# 1. DESCRIPCIÓN DE LOS MECANISMOS

## 1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MECANISMOS PLANOS

### 1.3.1. PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA FORMACIÓN DE MECANISMOS

El principio fundamental de formación de los mecanismos fue propuesto por L.V. Assur en 1914. Este científico propuso y desarrolló el método de formación de mecanismos como una sucesiva superposición de cadenas cinemáticas, las cuales poseen determinadas propiedades estructurales.

A este método se le puede hacer fácilmente un seguimiento analizando un mecanismo concreto, por ejemplo el mecanismo mostrado en la figura 3.1 Este mecanismo posee cinco eslabones móviles, los cuales forman siete pares cinemáticos de V clase. Su número de grados de libertad es igual

$$W = 3n - 2p_V - p_{IV} = 3.5 - 2.7 = 1, \qquad (3.1)$$

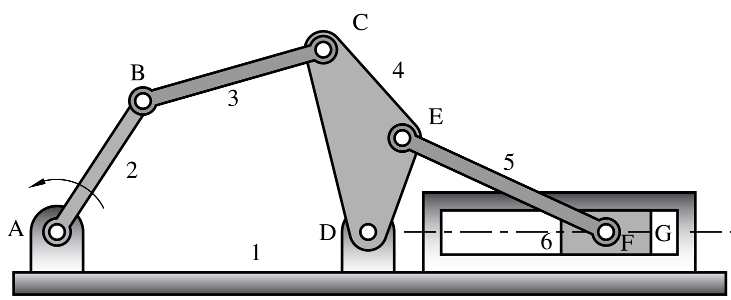



Fig. 3.1

El proceso de formación de este mecanismo se puede concebir como la unión sucesiva al eslabón primario 2 y al bastidor, de la cadena cinemática formada por los eslabones 3 y 4. En este caso se tendría el mecanismo de cuatro barras *ABCD*, el cual posee un grado de libertad. A continuación, al eslabón 4 del mecanismo *ABCD* unimos la cadena cinemática formada por el eslabón 5 y el deslizador 6. De esta manera obtenemos el mecanismo de seis barras el cual posee un grado de libertad.

No es difícil establecer determinada ley de formación del mecanismo. Como puede verse cualquier mecanismo posee un eslabón inmóvil (bastidor) (eslabón 1 en la Fig. 3.1). Luego el mecanismo debe poseer un número de eslabones primarios igual al número de grados de libertad (eslabón 2 en la Fig. 3.1, ya que $W = 1$).

Ya que después de agregar los eslabones 3, 4, 5 y 6 el número de grados de libertad del mecanismo terminó siendo $W = 1$, entonces la cadena cinemática, conformada por los eslabones 3, 4, 5 y 6, agregada al eslabón primario y por ende al bastidor, posee un número de grados de libertad igual a cero con respecto a los eslabones a los cuales ella se ha unido.

Denominaremos *grupo estructural* o *grupo de Assur* a aquella cadena cinemática con un número de grados de libertad igual a cero con respecto a los eslabones con los cuales sus elementos libres “entran” en pares cinemáticos y que no se puede dividir en cadenas cinemáticas más sencillas con número de grados de libertad igual a cero.

Si nos referimos de nuevo al mecanismo de la figura 3.1, podemos ver que el conjunto de eslabones 3, 4, 5 y 6; aunque tenga un grado de movilidad nulo, no es un grupo estructural, ya que se puede dividir en dos cadenas cinemáticas, cada una de las cuales posee un número de grados de libertad igual a cero : La cadena cinemática *BCD* consta de los eslabones 3 y 4, los cuales “entran” en los tres pares giratorios *B, C* y *D*, por lo tanto, su grado de libertad $W_{gr}$ será igual

$$W_{gr} = 3n - 2p_V = 3.2 - 2.3 = 0.$$

La cadena cinemática *EG* consta de los dos eslabones 4 y 5, los cuales “entran” en dos pares giratorios *E* y *F* y en un par de desplazamiento (deslizador 6 y bastidor). El grado de libertad de esta cadena es:

$$W_{gr} = 3n - 2p_V = 3.2 - 2.3 = 0.$$

En conclusión, el mecanismo 3.1 se forma por la unión al eslabón primario 2 (y por ende al bastidor 1) de dos grupos : el primer grupo se compone de los eslabones 3 y 4, y el segundo grupo por los eslabones 5 y 6.

Cuando se unen en serie grupos hay que tener en cuenta ciertas reglas. Cuando se forma un mecanismo con un (1) grado de libertad el primer grupo se une con sus elementos libres al eslabón primario y al bastidor. Los grupos siguientes se pueden unir a cualesquiera eslabones del mecanismo resultante, pero sólo de manera que los eslabones del grupo posean movilidad unos con respecto a otros. Analicemos esto por medio de un ejemplo. Supongamos que tenemos el mecanismo de cuatro barras *ABCD* que se muestra en la Fig. 3.2, el cual está formado por el eslabón primario 2, el bastidor 1 y un grupo, formado por los eslabones 3 y 4.

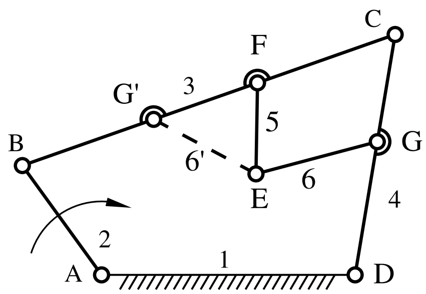



Fig. 3.2

El siguiente grupo, formado por los eslabones 5 y 6 puede ser unido a dos eslabones distintos del mecanismo, por ejemplo a los eslabones 3 y 4; pero no a un mismo eslabón. Ya que, por ejemplo, si unimos los eslabones 5 y 6 al eslabón 3, entonces el contorno *FEG'*, compuesto por los eslabones 3, 5 y 6 formará una estructura.

Se puede ver con facilidad, que para que los eslabones de los grupos tengan movilidad después de su adherencia, es necesario que el contorno cerrado formado por los eslabones del grupo y los eslabones a los cuales éste se unió sea un contorno móvil. Así, en la figura 3.2 el contorno *GCFE* poseerá movilidad. Como puede observarse, para que un contorno de este tipo tenga movilidad, es necesario que los eslabones del contorno "entren" en por lo menos cuatro pares cinemáticos (pares *F, E, G* y *C* de la Fig. 3.2).

### 1.3.2. CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS MECANIMOS PLANOS

El tipo de mecanismos más usado en la industria es el de los mecanismos planos cuyos eslabones conforman pares cinemáticos de IV y V clases. Por esto nos detendremos a analizar los principios de clasificación estructural de éstos.

Como ya se dijo el principio de formación de los mecanismos consiste en la unión consecutiva de grupos a un eslabón primario unido al bastidor. El grado de libertad de los grupos $W_{gr}$ es

$$W_{gr} = 0. \tag{3.2}$$

Para los mecanismos planos con pares de IV y V clase esta condición tiene la siguiente forma

$$3n - 2p_V - p_{IV} = 0, \tag{3.3}$$

Al eslabón primario junto con el bastidor, los cuales "entran" en un par de V clase; los denominaremos convencionalmente *mecanismo de primera clase* (Fig. 3.3)

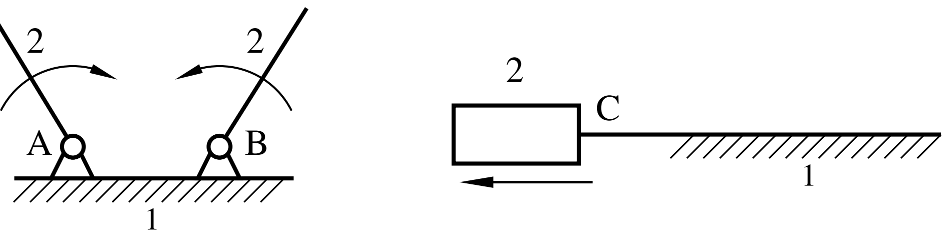



Fig. 3.3

La formación de cualquier mecanismo plano puede ser figurada como la unión en serie de grupos que satisfacen la condición (3.3). Por ejemplo el primer grupo se une a un mecanismo de primera clase (eslabón primario y bastidor), el siguiente grupo se une o a los eslabones del primer grupo o parcialmente a los eslabones del primer grupo y al eslabón primario o al bastidor, etc.

En la figura 3.4 se muestra el esquema de un mecanismo formado por la adherencia a un mecanismo de primera clase (eslabón primario 2 y bastidor 1) de los siguientes grupos: primera cadena cinemática conformada por los eslabones 3, 4, 5 y 6, segunda cadena cinemática conformada por los eslabones 7 y 8; y finalmente la tercera cadena cinemática conformada por los eslabones 9 y 10.

Es fácil comprobar que todas estas cadena cinemáticas satisfacen al condición (3.2), es decir no se pueden dividir en grupos más sencillos con $W_{gr} = 0$ y por consiguiente son grupos.

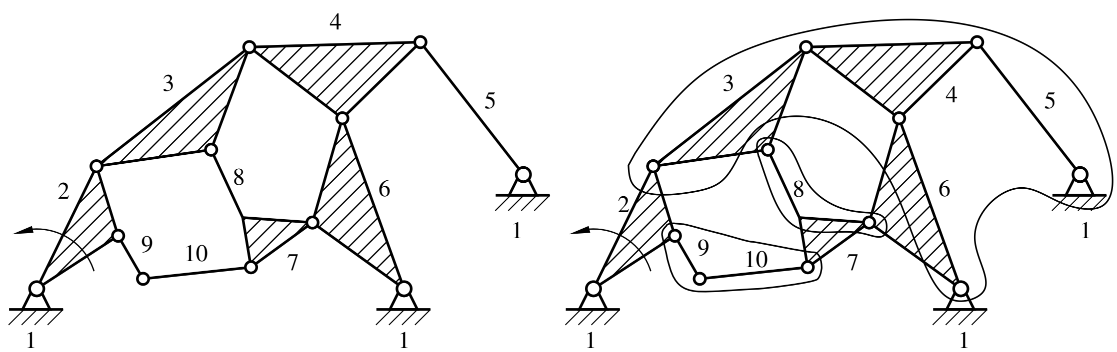


Fig. 3.4

Los mecanismos pueden ser formados también mediante la adherencia de los grupos a varios mecanismos de I clase al mismo tiempo. En este caso el grado de libertad de los mecanismos formados será igual al número de mecanismos de primera clase presentes en el mecanismo.

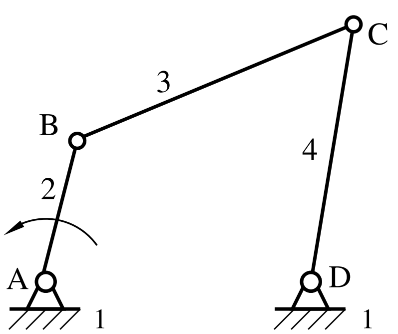



Fig. 3.5

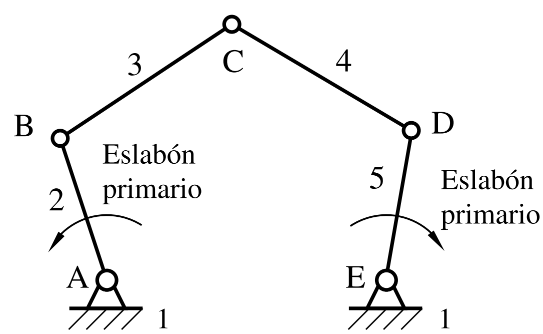



Fig. 3.6

Por ejemplo en la figura 3.5 se muestra un mecanismo formado por la unión del grupo conformado por los eslabones 3 y 4 a un mecanismo de I clase; en la figura 3.6 se muestra un mecanismo formado por la unión de un grupo igual a dos mecanismos de I clase.

Como se mostró anteriormente todos los pares superiores de IV y V clases pertenecientes a mecanismos planos pueden ser sustituidos por cadenas cinemáticas formadas sólo por pares de V clase. Los eslabones que resultan de estas sustituciones realizan, en las posiciones dadas, movimientos instantáneos del mismo carácter que los eslabones de los mecanismos originales. De esta manera cuando hablamos sobre la clasificación de los mecanismos podemos limitarnos a los mecanismos en los cuales todos los pares superiores han sido sustituidos por las correspondientes cadenas conformadas sólo con pares de V clase.

De la relación (3.3) se deduce que la condición que deben satisfacer los grupos conformados sólo por pares de V clase puede ser escrita así: $3n - 2p_V = 0$, de donde

$$p_V = \frac{3}{2}n, \tag{3.4}$$

como el número de pares y eslabones pueden ser únicamente números enteros, entonces la condición (3.4) puede ser satisfecha sólo por las siguientes combinaciones de números de eslabones y de pares cinemáticos

| No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | • |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $n$ | 2 | 4 | 6 | 8 | • | • |
| $p_v$ | 3 | 6 | 9 | 12 | • | • |

Escogiendo las distintas combinaciones de estos números podemos conformar grupos de distinto tipo. A todos los grupos que resulten de esta manera es posible clasificarlos (dividir en clases). Este representa grandes ventajas, ya que los métodos de análisis cinemático y de fuerzas son particulares para cada clase.

La combinación más sencilla de eslabones y pares es $n$ = 2 y $p_v$ = 3. Este grupo en su forma más elemental tiene la forma que se muestra en la figura 3.7. En el dibujo se muestra el grupo *BCD*, el cual se compone de dos eslabones y tres pares giratorios. Este grupo puede ser adherido por los elementos *B* y *D* a otros dos eslabones cualesquiera *k* y *m* del mecanismo base. Ya que una de las condiciones de adherencia de los grupos es que los elementos *B* y *D* de los pares del grupo no se adhieran al mismo eslabón, por consiguiente este grupo puede ser adherido a un mecanismo de I clase (Fig. 3.5), con el elemento B al eslabón primario 2 y con el elemento D al bastidor 1. El mecanismo resultante ($W$ = 1) se puede ver en la Fig. 3.5. Este grupo también se puede adherir a dos mecanismos de I clase (Fig. 3.6) en este caso $W$ = 2.

El grupo que tiene dos eslabones y tres pares de V clase se llama *grupo de segunda clase, diada o grupo con dos miembros de arrastre*.

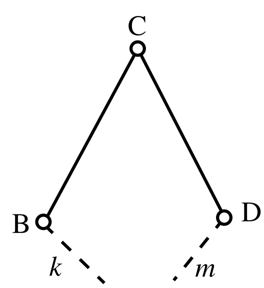



Fig. 3.7. grupo RRR

El grupo que se muestra en la figura 3.7 posee dos eslabones y tres juntas giratorias. A esta combinación de eslabones y pares se le denomina *grupo de II clase del primer tipo* (RRR).

El resto de tipos o formas constructivas del grupo de II clase pueden ser obtenidos sustituyendo los pares giratorios por pares de deslizamiento.

El *segundo tipo* es aquel en el cual ha sido sustituido una de las juntas giratorias de los extremos por una junta de deslizamiento o corredera (RRP). (Fig. 3.8)
El *tercer tipo* se muestra en la Fig. 3.9. Aquí se ha sustituido el par giratorio del medio por la corredera (RPR).
El *cuarto tipo* se ve en la Fig. 3.10. Se han sustituido los dos pares giratorios de los extremos por correderas (PRP).
El *quinto tipo* se representa en la Fig. 3.11. Aquí se han sustituido por correderas un junta giratoria extrema y la junta central (PPR).

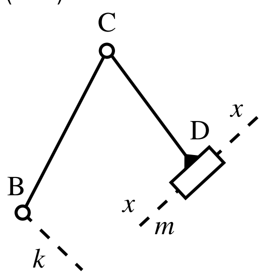


Fig. 3.8 RRP

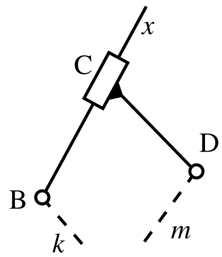


Fig. 3.9 RPR

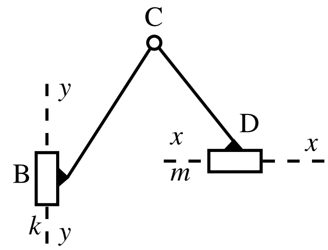


Fig. 3.10 PRP

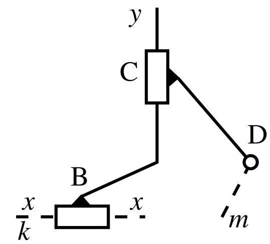
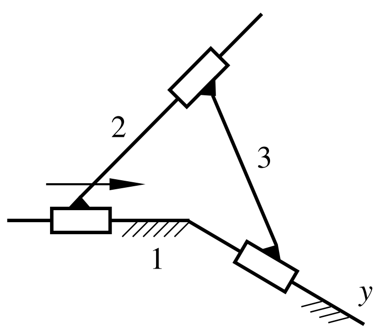


Fig. 3.11 PPR

Parecería que siguiendo de está manera, podríamos sustituir los tres pares giratorios por correderas, pero es fácil darse cuenta que en este caso al unir este grupo al bastidor el grupo posee un grado de libertad, es decir se convierte en un mecanismo plano compuesto sólo de correderas como se puede ver en la figura (*¿Se puede decir que el mecanismo cambia de espacio? – ver nota al pie*).




Mecanismo compuesto sólo de pares de deslizamiento (correderas)
$W$ = 1.[1]

***La mayoría de los mecanismos usados en la técnica contemporánea están conformados de grupos de II clase.***

Estudiemos ahora la segunda combinación posible del número de eslabones y pares que satisfacen la igualdad (3.4): la siguiente, según el número de eslabones debe contener *cuatro* eslabones y *seis* pares de V clase. Para esta combinación es posible formar tres tipos de cadenas cinemáticas. La primera se muestra en la Fig. 3.12, se compone del eslabón *EGF* del cual "salen" tres miembros de arrastre: *EB*, *GC* y *FD*. Esta es una cadena cinemática compleja abierta, la cual se denomina *grupo de III clase*. La unión de este grupo al mecanismo base se logra por medio de los tres miembros de arrastre *EB, GC* y *FD*, los cuales "entran" a formar pares giratorios con los eslabones *k, m, l* pertenecientes, en el caso más general, al mecanismo base.

La característica que distingue a este grupo es el eslabón *EFG*, el cual "entra" en tres pares cinemáticos y que forma cierto triángulo rígido (eslabón terciario), el cual está como compuesto por los tres eslabones *EG, GF* y *FE*.

El grupo de III clase mostrado se compone exclusivamente de pares de V clase (RR-RR-RR). ¿Qué posibles tipos de grupos de III clase podrían formarse?

---

1 Los eslabones de los mecanismos planos compuestos sólo de pares de deslizamiento no poseen posibilidad de giro alrededor del eje perpendicular al plano de su movimiento, es decir poseen sólo dos grados de libertad ya que se han impuesto 4 restricciones globales al movimiento de los eslabones. La fórmula estructural de estos mecanismos (mecanismos de cuñas) es :

$$W = 2n - p_V.$$

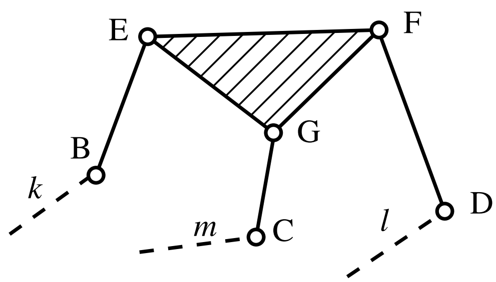



Fig. 3.12

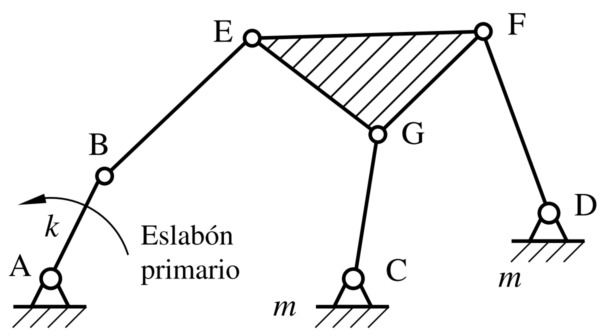



Fig. 3.13

La segunda posible cadena cinemática compuesta de cuatro eslabones y seis pares inferiores de muestra en la figura 3.14 . Esta cadena cinemática cerrada se une a los eslabones *k* y *m* del mecanismo base no por medio de miembros de arrastre, sino con los elementos libres *G* y *B* que pertenecen a los "triángulos rígidos" *EGF* y *CDB*. Se diferencia del grupo anteriormente estudiado en que además de poseer dos "triángulos rígidos" *BDC* y *EGF*, posee un *contorno cerrado y móvil de cuatro lados CEFD*.

Los grupos que poseen contornos cerrados de cuatro lados se denominan *grupos de IV clase*.

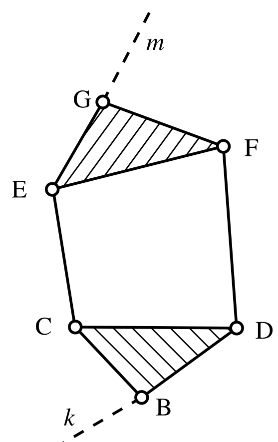



Fig. 3.14

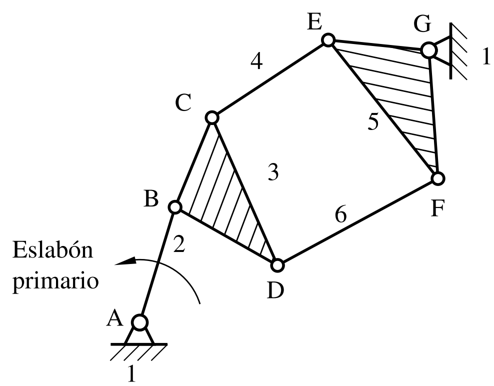



Fig. 3.15

El tercer tipo de cadena cinemática posible compuesta de cuatro eslabones y seis pares cinemáticos se muestra en al figura 3.16. Esta cadena cinemática se fracciona en dos grupos sencillos de II clase: *BCD* y *EFG* y no nos aporta nuevo.

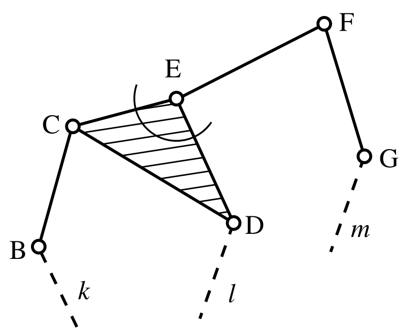
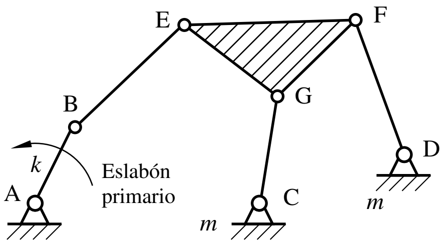


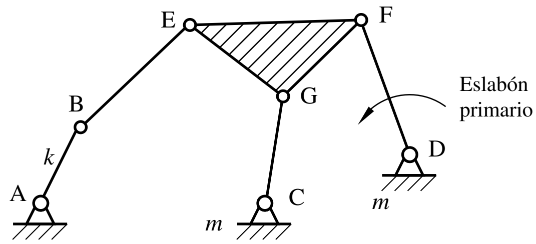

Fig. 3.16

Si en la formación de un mecanismo toman parte grupos de distinta clase, entonces la clase del mecanismo estará determinada por el grupo que posee la clase más alta. Por ejemplo, si el mecanismo está conformado de la siguiente manera: mecanismo primario $\rightarrow$ grupo de III clase $\rightarrow$ grupo de IV clase, el mecanismo debe ser clasificado como mecanismo de IV clase.

Para la determinación de la clase de un mecanismo es indispensable señalar cuál de los eslabones es el eslabón primario, ya que *dependiendo de la elección de los eslabones primarios puede variar la clase del mecanismo*. Por ejemplo, si en el mecanismo de la figura 3.13, escogemos como eslabón primario no el eslabón *AB*, sino el *DF*, todo el mecanismo será mecanismo de II clase formado por dos grupos de II clase (grupos *FGC* y grupo *EBA*).




Mecanismo de III clase




Mecanismo de II clase

Si un mecanismo está compuesto no sólo de pares inferiores, sino también de superiores, entonces es necesario reemplazar éstos últimos por pares inferiores usando los métodos de reemplazo antes descritos. Nosotros siempre podemos reemplazar, para una posición dada, los pares superiores por cadenas cinemáticas compuestas sólo de pares inferiores. Después de esto la clase del mecanismo puede ser determinada.

Para dividir un mecanismo en grupos se recomienda seguir el siguiente orden. Supongamos que se tiene un mecanismo compuesto de bastidor, mecanismo(s) primario(s) y varios grupos de varias clases. Se debe empezar con el intento de separar del mecanismo los grupos de II clase. Cuando se hace esto es necesario, cada vez que se separa un grupo, verificar que la cadena cinemática resultante posee el mismo número de grados de libertad que el mecanismo inicial, y que no queden elementos de pares cinemáticos que no "entren" en algún par cinemático. Si el intento de separar grupos de II clase no tiene éxito, es necesario pasar a probar con grupos de III clase; y así sucesivamente.
Después de la separación de todos los grupos debemos quedarnos sólo con el bastidor y con el eslabón primario ( o eslabones primarios).

**Ejemplo 1**. En la figura 3.17 se muestra el mecanismo de un motor. Se pide determinar la clase del mecanismo y el orden de formación del mismo

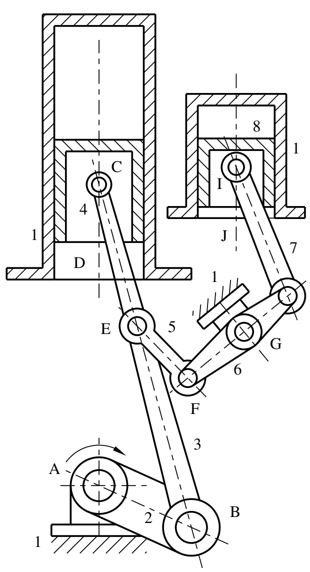



Fig. 3.17

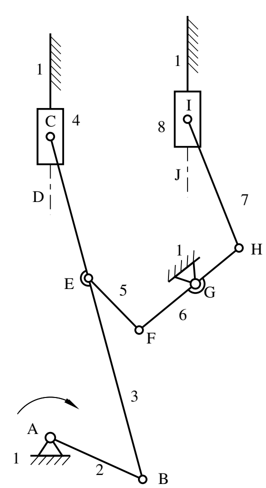



Fig. 3.18

La manivela 2 forma un par giratorio de V clase con el bastidor 1 (Apoyo giratorio). Más adelante la biela 3 forma un par giratorio de V clase con la manivela 2 y un par giratorio de V clase con el pistón 4. El pistón 4 forma un par de deslizamiento de V clase con el cilindro, el cual está rígidamente unido con el bastidor 1 (apoyo deslizante). La biela 3 y el eslabón 5 forman un par giratorio de V clase. El cual a su tiempo, “entra” en un par giratorio con el eslabón 6 (balancín). El balancín 6 de otro lado, forma un par de V clase con la biela 7 del compresor. La biela 7 “entra” en un par giratorio de V clase con el pistón 8 del compresor, el cual al mismo tiempo forma un par de deslizamiento de V clase con el cilindro unido rígidamente con el bastidor 1. Por lo tanto, el mecanismo consta de ocho pares giratorios de V clase, dos pares de deslizamiento V clase y siete eslabones móviles.

De manera que tenemos $n = 7$ y $p_V = 10$. El número de grados de libertad es:

$$W = 3n - 2p_V - p_{IV} = 3.7 - 2.10 = 1,$$

es decir, el mecanismo posee un grado de libertad y, en correspondencia, un eslabón primario. Para determinar la clase del mecanismo trazamos el esquema cinemático del mecanismo Fig. 3.18.

Si tomamos como eslabón primario el eslabón 2 (manivela *AB* del motor), el mecanismo debe ser clasificado como mecanismo de segunda clase, ya que está formado por tres grupos de II clase: **1)** Grupo formado por los eslabones 3 y 4 (pares giratorios 2,3 y 3,4 y un par de deslizamiento 4,1), este es un grupo de II clase de segundo tipo. **2)** Grupo formado por los eslabones 5 y 6 (pares giratorios 3,5 ; 5,6 y 6,1), este es un grupo de II clase del primer tipo. **3)** Grupo formado por los eslabones 7 y 8 (pares giratorios 6,7 ; 7,8 y un par de deslizamiento 8,1), este es un grupo de II clase de segundo tipo.

Ahora, si tomamos como eslabón primario el número 8 (pistón del compresor), el mecanismo debe ser catalogado como de III clase, ya que en este caso los eslabones restantes y los pares en los cuales participan, forman dos grupos : **1)** Grupo formado por los eslabones 2, 3, 4 y 5 (cinco pares giratorios 2,1 ; 2,3 ; 3,4 ; 3,5 ; 5,6 y un par de deslizamiento 4,1), este es un grupo de III clase con 3 miembros de arrastre. **2)** Grupo formado por los eslabones 6 y 7 (tres pares giratorios 6,1 ; 6,7 ; y 7,8.

Por último, si tomamos como eslabón primario el 4 (pistón del motor), el mecanismo pertenecerá a los de II clase, ya que como en el primer caso encontraremos tres grupos de II clase.

**Ejemplo 2.** En la Fig. 3.19 *a* se muestra el esquema cinemático del mecanismo de leva de un motor. La leva 2, cuando gira alrededor del eje *A* ejerce acción sobre el rodillo 3, perteneciente al balancín 4. El balancín 4 por medio del rodillo 5 acciona la válvula 6, la cual se mueve a lo largo de la directriz *F*.

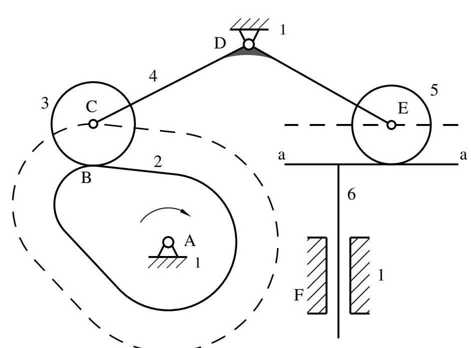



Fig. 3.19 *a*

Este mecanismo está compuesto de cinco eslabones móviles, cuatro pares giratorios de V clase, un par deslizante de V clase y dos pares de IV clase. Como puede notarse los eslabones de este mecanismo poseen movimientos completamente determinados, pero aplicando la fórmula estructural para los mecanismos planos (Fórmula Chebyshev-Kutzbach), obtenemos :

$$W = 3n - 2p_V - p_{IV} = 3.5 - 2.5 - 2 = 3,$$

Es decir, el mecanismo posee grados de libertad redundantes. Éstos corresponden a la posibilidad de giro de los rodillos 2 y 5 alrededor de los ejes *C* y *E*. De otro lado, después de “eliminar” esta posibilidad de giro, por ejemplo uniendo rígidamente los rodillos 3 y 5 con el balancín notamos que el carácter general del movimiento del mecanismo no ha cambiado. Es por esto que estos dos eslabones (rodillos 3 y 5) pueden ser eliminados como eslabones, las medidas de los cuales no ejercen ninguna influencia en la cinemática del mecanismo.

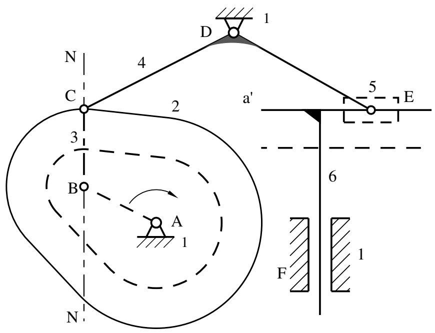



Fig. 3.19 *b*

El esquema cinemático del mecanismo luego de "eliminar" los rodillos se muestra en la Fig. 3.19 *b*. Para hacer que la leva 2 "entre" en el par cinemático de IV clase 2,4 con el balancín 4 (punto *C*), la curva de la leva 1 se sustituye por el lugar geométrico de la posiciones relativas del centro del rodillo 3. Para hacer que el balancín 4 "entre" en el par cinemático de IV clase 4,6 con la válvula 6 (punto *E*), el plano *a - a* de la válvula 6 se levanta una distancia igual al radio del rodillo 5 (es decir, ocupa la posición *a´ - a´* ).

Luego de eliminar los rodillos el número de eslabones móviles es de tres ($n = 3$), el número de pares de V clase igual a tres ( $pV = 3$) , y el número de pares de cuarta clase igual a dos ( $pIV = 2$). Ya no existen los grados de libertad redundantes y la fórmula estructural par el mecanismo toma la siguiente forma

$$W = 3n - 2p_V - p_{IV} = 3.3 - 2.3 - 2 = 1.$$

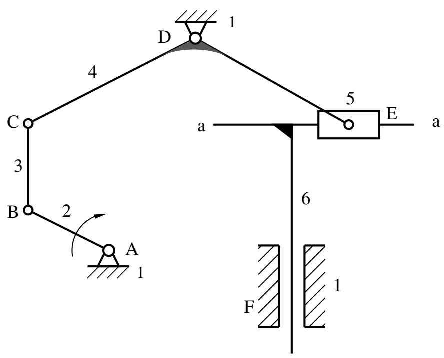



Fig. 3.19 *c*

Para determinar la clase del mecanismo se hace necesario reemplazar los pares superiores de IV clase por cadenas cinemáticas que posean sólo pares inferiores de V clase. Para sustituir el par 2,4 de IV clase (Fig. 3.19 *b*) a través del punto *C* de contacto de los eslabones 2 y 4 trazamos la normal *N - N* al perfil de la leva 2 y unimos el punto *B* (centro del curvatura del perfil en el punto *C*), con el punto *A*. El segmento *BC* representa el eslabón efectivo 3, el cual "entra" en dos pares giratorios de V clase 4,3 y 2,3.

Para sustituir el par de IV clase 4,6 "instalamos" un eslabón convencional 5 (deslizador), el cual "entra" en el par giratorio de V clase 4,5 y en el par de deslizamiento 5,6 ; también de V clase. Después realizar los reemplazos de los pares superiores podemos trazar el esquema cinemático del mecanismo equivalente (efectivo) (Fig. 3.19 *c*).

Para conocer el grado de movilidad del mecanismo equivalente tenemos $n = 5$, $p_V = 7$

$$W = 3n - 2p_V = 3.5 - 2.7 = 1,$$

De manera que el mecanismo posee un grado de libertad y debe poseer un eslabón primario

Si tomamos como primario el eslabón 2, la cadena cinemática formada por los eslabones móviles 3, 4, 5 y 6 se parte en dos grupos de II clase : **1)** El grupo de los eslabones 3 y 4 ( pares giratorios 2,3 ; 3,4 y 4,1). **2)** Grupo de los eslabones 5 y 6 (un par giratorio 4,5 y dos pares de deslizamiento 5,6 y 6,1). El primero de estos grupos es del primer tipo y el segundo es del quinto tipo.

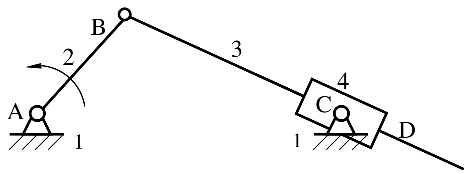
Si se toma como primario el eslabón 6, la cadena cinemática formada por los eslabones 5, 4, 3 y 2 se parte en dos grupos de II clase. El grupo formado por los eslabones 3 y 2 es del primer tipo y el grupo de los eslabones 4 y 5 es del segundo tipo.

Para cuando se toma el eslabón 4 como primario, de nuevo encontramos dos grupos de II clase : el primero del primer tipo (eslabones 2 y 3) y el segundo del quinto tipo (eslabones 5 y 6).

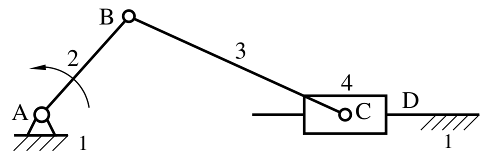
Es decir, para este mecanismo, cualquiera que sea el eslabón primario, el mecanismo debe clasificarse como de II clase.

### 1.3.3 EJERCICIOS

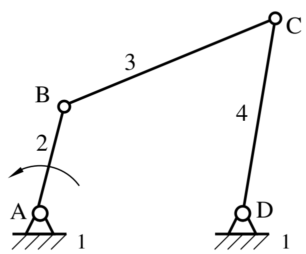
Determinar la clase de los mecanismos mostrados. Si existen pares de IV clase reemplazar por la correspondiente cadena cinemática con pares de V clase. Dividir el mecanismo en grupos de Assur. El eslabón primario se muestra por medio de una flecha.



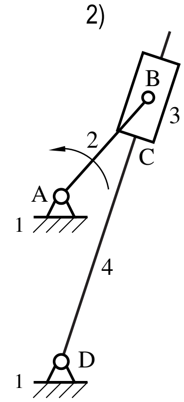
1)



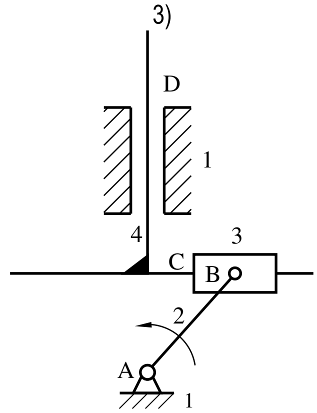
2)



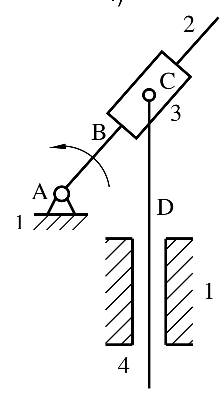
3)



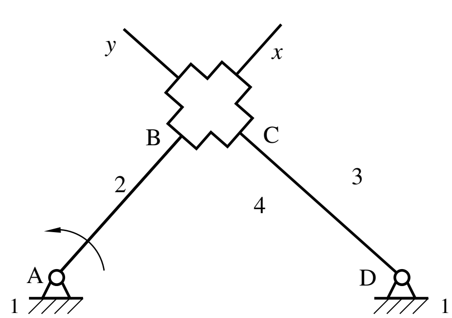
4)



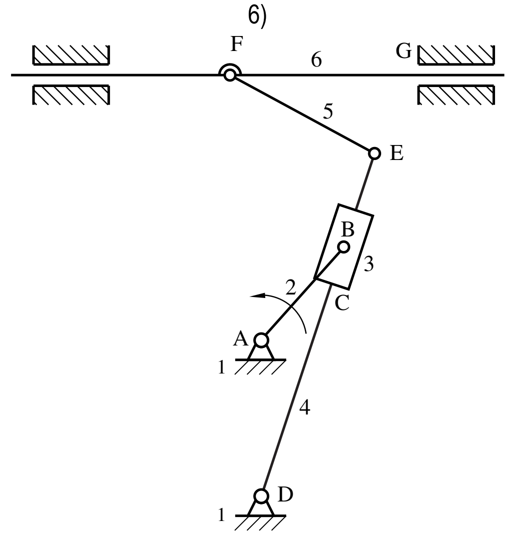
5)



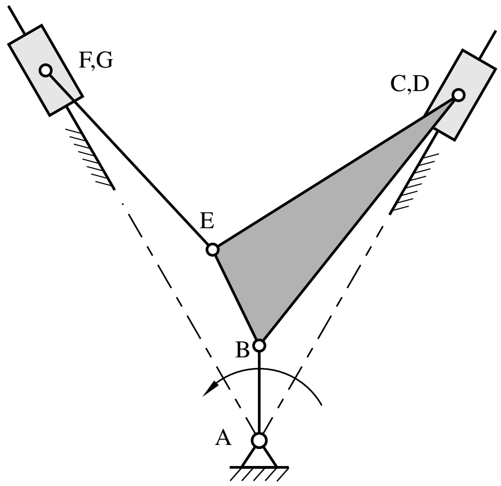
6)



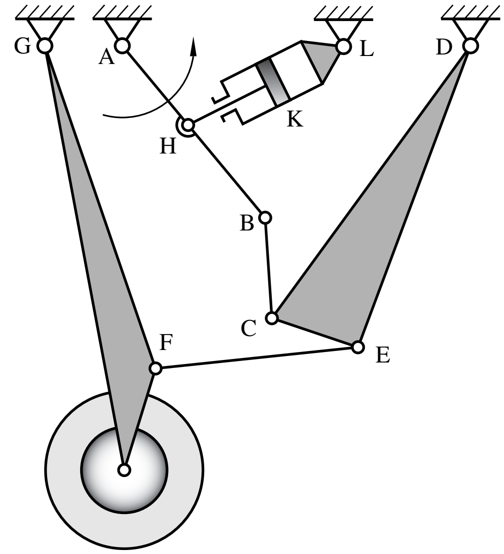
7)



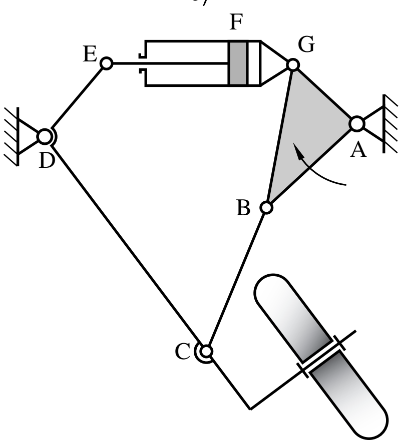
8)



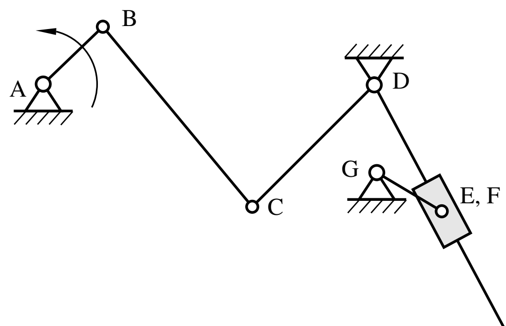

9)



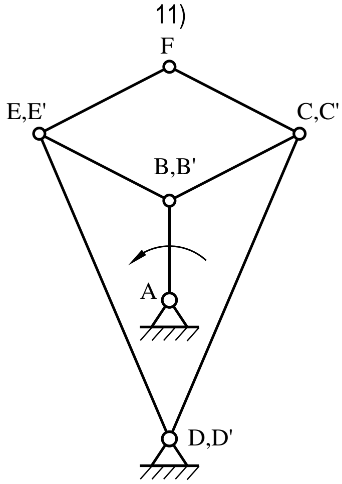

10)



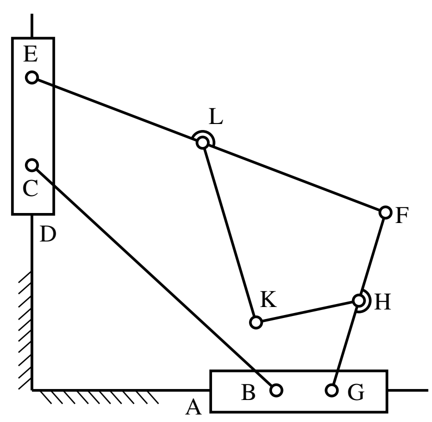

11)



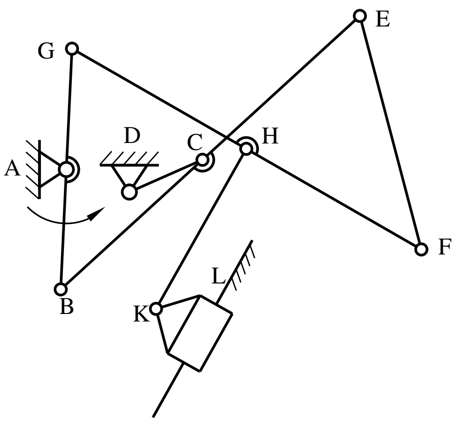

12)



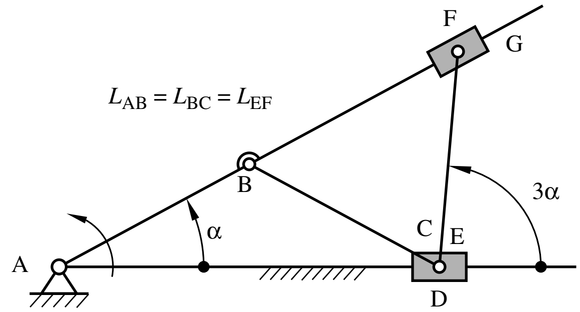

13)



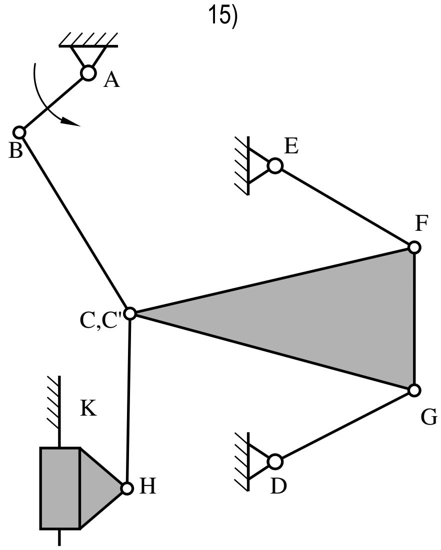

14)



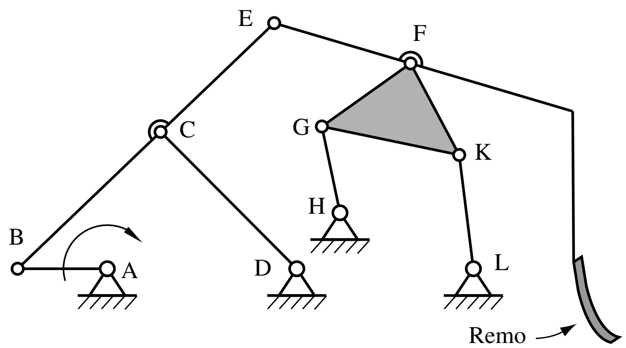

15)



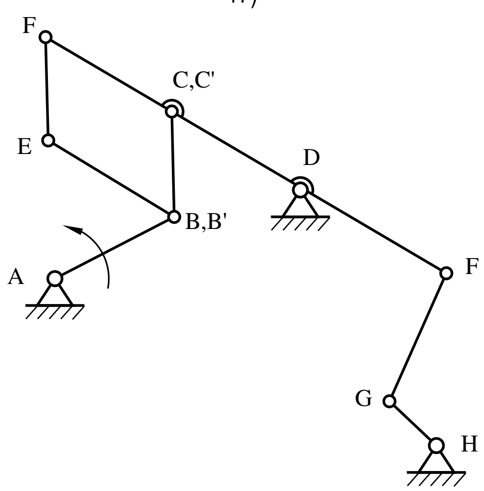

16)



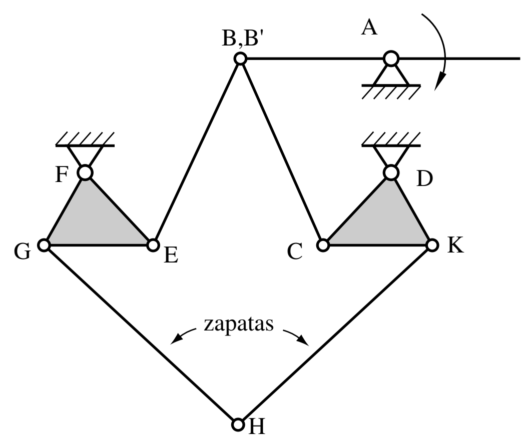

17)



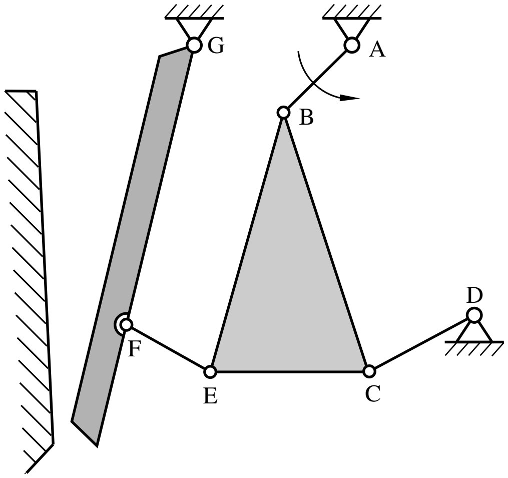

18)



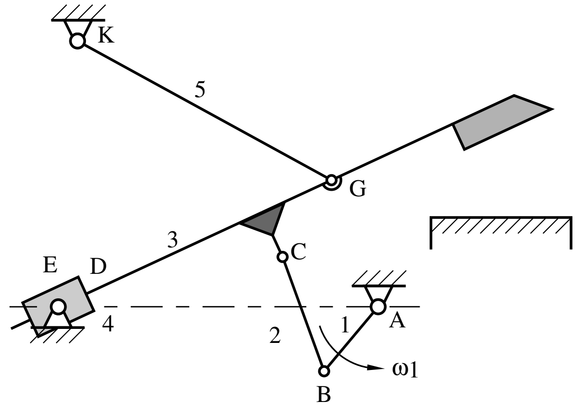

19)



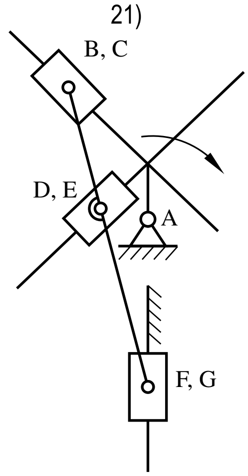

20)



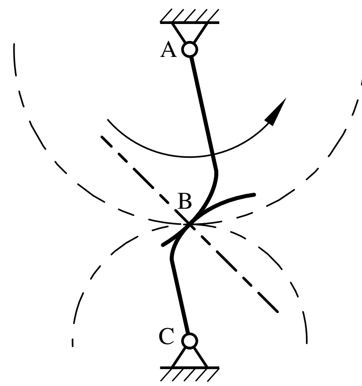

21)



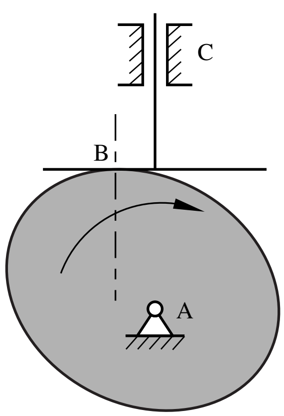

22)



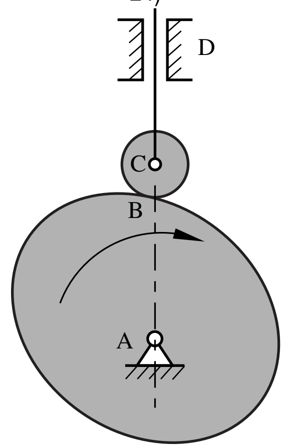

23)



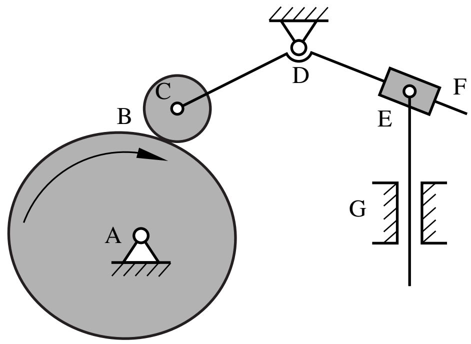

24)



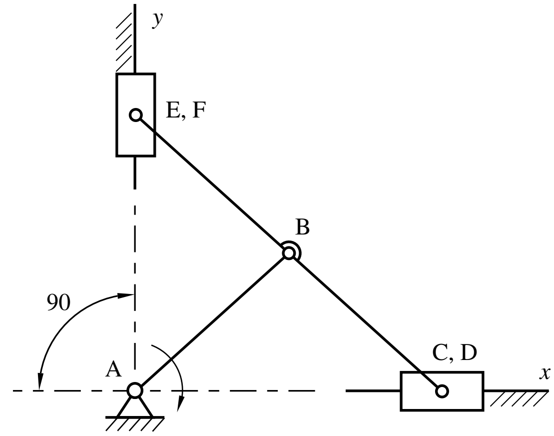

25)



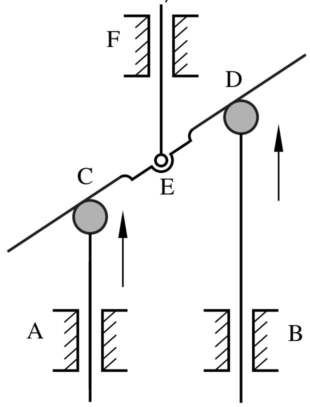

26)



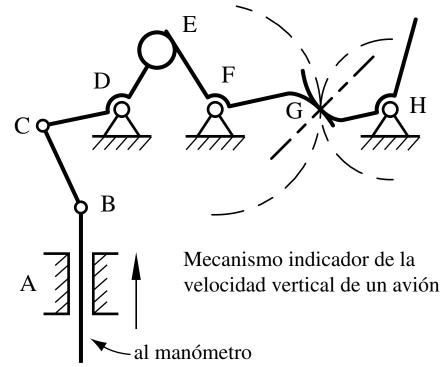

27)



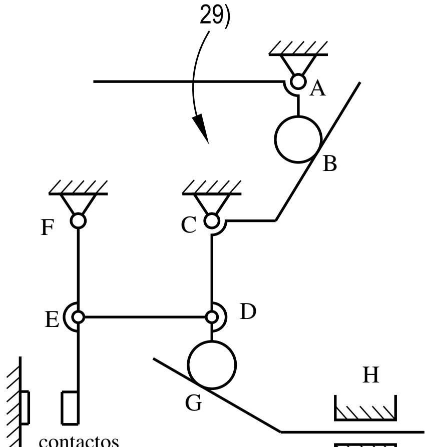

28)




29)

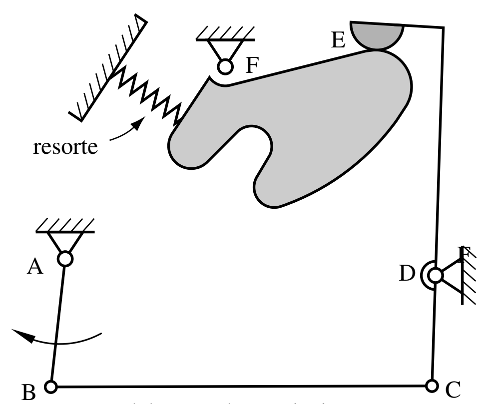



30)



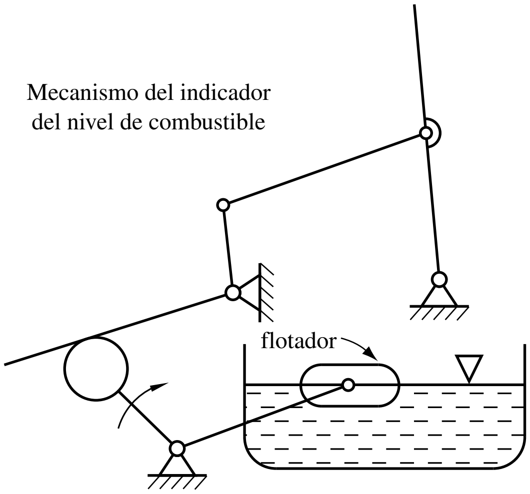

Mecanismos de desconección
de emergencia de las baterias

31)

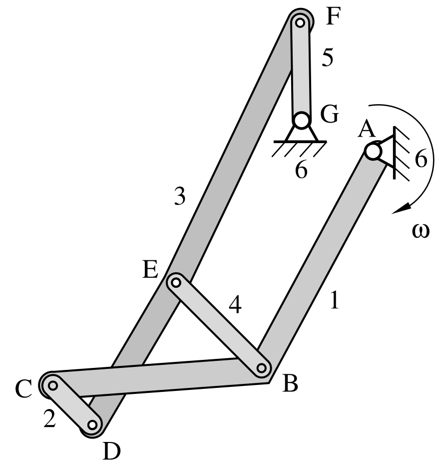



Tren delantero de aterrizaje

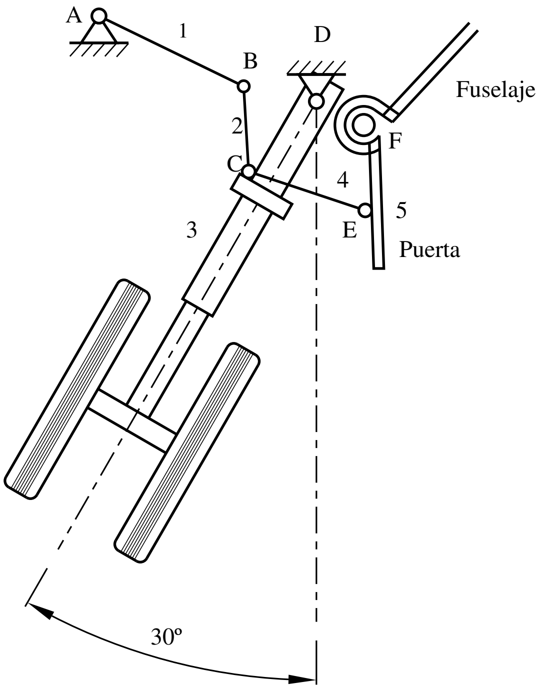
32)


Mecanismo del indicador
del nivel de combustible
flotador

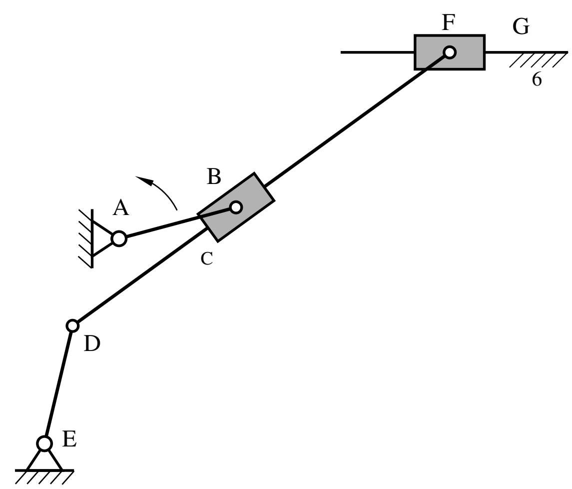
33)


F
5
G
6
A
6
ω
3
E
4
1
C
B
2
D

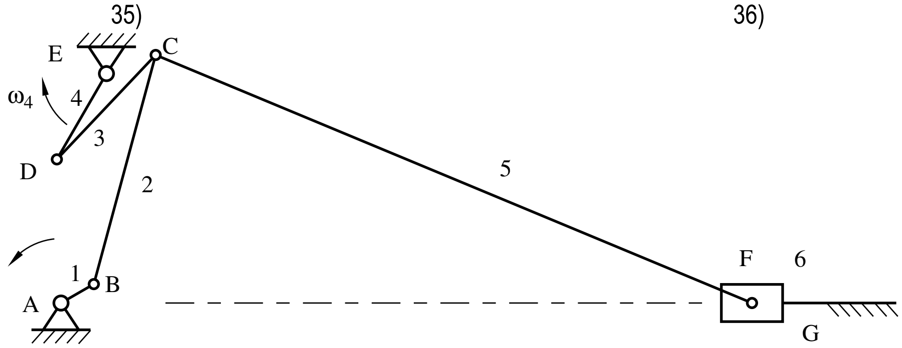
34)


A
1
B
D
2
C
Fuselaje
F
4
5
3
E
Puerta
30º

35)


F
G
6
B
A
C
D
E

36)


E
C
$\omega_4$
4
3
D
2
5
1
B
F
6
A
G

37)

**SOLUCIONES:**

**1)** $W$ =1. Un grupo de II clase de primer tipo. Mecanismo de II clase.
**2)** $W$ =1. Un grupo de II clase de segundo tipo. Mecanismo de II clase.
**3)** $W$ =1. Un grupo de II clase de tercer tipo. Mecanismo de II clase.
**4)** $W$ =1, Un grupo de II clase de tercer tipo. Mecanismo de II clase.
**5)** $W$ =1, Un grupo de II clase de quinto tipo. Mecanismo de II clase.
**6)** $W$ =1, Un grupo de II clase de cuarto tipo. Mecanismo de II clase.
**7)** $W$ =1, Un grupo de II clase de quinto tipo. Mecanismo de II clase.
**8)** $W$ =1, Dos grupos de II clase, de tercero y segundo tipos. Mecanismo de II clase.
**9)** $W$ =1, Dos grupos de II clase, ambos de segundo tipo. Mecanismo de II clase.
**10)** $W$ =1, Tres grupos de II clase, dos de primer tipo y uno de tercer tipo. Mecanismo de II clase.
**11)** $W$ =1, Dos grupos de II clase, de primero y tercer tipos. Mecanismo de II clase.
**12)** $W$ =1, Dos grupos de II clase, de primero y segundo tipos. Mecanismo de II clase.
**13)** $W$ =1, Tres grupos de II clase, todos de primer tipo. Mecanismo de II clase.
**14)** $W$ =1, Tres grupos de II clase, uno de segundo tipo y dos de primer tipo. Mecanismo de II clase.
**15)** $W$ =1, Tres grupos de II clase, dos de primer tipo y uno de segundo tipo. Mecanismo de II clase.
**16)** $W$ =1, Dos grupos de II clase, ambos de segundo tipo. Mecanismo de II clase.
**17)** $W$ =1, Un grupo de III clase con tres miembros de arrastre (tercer orden) y un grupo de II clase de segundo tipo. Mecanismo de III clase.
**18)** $W$ =1, Un grupo de II clase de primer tipo y un grupo de III clase de tercer orden. Mecanismo de III clase.
**19)** $W$ =1, Tres grupos de II clase, todos de primer tipo. Mecanismo de II clase.
**20)** $W$ =1, Tres grupos de II clase, todos de primer tipo. Mecanismo de II clase.
**21)** $W$ =1, Dos grupos de II clase, ambos de primer tipo. Mecanismo de II clase.
**22)** $W$ =1, Un grupo de III clase. Mecanismo de III clase.
**23)** $W$ =1, Un grupo de III clase. Mecanismo de III clase.
**24)** $W$ =1, Un grupo de II clase primer tipo. Mecanismo de II clase.
**25)** $W$ =1, Un grupo de II clase quinto tipo. Mecanismo de II clase.
**26)** $W$ =2, El rodillo agrega un grado de libertad redundante, después de eliminarlo $W$ =1 ; un grupo de II clase de segundo tipo. Mecanismo de II clase.
**27)** $W$ =2, El rodillo agrega un grado de libertad redundante, después de eliminarlo $W$ =1 ; dos grupos de II clase de primero y cuarto tipos. Mecanismo de II clase.
**28)** $W$ =0, Una de las correderas agrega un enlace pasivo, después de eliminarlo $W$ =1 ; un grupo de II clase de segundo tipo. Mecanismo de II clase.
**29)** $W$ =2, Un grupo de III clase de tercer orden. Mecanismo de III clase.
**30)** $W$ =1, Tres grupos de II clase, dos de primer tipo y uno de tercer tipo. Mecanismo de II clase.
**31)** $W$ =1, Tres grupos de II clase, uno de tercero, uno de primero y uno de quinto tipo. Mecanismo de II clase.
**32)** $W$ =1, Dos grupos de II clase, ambos del primer tipo. Mecanismo de II clase.
**33)** $W$ =1, Dos grupos de II clase, uno de primer tipo y uno de tercer tipo. Mecanismo de II clase.
**34)** $W$ =1, Un grupo de III clase. Mecanismo de III clase.

## BIBLIOGRAFÍA


**Artobolevski I.I**. Teoría de mecanismos y máquinas. Moscú. Nauka 1988
**Kozhevnikov S.N.** Mecanismos. Barcelona. Gustavo Gili S.A. 1975
**Norton R.L**. Diseño de Maquinaria. México D.F. McGraw-Hill 1995