



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Eléctrica

DISEÑO DEL CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN SERVOMECANISMO CARTESIANO DE TRES DIMENSIONES

Walter Armando Herrera Cifuentes

Asesorado por la Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN
SERVOMECANISMO CARTESIANO DE TRES DIMENSIONES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

WALTER ARMANDO HERRERA CIFUENTES

ASESORADO POR LA INGA. INGRID RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Luis Fernando García Cienfuegos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Veliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DEL CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN SERVOMECANISMO CARTESIANO DE TRES DIMENSIONES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha septiembre de 2009.

Walter Armando Herrera Cifuentes

Guatemala 10 de febrero del 2011

Ingeniero
Carlos Eduardo Guzman
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Guzman.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO DEL CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN SERVOMECANISMO CARTESIANO DE TRES DIMENSIONES”**, del señor Walter Armando Herrera Cifuentes, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

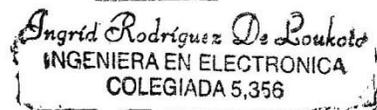
Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota
Colegiada 5,356
Asesora





Ref. EIME 37. 2011
Guatemala, 14 de JUNIO 2011.

FACULTAD DE INGENIERIA

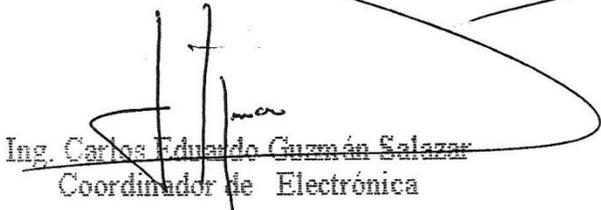
Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
"DISEÑO DEL CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN
SERVOMECANISMO CARTESIANO DE TRES DIMENSIONES",
del estudiante Walter Armando Herrera Cifuentes, que cumple con
los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador de Electrónica

CEGS/sro



REF. EIME 50. 2011.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; WALTER ARMANDO HERRERA CIFUENTES titulado: "DISEÑO DEL CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN SERVOMECANISMO CARTESIANO DE TRES DIMENSIONES, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Fuente Romero



GUATEMALA, 05 DE AGOSTO 2011.



DTG. 410.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN SERVOMECANISMO CARTESIANO DE TRES DIMENSIONES**, presentado por el estudiante universitario **Walter Armando Herrera Cifuentes**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 18 de octubre de 2011.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres y hermano

Como una forma de retribuir la oportunidad y todo el apoyo que he necesitado en mi vida y que en este momento se ve reflejado en la culminación exitosa de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme todo, por guiarme siempre y nunca abandonarme en mi vida.
Mis padres	Amilcar Ranferí y Enedina por su apoyo y sabios consejos los cuales me han ayudado a ser la persona que hoy alcanza este éxito.
A mi hermano	Elder Amilcar, por toda la ayuda que me brindó en mucho de mi carrera profesional y en mi vida.
Mi familia	Por sus sabios consejos y su apoyo incondicional que fueron fundamentales para obtener este logro.
Mis compañeros	Por tantas vivencias a lo largo de la carrera que nos fueron enseñando tanto de la vida y de la profesión, gracias a todos.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas y permitirme formarme como profesional de la ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
GLOSARIO	III
RESUMEN	VII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. SERVO MOTORES	1
1.1. Definición de Servo Motor.....	1
1.1.1. Caja de engranajes	3
1.1.1.1. Engranaje	3
1.1.1.2. Tipos de engranaje.....	4
1.1.2. Motor eléctrico.....	7
1.2. Servomecanismo	8
1.3. Teoría de control	9
1.3.1. Sistemas de control.....	9
1.3.2. Lazos de control.....	12
1.3.2.1. Lazo abierto	12
1.3.2.2. Lazo cerrado	12
1.3.3. Retroalimentación	13
1.3.3.1. Retroalimentación negativa.....	13
1.3.3.2. Retroalimentación positiva	13
1.3.4. Ganancia de un sistema de control.....	13
1.3.5. Servo control.....	14
1.4. <i>Encoder</i>	14
1.4.1. Funcionamiento del <i>encoder</i>	14

1.4.2.	Tipos de <i>encoder</i>	15
1.4.2.1.	Encoder incremental.....	15
1.4.2.1.1.	Aplicaciones del <i>encoder</i> incremental.....	16
1.4.2.2.	<i>Encoder</i> absoluto.....	17
1.5.	<i>Resolver</i>	18
2.	FRESADORA.....	19
2.1.	Descripción de la fresadora.....	21
2.2.	Partes de la fresadora.....	22
2.3.	Parámetros principales de operación de la fresadora.....	24
2.4.	Funcionamiento de la fresadora.....	24
2.5.	Clasificación de fresadoras.....	25
2.5.1.	Fresadora vertical.....	25
2.5.2.	Fresadora horizontal.....	25
2.5.3.	Fresadora universal.....	25
2.6.	Líquidos refrigerantes durante el fresado.....	26
2.6.1.	Elección del fluido de corte.....	28
2.7.	Aplicaciones de la fresadora.....	29
2.8.	Control numérico computarizado.....	30
2.9.	Utilización de herramientas.....	32
2.9.1.	Tipos de herramientas.....	32
2.10.	Materiales para fresado.....	35
3.	DISEÑO CAD Y LABVIEW.....	39
3.1.	<i>CAD</i>	40
3.2.	<i>Software</i> de desarrollo.....	41
3.2.1.	<i>SolidWorks</i>	42

3.2.1.1.	Metodología de uso.....	47
3.3.	Aplicaciones del <i>CAD</i>	50
3.4.	Instrumentación	53
3.4.1.	Sistemas de instrumentación	53
3.5.	Instrumentación virtual	54
3.5.1.	Funcionamiento de un instrumento virtual.....	54
3.6.	<i>LabVIEW</i>	57
3.6.1.	Elementos de un instrumento virtual en <i>LabVIEW</i>	58
3.6.1.1.	Panel frontal.....	58
3.6.1.2.	Diagrama de bloques	59
3.6.1.3.	Paletas de <i>LabVIEW</i>	60
3.6.2.	Metodología de uso.....	61
4.	USO DE <i>CAD</i> Y <i>LabVIEW</i> PARA EL DISEÑO DEL CONTROL PARA EL POSICIONAMIENTO DE UN MECANISMO DE TRES COORDENADAS CARTESIANAS	65
4.1.	Desarrollo del control de posicionamiento	65
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama a bloques de un Servo Motor	1
2.	Servo Motor	2
3.	Engranaje	3
4.	Engranaje cilíndrico de dientes rectos	6
5.	Engranaje cónico hipoide	6
6.	Motor eléctrico	8
7.	Brazo robótico	9
8.	Sistema de control	11
9.	<i>Encoder</i> incremental	16
10.	<i>Encoder</i> absoluto	17
11.	Fresadora	22
12.	Partes principales de la fresadora	23
13.	Fresas para trabajos especiales	33
14.	Fresas con ranuras angulares y cola de milano	33
15.	Fresas para moldes y matrices	33
16.	Fresas de dientes postizos	34
17.	Fresas de perfil para planear	34
18.	Tipos de virutas	37
19.	Asociatividad de <i>SolidWorks</i>	44
20.	Función de taladrado	45
21.	Gestor de diseño	46
22.	Ventana principal de <i>SolidWorks</i>	47
23.	Abrir ensamblaje	48

24.	Mecanismo móvil de tres ejes.....	49
25.	Instrumento tradicional vrs. instrumento virtual.....	55
26.	Panel frontal.....	58
27.	Diagrama de bloques.....	59
28.	Paletas de <i>LabVIEW</i>	61
29.	Ventana de inicio de <i>NI LabVIEW 2009</i>	62
30.	<i>Project Explorer</i>	63
31.	Configuración de fuerzas para el mecanismo	67
32.	Asignación de motores a los ejes de movimiento	68
33.	Agregar ensamblaje y estudio de movimiento al proyecto.....	69
34.	Agregar ejes de movimiento	70
35.	Configuración del <i>Scan Engine</i>	71
36.	Configuración de los ejes en el proyecto	72
37.	Configuración de la sincronización entre ensamblaje y proyecto	73
38.	<i>Flat Sequence Structure</i>	75
39.	Cuatro <i>Flat Sequence Structure</i> en <i>LabVIEW</i>	75
40.	Abrir imagen.....	76
41.	Sincronizar visualización de Imagen.....	76
42.	Primeras dos secuencias de programación	77
43.	<i>Straight Line Move</i>	79
44.	Movimiento para las caras laterales (parte 1)	80
45.	Movimiento para las caras laterales (parte 2)	81
46.	Movimiento para la arista superior.....	82
47.	Ventana de interacción con el usuario	83

TABLAS

I.	Usos del CAD	51
II.	Usos y aplicaciones del CAD.....	52

GLOSARIO

Servo Motor	Dispositivo electromecánico semejante a un motor convencional con ventaja de lograr posiciones exactas en su movimiento.
Robótica	Es la ciencia encargada del diseño y manufactura de cuerpos mecánicos autónomos conocidos como robot.
Engranaje	Elemento mecánico utilizado para transferir potencia mecánica entre dos componentes.
Fresadora	Es una máquina-herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos, llamada fresa.
Máquina-Herramienta	Es un tipo de máquina dedicada a hacer operaciones complejas con el actuar de una herramienta específica.

Mecanizado o Maquinado	Proceso de interacción entre un material y la herramienta que realizará su corte.
Fresa	Herramienta de corte utilizada en una fresadora en la cual funciona mediante un movimiento rotativo para realizar el fresado.
Fresado	Operación en la cual una fresa actúa en una máquina para detallar la forma de un material.
Viruta	Material de desecho arrancado de un sólido al ser desgastado en el proceso de fresado.
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> ; por sus siglas en inglés, Diseño Asistido por Computadora, diseño de dibujos en un <i>software</i> de computadora.
SolidWorks	<i>Software</i> dedicado a la creación de figuras <i>CAD</i> .
Ensamblaje	Estructura resultante de la unión de piezas para crear una máquina.

Instrumento Virtual

Herramienta desarrollada mediante *software* que permite la visualización de cualquier medición en una computadora.

LabVIEW

Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench. Es un *software* que permite el uso de herramientas capaces de simular instrumentos de medición realizando las operaciones de adquisición y análisis de datos, para luego presentar resultados.

Módulo de *LabVIEW*

Es un paquete que servirá al programa como complemento para ejecutar funciones más específicas.

STL

Extensión de archivo el cual representa cualquier forma de figura geométrica por medio de la unión de triángulos.

RESUMEN

La necesidad de la planificación responde al hecho de realizar cualquier actividad con el mejor resultado posible en el menor tiempo; esto conlleva generar situaciones acordes al procedimiento que se llevará a cabo con el objetivo de prever cualquier problemática en el momento que la acción principal tome parte del proceso.

Es así, que en el mundo de las máquinas se verá esta ventaja al poder simular la ejecución del mecanizado de una pieza de cualquier material, teniendo para ello el diseño del control automático, a manera de realizar tal acción mediante el sólo hecho de ubicar una figura de *CAD* previamente dimensionada. En esto, el cuerpo mecánico se verá representado por la máquina-herramienta llamada Fresadora, la cual figurará superficies planas.

Esto fue desarrollado por medio de los programas, *SolidWorks* para el diseño *CAD* y *LabVIEW* para la parte de simulación del mecanismo. Con esto se realizó un enlace entre ellos el cual permite al usuario visualizar el movimiento de cada eje en la máquina, necesario para reproducir los cortes adecuados de la herramienta seleccionada y obtener la pieza final.

Se obtiene con este procedimiento un cuadro de interacción para el usuario en el cual especificará la figura a trabajar, misma que se verá y que devolverá las dimensiones de sus tres coordenadas cartesianas. Inmediatamente al obtenerlas, la máquina iniciará el correspondiente desplazamiento y así se completará el estudio propuesto.

OBJETIVOS

General

Diseñar el control que permita el posicionamiento de un mecanismo cartesiano de tres coordenadas.

Específicos

1. Comprender el funcionamiento de posición de una fresadora con movimiento en tres ejes.
2. Crear una interfaz para el usuario en la cual pueda hacer la selección de una pieza geométrica y visualizarla.
3. Definir un posicionamiento mecánico partiendo del análisis de un archivo de diseño *CAD*.
4. Simular las trayectorias exactas de posición que la máquina herramienta necesita reproducir para representar una figura establecida.

INTRODUCCIÓN

El constante avance de la tecnología permite dar solución a la problemática que se presenta respecto diferentes necesidades de la industria en cuanto a la producción de bienes y servicios; esto se logra al desarrollar métodos automatizados, para que con esto, se resuelva finalmente la situación en la elaboración de productos.

El presente trabajo de graduación dará la oportunidad de utilizar las prestaciones de la era moderna en lo que a tecnificación de procesos se refiere, con el fin de dar una representación de las funciones que desarrollará un mecanismo para dar forma a un material respecto un diseño establecido.

Siendo el objetivo del mismo, conseguir el posicionamiento exacto para mecanizar piezas, conlleva como primer paso, la obtención del dibujo de la pieza a realizar, por medio de un diseño asistido por computadora, *CAD*, por sus siglas en inglés; pudiéndose éste realizar en cualquier *software* que ofrezca este tipo de archivos.

El análisis del diseño adquirido con el paso anterior se encargará de interpretarlo y luego, respecto dimensionamiento y parámetros de control propios del modulo, se podrá generar una cantidad de coordenadas que serán reproducción propia de los movimientos necesarios para lograr el contorno de la pieza previamente citada.

Haciendo una breve reseña de lo que trata el contenido, se detalla lo siguiente:

En el primer capítulo se describe lo que es un servo motor, así como sus componentes y principales aplicaciones. Esto conlleva un enfoque en lo que a teoría de control de procesos se refiere, se complementa con las características de estos sistemas y sus elementos principales.

Seguido de eso, en el posterior capítulo se hace referencia a la máquina herramienta que se ejemplifica en este trabajo, siendo la fresadora; se explica su función, partes y aplicaciones que la han hecho muy importante en el diario vivir del mundo industrial.

El capítulo tres describe las herramientas utilizadas en este desarrollo, siendo éstas, de tipo *software*, mencionando a *SolidWorks* y *LabVIEW* como partes vitales de este control previsto. Se presenta las bondades y metodología de uso de cada uno, así como las funciones que serán necesarias para el propósito anteriormente puntualizado.

Por último, el capítulo de cierre permite entender el procedimiento paso a paso solicitado para llevar a cabo la simulación de la trayectoria del mecanismo y con ello trazar el camino que un cuerpo de desgaste hace para darle la forma geométrica deseada a algún material. Se explica los bloques de programación y rutinas adecuadas, así como también el cuadro de interacción con el usuario para dar solución al objetivo total.

Como apartados finales se hace la presentación de algunas conclusiones y recomendaciones alusivas al anterior desarrollo; así mismo, las referencias y bibliografías que se citaron y consultaron, respectivamente, para la elaboración de este trabajo.

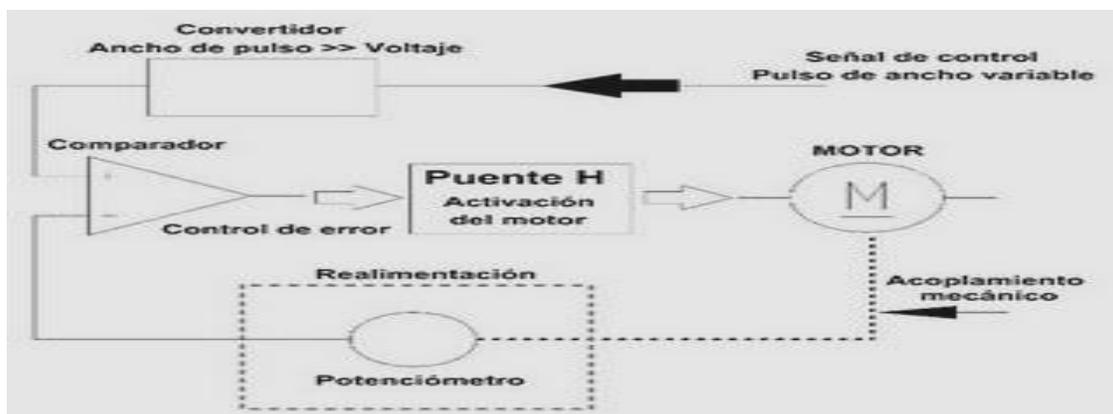
1. SERVO MOTORES

1.1. Definición de Servo Motor

Un servo motor es un dispositivo con eje controlado, el cual, es capaz de alcanzar posiciones determinadas. Este control es posible debido a que responde a una señal codificada en su entrada. Puede compararse con un motor de corriente continua con la característica de poder ubicarse en cualquier posición dentro de un rango y mantenerse estable en ella.

Para la representación de este elemento se refiere a la figura 1, la cual muestra el diagrama a bloques de un servo motor. Está conformado por un motor, caja de engranajes para modificar el torque, un circuito de control y un bloque de retroalimentación.

Figura 1. Diagrama a bloques de un servo motor



Fuente:

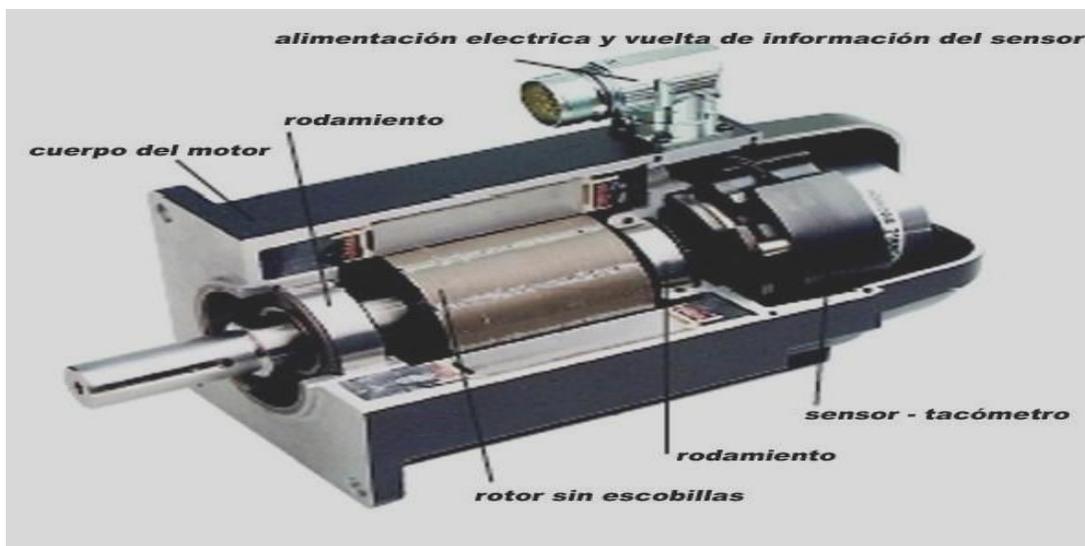
http://4.bp.blogspot.com/_nvGuYwFFSul/SvMGclPKbsI/AAAAAAAAAR0/wHqeP9kDS_I/s320/Dibujo9.bmp

15/01/2010.

Además, como elemento de retroalimentación se tiene un potenciómetro o resistencia variable que está conectada al eje del servo motor y permite a la circuitería de control determinar el ángulo actual o posición de este. Respecto a la posición objetivo, el circuito de control ejecutará acciones para alcanzar ésta al momento de perderla, pudiendo este dispositivo desplazar su eje entre 180 y 210 grados, cuyo valor es en función del fabricante.

Un servo motor tiene aplicaciones en el campo de la robótica, debido a su capacidad de entregar potencia proporcional en cargas mecánicas, por tanto, su consumo de energía es menor. Es utilizado también, para posicionar superficies de control, tales como: movimiento de palancas, ascensores y timones, así como para radio control. En la figura 2 se observa una vista interna de su construcción. Las partes de las que se compone uno de estos, se presentan a continuación:

Figura 2. **Servomotor**



Fuente: http://www.castor.es/servomotor_g.jpg; 15/01/2010.

1.1.1. Caja de engranajes

Una caja de engranajes está conformada por un gran número de estos últimos (ver figura 3), para servir de Transformador, tanto de velocidad, como fuerza en la rotación del eje del motor, esto para adecuarse a la aplicación en la que está siendo empleado. Lo anterior evidencia el amplio uso de este tipo de motores en el área de la robótica y manejo de elementos mecánicos.

1.1.1.1. Engranaje

“Se denomina engranaje ó ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina 'corona' y la menor 'piñón'. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas.

Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocido como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido.”¹

El uso de estos, unidos uno a otro con el fin de formar una caja de ellos es lo que le da su utilización en este tipo de motores del cual es característica.

¹ Varios Autores. Enciclopedia De Ciencia y Técnica. p. 15.

Figura 3. **Engranaje**



Fuente: <http://www.cofide.com.pe/iconos/engranajes.jpg>; 17/01/2010.

1.1.1.2. Tipos de engranajes

“La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y los tipos de dentado. Con estos criterios existen diversos tipos de engranajes, entre ellos se puede mencionar:

- Ejes paralelos
 - * Cilíndricos de dientes rectos
 - * Cilíndricos de dientes helicoidales
 - * Doble helicoidales

Los engranajes cilíndricos de dientes rectos son el tipo de engranaje más simple y corriente que existe. Se utilizan generalmente para velocidades pequeñas y medias. A grandes velocidades, si no son rectificadas, o ha sido corregido su tallado, producen ruido cuyo nivel depende de la velocidad de giro que tengan.

- Ejes perpendiculares
 - * Helicoidales cruzados
 - * Cónicos de dientes rectos
 - * Cónicos de dientes helicoidales
 - * Cónicos hipoides
 - * De rueda y tornillo sin fin, entre otros

Un engranaje hipoide es un grupo de engranajes cónicos helicoidales formados por un piñón reductor de pocos dientes y una rueda de muchos dientes, que se instala principalmente en los vehículos industriales que tienen la tracción en los ejes traseros.

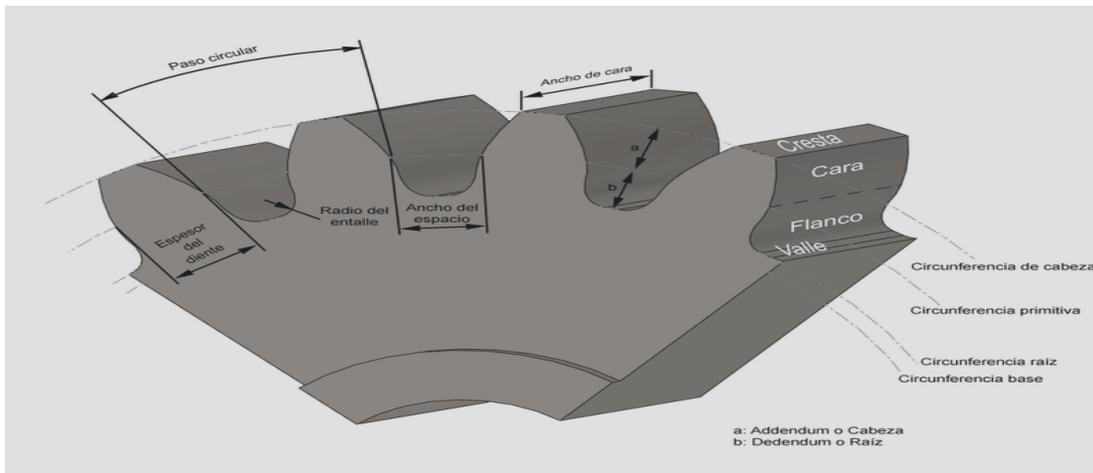
Estos tienen la ventaja de ser muy adecuado para las carrocerías de tipo bajo, ganando así mucha estabilidad el vehículo. Por otra parte la disposición helicoidal del dentado permite un mayor contacto de los dientes del piñón con los de la corona, obteniéndose mayor robustez en la transmisión.”²

La figura 4 y figura 5 ilustra los tipos de engranajes descritos anteriormente, ya que con ellos se ejemplifican los de mayor uso en la actualidad para el desarrollo, tanto de máquinas, como de sistemas independientes que necesiten de ellos.

Su utilización dependerá de la aplicación a tratar, con ello se determina la geometría adecuada del mismo.

² Descripción de Engranaje. <http://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje>. 17/01/2010.

Figura 4. **Engranaje cilíndrico de dientes rectos**



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Partes_engranaje.png; 18/01/2010.

Figura 5. **Engranaje cónico hipoide**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:EngranajeConicoHelicoidal.JPG>; 18/01/2010.

1.1.2. Motor eléctrico

“Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.”³

Dicha máquina puede presentarse como modo reversible, es decir, tiene la propiedad de transformar energía mecánica en energía eléctrica, siendo éste, el principio de los generadores eléctricos. Una aplicación que utiliza dos modos de operación de un motor eléctrico es la tracción usada para las locomotoras.

Éste es encontrado para corriente alterna y corriente continua, basándose ambos en el principio básico que establece que mientras un campo magnético haga influencia sobre un conductor por el cual circule una corriente, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

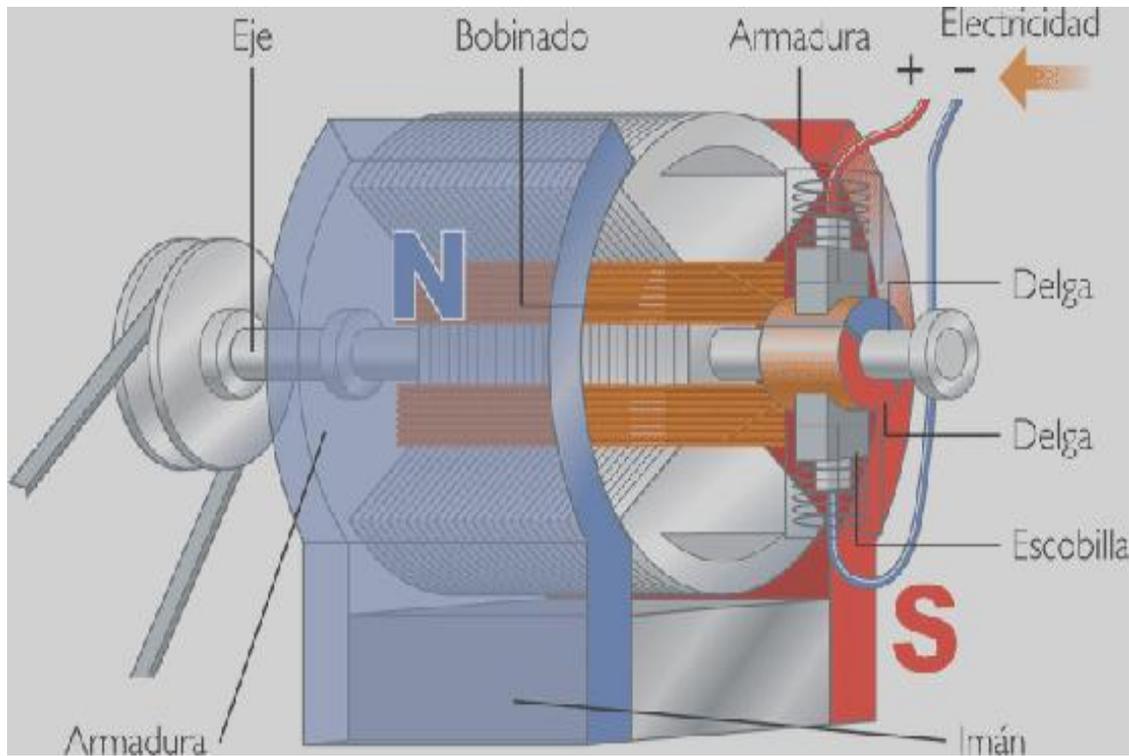
En el principio mencionado, el conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por él, adquiriendo de ésta manera, propiedades magnéticas que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente eléctrica por un conductor se produce un campo magnético, además si se pone dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha. En la figura 6 se ilustra la estructura interna de este dispositivo para su mejor comprensión.

³ Descripción de Motor Eléctrico. http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_eléctrico. 19/01/2010.

Actualmente es de vital uso la acción que provee este dispositivo mecánico-eléctrico, por lo mismo se detalla a continuación.

Figura 6. **Motor eléctrico**



Fuente: http://pr.kalipedia.com/kalipediamedia/ingenieria/media/200708/22/tecnologia/20070822_klpingtcn_58.Ees.SCO.png; 19/01/2010.

1.2. Servomecanismo

Este es un sistema formado por partes, tanto electrónicas como mecánicas, con el fin de desarrollar herramientas móviles para diversos fines, particularmente en el área de la robótica. En la parte electrónica su principal elemento es un servo motor que proporciona todo movimiento al sistema. La parte mecánica del sistema está integrada por diferentes piezas de material y forma conveniente de acuerdo a la aplicación, pudiendo también incluir partes

de accionamiento neumático e hidráulico. Un ejemplo de lo mencionado se ve aplicado en la figura 7, la cual representa un brazo robótico de varias articulaciones, tanto lineal como rotacional.

Figura 7. **Brazo robótico (servomecanismo)**



Fuente: <http://www.clubse.com.ar/DIEGO/NOTAS/notas19/nota24/fig01c.jpg>; 19/01/2010.

1.3. Teoría de Control

“La Teoría de Control es un campo interdisciplinario de la ingeniería y las matemáticas, que trata con el comportamiento de sistemas dinámicos. A la salida deseada de un sistema se la llama referencia. Cuando una o más variables de salida de un sistema necesitan seguir cierta referencia sobre el tiempo, un controlador manipula la entrada al sistema para obtener el efecto deseado en la salida del sistema.”⁴

1.3.1. Sistema de Control

En general, un sistema puede definirse como algo al cual ingresan entradas respecto acciones externas (llamadas variables de entrada) y entrega

⁴ Descripción de Teoría de control. http://es.wikipedia.org/wiki/Teoría_de_control. 20/01/2010.

respuesta a dichas acciones por medio de las variables de salida. Dichas acciones pueden o no, ser controladas, ya que puede existir entre ellas algún tipo de perturbación de la cual no se tenga control.

En particular, un sistema de control está compuesto por una serie de elementos necesarios para su funcionamiento. Su objetivo es permitir que mediante la manipulación de las variables de control (entradas) se consiga el dominio sobre las variables de salida respecto valores previamente establecidos.

Un sistema de control ideal se ve representado por el diagrama de la figura 8, éste debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

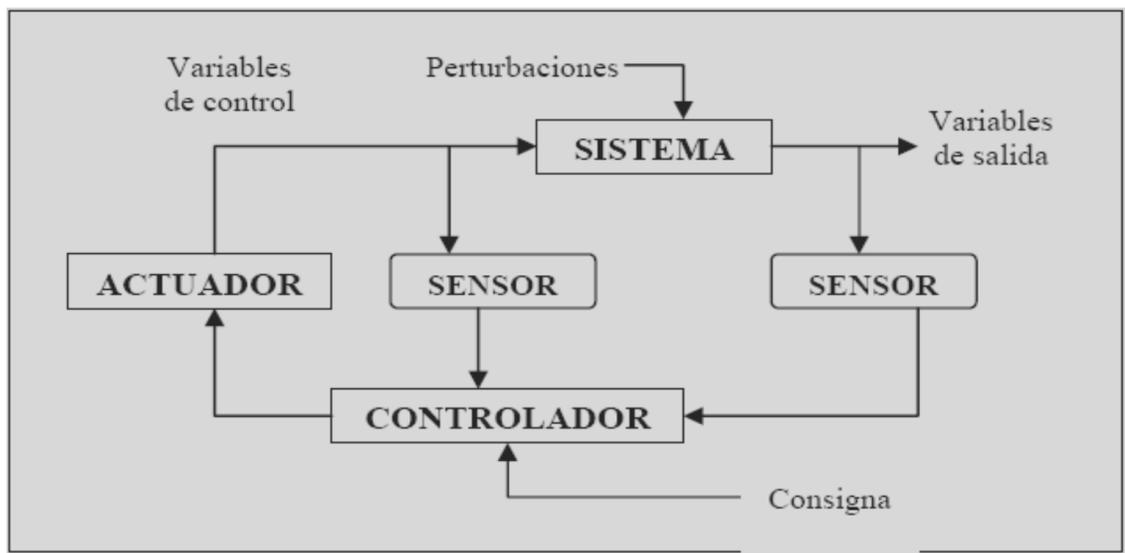
- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser lo más eficiente posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- Sensores: permiten conocer las variables medidas del sistema.

- Controlador: utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- Actuador: es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

Figura 8. Sistema de control



Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>; 21/01/2010.

“Como un ejemplo de sistema de control se considera el de la dirección de un automóvil. La dirección de las dos ruedas delanteras se puede visualizar como la variable controlada, o la salida; la dirección del volante es la señal actuante, o la entrada. El sistema de control o proceso, en este caso, está compuesto del mecanismo de la dirección y de la dinámica del automóvil completo. Sin embargo, si el objetivo es controlar la velocidad del automóvil, entonces la presión ejercida sobre el acelerador sería la señal actuante, y la velocidad del automóvil sería la variable controlada. El sistema de control total

simplificado de un automóvil se puede ver como uno con dos entradas (volante y acelerador) y dos salidas (dirección y velocidad). En este caso las dos entradas y dos salidas son independientes, pero en general, hay sistemas en que los controles están acoplados. Los sistemas con más de una entrada y más de una salida son llamados Sistemas Multi-variables.⁵

1.3.2. Lazos de control

En teoría de control y en instrumentación se conoce como lazo de control a un conjunto de componentes que consta de: sensor, transductor de señal, receptor, comparador de punto de ajuste, mecanismo de control y elemento final de control (válvula, calentador, interruptor, etc.) y que están configurados en forma de circuito de tal manera que la señal de control es transmitida al elemento final de control para ajustar el proceso a un punto de consigna dependiendo de la magnitud del estímulo generado por el proceso.

1.3.2.1. Lazo abierto

Es un tipo de configuración de elementos de un sistema de control en el cual las partes esenciales son: el controlador y el proceso controlado. Este lazo presenta la característica de aplicar un determinado proceso a una variable de entrada y con ello presentar una salida propia de la entrada en ese momento.

1.3.2.2. Lazo cerrado

A diferencia del sistema de lazo abierto, el sistema de lazo cerrado está compuesto por un elemento más que el primero, este es un bloque de retroalimentación. Dicho bloque es quien le da la funcionalidad a este lazo, ya

⁵ Kuo, Benjamin C. Sistemas de control automático. p. 3.

que, esto le permite al controlador determinar el estado de la salida en el proceso y con ello poder corregir errores o tomar decisiones para el control.

1.3.3. Retroalimentación

Es la característica especial de un sistema de control de lazo cerrado; consiste en tomar el dato de la salida del sistema y devolverlo al proceso como otra nueva entrada.

1.3.3.1. Retroalimentación negativa

Este tipo de retroalimentación se obtiene de la diferencia de la señal de entrada y la muestra de la señal de salida. Con ésta, cada vez que se haga la diferencia esta será menor, obteniendo con ello que errores en la señal puedan anularse. La mayor aplicación es en cualquier sistema donde se desee establecer una señal en un determinado valor, pudiendo con la acción que ofrece, obtener ese equilibrio.

1.3.3.2. Retroalimentación positiva

Para este caso de retroalimentación no suele alcanzarse un punto de equilibrio, ya que, el valor de la señal de entrada se suma con la salida y esto genera un incremento continuo, hasta que, muchas veces llega a un punto de saturación en el sistema dependiendo de la fuente de éste.

1.3.4. Ganancia de un sistema de control

Como ganancia se define la relación que existe entre el valor de la señal de salida y el valor de la señal de entrada en un sistema.

El término se refiere a que el resultado de esta relación sea mayor a uno, esto significa que, el valor de la salida es mayor a la entrada debido al proceso al cual se someten las entradas.

1.3.5. Servo control

Adecua el uso de elementos que actúan como amplificadores con muy alta ganancia, éstos se retroalimentan con la información que viene de los tacómetros de los servo motores. Reciben como entrada una señal analógica. Su uso es muy específico para lugares donde se requiere exactitud en la velocidad y/o en la posición de una máquina. Ejemplo: los servos de las máquinas herramienta de control numérico.

1.4. Encoder

Un *encoder* es un transductor de movimiento rotativo, o sea, de movimiento angular a una serie de pulsos digitales. Los pulsos que se generan en esta transformación normalmente son utilizados en el control de desplazamientos de tipo angular o lineal.

Consta de un elemento circular o lineal dividido en huecos opacos y transparentes del mismo tamaño. También posee como mínimo de una pareja de diodos, uno fotodiodo y otro fototransistor para generar los pulsos necesarios y el conteo de los mismos.

1.4.1. Funcionamiento del *encoder*

Los segmentos opacos interrumpen el haz de luz emitido por el fotodiodo dirigido al fototransistor, obteniéndose una señal de 0 voltios (0) a la salida.

Por el contrario, cuando un segmento transparente se sitúa entre el emisor y el sensor de luz se obtiene una señal de 5 voltios (1) a la salida. Si se hace girar el disco, la salida alternará entre 0 y 1 con una frecuencia proporcional a la velocidad angular del disco.

1.4.2. Tipos de *encoder*

Los *encoder* se clasifican por la forma en que realizan el conteo de señal.

1.4.2.1. *Encoder* incremental

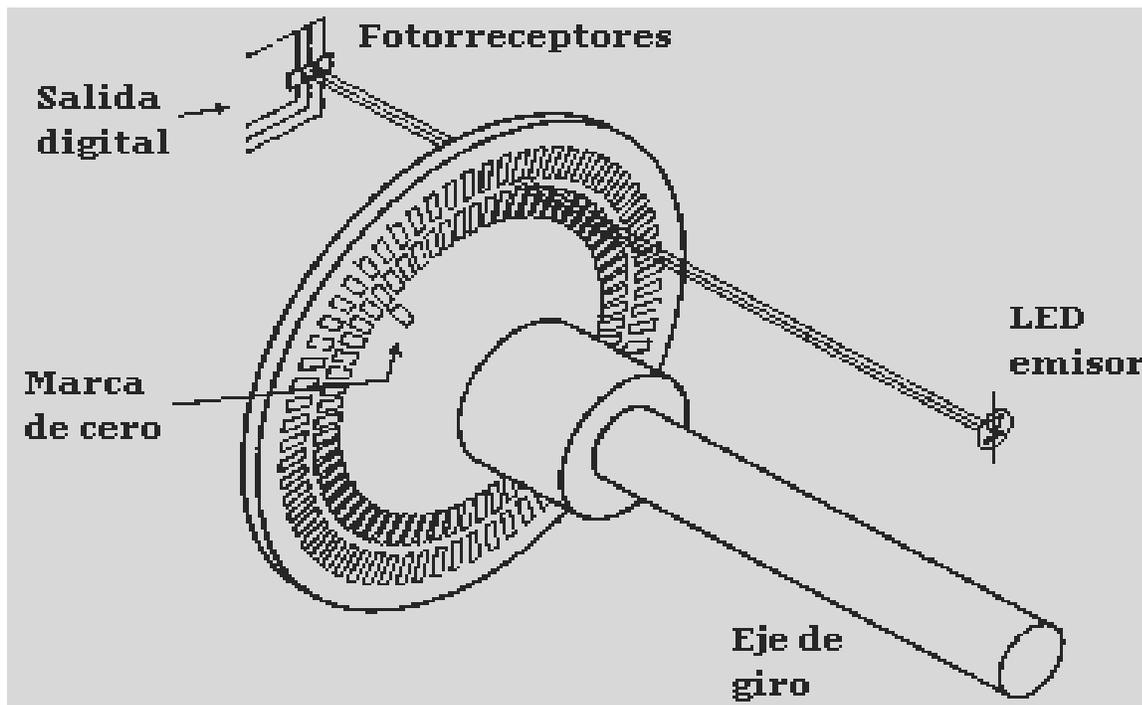
En la actualidad, los *encoder* incrementales son probablemente el tipo más común utilizado en la industria, debido a la gran variedad de aplicaciones que su uso permite.

Este tipo de *encoder* tiene en su interior un disco, marcado con una serie de líneas uniformes a través de una única pista en todo su perímetro, las líneas impermeables a la luz de anchura igual a los huecos transparentes, trabajando con una unidad emisora de luz y una unidad de captación de la misma, al girar el disco, generan unas señales que debidamente tratadas proporcionan las señales de salida de un *encoder* incremental, esto se aprecia en la figura 9.

Las señales de salida de un *encoder* pueden ser un tren de impulsos, en forma de señal cuadrada, donde el número de impulsos que se generarán en una vuelta coincidirá con el número de impulsos del disco en el interior del *encoder*, se refiere a *encoder* de un solo canal (señal A).

Una segunda señal (señal B) suministra un tren de impulsos idéntico al que suministra la señal A pero desfasada 90 grados respecto de ésta, se refiere al *encoder* de dos canales. También cabe la posibilidad de una señal de referencia o cero que proporciona un pulso a cada vuelta, esta señal puede sincronizarse respecto de la señal A (A+0), respecto la señal B (A+B+0) o respecto a ambas.

Figura 9. **Encoder incremental**



Fuente: <http://www.forosdeelectronica.com/f16/encoders-informacion-tecnica-25/>; 30/01/2010.

1.4.2.1.1. Aplicaciones del *encoder* incremental

De acuerdo al funcionamiento que presenta este dispositivo, el mismo permite fácilmente con su uso, la determinación de la posición y velocidad de los carros en máquina herramienta (visualizadores de cotas), determinación de

la posición del motor de arrastre en unidades de disco para almacenamiento de información, radares, robótica, entre otras.

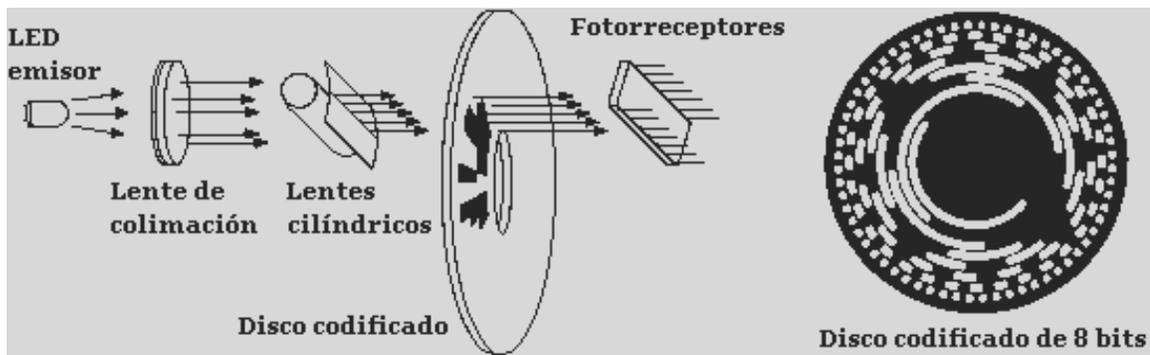
Otra aplicación de éste es medir la velocidad angular de su eje, ya que la frecuencia de la señal de salida en función de la velocidad de giro. Para su implementación es necesario un circuito electrónico exterior, que según el tipo de señal necesaria (digital-analógica) son diferentes.

1.4.2.2. *Encoder absoluto*

En el *encoder* absoluto, mostrado en la figura 10, a diferencia del *encoder* incremental, el disco contiene varias bandas dispuestas en forma de coronas circulares concéntricas, colocadas de tal forma que en sentido radial el rotor queda dividido en sectores, con marcas opacas y transparentes codificadas.

El estator tiene un fotorreceptor por cada *bit* representado en el disco. El valor binario obtenido de los fotorreceptores es único para cada posición del rotor y representa su posición absoluta.

Figura 10. **Encoder absoluto**



Fuente: <http://www.forosdeelectronica.com/f16/encoders-informacion-tecnica-25/>; 30/01/2010.

Se utiliza código *Gray* porque cada cambio de sector sólo cambia el estado de una banda, evitando errores de alineación de los captadores. Los incrementales dan mayor resolución a costo más bajo que los absolutos.

Típicamente un *encoder* incremental sólo tiene cuatro líneas: 2 de cuadratura, una de poder y una tierra. Un *encoder* absoluto tiene una línea de salida por cada *bit*, una línea de poder y la tierra.

1.5. **Resolver**

“Es un dispositivo usado típicamente para indicar la posición rotacional absoluta (ángulo) y velocidad. Un resolver es provocado por una señal senoidal de AC y produce ondas de AC con amplitud modulada (análoga) las cuales indican la posición.

Produce un conjunto de ondas seno/coseno que indican la posición absoluta en una sola revolución, estas señales se convierten normalmente con una tarjeta de interfaz de resolución a una señal digital. Son excitados por una onda senoidal AC de referencia, normalmente creada por una fuente de poder dedicada al *resolver*; esta fuente suele ser alimentada por voltaje de CC simple.”⁶

⁶ Comparación entre *Encoder* y *Resolver*. http://www.avtron.com/encoder_vs_resolvers.htm. 20/01/2010

2. FRESADORA

El hombre, con el pasar del tiempo, se ha visto involucrado en situaciones nuevas en su interacción con el entorno diario, para lo cual ha necesitado desarrollar estrategias a fin de afrontarlas y sobrellevarlas. Esto a su vez exige, en ocasiones, la ayuda de utensilios destinados a tales fines. Estas exigencias han sido atendidas debido a que se encontraron diversas maneras de facilitar la manufactura de estas herramientas útiles que le permitirán realizar sus actividades de supervivencia y de comodidad de una forma más efectiva y sencilla.

De acuerdo a lo anterior, así como se presentan las necesidades, así ha ido avanzando la manera en que se suplen éstas. Como parte esencial se trata el incremento que presenta la era moderna para ello. Los avances tecnológicos permiten hacer posible que el proceso de la manufactura de herramientas se vuelva más sencillo a cada momento, desarrollando éstas con características de mejor comodidad en su uso.

Se ha visto tan grande el aporte de la tecnificación de procesos al punto de llegar al desarrollo de máquinas encargadas para los propósitos antes descritos. Entre tales mecanismos de los que se apoya el hombre para facilitar y hacer más cómodo su trabajo, hay unas cuantas a las que se les puede considerar como las madres de todos las demás, esto quiere decir, las que como un solo cuerpo mecánico pueden ofrecer operaciones de gran complejidad con un esfuerzo humano no significativo: llamadas máquinas-herramientas.

El término máquina herramienta identifica al tipo de herramientas que utilizan una fuente de energía distinta del esfuerzo humano. También pueden ser impulsadas por personas, si se instalan adecuadamente o cuando no hay otra fuente de energía. Las máquinas herramienta pueden operarse manualmente o mediante control automático, como se permite en la actualidad, por medio de las máquinas que trabajan de acuerdo a la designación de órdenes obtenidas del control numérico computarizado, CNC.

Las mencionadas, son un tipo de máquina que se utiliza para dar forma geométrica o alguna modificación de ésta a materiales sólidos, particularmente a metales o plásticos. Como característica principal tiene ser estacionaria, es decir, su uso no requiere movilidad en su posición de apoyo al trabajar. Poseen un órgano que da soporte a la pieza que se trabajará y mediante movimiento lineal o giro constante de una herramienta, da la forma necesaria al material expuesto, esta operación es llamada maquinado o mecanizado de la pieza.

Este maquinado de la pieza se realiza por la eliminación de partes del material, operación que es posible realizarla por varios métodos de acuerdo al tipo de material y a la forma resultante que el diseño final exija, siendo estos: por arranque de viruta, estampado, troquelado, corte láser o electroerosión.

Las diferencias entre las diversas máquinas herramientas que existen, están en las herramientas de corte específica, ellas son:

- Tornos
- Fresadoras
- Taladradoras
- Prensas, entre otros

2.1. Descripción de la fresadora

Las fresadoras fueron inventadas a principios del siglo XIX. Desde ese momento hasta la actualidad, se han convertido en una de las máquinas básicas en el sector del mecanizado de piezas. El fresado, como se le conoce a la actividad de desgaste que realiza esta máquina mediante el arranque de viruta de una pieza llamada fresa que gira sobre su centro y se mueve en ejes espaciales, nace con la Guerra de la Independencia de las colonias inglesas de América del Norte.

La necesidad de la producción de grandes cantidades de armamento, que obligó a su fabricación en serie, llevó a Ely Whitney a fabricar la primera fresadora en 1818, la que 30 años después sería perfeccionada por el Ingeniero Howe quien la dotaría de movimientos en los tres ejes.

El modelo de una fresadora de metal tradicional es presentado en la figura 11. La pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta o fresa, permitiendo obtener formas diversas de acuerdo a la de esta última, desde superficies planas a otras más complejas.

En la actualidad, debido a la incorporación del control numérico para máquinas herramientas, son éstas, las más polivalentes de esta gama por la variedad de mecanizados que pueden realizar y la flexibilidad que permiten en el proceso de fabricación.

La diversidad de procesos mecánicos y el aumento de la competitividad han dado lugar a una amplia variedad de fresadoras que, aunque tienen una base común, se diferencian notablemente según el sector industrial en el que se utilicen. El campo industrial en el cual ha podido ingresar la tecnología de las

fresadoras es amplio, mencionando: industria de la madera, industria del metal, industria de plástico, entre otros.

Asimismo, los progresos técnicos de diseño y calidad que se han realizado en las herramientas de fresar, han hecho posible el empleo de parámetros de corte muy altos, lo que conlleva una reducción drástica de los tiempos de mecanizado.

Figura 11. **Fresadora**



Fuente:

http://www.proyectos.cl/aemaq/components/com_virtuemart/shop_image/product/FRESADORA_UNIVER_4a90a587b49e8.jpg; 28/04/2010.

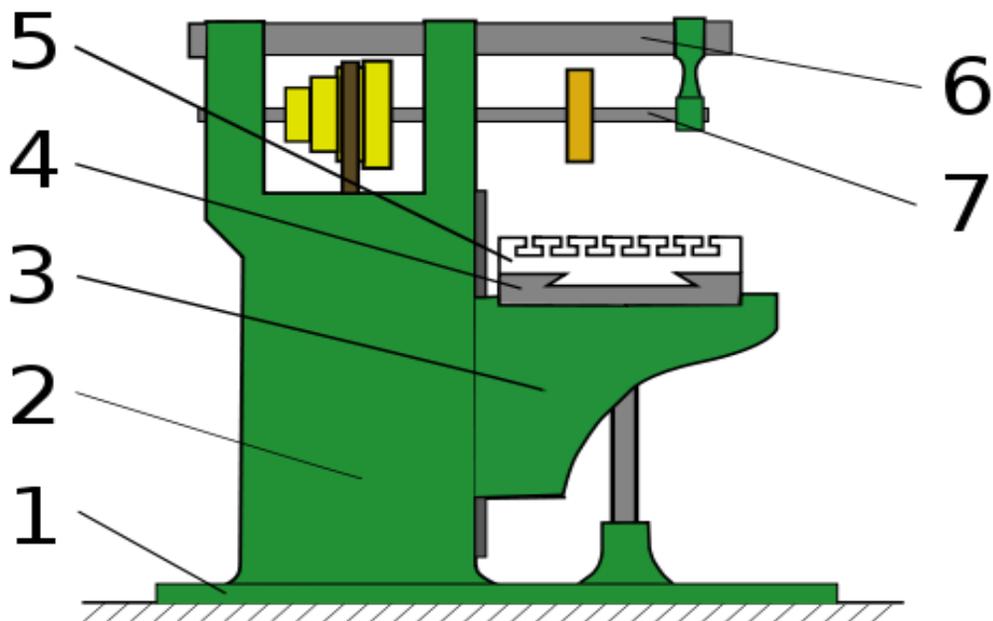
2.2. Partes de la fresadora

En forma general, en la figura 12, se presentan como partes principales de esta máquina-herramienta, las siguientes:

1. Base
2. Columna

- 3. Consola
- 4. Carro Transversal
- 5. Mesa
- 6. Puente
- 7. Eje Porta-Herramientas

Figura 12. Partes principales de una fresadora



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Milling_machine_diagram.svg; 30/04/2010.

Las partes móviles la constituye la mesa por medio del carro transversal y el eje porta-herramientas mediante el puente. Una pieza importante es el husillo de fresar. Éste permite la sujeción de las herramientas o fresas para el mecanizado y está colocado en la parte del eje porta-herramientas.

2.3. Parámetros principales de operación de la fresadora

Siendo una máquina utilizada para el mecanizado en piezas de metal de cualquier forma y tamaño, presenta características de operación que pueden ser controladas para lograr el detalle específico de cada elemento. Se mencionan las siguientes:

- Potencia eléctrica
- Velocidad
- Longitud de carrera o profundidad de corte
- Diámetro de la pinza para la fresa
- Peso
- Accesorios

2.4. Funcionamiento de la fresadora

En la operación de fresado es necesario colocar un cortador circular giratorio, denominado fresa, con uno o más dientes en contacto directo con la pieza que se va a trabajar.

Los dientes de la fresa están conformados de manera que cada uno corta una delgada viruta del material de la pieza que se está maquinando. Dependiendo del tipo de fresadora que se utilice, de la forma y tipo del cortador que se le adapte, puede lograrse una amplia variedad de operaciones con esta máquina herramienta.

2.5. Clasificación de fresadoras

La clasificación de las fresadoras se basa según la orientación o posición del eje giro de la herramienta de corte o fresa. Dentro de esta clasificación se encuentran las siguientes:

2.5.1. Fresadora vertical

En este tipo de fresadora, el husillo de fresar se orienta en forma vertical, es decir, en dirección perpendicular a la mesa de trabajo. Es posible que ya sea el husillo, o la mesa, se desplace verticalmente para profundizar el fresado. Estas posibilidades se conocen como: de banco fijo y de torreta, respectivamente.

2.5.2. Fresadora horizontal

Como variación de la anterior, tiene el husillo paralelo a la mesa, pudiéndose desplazar a lo largo de ésta, la cual se mantiene fija.

2.5.3. Fresadora universal

Tiene un husillo para acoplamiento de ejes portaherramientas horizontales y un cabezal que se acopla al husillo y que convierte la máquina en una vertical. Su ámbito de aplicación está limitado por el costo y el tamaño de piezas que se pueden trabajar. En éstas, al igual que en las horizontales, el puente es deslizante, conocido como carnero. Puede desplazarse de delante hacia atrás y viceversa sobre unas guías. No es usada para trabajos pesados por su estructura de construcción, en cuanto a que necesita más espacio por tratar los dos diseños y su fabricación es de menor tamaño.

2.6. Líquidos refrigerantes durante el fresado

Los líquidos lubricantes-refrigeradores se usan, principalmente, para la extracción del calor del instrumento cortante. Ellos hacen descender la temperatura en la zona de maquinado, con lo que elevan la resistencia de la herramienta, mejora la calidad de la superficie que se trabaja y protegen contra la corrosión la herramienta cortante y la pieza bruta que se trabaja, así como, para lubricar los elementos que intervienen en el corte para evitar pérdida de la herramienta y arrastrar las partículas del material como medio de limpieza, alcanzando con esto reducir la energía necesaria para efectuar el mecanizado.

Se mencionan algunas de las características que debe poseer un líquido refrigerante para fresado, así:

- Poder refrigerante. El poder refrigerante en un líquido se determina por la viscosidad de éste. Para el caso planteado en este trabajo, se requiere que sea bajo en esta característica porque con esto se aumentará la capacidad de cubrir todo el metal, obteniendo un máximo contacto térmico. Agregado a esto presentará un calor específico y una conductibilidad térmica alta.
- Poder lubricante. Este tiene como función reducir significativamente el coeficiente de fricción entre las superficies en contacto, permitiendo así, el deslizamiento de la viruta sobre la cara anterior de la herramienta de una forma fácil.

Existen una diversidad de fluidos que son utilizados en las operaciones de corte y están basados fundamentalmente en aceites de diferente procedencia, mismos que se mencionan con detalle a continuación:

- Aceites minerales: en este tipo de aceites se puede encontrar al petróleo y muchos otros productos derivados de su destilación. Esta categoría tiene como característica un buen poder refrigerante, aunque es poco lubricante y poco anti-soldante, es decir, podría permitir unión entre las piezas en acción. Este tipo de fluidos normalmente se utilizan para el mecanizado de aleaciones ligeras y operaciones de rectificado. Como ventaja adicional ofrece que no se oxida fácilmente.
- Aceites vegetales: a estos pertenecen el aceite de colza y otros obtenidos de plantas o semillas. A diferencia del anterior, tienen buen poder lubricante y también refrigerante, además de tener un escaso poder anti-soldante. Se oxidan con facilidad.
- Aceites animales: pertenecen a estos el aceite de sebo y otros obtenidos de las grasas de los animales; así como de los vegetales. Tienen un buen poder lubricante y refrigerante, pero se oxidan.
- Aceites mixtos: son las mezclas de aceites vegetales o animales y minerales; los primeros entran en la proporción de 10% a 30%. Tiene un buen poder lubricante y refrigerante. Son más económicos que los vegetales.
- Aceites al bisulfuro de molibdeno: ofrecen como característica la lubricación a elevadas presiones y facilitar el deslizamiento de la viruta sobre la cara de la herramienta. No son adecuados para el maquinado de metales no ferrosos, ya que originan corrosiones en la superficie de las piezas trabajadas.

- Aceites emulsionables: se obtienen mezclando el aceite mineral con agua en las siguientes proporciones:
 - De 3 a 8% para emulsiones diluidas: tienen un escaso poder lubricante; se emplean para trabajos ligeros.
 - De 8 a 15% para emulsiones medias: poseen poco poder lubricante; se emplean para el maquinado de metales de regular dureza con velocidades medianamente elevadas.
 - De 15 a 30% para emulsiones densas: presentan un buen poder lubricante; son adecuados para trabajar los metales duros. Estos proveen una protección eficaz contra las oxidaciones en las superficies de las piezas maquinadas.

2.6.1. Elección del fluido de corte

Esta elección se basa en criterios que dependen de los siguientes factores:

- a. Del material de la pieza a fabricar. Debido a cierto material de aleaciones ligeras se utiliza petróleo para la fundición en seco. Para otros como el latón, bronce y cobre, el trabajo se realiza en seco o con cualquier tipo de aceite que esté exento de azufre; además en el níquel y sus aleaciones se emplean las emulsiones.

Así también aceros al carbono emplean todo tipo de aceite; pero los aceros inoxidable auténticos emplean los lubricadores al bisulfuro de molibdeno.

- b. Del material que constituye la herramienta. Para los aceros al carbono, dado que interesa esencialmente el enfriamiento, se emplean las emulsiones; los aceros rápidos orientan la elección de acuerdo con el material a trabajar. En aleaciones duras, se trabaja en seco o se emplean emulsiones.
- c. Según el método de trabajo. En fresado se emplean las emulsiones, en el brochado los aceites para altas presiones de corte o emulsiones. Esto difiere debido a la operación y forma de corte que presentan las herramientas, obteniendo así, una mejor pieza final en todos los aspectos.

2.7. Aplicaciones de la fresadora

Las aplicaciones de las máquinas herramientas están ligadas a la mecanización de piezas, ya sea en metal o madera. Desde un simple corte, hasta la realización completa de la pieza. Se puede mencionar, para una fresadora, trabajos en metal como:

- Fabricación y rectificación de superficies planas
- Fabricación y rectificación de agujeros redondos u ovalados
- Construcción de formas geométricas de superficies planas
- Ranuras para cuñeros
- Engranajes de dientes rectos y helicoidales
- Ejes con estriado externo

2.8. Control numérico computarizado

Anteriormente se mencionó que la operación de una fresadora puede ser manual o automáticamente, presentando en la actualidad, la facilidad de operarse mediante instrucciones de control numérico computarizado (CNC). Esta nueva opción del manejo de la máquina ha mejorado considerablemente las condiciones de mecanizado de piezas en la industria.

Como una definición general, puede considerarse como máquina CNC a todo dispositivo capaz de posicionar un órgano mecánico final mediante instrucciones estrictamente automáticas a partir de información numérica en tiempo real.

Para mencionar algunos de los puntos fuertes por los cuales es necesaria la implementación del CNC en las máquinas herramientas, se citan los siguientes:

- Necesidad de fabricar productos que no se podían conseguir en cantidad y calidad suficientes sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación.
- Necesidad de obtener productos hasta entonces imposibles o muy difíciles de fabricar, por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano.
- Necesidad de fabricar productos a precios suficientemente bajos.

“Las fresadoras con control numérico por computadora (CNC) son un ejemplo de automatización programable. Fueron diseñadas para adaptar las variaciones en la configuración de productos. Su principal aplicación se centra en volúmenes de producción medios de piezas sencillas y en volúmenes de producción medios y bajos de piezas complejas, permitiendo realizar mecanizados de precisión con la facilidad que representa cambiar de un modelo de pieza a otra, mediante la inserción del programa correspondiente y de las nuevas herramientas que se tengan que utilizar, así como el sistema de sujeción de las piezas.”⁷

Algunas de las ventajas que ofrece esta tecnología, se enumeran a continuación:

- Es posible la fabricación de piezas difíciles por el método manual. Gracias al control numérico se ha podido obtener piezas muy complicadas como superficies tridimensionales necesarias para muchas aplicaciones.
- El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos.
- La máquina CNC da más precisión en el maquinado respecto las clásicas.
- Con la implementación de este tipo de máquinas, la productividad aumenta, esto se debe a la disminución del tiempo total de mecanización, en virtud de la reducción de los períodos de desplazamiento en vacío y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control.

⁷ Descripción de Fresadora de Control Numérico Computarizado.
http://es.wikipedia.org/wiki/Fresadora#Control_num.C3.A9rico_por_computadora_en_fresadoras.12/02/2010.

- Se reducen los controles y desechos. Esto es debido fundamentalmente a la gran fiabilidad y repetitividad de una máquina herramienta con control numérico. Este decrecimiento de controles permite, prácticamente, eliminar toda operación humana posterior, con la subsiguiente merma de costos y tiempos de fabricación.

2.9. Utilización de herramientas

Se ha indicado que la parte que interactúa con el material y es encargada del arranque de la viruta, se llama fresa. Estas son herramientas que cortan por el filo de sus dientes, cuando están en rotación.

En general están constituidas por un cuerpo de forma esférica o cilíndrica en revolución. En todo su perímetro se encuentran alineados los dientes de acuerdo a la forma y su uso.

Las diferentes herramientas se construyen en aleaciones de acero, llamadas rápidas y excepcionales en acero al carbono.

2.9.1. Tipos de herramientas

A continuación, de la figura 13 a la 18, se presenta cada grupo para una tarea específica, de acuerdo a las necesidades de mecanización de piezas.

Figura 13. **Fresas para trabajos especiales**



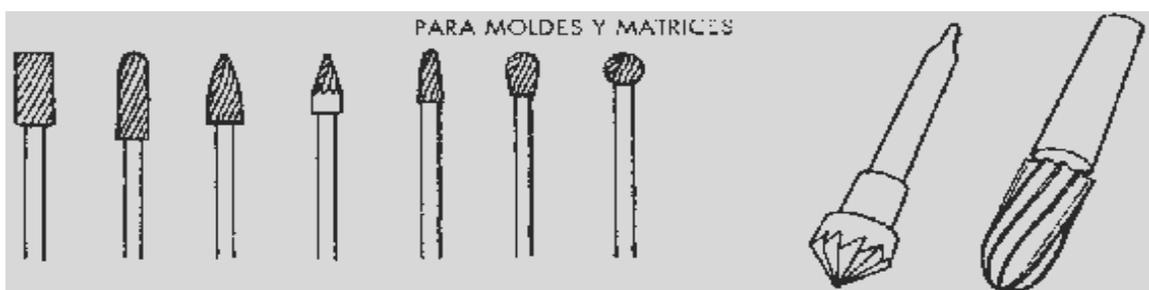
Fuente: CAPLAB. Manual del Fresador. p. 30

Figura 14. **Fresas con ranuras angulares y cola de milano**



Fuente: CAPLAB. Manual del Fresador. p. 30

Figura 15. **Fresas para moldes y matrices**



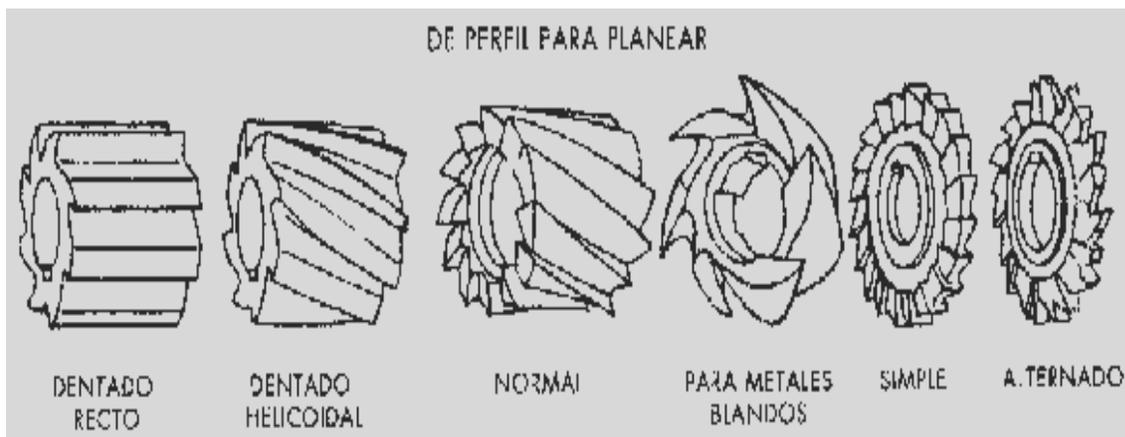
Fuente: CAPLAB. Manual del Fresador. p. 30

Figura 16. **Fresas de dientes postizos**



Fuente: CAPLAB. Manual del Fresador. p. 30

Figura 17. **Fresas de perfil para planear**



Fuente: CAPLAB. Manual del Fresador. p. 30

2.10. Materiales para fresado

La clasificación se hace de acuerdo a la aplicación que tendrá la pieza:

- Acero al bajo carbono: este material de corte libre es utilizado con más frecuencia. Normalmente usa cortadores de acero o de carburo de alta velocidad. De preferencia con su uso debe añadirse un refrigerante de aceite soluble y agua. Las virutas producidas en el fresado deben ser brillantes y ligeramente rizadas. Deben salir libremente de la máquina. Las fresas verticales, por su parte, deben generar virutas enrolladas largas. Si surgen virutas pequeñas y existe cambio de color indica desgaste de la fresa.
- Acero aleado: este tipo de acero es más fuerte que el acero dúctil, por lo mismo, requiere grandes cantidades de líquido refrigerante en el corte. Las virutas producidas serán brillantes pero más pequeñas y casi rectas.

El desgaste de la fresa se indica por una superficie lustrosa en la pieza trabajada. Si se utiliza una fresa desgastada formará una capa dura en la superficie de la pieza, llamado endurecimiento superficial por maquinado.

- Hierro fundido: tiene una cubierta o capa dura que se produce durante la fundición. El primer corte debe ser profundo para seccionar debajo de esta cubierta. Generalmente se usa fresado de superficie con cortadores de carburo. El material arrancado tiene forma de virutas negras desmoronadas. El hierro fundido debe trabajarse en seco y limpiarse bien su superficie, antes de medirla.

- Bronce fosforado: este tipo especial de bronce es de corte fácil, pero muy tenaz. Durante el maquinado las virutas son pequeñas y saltan de la pieza. Las fresas que presentan los mejores resultados en este material son las helicoidales de superficie y las verticales con dientes para desbastar. Un acabado lustroso de la pieza indica desgaste del cortador y las rebabas que se forman serán difíciles de retirar. La vida útil de las fresas se verá incrementada en un factor proporcional con el uso de refrigerante de aceite soluble.
- Aluminio: el aluminio se puede fresar con bastante facilidad. Debe tenerse suficiente cuidado al sujetar la pieza, ya que ocurrirá la penetración o distorsión. Los cortes pesados producirán virutas pequeñas y un rectificado fino provendrá de cortes ligeros. El aluminio puede maquinarse en seco, no obstante, el uso de refrigerantes ayudará al acabado de la superficie.
- Aleaciones de magnesio: éste también es un material fácil para la operación de maquinado. Sin embargo, es muy inflamable y pueden incendiarse espontáneamente pequeñas virutas o polvo.

Normalmente, existe poco peligro de fuego cuando el porcentaje de magnesio en una aleación dada es pequeño. Las virutas producidas serán en forma de polvo o de pequeñas partículas, dependiendo de la profundidad del corte.

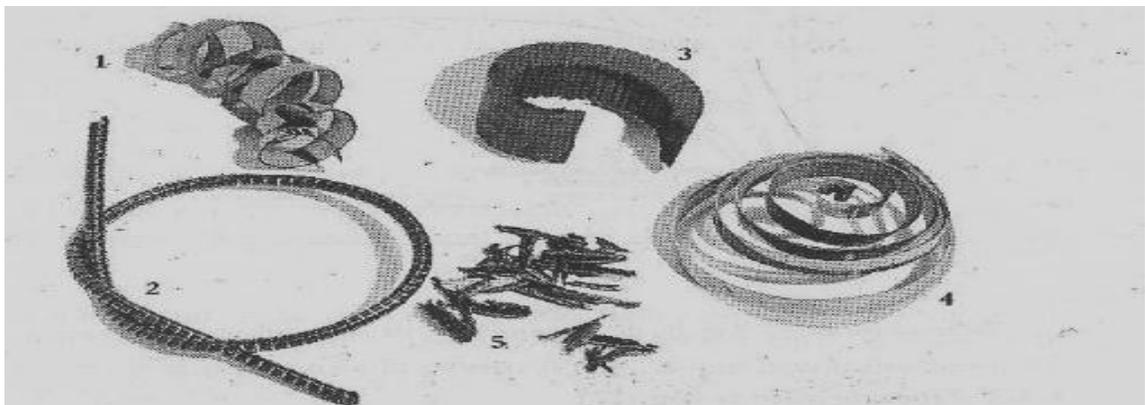
- Plásticos: la mayoría de los plásticos son de fresado muy fácil. Lanzará las virutas a distancia de la cortadora, previniendo con esto, la acción de frotamiento que origina mellado.

En el caso de ranuras profundas puede ocurrir que se traben las fresas si no tienen un rebaje lateral de alivio. Las brocas tenderán a perforar agujeros ligeramente menores que lo normal. Los plásticos generalmente se maquinan en seco.

De lo anterior se puede ejemplificar en la figura 18, los tipos de viruta que se puede obtener de acuerdo al material y la herramienta para la operación de desgaste por medio de fresadora, clasificándose de la siguiente manera:

- Virutas plásticas: son aquellas que se producen con materiales tenaces, grandes ángulos de ataque y elevada velocidad de corte.
- Virutas cortadas: es aquella que se obtiene al trabajar con materiales tenaces y con pequeñas velocidades de corte.
- Virutas de arranque: este tipo de viruta lo obtendremos al trabajar con materiales agrios (fundición gris, bronce rojo), con pequeños ángulos de ataque y reducida velocidad de corte.

Figura 18. **Tipos de viruta**



Fuente: http://html.rincondelvago.com/materiales_8.html; 10/05/2010.

3. DISEÑO CAD Y LABVIEW

Como se menciona con anterioridad, la utilización de máquinas en muchos procesos industriales ha podido tomar acción importante hasta el punto de ser indispensables en estos; ello mediante la utilización de herramientas no sólo mecánicas, sino más tecnológicas tanto, como el desarrollo de estas en su momento, lo haya permitido.

Parte de los avances se ha evidenciado con la implementación de las computadoras dentro de los procesos. Estas, debido a lo poderosas que son en cuanto a manejo de información, posibilitan que puedan ocupar un lugar esencial en toda aplicación.

Actualmente se encuentran computadoras en diferentes acciones, por sencillas que sean. Existen en automatización, robótica, sistemas de control, entre otras, siendo su campo de aplicación muy amplio debido a que determina control de posicionamiento en cualquier tipo de coordenadas, ejecución de procesos temporizados, análisis de datos y tareas de cálculo en general.

Los recientes avances logrados por la industria computacional ha dado la oportunidad de facilitar, de forma considerable, muchas operaciones, haciendo mención especial del diseño de piezas mediante software dedicados para tal fin.

Con base a este desarrollo se ha recurrido al llamado: *CAD, Computer Aided Design* y al *CAM, Computer Aided Manufacturing*; que se refieren al diseño y fabricación respectivamente, asistidos por computadora.

En los anteriores, el amplio paquete de herramientas computacionales encontradas hasta ahora hizo posible su aparición, ya que la computadora es tan poderosa como para diseñar elementos mecánicos y sistemas completos de ingeniería mecánica.

Como reseña histórica se puede decir que el dibujo asistido por computadora se introdujo comercialmente cuando *IBM* lo puso al alcance de los usuarios alrededor de los años 60's. Para la década de los 80's había incrementado a por lo menos 63,000 estaciones de trabajo en las cuales era usada esta nueva herramienta de diseño; y claro, a partir de allí, se ha incrementado considerablemente en función de las prestaciones que ofrece.

3.1. CAD

Consiste en preparar un dibujo con herramientas diferentes a las convencionales, siendo estas: tinta, lápiz, papel. Ahora una alternativa popular es hacer un dibujo con ayuda de computadora, método que se conoce como Dibujo Asistido por Computadora, el cual está reemplazando con gran rapidez al dibujo manual.

Entonces se define el *CAD* como la operación de realización de dibujo diseñado mediante herramientas en una computadora, tratándose de programas especiales dedicados a este fin.

Estos, deben considerarse como una ayuda adicional, ya que los dibujos, por mínimos que sean, deben ser realizados manualmente. Los sistemas en referencia ayudarán a dibujar y diseñar con mayor velocidad y exactitud gracias a que depende de la ejecución de una computadora, por lo mismo, los dibujos

pueden revisarse y modificarse mucho más rápido y exacto que mediante el proceso manual; resultando una buena inversión que permite preparar dibujos.

En una organización la reducción del tiempo de producción es primordial; el diseño del dibujo en un proyecto es considerado como el proceso más tardado y que retrasa los demás, ya que este absorbe alrededor de las dos terceras partes del total. Por esto y mucho más, el *CAD* aumenta la creatividad al ejecutar y representar ideas de dibujo con rapidez.

Además de ventajas, el *CAD* también presenta características que son poco deseables a la hora de su implantación. Uno de los daños a los que se expone el dibujante de *CAD* es al de la salud; ya que como un televisor normal, un monitor emite radiaciones de nivel considerable en seguridad. La fatiga visual es otra problemática del *CAD*, aunque también se experimenta para el caso del dibujo tradicional. Debido a la alta inversión de un equipo con esta tecnología, las empresas han creado varios turnos de trabajo, con el fin de recuperar el costo mediante la productividad resultado de este. Así también, la tecnología tiene sus complicaciones, en el caso particular de las computadoras, en ocasiones presenta des configuraciones y esto conllevará un tiempo de caída, en el cual no podrá ser utilizada la máquina.

El uso de la computadora en las áreas de diseño y dibujo es el desarrollo más significativo en la ingeniería y ha permitido que revolucione el procedimiento de preparación de los dibujos.

3.2. Software de desarrollo

Para estas operaciones de diseño, se han desarrollado conforme avanza la tecnología, múltiples *software*, los cuales proporcionan herramientas diversas

con muchas aplicaciones, atendiendo las necesidades de varios campos, en su mayoría a nivel industrial. Dedicados a la operación *CAD*, existen varios de estos, entre los que podemos mencionar:

- *AutoCAD*
- *SolidWorks*
- *Autodesk Inventor*
- *FreeCAD*
- *VariCAD*, entre otros

Se ha expuesto que las funciones de estos *software* son de gran ayuda en el diseño de dibujos, por lo tanto, las computadoras que los tengan, deberán poseer características especiales en cuanto a almacenamiento, velocidad en el procesamiento de datos y que la resolución y manejo de gráficos sea suficiente para poder visualizar los diseños sin ninguna complicación y de la manera más rápida y óptima. En cada paquete computacional como los enumerados anteriormente, son específicas estas condiciones, ya que por lo que ofrece cada uno, difieren entre ellos. Esto, como una desventaja, repercute en el costo de la inversión de la computadora que servirá para las aplicaciones *CAD*.

Anteriormente se indicó una serie de *software* creados hasta la fecha, como asistentes de diseño *CAD*. Para este caso, será de interés primordial el uso de *SolidWorks*.

3.2.1. *SolidWorks*

SolidWorks es un programa de Diseño Asistido por Computadora, *CAD*, por sus siglas en inglés, registrado bajo licencia de *Microsoft Windows* para modelado mecánico. Permite al usuario, modelar piezas o conjunto de ellas y

también respecto a estas, extraer tanto planos, como toda otra información necesaria al momento de la producción.

“*SolidWorks* es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado de piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable.”⁸

Es característico de este *software* ser una herramienta de diseño mecánico muy fácil de usar. Apareció en el mundo del dibujo *CAD* alrededor de 1995 mediante *SolidWorks Corporation*, la cual fue fundada unos años antes.

Se dice que mucho del poder computacional que posee *SolidWorks* se basa en las propiedades de asociativo, paramétrico y variacional de una forma bidireccional con todas las aplicaciones que este encierra.

Este programa presenta como características principales: parámetros clave, asociatividad y funciones geométricas inteligentes, gestor de diseño.

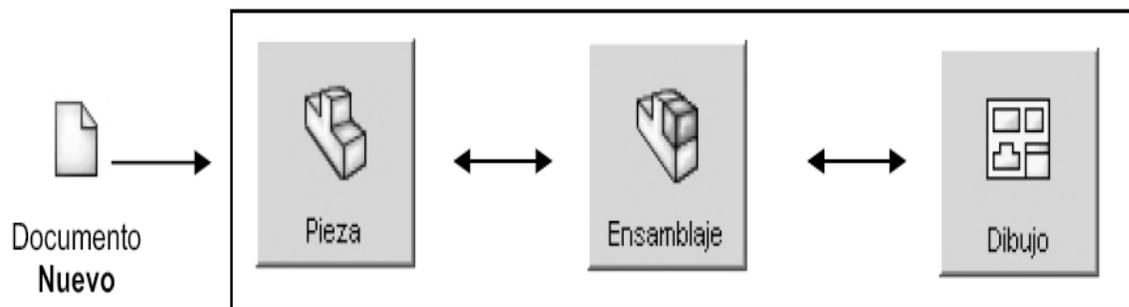
Como parámetros clave se entienden las dimensiones y las relaciones geométricas, las cuales definen la complejidad de un modelo tridimensional.

Para hablar un poco de la asociatividad que presta este *software*, se explica que el mismo en su uso puede adoptar varias formas como se muestra en la figura 19, siendo estas: Pieza, Ensamblaje y Dibujo; de esto, la elaboración de un diseño en cualquiera de estos, entrega una extensión de archivo diferente entre ellos, pero ahí es donde aparece la propiedad; al estar

⁸ Gómez González, Sergio. *SolidWorks*. p. 70.

ligados las tres partes y agrupados en una misma ubicación. La modificación de cualquiera de ellos, conllevará el mismo efecto en los otros dos sin haber cambiado todos.

Figura 19. **Asociatividad de SolidWorks**

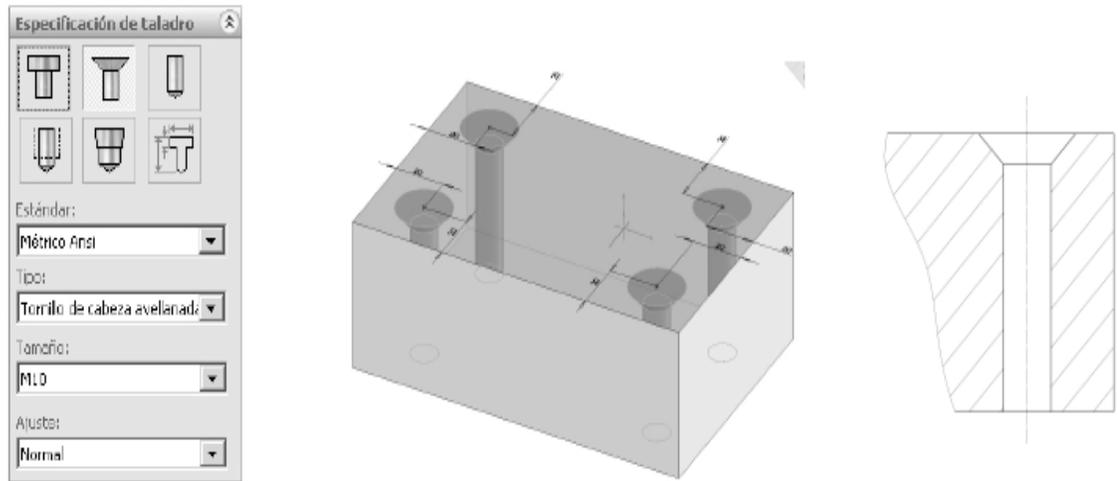


Fuente: Gómez González, Sergio. SolidWorks. p. 18

Entre las funciones geométricas inteligentes se encuentran acciones como: taladrado, chaflanes, redondeos, entre otros. En la figura 20 se hace referencia a la función de taladro, misma que al igual que las demás necesita de previa configuración para la pieza a la cual se le aplicará esta propiedad.

Con estas herramientas, el diseño de los dibujos de cualquier tipo, desde una simple tuerca hasta un mecanismo de lo más complejo, tal como un motor de combustión interna o cualquier máquina herramienta, cobra más realismo debido a lo complejos que pueden llegar a ser los cortes o espacios eliminados de la geometría original del objeto.

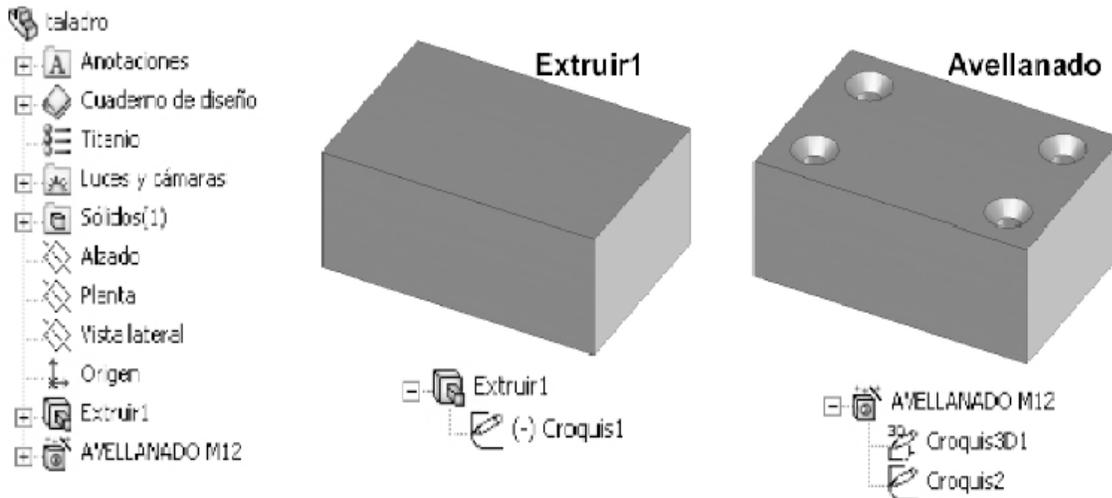
Figura 20. **Función de taladrado**



Fuente: Gómez González, Sergio. p. 19

Como complemento a las funciones principales que *SolidWorks* posee se encuentra la herramienta gestor de diseño, conocida como *Árbol de Operaciones* o *FeatureManager*. En esta, se expanden y detallan como una forma de árbol, o visto de otra manera en cascada, todas las operaciones utilizadas para el diseño de la pieza, hasta la última modificación hecha por el usuario, como se muestra en la figura 21. Dicho árbol presenta en forma descendente, la forma instantánea del elemento, esto quiere decir, que mientras más actual sea la modificación u operación que se efectúe al mismo, ésta aparecerá en la parte más baja del árbol o cascada. Esta función, así como permite la visualización de las operaciones ejecutadas, también da la oportunidad de modificarlas o eliminarlas, según sea la necesidad de aplicación que se requiera.

Figura 21. **Gestor de diseño**



Fuente: Gómez González, Sergio. p. 20

En el campo del modelado mecánico, *SolidWorks* ha encontrado grandes aplicaciones debido a que cuenta con una herramienta muy útil y versátil, siendo esta la de simulación y movimiento. Esta se incluye en las versiones más recientes de este *software* y permite agregar diferentes movimientos a las piezas que forman un ensamblaje. Esto, con el fin de evaluar las dimensiones, relaciones geométricas o posibles trayectorias y así determinar algún tipo de interferencia o choque entre las mismas partes de la estructura. Para ello se puede agregar al diseño mecánico elementos tales como: motores rotativos, lineales, gravedad, resortes y luego de esto se tiene la capacidad de animar el conjunto y ver un movimiento simulado del ensamblaje. Cabe mencionar que el análisis de interferencia viene ligado a la herramienta de módulo de ensamblaje, la cual al actuar junto con la simulación, detectan imperfecciones en el diseño.

Así pues, son muchos los usos de este poderoso programa, tanto que ha llegado a revolucionar la idea del diseño mecánico y ha permitido verlo desde un punto de vista más real y productivo a nivel industrial.

3.2.1.1. Metodología de uso

SolidWorks, en este caso, permitirá utilizar un ensamblaje mecánico que corresponderá al mecanismo de tres coordenadas que reproducirá los movimientos necesarios para la simulación de la mecanización del elemento. La versión de uso será *SolidWorks Premium 2009*.

Para tal fin, se inician las acciones ingresando simplemente con dar doble clic en el icono identificador del mismo; con esto se visualizará la ventana de inicio, como la mostrada en la figura 22.

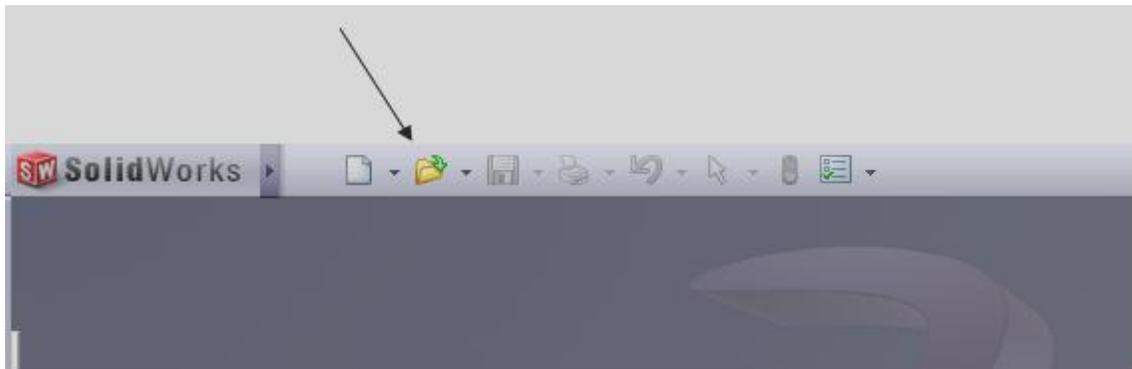
Figura 22. **Ventana principal de *SolidWorks***



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar una ventana bastante familiar en cuanto a otro *software* de computadora. Dicha aplicación servirá específicamente la función de abrir, señalado en la figura 23; en este caso será un ensamblaje mismo que estará previamente definido.

Figura 23. **Abrir ensamblaje**



Fuente: elaboración propia.

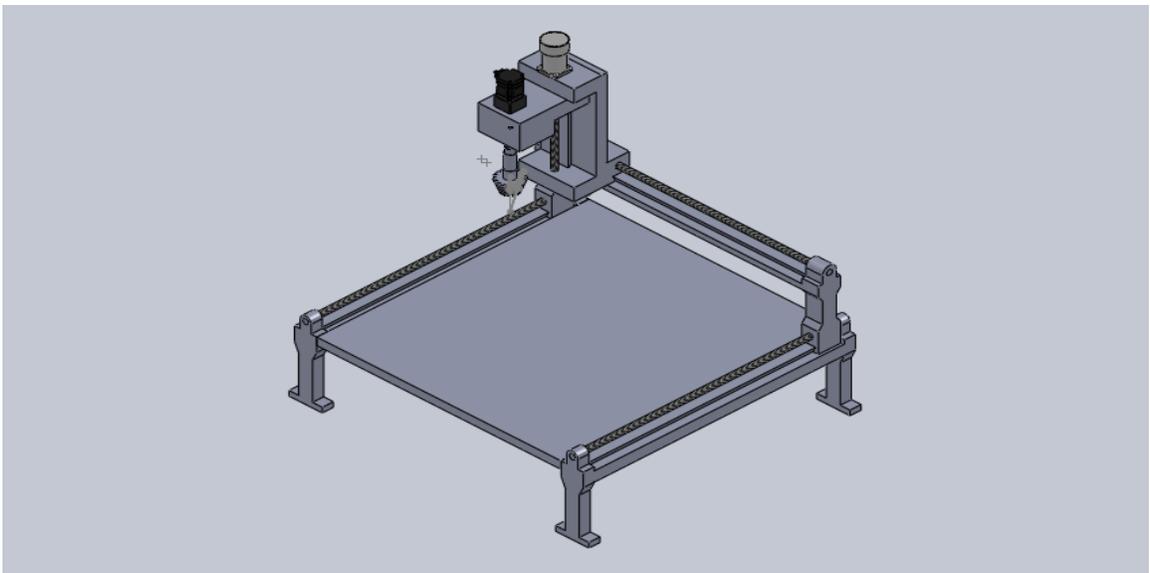
Este programa trabaja, tanto ensamblajes como piezas individuales; estas se diferencian por medio del tipo de extensión de archivo con la cual se guarda cada una. Los ensamblajes se caracterizan por la extensión **.sldasm* y es este tipo de archivo el de nuestro uso. Como una anotación extra, se hace mención del tipo de extensión al que responde una pieza individual, y por tanto, los demás tipos de archivos que *SolidWorks* maneja para evitar confusiones; tales son: **.sldprt*, **.slddrw*, refiriéndose a parte y dibujo respectivamente.

El ensamblaje que para nosotros será útil deberá estar constituido de las características que a continuación se detallan; esto debe seguirse estrictamente, ya que del actuar del mecanismo depende en su totalidad el posicionamiento del mismo para la reproducción de los movimientos adecuados en la simulación.

- Base fija sólida que actúa como soporte de la estructura.
- Cuerpo mecánico que desplace longitudinalmente una fresa de desgaste.
- Cuerpo mecánico que desplace transversalmente una fresa de desgaste.
- Cuerpo mecánico que desplace verticalmente una fresa de desgaste.
- Fuerzas lineales y rotativas configuradas a cada eje espacial del mecanismo.

Estas características pueden visualizarse tanto como referencia, como para asegurarse de la existencia de ellos mediante el árbol de operaciones ubicado en la parte izquierda de la ventana del programa. Una vez se tenga lo descrito, será posible la ejecución de la simulación de los movimientos del mismo. Específicamente se tratará el mecanismo mostrado en la figura 24, que sirve de base en el presente estudio, porque responde a las exigencias enumeradas con anterioridad.

Figura 24. **Mecanismo móvil de tres ejes**



Fuente: elaboración propia.

3.3. Aplicaciones del CAD

En el mundo actual, muchas aplicaciones se ven necesitadas de la asistencia por computadora en su diseño, tales como: instalaciones mecánicas, electrónica, diseño arquitectónico, creación artística, aplicaciones industriales, entre otros.

A continuación se describe en forma breve parte de la ayuda que brinda este tipo de asistencia; la misma, se ha dado gracias a los avances que han tenido las computadoras y que ha representado mayor y mejor utilidad en el diseño *CAD*.

En la mecánica es el área donde más se ha tratado de utilizar esta herramienta, debido a las complicaciones que se evitan con ella al momento de muchas aplicaciones. Entre ellas está la industria automovilística y la aeroespacial, las cuales fueron de las impulsoras a que el *CAD* se difundiera en este campo.

Se hace mención de varias de las utilidades: modelado y simulación de moldes, fabricación rápida de prototipos, generación y simulación de programas de control numérico y para robots.

Otra de las áreas donde es muy usado el *CAD* es en el de Arquitectura complementada con Ingeniería Civil; en ellas, se presenta en delineación en *2D* y actualmente con poderosas herramientas para *3D* hacen de esto un diseño más agradable. Para enumerar algunas de estas: Diseño de Interiores, Cálculo de Estructuras, Diseño Arquitectónico y Diseño de Obra Civil, entre otras.

Una aplicación que es poco escuchada en el medio, es la de Sistema de Información Geográfica y Cartográfica. En esta área el CAD aporta las siguientes herramientas: Análisis Topográfico, Planificación Urbana, Mantenimiento y Producción de Mapas y Datos Geográficos, Estudios Medioambientales, entre otros.

En el área de la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, el CAD se ve evidenciado en el diseño de: Instalaciones Eléctricas, Diseño de Circuitos Impresos, Diseño de Circuitos Integrados, Programación de Control Numérico para Mecanizado o Montaje de Placas.

Para evidenciar lo anteriormente descrito, la tabla I, muestra los tipos principales en que se divide el uso CAD respecto a su función, disciplina e industria de utilidad.

Tabla I. **Usos del CAD**

Función	Disciplina	Industria
Diseño	Estructural	Aeroespacial
Análisis	Mecánica	Automotriz
Documentación	Eléctrica	Electrónica de consumo
Planeación de producción	Electrónica	Otros
Manufactura	Arquitectura	
Control de calidad	Civil	
Simulación	Otros	
Soporte logístico		

Fuente: <http://s3.amazonaws.com/lcp/williamperetz/myfiles/Objetivo-4.2-Aplicaciones-del-cad.pdf>. 25/02/2010.

Así mismo, se resume en la tabla II, los usos del *CAD* de acuerdo al área de aplicación.

Tabla II. Usos y aplicaciones del *CAD*

Mecánica	Diseño eléctrico / electrónico	Arquitectura / Civil
Eslabones y mecanismos	Diagramas de cableado	Diseño con acero
Engranajes y poleas	Diseño lógico y esquemático	Diseño de construcción
Hidráulica y neumática	Cableado y encaminado	Tubos, diseño de plantas
Planchas de metal	Diseño de arneses para cables	Topografía
Diseño de moldes	Sistemas de iluminación	Creación de mapas
Diseño de fundición	Distribución de potencia	Diseño de concretos
Superficies y estilo	Diseño para montar y acercar	Planeación de espacio

Fuente:<http://s3.amazonaws.com/lcp/williamperrez/myfiles/Objetivo-4.2-Aplicaciones-del-cad.pdf>.
25/02/2010

Actualmente, se encuentran aplicaciones de *CAD* para manufactura, tales como: taladrado, perforado, maquinado, soldado, diseño de moldes, diseño de herramientas, programación de robots, además de otros.

Uno de los campos poco explorados por la tecnología, pero aún así alcanzados por el *CAD* es el de diseño de joyería, el cual ha facilitado la manufactura de los productos de esta área. A continuación se presentan ventajas del uso del *CAD* en este campo.

- Ofrece diseños con la única limitación de la imaginación.
- Se efectúa un proceso de diseño de una manera interactiva.
- El cliente puede ver lo que se le entregará, y recibirá lo que vio.

Se ha evidenciado que el *CAD* gana utilidad en numerosos campos, esto ha conllevado que muchas áreas del mundo industrial evolucionen de una manera más eficiente y rápida debido a lo que representa trabajar con ello. Es una opción relativamente reciente, pero debido a sus herramientas tan útiles se ha convertido en algo, en varias ocasiones, indispensable para la continuidad de algún proceso. Concluyendo así, que la inversión que está ligada a este tipo de diseño es bien retribuida y con creces, al obtener de este, un mejor desempeño en las actividades para las que sea designado.

3.4. Instrumentación

Se entiende como instrumentación, desde el punto de vista eléctrico, la manipulación de dispositivos electrónicos que determinan el comportamiento de un elemento o sistema. Entre ellos: multímetro, osciloscopio, y más.

La instrumentación, es parte de la electrónica, que se encarga del diseño y manejo de aparatos utilizados para medición eléctrica. Su función es la de adquirir y analizar para luego presentar resultados. Tiene muchas aplicaciones para el sensado y posterior procesamiento de datos respecto la adquisición de cualquier señal proveniente de variables físicas o químicas, y que tienen como objetivo final realizar la supervisión, monitoreo y control de cualquier proceso.

3.4.1. Sistemas de instrumentación

Existen dos maneras por medio de las cuales los sistemas de adquisición pueden medir y registrar datos, estas son:

- Señales que se originan por medición directa, tal como voltaje, frecuencia o resistencia.

- Señales obtenidas mediante la interacción de transductores.

Estos sistemas pueden procesar información, tanto analógica como digital, con la diferencia entre ambas que necesitarán otro tipo de acondicionamiento y operaciones de análisis adecuadas a cada una de estas.

3.5. Instrumentación virtual

Como se explica anteriormente, la instrumentación electrónica permite que, por medio de instrumentos de medición, se obtenga información de algún sistema en forma de señales eléctricas. Esto con el propósito de su análisis para posterior toma de decisiones en cualquier proceso. Una de las características de este tipo de instrumentos es que su total funcionamiento se debe a su propia estructura de fabricación, necesitando solamente de una fuente de alimentación eléctrica externa (varios de estos utilizan baterías).

El término que se analiza a continuación difiere de las últimas características mencionadas en el párrafo anterior. Refiriéndose a la instrumentación virtual, se caracteriza por la utilización de una computadora como elemento principal del sistema de instrumentación; a esto se agrega, dispositivos que servirán para la adquisición de datos. Hacer uso de una computadora, requiere a su vez de un programa creado para este tipo de operación en el cual se ejecutarán las funciones de análisis y presentación de la información obtenida.

3.5.1. Funcionamiento de un instrumento virtual

Los elementos que conlleva un instrumento virtual son: dispositivos para adquisición, computadora y *software* dedicado a la tarea. Los dispositivos

pueden ser tarjetas de adquisición de datos o tarjetas de interfaz de comunicación. Estos a su vez, obtienen la información (en el caso de las de adquisición). Internamente proveen un acondicionamiento a la señal para el próximo paso que es el de la visualización en el *software* por medio de la *PC*.

La interacción del usuario con este programa es una interfaz gráfica que simulará las pantallas de mando de los aparatos de medición convencionales. Con ello es posible analizar estas señales de entrada y tener información de las salidas o rutinas de programación designadas, para así evidenciar que el fin que persigue un instrumento virtual, es el mismo que ha presentado uno tradicional. En la figura 25 se presentan algunas características de ambos.

Figura 25. **Instrumento tradicional contra un instrumento virtual**

INSTRUMENTO TRADICIONAL INSTRUMENTO VIRTUAL

<ul style="list-style-type: none"> • Vendedor definido • Función específica con límite de conectividad • La clave es el Hardware • Costoso • Cerrado. Escasa flexibilidad • Desarrollo Tec. Lento • Elevado costo de desarrollo y mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Usuario Definido • Conectividad total a redes y perif. • El software es la clave • Económico • Abierto. Totalmente funcional • Desarrollo Tec. Rápido • Bajo costo de desarrollo y mantenimiento
	

Fuente: Ruiz Gutiérrez, José Manuel. Instrumentación Virtual. p. 3

La inclusión de una computadora en un proceso ha dado pruebas que el mismo adquiere más y mejor funcionalidad en todo aspecto. Así pues, el que un sistema sea monitoreado en cuanto a la ejecución de un procedimiento ha

permitido al área, mayormente científica y de ingeniería, que perciba mayor productividad, precisión y rendimiento.

En el campo de la ingeniería se ve muy difundido el uso de la computadora y los instrumentos virtuales, así como sistemas mecánicos y eléctricos para la operación y control de producción. Esto es llamado automatización de procesos. El mundo de la automatización se ha valido también de los avances tecnológicos de la computación para que, a la fecha, sea una de las metas más perseguidas en el ámbito de industria en general. En la mayoría de casos, se usa un equipo de cómputo como elemento principal dedicado a la supervisión y centro de control del proceso, ya que los beneficios percibidos de ello hacen viable la inversión que exige.

Así como es útil la instrumentación virtual en la industria, lo es en el sector educativo, ya que mediante estas herramientas se logra facilitar el aprendizaje con la ayuda de tecnología que ofrece interfaces con el usuario de tipo amigables desde el punto de vista de la complejidad en el manejo del mismo. Esto da lugar a que se considere como elementos sencillos de aplicar y aunado, presenta diversidad de *Toolbox* o caja de herramientas para diferentes necesidades.

Otra de las bondades del instrumentación en referencia es la posibilidad de una simulación previa de la operación que se desee realizar, analizando efectos y posibles logros, antes de llevar a cabo un diseño o proceso real, que al más mínimo error de funcionamiento no considerado, acarrea una situación perjudicial que, en el mejor de los casos, será puramente económica, hasta poder llegar a fallas técnicas que desencadenen consecuencias trágicas materiales o humanas.

Con lo anterior, se demuestra que el avance de la tecnología vista en el área de la computación, ha beneficiado de una manera trascendental muchos sectores del diario vivir; proyectando a futuro que estas prestaciones se incrementen para bien de la humanidad.

3.6. *LabVIEW*

El desarrollo de los llamados instrumentos virtuales, que en adelante se citarán como *VI* (por sus siglas en inglés), ha representado un avance considerable en lo que a automatización se refiere. Es por ello que se toma muy en cuenta uno de los *software* más utilizado para este fin en el medio, tanto de industria, como educativo. *LabVIEW* ha dado resultados apreciables y de gran ayuda en aplicaciones de enseñanza por lo sencillo de su uso, pero esto no quiere decir que sea igual en cuanto a su potencial de desarrollo; es todo lo contrario, o sea, por lo poderoso de la herramienta es que ha visto campo en el sector industrial en los más complejos sistemas de adquisición, supervisión, control y registro de datos. *LabVIEW* responde a lo siguiente: adquisición, análisis y presentación.

Una de las características que tiene bien marcado a este *software* es el tipo de programación del cual hace uso, siendo este, de tipo gráfico. Esto permite que el entorno sea más cómodo y sencillo para el usuario. Con esto puede crearse los *VI* necesarios con las interfaces de manejo adecuadas con el fin de la visualización y control mencionados. Siendo programación gráfica, queda atrás la tediosa tarea de las líneas código, tomando en cuenta tan sólo la secuencia del flujo de datos y mediante este flujo se determina la ejecución de las acciones.

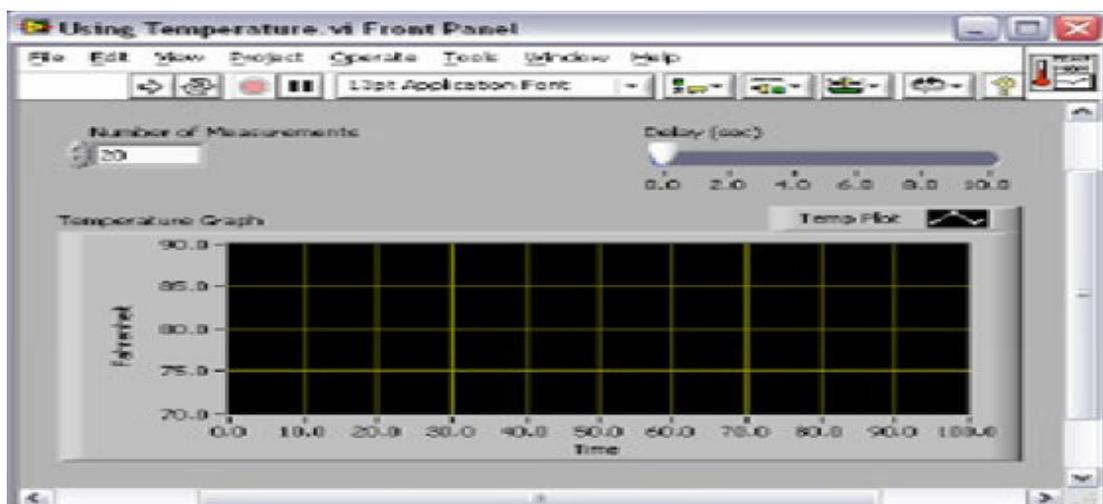
3.6.1. Elementos de un instrumento virtual en *LabVIEW*

Los VI constituyen la parte, tanto de interfaz con el usuario, como de programación, siendo esto separado en los siguientes elementos:

3.6.1.1. Panel frontal

Está a cargo de la interacción de usuario. Posee herramientas con las cuales se le da apariencia al instrumento, pudiendo incluir en ello, desde perillas o barras deslizantes actuando como controles y *LED* ó gráficas que hacen las veces de indicadores, simulando así entradas y salidas respectivamente. Así mismo, tiene la capacidad de efectuar animaciones. Con esto se vería la similitud a un instrumento tradicional; dependerá de la aplicación, qué elementos contenga; se muestra en la figura 26 para tomar muestras de la temperatura.

Figura 26. **Panel frontal**

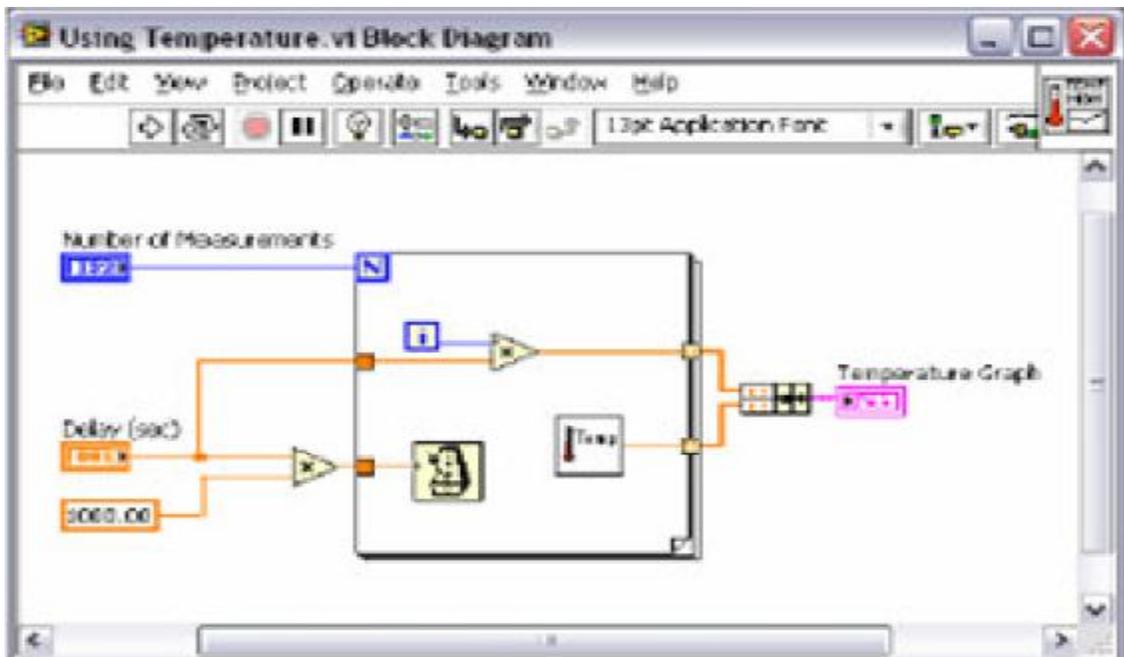


Fuente: elaboración propia.

3.6.1.2. Diagrama de bloques

Luego de realizar la parte visual de nuestro VI, se procede a la programación que incluirá los controles e indicadores que fueron colocados en el panel frontal; esto corresponderá a la programación gráfica, la cual se hace en el diagrama de bloques; (ver figura 27). En este, aparece el código fuente y lo que se usó en el panel se verá como íconos de los cuales saldrá o entrará algún tipo de señal, según sea el caso.

Figura 27. Diagrama de bloques



Fuente: elaboración propia.

Representa con íconos, las líneas código de los lenguajes convencionales; el flujo de los datos se notará en la unión entre estos íconos pasando a través de las operaciones y análisis necesarios para la aplicación que se esté tratando.

3.6.1.3. Paletas de *LabVIEW*

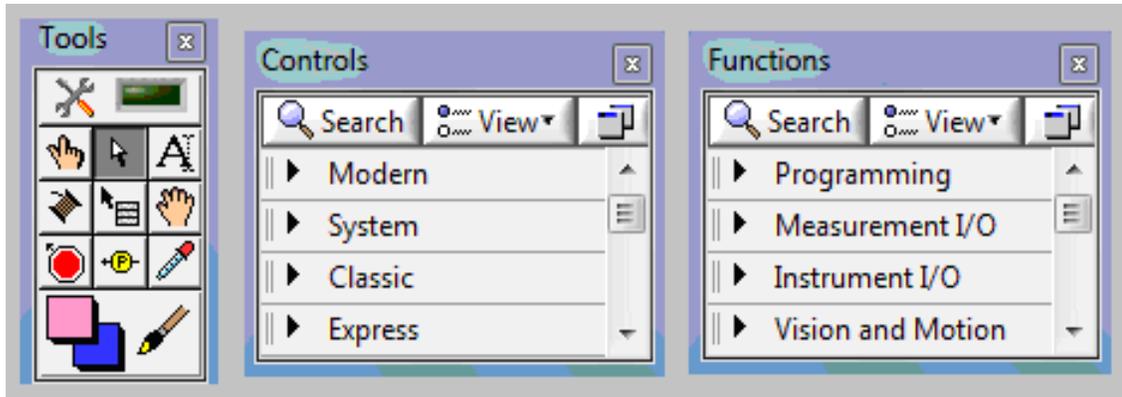
Estas son un conjunto de herramientas que posee, tanto el panel frontal, como el diagrama de bloques, las cuales permiten la creación y edición de sus elementos. Cabe mencionar que dicho conjunto difiere entre cada uno de los mencionados, ya que, como se explico en los párrafos anteriores, la función y apariencia de ambos es única; es por eso que cada a cada uno corresponde una diferente paleta. Así como existen funciones propias para cada ventana del *VI*, se encuentra una que es común a las dos en cuanto a las opciones que brinda, siendo ésta, la paleta de herramientas; en ella es posible alterar el diseño de la ventana agregando o editando colores, contrastes, texto y otras características puramente visuales.

En lo que al panel frontal respecta, la paleta asignada a él es la paleta de controles. Como su nombre lo indica posee todo lo que a entradas se refiere y con ello dar la vista de esta parte del instrumento.

Para el diagrama de bloques se asigna la paleta de funciones en su configuración, encontrando lo correspondiente a programación en el análisis de la información adquirida, con el fin de presentar los resultados que devuelve la misma.

Estas paletas son tan necesarias, a la vez que deseadas, ya que, así como se utiliza para la configuración previa al funcionamiento de la aplicación, también da lugar a una configuración más estética de la misma. La apariencia de estas se muestra a continuación en la figura 28.

Figura 28. Paletas de *LabVIEW*



Fuente: elaboración propia.

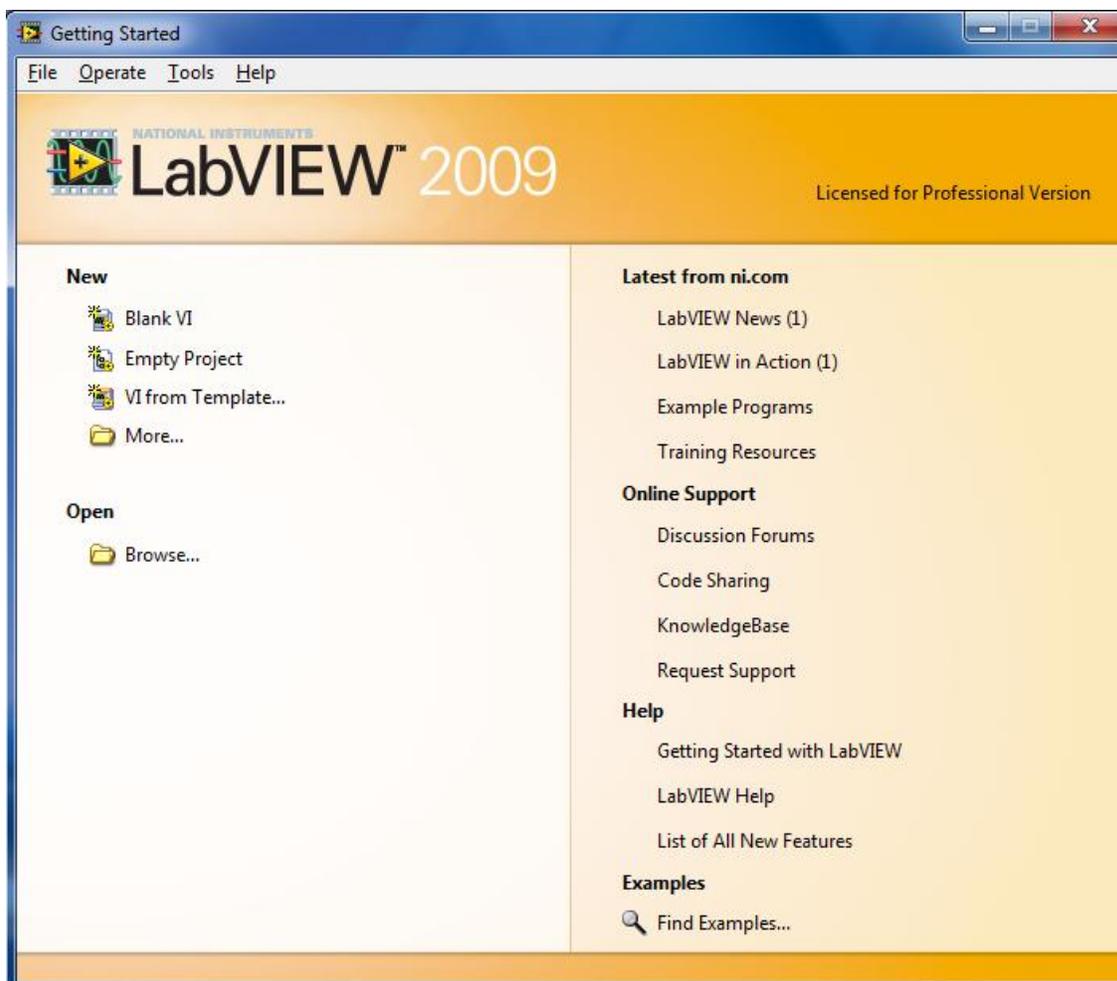
Con esto se pueden concluir las partes básicas que el programador debe conocer para el uso de este poderoso *software* que día a día toma más campo. *LabVIEW* es creado y distribuido bajo licencia de la multinacional *National Instruments*, la cual desde hace años ha incursionado en el mundo de la tecnología para fines de ingeniería.

3.6.2. Metodología de uso

Aprovechando las acciones de *SolidWorks* desde el punto de vista mecánico, se llevará a cabo con este, una simulación del mecanismo presente en este último para reproducir los movimientos que una pieza previamente seleccionada le exija, mediante el control que haga la interfase de *LabVIEW*. Así como fue específica una versión de *SolidWorks* para ello, es necesario resaltar la misma situación para la interfase. La adecuada en este caso será *NI LabVIEW 200* y el módulo *NI SoftMotion for SolidWork*. Es necesario, para beneficio del usuario, cumplir con ello, de lo contrario surgirían conflictos entre ambos; problemática que no permitirá el buen desempeño del sistema.

Con este fin, es de importancia el uso de un *Empty Project* de *LabVIEW*; para acceder al mismo. Se inicializa *NI LabVIEW 2009*, al cual se accede haciendo doble clic en el acceso directo con ubicación en el escritorio o en alguna otra, según sea su configuración. Seguido de esto se verá la ventana de inicio, que tiene la apariencia mostrada en la figura 29.

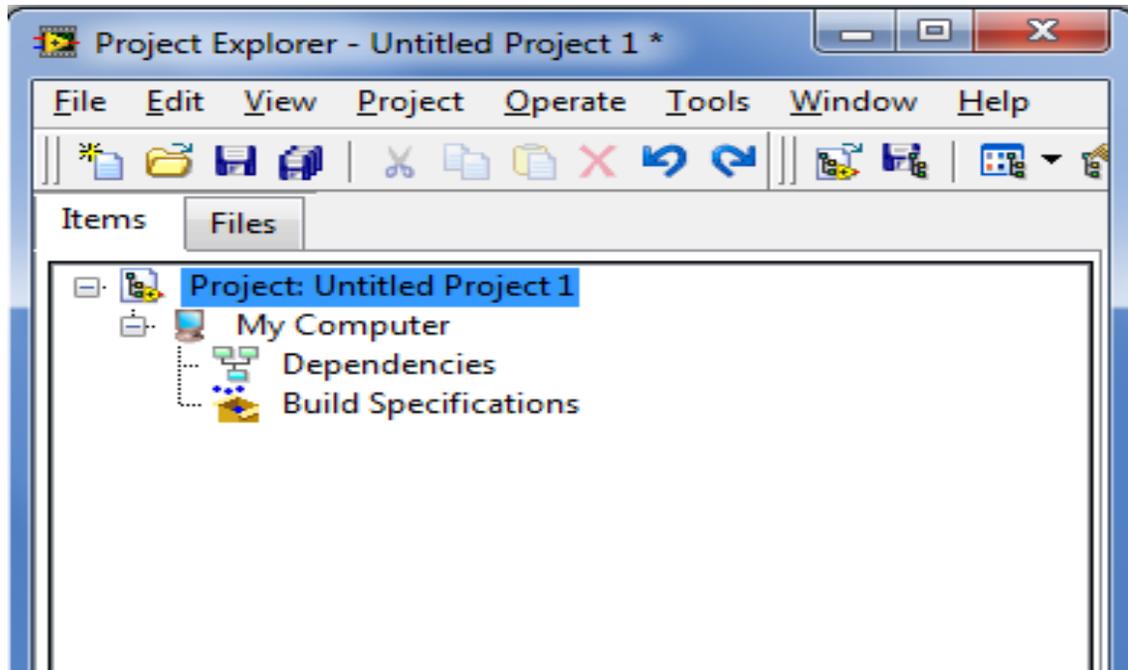
Figura 29. **Ventana de inicio de *NI LabVIEW 2009***



Fuente: elaboración propia.

En esta ventana se selecciona el llamado *Empty Project* y ello permitirá una vista como se presenta en la figura 30.

Figura 30. *Project Explorer*



Fuente: elaboración propia.

Esta ventana es llamada *Project Explorer* y es la encargada de configurar todo lo que el proyecto contendrá y las acciones designadas.

De los elementos que estarán incluidos en este, se dará uso a los *VI* o Instrumentos Virtuales; éstos, se dieron a conocer en secciones anteriores de este capítulo. Dentro de estos se emplearán *SubVI*, los cuales no son más que *VI* con la funcionalidad normal, sólo que no se presentará como una ventana de panel frontal sino que, su apariencia, será la de un icono en el diagrama de bloques y podrá utilizarse como uno de estos para programación como

complemento de un procedimiento más extenso y complejo. Esto permite que el diagrama de bloques se vea menos cargado en lo que a bloques de programación se refiere.

4. UTILIZACIÓN DE CAD Y LABVIEW PARA EL DISEÑO DEL CONTROL DE POSICIONAMIENTO DE UN MECANISMO DE TRES COORDENADAS CARTESIANAS

En los capítulos anteriores se estudia las bondades, tanto del diseño *CAD* en la parte de diseño mecánico, como de *LabVIEW* para la parte de instrumentación y control virtual. Estos tienen herramientas que los hacen capaces de actuar en conjunto con el fin de darle animación y posterior análisis a cualquier mecanismo desarrollado en el primero. Es necesario, para tal objetivo, seguir una serie de pasos que se enunciarán posteriormente, tomando en cuenta los detalles del procedimiento para percibir con exactitud los resultados esperados.

También fueron descritas con anterioridad las características de estos programas y los pasos básicos para su utilización, partiendo de eso se agrega lo restante para este control de posición.

Haciendo una recopilación de las herramientas necesarias para este diseño se mencionan las siguientes, estas deben cumplirse estrictamente a cabalidad para la buena realización de lo propuesto debido a las incompatibilidades y diferencia de herramientas entre cada versión de los programas:

- *LabVIEW 2009*
- *SolidWorks Premium 2009*
- Módulo de *LabVIEW NI SoftMotion for SolidWorks*

Con este diseño se logrará definir una rutina de posición que represente los movimientos que una máquina deberá hacer para mecanizar una pieza metálica de dimensiones definidas con las restricciones siguientes:

- Pieza cartesiana de dimensiones $A \times B \times C$; siendo A, el ancho ó coordenada “x”, B, el alto ó coordenada “y” y C, la profundidad ó coordenada z.
- La dimensión A se limita a un valor máximo de 60 cm.
- La dimensión B tendrá un límite de 16 cm.
- La coordenada de profundidad tendrá un máximo de 80 cm.

Con esto, será posible visualizar dichos recorridos partiendo de la selección de cualquier pieza con esas características diseñada por medio de programas de diseño *CAD* que puedan generar dichos dibujos como archivo tipo *STL*, o sea, con extensión **.stl*; para este trabajo se utilizará el mencionado *SolidWorks*, el cual presenta esta opción.

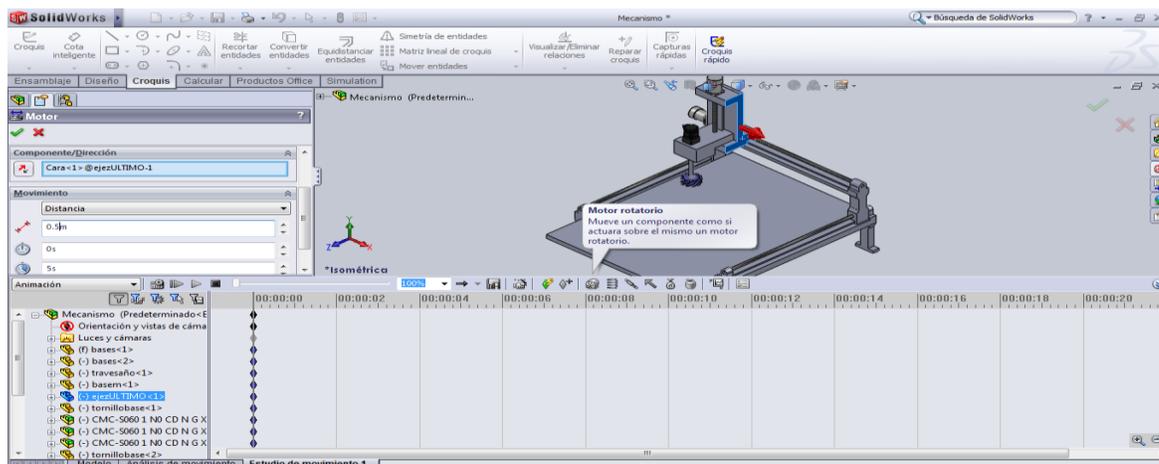
Así mismo, se dispone un mecanismo desarrollado que hará las funciones como del cuerpo cartesiano de tres dimensiones, este puede tener diferente forma de acuerdo al gusto y complejidad que el diseñador prefiera, tan solo respetando las características espaciales de coordenadas rectangulares.

Para la parte del procedimiento animación se necesitará de las funciones de movimiento que presta el modulo de *LabVIEW* mencionado; con éstas, será posible definir trayectorias rectas para cada eje con el debido control. Esta función es llamada *Straight Line Move* y no necesita más que la información o fuente del eje que desplaza y la posición final para ejecutar la acción.

Para dar comienzo al diseño, se ejecuta *SolidWorks Premium 2009*; seguido a esto se selecciona el ensamblaje dedicado a esta tarea, recordando que debe seleccionarse el que sea extensión *.sldasm.

En la parte inferior de esta ventana se encuentra una pestaña llamada Estudio de Movimiento, en la cual se va a configurar las fuerzas virtuales que actuarán en la máquina. Para ello debe darse clic en una cara o arista de la pieza que se moverá en sentido de la fuerza para ese eje, al estar seleccionada, en el menú que habilita la pestaña de movimiento abierta dar clic en el ícono de motor, así agregar uno a esta arista; repetir el procedimiento para otras dos caras que correspondan a las fuerzas para los ejes restantes. En las opciones de configuración que aparecen en la parte izquierda debe seleccionarse Motor Lineal, la dirección de acción de la fuerza y deberá cambiarse velocidad constante a Distancia y predeterminarle una posición que respete las limitaciones de la máquina. Al final de esto se obtendrá una respuesta como la mostrada en la figura 31.

Figura 31. Configuración de fuerzas para el mecanismo



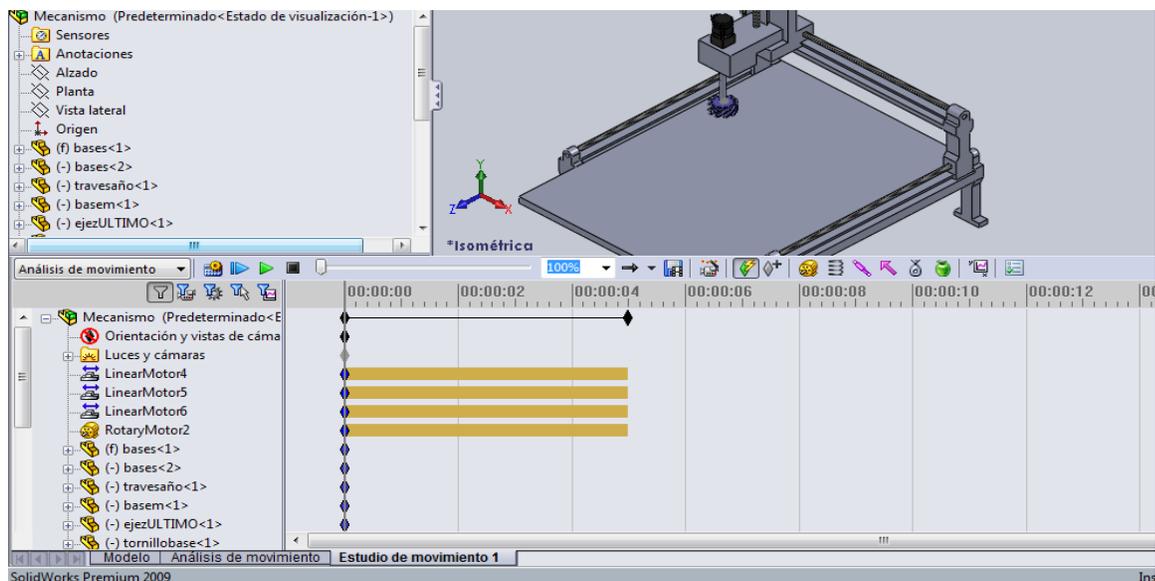
Fuente: elaboración propia.

También se incluirá una fuerza giratoria para el efector final representado por una herramienta de desgaste, esta tendrá asignada una acción continua de movimiento y su configuración es de la misma manera que las anteriores.

Algo importante que debe tomarse en cuenta es, seleccionar de la parte superior izquierda de la ventana mostrada en la pestaña del Estudio de Movimiento, la opción de Análisis de Movimiento, no así, la que tiene que es Animación; esto forma parte de los detalles principales para el propósito.

Con los pasos anteriores se ha configurado el Estudio de Movimiento de la conveniencia y se visualizan estos cambios en la parte izquierda la cual contendrá la información de los motores seleccionados; la vista final será como la mostrada en la figura 32. Con esto se está preparado para incluirlo en el Proyecto de *LabVIEW*.

Figura 32. **Asignación de motores a los ejes de movimiento**



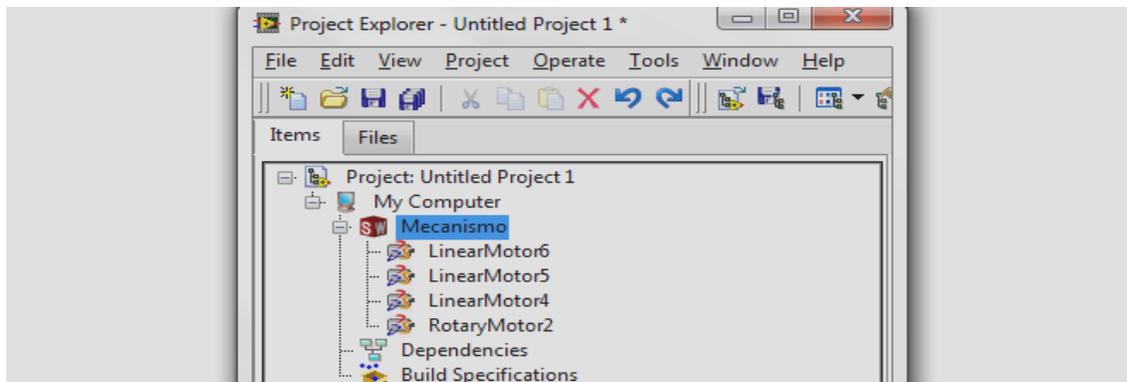
Fuente: elaboración propia.

Se tomarán acciones en el programa *LabVIEW 2009*, se inician estas ejecutando el mencionado. La ventana principal permite seleccionar la tarea que se desee realizar, para este caso se utiliza un *Empty Project* o Proyecto Vacío.

Como fue mencionado en el capítulo anterior, esto dará la vista del *Project Explorer* en el cual se verán todas las configuraciones realizadas al mismo. En éste se llevará el control de los elementos necesarios para la ejecución del control de posición.

A este momento, procederá agregar el ensamblaje de *SolidWorks* al proyecto vacío de *LabVIEW*, logrando esto mediante dar clic derecho en el *item My Computer* del *Project Explorer* y seleccionar *New* y de la lista final dar un clic en *SolidWorks Assembly*; desplegará una ventana de búsqueda, la cual abrirá la ubicación donde se encuentre guardado el ensamblaje. Así mismo, necesitará el Estudio de Movimiento previamente configurado para su asignación en ese proyecto. De manera que se obtiene una vista como la de la figura 33 al tener agregado el ensamblaje y el estudio de movimiento adecuado.

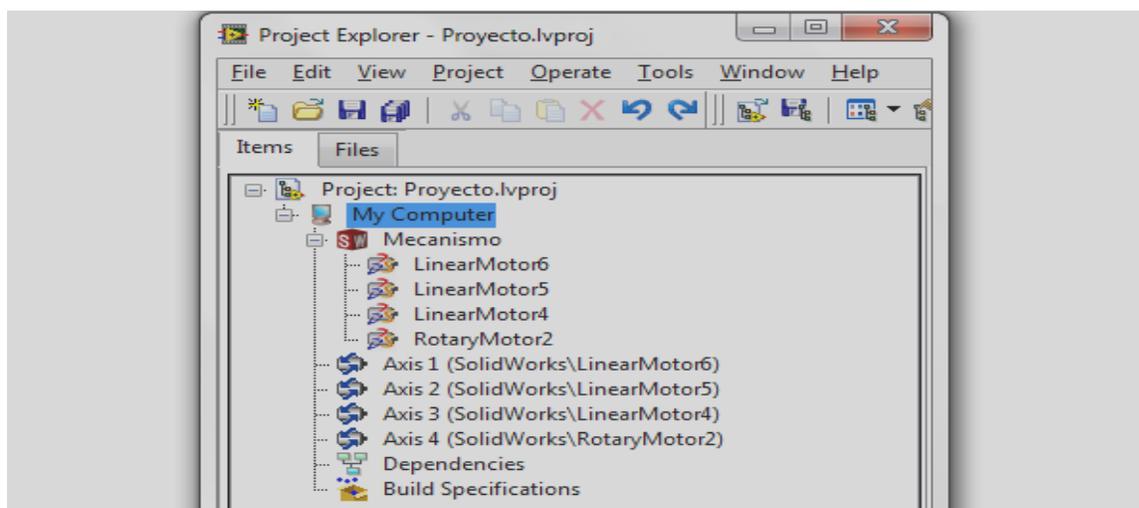
Figura 33. **Agregar ensamblaje y estudio de movimiento al proyecto**



Fuente: elaboración propia.

Luego de lo anterior, se agrega los que se llamarán Ejes. Estos serán incluidos como *Axis* y el número de estos es igual al número de motores asignados en el Estudio de Movimiento. Para tal caso, dar clic derecho sobre *My Computer* y seleccionar *New* y de esa lista hacer clic en *NI SoftMotion Axis* y esto desplegará otra ventana en la cual se agregará un eje por motor dando clic en *Add New Axis* y luego *Ok*; se repite la operación tantas veces como motores existan en el estudio tratado. Cada vez que se vaya agregando cada *Axis* se incluirá en el Proyecto, quedando el *Project Explorer* como lo indica la figura 34.

Figura 34. **Agregar ejes de movimiento**

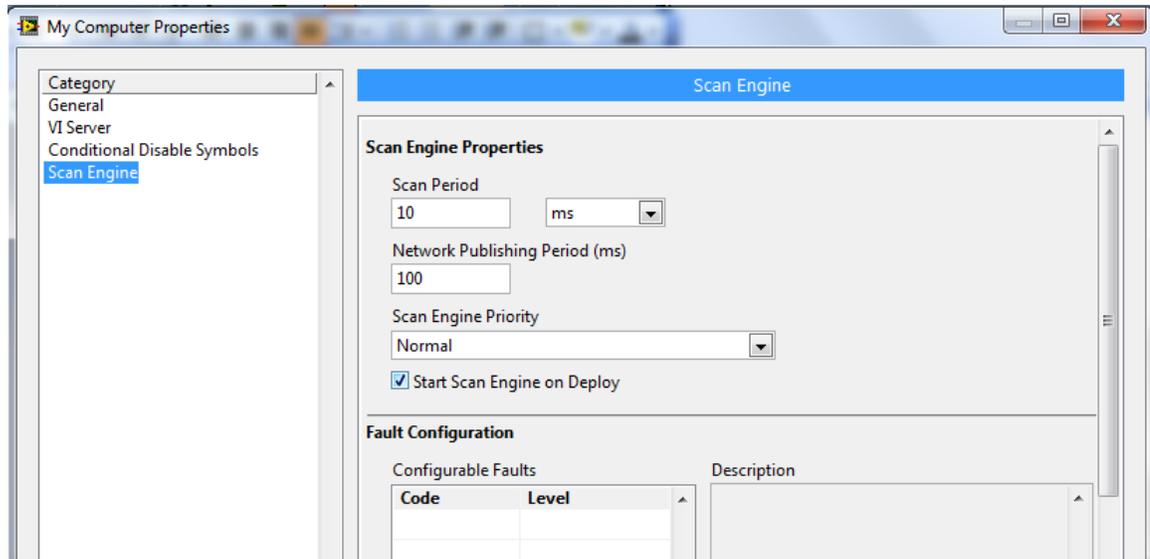


Fuente: elaboración propia.

Ahora se configura el funcionamiento del Proyecto y de los ejes para la simulación; se empieza por dar clic derecho nuevamente en *My Computer* y seleccionar de esa lista la opción *Properties* y se verá otra ventana de la cual configurar la categoría *Scan Engine* y habilitar el cuadro que dice *Start Scan*

Engine on Deploy con esto se permite que la simulación inicie al reconocer los ejes de movimiento. Se ejemplifica en la figura 35.

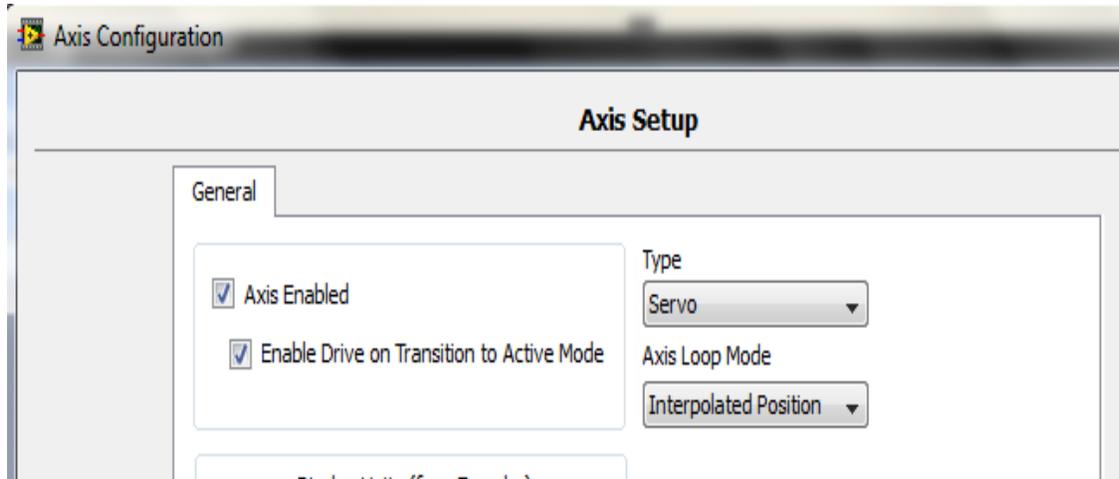
Figura 35. Configuración del **Scan Engine**



Fuente: elaboración propia.

Se configura cada *Axis* mediante hacer clic derecho sobre cada uno a la vez y seleccionar de la lista mostrada, la opción *Properties* y abrir el primer cuadro que aparece en el diagrama de bloques mostrado, el cual es representado por la figura de un motor; en esta selección debe habilitarse la opción *Enable Drive on Transition to Active Mode*, lo anterior tendrá la apariencia que muestra la figura 36. Esta operación debe hacerse con cada *Axis* de manera que todos la tengan activada.

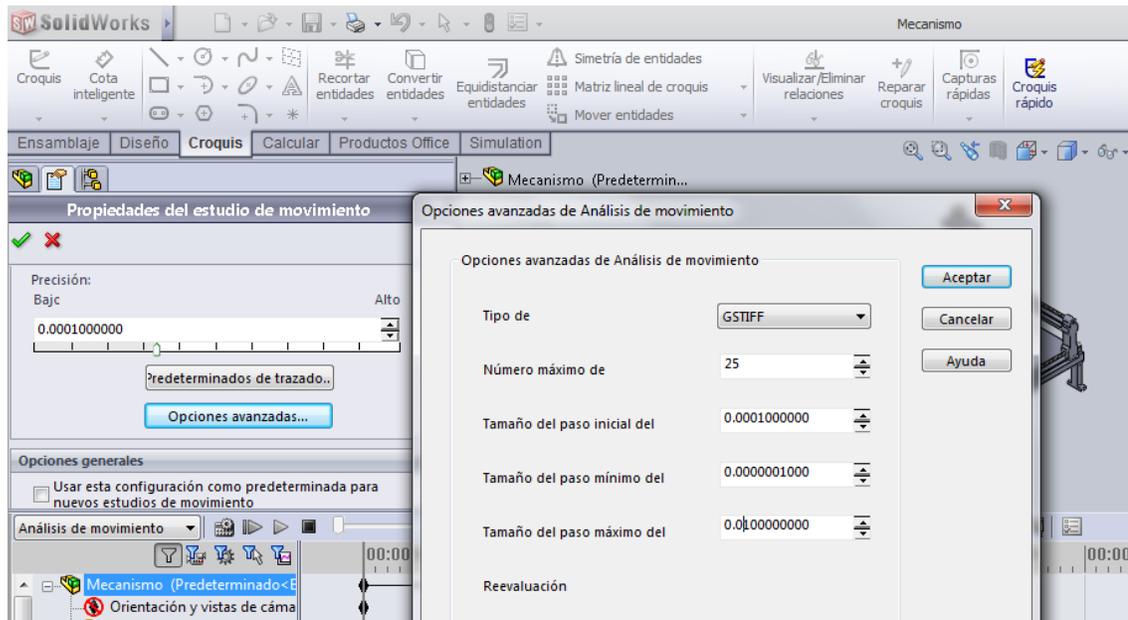
Figura 36. Configuración de los ejes en el proyecto



Fuente: elaboración propia.

En la parte del ensamblaje hay un detalle de configuración que debe de tomarse muy en cuenta y que lo mencionaremos ahora; en la parte del Estudio de Movimiento, en el extremo derecho de la opciones del mismo, donde se encuentran el ícono de motor utilizado anteriormente, se ubica un ícono llamado Propiedades del Estudio de Movimiento, al dar clic sobre él abrirá una ventana de propiedades en la parte izquierda de la ventana total del programa y en la cual deberá buscarse la opción Análisis de Movimiento y seguido Opciones Avanzadas... y en la posterior vista cambiar el valor del dato Tamaño del Paso Máximo de su valor inicial que es 0,010 al nuevo que será 0,001, con esto se logra la sincronización adecuada entre las dos partes necesarias para la ejecución del movimiento. El procedimiento se muestra en la figura 37.

Figura 37. **Configuración de la sincronización entre ensamblaje y proyecto**



Fuente: elaboración propia

Con esto se concluye la configuración previa de los dos programas para con ello lograr el enlace y sincronía entre ambos y que permita el buen desarrollo de las funciones que se desean.

El siguiente paso será la programación en el diagrama de bloques de *LabVIEW* que dará la oportunidad de ejecutar la simulación final. Debido a que se mencionó que el anterior es un entorno de programación gráfico, trae incluidas herramientas necesarias para esto y agregado a ello se obtienen otras específicas mediante la inclusión del módulo citado con anterioridad. Así pues, puede desarrollarse a cabalidad la tarea.

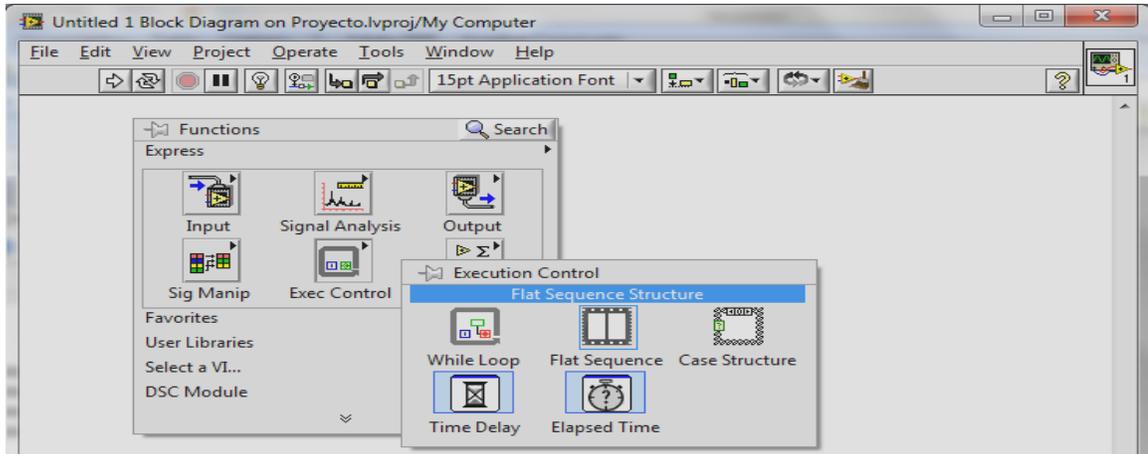
La tarea que desencadenará la simulación será la siguiente: se necesita que al iniciar la ejecución del Instrumento Virtual ó *VI* pueda ingresarse la

ubicación de la pieza generada como *CAD* mediante un buscador de *Path* ó Ruta; al encontrar esta y darle *Ok* a la ventana de búsqueda, se visualizará la imagen en *3D* en el panel frontal acompañado de un indicador que muestra las dimensiones de la figura en sus tres coordenadas *x*, *y* & *z*. Inmediatamente después de tener estos datos, ya con la rutina adecuada, la máquina presente en *SolidWorks* iniciará a reproducir los movimientos que necesita para mecanizar cada arista de la pieza seleccionada, comenzando con las laterales y terminando con la cara superior. Al término de esto, el *VI* dejará de ejecutarse y se tendrá terminada la simulación, habiendo generado el corrimiento en todos los ejes existentes para este *CAD*. A continuación se detalla la rutina de programación apta para lo descrito.

Se empieza el procedimiento desde el Project Explorer que se ha estado configurando desde el inicio, seguido dar clic derecho sobre *My Computer* y posicionarse en *New* y de la lista mostrada seleccionar *VI*, con esto abrirá la ventana del *Front Panel* ó Panel Frontal y del *Block Diagram* o Diagrama de Bloques. Puede hacerse uso del *Block Diagram* únicamente, sin tomar acción en el *Front Panel* para la rutina inicial.

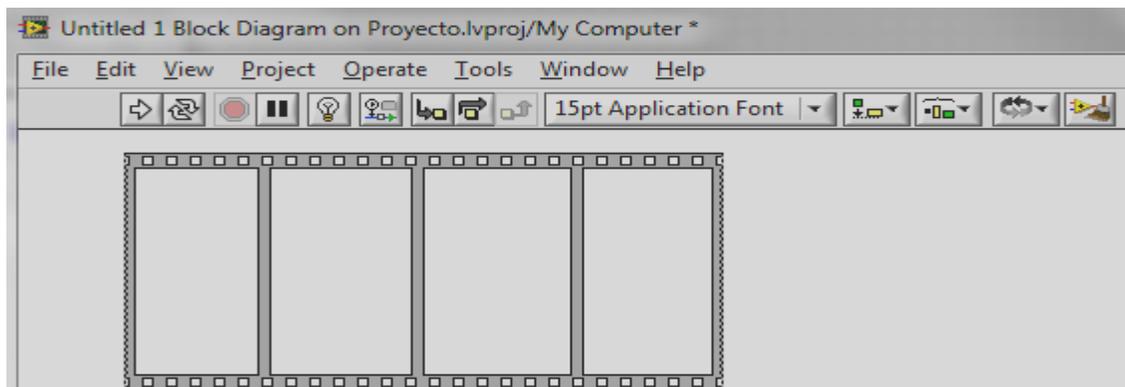
Según lo mencionado, se necesitan cuatro operaciones; la primera, buscar la ubicación del archivo *CAD*; luego, visualizar la imagen; seguido de eso, hacer la rutina de movimiento para que el efector se desplace por las caras laterales y por último, moverse en la arista superior; esto también conlleva que cada paso se ejecute en ese orden específico, por lo cual se hará uso de un *Flat Sequence Structure* ya que éste separa cada acción y ejecuta una a la vez con una secuencia definida. Esta opción se encuentra en la paleta de funciones. Las cuatro estructuras se ejemplifican a continuación en la figura 38 y figura 39.

Figura 38. **Flat Sequence Structure**



Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Cuatro Flat Sequence Structure en LabVIEW**

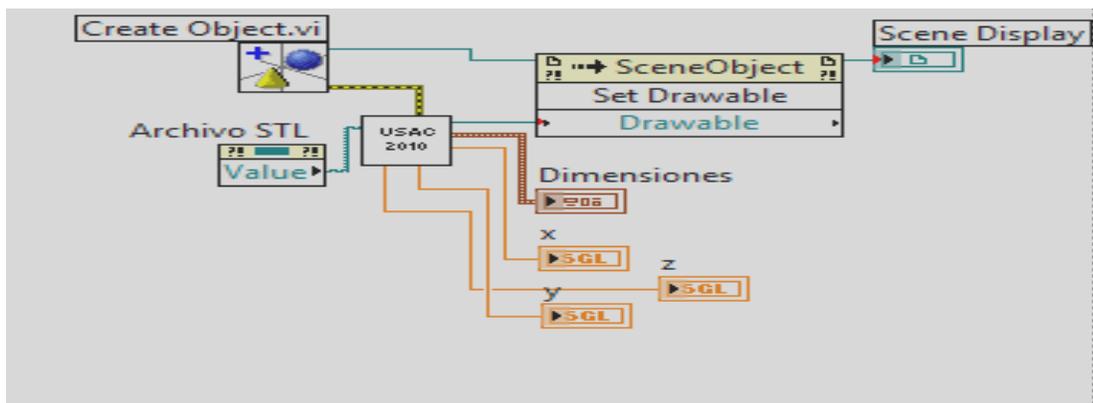


Fuente: elaboración propia.

Dentro de cada estructura será incluido el código gráfico correspondiente a la operación; así, para la primera, se colocará un *File Path Control* ubicado en la paleta de controles y en la subcategoría *Text Controls* que hará la función de búsqueda del CAD.

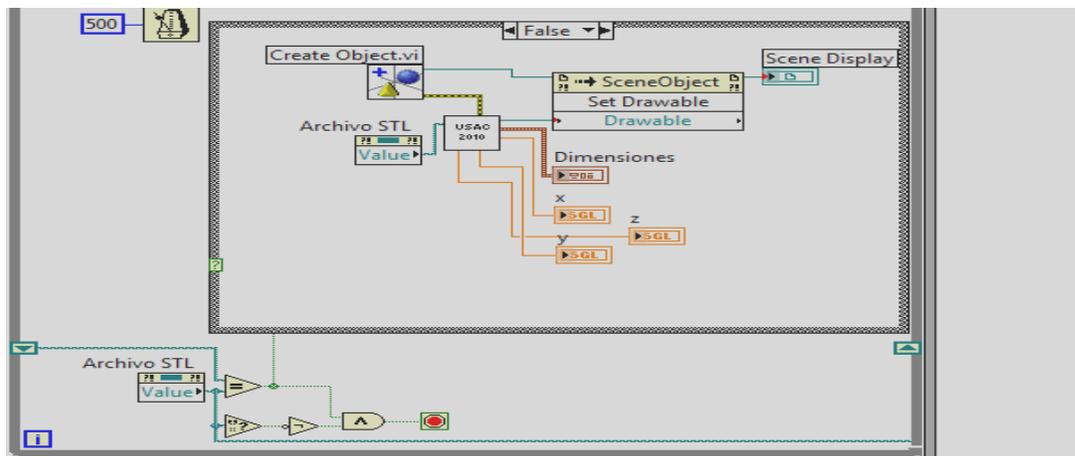
Para la siguiente estructura es necesario un código que permita abrir y mostrar la figura seleccionada; así mismo, una operación que ejecute la siguiente hasta que una imagen haya sido seleccionada. Se ve la figura 40 y 41.

Figura 40. **Abrir imagen**



Fuente: elaboración propia.

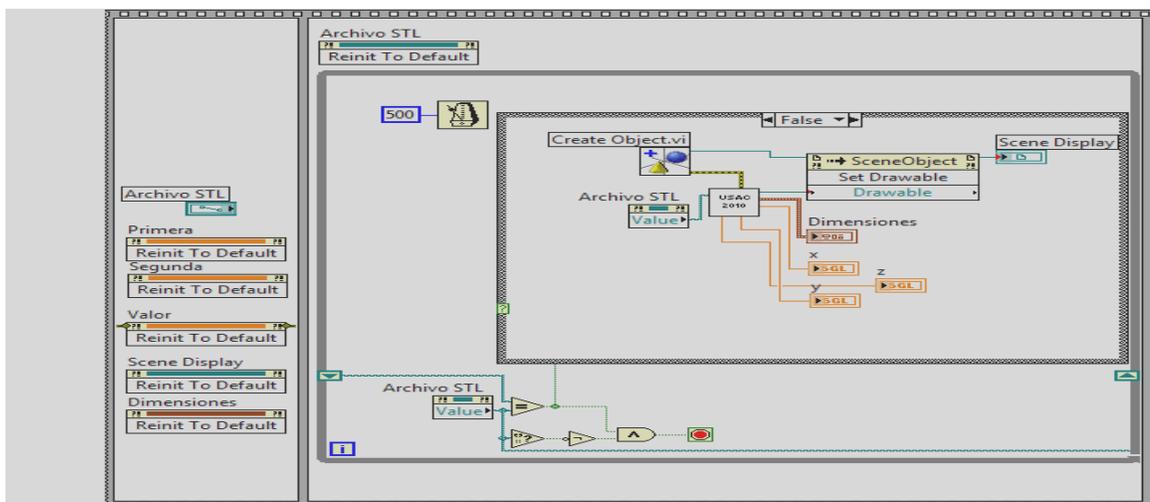
Figura 41. **Sincronizar visualización de imagen**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 40 se ve el código necesario para abrir la imagen como archivo de tipo *STL*, éste actúa de manera que se crea un objeto y se le da forma de la figura deseada, en este caso la del *CAD*, de ello tan sólo se extraen las dimensiones de la pieza y se selecciona un indicador el cual se representará como una pantalla en *3D* en el Panel Frontal. En la figura 41 se hace una serie de comparaciones a fin de que no pase a la siguiente secuencia hasta que ya tenga seleccionada una figura. De esta manera, saldrá del Ciclo *While* en el que está siendo operado para pasar al siguiente paso. Se hace mención que las comparaciones de alguna manera activan un *Case Structure*, siendo la condición que mientras la operación de abrir una imagen sea *False*, o sea, el archivo actual es diferente del anterior seleccionado, quiere decir que se ejecutará la visualización; por otro lado, si el caso es *True*, quiere decir que no ha habido cambio en la figura o en otro caso no se ha buscado ninguna. Una vista conjunta de las primeras dos secuencias de programación se muestran a continuación en la figura 42.

Figura 42. **Primeras dos secuencias de programación**



Fuente: elaboración propia.

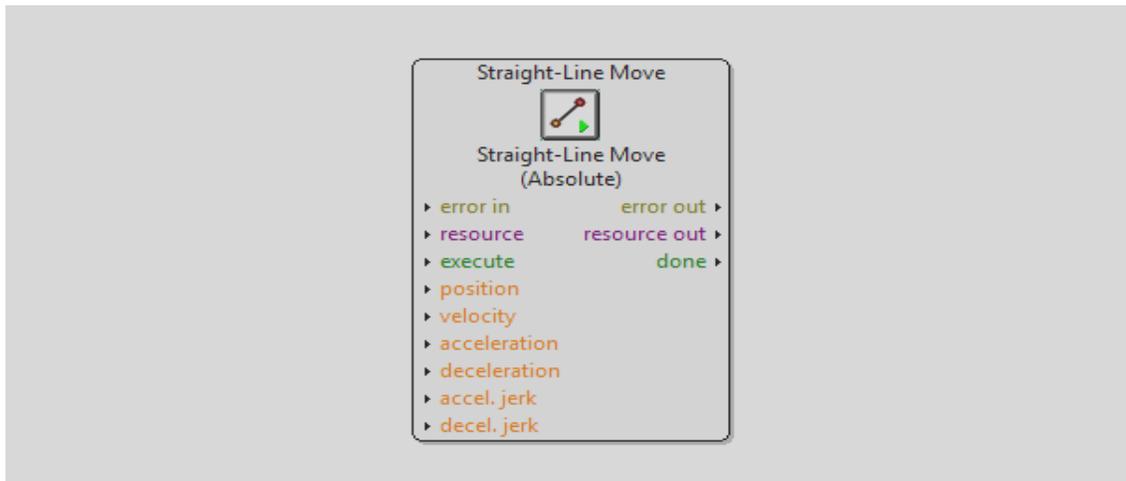
Cabe mencionar la función que realizan los bloques que no se han mencionado posicionados en la parte inferior de la primera secuencia y uno en la parte superior de la segunda. Los anteriores son llamados *Invoke Node*, son propios de cada indicador y su función es invocar una acción en estos; la que se trata en ese momento es la de *Reinit to Default*, que quiere decir, que al iniciar la secuencia hacer que todos los valores numéricos tomen un valor 0, para que todo se sincronice sin dificultad.

Al momento es posible entonces, al iniciar la simulación, seleccionar la ruta de ubicación del CAD deseado y visualizarla en el panel frontal, así como también, tener un dato numérico de las dimensiones de la pieza. Ahora se prosigue con el procedimiento para hacer que la máquina corra a lo largo de las caras laterales de la figura.

La rutina de movimiento constará de una secuencia repetitiva, haciendo esto con un ciclo *for*, correspondiente en este lenguaje a *For Loop* encontrado igualmente que el *Flat Sequence Structure*, *While Loop* y *Case Structure*, en la paleta de funciones, categoría *Programming* y luego *Structures*. Ésta contendrá una serie de bloques *Straight Line Move*, comentados anteriormente; éstos serán configurados uno para cada movimiento que realice el mecanismo y ejemplificando la secuencia que se realizará por cada arista lateral, se definen cuatro movimientos, los cuales son distribuidos para los ejes “x” y “z”, dos cada uno. Esto permite que al comenzar en un punto (0, 0, 0), se desplace hacia la dimensión reconocida para “x”, luego corra sobre ese punto hasta la que tenga “z”, después, regresa a al punto 0 de “x” e igualmente para “z”; al estar en (0, 0, 0) otra vez, el eje “y” sube una distancia igual al grosor de la herramienta de desgaste (4 cm), para con esto seguir la secuencia anterior y desgastar lo necesario en cuando a la altura de la figura. El control de repeticiones del For, depende de “y” dividido el grosor.

Debido a que cada *Straight Line Move* hace diferente movimiento, es necesario realizar uno a la vez en el orden descrito, por lo mismo, se hará uso nuevamente de la *Flat Sequence Structure* y con esto organizar todo el proceso. En la figura 43 se muestra un bloque de los usados.

Figura 43. ***Straight Line Move***



Fuente: elaboración propia.

En el anterior es solicitada solamente la designación del *resource* que se refiere a la información de qué *Axis* moverá ese bloque, es necesario también un control de posición numérico que provea la distancia que se moverá el eje, esta información es dada por la coordenada leída del *CAD*. Por último se necesita un control de ejecución que permita hacer funcionar el bloque. Todo bloque de este tipo debe ser incluido con su configuración dentro de un *While Loop*, esto porque mientras consigue alcanzar la distancia objetivo, repite cíclicamente la lectura de la tarea a efecto de confirmar que no exista un cambio en la coordenada especificada. De este bloque utilizaremos el *Loop Condition* conectado al *done* del bloque que indica que el movimiento a finalizado, con ello se detiene el ciclo y pasa a la siguiente secuencia. También

servirá el *Loop Iteration* de éste, para iniciar, comparando con una constante 0 y haciendo automático el inicio del bloque.

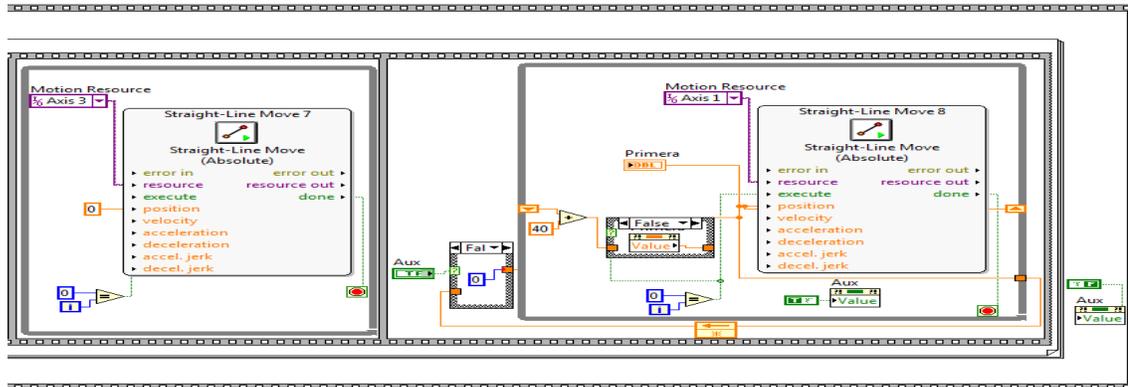
La representación de lo anteriormente descrito se muestra en la figura 44 y figura 45, las cuales incluyen el tercer paso de todo el desarrollo. Éstas definen la configuración de cada bloque orientado a cada arista lateral, así como también, la operación en secuencia de las mismas y el cálculo de las repeticiones que el mecanismo hará para completar las dimensiones de la pieza seleccionada. La separación de estas es por fines de mejor visualización, debe entenderse que la figura 45 es seguida del último bloque de la figura 44.

Figura 44. **Movimiento para las caras laterales (parte 1)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Movimiento para las caras laterales (parte 2)

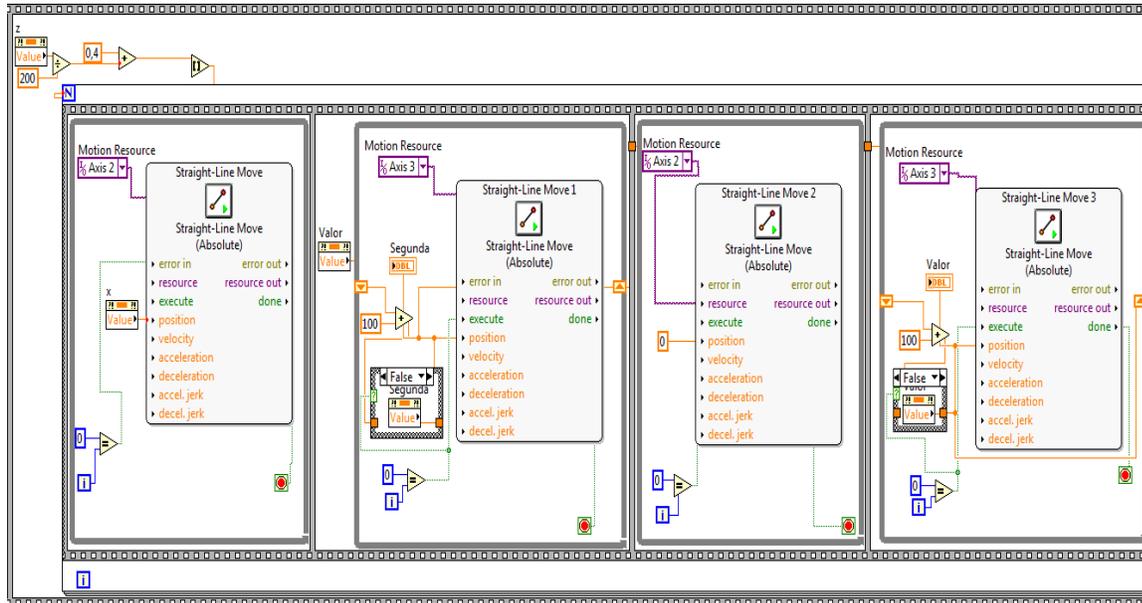


Fuente: elaboración propia.

Con lo anterior se termina la simulación de la mecanización de las caras laterales de la pieza y faltará solamente la ejecución de la arista superior de la misma.

Para tal propósito es necesaria una ejecución similar a la anterior, con la modificación de: el número de veces que se repita la rutina estará a cargo del valor de la dimensión “z” dividida 200. El movimiento que se ejecutará ahora también partirá de un punto (0, 0, 0), iniciando donde finalizó el anterior bloque descrito en la figura 46. Realizará un movimiento a lo largo de la coordenada “x”, luego correrá una cantidad de 10cm en “z” y regresará al punto “0” en “x”, por último desplazará otra vez 10cm en “z” y terminará. Esto será repetitivo tantas veces como sea el número en el indicador del *Loop Count* del ciclo *For* utilizado y controlado por la coordenada “z” como se describe al inicio de éste párrafo. Se ilustra en la figura 46.

Figura 46. **Movimiento para la arista superior**

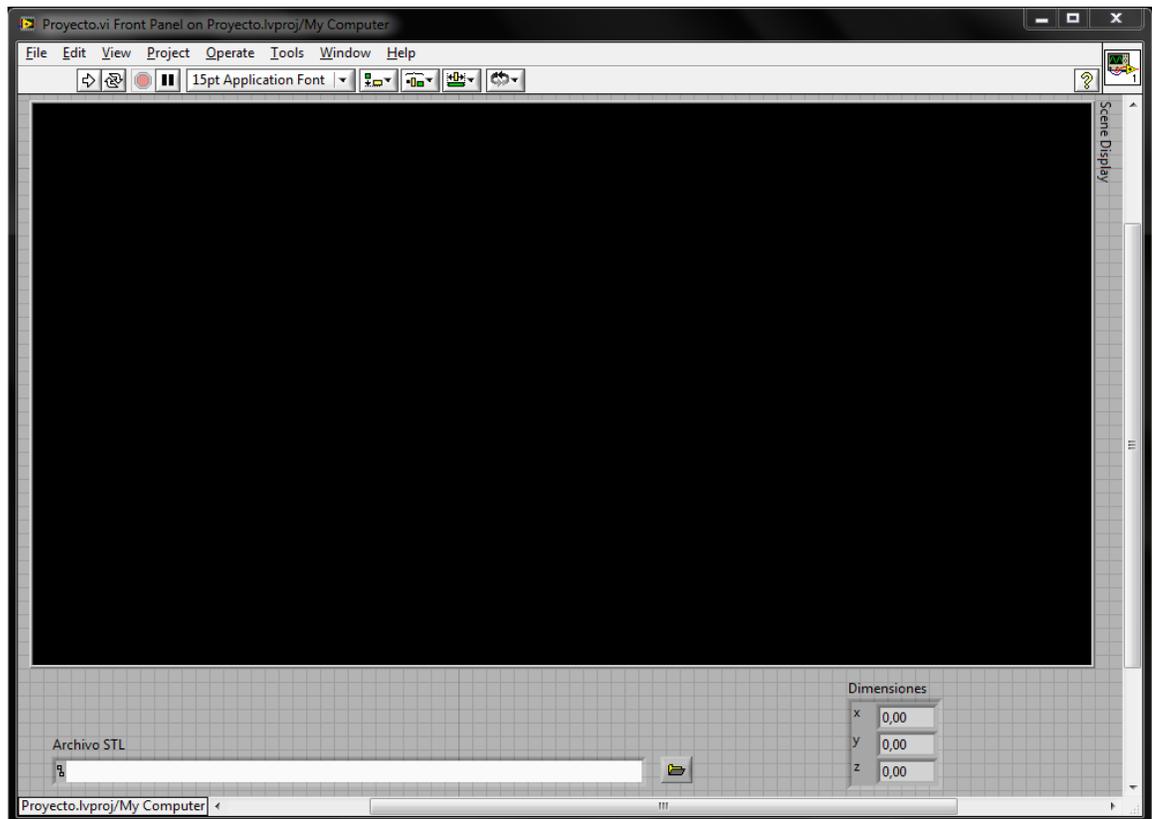


Fuente: elaboración propia.

La realización paso a paso de lo anteriormente descrito conlleva la ejecución de movimiento esperada de un mecanismo diseñado en *SolidWorks*, esto para simular la mecanización de piezas con geometría definida dibujadas en cualquier programa que ofrece *CAD*.

El control será mediante la rutina dada en *LabVIEW* y estará presentado al usuario mediante un cuadro como el de la figura 47, mismo que será la ventana de aplicación de este proyecto.

Figura 47. Ventana de interacción con el usuario



Fuente: elaboración propia.

Así pues, se da por terminado el algoritmo necesario para este propósito, dando por garantizado su óptimo resultado.

CONCLUSIONES

1. *LabVIEW*, permite utilizar un ensamblaje mecánico diseñado en *SolidWorks*, el cual corresponde al mecanismo de tres coordenadas, a fin de reproducir los movimientos necesarios para la simulación de la mecanización del elemento.
2. En la operación de fresado es necesario colocar una fresa con uno o más dientes en contacto directo con la pieza que se va a trabajar. Así también, la máquina puede adoptar diversas posiciones espaciales para que aunado a lo anterior, pueda obtenerse la pieza requerida; con ello puede lograrse una variedad de operaciones con esta máquina-herramienta.
3. Antes de reproducir los movimientos de una pieza requerida, el usuario puede visualizarla en una interfaz gráfica y con ello verificar lo seleccionado.
4. Un *CAD* puede ligarse a *LabVIEW* y que este último extraiga información necesaria para hacer la secuencia de movimiento, ya que el mismo depende de las dimensiones que otorgue el primero y así realizar los cálculos en los desplazamientos del mecanismo.
5. El mecanismo se desplaza en sus tres ejes de manera que durante la ejecución de la aplicación, ésta, permite ver a detalle el movimiento de la herramienta de corte o fresa mientras da forma al sólido seleccionado.

RECOMENDACIONES

1. El mecanismo diseñado en *SolidWorks* debe incluir en su ensamblaje no menos de 4 piezas para lograr que sea un cuerpo movable en tres coordenadas cartesianas y un eje rotativo.
2. Verificar antes del inicio de operación de la fresadora que se cumplan con todas las condicionantes que requiere a fin de lograr un efectivo funcionamiento.
3. Que el usuario identifique con anterioridad la ubicación de la pieza y que su búsqueda y visualización sea en la interfaz que *LabVIEW* ofrece. Así mismo, la selección de la figura debe ser con tipo de archivo *STL*, de lo contrario no existirá reconocimiento alguno.
4. Para lograr el posicionamiento del mecanismo es necesario utilizar el sistema de medidas aplicado en la realización de los cálculos de desplazamiento.
5. Seguir las instrucciones referidas en las recomendaciones anteriores de tal manera que se alcance el objetivo planteado a este respecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. CAPLAB y COSUDE. *Manual del Fresador*. 2a ed. Perú: 2001. 16 p. (Módulo 1).
2. Comparación entre *Encoder* y *Resolver*. [en línea]. Disponible en Web: <http://www.avtron.com/encoder_vs_resolvers.htm>. [Consulta: 20 de enero de 2010].
3. Descripción de *engranaje*. [en línea]. Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje>>. [Consulta: 17 de enero de 2010].
4. Descripción de *Fresadora de control numérico Computarizado*. [en línea]. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fresadora#Control_num.C3.A9rico_por_computarora_en_fresadoras>. [Consulta: 12 de febrero de 2010].
5. Descripción de *Motor eléctrico*. [en línea]. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_eléctrico>. [Consulta 19 de enero de 2010].
6. Descripción de *Teoría de control*. [en línea]. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Teoría_de_control>. [Consulta: 20 de enero de 2010].

7. GÓMEZ GONZÁLEZ, Sergio. *SolidWorks*. . España: Marcombo S.A., 2008. 70 p.
8. GRAMAJO JUÁREZ, Pablo Esteban. “Prácticas de Laboratorio a través de software CAD para el Curso Diseño de Máquinas 1”. Tesis Ing. Mecánico. Universidad Rafael Landivar. Facultad de Ingeniería. Guatemala: 2008. 121 p.
9. KUO, Benjamin C. *Sistemas de control automático*. 7^a. ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana. 1995. 930 p.
10. National Instruments Corp. *La instrumentación virtual*. México: 2003. 9 p.
11. PASCUAL CARRAZANA, Cristóbal y VALDÉS SALDIVAR, Enrique Ernesto. *Aplicación de la Instrumentación virtual remota en la educación a distancia*. Cuba: 2003. 34 p.
12. QUAN LAINFIESTA, Oscar Lionel. “Sistemas CAD/CAM: Nuevos aportes para las empresas de productos cerámicos en Guatemala, para alcanzar una posición competitiva en el mercado local.” Trabajo de graduación de Diseñador Industrial. Universidad Rafael Landivar, Facultad de Arquitectura y Diseño. Guatemala, 2007. 79 p.
13. Varios Autores. *Enciclopedia de Ciencia y Técnica*. Tomo 5, Engranaje. España: Salvat, 1984. 150 p.