

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PROTOTIPO
PARA LAMINADO Y CORTE DE BLOQUES DE POLIESTIRENO
EXPANDIDO DE DIMENSIONES 300X200X50.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA**

MACAS VALDEZ EDWIN MARCELO

DIRECTOR: INGENIERO MARIO GRANJA

QUITO JULIO 2007

Director: mariogranja@gmail.com

Autor: ChelinCat@gmail.com

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor, Edwin Marcelo Macas Valdez.

Ing. Mario Granja
Director del Proyecto

DECLARACIÓN

Yo, Edwin Marcelo Macas Valdez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y normativa institucional vigente.

Edwin Marcelo Macas Valdez

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que existen alrededor de mi vida y que hacen que ésta sea diferente para mí, también a los profesores que han sido mi guía a lo largo de esta carrera.

INDICE

INDICE	A
RESUMEN	C
INTRODUCCIÓN	D
CAPITULO 1	1
1.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1.1 Poliestireno	1
1.1.1.1 Propiedades del poliestireno.....	2
1.1.1.2 Proceso de Producción.....	11
1.1.1.3 Etapas de Transformación del Poliestireno	13
1.1.1.4 Laminado y Corte del Poliestireno	16
1.1.1.5 Aplicaciones.....	19
1.1.2 PLC	22
1.1.2.1 PLC en comparación con otros sistemas de control.....	23
1.1.2.2 Características.....	25
1.1.2.3 Campos de aplicación de un PLC.....	27
1.1.2.4 Ventajas.....	28
1.1.2.5 Teoría de Operación.....	29
1.1.2.6 Programación del PLC.....	33
1.1.2.7 Conexionado del PLC.....	34
1.1.3 Fundamentos de Dimensionamiento Mecánico	37
1.1.3.1 Metrología Mecánica	37
1.1.3.2 Sistemas de acoplamientos.....	42
CAPITULO 2	44
2.1 DIMENSIONAMIENTO	44
2.1.1 Descripción de los partes principales del prototipo.....	45
2.1.2 Mecanismo de Desplazamiento.	46
2.1.2.1 Motores de Paso a Paso.	46
2.1.3 Sistema de Transmisión.....	51
2.1.3.1 Entrada Rotación-Salida Traslación.	52
2.1.3.2 Sistema Tornillo –Tuerca.....	52
2.1.3.3 Nomenclatura de Roscas.	54
2.1.4 Dimensionamiento del mecanismo de Laminado.....	58
2.1.4.1 Tornillo de Laminado.	58
2.1.5 Dimensionamiento del Mecanismo de Corte.....	61
2.1.5.1 Tornillo de Corte.	62
2.1.6 Dimensionamiento de elementos normalizados.....	62
2.1.7 Selección de materiales	63
2.2 CONSTRUCCIÓN	64
2.2.1 Planos de procesos.....	64
CAPITULO 3	73

3.1	AUTOMATIZACIÓN DEL PROTOTIPO	73
3.2	S7_200.....	73
3.3	PC_SIMU	75
3.4	OBJETOS PARA SIMULACIÓN.....	76
3.5	AUTOMATIZACIÓN.	78
3.5.1	Esquema de control del prototipo.....	78
CAPITULO 4	.....	79
4.1	ENSAYOS Y PRUEBAS.	79
CAPITULO 5	.....	84
5.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA	.....	86
ANEXO A	.....	87
A1	RESISTENCIA ELÉCTRICA	87
A2	DIODO	87
A3	BOBINAS.....	88
A4	RELÉ.....	89
A5	TRANSISTORES	89
A6	FUSIBLE.....	90
A7	CIRCUITO ELECTRÓNICO PARA PROTOTIPO DE LAMINADO Y CORTE.....	91
ANEXO B	.....	92
B1	PLANOS	92
ANEXO C	.....	116
C1	PROGRAMA EN MICROWIN 32 PARA PLC.....	116

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo dimensionar y construir una máquina prototipo para optimizar los procesos de corte del poliestireno expandido especialmente en la obtención de planchas de espesores de 1, 2, cm.

El proceso para obtener estos productos tiene características negativas, tanto en el excesivo tiempo que toma su elaboración como en la calidad que se obtiene en el producto final, esto debido a muchos factores como puede ser la poca funcionalidad que tienen las máquinas en las que se lo realiza.

Se lo realiza intentando unificar los procesos que conlleva la obtención de estos productos, para esto se construirá una máquina que reemplace a las máquinas con las cuales se realizan estos procesos.

INTRODUCCIÓN

La producción con poliestireno en el país ha ido incrementándose de una forma sorprendente en los últimos años debido a las características positivas que tienen los productos de este material. Características como por ejemplo ligereza, resistencia a la humedad, buen aislamiento térmico y acústico, capacidad de absorción de impactos. Lo convierten en un material idóneo para su aplicación en muchos sectores de la industria. Por ejemplo su gran capacidad para absorber impactos lo convierte en un excelente acondicionador de productos frágiles o delicados como electrodomésticos, componentes eléctricos, etc.

De entre los productos mas conocidos tenemos: carcasas de televisores, impresoras, puertas e interiores de frigoríficos, maquinas de afeitarse, juguetes, cajas de CD, perchas, cajas para huevos, material para la construcción y una infinidad de productos que pueden obtenerse del poliestireno.

Una de las aplicaciones más importantes del poliestireno es la producción de espumas, estas espumas se utilizan por ejemplo para bandejas de carne, heladería, pescadería, carnicería, frutas y verduras en supermercados, en el sector del envase así como en la construcción.

La producción a base de poliestireno involucra el empleo de equipo especial, en la actualidad para procesar este tipo de material (poliestireno) se han fabricado diversas máquinas como por ejemplo máquinas CNC las cuales tienen aplicaciones muy diversas como son adornos para exteriores e interiores. En el país debido al poco avance tecnológico es difícil contar con equipos de última generación como CNC, por tanto la variedad de productos que se pueden obtener con poliestireno es muy reducida.

Por tanto este proyecto busca ampliar la variedad de productos que se pueden obtener con poliestireno, logrando así dotar a cualquier empresa de este equipo para que mejore y optimice su producción.

CAPITULO 1

1.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1.1 Poliestireno

El poliestireno expandido (Figura 1.1) conocido también como POREXPAN o CORCHO BLANCO es un plástico que se obtiene por un proceso denominado polimerización¹, que consiste en la unión de muchas moléculas pequeñas para lograr moléculas muy grandes. La sustancia obtenida es un polímero y los compuestos sencillos de los que se obtienen se llaman monómeros. Fue obtenido por primera vez en Alemania por la I.G. Faberindustrie, en el año 1930. Es un sólido vítreo por debajo de 100 °C; por encima de esta temperatura es procesable y puede dársele múltiples formas. Su cualidad más destacada es su higiene al no constituir sustrato nutritivo para microorganismos.

Otras características reseñables del poliestireno expandido son su ligereza, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de los impactos.



Fig. 1.1 Fotografía de un fragmento de poliestireno expandido.

El *monómero* utilizado como base en la obtención del *poliestireno* es el *estireno* (Figura 1.2) vinilbenceno: $C_6H_5 - CH = CH_2$

¹ Fuente: <http://centros5.pntic.mec.es/>

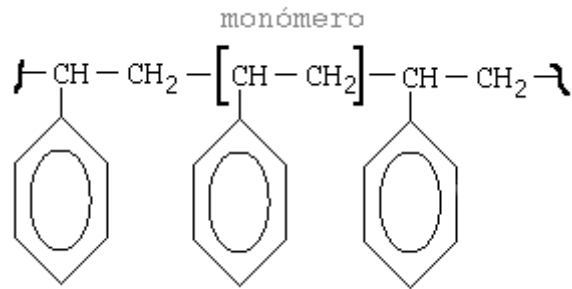


Fig. 1.2 Estireno

1.1.1.1 Propiedades del poliestireno

Hay que tener en cuenta que, además de los enlaces covalentes que mantienen unidas a las moléculas de los monómeros, suelen producirse otras interacciones intermoleculares e intramoleculares que influyen notablemente en las propiedades físicas del polímero, que son diferentes de las que presentan las moléculas de partida. El poliestireno, en general, posee elasticidad, cierta resistencia al ataque químico, buena resistencia mecánica, térmica y eléctrica y baja densidad.

El poliestireno es un polímero termoplástico. En estos polímeros las fuerzas intermoleculares son muy débiles y al calentar las cadenas pueden moverse unas con relación a otras y el polímero puede moldearse. Cuando el polímero se enfría vuelven a establecerse las fuerzas intermoleculares pero entre átomos diferentes, con lo que cambia la ordenación de las cadenas.

- Propiedades Físicas

Densidad

Los productos y artículos acabados en poliestireno expandido - EPS se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros aunque resistentes. Según la norma UNE 92.110 las densidades se sitúan en el intervalo que va desde los

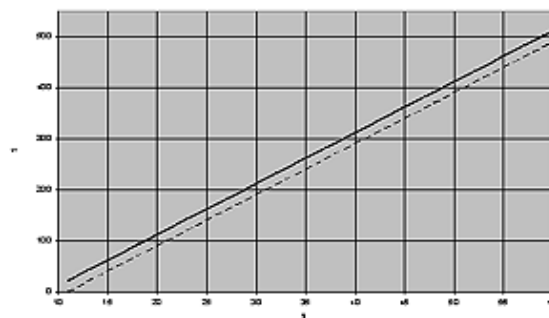
10kg/m³ hasta los 50kg/m³, en la tabla 1.1 muestra el tipo y densidad del poliestireno.

DENSIDAD(Kg/m³)		
TIPO	MÍNIMA	NOMINAL
<i>I</i>	9	10
<i>II</i>	11	12
<i>III</i>	13.5	15
<i>IV</i>	18	20
<i>V</i>	22.5	25
<i>VI</i>	27	30
<i>VII</i>	31.5	35

Tabla 1.1 Tipo y Densidad de poliestireno².

Resistencia mecánica

La resistencia a los esfuerzos mecánicos de los productos de EPS se evalúan generalmente a través de la resistencia a la compresión (para una deformación del 10%), flexión, tracción y al esfuerzo cortante o cizalladura. La resistencia mecánica tiene una estrecha relación con la densidad como se muestra en la Figura 1.3. La tabla 1.2 muestra la relación entre el tipo, resistencia mecánica y tensión a la compresión del poliestireno.



² Fuente: ANAPE.COM

Fig. 1.3 Propiedades del poliestireno Versus su densidad.

Tipo	Tensión de Compresión al 10% de deformación (σ_{10}) kPa	Resistencia a Flexión (σ_B) kPa
EPS S	-	50
EPS 30	30	50
EPS 50	50	75
EPS 60	60	100
EPS 70	70	115
EPS 80	80	125
EPS 90	90	135
EPS 100	100	150
EPS 120	120	170
EPS 150	150	200
EPS 200	200	250
EPS 250	250	350
EPS 300	300	450
EPS 350	350	525
EPS 400	400	600
EPS 500	500	750

Tabla 1.2 Relación tipo, tensión y resistencia del Poliéstireno (EPS)³

Aislamiento térmico

Los productos y materiales de poliestireno expandido - EPS presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío.

De hecho, muchas de sus aplicaciones están directamente relacionadas con esta propiedad: por ejemplo cuando se utiliza como material aislante de los diferentes cerramientos de los edificios o en el campo del envase y embalaje de alimentos frescos y perecederos como por ejemplo las familiares cajas de pescado.

Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen

³ Fuente: ANAPE.COM

del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno). De todos es conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico.

La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica λ que en el caso de los productos de EPS varía, al igual que las propiedades mecánicas, con la densidad aparente.

Existen nuevos desarrollos de materia prima que aportan a los productos transformados coeficientes de conductividad térmica considerablemente inferiores a los obtenidos por las materias primas estándar.

Comportamiento frente al agua y vapor de agua

El poliestireno expandido no es higroscópico, a diferencia de lo que sucede con otros materiales del sector del aislamiento y embalaje. Incluso sumergiendo el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días). Nuevos desarrollos en las materias primas resultan en productos con niveles de absorción de agua aún más bajos.

Al contrario de lo que sucede con el agua en estado líquido el vapor de agua sí puede difundirse en el interior de la estructura celular del EPS cuando entre ambos lados del material se establece un gradiente de presiones y temperaturas.

Para determinar la resistencia a la difusión del vapor de agua se utiliza el factor adimensional μ que indica cuantas veces es mayor la resistencia a la difusión del vapor de agua de un material con respecto a una capa de aire de igual espesor (para el aire $\mu = 1$).

Para los productos de EPS el factor μ , en función de la densidad, oscila entre el intervalo $\mu = 20$ a $\mu = 100$. Como referencia, la fibra de vidrio tiene un valor $\mu = 1$ y el poliestireno extruido $\mu = 150$.

Estabilidad Dimensional

Los productos de EPS, como todos los materiales, están sometidos a variaciones dimensionales debidas a la influencia térmica. Estas variaciones se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa en los valores que oscilan en el intervalo $5-7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, es decir entre 0,05 y 0,07 mm. por metro de longitud y grado Kelvin.

A modo de ejemplo una plancha de aislamiento térmico de poliestireno expandido de 2 metros de longitud y sometida a un salto térmico de 20° C experimentará una variación en su longitud de 2 a 2,8 mm.

Estabilidad frente a la temperatura

Además de los fenómenos de cambios dimensionales por efecto de la variación de temperatura descritos anteriormente el poliestireno expandido puede sufrir variaciones o alteraciones por efecto de la acción térmica.

El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción). Con respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100° C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80° C para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 kPa.

Comportamiento frente a los factores atmosféricos

La radiación ultravioleta es prácticamente la única que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla. Dichos efectos pueden evitarse con medidas sencillas, en las aplicaciones de construcción con pinturas, revestimientos y recubrimientos. La *tabla 1.3* muestra las propiedades físicas del poliestireno.

Absorción de agua en condiciones de inmersión al cabo de 28 días	EN-12087	% (vol.)	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3
Índice de resistencia a la difusión de vapor de agua	92226	1	<20	<20	20-40	30-50	40-70	50-100	60-120

Tabla 1.3 Propiedades del Físicas del Poliestireno⁴.

o Propiedades Químicas

El poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas sustancias. La tabla 1.4 detalla más información acerca de la estabilidad química del EPS.

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución salina (agua de mar)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Acido clorhídrico (al 35%), ácido nítrico (al 50%)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicos (acetona, esteres,..)	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie
Aceite de diesel	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: El EPS se contrae o se disuelve

⁴ Fuente: ANAPE.COM

Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

Tabla 1.4 Propiedades Químicas del Poliestireno⁵.

○ Propiedades Biológicas.

El poliestireno expandido no constituye sustrato nutritivo alguno para los microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. No obstante, en presencia de mucha suciedad el EPS puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. Los productos de EPS cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas, con lo que pueden utilizarse con total seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio sus propiedades se muestran en la *tabla 1.5*.

El EPS no tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial no es peligroso para las aguas. Se pueden adjuntar a los residuos domésticos o bien ser incinerados.

En cuanto al efecto de la temperatura, mantiene las dimensiones estables hasta los 85°C. No se produce descomposición ni formación de gases nocivos.

○ Comportamiento frente al Fuego

Las materias primas del poliestireno expandido son polímeros o copolímeros de estireno que contienen una mezcla de hidrocarburos de bajo punto de ebullición como agente de expansión. Todos ellos son materiales combustibles.

El agente de expansión se volatiliza progresivamente en el proceso de transformación. El 10 % residual requiere de una fase de almacenamiento durante un tiempo función de las especificaciones del producto: dimensiones,

⁵ Fuente: ANAPE.COM

densidad, etc. En caso de manipulación de productos sin esta fase de almacenamiento se tomarán medidas de prevención contra incendios.

Al ser expuestos a temperaturas superiores a 100°C, los productos de EPS empiezan a reblandecerse lentamente y se contraen, si aumenta la temperatura se funden. Si continua expuesto al calor durante un cierto tiempo el material fundido emite productos de descomposición gaseosos inflamables. A este respecto se adjunta una tabla con la composición de dichos gases.

En ausencia de un foco de ignición los productos de descomposición térmica no se inflaman hasta alcanzar temperaturas del orden de los 400 - 500 °C.

El desarrollo y la amplitud del incendio depende, además de la intensidad y duración del mismo, de las propiedades específicas de las materias primas utilizadas en la fabricación del poliestireno expandido: estándar (M4) o autoextinguible (M1).

Un material tratado con agentes ignífugantes (autoextinguible) se contrae si se expone a una llama. Sólo empezará a arder si la exposición se prolonga, a una velocidad de propagación muy baja, las llamas se propagan sólo en la superficie del material.

Para calibrar las diferentes situaciones de riesgo que comporta el empleo de EPS, deben tenerse en cuenta factores derivados de su contenido, su forma y su entorno. El comportamiento al fuego de los materiales de EPS puede modificarse aplicando recubrimientos y revestimientos, la tabla 1.5 nos muestra las propiedades biológicas del poliestireno.

Probeta	Componentes de los gases de combustión	Composición del gas de combustión en ppm a una determinada temperatura de ensayo.			
		300 °C	400 °C	500 °C	600 °C
Material expandido de producto estándar	Monóxido de carbono	50 *	200 *	400 *	1000 *
	Estireno monómero	200	300	500	50
	Otras sustancias aromáticas	Trazas	10	30	10
	Acido bromhídrico	0	0	0	0
Material expandido de producto autoextinguible	Monóxido de carbono	10 *	50 *	500 *	1000 *
	Estireno monómero	50	100	500	50
	Otras sustancias aromáticas	Trazas	20	20	10
	Acido bromhídrico	10	15	13	11
Madera de abeto	Monóxido de carbono	400 *	6000 **	12000 **	15000 **
	Sustancias aromáticas	-	-	-	300
Planchas aislantes de aglomerado de madera	Monóxido de carbono	14000 **	24000 **	59000 **	69000 **
	Sustancias aromáticas	Trazas	300	300	1000

Tabla 1.5 Propiedades Biológicas del Poliestireno⁶.

1.1.1.2 Proceso de Producción.

A escala industrial, el poliestireno se prepara (Figura 1.5) calentando el etilbenceno ($C_6H_5 - CH_2 - CH_3$) en presencia de un catalizador para dar lugar al estireno ($C_6H_5 - CH = CH_2$). La polimerización del estireno requiere la presencia de una pequeña cantidad de un iniciador, entre los que se encuentran los peróxidos, que opera rompiéndose para generar un radical libre.

Este se une a una molécula de monómero, formando así otro radical libre más grande, que a su vez se une a otra molécula de monómero y así sucesivamente. Finalmente se termina la cadena por reacciones tales como la unión de dos radicales, las -cuales consumen pero no generan radicales.

⁶ Fuente: ANAPE.COM

El uso del petróleo para la fabricación de plásticos y otros productos químicos es el uso más noble que se le puede dar al “oro negro”. A partir del procesado del gas natural y el del petróleo se obtienen, mayoritariamente como subproductos, el etileno y diversos compuestos aromáticos. A partir de ellos obtenemos el estireno como se ve en la *figura 1.4*



Fig. 1.4 Esquema de Producción del Estireno

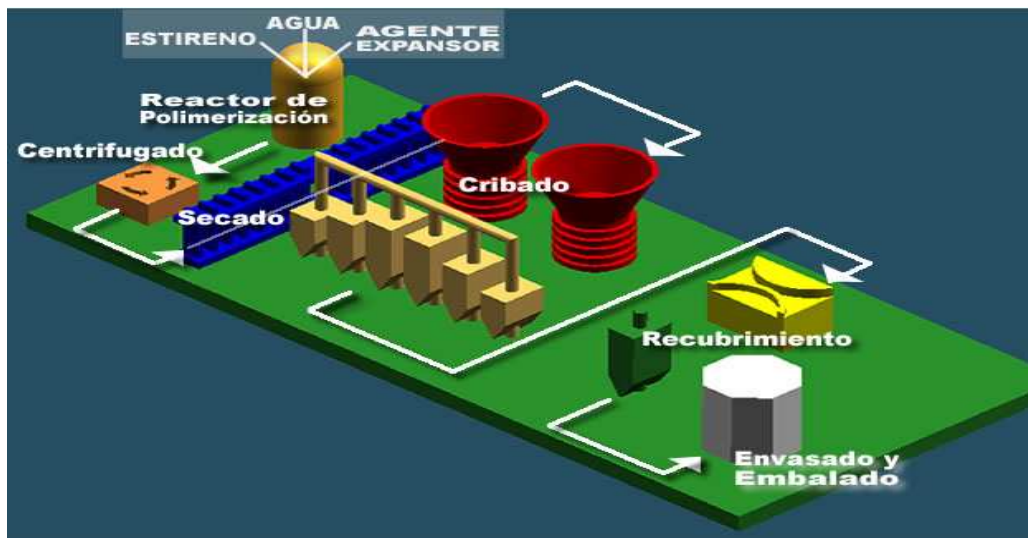


Fig. 1.5 Esquema de Producción del Poliestireno.

1.1.1.3 Etapas de Transformación del Poliestireno

El proceso de transformación de la materia prima (poliestireno expandible) en artículos acabados de poliestireno expandido como se muestra en la *figura 1.6* transcurre fundamentalmente en tres etapas:

1ª Etapa: PREEXPANSIÓN

La materia prima se calienta en unas máquinas especiales denominadas preexpansores, con vapor de agua a temperaturas situadas entre aprox. 80 y 110°C. En función de la temperatura y del tiempo de exposición la densidad aparente del material disminuye de unos 630 kg/m³ a densidades que oscilan entre los 10-30kg/m³. En el proceso de preexpansión, las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior.

2ª Etapa: REPOSO INTERMEDIO ESTABILIZACIÓN

Al enfriarse las partículas recién expandidas se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Este proceso se desarrolla durante el reposo intermedio del material preexpandido en sitios ventilados. Al mismo tiempo se secan las perlas.

3ª Etapa: EXPANSIÓN Y MOLDEO FINAL

En esta etapa las perlas preexpandidas y estabilizadas se transportan a unos moldes donde nuevamente se les comunica vapor de agua y las perlas se sueldan entre si.

De esta forma se pueden obtener grandes bloques (que posteriormente se mecanizan en las formas deseadas como planchas, bovedillas, cilindros, etc...) o productos conformados con su acabado definitivo.

Proceso del poliestireno cristal

- **Acondicionamiento de las materias primas.** Al no estar basado en catalizadores, el proceso del poliestireno puede aceptar concentraciones altas de impurezas en las materias primas, por lo que prácticamente no se realiza purificación de las mismas. Algunas plantas hacen pasar el estireno por un lecho de alúmina para retirar el inhibidor de polimerización.

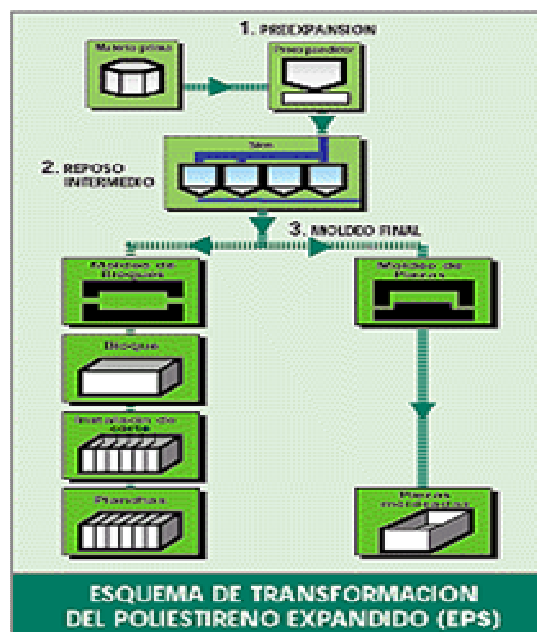


Fig. 1.6. Esquema de Transformación del Poliestireno Expandido.

- **Reacción.** El estireno polimeriza espontáneamente, más rápido cuanto más alta sea la temperatura. Los reactores son en esencia recipientes en los que se fija una temperatura (típicamente entre 100 y 200°C) y se asegura la homogeneidad mediante agitación. Para acelerar la reacción se pueden añadir también peróxidos, que actúan como iniciadores de polimerización. Existen muchos diseños diferentes de reactor que se diferencian principalmente por la forma de evacuar el calor (por tubos

internos o condensador externo), por la distribución de tiempos de residencia (tanque agitado o flujo pistón) y por el tipo de agitación.

- **Desvolatilización.** La conversión en los reactores oscila, según el proceso concreto de que se trate, entre un 60 y un 90%. El estireno no convertido y el etilbenceno son separados del poliestireno en la sección de desvolatilización y recirculados a la alimentación. Aunque los diseños varían según las licencias, la desvolatilización consiste generalmente de uno o varios recipientes vacíos (llamados desvolatilizadores) en los que se aplica alta temperatura y vacío extremo a fin de dejar menos de 0,1% de hidrocarburos residuales en el producto. No obstante, la temperatura no debe superar cierto valor (entre 250 y 300°C) para no degradar las propiedades del poliestireno.
- **Purificación del reciclo.** El estireno y etilbenceno separados en la desvolatilización (corriente a la que se llama *reciclo*) contienen gran parte de las impurezas introducidas con las materias primas. En algunas plantas se procede a una purificación del reciclo, bien por destilación a vacío bien mediante lechos de alúmina. En otras plantas simplemente se purga una parte del reciclo, lo cual permite mantener la concentración de impurezas en el proceso bajo control.
- **Granulación.** En el proceso más frecuente, el poliestireno fundido que sale del desvolatilizador pasa por una hilera de agujeros, formando hilos de pocos diámetros de espesor que son enfriados en un baño de agua, secados y cortados en forma de pequeños cilindros a los que se denomina granza. En otro proceso los hilos se cortan antes de secarlos, con la ventaja de generar menos polvo. Por último, en una pequeña minoría de plantas el cortador está situado directamente dentro del baño de agua, en una configuración idéntica a la utilizada para las poliolefinas por ejemplo.
- **Expedición.** El poliestireno es o bien enviado a silos para ser vendido a granel o bien ensacado y embalado en pales de una tonelada.

Proceso del poliestireno choque

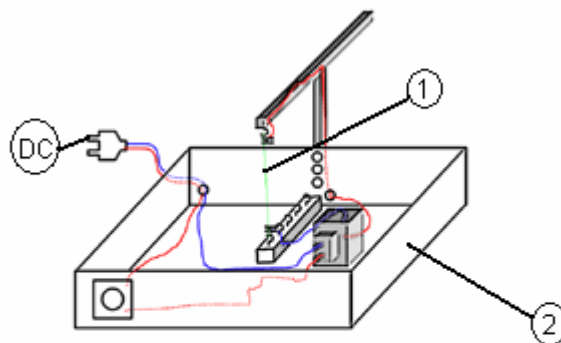
La diferencia más obvia es que hay que disolver el caucho (normalmente polibutadieno aunque en ocasiones se utiliza estireno-butadieno) en el estireno antes de alimentarlo a los reactores. Para ello se emplean grandes tanques agitados.

Los reactores pueden tener la misma geometría que los del poliestireno cristal pero su control es mucho más delicado porque los parámetros de la reacción influyen en la morfología de las partículas de polibutadieno (cantidad de partículas, tamaño, forma), lo cual tiene un gran efecto sobre las propiedades mecánicas del producto final.

Por último, la temperatura de desvolatilización también debe ser controlada de forma más fina porque de ella depende la reticulación del polibutadieno, que no debe ser ni excesiva ni insuficiente.

1.1.1.4 Laminado y Corte del Poliestireno

El laminado y corte de poliestireno se lo hace proporcionando Intensidad de corriente a una aleación de Níquel-Cromo (80-20) denominado hilo de resistencia eléctrica, la figura 1.7 muestra una instalación pequeña para corte de poliestireno.



1.- Hilo incandescente de alta resistencia

2.- Mesa de Corte

Fig. 1.7 Instalación pequeña para corte de poliestireno.

El laminado y corte consiste en hacer pasar una sección de poliestireno por el hilo de resistencia eléctrica siendo el poliestireno cortado por la alta

temperatura que tiene el hilo, en algunos casos la sección de poliestireno tiene un movimiento relativo respecto del hilo incandescente en otros casos el hilo de resistencia eléctrica tendrá un movimiento relativo respecto de la sección de poliestireno, en este proyecto se tendrá ambos casos. Un movimiento relativo del poliestireno con respecto al hilo incandescente en el laminado y un movimiento relativo de la mesa de corte con respecto al bloque de poliestireno.

Para obtener un corte óptimo se debe tomar algunos parámetros como son:

- La densidad del material: 30 Kg./m³ ; TIPO VI
- La velocidad de corte: 2 mm/seg.
- El tipo de hilo a utilizarse: Aleación Ni-Cr 80-20
- La intensidad de corriente suministrada.

Estos parámetros se relacionan entre sí, por ejemplo con el aumento de la densidad del material la velocidad de corte disminuye, así mismo si se emplea un hilo de corte de mayor diámetro se logra incrementar la velocidad de corte por cuanto la temperatura del hilo es mayor, debido a que a mayor diámetro del hilo la resistencia es menor. Esto se justifica con la ecuación:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad \text{Donde:}$$

R: Resistencia del hilo de corte [Ω .m]

ρ : Resistividad del hilo de corte

l : Longitud [m].

A : Area en [m²].

Pero según la ley de Ohm la corriente es igual al cociente entre el voltaje y la resistencia, así;

$$I = \frac{V}{R}$$

Mientras que la resistencia disminuye la intensidad de corriente es mayor, generándose de esta forma un problema, porque se tiene elevada corriente y se necesita elementos que trabajen a alta corriente. De la misma forma si se aumenta el voltaje se tiene una elevada corriente, de manera que se debe encontrar condiciones de equilibrio entre estos parámetros.

Para este proyecto se dispone de una fuente de computación la cuál suministra 5 y 12 voltios, el Øhilo =0.32mm, la resistencia es 11.83 Ω.m y la velocidad de corte es de 2mm/seg.

Aleación Níquel – Cromo (80-20)		
Diámetro Ø (mm)	Numero #	Costo \$
2.5	10	5
2.05	12	4
1.63	14	3.5
1.29	16	2
1.02	18	1.3
0.81	20	1
0.64	22	0.8
0.51	24	0.6
0.36	27	0.45
0.32	28	0.40
0.25	30	0.35
0.16	34	0.25
0.1	38	0.25

Tabla 1.6. Disponibilidad de aleación Ni-Cr en el mercado⁷.

⁷ Fuente: Ecuacromo

1.1.1.5 Aplicaciones

Las ventajas principales del poliestireno son su facilidad de uso y su coste relativamente bajo. Sus principales desventajas son su baja resistencia a la alta temperatura (se deforma a menos de 100°C, excepto en el caso del poliestireno sindiotáctico) y su resistencia mecánica modesta. Estas ventajas y desventajas determinan las aplicaciones de los distintos tipos de poliestireno, la figura 1.8 nos muestra diversas aplicaciones de poliestireno.

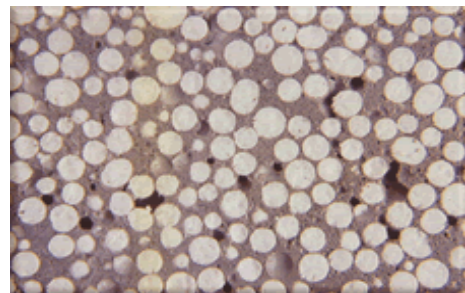
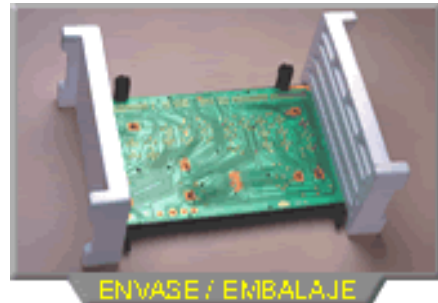
- El poliestireno choque se utiliza principalmente en la fabricación de objetos mediante moldeo por inyección. Algunos ejemplos: carcasas de televisores, impresoras, puertas e interiores de frigoríficos, maquinillas de afeitar desechables, juguetes. Según las aplicaciones se le pueden añadir aditivos como por ejemplo sustancias ignífugas o colorantes.
- El poliestireno cristal se utiliza también en moldeo por inyección allí donde la transparencia y el bajo coste son importantes. Ejemplos: cajas de CD, perchas, cajas para huevos. Otra aplicación muy importante es en la producción de espumas, denominadas a veces XPS, a no confundir con el poliestireno expandido EPS. Estas espumas se utilizan por ejemplo para las bandejas de carne de los supermercados, así como en la construcción.

Poliestireno expandido como material de empaque:

- En Europa, la mayor aplicación del poliestireno es la elaboración de envases desechables mediante extrusión-termoformado. En estos casos se suele utilizar una mezcla de choque y de cristal, en proporción variable según se desee privilegiar la resistencia mecánica o la transparencia. Un mercado de especial importancia es el de los envases de productos lácteos, que aprovechan una propiedad casi exclusiva del poliestireno: su secabilidad. Es esto lo que permite separar un yogur de otro con un simple movimiento de la mano.

- La forma expandida (poliestireno expandido) se utiliza como aislante térmico y acústico y es ampliamente conocido bajo diversas marcas comerciales (Poliexpan, Telgopor, etc.)

- En la construcción.
- Envase y embalaje
- En la edificación
- En la obra civil
- Aplicaciones Diversas



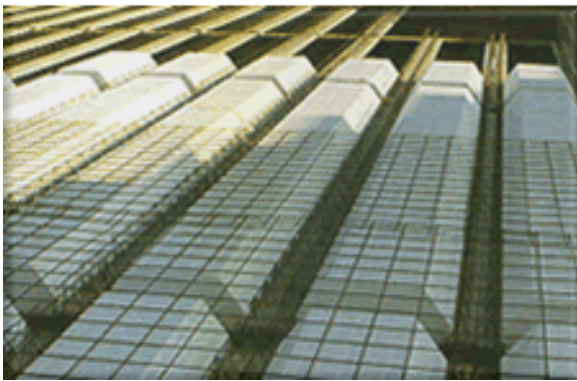


Figura 1.8 Aplicaciones varias del Poliéstireno.

1.1.2 PLC

A un PLC se lo puede definir como:

Un aparato digital electrónico con una memoria *programable* para el almacenamiento de instrucciones, que permite la implementación de funciones específicas (tales como lógica, secuencias, temporizados, conteos, aritmética) con el objeto de controlar máquinas y procesos, también se lo conoce como un computador industrial que controla elementos de salida basados en el estado de las entradas, y un programa desarrollado por el usuario, un esquema se presenta en la *figura 1.9*.



Figura 1.9.- Esquema de un PLC

Su historia se remonta a finales de la década de 1960, cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinatorial.

Hoy en día, los **PLC** no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID), la figura 1.10 representa una fotografía del PLC S7-200.

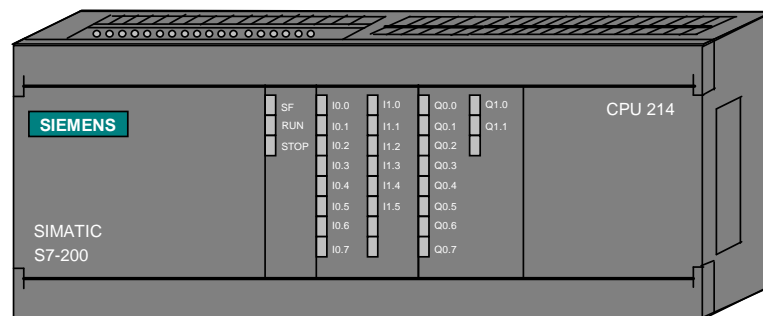


Figura 1.10. Fotografía del PLC S7-200 CPU 214.

Los **PLC** actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

1.1.2.1 PLC en comparación con otros sistemas de control.

Los PLC están adaptados para un amplio rango de tareas de automatización. Estos son típicos procesos industriales en la manufactura donde el coste de desarrollo y mantenimiento de un sistema de automatización es relativamente alto contra el coste de la automatización, y donde van a existir cambios en el sistema durante toda su vida operacional.

Los PLC contienen todo lo necesario para manejar altas cargas de potencia; se requiere poco diseño eléctrico y el problema de diseño se centra en expresar las operaciones y secuencias en la lógica de escalera (o diagramas de funciones). Las aplicaciones de PLC son normalmente hechos a la medida del sistema, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de la

contratación del diseñador para un diseño específico que solo se va a usar una sola vez.

Por otro lado, en caso de productos de alta producción, los sistemas de control a medida se amortizan por si solos rápidamente debido al ahorro en los componentes, lo que provoca que puede ser una buena elección en vez de una solución "genérica".

Sin embargo, debe ser notado que algunos PLC ya no tienen un precio alto. Los PLC actuales tienen todas las capacidades por algunos cientos de dólares.

Diferentes técnicas son utilizadas para un alto volumen o una simple tarea de automatización, Por ejemplo, una lavadora de uso doméstico puede ser controlada por un temporizador CAM electromecánico costando algunos cuantos dólares en cantidades de producción.

Un diseño basado en un microcontrolador puede ser apropiado donde cientos o miles de unidades deben ser producidas y entonces el coste de desarrollo (diseño de fuentes de alimentación y equipo de entradas y salidas) puede ser dividido en muchas ventas, donde el usuario final no tiene necesidad de alterar el control. Aplicaciones automotrices son un ejemplo, millones de unidades son vendidas cada año, y pocos usuarios finales alteran la programación de estos controladores. (Sin embargo, algunos vehículos especiales como son camiones de pasajeros para tránsito urbano utilizan PLC en vez de controladores de diseño propio, debido a que los volúmenes son pequeños y el desarrollo no sería económico.)

Algunos procesos de control complejos, como los que son utilizados en la industria química, pueden requerir algoritmos y características más allá de la capacidad de PLC de alto nivel. Controladores de alta velocidad también requieren de soluciones a la medida; por ejemplo, controles para aviones.

Los PLC pueden incluir lógica para implementar bucles analógicos, "proporcional, integral y derivadas" o un controlador PID. Un bucle PID podría

ser usado para controlar la temperatura de procesos de fabricación, por ejemplo. Históricamente, los PLC's fueron configurados generalmente con solo unos pocos bucles de control analógico y en donde los procesos requieren cientos o miles de bucles, un Sistema de Control Distribuido (DCS) se encarga. Sin embargo, los PLC se han vuelto más poderosos, y las diferencias entre las aplicaciones entre DCS y PLC han quedado menos.

1.1.2.2 Características

La principal diferencia con otros dispositivos son las conexiones especiales de entrada/salida. Estas conexiones conectan el PLC a sensores y actuadores.

Los PLC leen interruptores, indicadores de temperatura y las posiciones de complejos sistemas de posicionamiento. Algunos incluso pueden llegar a utilizar visión artificial. En los actuadores, los PLC pueden operar motores eléctricos y neumáticos, cilindros hidráulicos o diafragmas, relés magnéticos y solenoides. Las conexiones de entrada/salida pueden estar integradas en un solo PLC o el PLC puede tener módulos de entrada/salida unidos a una red de ordenadores que se conecta al PLC.

Los PLC fueron inventados como recambio para sistemas automáticos que podrían llegar a usar cientos o miles de relés y contadores. A menudo, un solo PLC puede programarse para reemplazar miles de relés. Los controladores programables fueron inicialmente adoptados por la industria del automóvil, donde la revisión del software reemplazó a la reescritura o rediseño de los controles cada vez que cambiaban los modelos que se producían.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera LADDER, preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener.

Un lenguaje mas reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en ingles Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre si.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

El PLC trabaja revisando sus entradas, y dependiendo del estado de estas, manipula el estado de sus salidas, encendiéndolas o apagándolas. El usuario debe ingresar un programa, usualmente vía software, que lleva obtener los resultados de operación deseados.

Los PLC son usados en varias aplicaciones de tareas cotidianas. Su uso involucra operaciones de maquinado, embalaje, manejo de materiales, ensamblaje automatizado y en casi todas las tareas que requieren aplicar movimientos repetitivos. Su uso produce ahorro de costos y tiempo, además de evitar a los operarios la realización de tareas alienantes o peligrosas. Casi cualquier operación que requiera controlar aparatos eléctricos necesita la aplicación de un PLC.

Como ejemplo, supongamos que se necesita encender un relé por 5 segundos y luego apagarlo. Para hacer esto bastaría un temporizador. Ahora si se desea hacer algo similar con 10 relés, sería necesario contar con 10 temporizadores. Si a esto agregamos que necesitamos monitorear en todo momento e independientemente cuántas veces se enciende cada relé deberíamos agregar un contador para cada uno. De esta forma, mientras más grande es la complejidad del proceso se hace más evidente la necesidad de contar con un PLC.

1.1.2.3 Campos de aplicación de un PLC

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- ✓ Espacio reducido
- ✓ Procesos de producción periódicamente cambiantes
- ✓ Procesos secuenciales
- ✓ Maquinaria de procesos variables
- ✓ Instalaciones de procesos complejos y amplios
- ✓ Chequeo de programación centralizada de partes del proceso

Aplicaciones generales

- ✓ Maniobra de Maquinas
- ✓ Maquinaria industrial de plástico
- ✓ Maquinas Transfer
- ✓ Maquinaria de embalajes
- ✓ Maniobra de Instalaciones
 - Instalación de aire acondicionado , calefacción
 - Instalaciones de Seguridad
- ✓ Señalización y control

- Chequeo de Programas
- Señalización de estado de procesos

1.1.2.4 Ventajas

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones me obligan e referirme a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.

- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómatas sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

1.1.2.5 Teoría de Operación.

- El ciclo de operación de un PLC se muestra en la *figura 1.11*.

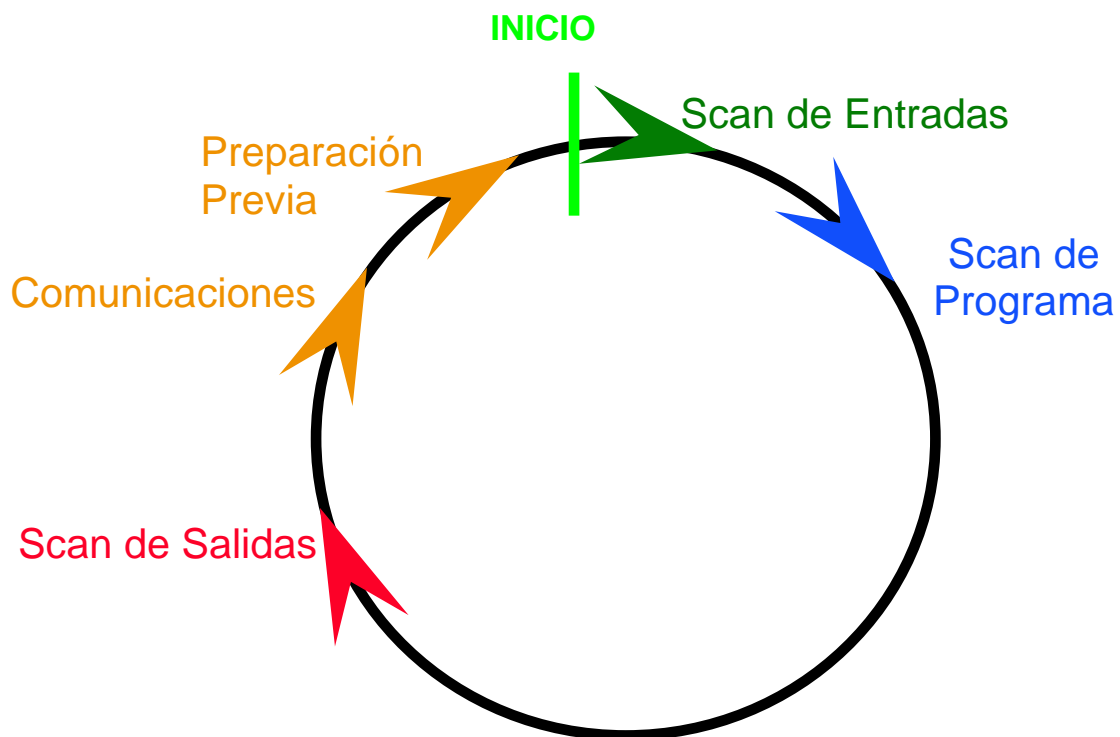


Figura 1.11.- Ciclo de operación de un PLC

Un PLC consiste básicamente de un CPU (Central Process Unit) o Unidad Central de Proceso, áreas de memoria, Interruptores Master (RUN –OFF), puertos de comunicación, fuente para sensores, fuente de energía y dispositivos de entrada y salida apropiados para gestionar los datos de entrada y salida según la *figura 1.12*. Bajo el punto de vista de reemplazar a los antiguos circuitos de relés, contadores, temporizadores y lugares para almacenamiento de datos. Esto es solo una analogía, ya que estos elementos son emulados por el PLC y no existen realmente. Los esquemas del principio

de funcionamiento y componentes principales de un PLC se presentan en las figuras 1.13 y 1.14 respectivamente.

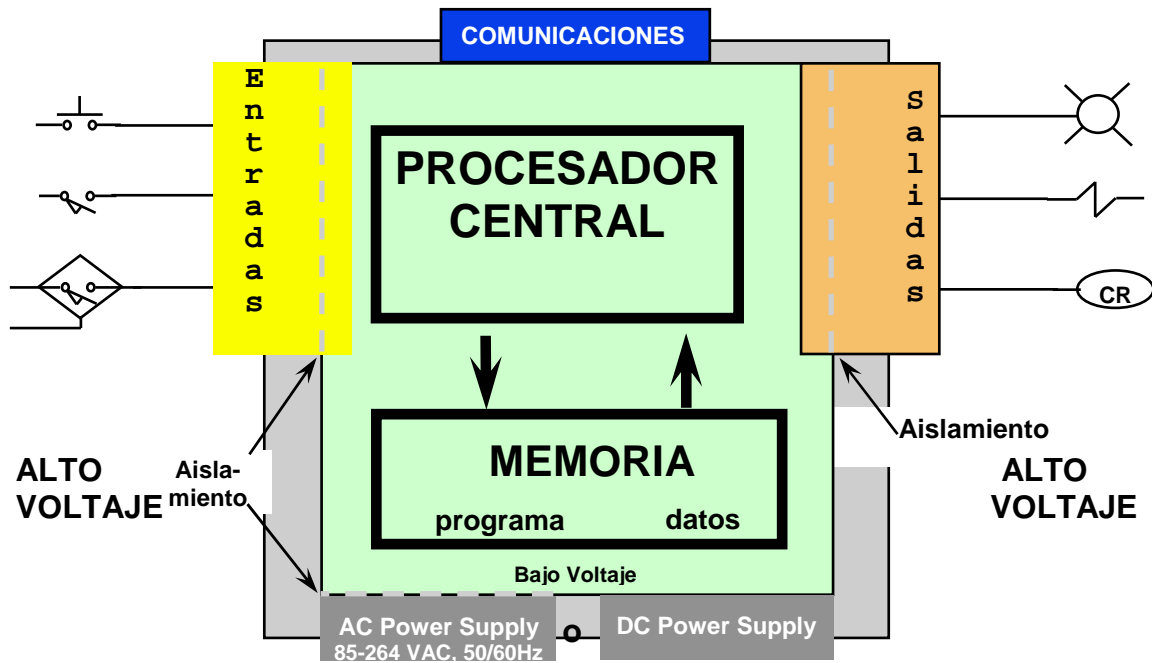


Fig. 1.12 Constitución Interna de un PLC

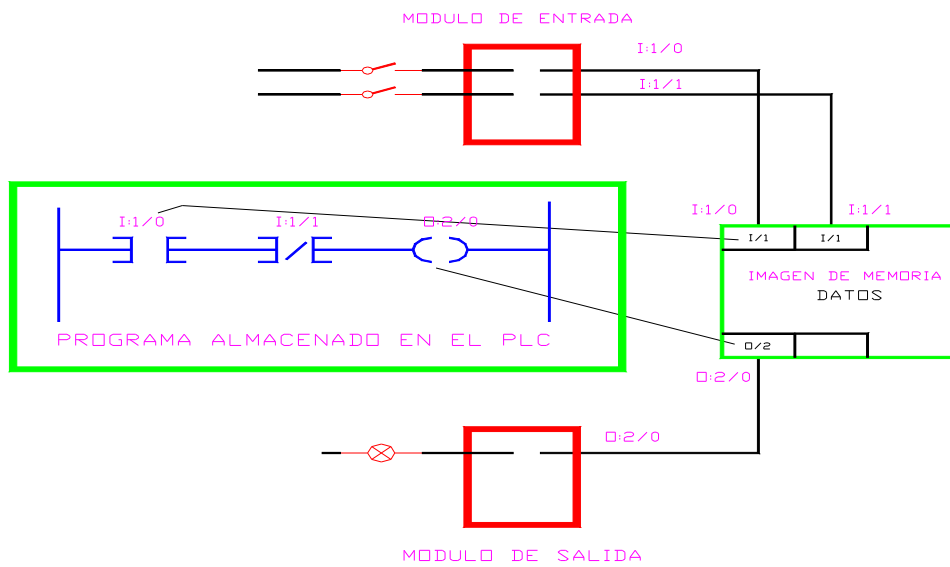


Fig. 1.13 Esquema del funcionamiento de un PLC

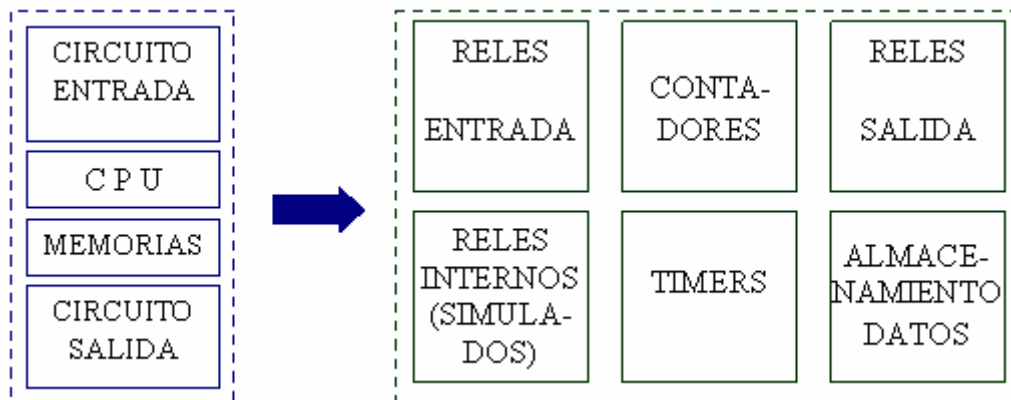


Figura 1.14 .- Esquema de los componentes principales de un PLC.

- Descripción de los componentes principales de un PLC

a) Relés de Entrada.- Están conectados al mundo exterior. Estos existen realmente y reciben señales desde sensores y switches de límites de carrera, operación, etc. Por lo general en un PLC moderno estos fueron reemplazados por transistores.

b) Relés de salida (bobinas).

Son salidas físicas a las cuales se conecta el cableado que llevará la señal a los actuadores de la máquina o proceso que se está controlando. Cada salida corresponde a una variable dentro del programa en ejecución. En general, los módulos de salida están basados en relés (también “relevos”), por ser dispositivos que soportan corrientes de cierta importancia a través de sus terminales de contacto, y porque además ofrecen alto aislamiento para el PLC con respecto a los circuitos externos.

Estos relés son salidas del tipo “On/Off”, o sea conectan o no un actuador, que puede ser un motor, un timbre, etc. También hay salidas a través de optoacopladores, transistores, TRIACs, etc., pero las de relés son las más

usadas. al igual que las entradas, un módulo de salida puede estar compuesto de 8 ó 16 juegos de contactos, en la mayoría de los casos.

c) Relés de Tareas Internas.- Estos relés (*figura 1.15*) no reciben señales externas y no existen físicamente. Estos relés son emulados por la CPU y son parte de los PLC que han cambiado en unidades modernas. El estado de estos relés emulados son lo que realizan las lógicas de control que luego se traducen a los relés de salida. Por el hecho de ser emulados por la CPU, programando las tareas de esta es posible establecer nuevas lógicas de control, lo que brinda flexibilidad al sistema.

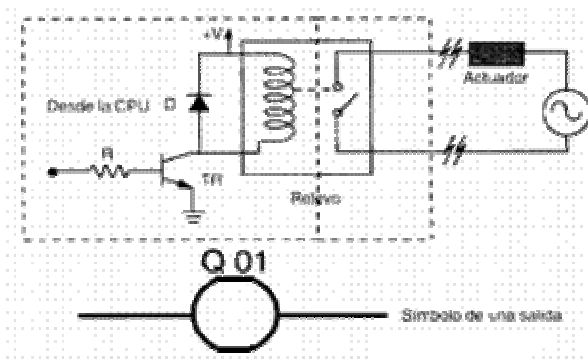


Fig. 1.15 Relés de Tareas Internas.

d) Contadores (SIMULADOS)

Tampoco existen físicamente; son variables que simulan a los contadores reales. Pueden hacer conteo de entradas y salidas físicas o lógicas, como también, como también pueden hacerlo en forma ascendente o descendente, activando otras variables luego de comparar el valor del conteo en que se encuentren, con un valor que se haya programado previamente.

e) Temporizadores (SIMULADOS)

Los temporizadores o timers, que tampoco existen físicamente, son variables que simulan un temporizador físico al cual se le puede programar el tiempo

deseado para la activación o desactivación de otra variable dentro del programa o de entradas y salidas físicas externas.

f) Almacenamiento de Datos

No es otra cosa que la memoria de datos vista para los microcontroladores. Es decir hay registros asignados para simple almacenamiento de datos, que generalmente se usan también como memoria de almacenamiento temporáneo de cálculo.

1.1.2.6 Programación del PLC

Los lenguajes de programación utilizados en los PLCs han ido evolucionando con el tiempo desde su participación en el control de procesos industriales desde 1960 en la actualidad permiten al usuario ingresar un programa de control dentro del PLC mediante una determinada sintaxis. Entre los principales lenguajes de programación se tiene:

- LADDER
- BOOLEAN
- GRAFCET

* Para efecto de este proyecto se hablará del lenguaje LADDER.

Lenguaje Ladder.

El lenguaje ladder o denominado también escalera se basa en la realización de expresiones y símbolos para representar un programa lógico necesario para controlar una máquina o proceso, como se vé en la *figura 1.16*.

Ejemplo de uso de lenguaje ladder, los contactos se encuentran a la derecha y las salidas o bobinas a la izquierda.

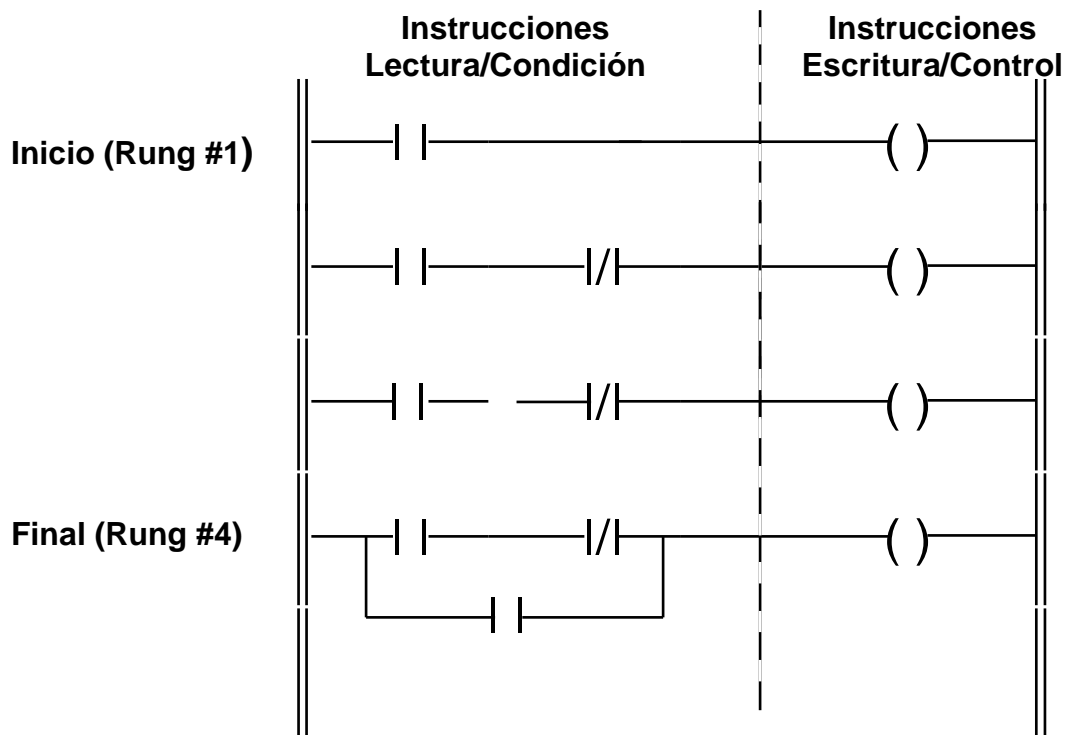


Fig. 1.16 Esquema de elaboración de un programa utilizando LADDER.

1.1.2.7 Conexión del PLC.

- Entradas de Corriente Continua.

La tarea principal es revisar como funcionan los circuitos de entrada. Esto permitirá hacer un buen conexionado de las entradas al PLC. Si se diera un mal conexionado se quemaría el PLC, de esta forma se debe entender el proceso de conexionado. Generalmente los módulos de entrada de corriente continua (CC), trabajan con voltajes de 5, 12, 24, 48 voltios (V). De esta manera hay que asegurarse que los dispositivos de entrada cumplan con los requerimientos de la aplicación. La figura 1.17 muestra un diagrama de entradas y salidas de un PLC.

- **Elementos de Entrada**

- ✓ Pulsantes
- ✓ Switches Selectores
- ✓ Sensores de Posición
- ✓ Sensores de Nivel
- ✓ Sensores Fotoeléctricos
- ✓ Sensores de Proximidad
- ✓ Contactos Auxiliares de contactores
- ✓ Contactos de Relé
- ✓ Thumbwheel Switches.

- Constitución interna de un PLC.

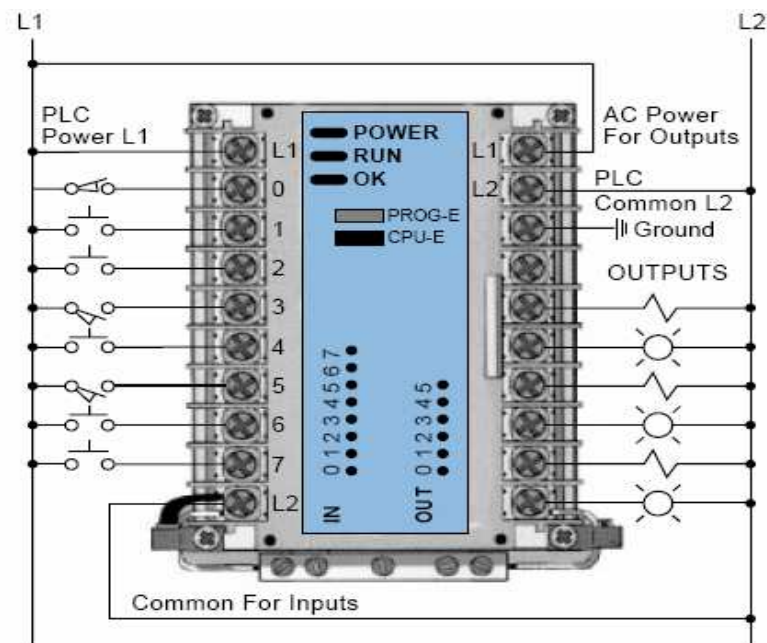


Fig. 1.17 Diagrama de entradas y salidas en un PLC.

- **Elementos de Salida**

- ✓ Válvulas
- ✓ Contactores para motores
- ✓ Solenoides

- ✓ Relés de Control
- ✓ Alarmas
- ✓ Luces, Sirenas

- **Relés**

- ✓ 120 VAC/VDC
- ✓ 240 VAC/VDC
- ✓ 24 VAC/VDC

En las tablas 1.18 y 1.19 se muestran respectivamente los cableados de entradas y salidas de un PLC.

- **Cableado de entradas.**

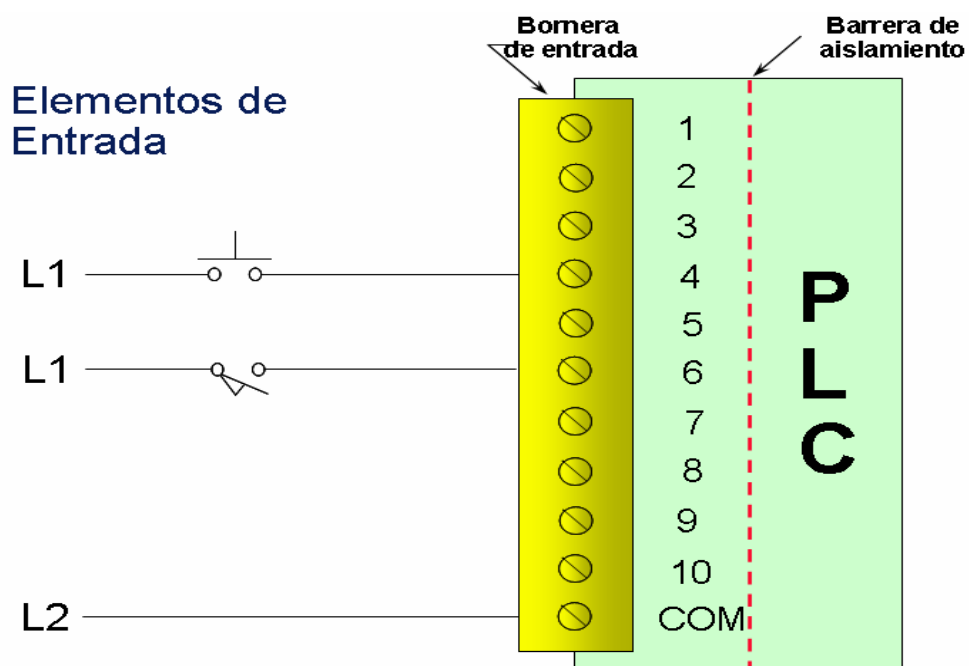


Fig. 1.18 Cableado de entradas de un PLC

- **Cableado de Salidas.**

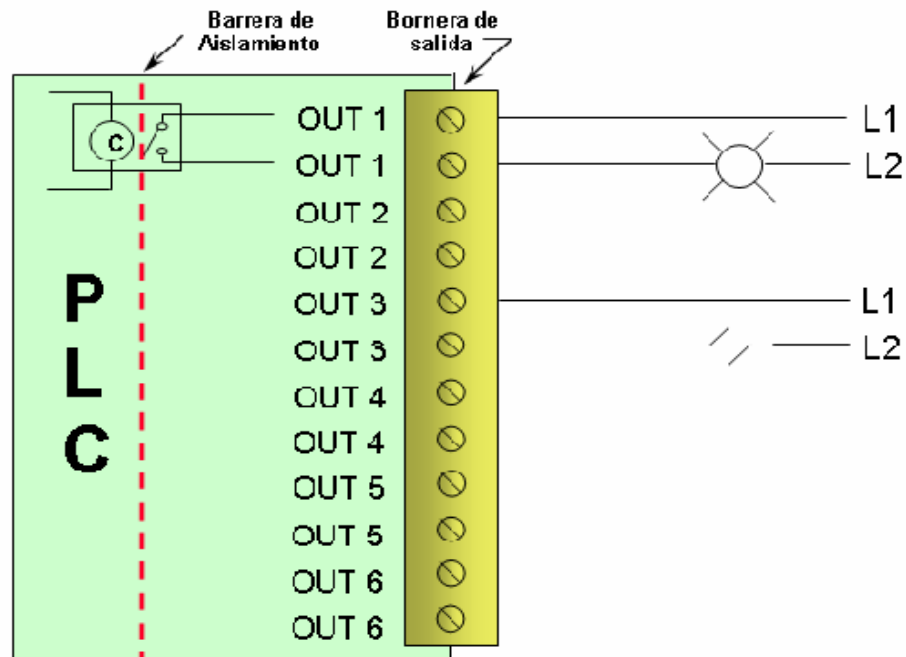


Fig. 1.19 Cableado de salidas de un PLC.

1.1.3 Fundamentos de Dimensionamiento Mecánico

1.1.3.1 Metrología Mecánica

Es la ciencia de la medición y tiene dos principios fundamentales:

- Uso de patrones de medida para calibración de instrumentos
- Uso racional de instrumentos de medida tomando en consideración su exactitud y precisión.

Patrón.- Es un elemento físico que representa la magnitud de una unidad fundamental los patrones se clasifican en:

Patrón Internacional.- Es un elemento físico que representa la magnitud de un número fundamental del sistema internacional que constituye única base para el sistema de calibración de todo el mundo.

Características

- No tiene error
- No tiene tolerancia
- Representa un valor absoluto.
- Únicamente existen el Kilogramo y el metro.

Patrón Primario.- es un elemento o sistema que representa o reproduce las magnitudes de las unidades fundamentales.

Características

- Tiene errores
- Tiene Tolerancia
- Definiciones Generales

Unidad de Medida.- Es una magnitud que se escoge arbitrariamente como término de comparación de las demás magnitudes de la misma especie.

Ejemplo: Tiempo=Segundo, Longitud=Metro, etc.

Medida de una magnitud.- Es un número real que expresa las veces que la unidad de medida está contenida en la magnitud objeto de la medición.

- Definiciones Especiales

Valor Nominal (V_n) .- Es el valor teórico asignado a una magnitud. Ej.; 4m

Valor Medido (V_m) .- Es el valor que tiene la magnitud al momento de ser medido. Ej.; 3,97m.

Valor Real (Vr) .- Es el valor actual que tiene la magnitud luego de ser medida y tomando en consideración todos los factores que afectan a la medición como lo son:

- Condiciones Ambientales
- El operador
- El instrumento de medida.

Exactitud.- Es la mayor o menor cercanía de una medición al valor nominal.

Precisión.- Es la mayor o menos cercanía entre varias mediciones de una magnitud y realizadas con el mismo instrumento (Vm).

Dimensión.- Es la cifra que expresa el valor numérico de una longitud o de un ángulo.

Tolerancia.- Son los límites dentro de los cuales se acepta como correcta a exacta una medición, (Vn) representa un valor absoluto.

Tolerancia de Fabricación.- La tolerancia admisible se refiere no solo a las dimensiones de un elemento dado sino también a la forma de las superficies que lo limitan. Se sabe que la superficie de una pieza mecanizada no será nunca absolutamente plana, cilíndrica o esférica.

Juego Máximo.- Es la diferencia entre la desviación superior del agujero y la desviación inferior del eje.

$$J_{\max} = E_s - e_i$$

Juego Mínimo.- Es la diferencia entre la desviación inferior del agujero y la desviación máxima del eje.

$$J_{\min} = E_i - e_s$$

Apriete Máximo.- Es la diferencia entre la medida máxima del eje (es) y la mínima del agujero (Ei).

$$A_{\max} = e_s - E_i$$

Apriete Mínimo.- Es la diferencia entre la medida mínima del eje (ei) y la máxima del agujero (Es).

$$A_{\min} = e_i - E_s$$

- Tolerancias Dimensionales.

Las tolerancias dimensionales fijan un rango de valores permitidos para las cotas funcionales de la pieza.

Tolerancia de los ajustes

Es la diferencia de los dos juegos límites.

$$TA = J_{\max} - J_{\min}$$

$$TA = A_{\max} - A_{\min}$$

Por lo tanto la tolerancia de ajuste es la misma entre piezas con tolerancias de las mismas calidades cualquiera que sea la posición de la tolerancia en el agujero y en el eje.

- Tolerancias geométricas de forma y de posición.

Se refieren a la forma de líneas y superficies o a la posición que estas han de tener con respecto a otras consideradas como referencias. Y es precisamente en relación con los errores admitidos en la forma y la posición de un elemento de una pieza que se tienen las tolerancias de forma y posición.

Error.- Es el valor numérico que establece la diferencia aritmética entre el valor real y el nominal.

Medición.- Es el conjunto de operaciones que siguiendo un procedimiento establecido y repetible permiten establecer el valor real de una magnitud.

Lectura.- Es el valor numérico obtenido de un instrumento de medida de una medición efectuada en una sola operación.

- Acoplamientos o Ajustes.

Se denomina acoplamiento a la unión entre dos piezas una interior y otra exterior, para lo cuál debe haber una relación previa entre sus dimensiones (se requiere de dos o mas piezas) la previa relación de dimensiones depende del requerimiento del montaje y funcionamiento. El acoplamiento queda caracterizado por su juego o por su apriete, la figura 1.20 muestra un esquema de los diferentes acoplamientos.

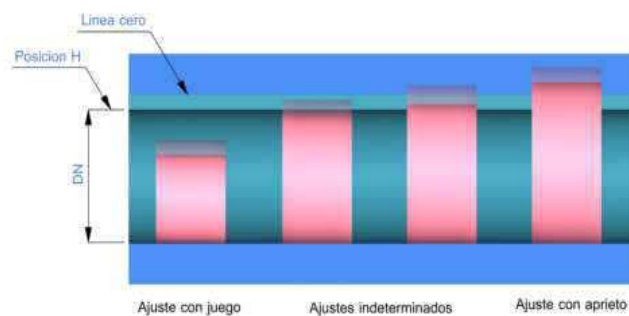


Fig. 1.20 Esquema de los diferentes acoplamientos.

Tipos de Ajuste.- Según la zona de tolerancia de la medida interior y exterior, el ajuste pueden ser:

- Ajuste móvil o con juego.- Es cuando el diámetro del agujero es mayor que el eje, como se muestra en la *Figura 1.21*.
- Ajuste con Apriete o fijo.- Es cuando el diámetro del eje es mayor que el del agujero según la *Figura 1.22*.

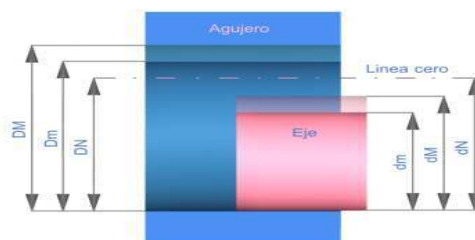


Fig. 1.21 Ajuste móvil o con juego.

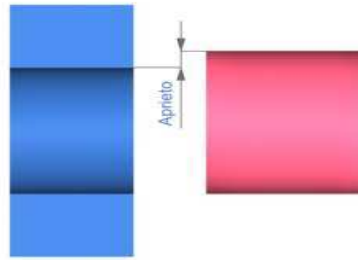


Fig. 1.22 Ajuste fijo

- Ajuste Indeterminado.- Es cuando las piezas con juego o fijas. Como característica especial es que tienen los valores más bajos de juego y apriete, como se muestra en la figura 1.23.

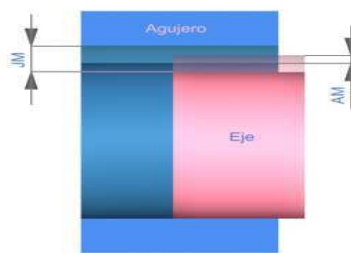


Fig. 1.23 Ajuste Indeterminado.

1.1.3.2 Sistemas de acoplamientos

Para la normalización de los ajustes existen tres sistemas de acoplamientos los cuales son:

- Sistema Agujero Único (SAU).- En este sistema se toman para los agujeros las tolerancias en la posición H, es decir, que la cota nominal coincide con la cota inferior del agujero. Los diversos ajustes se obtienen dando a la tolerancia del eje diversas posiciones.

- Los ejes desde **a** hasta **h** dan acoplamientos móviles.
- Los ejes desde **j** hasta **n** dan acoplamientos indeterminados
- Los ejes desde **p** hasta **zc** dan acoplamientos fijos.

- Sistema Eje Único (SEU) .- En este sistema se adopta para las tolerancias de los ejes la posición h, es decir, que el diámetro superior de los ejes es el nominal. Los ajustes se obtienen variando la posición de las tolerancias de los agujeros. Este sistema es menos empleado que el anterior y se utiliza, por ejemplo para los ajustes de ejes calibrados o cuando hay que ajustar varias piezas sobre el mismo eje. Se aplica también el montaje de las piezas exteriores de los rodamientos a bolas y rodillos.

- Los taladros desde A hasta H son acoplamientos móviles
- Los taladros desde J hasta N son acoplamientos indeterminados.
- Los taladros desde P hasta ZC dan acoplamientos fijos.

- Sistema Mixto.- En este sistema ni el agujero ni el eje coinciden en ninguna de sus cotas límites con la cota nominal. O sea. Que sus posiciones son distintas de las H o h. Este sistema se utiliza muy raramente. Se emplea alguna vez para el ajuste de rodamientos de bolas a los ejes.

CAPITULO 2

2.1 DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento es muy importante tener en cuenta las dimensiones del bloque que se va a cortar en este caso es de 300x210x50 (mm). De aquí se partirá para dimensionar los demás elementos del prototipo teniendo en cuenta también los elementos normalizados.

Las tolerancias dimensionales tendrán un papel muy importante en lo que se refiere a los ajustes en las guías, por cuanto de no tomar en cuenta este aspecto la maquina debido al trabajo sufrirá de atascamientos continuos. La *figura 2.1* muestra una vista en perspectiva de el prototipo de laminado y corte.

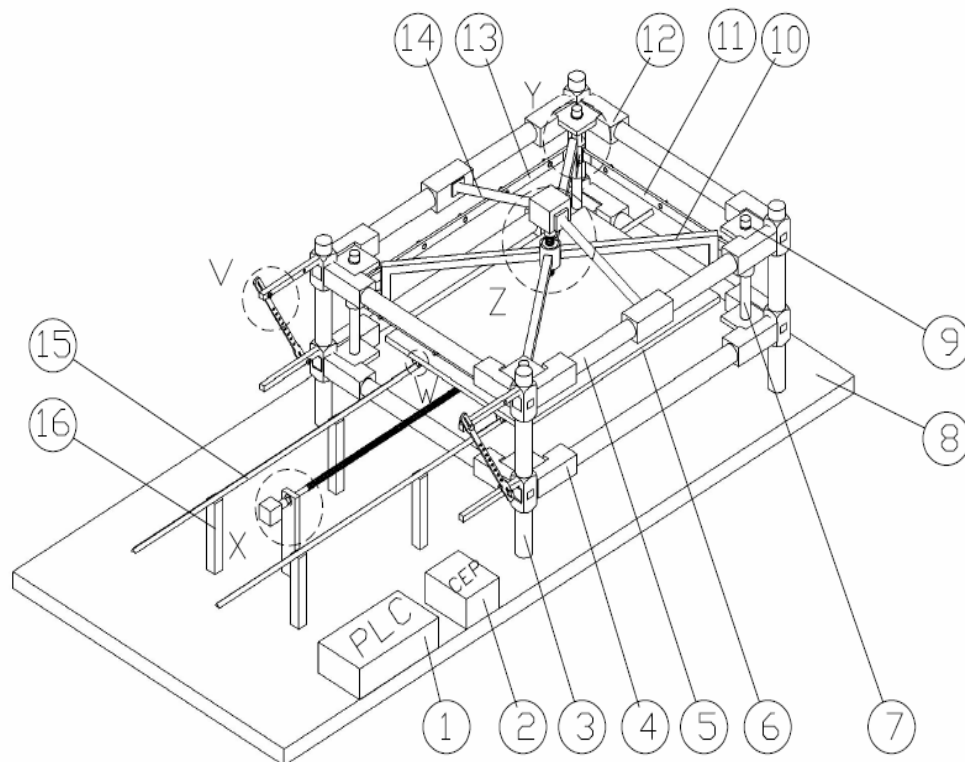


Figura 2.1 El prototipo de Laminado y Corte.

2.1.1 Descripción de los partes principales del prototipo.

- 1) PLC S7-200
- 2) Control electrónico de Potencia del prototipo
- 3) Columna
- 4) Viga longitudinal inferior
- 5) Viga longitudinal superior
- 6) Mesa de laminado.
- 7) Guías para estructura de corte.
- 8) Base
- 9) Soporte para guías.
- 10) Brazo de estructura de Corte.
- 11) Viga para niquelinas longitudinales.
- 12) Viga para niquelinas transversales.
- 13) Viga transversal
- 14) Soporte para motor de corte.
- 15) Riel de laminado
- 16) Base para riel.
- 17) Tornillo rosca triangular para laminado
- 18) Tuerca cuadrada
- 19) Alojamiento para tuerca cuadrada
- 20) Rodamiento
- 21) Soporte para Rodamiento
- 22) Regulador para niquelina
- 23) Portaniquelinas para laminado
- 24) Perno
- 25) Tuerca
- 26) Brazo para laminado
- 27) Rueda
- 28) Motor de Pasos
- 29) Acople de Teflón
- 30) Anillo Elástico

- 31) Bocín
- 32) Alojamiento para Bocín
- 33) Acople de teflón
- 34) Tornillo rosca triangular para corte
- 35) Alojamiento para Tuerca cuadrada.

2.1.2 Mecanismo de Desplazamiento.

2.1.2.1 Motores de Paso a Paso.

Es un actuador conversor de tren de impulsos en movimiento angular giratorio. Existe para un motor eléctrico paso a paso un ángulo que define el desplazamiento mínimo que puede conseguirse.

La velocidad de rotación viene definida por la ecuación:

$$N = 60 \times \frac{f}{n}$$

Donde:

- f: frecuencia del tren de impulsos
- n: nº de bobinas que forman el motor

El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.

Presenta las ventajas de tener alta precisión y repetibilidad en cuanto al posicionamiento.

Entre sus principales aplicaciones destacan como motor de frecuencia variable, motor de corriente continua sin escobillas, servomotores y motores controlados digitalmente.

Existen 3 tipos fundamentales de motores paso a paso: el motor de reluctancia variable, el motor de magnetización permanente, y el motor paso a paso híbrido. Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° ; es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° .

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas está energizada, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

- Motores de imán o magnetización permanente.

Principio de funcionamiento

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator.

Las bobinas son parte del estator (Figura 2.2) y el rotor (Figura 2.3) es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.

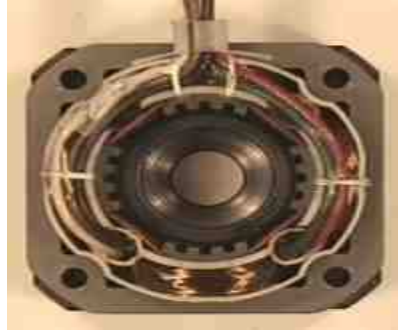


Fig. 2.2.-Estator de 4 bobinas



Fig. 2.3.- Rotor

Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

Unipolares y bipolares como se puede ver en la figura 2.4.

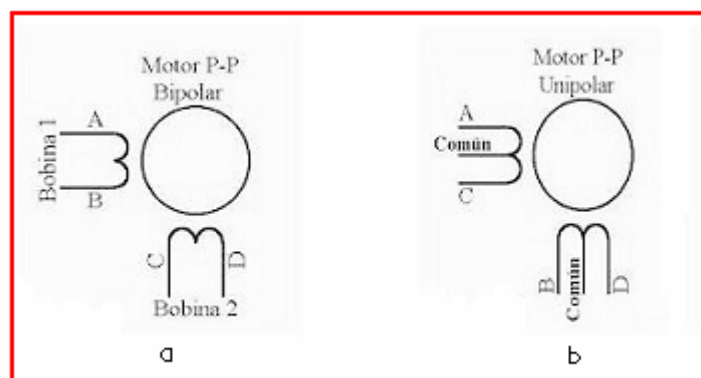


Fig. 2.4.- Motores a pasos. a) Bipolar; b) Unipolar

✓ **Bipolar:** Estos tiene generalmente cuatro cables de salida necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento. En la figura 2.5 podemos apreciar un ejemplo de control de estos motores mediante el uso de un puente en H (H-Bridge). Como se aprecia, será necesario un H-Bridge por cada bobina del motor, es decir que para controlar un motor Paso a Paso de 4 cables (dos bobinas), necesitaremos usar dos H-Bridges iguales al de la figura 2.5. El circuito de la figura 2.5 es a modo ilustrativo y no corresponde con exactitud a un H-Bridge. En general es recomendable el uso de H-Bridge integrados como son los casos del L293 de la figura 2.6.

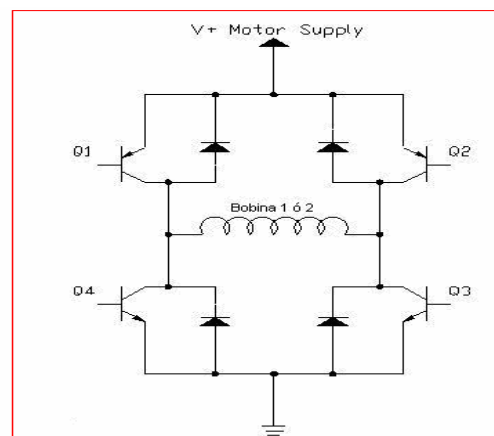


Fig. 2.5.- Esquema de Control de Motor Bipolar mediante Puente H.

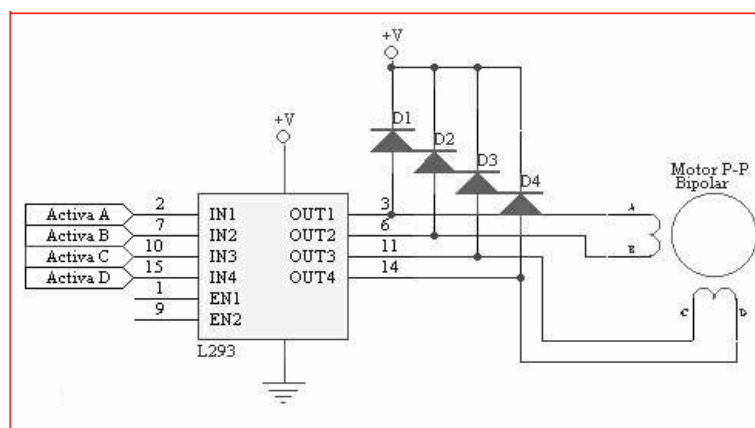


Fig. 2.6 Esquema real de Puente H para motor bipolar.

✓ **Unipolar:** Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno. Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar. En la figura 2.7 podemos apreciar un ejemplo de conexionado para controlar un motor paso a paso unipolar mediante el uso de un ULN2803, el cual es una array de 8 transistores tipo Darlington capaces de manejar cargas de hasta 500mA. Las entradas de activación (Activa A, B, C y D) pueden ser directamente activadas por un microcontrolador.

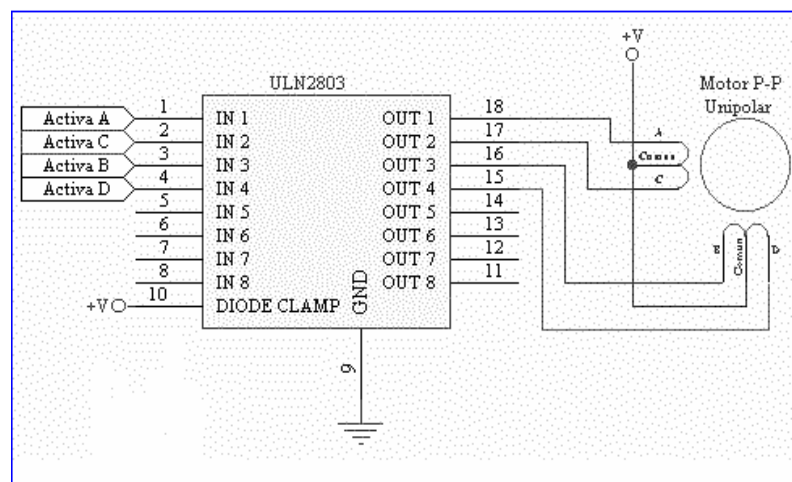


Fig. 2.7.- Esquema real de Puente H para motor unipolar.

- Secuencias para manejar motores paso a paso Bipolares.

Como se dijo anteriormente, estos motores necesitan la inversión de la corriente que circula en sus bobinas en una secuencia determinada. Cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia seguida. A continuación se puede ver la *tabla 2.1* con la secuencia necesaria para controlar motores paso a paso del tipo Bipolares:

PASO	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

Tabla 2.1 Secuencia para control de motor paso a paso bipolar.

- Secuencias para manejar motores paso a paso Unipolares.

Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores, las cuales se detallan a continuación. Todas las secuencias comienzan nuevamente por el paso 1 una vez alcanzado el paso final (4 u 8). Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo inverso.

✓ **Secuencia Normal:** Esta es la secuencia más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención.

✓ **Secuencia del tipo wave drive:** En esta secuencia se activa solo una bobina a la vez. En algunos motores esto brinda un funcionamiento mas suave. La contrapartida es que al estar solo una bobina activada, el torque de paso y retención es menor.

✓ **Secuencia del tipo medio paso:** En esta secuencia se activan las bobinas de tal forma de brindar un movimiento igual a la mitad del paso real. Para ello se activan primero 2 bobinas y luego solo 1 y así sucesivamente. Como vemos en la tabla la secuencia completa consta de 8 movimientos en lugar de 4.

2.1.3 Sistema de Transmisión.

Un Sistema de Transmisión es el sistema mecánico que conecta el accionamiento o motor con la carga.

Debe trasladar el movimiento desde el punto de entrega del motor al punto donde se encuentra la carga y, además, transformar la potencia mecánica suministrada por el accionamiento adecuándola a los requerimientos de carga.

Geoméricamente se debe asegurar la transformación de movimiento entre entrada y salida. Dimensionalmente se evitan sobredeformaciones (resistencia suficiente a esfuerzos) y se trata de amortiguar las vibraciones o choques.

2.1.3.1 Entrada Rotación-Salida Traslación.

Se utilizan aquí sistemas de Tornillos de Potencia (Sistema Tornillo-Tuerca) y sistemas de Husillos de Bolas, ya que:

- Son sistemas estándar e intercambiables
- Son fáciles de montar y desmontar y no requiere destruir nada para ello
- Resisten bien las cargas de tracción, flexión y cortante.
- Tienen elevada precisión, a elegir en función del paso de rosca.

Dentro de los sistemas comerciales de transmisión nos encontramos con muchos tipos de montajes según el tipo de la entrada y la salida.

Los Parámetros Característicos de las funciones de transmisión para entrada Rotación-Salida traslación.

- ✓ **Relación de transmisión (i):** $i = \omega_e / v_s$ ($i = v_s / \omega_e$ para *entrada traslación-salida rotación*). Depende del ángulo de hélice: por cada giro del tornillo la tuerca avanza el paso multiplicado por el número de entradas (avance). Cuanto menor sea el ángulo de avance menor será la relación de transmisión.
- ✓ **Ventaja mecánica:** Cociente entre la fuerza o momento de salida (carga) y la fuerza o momento de entrada (motor). Para este caso: $v_m = F_s / M_e$.
- ✓ **Rendimiento:** relación entre la potencia de entrada y la de salida. Se incluye la potencia de pérdidas. Para los tornillos de potencia y los husillos de bolas se llega a expresiones de rendimiento diferentes para transmisión directa e inversa:

2.1.3.2 Sistema Tornillo –Tuerca.

Se emplea en la conversión de un movimiento giratorio en uno lineal continuo cuando sea necesaria una fuerza de apriete o una desmultiplicación muy grandes. Esta utilidad es especialmente apreciada en dos aplicaciones prácticas.

Para el buen funcionamiento de este mecanismo necesitamos, como mínimo, un tornillo que se acople perfectamente a una tuerca (o a un orificio roscado).

El sistema tornillo - tuerca técnico se puede plantear de dos formas básicas:

i) Un *tornillo* de posición fija (no puede desplazarse longitudinalmente) que al girar provoca el desplazamiento de la tuerca.

En la *barra* engomadora el tornillo no se desliza, pero su giro hace que el cilindro de cola suba o baje debido a que esta es la que hace de tuerca.

ii) Una tuerca o un orificio roscado fijo (no puede girar ni desplazarse longitudinalmente) que produce el desplazamiento del tornillo cuando este gira (El *grifo* antes estudiado puede ser un ejemplo de este funcionamiento).

El sistema tornillo-tuerca presenta una ventaja muy grande respecto a otros sistemas de conversión de movimiento giratorio en longitudinal: por cada vuelta del tornillo la tuerca solamente avanza la distancia que tiene de separación entre filetes (paso de rosca) por lo que la fuerza de apriete (longitudinal) es muy grande, presenta una desventaja de que no es un sistema reversible(no se le puede aplicar un movimiento longitudinal y obtener un giratorio).

El sistema tornillo-tuerca como mecanismo de desplazamiento se emplea en multitud de máquinas pudiendo ofrecer servicio tanto en sistemas que requieran de gran precisión de movimiento (balanzas, tornillos micrométricos, transductores de posición, posicionadores...) como en sistemas de baja precisión.

Aunque la mayor parte de los sistemas tornillo-tuerca (Figura 2.8) se fabrican en acero, también los podemos encontrar fabricados en otros metales (bronce, latón, cobre, níquel, aceros inoxidables y aluminio) y en plásticos (nylon, teflón, polietileno, pvc...), todo ello dependerá de sus condiciones de funcionamiento.

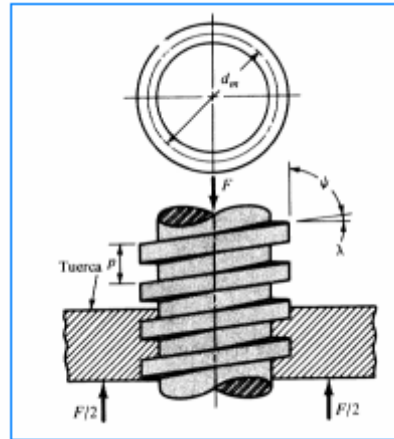


Fig.-2.8 Sistema Tornillo - Tuerca

2.1.3.3 Nomenclatura de Roscas.

Como se indica en la Figura 2.9 en las roscas se utiliza la siguiente terminología:

- **d**: diámetro nominal de la rosca, coincide con el diámetro externo del tornillo y con la designación (Métrica).
- **p**: paso, distancia entre dos crestas consecutivas, también es el recíproco del número de hilos por pulgada. $p = 1/N$.
- **N**: Hilos por pulgada.
- **dr**: diámetro menor del tornillo (valles).
- **dm**: diámetro medio -
- **n**: número de entradas o filetes helicoidales diferentes del tornillo
- **l**: avance, distancia que recorre el tornillo en una vuelta --> $l = p \cdot n$
- **λ**: ángulo de hélice --> $\lambda = \arctg (l / (\pi \cdot dm))$.

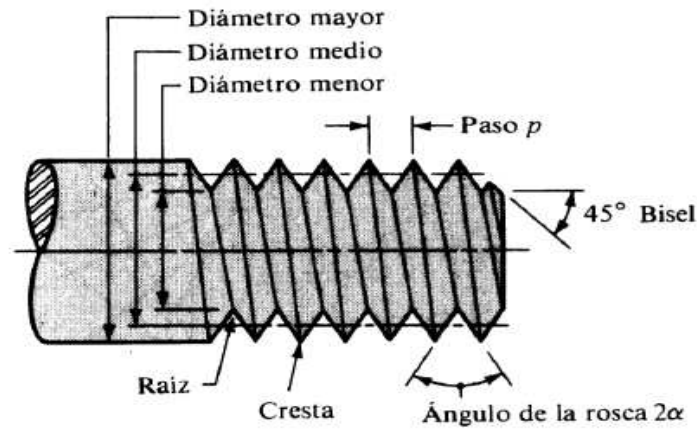


Figura 2.9 Nomenclatura para rosca de un tornillo.

➤ Tipos de roscas utilizadas.

- Rosca Métrica.- Este tipo de rosca (Figura 2.10) se utiliza para unir de forma desmontable dos piezas, o como mecanismo de inmovilización de una pieza con respecto a otra. (Por ejemplo el montaje de las ruedas en un vehículo).

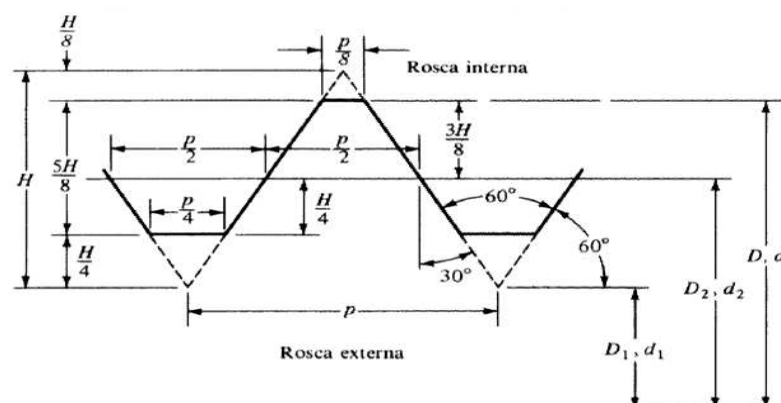


Figura 2.10.- Perfil básico de rosca métrica interna y externa.

Donde P =Paso y $H=0.5 (3)^{1/2} P$

- Rosca Cuadrada.- Esta rosca puede transmitir todas las fuerzas en dirección casi paralela al eje, a veces se modifica la forma de filete cuadrado dándole una conicidad o inclinación de 5° a los lados. Figura 2.11.

- Rosca Sin Fin.- Se utiliza sobre ejes para transmitir fuerza a un engranaje sin-fin. Ver Figura 2.12.
- Rosca Acme (Trapezoidal).- Ha reemplazado generalmente a la rosca de filete truncado. Es más resistente, más fácil de tallar y permite el empleo de una tuerca partida o de desembrague que no puede ser utilizada con una rosca de filete cuadrado.

Las roscas Acme (Figura 2.13) se emplean donde se necesita aplicar mucha fuerza. Se usan para transmitir movimiento en todo tipo de máquinas herramientas, gatos, prensas grandes "C", tornillos de banco y sujetadores. Las roscas Acme tienen un ángulo de rosca de 30° y una cara plana grande en la cresta y en la Raíz. Las roscas Acme se diseñaron para sustituir la rosca cuadrada, que es difícil de fabricar y quebradiza.

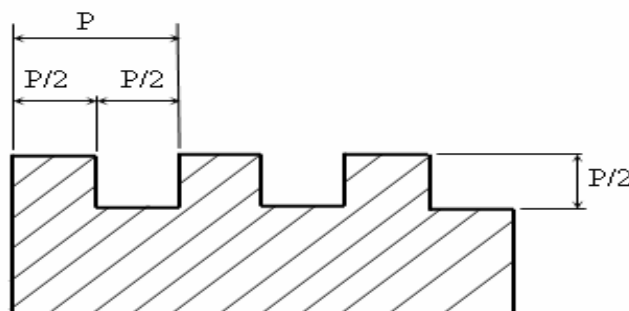


Figura 2.11 Perfil básico de rosca cuadrada.

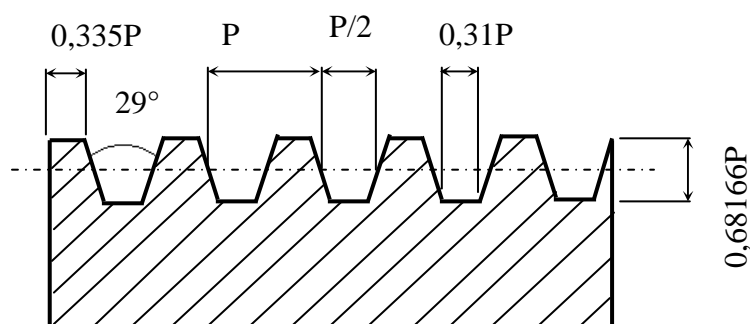


Figura 2.12 Perfil básico de rosca Sin Fin.

Hay tres clases de rosca Acme, 2G, 3G y 4G, y cada una tiene holguras en todas dimensiones para permitir movimiento libre. Las roscas clase 2G se usan

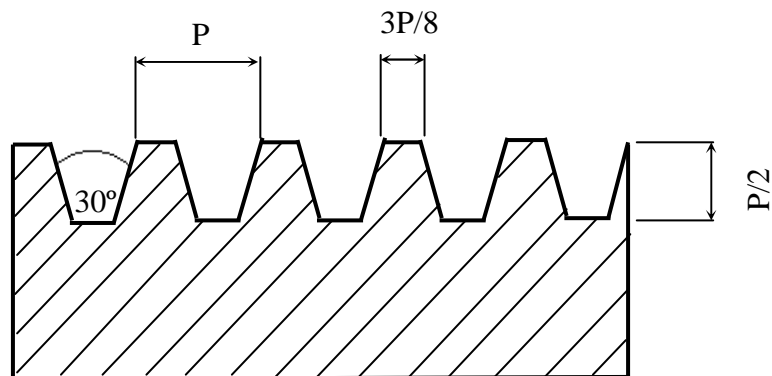


Figura 2.13.- Perfil básico de rosca Acme 2G (Trapezoidal).

en la mayor parte de los conjuntos. Las clases 3G y 4G se usan cuando se permite menos juego u holgura, como por ejemplo en el husillo de un torno o de la mesa de una maquina fresadora.

- **Rosca de diente de Sierra**

Este tipo de rosca se utiliza para dirigir la fuerza en una dirección. Se emplea en gatos y cerrojos de cañones. Figura 2.14.

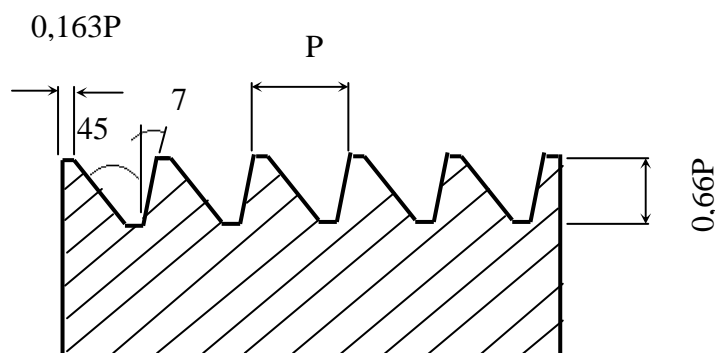


Figura 2.14.- Perfil básico de la rosca diente de sierra.

La rosca empleada en las tuercas tiene las mismas características que las dadas para los tornillos (*derecha o izquierda, sencilla o múltiple, métrica o cuadrada o truncada o redonda...*).Figura 2.15

La más empleada es la rosca derecha, que hace que el tornillo avance cuando lo hacemos girar sobre una tuerca o un *orificio roscado* en el sentido de las agujas del reloj (el tornillo empleado en los grifos hace que estos cierren al girar en el sentido de las agujas del reloj, lo mismo sucede con los tapones de las botellas de bebida gaseosa o con los tarros de mermelada).

El paso de rosca es la distancia que existe entre dos *crestas* consecutivas. Si el tornillo es de rosca sencilla, se corresponde con lo que avanza sobre la tuerca por cada vuelta completa. Si es de rosca doble el avance será igual al doble del paso.

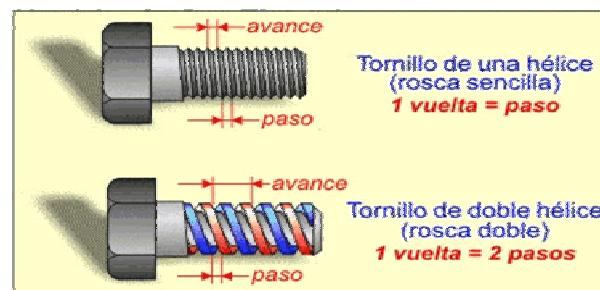


Figura 2.15.- Rosca sencilla y doble.

2.1.4 Dimensionamiento del mecanismo de Laminado.

En la figura 2.15 se presenta un esquema de la transmisión de movimiento del motor a la tuerca que contiene a la mesa de laminado por medio del tornillo de rosca triangular. El motor que se utiliza en la transmisión es un motor de pasos debido a que entrega un elevado torque y porque se puede controlar la cantidad de revoluciones que se necesitan para obtener el paso deseado y en consecuencia un buen laminado y corte.

2.1.4.1 Tornillo de Laminado.

Para definir el tornillo de laminado se debe definir el perfil de la rosca, paso, diámetro mayor, diámetro del núcleo, sentido de la rosca y entradas de la rosca para este caso de 1 entrada, con esto se tiene que el avance es igual al paso.

Dado que este es un prototipo el perfil de la rosca será métrica por cuanto la fuerza que se necesita aplicar es baja y también por que es un perfil fácil de mecanizar a diferencia de la rosca de perfil cuadrado y trapecial.

La velocidad de laminado y corte⁸ es de 2mm/segundo que es el avance y a su vez el paso del perfil de rosca.

Dado que el diámetro mayor está en función del paso este se lo podría obtener según la tabla 2.2 correspondiéndole un diámetro mayor de 14mm.

Para evitar la construcción de este tornillo se puede obtener en el mercado un tornillo de estas características con un diámetro mayor de 12.7mm el cuál está acorde con las necesidades del prototipo.

De manera que se escogerá un tornillo con diámetro mayor de 12.7mm, paso de 2mm, rosca derecha y de una sola entrada.

La longitud del tornillo deberá ser la necesaria para garantizar el recorrido suficiente de la mesa de laminado. Así mismo la rosca de la tuerca tendrá las mismas dimensiones ya especificadas anteriormente para el tornillo.

En el tornillo se tendrá ciertas características como son las reducciones en el diámetro para los rodamientos y el acople que permitirá la transmisión del movimiento del motor al tornillo.

Las dimensiones de los demás elementos que son parte del mecanismo de laminado se muestran en el anexo A.

Cálculos de eficiencia, esfuerzo, flexión son innecesarios en este proyecto por cuanto las cargas son relativamente bajas, las cuáles resultan apropiadas para una máquina real.

⁸ Determinada experimentalmente en planchas de poliestireno.

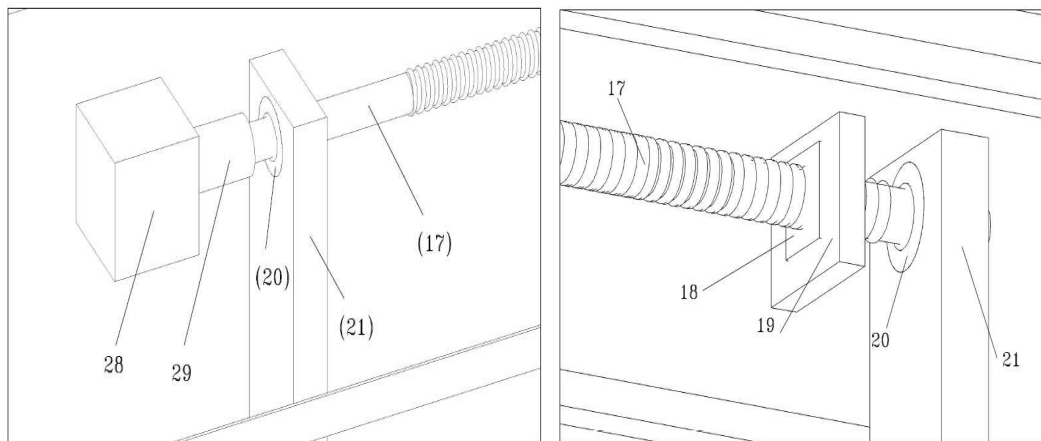


Fig. 2.16 Esquema de Transmisión Motor – Tornillo-Tuerca.

Ø mayor		Paso P	Ø del núcleo	Sección mm ²
Serie I	Serie II			
1.6	-----	0.35	1.171	1.08
-----	1.8	0.35	1.371	1.47
2	-----	0.4	1.509	1.79
-----	2.2	0.45	1.648	2.13
2.5	-----	0.45	1.948	2.98
3	-----	0.5	2.387	4.47
----	3.5	0.6	2.764	6.00
4	-----	0.7	3.141	7.75
-----	4.5	0.75	3.580	10.1
5	-----	0.8	4.019	12.7
6	-----	1	4.773	17.9
-----	7	1	5.773	25.4
8	-----	1.25	6.466	32.8
10	-----	1.5	8.160	52.3

12	-----	1.75	9.853	76.2
-----	14	2	11.546	105
16	-----	2	13.546	105
-----	18	2.5	14.933	175
20	-----	2.5	16.75	220
-----	22	2.5	18.75	276
24	-----	3	20.10	317
-----	27	3	23.10	419
30	-----	3.5	25.45	509
-----	33	3.5	28.45	636
36	-----	4	30.8	745
-----	39	4	33.8	897
42	-----	4.5	36.15	1027
-----	45	4.5	39.15	1204
48	-----	5	41.5	1353
-----	52	5	45.5	1626

Tabla 2.2 Rosca Métrica ISO series I y II⁹

2.1.5 Dimensionamiento del Mecanismo de Corte.

De manera similar al caso anterior se tiene en la figura 2.17 una representación de la transmisión de movimiento por parte del motor al tornillo y este a su vez a la estructura de corte mediante el motor de pasos.

⁹ Tomado de Dibujo mecánica 4 EDB- Página 70.

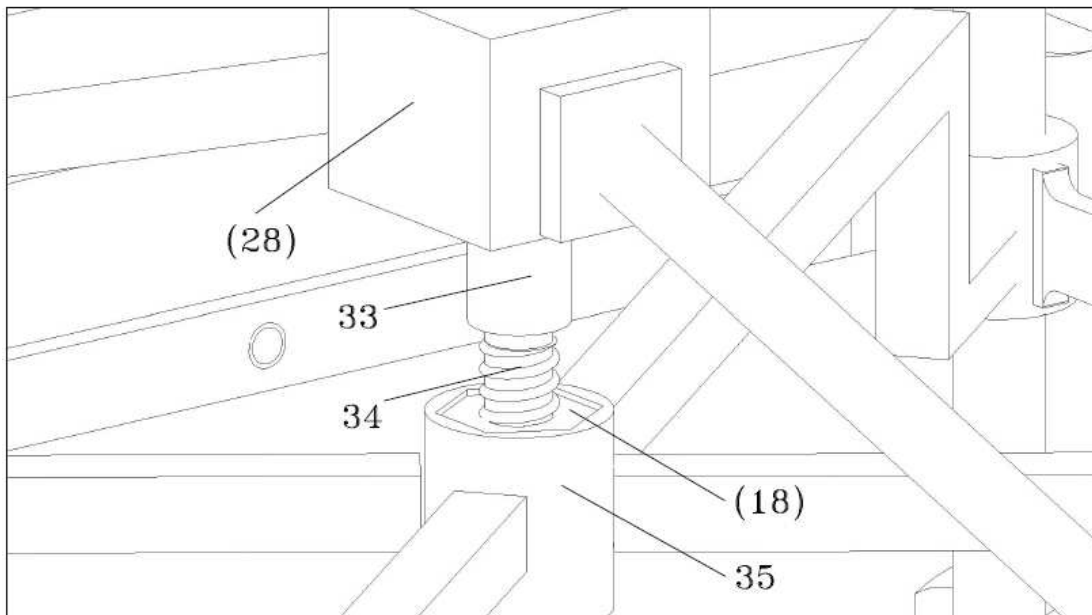


Fig. 2.17 Esquema de Transmisión Motor – Tornillo-Tuerca.

2.1.5.1 Tornillo de Corte.

De manera similar se debe definir el perfil de la rosca, paso, diámetro mayor, diámetro del núcleo, y el sentido de la rosca.

Utilizando los mismos criterios de la sección 2.1.4.1 se obtiene un tornillo de perfil métrico, diámetro mayor de 12.7mm, paso de 2mm, una entrada y rosca derecha que es la más común. Dimensiones que son válidas también para la tuerca.

Así mismo la longitud del tornillo y las características del para el acoplamiento con el motor se muestran en el anexo A, debiendo la longitud del tornillo ser la correcta para el buen funcionamiento del mecanismo.

Las dimensiones de los demás elementos que son parte del mecanismo de laminado se muestran en el anexo A.

2.1.6 Dimensionamiento de elementos normalizados.

- ✓ Motor de pasos

- Diámetro del eje 6.3mm
- Potencia nominal 10 Watts.
- Paso = 1.8°
- ✓ Rueda
 - $\varnothing = 15\text{mm}$
 - Espesor = 5mm
- ✓ Rodamiento.- Este es de una hilera de bolas de diámetro interior 10mm, diámetro exterior 26mm y espesor 9mm.
- ✓ Anillo elástico
 - $\varnothing_{\text{int}} = 5\text{mm}$
 - Espesor = 0.7mm
- ✓ Niquelina: Aleación Ni-Cr (80-20) ; #10.
 - $\varnothing = 0.51\text{mm}$
 - Resistencia 5.263 Ωm
 - I = 2.5 amperios por cada niquelina (Aproximada)
 - V = El voltaje a aplicarse será de 5V.
- ✓ Bocín para estructura de corte. $\varnothing_{\text{int}} = 8\text{mm}$
- ✓ Tornillos para madera. (Características varias).

2.1.7 Selección de materiales

La selección de materiales se lo realiza tomando en cuenta el tiempo de duración de el prototipo y también las características a las cuales van a estar sometidos los diversos elementos del prototipo, y además apegado estrictamente a la disponibilidad de estos en el mercado.

Por tratarse de un prototipo la mayor parte de los elementos serán de madera no así ciertas piezas que requieren ser de acero para permitir un buen funcionamiento debido a sus características mecánicas. Estos elementos son:

- ✓ Guías → De lo existente en el mercado en este caso acero inoxidable.
- ✓ Bocines (Bronce ideal por su bajo rozamiento)

- ✓ Tornillos (Rosca Triangular). → Acero de Transmisión.(Galvanizado). Existente en el mercado.
- ✓ Tuercas → Acero SAE 1010 (Zincado).
- ✓ Rieles para mecanismo de laminado (De lo existente en el mercado)
- ✓ Aleación Niquel – Cromo 80-20
- ✓ Elementos electrónicos varios como: Cable, Conectores tipo lagarto, Fuente de Corriente Continua.

2.2 CONSTRUCCIÓN

La construcción del prototipo se hace en base a los planos de taller del prototipo, del anexo A y los planos de procesos de la sección 3.2.1.

2.2.1 Planos de procesos.



A continuación se presenta los planos que necesitaron de mecanizado en las distintas máquinas herramientas.


ESCUELA POLITECNICA NACIONAL			ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCION MECANICA			
HOJA DE PROCESO No. 1			
Denominación: Guía		Número de Piezas: 4	
Máquina Herramienta: Torno		Material: Acero Inoxidable.	
Responsable: Macas Valdez Marcelo.	Fecha: 2007-08-09	Dimensión: ø8x160mm.	Plano No. 1



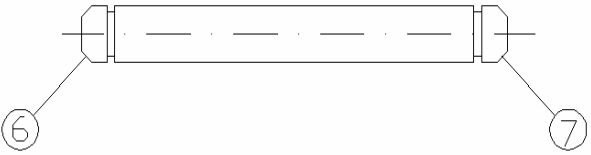
Croquis	


ORDEN DE EJECUCION			
No.	Operación	Esquema	N(rpm)
			S(avance) [mm/rev.].
Herramienta	A (profundidad pasada) [mm].		
	Velocidad Corte (Vc).		

1	Refrentar 1 y 2 a Ø160		551
			- Manual

			22m/min
2	Ranurar 4		-----
			-----

3	Dar la vuelta a la pieza		-----

4	Ranurar 5		551
			1
			2
			22m/min
5	Chaflanar 6 y 7.		-----


			-----


--	--	--	-------

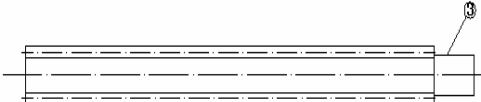

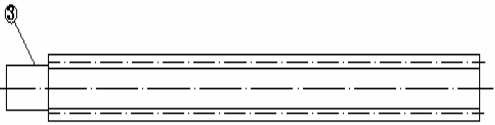
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL			ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCION MECANICA			
HOJA DE PROCESO No. 2			
Denominación: Tornillo Laminado		Número de Piezas: 1	
Máquina Herramienta: Torno		Material: Acero medio Carbono	
Responsable: Macas Valdez Marcelo.	Fecha: 2007-08-09	Dimensión: Ø=12.7x610mm	Plano No. 2

Croquis

ORDEN DE EJECUCION			
No.	Operación	Esquema	N(rpm)
	Herramienta		S(avance) [mm/rev.].
A (profundidad pasada) [mm].			
Velocidad Corte (Vc).			


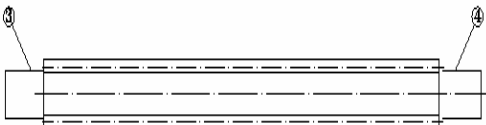
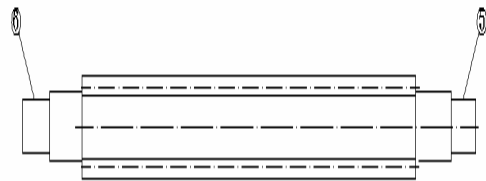



1	Refrentar 1 y 2 a $\varnothing 608$		551
			- Manual

			22m/min
2	Hacer centro en 1 y 2		-----
	Broca de Centros		-----

3	Cilindrar 3 a $\varnothing 10$		551
			1
			2
			22m/min
4	Dar la vuelta a la pieza		-----

	-----		-----

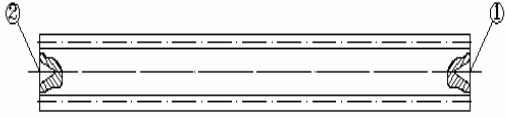
5	Cilindrar 4 a $\varnothing 10$		551
			1

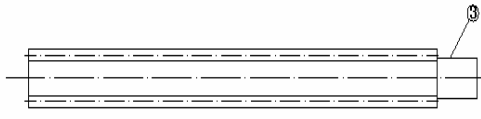

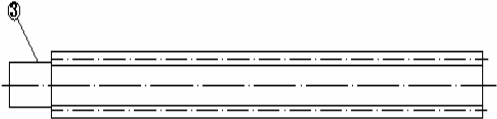
			2
			22m/min
6	Cilindrar 5 y 6 a $\text{\O}6$		60
			1
			0.5
			5m/min.
7	Chaflanar 7 y 8 a $2 \times 45^\circ$		-----
			-----

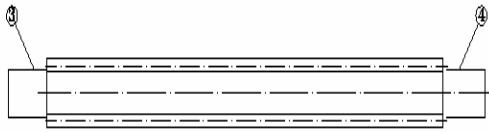

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL			ESFOT
PROCESOS DE PRODUCCION MECANICA			
HOJA DE PROCESO No. 2			
Denominación: Tornillo Corte		Número de Piezas: 1	
Máquina Herramienta: Torno		Material: Acero medio Carbono	
Responsable: Macas Valdez Marcelo.	Fecha: 2007-08-09	Dimensión: Ø=12.7x70mm	Plano No. 3


Croquis


ORDEN DE EJECUCION			
No.	Operación	Esquema	N(rpm)
			S(avance) [mm/rev.].
	Herramienta		A (profundidad pasada) [mm].
			Velocidad Corte (Vc).
1	Refrentar 1 y 2 a Ø608		551
			- Manual

			22m/min
2	Hacer centro en 1 y 2		-----
	Broca de Centros		-----

3	Cilindrar 3 a $\varnothing 6$		551
			1
			2
			22m/min
4	Dar la vuelta a la pieza		-----
	-----		-----

5	Cilindrar 4 a $\varnothing 10$		551
			1
			2

			22m/min
6	Chaflanar 7 y 8 a 2x45°		-----

			-----

CAPITULO 3

3.1 AUTOMATIZACIÓN DEL PROTOTIPO

Existen muchas razones para automatizar procesos de en una empresa pero las razones mas importantes son que los procesos automatizados permiten producciones a gran escala y además abaratan costos a las empresas debido a que se reducen notablemente el tiempo, la mano de obra y la cantidad de piezas defectuosas debido a la imperfección de la mano de obra del hombre.

La automatización del prototipo se lo hará controlando los motores a través de un circuito electrónico de potencia y un PLC del laboratorio de control electromecánico S7-200 de la ESFOT al cual se lo programará utilizando STEP 7 – Micro / WIN32, y la simulación se la hará con los programas S7_200 y PC_SIMU.

3.2 S7_200

El Simulador S7_200 (Figura 3.1) es un programa en el cual podrás simular el funcionamiento de las CPUs 212, 214, 215, 216, 221, 222, 224, 226.

El tipo de CPU seleccionada se visualiza en pantalla, con la configuración de interruptores de simulación según las entradas.

Con el S7_200 se puede configurar el tipo de CPU, los módulos de entradas / salidas tanto analógicas como digitales, al igual que los potenciómetros analógicos incorporados en la CPU.

En el programa S7_200 se comprueba el funcionamiento del programa a través de:

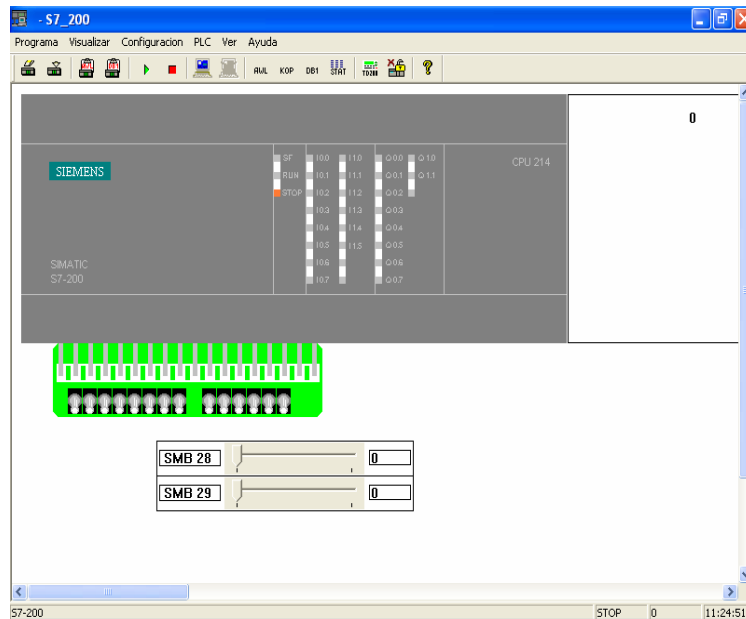


Figura 3.1 El Simulador S7-200

- Los interruptores conectados a las entradas digitales.
- Los led de las salidas digitales.
- Los potenciómetros analógicos de entradas.
- Las barras de progreso de las salidas analógicas.
- La tabla de estado.
 - El visualizador de textos TD_200
 - La programación del autómatas se realiza en el programa STEP 7-MicroWIN 32 V3.1

La transferencia del programa desde MicroWIN al simulador S7_200 se puede realizar de dos formas:

- Exportar el programa desde MicroWIN en formato AWL (recomendado cuando hay subrutinas)

- A través del portapapeles, tanto del programa en AWL, como el módulo de datos DB1.

3.3 PC_SIMU

El programa PC_SIMU permite simular un automatismo de forma gráfica intercambiando las entradas salidas Figura 3.2 , evitando de esta forma el tener que activar los interruptores de entrada o visualizando los led de salida del PLC. Puede funcionar de dos formas:

- Con el simulador S7_200.

El intercambio de datos de las entradas y salidas entre el simulador S7_200 y el programa PC_SIMU se realiza a través del portapapeles de Windows.

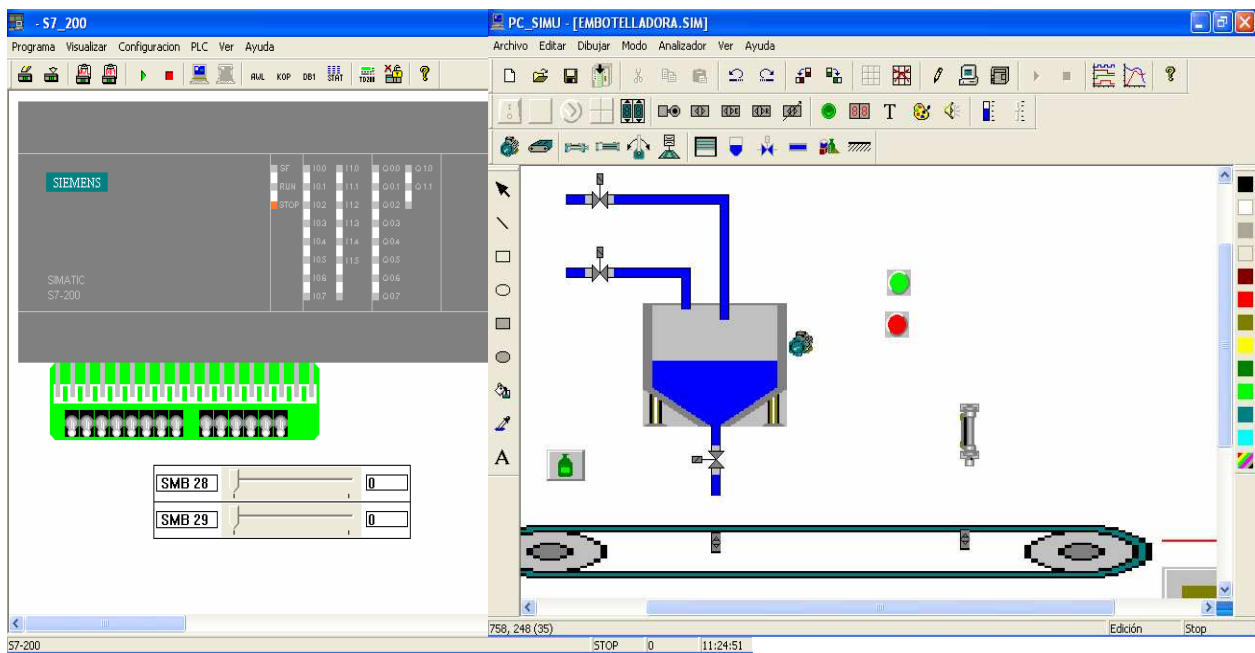


Figura 3.2 Intercambio de entradas y salidas entre S7-200 y PC_Simu

- Señales intercambiables entre el simulador S7_200 y el programa PC_SIMU.

Entradas Digitales	I0.0 a I7.7
Salidas Digitales	Q0.0 a Q7.7
Entradas analógicas	AIW0 - AIW30
Salidas analógicas	AQW0 - AQW30

- Con el PLC conectado en línea a través del cable PC/PPI.

El intercambio de datos de las entradas y salidas entre el simulador autómatas y el programa PC_SIMU se realiza a través del puerto serie.

























Además se ha incorporado un pequeño simulador para poder cargar directamente los programas con formato STEP 5, y simular las operaciones básicas con bits.

El programa dispone de los distintos objetos ya previamente configurados, simplemente se tendrán que direccionar las entradas/salidas. Para seleccionar un objeto basta con accionar el correspondiente botón en la barra de herramientas y situarlo en la zona de trabajo.

Para completar un dibujo para la simulación se dispone de objetos de dibujo tales como líneas, rectángulo, elipses, etc. que no se pueden direccionar como entradas/salidas. Su finalidad es incorporar algunas funciones gráficas elementales para mejorar la apariencia. El número de objetos a simular está limitada a un total de 100.

3.4 OBJETOS PARA SIMULACIÓN.

	Interruptor.
	Pulsador.
	Selector.

	Teclado.
	Preselector.
	Final de carrera.
	Detector proximidad.
	Barrera emisor-receptor.
	Barrera reflex.
	Detector analógico.
	Led, señalización óptica.
	Display.
	Texto
	Dibujo
	Sonido, señal acústica.
	Barra, salida analógica
	Potenciómetro.
	Motor.
	Cinta transportadora.
	Actuador neumático de doble efecto.
	Actuador neumático sin vástago.
	Actuador de giro.
	Ventosa.
	Puerta de garaje, persiana.
	Depósito.
	Válvula.
	Tuberías.

	Objetos.
	Tope.

3.5 AUTOMATIZACIÓN.

3.5.1 Esquema de control del prototipo.

En la figura 3.3 se presenta un esquema de la conexión de las salidas del PLC al circuito de control del prototipo.

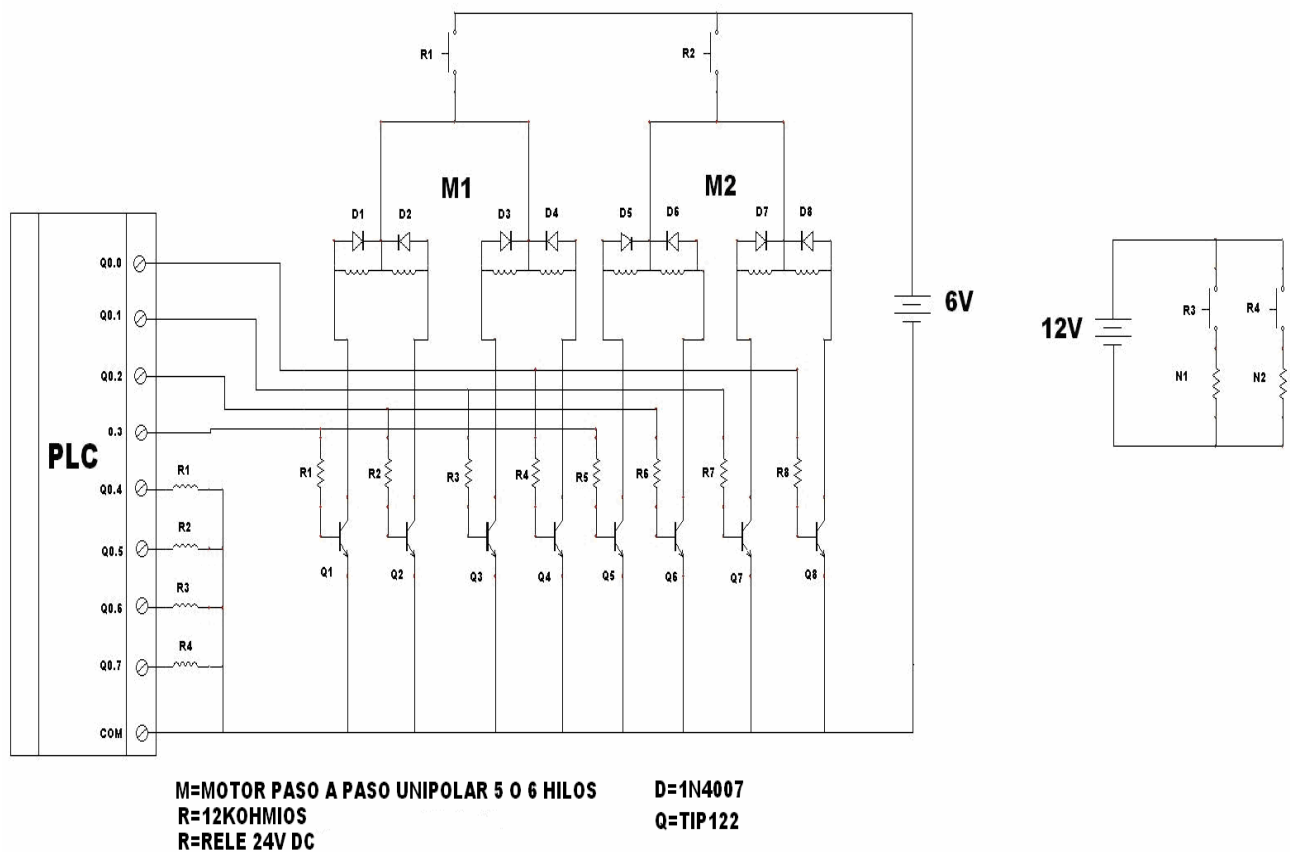


Figura 3.3 Esquema representativo de control automatizado del prototipo.

CAPITULO 4

4.1 ENSAYOS Y PRUEBAS.

En este ensayo se tiene una fuente de 5V y capaz de entregar 20 A aproximadamente. Para el laminado se tienen 3 niquelinas (aleación Niquel-Cromo), las cuales demandan cada una corriente de 2.5 A, con el valor de voltaje antes mencionado.

El proceso de laminado y corte tiene su posición inicial como se muestra en la figura 4.1, para luego iniciarse el laminado según la figura 4.2.

El laminado del poliestireno se desarrolla según las figuras 4.3 y finaliza de acuerdo a la figuras 4.4 y 4.5.

Seguidamente se inicia el corte indicado en la figura .6, para pasar por etapas de corte continuo como se ve en la figura 4.7 hasta el fin de este proceso mostrado en la figura 4.8.

✓ *Posición inicial del bloque en el laminado*

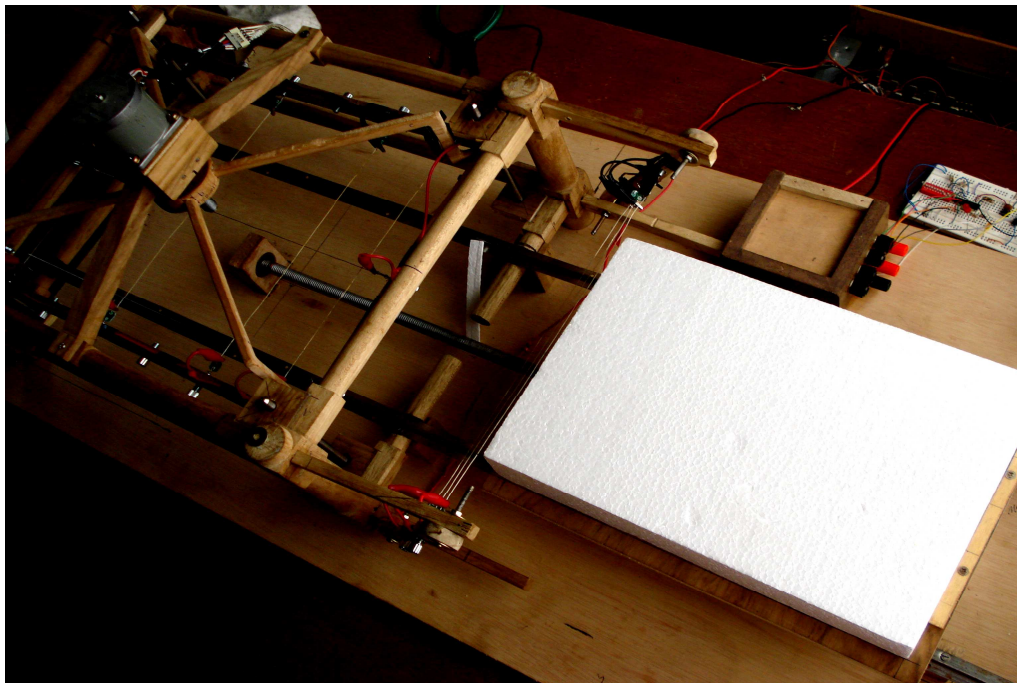


Figura 4.1 Posición inicial del bloque en el laminado.

Al final se procede a extraer el producto, como se puede advertir en la figura y 4.9 obteniendo un producto como el de la figura 4.10.



Figura 4.2 Inicio del laminado del bloque de Poliestireno

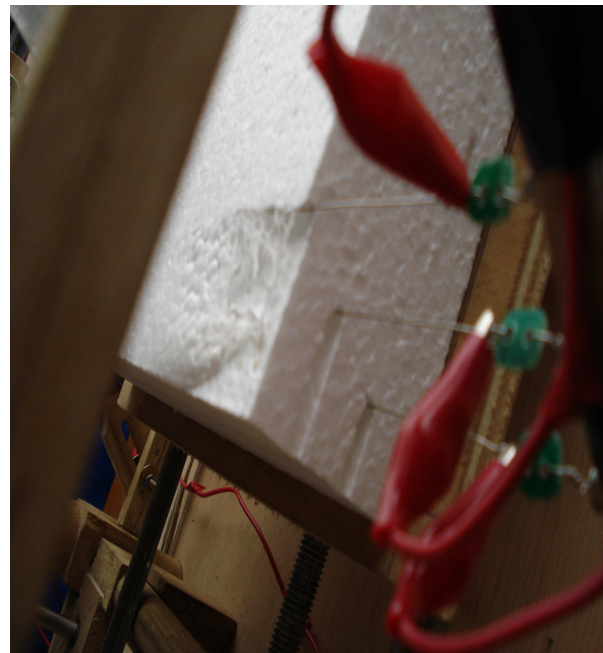


Figura 4.3 Proceso de laminado.

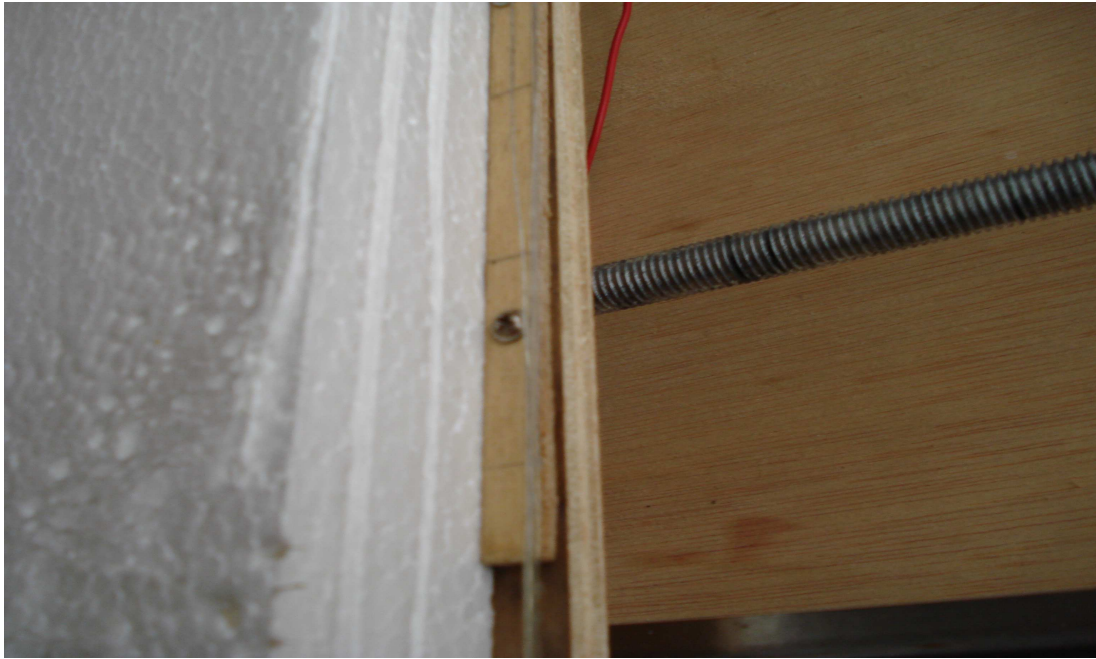


Figura 4.4 Inicio del fin del proceso de laminado.

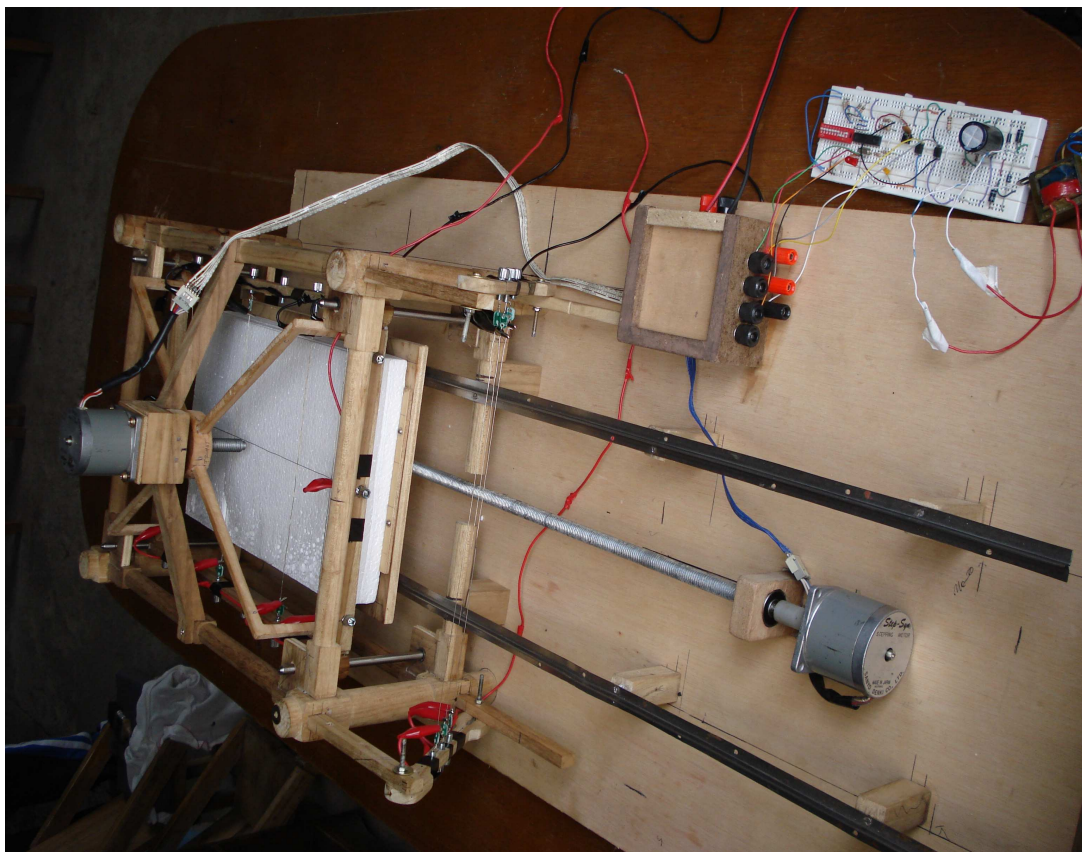


Figura 4.5 Fin del proceso de laminado.

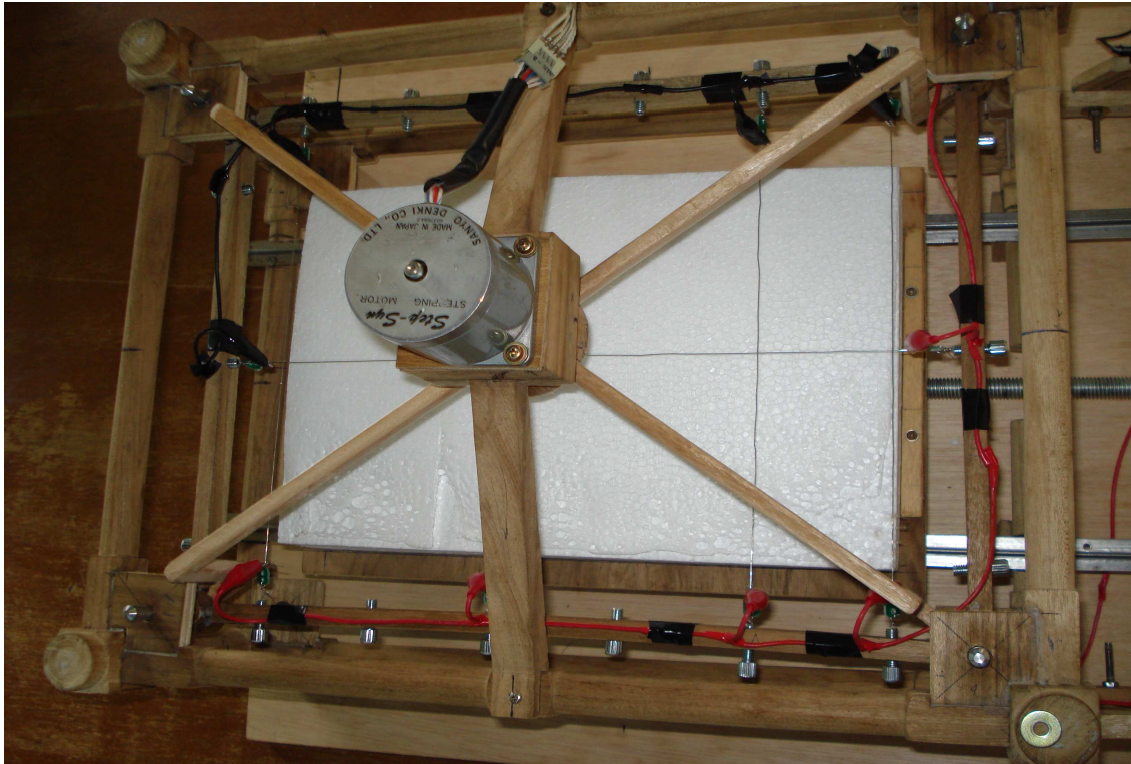


Figura 4.6 Inicio del proceso de corte.

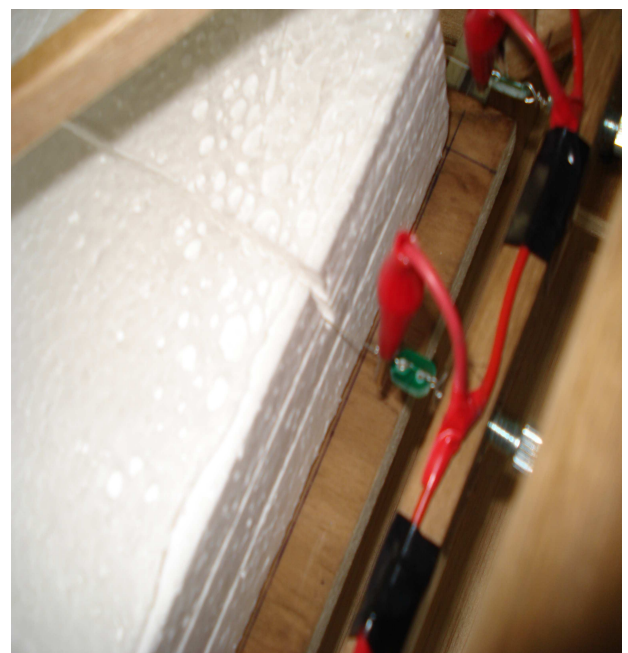


Figura 4.7 Proceso de corte.



Figura 4.8 Fin del proceso de corte.

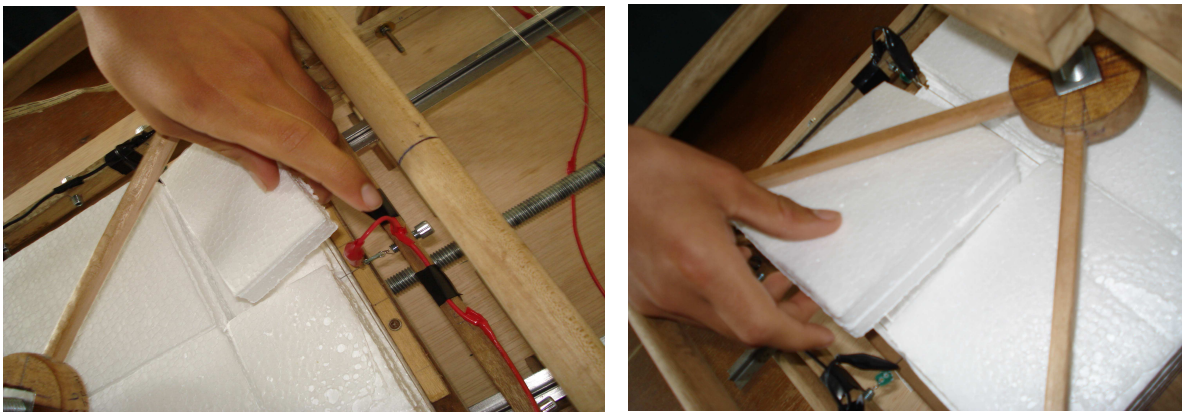


Figura 4.9 Extracción de producto



Figura 4.10 Producto.

CAPITULO 5

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Debido al empleo de rosca triangular en la transmisión de movimiento se producen vibraciones por el alto rozamiento que se tiene con este tipo de rosca.
- ✓ Se recomienda el empleo de rosca trapecial y también el empleo de lubricante para reducir estas vibraciones, o el empleo de un mecanismo de desplazamiento mediante husillo a bolas.
- ✓ El acoplamiento del motor y el tornillo en la mesa de laminado resulto inadecuado debido a que se tiene un tornillo de gran longitud dificultando el montaje entre estos.
- ✓ Se recomienda utilizar acoples normalizados tales como matrimonios o acoples para ejes.
- ✓ La construcción del mecanismo de corte resulta compleja sino se tiene un diseño adecuado en la geometría de los brazos de corte, la cuál se debió principalmente al aspecto económico ya que por el coste no se puede emplear otros materiales como el acero.
- ✓ Se recomienda un mejor diseño del mecanismo de corte para facilitar la construcción y posterior montaje de estos.
- ✓ El mecanismo de corte sufre de ligeros atascamientos debido al inadecuado acople de sus elementos constitutivos.
- ✓ La resistencia en la aleación Ni – Cr aumenta con la temperatura que alcanza esta aleación.
- ✓ El ajuste entre la guía y su alojamiento debe ser amplio, se puede optar también por acoplar un caucho entre ellos para que éste sea quién asimile los ligeros atascamientos que se produzcan.
- ✓ Las rieles deben estar correctamente alineadas, estar paralelas a la base para garantizar el correcto recorrido y por tanto un buen laminado.

- ✓ Las niquelinas al calentarse experimentan un aumento en su longitud debido a la dilatación térmica que sufre esta aleación. Para compensar esto se puede emplear resortes a tracción. En este proyecto no fue posible su empleo por cuanto son costosos.
- ✓ El empleo de corriente continua no es apropiado, por cuanto al tener una resistencia equivalente muy baja al conectar varias niquelinas en paralelo éstas demandan de corrientes altas, según la ley de Ohm. Para lo cuál se hace difícil encontrar relés o actuadores que soporten tales corrientes directas. Y además resulta difícil encontrar fuentes de corriente directa que provean tales corrientes.
- ✓ Para el caso de tener una fuente de corriente continua que provea una alta corriente se puede optar por utilizar contactores de categoría DC1, pero estos son relativamente caros.
- ✓ A nivel industrial se podría utilizar variadores de voltaje (Variags) y utilizar contactores de categoría AC1 existentes en el mercado.
- ✓ El prototipo tiene restricciones en cuanto a las dimensiones que se pueden obtener.
- ✓ La densidad del poliestireno que se puede cortar en el prototipo es de 30 Kg./m²

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-SHIGLEY Joseph Edward., (1990), “*Diseño en Ingeniería Mecánica*”, Ed. McGraw-Hill Interamericana de México, Cuarta edición en Español, México.
- 2.-JUVINALL Robert C, (1996e), “*Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica*” Ed. Limusa de México, Primera Edición.
- 3.-DEUTSCHMAN Aaron D, (1991), “*Diseño de Máquinas - Teoría y Práctica*”, Ed. Continental, México, Primera Edición.
- 4.- BEST Jhon W., (1992), “*Cómo investigar en ingeniería*”, Ed. Morata: Filosofía, Psicología y Pedagogía., España.
- 5.- NASH William, (1970), “*Teoría y Problemas de Resistencia de Materiales*”, Ed. McGraw-Hill, México.
- 6.- SCHAFER James P., (2000), “*Ciencia y Diseño de Ingeniería de los Materiales*”, Ed. Continental, México.
- 7.- ASKELAND Donald., (1987), “*La Ciencia e Ingeniería de los Materiales*”, Ed. Iberoamérica, México.
- 8.- STRANEO S., (1969), “*El Dibujo Técnico Mecánico*”, Ed. Montaner y Simon Barcelona, España.
- 9.- MATA Julian., OMS Joaquín., ALVAREZ Claudino., (1981), “*Dibujo Mecánica 4*”, Ediciones Don Bosco Barcelona, España.
- 10.- <http://www.diquima.upm.es/~jramirez/Research/NLO/NLO.html>
- 11.http://www.iesmarenostrium.com/Departamentos/Tecnologia/mecaneso/mecanica_basica/mecanismos/mec_tornillo-tuerca.htm
- 12.- <http://www.cenece.com/Cortadores.htm>
- 13.- <http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm>
- 14.- <http://www.elprisma.com>
- 15.- <http://www.monografías.com>

ANEXO A

A1 RESISTENCIA ELÉCTRICA

Propiedad de un objeto o sustancia que hace que se resista u oponga al paso de una corriente eléctrica. La resistencia de un circuito eléctrico determina según la llamada ley de Ohm cuánta corriente fluye en el circuito cuando se le aplica un voltaje determinado. La unidad de resistencia es el ohmio, que es la resistencia de un conductor si es recorrido por una corriente de un amperio cuando se le aplica una tensión de 1 voltio. La abreviatura habitual para la resistencia eléctrica es R, y el símbolo del ohmio es la letra griega omega, Ω . En algunos cálculos eléctricos se emplea el inverso de la resistencia, $1/R$, que se denomina conductancia y se representa por G. La unidad de conductancia es siemens, cuyo símbolo es S. Aún puede encontrarse en ciertas obras la denominación antigua de esta unidad, ohm. La figura B1 muestra símbolos convencionales de resistencias eléctricas.



Figura A1.- Símbolos convencionales de resistencias.

A2 DIODO

Componente electrónico que permite el paso de la corriente en un solo sentido. Los primeros dispositivos de este tipo fueron los diodos de tubo de vacío, que consistían en un receptáculo de vidrio o de acero al vacío que contenía dos electrodos: un cátodo y un ánodo. Ya que los electrones pueden fluir en un solo sentido, desde el cátodo hacia el ánodo, el diodo de tubo de vacío se podía utilizar en la rectificación. Los diodos más empleados en los circuitos

electrónicos actuales son los diodos fabricados con material semiconductor. El más sencillo, el diodo con punto de contacto de germanio, se creó en los primeros días de la radio, cuando la señal radiofónica se detectaba mediante un cristal de germanio y un cable fino terminado en punta y apoyado sobre él. En los diodos de germanio (o de silicio) modernos, el cable y una minúscula placa de cristal van montados dentro de un pequeño tubo de vidrio y conectados a dos cables que se sueldan a los extremos del tubo. Las figuras B2 y B3 representan a un diodo rectificador y emisor respectivamente.



Figura A2.- Diodo rectificador



Figura A3.-Diodo emisor de luz (LED)

A3 BOBINAS

Las bobinas (también llamadas inductores Figura B4) consisten en un hilo conductor enrollado. Al pasar una corriente a través de la bobina, alrededor de la misma se crea un campo magnético que tiende a oponerse a los cambios bruscos de la intensidad de la corriente. Al igual que un condensador, una bobina puede utilizarse para diferenciar entre señales rápida y lentamente cambiantes (altas y bajas frecuencias). Al utilizar una bobina conjuntamente con un condensador, la tensión de la bobina alcanza un valor máximo a una frecuencia específica que depende de la capacitancia y de la inductancia. Este principio se emplea en los receptores de radio al seleccionar una frecuencia específica mediante un condensador variable.



Figura A4.- Símbolos convencionales de bobinas.

A4 RELÉ

Conmutador eléctrico especializado que permite controlar un dispositivo de gran potencia mediante un dispositivo de potencia mucho menor. Un relé está formado por un electroimán y unos contactos conmutadores mecánicos que son impulsados por el electroimán. Éste requiere una corriente de sólo unos cientos de miliamperios generada por una tensión de sólo unos voltios, mientras que los contactos pueden estar sometidos a una tensión de cientos de voltios y soportar el paso de decenas de amperios. Por tanto, el conmutador permite que una corriente y tensión pequeñas controlen una corriente y tensión mayores. Técnicamente un relé es un aparato electromecánico capaz de accionar uno o varios interruptores cuando es excitado por una corriente eléctrica. Las figuras B5 y B6 representan esquemas de un relé rápido y doble bobinado respectivamente.

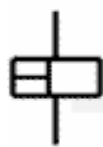


Figura A5.- Relé rápido



Figura A6.- Relé con doble bobinado

*** Para el caso de este proyecto se utilizará un relé de bobinado simple.**

A5 TRANSISTORES

Los transistores se componen de semiconductores. Se trata de materiales, como el silicio o el germanio, dopados (es decir, se les han incrustado pequeñas cantidades de materias extrañas), de manera que se produce un exceso o una carencia de electrones libres. En el primer caso, se dice que el semiconductor es del tipo n, y en el segundo, que es del tipo p. Combinando materiales del tipo n y del tipo p se puede producir un diodo. Cuando éste se

conecta a una batería de manera tal que el material tipo p es positivo y el material tipo n es negativo, los electrones son repelidos desde el terminal negativo de la batería y pasan, sin ningún obstáculo, a la región p, que carece de electrones. Con la batería invertida, los electrones que llegan al material p pueden pasar sólo con muchas dificultades hacia el material n, que ya está lleno de electrones libres, en cuyo caso la corriente es prácticamente cero. En las figuras B7y B8 se tienen transistores NPN PNP respectivamente.

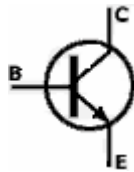


Figura A7.- Transistor NPN

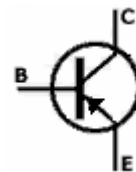


Figura A8.-Transistor PNP

A6 FUSIBLE

Dispositivo de seguridad utilizado para proteger un circuito eléctrico de un exceso de corriente. Su componente esencial es, habitualmente, un hilo o una banda de metal que se derrite a una determinada temperatura. El fusible está diseñado para que la banda de metal pueda colocarse fácilmente en el circuito eléctrico. Si la corriente del circuito excede un valor predeterminado, el metal fusible se derrite y se rompe o abre el circuito. Los dispositivos utilizados para detonar explosivos también se llaman fusibles. Figura B9.



Figura A9.- Símbolos convencionales para fusibles.

A7 CIRCUITO ELECTRÓNICO PARA PROTOTIPO DE LAMINADO Y CORTE.

En la figura B10 se muestra una foto del circuito electrónico que se emplea en el control de los motores de este prototipo.

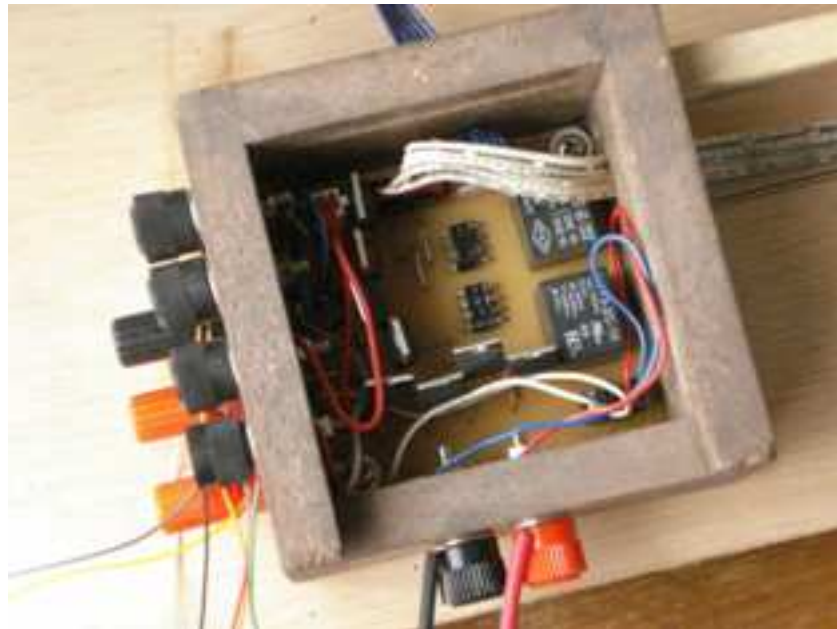


Figura A10.- Circuito electrónico de control.

ANEXO B

B1 PLANOS

ANEXO C

C1 PROGRAMA EN MICROWIN 32 PARA PLC.