

Solenoides

Éstos son actuadores lineales electromecánicos (CA o CD) que comparten algunas de las limitaciones de los cilindros neumáticos y poseen algunas más de su propiedad. Son *ineficientes en cuanto a energía*, están limitados a carreras muy cortas (cerca de 2 a 3 cm), desarrollan una fuerza que varía de manera exponencial a lo largo de la carrera y entregan cargas de alto impacto. Sin embargo, son baratos, confiables y sus tiempos de respuesta son muy rápidos. No pueden manejar mucha potencia, y por lo general se utilizan como dispositivos de control o conmutación en lugar de dispositivos para realizar grandes cantidades de trabajo en un sistema.

Una aplicación común de los solenoides se encuentra en los obturadores de cámaras fotográficas, en las que se utiliza un pequeño solenoide para tirar del cerrojo y disparar el obturador cuando se oprime el botón para tomar una fotografía. Su casi instantánea respuesta es un activo en esta aplicación y se realiza muy poco trabajo para accionar un cerrojo. Otra aplicación se da en puertas eléctricas o en las cerraduras de cajuela de automóvil, donde el clic de su impacto casi se puede escuchar cuando le da vuelta a la llave (o presiona el botón) para trabar o destrabar el mecanismo.

2.20 REFERENCIAS

- 1 **Reuleaux, F.** (1963). *The Kinematics of Machinery*. A. B. W. Kennedy, trad. Dover Publications: Nueva York, pp. 29-55.
- 2 **Gruebler, M.** (1917). *Getriebelehre*. Springer Verlag: Berlín.
- 3 **Fang, W. E. y F. Freudenstein** (1990). "The Stratified Representation of Mechanisms." *Journal of Mechanical Design*, **112**(4), p. 514.
- 4 **Kim, J. T. y B. M. Kwak** (1992). "An Algorithm of Topological Ordering for Unique Representation of Graphs." *Journal of Mechanical Design*, **114**(1), p. 103.
- 5 **Tang, C. S. y T. Liu** (1993). "The Degree Code—A New Mechanism Identifier." *Journal of Mechanical Design*, **115**(3), p. 627.
- 6 **Dhararipragada, V. R. et al.** (1994). "A More Direct Method for Structural Synthesis of Simple-Jointed Planar Kinematic Chains." *Proc. of 23rd Biennial Mechanisms Conference*, Minneapolis, MN, p. 507.
- 7 **Yadav, J. N. et al.** (1995). "Detection of Isomorphism Among Kinematic Chains Using the Distance Concept." *Journal of Mechanical Design*, **117**(4).
- 8 **Grashof, F.** (1883). *Theoretische Maschinenlehre*. Vol. 2. Voss: Hamburgo.
- 9 **Paul, B.** (1979). "A Reassessment of Grashof's Criterion." *Journal of Mechanical Design*, **101**(3), pp. 515-518.
- 10 **Barker, C.** (1985). "A Complete Classification of Planar Fourbar Linkages." *Mechanism and Machine Theory*, **20**(6), pp. 535-554.
- 11 **Ting, K. L.** (1993). "Fully Rotatable Geared Fivebar Linkages." *Proc. of 3rd Applied Mechanisms and Robotics Conference*, Cincinnati, pp. 67-71.
- 12 **Ting, K. L. y Y. W. Liu** (1991). "Rotatability Laws for N-Bar Kinematic Chains and Their Proof." *Journal of Mechanical Design*, **113**(1), pp. 32-39.
- 13 **Shyu, J. H. y K. L. Ting** (1994). "Invariant Link Rotatability of N-Bar Kinematic Chains." *Journal of Mechanical Design*, **116**(1), p. 343.
- 14 **Miller, W. S.** ed. *Machine Design Electrical and Electronics Reference Issue*. Penton Publishing: Cleveland, Ohio. (Véase también www.machinedesign.com)
- 15 **Norton, R. L.** (2006). *Machine Design: An Integrated Approach*, 3a. ed. Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ.
- 16 **Howell, L. H.** (2001). *Compliant Mechanisms*. John Wiley & Sons: Nueva York.
- 17 **Karunamoorthy, S.** (1998). "Rule Based Number Synthesis for Kinematic Linkage Mechanisms With Full Revolute Joints", artículo de *ASME DETC98-MECH-5818*.
- 18 **Hunt, K. H.** (1978). *Kinematic Geometry of Mechanisms*. Oxford University Press, pp. 18, 39, 84.

2.21 PROBLEMAS †

- *2-1 Encuentre tres (u otro número asignado) de los siguientes dispositivos comunes. Trace cuidadosos diagramas cinemáticos y encuentre sus grados de libertad totales.
- a) El mecanismo de bisagra de cofre de un automóvil.
 - b) El mecanismo elevador de la puerta trasera de un automóvil.
 - c) Un abrelatas eléctrico.

TABLA P2-0

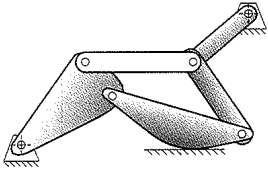
Tema/matriz de problemas

2.1 Grados de libertad	2-2, 2-3, 2-4
2.2 Tipos de movimiento	2-6, 2-37
2.3 Eslabones, juntas y cadenas cinemáticas	2-5, 2-17, 2-38, 2-39, 2-40, 2-41, 2-53, 2-54, 2-55, 2-67
2.5 Movilidad	2-1, 2-7, 2-20, 2-21, 2-24, 2-25, 2-26, 2-28, 2-44, 2-48 a 2-53, 2-56 a 2-66
2.6 Mecanismos y estructuras	2-8, 2-27
2.7 Síntesis de número	2-11
2.9 Isómeros	2-12, 2-45, 2-46, 2-47
2.10 Transformación de eslabonamiento	2-9, 2-10, 2-13, 2-14, 2-30, 2-31, 2-34, 2-35, 2-36
2.12 Inversión	2-63, 2-68
2.13 Condición de Grashof	2-15, 2-22, 2-23, 2-29, 2-32, 2-42, 2-43
2.15 Resortes como eslabones	2-18, 2-19
2.19 Motores e impulsores	2-16, 2-20, 2-33

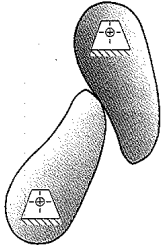
† Todas las figuras de los problemas se incluyen como archivos PDF, y algunas como archivos AVI y Working Model en el DVD. Los nombres de los archivos son los mismos que el número de la figura. Ejecute *Animations.html* para ver las animaciones.

* Respuestas en el apéndice F.

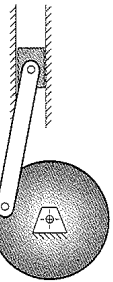
2



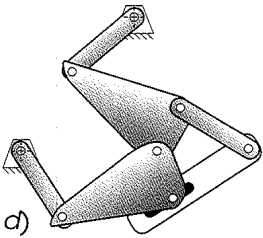
a)



b)



c)



d)

FIGURA P2-1 Parte 1
Eslabonamientos
para los problemas
2-7 a 2-10

- d) Un burro para planchar plegable.
- e) Un mesa para jugar cartas plegable.
- f) Una silla de playa plegable.
- g) Un columpio para bebé.
- h) Una mecedora para bebé.
- i) Un sacacorchos como el mostrado en la figura P2-9 (p. 63).
- j) Un mecanismo de limpiaparabrisas.
- k) Un mecanismo de camión de volteo.
- l) Un mecanismo de camión de la basura.
- m) Un mecanismo de la puerta trasera de una camioneta de reparto.
- n) Un gato de automóvil.
- o) Una antena de radio automotriz extensible.

2-2 ¿Cuántos *GDL* tienen su muñeca y mano combinados? Descríbalos.

*2-3 ¿Cuántos *GDL* tienen las articulaciones siguientes?

- a) Su rodilla.
- b) Su tobillo.
- c) Su hombro.
- d) Su cadera.
- e) Sus nudillos.

*2-4 ¿Cuántos *GDL* tienen los siguientes artefactos en su ambiente normal?

- a) Un submarino sumergido.
- b) Un satélite orbitando la Tierra.
- c) Una embarcación de superficie.
- d) Una motocicleta (en carretera).
- e) Un ratón de dos botones.
- f) Un joystick de computadora.

*2-5 ¿Son las juntas del problema 2-3 cerradas por fuerza o por su forma?

*2-6 Describa el movimiento de los siguientes dispositivos como rotación pura, traslación pura o movimiento planar complejo.

- a) Un molino de viento.
- b) Una bicicleta (en el plano vertical, no al dar vuelta).
- c) Una ventana de "doble hoja" convencional.
- d) Las teclas en un teclado de computadora.
- e) La manecilla de un reloj.
- f) Una ficha de hockey sobre hielo.
- g) Una ventana "abatible".

*2-7 Calcule los *GDL* de los eslabonamientos asignados de la figura P2-1 partes 1 y 2.

*2-8 Identifique los elementos en la figura P2-1 como mecanismos, estructuras o estructuras precargadas.

2-9 Use la técnica de transformación de eslabonamiento de la figura P2-1a para convertirla en un mecanismo con 1 *GDL*.

2-10 Use la técnica de transformación de eslabonamientos de la figura P2-1d para convertirla en un mecanismo con 2 *GDL*.

2-11 Use la síntesis de número para hallar todas las combinaciones de eslabones posibles para 2 *GDL*, hasta 9 eslabones, al orden hexagonal, con sólo juntas de revolutas.

2-12 Encuentre los isómeros válidos de las combinaciones de eslabones con 1 *GDL* de ocho barras en la tabla 2-2 (p. 35) si se tienen:

- a) Cuatro eslabones binarios y cuatro ternarios.
- b) Cinco binarios, dos ternarios y uno cuaternario.
- c) Seis binarios y dos cuaternarios.
- d) Seis binarios, un ternario y un eslabón pentagonal.

2-13 Use la transformación de eslabonamientos para crear un mecanismo con 1 *GDL* con dos juntas completas deslizantes a partir del eslabonamiento de seis barras de Stephenson mostrado en la figura 2-16a (p. 41).

2-14 Use la transformación de eslabonamientos para crear un mecanismo con 1 *GDL* con una junta completa deslizante y una semijunta con el eslabonamiento de seis barras de Stephenson mostrado en la figura 2-16b (p. 41).

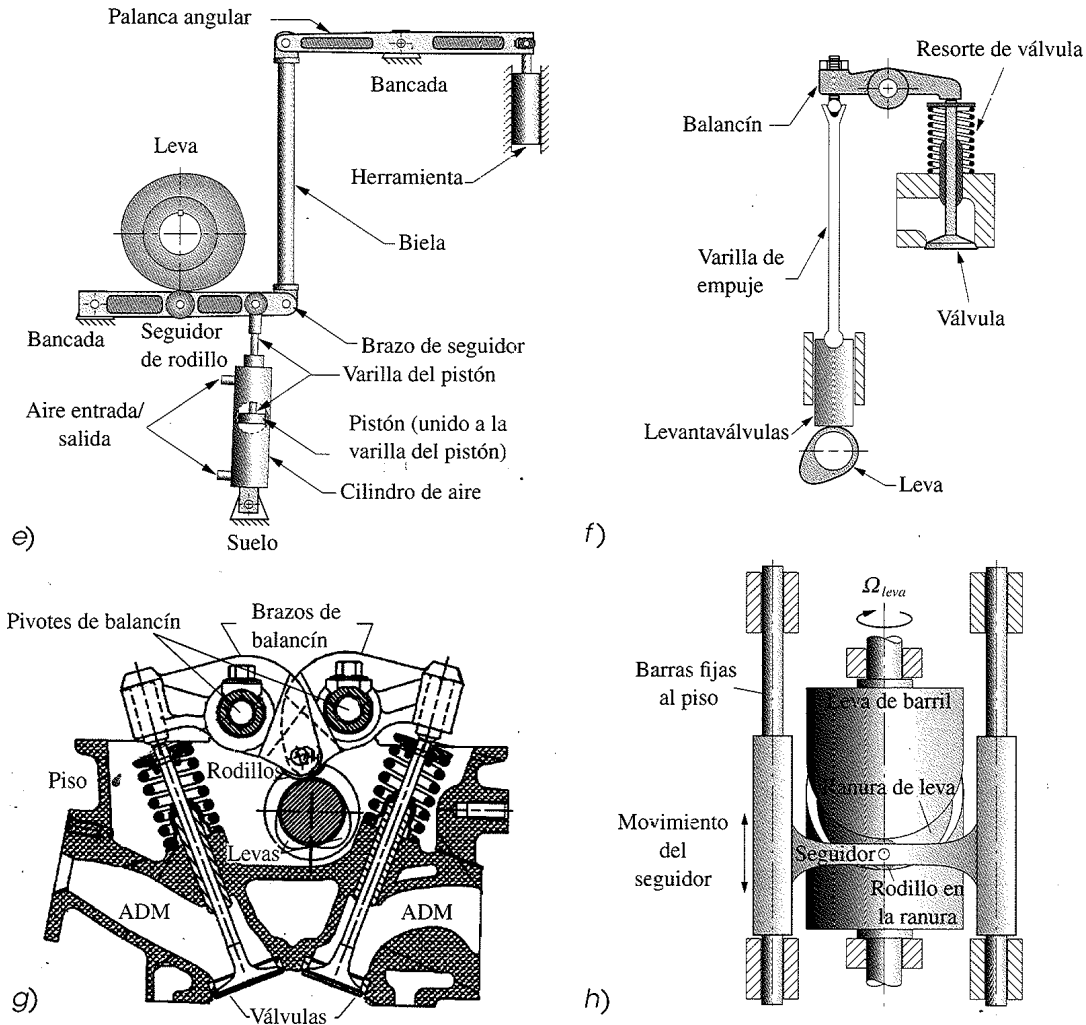


FIGURA P2-1 Parte 2 Eslabonamientos para los problemas 2-7 y 2-8

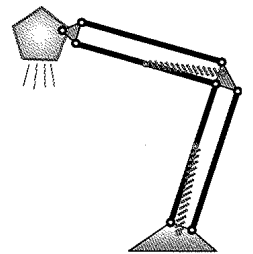


FIGURA P2-2 Problema 2-19

*2-15 Calcule la condición de Grashof de los mecanismos de cuatro barras antes definidos. Construya modelos de cartón de los eslabonamientos y describa los movimientos de cada inversión. Las longitudes de los eslabones están en pulgadas (duplíquese los números dados en centímetros).

- a) 2 4.5 7 9
- b) 2 3.5 7 9
- c) 2 4.0 6 8

2-16 ¿Qué tipo(s) de motor eléctrico especificaría?

- a) Para impulsar una carga con inercia grande.
- b) Para reducir al mínimo la variación de la velocidad con la variación de la carga.
- c) Para mantener una velocidad constante precisa sin tomar en cuenta las variaciones de la carga.

2-17 Describa la diferencia entre una junta de leva-seguidor (semijunta) y una junta de pasador.

2-18 Examine el mecanismo de bisagra del cofre de un automóvil del tipo descrito en la sección 2.15 (p. 47). Dibújelo con cuidado. Calcule su movilidad y condición de Grashof. Haga un modelo de cartón. Analícelo con un diagrama de cuerpo libre. Describa cómo mantiene el cofre levantado.

2-19 Encuentre una lámpara de escritorio con brazo ajustable del tipo mostrado en la figura P2-2 Mídala y dibújela a escala. Calcule su movilidad y condición de Grashof. Elabore un modelo de cartón.

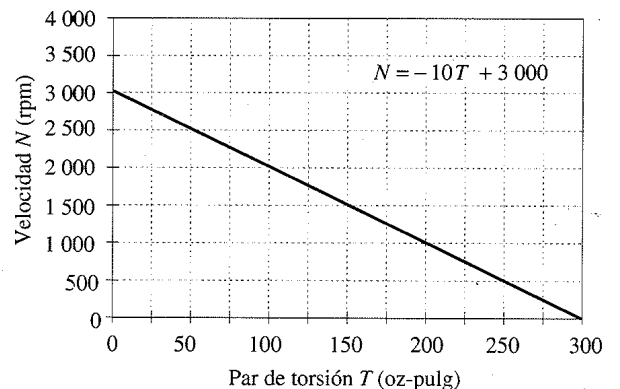
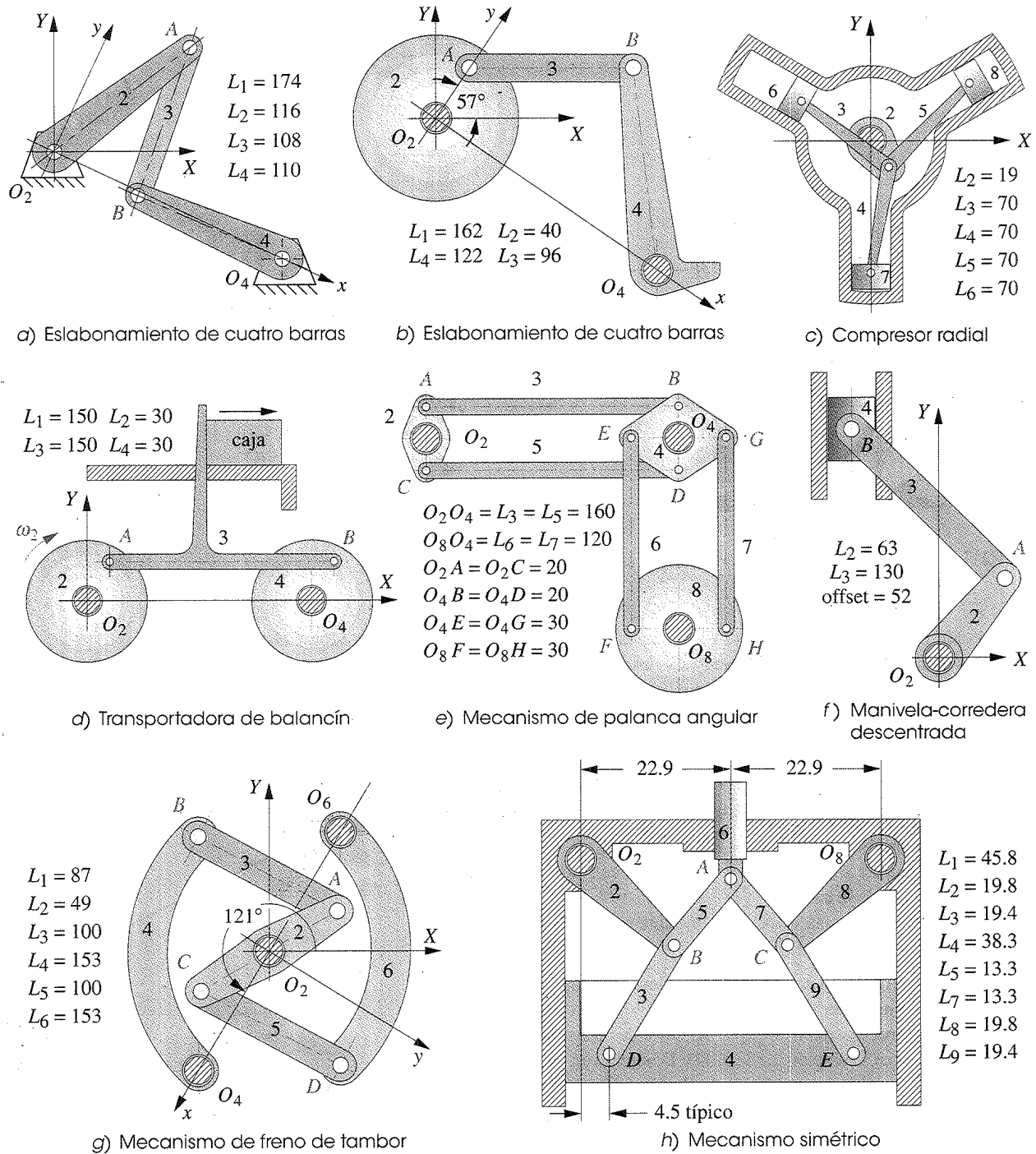


FIGURA P2-3 Curva característica par de torsión-velocidad de un motor CD MP de 1/8 hp y 2 500 rpm para el problema 2-20

* Respuestas en el apéndice F.

Analícelo con un diagrama de cuerpo libre. Describa cómo se mantiene estable. ¿Existen algunas posiciones en las que pierde estabilidad? ¿Por qué?

- 2-20 En la figura P2-3 se muestra la curva par de torsión-velocidad para un motor CD de magneto permanente con 1/8 hp (MP). La velocidad nominal para este motor con potencia de una fracción de caballo de fuerza es de 2 500 rpm a un voltaje nominal de 130 V. Determine:
- El par de torsión nominal en oz-pulg (onzas-pulgadas, estándar estadounidense para motores con potencia de una fracción de caballo de fuerza).
 - La velocidad sin carga.
 - Grafique la curva potencia-par de torsión y determine la potencia máxima que transmite el motor.
- *2-21 Encuentre la movilidad de los mecanismos mostrados en la figura P2-4.



Todas las dimensiones están en mm

FIGURA P2-4 Problemas 2-21 a 2-23 Adaptado de P.Hill. y W.P.Rule (1960). Mechanisms: Analysis and Design, con autorización

- 2-22 Encuentre la condición de Grashof y las clasificaciones de Barker de los mecanismos mostrados en la figura P2-4a, b y d (p. 62).
- 2-23 Determine la rotatibilidad de cada lazo de los mecanismos en la figura P2-4e, f y g (p. 62).
- *2-24 Determine la movilidad de los mecanismos mostrados en la figura P2-5.
- 2-25 Determine la movilidad de las tenazas para hielo mostradas en la figura P2-6.
 - a) Cuando operan para sujetar el bloque de hielo.
 - b) Cuando sujetan el bloque de hielo pero antes de levantarlo (hielo en el suelo).
 - c) Cuando la persona transporta el bloque de hielo con las tenazas.
- *2-26 Determine la movilidad del mecanismo de aceleración de automóvil mostrado en la figura P2-7.
- *2-27 Trace un diagrama cinemático de gato de tijeras mostrado en la figura P2-8 y determine su movilidad. Describa cómo trabaja.
- 2-28 Determine la movilidad del sacacorchos mostrado en la figura P2-9.

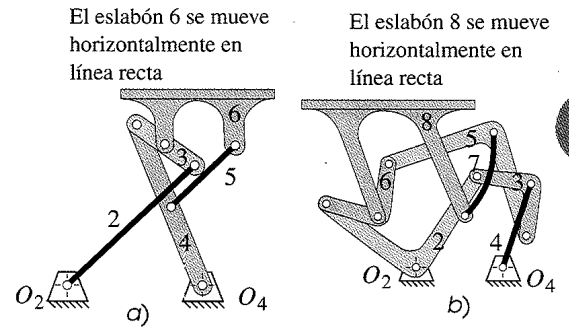


FIGURA P2-5 Problema 2-24 Chebyshev a) y Silvestre-Kempe b) mecanismo de movimiento en línea recta Adaptado de Kempe, *How to Draw a Straight Line*, MacMillan: Londres, 1877

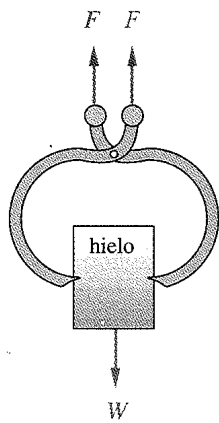


FIGURA P2-6 Problema 2-25

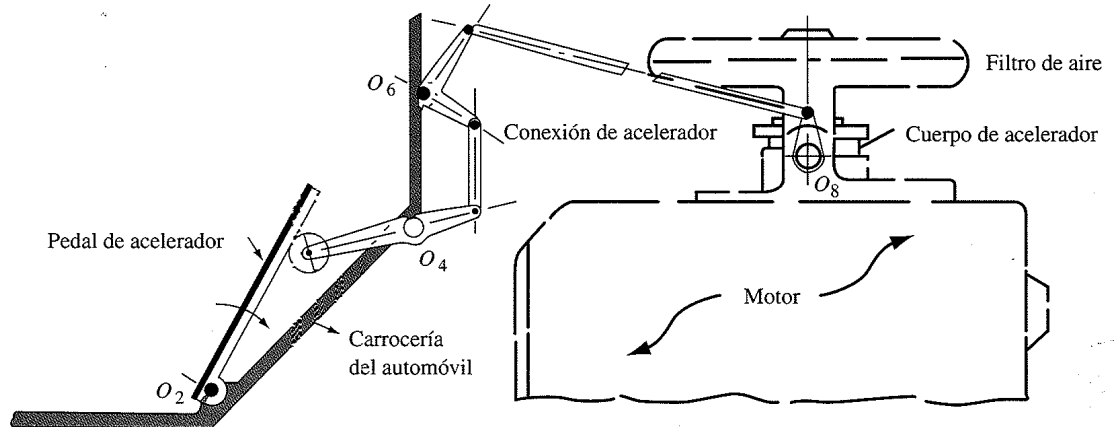


FIGURA P2-7 Problema 2-26 Adaptado de P.H. Hill y W.P. Rule (1960). *Mechanisms: Analysis and Design*, con autorización

- 2-29 La figura P2-10 muestra una transmisión de engrane sol de Watt que utilizó en su motor de vapor. La viga 2 es impulsada en oscilación por el pistón del motor. El engrane sol está rígidamente fijo en el eslabón 3 y su centro es guiado por el carril fijo 1. La rotación de salida se toma del engrane sol 4. Trace un diagrama cinemático de este

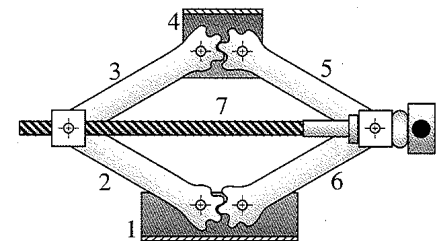


FIGURA P2-8 Problema 2-27

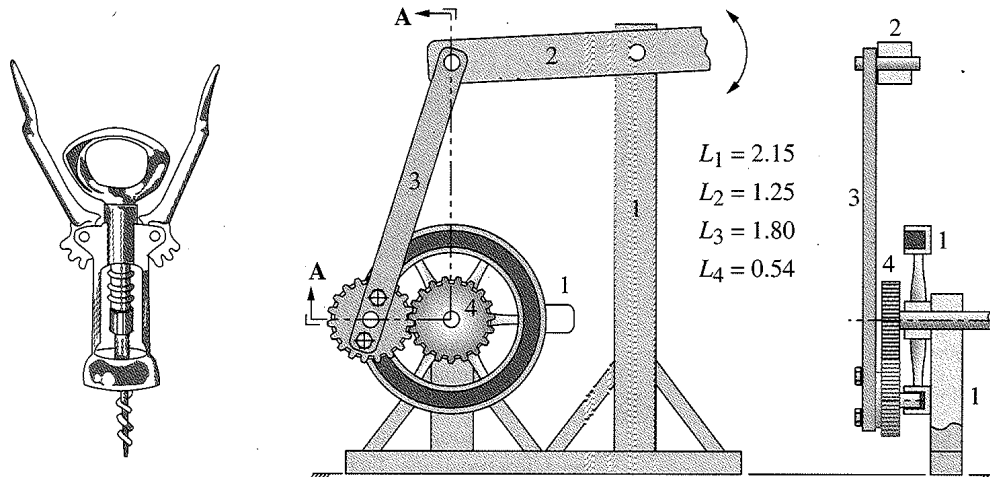


FIGURA P2-10 Problema 2-29 Transmisión de engrane sol de James Watt

FIGURA P2-9 Problema 2-28

Respuestas en el apéndice F.

2

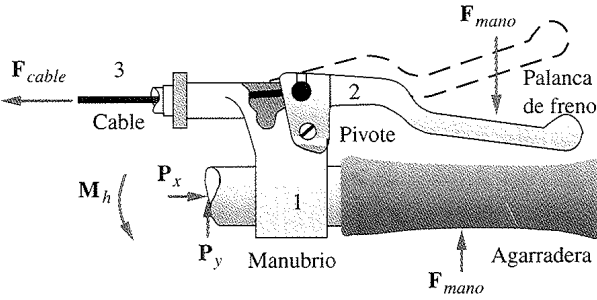


FIGURA P2-11 Problema 2-30 Ensamble de palanca de freno de mano de bicicleta

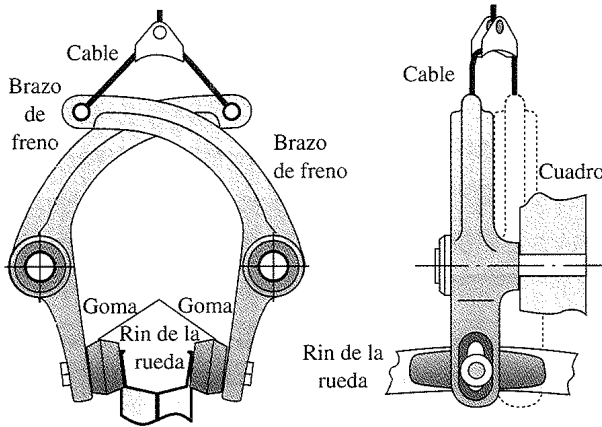


FIGURA P2-12 Problema 2-31 Ensamble de la horquilla de los frenos de una bicicleta

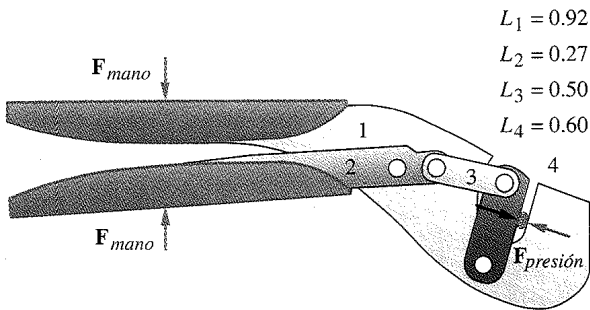


FIGURA P2-13 Problema 2-32 Herramienta de plegar

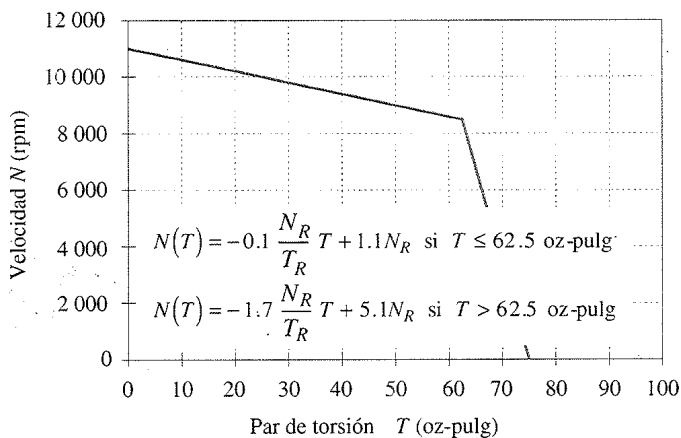


FIGURA P2-14 Problema 2-33 Curva par de torsión-velocidad de un motor de cd de 10 000 rpm de 1/4 hp

mecanismo y determine su movilidad. ¿Se puede clasificar conforme al esquema de Barker? De ser así, ¿qué clase y subclase de Barker es?

- 2-30 La figura P2-11 muestra el ensamble de palanca de freno de mano de una bicicleta. Trace un diagrama cinemático de este dispositivo y dibuje su eslabonamiento equivalente. Determine su movilidad. (Sugerencia: Considere que el cable flexible es un eslabón.)
- 2-31 La figura P2-12 muestra el ensamble de tijera de freno de bicicleta. Trace un diagrama cinemático de este dispositivo y de su eslabonamiento equivalente. Determine su movilidad bajo dos condiciones.

- a) Las gomas de freno no están en contacto con la rueda.
- b) Las gomas de freno están en contacto con la rueda. (Sugerencia: Considere que los cables flexibles son reemplazados por fuerzas en este caso.)

- 2-32 Determine la movilidad, la condición de Grashof y la clasificación de Barker del mecanismo mostrado en la figura P2-13.
- 2-33 En la figura P2-14 se muestra la curva par de torsión-velocidad aproximada y su ecuación para un motor CD embobinado en derivación. La velocidad nominal para este motor con potencia de una fracción de caballo de fuerza es de 10 000 rpm a un voltaje nominal de 130 V. Determine:

- a) El par de torsión nominal en oz-pulg (onzas-pulgadas, estándar estadounidense para motores con potencia de una fracción de caballo de fuerza).
- b) La velocidad sin carga.
- c) El rango de velocidad de operación.
- d) Grafique la curva potencia-par de torsión en el rango de operación y determine la potencia máxima que transmite el motor en ese rango.

- 2-34 La figura P2-15 (p. 65) muestra una sierra mecánica utilizada para cortar metal. El eslabón 5 pivotea en O_5 y su peso contacta la hoja con la pieza de trabajo, mientras que el eslabonamiento (eslabón 4) la mueve hacia adelante y hacia atrás dentro del eslabón 5 para cortar la pieza. Trace su diagrama cinemático, determine su movilidad y su tipo (es decir, ¿es un mecanismo de cuatro barras, un mecanismo Watt de seis barras, un mecanismo de seis barras de Stephenson, un mecanismo de ocho barras, o qué es?) Use la transformación inversa de eslabonamiento para determinar su eslabonamiento de junta revoluta equivalente.

- *2.35 La figura P2-16 (p. 65) muestra una prensa manual utilizada para compactar materiales en polvo. Trace su diagrama cinemático, determine su movilidad y su tipo (es decir, ¿es un mecanismo de cuatro barras, un mecanismo Watt de seis barras, un mecanismo de seis barras de Stephenson, un mecanismo de ocho barras, o qué es?) Use la transformación inversa de eslabonamiento para determinar su eslabonamiento de junta revoluta equivalente.

- 2-36 Trace el eslabonamiento equivalente al mecanismo de leva y seguidor mostrado en la figura P2-17 (p. 65) en la posición mostrada. Demuestre que tiene el mismo GDL que el mecanismo original.

* Respuestas en el apéndice F.

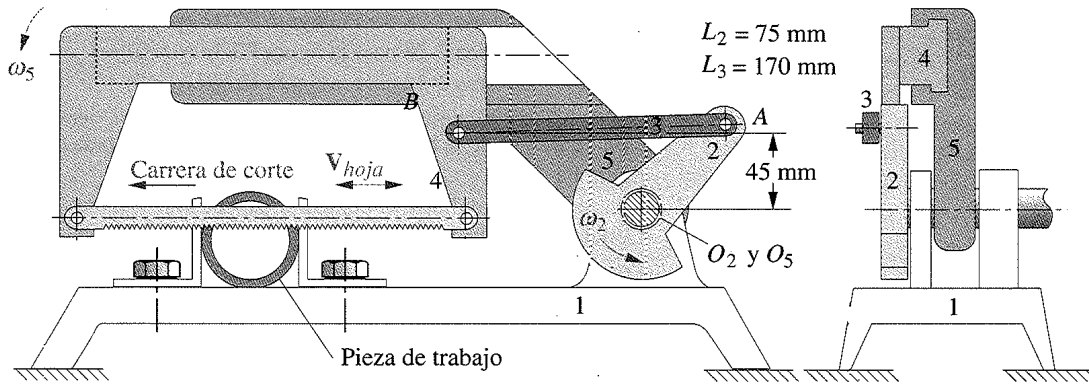


FIGURA P2-15 Problema 2-34 Sierra mecánica Adaptado de P.H. Hill y W.P. Rule (1960). *Mechanisms: Analysis and Design, con autorización.*

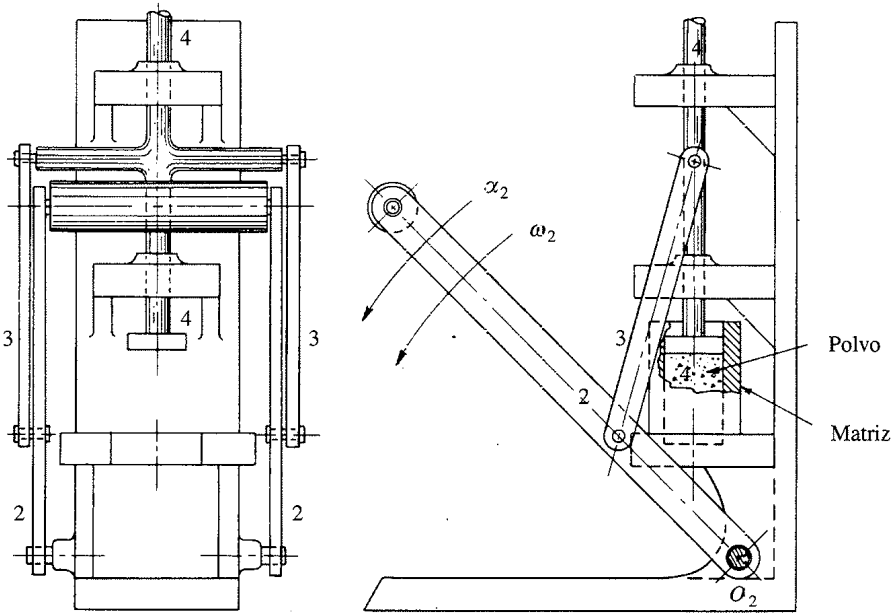


FIGURA P2-16 Problema 2-35 Prensa compactadora de polvos Adaptado de P.H. Hill y W.P. Rule (1960). *Mechanisms: Analysis and Design, con autorización.*

2-37 Trace el movimiento de los siguientes juegos mecánicos, comúnmente encontrados en un parque de diversiones, como rotación pura, traslación pura o movimiento plano complejo.

- a) Una rueda de la fortuna.
- b) Un carrito "chocón".
- c) Un carro de arrancones.
- d) Una montaña rusa cuya cimentación está dispuesta en línea recta.
- e) Un paseo en bote a través de un laberinto.
- f) Un péndulo.
- g) Un paseo en tren.

2-38 La figura P2-1a (p. 60) es un ejemplo de un mecanismo. Numere los eslabones, comenzando con 1. (No olvide el eslabón de "bancada".) Rotule las juntas alfabéticamente, comenzando con el punto A.

- a) Con sus números de eslabón, describa cada eslabón como binario, ternario, etcétera.
- b) Con sus letras de junta, determine el orden de cada junta.
- c) Con sus letras de junta, determine si cada una es una semijunta o una junta completa.

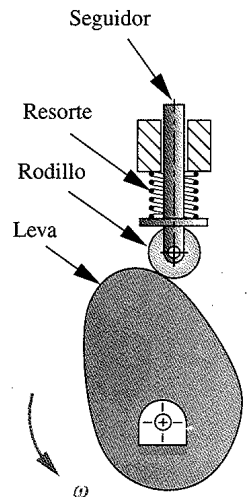


FIGURA P2-17 Problema 2-36

2

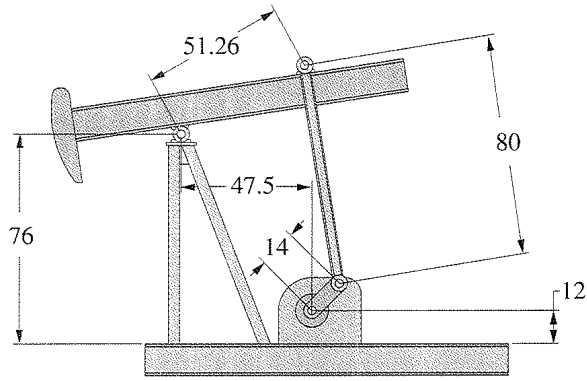


FIGURA P2-18 Problema 2-42 Bomba de pozo petrolero; dimensiones en pulgadas

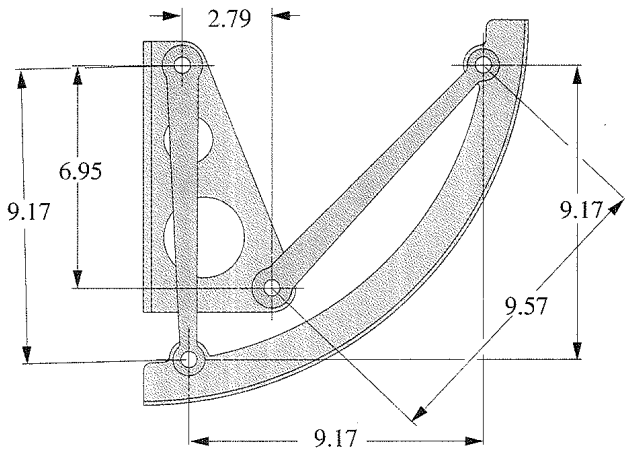


FIGURA P2-19 Problema 2-43 Mecanismo de arco de equipaje elevado de avión; dimensiones en pulgadas

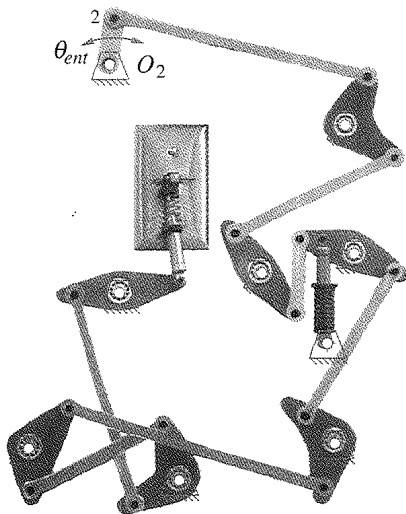
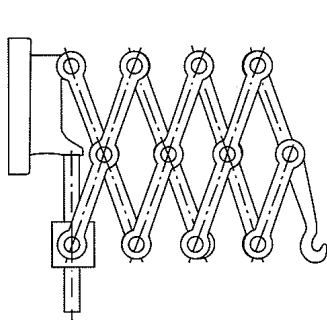


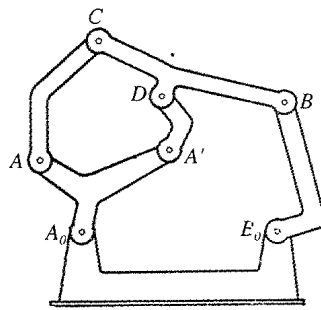
FIGURA P2-20 Mecanismo de control de interruptor de luz "Rube Goldberg" Cortesía de Robert Taylor WPI

- 2-39 Repita el problema 2-38 para la figura P2-1b (p. 60).
- 2-40 Repita el problema 2-38 para la figura P2-1c (p. 60).
- 2-41 Repita el problema 2-38 para la figura P2-1d (p. 60).
- 2-42 Determine la movilidad, la condición de Grashof y la clasificación de Barker de la bomba de campo petrolero mostrada en la figura P2-18.
- 2-43 Determine la movilidad, la condición de Grashof y la clasificación de Barker del compartimento para equipajes elevado de avión mostrado en la figura P2-19. Elabore un modelo de cartón e investigue sus movimientos.
- 2-44 La figura P2-20 muestra un mecanismo "Rube Goldberg" que activa un interruptor de luz cuando se abre la puerta de un cuarto y lo desactiva cuando se cierra. El pivote en O_2 está insertado en la pared. Hay dos dispositivos de pistón en cilindro de resorte en el ensamble. Un arreglo de cuerdas y poleas en el interior del cuarto (no mostrado) transfiere la oscilación de la puerta y la convierte en rotación del eslabón 2. La apertura de la puerta hace girar el eslabón 2 en el sentido de las manecillas del reloj, el empuje del interruptor hacia arriba mostrado en la figura y la apertura de puerta hace girar el eslabón 2 en sentido contrario al de las manecillas del reloj, y tira del interruptor hacia abajo. Considere que el cilindro de resorte es, de hecho, un eslabón binario simple de longitud variable. Determine la movilidad del eslabonamiento.
- 2-45 Todos los eslabonamientos de ocho barras de la figura 2-11 parte 2 (p. 37) tienen ocho inversiones posibles. Algunos realizarán movimientos similares a otros. Los que tienen movimientos distintos se denominan *inversiones distintas*. ¿Cuántas inversiones distintas tiene el eslabonamiento de la fila 4, columna 1?
- 2-46 Repita el problema 2-45 para el eslabonamiento de la fila 4, columna 2.
- 2-47 Repita el problema 2-45 para el eslabonamiento de la fila 4, columna 3.
- 2-48 Determine la movilidad del mecanismo mostrado en la figura 3-33 (p. 106).
- 2-49 Determine la movilidad del mecanismo mostrado en la figura 3-34 (p. 107).
- 2-50 Determine la movilidad del mecanismo mostrado en la figura 3-35 (p. 108).
- 2-51 Determine la movilidad del mecanismo mostrado en la figura 3-36 (p. 108).
- 2-52 Determine la movilidad del mecanismo mostrado en la figura 3-37b (p. 108).
- 2-53 Repita el problema 2-38 para la figura P2-1e (p. 61).
- 2-54 Repita el problema 2-38 para la figura P2-1f (p. 61).
- 2-55 Repita el problema 2-38 para la figura P2-1g (p. 61).
- 2-56 En el caso del eslabonamiento de ejemplo que se muestra en la figura 2-4 (p. 28), determine el número de eslabones y sus respectivos órdenes de eslabón, el número de juntas y sus respectivos órdenes, y la movilidad del eslabonamiento.
- 2-57 Para el eslabonamiento que se muestra en la figura 2-5b (p. 29), determine el número de juntas, sus órdenes respectivos y la movilidad para:
- La condición de una carga finita W en la dirección que se muestra y una carga cero F .
 - La condición de una carga finita W y una carga finita F , ambas en las direcciones que se muestran después de que el eslabón 6 pase el tope.

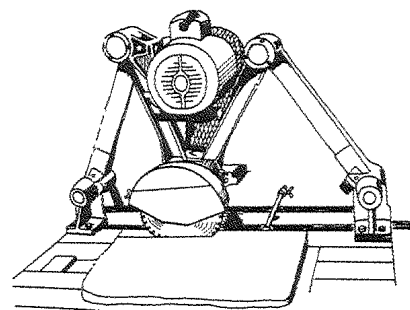
- 2-58 La figura P2-21a muestra un mecanismo de “tijeras de Nuremberg”. Encuentre su movilidad.
- 2-59 La figura P2-21b muestra un mecanismo. Encuentre su movilidad y clasifique su tipo de isómero.
- 2-60 La figura P2-21c muestra una sierra circular montada sobre el acoplador de un eslabonamiento de cuatro barras. La línea central de la hoja de la sierra está en un punto del acoplador que se mueve aproximadamente en línea recta. Dibuje su diagrama cinemático y determine su movilidad.
- *2-61 La figura P2-21d muestra un transportador de troncos. Dibuje un diagrama cinemático del mecanismo, especifique el número de eslabones y juntas, y luego determine su movilidad:
- Considere que las ruedas del transportador están frenadas y no hay tronco en la mordaza.
 - Considere que las ruedas del transportador están frenadas y se está levantando un tronco.
 - Considere que el transportador está moviendo un tronco a un destino en línea recta.
- *2.62 En la figura P2-21e se muestra un mecanismo de arado unido a un tractor. Dibuje su diagrama cinemático y determine su movilidad que incluya a la Tierra como un “eslabón”.
- Cuando el tractor está detenido y el tirante está fijo. (*Sugerencia:* Considere que el tractor y la rueda son uno con la Tierra.)
 - Cuando el tractor está detenido y el tirante se está ajustando. (Misma sugerencia.)
 - Cuando el tractor está en movimiento y el tirante está fijo. (*Sugerencia:* Sume los GDL del tractor en movimiento a los que se encontraron en el inciso a.)
- 2-63 La figura P2-22 muestra un eslabonamiento inversor de Hart de seis barras. a) ¿Es un eslabonamiento de Watt o Stephenson? b) Determine su inversión, es decir, ¿es de tipo I, II o III?
- 2-64 En la figura P2-23 se muestra la vista superior de las puertas parcialmente abiertas del gabinete de un centro de entretenimiento. Las puertas de madera están unidas entre sí mediante bisagras, al igual que una de las puertas con el gabinete. También hay un eslabón metálico triple unido al gabinete y a la puerta mediante juntas de pasador. Un dispositivo de pistón de cilindro cargado con un resorte se une al eslabón triple y al gabinete con juntas de pasador. Trace un diagrama cinemático del sistema de puertas y encuentre la movilidad de este mecanismo.



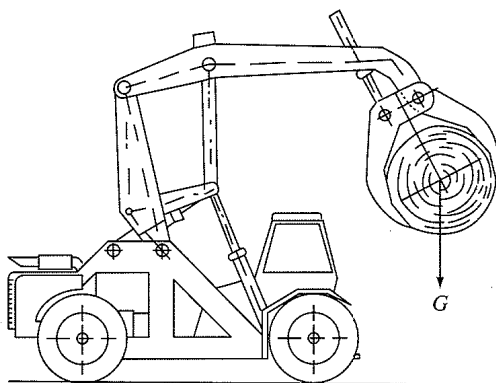
a) Eslabonamiento de Nuremberg



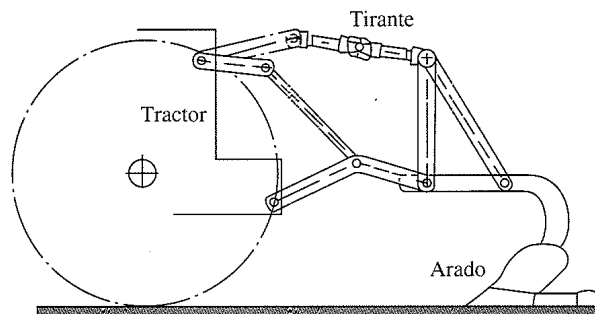
b) Mecanismo



c) Sierra circular



d) Transportador de troncos



e) Mecanismo de arado montado en un tractor

FIGURA P2-21 Problemas 2-58 a 2-62 (Algunas ilustraciones de Dijksman, E. A., *Motion Geometry of Mechanisms*, Cambridge Press, Londres, 1976)

* Respuestas en el apéndice F.

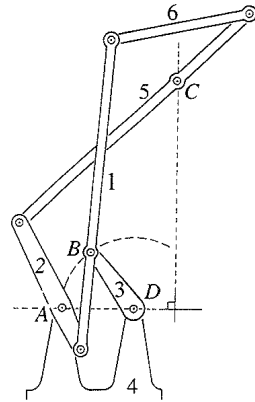


FIGURA P2-22 Problema 2-63 de la ref. 18, p. 15

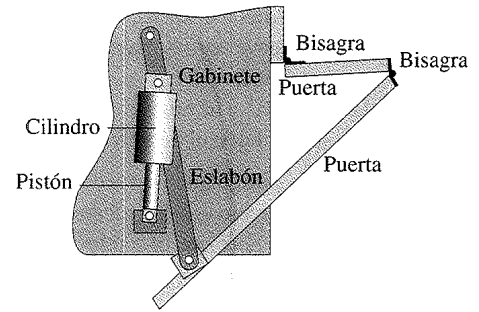


FIGURA P2-23 Problema 2-64

- 2-65 En la figura P2-24a se muestra el asiento y el respaldo de una silla reclinable con el eslabón que los conecta al marco de la silla. Trace su diagrama cinemático y determine su movilidad con respecto al marco de la silla.
- 2-66 En la figura P2-24b se muestra el mecanismo con que se extiende el soporte para pies de una silla reclinable. Trace su diagrama cinemático y determine su movilidad con respecto al marco de la silla.
- 2-67 En la figura P2-24b se muestra el mecanismo con que se extiende el soporte para pies de una silla reclinable. Numere los eslabones a partir de 1. (*Sugerencia:* No olvide el eslabón del "piso".) Asigne letras a las juntas de manera alfabética a partir de A.
- Con los números de los eslabones, describa cada uno de ellos como binario, ternario, etcétera.
 - Con las letras asignadas a las juntas, determine el orden de cada una de ellas.
 - Con las letras asignadas a las juntas, determine si cada una de ellas es una junta media o completa.
- 2-68 En la figura P2-25 se muestra un eslabonamiento de seis barras.
- ¿Es un eslabonamiento Watt o Stephenson?
 - Determine su inversión, es decir, ¿es de tipo I, II o III?

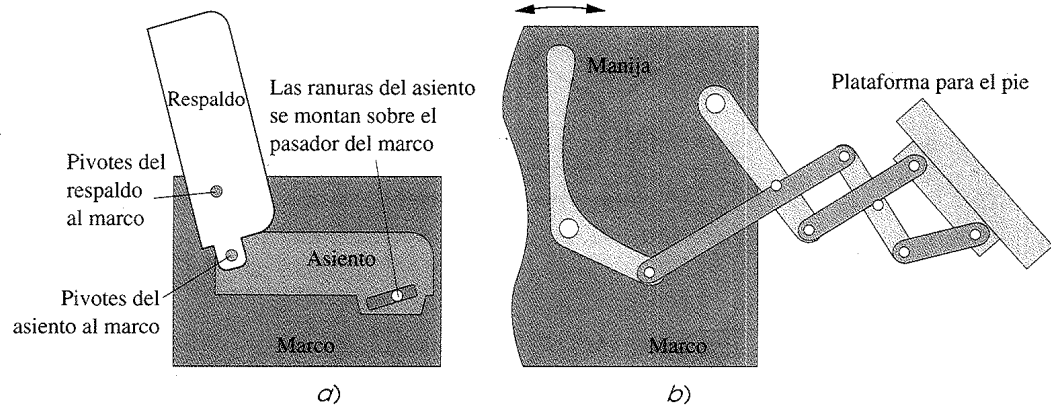


FIGURA P2-24 Problemas 2-65 a 2-67

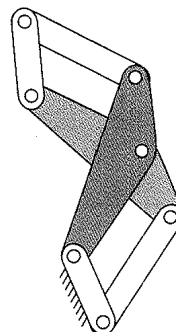


FIGURA P2-25 Problema 2-68