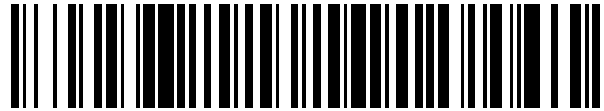


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 455 141**

51 Int. Cl.:

B24B 55/10 (2006.01)

B24B 33/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2005 E 05783729 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2014 EP 1799401**

54 Título: **Aparato y sistema de servo desplazamiento**

30 Prioridad:

22.06.2004 US 582036 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

14.04.2014

73 Titular/es:

**SUNNEN PRODUCTS COMPANY (100.0%)
7910 MANCHESTER AVENUE
ST. LOUIS, MO 63143, US**

72 Inventor/es:

**NIKRANT, MICHAEL, J.;
MARTIN, JOSE, L.;
JACOBMEYER, RUSSELL, L.;
MIK, CARL, A. y
MOEHN, DAVID, M.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 455 141 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y sistema de servo desplazamiento

5 Campo técnico

La presente invención se refiere, en general, a aparatos, métodos y sistemas para efectuar y controlar un movimiento de desplazamiento para el rectificado y otras aplicaciones y, más particularmente, a un aparato y un sistema de servo desplazamiento adaptado para optimizar un procedimiento d y/o un perfil e desplazamiento para una amplia gama de aplicaciones, particularmente para el rectificado.

10

Antecedentes de la Invención

El principal problema en el procedimiento de rectificado está relacionado con la retroalimentación de la posición y, por lo tanto, las derivadas de la misma (velocidad, aceleración y sobreaceleración o jerk). Actualmente, este problema se está resolviendo sobre todo usando sistemas mecánicos dedicados; donde el control es realizado estableciendo límites duros que bloquean cualquier respuesta de ajuste o, simplemente, proporcionando una salida errónea como respuesta de seguridad. Esto es representativo de los sistemas de cuadrilátero articulado. El movimiento alterno rápido es la causa de que un control de bucle cerrado haya sido históricamente difícil y costoso.

15

20

El presente aparato y sistema conceptual de servo desplazamiento está relacionado con la información de retroalimentación ofrecida por el servo sistema y el procedimiento de optimización relacionado con la salida dinámica del sistema (posición, velocidad y aceleración) y el rendimiento de la herramienta. El procedimiento de desplazamiento en una máquina rectificadora es el movimiento relativo entre la herramienta de rectificado y la pieza de trabajo. La eliminación de material se produce por el contacto de la herramienta de rectificado con la pieza de trabajo. El presente aparato y el presente sistema están relacionados con una simplificación considerable al hacer uso de los sistemas actuales de control digital y diversos esquemas para transferir sistemas mecánicos de rotación a sistemas mecánicos lineales (mecanismo de manivela, cuadrilátero articulado). Este procedimiento de control no se limita a una aplicación de husillo de bolas como mecanismo de movimiento lineal. Podría ser implementado en cualquier sistema en el que la retroalimentación de control ofrezca la información de salida dinámica. Los ejemplos de otras aplicaciones para este procedimiento son máquinas herramienta en las que el movimiento alterno se obtiene por medio de cilindros hidráulicos controlados por una servo válvula y la posición es controlada por un codificador de posición lineal, y la unión de un servomotor a una cadena, como elemento de transferencia de movimiento.

25

30

35

Las siguientes listas son un sumario simplificado de las limitaciones y los problemas de otros sistemas de rectificado conocidos.

Tecnología conocida de desplazamiento de máquina rectificadora:

40

1. Salida de desplazamiento limitada por la masa en movimiento.
2. Sistema de desplazamiento independiente de la alimentación o sistema de husillo (relación entrada/salida muy limitada en relación al resto de la máquina).
3. Retroalimentación de posicionamiento lenta, error de posición.
4. "Corrección geométrica" relativa, dependiendo de la medición de la última pieza para hacer ajustes en el sistema en la siguiente pieza del procedimiento.
5. Operaciones previas y posteriores al procesamiento lentas.
6. No se realizan cambios operativos dependiendo de las herramientas o variables externas.
7. Perfil de movimiento único.
8. Rango de carrera limitado.
9. Sistema de retorno a posición inicial lento y complejo.
10. Ángulo relativo de trama cruzada.
11. Sin protección de la herramienta contra choques.
12. Sin control de seguridad.
13. Sistema mecánico complejo, dos sistemas independientes, uno para posicionar y otro para el desplazamiento.

45

50

55

Una revisión de las patentes conocidas ilustra cómo el uso de la tecnología electrónica/de retroalimentación está muy difundido en la industria de la máquina herramienta. Los detalles de las reivindicaciones de estas patentes están relacionados con el control y la transmisión de potencia de esta tecnología para mejorar o crear nuevos procedimientos. La línea temporal de estas reivindicaciones no está relacionada con nuevas invenciones mecánicas, sino con mejoras digitales y de control producidas en los sistemas de control y, por lo tanto, en la

60

industria de la máquina herramienta. El uso de subsistemas mecánicos ya existentes y su implementación ha producido mejoras en la producción final. La técnica anterior está presentada en las patentes US ejemplares siguientes:

C. Tuckfield.		
755.416	circa 1904	"Mechanism for converting reciprocating into rotary motion and vice versa" National Automatic Tool Company Inc
National Automatic Tool Company Inc.		
3.126.672	circa 1964	"Vertical Honing Machine"
Barnes Drill Co.		
3.404.490	circa 1968	"Honing Machine with automatic force control"
Siemens Aktiengesellschaft		
3.664.217	circa 1972	"Method and system for digital subdivision of the tool feed travel of a numerically controlled machine tool"
Sunnen Products Company		
4.035.959	circa 1977	"Cam operated automatic control for a honing machine"
Hitachi Ltd.		
4.143.310	circa 1979	"Apparatus for positioning"
Rottler Boring Bar Co.		
4.189.871	circa 1980	"Honing machine"
Hitachi Ltd.		
4.418.305	circa 1983	"Velocity Feedback Circuit"
Alfred J. Raven III.		
4.423.567	circa 1984	"Power stroking honing machine and control apparatus"
Maschinenfabrik Gehring GmbH		
4.455.789	circa 1984	"Self-controlled honing machine"
Textron Inc.		
4.534.093	circa 1985	"Beo-type Machining System"
Maschinenfabrik Gehring GmbH		
4.679.357	circa 1987	"Method and apparatus for displacing a honing tool"
Delapana Honing Equipment Limited		
4.816.731	circa 1989	"Honing Machine"
Caterpillar Inc.		
5.426.352	circa 1995	"Automatic honing apparatus"
HMR GmbH		
5.479.354	circa 1995	"Method for the computer-assisted control of a machine or process"

5

Cada una de las patentes indicadas anteriormente es representativa de las mejoras en el sistema de control de la máquina. La más ilustrativa de los primeros sistemas es la patente US N° 755,416 C Tuckfield "Mechanism for converting reciprocating into rotary motion and vice versa", que muestra el ciclo de repetición de movimiento producido por el perfil de leva. También tienen la misma importancia las patentes US Nos. 4.143.310 y 4.418.305, "Apparatus for positioning" de Hitachi y "Velocity Feedback Circuit", en las que la principal mejora está relacionada con la retroalimentación de la posición y la velocidad, que ofrece control e información dinámica de todo el sistema.

10

La patente US N° 4.816.731 "Honing Machine" de Delapana Honing Equipment Limited, representa claramente el uso de la tecnología de control digital en una máquina rectificadora. El mismo control es representativo del procedimiento de mecanizado en otros equipos en los que las limitaciones fueron establecidas por el desarrollo del control, no por el procedimiento. La patente indicada aborda claramente todos los problemas reales de la tecnología de rectificado excepto los puntos 7 y 11 anteriores. Estos dos puntos están limitados en su concepto. El concepto completo en sí mismo está limitado por la tecnología utilizada que, en principio, es tan lenta como su bucle de control. Cada una de las patentes US Nos. 4.816.731, 4.621.455, 4.455.78 y 4.423.567 representa una máquina rectificadora en la que hay un movimiento relativo entre la herramienta de rectificado y la pieza de trabajo. Además, la herramienta de rectificado se expande radialmente mientras gira. Por lo tanto, la eliminación de material es producida por las superficies de la herramienta de rectificado que son más duras que la pieza de trabajo.

15

20

25

En la patente US N° 4.816.731, columna 7, líneas 17 a 44, se describe un perfil de movimiento único. Este perfil de movimiento está dividido en 6 sub-ciclos: aceleración hacia adelante, velocidad hacia adelante constante, deceleración hacia adelante, aceleración hacia atrás, velocidad constante hacia atrás y deceleración hacia atrás. Este perfil de aceleración por ciclo produce incertidumbres en la salida de sobreaceleración. Estas incertidumbres

se reflejan en el perfil de posición con inconsistencias y vibraciones en los componentes mecánicos. Este error de posición se encuentra claramente en la máquina rectificadora de la patente US N° 4.816.731 (columna 8, líneas 1 a 14). El problema de las vibraciones es controlado también reduciendo la posible salida. Esto se describe en la columna 6, líneas 15 a 22. El problema se recalca en la página 25, sección 2.5 de "Can Design and Manufacturing andbook", de Robert L. Norton. Este documento afirma: "Si se desea minimizar el valor de pico teórico de la magnitud de la función de aceleración para un problema determinado, la función que mejor satisface esta restricción es la onda cuadrada ...". Esta función se denomina también aceleración constante. Esta función no es continua. Tiene discontinuidades en las partes inicial, media y final del intervalo. De esta manera, en sí misma, es inaceptable como una función de la aceleración de leva".

Una representación esquemática de este perfil de movimiento se muestra en la Figura 1 de los dibujos. Tal como se representa en la Figura 1, las discontinuidades de la función de aceleración producen una salida con una sobreaceleración infinita que viola el corolario del diseño de leva. En un movimiento cíclico, se eliminan J1 y J6, ya que el movimiento encadena un ciclo con otro. Las otras cuatro discontinuidades hacen que el uso de este perfil de movimiento sea muy limitado.

El documento DE 196 46 144 describe una máquina rectificadora que tiene una herramienta de rectificado fijada a un husillo de rectificado montado en un cojinete. El husillo es movido por medio de un mecanismo de rotación y elevación. Un control para uno o ambos movimientos garantiza que el movimiento de la herramienta con respecto a la pieza de trabajo para la mayor parte del desplazamiento sea en una línea recta. Esto se consigue acelerando o decelerando el movimiento rectilíneo en la región de los puntos de inversión del desplazamiento de rectificado. Como resultado, las marcas de trama cruzada realizadas por los granos abrasivos sobre una superficie de la pieza de trabajo serán rectilíneas a lo largo de la mayor parte de la pieza, y solo serán curvadas las marcas de los puntos de inversión.

En el documento "Generation and Optimality of Trajectory Described by B-Spline" de Lin, Ozaki, Qiu y Shimogawa, publicado el 28-29 de Mayo de 2001, se describe la generación de curvas de leva, en el que se aplica un algoritmo a la generación de un curva de leva simétrica de manera que tanto una velocidad como una sobreaceleración máxima satisfacen las restricciones de velocidad y sobreaceleración especificadas.

El objeto de la invención es proporcionar un método de rectificado y una máquina rectificadora mediante los cuales pueda conseguirse un perfil con sobreaceleración finita de la parte del movimiento alterno.

Este objeto se consigue mediante un método de rectificado que comprende las etapas de las reivindicación 1. Los modos preferidos para llevar a cabo el método de la invención se reivindican en las reivindicaciones 2 a 18.

El objeto de la invención se consigue además por medio de una máquina rectificadora que comprende las características de las reivindicación 19. Las realizaciones preferidas de la máquina rectificadora de la invención se reivindican en las reivindicaciones 20 a 28.

La tecnología de sistema de servo desplazamiento de la presente invención está destinada a superar muchos de los problemas y deficiencias expuestas anteriormente, proporcionando una o más de las ventajas y capacidades siguientes.

1. El sistema está diseñado para maximizar la producción.
2. El perfil de movimiento está relacionado con la salida de aceleración, no con la posición.
3. Las decisiones de movimiento del sistema de desplazamiento se hacen modulares en la unidad del sistema, creando un sistema paralelo, ahorrando tiempo de procesamiento independientemente del número de columnas de rectificado.
4. Las optimizaciones de diseño se establecieron como parte de las limitaciones de cada componente (aceleración máxima, velocidad máxima de rotación, sobreaceleración máxima, respuesta de seguridad).
5. Uso de la potencia de salida para controlar el rendimiento del sistema y conseguir el mejor rendimiento de la herramienta.
6. Procedimiento de automatización simplificado.
7. La transmisión de potencia no está limitada a un husillo de bolas, podría ser una cadena o un cilindro hidráulico, etc.
8. Sincronización entre el sistema de desplazamiento y cualquier otro servo sistema en la máquina. Incrementando sustancialmente la precisión del ángulo de trama cruzada y el perfil de rectificado (posicionamiento inicial, ángulo de trama cruzada en todas partes en el orificio).
9. Optimización del sistema independientemente del movimiento relativo de la herramienta/pieza de trabajo (herramienta móvil/pieza de trabajo fija, herramienta fija/pieza de trabajo móvil).

En un aspecto preferido de la presente invención, el movimiento alterno de una herramienta de rectificado se basa en un perfil de movimiento digitalizado representativo de un ciclo. Este perfil está optimizado para maximizar la fuerza aplicada por la herramienta de rectificado, minimizando la reacción en los componentes estructurales de la máquina. Este procedimiento de optimización no está relacionado con la orientación del procedimiento de mecanizado. Es decir, puede usarse el mismo procedimiento de optimización para un procedimiento vertical u horizontal. La principal diferencia estará representada por la adición de la fuerza de la gravedad como entrada en el caso vertical. La optimización se basa en la ley fundamental del diseño de levas "La función de sobreaceleración debe ser finita en todo el intervalo". Este principio ha estado en uso en las máquinas de rectificado de Sunnen durante los últimos 50 años. En estas máquinas, la parte principal es implementada principalmente por un desplazamiento de centro predeterminado dentro de un cuadrilátero articulado. Por lo tanto, la frecuencia de movimiento alterno viene establecida por la velocidad de rotación del punto de desplazamiento, y el desplazamiento del movimiento alterno de la corredera viene determinado por la ubicación del punto de pivote. Este esquema de control es muy eficiente ya que los perfiles dinámicos están optimizados por el uso del perfil de leva armónico simple. Este perfil ofrece una muy buena salida para desplazamientos cortos.

El control de movimiento de la presente invención estará limitado por las variables de los sistemas a optimizar (tiempo de ciclo, perfil de aceleración, rendimiento de la herramienta, eliminación de material, vibraciones del sistema). De la misma manera, el protocolo de control se modificará para representar, de manera más precisa, las restricciones del sistema (características físicas de la pieza de trabajo, máquina rectificadora y características de movimiento alterno). Para mejorar el rendimiento, el procedimiento de rectificado se dividirá en subconjuntos, en los que cada subconjunto podría requerir un procedimiento o perfil optimizado. Los ejemplos de esto incluyen los siguientes:

Dividir el ciclo de rectificado de la pieza de trabajo en etapas de procedimiento: desbaste y acabado. El procedimiento de desbaste se concentrará en la eliminación total de material y conformación de orificios y el acabado se concentrará en el acabado de la superficie, el ángulo de trama cruzada y el tamaño y la forma finales de los orificios. Este esquema de control no es nuevo, pero la implementación será nueva al usar el perfil de movimiento que mejor se adapte a la aplicación. Como un ejemplo, en el período de desbaste, podrían usarse perfiles con velocidad radial alta y aceleración alta controlada. En el período de acabado, podrían usarse perfiles con perfiles de aceleración y sobreaceleración suaves y minimizados.

Como otro ejemplo, en aplicaciones verticales, el perfil de aceleración podría ser asimétrico para garantizar que la herramienta de rectificado y los componentes de la máquina encuentren una entrada de fuerza simétrica en ambas direcciones, compensando, por lo tanto, la entrada de la gravedad.

Otro ejemplo son las piezas en tándem (Figura 2). Cada una de las secciones de orificio tiene requisitos de tamaño o de acabado diferentes (ángulo de trama, tamaño, tolerancia, etc.) y con la presente invención, el procedimiento o perfil de rectificado puede ser optimizado para cada sección de orificio.

Todavía otro ejemplo es el rectificado de múltiples piezas, en el que cada pieza tiene diferentes requisitos. La presente invención puede ser utilizada para mejorar la productividad total de la máquina, eliminando el tiempo de configuración para cada pieza de trabajo. En su lugar, se selecciona un perfil de rectificado deseado para una pieza para conseguir las características deseadas.

El desplazamiento del servo sistema de la invención se basa en una curva de perfil paramétrico; se aplicará una escala a esta curva de perfil de movimiento en función de la longitud de desplazamiento específica. El movimiento alterno se basa en un perfil de movimiento digitalizado representativo de un ciclo de rectificado. Es decir, un desplazamiento en una primera dirección, y un desplazamiento de retorno en la dirección opuesta. Este perfil puede ser optimizado para maximizar la fuerza aplicada por la herramienta de rectificado, minimizando la reacción en los componentes estructurales de la máquina. Este procedimiento de optimización no está relacionado con la orientación del procedimiento de mecanizado. Se realizará el mismo procedimiento de optimización para un procedimiento vertical u horizontal. La principal diferencia estará representada por la adición de la fuerza de la gravedad como entrada en el caso vertical. La optimización se basa en la ley fundamental del diseño de levas. "La función de sobreaceleración debe ser finita en todo el intervalo".

Preferiblemente, el presente servo sistema usa un sistema acoplado directamente para reducir el número de variables e incertidumbres. Por lo tanto, la incertidumbre del perfil de movimiento se reduce a una articulación, una tuerca de bolas en el caso en el que el servo sea un husillo de bolas. Por lo tanto, la precisión de la posición se aumenta sustancialmente.

El perfil de movimiento produce una curva de posición, velocidad radial y aceleración variable a lo largo de todo el perfil. El único factor limitativo necesario se establece como un control de seguridad para la integridad de la estructura de la máquina. Por lo tanto, la decisión del procedimiento se limita a una longitud del desplazamiento, velocidad del desplazamiento y velocidad del husillo para conseguir el ángulo de trama cruzada y la velocidad de eliminación deseados. El ángulo de trama cruzada puede ser optimizado sincronizando el movimiento del husillo con el dispositivo de desplazamiento ("stroker"). De manera similar, esta relación puede ser aplicada al avance de la herramienta o cualquier otro servo sistema de la máquina. El esquema siguiente representa esta interrelación.

El presente servo dispositivo de desplazamiento relaciona el esquema de control del dispositivo de desplazamiento con un controlador/unidad de accionamiento independiente, en el que las entradas están relacionadas con la longitud del desplazamiento, la posición de desplazamiento, el inicio del procedimiento de desplazamiento y la parada del procedimiento de desplazamiento. Por lo tanto, el esquema de posicionamiento se simplifica, reduciendo de esta manera el tiempo de operación. Este cambio aumenta considerablemente el tiempo de reacción. La curva de perfil de movimiento es verificada y controlada independientemente del resto de la operación de la máquina, aumentando el rendimiento total. Esta mejora se refleja en el rendimiento del sistema aumentando la frecuencia de los desplazamientos. Se han ensayado dos sistemas diferentes en los que la velocidad del dispositivo de desplazamiento (dadas las limitaciones mecánicas del sistema) era de hasta 10 ciclos por segundo para un desplazamiento de 25,4 mm. Por lo tanto, el tiempo de restauración de la posición del dispositivo de desplazamiento es de 0,2 ms. con un sistema de comprobación de la posición con un ciclo de 400 veces y 0,09 ms. con un sistema de comprobación de la posición con un ciclo de 1024. La tabla de comprobación de la posición está relacionada con una serie de perfiles de movimiento optimizados diferentes. Estos perfiles se explican más detalladamente en las secciones siguientes. Cada uno de estos perfiles está parametrizado y está relacionado con una posición absoluta.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una representación gráfica de los perfiles de desplazamiento, velocidad, aceleración y sobreaceleración para un sistema de control con retroalimentación de la técnica anterior;

La Figura 2 es una representación fragmentaria, en sección, de una pieza de trabajo representativa que tiene superficies en tándem a ser rectificadas;

La Figura 3 es una representación gráfica simplificada de un perfil de desplazamiento para un perfil de leva armónico simple;

La Figura 4 es una representación gráfica simplificada de un perfil de velocidad para un perfil de leva armónico simple;

La Figura 5 es una representación gráfica simplificada de un perfil de aceleración para un perfil de leva armónico simple;

La Figura 6 es una representación gráfica simplificada de un perfil de sobreaceleración para un perfil de leva armónico simple;

La Figura 7 es una representación gráfica simplificada de perfiles de posición para perfiles de leva sinusoidal y cicloidal modificados;

La Figura 8 es una representación gráfica simplificada de perfiles de velocidad para perfiles de leva sinusoidal y cicloidal modificados;

La Figura 9 es una representación gráfica simplificada de perfiles de aceleración para perfiles de leva sinusoidal y cicloidal modificados;

La Figura 10 es una representación gráfica simplificada de perfiles de sobreaceleración para perfiles de leva sinusoidal y cicloidal modificados;

La Figura 11 es una representación gráfica simplificada de un perfil de posición para un perfil de leva trapezoidal modificado;

La Figura 12 es una representación gráfica simplificada de un perfil de velocidad para un perfil de leva trapezoidal modificado;

La Figura 13 es una representación gráfica simplificada de un perfil de aceleración para un perfil de leva trapezoidal modificado;

La Figura 14 es una representación gráfica simplificada de un perfil de sobreaceleración para un perfil de leva trapezoidal modificado;

La Figura 15 es una representación gráfica simplificada de perfiles de posición para los perfiles de leva polinomiales 345 y 4567;

La Figura 16 es una representación gráfica simplificada de perfiles de velocidad para los perfiles de leva polinomiales 345 y 4567;

La Figura 17 es una representación gráfica simplificada de perfiles de aceleración para los perfiles de leva polinomiales 345 y 4567;

La Figura 18 es una representación gráfica simplificada de perfiles de sobreaceleración para los perfiles de leva polinomiales 345 y 4567;

La Figura 19 es una representación gráfica simplificada de un perfil de posición para perfiles de leva mixtos armónico simple y polinomial 4567;

La Figura 20 es una representación gráfica simplificada de un perfil de velocidad para perfiles de leva mixtos armónico simple y polinomial 4567;

5 La Figura 21 es una representación gráfica simplificada de un perfil de aceleración para perfiles de leva mixtos armónico simple y polinomial 4567;

La Figura 22 es una representación gráfica simplificada de un perfil de sobreaceleración para perfiles de leva mixtos armónico simple y polinomial 4567;

10 La Figura 23 es una representación gráfica tridimensional simplificada de una trayectoria de un grano abrasivo como resultado de un desplazamiento y una rotación durante una operación de rectificado;

La Figura 24 es un par de representaciones gráficas bidimensionales de trayectorias helicoidales de grano para diferentes velocidades de dispositivo de desplazamiento;

La Figura 25 es un par de representaciones esquemáticas simplificadas de un grano abrasivo, que ilustra los efectos de diferentes ángulos de la trayectoria de grano;

15 La Figura 26 es una vista en perspectiva simplificada de una máquina rectificadora según la invención;

La Figura 27 es una representación simplificada en despiece ordenado del aparato de desplazamiento de la máquina de la Figura 26;

La Figura 28 es una vista lateral esquemática simplificada del aparato de desplazamiento de la máquina rectificadora de la Figura 26;

20 La Figura 29 es una representación esquemática simplificada de los elementos de la máquina rectificadora de la Figura 26;

La Figura 30 es una vista en perspectiva simplificada de un aparato de desplazamiento alternativo para una máquina rectificadora según la invención, en el que el aparato incluye un cilindro de fluido servo controlado;

25 La Figura 31 es una representación esquemática simplificada de los elementos para controlar el aparato de la Figura 30;

La Figura 32 es una representación en perspectiva simplificada de otro aparato de desplazamiento alternativo para una máquina rectificadora según la invención, en el que el aparato incluye un accionamiento de cadena servo controlado;

30 La Figura 33 es una representación esquemática simplificada de los elementos de un control para el aparato de la Figura 32;

La Figura 34 es una representación en perspectiva simplificada de todavía otro aparato de desplazamiento alternativo para una máquina rectificadora según la invención, en el que el aparato incluye un motor lineal servo controlado; y

35 La Figura 35 es una representación esquemática simplificada de los elementos para controlar el aparato de la Figura 34.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la Invención

Ahora, se describirán más detalladamente los aspectos de las realizaciones preferidas de la invención, con referencia más particularmente a los dibujos. Según la presente invención, hay un número ilimitado de perfiles de leva a ser usados como perfiles operativos para el control de un desplazamiento de rectificado. Por ejemplo, se compararán los perfiles de leva siguientes: armónico simplificado, cicloidal, sinusoidal modificado, trapezoidal modificado, polinomial 345 y polinomial 4567. Con referencia a las Figuras 3, 4, 5 y 6, en las mismas se muestran los perfiles de desplazamiento, velocidad, aceleración y sobreaceleración en función de la posición de leva para el perfil de leva armónico simple ya usado como un perfil de movimiento en las máquinas de rectificado de Sunnen, con mecanismo articulado. Tal como se muestra en las Figuras 4, 5 y 6, el perfil armónico simple produce una aceleración mínima con perfiles de velocidad, aceleración y sobreaceleración suaves. Por lo tanto, se recomienda para configuraciones de desplazamientos pequeños, en las que el número de ciclos de movimiento alterno por minuto será alto. Dado el suave perfil de sobreaceleración, las vibraciones producidas por el movimiento son muy pequeñas. En un movimiento cíclico corto, este perfil ofrece los resultados más controlables. La entrada de inercia será consistente para las aplicaciones horizontales.

40

45

50

Con referencia también a las Figuras 7, 8, 9 y 10, en las mismas se muestran los perfiles de desplazamiento, velocidad, aceleración y sobreaceleración en función de la posición de la leva para los perfiles de leva sinusoidal modificado y cicloidal. Estos perfiles tienen perfiles de velocidad muy suaves. Los perfiles de aceleración y sobreaceleración son consistentes y sus picos son de pequeña magnitud. Ofrecen un muy buen compromiso para sustituir el perfil armónico simple.

55

Con referencia también a las Figuras 11, 12, 13 y 14, en la mismas se muestran los perfiles de desplazamiento, velocidad, aceleración y sobreaceleración para un perfil de leva trapezoidal modificado. Aquí, cabe señalar que el perfil trapezoidal modificado tiene un intervalo limitado de aceleración y sobreaceleración. Los beneficios de este perfil están relacionados con los límites paramétricos duros (la velocidad y la aceleración máximas vienen

60

determinadas por el sistema mecánico, las restricciones de producción máxima por los límites mecánicos). El esquema de control se simplifica, ya que la única variable posible es la longitud del desplazamiento. La posible velocidad vendrá determinada por los límites duros de velocidad y aceleración. También ofrece un esquema de control rápido, al reducir el conjunto de variables.

5

Con referencia también a las Figuras 15, 16, 17 y 18, en las mismas se muestran los perfiles de desplazamiento, velocidad, aceleración y sobreaceleración para dos perfiles de leva polinomiales representativos, que son un perfil polinomial 345 y un perfil polinomial 4567. Aquí, cabe señalar que el beneficio del perfil polinomial es que puede ser controlado con las condiciones límite (condiciones inicial y final, aceleración inicial = 0, aceleración final = 0, etc.). Este sistema es muy adecuado para optimizar las restricciones relacionales, tales como rendimiento de la herramienta bajo límites específicos de velocidad o aceleración. Un ejemplo de esto es la adaptación de los perfiles de aceleración para una aplicación vertical, donde la influencia de la gravedad puede ser considerable. En los casos en los que se rectifican orificios en tándem, el perfil puede ser modificado para optimizar la eliminación de material en las zonas de rectificado de orificio al mismo tiempo que se reduce el tiempo de ciclo.

10

15

Con referencia también a las Figuras 19, 20, 21 y 22, en las mismas se muestran curvas de muestra representativas de perfiles de leva mixtos que pueden ser usados para mejorar el rendimiento de los componentes de la herramienta o la máquina. Aquí, la mezcla es un perfil armónico simple y un perfil polinomial 4567. Como una aplicación ejemplar, este perfil mixto puede ser usado para una herramienta rectificadora con una relación muy grande entre el diámetro del orificio y la longitud de la herramienta, que será débil bajo cargas de compresión. Por lo tanto, la salida estará limitada por las cargas máximas de pandeo añadidas a los límites de cizallamiento.

20

El presente sistema de servo desplazamiento se basa en la optimización del procedimiento de desplazamiento en el rectificado, usando los componentes de herramienta de máquina ya existentes. Estas herramientas son las siguientes: servo control, control digital y sistema de movimiento lineal (husillo de bolas, husillo de rodillo, servomotor lineal, piñón y cremallera, cilindro hidráulico, cadena, correa). La optimización está relacionada con tres grupos principales: salida de rectificado (acabado de la superficie, geometría de orificio, ciclo de piezas), herramienta de rectificado (geometría de la herramienta, cargas de trabajo), componentes de la máquina rectificadora (cargas de trabajo, ciclos de vida).

25

30

El rendimiento total en una máquina rectificadora está controlado por los elementos siguientes:

- Dispositivo de desplazamiento (velocidad de desplazamiento, perfil de movimiento)
- Velocidad del husillo (RPM)
- Velocidad de alimentación (velocidad de expansión de la herramienta, velocidad de expansión de la fuerza)
- Selección del refrigerante
- Selección del abrasivo

35

Estos elementos están íntimamente relacionados con el procedimiento de rectificado y el resultado deseado. El rendimiento óptimo del procedimiento no está establecido y será diferente para cada pieza específica a rectificar. Las variables del sistema se dividen sub-grupos de componentes de control de la máquina: dispositivo de desplazamiento, husillo y sistema de alimentación y componentes de la herramienta: refrigerante y abrasivos. Esta subdivisión establece una dependencia del sistema, relacionando las variables de la herramienta como restricciones (definiendo los abrasivos y el refrigerante como delimitadores de rectificado de piezas, relacionados con las interacciones del acabado de la superficie y la eliminación de material). Estas relaciones sólo ofrecen los componentes de control de movimiento como posibles parámetros de optimización. Para muchas aplicaciones, el punto principal de la optimización es la minimización del uso de abrasivo con respecto a la máxima eliminación de material, produciendo un tiempo de ciclo de producción mínimo. Este procedimiento es independiente del ángulo de trama cruzada. El ángulo de trama cruzada deseado está relacionado con la sección final del procedimiento de rectificado. El desplazamiento físico de un grano abrasivo a lo largo del orificio produce una hélice, tal como se muestra en la Figura 23.

40

45

50

La Figura 24 muestra representaciones bidimensionales de una hélice para ilustrar la diferencia en la trayectoria de grano producida variando la velocidad del dispositivo de desplazamiento y manteniendo constante la velocidad de husillo. La representación de la izquierda corresponde a una velocidad más rápida del dispositivo de desplazamiento. La representación de la derecha corresponde a una velocidad más lenta del dispositivo de desplazamiento.

55

Aquí, cabe señalar que la rotación de una herramienta de rectificado puede ser controlada también con el fin de seguir también cualquier perfil de leva, tal como cualquiera de los indicados anteriormente, concretamente, un

60

perfil de leva armónico simplificado, sinusoidal modificado, trapezoidal, polinomial y/o mixto. Y el perfil o perfiles de leva de rotación pueden ser coordinados con los del movimiento de desplazamiento de la herramienta, por ejemplo para producir un patrón de trama cruzada deseado. En este sentido, se ha encontrado que la utilización del mismo perfil de leva tanto para el desplazamiento como para la rotación de una herramienta, temporizadas de manera que coincidan, produce un patrón de trama cruzada que es más uniforme a lo largo de la longitud de una superficie rectificada.

Con referencia a la Figura 25, en la misma se muestran dos ilustraciones de un grano abrasivo representativo. Las flechas se muestran superpuestas sobre cada una de las representaciones para representar la trayectoria del grano para los movimientos de desplazamiento hacia arriba y hacia abajo, respectivamente. Las trayectorias de grano son normales a los planos de corte en el grano para los movimientos de desplazamiento hacia arriba y hacia abajo. Estos planos dependen de la dirección de desplazamiento. Por lo tanto, habrá dos planos de corte para el mismo grano abrasivo. La longitud total del borde de corte en una representación bidimensional es directamente proporcional al ángulo de la trayectoria entre las dos direcciones de desplazamiento, representado por el símbolo α .

El principal beneficio que se observa con un mayor ángulo α de trayectoria es la mayor superficie del plano de corte del grano abrasivo. Por lo tanto, una mayor fuerza de alimentación es admisible debido a la distribución homogénea a lo largo de la superficie del grano. Los resultados son ciclos más cortos y una mayor eficiencia o rendimiento abrasivo. Si la fuerza de alimentación se mantiene constante, el aumento en la velocidad de desplazamiento modificará la orientación del plano de corte hasta que se encuentre un ángulo α óptimo en el grano abrasivo. Este ángulo producirá los mejores resultados cuando el grano es auto-afilable por el procedimiento de rectificado.

En la Figura 26, se muestra una máquina 30 rectificadora que incluye aspectos de un aparato y un sistema de desplazamiento servo controlado según la presente invención. La máquina 30 de rectificado incluye, en general, un carro 32 de husillo, que es móvil en una acción de desplazamiento de movimiento alterno indicado mediante la flecha A, según la presente invención, mediante un sistema de movimiento lineal, tal como un husillo de bolas, husillo de rodillos, servomotor lineal, piñón y cremallera, cilindro hidráulico, cadena o correa, indicados anteriormente. Aquí, el carro 32 se muestra soportado para una acción de desplazamiento alterno en una dirección vertical, pero debería entenderse que la presente invención contempla también el desplazamiento en otras direcciones. El carro 32 de husillo incluye una herramienta 34 de rectificado, que puede ser de construcción y operación convencionales o nuevas, que incluye, en general, un mandril alargado que presenta una o más piedras o barras abrasivas que pueden ser movidas radialmente hacia fuera y hacia dentro con respecto al mandril, y que desgastan y rectifican una superficie de una pieza de trabajo en la que la herramienta 34 está insertada, conforme se hace girar la herramienta 34, tal como se indica mediante la flecha B. En una aplicación típica, debido a que el carro 32 de husillo es desplazado de manera alterna hacia arriba y hacia abajo, tal como se indica mediante la flecha A, la herramienta 34 de rectificado girará en una dirección o en la otra, tal como se indica mediante la flecha B, dentro de un orificio o taladro en una pieza de trabajo, para proporcionar un acabado superficial y una forma deseados a una o más superficies que definen el taladro u orificio.

La Figura 27 muestra un aparato de desplazamiento servo controlado preferido para el carro 32 de husillo de la máquina 30 rectificadora, que incluye un sistema de movimiento lineal servo controlado preferido o mecanismo de accionamiento para el mismo, que incluye un husillo 36 de bolas que está soportado en una carcasa 38 de husillo de bolas para la rotación, tal como se indica mediante la flecha C. El husillo 36 de bolas es giratorio, de manera precisa, según las enseñanzas de la presente invención, mediante un servomotor 40, cuyo número de rotaciones y posición de rotación son detectables, de manera precisa, por un codificador de posición (no mostrado) u otro sensor. Una tuerca 42 de bolas es desplazada longitudinalmente a lo largo del husillo 36 de bolas haciéndola girar, tal como se indica mediante la flecha A, y a partir del recuento de las rotaciones del husillo 36 de bolas se determina la posición longitudinal de la tuerca 42 de bolas. Un soporte 44 de husillo puede ser montado a la tuerca 42 de bolas y soporta el carro 32 de husillo para su movimiento con la tuerca 42 en la dirección A para producir la acción de desplazamiento según la invención. Con referencia de nuevo a la Figura 26, el servo motor 40 es controlable mediante un controlador 46 basado en un procesador para desplazar el carro 32 de husillo y la herramienta 34 de rectificado, según cualquiera de las curvas mostradas en las Figuras 3-22 en la presente memoria.

Con referencia también a la Figura 28, en la misma se muestra una representación esquemática simplificada del aparato de desplazamiento de la máquina 30 rectificadora. Aquí, la herramienta 34 se muestra insertada en un orificio 48 de una pieza 50 de trabajo retenida en un accesorio 52 de la máquina 30, para rectificar una superficie 54 interior de la pieza 50 de trabajo que define el orificio 48. La herramienta 34 de rectificado está soportada por un husillo 56 giratorio para el movimiento alterno indicado mediante la flecha A, y la rotación indicada mediante la

flecha C, para efectuar el rectificado deseado de la superficie 54 de la pieza 50 de trabajo. El husillo 56 es accionado de manera giratoria por un accionamiento 58, en la manera bien conocida. La herramienta 34 de rectificado se expande y se retrae radialmente mediante un accionamiento 60, también en la manera bien conocida. El husillo 56 que soporta la herramienta 34, así como los accionamientos 58 y 60, están soportados en el soporte 44 de husillo conectado a la tuerca 42 de bolas, de manera que sean móviles longitudinalmente a lo largo del husillo 36 de bolas conforme es accionado mediante la rotación del servo motor 40 en conexión con el mismo.

Tal como se ha indicado anteriormente, puede utilizarse un codificador de posición u otro dispositivo para contar las rotaciones del husillo 36 de bolas para determinar una posición longitudinal de la tuerca 42 de bolas a lo largo del husillo y, de esta manera, determinar la posición longitudinal de la herramienta 34 de rectificado en una pieza de trabajo, tal como la pieza 50 de trabajo. A partir de esta información, se determina la posición longitudinal de la herramienta 34, y con la información relativa a los tiempos de los cambios en la posición longitudinal, la velocidad, la aceleración y la sobreaceleración de la tuerca 42 de bolas y la herramienta 34 pueden ser controladas con precisión a fin de seguir un perfil de leva deseado, tal como cualquiera de los ilustrados en las figuras descritas anteriormente, con un control, de manera precisa, del controlador 46. Aquí, el controlador 46 se muestra conectado por pistas 62 conductoras a un servo motor 40 y también a los accionamiento 58 y 60, para controlar los perfiles de posición lineal, velocidad, aceleración y sobreaceleración de la herramienta 34, y también la dirección y la velocidad de rotación de la herramienta 34 mediante el accionamiento 58, así como la expansión y la contracción radial de la misma según es accionada mediante el accionamiento 60.

Con referencia también a la Figura 29, en la misma se muestra una representación 64 esquemática de un esquema para controlar el funcionamiento de la máquina 30 rectificadora. En el diagrama 64, el bloque 66 representa las funciones del controlador 46 que incluyen el control del operador, y la introducción de parámetros de rectificado, según las entradas recibidas a través de un dispositivo 68 de introducción del controlador 46, que puede ser una pantalla táctil y/o un teclado y/o cualquier otro dispositivo común de introducción de parámetros controlable por el operador, disponible comercialmente. Las funciones del servomotor 40 están representadas por el bloque 70 e incluyen salidas de posición para controlar y determinar la posición, velocidad, aceleración y sobreaceleración de la herramienta 34 de rectificado, en la manera descrita anteriormente. El bloque 72 representa las funciones del accionamiento 58 de husillo, que incluyen las salidas de posición y tiempo, y las salidas de motor, que incluyen las de par motor, posición alcanzada y tiempo, en relación a los parámetros de funcionamiento del husillo 56. El bloque 74 ilustra funciones en relación con el accionamiento 60 para efectuar la expansión y la contracción o la alimentación de los elementos de rectificado de la herramienta 34 según son accionados por el accionamiento 60, que incluyen las salidas posición y de tiempo, y las salidas del motor, que incluyen el par del motor, posición alcanzada y el tiempo. El bloque 76 representa las funciones de uno o más accionamientos opcionales de la máquina 30.

Con referencia también a la Figura 30, en la misma se muestra un aparato 78 de desplazamiento servo controlado alternativo para el carro 32 de husillo de una máquina rectificadora, tal como la máquina 30 rectificadora. El aparato 78 incluye un sistema de movimiento lineal servo controlado que utiliza un cilindro hidráulico como el accionamiento de movimiento lineal para el carro 32, controlado por una servo válvula. La posición longitudinal del carro 32 está determinada por una escala lineal o un codificador de posición, y el movimiento lineal es controlado mediante una guía lineal.

Con referencia también a la Figura 31, en la misma se muestra una representación esquemática de los elementos de un esquema de servo control para los aparatos 78. Esencialmente, los parámetros de rectificado son introducidos, por ejemplo, utilizando un controlador, tal como el controlador 46 de la máquina 30, como anteriormente, para efectuar la operación de un servo accionamiento que controla la servo válvula para efectuar la transferencia de fluido al cilindro para causar los movimientos de extensión y retracción lineal del mismo. La retroalimentación de la posición es proporcionada por un codificador de posición lineal que introduce datos de posición al servo accionamiento para su uso en el control de la servo válvula. El aparato de la Figura 30 y el esquema de control de la Figura 31 pueden ser utilizados para efectuar movimientos de desplazamiento que tienen perfiles de leva y perfiles de la velocidad, aceleración y sobreaceleración según se ha ilustrado y descrito anteriormente.

Con referencia también a la Figura 32, en la misma se muestra otro aparato 82 de desplazamiento alternativo para el carro 32 de husillo de una máquina rectificadora, tal como la máquina 30 rectificadora. El aparato 82 es ilustrativo de un accionamiento por cadena servo controlado en una conexión entre un motor servo y el carro 32 para efectuar los movimientos lineales del carro 32 guiado por una guía lineal.

La Figura 33 es una representación esquemática de los elementos de un esquema de control para el aparato 82 de

5 desplazamiento, controlado por un controlador, tal como el controlador 46 de la máquina 30 rectificadora. Esencialmente, un servo accionamiento recibe entradas desde un codificador de posición del carro 32 y proporciona salidas de parámetros de potencia y posición y tiempo deseados al servo motor, que transfiere el movimiento a la cadena, haciendo girar de esta manera el codificador de posición, que proporciona una salida de las señales representativas de la posición del carro. Una vez más, el aparato 82 de desplazamiento servo controlado puede ser operado para efectuar acciones de desplazamiento del carro 32 que tienen cualquiera de los perfiles de leva descritos anteriormente.

10 Con referencia también a la Figura 34, en la misma se muestra otro aparato 84 de desplazamiento servo controlado alternativo para el carro 32 de husillo de una máquina rectificadora, tal como la máquina 30 rectificadora. El aparato 84 incluye un sistema de movimiento lineal que incluye un motor lineal síncrono en conexión con el carro 32, para efectuar un movimiento lineal controlado del mismo.

15 La Figura 35 es una representación esquemática de los elementos de un esquema de control para el aparato 84 de desplazamiento, controlado por un controlador, tal como el controlador 46 de la máquina 30 rectificadora. Una vez más, esencialmente, un servo accionamiento recibe entradas desde un codificador de la posición del carro 32 y proporciona salidas de potencia y parámetros de posición y tiempo deseados al motor lineal para efectuar cambios en la posición del carro. Una vez más, el aparato 84 de desplazamiento servo controlado puede ser operado para efectuar acciones de desplazamiento del carro 32 que tienen cualquiera de los perfiles de leva descritos
20 anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un método de rectificado que comprende las etapas de:

5 proporcionar una máquina (30) rectificadora que incluye un elemento (32) de rectificado que es móvil en un movimiento de desplazamiento alterno para rectificar una pieza (50) de trabajo;
 proporcionar un servo (36, 78, 82, 84) en conexión con el elemento de rectificado operable, de manera controlable, para desplazar, de manera alterna, el elemento (32) de rectificado;
 10 proporcionar un servo accionamiento (40) en conexión con el servo (36, 78, 82, 84) operable para operar, de manera controlable, el servo (36, 78, 82, 84); y
 operar el servo accionamiento (40) para controlar el servo de servo (36, 78, 82, 84) para desplazar axialmente, de manera alterna, el elemento (32) de rectificado,

caracterizado por que

15 durante al menos una parte del movimiento alterno, la aceleración y la desaceleración del elemento (32) de rectificado tendrá un perfil combinado seleccionado de entre un grupo que consiste en un perfil cicloidal, un perfil trapezoidal modificado, un perfil polinomial y un perfil sinusoidal modificado, de manera que un perfil de sobreaceleración resultante de la parte del movimiento alterno será finito, y
 20 el elemento (32) de rectificado es girado durante el movimiento de desplazamiento alterno del mismo, de manera que la aceleración y la desaceleración de la rotación tendrán un perfil combinado seleccionado de entre un grupo que consiste en un perfil armónico simplificado, un perfil cicloidal, un perfil trapezoidal modificado, un perfil polinomial y un perfil sinusoidal modificado,
 25 en el que la rotación del elemento (32) de rectificado es controlada para tener perfiles combinados de aceleración y desaceleración que son iguales a los perfiles de aceleración y desaceleración seleccionados del movimiento de desplazamiento.

30 2. El método según la reivindicación 1, en el que el elemento (32) de rectificado comprende una herramienta de rectificado.

3. El método según la reivindicación 1, en el que el servo (36) comprende un mecanismo de husillo de bolas.

4. El método según la reivindicación 1, en el que el servo (84) comprende un motor lineal.

35 5. El método según la reivindicación 1, en el que el servo (78) comprende un cilindro de fluido.

6. El método según la reivindicación 1, en el que el servo (82) comprende un accionamiento de cadena.

40 7. El método según la reivindicación 1, en el que la aceleración y la desaceleración del elemento (32) de rectificado tendrán un perfil seleccionado de entre el grupo sustancialmente sobre una longitud total del movimiento de desplazamiento del mismo.

45 8. El método según la reivindicación 1, en el que la aceleración y la desaceleración del elemento (32) de rectificado tendrán un perfil seleccionado de entre el grupo sólo sobre una parte de la longitud del movimiento de desplazamiento del mismo.

9. El método según la reivindicación 8, en el que el movimiento de desplazamiento incluye al menos un segmento que tiene un perfil de aceleración y de desaceleración diferente.

50 10. El método según la reivindicación 8, en el que la aceleración y la desaceleración del elemento (32) de rectificado tendrán un perfil que es una mezcla de al menos dos de los perfiles del grupo

55 11. El método según la reivindicación 1, en el que como resultado del perfil seleccionado de aceleración y desaceleración del elemento (32) de rectificado, el elemento (32) de rectificado tendrá un perfil de sobreaceleración finito a lo largo de una longitud del movimiento de desplazamiento para reducir las vibraciones de la máquina (30).

12. El método según la reivindicación 1, en el que el perfil polinomial se selecciona de entre un grupo que consiste en un polinomio 345 y un polinomio 4567.

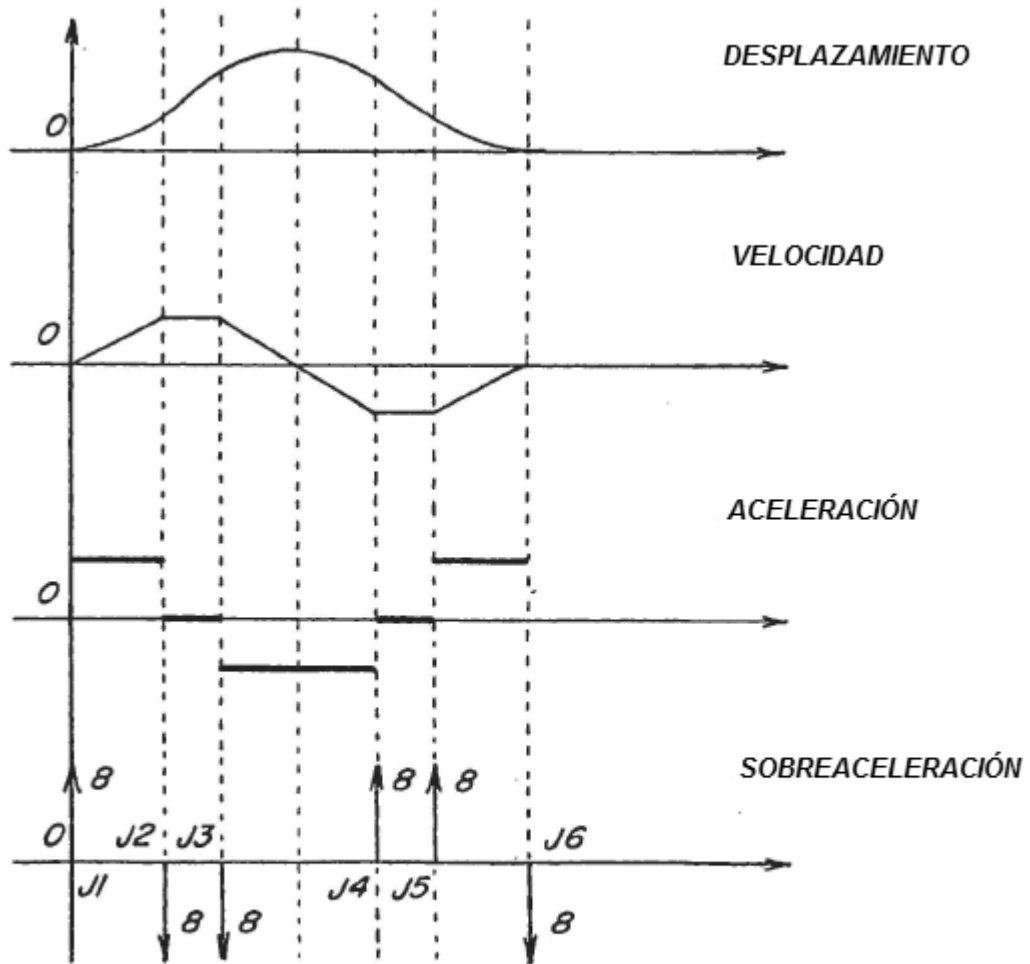
60 13. El método según la reivindicación 1, en el que el elemento (32) de rectificado es giratorio alrededor de un eje del movimiento de desplazamiento alterno durante el movimiento de desplazamiento.

- 5 14. El método según la reivindicación 1, en el que el accionamiento es operable para variar una velocidad de rotación del elemento (32) de rectificado durante el movimiento de desplazamiento para impartir un patrón de trama cruzada deseado sobre una pieza (50) de trabajo que está siendo rectificada.
15. El método según la reivindicación 1, en el que el elemento (32) de rectificado comprende una herramienta (34) de rectificado expandible y un accionamiento (60) operable para expandir y retraer, de manera controlable, la herramienta (34) de rectificado.
- 10 16. El método según la reivindicación 1, en el que el movimiento de desplazamiento es un movimiento vertical y el perfil combinado de aceleración y desaceleración de una parte hacia arriba de desplazamiento del elemento (32) de rectificado y el perfil combinado de la aceleración y la desaceleración de una parte hacia del movimiento de desplazamiento son simétricos.
- 15 17. El método según la reivindicación 1, en el que el movimiento de desplazamiento es un movimiento horizontal.
18. El método según la reivindicación 1, en el que el perfil de la aceleración y la desaceleración del elemento (32) de rectificado es asimétrico.
- 20 19. Una máquina (30) de rectificado, que comprende:
- un elemento (32) de rectificado móvil en un movimiento de desplazamiento alterno para rectificar una pieza (50) de trabajo;
- 25 un servo (36, 78, 82, 84) en conexión con el elemento (32) de rectificado operable, de manera controlable, para mover, de manera alterna, el elemento (32) de rectificado en el movimiento de desplazamiento;
- un servo accionamiento (40) en conexión con el servo (36, 78, 82, 84) operable para operar, de manera controlable, el servo (36, 78, 82, 84);
- 30 un control (46) en conexión con el servo accionamiento (40) para operar el servo accionamiento (40) para controlar el servo (36, 78, 82, 84) para desplazar axialmente, de manera alterna, el elemento (32) de rectificado, y
- un accionamiento (58) que es operable, de manera controlada, para hacer girar el elemento (32) de rectificado durante el movimiento de desplazamiento alterno del mismo,
- 35 en el que el accionamiento (58) es operable para variar una velocidad de rotación del elemento (32) de rectificado durante el movimiento de desplazamiento para impartir un patrón de trama cruzada deseado sobre una pieza (50) de trabajo que está siendo rectificada,

caracterizado por que

- 40 durante al menos una parte del movimiento de aceleración y desaceleración alterno del elemento (32) de rectificado tendrá un perfil seleccionado de entre un grupo que consiste en un perfil cicloidal, un perfil trapezoidal modificado, un perfil polinomial y un perfil sinusoidal modificado, de manera que un perfil de sobreaceleración resultante del movimiento alterno será finito, y
- 45 en el que la rotación del elemento (32) de rectificado es controlada de manera que tenga unos perfiles de aceleración y desaceleración combinados que son iguales a los perfiles de aceleración y desaceleración seleccionados del movimiento de desplazamiento.
20. Máquina (30) según la reivindicación 19, en la que el elemento (32) de rectificado comprende una herramienta (50) de rectificado.
- 50 21. Máquina (30) según la reivindicación 19, en la que el servo (36) comprende un mecanismo de husillo de bolas.
22. Máquina (30) según la reivindicación 19, en la que el servo (84) comprende un motor lineal.
23. Máquina (30) según la reivindicación 19, en la que el servo (78) comprende un cilindro de fluido.
- 55 24. Máquina (30) según la reivindicación 19, en la que el servo (82) comprende un accionamiento de cadena.
25. Máquina (30) según la reivindicación 19, en la que la aceleración y la desaceleración del elemento (32) de rectificado tendrá un perfil seleccionado de entre el grupo sobre sustancialmente una longitud total del movimiento de desplazamiento del mismo.
- 60

26. Máquina (30) según la reivindicación 19, en la que la aceleración y la desaceleración del elemento (32) de rectificadado tendrán el perfil seleccionado de entre el grupo sobre sólo una parte de una longitud del movimiento de desplazamiento del mismo, y tendrán al menos otro perfil sobre una parte restante de la longitud del movimiento de desplazamiento.
- 5
27. Máquina (30) según la reivindicación 19, en la que el perfil de aceleración y desaceleración del elemento (32) de rectificadado es seleccionado de manera que el elemento (32) de rectificadado tendrá el perfil de sobreaceleración finito sobre sustancialmente todo el movimiento de desplazamiento.
- 10
28. Máquina según la reivindicación 19, en la que el perfil polinomial es seleccionado de entre un grupo que consiste en un polinomio 345 y un polinomio 4567.



TÉCNICA ANTERIOR

Fig. 1

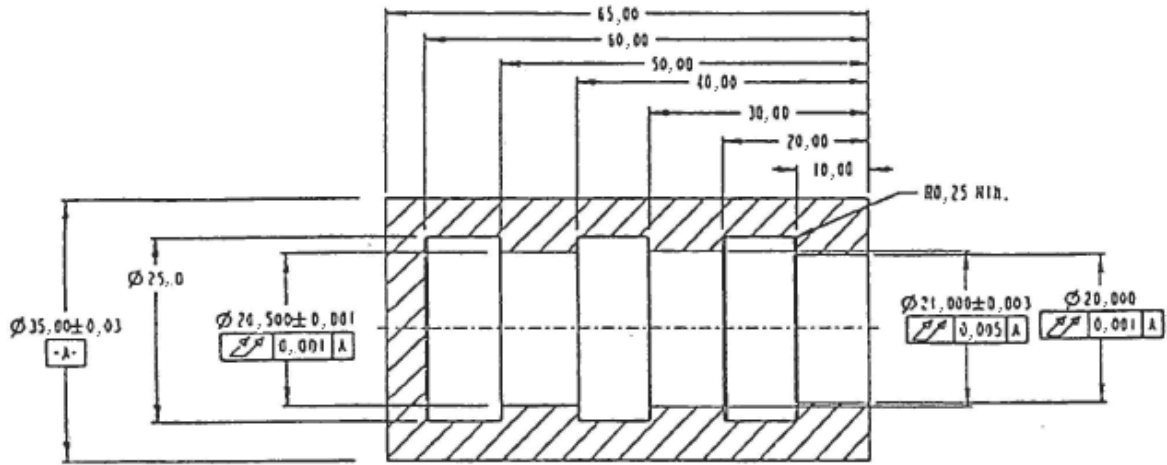


Fig. 2

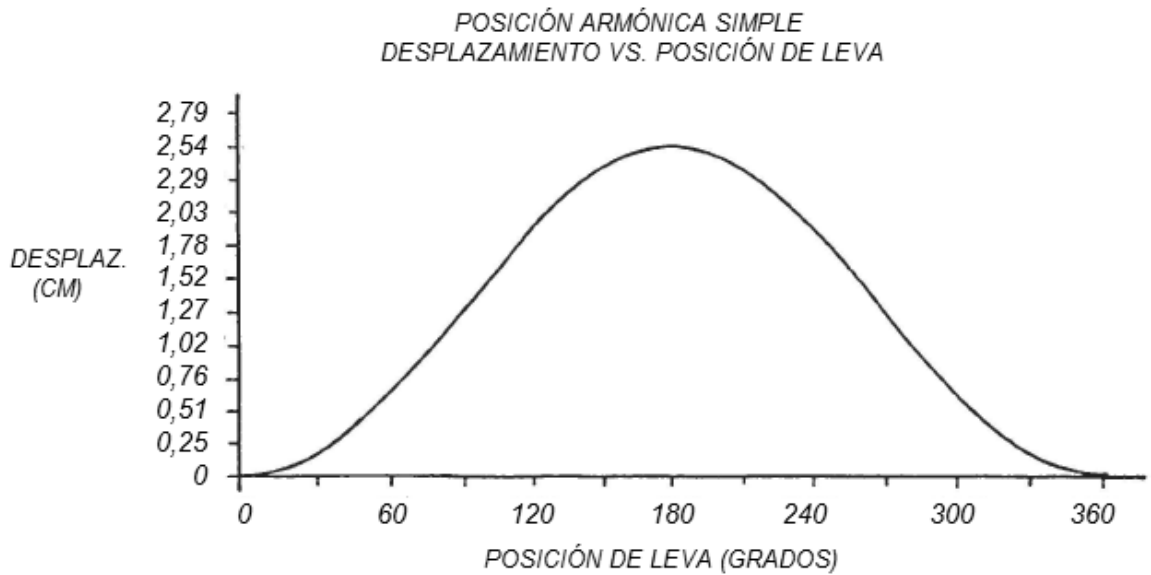


Fig. 3

PERFIL DE VELOCIDAD ARMÓNICO SIMPLE
VELOCIDAD VS. POSICIÓN DE LEVA

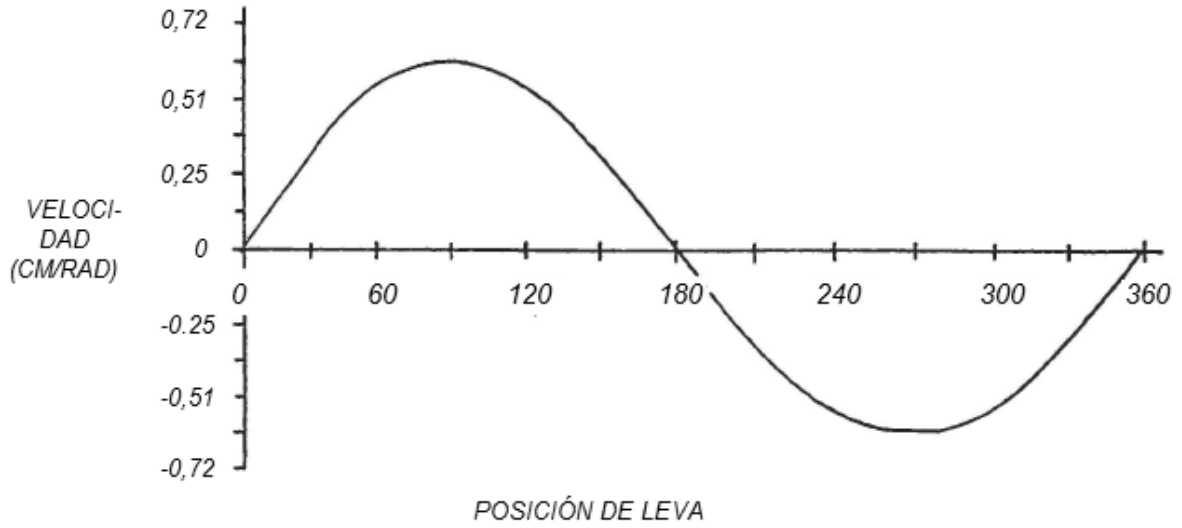


Fig. 4

PERFIL DE POSICIÓN SENOIDAL Y CICLOIDAL
DESPLAZAMIENTO VS. POSICIÓN DE LEVA

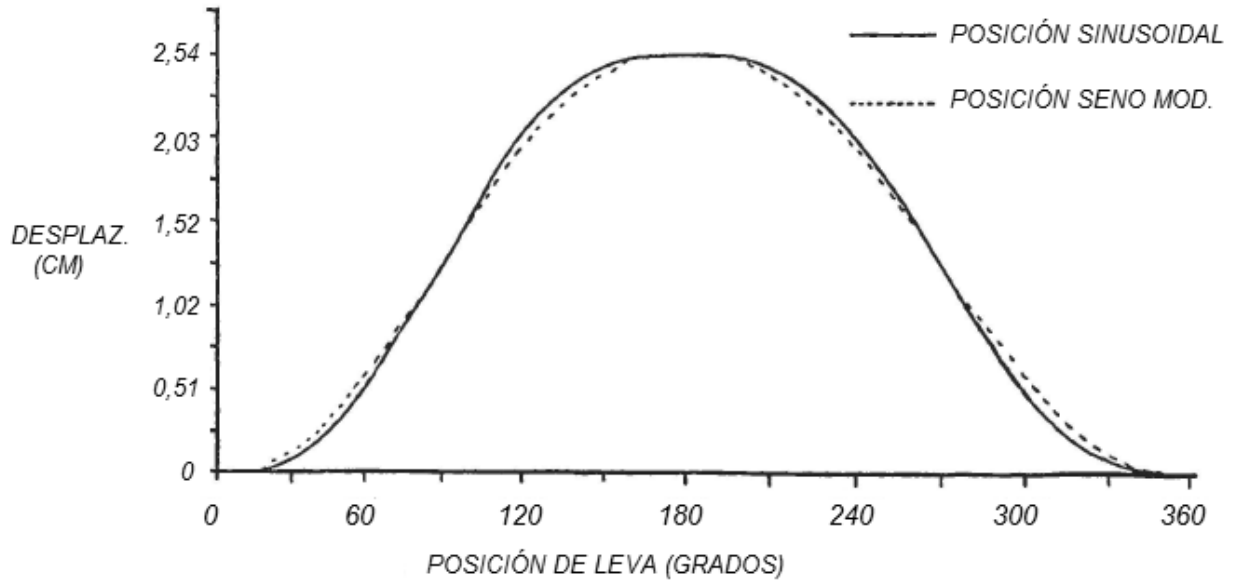


Fig. 7

PERFIL DE ACELERACIÓN ARMÓNICO SIMPLE
ACELERACIÓN VS. POSICIÓN DE LEVA

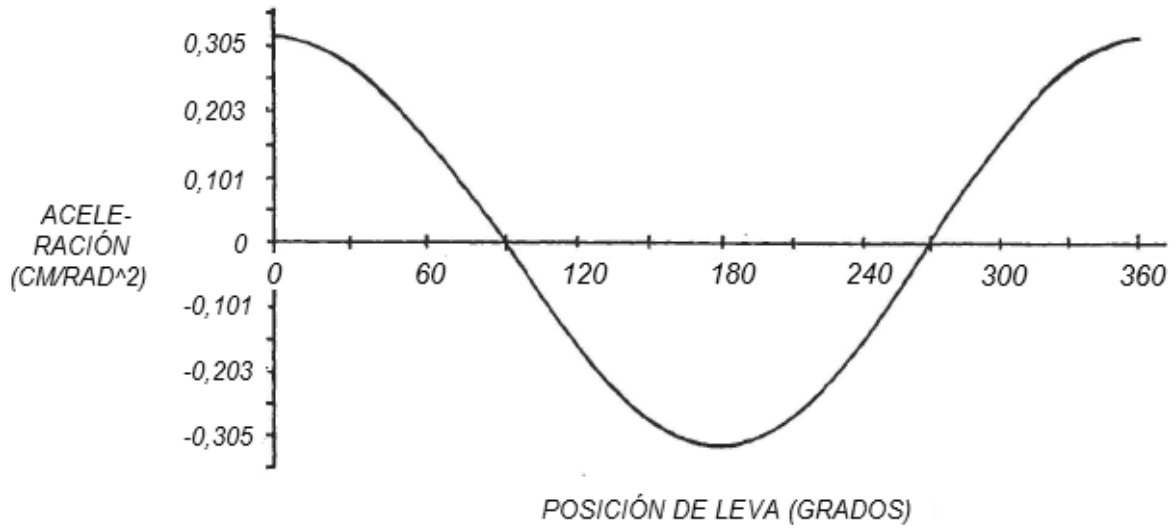


Fig. 5

PERFIL DE SOBREACELERACIÓN ARMÓNICO SIMPLE
SOBREACELERACIÓN VS. POSICIÓN DE LEVA

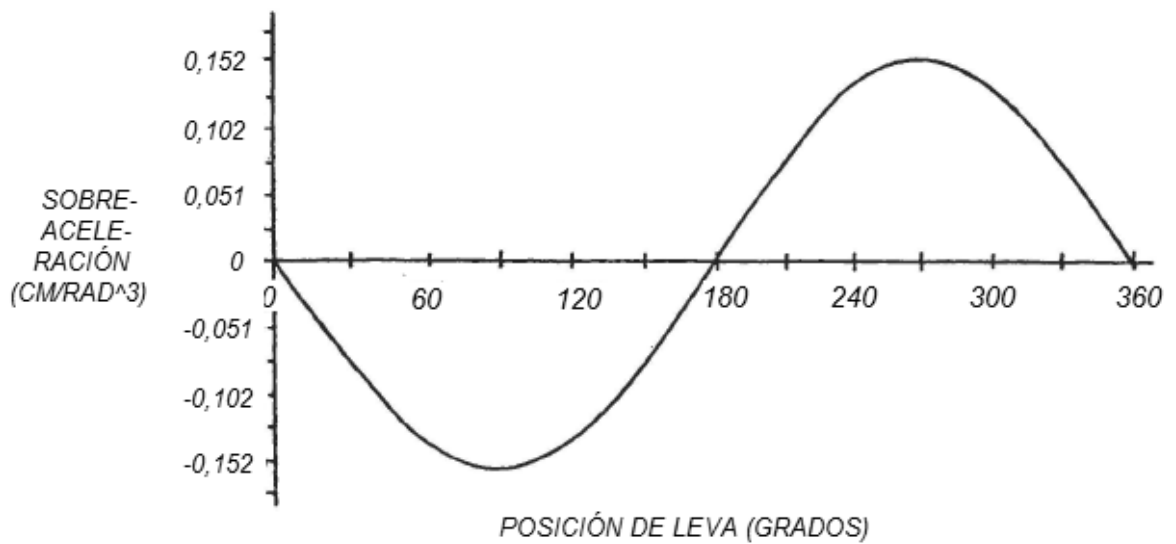


Fig. 6

PERFIL DE VELOCIDAD SENOIDAL MODIFICADO Y CICLOIDAL
VELOCIDAD VS. POSICIÓN DE LEVA

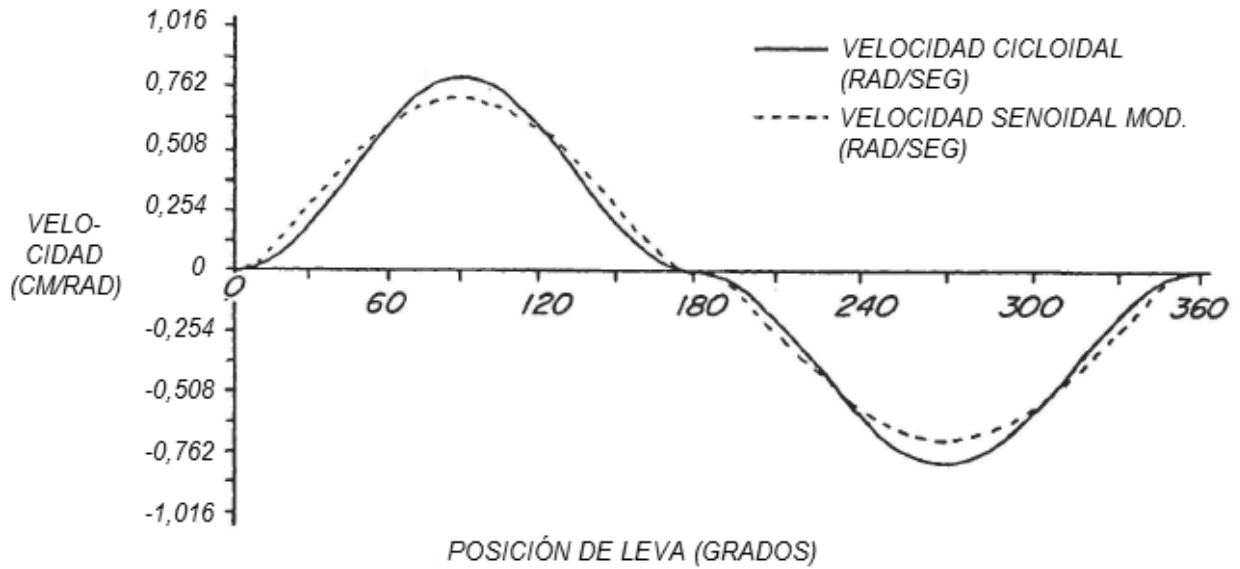


Fig. 8

PERFIL DE ACELERACIÓN SENOIDAL MODIFICADO Y CICLOIDAL
ACELERACIÓN VS. POSICIÓN DE LEVA

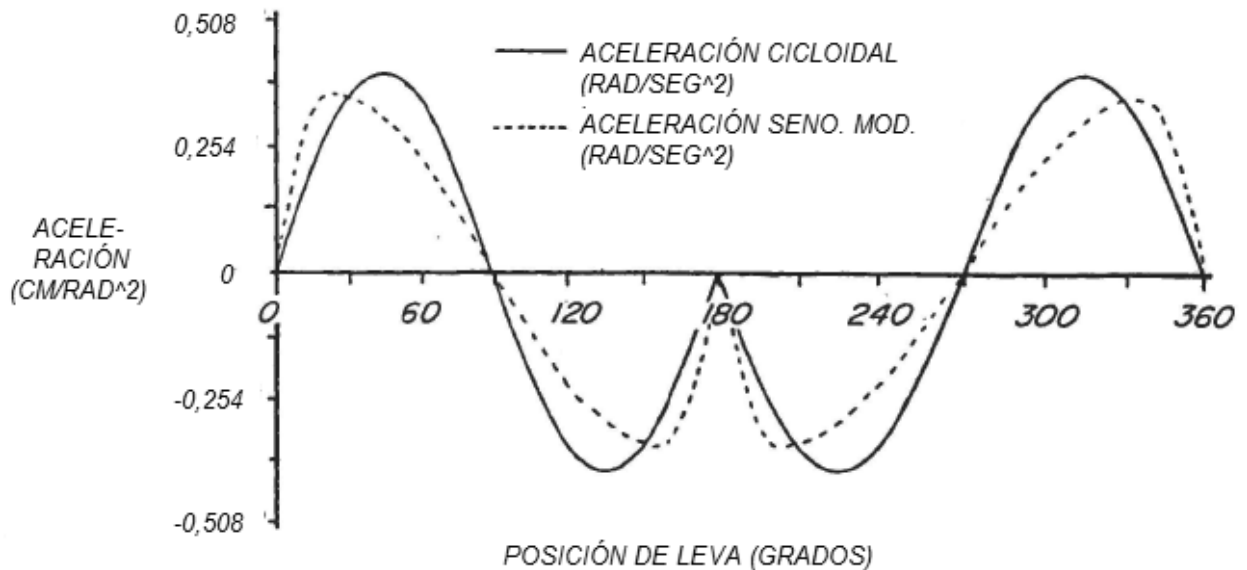


Fig. 9

PERFIL DE SOBREACELERACIÓN SENOIDAL MODIFICADO Y CICLOIDAL
 SOBREACELERACIÓN VS. POSICIÓN DE LEVA

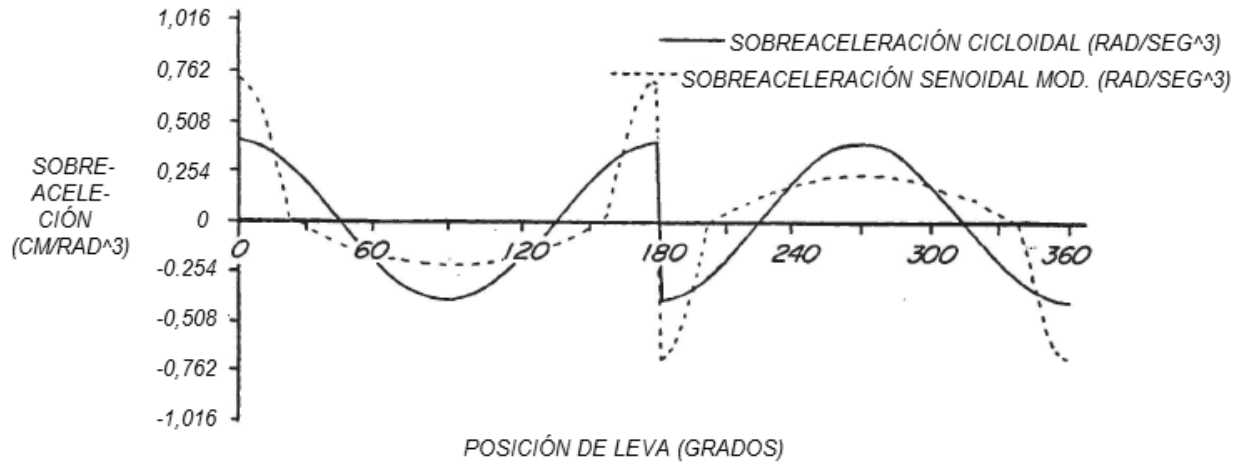


Fig. 10

POSICIÓN TRAPEZOIDAL MOD.
 DESPLAZAMIENTO VS. POSICIÓN DE LEVA

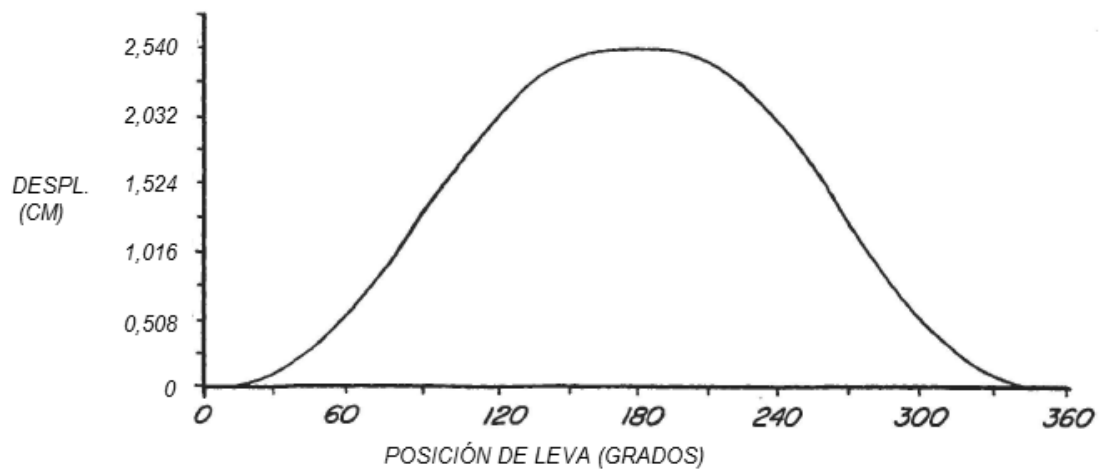


Fig. 11

PERFIL DE VELOCIDAD TRAPEZOIDAL MOD.
VELOCIDAD VS. POSICIÓN DE LEVA

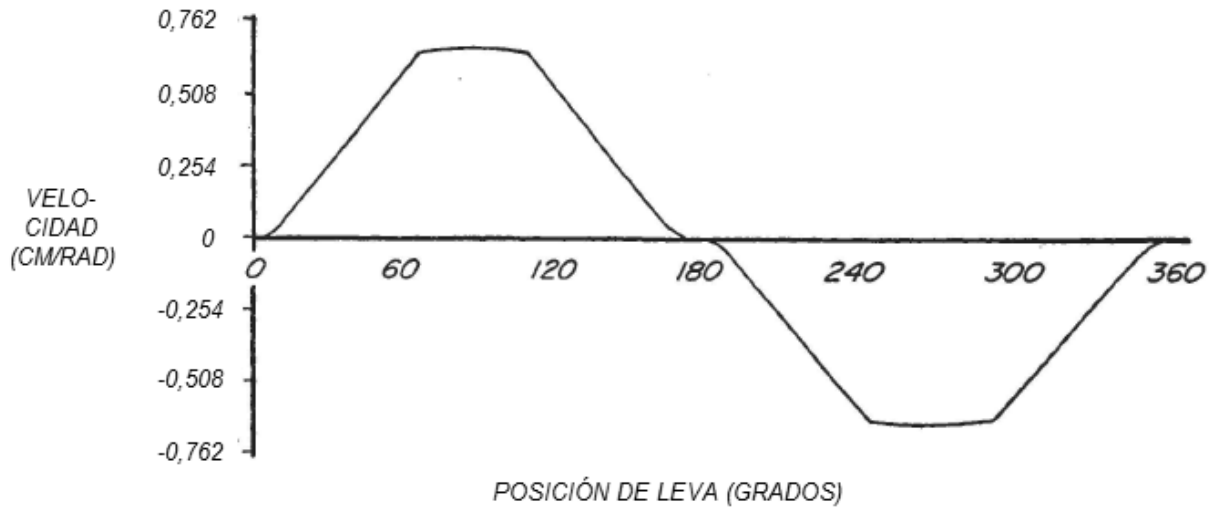


Fig. 12

PERFIL DE ACELERACIÓN TRAPEZOIDAL MOD.
ACELERACIÓN VS. POSICIÓN DE LEVA

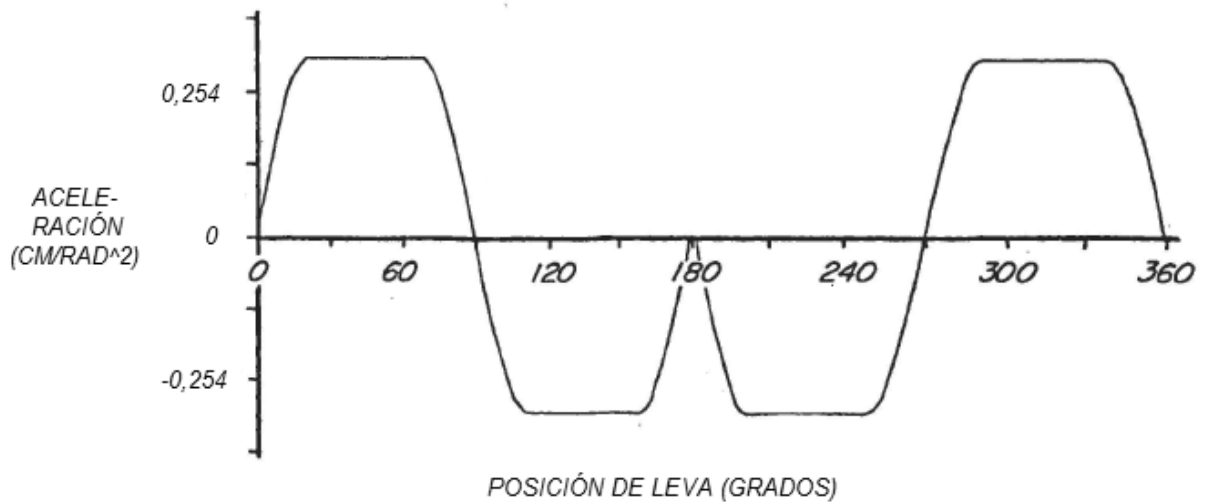


Fig. 13

PERFIL DE SOBREACELERACIÓN TRAPEZOIDAL MOD.
 SOBREACELERACIÓN VS. POSICIÓN DE LEVA

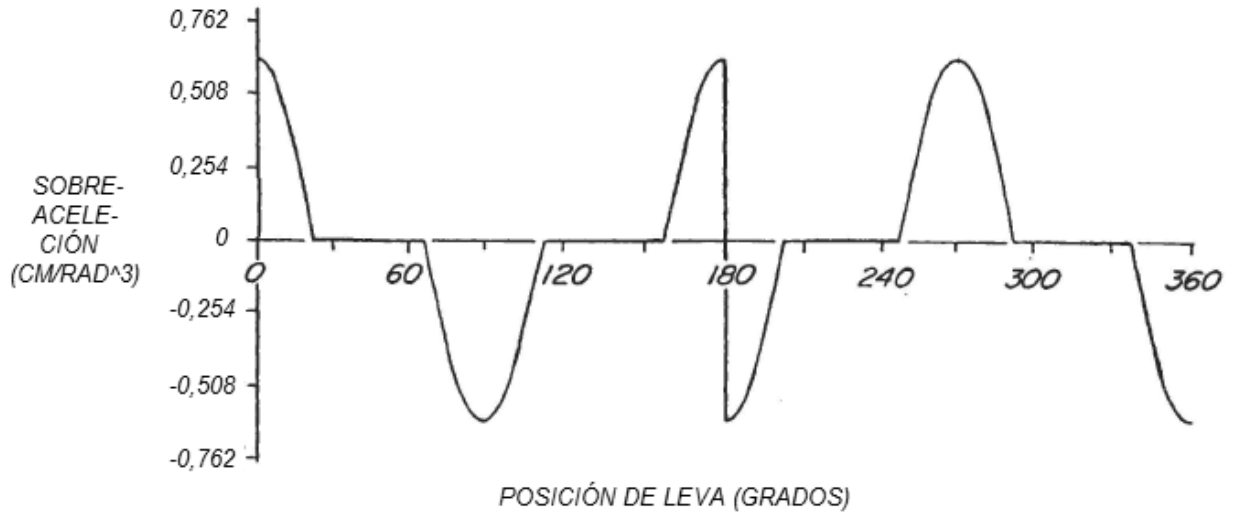


Fig. 14

POSICIÓN POLINOMIAL 345 Y 4567
 DESPLAZAMIENTO VS. POSICIÓN DE LEVA

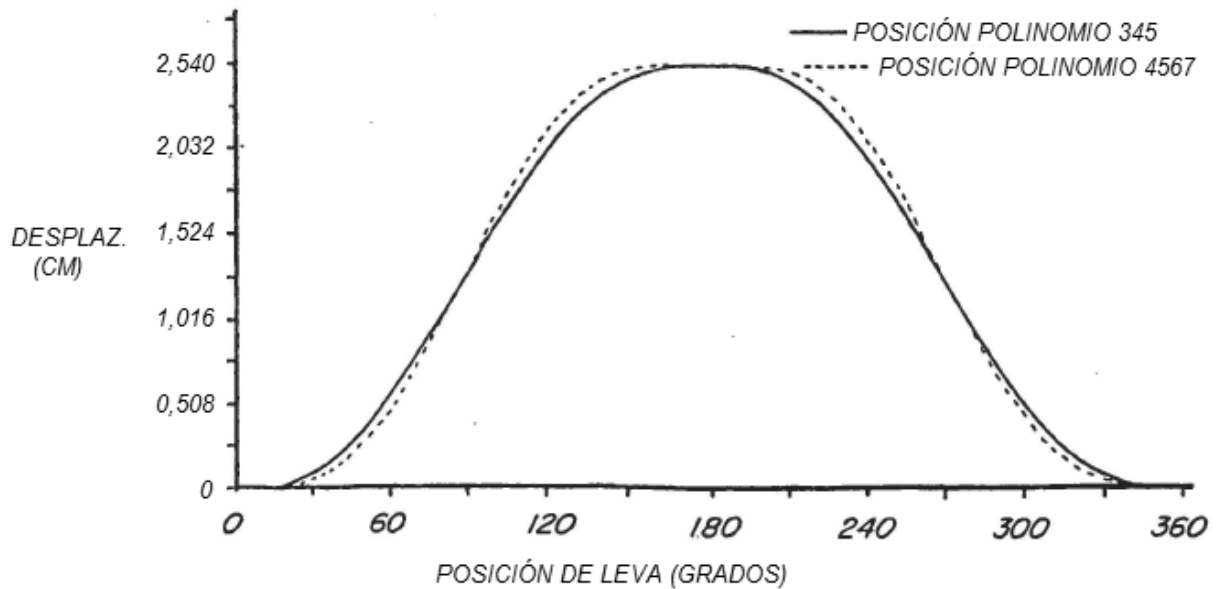


Fig. 15

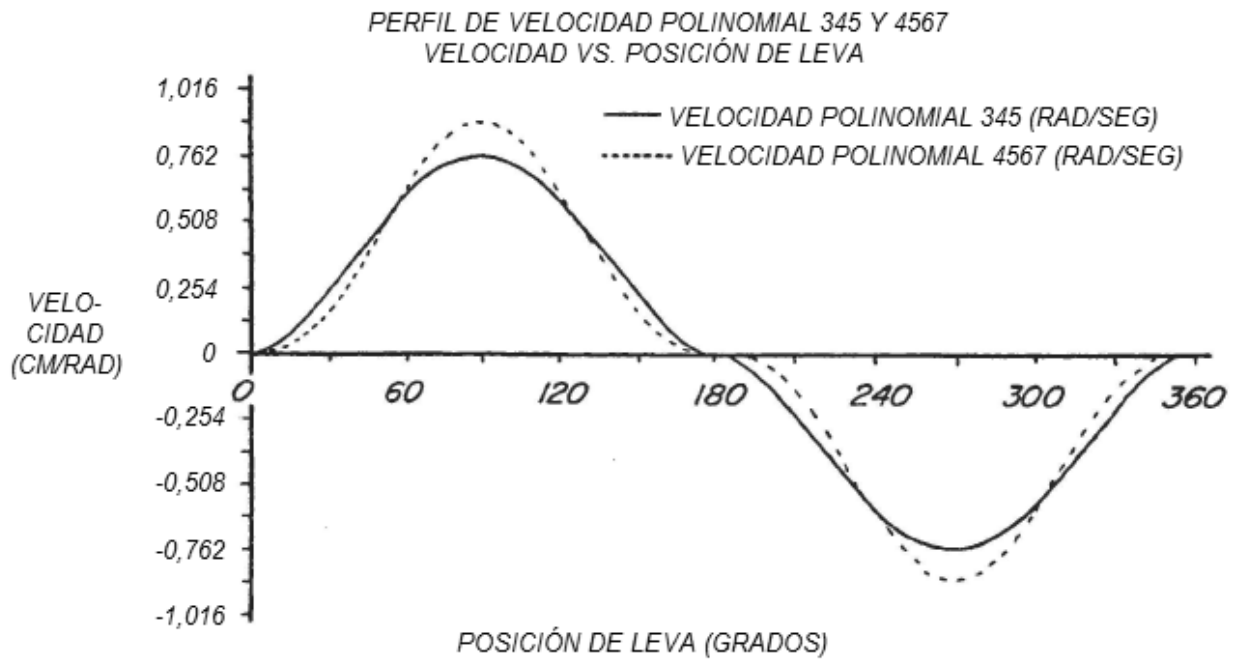


Fig. 16

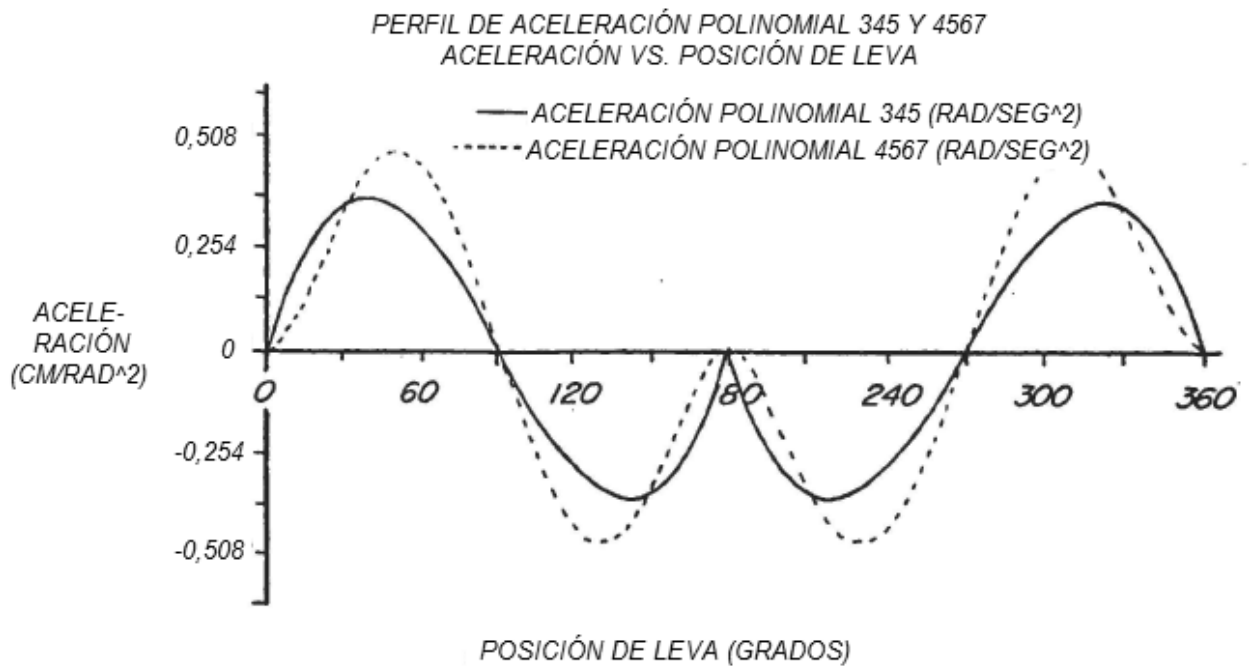


Fig. 17

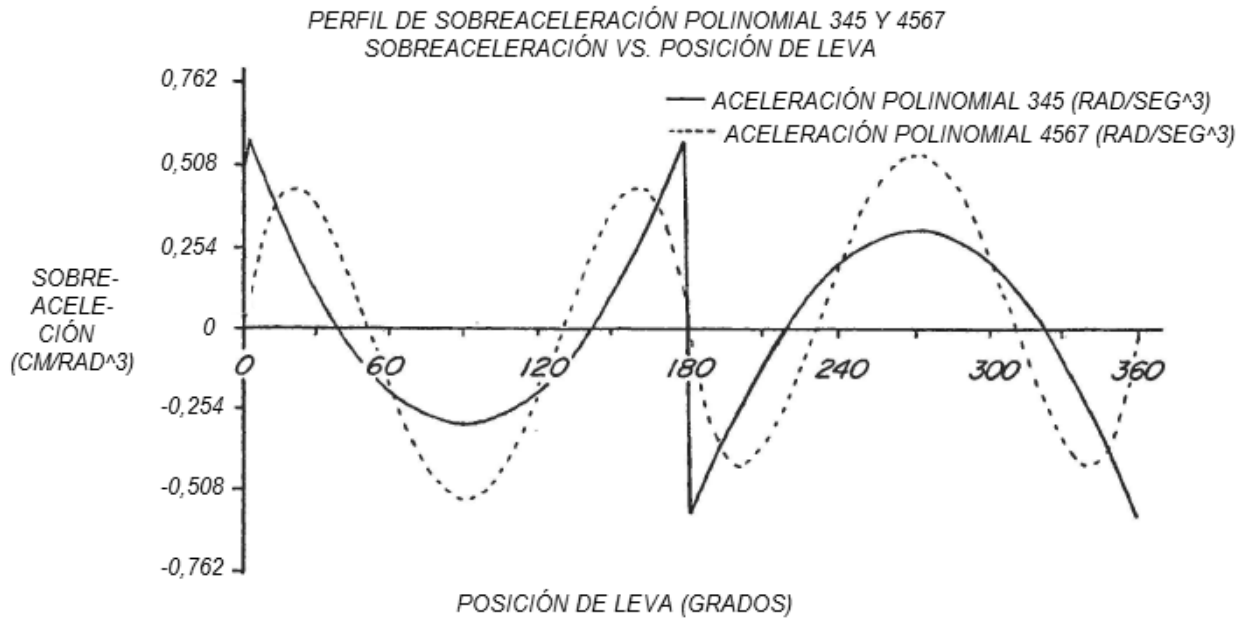


Fig. 18

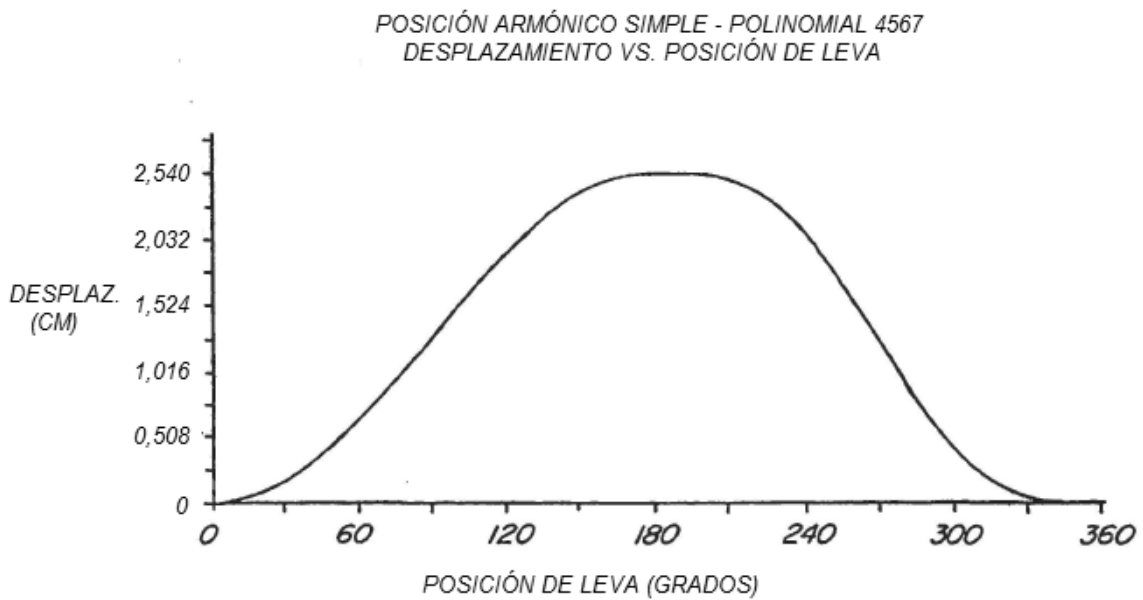


Fig. 19

PERFIL DE VELOCIDAD ARMÓNICO SIMPLE - POLINOMIAL 4567
VELOCIDAD VS. POSICIÓN DE LEVA

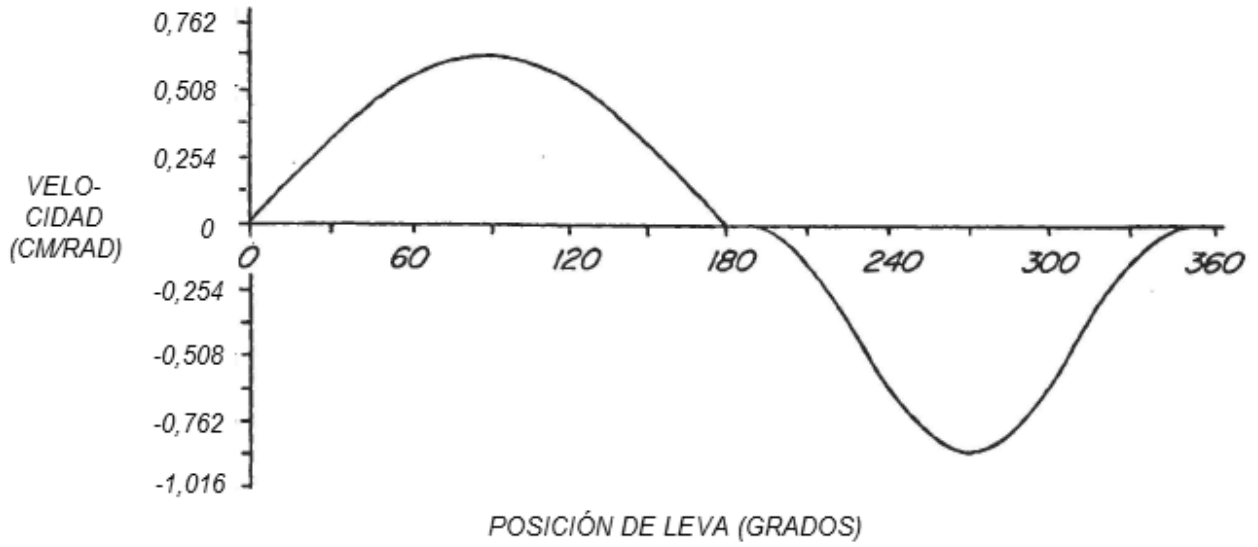


Fig. 20

PERFIL DE ACELERACIÓN ARMÓNICO SIMPLE - POLINOMIAL 4567
ACELERACIÓN VS. POSICIÓN DE LEVA

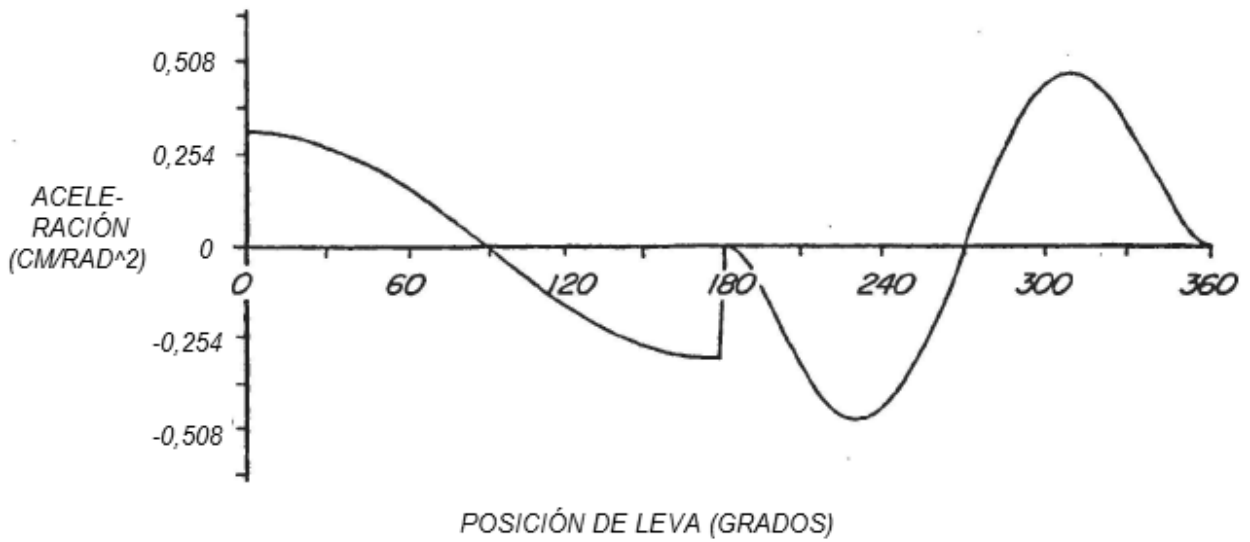


Fig. 21

PERFIL DE SOBREALACERACIÓN ARMÓNICO SIMPLE - POLINOMIAL 4567
SOBREALACERACIÓN VS. POSICIÓN DE LEVA

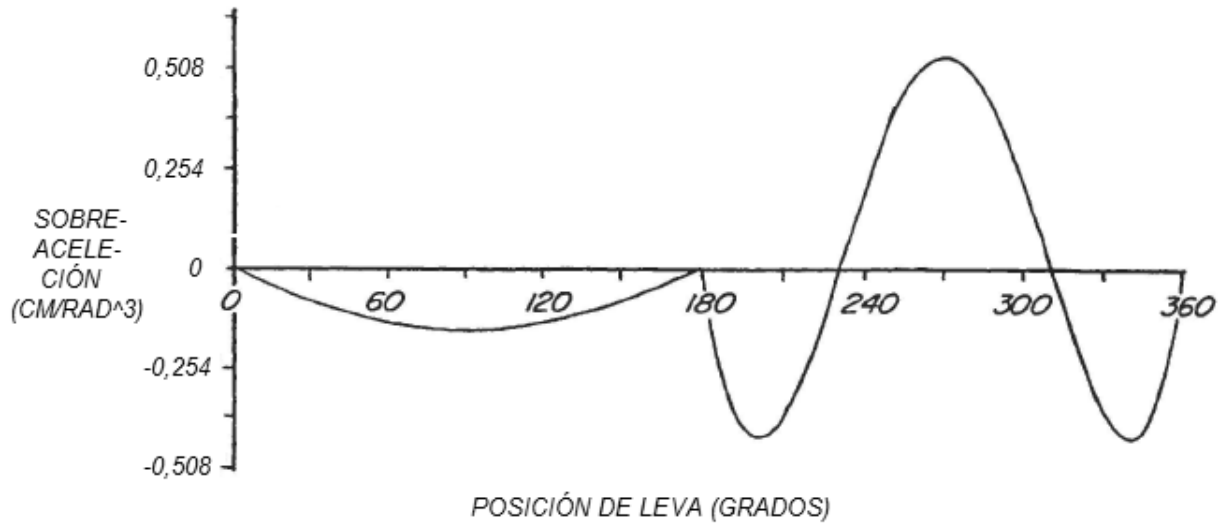


Fig. 22

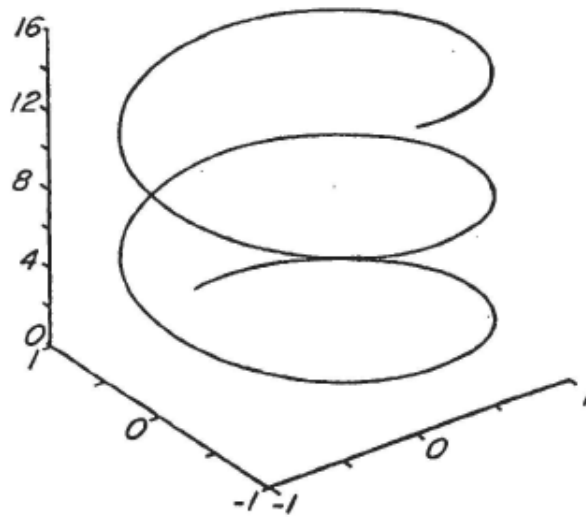


Fig. 23

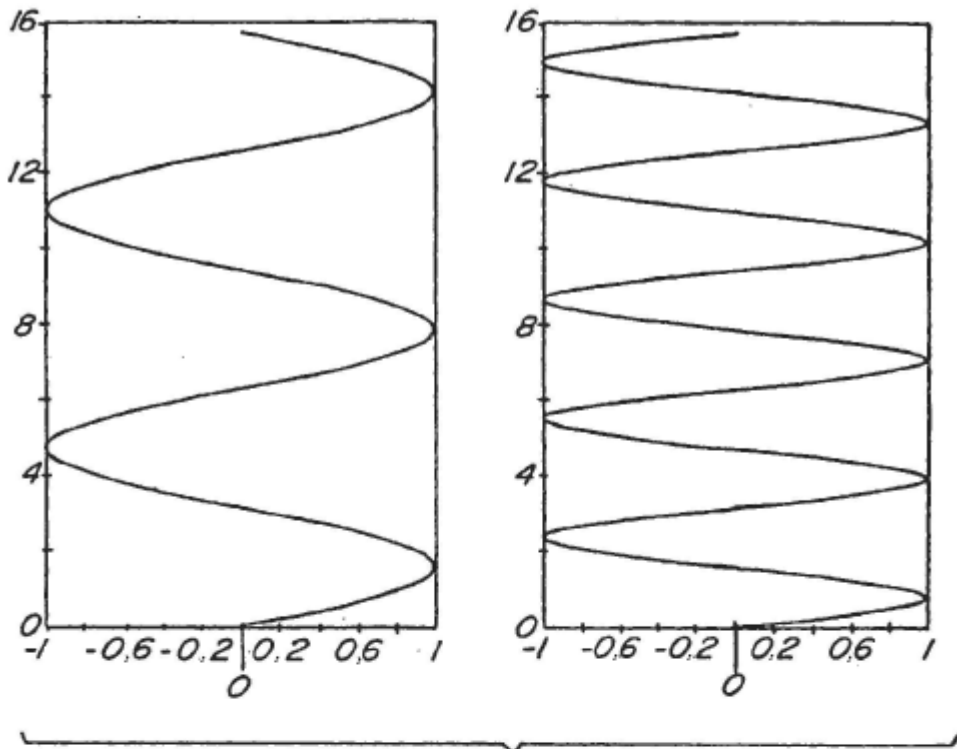


Fig. 24

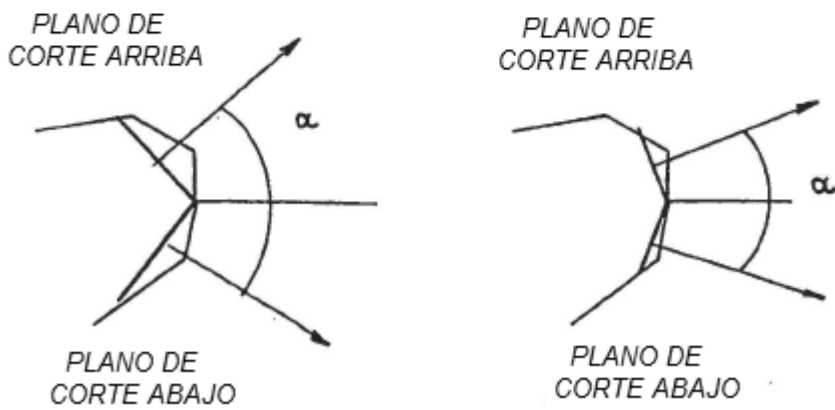


Fig 25

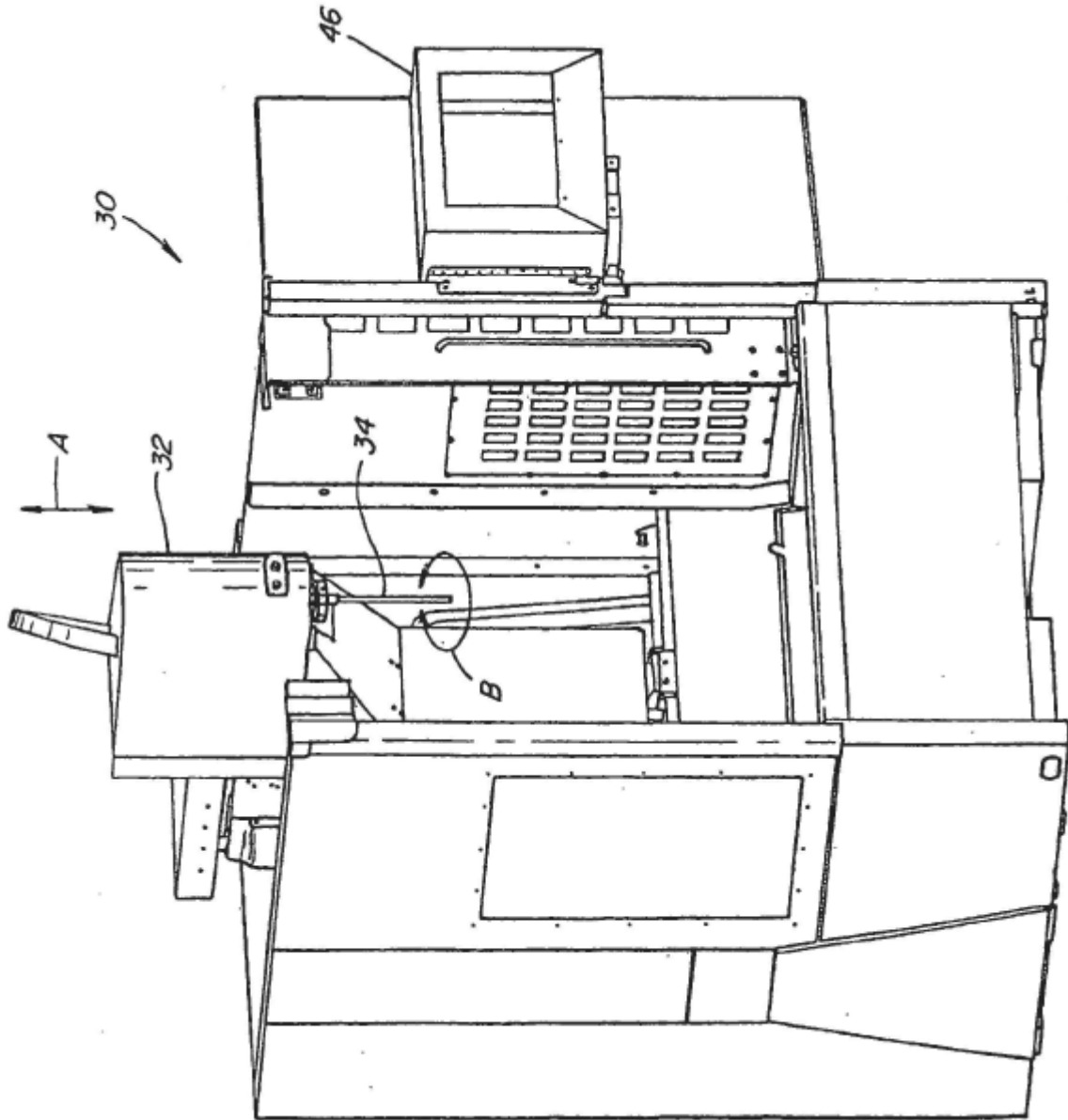


Fig. 26

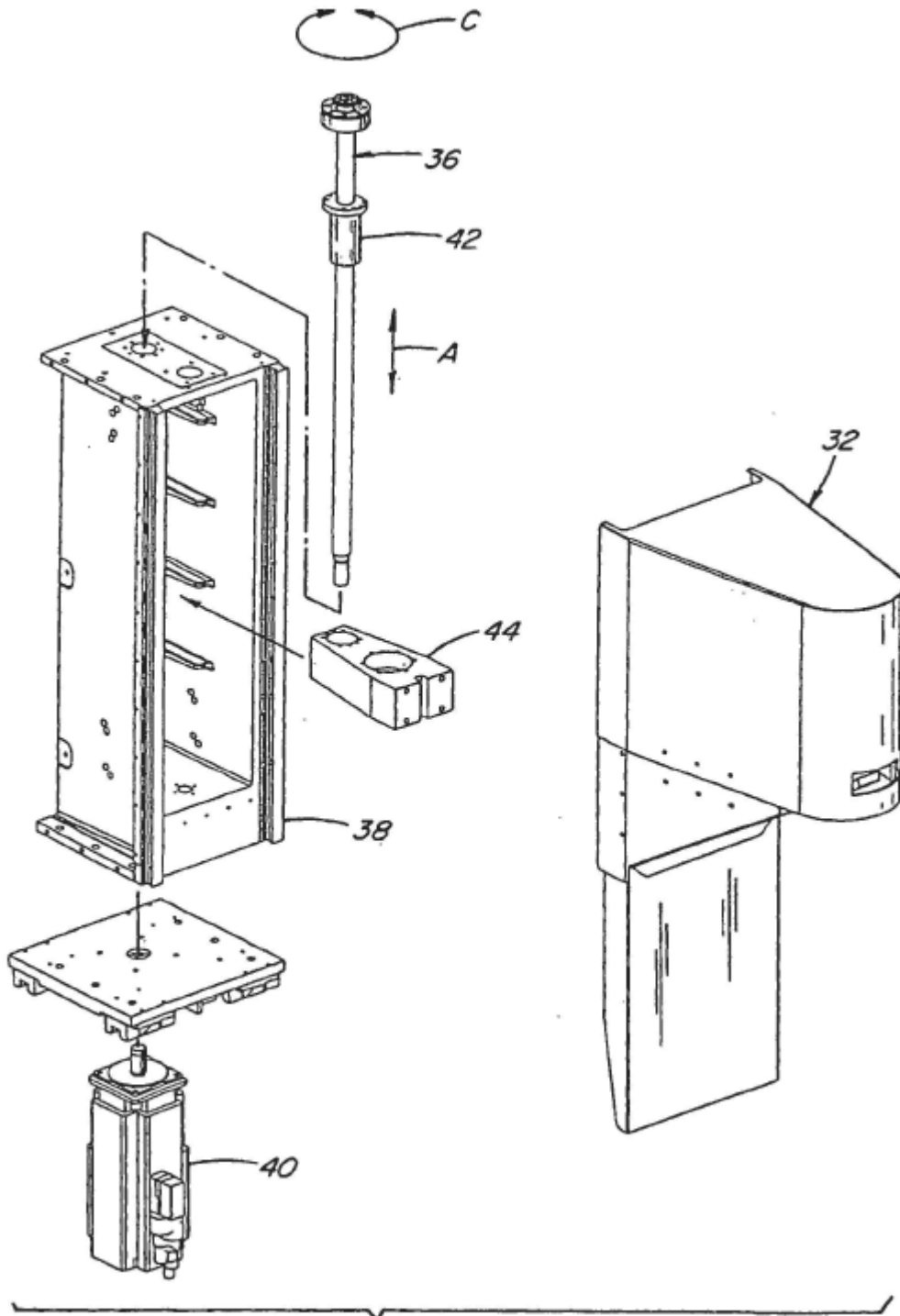


Fig. 27

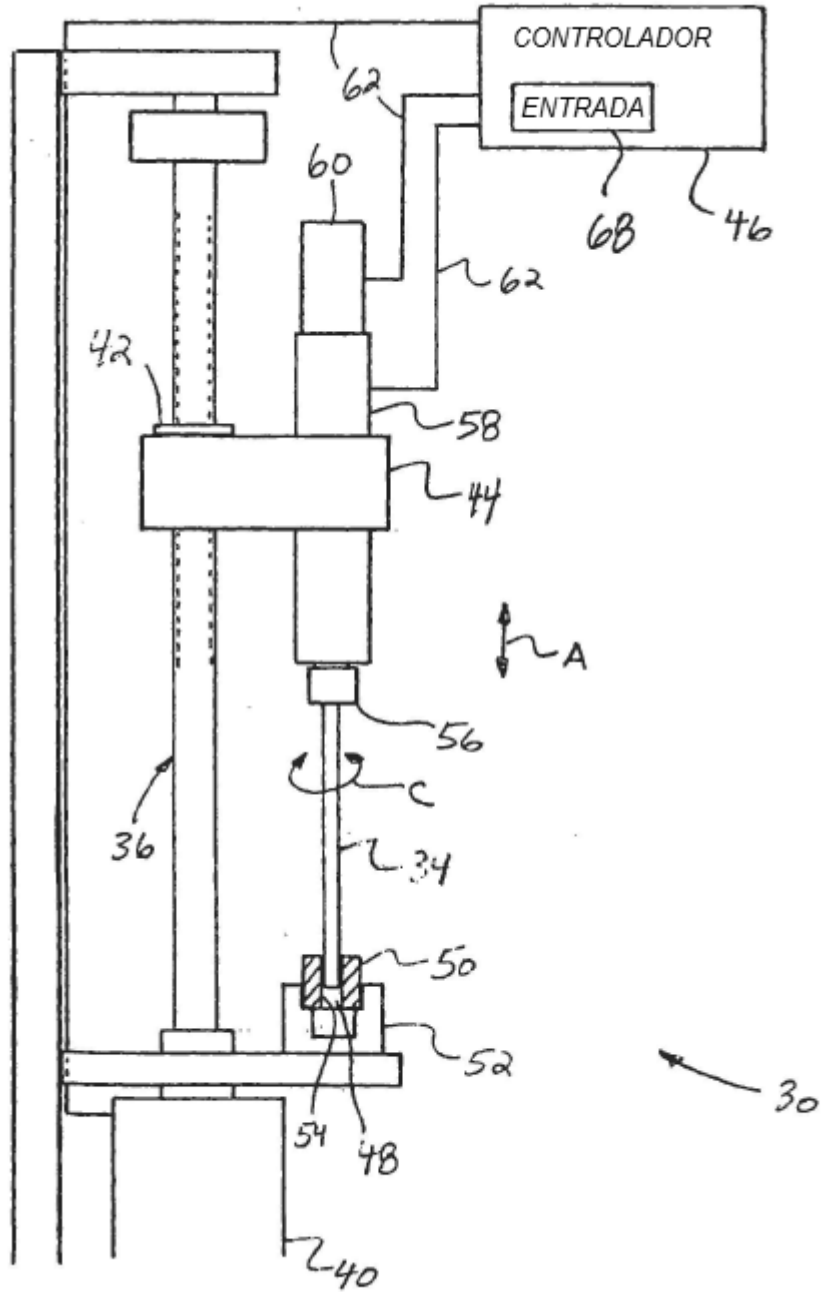


Fig. 28

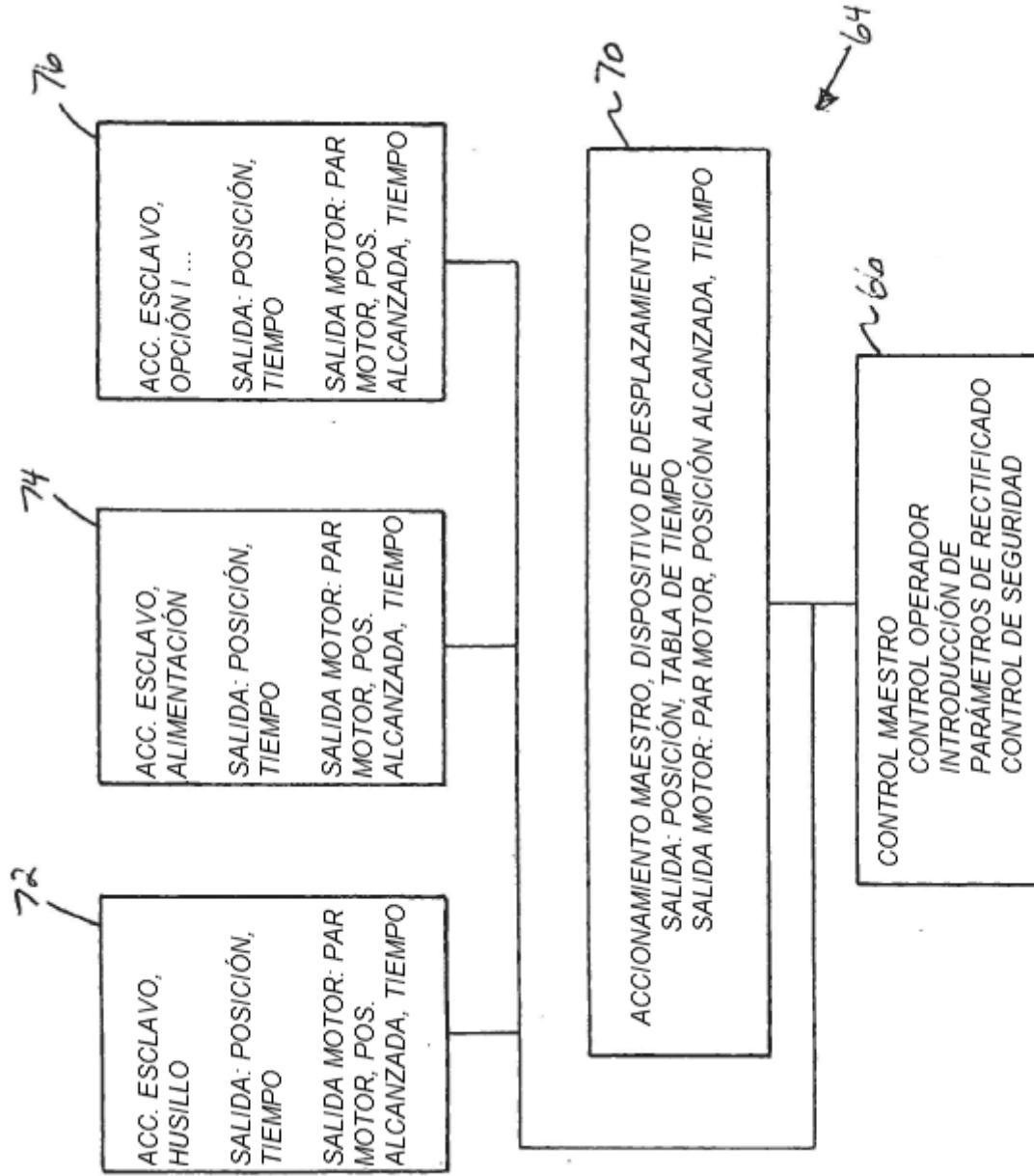


Fig. 29

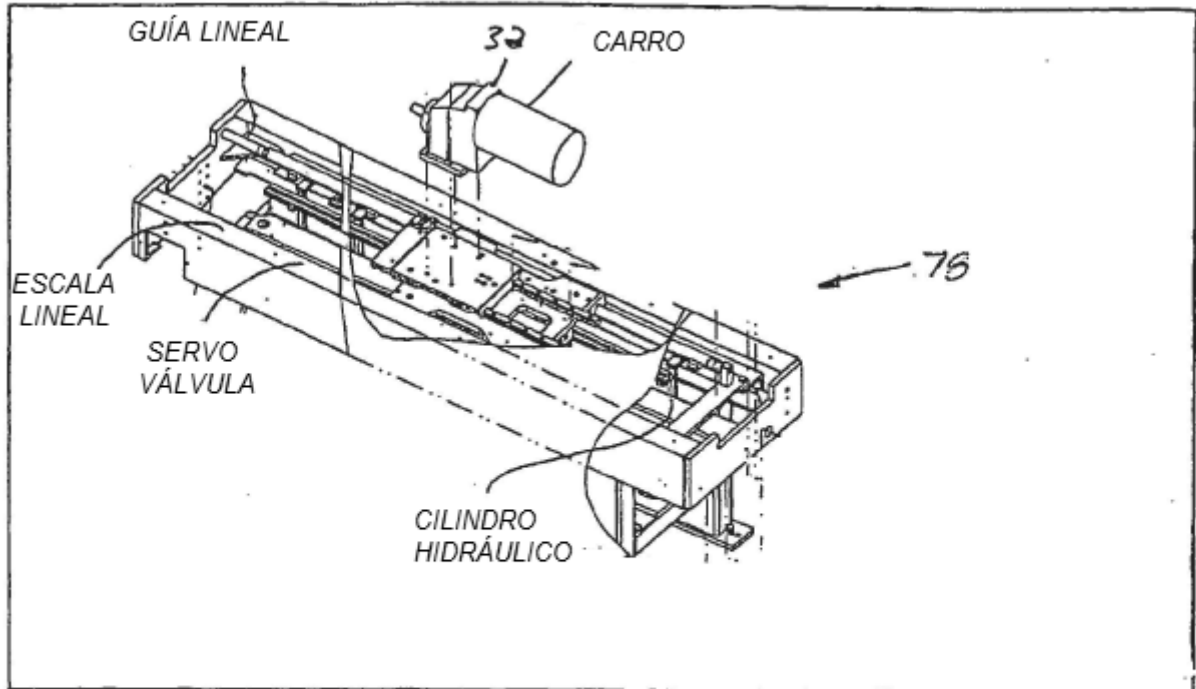
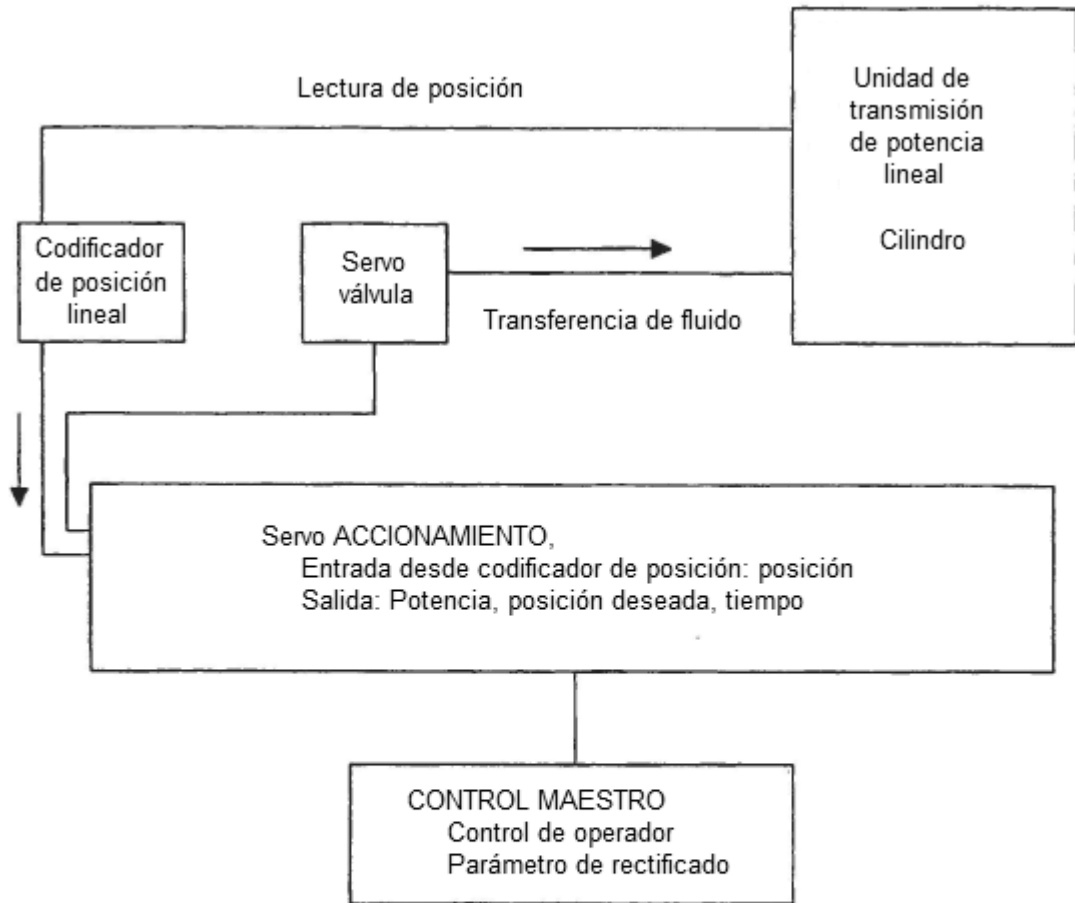


Fig. 30



Sistema de servo válvula

Fig. 31

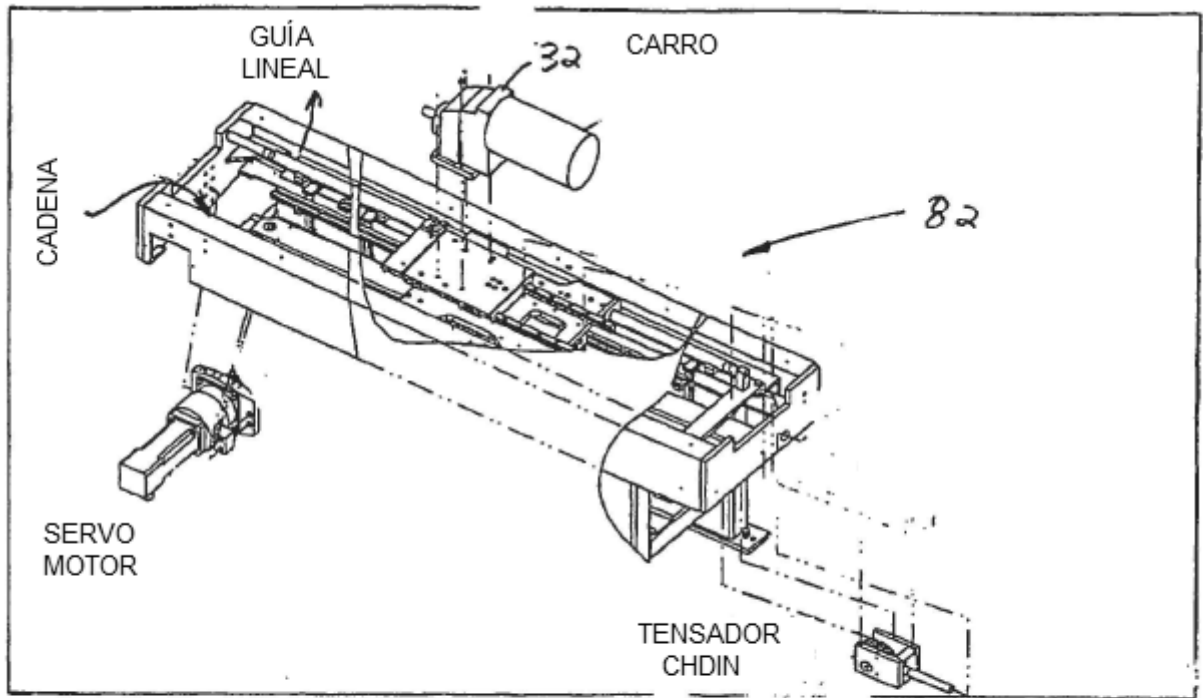
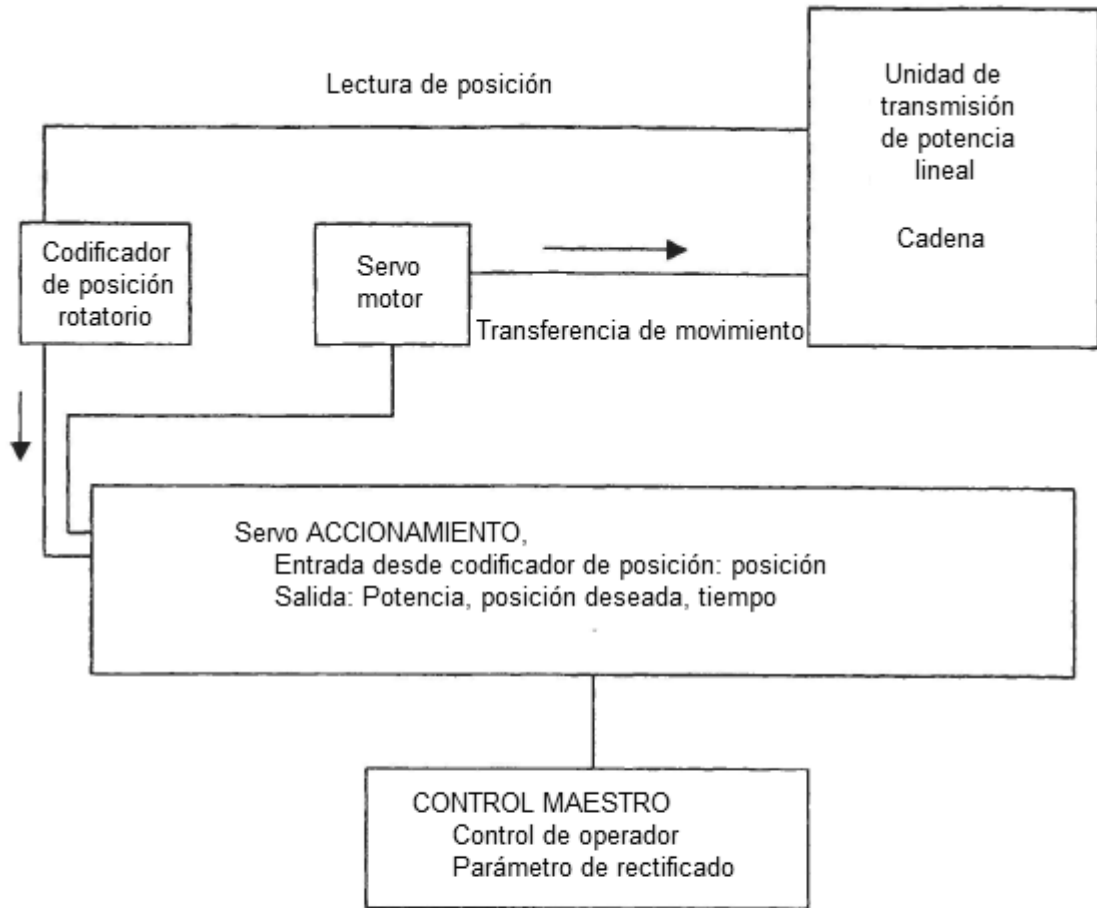


Fig. 32



Sistema de cadena

Fig. 33

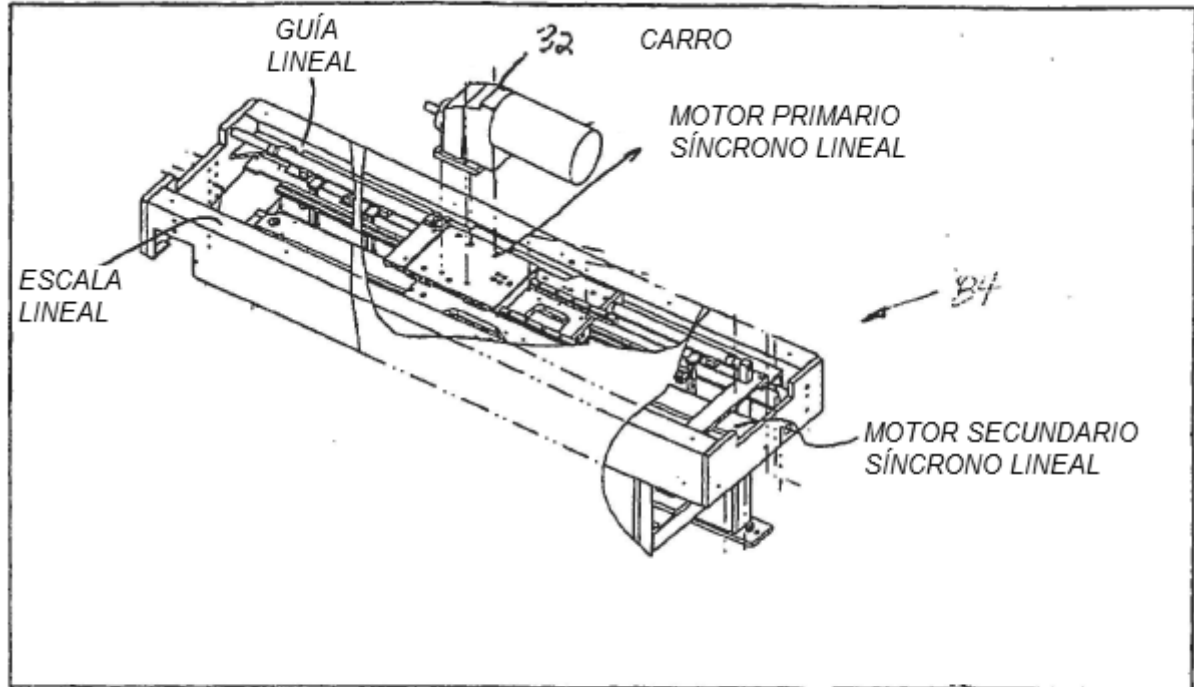
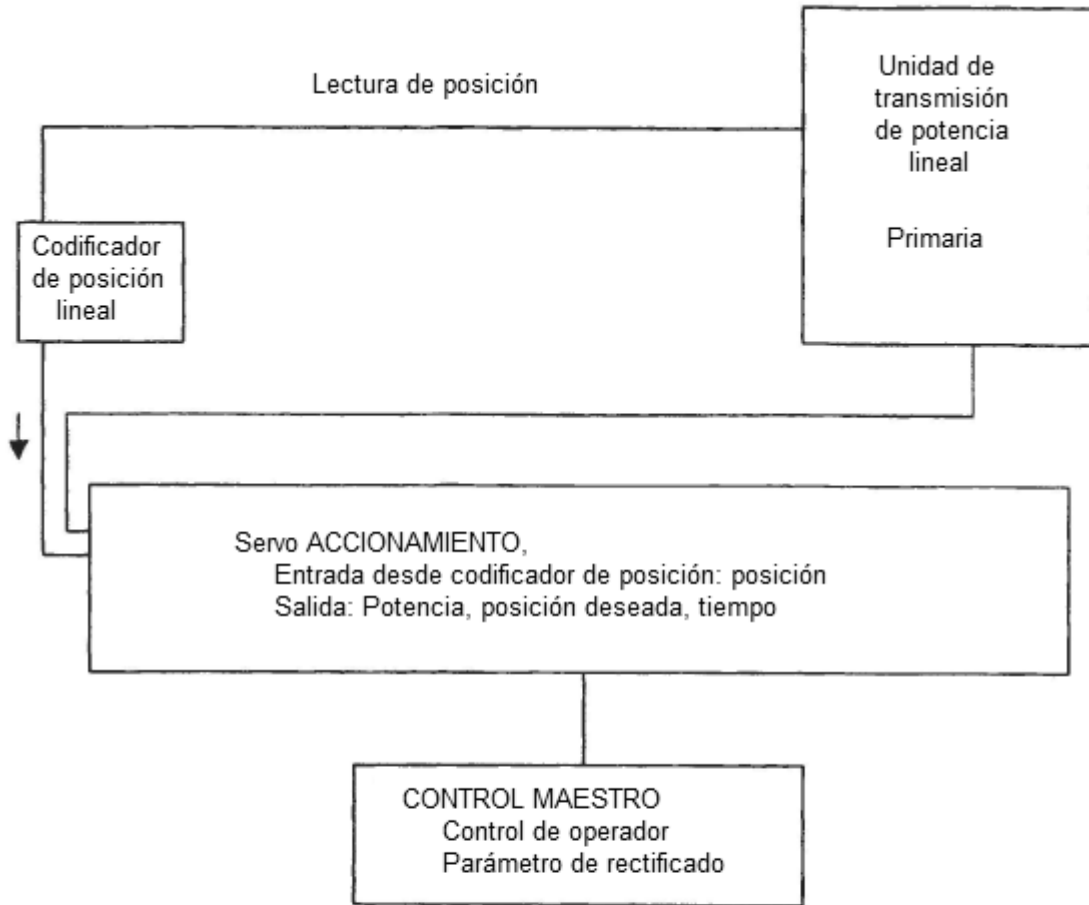


Fig. 34



Sistema de motor lineal

Fig. 35