



## **DIGITALIZACIÓN DEL PERFIL DE LEVAS DE DISCO, CON MOVIMIENTO DEL SEGUIDOR EN DIRECCIÓN AL CENTRO DE ROTACIÓN DE LA LEVA.**

**Alejandro E. Bolívar P.**  
**Magíster en Ingeniería Mecánica. Ingeniero Mecánico.**  
**E-Mail: abolivarl@hotmail.com**

### **Resumen**

Este software es una herramienta de gran ayuda en el proceso de diseño y enseñanza-aprendizaje de levas de disco con movimiento del seguidor en dirección al centro de rotación de la leva, tema de estudio en el área de diseño mecánico y de gran utilidad en las empresas de fabricación de dicho elemento; en este estudio a partir de los datos necesarios (ángulo de giro de la leva y la altura del seguidor) se requiere resolver el problema de manera gráfica. Dicho programa dibuja la leva de disco y el diagrama de desplazamiento ( $y = f()$ ) mediante un programa de diseño, en este caso AutoCAD, además de utilizar una interfaz bajo Windows con el lenguaje Visual Basic que facilita la introducción de los datos y el procesamiento de los mismos para resolver el problema. Una vez obtenido el perfil en AutoCAD se puede proceder a realizar los arreglos finales para terminar de dibujar la leva.

**Palabras Claves: Levas, Diseño de levas, Elementos de Máquina, Mecanismos.**

### **Abstract**

This software is a tool of great help in the design process and teaching-learning of disk cams with the follower's movement in address to the cam rotation center, study subject in design mechanic's area and of great utility in the companies of production of this element; in this study starting from the necessary data (angle of turn of the cam and the follower's height) which requires to be solved the problem in a graphic way. This program draws the cam disk and the displacement diagram ( $y = f(0)$ ) using a design program, in this case AutoCAD, base on Windows shell with the language Visual Basic which facilitates the introduction of the data and the prosecutions of the same ones to solve the problem. Once obtained the profile in AutoCAD you can proceed to carry out the final arrangements to finish the cam's d raw.

**Key words: Cams, Cam Design, Elements of Machine, Mechanisms.**

## **INTRODUCCIÓN**

Existen componentes de algunas máquinas que necesitan realizar un movimiento de una forma determinada, lo más exacto posible. La superficie de la leva permite lograr el movimiento requerido. Una leva es un elemento mecánico el cual permite impulsar a otro elemento, llamado seguidor o vástago, para que se desarrolle un movimiento especificado, por contacto directo. Las

levas y el seguidor son sencillos y económicos, poseen pocas piezas móviles y ocupan espacios reducidos, y además de todos los mecanismos es el que ofrece mayor facilidad para producir cierto movimiento, velocidad y aceleración.

Entre las aplicaciones de la leva se tienen máquinas: textiles, para empacar, herramientas, de impresión, de combustión interna, de hacer zapatos, embotelladoras; y también relojes y cerraduras, entre otras.

Las levav en estudio son de tipo placa, llamada también de disco o radial, ver figura 1. En lo que respecta al seguidor, la línea del movimiento del seguidor debe pasar por el centro de rotación de la leva.

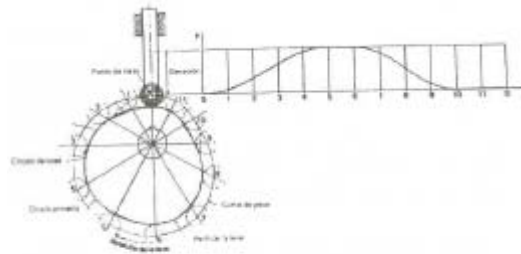


Figura 1.- Diagrama de desplazamiento para el diseño de levav de disco.

Existen programas para el diseño de levav con limitantes en cuanto a la función a seguir para obtener el perfil deseado; es decir, la función de movimiento está implícita en el programa por lo que no puede ser modificada por el usuario, el objetivo fundamental de este trabajo es que el programa admita la introducción de cualquier función matemática dependiente de una variable (ángulo de giro de la leva) para dibujar el perfil de la leva, adicional a esto también se cuenta con un programa para realizar ajustes de curva en el caso que el diseñador tenga sólo las coordenadas de los puntos representados por el ángulo girado por la leva ( $\theta$ ) y la altura o desplazamiento del seguidor; de este modo se puede obtener una función polinómica, logarítmica, exponencial o de potencia, esto facilitará en gran forma la digitalización del perfil de la leva y por ende del diagrama de desplazamientos.

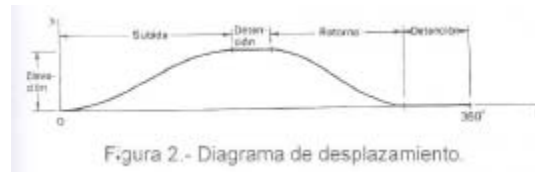
Los programas existentes sólo visualizan el perfil de la leva y el diagrama de desplazamiento como una imagen, lo que dificulta la posibilidad de realizar modificaciones o utilizarla con otros fines como el de animación; este programa en cambio dibuja el perfil de la leva directamente en AutoCAD, el cual es un programa de diseño con amplio uso en el área de diseño a nivel industrial; todo esto permite que se puedan realizar modificaciones para visualizar la leva en tres dimensiones e inclusive exportarla bien sea como imagen en cualquiera de los formatos disponibles o para realizar animaciones en 3DStudio.

## DIAGRAMAS DE DESPLAZAMIENTO DEL SEGUIDOR.

El sistema de levav es impulsado por un movimiento de entrada conocido ( $\theta$ ), por lo general un eje que gira a velocidad constante, con el objeto de producir un movimiento de salida ( $y$ ) determinado que se desea para el seguidor.

Durante la rotación de la leva, cada vez que esta gira un ángulo determinado, el seguidor se desplaza una distancia; esto se muestra gráficamente en la figura 2, diagrama de desplazamiento.

En dicho diagrama, la abscisa representa un ciclo del movimiento de entrada (un giro de 360° de la leva). La ordenada "y" representa el recorrido del seguidor.



En un diagrama de desplazamiento se puede identificar un área de la gráfica conocida como subida, en donde el movimiento del seguidor es hacia afuera del centro de la leva. La subida máxima se llama elevación. Los períodos durante los cuales el seguidor se encuentra en reposo se conoce como detenciones y el retorno es el período en el que el movimiento del seguidor es hacia el centro de la leva.

Uno de los pasos claves en el diseño de una leva es la elección de las formas apropiadas para los movimientos de subida y retorno, dependiendo de la situación. Una vez que es establecida la relación exacta entre la entrada y la salida "y", se puede elaborar el diagrama de desplazamiento con precisión, en función de la relación

$$y = f(\theta).$$

Esta ecuación representa la forma exacta del perfil de la leva a diseñar, la información necesaria para su trazado y fabricación, y también las características importantes que determinan la calidad de su comportamiento dinámico. Es de destacar que las funciones de desplazamiento deben tener continuidad de tercer orden (la función más dos derivadas) en todas las fronteras. Las funciones de desplazamiento, velocidad y aceleración no deben tener discontinuidad en la frontera. En caso de existir cualquier discontinuidad en la función de aceleración, entonces habría puntos infinitos, o funciones delta de Dirac; la aceleración infinita no puede obtenerse, puesto que requiere de una fuerza infinita. Esto implica que las fuerzas dinámicas serán muy grandes en estas fronteras y generarán esfuerzos muy altos y un rápido deterioro de la leva.

## MOVIMIENTOS DE LAS LEVAS.

En el caso de movimientos de levas de gran velocidad es factible utilizar ecuaciones de este tipo:

Subida con movimiento armónico simple:

$$y = \frac{L}{2} \left( 1 - \cos\left(\frac{\pi \theta}{\beta}\right) \right) \quad (1)$$

Subida con movimiento cicloidal:

$$y = L \left( \frac{\theta}{\beta} - \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi \theta}{\beta}\right) \right) \quad (2)$$

Subida con movimiento armónico modificado:

$$y = \frac{L}{2} \left[ \left( 1 - \cos\left(\frac{\pi \theta}{\beta}\right) \right) - \frac{1}{4} \left( 1 - \cos\left(\frac{2\pi \theta}{\beta}\right) \right) \right] \quad (3)$$

Retorno con movimiento armónico simple:

$$y = \frac{L}{2} \left( 1 + \cos\left(\frac{\pi \theta}{\beta}\right) \right) \quad (4)$$

Retorno con movimiento cicloidal:

$$y = L \left( 1 - \frac{\theta}{\beta} + \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi \theta}{\beta}\right) \right) \quad (5)$$

Retorno con movimiento armónico modificado:

$$y = \frac{L}{2} \left[ \left( 1 + \cos\left(\frac{\pi \theta}{\beta}\right) \right) - \frac{1}{4} \left( 1 - \cos\left(\frac{2\pi \theta}{\beta}\right) \right) \right] \quad (6)$$

Existen también movimientos estándar de media subida o medio retorno.

Media subida con movimiento armónico simple:

$$y = L \left( 1 - \cos\left(\frac{\pi \theta}{2\beta}\right) \right) \quad (7)$$

$$y = L \sin\left(\frac{\pi \theta}{2\beta}\right) \quad (8)$$

Curvas semi armónicas para movimientos de medio retorno:

$$y = L \cos\left(\frac{\pi \theta}{2\beta}\right) \quad (9)$$

$$y = L \left( 1 - \sin\left(\frac{\pi \theta}{2\beta}\right) \right) \quad (10)$$

Media subida con movimientos semicicloidal:

$$y = L \left( \frac{\theta}{\beta} - \frac{1}{\pi} \sin\left(\frac{\pi \theta}{\beta}\right) \right) \quad (11)$$

$$y = L \left( \frac{\theta}{\beta} + \frac{1}{\pi} \sin\left(\frac{\pi \theta}{\beta}\right) \right) \quad (12)$$

Curvas semicicloidales para los movimientos de medio retorno:

$$y = L \left( 1 - \frac{\theta}{\beta} + \frac{1}{\pi} \sin\left(\frac{\pi \theta}{\beta}\right) \right) \quad (13)$$

$$y = L \left( 1 - \frac{\theta}{\beta} - \frac{1}{\pi} \sin\left(\frac{\pi \theta}{\beta}\right) \right) \quad (14)$$

## METODOLOGÍA.

Para realizar el trazado de una leva, se emplean muchas divisiones para obtener una exactitud adecuada, mientras mayor sea el número de divisiones más exacto será el trazo de la leva.

Cada cierto ángulo se define cual es la altura "y" del seguidor, también se puede definir para un intervalo de ángulos i (ángulo inicial) hasta f (ángulo final) una función que depende de;  $y = f(\theta)$ . Se aplica el principio de inversión cinemática para construir el perfil de la leva, imaginando que la leva es estacionaria y haciendo que el seguidor gire en sentido opuesto a la dirección de rotación de la leva.

Se toma el origen a  $0^\circ$  en dirección vertical y hacia arriba, a partir de allí y girando en el sentido determinado se procede a dibujar los puntos conocidos el ángulo y la altura "y".

El resultado de unir todos los puntos dibujados es el perfil de la leva, mientras mayor sea la cantidad de puntos a representar más uniforme será la superficie de la leva.

Una vez digitalizado el perfil de la leva se procede a trabajar en AutoCAD para darle el aspecto final de la leva.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos cumplen con los objetivos. En la figura 3 se muestra la ventana de introducción de datos para el diseño de la leva; se conocen, las funciones de la elevación del seguidor en función del ángulo girado por la leva. Se puede visualizar el diagrama de desplazamiento al pulsar el botón "Vista Previa Diagrama de Desplazamiento", el valor mostrado en el eje de las ordenadas representa el valor máximo del desplazamiento del seguidor.

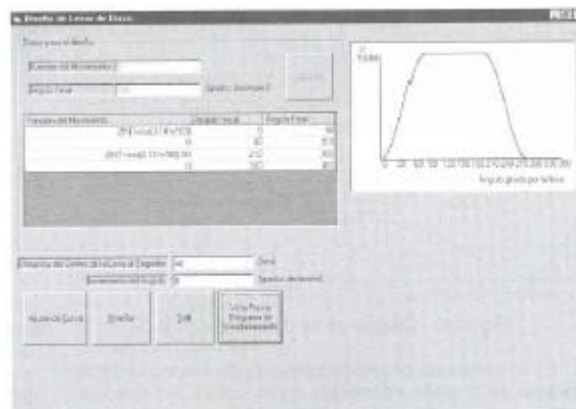


Figura 3.- Ventana de datos para diseñar el perfil de la leva de disco.

Los datos introducidos son los siguientes:

Angulo Inicial	Angulo Final	Ecuación	Tipo de Movimiento
0	90	$25*(1-\cos(3.14*s/90))$	Cicloidal (Subida)
90	270	0	Reposo
270	360	$25*(1+\cos(3.14*s/90))-50$	Cicloidal (Bajada)
360	360	0	Reposo

La distancia del centro de la leva de disco hasta el seguidor se refiere al radio del "círculo de base" (ver figura 1), para este ejemplo es igual a 40 mm. El incremento del ángulo define cuales y por ende cuantos puntos del perfil de la leva serán dibujados; mientras más pequeño sea el incremento más uniforme será el perfil, aunque se puede suavizar posteriormente en el programa de dibujo. Adicional a esto se puede tener una vista previa de la curva de desplazamiento del seguidor en la parte lateral derecha de la ventana.

Es muy importante hacer notar que la función a introducir ( $y = f()$ ) se tiene que escribir tomando en consideración que el eje de referencia se encuentra ubicado en la abscisa correspondiente al último ángulo incluido y el valor de la ordenada resulta de la evaluación de este último ángulo en su respectiva ecuación.

En caso que sólo se conozca los puntos relacionados con el ángulo girado por la leva y el desplazamiento del seguidor se puede realizar una aproximación mediante uno de los métodos de ajuste de curva, la función obtenida se puede graficar conjuntamente con los puntos introducidos, lo que facilita la toma de decisión con respecto a la función a utilizar.

Una vez que se han introducido los datos, se pulsa el botón Diseñar (ver figura 3) para establecer el vínculo entre los programas Visual Basic y AutoCAD con el fin de obtener el perfil de la leva y su respectivo diagrama de desplazamiento (ver figura 4).



Figura 4.- Primer aspecto de la leva a diseñar y de su diagrama de desplazamiento, en AutoCAD.

El dibujo de la figura 4 es realizado en base a la entidad "línea"; por lo que, si se desea obtener un aspecto más real de la leva se puede comenzar por convertirla en poli línea y posteriormente transformarla en sólido, aplicando el comando "Extrude". Luego de obtener el sólido de puede visualizar con el coreando "Shade" o "Render" (ver figura 5) para darle un aspecto más real, además se puede conocer las propiedades de masa de la leva con tan sólo llamar al comando "MassProp"

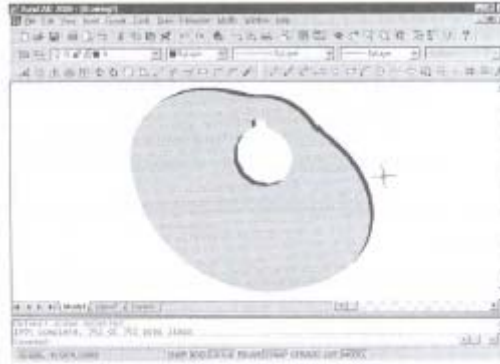


Figura 5 - Visualización fotorealista de la leva, en AutoCAD

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el diseño de levas, con movimiento del seguidor en dirección al eje de rotación de la leva mediante el uso del computador, permite visualizar de manera rápida y precisa la leva a diseñar; por lo que, tanto el diseñador, el docente o el estudiante pueden realizar análisis e interpretaciones más profundas en el diseño de levas.

Con este programa se puede diseñar levas de disco con seguidor que tiene movimiento del seguidor en dirección al eje de rotación de la leva de cualquier forma, bien sea mediante la introducción de las funciones  $y = f(x)$  entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$ , o realizando el ajuste de curva dado el ángulo girado por la leva y la altura del seguidor. La aproximación de las funciones que se pueden obtener son: logarítmica, exponencial, de potencia o polinómica mediante el método de los mínimos cuadrados.

Este programa se puede utilizar como base para realizar otros perfiles de leva inclusive con seguidor excéntrico.

## REFERENCIA

- √ Avellán Antonio, Szarvas Joaquín. Técnicas para el Estudio de Datos Experimentales. (Primera edición). Universidad de Carabobo. Valencia - Venezuela. 1995.