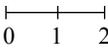
PRÁCTICA No 4

ACTUADORES Y VÁLVULAS (I)

Procedimiento 

Participación 

Comprensión 

Conclusiones 

Calificación de la práctica 

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Al término de la práctica, el alumno conocerá otros actuadores empleados en hidráulica y en neumática así como las válvulas empleadas para controlarlos.

HIDRÁULICA

MATERIAL

- Unidad de trabajo hidráulica.
- Un conjunto de actuadores hidráulicos.
- Un conjunto de válvulas hidráulicas
- Manguera de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de pulgada.
- Manómetros de 0 a 1000 lb/in².
- Conectores múltiples.

PROCEDIMIENTO

Válvulas hidráulicas y actuadores lineales.

1. Identificar el equipo a usar y colocarlo en los soportes de la unidad de trabajo.
2. Construir el circuito de la figura 4.1. Abrir la válvula de alimentación al acumulador.
3. Revisar y comprobar la construcción del circuito hidráulico. Pedir al instructor que verifique las conexiones.

4. Encender la unidad de potencia.

5. Anotar las características observadas para este circuito en la tabla 4.1.

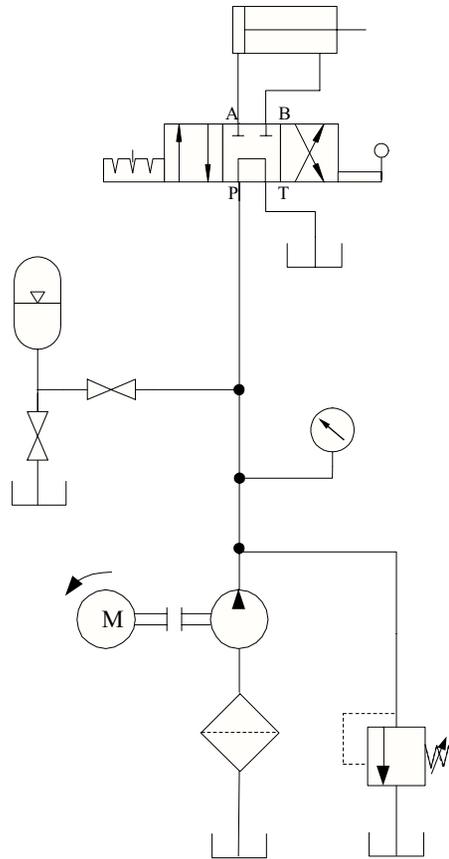


Figura 4.1. Actuador lineal con válvula 4/3 centro tandem.

| Actuador | Centro de la válvula | Posición | Características y lectura del manómetro MF |
|----------|----------------------|---------------------|--|
| Lineal | Tandem | Conductos paralelos | |
| | | Conductos cruzados | |
| | | Condición central | |

| | | |
|---------|---------------------|--|
| Cerrado | Conductos paralelos | |
| | Conductos cruzados | |
| | Condición central | |

Tabla 4.1. Comportamiento del actuador lineal.

6. Apagar la unidad de potencia y despresurizar el sistema abriendo la válvula descargadora y la de alimentación del acumulador.
7. Cambiar la válvula direccional por otra que tenga centro cerrado y sea actuada eléctricamente. El circuito con esta válvula se muestra en la figura 4.2.
8. Dibujar el diagrama eléctrico para accionar la válvula en la figura 4.3
9. Revisar la construcción del circuito hidráulico y eléctrico. Pedir al instructor que verifique la instalación.
10. Abrir la válvula de alimentación al acumulador y encender la unidad de potencia.
11. Actuar la válvula y anotar las características observadas en la tabla 4.1.

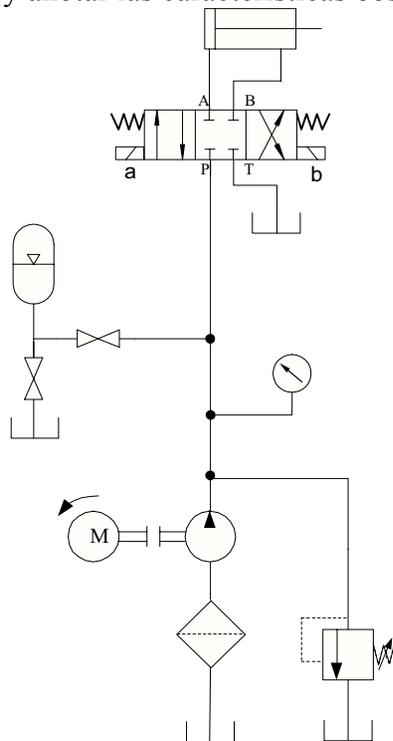


Figura 4.2. Circuito hidráulico con actuador lineal con válvula 4/3 centro cerrado.

Vac= 127V

Figura. 4.3. Circuito eléctrico.

Válvulas hidráulicas y motores.

12. Construir el circuito de la figura 4.4.

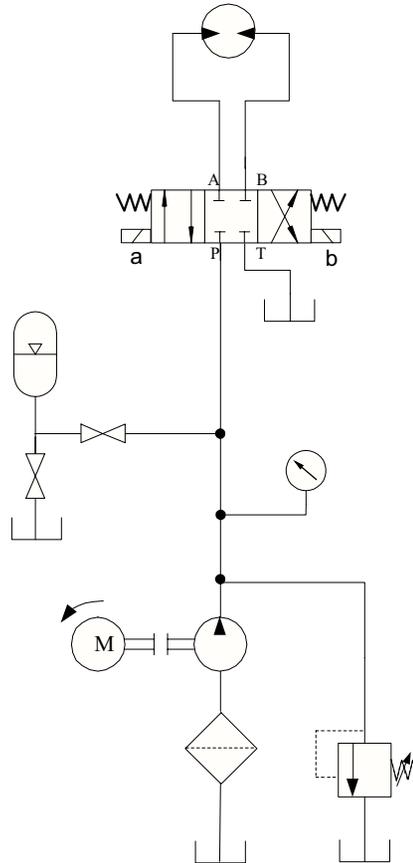


Figura 4.4. Actuador rotatorio con válvula 4/3 centro cerrado.

13. Revisar y comprobar construcción del circuito hidráulico. Pedir al instructor que verifique la instalación
14. Abrir la válvula de alimentación al acumulador y encender la unidad de potencia.
15. Anotar las características observadas en la tabla 4.2.

| Actuador | Centro de la válvula | Posición | Características y lectura del manómetro MF |
|----------|----------------------|---------------------|--|
| Motor | Tándem | Conductos paralelos | |
| | | Conductos cruzados | |
| | | Condición central | |
| | Cerrado | Conductos paralelos | |
| | | Conductos cruzados | |
| | | Condición central | |

Tabla 4.2. Comportamiento del actuador rotatorio.

16. Apagar la unidad de potencia y cambiar la válvula por una con centro cerrado actuada mecánicamente.
17. Revisar la construcción del circuito hidráulico. Pedir al instructor que verifique la instalación.
18. Cerrar la válvula de alimentación al acumulador y encender la unidad de potencia.
19. Anotar las características observadas en la tabla 4.2. Apagar la unidad de potencia.

Válvulas pilotadas

20. Construir el circuito mostrado en la figura 4.5. Cerrar la válvula de alimentación al acumulador.
21. Dibujar el diagrama eléctrico para accionar la válvula en la figura 4.6
22. Revisar la construcción del circuito hidráulico. Pedir al instructor que verifique la instalación.
23. Encender la unidad de potencia.

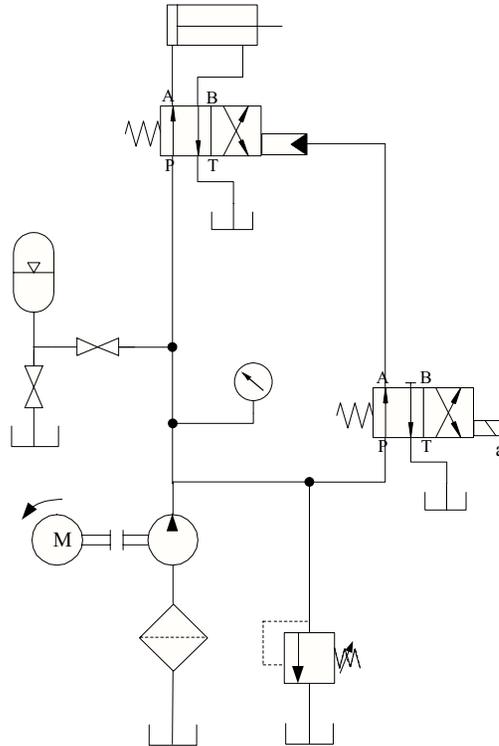


Figura 4.5 Circuito con válvula pilotada

Vac= 127V

Figura. 4.6. Circuito eléctrico.

24. Anotar las observaciones y aplicación de este circuito. Apagar la unidad de potencia.

25. Construir el circuito mostrado en la figura 4.7. Cerrar la válvula de alimentación al acumulador y encender la unidad de potencia.

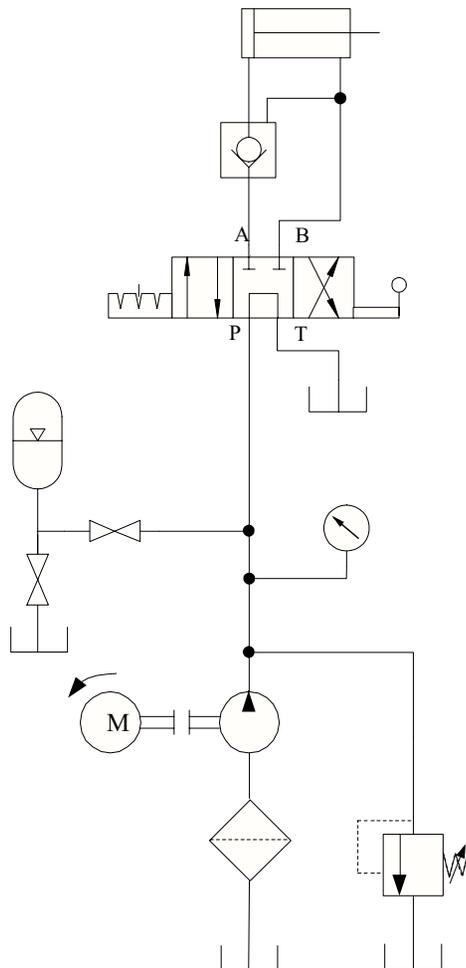


Figura 4.7 Circuito con válvula antirretorno pilotada.

26. Anotar las observaciones y aplicación de este circuito. Apagar la unidad de potencia.

COMPRENSIÓN

1. En el circuito 4.5, ¿qué función realiza la electro-válvula 4/2?

2. ¿Cuál es el significado de “Pilotaje” de una válvula?

3. ¿Qué diferencia existe entre un motor hidráulico y una bomba hidráulica?

NEUMÁTICA

MATERIAL

- Banco de pruebas neumáticas.
- Conjunto de actuadores neumáticos.
- Válvula direccional 5 conexiones 2 posiciones, actuada por piloto.
- Válvula direccional 3/2 actuada por botón regresada por resorte.
- Conectores múltiples.
- Válvula reguladora de flujo.

Proteja sus ojos con lentes de seguridad en todo momento.

PROCEDIMIENTO

1. Identificar el equipo a usar y colocarlo sobre el panel de trabajo.
2. Construir el circuito de la figura 4.8.
3. Analizar su funcionamiento y anotar una posible aplicación.

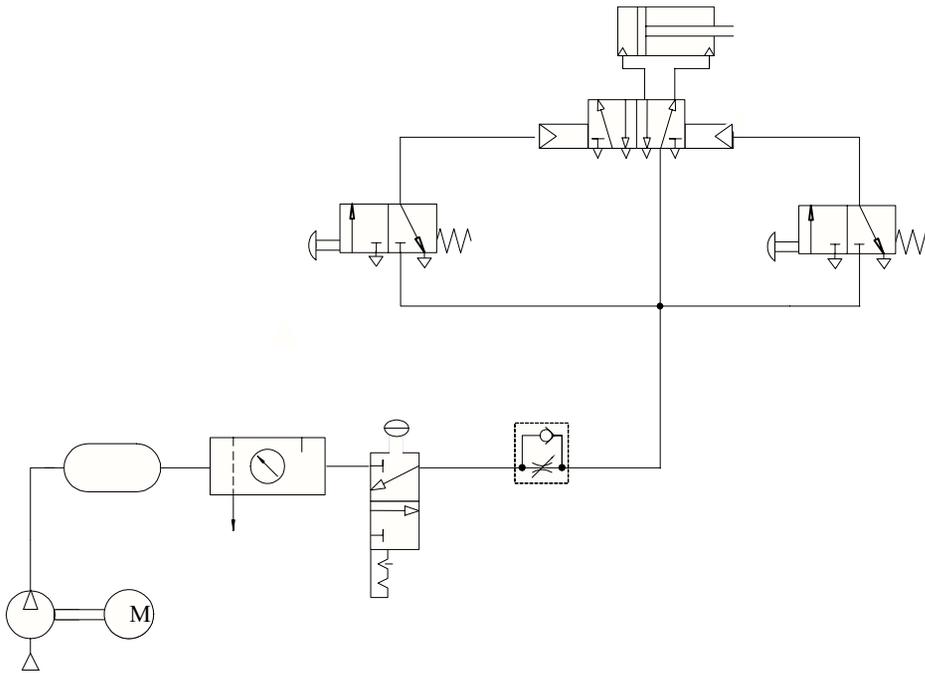


Figura. 4.8. Actuador lineal de doble efecto con válvula 5/2 actuada mediante piloto.

4. Cambiar el actuador lineal por un motor bidireccional.

5. Analizar su funcionamiento y anotar una posible aplicación.

6. Cambiar el motor bidireccional por un actuador sin vástago.

7. Analizar su funcionamiento y anotar una posible aplicación.

8. Cambiar el actuador sin vástago por un actuador de giro limitado (180°) con plato.

9. Analizar su funcionamiento y anotar una posible aplicación.

10. Cambiar el actuador de giro limitado (180°) con plato por uno de giro limitado con ángulo ajustable.

11. Analizar su funcionamiento y anotar una posible aplicación.

12. Cambiar el actuador de giro limitado con ángulo ajustable por un montaje de un actuador de doble efecto con giro limitado.

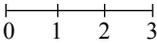
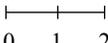
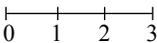
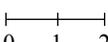
13. Analizar su funcionamiento y anotar una posible aplicación.

14. Cambiar el montaje del actuador de doble efecto con giro limitado por uno de doble vástago.

15. Analizar su funcionamiento y anotar una posible aplicación.

PRÁCTICA No 5

ACTUADORES Y VÁLVULAS (II)

| | |
|-----------------------------|---|
| Procedimiento |  |
| Participación |  |
| Comprensión |  |
| Conclusiones |  |
| Calificación de la práctica | <input type="text"/> |

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Al término de la práctica, el alumno conocerá otros actuadores empleados en hidráulica y en neumática así como, las válvulas empleadas para controlarlos.

HIDRÁULICA

MATERIAL

- Unidad de trabajo hidráulica.
- Un actuador hidráulico.
- Conjunto de válvulas.
- Manguera de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de pulgada.
- Manómetros de 0 a 1000 lb/in².
- Conectores múltiples.

PROCEDIMIENTO

Comparación de válvulas reguladoras

1. Construir el circuito de la figura 5.1. Cerrar la válvula de alimentación del acumulador.

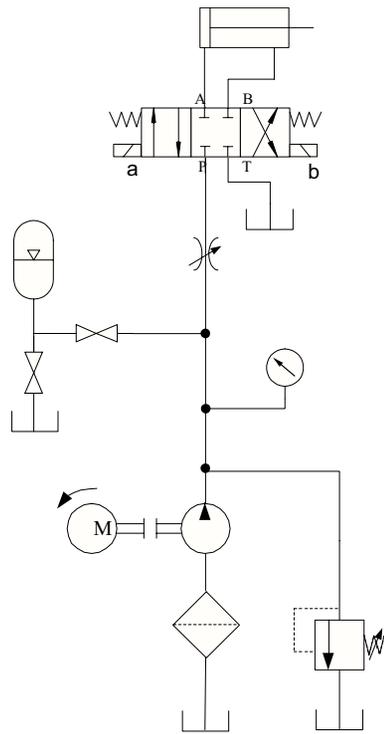


Figura 5.1 Circuito con válvula reguladora estándar

2. Graduar la válvula aproximadamente al 50 % para que el movimiento del actuador sea lento.
3. Pedir al instructor que revise la instalación. Energizar la unidad de potencia y analizar el circuito.
4. ¿Qué pasa con la cantidad de flujo que no llega al actuador?

5. Marcar con color rojo en el circuito de la figura 5.1 el camino que sigue el flujo que no llega al actuador.
6. Anotar el valor de presión que alcanza este fluido en el manómetro MF.

P= _____

7. Apagar la unidad de potencia y construir el circuito de la figura 5.2, observar que únicamente se cambia la válvula reguladora de flujo normal por una reguladora con drene a tanque.

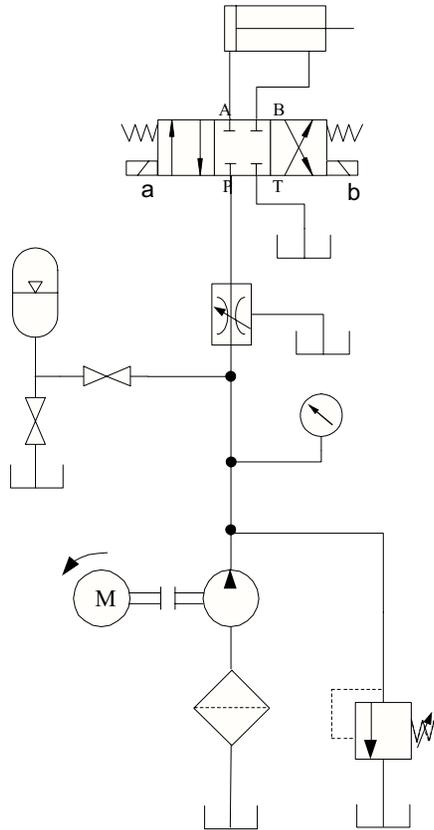


Figura 5.2 Circuito con válvula reguladora con drene a tanque

8. Graduar la válvula aproximadamente al 50 % para que el movimiento del actuador sea lento.
9. Pedir autorización al instructor para analizar su funcionamiento
10. ¿Qué pasa con la cantidad de flujo que no llega al actuador?

11. Marcar en el circuito de la figura 5.2 el camino que sigue el flujo que no llega al actuador. Anotar el valor de presión que alcanza el fluido

P= _____

12. ¿Con cuál de las dos válvulas se obtiene mejor rendimiento de la unidad de potencia y por qué?

13. Apagar la unidad de potencia.

Válvulas modulares.

14. De acuerdo con el arreglo de las válvulas en módulo que se encuentra en el laboratorio construir un circuito para controlar un actuador de doble efecto en la figura 5.3.

Figura 5.3 Circuito con válvulas en módulo

15. Pedir al instructor que verifique la instalación. Analizar su funcionamiento.

16. En la tabla 5.1 analizar las ventajas y desventajas de las válvulas en módulo respecto a las válvulas simples.

| Válvulas simples | | Válvulas en módulo | |
|------------------|-------------|--------------------|-------------|
| ventajas | desventajas | ventajas | desventajas |
| | | | |
| | | | |

Tabla 5.1 Comparación de válvulas

COMPRENSIÓN

1. Mencionar los tipos de válvulas que intervienen en el funcionamiento del módulo de la figura. 5.3.

2. ¿A qué se le llama “memoria” en una válvula direccional?

NEUMÁTICA

MATERIAL

- Banco de pruebas neumáticas.
- Conjunto de actuadores neumáticos.
- Válvula direccional 5 conexiones 2 posiciones, actuada por piloto.
- Válvula direccional 3/2 actuado por botón regresada por resorte.
- Conectores múltiples.

Proteja sus ojos con lentes de seguridad en todo momento.

PROCEDIMIENTO

Pinzas neumáticas

1. Identificar el equipo a usar y colocarlo sobre el panel de trabajo.
2. Construir el circuito de la figura 5.4.
3. Pedir autorización al instructor para analizar su funcionamiento.

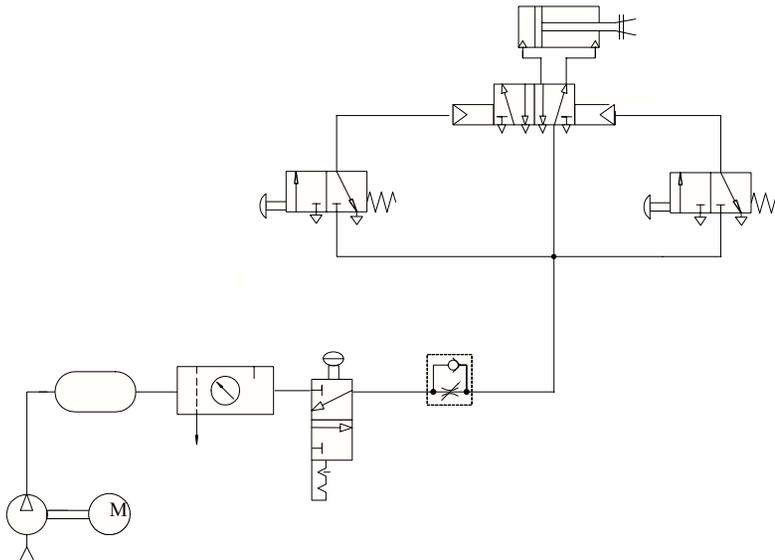


Figura 5.4 Circuito básico para manejar una pinza neumática

4. Analizar su funcionamiento y anotar una posible aplicación

Uso de finales de carrera mecánicos.

5. Identificar el equipo a usar y colocarlo sobre el panel de trabajo.

6. Construir el circuito de la figura 5.5.

7. Pedir autorización al instructor para analizar su funcionamiento.

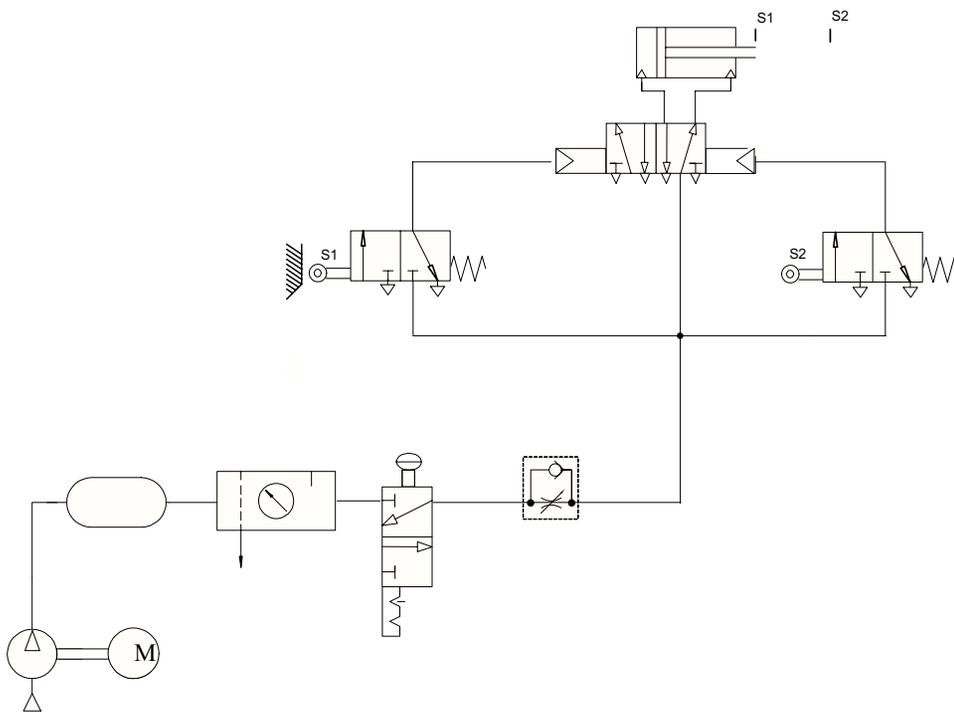


Figura 5.5 Circuito básico con finales de carrera mecánicos.

8. Analizar su funcionamiento y anotar una posible aplicación

COMPRENSIÓN

1. ¿Qué es un final de carrera?

2. Mencionar 3 tipos de finales de carrera.

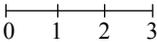
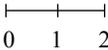
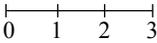
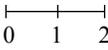
3. Modificar el circuito de la figura 5.4 para que realice la siguiente función: que el actuador se extienda y retraiga automáticamente mientras se tiene accionada una válvula de botonera. Al momento de soltar la botonera el actuador se detendrá en el punto donde se encuentre.

Figura 5.6 Circuito que se detiene en cualquier parte de su recorrido.

CONCLUSIONES

PRÁCTICA No 6

BOMBAS Y COMPRESORES

| | |
|-----------------------------|---|
| Procedimiento |  |
| Participación |  |
| Comprensión |  |
| Conclusiones |  |
| Calificación de la práctica | <input data-bbox="1114 561 1223 606" type="text"/> |

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Que el alumno analice y obtenga la característica de flujo respecto a presión y eficiencia respecto a presión en una bomba, también que analice el flujo disponible de aire en el tanque del compresor de acuerdo a la graduación del presostáto.

HIDRÁULICA

MATERIAL

- Banco de pruebas de hidráulica.
- Tacómetro.
- Flujómetro.
- Válvula reguladora de flujo con antirretorno integrado.
- Manómetros de 0 a 1000 psi.

PROCEDIMIENTO

1. Analizar el diagrama que se muestra en la figura 6.1. Cerrar la válvula de alimentación al acumulador.
2. Tomar el material con que va a trabajar y ensamblar los componentes de acuerdo al diagrama de la figura 6.1.

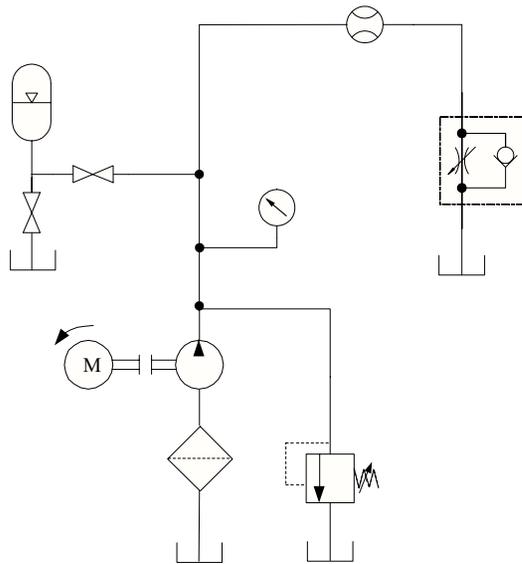


Figura 6.1. Conexión de la bomba hidráulica.

3. Pedir al instructor que verifique las conexiones del circuito.
4. Energizar la unidad de potencia.
5. Cerrar completamente la válvula reguladora de flujo. Registrar la presión en el sistema, el flujo y la corriente demandada por el motor, en la tabla 6.1.
6. Abrir lentamente la válvula reguladora de flujo para que en decrementos de 10 en 10 psi el manómetro llegue a una presión de 500 psi. Tomar los datos pedidos en la tabla 6.1.

| Presión en el manómetro M1 (psi) | Flujo (gpm) | Corriente del motor (A) | Factor de potencia | Potencia demandada | Potencia disponible | Eficiencia |
|----------------------------------|-------------|-------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Tabla 6.1 Características del sistema.

7. Después de alcanzar las 500 psi, abrir la válvula para que los decrementos sean de 100 en 100 psi, hasta que la válvula este completamente abierta.
8. Anotar la presión para cuando la válvula está totalmente abierta
9. Con la válvula reguladora completamente abierta, medir las revoluciones del motor. Las revoluciones por minuto del motor son: _____
10. Calcular y anotar a continuación el volumen desplazado por la bomba $V_D =$ _____.
11. Apagar la unidad de potencia y desarmar el circuito.
12. Elaborar las gráficas Q respecto a P (el gasto en el eje de las ordenadas y la presión en el eje de las abscisas), en el espacio de la figura 6.2, también graficar la eficiencia contra P. Usar una escala apropiada para cada caso.

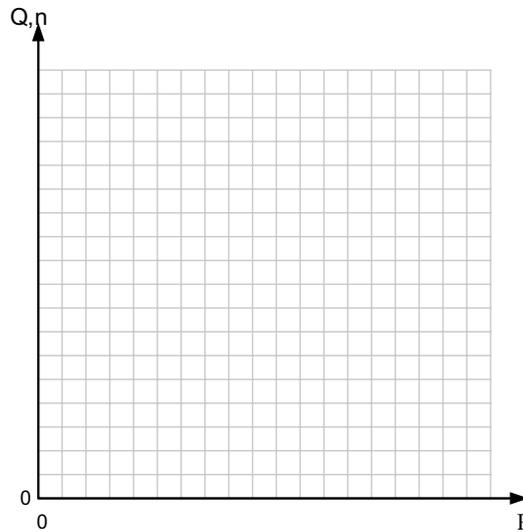


Figura 6.2. Gráfica del gasto contra la presión.

COMPRENSIÓN

1. ¿Qué indica la gráfica de la figura 6.2?

2. ¿Cómo interviene la viscosidad del aceite en las lecturas del flujómetro?

3. ¿Cuál es el punto óptimo de trabajo de la unidad de potencia?

NEUMÁTICA

MATERIAL

- Banco de pruebas neumática.
- Cronómetro.
- Mangueras y conectores.
- Manómetros.

Proteja sus ojos con lentes de seguridad en todo momento.

PROCEDIMIENTO

Presión de arranque y paro

1. Conectar una manguera al sistema neumático de la figura 6.3.

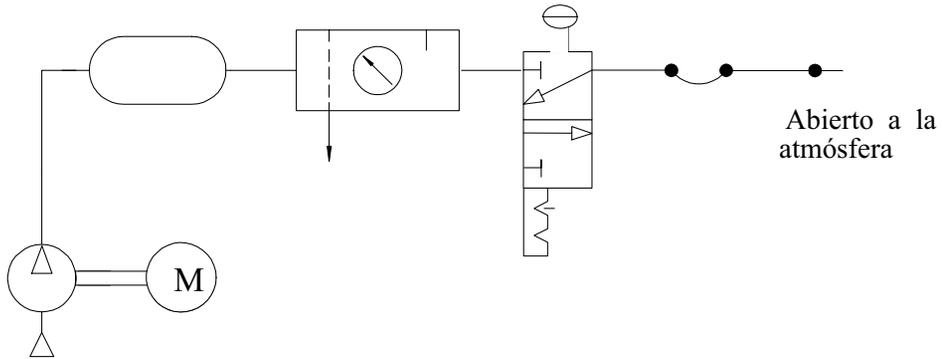


Figura 6.3. Sistema neumático

2. Manipulando la válvula de corredera, observar la presión de arranque y paro del motor eléctrico y anotar los valores.

Presión de arranque _____ psi.

Presión de paro _____ psi.

3. Con la válvula de corredera cerrada observar la graduación del regulador de presión.

4. Presión del regulador _____ psi.

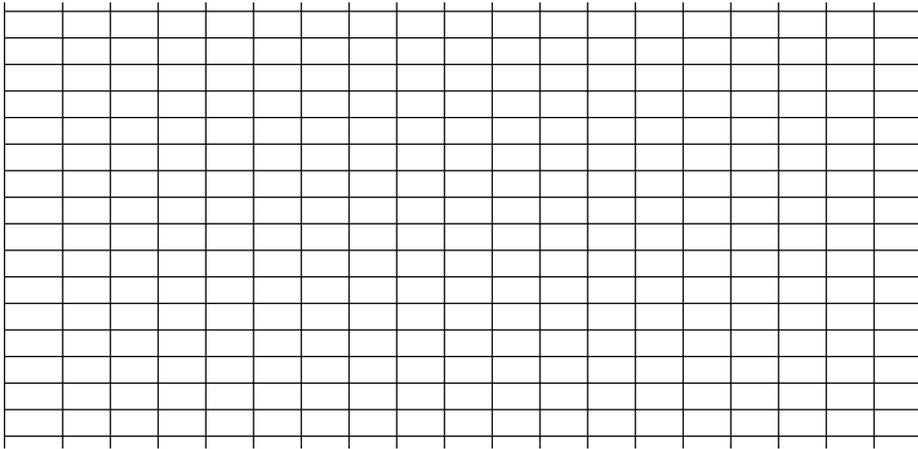
Consumo de aire de actuadores

5. Anotar los datos de temperatura y presión ambiente:

Temperatura ambiente: _____

Presión ambiente: _____

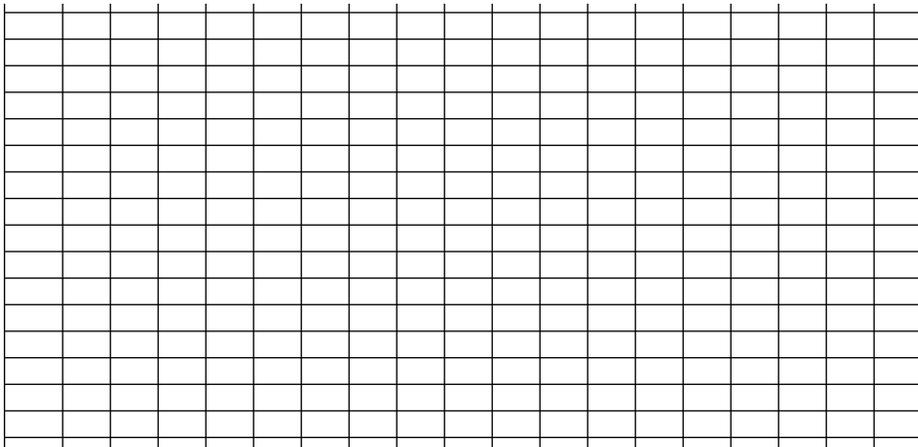
6. Calcular a continuación el volumen disponible en el tanque en scf y anotarlo en la tabla 6.2.



7. Conectar el circuito de la figura 6.4.
8. Investigar las siguientes dimensiones del actuador usado:

Diámetro del émbolo _____.
Diámetro del vástago _____.
Carrera _____.

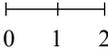
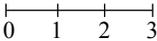
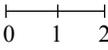
9. Calcular el flujo en scf que demanda el actuador y anotar en la tabla 6.2. y calcular el número de ciclos que puede dar con el aire disponible.



10. Revisar la construcción del circuito neumático. Pedir al instructor que verifique la instalación.
11. Con el tanque a la presión de paro proporcionar presión al circuito accionando la válvula y medir los ciclos que da hasta que arranca el motor, anotar el resultado en la tabla 6.2.

PRÁCTICA No 7

ESQUEMAS HIDRÁULICOS, BÁSICOS

| | |
|-----------------------------|---|
| Procedimiento |  |
| Participación |  |
| Comprensión |  |
| Conclusiones |  |
| Calificación de la práctica | <input data-bbox="1114 563 1225 606" type="text"/> |

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Que el alumno construya algunos de los esquemas o circuitos hidráulicos más utilizados en la industria y analice sus características más importantes.

MATERIAL

- Banco de pruebas de hidráulica.
- Manómetros.
- Mangueras.
- Actuador lineal de doble efecto de 32 cm de carrera.
- Válvula 4/3, accionada manualmente con centro tandem.
- Válvula antirretorno pilotada.
- Válvula de secuencia.
- Electro-válvula 4/2, regresada por resorte.
- Conexiones múltiples.
- Cronómetro.

PROCEDIMIENTO

Circuito hidráulico sin regeneración

1. Armar el circuito hidráulico, que se muestra en la figura 7.1.

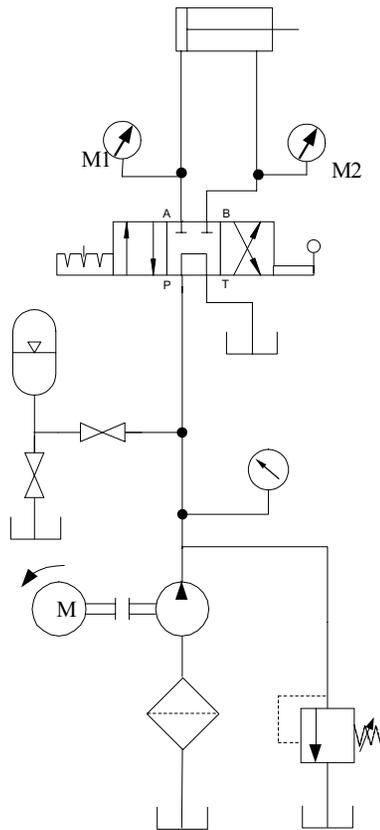


Figura 7.1. Circuito hidráulico sin regeneración.

2. Mantener la válvula de alimentación al acumulador cerrada y la de descarga de acumulador abierta
3. Pedir al instructor que revise la construcción del circuito hidráulico.
4. Energizar la unidad de potencia y analizar el funcionamiento del circuito.
5. Mover la palanca de la válvula direccional para que se extienda el actuador y con el cronómetro, tomar el tiempo que tarda en hacerlo, observar la lectura de los manómetros. Registrar la información en la tabla 7.1.
6. Accionar la palanca de la válvula, para que se retraiga el actuador y tomar los datos que pide la tabla 7.1.
7. Apagar la unidad de potencia.

| Movimiento | Tiempo | Lectura de M1 | Lectura de M2 |
|------------|--------|---------------|---------------|
| Extensión | | | |
| Retracción | | | |

Tabla 7.1. Tiempo de extensión y retracción.

Circuito hidráulico con regeneración

8. Armar el circuito hidráulico, que se muestra en la figura 7.2.
9. Mantener la válvula de alimentación al acumulador cerrada y la de descarga de acumulador abierta

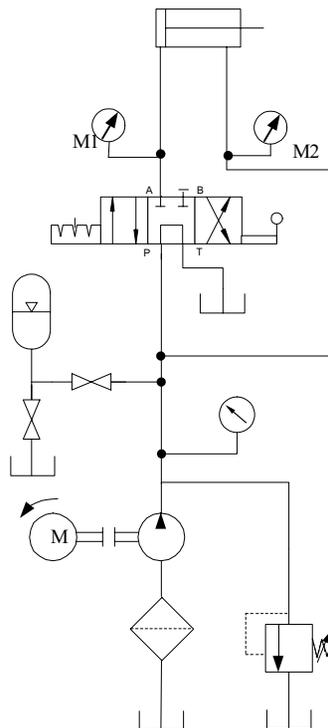


Figura 7.2. Actuador en regeneración.

10. Pedir al instructor que revise la construcción del circuito hidráulico.
11. Energizar la unidad de potencia y analizar la operación del circuito.
12. ¿Qué aplicaciones le puede dar al circuito?

13. Mover la palanca de la válvula direccional para que se extienda el actuador y con el cronómetro, tomar el tiempo que tarda en hacerlo, observar la lectura de los manómetros. Registrar la información en la tabla 7.2.

14. Repetir el paso anterior, hasta llenar la tabla 7.2. Al finalizar apagar la unidad de potencia.

| Movimiento | Tiempo | Lectura de M1 | Lectura de M2 |
|------------|--------|---------------|---------------|
| Extensión | | | |
| Retracción | | | |

Tabla 7.2. Tiempo de extensión y retracción.

Circuito con acumulador

15. Armar el circuito hidráulico, que se muestra en la figura 7.3, mantener la válvula de alimentación al acumulador abierta y la de descarga del acumulador cerrada.

16. Pedir al instructor que revise la construcción del circuito hidráulico. Energizar la unidad de potencia y analizar el funcionamiento del circuito.

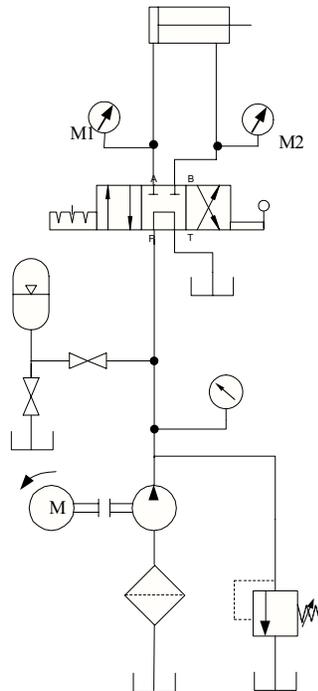


Figura 7.3. Circuito hidráulico con acumulador.

17. ¿Qué aplicaciones le puede dar al circuito?

18. Mover la palanca de la válvula direccional para que se extienda el actuador y con el cronómetro, tomar el tiempo que tarda en hacerlo, observar la lectura de los manómetros. Registrar la información en la tabla 7.3.

19. Apagar la unidad de potencia.

| Movimiento | Tiempo | Lectura de M1 | Lectura de M2 |
|------------|--------|---------------|---------------|
| Extensión | | | |
| Retracción | | | |

Tabla 7.3. Tiempos de extensión y retracción.

Sistema alta-baja

20. Analizar la prensa de la figura 7.4 y ubicar los componentes del sistema alta y baja.

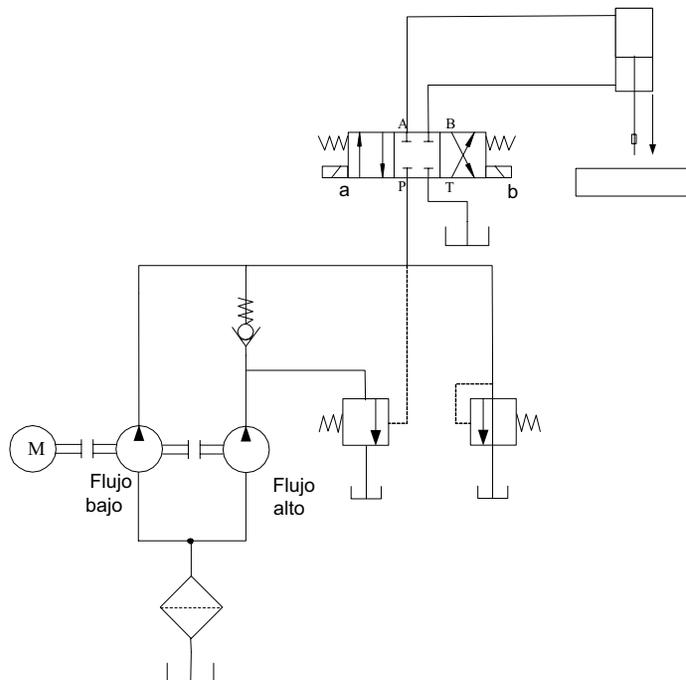


Figura 7.4 Sistema alta y baja

21. ¿Qué aplicaciones le puede dar al circuito?

Conexión de una válvula de secuencia

22. Armar el circuito que se muestra en la figura 7.5.

23. Pedir al instructor que revise la construcción del circuito hidráulico.

24. Energizar la unidad de potencia y comprobar la operación del circuito.

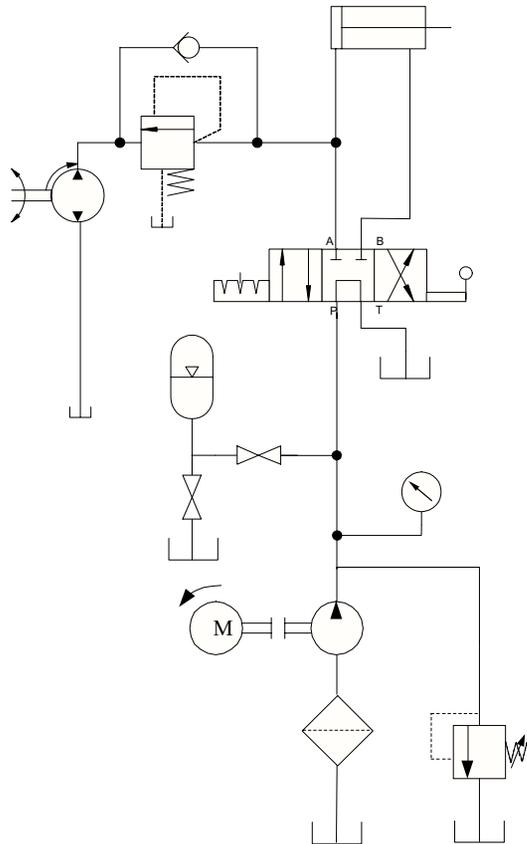
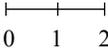
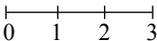
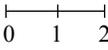


Figura 7.5. Válvula de secuencia.

25. Comentar con sus compañeros y con el instructor algunas de las aplicaciones que puede tener este circuito. Apagar la unidad de potencia.

PRÁCTICA No 8

ESQUEMAS NEUMÁTICOS, BÁSICOS

| | |
|-----------------------------|---|
| Procedimiento |  |
| Participación |  |
| Comprensión |  |
| Conclusiones |  |
| Calificación de la práctica | <input data-bbox="1114 563 1223 606" type="text"/> |

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Que el alumno construya algunos de los esquemas o circuitos neumáticos más utilizados en la industria y analice sus características más importantes.

MATERIAL

- Banco de pruebas neumáticas.
- Mangueras.
- Actuador lineal de doble efecto.
- Conjunto de válvulas.
- Electro-válvula 4/2, regresada por resorte.
- Puntos de conexiones múltiples.

PROCEDIMIENTO

Uso de las válvulas para funciones lógicas

1. Construir el circuito neumático, que se muestra en la figura 8.1.
2. Pedir al instructor que revise la construcción del circuito.
3. Energizar el circuito y analizar su operación.

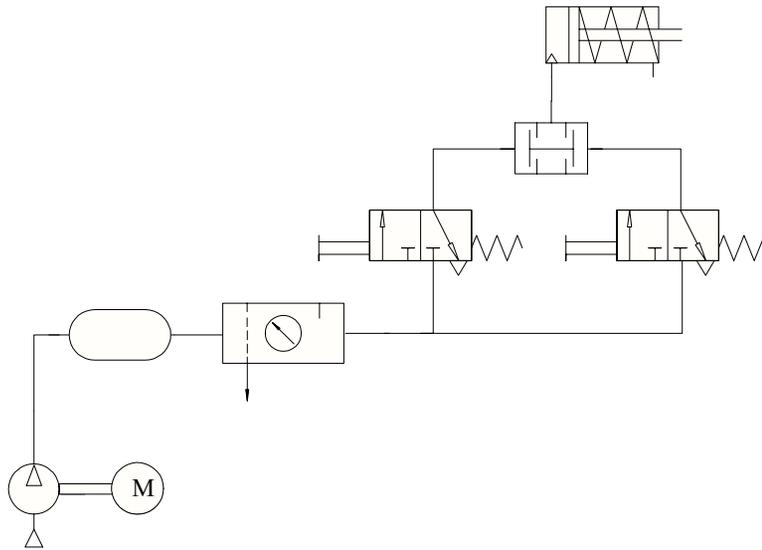


Figura 8.1. La válvula Y, como elemento de seguridad.

4. Escribir las características operativas, así como una posible aplicación.

5. Desenergizar el circuito, desarmarlo y colocar los elementos en su lugar.

6. Construir el circuito neumático que muestra en la figura 8.2.

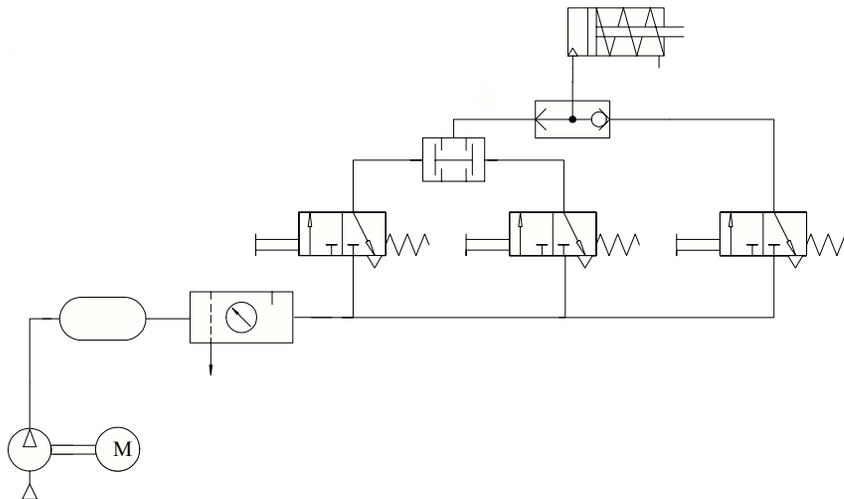


Figura 8.2. Actuación remota de un actuador.

7. Pedir al instructor que revise la construcción del circuito.
8. Energizar el circuito y analizar la operación.
9. Escribir las características operativas, así como una posible aplicación.

10. Desenergizar el circuito, desarmarlo y colocar los elementos en su lugar.

Válvula antirretorno pilotada

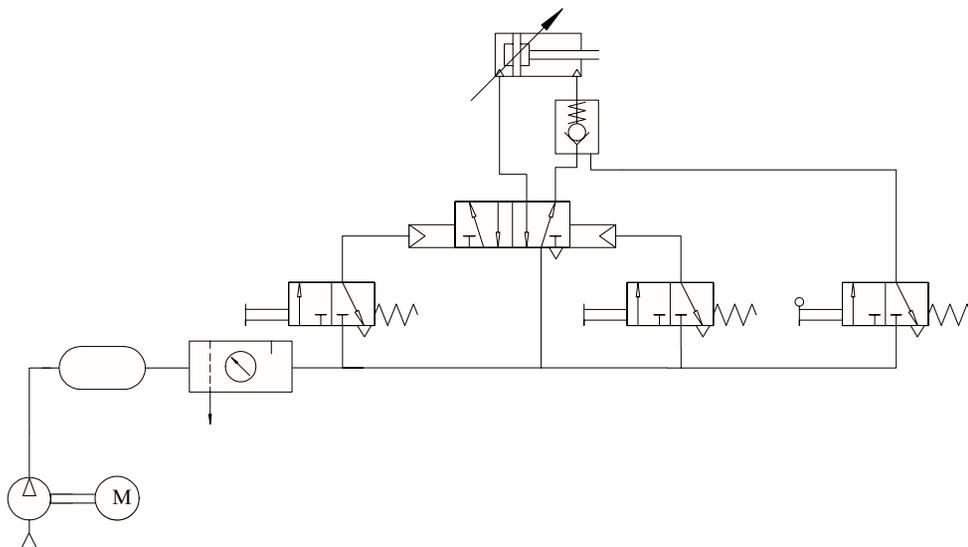


Figura 8.3. Pilotaje de una válvula antirretorno.

11. Proceder a armar el circuito que se muestra en la figura 8.3.
12. Pedir al instructor que revise la construcción del circuito.
13. Energizar la unidad de potencia y analizar la operación.

14. Escribir las características operativas observadas, así como una posible aplicación.

15. Modificar el circuito de la figura 8.3, para que el pilotaje provenga de la línea de alimentación de la extensión del actuador.

16. Construir en el banco de pruebas el circuito de la figura 8.3, modificado.

17. Pedir al instructor que verifique la construcción del circuito.

18. Energizar la unidad de potencia y comprobar el funcionamiento del sistema.

19. Escribir las características operativas observadas, así como una posible aplicación.

20. Desenergizar el circuito, desarmarlo y colocar los componentes en su lugar.

Válvula temporizada

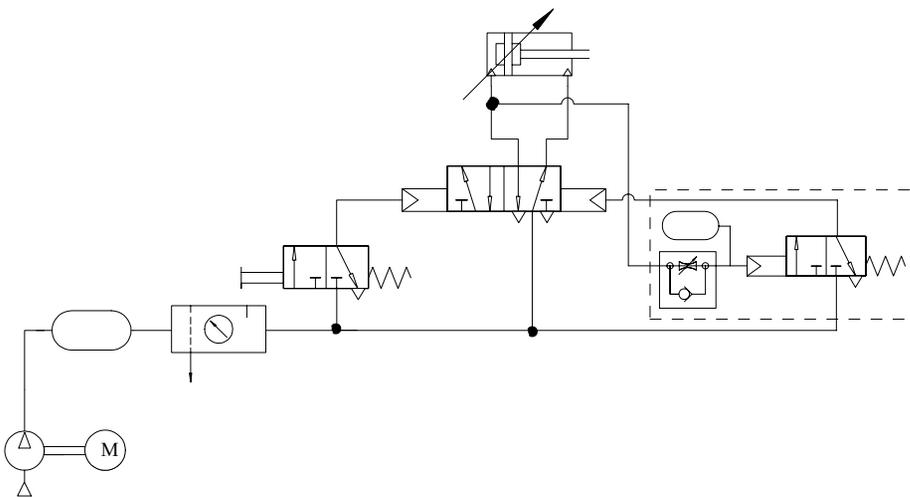


Figura 8.4. Válvula temporizadora normalmente cerrada.

21. Analizar el circuito de la figura 8.4. Proceder a armarlo en el banco de pruebas.
22. Pedir al instructor que revise la construcción del circuito neumático.
23. Energizar el circuito.
24. Escribir las características operativas observadas, así como una posible aplicación.

25. Modificar el circuito de la figura 8.4, utilizando la válvula temporizadora normalmente abierta.
26. Construir en el banco de pruebas el circuito de la figura 8.4, modificado.
27. Pedir al instructor que verifique la construcción del circuito.
28. Energizar la unidad de potencia.
29. Escribir las características operativas observadas, así como una posible aplicación.

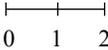
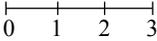
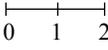
30. Desenergizar el circuito, desarmarlo y colocar los componentes en su lugar.

El escape rápido y la válvula reguladora de flujo con antirretorno

31. Armar el circuito que se muestra en la figura 8.5.

PRÁCTICA No 9

SIMULACIÓN DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS

| | |
|-----------------------------|---|
| Procedimiento |  |
| Participación |  |
| Comprensión |  |
| Conclusiones |  |
| Calificación de la práctica | <input data-bbox="1115 565 1223 606" type="text"/> |

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Que el alumno utilice los programas de simulación de circuitos hidráulicos y neumáticos que existen en el Laboratorio.

MATERIAL

- Computadoras.
- Simulador de circuitos hidráulicos.

HIDRÁULICA

PROCEDIMIENTO

1. Analizar el diagrama que se muestra en la figura 9.1.
2. Anotar a continuación la secuencia de funcionamiento que producirá
Secuencia _____
3. Dibujarlo en el simulador y comprobar la secuencia. Comparar su funcionamiento, contra la predicción realizada.
4. Realizar en la figura 9.2 el diagrama espacio fase.

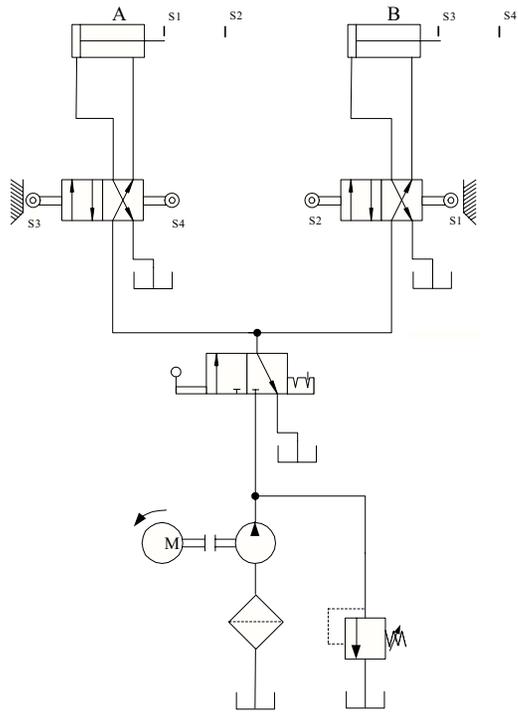


Figura 9.1. Circuito hidráulico a simular.

Figura 9.2. Digrama espacio fase del circuito de la figura 9.1.

5. Analizar el diagrama que se muestra en la figura 9.3.

6. Anotar a continuación la secuencia de funcionamiento que producirá

Secuencia _____

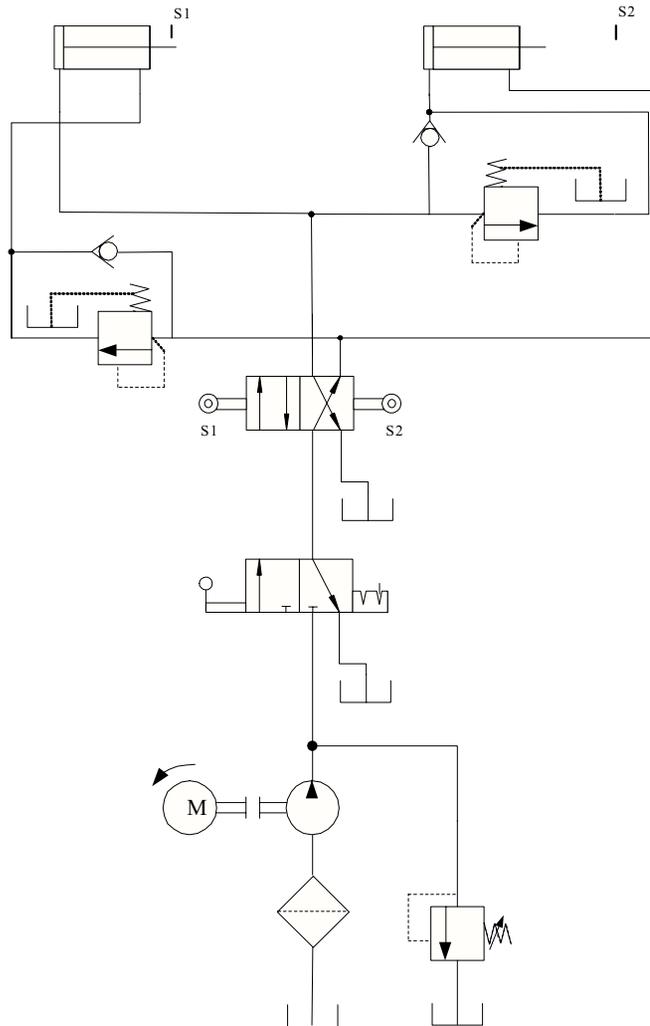


Figura 9.3. Circuito hidráulico propuesto.

7. Dibujarlo en el simulador y comprobar la secuencia. Comparar su funcionamiento, contra la predicción realizada.

8. Realizar en la figura 9.4 el diagrama espacio fase.

Figura 9.4. Diagrama espacio fase del circuito de la figura 9.3

NEUMÁTICA

MATERIAL

- Computadoras.
- Simulador de circuitos neumáticos

PROCEDIMIENTO

1. Anotar la secuencia producida por el circuito de la figura 9.1. Realizar un circuito neumático que produzca exactamente la misma secuencia. Escribir el diagrama en la figura 9.5 y realizar la simulación.

Figura 9.5. Circuito neumático a simular.

2. Anotar la secuencia producida por el circuito de la figura 9.3. Realizar un circuito neumático que produzca exactamente la misma secuencia. Escribir el diagrama en la figura 9.6 y realizar la simulación.

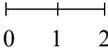
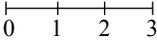
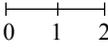
Figura 9.6. Circuito neumático a simular.

COMPRESIÓN

1. Explicar el funcionamiento del circuito 9.3.

PRÁCTICA No 10

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA Y USO DE SENSORES

| | |
|-----------------------------|---|
| Procedimiento |  |
| Participación |  |
| Comprensión |  |
| Conclusiones |  |
| Calificación de la práctica | <input data-bbox="1114 565 1223 606" type="text"/> |

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Que el alumno conozca los principales símbolos eléctricos que se utilizan para controlar circuitos electro-hidráulicos y electro-neumáticos; construir e interpretar un diagrama escalera. Así como también conocer los diferentes tipos de sensores que son utilizados en la industria.

MATERIAL

- Simulador de circuitos hidráulicos y neumáticos
- Equipo eléctrico-neumático y eléctrico.
- Sensores mecánicos, ópticos, inductivos, capacitivos, fotoeléctricos y mecánicos.

PROCEDIMIENTO

1. Identificar los elementos eléctricos en el panel de trabajo cuyo símbolo se muestra en la tabla 10.1, anotar su nombre y características de funcionamiento.
2. Construir el diagrama eléctrico para controlar un circuito electro-neumático básico como el que se muestra en la figura. 10.1. Dibujarlo en la figura 10.2

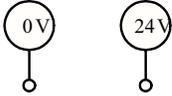
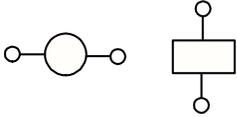
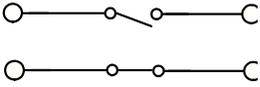
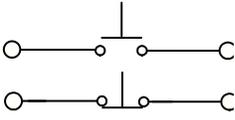
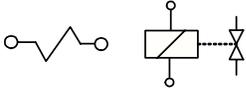
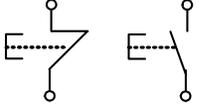
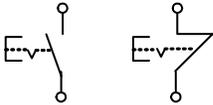
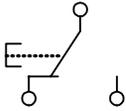
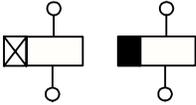
| Símbolo | Nombre | Características de funcionamiento |
|---|--------|-----------------------------------|
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |

Tabla 10.1. Simbología Eléctrica.

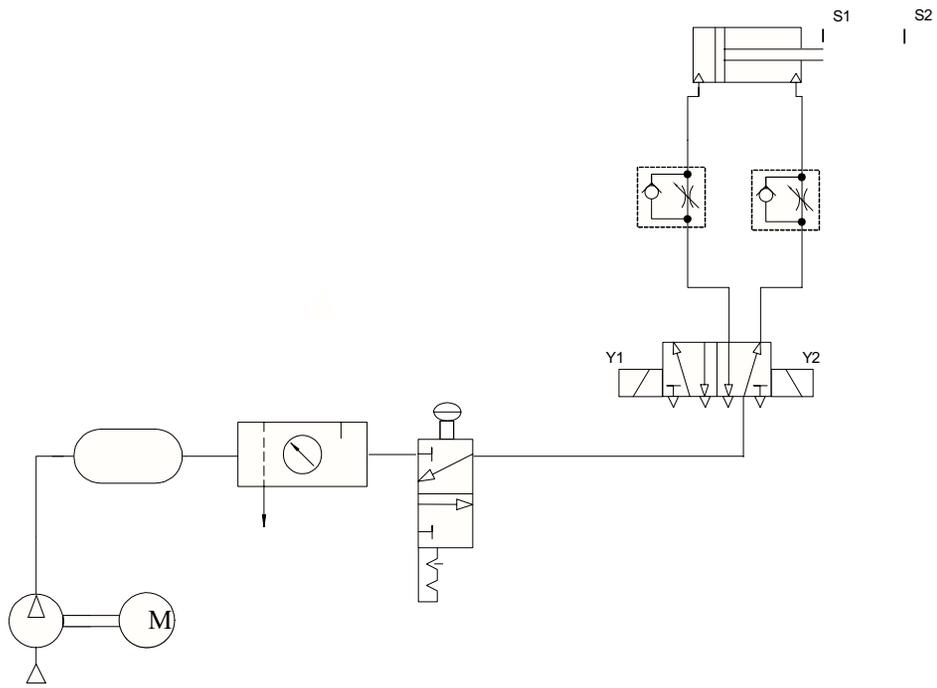


Figura 10.1 Circuito Electro-neumático básico.

Figura 10.2. Diagrama eléctrico para controlar el circuito de la figura10.1.

3. Identificar los sensores que se encuentran en el laboratorio por medio de los símbolos que se encuentran en la tabla 10.2 y anotar el nombre de cada uno.
4. En el circuito de la figura 10.1, cambiar los finales de carrera por cada uno de los diferentes tipos de sensores, analizar el funcionamiento y características de cada uno y anotarlas en la tabla 10.2.
5. Modificar el diagrama eléctrico de la figura 10.2, introduciendo la simbología de los sensores. Dibujar el diagrama en la figura 10.3.

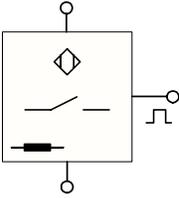
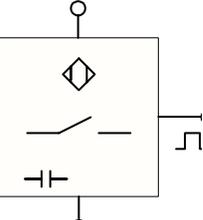
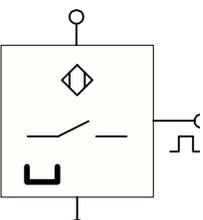
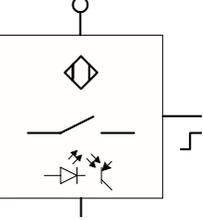
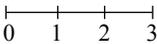
| Símbolo | Nombre | Características de Funcionamiento |
|---|--------|-----------------------------------|
|  | | |
|  | | |
|  | | |
|  | | |

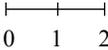
Tabla 10.2. Características de Sensores.

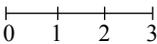
Figura 10.3. Diagrama eléctrico para el circuito 10.2 utilizando sensores.

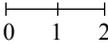
PRÁCTICA No 11

REPRESENTACIÓN DE CIRCUITOS

Procedimiento 

Participación 

Comprensión 

Conclusiones 

Calificación
de la práctica 

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

En esta práctica el alumno construirá el circuito del sistema Alta Baja usando las normas ISO 1219-1 e ISO 1219-2.

MATERIAL

- Sistema de Alta Baja.
- Internet
- Catálogos de equipo

PROCEDIMIENTO

1. En base al sistema alta-baja que se encuentra en el laboratorio dibujar su circuito usando las normas ISO 1219-1 e ISO 1219-2.

Figura 11.1 Circuito alta baja en base a las normas ISO 1219-1 e ISO 1219-2.

COMPRENSIÓN

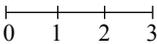
1. ¿Cuál es la función de las válvulas antiretorno que se encuentran a la salida de las bombas?

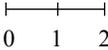
2. ¿En qué momento entra en funcionamiento el sistema de alta presión?

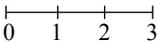
3. ¿Qué tipo de sensores controlan la carrera del actuador? Dibujar el símbolo.

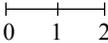
PRÁCTICA No 12

SECUENCIA (I)

Procedimiento 

Participación 

Comprensión 

Conclusiones 

Calificación de la práctica 

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Que el alumno ponga en práctica los conocimientos adquiridos en el laboratorio a lo largo del curso.

MATERIAL

- Válvula generadora de vacío.
- Ventosa.
- Actuador giratorio de ángulo ajustable.
- Equipo eléctrico y neumático.
- Computadora

PROCEDIMIENTO

Para la realización de esta práctica, los alumnos pondrán en práctica los conocimientos adquiridos en el laboratorio, se encargarán de proponer el diagrama y de construir el circuito electro neumático. Se desea que el alumno construya un circuito para llevar a cabo la siguiente operación:

Se tiene un actuador (A) doble efecto que se extiende hasta el final de carrera simulando el posicionamiento de un objeto, en esta posición el generador de vacío junto con la ventosa se accionarán para tomar el objeto al mismo tiempo que se acciona el actuador giratorio (B) que trasladará el objeto a 180° de la posición que lo tomó; en esta posición se accionará el actuador (C) toma el objeto y manda la señal para que A se retraiga y después C y por último B.

La secuencia queda de la siguiente forma:

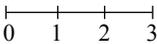
A+ B+ C+ A- C- B -.

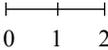
1. Proponer el circuito y armarlo en el panel de trabajo.

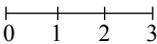
Figura 12.1 Circuito para llevar a cabo la secuencia A+B+C+B-A-C-

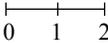
PRÁCTICA No 13

SECUENCIA (II)

Procedimiento 

Participación 

Comprensión 

Conclusiones 

Calificación de la práctica 

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

Que el alumno conozca el funcionamiento básico de los contadores eléctricos y que ponga en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo del curso

MATERIAL

- Computadora
- Contadores
- Equipo eléctrico y neumático.

PROCEDIMIENTO

Para la realización de esta práctica, los alumnos pondrán en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo del curso, ya que se encargarán de proponer el diagrama y de construir el circuito electroneumático, en base al siguiente proceso de funcionamiento:

Emplear un actuador de doble efecto (A), un actuador de simple efecto (B), las válvulas y los sensores necesarios para controlarlos.

El actuador A se extenderá después de recibir una señal de un interruptor eléctrico, al llegar al final de carrera inmediatamente se extenderá el actuador B quedando extendido durante un tiempo de 10 segundos para después regresar a su posición inicial y mandar la señal al actuador A para que se retraiga.

La secuencia queda de la siguiente forma:

A+ B+ (10 segundos) B- A-

1. Realizar el diagrama del circuito en las figuras 13.1 y 13.2, tanto el neumático como el eléctrico, el diagrama espacio–fase en la figura 13.3, la lista de los materiales empleados, una breve descripción de su funcionamiento y una conclusión personal sobre lo aprendido y lo observado.

Figura 13.1 Diagrama del circuito

Figura 13.2 Diagrama eléctrico para controlar el circuito

Figura 13.2 Diagrama espacio-fase

COMPRENSIÓN

1. Escribir 3 ventajas y 3 desventajas al utilizar contadores .

2. Mencionar 5 diferencias en cuanto al funcionamiento de una válvula temporizadora y un contador.

CONCLUSIONES

PRÁCTICA No 14

PROYECTO

_____ / _____ / _____

OBJETIVO

En esta práctica se revisará el proyecto que el alumno realizó durante el semestre, en él, plasmará los conocimientos y habilidades adquiridas al cursar la asignatura y el Laboratorio.

MATERIAL

-El que juzgue necesario para la práctica.

PROCEDIMIENTO

El alumno explicará en que consiste su proyecto y demostrará su funcionalidad ante el responsable del Laboratorio y profesores invitados. Se deberá seguir las normas de seguridad guardadas durante las sesiones del Laboratorio.

Entregará un reporte escrito de su trabajo en formato científico que, junto con el prototipo implementado formarán parte de su calificación.

CONCLUSIONES

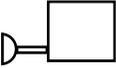
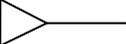
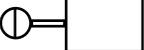
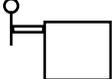
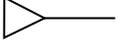
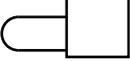
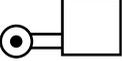
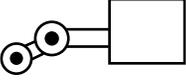
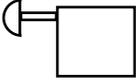
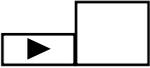
RECONOCIMIENTO

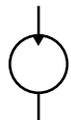
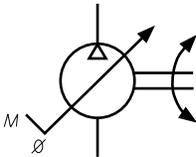
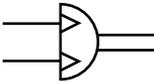
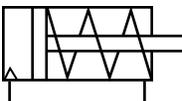
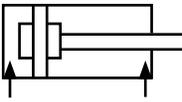
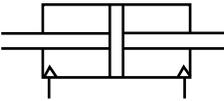
Cuando a juicio del instructor, un trabajo reúna las características adecuadas, se hará saber al encargado del laboratorio y a los profesores de asignatura, para que en una reunión posterior se revise el trabajo. Si en la reunión se concluye que el trabajo tiene calidad, se procederá a otorgar un reconocimiento por escrito a cada uno de los miembros de la brigada que elaboraron el proyecto.

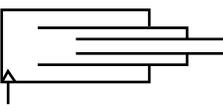
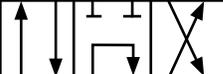
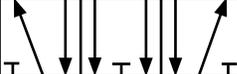
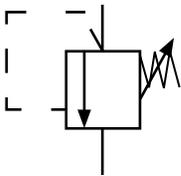
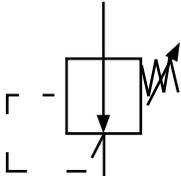
Si el proyecto tiene características sobresalientes, a juicio de los profesores involucrados en el laboratorio, podrá incluirse en este instructivo de prácticas cuando se hagan otras impresiones del mismo, otorgándole sus respectivos créditos de autoría a las personas que lo elaboraron.

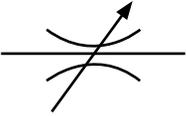
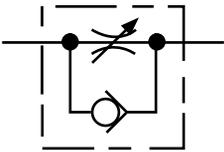
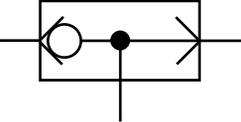
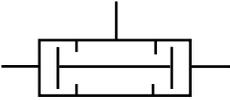
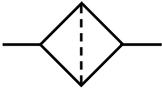
ANEXO A

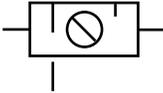
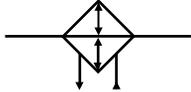
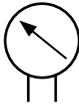
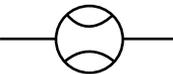
COMPONENTES SEGÚN NORMA ISO 1219-1

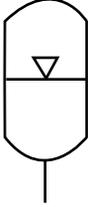
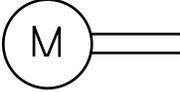
| Comparación entre hidráulica y neumática | | | |
|---|---|---|----------------------|
|  | Triangulo relleno indica elemento hidráulico |  | De jalar |
|  | Triangulo sin rellenar indica elemento neumático |  | De jalado y empuje |
| Transmisiones de energía | |  | Por palanca |
|  | Fuente de energía infinita |  | Pedal acción simple |
|  | Línea de presión, retorno y eléctrica |  | Pedal acción doble |
|  | Línea de pilotaje |  | Por leva |
|  | Línea flexible |  | Por rodillo |
|  | Empalme de líneas |  | Por rodillo abatible |
|  | Posiciones transitorias, dos o más elementos contenidos en una sola unidad. |  | Por bobina |
| Accionamientos | |  | De empuje |
| | |  | Por presión (piloto) |

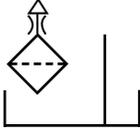
| | |
|---|-----------------------------------|
| Generadores de energía | |
|  | Bomba |
|  | Compresor |
| Actuadores rotatorios | |
|  | Motor |
|  | Motor con desplazamiento variable |
|  | Actuador de giro limitado |
| Actuadores lineales | |
|  | Cilindro de simple efecto |
|  | Cilindro de doble efecto |
|  | Actuador con amortiguamiento |
|  | Doble vástago |

| | |
|---|---------------------------------|
|  | Telescopico |
| Válvulas direccionales (sin accionamiento) | |
|  | Válvula 2/2 normalmente cerrada |
|  | Válvula 3/2 |
|  | Válvula 4/2 |
|  | Válvula 5/2 |
|  | Válvula 4/3 |
|  | Válvula 5/3 |
| Válvulas limitadoras de presión | |
|  | Reguladora de presión |
|  | Reductora de presión |

| Válvulas reguladoras de caudal | |
|---|---|
|  | Reguladora de flujo |
|  | Reguladora de flujo con antirretorno integrada |
|  | Reguladora de flujo, compensada por presión y temperatura |
| Otras válvulas | |
|  | De compuerta |
|  | Antirretorno |
|  | Selectora |
|  | Simultaneidad |
| Dispositivo de mantenimiento | |
|  | Filtro |

|  | Filtro con purga manual |
|---|--|
|  | Unidad de mantenimiento |
|  | Regulador de temperatura |
| Acoplamientos rápidos | |
|  | Acoplamiento sin válvula antirretorno |
|  | Acoplamiento con válvulas antirretorno |
| Dispositivos de medición | |
|  | Medidor de presión |
|  | Medidor de presión diferencial |
|  | Termómetro |
|  | Flujómetro |
|  | Tacómetro |

| Otros | |
|---|-----------------|
|  | Acumulador |
|  | Motor eléctrico |

| | |
|---|-------------------|
|  | Tanque neumático |
|  | Tanque hidráulico |
|  | Silenciador |



ANEXO B

INFORMACIÓN TÉCNICA REQUERIDA POR LA NORMA ISO 1219-2

1. Conductos:

P- línea de presión.
T- retorno a tanque.
L- drene de líneas.

2. Tanque hidráulico:

Capacidad máxima del fluido en litros.
Capacidad mínima de fluido en litros
Tipo, categoría, y viscosidad de acuerdo con la norma ISO 6743-4.

3. Tanque neumático:

Capacidad en litros.
Presión máxima y mínima en Mpa o bars.

4. Aire suministrado (compresor):

Flujo proporcionado en litros por segundo o centímetros cúbicos.
Rango de presión que permite mantener el suministro en Mpa o bars.

5. Bombas:

El flujo que da la bomba en litros por segundo o en centímetros cúbicos.
Máximo y mínimo flujo que da la bomba en Mpa o bars.
Parámetros o puntos de control.

6. Control de presión en válvulas:

Indicarla en Mpa o bars.

7. Motor primario

Potencia en KW y velocidad en RPM.

8. Cilindros:

Indicar el diámetro del émbolo, vástago y carrera (ejemplo d100/50*50).

Indicar la función que va a desempeñar.

9. Motores:

Indicar el máximo y el mínimo desplazamiento en centímetros cúbicos.

Par en N-m.

Rotación en RPM.

Dirección de la rotación y especificar función.

10. Acumulador:

Volumen total de la bolsa en litros

Presión de precarga (P0) en Mpa o bars y el rango de temperatura al que trabaja (°C).

Máxima presión de trabajo (P2) y mínima presión de trabajo (P1) en Mpa o bars.

11. Filtros:

Hidráulico (indicar el beta ratio).

Neumático (indicar escala de partículas micrometras)

12. Tuberías y conductos:

Indicar diámetro exterior nominal y espesor del tubo (ejemplo d38*5).

13. Termostatos:

Indicar temperatura requerida en °C.

14. Información complementaria:

Descripción de la secuencia.

Arreglo del equipo y función gráfica.

ANEXO C

DATOS TÉCNICOS DE LA UNIDAD DE POTENCIA HIDRÁULICA

| Elemento | Datos técnicos |
|---|---|
| Aceite Hidráulico | ISO 68 |
| Motor Eléctrico | 1 HP., 1750 rpm, Voltaje 220/230 AC, 3.2/1.6 Amp. |
| Bomba de Engranés | Capacidad 2.26 Gal. |
| Acumulador | Cargado de Ni seco a 45.7 kg/cm ² (650 psi). |
| Tanque | Capacidad 12.5 Gal. (50 litros) |
| Unidad de Carga | Carga máxima 80 Kg. (10 pesas de 8 Kg. c/u) |
| Interruptores Eléctricos para conexión de solenoides (electro-válvulas) | Voltaje 127 AC. |
| Presión de trabajo | 675 psi |

DATOS TÉCNICOS DE LA PRENSA HIDRÁULICA

| Elemento | Datos técnicos |
|---------------------------------|--|
| Aceite Hidráulico | ISO 68 |
| Motor Eléctrico | 5 HP., 1745 rpm, Voltaje 208/230 AC, 13.0/1.6 Amp. |
| Bomba de Engranés (Bajo Caudal) | Capacidad 2.26 Gal. |
| Bomba de Engranés (Alto Caudal) | Capacidad 5 Gal. |
| Acumulador | Presión max. de trabajo 3000 psi. |
| Tanque | Capacidad 200 litros |
| Sensores | Inductivos, 10-30 VDC, 20 mA |

*Por acuerdo del señor rector de la
Universidad Autónoma de San Luis Potosí,
licenciado Mario García Valdez, el Instructivo de prácticas
Circuitos Hidráulicos y Neumáticos
se terminó de imprimir el 6 de Febrero de 2009,
en los Talleres Gráficos de la Editorial Universitaria Potosina.
El tiraje consta de 500 ejemplares.*



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ**



FACULTAD DE INGENIERÍA