

Circuitos regenerativos

OBJETIVO DEL EJERCICIO

- Describirá la operación de un circuito regenerativo;
- Describirá el efecto de regeneración sobre la velocidad del cilindro;
- Describirá el efecto de regeneración sobre la fuerza del cilindro.

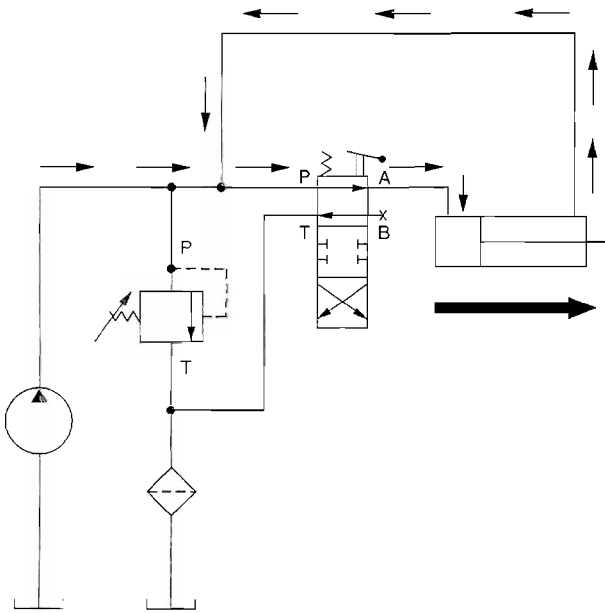
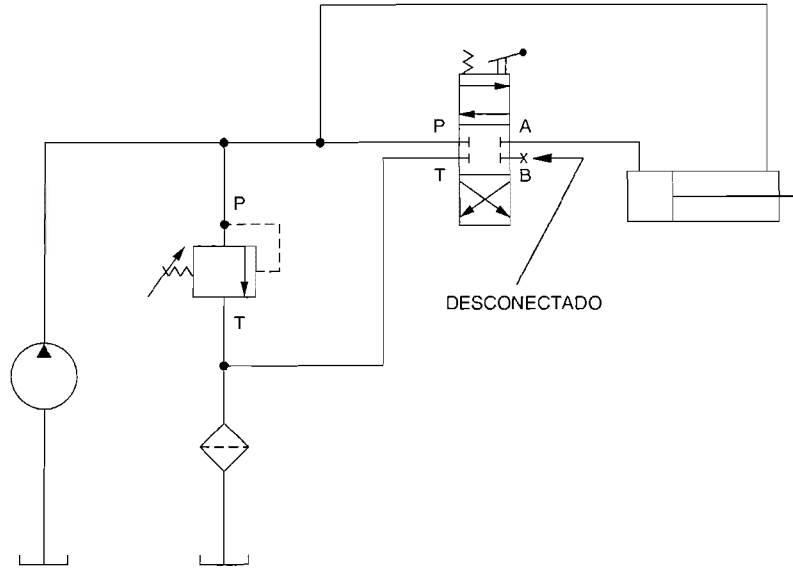
DISCUSIÓN

Principio de regeneración

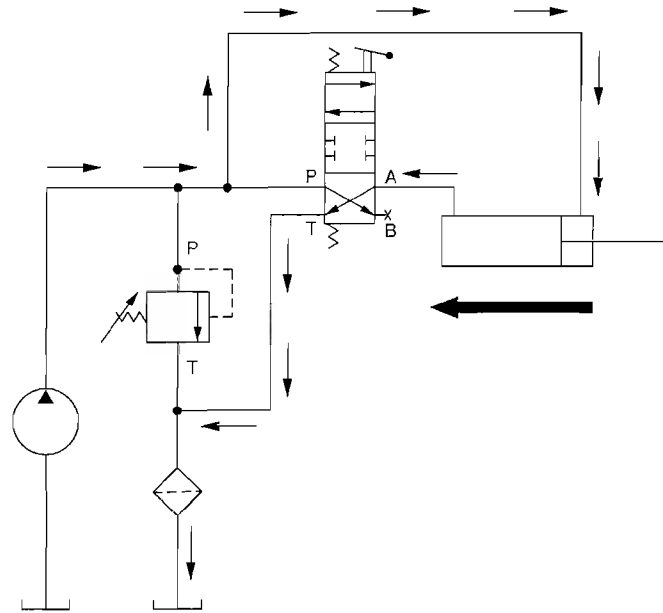
El propósito principal del circuito regenerativo es proporcionar **velocidades de extensión** rápida con un flujo de salida **mínimo** de la bomba. La regeneración se realiza enviando el aceite que sale del extremo vástago de un cilindro nuevamente al extremo émbolo de este cilindro. La Figura 3-17 muestra un circuito regenerativo.

- Cuando la válvula direccional es desplazada para **extender** el cilindro (posición en línea recta), el aceite bombeado es dirigido a ambos lados del pistón al mismo tiempo. Esto da como resultado dos fuerzas opuestas simultáneamente actuando en cada lado del pistón. Sin embargo, ya que el extremo émbolo del pistón tiene un área de superficie expuesta para la presión de aceite mayor que el extremo vástago, fuerza mayor es ejercida sobre el área del pistón, provocando que el extremo vástago del cilindro se extienda. El aceite forzado hacia afuera del extremo vástago que viene de la bomba es aumentado y se introduce al extremo émbolo del cilindro. Este aceite extra acelera al cilindro aumentando su razón de flujo.
- Cuando la válvula direccional es desplazada para retraer el cilindro (posición interconectada), el aceite bombeado es bloqueado en el orificio B de la válvula direccional, pero permite que fluya directamente al vástago del cilindro, provocando que el cilindro se retraiga.

Circuitos regenerativos



CILINDRO EXTENDIDO
A ALTA VELOCIDAD



CILINDRO RETRAÍDO
A VELOCIDAD NORMAL

Figura 3-17. Circuito regenerativo.

La regeneración puede producirse solamente en la **extensión**. La razón de esto es que la fuerza que actúa para extender el vástago, es mayor que la fuerza que actúa

Circuitos regenerativos

para retraer el vástago en cualquier cantidad dada de presión, debido a que el área del pistón del extremo vástago es menor que en el extremo émbolo.

Velocidad del cilindro durante la regeneración

Cuando un cilindro se extiende en la regeneración, el aceite que sale del extremo vástago ayuda a la bomba de aceite para llenar su extremo vástago. Esto reduce el volumen de aceite requerido por la bomba para extender completamente el cilindro. El volumen requerido de la bomba es igual al volumen del aceite dentro del cilindro cuando es extendido, menos el volumen del aceite dentro del cilindro cuando es retraído. Esto es igual al volumen del vástago del cilindro. La velocidad de extensión de un cilindro en regeneración, entonces, es determinada por lo rápido que la bomba pueda llenar el volumen del vástago del cilindro. En forma de ecuación:

En unidades de S.I.:

$$\text{Velocidad de extensión}_{(\text{cm/s})} = \frac{\text{Razón de flujo}_{(\text{l/min})} \times 1000}{\text{Área del vástago}_{(\text{cm}^2)} \times 60}$$

En unidades de Sistema Inglés:

$$\text{Velocidad de extensión}_{(\text{pulg/s})} = \frac{\text{Razón de flujo}_{[\text{gal(US)/min}]} \times 231}{\text{Área del vástago}_{(\text{pulg}^2)} \times 60}$$

De esta manera podemos ver que la conexión de un cilindro en regeneración aumenta la velocidad de extensión del vástago. En realidad, la velocidad aumenta por un factor igual a la proporción del área total del pistón con el área del vástago, $A_r / A_{\text{vástago}}$. Por ejemplo, una proporción, an $A_r / A_{\text{vástago}}$ de 2 significa que el área total del pistón es el doble del área del vástago. Esto también significa que la velocidad de extensión en regeneración será el doble de rápido que la velocidad de extensión en el modo normal.

La fórmula para calcular la cantidad de tiempo requerido para que un cilindro en regeneración complete su carrera, es la fórmula para la velocidad de extensión dividida entre la longitud de carrera. La fórmula es la siguiente:

En unidades de S.I.:

$$\text{Tiempo de extensión}_{(\text{s})} = \frac{\text{Área del vástago}_{(\text{cm}^2)} \times 60 \times \text{Longitud de carrera}_{(\text{cm})}}{\text{Razón de flujo}_{(\text{l/min})} \times 1000}$$

En unidades de Sistema Inglés:

$$\text{Tiempo de extensión}_{(\text{s})} = \frac{\text{Área del vástago}_{(\text{pulg}^2)} \times 60 \times \text{Longitud de carrera}_{(\text{pulg})}}{\text{Razón de flujo}_{[\text{gal(US)/min}]} \times 231}$$

Circuitos regenerativos

De esta manera podemos ver que conectando un cilindro en regeneración reduce el tiempo de extensión del vástago. En realidad, el tiempo de extensión se reduce por el factor igual a la proporción del área total del pistón con el área del vástago, $A_f / A_{vástago}$. Por ejemplo, una proporción $A_f / A_{vástago}$ de 2 significa que el tiempo de extensión será solamente la mitad del tiempo de extensión en el modo normal.

Fuerza del cilindro durante la regeneración

Los circuitos regenerativos tienen una desventaja: reducen la fuerza generada por el cilindro durante la extensión. Esto se debe a que la fuerza generada en la dirección de extensión es disminuída por la fuerza de oposición generada en la dirección de retracción - recuerde que ambos lados del pistón deben estar conectados y experimenta la misma presión. Por lo tanto, el área neta (efectiva) en la cual la fuerza es ejercida, es el área del vástago. Esto significa que la fuerza generada por el cilindro durante la extensión es igual a la presión del circuito multiplicada por el área del vástago. En forma de ecuación:

En unidades de S.I.:

$$\text{Fuerza}_{(N)} = \text{Presión}_{(kPa)} \times \text{Área del vástago}_{(cm^2)}$$

En unidades de Sistema Inglés:

$$\text{Fuerza}_{(lb)} = \text{Presión}_{(psi)} \times \text{Área del vástago}_{(pulg^2)}$$

De esta manera observamos que conectando un cilindro en regeneración proporciona una velocidad de extensión rápida pero reduce la fuerza generada. De hecho, a la fuerza del cilindro se le da menos importancia que a la velocidad del vástago.

Aplicaciones

Cuando diseñe un circuito regenerativo, el tamaño del vástago del cilindro debe ser cuidadosamente seleccionado ya que determina la velocidad y fuerza del cilindro. Aumentando la proporción $A_f / A_{vástago}$, aumenta la velocidad de extensión, pero disminuye la salida de fuerza. Una proporción $A_f / A_{vástago}$ de 2 es frecuentemente usada debido a que proporciona fuerzas y velocidades iguales aproximadamente, durante la extensión y retracción. Sin embargo, variando la proporción $A_f / A_{vástago}$ más alejada de 2, por lo tanto, dará como resultado que las capacidades de fuerza se reduzcan; la fuerza neta (efectiva) generada puede no ser suficiente para extender el cilindro.

La regeneración es frecuentemente utilizada solamente para extender el vástago hacia la carga de trabajo a una velocidad alta. Cuando el momento es alcanzado para que el trabajo sea realizado, el extremo vástago del cilindro es drenado al depósito, de manera que la fuerza total es aplicada a la carga. Las válvulas

Circuitos regenerativos

direccionales de 4 posiciones son utilizadas para controlar estas dos etapas del ciclo de extensión. La Figura 3-18 muestra un ejemplo:

- En la Figura 3-18 (a), la válvula direccional está en la posición central y el aceite no fluye al cilindro.
- En la Figura 3-18 (b), la válvula es desplazada a la posición de regeneración. El vástago del cilindro se extiende rápidamente hacia la carga de trabajo.
- Una vez que el vástago alcanza la carga, la válvula cambia a su posición de extensión normal para aumentar la fuerza hacia la carga, como lo muestra la Figura 3-18 (c).
- Cuando el vástago es extendido completamente, la válvula cambia a la posición de retracción, como lo muestra la Figura 3-18 (d). El vástago del cilindro se retrae a la velocidad normal.

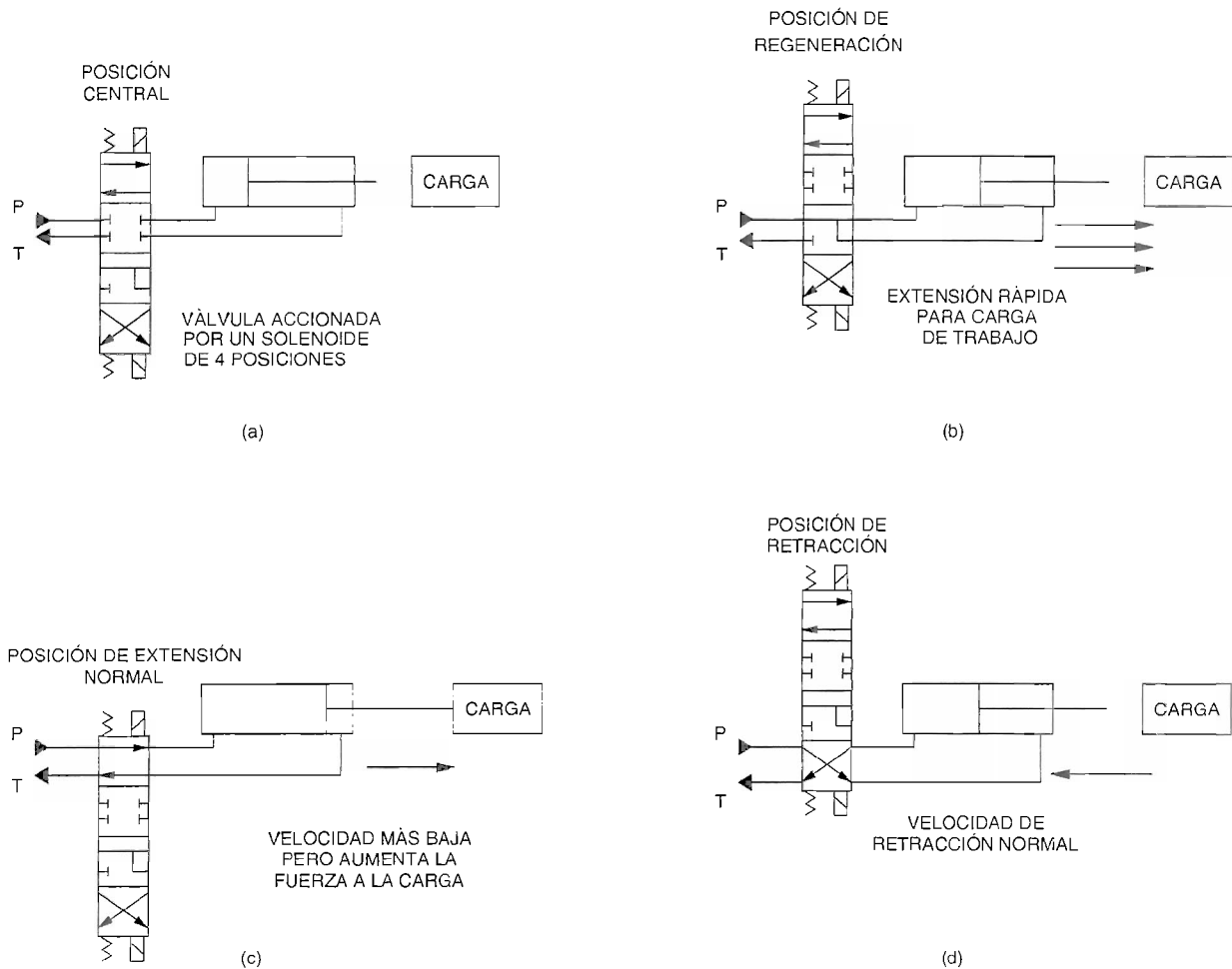


Figura 3-18. Circuito de regeneración simple utilizando una válvula direccional de cuatro posiciones.

Circuitos regenerativos

MATERIAL DE REFERENCIA

Para información detallada sobre la regeneración, consulte el capítulo titulado *Check Valves, Accumulators and Cylinders* (Válvulas de Retención, Acumuladores y Cilindros) en el manual *Industrial Hydraulic Technology* de Parker-Hannifin.

Resumen del procedimiento

En la primera parte de este ejercicio, determinará el efecto de regeneración sobre el tiempo de extensión de un cilindro. Para realizar esto, medirá el tiempo requerido para que un cilindro se extienda, tanto en el modo de operación regenerativo como en el modo normal. Después comparará los resultados obtenidos en cada modo.

En la segunda parte del ejercicio, determinará el efecto de regeneración sobre la salida de fuerza de un cilindro, tanto en el modo de operación regenerativo como en el modo normal. Después comparará los resultados obtenidos en cada modo.

EQUIPO REQUERIDO

Consulte la gráfica de utilización del equipo requerido, en el Apéndice A de este manual, para obtener la lista del equipo requerido para realizar este ejercicio.

PROCEDIMIENTO

Efecto de regeneración sobre el tiempo de extensión del cilindro

- 1. Conecte el circuito mostrado en la Figura 3-19. En este circuito, la válvula de control de flujo no compensada será utilizada para reducir el flujo en el circuito, de manera que la velocidad del cilindro sea más fácil de cronometrar. La válvula podría no ser utilizada en circuitos regenerativos industriales de este diseño.

Nota: No conecte el dispositivo de carga al cilindro todavía. El dispositivo de carga será utilizado más adelante en el ejercicio.

- 2. Antes de activar la fuente de alimentación hidráulica, realice el siguiente procedimiento inicial:
 - a. Asegúrese de que las mangueras estén firmemente conectadas.
 - b. Verifique el nivel del aceite en el depósito. Agregue aceite si se requiere.
 - c. Utilice lentes de seguridad.
 - d. Asegúrese de que el interruptor de energía en la fuente de alimentación hidráulica esté colocado en la posición OFF (APAGADO).
 - e. Conecte el cable de la fuente de alimentación hidráulica a una salida de energía de CA.

Circuitos regenerativos

- f. Abra completamente la válvula de alivio (gire la perilla totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj).

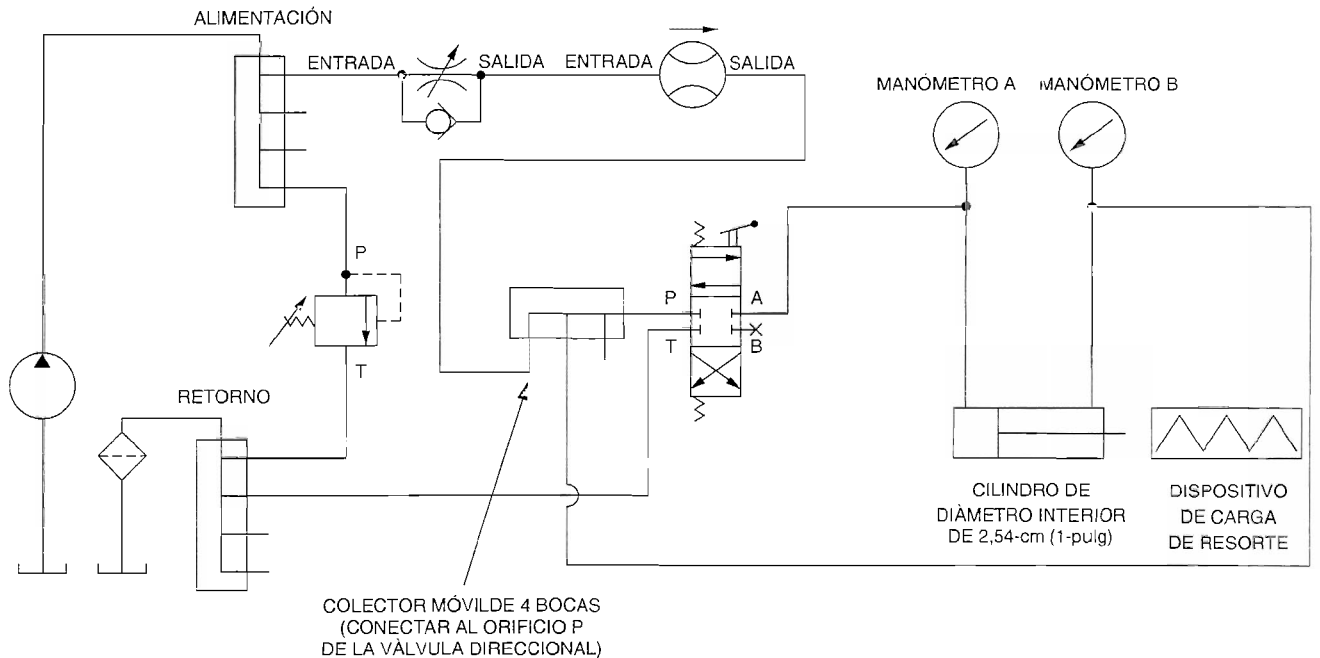


Figura 3-19. Cilindro en un circuito regenerativo.

- 3. Abra completamente la válvula de control de flujo no compensada (gire la perilla totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj).
- 4. Active la fuente de alimentación hidráulica.
- 5. Con la palanca de la válvula direccional en la posición del centro, el flujo de la bomba es bloqueado al extremo vástago del cilindro y el manómetro B indica el ajuste de presión de la válvula de alivio. Gire la perilla de ajuste de la válvula de alivio en el sentido de las manecillas del reloj, hasta que la presión del circuito en el manómetro B sea de 2100 kPa (300 psi).
- 6. Mueva la palanca de la válvula direccional hacia el cuerpo de la válvula para extender el cilindro y ajustar la válvula de control de flujo no compensada, de manera que el caudalímetro lea 1,5 l/min [0,4 gal(US)/min] durante la extensión del cilindro, luego retraiga el cilindro. Un ajuste exacto puede requerir que el cilindro sea extendido y retraído varias veces.

Circuitos regenerativos

- 7. Extienda el cilindro y observe el tiempo de extensión y las lecturas de presión en los manómetros A y B mientras el cilindro se extiende. Registre sus lecturas en el renglón "REGENERATIVO" de la Tabla 3-8.

CONDICIÓN DEL CIRCUITO	TIEMPO DE EXTENSIÓN	PRESIÓN DE EXTENSIÓN	
		MANÓMETRO A	MANÓMETRO B
REGENERATIVO			
NORMAL			

Tabla 3-8. Datos del cilindro en los modos regenerativo normal.

- 8. Retraiga el cilindro.
- 9. Desactive la fuente de alimentación hidráulica. Abra completamente la válvula de alivio (gire la perilla totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj).
- 10. Cambie su circuito regenerativo a circuito normal (no regenerativo). Para realizar esto, desconecte el extremo vástago del cilindro del colector de 4 bocas instalados en el orificio P de la válvula direccional, después conecte el extremo vástago al orificio B de la válvula direccional, como se muestra en la Figura 3-20.

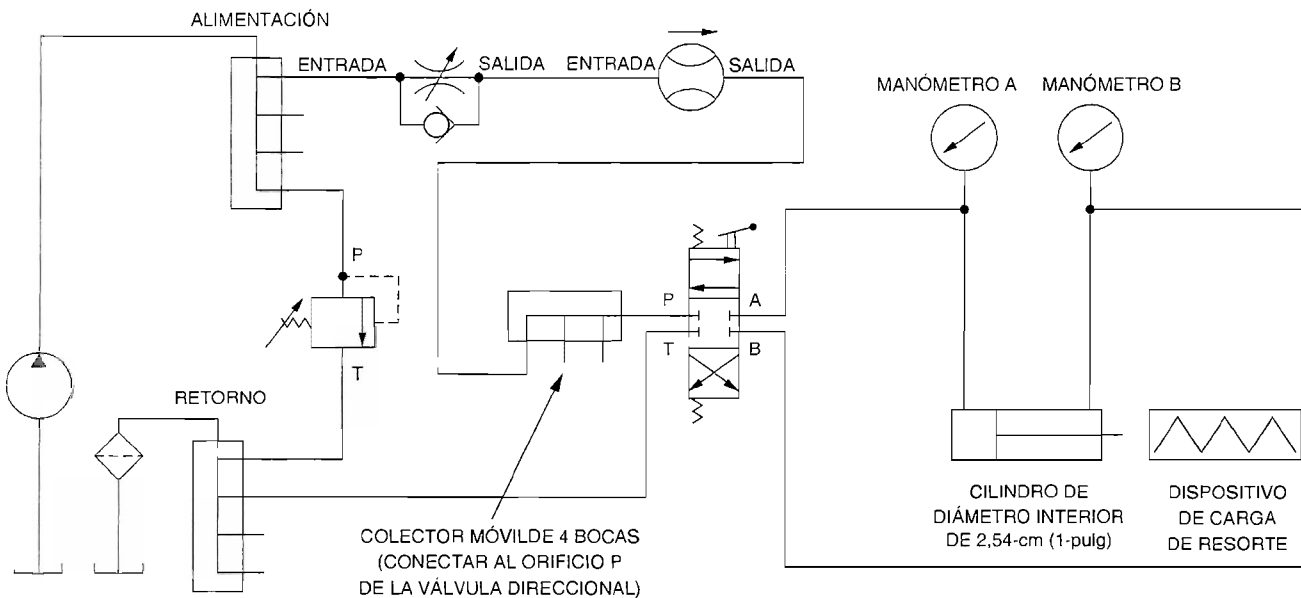


Figura 3-20. Cilindro en un circuito normal (no regenerativo).

Circuitos regenerativos

Nota: No conecte el dispositivo de carga al cilindro todavía. El dispositivo de carga será utilizado más adelante en el ejercicio.

- 11. Active la fuente de alimentación hidráulica.
- 12. Mueva la palanca de la válvula direccional hacia el cuerpo de la válvula para extender el cilindro completamente. Mientras mantiene la palanca de la válvula desplazada, gire la perilla de ajuste de la válvula de alivio en el sentido de las manecillas del reloj, hasta que la presión del circuito en el manómetro A, sea de 2100 kPa (300 psi). Retraiga el cilindro alejando la palanca de la válvula direccional del cuerpo de la válvula.
- 13. Aleje la palanca de la válvula direccional del cuerpo de la válvula para extender el cilindro y ajustar la válvula de control de flujo no compensada, de manera que el caudalímetro lea 1,5 l/min [0,4 gal(US)/min] durante la extensión del cilindro, después retraiga el cilindro. Un ajuste exacto puede requerir que el cilindro sea extendido y retraído varias veces.
- 14. Extienda el cilindro y observe que el tiempo de extensión y las lecturas de presión en los manómetros A y B, mientras el cilindro se extiende. Registre sus lecturas en el renglón "NORMAL" de la Tabla 3-8.
- 15. Retraiga el cilindro.
- 16. Desactive la fuente de alimentación hidráulica. Abra completamente la válvula de alivio (gire la perilla totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj).
- 17. De acuerdo a la Tabla 3-8, el tiempo de extensión observado en el modo regenerativo, ¿es más corto que el observado en el modo normal? ¿Por qué?

- 18. Calcule el tiempo de extensión teórico de la carrera del cilindro en regeneración con diámetro interior de 2,54 cm (1 pulg) x 1,59 cm (0,625 pulg) de vástago x 10,16 cm (4 pulg), cuando la razón de flujo es

Circuitos regenerativos

1,5 l/min [0,4 gal(US)/min]. Después compare sus resultados con el tiempo de extensión actual registrado en la Tabla 3-8. Estos valores, ¿son aproximadamente iguales?

- 19. ¿Por qué se extendió el cilindro cuando ambos lados del pistón fueron presurizados en el modo regenerativo?

- 20. Explique la razón por la que muy poca presión es requerida para extender el cilindro en modo normal.

Efecto de regeneración en la salida de fuerza del cilindro

- 21. Cambie su circuito a circuito regenerativo. Para realizar esto, desconecte el vástago del cilindro del orificio B de la válvula direccional, después conecte el extremo vástago al colector de 4 bocas instalado en el orificio P de la válvula direccional, como se muestra en la Figura 3-19.
- 22. Desconecte el cilindro de diámetro interior de 2,54 cm (1 pulg) del circuito. Retire el cilindro de su adaptador, desenroscando su anillo de retención. Asegúrese de que el extremo (punta tipo bala) esté retirado del extremo vástago del cilindro. Enrosque el cilindro en el dispositivo de carga. Después, reconecte el cilindro en el circuito como se muestra en la Figura 3-19.
- 23. Sujete la regla graduada NEWTON/LBF al dispositivo de carga y alinee la marca de "0" con la línea de color en el pistón de carga.
- 24. Abra completamente la válvula de control de flujo no compensada (gire la perilla totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj).

Circuitos regenerativos

- 25. Active la fuente de alimentación hidráulica.
- 26. Mueva la palanca de la válvula direccional hacia el cuerpo de la válvula y gire la perilla de ajuste de la válvula de alivio, en el sentido de las manecillas del reloj hasta que la presión del circuito en el manómetro A sea de 4200 kPa (600 psi), después gire la perilla de ajuste en el sentido contrario al de las manecillas del reloj, para disminuir la presión del circuito hasta que el manómetro lea 3500 kPa (500 psi). Suelte la palanca de la válvula.
- 27. Observe y registre la fuerza leída en el dispositivo de carga en el renglón "REGENERATIVO" de la Tabla 3-9.

CONDICIÓN DEL CIRCUITO	SALIDA DE FUERZA DEL CILINDRO
REGENERATIVO	
NORMAL	

Tabla 3-9. Efecto de regeneración sobre la fuerza del cilindro.

- 28. Retraiga el cilindro, después desactive la fuente de alimentación hidráulica. Abra completamente la válvula de alivio (gire la perilla de ajuste totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj).
- 29. Cambie su circuito regenerativo a un circuito normal. Para realizar esto, desconecte el vástago del cilindro del colector de 4 bocas instalado en el orificio P de la válvula direccional, después conecte el extremo vástago del orificio B de la válvula direccional, como se muestra en la Figura 3-20.
- 30. Active la fuente de alimentación hidráulica.
- 31. Mueva la palanca de la válvula direccional hacia el cuerpo de la válvula y gire la perilla de ajuste de la válvula de alivio en el sentido de las manecillas del reloj, hasta que la presión del circuito en el manómetro A sea de 4200 kPa (600 psi), después gire la perilla en el sentido contrario al de las manecillas del reloj para disminuir la presión del circuito hasta que el manómetro A lea 3500 kPa (500 psi). Suelte la palanca de la válvula.
- 32. Observe y registre la lectura de fuerza en el dispositivo de carga en el renglón "NORMAL" de la Tabla 3-9.

Circuitos regenerativos

- 33. Retraiga el cilindro, después desactive la fuente de alimentación hidráulica. Abra completamente la válvula de alivio (gire la perilla totalmente en el sentido contrario al de las manecillas del reloj).

- 34. De acuerdo a la Tabla 3-9, la fuerza observada en el modo de regeneración, ¿es reducida en comparación a la que observó en el modo normal? Explique por qué.

- 35. Calcule la salida de fuerza teórica de la carrera del cilindro en regeneración de 2,54 cm (1 pulg) de diámetro interior x 1,59 cm (0,625 pulg) de vástago x 10,16 cm (4 pulg). Después, compare sus resultados con la salida de la fuerza actual registrada en la Tabla 3-9. ¿Estos valores son aproximadamente iguales?

- 36. Desconecte el cable de la fuente de alimentación hidráulica de la salida de energía, después desconecte todas las mangueras. Limpie cualquier residuo de aceite hidráulico.

- 37. Retire todos los componentes de la superficie de trabajo y limpie cualquier residuo de aceite hidráulico. Regrese todos los componentes a su lugar de almacenamiento.

- 38. Limpie cualquier residuo de aceite hidráulico del piso y de su equipo didáctico. Deseche adecuadamente las toallas de papel y tela utilizadas para limpiar el aceite.

CONCLUSIÓN

En este ejercicio, aprendió que un circuito regenerativo aumenta la velocidad de extensión de un cilindro. Provocó que un cilindro se extendiera más rápidamente aplicando presiones iguales a ambos lados del pistón. El tiempo de extensión se redujo por un factor igual a la proporción del área total del pistón con el área del vástago, $A_f / A_{vástago}$. También aprendió que los circuitos regenerativos disminuyen la fuerza generada durante la extensión debido a que la fuerza es sacrificada por la velocidad del cilindro.

Circuitos regenerativos

Los circuitos regenerativos ofrecen una solución a problemas serios en hidráulica: extensión lenta sin carga. Con la extensión regenerativa, el vástago del cilindro puede ser extendido rápidamente hasta que la fuerza baja, generada por el cilindro, no es lo suficientemente mayor para la aplicación. En este punto, una válvula direccional puede ser automáticamente desplazada para permitir extensión normal con aumento de fuerza. La válvula direccional de cuatro posiciones es frecuentemente utilizada para controlar estas etapas del ciclo del cilindro.

PREGUNTAS DE REVISIÓN

1. ¿Qué es un circuito regenerativo?

2. ¿Podría generar más fuerza un cilindro, en un circuito normal o en un circuito regenerativo?

3. ¿Podría extenderse más rápidamente un cilindro, en un circuito normal o circuito regenerativo?

4. ¿Qué le sucede a la fuerza y velocidad de extensión generada en un circuito regenerativo, cuando el diámetro del vástago del pistón disminuye?

5. ¿En qué cantidad se reduce la salida de fuerza del cilindro en un circuito regenerativo, duplicando la velocidad de extensión normal?
