



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA**

604033

**PROBLEMARIO DEL CURSO
INTRODUCCION AL ESTUDIO
DE LOS MECANISMOS**

CARLOS LOPEZ CAJUN

**DIVISION DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA**

FI/DIME/84-094

601875

601875

1

PROBLEMA 1.1. El brazo ranurado de la figura 1.1 gira a una velocidad angular constante de 19 r.p.m. en el plano X, Y . El bloque 3 se mueve, alejándose del origen a lo largo del brazo a una velocidad constante de 2 m/seg. Cuando $\theta = 60^\circ$ y $OP = 2.5$ m, determinar la posición, la velocidad y la aceleración absolutas del punto P sobre el bloque. Utilice un cambio de ejes.

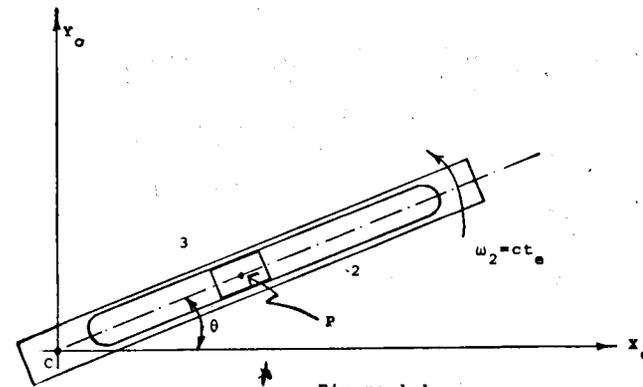


Figura 1.1

PROBLEMA 1.2. En el mecanismo mostrado en la figura 1.2 la barra 2 gira a velocidad angular $\omega = k\theta$. El eslabón 3, que está articulado al punto A, desliza sobre la barra 4. Se conocen los valores de a y de b .

1.2.1. Determine el desplazamiento, la velocidad y la aceleración del eslabón 3 en función de θ , utilizando las ecuaciones (1.8.3)-(1.8.5) de las notas.

1.2.2. Determine el desplazamiento, la velocidad y la aceleración del eslabón 3 en función de t (tiempo) con las condiciones iniciales: $\theta = \theta_0$ cuando $t = 0$.

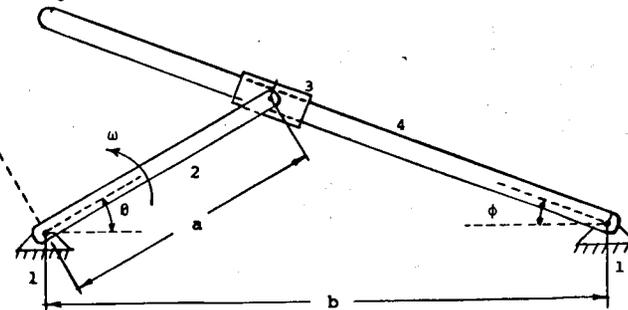
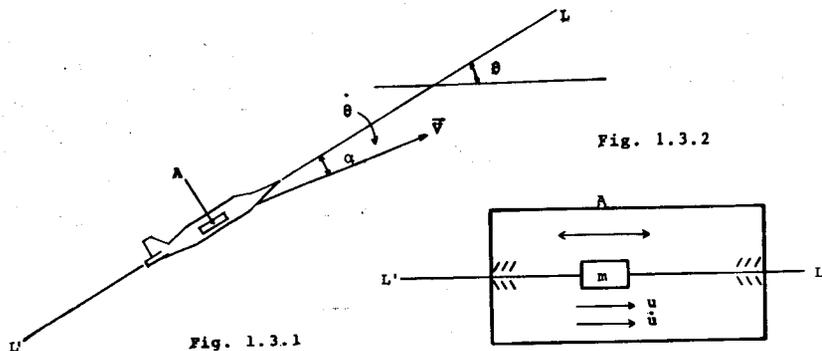


Figura 1.2

PROBLEMA 1.3. El avión de la figura 1.3.1 lleva un acelerómetro A (Fig. 1.3.2), viaja a una velocidad de 900 Km/h y su eje L forma con la horizontal un ángulo $\theta = 30$ grados. El bloque m del acelerómetro tiene una velocidad de $0.2t$ m/seg respecto al avión. Calcular la aceleración absoluta del bloque m para $t = 1$ seg. Si el avión se nivela con una velocidad angular constante $\dot{\theta} = 0.1$ rad/seg. El ángulo α es de 10 grados, para la configuración mostrada.



PROBLEMA 1.4. En la Fig. 1.4 se muestra un "gato" que funciona de la siguiente forma: El operador aplica un par T mediante la manivela M para levantar la carga P con un velocidad v. Suponiendo que la velocidad v es constante, demuestre que las matrices de velocidad angular, \dot{Q} , y de aceleración angular, \ddot{Q} , de los eslabones AB están relacionados por:

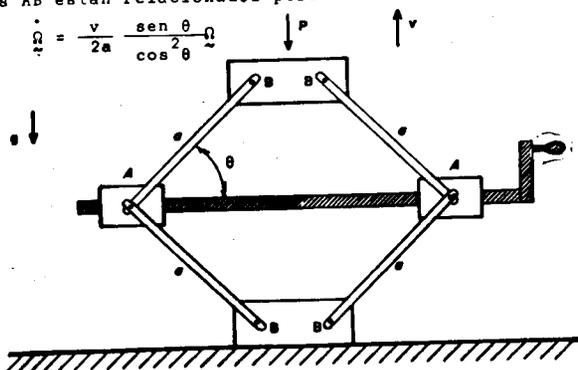


Fig. 1.4

PROBLEMA 1.5. En la Fig. 1.5 se muestra un mecanismo utilizado para agitar líquidos, sobre el cual se definen las variables indicadas.

- 1.5.1. Utilizando números complejos, obtenga dos ecuaciones, una para la parte real y otra para la imaginaria, de los complejos en cuestión, para obtener las variables u y θ_4 en términos de θ_2 y las dimensiones del mecanismo.
- 1.5.2. Determine la velocidad del punto B2 (punto B del cuerpo 2) referida al sistema 1, $(v_{B2})_1$, en términos de ω_2 , a y θ_2 .
- 1.5.3 La velocidad de ese punto también se puede obtener utilizando la ec. (1.8.4) de las notas, en la forma

$$(v_{B2})_1 = (v_D)_1 + (\dot{Q})_1 (Q)_1 (d)_4 + (Q)_1 (\dot{d})_4$$

donde Q y \dot{Q} son las matrices de rotación y de velocidad angular del cuerpo 4 con respecto al cuerpo 1. Calcule $(v_{B2})_1$ en esta forma. Nota: $(\dot{d})_4$ = derivada de $(d)_4$ con respecto al tiempo, considerando que el marco 4 está fijo.

- 1.5.4 Iguale las dos componentes de $(v_{B2})_1$ obtenidas en 1.5.2 y 1.5.3 y obtenga dos ecuaciones lineales en las incógnitas u y ω_4 .
- 1.5.5 Derive con respecto al tiempo las dos ecuaciones obtenidas en 1.5.1 y obtenga dos ecuaciones lineales en las incógnitas u y ω_4 . Verifique que sean idénticas a las ecuaciones obtenidas en 1.5.4.
- 1.5.6 Determine la aceleración del punto B2 referida al sistema 1, $(a_{B2})_1$, en términos de ω_2 , $\dot{\omega}_2$, a y θ_2 .
- 1.5.7 La aceleración de ese punto también se puede obtener utilizando la ec (1.8.5) de las notas en la forma

$$(a_{B2})_1 = (a_{O4})_1 + (\dot{\Omega})_1 (Q)_1 (d)_4 + (\Omega^2)_1 (Q)_1 (d)_4 + 2(\dot{Q})_1 (Q)_1 (\dot{d})_4 + (Q)_1 (\ddot{d})_4$$

donde $(\ddot{d})_4$ es la segunda derivada de $(d)_4$ con respecto al tiempo, suponiendo fijo el marco 4.

- 1.5.8 Iguale las dos componentes de $(a_{B2})_1$ obtenidas en 1.5.6 y 1.5.7 y obtenga dos ecuaciones lineales en las incógnitas \ddot{u} y α_4 .
 - 1.5.9 Derive con respecto al tiempo las dos ecuaciones obtenidas en 1.5.5 y obtenga dos ecuaciones lineales en las dos incógnitas obtenidas en 1.5.8.
 - 1.5.10 ¿Para qué cree usted que le sirvan las ecuaciones obtenidas tanto en 1.5.8. como el 1.5.9.?
- Este problema ilustra la aplicación de las ecs (1.8.4) y (1.8.5) en el estudio cinemático de un sistema mecánico de utilidad práctica como el mostrado en la Fig. 1.5

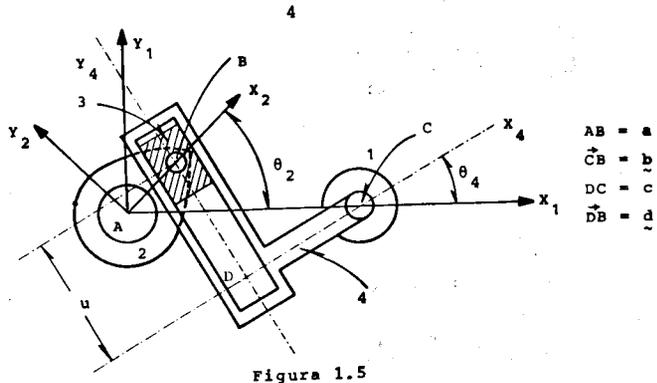


Figura 1.5

PROBLEMA 1.6 Observando la excavadora que se muestra en la figura 1.6,

- 1.6.1 Efectúe las mediciones que estime convenientes y realice el modelo cinemático respectivo.
- 1.6.2 Si el émbolo se mueve alejándose de la base a razón de 0.5m/seg, determine la velocidad y la aceleración angulares del brazo CB cuando el cilindro forma un ángulo de 70° con la horizontal.

Sugestión: Use el método presentado en la sección 1.8.1. de las notas.

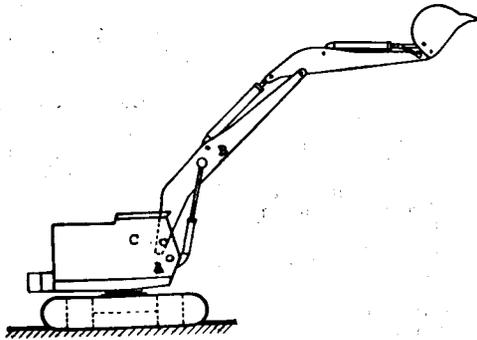


Figura 1.6

aab

PROBLEMA 1.7. Calcular la velocidad y la aceleración angulares del eslabón 4 del mecanismo de la figura 1.7 para los valores de entrada siguientes:

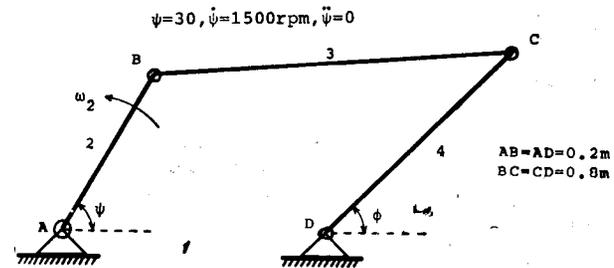


Figura 1.7

PROBLEMA 1.8. En la figura 1.8 se muestra un rodamiento de bolas que tiene el que está montado un rotor, que no aparece. El rotor, firmemente unido a 3, gira a velocidad angular constante ω , mientras que el anillo interior 1 está fijo al marco de la máquina.

- 1.8.1 Directamente del movimiento de 3, obtenga una expresión para la velocidad y la aceleración de un punto P de la periferia de 3.
- 1.8.2 Haga lo mismo que en 1.8.1, pero utilizando ahora un sistema coordenado auxiliar móvil con respecto a 1, tal que su eje X coincida en todo momento con la línea OQ, siendo Q el punto de contacto entre 2 y 3. Considere que 2 gira sin deslizar con respecto a 1 y a 3.

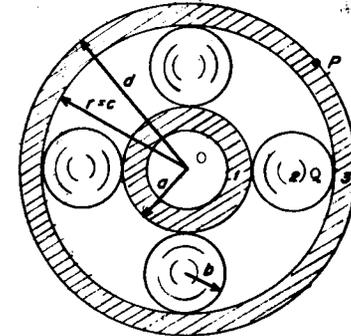


Figura 1.8

PROBLEMA 2.1 Identifique usted todos los pares cinemáticos inferiores y diga de qué clase es cada par (R o P), en las siguientes máquinas:

2.1.1 Una bicicleta.

2.1.2 La pala mecánica de la Fig 1.6.

PROBLEMA 2.2 Dibuje esquemáticamente un taladro radial y elabore un modelo cinemático del mismo que muestre los diferentes pares cinemáticos de que consta.

PROBLEMA 2.3 Determine el grado de libertad de los mecanismos mostrados en la figura 2.3.

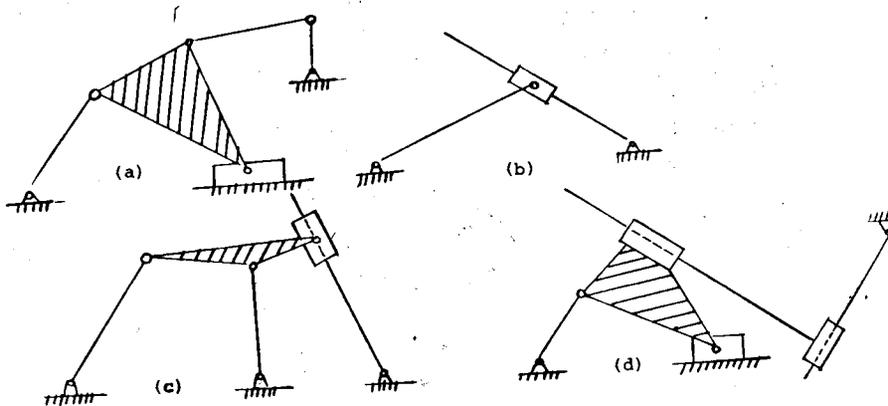


Figura 2.3.

PROBLEMA 2.4 Por medio de la ecuación de Freudenstein, calcular ϕ_1 , ϕ_2 , $\dot{\phi}_1$, $\dot{\phi}_2$, $\ddot{\phi}_1$ y $\ddot{\phi}_2$ correspondientes a $\psi=60^\circ$, de la Fig 1.7.

PROBLEMA 2.5 Se tiene un compresor con un mecanismo biela-manivela-corredera, mostrado en la Fig. 2.5.

2.5.1. Obtener una ecuación análoga a la de Freudenstein de la forma $f(\theta, s) = 0$

2.5.2. Obtener la trayectoria del punto P.

- a = 19cm
- b = 2.5cm
- c = 5cm
- d = 12.5cm

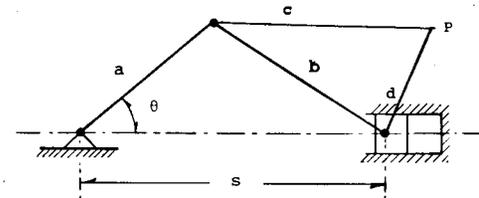


Figura 2.5

PROBLEMA 2.6 El mecanismo biela-manivela-corredera de la figura 2.5 se utiliza para prensar alfalfa por medio de los ganchos unidos al eslabón AB.

- 2.6.1 Calcular la velocidad angular del eslabón AB para $\psi_1=17^\circ$, $\psi_1=19.1$ r.p.m. y para $\psi_2=60^\circ$ y $\psi_2=\psi_1$
- 2.6.2 Determinar la velocidad del punto B para $\psi_1=17^\circ$, $\psi_1=19.1$ r.p.m. y para $\psi_2=60^\circ$ y $\psi_2=\psi_1$
- 2.6.3 Determinar la trayectoria del punto C.

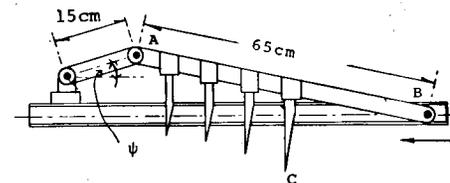


Figura 2.6

PROBLEMA 2.7 En el mecanismo mostrado en la figura 2.7,

- 2.7.1 Determine las relaciones $f(\psi, s)$ y $f(\psi, \phi)$
- 2.7.2 Derive las expresiones anteriores para hallar $\dot{\phi}, \ddot{\phi}, \dot{s}$ y \ddot{s} , y así verificar que $\dot{\phi}$ y \dot{s} son lineales en $\dot{\psi}$, mientras que $\ddot{\phi}$ y \ddot{s} lo son en $\dot{\psi}$ y cuadráticos en $\dot{\psi}$.

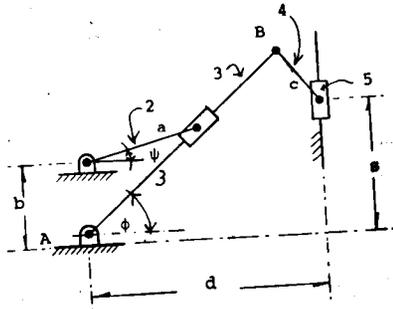


Figura 2.7

PROBLEMA 2.8 Dado el mecanismo de la Fig. 2.7, determinar gráficamente \dot{s} para $\psi=30^\circ, \dot{\psi}=120$ rpm (constante) y los siguientes valores numéricos:

$$a=10\text{cm}, b=6\text{cm}, c=6\text{cm}, d=20\text{cm}, \overline{AB}=24\text{cm}$$

Comprobar el resultado gráfico con el numérico obtenido empleando las ecuaciones obtenidas en el problema 2.7

PROBLEMA 2.9 Demuestre que el mecanismo de la Fig 2.9 tiene ocho configuraciones diferentes para las cuales la corredera 6 tiene velocidad nula. Estas configuraciones corresponden a "puntos muertos" del mecanismo.

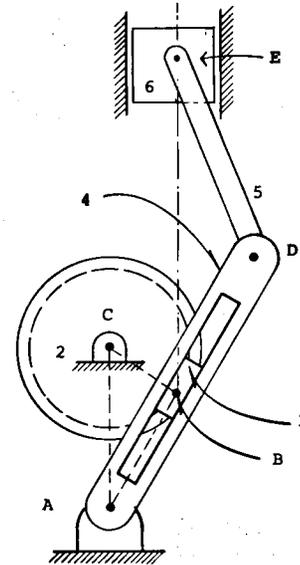


Figura 2.9

PROBLEMA 2.10 Determine la aceleración de la corredera 6 del mecanismo de la Fig 2.9 para las ocho configuraciones halladas en el problema 2.9, cuando el disco 2 gira uniformemente a razón de 1200 rpm, en sentido antihorario

PROBLEMA 2.11 Obtenga una tabla de valores ϕ vs. ψ , para cada 10° de ψ , para el mecanismo de la Fig 2.11, dados los siguientes valores numéricos:

$a_1=1, a_2=0.4, a_3=1, a_4=1.2, a_5=1, a_6=1, a_7=0.6, a_8=0.5$ (u. de longitud)

$a_1=1.0$ $a_5=1.0$
 $a_2=0.4$ $a_6=1.0$
 $a_3=1.0$ $a_7=0.6$
 $a_4=1.2$ $a_8=0.5$
 en m

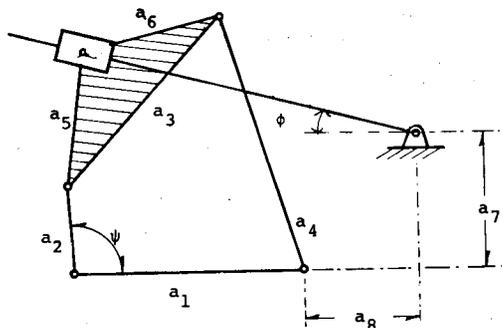


Figura 2.11

PROBLEMA 2.12 El mecanismo de la Fig 2.12 consiste de un disco 2 que gira uniformemente en sentido antihorario a razón de 3000 rpm. Este disco acciona a la placa 4 mediante la corredera 3, a la que está articulada en B. El disco gira alrededor de su centroide, A, y la placa lo hace alrededor del punto C. Determine la aceleración angular de la placa para la configuración mostrada.

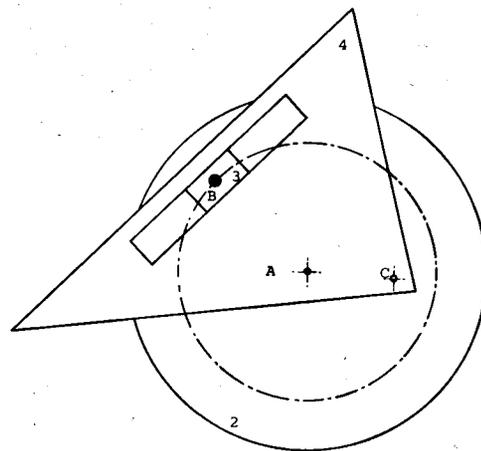


Figura 2.12

PROBLEMA 2.13 Del mecanismo mostrado en la figura 2.13 determine:

- 2.13.1 Todos los centros instantáneos de rotación.
- 2.13.2 El modelo cinemático del mecanismo.
- 2.13.3 ω_4 y α_4 , si $\omega_2=50$ r.p.m en sentido horario, para la posición mostrada en la figura. Utilice las dimensiones de la figura en escala 1:1.
- 2.13.4 Una relación entrada-salida de la forma $f(\psi, \phi)=0$.

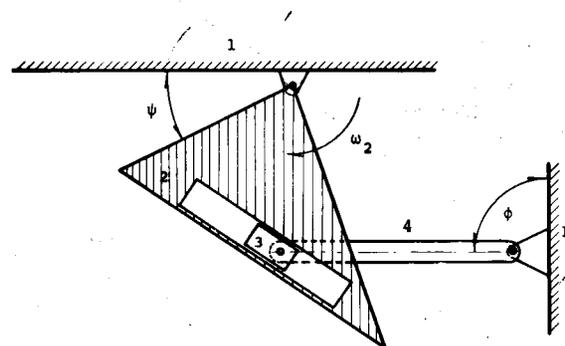


Figura 2.13

PROBLEMA 2.14 Para el mecanismo plano de seis eslabones de la fig. 2.14.

2.14.1 Establezca la ecuación de entrada-salida de la forma $f(\psi, \sigma) = 0$ u otra equivalente, en que $\sigma = s/a$.

2.14.2 Para $\epsilon = 1$, calcule el(los) valor(es) de σ correspondiente(s) al valor del ángulo de entrada $\psi = 0$.

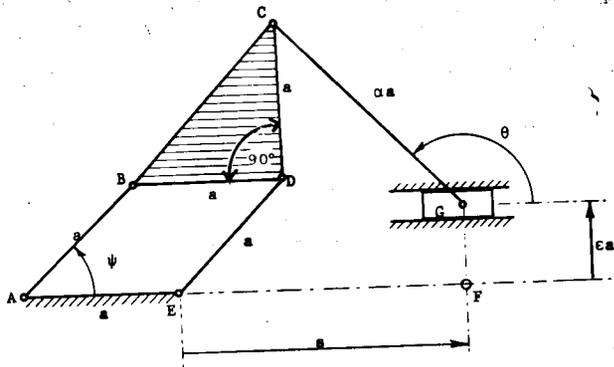


Figura 2.14

PROBLEMA 2.15 Se desea sintetizar un mecanismo 4R cuyas barras de entrada y de salida den revoluciones completas. Se sabe que $a_1 = 1$, $a_2 = 2$, $a_3 + a_4 = k$ (ver Fig. 2.15). A fin de que se cumplan las condiciones del problema:

- 2.15.1 ¿Qué restricción debe imponerle a k ?
- 2.15.2 ¿Entre qué límites debe variar el par (a_3, a_4) ?

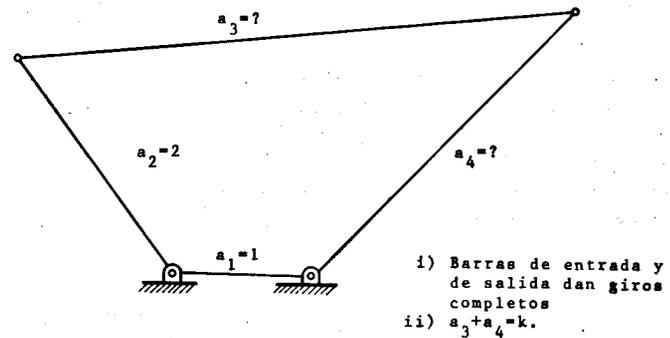


Figura 2.15

Problema 2.16 Establezca una relación de la forma $f(\psi, s) = 0$ para el mecanismo mostrado en la figura 2.16

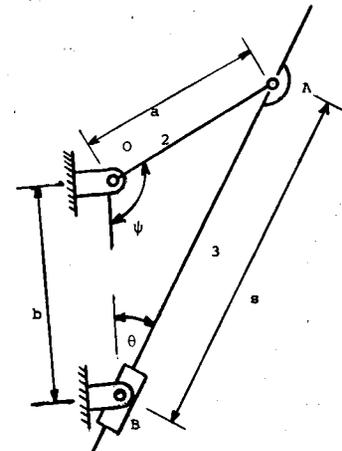


Figura 2.16

PROBLEMA 3.1 En la figura 3.1 se muestra el mecanismo accionador de una pala mecánica, que es movido por un cilindro hidráulico en el intervalo $60^\circ \leq \psi \leq 120^\circ$. Se requiere que la cuchara de la pala, acoplada rígidamente al eslabón CD, oscile un ángulo de 120° , entre -30° y 90° .

Determine usted las longitudes a_1, a_2, a_3 y a_4 de los eslabones del mecanismo que ejecute la operación deseada.

NOTA: Si no tiene usted suficientes ecuaciones, imponga una restricción adicional, justificándola.

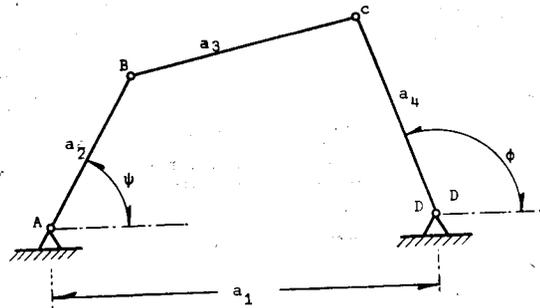


Figura 3.1

PROBLEMA 3.2 DISEÑO DE UN TACOMETRO. El mecanismo de la fig 3.2 sirve para estimar la velocidad angular p de la flecha F alrededor del eje EE' . Consiste de un regulador de Watt ABC que está formado por dos eslabones rígidos de longitud a acoplados, uno en A a F , y en B a la esfera de masa m y el otro, en B a la propia esfera y en C a un collarín D que desliza a lo largo del eje EE' . El collarín a su vez está acoplado a la chumacera G por medio de un par de revolución de eje EE' ; es decir, C gira con F alrededor de EE' con respecto a G , a quien arrastra en un movimiento de traslación a lo largo de EE' , pero no en el de rotación. El movimiento de traslación de G a lo largo de EE' es transformado por el mecanismo

HJK en uno de rotación del eslabón JK, medido por el ángulo ϕ , registrado en una carátula graduada en rpm como se muestra. De un análisis dinámico del regulador de Watt, en el que se desprecia la inercia de todos los elementos involucrados, excepto la de la esfera de masa m , se obtiene la siguiente relación:

$$\theta = \cos^{-1} \frac{g}{p^2 a}$$

donde g es la aceleración de la gravedad. Si la velocidad nominal p es de 150 rpm con variaciones máximas de $\pm 20\%$, y se desea tener una lectura precisa en la carátula dentro de este intervalo, se requiere dimensionar el mecanismo HJK de manera tal que en el intervalo mencionado ϕ varíe linealmente con p . Dé usted las dimensiones b, c y d del mecanismo en cuestión.

Datos: $e=40$ cm, $f=5$ cm, $a=15$ cm.

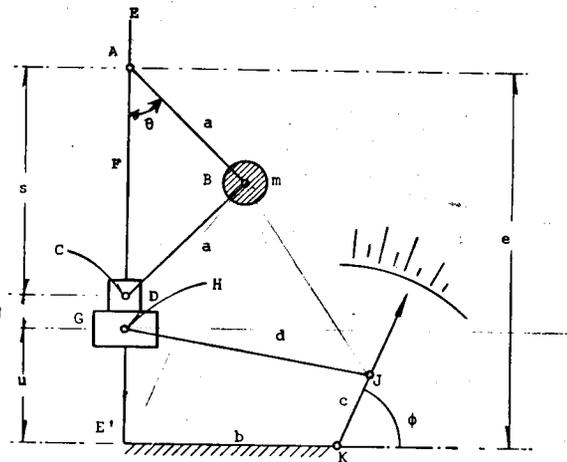


Figura 3.2

PROBLEMA 3.3 En la figura 3.3 se muestra un dinamómetro que funciona de la siguiente manera: se aplica una presión p al pistón 2 y esta presión, distribuida uniformemente en la cara del pistón, hace que el brazo AB ejerza una fuerza sobre el resorte de constante $K = 6/\pi$ kg-m/rad. Esta fuerza es equilibrada por el momento que ejerce la fuerza $F = pA$ ($A = \text{área del pistón 2}$) con toda precisión al rededor del valor $F = 200$ kg, y se desea que para variaciones pequeñas de este valor nominal, la aguja del eslabón 6 marque esas variaciones en forma proporcional, con un factor de proporcionalidad de 0.1 rad/kg. De esta forma, las condiciones de diseño para el mecanismo RRRR son las siguientes:

$$F_1 = 200 \text{ kg}, \phi_1 = 120^\circ, \phi_1'(F) = 0.1 \text{ rad/kg}, \phi_1''(F) = 0$$

Nota: Para hallar la relación entre F y θ , iguale la potencia suministrada por la fuerza con la potencia desarrollada por el resorte, y demuestre que

$$F = k \frac{\sqrt{a^2 - b^2} \cos^2 \theta}{b \sin \theta (b \cos \theta - \sqrt{a^2 - b^2} \sin^2 \theta)} \theta$$

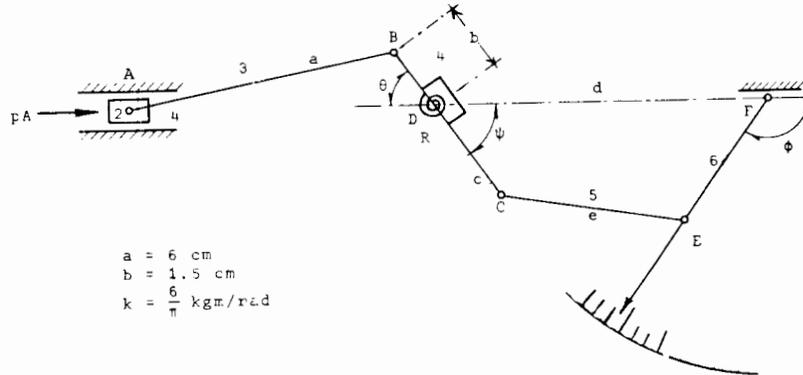


Figura 3.3

PROBLEMA 3.4 Este problema tiene por objeto establecer las ecuaciones que permitan determinar las coordenadas x_A, y_A, x_B (o y_B), x_A^*, y_A^* , x_B^* (o y_B^*) de las articulaciones de un mecanismo RRRK que conduzca un cuerpo rígido por las configuraciones siguientes:

$$\begin{array}{ll} R_0 = (1,2) & \theta_0 = 0^\circ \\ R_1 = (3,2) & \theta_1 = 30^\circ \\ R_2 = (4,1) & \theta_2 = 60^\circ \\ R_3 = (5,0) & \theta_3 = 90^\circ \end{array}$$

Para fines de lo anterior, se requiere que se ejecute a mano una iteración del método de Newton-Raphson para resolver los sistemas de ecuaciones no lineales que intervienen. Los puntos base, B y B*, deben estar alojados sobre la recta que pasa por el punto (1,1) y tiene una pendiente de -1.

PROBLEMA 3.5 Diseñar un mecanismo que conduzca un cuerpo rígido por las tres configuraciones mostradas en la figura 3.5. Los apoyos del mecanismo deben estar en los puntos de coordenadas (2,4,-0.5) y (5.4,-1.3).

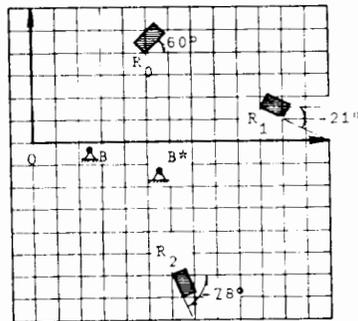
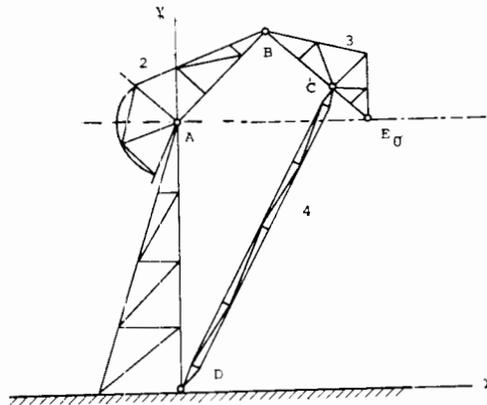


Figura 3.5

PROBLEMA 3.6 Diseñar el mecanismo adecuado que conduzca un crisol con metal fundido por tres puntos alojados en la circunferencia de ecuación $(x+1)^2 + y^2 = 1$, estando esos puntos igualmente espaciados, y uno de ellos contenido en el eje Y. Debe tenerse en cuenta que el crisol permanece vertical para que el metal no se derrame.

PROBLEMA 3.7 La figura 3.7 muestra una grúa de uso común en la industria de la construcción. Hallar las dimensiones del mecanismo ABCD, de tal forma que el punto E de la barra acopladora pase por las posiciones indicadas enseguida.
 $E_C(5,20)$, $E_1(8,20)$, $E_2(10,20)$



PROBLEMA 3.8 Para diseñar un mecanismo con reposo finito conecte un mecanismo RRRR, que contenga un punto de su barra acopladora que genere una trayectoria con un arco de círculo, con otros dos eslabones 5 y 6, como se indica en la figura 3.8a. Para esto, dé las dimensiones de los eslabones 1, 2, 3 y 4 de un mecanismo que contenga un punto de su barra acopladora que pase por los puntos R_0, R_1, R_2 y R_3 de la figura 3.8b

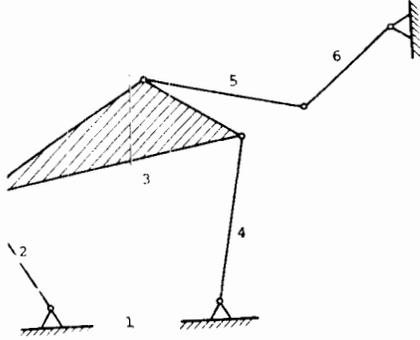


Figura 3.8a

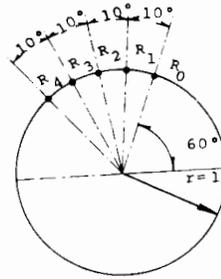


Figura 3.8b

PROBLEMA 3.9 En la fase de enlatado de una cervecería se cuenta con una máquina de llenado y tapado de botes que tiene un mecanismo como el de la figura 3.9.1.

Cuando el eslabón de salida está en la posición A los botes son llenados y tapados y, en la posición B, un operario quita los botes llenos y coloca botes vacíos.

Debe observarse que el seguidor necesita un intervalo de reposo finito para llenar y tapar y otro para quitar los botes llenos y poner vacíos; es decir, se requiere que la gráfica de ψ vs. ϕ sea como la de la figura 3.9.2.

Busque usted la trayectoria que deba tener el punto P (indicando particularidades de su geometría) para que el mecanismo en cuestión genere la relación ϕ vs. ψ de la fig 3.9.2.

Figura 3.9.1

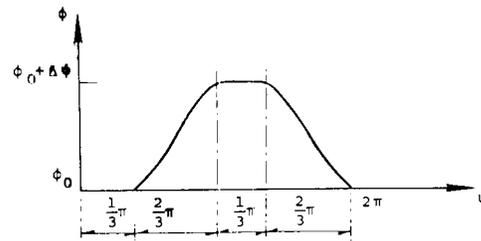
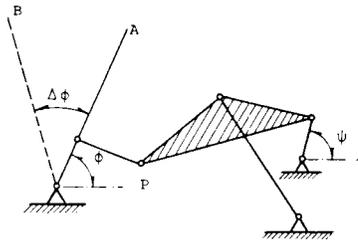
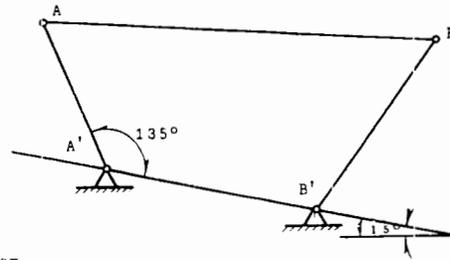


Figura 3.9.2

PROBLEMA 3.10 Dado el mecanismo de la fig 3.10, trazar su círculo de inflexión y su cúbica de curvatura estacionaria.



$AA' = 2 \text{ cm}$
 $BB' = 6.5 \text{ cm}$
 $AB = 10 \text{ cm}$
 $A'B' = 3.5 \text{ cm}$

Figura 3.10

PROBLEMA 3.11 Dado el mecanismo de la figura 3.11,

- .11.1. Demostrar gráficamente que en los intervalos $100^\circ \leq \psi \leq 120^\circ$ y $310^\circ \leq \psi \leq 330^\circ$ el eslabón 6 permanece estacionario.
 .11.2. Determinar 5 puntos del eslabón 3 que estén sobre la cúbica de curvatura estacionaria.

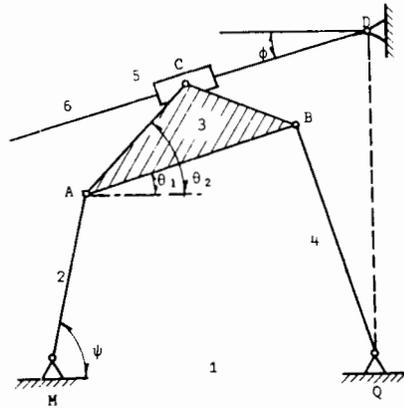
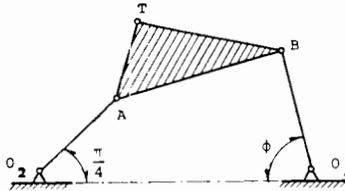


Figura 3.11

PROBLEMA 3.12 Obtener los mecanismos cognados del mecanismo mostrado en la fig 3.12,



$O_2A = 2.5 \text{ cm}$
 $AB = 3.8 \text{ cm}$
 $O_4B = 3 \text{ cm}$
 $\phi = 75^\circ$
 $TA = 1.6 \text{ cm}$
 $TB = 3.1 \text{ cm}$

Figura. 3.12

PROBLEMA 3.13. Síntesis de un "saca-corchos". Se desea determinar las dimensiones a y b del "saca-corchos" de la Fig 3.13; para esto,

3.13.1 Bosqueje un modelo cinemático del mecanismo

3.13.2 Obtenga una relación entrada-salida de la forma $f(\psi, s) = 0$ que sea lineal en k_1 , k_2 y k_3 , donde

$$k_1 = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}, \quad k_2 = \frac{1}{2ac}, \quad k_3 = \frac{1}{c}$$

3.13.3 Obtenga los valores de a y de b para que se cumplan las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \psi = 0^\circ, \quad s = 8.00 \text{ cm} \\ \psi = 15^\circ, \quad s = 7.00 \text{ cm} \end{aligned}$$

3.13.4 Verifique gráficamente que su "saca-corchos" satisface las relaciones de 3.13.3

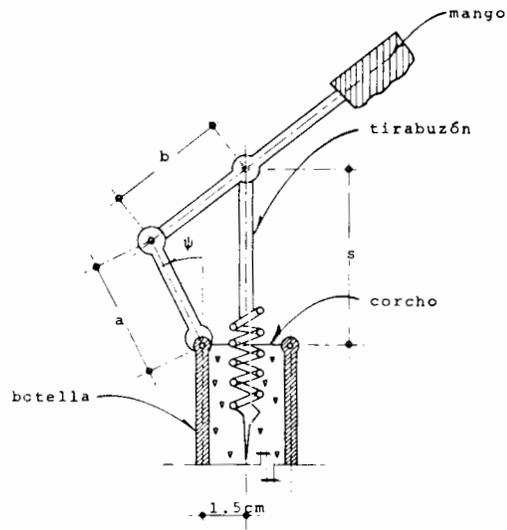


Figura 3.13

Problema 3.14 En la Fig 3.14 se muestra esquemáticamente un sistema ciclista-bicicleta.

Demuestre que, para las dimensiones indicadas a continuación, la biela sobre la que va montado el pedal, \overline{CD} , gira vuelta completa, mientras que el fémur del ciclista, \overline{AB} , oscila sin girar vuelta completa.

$$\overline{AE}=60\text{cm}, \overline{BC}=52\text{cm}, \overline{CD}=18\text{cm}, \overline{DA}=85\text{cm}$$

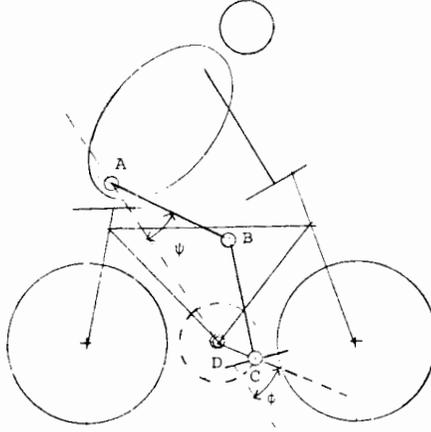


Fig 3.14

Problema 3.15 Haciendo referencia al sistema de la Fig 3.14, se tomaron mediciones de los ángulos ψ y ϕ en pruebas con el ciclista. Sabiendo que los miembros \overline{CD} y \overline{DA} miden, respectivamente, 20 cm y 100 cm, determine la longitud del fémur, \overline{AB} , así como la de la pantorrilla, \overline{BC} , del sujeto en el que se realizaron las pruebas, para los siguientes pares de valores de los ángulos en cuestión:

$$\psi_1=15^\circ, \phi_1=86^\circ$$

$$\psi_2=30^\circ, \phi_2=107^\circ$$

Problema 3.16 Para el mecanismo mostrado en la figura 3.16 determine todos los centros instantáneos de rotación. Calcule ω_3 y la velocidad del punto B si $v_A = 9 \text{ m/s}$ y $\overline{AB} = 10 \text{ cm}$. Trace además el círculo de inflexión del eslabón 3 en la posición mostrada.

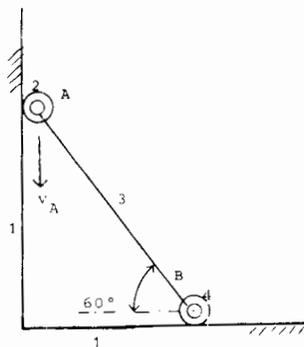


Figura 3.16

Problema 3.17 En la figura 3.17 se muestra el mecanismo de agarre de un manipulador industrial.

3.17.1 Halle una relación entrada-salida de la forma $f(u, \theta; \ell_1, \ell_2)$.

3.17.2 Determine los valores de ℓ_1 y ℓ_2 que generen los siguientes pares entrada-salida:

$$u_1 = 1 \text{ cm}, \theta_1 = 30^\circ$$

$$u_2 = 1.2 \text{ cm}, \theta_2 = 45^\circ$$

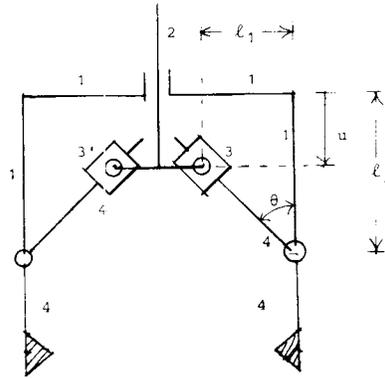


Fig 3.17

PROBLEMA 4.1 Dadas las siguientes curvas

$$\rho(\theta) = a + \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2}, \quad \rho(\theta) = a + \frac{e^{\theta} + e^{-\theta}}{2}$$

$$\rho(\theta) = a + \frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2}, \quad \rho(\theta) = a + \frac{e^{\theta} - e^{-\theta}}{2}$$

- 4.1.1 Diga cuál representa el perfil de una leva y por qué
- 4.1.2 Para alguna de esas curvas que represente un perfil, trázelo a escala adecuada, suponiendo $a=4$ y que las dimensiones están dadas en centímetros
- 4.1.3 Para ese mismo perfil, obtenga el diagrama de desplazamiento del seguidor si este es traslacional y de cara plana
- 4.1.4 Haga lo mismo que en el inciso anterior, pero ahora para un seguidor oscilante cuyo eje de rotación se localiza a 6cm del de la leva

PROBLEMA 4.2 Dado el programa de velocidad de un seguidor traslacional de carretilla

$$s = a \sin \omega t$$

donde $a=10\text{m/seg}$ y $\omega=5\text{rad/seg}$, trace el perfil de la leva correspondiente si la excentricidad del seguidor es 2cm, el diámetro de la circunferencia base, 6cm y el radio de la carretilla, 0.5cm.

PROBLEMA 4.3 Defina el ángulo de presión para una leva con seguidor oscilante de carretilla, así como el descentramiento del punto de contacto si el seguidor, oscilante también, es de cara plana.

PROBLEMA 4.4 ANALISIS DE LEVAS CON SEGUIDOR OSCILANTE DE CARA PLANA.

- 4.4.1 Obtenga las ecuaciones movimiento de una leva y su seguidor oscilante de cara plana, que permitan calcular el valor ϕ

del ángulo de oscilación del seguidor en términos del ángulo ψ , de rotación de la leva.

- 4.4.2 Elabore un diagrama de flujo para computadora digital que permita calcular $\phi(\psi)$.

PROBLEMA 4.5. Diseñe gráficamente una leva con seguidor traslacional de carretilla cuyo programa de desplazamiento sea el siguiente

ψ (grados)	s(cm)	ψ (grados)	s(cm)
0	16.00	180	21.67
45	9.18	225	27.70
90	9.88	270	29.40
135	14.70	315	25.00

PROBLEMA 4.6. Dada la siguiente ecuación:

$$y''(\psi) = 3\cos\psi + a \text{ (cm)}$$

- 4.6.1 Obtener el valor de a para que $y(\psi)$ sea el desplazamiento del seguidor de una leva.
- 4.6.2 Trazar el perfil de la leva si el radio de la circunferencia base es 4 cm y la excentricidad es 2.5cm para un seguidor de carretilla de 0.5cm de radio.
- 4.6.3 Obtener el ángulo de presión máximo.
- 4.6.4 Si el diámetro de la circunferencia base aumenta 2cm ¿cuánto vale ahora el ángulo de presión máximo?

PROBLEMA 4.7 En un proceso químico, se requiere alimentar combustible durante 3 segundos y cerrar la válvula durante 5 segundos, por medio del mecanismo mostrado en la figura 4.7. Determinar el perfil de la leva con seguidor de carretilla por medio de un método gráfico, así como su velocidad angular $\dot{\psi}$ en rpm.

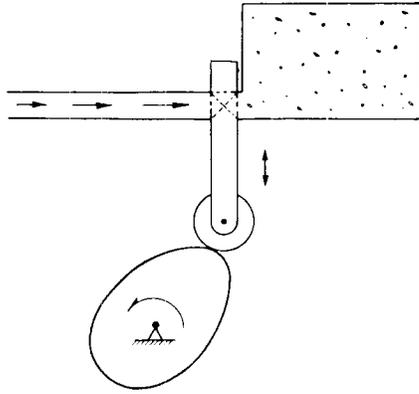


Figura 4.7

PROBLEMA 4.8 Diseñe gráficamente una leva con seguidor traslacional de cara plana que produzca en el seguidor la gráfica de "aceleración" mostrada en la Fig. 4.8

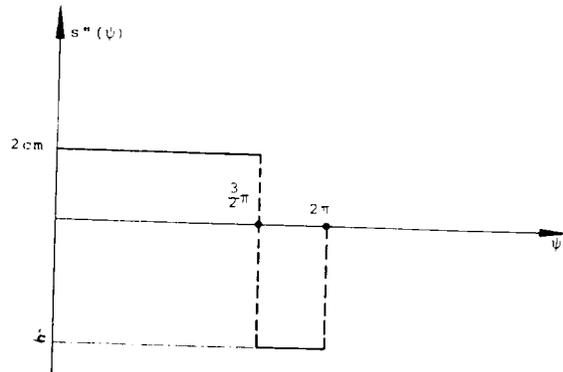


Figura 4.8

PROBLEMA 4.9 Diseñe geométicamente una leva con seguidor de carretilla como la de la Fig. 4.9.1. que genere la curva de aceleración de la Fig. 4.9.2, donde tiene usted que determinar el valor de la constante c . El radio de la carretilla, a , es 2 cm. y el descentramiento b es 2.5 cm. La línea OL está fija a la leva y la OM lo está al bastidor del mecanismo.

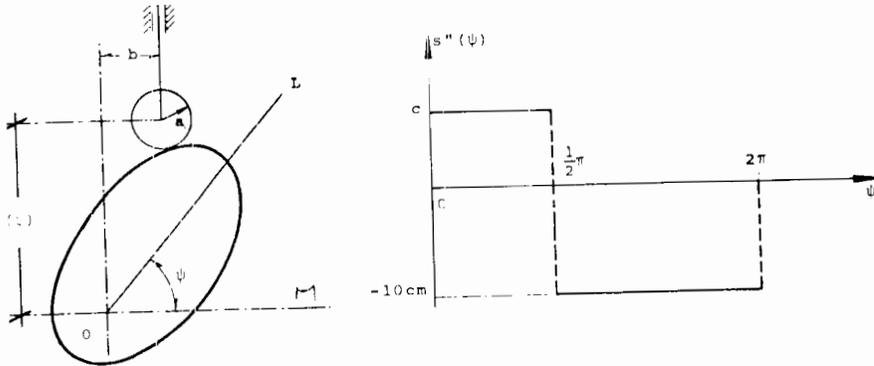


Figura 4.9.1

Figura 4.9.2

PROBLEMA 4.10 En la fig 4.10 se muestra un mecanismo de leva con seguidor oscilante de carretilla. El perfil de la leva es una circunferencia de centro en O , que gira alrededor de O' .

4.10.1 Determine entre qué valores de ϕ oscila el seguidor

4.10.2 Para las configuraciones en las que ϕ alcanza sus valores máximo y mínimo, determine la aceleración angular del seguidor si la leva gira uniformemente a 1500 rpm en sentido antihorario

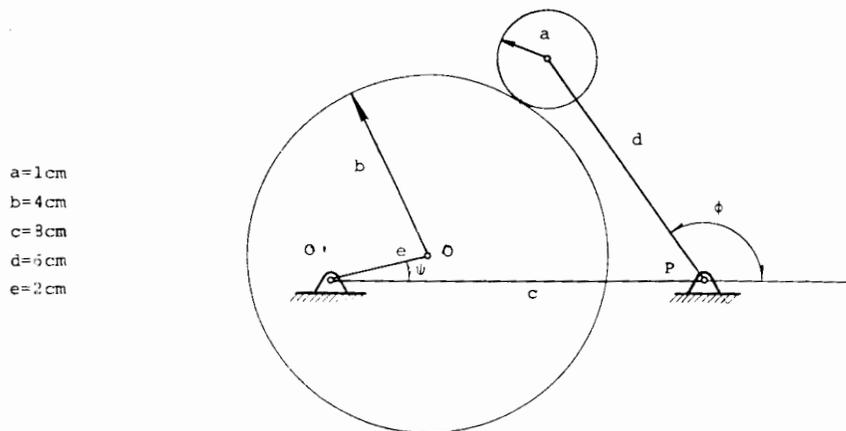


Figura 4.10

Problema 4.11 En la Fig 4.11 se muestra un mecanismo leva-seguidor, cuya leva es una exéntrica de centro A y radio $a=5\text{ cm}$, que gira alrededor de B, localizado a una distancia de 3cm de A. Si la leva gira a 900 rpm , determine los valores máximos de velocidad y de aceleración.

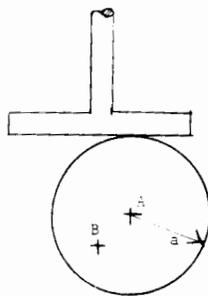


Figura 4.11

Problema 4.12. Determina el perfil de la leva del mecanismo de la Figura 4.12, que produzca un movimiento armónico simple en el seguidor. Se requiere que la máxima aceleración del seguidor sea de $10g$. Determine, además, la máxima excentricidad entre el punto de contacto, C, y el eje de rotación de la leva, esto es, el máximo valor que adquiere la variable x , para la leva así diseñada. Suponga que la leva gire a una velocidad angular constante ω .

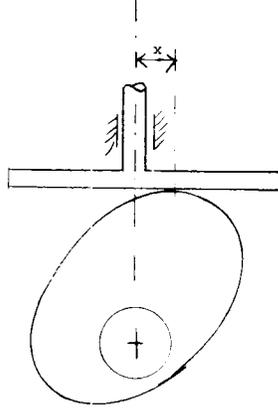


Fig 4.12

PROBLEMA 5.1 Un piñón de 24 dientes mueve una corona de 36. Los dientes se han fabricado por medio de la curva involuta con módulo 6 y ángulo de presión 20° .

5.1.1 Determinar el diámetro de la circunferencia base.

5.1.2 Determinar la ecuación de la curva involuta y trazar un diente de cada engrane.

5.1.3 Trazar el círculo de adendo, el de dedendo y el de paso.

5.1.4 Trazar la trayectoria que describe el punto de contacto sobre el bastidor de la máquina en el que está montado el mecanismo.

PROBLEMA 5.2 En una grúa de tamaño medio se utiliza una transmisión que consiste de un piñón de 22 dientes que gira a 1500 r.p.m. y conduce una rueda helicoidal que gira a 400 r.p.m. La distancia entre centros es de 300 mm. El ángulo de inclinación de hélice es de 23° y el ángulo de presión de 20° . Calcular el número de dientes, el diámetro primitivo, el paso normal, el módulo normal y la altura del diente de la rueda.

PROBLEMA 5.3 Diseñe una caja de 4 velocidades, si la velocidad del eje de entrada es de 1200 r.p.m. y a la salida debe haber una gama de 100 a 500 r.p.m. Indique cómo se podría hacer girar el eje de salida en sentido contrario al de la entrada, a 1000 r.p.m.

PROBLEMA 5.4 Un piñón y una corona de 18 y de 30 dientes, respectivamente, constituyen un tren de engranes cónicos cuyos ejes se intersecan a 120° . Determinar los ángulos de paso respectivos.

PROBLEMA 5.5 La figura 5.5 muestra la transmisión de un automóvil compacto y la tabla 5.5, la disposición de los engranes correspondientes a sus cuatro reducciones. Si el paso diametral es $P_d=7$ para todos los engranes y la distancia entre ejes, $4.287''$ determine el número de dientes de cada engrane suponiendo que $\omega_2/\omega_1=0.429$

TABLA 5.5
ENGRANES DE LA

VELOCIDAD	TRANSMISION	RAZON DE VELOCIDADES
PRIMERA	1-2-5-8	0.156
SEGUNDA	1-2-4-7	0.324
TERCERA	1-2-3-6	0.592
CUARTA	TRANSMISION DIRECTA	1.000

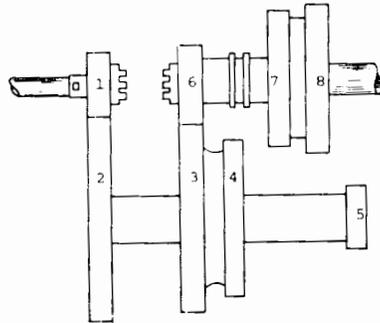


Figura 5.5

PROBLEMA 5.6 Los ejes de rotación de dos engranes cónicos se intersecan a 30° . Si el radio de paso del piñón es de 5cm, la relación de velocidad $1/1.8$ y la corona tiene 27 dientes, determine

- 5.6.1 El número de dientes del piñón
- 5.6.2 La distancia cónica de la corona
- 5.6.3 La distancia cónica posterior
- 5.6.4 El diámetro exterior
- 5.6.5 Los ángulos de paso, de adendo, de dedendo y de la raíz del diente.

PROBLEMA 5.7 En el tren de engranes de la fig 5.7 la corona exterior 5 está fija al bastidor de una máquina, mientras que la potencia se suministra al conjunto a través del planetario 2 y se transfiere a la máquina por medio del eje 3. Para los números de dientes indicados, determine la velocidad en 3 para los valores también indicados de la velocidad angular del planetario 2.

$$\begin{array}{ll} N_2 = 25 & \text{a) } \omega_2 = 100 \text{ rpm} \\ N_4 = 20 & \text{b) } \omega_2 = 450 \text{ rpm} \\ & \text{c) } \omega_2 = 1500 \text{ rpm} \end{array}$$

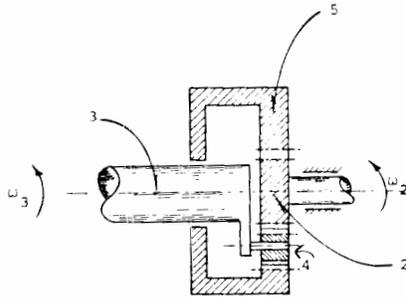


Figura 5.7

PROBLEMA 5.8 Un vehículo que emplea el diferencial representado en la figura 5.8 gira hacia la derecha a una velocidad de 60 km/h (promedio entre las velocidades de los centros de las ruedas interna y externa) sobre una curva de 20 m de radio. Las llantas tienen 37.5 cm de radio y la distancia entre ellas es de 2.20 m

- 5.8.1 Calcular la velocidad angular de cada rueda del vehículo
- 5.8.2 Calcular la velocidad angular del eje de cardán (engrane 1)
- 5.8.3 Calcular la velocidad angular de cada satélite con respecto a su eje de simetría.

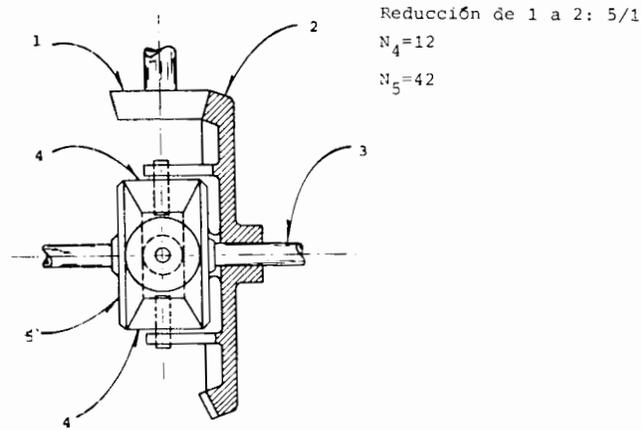


Fig 5.8

PROBLEMA 5.9 En la figura 5.9 se muestra un tren de engranes, en el cual el piñón 2 acciona a las coronas 3 y 8; la 3 está rígidamente unida al brazo B y la 8, al engrane 9.

El brazo arrastra en su movimiento a los satélites 4 y 5, que engranan con la corona interior 7 y con el planetario 6, mientras que el 9 le suministra movimiento a la corona exterior 7.

Si el piñón 2 transmite potencia a 1500 rpm, hallar:

5.9.1 La velocidad angular y el sentido de rotación de los satélites 4 y 5.

5.9.2 La velocidad angular y el sentido de rotación del planetario 6.

Los números de dientes de los engranes son:

$N_2 = 16$
 $N_3 = 30$
 $N_4 = N_5 = 16$
 $N_6 = 40$
 $N_{7i} = 80$
 $N_{7e} = 90$
 $N_8 = 24$
 $N_9 = 80$

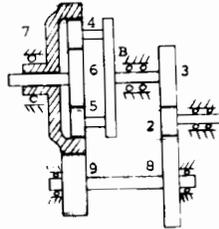


Fig 5.9

Problema 5.10 En la Fig 5.10 se muestra un mecanismo de computación analógico compuesto por los siguientes elementos: El engrane 2 está fijo a tierra en A y acciona a la cremallera 3, que a su vez acciona al engrane 4, cuyo centro C puede trasladarse libremente con velocidad v_4 . Este engrane acciona a su vez a la cremallera 5, que impulsa al engrane 6, fijo a tierra en F. ¿Cuánto deben valer r_2, r_4 y r_6 para que se tenga la relación $\omega_4 = -\omega_6 - \omega_2$?

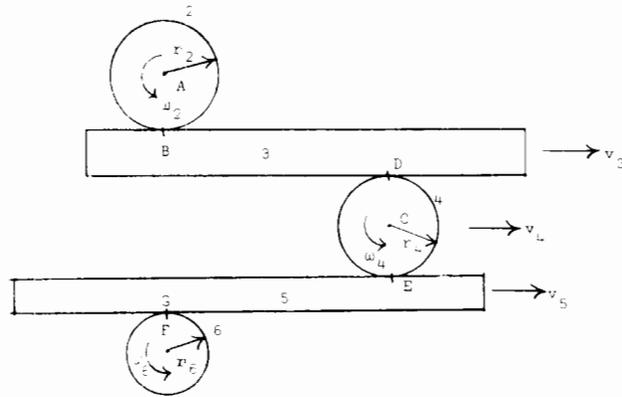


Fig 5.10

PROBLEMA 5.11 En la figura 5.11 se representa un tren planetario de engranes. Los ejes O_1, O_2 y H_4 son fijos. El brazo M arrastra los satélites 3 y 3'. Calcular la relación de transmisión del engrane 1 al brazo M. Los números de dientes N_i se indican en la misma figura.

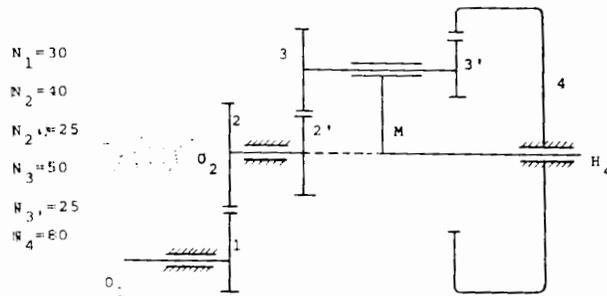


Figura 5.11

PROBLEMA 5.12 En el tren de engranes mostrado en la figura 5.12, el engrane 5 está maquinado en tal forma que tiene dientes externos e internos. Si el planetario 2 gira a 3000 rpm y el piñón 6 lo hace a 1200 rpm, ambos en sentido antihorario, y los números de dientes son $N_2 = 30$, $N_4 = 20$, $N_5' = 50$ (dientes exteriores) y $N_6 = 30$, calcule la velocidad angular y el sentido de giro del brazo 3. Compruebe su resultado con dos métodos diferentes, por lo menos.

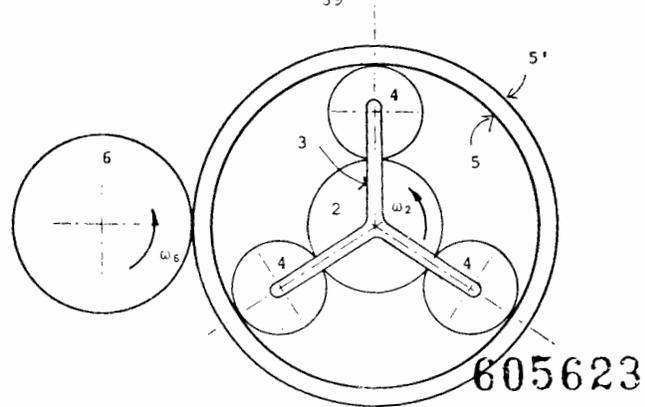


Fig. 5.12

PROBLEMA 5.13 Dado el tren de engranes de la Fig. 5.13, determine la velocidad angular del eje 10, si el 2 gira uniformemente en sentido horario visto desde la izquierda, a razón de 350 rpm, sabiendo que el módulo del engrane 6 es 1.

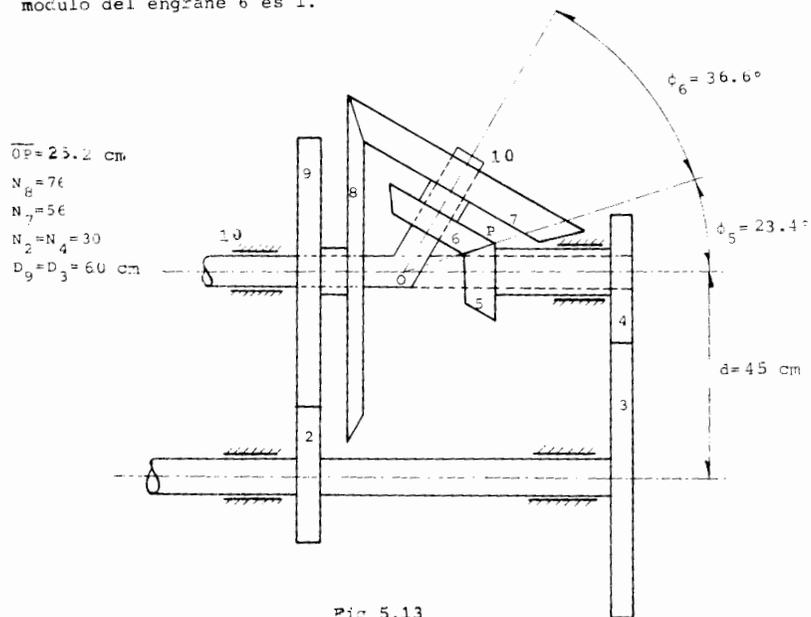


Fig 5.13

PROYECTO 1. En una línea de producción se requiere conducir una pieza C por las estaciones C_0 , C_1 , C_2 y C_3 (Fig P.1). Diseñe un mecanismo plano RRRR que tome a la pieza de la banda transportadora en C_0 y la coloque en C_1 , donde le produce un barrenado la broca B. De C_1 la toma y la coloca en C_2 , donde es maquinada por la herramienta S de un cepillo y, finalmente, es depositada en otra banda transportadora en C_3 , para llevarla al almacén de productos terminados.

Datos:

$a=b=c=0.50$ m
 $d=f=0.20$ m
 $e=0.10$ m

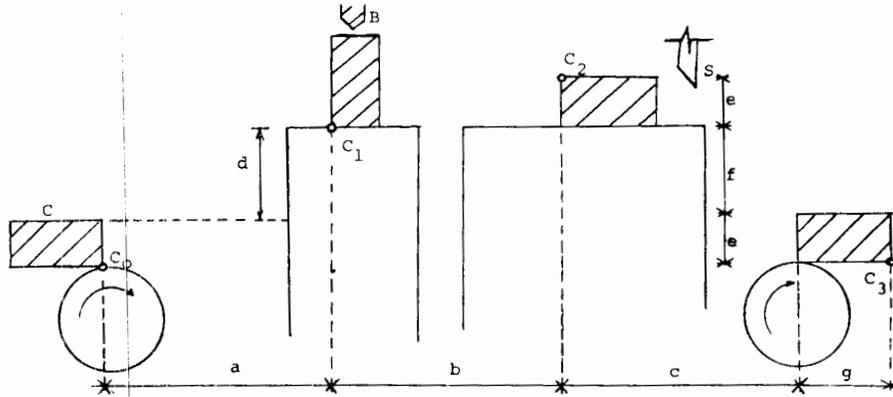


Figura P.1

Nota: Tiene usted que resolver sus ecuaciones de diseño, para lo cual probablemente necesite usar una computadora digital.

PROYECTO 2. En un proceso de manufactura se necesita hacer perforaciones en una lámina con un punzón, como se muestra en la figura P.2a. El mecanismo que efectúa esta operación debe conducir el punzón por las siguientes configuraciones:

$$\begin{array}{ll} r_0 = 12 + 38i & \theta_0 = 180^\circ \\ r_1 = 12.5 + 34i & \theta_1 = 170^\circ \\ r_2 = 18 + 34.5i & \theta_2 = 150^\circ \\ r_3 = 18 + 43i & \theta_3 = 120^\circ \\ r_4 = 11 + 43i & \theta_4 = 170^\circ \end{array}$$

de tal manera que el punzón efectúe la perforación en R_0 , pasando posteriormente por R_1 , R_2 , R_3 , R_4 (figura P2b), para efectuar una nueva perforación en r_0 .

- P.2.1 Determine las dimensiones del mecanismo RRRR que realice tal operación.
- P.2.2 Del mecanismo resultante, obtenga la velocidad y la aceleración angulares del eslabón de salida, si el de entrada gira a una velocidad constante de 120 rpm.
- P.2.3 Determine y dibuje la curva acopladora descrita por la punta del punzón.
- NOTA: Utilice los subprogramas de las notas de clase, adecuados en cada caso.

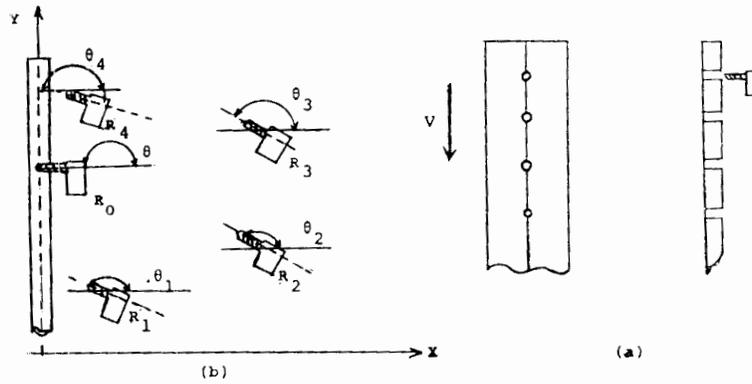


Figura P.2

PROYECTO 3. En un proceso de manufactura se tiene que transportar una pieza de la configuración A a la B, como se muestra en la figura P.3. Al llegar la pieza a B, un operario tiene que realizar el control de calidad de la pieza (inspeccionar y poner un sello), lo cual le lleva 6 seg. y requiere que la pieza esté quieta y sujeta al mecanismo. Diseñe el mecanismo que transporte la pieza de A a B y que la mantenga en B durante seis segundos. Todo el ciclo, desde que el mecanismo pasa por A hasta que regresa a la misma configuración, dura medio minuto y el transporte de A a B dura 21 seg. La fuente de potencia es un motor de inducción cuya velocidad nominal es 1200 rpm. Construya un modelo del mecanismo que muestre claramente su operación. Puede usted utilizar el material que crea que sea el más conveniente; pero en todo caso cuide la presentación.

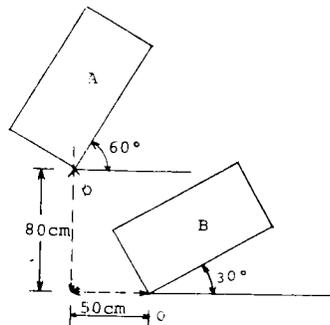


Figura P.3

PROYECTO 4. En un proceso de manufactura automatizado, la banda de la Fig P.4a transporta piezas B_1 , B_2 , etc., a velocidad constante v . En la configuración mostrada en esa figura, A comienza a acelerarse armónicamente en sentido horizontal hasta que, en 0.5 seg, alcanza a B_2 y de ahí en adelante la sigue sincronizadamente. Por otra parte, el cabezal A de la Fig.P.4 porta una broca H, que se encuentra retraída. Al iniciar A su movimiento horizontal, simultáneamente inicia uno vertical de aproximación a B_2 , en forma armónica, de manera tal que, cuando A y B_2 se encuentran en las configuraciones A' y B'_2 , respectivamente, la velocidad relativa entre ambos cuerpos es nula (Para esto, A frena su movimiento vertical armónicamente, en 0.5 seg). En las configuraciones A' y B'_2 mostradas en la misma figura, H' comienza a realizar un barrenado en B'_2 , y, al terminarlo, se retrae H' nuevamente a su posición original con respecto a A' . Toda la operación de barrenado y retracción de la broca dura 2.5 seg. Inmediatamente después de que H' está totalmente retraída, A' regresa a su posición original en A, justamente al tiempo en que una nueva pieza, B_3 , pasa por la posición B_2 , para iniciar otro ciclo del proceso.

Diseñe el mecanismo completo que transporte el cabezal durante el proceso.

Datos:
 $v=0.10\text{m/seg}$ $c=0.10\text{m}$
 $a=0.80\text{m}$ $d=0.45\text{m}$
 $b=0.05\text{m}$

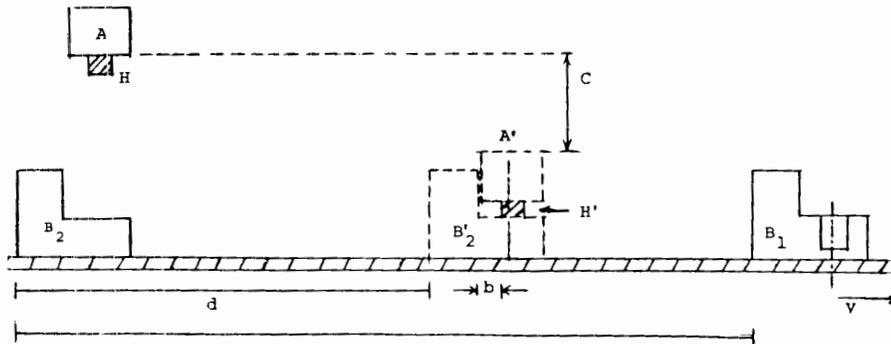


Figura P.4

PROYECTO 5. En un proceso de manufactura se requiere maquinar tres barrenos a la cabeza de un tornillo hexagonal, en forma automatizada. Para esto, es necesario que un mecanismo transporte el tornillo de la posición A (Fig P.5) sobre la banda de la línea de producción mostrada, a las posiciones B, C, y D, donde se realizan los barrenos, depositándola finalmente en E, sobre otra banda para continuar el proceso.

- P5.1 Diseñe el mecanismo RRRR que transporte al tornillo por las posiciones A, B, C, D, y E.
- P5.2 Construya una maqueta que ilustre que su mecanismo, así diseñado, efectivamente conduce el tornillo por las configuraciones mostradas.
- P5.3 Discuta la forma en que accionarfa el mecanismo anterior para que en cada estación B, C y D, mantuviera fijo el tornillo durante el tiempo T dado, que dura la operación de taladrado.

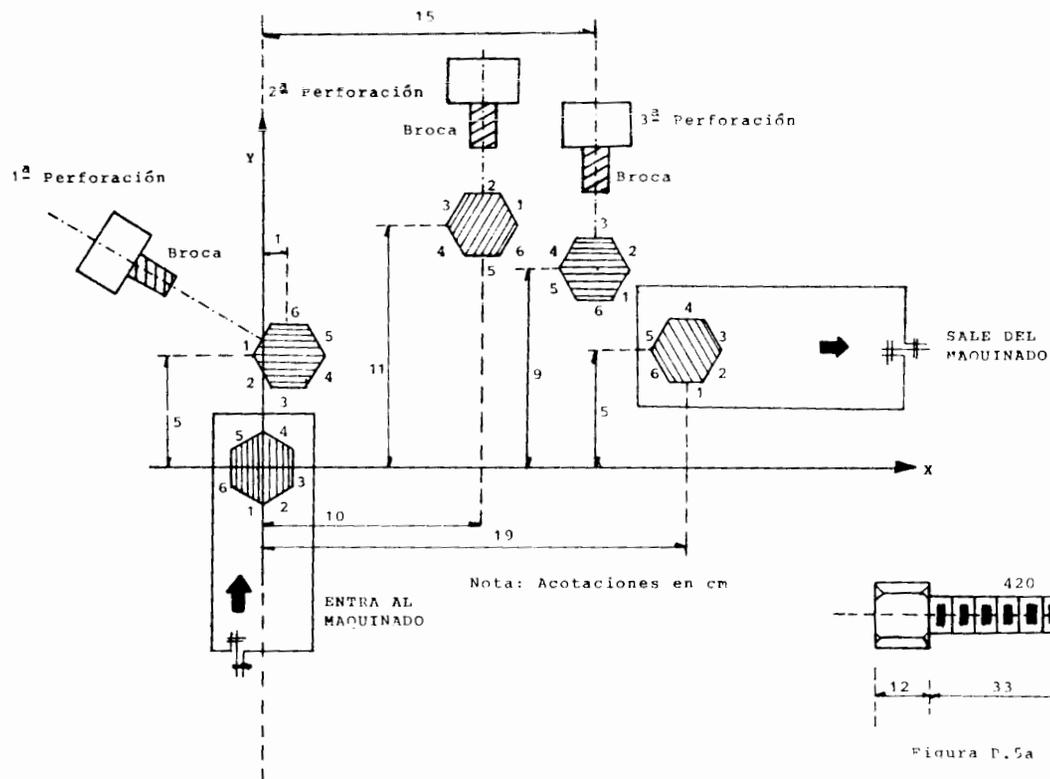


Figura P.5b

PROYECTO 6. Se propone el siguiente método para controlar la calidad del maquinado de un lote de producción de engranes cilíndricos de dientes rectos de involuta: Un cilindro metálico circular recto de radio a se hace pasar por entre los dientes del engrane. De esta suerte, si el cilindro "toca" los flancos de dientes adyacentes simultáneamente con la raíz del diente, dentro de cierta tolerancia prescrita, el engrane se acepta; de otra forma, se rechaza. Para un módulo m y un diámetro de paso dados y un ángulo de presión de 20° , escriba un programa de computadora que le dé el radio nominal a . ¿Hay alguna diferencia en el programa si el radio del círculo base es mayor o menor que el radio del círculo de dedendo?

Compruebe la eficiencia de su programa para los siguientes casos:

- i) $m=2$, $d_p=24\text{mm}$
- ii) $m=10$, $d_p=200\text{mm}$
- iii) $m=12$, $d_p=180\text{mm}$

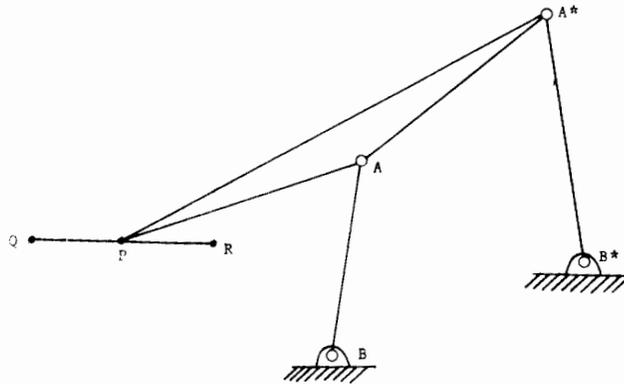
PROYECTO 7. En la Fig P.7 se muestra una grúa usada en astilleros y muelles. Determine usted la localización de las articulaciones A, B, A^* y B^* , de manera que el punto P del eslabón acoplador describa una trayectoria horizontal entre Q y R , donde la distancia QR es de 20 m. En este tipo de grúas es muy importante que la trayectoria descrita por la carga sea horizontal, con el objeto de evitar cambios en su energía potencial, que producen una disminución en la eficiencia del sistema (2a Ley de la Termodinámica).

En vista de que se tiene libertad en la formulación del problema, se sugiere que se obtengan diferentes síntesis para diferentes conjuntos de puntos especificados sobre el segmento QR , y de ahí se seleccione el "mejor" mecanismo, definiendo muy claramente el criterio de selección.

PROYECTO 8. Síntesis del mecanismo accionador del implemento de un tractor agrícola. En la Fig P.8 el mecanismo ABA^*B^* acciona el implemento de un tractor agrícola de la siguiente forma: El punto P del eslabón acoplador es el eje de una polea que transmite potencia al implemento. Esta polea recibe a su vez potencia del tractor sobre el que se monta el implemento. La toma de potencia está en el punto O , donde se centra una polea, que transmite potencia a la polea en P mediante una banda. En operación, el punto P se encuentra sobre el arco QR , mientras que fuera de servicio, el punto P debe quedar sobre el arco RS , para evitar que el implemento sea arrastrado sobre el suelo. En todo caso, la polea no debe

perder su tensión, en primer lugar, para que se tenga una transmisión eficiente de potencia y, en segundo, para que la banda no se salga de las poleas. En estas condiciones, P debe describir un arco de círculo QS de 55° con centro en O y radio de 120 cm. El mecanismo debe estar articulado al marco del tractor en los puntos B y B* mostrados.

Determine el mecanismo que cumpla con las especificaciones anteriores de la mejor manera posible. Para esto, especifique sobre el arco QS diferentes conjuntos de puntos y así obtenga sendos mecanismos, que le permitan hacer la selección más adecuada, indicando el criterio de selección empleado.



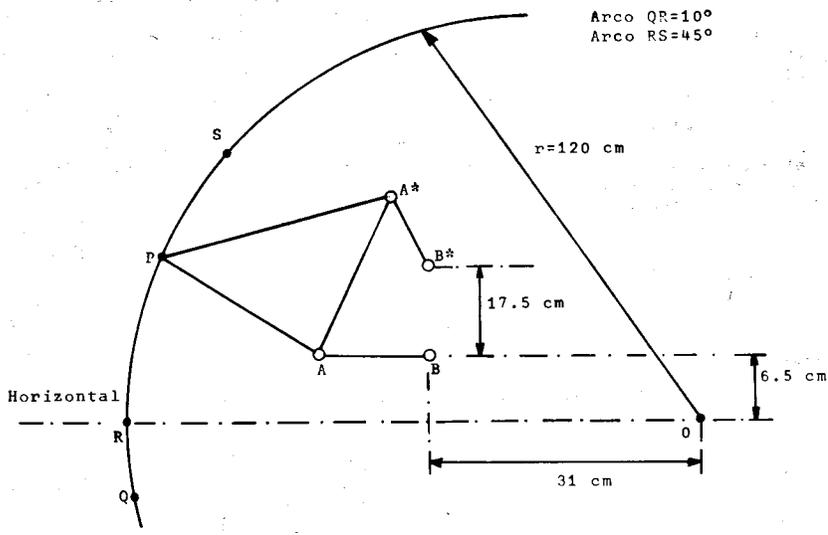


Fig P.8