

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE UN PROCESO
DE EXTRUSIÓN DE CINTAS DE POLIPROPILENO”**

TÓPICO DE GRADUACIÓN

Previa la obtención del Título de:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD

**Especialización: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL**

Presentada por:

**EMILIO XAVIER ESCANDÓN ESCANDÓN
CARLOS ALBERTO MÉNDEZ ORTÍZ
ROBERTO CARLOS SÁNCHEZ NÚÑEZ**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2006

AGRADECIMIENTO

ING. DAMIÁN
ALBERTO LARCO
Director de Tesis,
por su ayuda y
colaboración para
la realización de
este trabajo.

DEDICATORIA

A NUESTROS
PADRES por todo
el apoyo que nos
han brindado en
todo momento y
gracias a ellos
hemos podido salir
adelante en
nuestros estudios
y en nuestras
vidas cotidianas.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Bermudez
DECANO DE LA FIEC



Ing. Alberto Larco
DIRECTOR DE TESIS



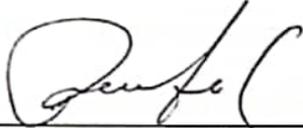
Ing. Carlos Valdiviezo
VOCAL



Ing. Alberto Mánzur
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

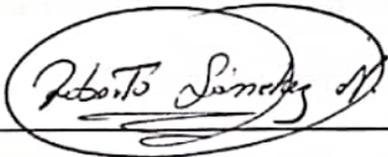
"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"



Emilio Escandón Escandón



Carlos Méndez Ortiz



Roberto Sánchez Núñez

RESUMEN

Este trabajo se basa principalmente en la adquisición de conocimientos respecto a modernas herramientas utilizadas para la automatización, con el fin de mejorar procesos de producción. En nuestro caso se realizó la automatización del “Proceso de Extrusión de cintas de Polipropileno” de la compañía PLASTI-EMPAQUES S.A.

Para la realización del proyecto en mención se usaron como herramientas de trabajo los programas LOOKOUT 5.1 y LabVIEW 7.1 de NATIONAL INSTRUMENTS para el sistema de monitoreo y control. Por otro lado se hace referencia al uso de microcontroladores, demostrando su importancia y sus múltiples funciones en diferentes aplicaciones del campo de la automatización. Con ayuda de este componente se realizó el diseño de una tarjeta de adquisición de datos la cual puede interactuar con el SCADA LabVIEW 7.1. Finalmente se realizará un estudio a una fuente conmutada de alta frecuencia como elemento importante para el correcto funcionamiento de dispositivos o tarjetas electrónicas.

El trabajo ha sido redactado en 5 capítulos, donde se amplía detalladamente los pasos a seguir para la obtención de la Cinta de Polipropileno, luego de esto se mejora el proceso con la utilización de los programas LOOKOUT 5.1 y LABVIEW 7.0 de NATIONAL INSTRUMENTS. Continuando con nuestro

trabajo podemos ver el diseño de una tarjeta de adquisición de datos y finalizamos con el estudio de una fuente de conmutación de alta frecuencia.

En el capítulo 1 se trata sobre la descripción del ingreso de la materia prima “polipropileno” a la maquina extrusora donde esta será triturada y se hace viscosa para salir en forma de lámina por el cabezal; luego pasa por una tina de agua para su enfriamiento e ingresa por los rodillos calandra que son de caucho y a su salida será cortada por medio de cuchillas; las tiras pasan por rodillos lentos. Posteriormente entran a un Horno de Orientación con el fin de orientar las moléculas del plástico en un solo sentido las cuales a su salida tienen sus correspondientes rodillos rápidos; luego pasan por un Horno de Estabilización cuyo objetivo es estabilizar dicha orientación y así mismo pasan por sus correspondientes rodillos rápidos. Finalmente entran a una etapa de embobinado.

En el capítulo 2 trataremos sobre el diseño y desarrollo de monitoreo y control implementados por medio del SCADA LOOKOUT 5.1 de NATIONAL INSTRUMENTS en el sistema del proceso de extrusión de cintas de polipropileno de la empresa Plasti-Empaques S.A. LOOKOUT 5.1 es un software que permite fácilmente crear poderosas aplicaciones de monitoreo y control de procesos. Con Lookout, el desarrollo de su interface hombre-máquina le toma menos tiempo permitiéndole ahorrar sustancialmente en el

costo total de su proyecto. LOOKOUT 5.1 elimina completamente la programación, scripts o compilación separada. Solamente tiene que configurar y conectar objetos para desarrollar aplicaciones de monitoreo y control. La arquitectura basada en objetos le permite más fácilmente desarrollar y mantener sus aplicaciones, reduciendo aún más el costo total de su proyecto con el fin de obtener un producto de mejor calidad en el mercado.

Estas son algunas de las características que lo hacen especial:

Conexión en red, el conectar múltiples servidores y clientes dentro de una planta o en locaciones remotas es muy fácil con LOOKOUT 5.1. Solamente tiene que hacer un browse y seleccionar para poder conectarse a cualquier computadora en la red.

Listo para Internet, con LOOKOUT 5.1, usted puede monitorear y controlar su proceso usando un browser de Web (como Internet Explorer o Netscape) sin necesidad de programar en HTML o XML.

Y contiene otras funciones especiales que hacen que este SCADA sea muy versátil y de gran utilidad:

- Desempeño confiable para diversas aplicaciones.
- Conectividad a nivel empresa (MES/ERP) y conectividad abierta.
- Herramientas de manejo de datos.
- Generación de reportes, visualización, control supervisorio, alarmas y eventos distribuidos, tendencias y gráficas, etc.

Con el uso de LOOKOUT 5.1; podemos entablar una comunicación entre varias PC por medio de Internet; algo muy importante es, que Lookout nos permite llevar su base de datos "Citadle" a EXCEL.

En el capítulo 3 se desarrollará una parte del proceso mediante uso herramientas que nos ofrece el programa LABVIEW 7.1, este programa ofrece un ambiente de desarrollo gráfico y donde se crea interfases de usuario para la instrumentación virtual sin la necesidad de usar códigos de programación puesto que LabVIEW utiliza diferentes recursos:

- LabVIEW usa el lenguaje de programación gráfico Lenguaje G.
- Sentencias (Gráficos) de control de Flujo y repetitivas.
- Posibilidad de declaración de variables.

LabVIEW incluye también bibliotecas de funciones extendidas para cualquier tarea de programación, así como bibliotecas para la adquisición de datos.

Los programas en LabVIEW son llamados Instrumentos Virtuales (y son salvados con la extensión .VI).

Los programas de LabVIEW constan de un panel frontal y un diagrama de bloques. En el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario, viene a ser la cara del VI y en el diagrama de bloques se programa en lenguaje G el funcionamiento del VI.

Y mediante estos recursos que nos ofrece LabVIEW 7.1; nos permite desarrollar aplicaciones en el control de procesos dentro de una Industria.

En el capítulo 4 se encuentra el diseño, desarrollo e implementación de una tarjeta de adquisición de datos por medio de un microcontrolador 16F877A de MICROCHIP el mismo que interactuará con LABVIEW 7.1 mediante la conexión de un puerto serial (COM 1) con el objetivo principal de manipular datos externamente y así llevar un control exhaustivo de los parámetros en dicho proceso mediante entradas analógicas. El diseño de esta tarjeta está basada mediante el uso de 6 entradas analógicas, 6 salidas digitales por relé, resolución de 8 bits; el uso del microcontrolador antes mencionado, el mismo que se utiliza los recursos que ofrece como son el uso de interrupciones, comunicación del microcontrolador con la PC por medio del módulo USART (interfase serial) y el uso del convertidor análogo digital. Así mismo se presenta sus correspondientes diagramas de bloque de cómo está elaborado nuestro proyecto que se basa en un diagrama esquemático del hardware.

La simulación de la tarjeta fue realizada mediante el programa PROTEUS 6.7 donde consta con un terminal virtual y un puerto RS232, para la correspondiente simulación de la comunicación serial.

Y se muestra fotografías del diseño final de la tarjeta de adquisición de datos con su correspondiente tabla del costo de materiales que se utilizó para la elaboración del mismo.

En el capítulo 5, se realiza el análisis y desarrollo de una Fuente de Conmutación de PC de tipo ATX cuya alimentación se la puede hacer por

medio de un seleccionador de 110 o 220VAC. Con la ayuda de ingeniería inversa se obtendrá el circuito esquemático y mediante la realización de cálculos teóricos podemos obtener la selección de los elementos que componen dicha fuente. Mediante la utilización PROTEL 99 SE TRIAL será diseñado el circuito impreso de acuerdo a la ubicación de cada elemento. Para un análisis más completo se mostrarán las simulaciones de cada etapa del circuito por medio del software PSPICE SCHEMATICS VERSION 9.2.2 para la comparación de las señales reales obtenidas mediante el Osciloscopio TEKTRONIX 2220 y multímetro gráfico FLUKE 867B.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION

CAPITULO I

1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

1.1. Especificaciones Generales	1
1.2. Detalle del proceso	2
1.2.1. Extrusión	9
1.2.2. Sistema de enfriamiento	19
1.2.3. Orientación y Estabilización de moléculas de las cintas de polipropileno	24
1.3. Suministros adicionales para el funcionamiento de etapas del proceso.	26
1.3.1. Sistemas adicionales para enfriamiento de la película (cintas de polipropileno)	26
1.3.2. Suministro de energía. Distribución	28
1.4. Detalles de los implementos físicos en las diferentes etapas del proceso	29
1.4.1. Detalles de actuadores	33
1.4.2. Detalles de captadores	39
1.4.3. Detalles del sistema de control de velocidades de los rodillos que intervienen en el proceso	42

1.5. Ventajas de un Método Automático de Captación para la Empresa	45
---	----

CAPITULO II

2 DESCRIPCION DEL DISEÑO DE CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO

2.1. Introducción	47
2.2. Selección de un Controlador Lógico Programable	48
2.3. Lookout: Software con conectividad a PLC para crear interfaces hombre-máquina	51
2.4. Detalle del Proceso implementado mediante SCADA Lookout 5.1	56
2.4.1. Descripción pantalla control principal	57
2.4.2. Montaje de alarmas	64
2.4.2.1. Pantallas con estado de alarma.	68
2.4.3. Descripción Pantalla Control Temperaturas (Zonas- Extrusor)	70
2.4.4. Descripción Control de Velocidades Rodillos	78
2.4.5. Secuenciador	81
2.4.6. Hyper Trend (Tendencia Gráfica)	87

2.4.7. Spreadsheet (Hoja de Cálculo).	91
2.5. Funcionamiento General del Proceso	94
2.5.1. Modo de Funcionamiento y Secuencia del Proceso	94

CAPITULO III

3 USO DE HERRAMIENTAS QUE NOS OFRECE EL SOFTWARE LABVIEW 7.1

3.1. Introducción a los Sistemas de Instrumentación Virtual	110
3.2. Programación y Desarrollo de Elementos Virtuales	114
3.3. Aplicación de la Instrumentación Virtual dentro del Proceso de Extrusión de Cintas de Polipropileno	117

CAPITULO IV

4 DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS

4.1. Introducción	129
4.1.1. Tipos de Microcontroladores	141
4.2. Microcontrolador PIC 16F877A	143

4.2.1. Generalidades	143
4.2.2. Puertos de Entrada y Puertos Salidas	145
4.2.3. Comunicación Serial	148
4.3. Implementación de una Tarjeta de Adquisición de Datos para una Etapa del Proceso	149
4.4. Simulación mediante Programa PROTEUS 6.7.	166
4.5. Implementación del Sistema	168
4.5.1. Costo de Materiales	176

CAPITULO V

5 ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UNA FUENTE DE CONMUTACIÓN

5.1. Introducción	178
5.1.1. Tipos de Fuente de Conmutación	180
5.2. Diagrama de Bloques de una Fuente de Conmutación	182
5.3. Desarrollo de los Cálculos Teóricos para la elección de Componentes de dicha Fuente	184
5.3.1. Rectificación y Filtrado de Entrada	184
5.3.2. Etapa de Convertidor a Alta Frecuencia	193
5.3.3. Transistores de Conmutación	200

5.3.4. Transformadores	202
5.3.5. Etapa de Rectificación y Filtro de Salida	208
5.3.6. Modulador de Ancho de Pulso (PWM)	222
5.4. Simulación de Fuente de Conmutación	227
5.4.1. Simulación de Circuito de Control TL 494 y de cada una de las Etapas	229
5.5. Datos Reales de las Señales de la Fuente de Conmutación	231
5.6. Análisis entre Señales Reales y Señales Simuladas de la Fuente	233
5.7. Diseño del Circuito Impreso	234
Conclusiones y Recomendaciones	236
Índice de Figuras	240
Índice de Tablas	249
Anexos	250
Glosario	251
Abreviaturas	253
Bibliografía	

INTRODUCCION

Como es conocimiento de todas las personas involucradas con el avance de la tecnología; los procesos de producción buscan ser cada vez más eficientes y precisos, por lo que debemos estar al tanto de los nuevos elementos o equipos electrónicos que serían de gran utilidad para el desarrollo Industrial.

Para el control de los procesos industriales se necesita enfocar un proceso mecánico o manipulado por el hombre a sistemas automatizados. La automatización es un sistema de control con el fin de usar la mayor capacidad de las máquinas y llevar a cabo tareas anteriormente realizadas por el hombre. En la actualidad podemos aplicar la automatización en cualquier campo industrial teniendo el completo control de parámetros específicos para la producción de cualquier producto; además podemos tener un control visual por medio de SCADAs (Supervisión Control y Adquisición de datos) la cual es una perfecta herramienta para complementar un trabajo basados en PLCs (Controladores Lógicos Programables).

Por medio de un SCADA no solo podemos tener un control visual sino que podemos interactuar con las máquinas utilizadas en los procesos.

Inicialmente tenemos el diseño de las pantallas vistas por el monitor de la computadora y luego se realizan las comunicaciones. Por tanto un sistema SCADA nos permite identificar un problema ocasionado en la máquina por medio de alarmas o mensajes, también el operador puede dar ordenes a las máquinas por medio de la computadora sin la necesidad de pulsar alguna botonera ubicada en la máquina. Todas las etapas de un proceso pueden ser manejadas por medio de un SCADA, desde el encendido de un motor hasta el empaque del producto.

Debido a los puntos mencionados anteriormente es que en este proyecto de tesis se escogió como procesos industrial “Extrusión de cintas de polipropileno” para la elaboración de cabos. Dentro del cual utilizamos dos programas de control, supervisión y adquisición de datos que son LOOKOUT 5.1 y LABVIEW 7.1 de NATIONAL INSTRUMENTS

Un componente muy importante en nuestro proyecto y que hoy en día es muy usado en todos los campos tecnológicos por sus numerosas aplicaciones es el microcontrolador, un circuito integrado que se lo puede programar de acuerdo a nuestras necesidades y que además ayuda a disminuir costos ya que en ocasiones puede reemplazar elementos electrónicos (PLCs) debido a que puede cumplir ciertas aplicaciones no tan complejas.

Para la elaboración de este proyecto de tesis se incluye la realización de una tarjeta de adquisición de datos basado en un microcontrolador 16F877A.

Este microcontrolador es fabricado por MicroChip [familia](#) a la cual se le denomina PIC. El modelo 16F877 posee varias [características](#) que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico; la misma que posteriormente se comunicará mediante una comunicación serial con el Programa LabVIEW 7.1 para el manejo y manipulación de datos externos de nuestro proceso.

Capítulo I

I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

1.1. Especificaciones Generales.

El **plástico** es una sustancia cuya principal característica es la capacidad de ser moldeada bajo diversas circunstancias y creada a partir de la adición de moléculas basadas en el carbono para producir otras de gran tamaño, conocidas como polímeros. Cualquier sustancia moldeable puede recibir el calificativo de plástica, aunque como plásticos se suelen denominar ciertos polímeros moldeables.

- Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nailon.

- Los plásticos se caracterizan por tener excelentes propiedades para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos y disolventes.

- Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticos (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoestables (no se ablandan con el calor).

1.2. Detalle del Proceso.

Técnicas de Moldeo de los Plásticos.

El moldeo de los plásticos consiste en dar las formas y medidas deseadas a un plástico por medio de un molde. El molde es una pieza hueca en la que se vierte el plástico fundido para que adquiera su forma. Para ello los plásticos se introducen a presión en los moldes.

En función del tipo de presión, tenemos estos dos tipos:

a. Moldeo a Alta Presión.

Se realiza mediante máquinas hidráulicas que ejercen la presión suficiente para el moldeo de las piezas. Básicamente existen tres tipos: compresión, inyección y extrusión.

Compresión: en este proceso, el plástico en polvo es calentado y comprimido entre las dos partes de un molde mediante la acción de una prensa hidráulica, ya que la presión requerida en este proceso es muy grande.

Este proceso se usa para obtener pequeñas piezas de baquelita, como los mangos aislantes del calor de los recipientes y utensilios de cocina.

Inyección: consiste en introducir el plástico granulado dentro de un cilindro, donde se calienta. En el interior del cilindro hay un tornillo sinfín que actúa de igual manera que el émbolo de una jeringuilla. Cuando el plástico se reblandece lo suficiente, el tornillo sinfín lo inyecta a alta presión en el interior de un molde de acero para darle forma. El molde y el plástico inyectado se enfrían mediante unos canales interiores por los que circula agua. Por su economía y rapidez, el moldeo por inyección

resulta muy indicado para la producción de grandes series de piezas. Por este procedimiento se fabrican palanganas, cubos, carcasas, componentes del automóvil, etc.

Extrusión: consiste en moldear productos de manera continua, ya que el material es empujado por un tornillo sinfín a través de un cilindro que acaba en una boquilla, lo que produce una tira de longitud indefinida. Cambiando la forma de la boquilla se pueden obtener barras de distintos perfiles. También se emplea este procedimiento para la fabricación de tuberías, inyectando aire a presión a través de un orificio en la punta del cabezal. Regulando la presión del aire se pueden conseguir tubos de distintos espesores.

b. Moldeo a Baja Presión.

Se emplea para dar forma a láminas de plástico mediante la aplicación de calor y presión hasta adaptarlas a un molde. Se emplean, básicamente, dos procedimientos: El primero consiste en efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde. Este tipo de moldeo se emplea para la obtención de envases

de productos alimenticios en moldes que reproducen la forma de los objetos que han de contener.

El segundo procedimiento consiste en aplicar aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde. Este procedimiento se denomina moldeo por soplado, como el caso de la extrusión, aunque se trata de dos técnicas totalmente diferentes. Se emplea para la fabricación de cúpulas, piezas huecas, etc.

Colada: La colada consiste en el vertido del material plástico en estado líquido dentro de un molde, donde fragua y se solidifica. La colada es útil para fabricar pocas piezas o cuando emplean moldes de materiales baratos de poca duración, como escayola o madera. Debido a su lentitud, este procedimiento no resulta útil para la fabricación de grandes series de piezas.

Espumado: Consiste en introducir aire u otro gas en el interior de la masa de plástico de manera que se formen burbujas permanentes. Por este procedimiento se obtiene la espuma de poliestireno, la espuma de poliuretano (PUR), etc. Con estos materiales se fabrican colchones, aislantes termo-acústicos,

esponjas, embalajes, cascos de ciclismo y patinaje, plafones ligeros y otros.

Calandrado: Consiste en hacer pasar el material plástico a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor. Estas láminas se utilizan para fabricar hules, impermeables o planchas de plástico de poco grosor.

Fabricación.

La fabricación de los plásticos y sus manufacturas implica cuatro pasos básicos: obtención de las materias primas, síntesis del polímero básico, composición del polímero como un producto utilizable industrialmente y moldeo o deformación del plástico a su forma definitiva.

Materias Primas.

En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban con resinas de origen vegetal, como la celulosa (del algodón), el furfural (de la cáscara de la avena), aceites (de semillas), derivados del almidón o el carbón. La caseína de la leche era

uno de los materiales no vegetales utilizados. A pesar de que la producción del nylon se basaba originalmente en el carbón, el aire y el agua, y de que el nylon 11 se fabrique todavía con semillas de ricino, la mayoría de los plásticos se elaboran hoy con derivados del petróleo.

Las materias primas derivadas del petróleo son tan baratas como abundantes. No obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón.

Aditivos.

Con frecuencia se utilizan aditivos químicos para conseguir una propiedad determinada. Por ejemplo, los antioxidantes protegen el polímero de degradaciones químicas causadas por el oxígeno o el ozono. De una forma parecida, los estabilizadores ultravioleta lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible, los lubricantes reducen la fricción y los pigmentos colorean los plásticos. Algunas sustancias ignífugas y antiestáticas se utilizan también como aditivos.

Muchos plásticos se fabrican en forma de material compuesto, lo que implica la adición de algún material de refuerzo (normalmente fibras de vidrio o de carbono) a la matriz de la resina plástica. Los materiales compuestos tienen la resistencia y la estabilidad de los metales, pero por lo general son más ligeros. Las espumas plásticas, un material compuesto de plástico y gas, proporcionan una masa de gran tamaño pero muy ligera.

El Color del Plástico.

Los plásticos son resinas sintéticas cuyas moléculas son polímeros, grandes cadenas orgánicas. Los plásticos son duraderos y ligeros. El petróleo se refina para formar moléculas orgánicas pequeñas, llamadas monómeros, que luego se combinan para formar polímeros resinosos, que se moldean o extruyen para fabricar productos de plástico.

1.2.1. Extrusión.

Con el término películas usualmente se designa a material plástico de forma laminar con calibres o espesores muy delgados, en el rango de 0.10 a 10 (0.001"). Existen varias técnicas para la fabricación de películas de plástico, la mayoría de ellas basadas en la extrusión de una resina a través de una abertura con forma predefinida. Y entre éstas, la técnica más sencilla y la más común es la de moldeo por soplado.

En la **extrusión** de polímeros el material se alimenta en forma de pelets a un cilindro de extrusión donde se calienta y se le hace fluir a través del orificio de un dado por un tornillo giratorio. Los 2 componentes principales del extrusor son el cilindro y el tornillo (Ver Fig. 1.1). El dado no es un componente del extrusor, esta es una herramienta especial.

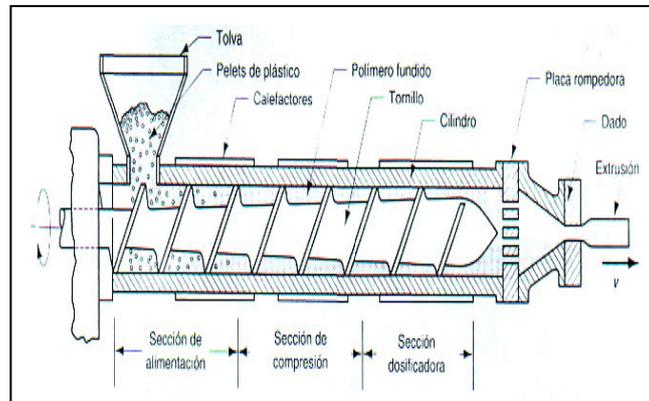


Fig. 1.1 Componentes de un Extrusor

El proceso de película soplada utiliza un extrusor equipado con un cabezal de salida circular por el que es extruída una resina plástica para formar una especie de tubo que después constituirá el producto final. Un extrusor típico consta de un mecanismo de transmisión y potencia, de un cilindro, de un tornillo, de una malla filtrante (opcional) y de los apropiados controles de presión, temperatura y velocidad.

El tornillo consiste en paletas o aspas espirales con canales entre ellas, que contiene al polímero fundido. El canal tiene un ancho W_c y una profundidad d_c .

Al girar el tornillo las paletas empujan el material hacia adelante a través del canal desde la tolva hasta el dado.

En el proceso se usan resinas de alto peso molecular debido a que mantienen la forma extruída durante el enfriamiento pero antes de utilizarlas deben prepararse mediante el mezclado de diversos aditivos que le dan las características que desea impartirse al producto final o que ayudan a su procesamiento adecuado.

Operación del Extrusor.

Los principios de operación de un extrusor forman la base para varios importantes procesos de fabricación de artículos de plástico. Un extrusor funde, comprime, mezcla y bombea el material plástico a la sección de formado. La sección de formado es usualmente un cabezal con una boquilla de salida que da al material fundido la forma que se desea obtener mediante un proceso continuo, como son: hojas, tubos, perfiles y otros.



Fig. 1.2 Vista Real Motor Extrusor

En las subsecuentes etapas se utiliza esta forma inicial como base para dar al producto su forma final. Un corte típico de un extrusor mono husillo (Ver Fig. 1.3)

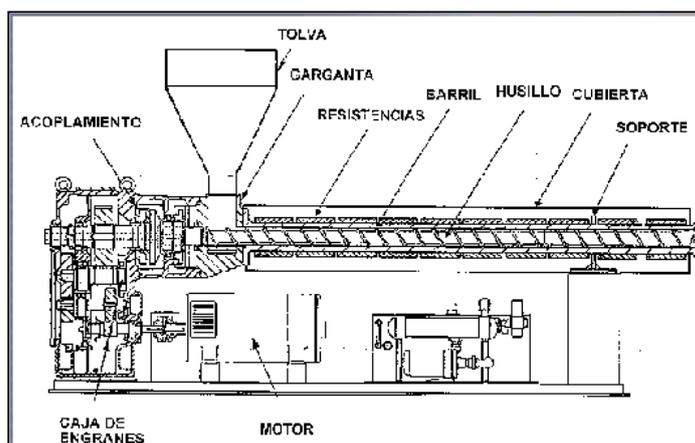


Fig. 1.3 Corte de Extrusor Monohusillo

Forma y Acabado.

Gránulos de Plástico y Extrusión.

Al principio del proceso de fabricación se remueven y funden pequeños gránulos de polipropileno. Una vez fundida, la mezcla de plástico naranja recibirá la forma deseada mediante un proceso llamado extrusión.

Las técnicas empleadas para conseguir la forma final y el acabado de los plásticos dependen de tres factores: tiempo, temperatura y fluencia (conocido como deformación). La naturaleza de muchos de estos procesos es cíclica, si bien algunos pueden clasificarse como continuos o semicontinuos.



Fig. 1.4 Vista Real Extrusor

Una de las operaciones más comunes es la extrusión. Una máquina de extrusión consiste en un aparato que bombea el plástico a través de un molde con la forma deseada. Los productos extrusionados, como por ejemplo los tubos, tienen una sección con forma regular. La máquina de extrusión también realiza otras operaciones, como moldeo por soplado o moldeo por inyección.

Otros procesos utilizados son el moldeo por compresión, en el que la presión fuerza al plástico a adoptar una forma concreta, y el moldeo por transferencia, en el que un pistón introduce el plástico fundido a presión en un molde.

El calandrado es otra técnica mediante la que se forman láminas de plástico. Algunos plásticos, y en particular los que tienen una elevada resistencia a la temperatura, requieren procesos de fabricación especiales. Por ejemplo, el politetrafluoretileno tiene una viscosidad de fundición tan alta que debe ser prensado para conseguir la forma deseada, y sinterizado, es decir, expuesto a temperaturas extremadamente altas que convierten el plástico en una masa cohesionada sin necesidad de fundirlo.

Extrusión de Lámina y Película en Dado Plano.

El proceso de extrusión por dado plano ofrece algunas variantes con respecto a la extrusión de película, siendo el método para obtener lámina para aplicaciones como termo formado (blister pack, skin pack, artículos desechables) y láminas de varios espesores para diversos usos.

Algunas características del proceso son: alta productividad, mejor enfriamiento y buen control de las dimensiones y propiedades del producto obtenido.

Componentes De La Línea.

Dado o Cabezal.

En una línea de extrusión de película plana, el dado es la pieza esencial del sistema, ya que otorga la forma que el polímero tendrá en su aplicación final. Para una correcta uniformidad en el espesor de la película a la salida del dado, el factor fundamental es el diseño y la distribución correcta de las temperaturas a lo largo del mismo, así como el ajuste de los labios por donde el plástico fluirá y

tomará su forma final. Debe considerarse que el ancho máximo de los labios del dado, debido al efecto de "formación de cuello" a la salida del dado y al recorte lateral, necesario para uniformizar los costado de la película. Los diseños de dados para la producción de película plana y lámina son similares, es posible distinguir tres tipos, con base en la forma del canal de distribución del polímero fundido a la salida del dado. Los diseños diferentes son los encargados de transformar secuencialmente el material fundido que avanza con un perfil cilíndrico en una lámina rectangular plana, libre de tensiones y esfuerzos, para evitar deformaciones en el tiempo de solidificación.

Los tipos de colectores o canales de distribución que distinguen el diseño de dado son:

- Tipo "T" (normal y biselado)
- Tipo "Cola de Pescado"
- Tipo "Gancho para Ropa"

El último es el más recomendado, ya que muestra gran consistencia en la uniformidad de distribución del flujo a

pesar de cambios en las condiciones de operación. La desventaja es el costo, ya que el diseño de alta tecnología de los canales de flujo eleva su precio en comparación con los otros tipos.

Si se toman en cuenta aspectos de calidad y costo, el diseño de colector tipo "cola de Pescado" es el más equilibrado, pero al igual que en el diseño tipo "T", es necesario agregar elementos mecánicos que permitan hacer ajustes a la distribución de flujos cuando existan variaciones en las condiciones de proceso.

El diseño de "Gancho para Ropa", es usado preferentemente en operaciones en que la calidad y uniformidad de espesor del producto sean aspectos importantes, mientras en el otro extremo, el diseño de tipo con colector "T", tienen mejor aplicación en la producción de recubrimientos y laminaciones con papel y/o aluminio, donde las variaciones en uniformidad son prácticamente despreciables. Sumando a la incidencia del tipo de diseño sobre el costo de un dado plano, se debe considerar el

área en el dado sujeta a presión, que es proporcional a la longitud de los labios de salida del dado.

Esta área, además de influir por el aumento en la cantidad de material de fabricación, tiene otro aspecto importante: las áreas que son recorridas por el plástico fundido están expuestas a grandes presiones y, por ello, debe ser utilizados mecanismos de cierre del dado de mejor desempeño, pero que también son más costosos.

Estos efectos son más críticos cuando se procesan materiales de alta viscosidad, se requiere el uso de sistemas de cierre mecánico reforzado por pistones hidráulicos o por diseños de dados especiales de mayor resistencia a presiones que tiendan a abrir los labios.

En dado de gran longitud de salida, el efecto de la presión causa el efecto llamado "Concha de Almeja", que es una deformación en la zona central del dado donde se presenta una mayor abertura por la deflexión de las paredes metálicas.

1.2.2. Sistema de Enfriamiento.

Tomando una forma laminar al salir del dado, el polímero para por un corto tramo donde no hay contacto, excepto con el aire ambiental hasta llegar al rodillo en donde empieza el enfriamiento. En este punto, dos diferentes tipos de líneas de extrusión se pueden distinguir:

- Para película (0.01 – 0.4 mm)
- Para lámina (0.2 – 2.5 mm)

Esta última división se puede emplear en casos prácticos pero no es una clasificación definitiva, si se toma en cuenta que los criterios para distinguir una lámina de una película se basan en el espesor y en la posibilidad de formar rollos sin daños ni deformaciones permanentes, es característica sólo de las películas. Ya que esta última cualidad no fácil de establece en un espesor definido, sino que aumenta de manera paulatina, no es imposible fijar un diferenciación exacta por espesor entre las películas y las láminas. Las diferencias entre las líneas de producción de

película plana y de lámina termo formable se observan en la zona de rodillos de enfriamiento, donde el primer caso la película tienen contacto en un solo lado al momento de unirse al rodillo enfriador, mientras en la lámina termo formable, la resina cae entre dos rodillos que calibran el espesor final y permanece unida al rodillo mayor para continuar enfriándose.

El rodillo de enfriamiento requiere un efectivo sistema de intercambio de calor; entre mejor y más rápido sea el enfriamiento, mayor será la productividad y algunas propiedades físicas de la película, entre las que se incluye la transparencia.

Unidad o Tina de Enfriamiento.

Tiene por objeto remover el calor excedente que la lámina conserva a la salida del tanque de calibración. La importancia del enfriamiento, radica en la estabilidad que adquiere el plástico para no deformarse al pasar por la unidad de tiro, en donde la lámina se somete a presiones donde puede producirse alteraciones en su forma.

Se puede encontrar dos tipos de tinas de enfriamiento:

- Enfriamiento por esparado
- Enfriamiento por inmersión

Enfriamiento por Esparado.

La lámina pasa por la unidad de enfriamiento, que consiste en una cámara donde numerosas boquillas instaladas rocían agua fría sobre la lámina. Este enfriamiento es usado para tubería de gran diámetro donde las velocidades de producción son bajas y la aspersion puede lograr un enfriamiento efectivo, por el tiempo de permanencia elevado del producto dentro de este equipo.

Enfriamiento por Inmersión.

En el enfriamiento por inmersión, la lámina pasa por una tina llena de agua en constante enfriamiento; así se lleva a cabo por un intercambio de calor también constante.

En ambos métodos, algunos autores sugieren el cálculo exacto de la longitud de la tina de enfriamiento, requiriendo datos como: diámetro, espesor, material de fabricación, velocidad de producción de la lámina y temperatura de agua de enfriamiento. También es común para los dos métodos, el uso de un enfriador y una bomba de recirculación, para poder enfriar el agua que se calienta por el contacto con el plástico, se devuelve a la tina de enfriamiento y se completa el ciclo.

Elementos Posteriores al Enfriamiento.

Ya estabilizado el polímero por el rodillo de enfriamiento, pasa por una serie de etapas preparándolo para su acondicionamiento final. El camino del plástico ya moldeado incluye rodillos libres, rodillos para eliminación de pliegues, medidor y controlador de espesor, un sistema de tratamiento superficial para facilitar la impresión, equipo de corte y succión de bordes.

Dependiendo de las especificaciones establecidas para el producto final, varío de los equipos de corte longitudinal de las películas y de embobinado.

Equipos de Corte.

Dos tipos son utilizados: el corte lateral, para tener un producto con borde uniforme y el corte central, cuando se requiere de películas de un ancho menor al que se produce en el dado. En los corte laterales con funciones automatizadas, se cuenta con sistemas que conduce el recorte a equipos que reducen su tamaño hasta dejarlo disponible para reintroducirlo al extrusor.

Calandrado.

Consiste en hacer pasar el material plástico a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor. Estas láminas se utilizan para fabricar hules, impermeables o planchas de plástico de poco grosor. (Ver Fig. 1.5)



Fig. 1.5 Vista Real Rodillos Calandra

1.2.3. Orientación y Estabilización de Moléculas de Cintas de Polipropileno.

Horno de Orientación y Estabilizador.

Simplymente la función de estos hornos es de orientar y estabilizar las moléculas de plástico en un solo sentido con el fin de obtener un excelente producto. En nuestro caso cintas de polipropileno para la elaboración de **cabos**. (Ver Fig. 1.6)



Fig. 1.6 Vista Real Horno de Orientación

Unidades de Enrollado.

Tienen la función de producir bobinas compactas y uniformes, pero generalmente la película es usada en otros procesos como impresión y/o envase, el producto debe ser de fácil procesamiento y uso, esto es, no presentar bloqueo y no estar excesivamente tenso.

Los procesos básicos de embobinado son:

- Embobinado por contacto
- Embobinado central

El **embobinador por contacto**, es usado para obtener rollos de película no sensible a la tensión, mientras que el **embobinador central**, se usa cuando se requiere de rollos donde se puede regular la compactación.

1.3. Suministros adicionales para el Funcionamiento de las Etapas del Proceso.

1.3.1. Sistemas adicionales para enfriamiento de la película (cintas de polipropileno).

Para un mejor efecto de enfriado, varios sistemas acompañan al rodillo de enfriamiento:

- Cámaras de succión
- Cuchillas de aire
- Estabilizadores laterales

Cámara de Succión.

Auxilia para lograr un buen contacto entre la película y el tambor de enfriamiento, al crear un área de baja presión que jala a la película hacia el tambor, además de remover cualquier volátil que pueda adherirse al tambor y ocasione la reducción de la capacidad de enfriamiento.

Cuchilla de Aire.

Debido a que mecánicamente sería difícil oprimir la película contra el rodillo de enfriamiento, la cuchilla de aire realiza esta operación al lanzar una cortina de aire a alta presión contra la película en el punto de contacto con el rodillo. Cuando se usa el aire frío para la función, éste contribuye en parte con la remoción del calor excedente.

Estabilizadores Laterales.

Son boquillas de aire que reducen el encogimiento de los costados de la película.

1.3.2. Suministro de Energía.

DISTRIBUCIÓN.

Actualmente la Empresa Plasti-Empaques S.A. posee su propia subestación para sus diferentes áreas de trabajo tanto en la parte administrativa como en la parte operacional (diferentes procesos que genera la Empresa).

Básicamente dicha generación se distribuye en PLANTA 1 (3 x 167 KVA) y PLANTA 2 (3 x 250 KVA).

Nuestro “**Proceso de Extrusión de Cintas de Polipropileno**” para la elaboración de Cabos es conocida en dicha empresa como **Extrusora de Cintas XC-36** y esta se es abastecida por la PLANTA 2 (3 x 250 KVA).

Planos de Distribución:

PLANTA 1 y PLANTA 2 (**Ver Anexo 1.1**)

1.4. Detalle de los Implementos Físicos en las Diferentes Etapas del Proceso.

Medición de Parámetros (Sensores)

El objetivo es poder obtener una serie de parámetros que muestren información relevante del proceso que analizamos. Estos parámetros vienen determinados por unas variables que son obtenidas a partir unos elementos sensibles (sensores).

Los sensores son dispositivos que proporcionan información e informa de las variaciones de un determinado parámetro en base a una o varias propiedades físicas que los caracterizan. De esta manera, encontramos sensores para la medida de temperatura basados en el diferente grado de dilatación de algunos metales, sistemas para detectar presencias basados en el cambio de un valor de capacidad eléctrica por cambio de permisividad, sistemas de detección de presencia basados en el efecto Hall, etc.

Aplicación de Sensores en la Industria.

En la mayoría de las ocasiones reales, la sensibilidad no suele ser tan acusada y suele estar confrontada con el rango de aplicación. Como regla general puede ser de aplicación que, a mayor sensibilidad, menor rango de funcionamiento. El rango de funcionamiento de un sensor es aquel intervalo en el que es capaz de responder con una sensibilidad determinada.

Es innegable que es necesario conocer el valor de proporcionalidad existente entre la realidad y el sensor para poder establecer una relación entre el valor obtenido y el real, y tener capacidad de obtener este último a partir del primero. Sin embargo, en el mundo industrial, no va a resultar excesivamente útil tener una variación de una determinada magnitud en él.

Los sensores utilizados con fines industriales no proporcionan una salida como la que hemos visto en el ejemplo (longitud), sino que deben proporcionar una salida incorporable al sistema industrial en que se halle inmerso el sensor.

Así pues encontramos:

Salidas hidráulicas. La variación registrada por el sensor es llevada a un sistema hidráulico. Por ejemplo, la variación del caudal o la presión de un fluido hidráulico puede ser representativa de una determinada variable externa (p.e. el peso de una determinada pieza actúa sobre un vaso comunicado mediante el principio de Pascal con otro de menor área, resultando un incremento de presión en el sistema).

Salidas neumáticas. De modo similar al sistema hidráulico.

Salidas eléctricas. El sistema es capaz de convertir una medida procedente de un sensor en una magnitud eléctrica

De manera estandarizada se fijan dos tipos de salida comunes, según sea salida en tensión o en corriente:

* Tensión: 0 - 10 V

* Corriente: 0 - 20 mA 4 - 20 mA

Temperatura.

Es uno de los parámetros fundamentales en un proceso puesto que determina la viscosidad de la masa plástica, y por tanto, las presiones. Es por ello por lo que resulta muy importante efectuar la medida de temperatura correctamente, debiendo ser por tanto los elementos sensibles de calidad.

En una máquina de inyección se registran temperaturas en múltiples lugares:

- ✓ Existen 6 zonas de temperatura a controlar en la propia máquina (tolva y cinco zonas en el cilindro de plastificación)
- ✓ Se controla también la temperatura del aceite
- ✓ Existen 6 zonas más que pueden ser utilizadas para usos futuros.

Las Termo resistencias.

En este tipo de termómetros se utiliza la propiedad que tienen los metales de aumentar su resistencia eléctrica con la temperatura. Los metales más corrientemente empleados son el platino y el níquel; cuya resistividad varía mucho con la temperatura, de tal manera que, mientras aumenta la

temperatura, aumenta la resistividad y al bajar la temperatura, disminuye la resistividad.

1.4.1. Detalles de Actuadores.

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos.

Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos.

Sin embargo, los hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico.

Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

Por todo esto es necesario conocer muy bien las características de cada actuador para utilizarlos correctamente de acuerdo a su aplicación específica

Actuadores Hidráulicos.

Los actuadores hidráulicos, que son los de mayor antigüedad, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, funcionan en base a fluidos a presión.

Existen tres grandes grupos:

- 1) Cilindro Hidráulico
- 2) Motor Hidráulico
- 3) Motor Hidráulico de Oscilación

Cilindro Hidráulico.

De acuerdo con su función podemos clasificar a los cilindros hidráulicos en 2 tipos: de Efecto simple y de acción doble. En el primer tipo se utiliza fuerza hidráulica para empujar y una fuerza externa, diferente, para contraer. El segundo tipo se emplea la fuerza hidráulica para efectuar ambas acciones. El control de dirección se lleva a cabo mediante un solenoide.

Motor hidráulico.

En los motores hidráulicos el movimiento rotatorio es generado por la presión. Estos motores los podemos clasificar en dos grandes grupos: El primero es uno de tipo rotatorio en el que los engranes son accionados directamente por aceite a presión, y el segundo, de tipo oscilante, el movimiento rotatorio es generado por la acción oscilatoria de un pistón o percutor; este tipo tiene mayor demanda debido a su mayor eficiencia.

A continuación se muestra la clasificación de este tipo de motores.

- Motor de engranaje
- Tipo Rotatorio Motor de Veleta
- Motor de Hélice
- Motor Hidráulico Motor de Leva excéntrica
- Pistón Axial
- Tipo Oscilante Motor con eje inclinado

Motor de Engranaje.

El aceite a presión fluye desde la entrada que actúa sobre la cara dentada de cada engranaje generando torque en la dirección de la flecha. La estructura del motor es simple, por lo que es muy recomendable su uso en operaciones a alta velocidad.

Motor con pistón eje inclinado.

EL aceite a presión que fluye desde la entrada empuja el pistón contra la brida y la fuerza resultante en la dirección radial hace que el eje y el bloque del cilindro giren en la dirección de la flecha. Este tipo de motor es muy conveniente para usos a alta presión y a alta velocidad. Es

posible modificar su capacidad al cambiar el ángulo de inclinación del eje.

Motor oscilante con pistón axial.

Tiene como función, el absorber un determinado volumen de fluido a presión y devolverlo al circuito en el momento que éste lo precise.

Actuadores Neumáticos.

A los mecanismos que convierten la energía del **aire** comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

En esta clasificación aparecen los fuelles y diafragmas, que utilizan aire comprimido y también los músculos artificiales de hule, que últimamente han recibido mucha atención.

- De Efecto simple
- Cilindro Neumático
- Actuador Neumático De efecto Doble
- Con engranaje
- Motor Neumático Con Veleta
- Con pistón
- Con una veleta a la vez
- Multiveleta
- Motor Rotatorio Con pistón
- De ranura Vertical
- De émbolo
- Fuelles, Diafragma y músculo artificial
- Cilindro de Simple Efecto

Actuadores Eléctricos.

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

1.4.2. Detalles de Captadores.

Utilidad de la captación.

La captación de datos en planta es una técnica que se realiza con el fin de controlar un proceso, vigilar el cumplimiento de un determinado método, determinar la efectividad de cualquiera de los anteriores y, en general, cualquier acción que requiera cierta información procedente del sistema a controlar va a servirse de la captación.

El objetivo que más fuertemente se persigue es, en la mayoría de las ocasiones, la mejora de la producción. Sobre todo en aquellas empresas o procesos de tipo industrial.

Sin embargo esta información, aparte de ser importante para el Departamento de Producción, también acarrea consigo una importante fuente de datos para otros departamentos de la empresa, como por ejemplo, Mantenimiento o Control de Calidad.

Captación manual y automática.

Frecuentemente la captación de información viene asociada a una figura: el auditor.

Históricamente, el auditor o inspector es tenido en la mente como aquella persona que, carpeta en mano, va tomando valores que considera de importancia, para posterior análisis, informe o estadística.

Este tipo de captación se denomina manual y ha sido muy frecuente desde prácticamente los inicios de la producción masiva, durante la Revolución Industrial, alcanzando sus máximos en la época de la Segunda Guerra Mundial.

La captación manual hoy en día sigue realizándose, aunque poco a poco se está desplazando este método y está siendo reemplazado por el autocontrol efectuado en

el mismo puesto de trabajo, y por los métodos de captación automatizados.

Aunque es imposible establecer un teórico sistema de captación en tiempo real, porque existen unos decalajes y unas informaciones perdidas debido al muestreo de las señales analógicas, con un sistema automático, pese a que la captación se realice de manera discreta, la aproximación a un sistema en tiempo real (RTS) es bastante buena.

En un sistema de captación manual, la información no puede ser analizada en el mismo instante que se capta, ni mucho menos podrían ser detectadas las alarmas, a no ser que coincida el preciso instante de la alarma con la captación.

Reseñaremos que en este tipo de procesos, las alarmas son detectadas por el operario o encargado de las instalaciones, y suele ser él mismo quien solventa la irregularidad.

En un sistema automático es el propio computador el que efectúa unas maniobras de autocontrol, tal y como las realizaría un operador manual; salvo que el ordenador las realiza con una frecuencia mucho mayor, y aparte de efectuar este autocontrol también es capaz de realizar las operaciones que antes realizaba el auditor de manera autónoma, y actualizándose cada muy poco tiempo.

1.4.3. Detalles Del Sistema de Control de Velocidades de los Rodillos que Intervienen en el Proceso.

Este sistema es muy importante en nuestro proceso puesto que la velocidad de dichos rodillos deben ser controlados perfectamente para así tener una perfecta tensión de las cintas de polipropileno y evitar que esta se rompa o sufra deformaciones.

Nuestro sistema está conformado por un grupo de rodillos los mismos que detallamos a continuación:

- Rodillos Calandra
- Rodillos Lentos
- Rodillos Rápidos Estabilizadores
- Rodillos Rápidos Orientadores

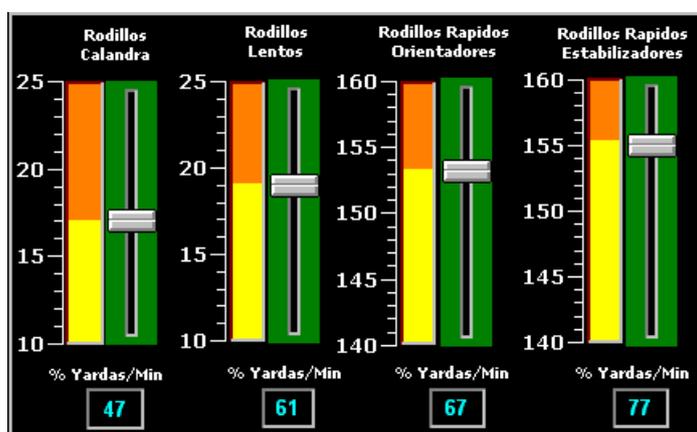


Fig. 1.7 Vista del Sistema de los Rodillos

Las unidades que presentan dichos rodillos están en **Yardas/Minutos**. (Ver Fig. 1.7).

Aplicaciones De Los Productos Película

Plana (0.01 – 0.4 mm)

- Película para bolsa
- Laminaciones
- Películas encogibles
- Películas para envolturas
- Películas de uso doméstico
- Para envase
- Películas para uso decorativo
- Películas para pañal
- Películas con relieve
- Cintas adhesivas

Lámina Termoformable (0.03 – 2.5 mm)

- Cubiertas
- Envases
- Desechables
- Skin Pack
- Blister Pack

Coextrusiones.

- Envases de alimentos
- Envases de productos químicos

1.5. Ventajas de un Método Automático de Captación para la Empresa.

- Permite un establecimiento metódico y automatizado de los controles de las piezas.
- Control más intensivo del proceso, basado en más mediciones y control automático de los parámetros de control.
- Posibilidad de generación automática de informes, utilizando los registros de todas las mediciones.
- Sistema que garantiza la trazabilidad de las características de sus productos.
- Suele prepararse como un sistema abierto que permite ampliación según las necesidades u objetivos de la empresa.
- Aviso inmediato de valores fuera de tolerancias.
- Análisis estadísticos.

- Informes con integración de información adicional por variables o atributos.
- Consultas basadas en criterios, lo cual otorga gran flexibilidad al posterior análisis de datos.
- Seguridad en el registro y custodia de los resultados.
- Control del cumplimiento de los procedimientos de inspección y ensayo del sistema de la calidad.
- Información de la eficiencia de las operaciones de medición.
- Posibilidad de generación automática de informes y certificados con los registros de las mediciones.

Capítulo II

II. DESCRIPCION DEL DISEÑO DE CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO.

2.1. Introducción.

Automatización, sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semiindependiente del control humano.

En la actualidad dentro de la industria, es muy importante el uso de PLC (Ver glosario y abreviaturas); puesto que en el mismo

se carga el programa para que realice las diferentes acciones que pueden existir dentro de un proceso y así mismo debe ser capaz de comunicarse con todos los elementos (motores, bombas sensores, etc.) existentes dentro del sistema automatizado con el fin de que este control sea efectivo y confiable.

2.2. Selección de un Controlador Lógico Programable.

Un controlador lógico programable (PLC) debe cumplir ciertos requerimientos:

- Elaboración y envío de acciones presentes en el sistema.
- Lecturas de señales.
- Interfaz Hombre-Máquina para un mejor control exhaustivo de los parámetros presentes en el sistema.
- Programación de la aplicación automática.

- Comunicación en tiempo real e intercambio de información de las diferentes etapas de control presentes en el sistema.
- Sistemas de Supervisión.
- Entradas y salidas distribuidas en el campo para la comunicación mediante cable red del autómatas principal con los autómatas secundarios (Maestro-Esclavo).

Para la selección de un PLC se debe tomar en cuenta ciertos criterios:

- Arquitectura y Configuración
- Comunicación
- Entradas/Salidas
- Programación
- Diagnostico
- Costo

Para la implementación de nuestro “**Proceso de Extrusión de Cintas de Polipropileno**” para la elaboración de cabos; se utilizó un PLC central principal con unidad de procesamiento y procesador matemático; el cual se detalla a continuación:

Fuente De Poder	Nro. Entradas	Nro. Salidas
120/240 Vac	13 digitales 2 analógicas	9 de relé 1 analógica 1 de 24 Vdc

Tabla # 1 Detalle del PLC

Para la programación del circuito de control del PLC FANUC VERSAMAX de GENERAL ELECTRIC; se lo implementó en el software CIMPLICITY MACHINE EDITION que trabaja bajo el ambiente de WINDOWS. **(Ver Anexo 1.2)**

2.3. Lookout: Software con conectividad a PLC para crear interfaces hombre-máquina.

Lookout de National Instruments es el software **HMI/SCADA** más fácil de usar en el mercado. **Lookout** es un software que le permite fácilmente crear poderosas aplicaciones de monitoreo y control de procesos. Con Lookout, el desarrollo de su interface hombre-máquina le toma menos tiempo permitiéndole ahorrar sustancialmente en el costo total de su proyecto. Estas son algunas de las características que lo hacen especial:

Arquitectura basada en objetos.

Lookout elimina completamente la programación, scripts o compilación separada. Solamente tiene que configurar y conectar objetos para desarrollar aplicaciones de monitoreo y control. La arquitectura basada en objetos le permite más fácilmente desarrollar y mantener sus aplicaciones, reduciendo aún más el costo total de su proyecto.

Conexión en red.

El conectar múltiples servidores y clientes dentro de una planta o en locaciones remotas es muy fácil con Lookout. Solamente tiene que hacer un browse y seleccionar para poder conectarse a cualquier computadora en la red. Lookout cuenta también con las habilidades de distribuir la carga de su aplicación en una red y poder ver instantáneamente los puntos de E/S de cualquier punto en la red.

Listo para Internet.

Con Lookout, usted puede monitorear y controlar su proceso usando un browser de Web (como Internet Explorer o Netscape) sin necesidad de programar en HTML o XML. Solamente seleccione exportar su proceso como una página web en Lookout y esta listo.

Lista de funciones en Lookout:

- Desempeño confiable para diversas aplicaciones
- Conectividad a nivel empresa (MES/ERP)
- Conectividad abierta
- Herramientas de manejo de datos

- Generación de reportes
- Visualización
- Control supervisorio
- Manejo de eventos
- Configuración en línea
- Loggeo distribuido
- Alarmas y eventos distribuidos
- Seguridad
- Redundancia
- Tendencias y gráficas

Descripción de la configuración de la comunicación con el PLC.

Para la comunicación de nuestro proceso debemos seleccionar nuestro correspondiente tipo de PLC; en este caso el de GENERAL ELECTRIC puesto que Lookout dispone de diferentes manejadores de PLC.

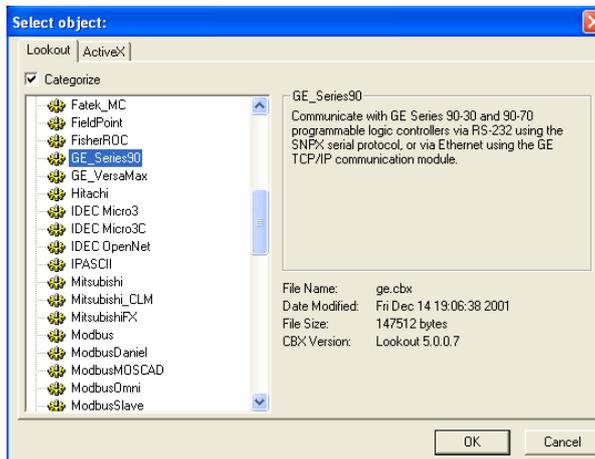
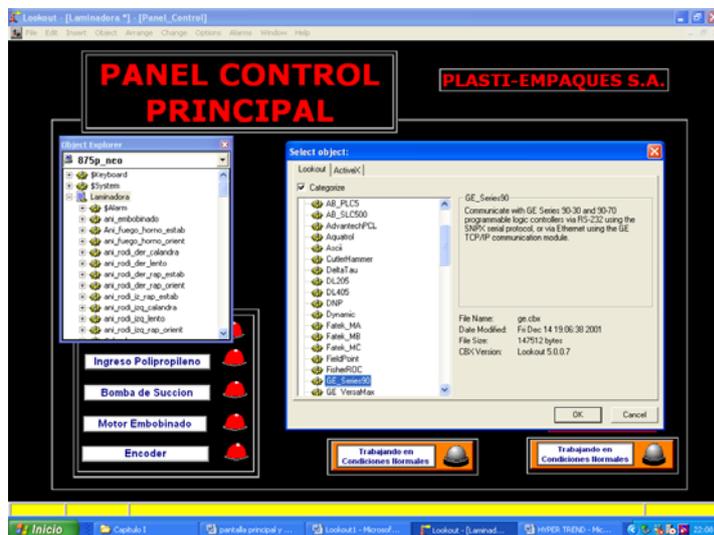


Fig. 2.1 Selección GE _ SERIES 90 (PLC)

Elegimos este tipo de PLC puesto que este se encuentra disponible en el Laboratorio de Automatización Industrial.

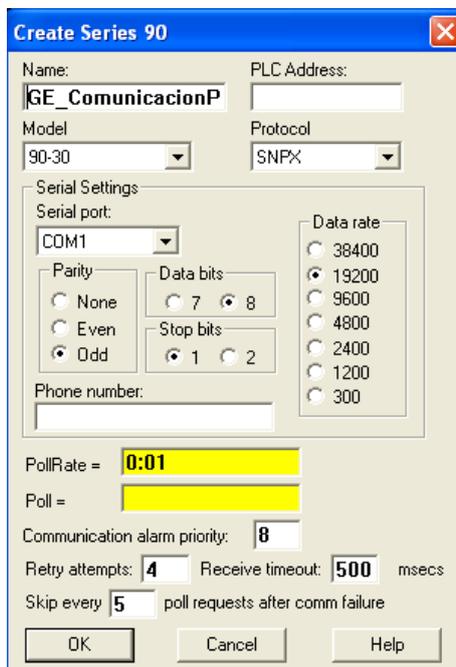


Fig. 2.2 Configuración Comunicación del PLC

Para la configuración de nuestra correspondiente comunicación con el PLC (Ver Fig. 2.2); debemos declarar el modelo y su respectivo protocolo de comunicación (SNP); el cual será mediante una comunicación serial (COM1).

Debemos declarar su respectiva velocidad de transmisión (19200 baudios), su paridad (Impar), bits de parada (8 bits).

Poll Rate= 0:01; donde es el tiempo en el que el PLC nos va a estar muestreando las entradas o las salidas.

2.4. Detalle del Proceso implementado mediante SCADA Lookout 5.1.

En el presente Proceso de Extrusión de Cintas de Polipropileno es de fácil manejo para un operador, está realizado en un **SCADA “Lookout 5.1”** el mismo que nos facilita tener una perfecta visualización de las etapas del proceso de producción y además nos permite tomar mediciones ya sea de temperatura o presión para así obtener un producto de mejor calidad en el Mercado.

Nuestro proceso consta de 10 pantallas las cuales están divididas en:

Tres pantallas de Control:

- Control Principal
- Control Temperaturas (Extrusor Interno)
- Control Velocidad Rodillos (Calandra, Lentos, Rápidos)

Y el resto de pantallas son de las diversas etapas del proceso:

- Extrusor
- Vista Interna Extrusor
- Calandra
- Cuchillas
- Horno Orientación
- Horno Estabilización
- Embobinado

A continuación detallamos los diferentes tipos de herramientas que presenta el **SCADA Lookout** para la elaboración de nuestro “**Proceso de Extrusión de Cintas de Polipropileno**”.

2.4.1. Descripción Pantalla Control Principal.

Tenemos un **Panel de Control Principal**; el cual nos permite la visualización y funcionamiento de nuestro proceso. (Ver Fig. 2.3)

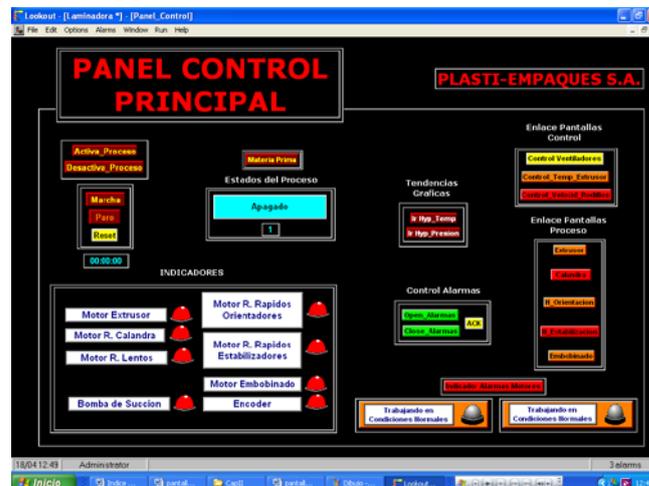


Fig. 2.3 Panel Control Principal

Además muestra los enlaces a las demás pantallas de control y de las diferentes etapas del proceso.

Este es nuestro botón de activa proceso el cual al pulsarlo entra a un estado de calentamiento y luego nos permitirá dar marcha y con su correspondiente botón de Paro. Y un botón de Reset . (Ver Fig. 2.4)



Fig. 2.4 Botoneras (Activa_Proceso
Desactiva_Proceso – Marcha – Reset)

Materia Prima.

Antes de dar marcha al proceso debemos pulsar en Materia Prima donde simplemente es una receta llamada **Cabos** donde elegimos nuestra materia prima “polipropileno”. (Ver Fig. 2.5)

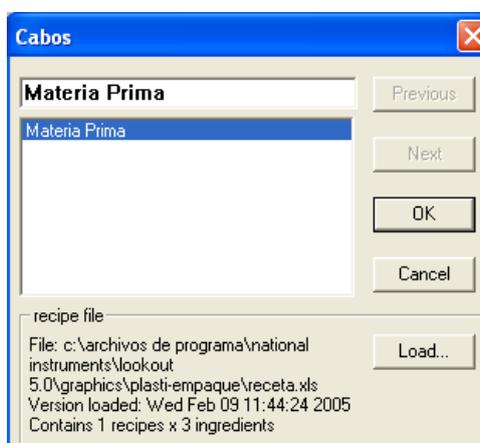


Fig. 2.5 Selección Materia Prima (Recipe – Cabos)

Este enlace es realizado mediante una hoja realizada en Excel.

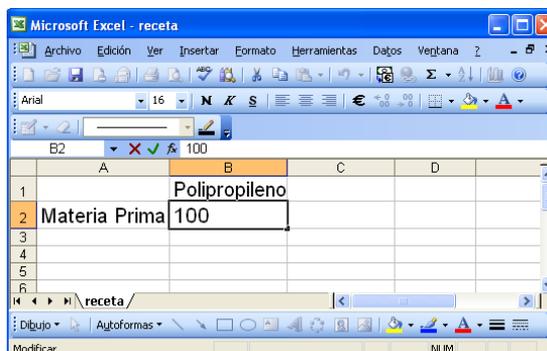


Fig. 2.6 Formato Hoja de Excel (Receta)

Control Alarmas.

Como todo proceso utilizamos parámetros de temperatura o de presión con sus respectivos sensores o transductores para sus correspondientes lecturas adecuadas a un rango correspondiente para tener un perfecto funcionamiento del proceso y para esto utilizamos alarmas (Ver Fig. 2.7) el cual nosotros ingresamos con sus correspondientes valores.



Fig. 2.7 Botoneras Control Alarmas

Así mismo para tener un estado de alerta (Ver Fig. 2.8) mediante un incremento de temperatura o de presión lo podemos visualizar por un indicador que nos dirá si el proceso está en condiciones normales o no.



Fig. 2.8 Indicadores Control Alarmas

Alarmas Motores.

Del mismo modo en nuestro proceso trabajamos con motores los cuales tienen su correspondientes protecciones térmicas y debemos tener un monitoreo de los mismos por lo que implementamos un panel indicadores (Ver Fig.2.9 y 2.10) donde podremos visualizar donde ocurre tal falla. **Indicador Alarmas Motores**

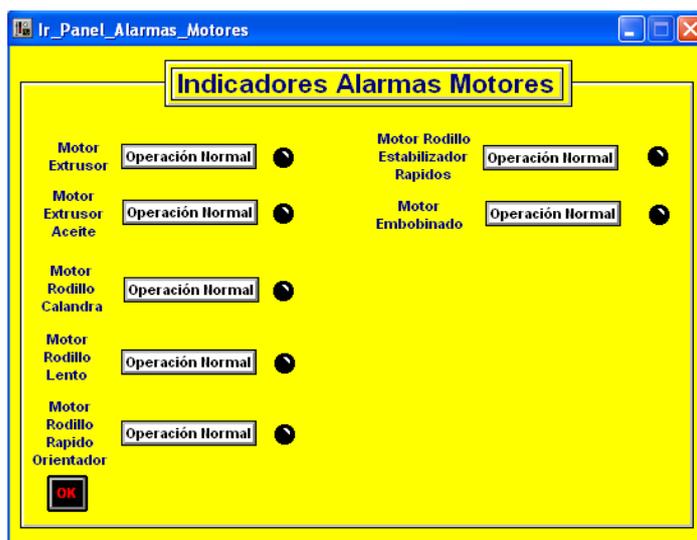


Fig. 2.9 Indicadores Alarmas Motores

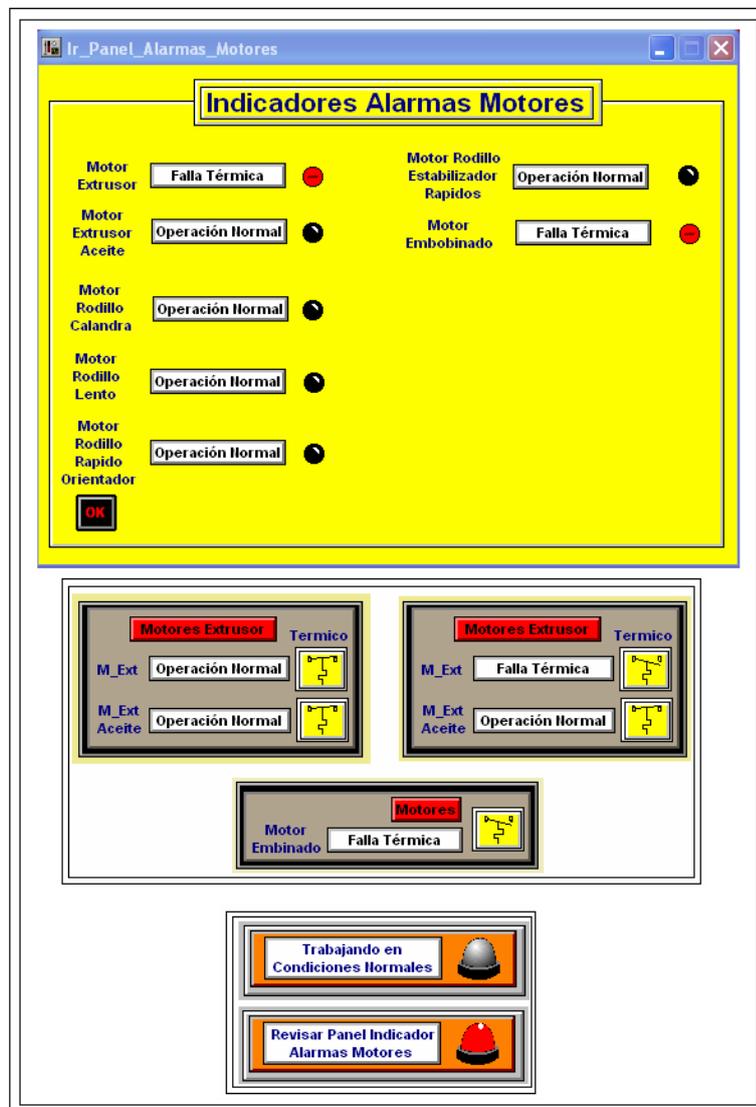


Fig. 2.10 Indicadores Alarmas Motores (Fallas Térmicas)

Estados del Proceso.

Simplemente muestra en que estado se encuentra nuestro proceso.



Fig. 2.11 Estados del Proceso

Luces Indicadoras.



Fig. 2.12 Luces Indicadoras Pantalla Principal

Enlaces Pantallas de Control, Tendencias Gráficas y Etapas del Proceso.

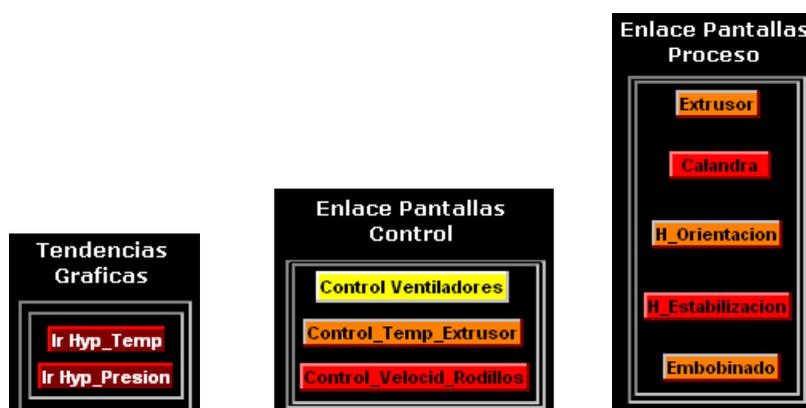


Fig. 2.13 Enlaces Pantallas, Tendencias Gráficas y Etapas del Proceso

2.4.2. Montaje de Alarmas.

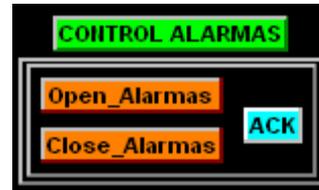


Fig. 2.14 Control Alarmas



Time	Process	Area	Prior...	Object Na...	Description
09:57:21.3	\\875p_neo\Lami...	Alarma_Zona1	6	\\875p_ne...	Hi
09:56:50.0	\\875p_neo\Lami...	Alarma_Zona7	6	\\875p_ne...	Hi
09:56:18.9	\\875p_neo\Lami...	Alarma_Temp_Agua_Ca...	6	\\875p_ne...	Hi

Fig. 2.15 Montaje Alarma (Calandra)

Mediante el botón **Open_Alarmas** muestra una pequeña pantalla donde podemos observar el estado de alerta y así mismo **Close_Alarmas** cierra la correspondiente pantalla. Tenemos un botón **ACK** donde al pulsarlo simplemente sombreá cual es el estado de alerta que está ocurriendo en este preciso momento. (Ver Fig. 2.14)

En este caso podemos ver que se muestran 3 lecturas una de ellas es Alarma_Temp_Agua_Calandra (Ver Fig. 2. 15 y 2.16) debido a que en la tina el agua tiene que estar a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3\%$ una vez excedido dicho rango muestra la alarma en un estado Hi el cual es un aviso pero el proceso no parará donde el operador tiene que hacer los correctivos necesarios.

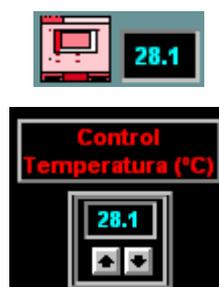


Fig. 2.16 Control Temperatura (°C)
Agua Calandra

Alarma_Temp_Agua_Calandra

Tenemos 2 Condiciones

Hi= 28 con Prioridad=6

Significa que si mi temperatura está entre 28°C a 29.9°C; dentro de este rango se muestra un alerta de alarma que se encuentra en este estado pero el proceso no se detiene. (Ver Fig. 2.17)

Condition	Level	Priority
HiHi:	30	8
Hi:	28	6
Lo:		
LoLo:		
Deadband:	0.1	

Fig. 2.17 Parámetros Alarma_Temp_Agua_Calandra

HiHi= 30 con Prioridad=8

Significa que si mi temperatura es igual o mayor de 30°C se muestra la alerta de alarma donde con estas condiciones mi proceso se para en forma inmediata.

Banda Muerta= 0.1

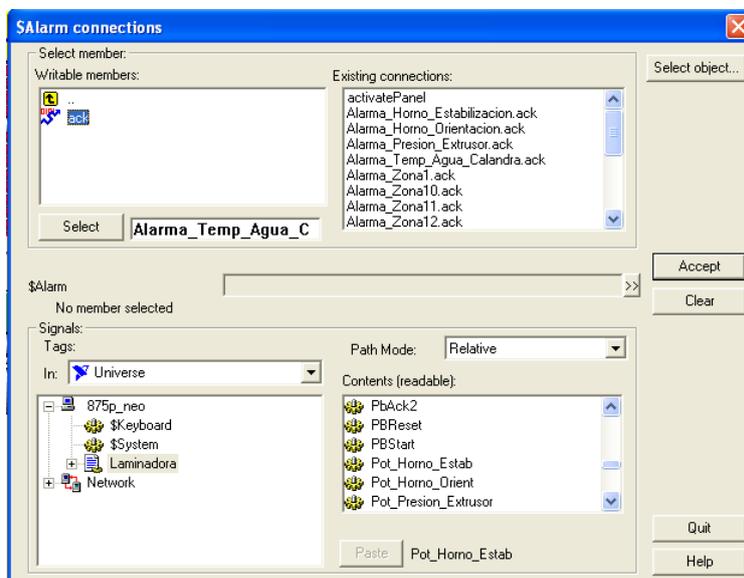


Fig. 2.18 Conexión de Parámetros Estados de Alarmas

Para la ejecución correcta de nuestros estados de alarmas debemos hacer las conexiones debidas utilizando las variables de control que necesitamos. (Ver Fig. 2.18)

2.4.2.1. Pantallas con Estado de Alarmas.

Extrusor (Vista Interna)

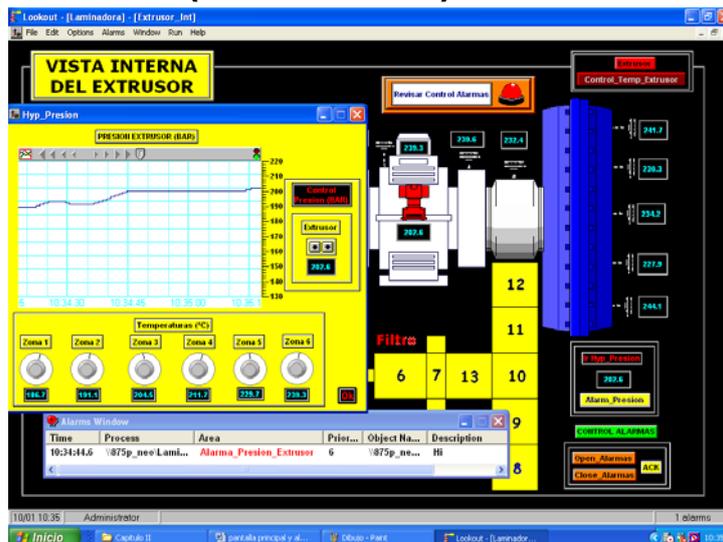


Fig. 2.19 Vista Estado Alarma Presión Extrusor

Horno Orientación.

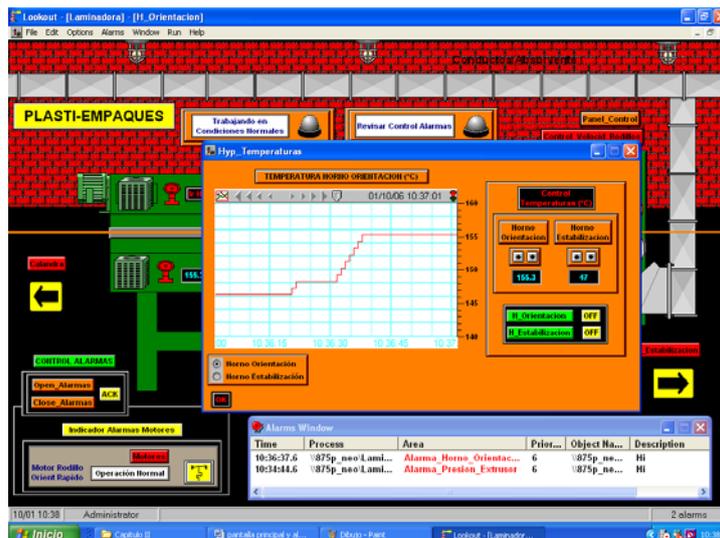


Fig. 2.20 Vista Estado Alarma Horno Orientación

Horno Estabilización.

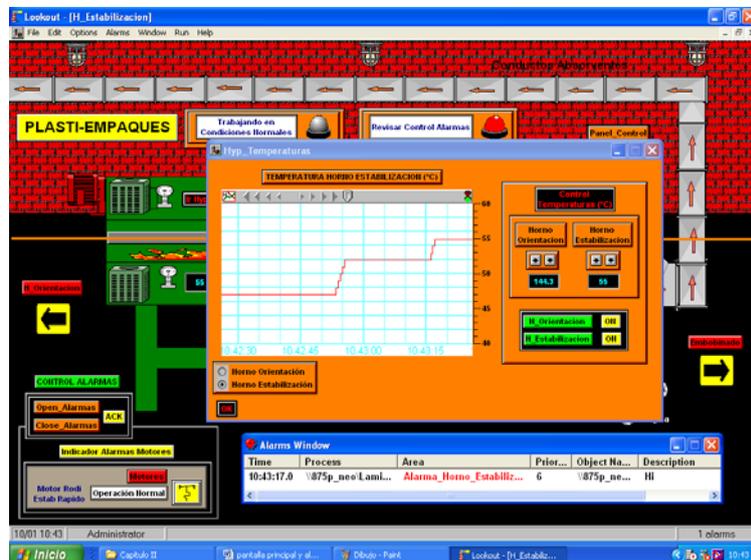


Fig. 2.21 Vista Estado Alarma Horno Estabilización

2.4.3. Descripción Pantalla Control Temperaturas (Zonas-Extrusor)

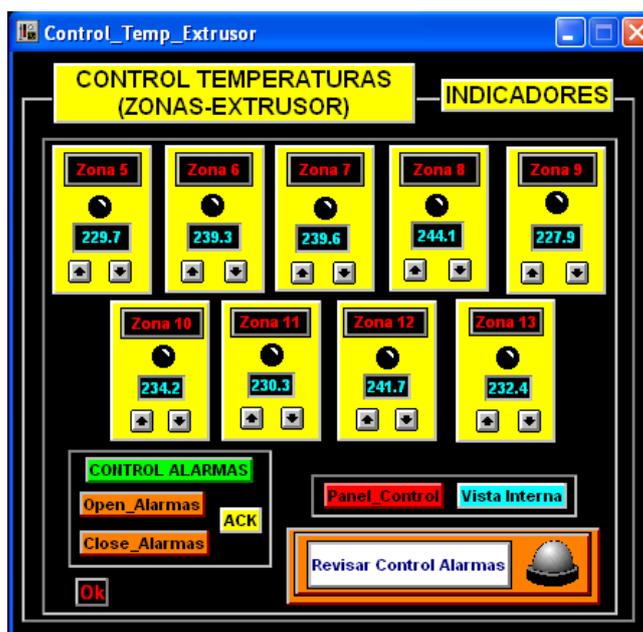


Fig. 2.22 Pantalla Control de Temperaturas (Zonas Extrusor)

En la presente pantalla tenemos la visualización del control de temperaturas (zonas-extrusor) (Ver Fig. 2.22 y 2.23) puesto que en nuestro proceso utilizamos un extrusor el cual está conformado por 13 zonas las mismas que se toman mediciones de temperaturas mediante termocuplas para un correcto desempeño del mismo.



Fig. 2.23 Vista Real Panel Control Temperaturas (Zonas Extrusor)

Mediante un botón de enlace podemos ver en que zonas se presenta dichos cambios de temperatura. Cada variación de temperatura tiene su correspondiente alarma para que así el operador pueda tener un perfecto control.

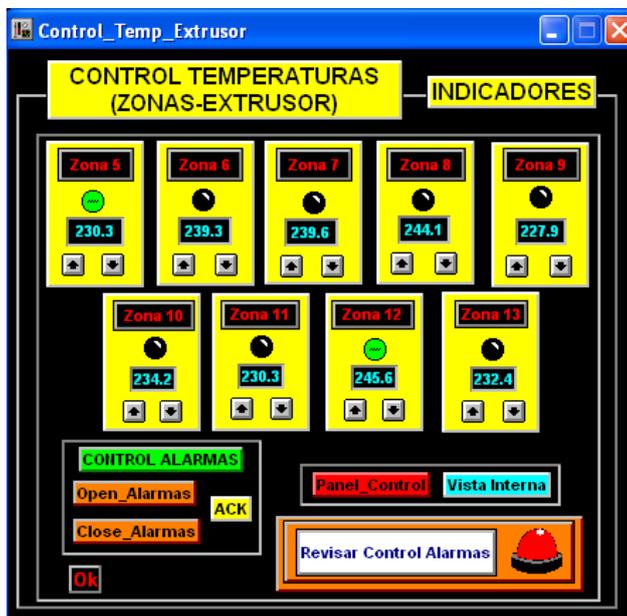


Fig. 2.24 Activación de Indicadores (Zonas Extrusor)

Observamos que en las primeras 4 zonas del extrusor poseen cada una un ventilador en caso de que la temperatura aumente (Ver Fig. 2.25); automáticamente el ventilador se enciende. Así mismo si la temperatura excede demasiado y el ventilador aún estando encendido no baja la temperatura el proceso para automáticamente.

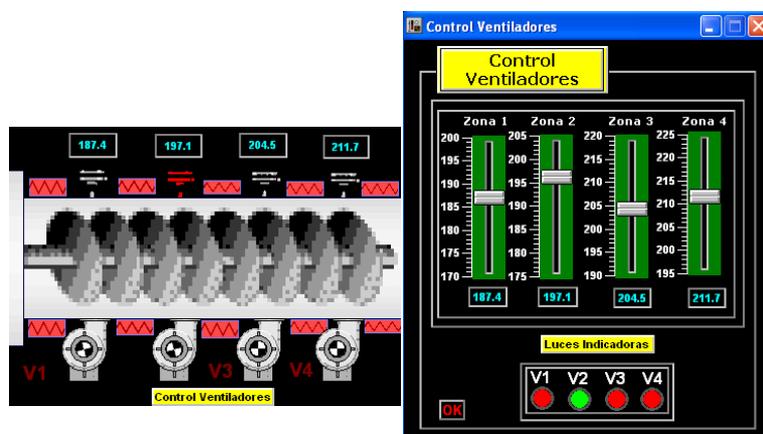


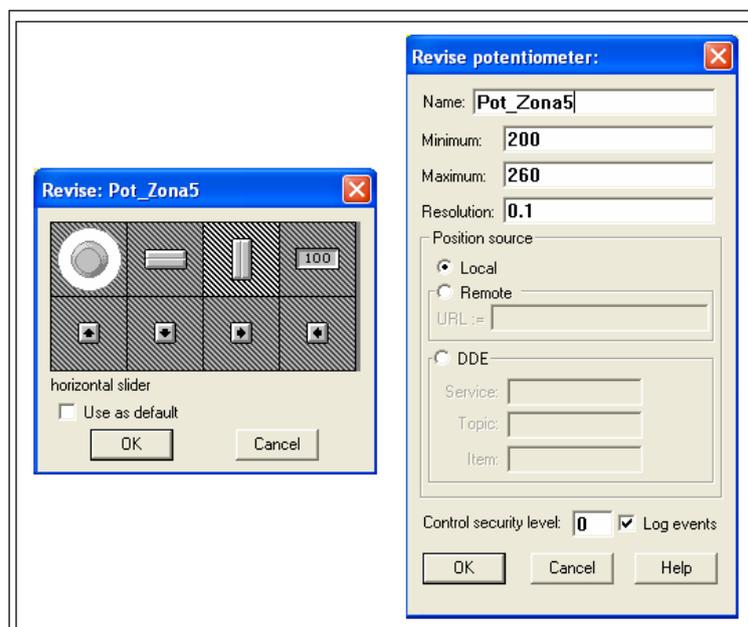
Fig. 2.25 Control Ventiladores (Zona 1 – 2 – 3 – 4)

Hay que recalcar que en todas las zonas cuando excede el rango establecido por temperatura, el proceso presenta un estado de alerta (**alarma**) donde el operador deberá revisar que tipo de falla se está presentando; en este caso por aumento de temperatura en las termocuplas presentes en cada zona del extrusor. Si la temperatura sigue incrementando pese al estado de alerta llegará un momento que el proceso para automáticamente

Referente a las zonas presentes en el extrusor, poseen un rango de $\pm 10^{\circ}\text{C}$.; (Ver Tabla # 2)

			Zona 1
			190
Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
195	210	215	220
Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9
230	230	235	220
Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13
225	225	235	230

**Tabla # 2 Niveles de Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$)
(Zonas Extrusor)**



**Fig. 2.26 Selección e ingreso de parámetros
Potenciómetro (Pot_Zona 5)**

Cada zona podemos nosotros simular el aumento o decremento de la temperatura por medio de potenciómetros donde en el recuadro podemos observar que le damos un nombre Pot_Zona5 y el rango correspondiente:

Máximo: 260 Mínimo: 200

Y al desplazar el potenciómetro su incremento sea de 0.1.
(Ver Fig. 2.26)

De la misma manera con las restantes zonas e igualmente con todas las demás controles de presión o de temperatura del proceso.

a) Estado Inicial

b) Indicador de aumento

de Temperatura



Fig. 2.27 Vista de Indicador Zona 5 (Extrusor)

Además de poseer termocuplas en cada zona podemos observar que existe un **sensor de presión (BAR)**.

(Ver Fig. 2.28)

Este medidor de presión variará de **2 formas**:

1. Cuando nosotros simulamos un exceso de presión de 200 BAR que puede darse en un proceso real cuando algún pedazo de metal ingresó al extrusor; esto hará a que el proceso pare automáticamente.
2. Y si en nuestras primeras 6 zonas existe una baja temperatura fuera del rango establecido el sensor de presión automáticamente sube. En caso de que la presión aumente y sobrepase los 200 BAR el proceso pare automáticamente.

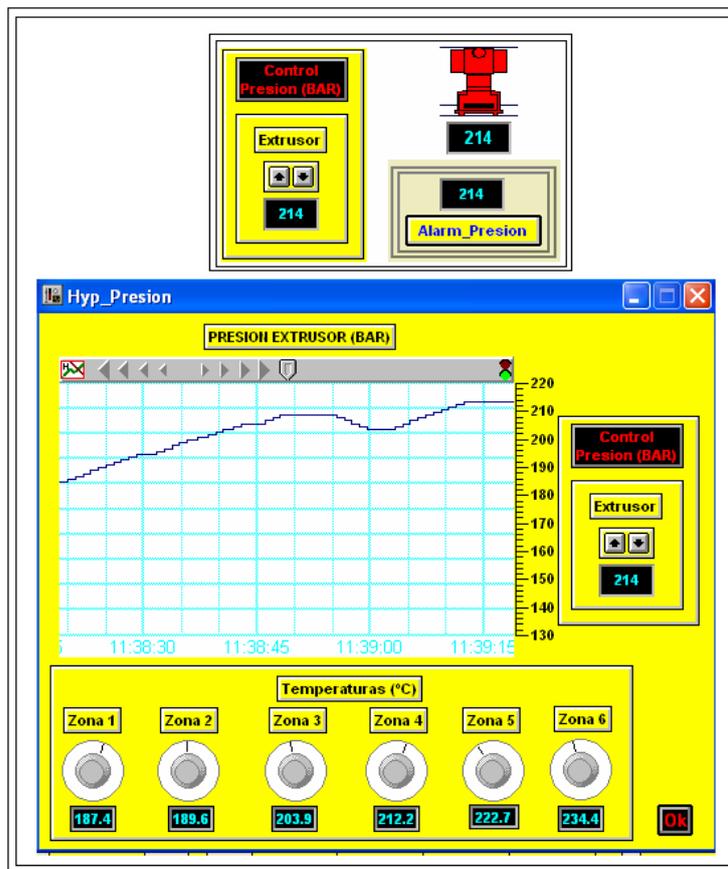


Fig. 2.28 Visualización Variación Presión Extrusor (BAR)

2.4.4. Descripción Control de Velocidades Rodillos

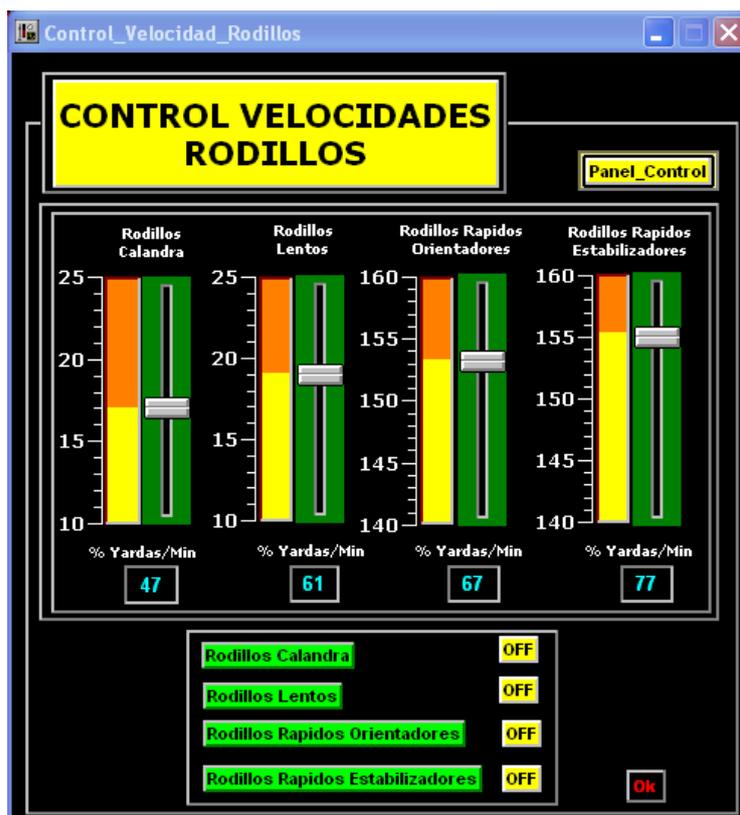


Fig. 2.29 Control Velocidades Rodillos

En la presente pantalla podemos observar que tenemos el control de velocidades de los rodillos. (Ver Fig. 2.29 y 2.30)

Está compuesto por cuatro rodillos:

- Rodillos Calandra
- Rodillos Lentos
- Rodillos Rápidos Orientadores
- Rodillos Rápidos Estabilizadores

Los mismos que deben estar reguladas a una velocidad; dicha velocidad ya está estandarizada para obtener un grosor en la lámina de **20000 deniers**.

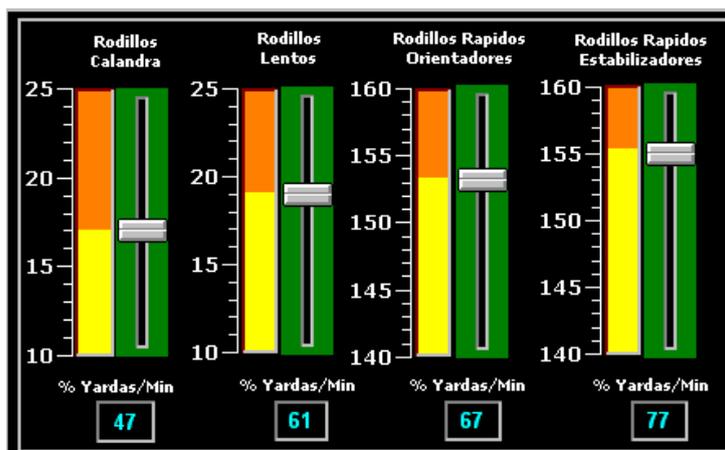


Fig. 2.30 Sliders (Rodillos Calandra – Lentos Rápidos Orientadores – Rápidos Estabilizadores)

Las unidades de velocidad de estos rodillos están en **Yardas/Minuto**. (Ver Tabla # 3)

Calandra	Lento	Rápido Orientador	Rápido Estabilizador
17	19	153	155

Tabla # 3 Unidades Yards/Minuto (Rodillos Calandra – Lento – Orientador Estabilizador)

Hay que recalcar que en dichos rodillos cuando la velocidad varía en un rango de ± 5 Yards/Minuto; el proceso presenta un estado de alerta (**alarma**) donde el operador deberá chequear que tipo de falla se está presentado para que no ocurra dicha variación de velocidad presente en los rodillos. Si la velocidad sigue variando; el proceso para automáticamente.

Además en nuestra pantalla tenemos indicadores de apagado y encendido (Fig. 2.31) de los correspondientes motores de los rodillos.



Fig. 2.31 Indicadores (Rodillos Calandra Lentos – Orientadores – Estabilizadores)

2.4.5. Secuenciador

Para la realización de nuestro proceso utilizamos una herramienta el cual nos permite tener un correcto procedimiento el mismo que es un secuenciador. (Ver Fig. 2.32)

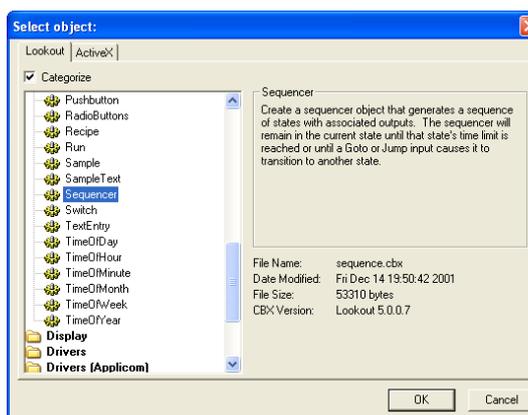
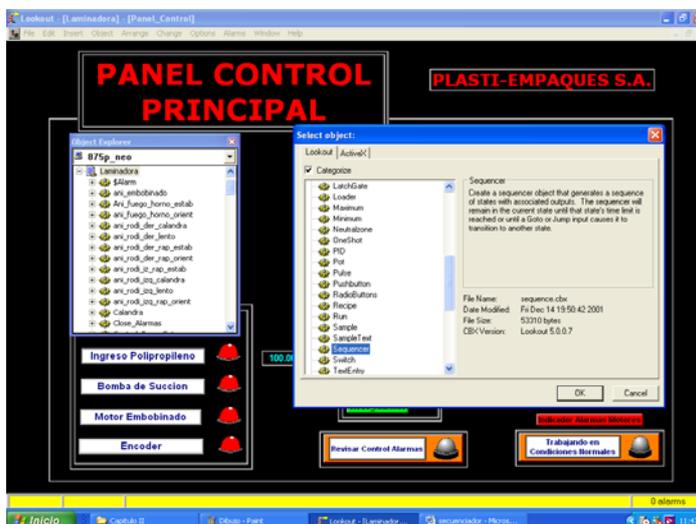


Fig. 2.32 Selección Herramienta Secuencer

Un secuenciador está compuesto por Nro de Estados, Etiquetas, Parámetros de Tiempo o Condicionales y Salidas. (Ver Fig. 2.33)



Fig. 2.33 Ingreso Parámetros (Secuenciador)

Para la elaboración de nuestro proyecto hemos empleado en total 3 secuenciadores:

- Seq_Principal
- Seq_H_Orient
- Seq_H_Estab

Seq_Principal

The screenshot shows the 'Revise Sequencer' dialog box for a sequence named 'Seq_Princi'. The 'States' field is set to 5. The table below shows the configuration for each state:

State No.	Label	Time Limit (HH:MM:SS)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	Apagado																											
2	Calentamient		<input checked="" type="checkbox"/>																									
3	Ing Materia Pr	00:00:1	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>																					
4	Polipropileno		<input checked="" type="checkbox"/>																									
5	Embobinado		<input checked="" type="checkbox"/>																									
6																												
7																												

Fig. 2.34 Vista Parámetros Secuenciador Principal

- Apagado
- Motores
- Ingreso Materia Prima
- Polipropileno
- Embobinado

Seq_H_Orient

The screenshot shows the 'Revise Sequencer' dialog box for a sequence named 'Seq_H_Orie'. The 'States' field is set to 3. The table below shows the configuration for each state:

State No.	Label	Time Limit (HH:MM:SS)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1																												
2	On		<input checked="" type="checkbox"/>																									
3	Off																											
4																												
5																												
6																												
7																												

Fig. 2.35 Vista Parámetros Secuenciador H_Orientador

Seq_H_Estab

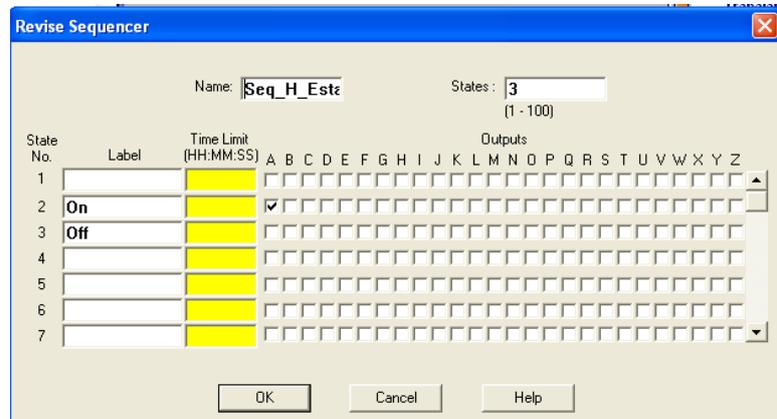


Fig. 2.36 Vista Parámetros Secuenciador H_Estabilizador

Y cada cambio de estado está condicionado mediante pulsos de botoneras o parámetros de tiempo y de mediciones de temperaturas/presión con el fin de obtener un mejor desarrollo.

Podemos darnos cuenta que a cada estado puede asignarse diversas salidas que están representadas por letras del alfabeto por un visto esto quiere decir que cuando nuestro proceso esté en dicho estado habrá un número de salidas el cual podrá ser visualizadas en nuestra pantalla por indicadores de luz o también visualizadas como salidas de un PLC.

Para la ejecución correcta de nuestro secuenciador debemos hacer las conexiones debidas utilizando las variables de control que necesitamos. (Ver Fig. 2.37)

También puede haber saltos automáticos puesto que se le puede asignar un tiempo el cual finalizado el mismo seguirá al estado siguiente.

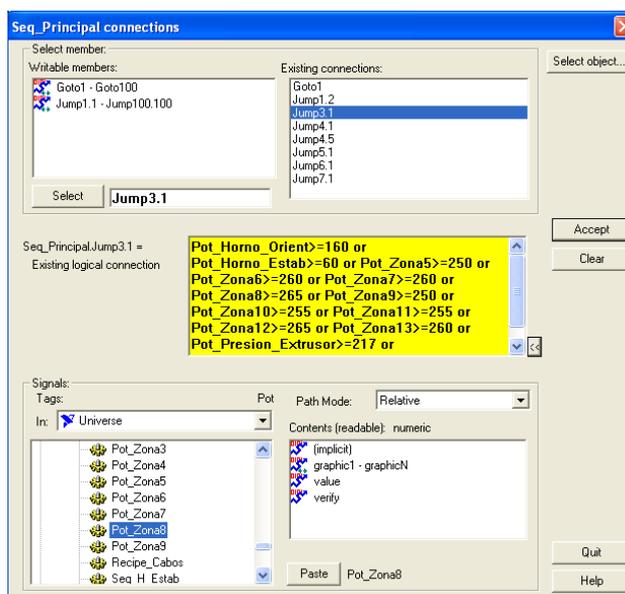


Fig. 2.37 Conexión Parámetros (Secuenciador)

Además al realizar las conexiones debidas también podemos restringir nuestro proceso en este caso cuando sea en cualquier estado que nos encontremos y si existe una alarma que me indica que en alguna parte del proceso

se presenta una anomalía sea por aumento de temperatura o presión y si este mismo aumento supera un rango máximo que hemos establecido (HiHi) mediante la conexión del proceso del secuenciador hará que automáticamente pase al estado 1 que es donde todo el sistema está sin operación es decir Apagado ya que en proceso real puede que se dañe un equipo y es necesario que el proceso se detenga.

2.4.6. Hyper Trend (Tendencia Gráfica)

Para una visualización gráfica de los parámetros de nuestro proceso utilizamos un Hyper Trend. (Ver Fig. 2.38)

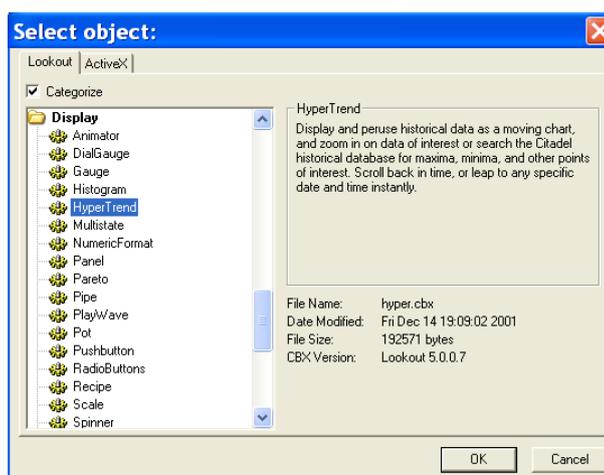


Fig. 2.38 Selección de Herramienta (Hyper Trend)

Podemos darnos cuenta que mediante el uso de esta herramienta nosotros podemos visualizar las variaciones que ocurren de los parámetros de temperatura o de presión en nuestro proceso respecto al tiempo (Ver Fig. 2.39 y 2.40) y así llevar un historial con un control exhaustivo de nuestro proceso.

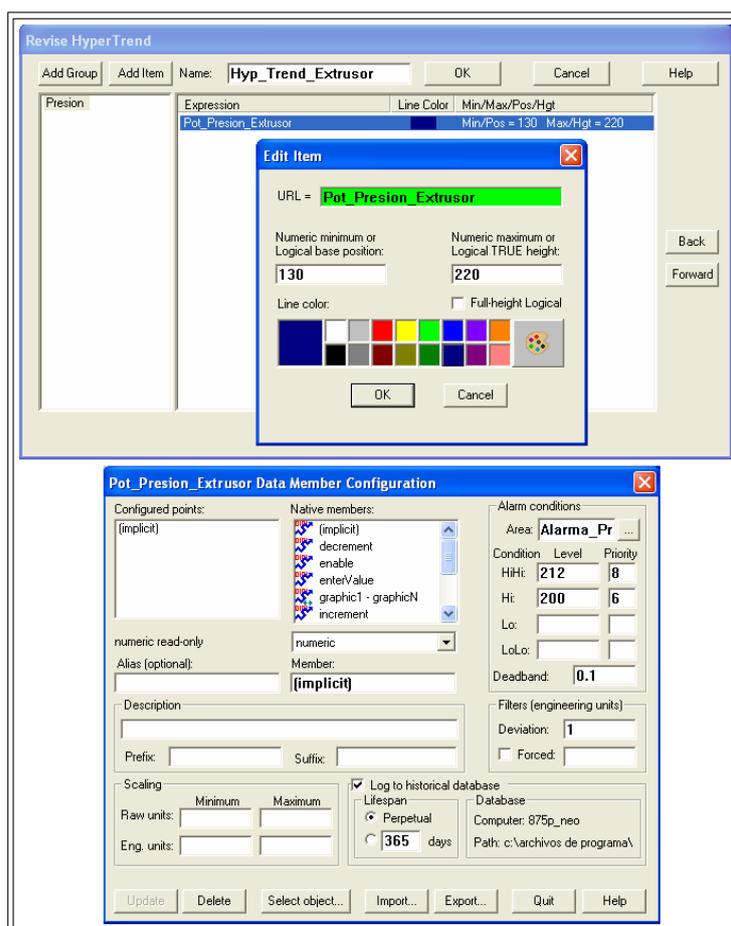


Fig. 2.39 Ingreso de Parámetros (Hyper Trend)

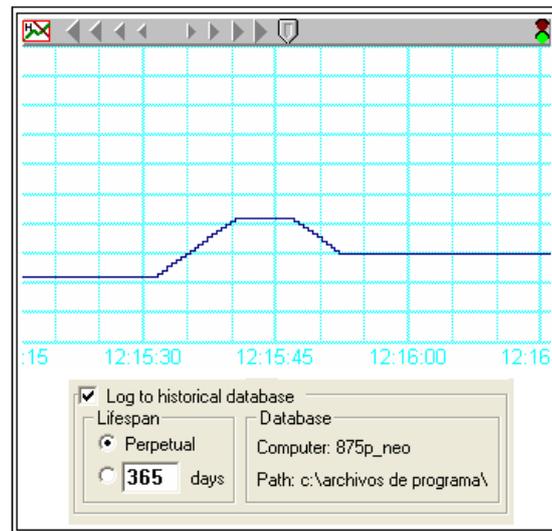


Fig. 2.40 Vista Gráfica (Hyper Trend)

En nuestro proceso implementamos esta herramienta para el control de los parámetros en el extrusor y los correspondientes hornos orientación y estabilización. (Ver Fig. 2.41, 2.42 y 2.43)

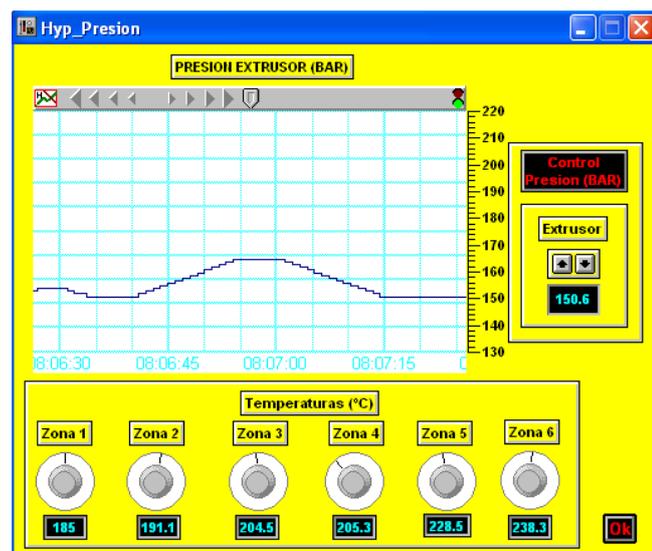


Fig. 2.41 Hyper Trend (Presión Extrusor (BAR))

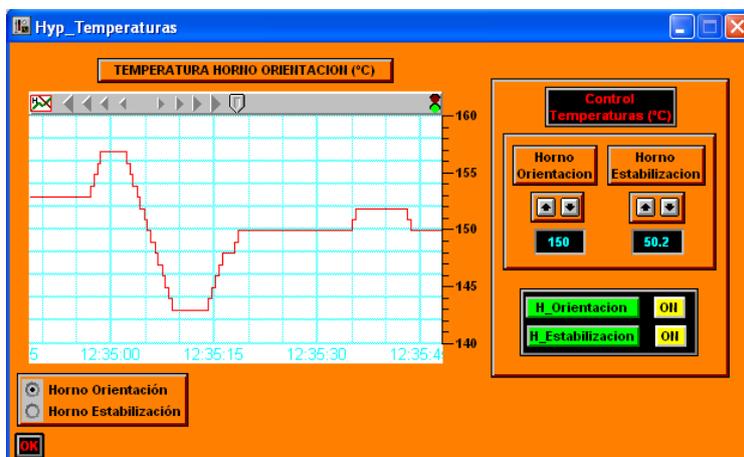


Fig. 2.42 Hyper Trend (Temperatura Horno Orientación (°C))

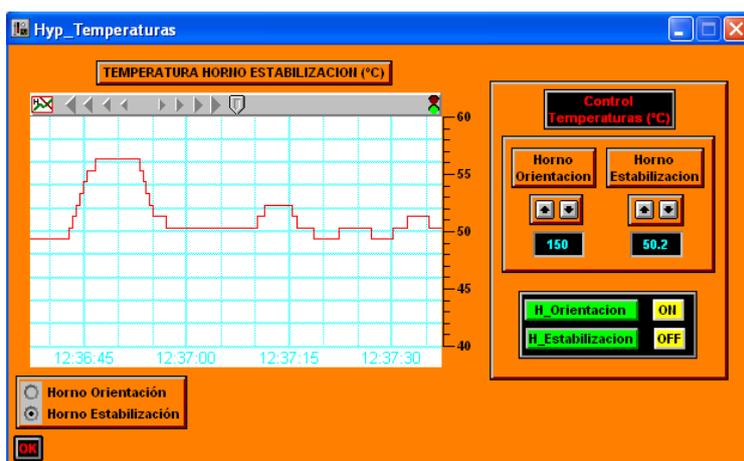
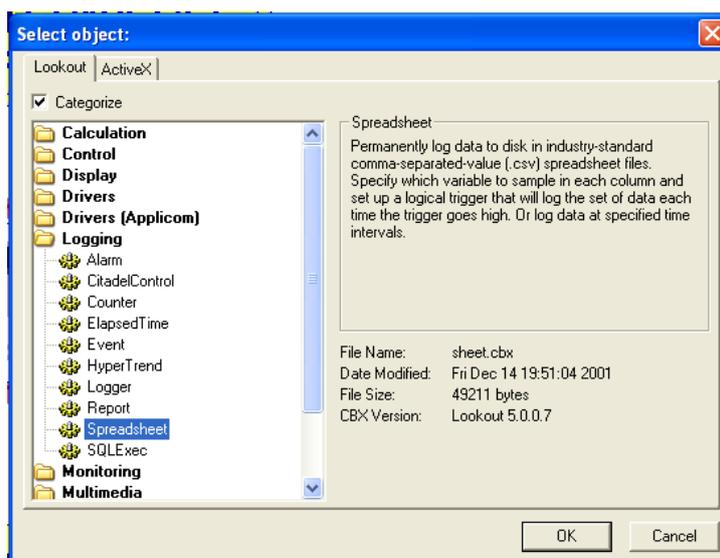


Fig. 2.43 Hyper Trend (Temperatura Horno Estabilización (°C))

Este recurso es muy importante y necesario en toda industria para llevar un historial o record actualizado de todas las variaciones que pueden ocurrir durante todo el proceso con el fin de obtener un producto en óptimas condiciones.

2.4.7. Spreadsheet (Hoja de Cálculo)

Esta herramienta es muy indispensable puesto que nosotros podemos obtener un informe detallado de las variaciones que pueden ocurrir en nuestro proceso; en este caso temperatura o de presión mediante un spreadsheet el cual cuyas variaciones las presenta en una hoja de cálculo en **Excel**.



2.44 Selección Herramienta Spreadsheet

Simplemente el uso de esta herramienta es muy fácil puesto que nosotros decidimos que parámetro deseamos tener un control exhaustivo para un mejor control en nuestro proceso.

En este caso podemos observar la creación de un spreadsheet para la Zona 1 (Extrusor Interno) **SS_Zona4** el cuál ingresamos un nombre de archivo.

“Zona4 Reporte” (Ver Fig. 2.45).

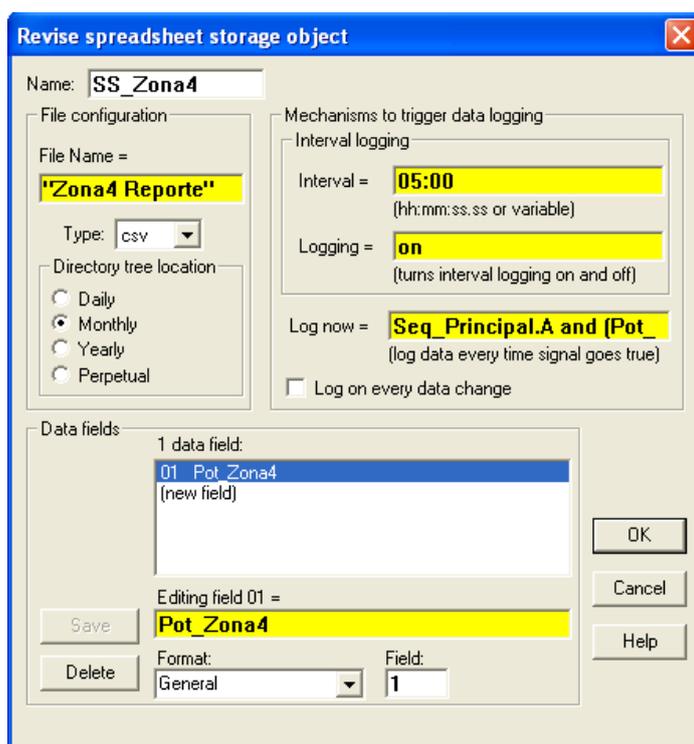


Figura 2.45 Ingreso de Parámetros (Spreadsheet)

Este nombre de archivo **“Zona4 Reporte”** se crea automáticamente como una Hoja de Cálculo en Excel donde nosotros podemos obtener las diferentes variaciones.

Así mismo nosotros definimos nuestro intervalo de tiempo; y la prioridad para que dicha hoja de cálculo se genere.

Podemos darnos cuenta del detalle que se genera en la Hoja de Cálculo el cual es la siguiente:

Tiempo, “Pot_Zona4”

Tiempo: Indicador de tiempo (mm/dd/yy)

Pot_Zona4: Valor que se genera en dicha zona

	A	B
1	Time,"Pot_Zona4"	
2	07/18/2005 13:10:00	211.7
3	07/18/2005 13:11:00	211.7
4	07/18/2005 13:15:00	211.7
5	07/18/2005 13:20:00	211.7
6	07/18/2005 13:25:00	211.7

Fig. 2.46 Detalle de un Spreadsheet

En este caso no ha existido ninguna variación en dicha zona.

2.5. Funcionamiento General del Proceso.

A continuación detallamos en forma clara y precisa el modo de funcionamiento de nuestro “**Proceso de Extrusión de Cintas de Polipropileno**” para la elaboración de cabos implementado en el **SCADA Lookout 5.1**.

Vista de Pantallas (Estado Inicial)

(Ver Anexo 1.3)

2.5.1. Modo de Funcionamiento y Secuencia del Proceso.

Tenemos nuestra Pantalla Control Principal, el mismo que está enlazada con las demás pantallas de control y con las pantallas de las etapas del proceso; además posee un botón habilitador “**Activa_Proceso**” donde al pulsarlo entra a un estado de calentamiento la máquina extrusora y los respectivos hornos orientador y estabilizador presentes en nuestro sistema con su respectivo

“Desactiva_Proceso” y nuestro botón “Marcha” para dar inicio a nuestro proceso con su correspondiente botón de “Paro”. Tenemos una “Recipe” (Receta) llamada **Cabos** que simplemente es donde nuestro ingreso de Materia Prima “polipropileno” (Ver Fig. 2.47); también presenta sus respectivos indicadores y la visualización de los diferentes estados del proceso a realizar.

Antes de iniciar marcha debemos pulsar en nuestra recipe **Cabos** “Materia Prima” para que así el SCADA sepa que tipo de material es el utilizado “polipropileno”. Una vez elegido nuestra Materia Prima nos proponemos a dar marcha a nuestro proceso.

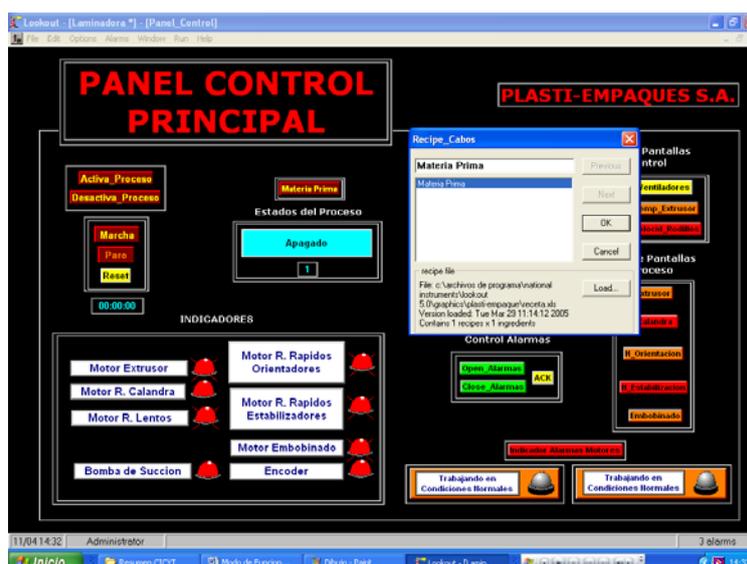


Fig. 2.47 Selección de Receta “Cabos”

Al oprimir el botón habilitador “**Activa_Proceso**” nuestro sistema entra a un estado de calentamiento; es decir las resistencias de la máquina extrusora se calientan y así mismo los correspondientes hornos presentes en el proceso con el fin de que se regulen en sus correspondientes valores de temperatura y presión (condiciones normales) para un correcto funcionamiento y obtener un producto de excelente calidad. Esta regulación en un proceso real tarda 2 horas; pero para nuestro proceso simplemente el tiempo es arbitrario puesto que nosotros colocamos los valores de nuestros parámetros en los rangos correspondientes. Una vez regulados dichos parámetros nos disponemos a pulsar nuestro botón de “**Marcha**”. Este funcionará siempre y cuando nuestros parámetros estén en **condiciones iniciales** (Valores de Temperatura, Presión y Seteo de Velocidades de los Rodillos presentes en el Proceso).

Podemos darnos cuenta que al pulsar **Marcha** los motores del **Extrusor (además Bomba de Aceite e intercambiadores de calor), Rodillos Calandra, Rodillos Lentos, Rodillos Rápidos, Embobinados,**

Motor Absorbente de Agua y Motor Absorbente de Papel se encienden en cascada para el funcionamiento de nuestro proceso.

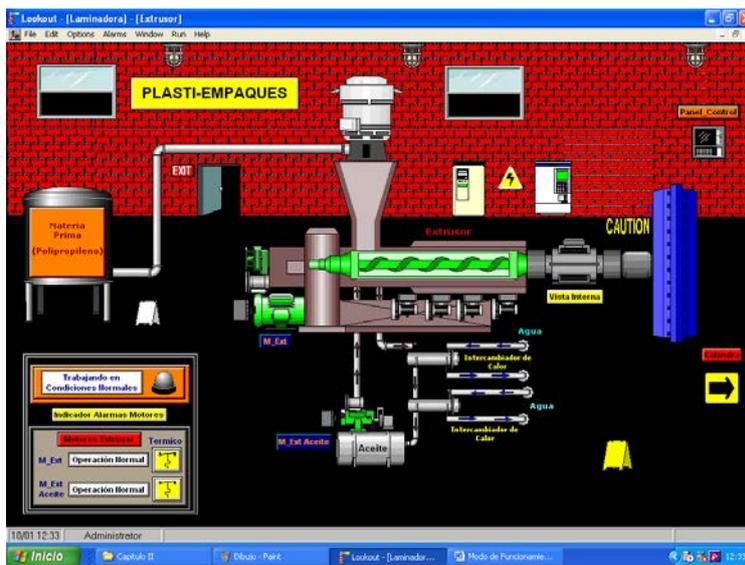


Fig. 2.48 Encendido Motor Extrusor

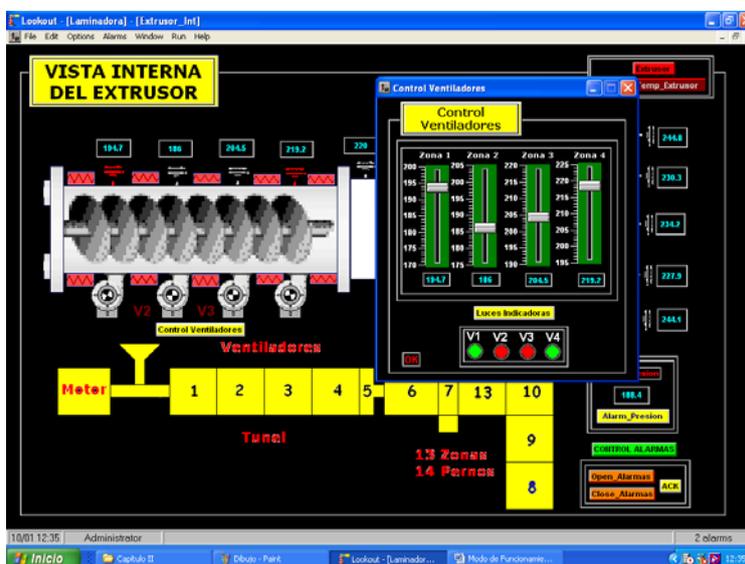


Fig. 2.49 Vista Monitoreo de Ventiladores Extrusor (Zona 1-2-3-4)

Después de haber pulsado el botón “**Marcha**”; observamos que la Materia Prima “polipropileno”; ingresa al extrusor mediante el encendido de una **Bomba de Succión** (Ver Fig. 2.50); la cual en su interior será triturada y se haga de forma viscosa y saldrá en forma de lámina por el cabezal del extrusor con un grosor determinado siguiendo por una tina de agua que tiene que estar a una temperatura de 25°C que hace que la lámina se enfríe (se solidifica) debido a que esta sale demasiado caliente por las altas temperaturas que se maneja en el extrusor. (Ver Fig. 2.51 y 2.52)

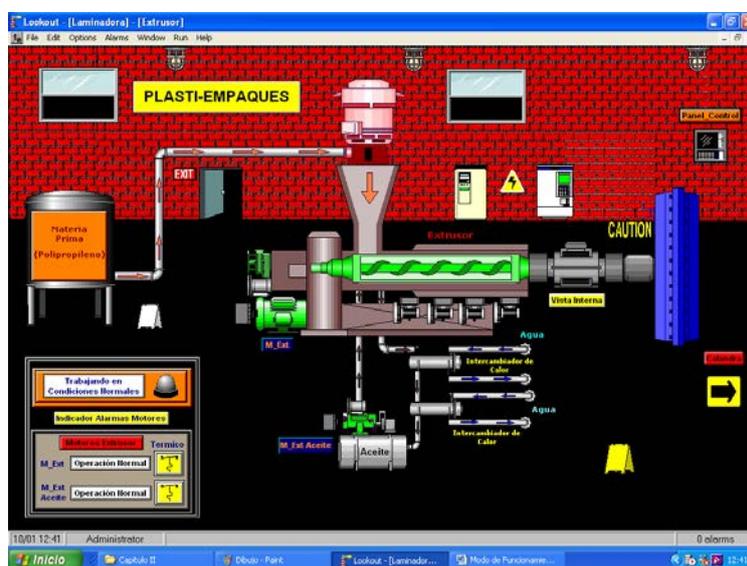


Fig. 2.50 Encendido Bomba Succión

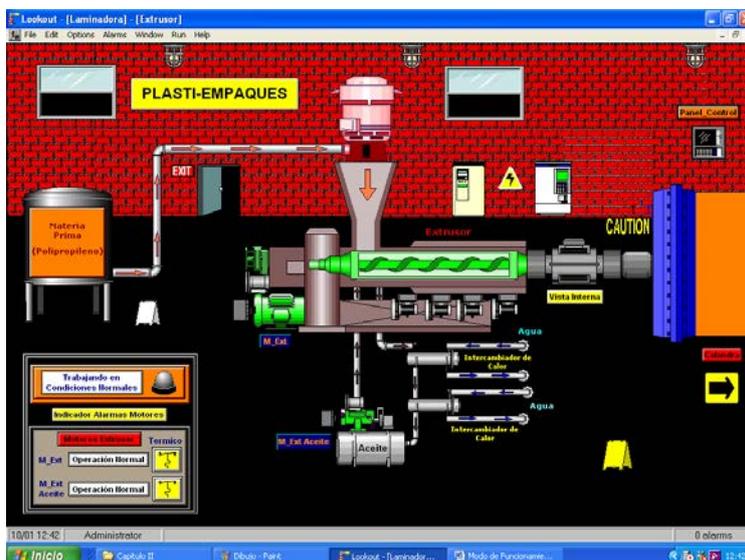


Fig. 2.51 Salida de Lámina del Extrusor



Fig. 2.52 Ingreso de Lámina por Rodillos Calandra

Al salir la lámina de la tina pasa por unos filtros de absorción de agua ya que la lámina debe pasar

totalmente seca a los rodillos calandra los mismos que son de caucho y tienen una velocidad de 17 yardas/min.

Luego de pasar por los Rodillos Calandras; la lámina pasa por las **cuchillas** las cuales harán que sea cortada en 4 tiras gruesas (o dependiendo del pedido se hace el corte) (Ver Fig. 2.53, 2.54 y 2.55) y a la vez queda un residuo el mismo que pasa directamente por un tubo conductor absorbente ya que estos desperdicios son reutilizados y las 4 tiras gruesas pasan por los **Rodillos Lentos** los cuales tienen una velocidad de 19 yardas/min.



Fig. 2.53 Ingreso de Lámina por Cuchillas

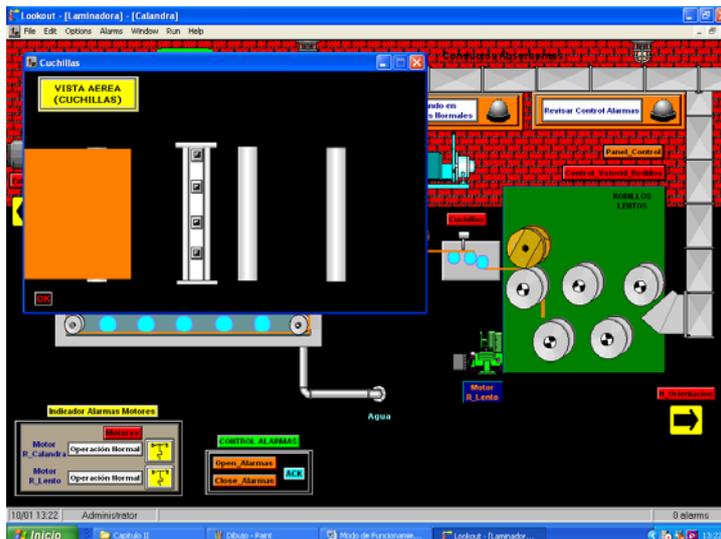


Fig. 2.54 Vista Aérea Cuchillas

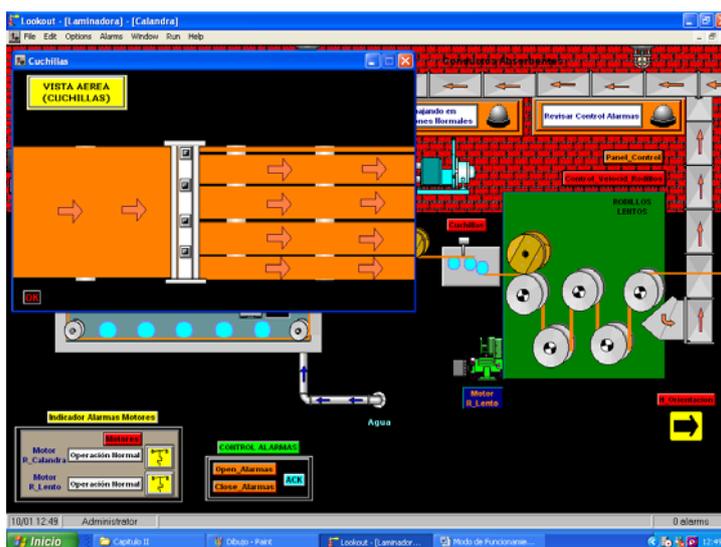


Fig. 2.55 Corte de Lámina

Una vez pasado la lámina por los **Rodillos Lentos** estás se disponen a pasar por un Horno llamado **Horno de Orientación** el cual está a una temperatura de alrededor de 150°C (Ver Fig. 2.56); con el fin de orientar las moléculas de plástico en un solo sentido; y al final del

Horno la lámina pasa por los **Rodillos Rápidos** los cuales tienen una velocidad de 153 yardas/min. (Ver Fig. 2.47)

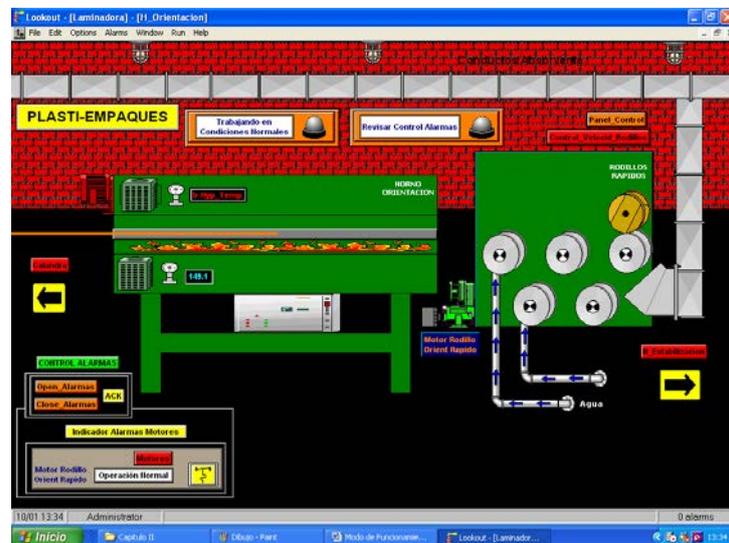


Fig. 2.56 Ingreso de Lámina a través del Horno Orientación

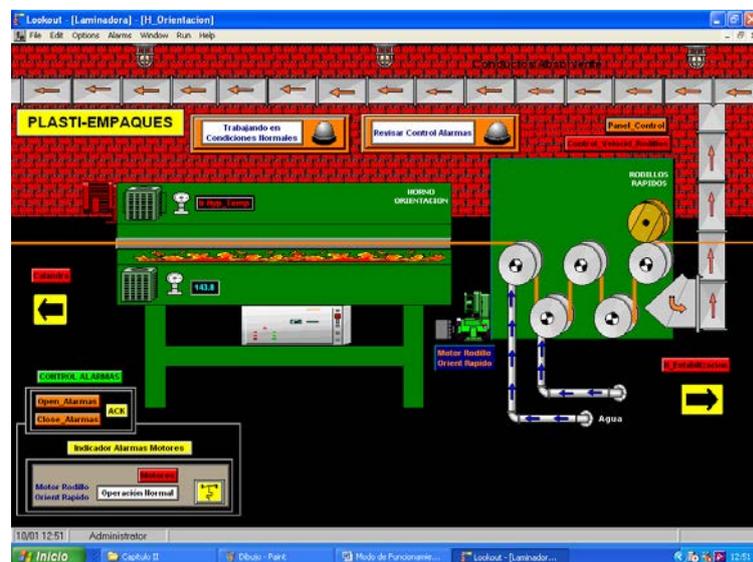


Fig. 2.57 Ingreso de Lámina a través de los Rodillos Rápidos Orientadores

En una forma parecida la lámina pasa por un Horno llamado Horno Estabilización el mismo que a diferencia del Horno de Orientación su temperatura es de 50°C (Ver Fig. 2.58); y su función simplemente es de estabilizar dicha orientación; así mismo pasa la lámina por los Rodillos Rápidos estos a diferencia de los otros es que tienen 2 puntos más de velocidad o sea a 155 yardas/min. (Ver Fig. 2.59)

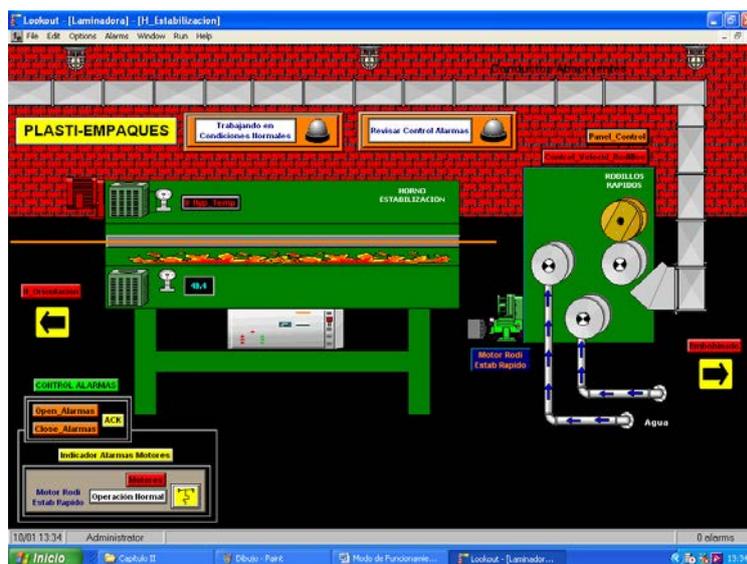


Fig. 2.58 Ingreso de Lámina a través de Horno Estabilizador

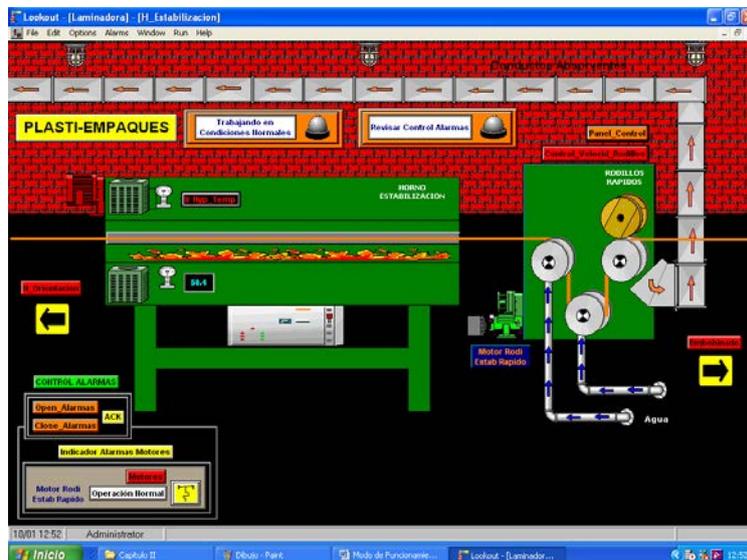


Fig. 2.59 Ingreso de Lámina a través de los Rodillos Rápidos Estabilizadores

Y finalmente una vez pasada la lámina por estas etapas llegamos al **embobinado** el cual está compuesto por un bailarín el mismo que hará una tensión a la lámina para que esta no se estire ni se encoja y evitar que se rompa (Ver Fig. 2.60); además se cuenta también con la presencia de un **encoder** el cual verifica la velocidad, posición y desplazamiento para mandar una señal al variador de velocidad el cual hará que mientras se esté embobinando la lámina, como esta cada vez aumenta su grosor por ende no puede estar regulada a la velocidad de los Rodillos Rápidos; el encoder simplemente hará que mientras su radio de embobinado aumente entonces la

velocidad de la lámina disminuya (por acción del variador de velocidad). (Ver Fig. 2.61, 2.62 y 2.63)



Fig. 2.60 Vista Real Embobinador



Fig. 2.61 Embobinado de Cintas de Polipropileno



Fig. 2.62 Encendido de Encoder para Embobinado



Fig. 2.63 Embobinado Final

Indicadores de Temperatura (Zona-Extrusor)

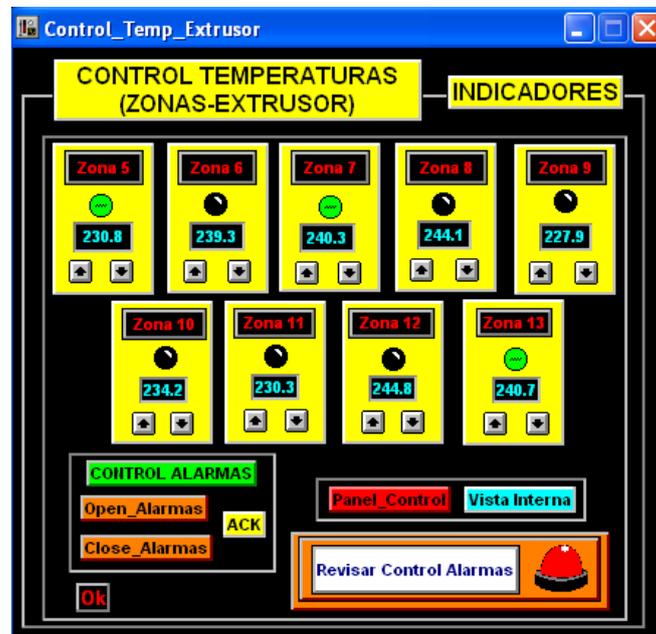


Fig. 2.64 Indicadores (Zonas 5-7-13)

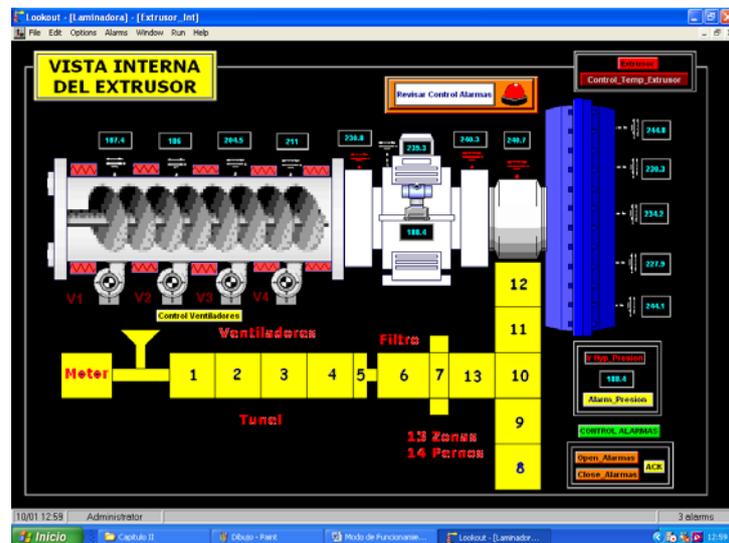


Fig. 2.65 Indicadores (Zonas 5-7-13)
Vista Interna Extrusor

Variación de Presión en el Extrusor

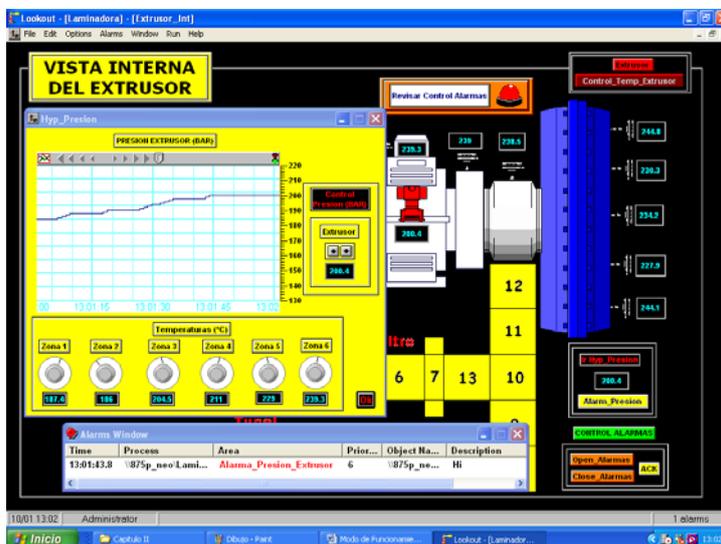


Fig. 2.66 Vista Monitoreo Presión (Extrusor)

Monitoreo Horno Orientador

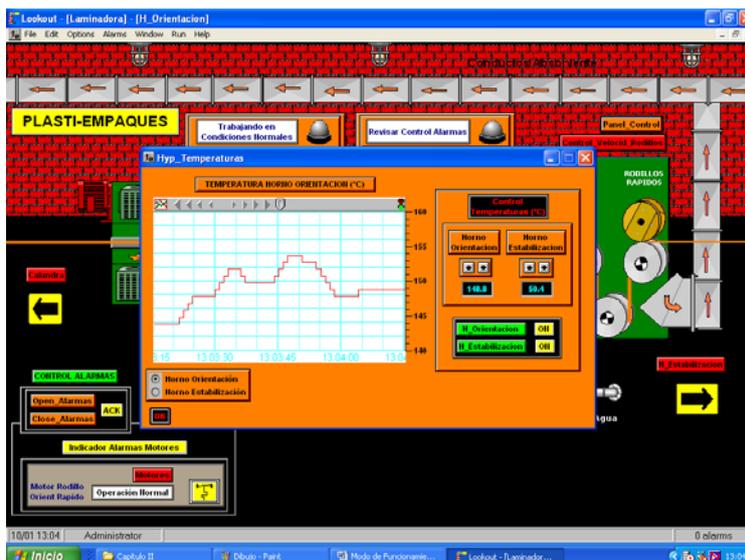


Fig. 2.67 Vista Monitoreo Horno Orientador

Monitoreo Horno Estabilizador

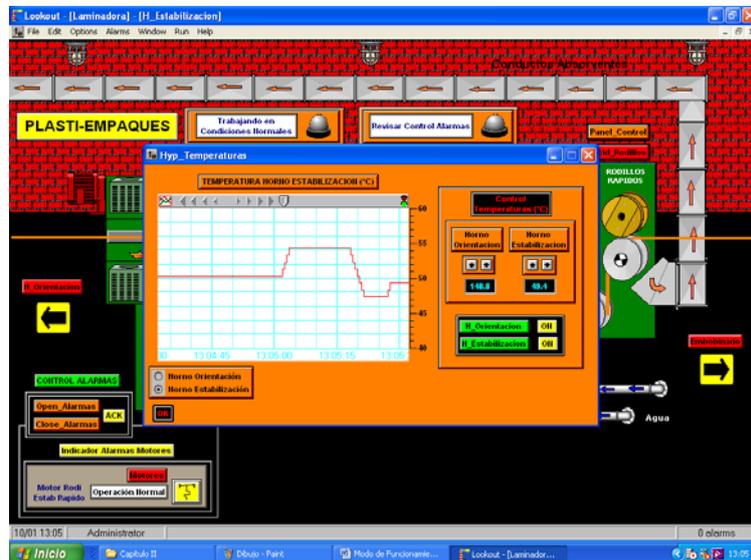


Fig. 2.68 Vista Monitoreo Horno Estabilizador

Capítulo III

III. USO DE HERRAMIENTAS QUE NOS OFRECE EL SOFTWARE LABVIEW 7.1.

3.1. Introducción a los Sistemas de Instrumentación Virtual.

Durante este capítulo vamos establecer cuales son las ventajas en el uso de un software como lo es LabVIEW 7.1 y utilizando sus correspondientes herramientas de trabajo los cuales nos permiten tener un sistema de monitoreo de un proceso industrial; en este caso la elaboración de Cintas de Polipropileno y así mismo tener un control de sus parámetros en dicho sistema.

¿Que es un Laboratorio Virtual?

Laboratorio virtual: Se habla de laboratorio virtual cuando se simula un proceso o sistema que se parece y se comporta

como un proceso o sistema real, para poder observar su comportamiento.

¿Que es un Instrumento Virtual?

Instrumento virtual: Se habla de instrumento virtual cuando se emplea la computadora para realizar funciones de un instrumento clásico pudiendo agregarle al instrumento otras funciones a voluntad.

¿Qué es LabVIEW?

El **LabVIEW** es un programa para el desarrollo de aplicaciones de propósitos generales, tales como el C, el Basic, el Pascal.

Herramientas de Desarrollo de Software

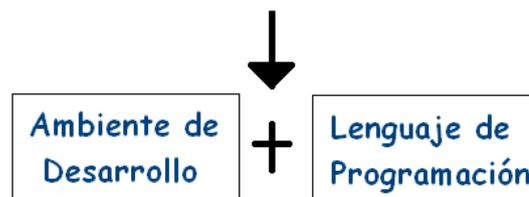


Fig. 3.1 Esquema de Software Labview

Ambiente de Desarrollo.

Depuración.

- Puntos de ruptura.
- Ejecución paso a paso.
- Ventana de seguimiento a variables

Facilidades de desarrollo.

- Panel frontal: Para observar el estado de las pantallas que estamos desarrollando.
- Paletas de funciones y controles para adicionar a nuestro proyecto.
- Herramientas para alinear los controles y funciones.

Lenguaje de Programación.

- LabVIEW usa el lenguaje de programación gráfico
Lenguaje G
- Sentencias (Gráficos) de control de Flujo y repetitivas.
- Posibilidad de declaración de variables.
- Modularidad a través de la confección de funciones.
- Trabajo con los eventos y propiedades de los controles y variables.

- Incluye bibliotecas de funciones extendidas para cualquier tarea de programación.
- Basado en objetos pero no permite nuevas declaraciones.
- Mecanismos de conexión con lenguaje C y C++ y DLL.

LabVIEW incluye bibliotecas para la adquisición de datos.

- Tarjetas de adquisición de datos
- GPIB.
- Entrada/ Salida (Puerto serie y paralelo).
- Análisis de señales.
- Almacenamiento de datos.
- Comunicación (TCP-IP, UDP y otros).
- Matemáticas.

¿Cómo se trabaja con el LabVIEW?

- Los programas en LabVIEW son llamados Instrumentos Virtuales (y son salvados con la extensión .VI).
- Los programas de LabVIEW constan de un panel frontal y un diagrama de bloques. En el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario, viene a ser la cara del VI y en

el diagrama de bloques se programa en lenguaje G el funcionamiento del VI.

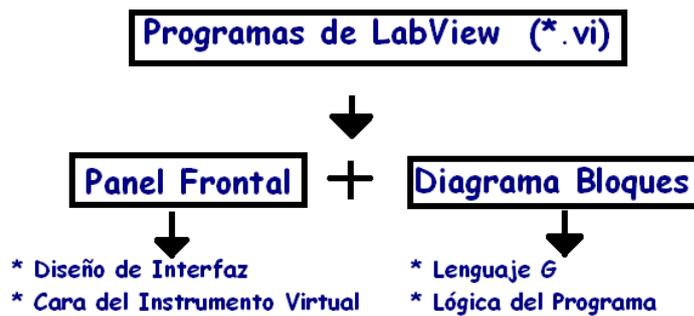


Fig. 3.2 Partes de un Programa de Labview

3.2. Programación y Desarrollo de Elementos Virtuales.

Los Programas en LabVIEW son llamados instrumentos virtuales (VI).

Debemos tener en cuenta que el programa Labview utiliza la siguiente terminología:

Controles = Entradas

Indicadores = Salidas

Cada VI contiene tres partes principales:

- Panel Frontal
- Diagrama de Bloque
- Icono/Conector

El **panel frontal** es utilizado para interactuar con el usuario cuando el programa esta corriendo. Los usuarios pueden controlar el programa, cambiar entradas, y ver datos actualizados en tiempo real. Cabe recalcar que los controles son usados como entradas, ajustando controles de deslizamiento para colocar un valor de alarma, encendiendo o apagando un interruptor, o parando un programa.

Los indicadores son usados como salidas. Termómetros, luces, y otros indicadores indican valores del programa. Esto puede incluir datos, estados de programa y otra información.

Cada control o indicador del panel frontal tiene una terminal correspondiente en el diagrama de bloques. Cuando un VI se ejecuta, los valores de los controles fluyen a través del diagrama de bloques, en donde estos son usados en las

funciones del diagrama, y los resultados son pasados a otras funciones o indicadores.

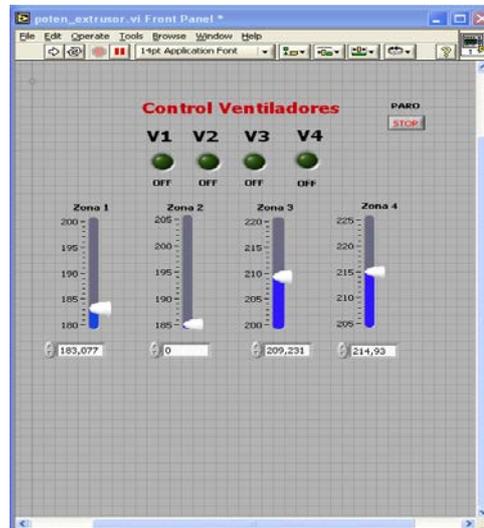


Fig. 3.3 Vista General del Panel Frontal

El **diagrama de bloque** contiene el código fuente grafico. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloque. Adicionalmente, el diagrama de bloque contiene funciones y estructuras incorporadas en las bibliotecas de LabVIEW. Los cables conectan cada uno de los nodos en el diagrama de bloques, incluyendo controles e indicadores de terminal, funciones y estructuras.

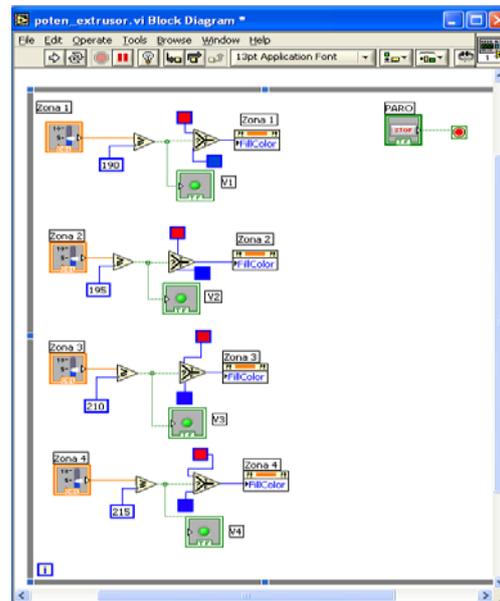


Fig. 3.4 Vista General del Diagrama de Bloque

3.3. Aplicación de la Instrumentación Virtual dentro del Proceso de Extrusión de Cintas de Polipropileno.

Para la aplicación de la instrumentación virtual en nuestro proceso, mediante LabVIEW 7.1 creamos nuestro VI y con la utilización de bibliotecas para la adquisición de datos (DAQ) podemos obtener una manipulación externa mediante comunicación serial (VISA) con el propósito de tener una interacción (Tarjeta-LabVIEW) para el control minucioso de

parámetros (temperatura y presión) y así mismo tener una visualización gráfica de la variación de dichos parámetros.

Específicamente trataremos sobre el modo de operación de la maquina extrusora, enfocándonos principalmente en sus primeras seis zonas, donde realizaremos sus correspondientes manipulación de datos.

Nuestra pantalla consiste básicamente en la visualización grafica de la variación de las temperaturas en las zonas mencionadas anteriormente y además del control de la presión ubicada en la zona 6 (filtro)

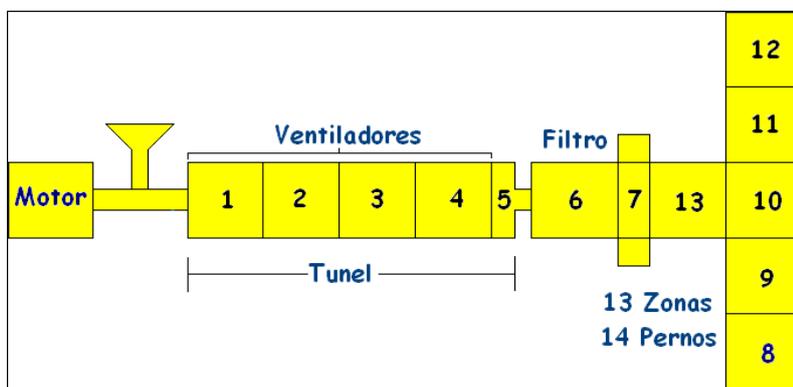


Fig. 3.5 Diagrama de la Máquina Extrusora (Zonas)

Adquisición de Datos

A continuación se presenta el flujo grama que describe el funcionamiento del software en LabVIEW:

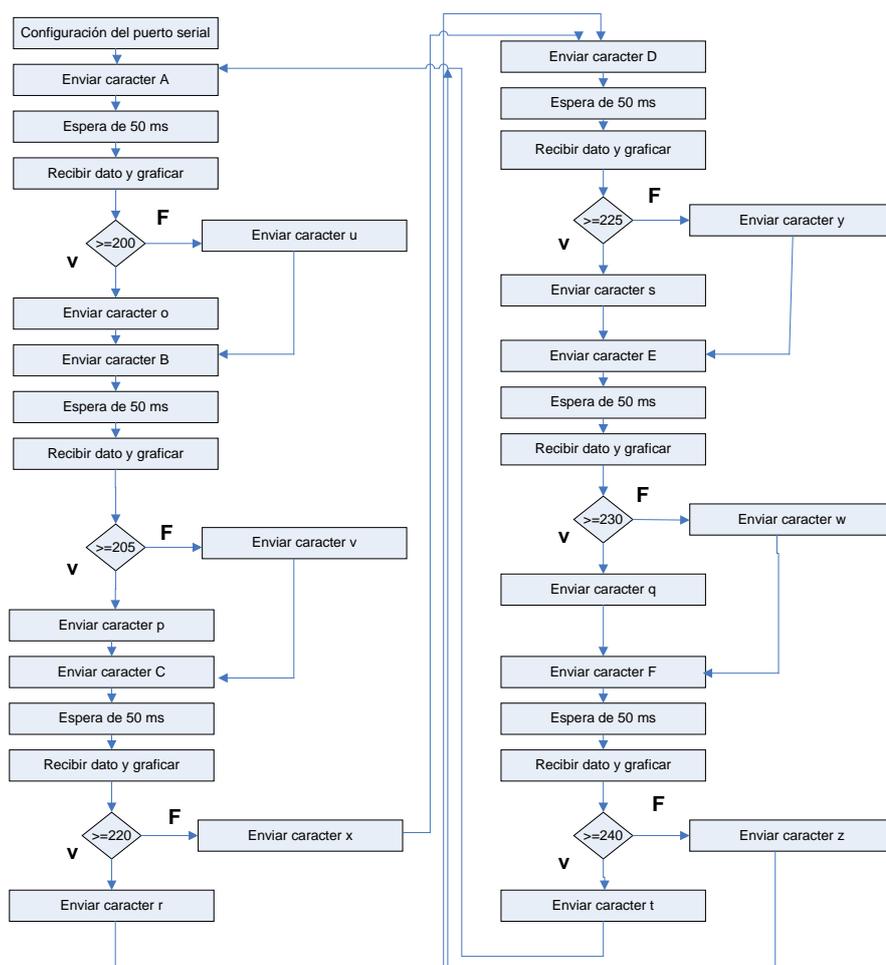


Fig. 3.6 Diagrama de Flujo (Programa en LabVIEW)

Vista de Pantalla Principal en Software LabVIEW 7.1

Básicamente nuestra Pantalla Principal es un monitoreo y control de las zonas presentes en la Máquina Extrusora (1 al 6) para tener un seguimiento de los diversos cambios de temperatura y presión que pueden presentarse en dichas zonas.

Podemos observar que consta de 6 entradas analógicas y 6 salidas digitales (indicadores de alarmas).

Tenemos en nuestra correspondiente pantalla un selector, donde se selecciona (COM1); puerto que será utilizado para la comunicación serial. Y en las primeras 4 zonas contiene sus respectivos indicadores (ventiladores) donde se activaran por un exceso de variación de temperaturas (Ver Fig. 3.7). Dicha variación se las realiza mediante las entradas analógicas.



Fig. 3.7 Indicadores (Control Ventiladores)

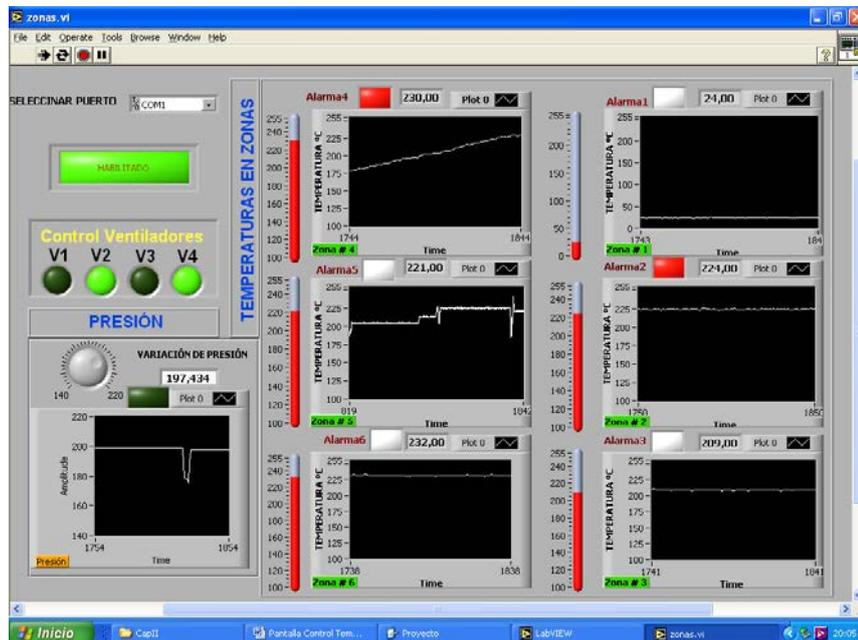


Fig. 3.8 Vista Pantalla Principal

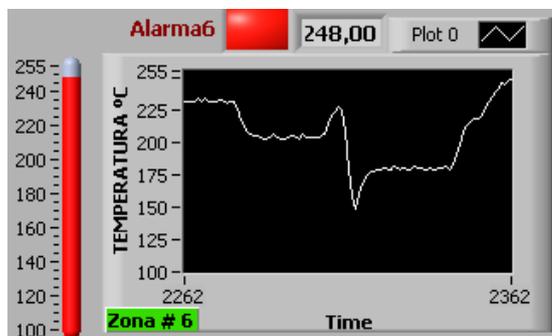


Fig. 3.9 Vista Gráfica (Zona 6)

Descripción de Bloques

Configuración de Puerto Serial

Se lo realiza una sola vez en el software y se lo hace mediante el control de LabVIEW llamado **VISA**.

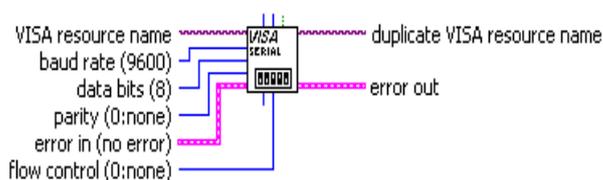


Fig. 3.10 Configuración Puerto Serial VISA

Mediante este control se establece los parámetros de funcionamiento del puerto serial, entre los que destacan las siguientes:

Nombre de fuente para Visa: Puede ser COM1, COM2, etc dependiendo de que puerto se planifique usar.

Velocidad de baudios: Puede ser 9600, 2400, 1200, 19600, es usado para establecer la velocidad de comunicación, por inicialización el sistema siempre tendrá 9600.

Control de paridad: En este caso se establece como 1 o 0, 0 en el caso que no se requiera utilizar un control de paridad, sirva para verificar que el dato recibido concuerde con la paridad de byte.

Bits de datos: Sirve para establecer el número de bits en la comunicación puede ser 8 o 9, en el caso de la tarjeta de adquisición desarrollada en el presente trabajo será siempre 8.

Enviar carácter X

Se define x como cualquier carácter descrito en el flujo grama, se envía un carácter al puerto serial y se usa el control Escritura de VISA:



Fig. 3.11 Control Escritura de VISA

De este control destacan los siguientes parámetros:

Nombre de Fuente de VISA: Es el puerto utilizado, en este caso COM1.

Almacenamiento de Escritura: Es utilizado para colocar el carácter a ser enviado.

Espera de 50 ms

Se recurre a un retardo de 50 ms en consideración del procesamiento del microcontrolador en el hardware, es decir, se da un tiempo hasta que el dato sea receptado por la tarjeta y haya sido procesado para luego enviar una respuesta. Para este propósito en LabVIEW se usa el control Multiplicador de milisegundos.

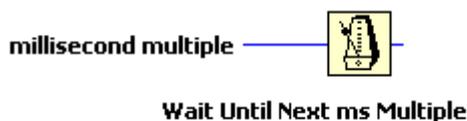


Fig. 3.12 Control Multiplicador de Milisegundos

Multiplicador de Milisegundos: Se establece el número de milisegundos que tendrá el retardo

Para este caso es de 50 ms.

Recibir Dato y Graficar

En este bloque el dato recibido es leído y graficado. Para la recepción se emplea el control Lectura de VISA.



Fig. 3.13 Control Lectura de VISA

Los parámetros establecidos son:

Nombre de fuente de VISA: En este caso es COM1.

Contador de Byte: Este parámetro indica cuantos bytes son leídos desde el puerto serial, en este caso sólo será uno.

Memoria leída: es la salida del control, desde este punto el dato recibido puede ser procesado.

Para la graficación del dato recibido es necesaria la conversión de este a un arreglo de bytes, se usa por lo tanto el siguiente control.

string  unsigned byte array

String To Byte Array

Fig. 3.14 Conversión a un arreglo de bytes

Para la graficación del dato en una escala desde 0 – 255 (ya que se utilizan 8 bits para representación del dato analógico) se usan los controles de Grafica, cabe mencionar que este tipo de control es visible en modo RUN (CORRER).

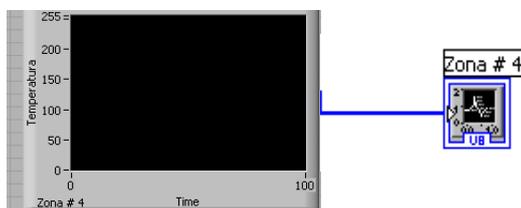


Fig. 3.15 Control Gráfico

Y para la visualización de dicha variación de parámetro de temperatura se utiliza un arreglo Índice

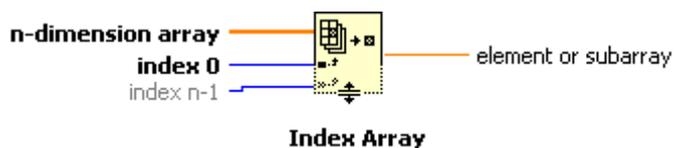


Fig. 3.16 Índice Arreglo

Convierte un arreglo de n dimensiones a un elemento o subarreglo; es decir podemos visualizar el valor de temperatura que se registra en ese momento.

>X

Para el caso de la comparación se lo realiza entre dos variables booleanas, la una es el dato recibido desde el puerto serial y el otro es una referencia que para objetos de definición se la ha descrito como X, pero en realidad puede ser un valor seteado para dicha comparación.

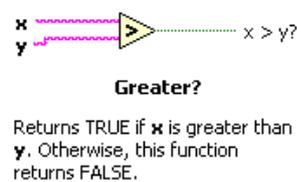
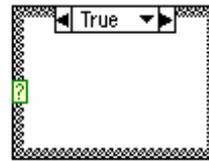


Fig. 3.17 Bloque Comparador

Para el caso de la toma de acciones dependiendo del valor de verdad de la comparación se utiliza el control Estructura de Caso, en la que se realiza una acción dependiendo el valor de verdad de una variable, en este caso la comparación de las cadenas.



Case Structure

Fig. 3.18 Estructura de Caso

Secuencia del Programa

Para completar la secuencia del programa se utiliza el control de LabVIEW llamado Estructura de secuencia, mediante este control el usuario puede programar distintas acciones a realizarse una después de la otra, el número de secuencias es de 12 (0-11) en el caso de la tarjeta de adquisición de datos desarrollada en el presente trabajo.



**Stacked Sequence Structure
[Stacked Sequence]**

Fig. 3.19 Estructura Secuenciador

Capítulo IV

IV. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS

4.1. Introducción.

Para el diseño, desarrollo e implementación de la tarjeta de adquisición de datos se utilizó como herramienta principal el microcontrolador **16F877A**, la misma que posteriormente se comunicará con el Programa **LabVIEW 7.1** para el manejo y manipulación de datos externos de nuestro proceso.

Dentro de este capítulo cabe recalcar ciertos aspectos acerca del microcontrolador; los [microcontroladores](#) están conquistando el mundo, están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Se pueden

encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, etc.

Controlador y Microcontrolador.

Recibe el nombre de controlador el dispositivo que se emplea para el [gobierno](#) de uno o varios [procesos](#). Por ejemplo, el controlador que regula el funcionamiento de un horno dispone de un sensor que mide constantemente su [temperatura](#) interna y, cuando traspasa los [límites](#) prefijados, genera las señales adecuadas que accionan los efectores que intentan llevar el [valor](#) de la temperatura dentro del rango estipulado.

Aunque el [concepto](#) de controlador ha permanecido invariable a través del [tiempo](#), su implementación [física](#) ha variado frecuentemente. Hace tres décadas, los controladores se construían exclusivamente con componentes de [lógica](#) discreta, posteriormente se emplearon los [microprocesadores](#), que se rodeaban con chips de [memoria](#) y E/S sobre una tarjeta de circuito impreso.

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta [escala de integración](#) que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de [Proceso](#)).
- Memoria [RAM](#) para contener los [datos](#).
- Memoria para el [programa](#) tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el [control](#) de [periféricos](#) (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el [sistema](#).

Aplicaciones de los Microcontroladores.

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y costo, mejorar su fiabilidad y disminuir el [consumo](#).

Existe una gran diversidad de microcontroladores. Quizá la clasificación más importante sea entre microcontroladores de 4, 8, 16 ó 32 bits.

En cuanto a las [técnicas](#) de fabricación, cabe decir que prácticamente la totalidad de los microcontroladores actuales se fabrican con [tecnología](#) CMOS 4 (Semiconductor de Oxido de Metal complementario). Esta tecnología supera a las técnicas anteriores por su bajo consumo y alta inmunidad al ruido.

Aplicación.- Antes de seleccionar un microcontrolador es imprescindible analizar los requisitos de la aplicación:

- [Procesamiento de datos](#): puede ser necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso debemos asegurarnos de seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello. Por otro lado, habrá que tener en cuenta la precisión de los datos a manejar: si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario acudir a microcontroladores de 16 ó 32 bits.

- **Memoria:** para detectar las necesidades de memoria de nuestra aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración.

Recursos Comunes a todos los Microcontroladores.

Al estar todos los microcontroladores integrados en un chip, su estructura fundamental y sus características básicas son muy parecidas. Todos deben disponer de los bloques esenciales Procesador, memoria de datos y de instrucciones, líneas de E/S, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos. Sin embargo, cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a las que se destinan preferentemente.

Arquitectura Básica.

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de von Neumann, en la actualidad se impone la arquitectura Harvard. La arquitectura de von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).

La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar [operaciones](#) de acceso ([lectura](#) o [escritura](#)) simultáneamente en ambas memorias. Figura 4.1.

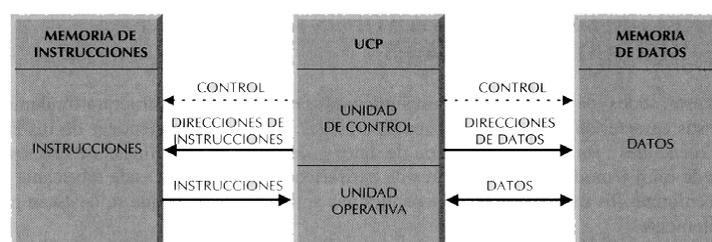


Fig. 4.1 Disponibilidad de Memorias de una Arquitectura Harvard

Los microcontroladores **PIC** responden a la arquitectura Harvard.

RISC: Tanto la [industria](#) de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están dirigidos hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido, las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo.

Memoria.

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las [variables](#) y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales:

1. No existen sistemas de almacenamiento masivo como [disco duro](#) o disquetes.
2. Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la [memoria ROM](#), sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

Según el tipo de memoria ROM que dispongan los microcontroladores, la aplicación y utilización de los mismos es diferente. Se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado.

1. ROM con máscara.- Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. El elevado costo del diseño de la máscara sólo hace aconsejable el [empleo](#) de los microcontroladores con este tipo de memoria cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

2. OTP.- El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura "programable una sola vez" por el

usuario. OTP (Un tiempo programable). Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un computador. La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la [construcción](#) de prototipos y series muy pequeñas.

3. EPROM.- Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Memoria de solo lectura programable y borrrable) pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un computador. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las cápsulas son de material cerámico y son más caros que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material [plástico](#).

4. EEPROM.- Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrrables eléctricamente (EEPROM) Tanto la [programación](#) como el borrado, se realizan

eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un computador, lo cual ofrece comodidad y rapidez. No disponen de ventana de cristal en la superficie. Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Este tipo de memoria es relativamente lenta.

- 5. FLASH.-** Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña. A diferencia de la ROM, la memoria [FLASH](#) es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor [densidad](#) que la EEPROM. La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado.. Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir

que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados "en circuito", es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta

Reloj Principal.

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o [una red](#) R-C.

Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía.

Recursos Especiales.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.

4.1.1. Tipos de Microcontroladores.

Los microcontroladores más populares se encuentran, sin duda, entre las mejores elecciones:

8048 (Intel). Es el padre de los microcontroladores actuales, el primero de todos. Su precio, disponibilidad y herramientas de desarrollo hacen que todavía sea muy popular.

8051 (Intel y otros). Es sin duda el microcontrolador más popular. Fácil de programar, pero potente. Está bien documentado y posee cientos de variantes e incontables herramientas de desarrollo.

80186, 80188 y 80386 EX (Intel). Versiones en microcontrolador de los populares microprocesadores 8086 y 8088. Su principal ventaja es que permiten aprovechar las herramientas de desarrollo para PC.

68HC11 (Motorola y Toshiba). Es un microcontrolador de 8 bits potente y popular con gran cantidad de variantes.

683xx (Motorola). Surgido a partir de la popular familia 68k, a la que se incorporan algunos periféricos. Son microcontroladores de altísimas prestaciones.

PIC (MicroChip). Familia de microcontroladores que gana popularidad día a día. Fueron los primeros microcontroladores RISC.

Es preciso resaltar en este punto que existen innumerables familias de microcontroladores, cada una de las cuales posee un gran número de variantes.

Para el diseño, desarrollo y aplicación de nuestra **tarjeta de adquisición de datos** utilizamos el **microcontrolador 16F877A** perteneciente a la familia de **Microchip** puesto que contienen una arquitectura tipo RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido) puesto que en estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo.

4.2. Microcontrolador PIC 16F877A.

4.2.1. Generalidades.

En este [proyecto](#) se utilizó el **PIC 16F877**. Este microcontrolador es fabricado por MicroChip [familia](#) a la cual se le denomina **PIC**. El modelo 16F877 posee varias [características](#) que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en la aplicación que posteriormente será detallada.

Algunas de estas características se muestran a continuación:

- Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- Amplia memoria para datos y programa.
- Memoria reprogramable: [La memoria](#) en este PIC es la que se denomina [FLASH](#); este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).

- Grupo de instrucciones reducido (tipo RISC), pero con las instrucciones necesarias para facilitar su manejo.

Características.

En la siguiente tabla se pueden observar las características más relevantes del dispositivo:

Características	16F877A
Frecuencia Máxima	DX-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Temporizadores	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	RISC
Canales PWM	2

Tabla # 4 Características del PIC 16F877A

4.2.2. Puertos de Entrada y Puertos Salidas.

Descripción de los puertos:

Puerto A:

- Puerto de e/s de 6 pines
- RA0/ AN0
- RA1/ AN1
- RA2/ AN2 y Vref-
- RA3/ AN3 y Vref+
- RA4(Salida en colector abierto) / T0CKI(Entrada de reloj del modulo Timer0)
- RA5/ AN4 y SS ([Selección](#) esclavo para el puerto serie síncrono)

Puerto B:

- Puerto e/s 8 pines
- Resistencias pull-up programables
- RB0/Interrupción externa
- RB4-7 interrupción por [cambio](#) de flanco
- RB5-RB7 y RB3 / programación y debugger in circuit

Puerto C:

- Puerto e/s de 8 pines
- RC0, T1OSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del modulo Timer1).
- RC1-RC2/PWM/COMP/CAPT
- RC1 /T1OSI (entrada osc timer1)
- RC3-4 /IIC
- RC3-5 /SPI
- RC6-7 /USART

Puerto D:

- Puerto e/s de 8 pines
- Bus de datos en PPS ([Puerto paralelo](#) esclavo)

Puerto E:

- Puerto de e/s de 3 pines
- RE0 y AN5 y Read de PPS
- RE1 y AN6 y Write de PPS
- RE2 / RE2 y AN7 y CS de PPS

Dispositivos Periféricos:

- **Temporizador 0:** Temporizador-contador de 8 bits con preescalador de 8 bits
- **Temporizador 1:** Temporizador-contador de 16 bits con preescalador que puede incrementarse en modo reposo de forma externa por un cristal/reloj.
- **Temporizador 2:** Temporizador-contador de 8 bits con preescalador y postescalador.
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Anchura de Impulsos).
- Conversor Analógico/Digital de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I²C (Master/Slave).
- USART/SCI (Transmisor Recibidor Síncrono Asíncrono Universal) con 9 bit.
- Puerta Paralela Esclava (PSP) solo en encapsulados con 40 pines

Diagrama de Bloques del PIC 16F877.

(Ver Anexo 1.4)

Descripción de Pines.

(Ver Anexo 1.5)

4.2.3. Comunicación Serial.

Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

- UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona
- Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.
- USB (Universal Serial [Bus](#)), que es un moderno bus serie para los PC.
- Bus I²C, que es un interfaz serie de dos hilos.
- CAN (Controller Area Network), para permitir la adaptación con redes de conexionado multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles. En EE.UU. se usa el J1850.

4.3. Implementación de una Tarjeta de Adquisición de Datos para una Etapa del Proceso.

Para el desarrollo, diseño e implementación de una tarjeta de adquisición de datos de nuestro “**Proceso de Extrusión de Cintas de Polipropileno**” para la elaboración de cabos; estamos tomando en cuenta el funcionamiento de las primeras 6 zonas de calentamiento que posee la máquina extrusora.

El objetivo principal de la tarjeta de adquisición de datos es manipular datos externamente y así llevar un control exhaustivo de los parámetros en dicho proceso mediante entradas analógicas. En este caso los parámetros corresponden a temperatura y presión presentes en la máquina extrusora que serán reflejadas mediante salidas digitales y una visualización gráfica de la variación que presentan dichos parámetros mediante la comunicación serial con el programa **LabVIEW 7.1**.

Diagrama de Bloques.

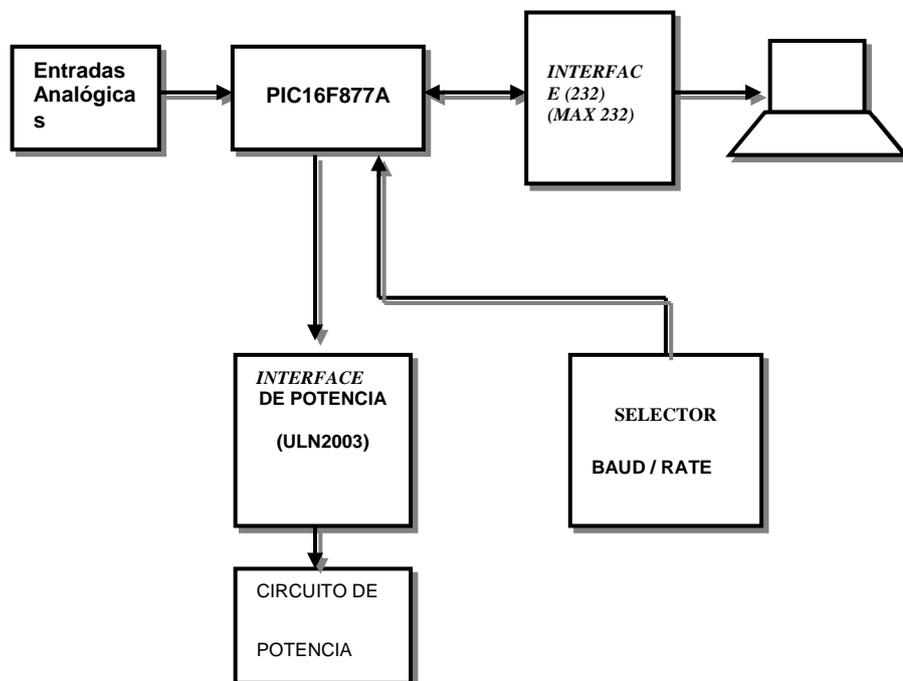


Fig. 4.2 Diagrama de Bloques (Implementación Tarjeta Adquisición de Datos)

Entradas analógicas: El sistema posee 6 entradas analógicas de 0 – 5 VCD, en cada entrada deben ser colocado un sensor de temperatura con resolución de 1°C/10mV.

Selector de Rango de Baudios: El sistema da la posibilidad al usuario de seleccionar la velocidad de comunicación, mediante una tecla, las velocidades a seleccionar son:

- 1200 baudios
- 2400 baudios
- 9600 baudios
- 19200 baudios

Interface de potencia.- El microcontrolador manipula el estado de los Relé mediante el integrado ULN2003 (50V, 500mA), que posee 7 transistores en configuración colector abierto, también se activan y desactivan los leds correspondientes a cada Relé.

Interface (232).- Mediante el integrado max 232 se logra la comunicación con un terminal convirtiendo los niveles TTL de voltaje a niveles conforme la norma (232), (12V, -12V).

Circuito de Potencia.- Consta de 6 relé de 12VDC en la bobina, cada una es activado microcontrolador por medio del ULN2003.

Configuración de Puertos.

El sistema de adquisición de datos utiliza como elemento central el **PIC16F877A** de la casa fabricante **MICROCHIP**, este dispositivo cuenta con 5 puertos:

PUERTOS	# PINES
A	6
B	8
C	8
D	8
E	3

Tabla # 5 Tabla Configuración Puertos

Configurados de la siguiente forma:

PUERTO A:

Configurado para entradas ANALOGICAS en todos sus pines RA0, RA1, RA2, RA5 a excepción de RA3 configurada como voltaje de referencia y RA4 que no está habilitado para conversión análoga digital.

La configuración del puerto A es:

```
movlw    b'01000001'  
movwf    ADCON1  
movlw    b'11111111'  
movwf    TRISA
```

Mediante el registro TRISA se configuran todos los pines correspondientes en entradas.

Los bits PCFG correspondientes al registro ADCON <3:0> configuran los pines del puerto A como entradas analógicas dejando como referencia de voltaje externo al pin RA3.

PUERTO B:

Este puerto es configurado como salida, cuya función en su totalidad corresponde a la activación y desactivación de los relés de salida, como el sistema de adquisición cuenta únicamente con 6 salidas digitales, los pines utilizados son desde RB7 a RB2, los pines RB1 y RB0 no son utilizados.

La configuración del registro TRISB es:

```
clrf    TRISB
```

PUERTO C:

En el PUERTO C, específicamente en los pines RC7/Rx, y RC6/Tx conmutan su función de entradas/salidas digitales con el módulo USART para que este módulo funcione correctamente es necesario la programación del puerto como:

- RC7/Rx como entrada
- RC6/Tx como salida

Por otro lado los pines RC0-RC4 son salidas que activan y desactivan leds indicadores de baud rate por lo que los bits de TRISC son configurados como:

```
movlw   b'10000000'  
movwf   TRISC
```

PUERTO D:

Del puerto D es únicamente usado el pin RD1, que es utilizado como tecla para la selección del BAUD RATE, por lo que se hace necesario programar TRISD como sigue:

```
movlw    b'11111110'  
movwf    TRISD
```

Cabe mencionar que el sólo el BIT TRISD,1 es utilizado.

PUERTO E:

La totalidad del puerto E es decir RE0, RE1 y RE2 son usados como entradas analógicas como complemento al puerto A, la ajuste de TRISE es:

```
movlw    b'00000111'  
movwf    TRISE
```

Configuración de Módulos Especiales.

Para el correcto del funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos se utilizan varios recursos que ofrece el microcontrolador PIC16F877A, esta son:

1. Uso de interrupciones.
2. comunicación del microcontrolador con la PC por medio del módulo USART.
3. uso del convertidor análogo digital.

A continuación se describe las configuraciones necesarias para cada recurso

Interrupciones.

Según el flujo de programación descrito a continuación; el microcontrolador atiende una interrupción cada vez que se recibe un dato válido proveniente de la computadora a través del módulo **USART**.

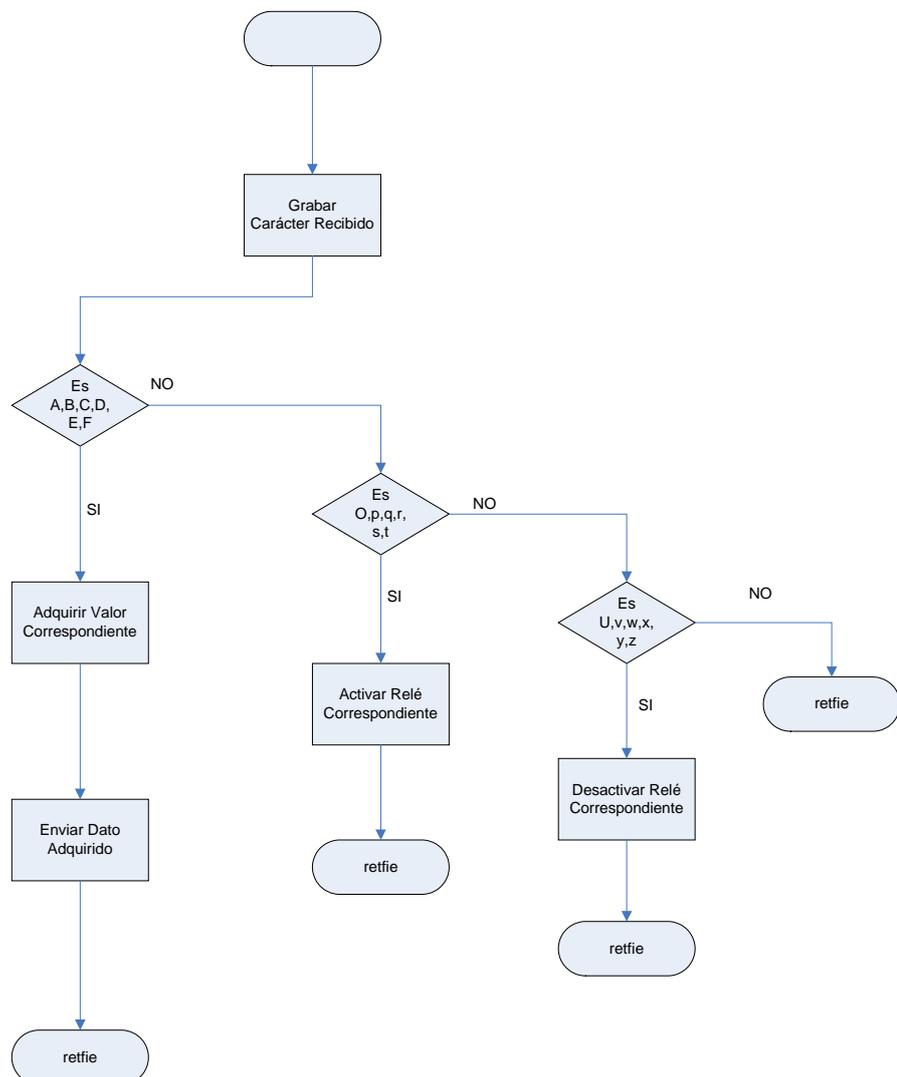


Fig. 4.3 Ciclo de Interrupción (Implementación Tarjeta Adquisición de Datos)

Para lograr éste propósito se configuran los siguientes registros del microcontrolador:

- INTCON
- PIE1

```
bsf      PIE1,RCIE
movlw   b'11000000'
movwf   INTCON
```

Usart.

Para la configuración de este módulo se debe tener en cuenta que el microcontrolador es un dispositivo DTE al igual que el PC con el que se comunica por lo que es necesario Interconectar estos dispositivos a través de un cable cruzado.

Inicialmente se deben configurar parámetros como BAUD RATE, número de BITS de comunicación del módulo USART manipulando para estos los valores de los registros:

- TXSTA
- RCSTA
- SPBRG

Se configuran los bits SPEN para habilitar el módulo de comunicación serial y el BIT CREN del registro RCSTA para recepción continua.

En el caso del registro TXSTA se ajustan a cero los BITS:

- SYNC (4) para habilitar el modo asíncrono
- TX9 (6) para selección de 8 bits de transmisión
- TX9D (0) deshabilitando el bit de paridad

Y se ajustan a 1

- TXEN (5) Habilitación de modo transmisión

Inicialmente se carga en el registro SPBRG el valor de 25 decimal, que según la tabla expuesta en la hoja técnica del microcontrolador corresponde a 9600 baudios.

```
movlw    .25           ;9600 baudios
movwf    SPBRG
```

Este valor (25) es comprobable con la fórmula:

$$BAUDRATE = \frac{F_{osc}}{(64 \cdot (x + 1))}$$

En donde;

BAUDE RATE = 9600

Fosc = valor de 16 MHz en este caso

X = valor de 25 en base decimal

Cabe recalcar que en la rutina en la que se ajusta el valor de BAUD RATE (Rango Baudios) de la tarjeta de adquisición de datos el valor de x es variado en:

BAUD RATE	VALOR X
1200	207
2400	103
19200	12

Tabla # 6 Tabla Valores Rango Baudios

Finalmente para activar la transmisión de un dato y envió es necesario activar el BIT TXEN del registro TXSTA, y para la revisión de finalización de envío se revisa el BIT TMRT.

Convertidor Analógico Digital.

Para la configuración de este periférico es necesario manipular los bits de:

- ADCON0
- ADCON1

Los datos de la conversión son tomados de:

- ADRESH

Los bits menos significativos de la conversión contenidos en ADREL son ignorados por lo que la resolución de es de 8 bits con una referencia de voltaje de 2.56V dando como resultado 0.01V por BIT.

Para el caso de **ADCON0** se manipulan los siguientes parámetros:

CHS2, CHS1, CHS0, bits 5,4,3 respectivamente seleccionan el canal analógico a ser convertidos.

GO/DONE, bit 2 da inicio a la conversión.

ADON bit 0 habilita el módulo conversor.

Para el caso de **ADCON1** se manipulan los siguientes parámetros:

ADMF, BIT 7 para la alineación del resultado de la conversión analógica digital, en este caso se ajusta el valor con 1 como resultado de una alineación a la izquierda.

Descripción de Comandos.

Para la comunicación entre la computadora y la tarjeta de adquisición de datos; se estableció un protocolo con el objetivo de solicitarle al PIC mediante comandos, los respectivos cambios de comportamiento presentes en el circuito como lo es mediante una entrada de la tarjeta de adquisición de datos o el encendido y apagado de las salidas.

A continuación podemos observar la lista de comandos que el microcontrolador reconoce y la respuesta que este da cuando las recibe (Ver Tabla # 7).

Comandos Enviados	Respuesta del Microcontrolador
A	Habilita Canal A
B	Habilita Canal B
C	Habilita Canal C
D	Habilita Canal D
E	Habilita Canal E
F	Habilita Canal F
o	Enciende Salida 1
p	Enciende Salida 2
q	Enciende Salida 3
r	Enciende Salida 4
s	Enciende Salida 5
t	Enciende Salida 6
u	Apaga Salida 1
v	Apaga Salida 2
w	Apaga Salida 3
x	Apaga Salida 4
y	Apaga Salida 5
z	Apaga Salida 6

Tabla # 7 Tabla de Comandos

El envío para la correspondiente comunicación se la realiza mediante 8 bits.

El Voltaje de referencia del conversor analógico-digital es de 2.56 voltios.

Para el cálculo del tamaño de paso; se la encuentra mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tamaño de Paso} = \frac{\text{Voltios}}{\text{Nro. Combinaciones Posibles}} = \frac{2.56}{256} = 0.01$$

El tamaño de paso correspondiente será de 0.01

Podemos apreciar a continuación; la representación mediante código binario su correspondiente variación por °C.

00000000-----	0°C
00000001-----	1°C
00000010-----	2°C
00000011-----	3°C
00100001-----	33°C
11111111-----	256°C

Y la resolución es de 10 mV/°C

0 V-----	0°C
0.010V-----	1°C
0.020v-----	2°C
.	
.	
1V-----	100°C

Diagrama de Flujo.

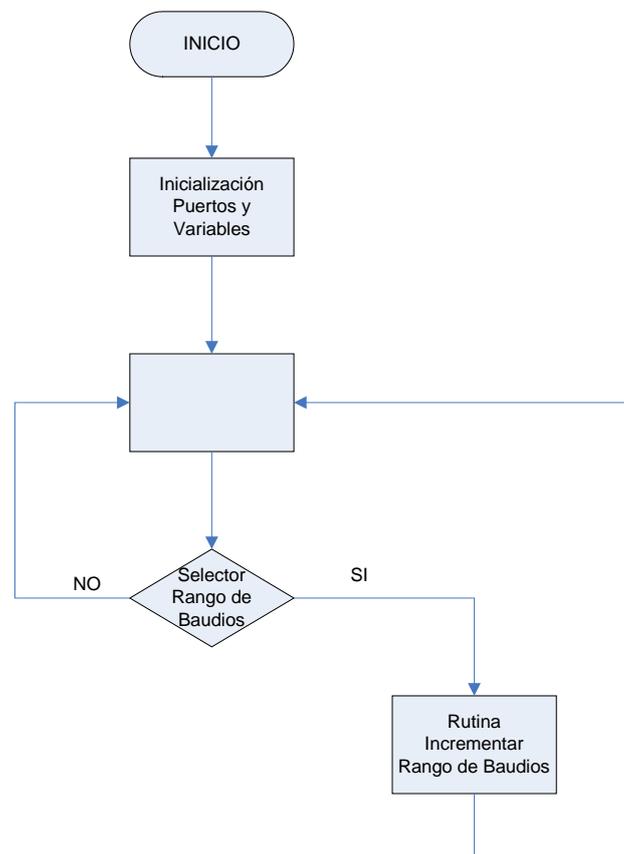


Fig. 4.4 Diagrama de Flujo (Implementación Tarjeta Adquisición de Datos)

Programación del PIC.

La programación del PIC 16F877A se la desarrolló con la ayuda del programa **MPLAB IDE 7.1** de Microchip.

Programa ASM (**Ver Anexo 1.6**)

4.4. Simulación mediante Programa PROTEUS 6.7.

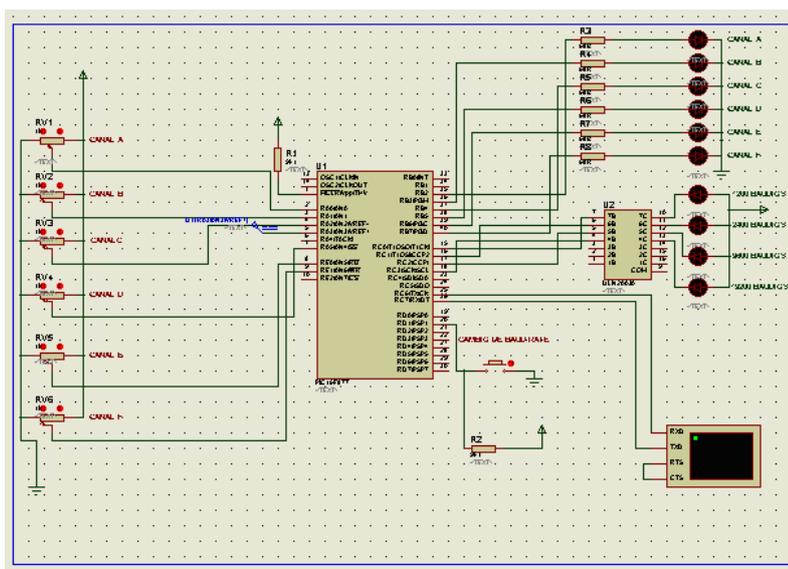


Fig. 4.5 Circuito Simulado en PROTEUS

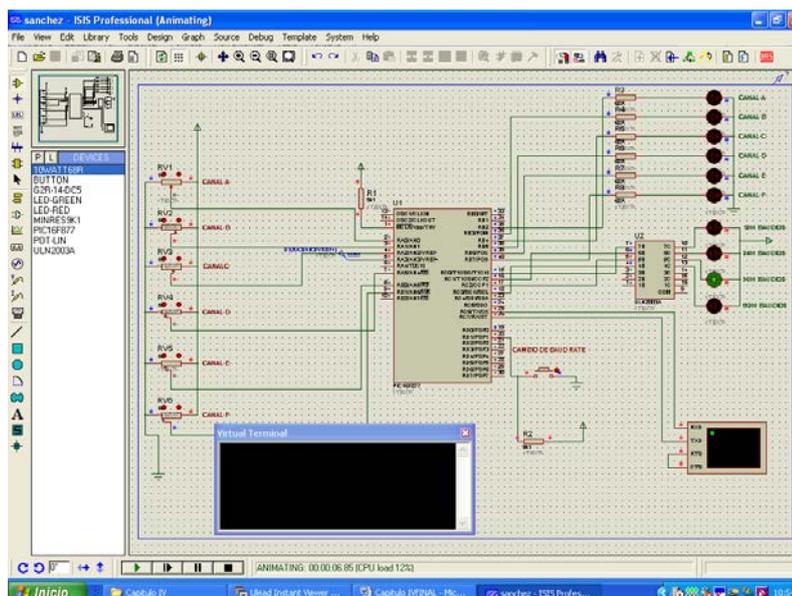


Fig. 4.6 Selección del Rango de Velocidad (9600 Baudios)

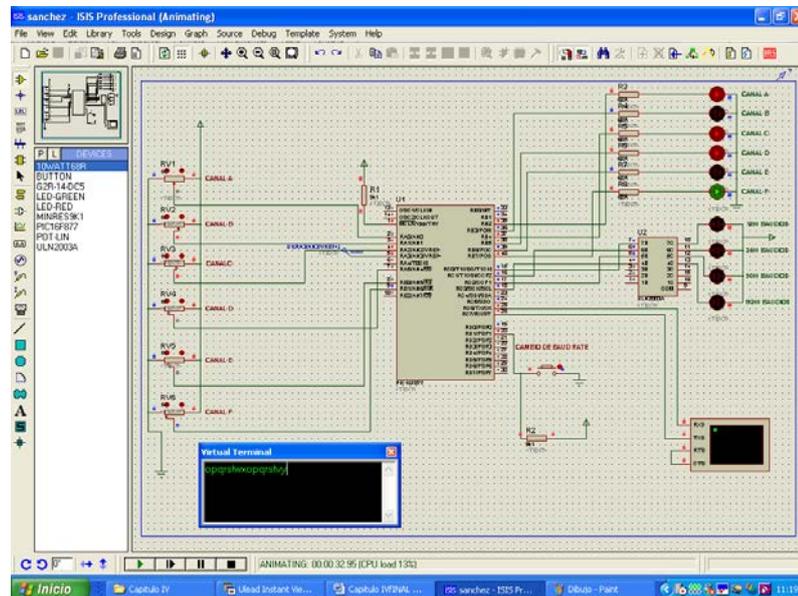


Fig. 4.7 Encendido y Apagado de Señales de Salida



Fig. 4.8 Simulación con la comunicación con el Terminal de PROTEUS 6.7

4.5. Implementación del Sistema.

Elaboración de Placa Electrónica.

Para la elaboración de la placa electrónica necesitamos la ayuda del programa **Design Explorer 99 6.1 (Protel)**, mediante el cual obtuvimos nuestro circuito impreso, donde nosotros primero necesitamos graficar el circuito esquemático y luego el programa automáticamente lo diseña. (Ver Fig. 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12)

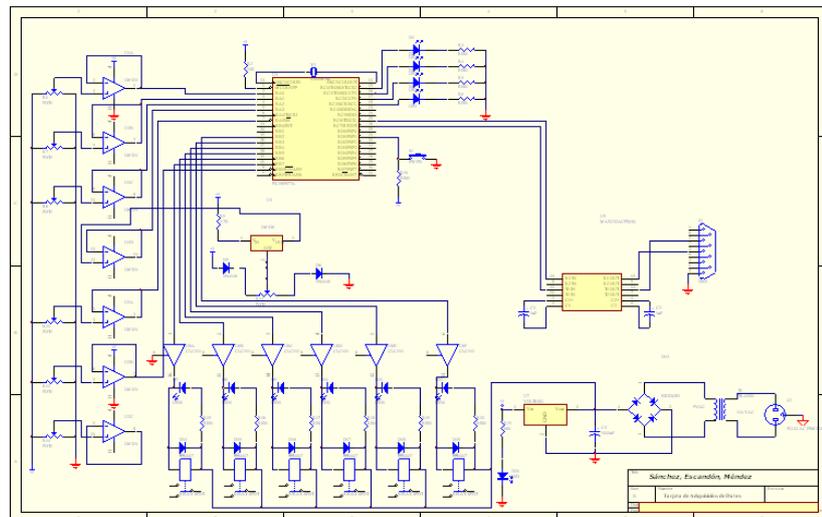


Fig. 4.9 Circuito Esquemático de la Tarjeta de Adquisición de Datos

Vistas del Circuito Impreso.

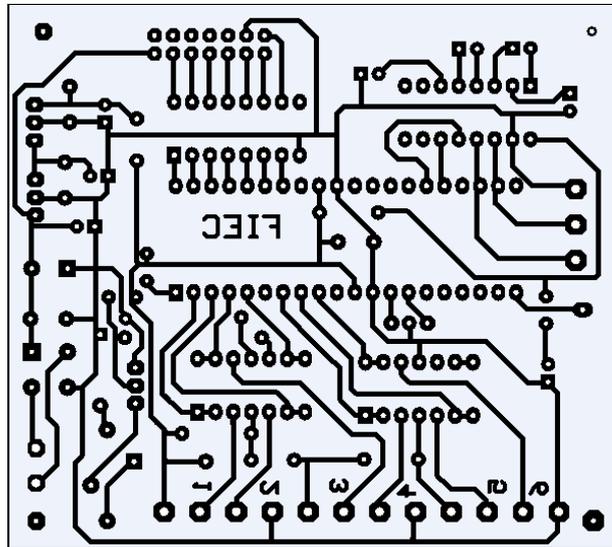


Fig. 4.10 Tarjeta Principal

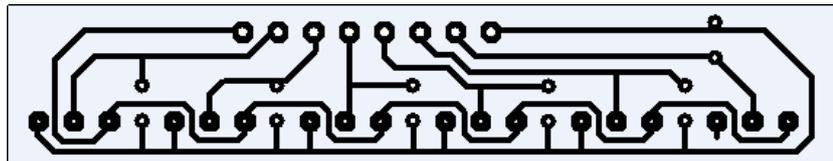


Fig. 4.11 Tarjeta de Señales de Entrada

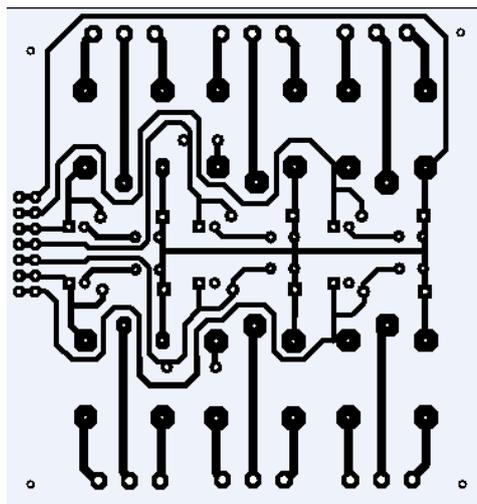


Fig. 4.12 Tarjeta para Señales de Salidas

Layout.

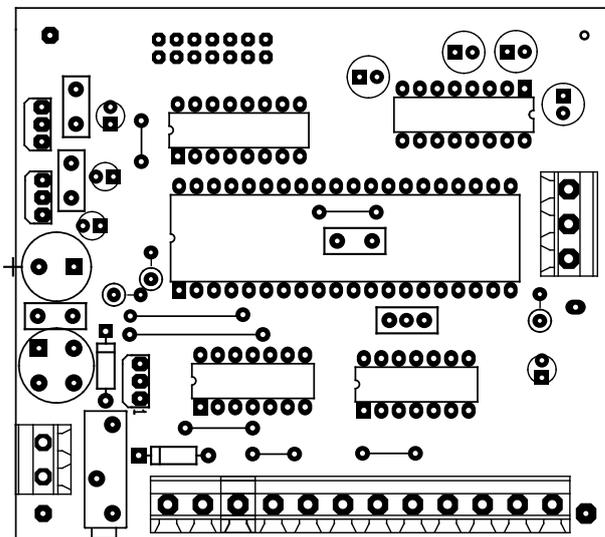


Fig. 4.13 Layout Tarjeta Principal

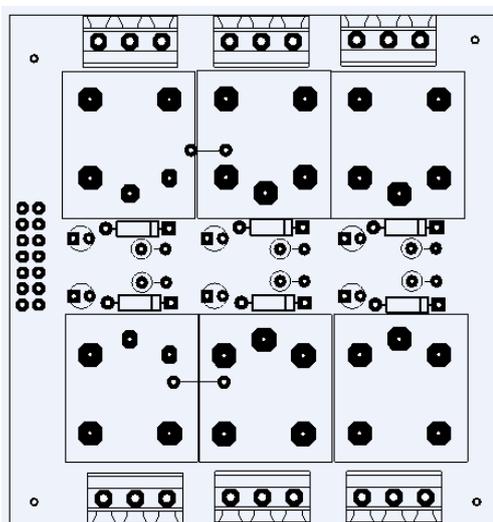


Fig. 4.14 Layout para Señales de Salidas

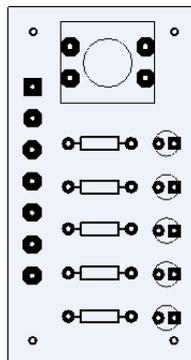


Fig. 4.15 Layout para Selección
Rango de Baudios

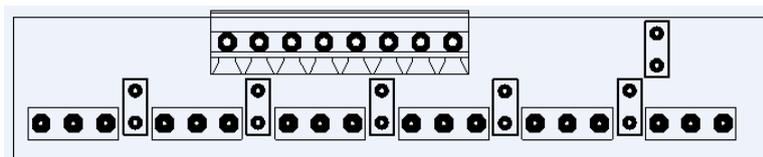


Fig. 4.16 Layout de Señales de Entrada

Calibración del Sistema.

Calibración del Voltaje de Referencia.

Para proceder a la calibración del sistema se debe verificar un punto muy importante en la placa, como el sistema trabaja con un voltaje de referencia este debe permanecer en un valor de **2.56 VDC** para la exactitud de las mediciones. Para lograr esto se debe manipular el potenciómetro de precisión POT2 (Ver Fig. 4.17)

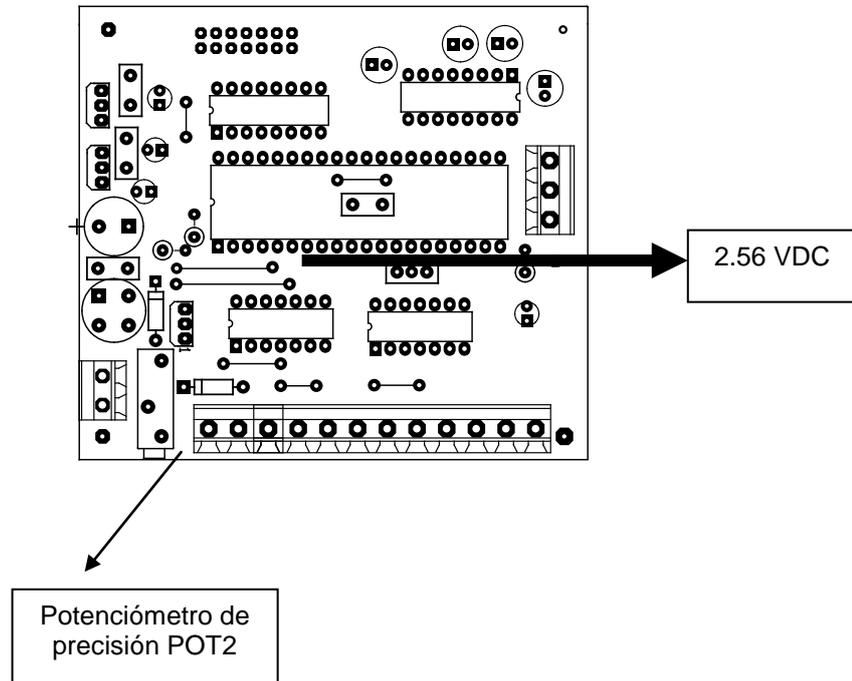


Fig. 4. 17 Calibración Voltaje de Referencia

Se debe obtener un voltaje de 2.56 VDC en el pin5 del **PIC16F877A**.

Calibración del Rango de Baudios.

El sistema permite el ajuste del BAUD/RATE dando gran flexibilidad de uso al sistema. Esto se logra mediante la TECLA SW1, cada vez que el usuario presiona la tecla el sistema cambia la velocidad de comunicación, las velocidades a escoger son:

- 1200 BAUDIOS
- 2400 BAUDIOS
- 9600 BAUDIOS
- 19200 BAUDIOS

Es recomendable que el usuario realice este ajuste cada vez que enciende el sistema, sin embargo, la velocidad de inicio del sistema es de 9600 baudios. Cabe mencionar que existe un indicador de la velocidad seleccionada mediante los leds D3, D4, D5, D6.

En la siguiente figura se muestra la placa correspondiente a la tecla y leds indicadores.

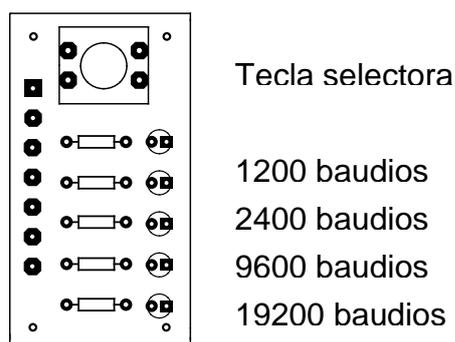


Fig. 4.18 Vista de valores de velocidad de transmisión de datos (Baudios)

Fotos de la Tarjeta de Adquisición de Datos.

Las siguientes figuras nos muestran las tarjetas ya implementadas físicamente:

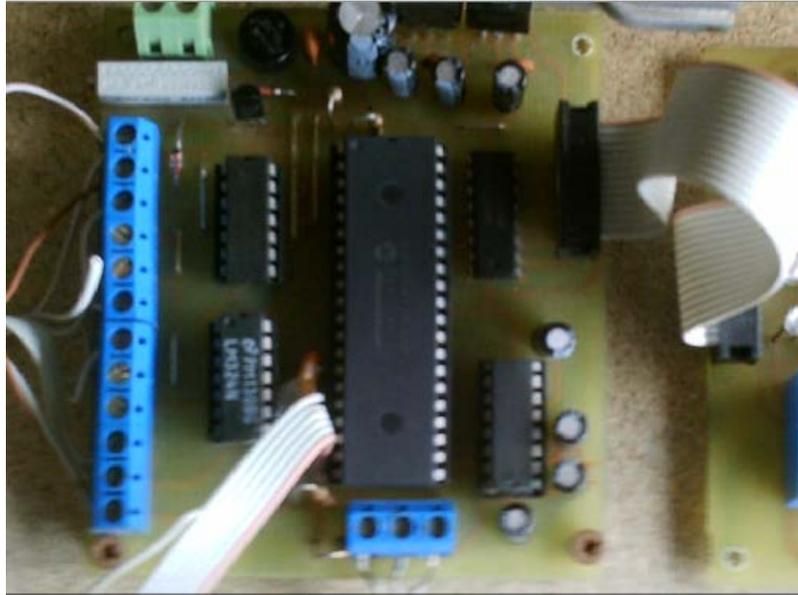


Fig. 4.19 Fotografía de la Tarjeta Controladora

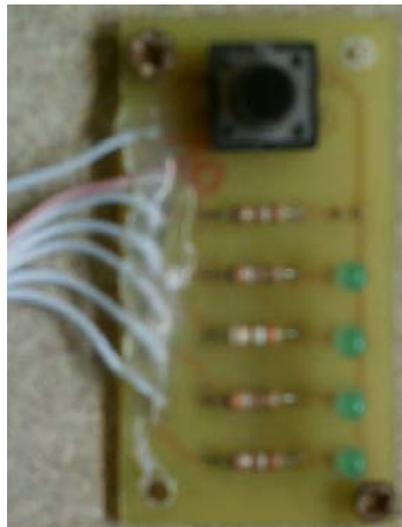


Fig. 4. 20 Fotografía del Selector de Rango de Baudios



Fig. 4.21 Fotografía de la Tarjeta de las Entradas



Fig. 4. 22 Fotografía de la Tarjeta de las Salidas



Fig. 4.23 Fotografía de Conexión Total de las Tarjetas

4.5.1. Costo de Materiales.

A continuación presentamos la lista de materiales utilizados para la implementación física de la tarjeta de adquisición de datos con sus respectivos precios en el mercado local.

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
6	Potenciómetro de 100K Ω	0,55	3,30
6	Resistencias de 380 Ω	0,05	0,30
11	Diodos led	0,15	1,65
1	Pulsador	0,20	0,20

11	Capacitores de 1uF	0,15	1,65
2	Capacitores de 10uF	0,15	0,30
1	Capacitor de 1000uF	0,20	0,20
6	Relés de 12V - 10A	1,80	10,80
6	Diodos 1N4007	0,10	0,60
5	Borneras de 3 puntos	0,35	1,75
1	Borneras de 2 puntos	0,28	0,28
6	Resistencias de 1,3K Ω	0,05	0,30
2	Resistencias de 1K Ω	0,05	0,10
1	ULN 2003	1,80	1,80
1	CI RS-232	3,80	3,80
1	PIC 16F877	13,00	13,00
1	LM-336	4,25	4,25
1	Resistencia de Precisión	0,15	0,15
1	Modulo Rectificador de Onda Completa	0,35	0,35
2	1N4148	0,05	0,10
2	Capacitores cerámicos	0,15	0,30
1	Regulador UA7805C	0,50	0,50
1	Transistor L7812ACV	0,50	0,50
1	Transformador 110v -9v 500mA	6,00	6,00
1	Conector DB9 (HEMBRA)	0,55	0,55
1	Conector Multipin	3,15	3,15
1	Resistencia de 2,2K Ω	0,05	0,05
1	Cable multipar plano (Metro)	4,20	4,20
3	Circuitos impresos	15,00	45,00
1	Circuitos impresos	8,00	8,00
2	Zocalo de 14 pines	0,15	0,30
1	Zocalo de 40 pines	0,35	0,35
1	Zocalo de 16 pines	0,15	0,15
		TOTAL	113,93

Tabla # 8 Costo de Materiales

Capítulo V

V. ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UNA FUENTE DE CONMUTACIÓN.

5.1. Introducción.

En la actualidad existen equipos que utilizan alimentaciones de voltaje de $\pm 12\text{Vdc}$, $\pm 5\text{Vdc}$ por lo que estos equipos son más sensibles a sobre-tensiones o ruidos en la alimentación de voltaje por lo tanto es en estos casos donde el uso de una fuente de alimentación regulada es necesaria para garantizar la estabilidad de alimentación de tensión de un equipo electrónico.

Hoy en día los sistemas de alimentación pueden dividirse en:

- Sistemas de alimentación convencional.
- Sistemas de alimentación regulados por conmutación.

Dentro del funcionamiento de varios procesos es muy importante tener en cuenta la fuente de conmutación, mas aún cuando aquellos necesitan de alimentación externa de voltaje, ya que existen varios componentes electrónicos que necesitan fuentes DC precisas y eficientes.

Estas fuentes DC (conmutadas) son aplicadas a equipos o tarjetas como:

- Módulos de ampliación de un PLC
- Tarjetas de adquisición de datos
- Lámparas estroboscópicas
- Sensores, etc.

El principio del funcionamiento de este tipo de fuentes es la conmutación en alta frecuencia de interruptores electrónicos (transistores bipolares, mosfet, IGBT, SCR, etc.) para así poder obtener un voltaje fijo independiente de la carga conectada siempre y cuando no exceda el rango de trabajo de la fuente.

En este capítulo se desarrollará un análisis completo de una fuente de conmutación real usada para computadoras la cual

necesita niveles de voltaje $\pm 5\text{Vdc}$, $\pm 12\text{Vdc}$; este análisis tendrá una parte teórica de los elementos electrónicos para el diseño y funcionamiento de la fuente de conmutación, a su vez contemplará un análisis gráfico de las señales reales y simuladas de voltaje de la misma para lo cual utilizamos un simulador electrónico llamado **PSPICE PROFESIONAL** y un **OSCILOSCOPIO**.

5.1.1. Tipos de Fuente de Conmutación.

Dentro del grupo de fuentes de conmutación tenemos las conocidas **AT/XT** y **ATX** Ahora bien, ¿en que se diferencian las fuentes de las XT/AT con las ATX?

La AT/XT tiene las mismas tensiones que las ATX (+5Vdc, -5Vdc, +12 Vdc, -12Vdc) pero la diferencia está en el tipo de conectores que utilizan las salidas de estas fuentes.

A continuación presentamos las fotos de la fuente modelo ATX , la cual analizaremos posteriormente.

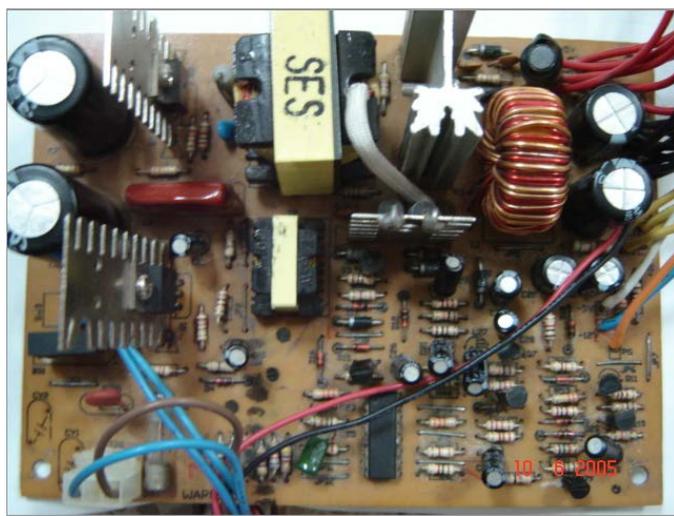


Fig. 5.1. Vista superior de la placa de la fuente ATX.

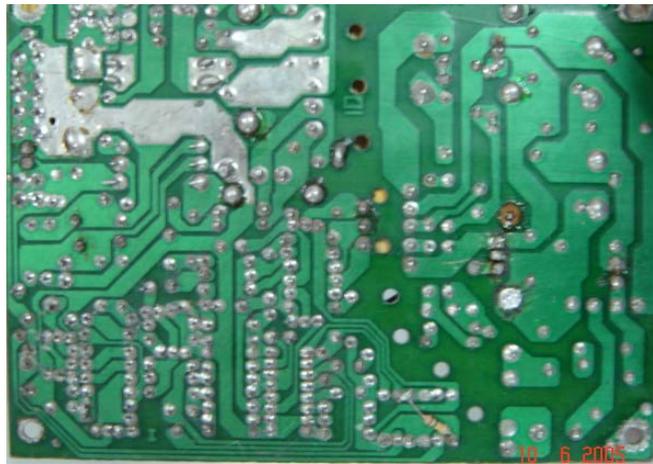


Fig. 5.2 Vista inferior de la placa de una fuente ATX

5.2. Diagrama de Bloques de una Fuente de Conmutación.

En la figura 5.3 podemos observar un diagrama con los bloques que conforman una fuente de conmutación:

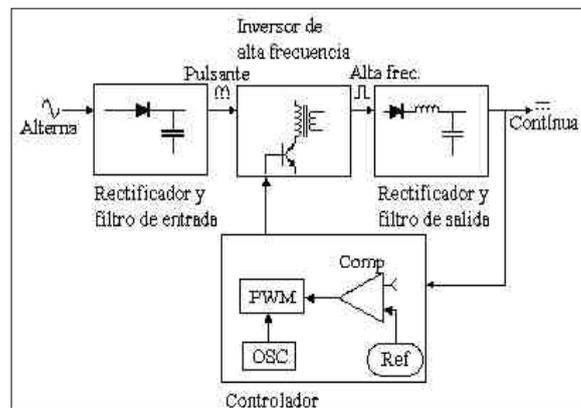


Fig. 5.3 Bloques que conforman una fuente de conmutación

El primer bloque **“Rectificador y filtro de entrada”**, es la etapa donde se convierte la tensión alterna de entrada en una señal continua por lo que la señal debe ser rectificadas y filtrada con una amplitud de rizado aceptable.

El segundo bloque **“Inversor de alta frecuencia”** es el encargado de convertir la señal continua en una onda cuadrada de alta frecuencia (en nuestro análisis es de 20KHz) para luego ser aplicada al primario de un transformador.

El tercer bloque “**Rectificador y Filtro de salida**”, rectifica y filtra la onda cuadrada de alta frecuencia obtenida en el segundo bloque para ser convertida en una señal DC pura.

El cuarto bloque “**Controlador**” es el encargado de controlar la oscilación del segundo bloque. Este bloque esta conformado de un oscilador de frecuencia fija, una tensión de referencia, un comparador de tensión y un modulador de ancho de pulso (PWM). El modulador de ancho de pulso recibe el pulso del oscilador y modifica su ciclo de trabajo según la señal del comparador el cual compara la señal continua de salida del tercer bloque con la tensión de referencia.

5.3. Desarrollo de los Cálculos Teóricos para la elección de Componentes de dicha Fuente.

Para el inicio de nuestros cálculos ponemos los datos de placa de nuestra fuente:

AC ENTRADA	250 W DC SALIDA:	
115/240 V ~	+5	25 A
50 – 60Hz	+12	15 A
6 / 3.5 A	-5	0.3 A
	-12	0.3 A
	GND	

Tabla # 9 Datos de placa de la fuente de conmutación

5.3.1. Rectificación y Filtrado de Entrada.

La función de esta etapa es convertir una señal alterna de una red cualquiera de baja tensión (120 o 240Vac) en una señal continua, por lo que la señal debe ser previamente rectificadas y filtradas con una amplitud de rizado aceptable;

esto es realizado a través de un puente rectificador. La mayoría de las fuentes utilizan el circuito de la Fig. 5.4 para operar desde 90 a 130 Vac o de 180 a 260 Vac según sea la posición del interruptor U2.

Cuando el interruptor esta cerrado el circuito opera a 115 Vac, el circuito actúa como doblador de tensión haciendo que durante el medio ciclo positivo ac, el capacitor C1 es cargado a voltaje pico 160(Vdc) ($115\text{Vac} \cdot 1.4 \approx 160\text{Vdc}$), a través de los diodos D1 y D2 y durante el medio ciclo negativo el capacitor C2 es cargado a 160 (Vdc) a través de los diodos D3 y D4. Por eso el resultado de la salida será la suma de los voltajes $VC1 + VC2 = 320$ (Vdc).

Cuando el interruptor esta abierto los diodos trabajan como un rectificador de onda completa tipo puente, D1 a D4 del puente rectificador es capaz de rectificar un voltaje nominal de 230 (Vac) produciendo los mismos 320 (Vdc) ($220 \cdot 1.4 \approx 320\text{V}$) de voltaje de salida.

Por último un termistor PTH que actúa como elemento de protección de sobre-corriente de la fuente.

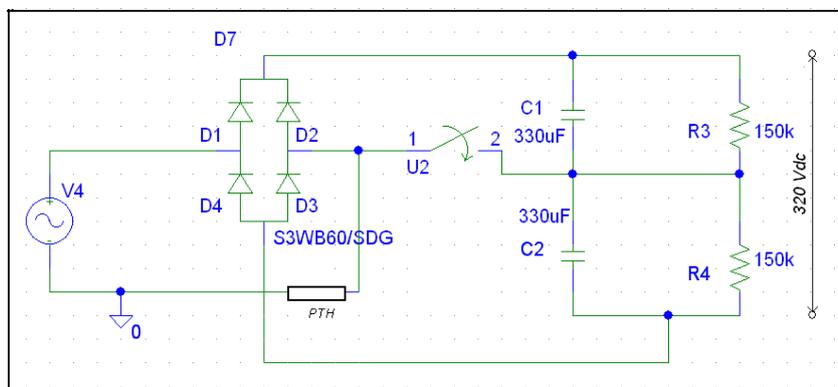


Fig. 5.4 Fase de rectificación, puente rectificador, capacitores y el termistor

A continuación, el análisis gráfico de la etapa de rectificación y filtrado de entrada de la fuente a 110Vac y 220Vac:

Con entrada de 110Vac, la gráfica que obtuvimos en el SIMULADOR ELECTRÓNICO PSPICE esta mostrada en la figura 5.5

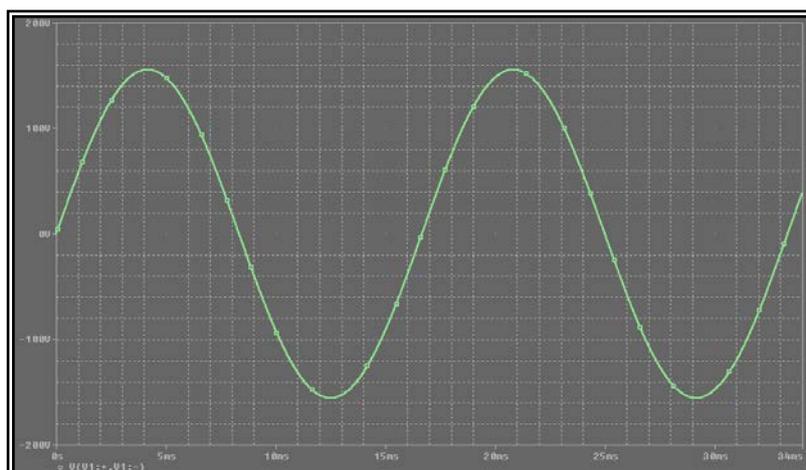


Fig. 5.5 Señal de entrada de voltaje 110Vac a la fuente

De acuerdo al funcionamiento del circuito a 110Vac, este actúa como doblador de voltaje para lo cual veremos como se cargan los capacitores durante el ciclo positivo y el ciclo negativo en la figura 5.6.

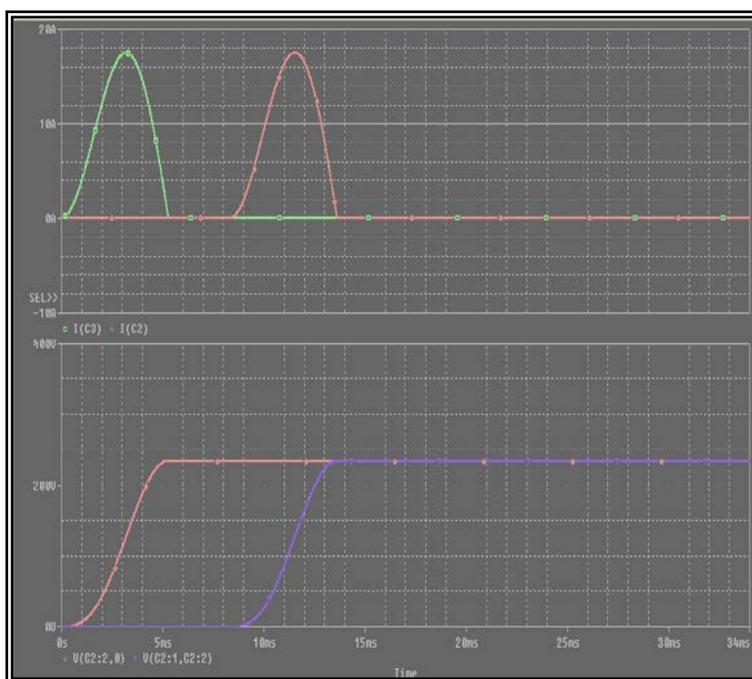


Fig. 5.6 Señales de corriente y voltajes de los capacitores C1 y C2

En la gráfica superior se muestra la corriente y en la gráfica inferior se muestra el voltaje de cada uno de los capacitores, además podemos notar claramente que para obtener el voltaje doblado en la salida se necesitan dos periodos.

El voltaje obtenido de la suma de los dos capacitores mencionados anteriormente es de aproximadamente 320 Vdc en la salida de esta etapa lo cual podemos observar en la figura 5.7:

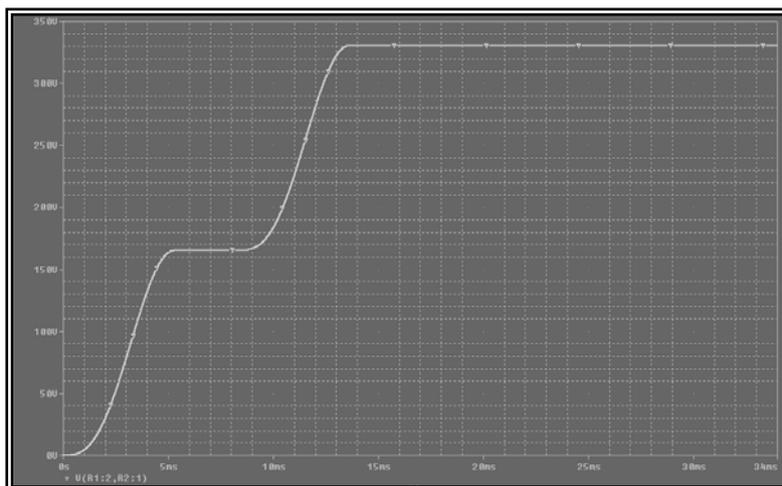


Fig. 5.7: Señal de 320Vdc obtenido de la suma de voltajes de los capacitores

Con entrada de 220Vac el circuito actúa como rectificador de onda completa, la gráfica que obtuvimos en el PSPICE mostrada en la figura 5.8 y 5.9:

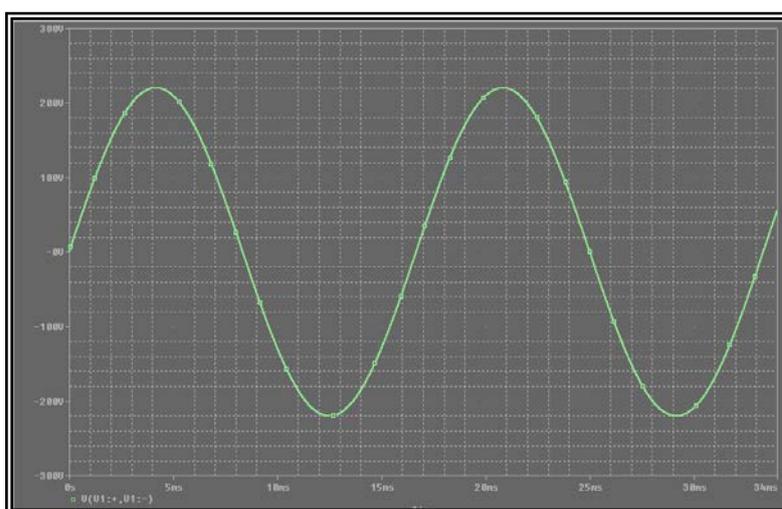


Fig. 5.8: Voltaje de 220Vac a la entrada de la fuente

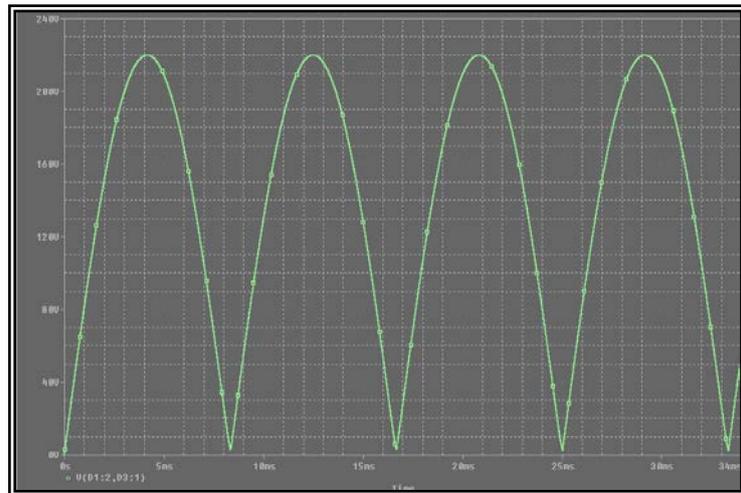


Fig. 5.9: Señal de voltaje tomada en el puente rectificador

Luego de que la señal rectificada pase por los filtros, el nivel DC aumenta como se muestra en la figura 5.10 obteniendo así los mismos 320Vdc como cuando se aplicó 110Vac.

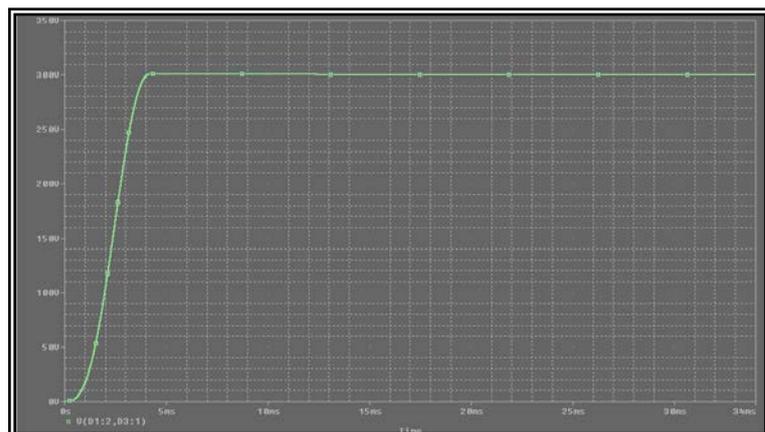


Fig.5.10: Señal de 320 Vdc al final de la etapa

Cálculos Teóricos de los Elementos.

Para los cálculos y selección de los elementos de esta fase, necesitamos conocer los datos prácticos obtenidos de la potencia de entrada y potencia de salida de la fuente. A continuación presentamos las fórmulas necesarias para obtener dichos resultados:

$$P_{IN} = \frac{P_{OUT}}{\eta} \dots\dots\dots (5.1)$$

$$P_{in} = Vac * I_n \dots\dots\dots (5.2)$$

$$C = \frac{I * t}{\Delta V} \dots\dots\dots (5.3)$$

$$V_{dc} = 2 * V_p \dots\dots\dots (5.4)$$

$$I = \frac{P_{IN}}{V_{dc}} \dots\dots\dots (5.5)$$

Iniciamos los cálculos con la potencia de entrada de la fuente, para esto necesitamos conocer la corriente de entrada (I_n) la cual fue calculada por medio de un amperímetro y obtuvimos como resultado $I_n = 2.8$ (A), además se conoce que $V_{ac} = 116$ (V), por medio de la fórmula (5.2) calculamos P_{in} :

$$P_{in} = 116(V) * 2.8(A)$$

$$P_{in} = 324.6(W)$$

Midiendo la potencia de salida de la fuente de conmutación tenemos que $P_{out} = 220(W)$ y con la ayuda de la fórmula (5.1) podremos saber la eficiencia:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$\eta = \frac{220(W)}{324.6(W)}$$

$$\eta = 0.67$$

Ahora procedemos a calcular los capacitores, para lo cual necesitamos la corriente de entrada de la fuente, además debemos conocer el voltaje de rizado de la fuente a plena carga y el tiempo de carga del capacitor los cuales fueron obtenidos analizando de manera práctica las señales del osciloscopio (Figura 5.23), teniendo:

$$\Delta V = 43(V)$$

$$t = 8(ms)$$

Continuamos calculando el valor del voltaje DC a la salida de esta fase por medio de la fórmula (5.4), este valor nos servirá para el siguiente paso que es obtener la corriente de carga:

$$V_{dc} = 2 * V_p$$

$$V_{dc} = 2 * \sqrt{2} * 116(V)$$

$$V_{dc} = 328.1(V)$$

Gracias a este valor de voltaje DC podemos obtener la corriente de carga utilizando la fórmula (5.5), teniendo:

$$I = \frac{324.6(W)}{328.1(V)}$$

$$I = 0.98(A)$$

Una vez calculada la corriente de carga continuamos a encontrar el valor del capacitor equivalente (C_{eq}) conformado por C1 y C2, por medio de la fórmula (5.3):

$$C_{eq} = \frac{0.98(A) * 8(ms)}{43(V)} = 182.3 \text{ (uF)}$$

Como C es la capacitancia equivalente de la suma de los capacitores en serie, tenemos $C_1 = C_2 = 364.6 \text{ (uF)}$, aproximándolo a un valor comercial decimos que $C_1 = C_2 = 330 \text{ (uF)}$

5.3.2. Etapa de Convertidor a Alta Frecuencia.

La etapa del convertidor consiste en transformar una señal de Dc a una señal AC por medio de transistores de conmutación, existen varios tipos de convertidores, para el caso de nuestro análisis nosotros utilizamos un convertidor de tipo medio puente.

Cálculos Teóricos de los Elementos de esta Etapa.

Para este análisis nosotros asumimos un convertidor con eficiencia de 80%, donde el ciclo de trabajo $\delta_{\max} = 0.8$

Para el cálculo del capacitor acoplado en serie con el transformador usamos la fórmula 5.6:

$$C = \frac{1}{4(3.1415)^2 * fr^2 * (Np / Ns)^2 * L} \dots\dots\dots (5.6)$$

Para hallar la corriente de carga del capacitor en serie al transformador, la cual es la corriente de trabajo del transistor debido a que están en serie usamos la fórmula 5.7:

$$Ic = \frac{3 * Pout}{Vin} \dots\dots\dots (5.7)$$

donde, Ic = corriente de trabajo del transistor

$Pout$ = potencia de salida de la fuente

Vin = voltaje máximo de los capacitores

$$Ic = \frac{3(220W)}{320}$$

$$Ic = 2.06 \text{ (A)}$$

El capacitor acoplado al transformador es capacitor no polar.

Para el cálculo del capacitor anteriormente mencionado necesitamos también saber la frecuencia de resonancia que está en la fórmula y la podemos calcular con la fórmula 5.8:

$$f_r = \frac{1}{2(3.1415) * \sqrt{L_r * C}} \dots\dots\dots (5.8)$$

donde, f_r = frecuencia de resonancia, Khz
 C = capacitor de acoplamiento, uH
 L_r = inductancia del filtro reflejado, uH

Además podemos reemplazar la fórmula 5.9 en 5.6.

$$L_r = \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 * L \dots\dots\dots (5.9)$$

donde, N_p/N_s = es la relación de vueltas

L = inductancia de salida, uH

Una fórmula muy conocida la cual nos ayuda es la siguiente:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \dots\dots\dots(5.10)$$

Conociendo el valor de la inductancia de salida del transformador es $L = 4\mu\text{H}$, procedemos a calcular la relación de vueltas del transformador principal. De acuerdo a los cálculos que se efectuaron en el laboratorio de potencia por medio del osciloscopio pudimos ver que el voltaje primario del transformador fue de $V_p = 300\text{V}_{pp}$ (Figura 5.27) y el voltaje del secundario fue de $V_s = 70\text{V}_{pp}$ (Fig. 5.26) lo cual nos ayuda a calcular la relación de vueltas por medio de la fórmula 5.10.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{300}{70}$$

$$\frac{N_p}{N_s} = 4.29$$

Retomando la frecuencia de resonancia:

Si $f_s = 20 \text{ KHz}$, la frecuencia de conmutación medida en la práctica y teniendo la fórmula 5.10:

$$f_r = 0.25 f_s \dots\dots\dots (5.10)$$

Reemplazamos : $f_r = 0.25 * 20$

$$f_r = 5 \text{ KHz}$$

Luego teniendo que $f_r = 5 \text{ KHz}$, $L = 4 \text{ uH}$, $N_p/N_s = 4.29$
reemplazamos

$$C = \frac{1}{4(3.1415)^2 * f_r^2 * (N_p / N_s)^2 * L}$$

$$C = \frac{1}{4 * (3.1415)^2 * (5 * 10^3)^2 * (4.29)^2 * (4 * 10^{-6})}$$

$$C \approx 1 \text{ uF}$$

El capacitor de nuestra fuente real es de 1uF.

Con respecto al voltaje de carga del capacitor, tenemos la fórmula 5.10:

$$V_c = \frac{I}{C} dt \dots\dots\dots (5.11)$$

donde,

I = corriente primario, A

C = capacitor de acoplamiento, uF

dt = intervalo de tiempo donde el capacitor esta cambiando, us.

El intervalo de tiempo donde el capacitor esta cambiando viene dado por la fórmula 5.12 :

$$dt = \frac{T}{2} * \delta_{max} \dots\dots\dots (5.12)$$

donde, δ_{max} = ciclo de trabajo

Podemos además calcular periodo T con la formula 5.13 mostrada a continuación:

$$T = \frac{1}{fs} \dots\dots\dots (5.13)$$

donde, T = periodo de conmutación, us
 f_s = frecuencia de conmutación, KHz

Hallamos el periodo de conmutación sabiendo que $f_s = 20\text{KHz}$:

$$T = \frac{1}{20\text{KHz}}$$

$$T = 50 \text{ us}$$

Una vez conocido el periodo de conmutación, podemos calcular el tiempo de carga del capacitor:

Teniendo un ciclo de trabajo = 0.8 (80%), reemplazamos en la fórmula 5.12 dichos valores,

$$dt = \frac{T}{2} * \delta_{\text{max}}$$

$$dt = \frac{50\text{us}}{2} * (0.8)$$

$$dt = 20 \text{ us}$$

Continuamos con la corriente de carga, a la cual se le adiciona el 20% al valor nominal

$$I_c = I_c + 0.2 I_c$$

$$I_c = 2.06 + 0.2 (2.06)$$

$$I_c = 2.47 \text{ A}$$

Finalmente calculamos el valor del voltaje de carga del C usando la ecuación 5.11 y reemplazando sus valores:

$$V_c = \frac{2.47}{1\mu F} * (20\mu s)$$

$$V_c = \frac{2.47}{1*10^{-6}} * (20*10^{-6})$$

$$V_c = 49.4 \text{ V}$$

5.3.3. Transistores de Conmutación.

Como mencionamos anteriormente, el tipo de convertidor que usamos para nuestro análisis es el llamado medio puente el cual usa dos elementos de conmutación ya sean estos transistores bipolares, igbt, jfet, SCR, etc; estos

elementos conmutan de forma alterna un voltaje AC entre $\pm 160\text{Vdc}$ para lo cual mostramos su funcionamiento por medio de gráficos obtenidos en el simulador electrónico PSPICE PROFESIONAL.

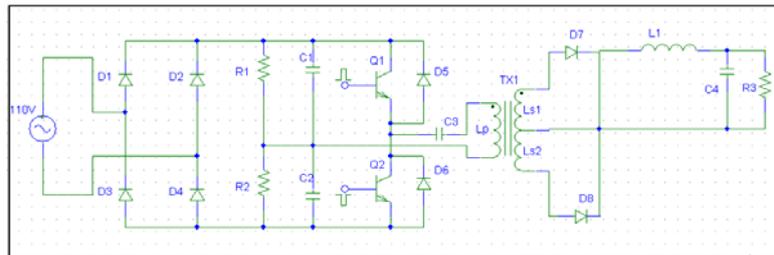


Fig. 5.11 Circuito esquemático de la etapa de conmutación con alimentación a 110 Vac

Los pulsos de disparo o conmutación deben ser simétricos y alternados entre sí para realizar de manera correcta la conmutación; se muestran a continuación:

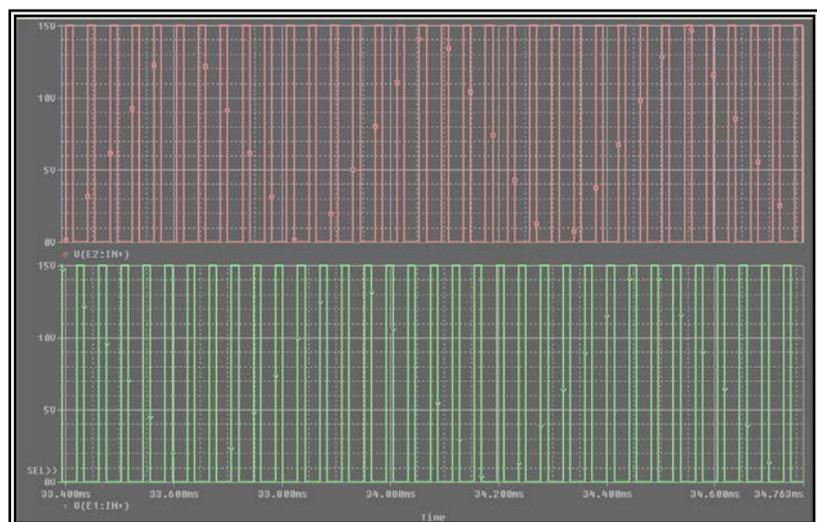


Fig. 5.12 Gráficos de los pulsos de disparo de la fuente de conmutación

Los transistores actúan de manera alternada, obteniendo como resultado una señal alterna de 320V a la salida del convertidor, como se muestra a continuación:

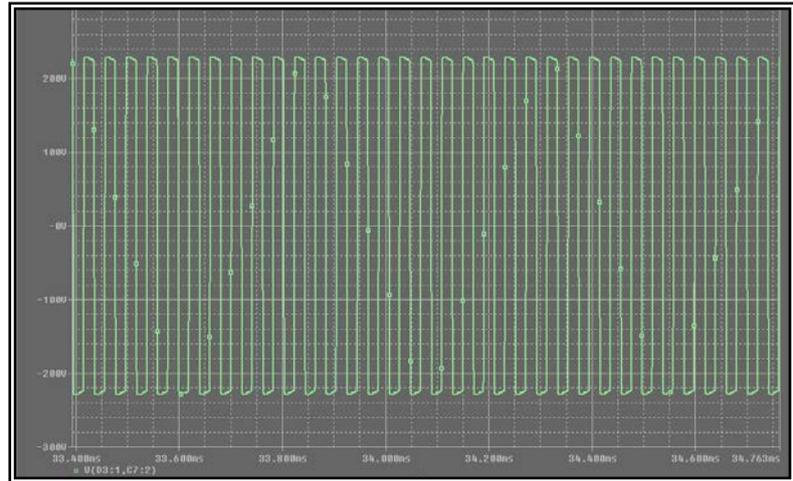


Fig. 5.13 Señal de salida del convertidor

5.3.4. Transformadores.

Para calcular los tamaños de los núcleos y de las bobinas, el fabricante proporciona una densidad de corriente y debe estar en menos de 1000 cm/amp, en la práctica se usa como mínimo 200 cm/amp, para nuestro análisis tomamos el valor de 500cm/amp,

Tenemos que la fórmula para hallar el tamaño del núcleo de un transformador es:

$$AeAc = \frac{(0.68 * P_{out} * D) * 10^3}{f * B_{max}} \dots\dots\dots (5.14)$$

donde,

P_{out} = potencia de trabajo del transformador, W

B_{max} = densidad del flujo pico de operación, G

f = frecuencia, Hz

D = densidad de corriente por alambre, $\frac{A}{m^2}$

A_e = Area efectiva del núcleo, cm^2

A_c = Area para el enrollamiento del
bobinado, cm^2

$A_e A_c$ = Tamaño del núcleo, cm^2

Para hacer nuestro cálculo nosotros contamos con los siguientes datos:

$D = 500 \text{ cm/amp}$, $f = 20\text{KHz}$, $P_{out} = 220 \text{ W}$, $B_{max} = 3500\text{g}$

Reemplazando valores en la ecuación tenemos:

$$AeAc = \frac{(0.68 * 250W * 500cm / amp) * 10^3}{20 * 10^3 * 3500g}$$

$$AeAc = 1.2142 \text{ cm}^2$$

Una vez obtenido el AeAc, nosotros debemos tomar en el catálogo del fabricante un AeAc por lo menos 50% mayor al calculado.

Procedemos a dimensionar el tamaño del alambre que vamos a utilizar y el número de vueltas con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$CM = I_p * D \dots\dots\dots (5.15)$$

donde,

CM = tamaño del alambre, cm (circula mil)

I_p = corriente que circula por el primario
del transformador, A

D = densidad de corriente, cm/A.

Teniendo como datos: $I_p = 2.06 \text{ A}$, $D = 500 \text{ cm/A}$

$$CM = 2.06 * 500$$

$$CM = 1030 \text{ cm}$$

Obtenido el valor de CM, buscamos en la tabla # 10, correspondiente a los conductores y encontramos que este conductor corresponde al cable # 19 AWG.

AWG	Diameter over insulation (inches)		Nominal circular mil area	Resistance per 1000 ft	Current capacity in milliamperes based on 1000 c.m./A	AWG
	Min.	Max.				
8	0.130	0.133	16510	0.6281	16510	8
9	0.116	0.119	13090	0.7925	13090	9
10	0.104	0.106	10380	0.9985	10380	10
11	0.0928	0.0948	8230	1.261	8226	11
12	0.0829	0.0847	6530	1.588	6529	12
13	0.0741	0.0757	5180	2.001	5184	13
14	0.0667	0.0682	4110	2.524	4109	14
15	0.0595	0.0609	3260	3.181	3260	15
16	0.0532	0.0545	2580	4.020	2581	16
17	0.0476	0.0488	2050	5.054	2052	17
18	0.0425	0.0437	1620	6.386	1624	18
19	0.0380	0.0391	1290	8.046	1259	19
20	0.0340	0.0351	1020	10.13	1024	20
21	0.0302	0.0314	812	12.77	812.3	21
22	0.0271	0.0281	640	16.20	640.1	22
23	0.0244	0.0253	511	20.70	510.8	23
24	0.0218	0.0227	404	25.67	404	24
25	0.0195	0.0203	320	32.37	320.4	25
26	0.0174	0.0182	253	41.02	252.9	26
27	0.0157	0.0164	202	51.44	201.6	27
28	0.0141	0.0147	159	65.31	155.8	28
29	0.0127	0.0133	128	81.21	127.7	29
30	0.0113	0.0119	100	103.7	100	30
31	0.0101	0.0108	79.2	130.9	79.21	31
32	0.0091	0.0098	64	162	64	32
33	0.0081	0.0088	50.4	205.7	50.41	33
34	0.0072	0.0078	39.7	261.3	39.69	34
35	0.0064	0.0070	31.4	330.7	31.36	35

Tabla # 10 Tabla de selección del cable para el transformador

Luego de esto podemos continuar a calcular el número de vueltas en el primario del transformador:

$$N_p = \frac{V_p * 10^8}{4 * f * B_{\max} * A_e} \dots\dots\dots (5.16)$$

donde,

N_p : Numero de vueltas del primario

V_p : Voltaje del Primario, V

f : Frecuencia de oscilación, Khz

B_{\max} : Densidad de flujo pico de operación, G

A_e : Área efectiva del núcleo, cm^2

Para encontrar el voltaje pico teórico aplicamos la siguiente fórmula:

$$V_p = (V_{\min} * \sqrt{2}) - 30 \dots\dots\dots (5.17)$$

Donde el voltaje mínimo V_{\min} para el trabajo de la fuente es 115Vac. Procediendo a revisar el catálogo del fabricante donde encontramos que el N_p calculado sea

menor que el 30% del máximo del área; si se cumple dimensionamos el núcleo y la bobina del transformador. El 30% del máximo del área es aproximadamente lo que ocupa la bobina del primario.

$$V_p = (115 \times \sqrt{2}) - 30$$

$$V_p = 132.63 \text{ V}$$

Conociendo lo que el fabricante da como área efectiva del núcleo $A_e = 2.02 \text{ cm}^2$, procedemos a calcular el número de vueltas en el primario:

$$N_p = \frac{132.63 * 10^8}{4 * 20 * 10^3 * 3500 * 2.02}$$

$$N_p = 23.45 \text{ vueltas}$$

Continuamos con el cálculo del número de vueltas para el secundario del transformador con la fórmula 5.10 usada anteriormente:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s};$$

donde despejamos N_s y calculamos:

$$N_s = \frac{V_s}{V_p} \times N_p$$

$$N_s = \frac{70}{300} \times 23.45$$

$$N_s = 5.47 \text{ vueltas}$$

5.3.5. Etapa de Rectificación y Filtro de Salida.

Cálculos Teóricos de los Elementos.

El diseño de esta etapa de la fuente de conmutación cuenta con una red Snnuber, la cual sirve para eliminar picos de voltaje que se originan por la inductancia del transformador de alta frecuencia. Los elementos que conforman esta etapa los cuales rectifican y filtran el voltaje es mostrado a continuación en la figura 5.14.

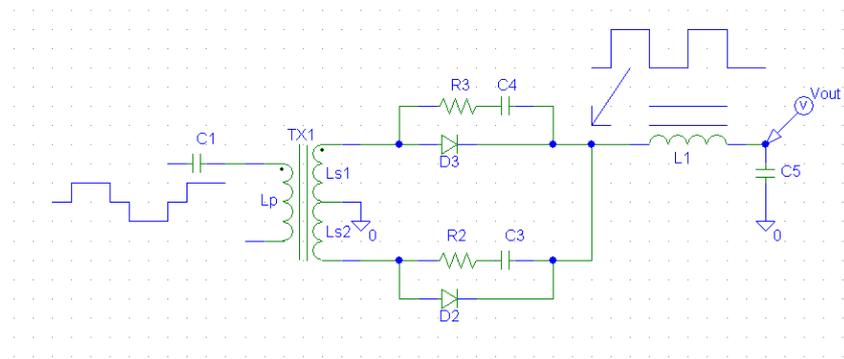


Figura 5.14 Circuito básico de rectificación y filtrado para una fuente de conmutación de medio puente donde incluye la red Snnuber

Los diodos del rectificador de poder deben tener la capacidad de soportar corrientes máximas de salida, características rápidas de recuperación y capacidad para el buen manejo de poder.

Existen tres tipos de diodos usados en esta etapa de la fuente de conmutación los cuales son:

- 1.- Diodos de alta eficiencia y alta recuperación.
- 2.- Diodos de alta eficiencia y muy rápida recuperación.
- 3.- Diodos Schottky.

La finalidad de ubicar una red Snnuber es para eliminar el ruido por sobrevoltajes ya que estos ruidos pueden ser suficientemente altos para bloquear capacidades del rectificador llevándolos a deteriorarse durante el periodo de apagado. La redes Snnubers son ubicadas en paralelo por las salidas de altas corrientes, y en corrientes bajas es suficiente poner una sola red Snnuber a través del transformador secundario.

El valor de la resistencia R del snubber puede ser encontrada por la siguiente ecuación:

$$R_s = \frac{\sqrt{L_t / C_j}}{n} \dots\dots\dots (5.18)$$

donde,

L_t = inductancia del transformado, uFr

C_j = capacitancia de juntura del schottky, pF

n = relación de vueltas del primario(N_p)

con el secundario(N_s)

El valor del capacitor C_s del snubber puede ser escogido arbitrariamente entre **0.01 a 0.1 uF**.

La potencia disipada en el resistor puede ser encontrada por la siguiente ecuación:

$$Pr = \frac{1}{2} C_s * \left(\frac{V_{in}}{n} \right)^2 f \dots\dots\dots (5.19)$$

donde,

Pr = potencia disipada en el resistor

f = frecuencia de operación del convertidor

Calculando el periodo del convertidor tenemos:

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{20\text{KHz}}$$

$$T = 50\mu\text{s}$$

Asumiendo un tiempo muerto 5us por cada medio ciclo, entonces el tiempo de conducción por cada rectificador es:

$$\frac{50 - 2 * 5}{2} = 20(\mu\text{s})$$

El ciclo de trabajo por cada diodo es: $\hat{c}dr = \frac{20}{50} = 0.4us$

Con la ayuda de este dato podemos obtener el pico de corriente máximo I_{fm} por diodo que esta dado por la fórmula 5.20:

$$I_{FM} = \hat{c}_{DR} * I_{out} \dots\dots\dots (5.20)$$

Para la salida de ± 5 V de la fuente, se tiene como

$I_{OUT} = 19A$ y utilizando la formula 5.20 tenemos:

$$I_{FM} = (19) * (0.4) = 7.6A$$

El diodo recomendado para esta fuente debe ser de 8 o 10 A

Cuando el diodo esta apagado el tiempo de conducción es

$$5us, \text{ entonces } \hat{c}dr = \frac{5}{50} = 0.1us$$

Por lo tanto:

$$I_{FM} = (19) * (0.1) = 1.9A$$

Para la salida de ± 12 V de la fuente, se tiene como

$I_{OUT} = 5A$ y utilizando la formula, tenemos

$$I_{FM} = (5) * (0.4) = 2A$$

El diodo recomendado para esta fuente debe ser de 3A.

En la etapa de la salida del circuito tenemos también una red LC, dichos componentes cumplen la siguiente función: en el caso del inductor almacena energía durante la conmutación para poder suministrar corriente continua y en el caso del capacitor filtrar el voltaje de salida.

A continuación el cálculo de la inductancia L en la etapa de salida, para lo cual necesitamos tener en cuenta las siguientes fórmulas:

$$L = \frac{(E_{in} - E_{out})\Delta t}{\Delta I} \dots\dots\dots (5.21)$$

donde,

E_{in} = Voltaje de Entrada de la fuente.

E_{out} = Voltaje de Salida de la fuente.

Δt = Máximo tiempo muerto.

Es recomendable que ΔI no debe ser mayor a **0.25I_{out}**.

En esta formula cabe recalcar que para un convertidor de medio puente:

$$E_{in} = 2 * E_{out} \dots\dots\dots (5.22)$$

Expresando el Δt en términos de voltaje secundario E_{in} y E_{out} , tenemos:

$$t_{OFF} = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - (E_{out} / E_{in})}{f} \right] \dots\dots\dots (5.23)$$

donde,

f = frecuencia del convertidor en KHz.

Despejando E_{out} la fórmula 5.22 en función de E_i , podemos reemplazarla en la fórmula **5.23** obteniendo:

$$t_{OFF} = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - (0.5)}{f} \right] \dots\dots\dots (5.24)$$

Por lo tanto:

$$t_{OFF} = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - (0.5)}{20 \times 10^3} \right]$$

$t_{off} = 12.5 \text{ us.}$

Con la ayuda de este último dato (máximo tiempo muerto) podemos calcular la inductancia L para las cuatro fuentes de +5,-5,+12,-12Vdc.

Teniendo la fórmula 5.21 y sabiendo que ΔI_L no debe ser mayor a **0.25I_{out}**, usamos como referencia 0.25 I_{out} y reemplazamos en la fórmula mencionada 5.21.

$$L = \frac{(E_{in} - E_{out})\Delta t}{\Delta I}; \text{ teniendo:}$$

$$L = \frac{E_{out} * t_{off}}{0.25 * I_{out}}$$

donde;

t_{off} = máximo de tiempo muerto

Tenemos que:

Para la fuente de +5Vdc con $I_{out} = 19A$

$$L = \frac{5 * 12.5\mu s}{0.25 * 19}$$

$$L = 13.5mH$$

Para la fuente de -5Vdc con una corriente $I_{out} = 0.5A$

$$L = \frac{5 * 12.5\mu s}{0.25 * 0.5}$$

$$L = 500mH$$

Para una fuente de +12Vdc con una corriente $I_{out} = 5A$

$$L = \frac{12 * 12.5us}{0.25 * 5}$$

$$L=120mH$$

Para una fuente de -12Vdc con una corriente $I_{out}=0.5A$

$$L = \frac{12 * 12.5us}{0.25 * 0.5}$$

$$L=1200mH$$

Para la fuente de +5Vdc este valor representa

$L \times I_{out}^2 = 4.87 A^2 \times mH$, este valor es utilizado debido a que es el mayor de las cuatro fuentes.

El valor del número del núcleo es 55548, este valor lo obtenemos de la Tabla # 11 y está entre las curvas de permeabilidad de 26u, 60u.

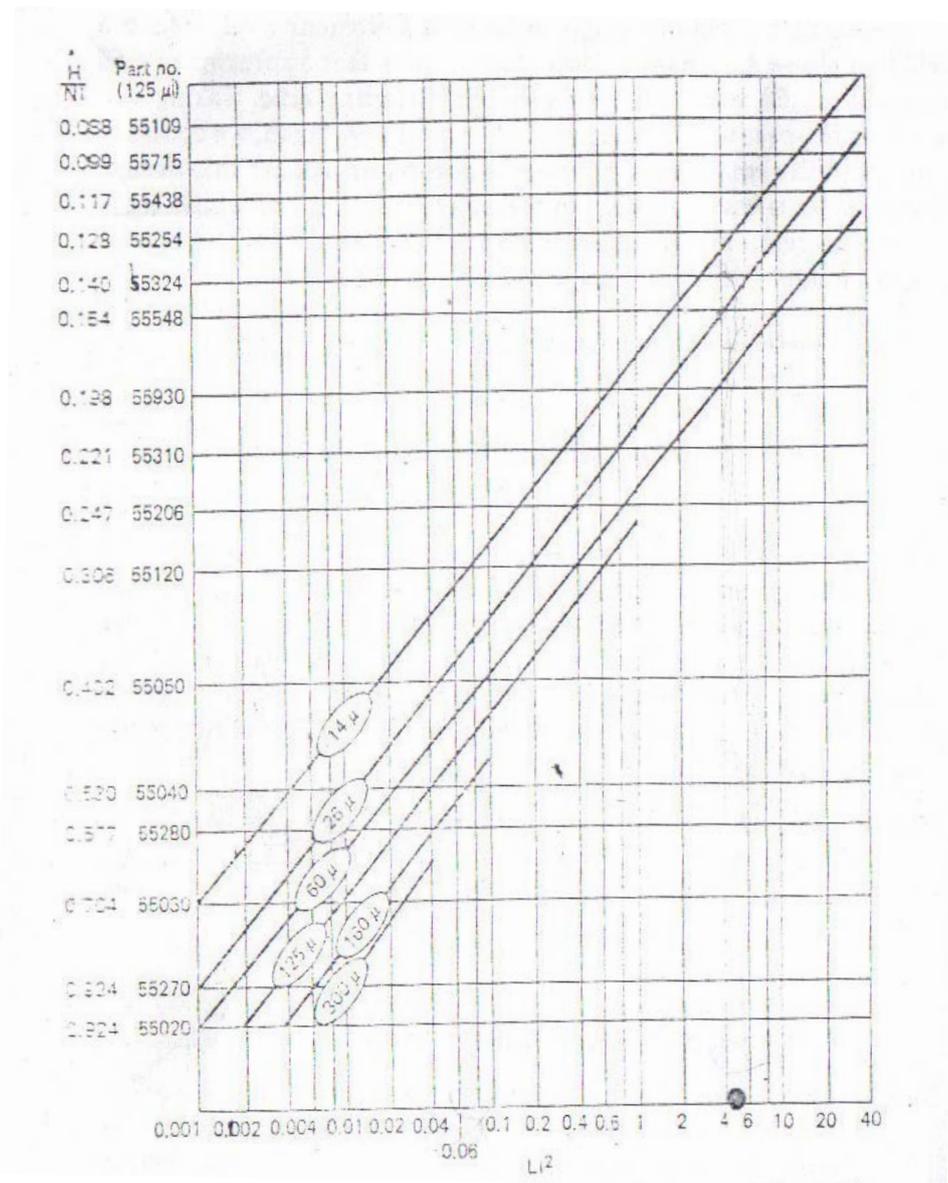


Fig 5.15 Grafico para la selección de la Permeabilidad del nucleo del Toroide

El número de vueltas puede ser calculado con la fórmula 5.25.

$$N = 1000 \sqrt{\frac{L}{L_{1000}}} \dots\dots\dots (5.25)$$

donde,

L: inductancia deseada, mH

L_{1000} : Inductancia nominal (mH por 1000 vueltas)

Para nuestros cálculos obtenemos el valor de L, de la Tabla # 11, para el valor de 55548 nos da un valor de $L_{1000} = 61\text{mH}/1000$ con la permeabilidad obtenida de 60u para encontrar el número de vueltas para cada una de las salidas de la fuente de las fuentes.

Part no.,	Inductance per 1000 turns, mH									
	125 μ	14 μ	26 μ	60 μ	125 μ	147 μ	160 μ	173 μ	200 μ	300 μ
55140	NA	NA	NA	26	31	33	36	42	62	NA
55150	4	7	17	35	41	45	48	56	84	NA
55180	5	9	20	42	49	53	57	67	99	NA
55020	6	10	24	50	59	64	69	80	120	220
55240	6	11	26	54	64	69	75	86	130	242
55270	12	21	50	103	122	132	144	165	247	466
55030	6	11	25	52	62	66	73	83	124	229
55280	6	11	25	53	63	68	74	84	128	232
55290	7	14	32	66	78	84	92	105	159	290
55040	7	14	32	66	78	84	92	105	159	290
55130	6	11	26	53	63	68	74	85	127	NA
55050	6.4	12	27	56	67	72	79	90	134	255
55120	8	15	35	72	88	92	104	115	173	317
55206	7.8	14	32	68	81	87	96	109	163	320
55310	9.9	19	43	90	106	115	124	144	216	396
55350	12	22	51	105	124	135	146	169	253	NA
55930	18	32	75	157	185	201	217	251	377	740
55548	14	28	61	127	150	163	176	203	305	559
55585	9	16	38	79	93	101	109	126	190	348
55324	13	24	56	117	138	150	162	187	281	515
55254	19	35	81	168	198	215	233	269	403	740
55438	32	59	135	281	330	360	390	450	674	NA
55089	20	37	86	178	210	228	246	285	427	NA
55715	17	32	73	152	179	195	210	243	365	NA
55109	18	33	75	156	185	200	218	250	374	NA
55866	16	30	68	142	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Note: Relates Magnetics, Inc., MPP core number to inductance per 1000 turns at various permeability values.

Source: Courtesy of Magnetics, Inc.

Tabla # 11 Tabla de inductancia del Núcleo del Toroide

Por lo tanto para la fuente de +5V, el número requerido de vueltas para obtener una inductancia de $L=13.5\text{mH}$:

$$N = 1000 \sqrt{\frac{13.5 \times 10^{-3}}{61}}$$

$N= 14.87$ vueltas.

Este valor debe ser incrementado un 20% del número de vueltas calculado, dando como resultado $N=17.84$, $N \approx 18$ vueltas.

Para la fuente de $-5V$, el número requerido de vueltas para obtener una inductancia de $500mH$:

$$N = 1000 \sqrt{\frac{500 \times 10^{-3}}{61}}$$

$N=90.53$ vueltas.

Con el incremento del 20% del número de vueltas del valor calculado, tenemos como resultado $N= 108.63$, $N \approx 109$ vueltas.

Para la fuente de $+12V$, el número requerido de vueltas para obtener una inductancia de $120mH$:

$$N = 1000 \sqrt{\frac{120 \times 10^{-3}}{61}}$$

$N=44.53$ vueltas.

Con el incremento del 20% del número de vueltas del valor calculado, tenemos como resultado $N = 53.44$, $N \approx 54$ vueltas.

Para la fuente de -12V, el número requerido de vueltas para obtener una inductancia de 1200mH:

$$N = 1000 \sqrt{\frac{1200 \times 10^{-3}}{61}}$$

$N = 140.26$ vueltas.

Con el incremento del 20% del número de vueltas del valor calculado, tenemos como resultado $N = 168.31$, $N \approx 169$ vueltas.

5.3.6. Modulador de Ancho de Pulso (PWM).

Como se mencionó anteriormente en la parte inicial de este capítulo, el Controlador, se encarga de comandar la oscilación del Convertidor de Alta Frecuencia, consiste de

un oscilador de frecuencia fija, una tensión de referencia, un comparador de tensión y un modulador de ancho de pulso (PWM). El modulador recibe el pulso del oscilador y modifica su ciclo de trabajo según la señal del comparador, el cual compara la tensión continua de salida del bloque de Rectificación y filtrado de salida con la tensión de referencia.

Cabe aclarar que el ciclo de trabajo ,es la relación entre el estado de encendido y el estado de apagado de una onda cuadrada.

Un oscilador lineal interno programable por dos componentes externos, RT y CT. La frecuencia del oscilador esta determinada por:

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T * C_T}$$

EL KIA 494 es un modulador de ancho de pulso de frecuencia fija (PWM). La modulación de los pulsos de salida se logra comparando la señal de diente de sierra

creada por el oscilador interno con cualquiera de las dos entradas de control. La puerta NOR que maneja las salidas de los transistores Q1 y Q2, son habilitadas solamente cuando la señal de reloj que ingresa al flip – flop, está en estado bajo. Entonces, la etapa de salida esta habilitada solamente durante la porción de tiempo que el voltaje del diente de sierra es mayor a las señales de control. A medida que las señales de control aumentan, el periodo de tiempo en que el diente de sierra es mayor, decrece, por lo que el tiempo que dura el pulso de salida disminuye.

Las señales de control son entradas externas que pueden ser alimentada por el “Control de tiempo muerto” (pin 4) y el circuito “Amplificador de error” (pines 1,2,15 y 16). La entrada de “Control de tiempo muerto” es comparada directamente en el circuito “Comparador de control de tiempo muerto”. Este comparador tiene un voltaje de OFFSET fijo de 120 mV, esto provee un tiempo muerto mínimo de 4 %.

EL comparador PWM compara la señal de control creada por los amplificadores de error, la función de estos es la de monitorear el voltaje de salida y proveer una ganancia suficiente de modo que, milivoltios de variación resulten en una señal de control de suficiente amplitud para que la modulación se realice. Los amplificadores de error también se usan para monitorear la corriente de salida y proveer una limitación de corriente de carga.

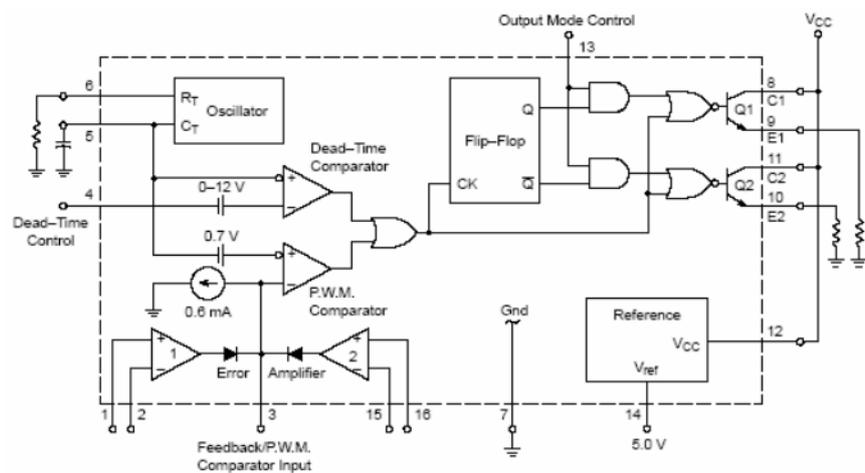


Fig. 5.16 Diagrama de bloques del circuito interno del CI KIA 494

Cuando el condensador CT es descargado, un pulso positivo es generado en la salida del “comparador de tiempo muerto”, que dirige el pulso al flip – flop y bloquea las salidas de los transistores, Q1 y Q2. Con el “Control de modo de salida” (pin 13) conectado para la línea de referencia, el pulso dirigido al flip – flop dirige los pulsos modulados para cada uno de los dos transistores de salida alternadamente para una operación push pull. La frecuencia de salida es igual a la mitad que a la del oscilador.

Cuando las corrientes de salida son requeridas para una simple operación, Q1 y Q2 pueden estar conectados en paralelo, y el pin de control de modo de salida debe estar en tierra. La frecuencia de salida ahora será igual al del oscilador.

5.4. Simulación de Fuente de Conmutación

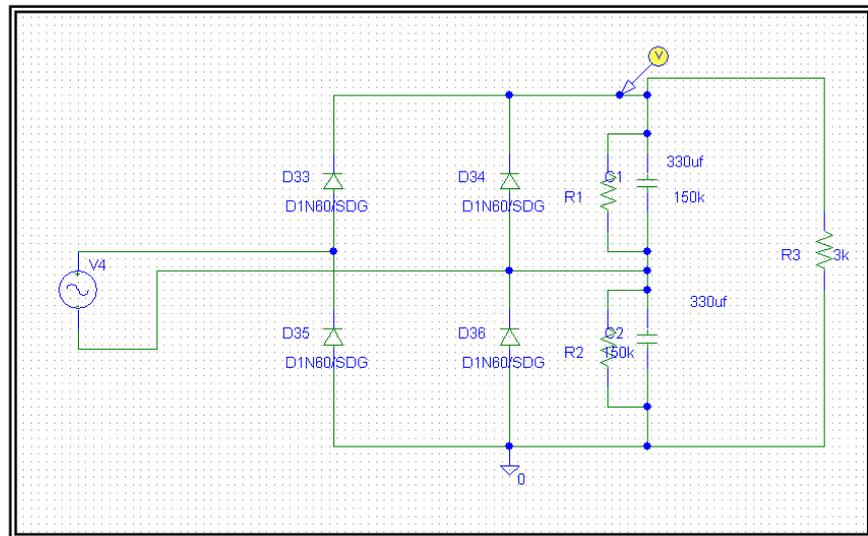


Fig. 5.17 Circuito Esquemático de la Etapa de Rectificado y Doblado de Voltaje

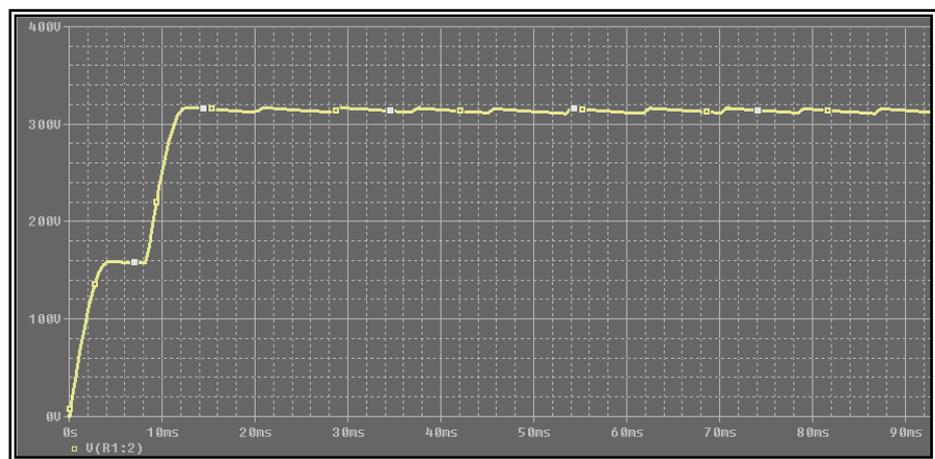


Fig. 5.18 Gráfico del Voltaje a la Salida del Doblador

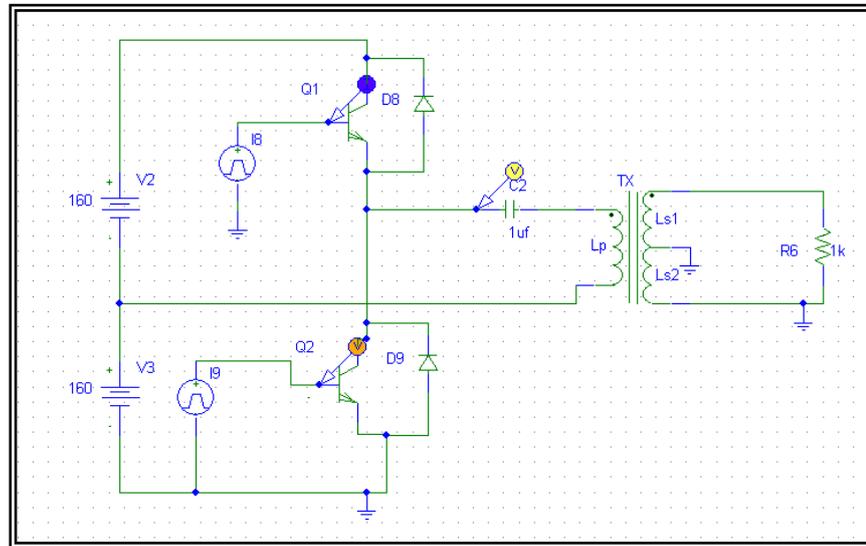


Fig. 5.19 Circuito Esquemático Etapa de Conmutación

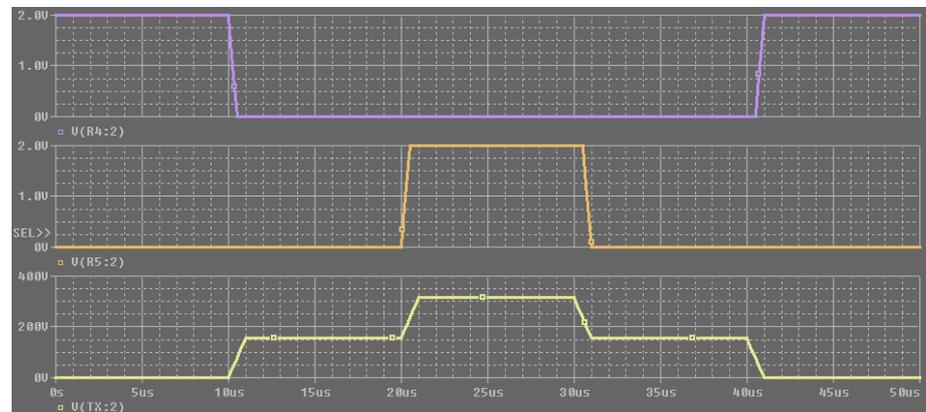


Fig. 5.20 Gráfico de las corrientes de base de los 2 transistores Q1 y Q2 Y de voltaje en el primario del transformador

5.4.1. Simulación de Circuito de Control TL 494 y de cada una de las Etapas.

Con la ayuda del simulador electrónico PSPICE PROFESIONAL podemos mostrar a continuación la simulación del circuito interno del circuito integrado TL494:

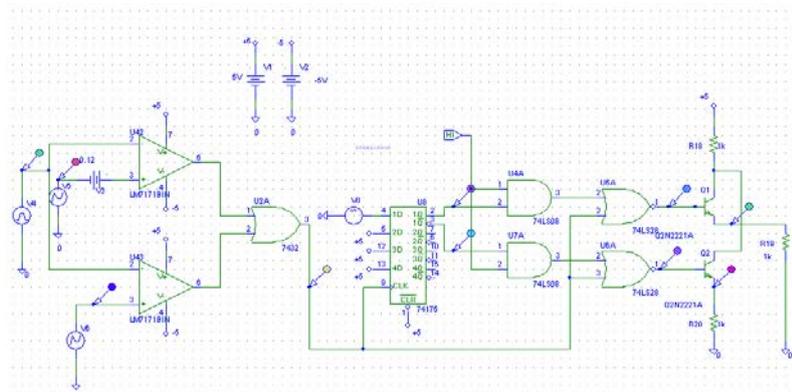


Figura 5.21 Circuito interno del CI KIA494

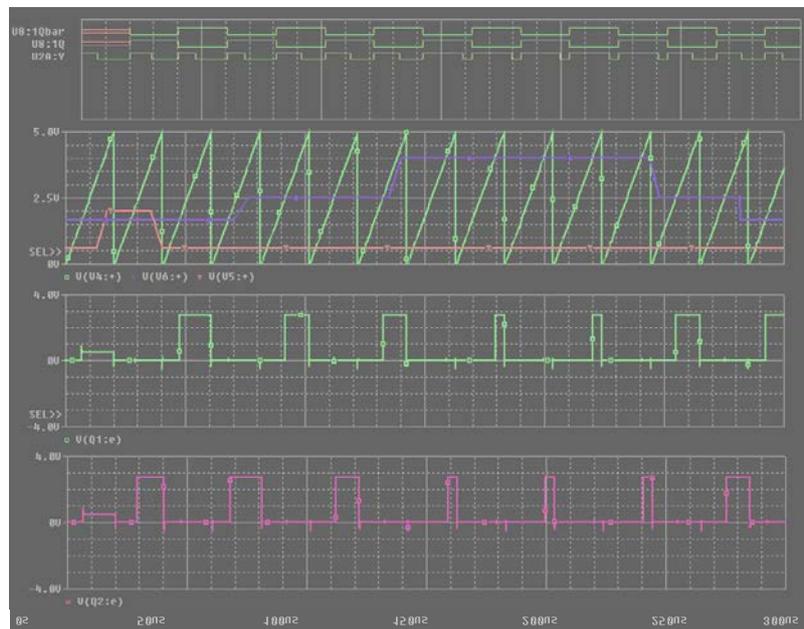


Fig. 5.22 Ondas de operación del circuito KIA494

5.5. Datos Reales de las Señales de la Fuente de Conmutación.

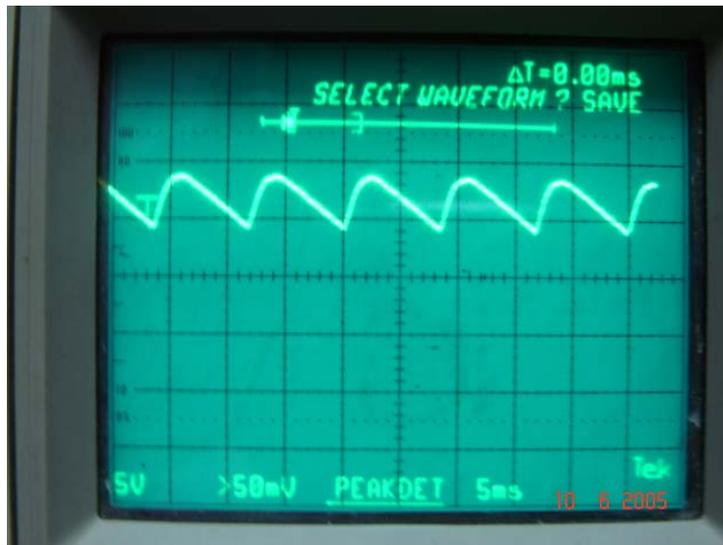


Fig. 5.23 Voltaje de rizado a la salida de la etapa de Rectificación y Filtrado de Entrada

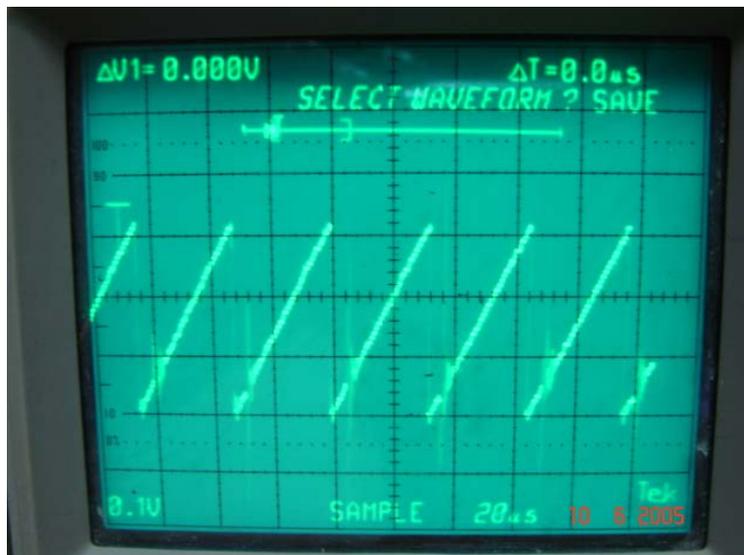


Fig. 5.24 Voltaje triangular generado por el circuito integrado KIA494 utilizado para comparar internamente el valor de entrada de la retroalimentación

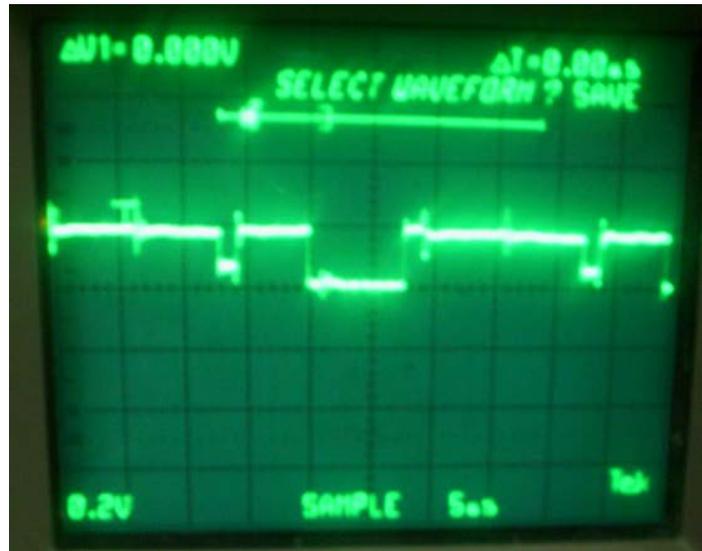


Fig. 5.25 Señal en la base del transistor Q1 desde KIA494.
Esta es la misma onda para el otro transistor Q2
pero desfasada en 180°

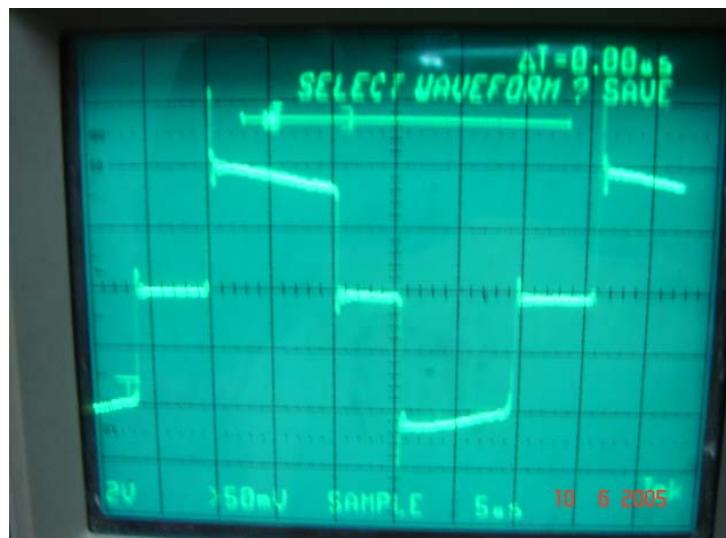


Fig. 5.26 Voltaje medido en el secundario del transformador T1

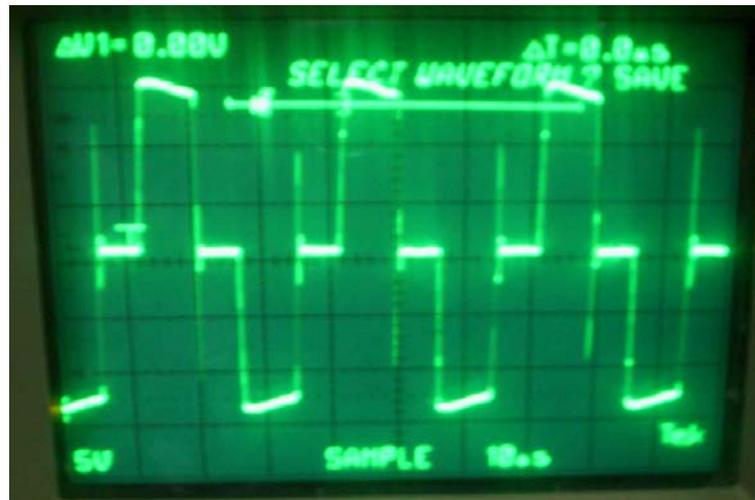


Fig. 5.27 Señal de la salida del convertidor de medio puente

5.6. Análisis entre Señales Reales y Señales Simuladas de la Fuente.

La herramienta utilizada para las simulaciones de las correspondientes etapas de una fuente de conmutación fue PSPICE PROFESSIONAL 9.2.2.; el mismo que ha sido de mucha utilidad y podemos concluir que dichas señales tienen similitud con las obtenidas en la realidad medidas mediante un osciloscopio. Es decir el simulador es una herramienta muy importante puesto que también podemos realizar cambios y ver sus correspondientes tipos de respuesta para tener una mejor comprensión del funcionamiento de una fuente de conmutación.

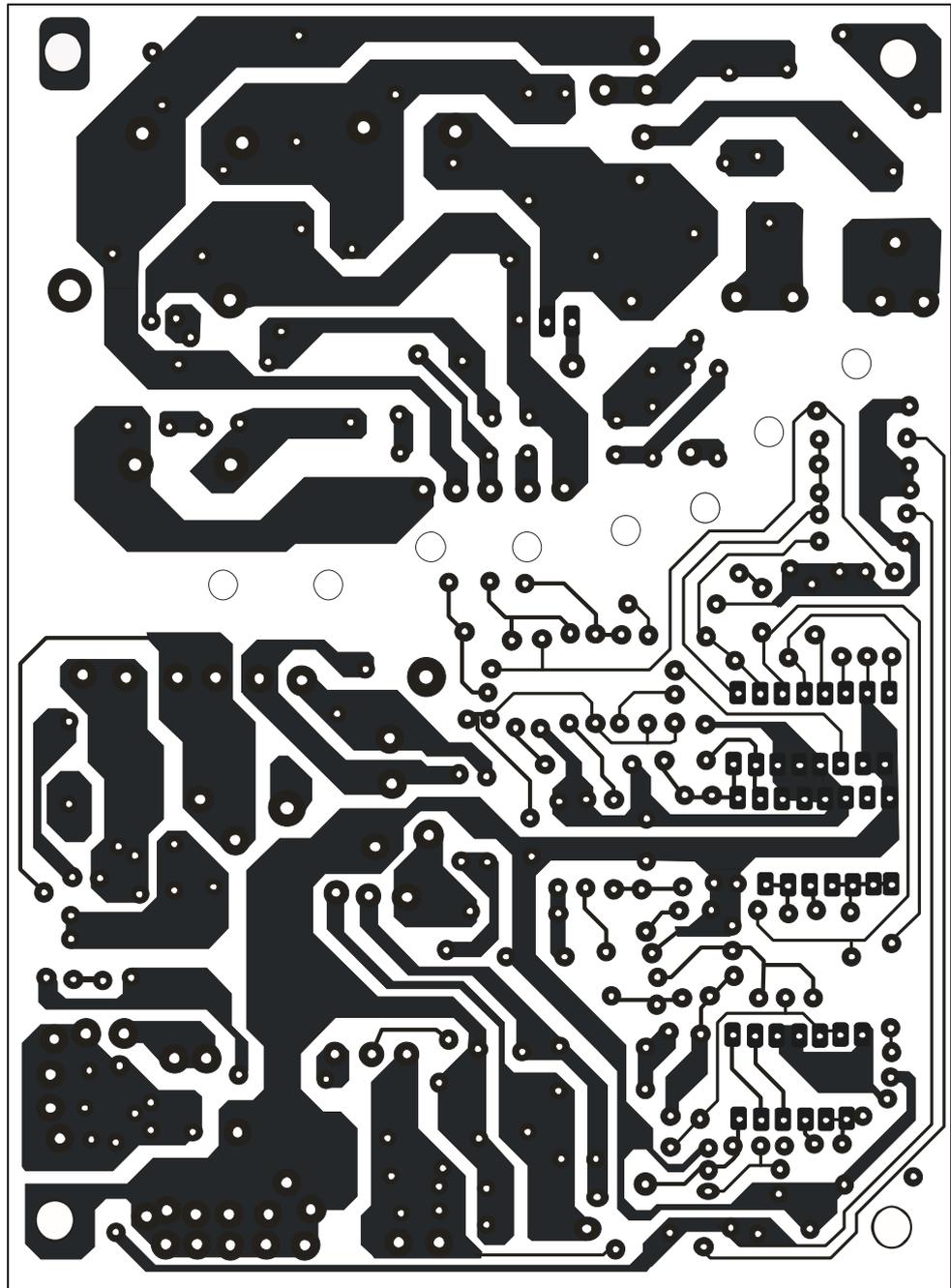
Vista Inferior:

Fig. 5.29 Vista Inferior del Circuito Impreso de la Fuente.

Conclusiones y Recomendaciones

Con respecto a la implementación del proceso de extrusión de cintas de polipropileno para la elaboración de cabos mediante el uso del SCADA LOOKOUT 5.1; podemos concluir lo importante que es la automatización en el sector industrial puesto que la efectividad de un monitoreo de todo el proceso de producción hace que podamos tener con certeza un control más exhaustivo de mediciones de variables, por ejemplo sea de temperatura o de presión, mediante la implementación del PLC y el montaje de transductores con el fin de obtener un perfecto control de los parámetros de nuestro proceso.

El diseño de un panel de control nos ayuda al monitoreo y control eficaz del proceso.

Mediante la implementación del PLC es más factible tener un proceso automatizado para la obtención de un mejor producto para el servicio de los consumidores; ya que estos controladores son programados mediante un conjunto de especificaciones técnicas para un mejor desarrollo del proceso de producción.

Mediante nuestro control de proceso por monitoreo nos permite una mejor facilidad de llevar un control técnico ya que el montaje de transductores nos arrojan informes con una generación automática y así poder tener un perfecto registro de mediciones de parámetros inherentes al proceso de producción.

Para mayor facilidad en el desarrollo de un proceso de automatización, se recomienda seguir los siguientes pasos:

Analizar las posibles causas de falla de nuestro proceso, al cual deseamos automatizar, con el objetivo de tener un control mucho más realista y eficiente del proceso de producción.

Debemos realizar las simulaciones del proceso de producción en el programa de monitoreo para cada pantalla por separado, para que al momento de probarlas o realizar cambios no existan conflictos de las variables en la interacción de las mismas.

Al referirnos a este proceso en específico, se deben colocar todos los valores iniciales de las variables, como son temperaturas, presión y velocidad antes de iniciar la simulación del proceso de producción de cabos.

Con respecto del manejo del programa LabVIEW 7.1, podemos concluir que es un excelente SCADA puesto que este programa además del uso del Lenguaje G (ambiente gráfico) que no presenta complejidad para la elaboración de un control de procesos; LabVIEW incluye bibliotecas para la adquisición de datos haciendo más fácil una comunicación tarjeta-PC o viceversa con el fin de tener una manipulación externa de los parámetros presentes en el proceso.

Del uso de microcontroladores PIC para el diseño de una tarjeta de adquisición de datos podemos concluir que en la actualidad son muy importantes puesto que minimizan costos y por los varios recursos que ofrecen estos microcontroladores tales como modulación de ancho de pulso, convertidor de datos análogo a digital, comunicación mediante USART para la comunicación serial; los mismos que son de mucha importancia porque son implementados dentro del control de procesos en una Industria.

Y del análisis de la fuente de conmutación se puede concluir principalmente, que esta tiene mayores ventajas que las fuentes convencionales.

Una de las principales ventajas de la fuente de conmutación, es que estas no tienen un transformador reductor a la entrada, lo que permite que ocupe un espacio físico muy reducido y su peso sea más liviano.

Es importante mencionar que estas fuentes tienen entradas de retroalimentación, es decir si la carga aumenta, se incrementa el ancho de pulso del KIA494 hasta estabilizar el voltaje en la salida.

Como desventaja se puede mencionar la sensibilidad que tienen y su complejidad de diseño.

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
<u>CAPITULO 1</u>		
Figura 1.1	Componentes de un Extrusor	10
Figura 1.2	Vista Real Motor Extrusor	12
Figura 1.3	Corte de Extrusor Monohusillo	12
Figura 1.4	Vista Real Extrusor	13
Figura 1.5	Vista Real Rodillos Calandra	24
Figura 1.6	Vista Real Horno de Orientación	25
Figura 1.7	Vista del Sistema de los Rodillos presentes en el proceso	43
 <u>CAPITULO 2</u>		
Figura 2.1	Selección GE _ SERIES 90 (PLC)	54
Figura 2.2	Configuración Comunicación del PLC	55
Figura 2.3	Pantalla Control Principal	58
Figura 2.4	Botoneras (Activa_Proceso – Desactiva_Proceso Paro – Reset)	58
Figura 2.5	Selección Materia Prima (Recipe – Cabos)	59
Figura 2.6	Formato Hoja de Excel (Receta)	59
Figura 2.7	Botonera Control Alarmas	60
Figura 2.8	Indicador Control Alarmas	60
Figura 2.9	Indicadores Alarmas Motores	61

Figura 2.10	Indicadores Alarmas Motores (Fallas Térmicas)	62
Figura 2.11	Estados del Proceso	63
Figura 2.12	Luces Indicadoras Pantalla Principal	63
Figura 2.13	Enlaces Pantallas, Tendencias Gráficas y Etapas del Proceso	63
Figura 2.14	Control Alarma	64
Figura 2.15	Montaje Alarma (Calandra)	64
Figura 2.16	Control Temperatura (°C) Agua Calandra	65
Figura 2.17	Parámetros Alarma_Temp_Agua_Calandra	66
Figura 2.18	Conexión de Parámetros Estados de Alarmas	67
Figura 2.19	Vista Estado Alarma Presión Extrusor	68
Figura 2.20	Vista Estado Alarma Horno Orientación	68
Figura 2.21	Vista Estado Alarma Horno Estabilización	69
Figura 2.22	Pantalla Control Temperatura (Zonas Extrusor)	70
Figura 2.23	Vista Real Panel Control Temperatura (Zonas Extrusor)	71
Figura 2.24	Activación de Indicadores (Zonas – Extrusor)	72
Figura 2.25	Control Ventiladores (Zonas 1 – 2 – 3 – 4)	73
Figura 2.26	Selección e Ingreso de Parámetros Potenciómetro (Pot_Zona5)	74
Figura 2.27	Vista de Indicador Zona 5 (Extrusor)	75
Figura 2.28	Visualización Variación Presión Extrusor (BAR)	77

Figura 2.29	Control Velocidades Rodillos.	78
Figura 2.30	Sliders (Rodillos Calandra –Lentos Rápidos Orientadores – Rápidos Estabilizadores)	79
Figura 2.31	Indicadores (Rodillos Calandra – Lentos Rápidos Orientadores – Rápidos Estabilizadores)	81
Figura 2.32	Selección Herramienta Secuencer	82
Figura 2.33	Ingreso Parámetros (Secuencer)	83
Figura 2.34	Vista Parámetros Secuenciador Principal	84
Figura 2.35	Vista Parámetros Secuenciador H_Orientador	84
Figura 2.36	Vista Parámetros Secuenciador H_Estabilizador	85
Figura 2.37	Conexión Parámetros (Secuencer)	86
Figura 2.38	Selección de Herramienta Hyper Trend	87
Figura 2.39	Ingreso de Parámetros (Hyper Trend)	88
Figura 2.40	Vista Gráfica (Hyper Trend)	89
Figura 2.41	Hyper Trend (Presión Extrusor (BAR))	89
Figura 2.42	Hyper Trend (Temperatura Horno Orientación (°C))	90
Figura 2.43	Hyper Trend (Temperatura Horno Estabilización (°C))	90
Figura 2.44	Selección Herramienta Spreadsheet	91
Figura 2.45	Ingreso de Parámetros (Spreadsheet)	92
Figura 2.46	Detalle de un Spreadsheet	93
Figura 2.47	Selección de Receta “Cabos”	95
Figura 2.48	Encendido Motor Extrusor	97

Figura 2.49	Vista Monitoreo de Ventiladores Extrusor (Zona 1 – 2 – 3 – 4)	97
Figura 2.50	Encendido Bomba Succión	98
Figura 2.51	Salida de Lámina del Extrusor	99
Figura 2.52	Ingreso de Lámina por Rodillos Calandra	99
Figura 2.53	Ingreso de Lámina por Cuchillas	100
Figura 2.54	Vista Aérea de Cuchillas	101
Figura 2.55	Corte de Lámina	101
Figura 2.56	Ingreso de Lámina a través del Horno Orientación	102
Figura 2.57	Ingreso de Lámina a través de Rodillos Rápidos Orientadores	102
Figura 2.58	Ingreso de Lámina a través del Horno Estabilización	103
Figura 2.59	Ingreso de Lámina a través de Rodillos Rápidos Estabilizadores	104
Figura 2.60	Vista Real Embobinador	105
Figura 2.61	Embobinado de Cintas de Polipropileno	105
Figura 2.62	Encendido de Encoder para Embobinado	106
Figura 2.63	Embobinado Final	106
Figura 2.64	Indicadores (Zonas 1 – 4 – 5 – 6 – 11)	107
Figura 2.65	Indicadores (Zonas 1 – 4 – 5 – 6 – 11) Vista Interna Extrusor	107
Figura 2.66	Vista Monitoreo Presión (Extrusor)	108

Figura 2.67	Vista Monitoreo Horno Orientador . . .	108
Figura 2.68	Vista Monitoreo Horno Estabilizador . . .	109

CAPITULO 3

Figura 3.1	Esquema de Software Labview . . .	111
Figura 3.2	Partes de un Programa de Labview . . .	114
Figura 3.3	Vista General del Panel Frontal . . .	116
Figura 3.4	Vista General del Diagrama de Bloque . . .	117
Figura 3.5	Diagrama de la Máquina Extrusora (Zonas) . . .	118
Figura 3.6	Diagrama de Flujo (Programa en LabVIEW) . . .	119
Figura 3.7	Indicadores (Control Ventiladores) . . .	120
Figura 3.8	Vista Pantalla Principal	121
Figura 3.9	Vista Gráfica (Zona 6)	121
Figura 3.10	Configuración Puerto Serial VISA . . .	122
Figura 3.11	Control Escritura de VISA	123
Figura 3.12	Control Multiplicador de Milisegundos . . .	124
Figura 3.13	Control Lectura de VISA	125
Figura 3.14	Conversión a un arreglo de bytes . . .	126
Figura 3.15	Control Gráfico	126
Figura 3.16	Índice Arreglo	126
Figura 3.17	Bloque Comparador	127
Figura 3.18	Estructura de Caso	128

Figura 3.19	Estructura Secuenciador	128
-------------	-----------------------------------	-----

CAPITULO 4

Figura 4.1	Disponibilidad de Memorias de una Arquitectura Harvard	134
Figura 4.2	Diagrama de Bloques (Implementación Tarjeta de Adquisición de Datos)	150
Figura 4.3	Ciclo de Interrupción (Implementación Tarjeta de Adquisición de Datos)	157
Figura 4.4	Diagrama de Flujo (Implementación Tarjeta de Adquisición de Datos)	165
Figura 4.5	Circuito Simulado en PROTEUS	166
Figura 4.6	Selección del Rango de Velocidad (9600 Baudios)	166
Figura 4.7	Encendido y Apagado de Señales de Salida	167
Figura 4.8	Simulación con la Comunicación con el Terminal de PROTEUS 6.7	167
Figura 4.9	Circuito Esquemático de la Tarjeta de Adquisición de Datos	168
Figura 4.10	Tarjeta Principal	169
Figura 4.11	Tarjeta de Señales de Entrada	169
Figura 4.12	Tarjeta para Señales de Salidas	169
Figura 4.13	Layout Tarjeta Principal	170

Figura 4.14	Layout para Señales de Salidas	170
Figura 4.15	Layout para Selección Rango de Baudios	171
Figura 4.16	Layout de Señales de Entrada	171
Figura 4.17	Calibración Voltaje de Referencia	172
Figura 4.18	Vista de Valores de Velocidad de Transmisión De datos (Baudios)	173
Figura 4.19	Fotografía de la Tarjeta Controladora	174
Figura 4.20	Fotografía del Selector de Rango de Baudios	174
Figura 4.21	Fotografía de la Tarjeta de las Entradas	175
Figura 4.22	Fotografía de la Tarjeta de las Salidas	175
Figura 4.23	Fotografía de Conexión Total de las Tarjetas	176

CAPITULO 5

Figura 5.1	Vista superior de la placa de una fuente ATX	181
Figura 5.2	Vista inferior de la placa de una fuente ATX	181
Figura 5.3	Bloques que conforman una fuente de conmutación	182
Figura 5.4	Fase de rectificación, puente rectificador, capacitores y el termistor	186
Figura 5.5	Señal de entrada de voltaje 110Vac a la fuente	186
Figura 5.6	Señales de corriente y voltajes de los capacitores C1 y C2	187

Figura 5.7	Señal de 320Vdc obtenido de la suma de voltajes de los capacitares.	188
Figura 5.8	Voltaje de 220Vac a la entrada de la fuente	188
Figura 5.9	Señal de voltaje tomada en el puente rectificador	189
Figura 5.10	Señal de 320 Vdc al final de la etapa	189
Figura 5.11	Circuito esquemático de la etapa de conmutación con alimentación de 110 Vac	201
Figura 5.12	Gráficos de los pulsos de disparo de la fuente de conmutación	201
Figura 5.13	Señal de salida del convertidor	202
Figura 5.14	Circuito básico de rectificación y filtrado para una fuente de conmutación de medio puente donde incluye la red Snnuber	209
Figura 5.15	Grafico para la selección de la Permeabilidad del nucleo del Toroide	218
Figura 5.16	Diagrama de bloques del circuito interno del CI KIA 494	225
Figura 5.17	Circuito Esquemático de la Etapa de Rectificado y Doblado de Voltaje	227
Figura 5.18	Gráfico del Voltaje a la Salida del Doblador	227
Figura 5.19	Circuito Esquemático Etapa de Conmutación	228

Figura 5.20	Gráfico de las corrientes de base de los 2 transistores Q1 y Q2 y de voltaje en el primario del transformador	228
Figura 5.21	Circuito interno del CI KIA494	229
Figura 5.22	Ondas de operación del circuito KIA494.	230
Figura 5.23	Voltaje de rizado a la salida de la etapa de Rectificación y Filtrado de Entrada	231
Figura 5.24	Voltaje triangular generado por el circuito integrado KIA494 utilizado para comparar internamente el valor de entrada de la retroalimentación	231
Figura 5.25	Señal en la base del transistor Q1 desde KIA494. Esta es la misma onda para el otro transistor Q2 pero desfasada en 180°	232
Figura 5.26	Voltaje medido en el secundario del transformador T1	232
Figura 5.27	Señal de la salida del convertidor de medio puente	233
Figura 5.28	Vista Superior del Circuito Impreso de la Fuente	234
Figura 5.29	Vista Inferior del Circuito Impreso de la Fuente	235

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla # 1	Detalle del PLC	50
Tabla # 2	Niveles de Temperatura (°C) (Zonas Extrusor) .	74
Tabla # 3	Unidades Yardas/Minuto (Rodillos Calandra Lentos – Orientadores – Estabilizadores) .	80
Tabla # 4	Características del PIC 16F877A	144
Tabla # 5	Tabla Configuración Puertos	152
Tabla # 6	Tabla Valores Rango Baudios	160
Tabla # 7	Tabla de Comandos	163
Tabla # 8	Costo de Materiales	177
Tabla # 9	Datos de placa de la fuente de conmutación .	184
Tabla # 10	Tabla de selección del cable para el transformador	205
Tabla # 11	Tabla de inductancia del Núcleo del Toroide .	220

ANEXOS

- 1.1 Distribución Eléctrica
- 1.2 Descripción de Entradas y Salidas utilizadas
en el PLC (Cimplicity Machine Edition)
Programa del PLC
- 1.3 Vista de Pantallas (Estado Inicial)
- 1.4 Diagrama de Bloques del PIC 16F877
- 1.5 Descripción de Pines
- 1.6 Programación del PIC

- A.1 Datos de placa de los Motores presentes
en el Proceso (Máquina XC-36)
- A.2 Esquemático de la Fuente de Conmutación

GLOSARIO

BAR

Unidad de Presión del sistema cegesimal equivalente a 1 dina por centímetro cuadrado.

PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

Los controladores lógicos programables o PLC son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial.

SCADA (Control, supervisión y adquisición de datos)

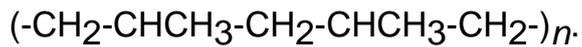
Sistemas de control, supervisión y adquisición de datos en tiempo real que permiten la adquisición de datos (para control o supervisión) desde múltiples

Baudios

Unidad utilizada para medir la velocidad de transmisión de datos de un módem o una conexión serie entre dos equipos o entre un equipo y un dispositivo externo. Indica el número de veces por segundo que puede cambiar la señal que se transmite. Suele coincidir con el número de bits por segundo que en teoría es capaz de transmitir/recibir, ya que la modulación de la señal normalmente se realiza a nivel de bit.

Polipropileno

Polímero de adición obtenido por la polimerización del propileno, $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$, en presencia de catalizadores y en determinadas condiciones de presión y temperatura:



Es un material termoplástico y, por tanto, posee la capacidad de fundirse a una determinada temperatura (150 °C), pudiendo ser moldeado y enfriado posteriormente para obtener la forma del producto deseado.

Calandria

Máquina constituida por un juego de varios cilindros de ejes paralelos y separación regulable, destinada a reducir el espesor, alisar, pulir, etc., diversos materiales, que se hacen pasar sucesivamente entre los pares de cilindros que giran en sentidos opuestos.

Abreviaturas

HMI	Interfase Hombre Máquina (Human Machine Interface)
PLC	Controlador Lógico Programable (Programmable Logia Controller)
SCADA	Control, supervisión y adquisición de datos (Supervisión, Control and Data Adquisition)
PIC	Programador Integrable Controlable
Bd	Baudios
PC	Computador Personal
USART	Universal Synchronous Asynchronous receiver Transmitter
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BCD	Código Binario Decimal
DDE	Dynamic Data Exchange
°C	Grados Centigrados

Vac	Voltaje de Corriente Alterna
Vdc	Voltaje de Corriente Continua
Vce	Voltaje collector – emisor
Ic	Corriente de colector
KV	Kilo Voltios
KVA	Kilo Voltios Amperios
Hz	Hercios
ms	milisegundos
μS	microsegundos
nF	nanofaradios
ton	Tiempo de encendido
toff	Tiempo de apagado
P_{IN}	Potencia de Entrada., W

P_{OUT}	Potencia de Salida, W
η	Eficiencia.
ΔV	Voltaje de rizado pico a pico, V
V_p	Voltaje pico de la fuente de alimentación, V
C_{eq}	Capacitancia Equivalente de Entrada.
V_{in}	Voltaje pico – pico máximo a la salida del convertidor.
f_R	Frecuencia de Resonancia.
f_s	Frecuencia de conmutación.
$\frac{N_p}{N_s}$	Relación de vueltas del transformador principal.
L_r	Inductancia del transformador referida al primario.

V_P	Voltaje en el primario del transformador.
V_S	Voltaje en el secundario del transformador.
C_S	Capacitancia de Red Snnuber
R_S	Resistencia de Red Snnuber
L_T	Inductancia del transformador
C_J	Capacitancia de juntura del Schkottky (pf)
P_R	Potencia de la resistencia R_S
dt	Intervalo de tiempo de carga, (us)
T	Periodo de conmutación, (us)
δ_{\max}	Ciclo de trabajo

f_s	Frecuencia de conmutación, Khz
P_{out}	Potencia de trabajo del transformador, (W)
B_{max}	Densidad de flujo pico de operación, (G)
P_r	Potencia disipada por el resistor
D	Densidad de corriente por alambre, (A/m^2)
A_e	Área efectiva del núcleo, (cm^2)
A_c	Área para el enrollamiento del bobinado, (cm^2)
CM	Tamaño del alambre, c.m (Circular mil)
I_p	Corriente máxima que circula por el primario del transformador

N_p	Número de vueltas del primario
N_s	Número de vueltas del secundario
V_p	Voltaje de Rizado, V
B_{max}	Densidad de flujo pico de operación, G
ΔV_{OUT}	Voltaje de pico a pico
E_{in}	Voltaje de Entrada.
E_{out}	Voltaje de Salida.
L_{1000}	Inductancia nominal
I_{fm}	Corriente de pico máximo, A
∂_{DR}	ciclo de trabajo por cada diodo, A

BIBLIOGRAFÍA

- 1 AUTODIDACTA OCEANO COLOR. Tomo No. IV.
Tecnología, Barcelona, 1994, p. 1000
- 2 AUTODIDACTA OCEANO COLOR. Tomo No. IV.
Física/Termología, Barcelona, 1994, p. 895
- 3 QUÍMICA I, Sistemas Materiales. Estructura de la materia.
Transformaciones químicas, Editorial Santillana,
POLIMODAL, varios autores, noviembre de 1999, Buenos
Aires- Argentina
- 4 NORMAS DEL INTI para la producción de plásticos en la
República Argentina
- 5 INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, N.º 228, septiembre de
1995.
- 6 ENCILOPEDIA ENCARTA 2001, Microsoft® Corporation
- 7 DICCIONARIO ENCICLOPEDIA SALVAT®.
- 8 NATIONAL INSTRUMENTS. Lookout Developer's Manual.
United States, November 2001
- 9 ROBERT H. BISHOP-UNIVERSITY OF TEXAS AT
AUSTIN. Learning with LabVIEW 7.1, United States, 2004

- 10 José Adolfo González V., McGraw Hill. Introducción a los microcontroladores
- 11 JOSE M. ANGULO Y OTROS, Microcontroladores PIC, La solución en un solo chip, Editorial Paraninfo.
- 12 JOSE M. ANGULO USATEGUI, SUSANA ROMERO YESA E IGNACIO ANGULO MARTINEZ – UNIVERSIDAD DE DEUSTO (CAMPUS VICTORIA). Microcontroladores PIC Diseño Práctico de aplicaciones Segunda Parte PIC 16F877 PBasic y ensamblador, España, 2003.
- 13 CHRYSSIS GEORGE. High frequency switching power supplies, United States, 1976
- 14 Mohan, T. M. Undeland y W. P. Robbins. POWER ELECTRONICS: CONVERTERS, APPLICATIONS AND DESIGN, John Wiley and sons, 1989
- 15 PRESSMAN, A. I.: “Switching and Linear Power Supply, Power Converter Design”, Hayden, Pochelle Park, NJ, 1977

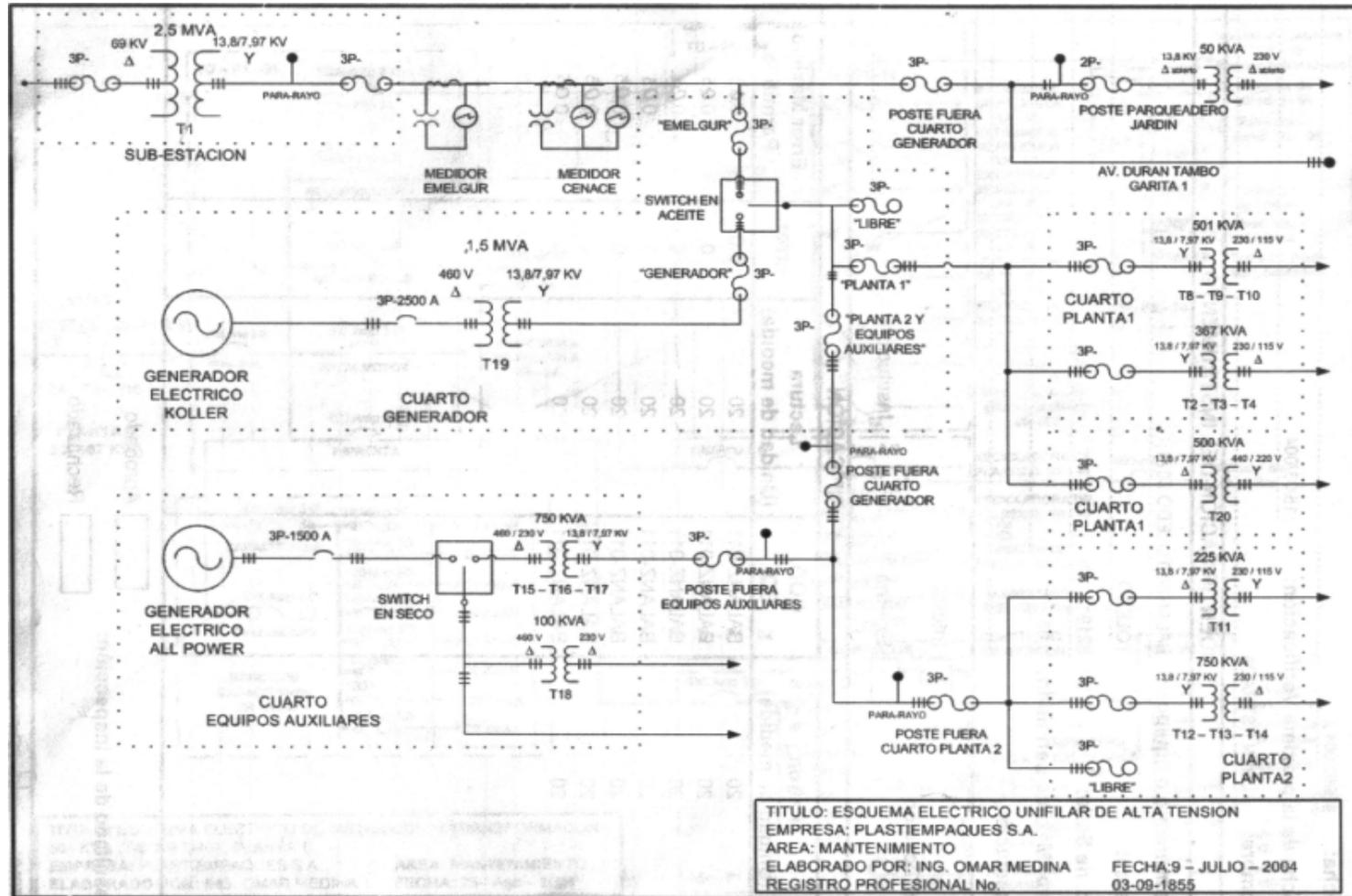
ANEXOS

ANEXO 1.1

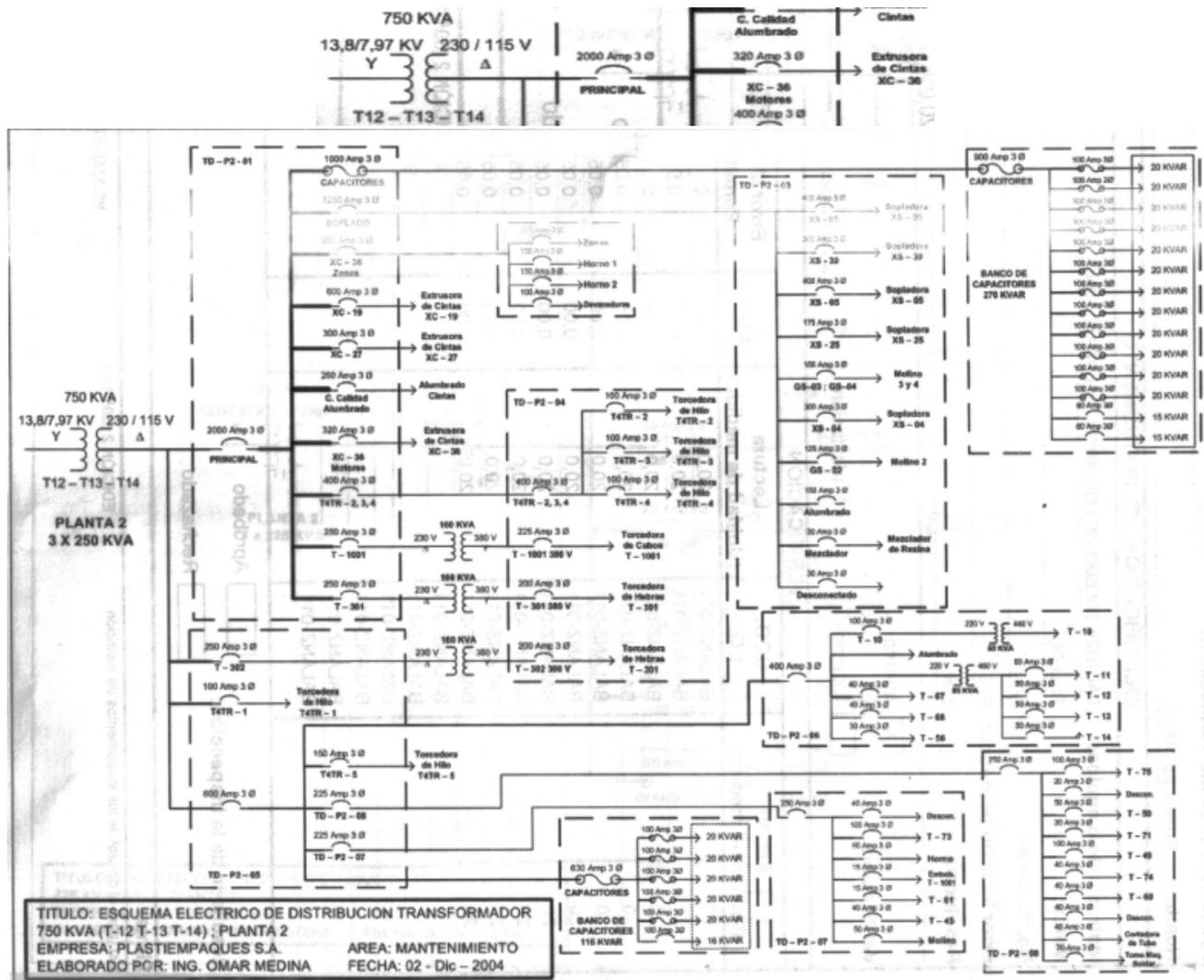
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

(PLANTA 1, PLANTA2)

PLASTI-EMPAQUES S.A.



Esquema Eléctrico Unifilar de Alta Tensión



Esquema Eléctrico de Distribución Transformador 750 KVA (T-12 T-13 T-14); Planta 2

ANEXO 1.2

Descripción de Entradas y Salidas utilizadas en el PLC (CIMPLICITY MACHINE EDITION)

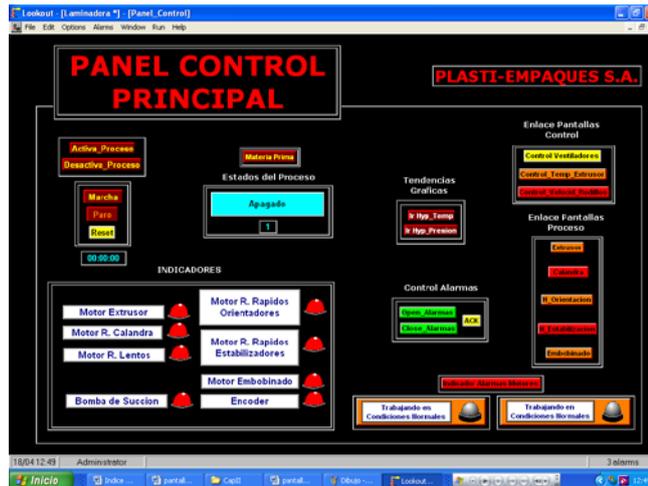
I1	Habilitador del Sistema
I2	Deshabilitador del Sistema
I3	Marcha desde el Panel
I4	Paro desde el Panel
I7	Protección del Motor de la Extrusora
I8	Protección de la Bomba de Aceite
I9	Protección del Rodillo Calandra
I10	Protección del Rodillo Lento
I11	Protección del Rodillo Rápido Orientador
I12	Protección del Rodillo Rápido Estabilizador
I13	Protección del Motor Embobinado
Q2	Motor Rodillo Calandra
Q3	Motor Rodillo Lento
Q4	Motor Rodillo Rápido Orientador
Q5	Motor Rodillo Rápido Estabilizador
Q6	Motor de la Extrusora
Q7	Motor Embobinado
Q10	Indica Estado de Calentamiento

**Programa del
PLC
(ARCHIVO .TIF)**

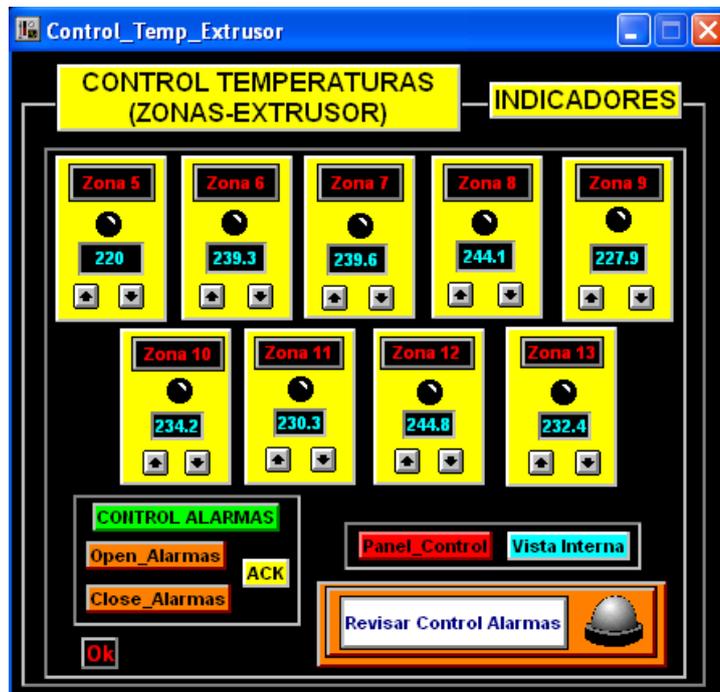
ANEXO 1.3

Vista de Pantallas (Estado Inicial)

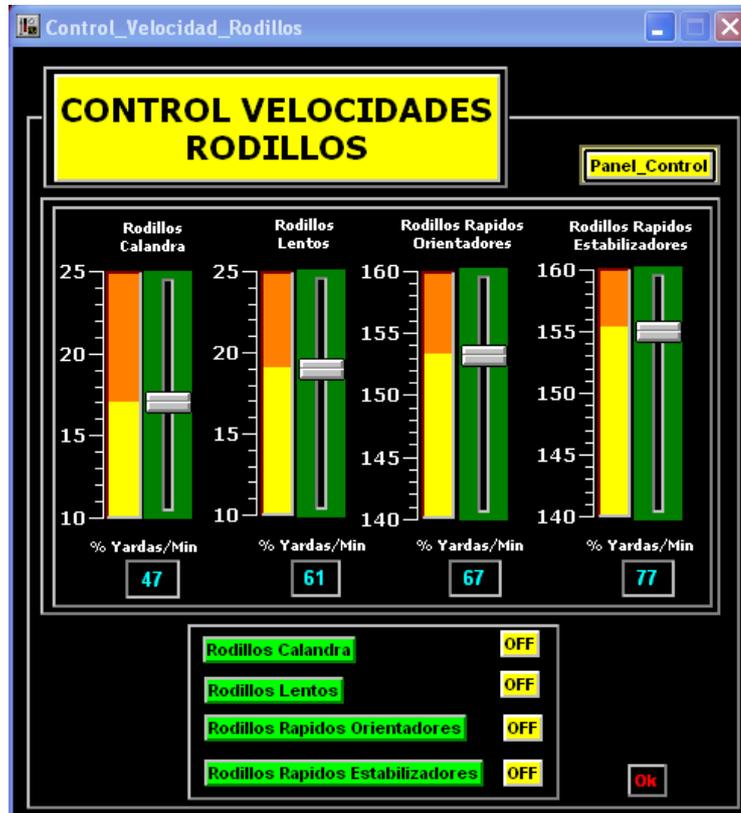
Pantalla Control Principal



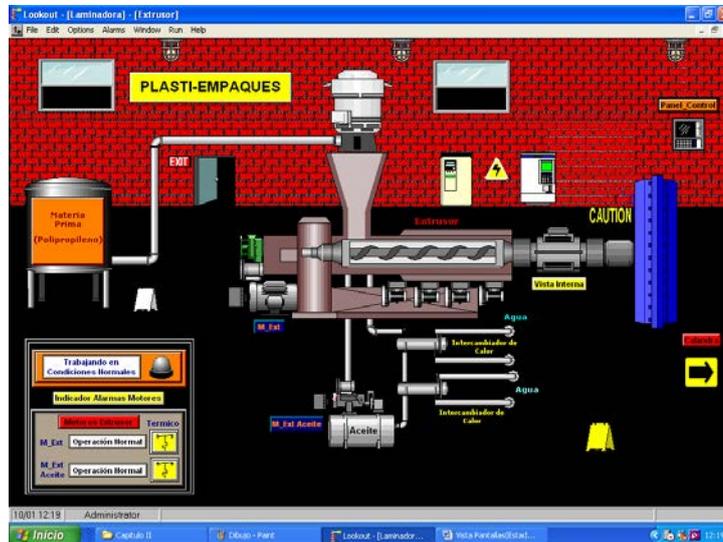
Pantalla Control Temperaturas (Zonas-Extrusor)



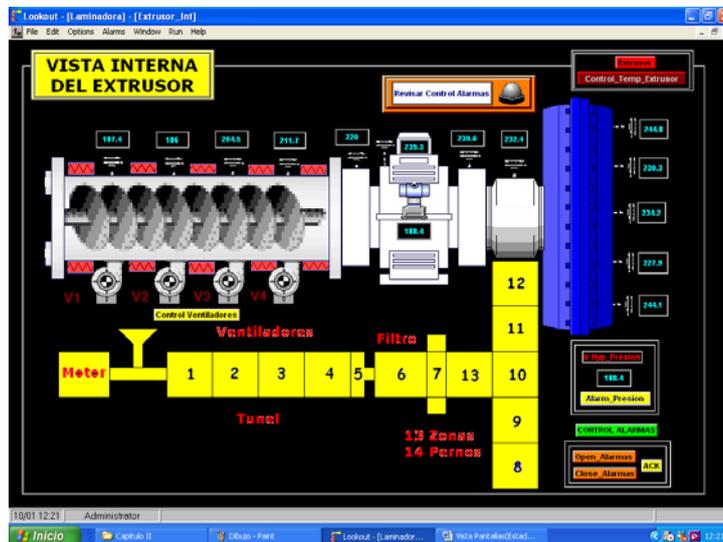
Pantalla Control Velocidad Rodillos



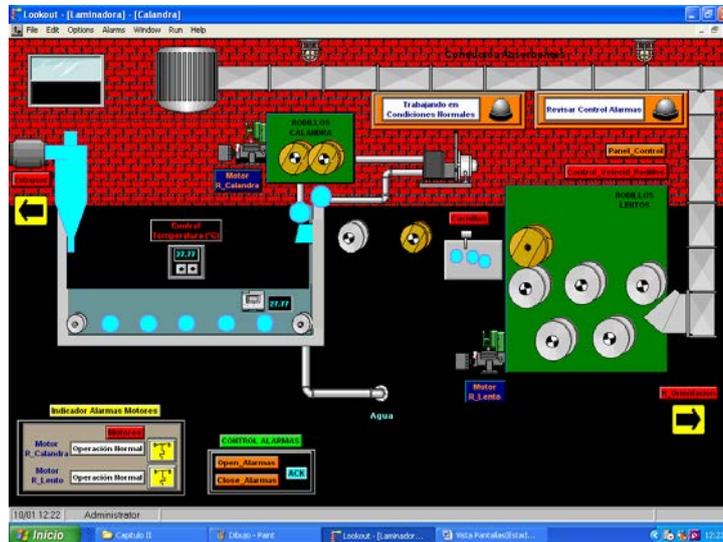
Pantalla Extrusor



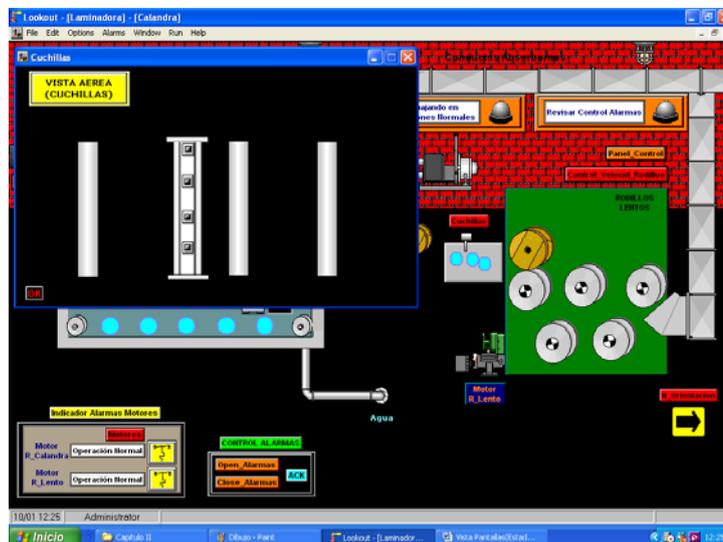
Pantalla Vista Interna (Extrusor)



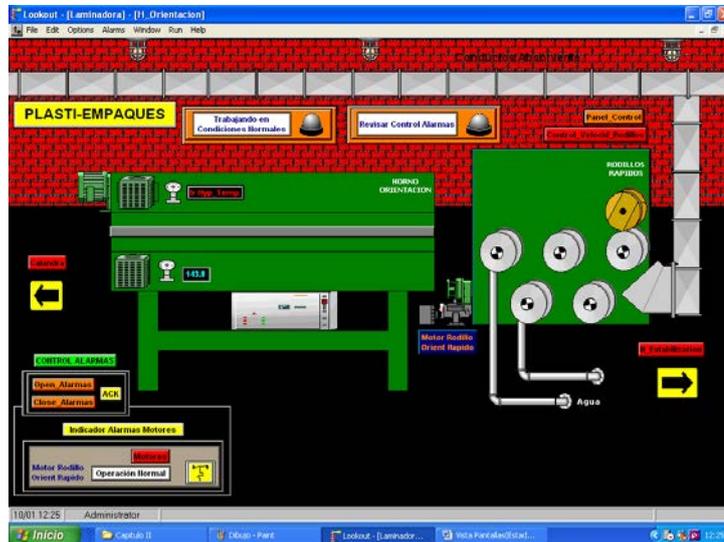
Pantalla Calandra



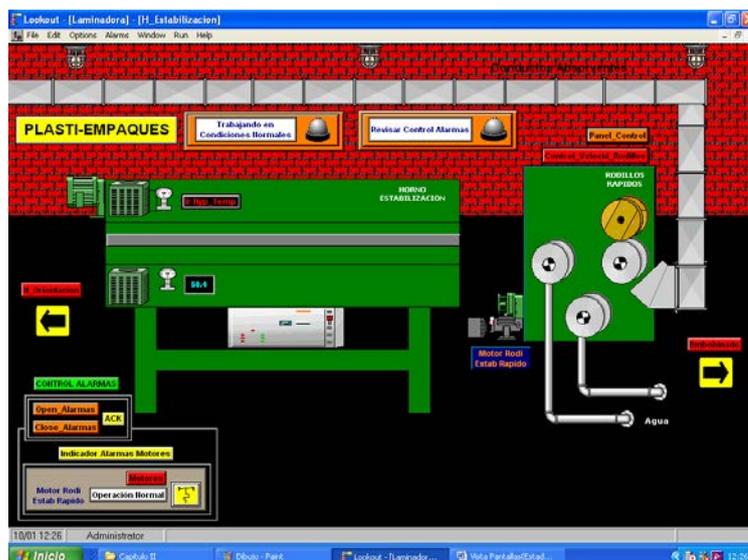
Pantalla Vista Aérea (Cuchillas)



Pantalla Horno Orientación



Pantalla Horno Estabilización



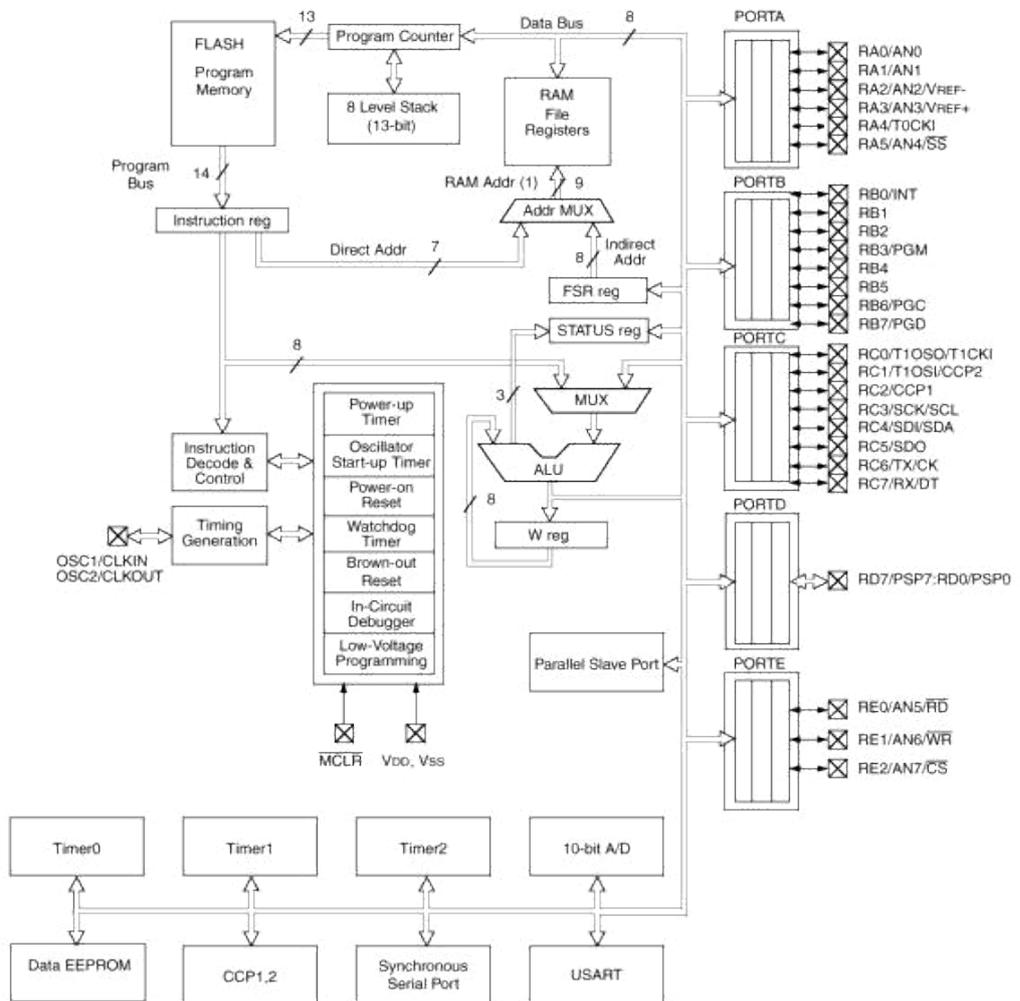
Pantalla Embobinado



ANEXO 1.4

Diagrama de Bloques del PIC 16F877

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes



Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

ANEXO 1.5

Descripción de Pines

Nombre del Pin	Pin	Tipo	Tipo Buffer	Descripción
OSC1/CLKIN	13	I	ST/ MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
OSC2/CLKOUT	14	O	-	Salida del oscilador de cristal
MCLR/Vpp/ THV	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test
RA0/ANO				PORTA es un puerto I/O bidireccional
RA1/AN1	2	I/O	TTL	RA0: puede ser salida analógica 0
RA2/AN2/Vref-	3	I/O	TTL	RA1: puede ser salida analógica 1
RA3/AN3/ Vref+	4	I/O	TTL	RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje
RA4/TOCKI	5	I/O	TTL	RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje
RA5/SS/AN4	6	I/O	ST	RA4: puede ser entrada de reloj el timer0.
	7	I/O	TTL	RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el puerto serial sincrónico.
RBO/INT	33	I/O	TTL/ST	PORTB es un puerto I/O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas
RB1	34	I/O	TTL	RB0 puede ser pin de interrupción externo.
RB2	35	I/O	TTL	RB3: puede ser la entada de programación de bajo voltaje
RB3/PGM	36	I/O	TTL	Pin de interrupción
RB4	37	I/O	TTL	Pin de interrupción
RB5	38	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	I/O	TTL/ST	Pin de interrupción. Reloj de programación serial
RB7/PGD	40	I/O	TTL/ST	
RCO/T1OSO/ T1CKI	15	I/O	ST	PORTC es un puerto I/O bidireccional
RC1/T1OS1/ CCP2	16	I/O	ST	RCO puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1
RC2/CCP1	17	I/O	ST	RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o

RC3/SCK/ SCL	18	I/O	ST	salida PMW 2
RC4/SD1/ SDA	23	I/O	ST	RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN
RC5/SD0	24	I/O	ST	RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C
RC6/Tx/CK	25	I/O	ST	RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C
RC7/RX/DT	26	I/O	ST	RC5 puede ser la salida de datos SPI
				RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono.
				RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos
RD0/PSP0				PORTD es un puerto bidireccional paralelo
RD1/PSP1	19	I/O	ST/TTL	
RD2/PSP2	20	I/O	ST/TTL	
RD3/PSP3	21	I/O	ST/TTL	
RD4/PSP4	22	I/O	ST/TTL	
RD5/PSP5	27		ST/TTL	
RD6/PSP6	28		ST/TTL	
RD7/PSP7	29		ST/TTL	
	30		ST/TTL	
RE0/RD/AN5	8	I/O	ST/TTL	PORTE es un puerto I/O bidireccional
RE1/WR/AN				RE0: puede ser control de lectura para el puerto esclavo paralelo o entrada analógica 5
RE2/CS/AN7	9	I/O	ST/TTL	RE1: puede ser escritura de control para el puerto paralelo esclavo o entrada analógica 6
	10	I/O	ST/TTL	RE2: puede ser el selector de control para el puerto paralelo esclavo o la entrada analógica 7.
Vss	12.31	P	-	Referencia de tierra para los pines lógicos y de I/O
Vdd	11.32	P	-	Fuente positiva para los pines lógicos y de I/O
NC	-	-	-	No está conectado internamente

ANEXO 1.6

Programación del PIC desarrollado mediante el programa MPLAB IDE 7.1 de Microchip. (Programa ASM)

LIST P=16F877A ;Se indica el modo de procesador

RADIX HEX ;Sistema de numeracion hexadecimal

INCLUDE <P16F877A.inc> ;se incluye la definicion de los
;registros internos

```
W_TEMP EQU 0X20
PCLATH_TEMP EQU 0X21
STATUS_TEMP EQU 0X22
CounterA EQU 0X23
CounterB EQU 0X24
CounterC EQU 0X25
COUNTA EQU 0X26
COUNTB EQU 0X27
COUNTC EQU 0X28
COUNTD EQU 0X29
BYTE EQU 0X2A
VALOR EQU 0X2B
COUNTC EQU 0X2C
AUX EQU 0X2D
SETT EQU 0X2E
BYTE_READ EQU 0X2F
PDeI0 EQU 0X30
PDeI1 EQU 0X31
F_DIGITAL EQU 0X32
BAUDIO EQU 0X33
```

```
#define BANCO_0 BANKSEL PORTA
#define BANCO_1 BANKSEL TRISA
```

```
ORG      0
goto     INICIO
```

```
ORG      0X04
GOTO     INTER
```

```
ORG      0X05
```

```
.*****
;
*
```

```
;SERVICIO DE INTERRUPCION
```

```
.*****
;
*
```

```
INTER          movwfW_TEMP
                swapf STATUS,W
                clrf  STATUS
                movwfSTATUS_TEMP
                movf  PCLATH,W
                movwfPCLATH_TEMP
                clrf  PCLATH

                bcf   PIR1,RCIF

                movf  RCREG,W           ;Lectura dato recibido
                movwfBYTE_READ         ;byte recibido desde la pc
                btfsc F_DIGITAL,0
                goto  DIGITAL
                call  TABLA_X
                goto  VOLVER
```

```
DIGITAL        movwfPORTB
                BCF   F_DIGITAL,0
```

```
VOLVER         MOVFPCLATH_TEMP,W
                movwfPCLATH
                SWAPF STATUS_TEMP,W
                MOVWF STATUS
                SWAPF W_TEMP,F
                SWAPF W_TEMP,W
                retfie
```

```

.*****
;
*
;TABLA_X  revisa
.*****
;
*

TABLA_X      movlw      "o"
              xorwf    BYTE_READ,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    BUCLE2
              bsf     PORTB,2
              return

BUCLE2      movlw      "p"
              xorwf    BYTE_READ,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    BUCLE3
              bsf     PORTB,3
              return

BUCLE3      movlw      "q"
              xorwf    BYTE_READ,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    BUCLE4
              bsf     PORTB,4
              return

BUCLE4      movlw      "r"
              xorwf    BYTE_READ,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    BUCLE5
              bsf     PORTB,5
              return

BUCLE5      movlw      "s"
              xorwf    BYTE_READ,0
              btfss   STATUS,Z
              goto    BUCLE6
              bsf     PORTB,6
              return

BUCLE6      movlw      "t"
              xorwf    BYTE_READ,0
              btfss   STATUS,Z

```

```

        goto BUCLE7
        bsf  PORTB,7
        return

BUCLE7      movlw    "u"
            xorwf   BYTE_READ,0
            btfss  STATUS,Z
            goto   BUCLE8
            bcf   PORTB,2
            return

BUCLE8      movlw    "v"
            xorwf   BYTE_READ,0
            btfss  STATUS,Z
            goto   BUCLE9
            bcf   PORTB,3
            return

BUCLE9      movlw    "w"
            xorwf   BYTE_READ,0
            btfss  STATUS,Z
            goto   BUCLE10
            bcf   PORTB,4
            return

BUCLE10     movlw    "x"
            xorwf   BYTE_READ,0
            btfss  STATUS,Z
            goto   BUCLE11
            bcf   PORTB,5
            return

BUCLE11     movlw    "y"
            xorwf   BYTE_READ,0
            btfss  STATUS,Z
            goto   BUCLE12
            bcf   PORTB,6
            return

BUCLE12     movlw    "z"
            xorwf   BYTE_READ,0
            btfss  STATUS,Z
            goto   BUCLE13
            bcf   PORTB,7

```

```

return

BUCLE13      movlw      "A"
xorwf  BYTE_READ,0
btfss  STATUS,Z
goto   BUCLE14
call   ADQUIRIR_AN0
BANCO_1
bsf    TXSTA, TXEN      ;Habilita la transmision
BANCO_0
movf   ADRESH,0
movwf  TXREG            ; del codigo ascii
BANCO_1
COMP_TX0     btfss  TXSTA, TRMT      ;comprueba si acabo de Tx.
goto   COMP_TX0
BANCO_0     ;Cambio al banco 0 -----
return

BUCLE14      movlw      "B"
xorwf  BYTE_READ,0
btfss  STATUS,Z
goto   BUCLE15
call   ADQUIRIR_AN1
BANCO_1
bsf    TXSTA, TXEN      ;Habilita la transmision
BANCO_0
movf   ADRESH,0
movwf  TXREG            ; del codigo ascii
BANCO_1
COMP_TX1     btfss  TXSTA, TRMT      ;comprueba si acabo de Tx.
goto   COMP_TX1
BANCO_0     ;Cambio al banco 0 -----
return

BUCLE15      movlw      "C"
xorwf  BYTE_READ,0
btfss  STATUS,Z
goto   BUCLE16
call   ADQUIRIR_AN2
BANCO_1
bsf    TXSTA, TXEN      ;Habilita la transmision
BANCO_0
movf   ADRESH,0

```

```

        movwf TXREG          ; del codigo ascii
        BANCO_1
COMP_TX2      btfss TXSTA,TRMT      ;comprueba si acabo de Tx.
              goto COMP_TX2
        BANCO_0          ;Cambio al banco 0 -----
        return

```

```

BUCLE16      movlw          "D"
              xorwf BYTE_READ,0
              btfss STATUS,Z
              goto BUCLE17
              call ADQUIRIR_AN3
        BANCO_1
              bsf TXSTA,TXEN      ;Habilita la transmision
        BANCO_0
              movf ADRESH,0
              movwf TXREG          ; del codigo ascii
              BANCO_1
COMP_TX3      btfss TXSTA,TRMT      ;comprueba si acabo de Tx.
              goto COMP_TX3
        BANCO_0          ;Cambio al banco 0 -----
        return

```

```

BUCLE17      movlw          "E"
              xorwf BYTE_READ,0
              btfss STATUS,Z
              goto BUCLE18
              call ADQUIRIR_AN4
        BANCO_1
              bsf TXSTA,TXEN      ;Habilita la transmision
        BANCO_0
              movf ADRESH,0
              movwf TXREG          ; del codigo ascii
              BANCO_1
COMP_TX4      btfss TXSTA,TRMT      ;comprueba si acabo de Tx.
              goto COMP_TX4
        BANCO_0          ;Cambio al banco 0 -----
        return

```

```

BUCLE18      movlw          "F"
              xorwf BYTE_READ,0
              btfss STATUS,Z

```

```

        goto BUCLE19
        call ADQUIRIR_AN5
        BANCO_1
        bsf TXSTA, TXEN ;Habilita la transmision
        BANCO_0
        movf ADRESH, 0
        movwf TXREG ; del codigo ascii
        BANCO_1
COMP_TX5 btfss TXSTA, TRMT ;comprueba si acabo de Tx.
        goto COMP_TX5
        BANCO_0 ;Cambio al banco 0 -----
        return

```

```

BUCLE19 movlw "G"
        xorwf BYTE_READ, 0
        btfss STATUS, Z
        goto BUCLE20
        bsf F_DIGITAL, 0
        BANCO_1
        bsf TXSTA, TXEN ;Habilita la transmision
        BANCO_0
        movlw "G"
        movwf TXREG ; del codigo ascii
        BANCO_1
COMP_TX6 btfss TXSTA, TRMT ;comprueba si acabo de Tx.
        goto COMP_TX6
        BANCO_0 ;Cambio al banco 0 -----
        return

```

```

BUCLE20 return

```

```

;*****
;

```

```

;DELAY DE 250mili segundos

```

```

;*****
;

```

```

PDelay movlw .197 ; 1 set number of repetitions (B)
        movwf PDel0 ; 1 |
PLoop1 movlw .253 ; 1 set number of repetitions (A)
        movwf PDel1 ; 1 |
PLoop2 nop

```

```

nop
decfsz    PDel1, 1    ; 1 + (1) is the time over? (A)
goto      PLoop2     ; 2 no, loop
decfsz    PDel0, 1    ; 1 + (1) is the time over? (B)
goto      PLoop1     ; 2 no, loop
PDelL1    goto    PDelL2    ; 2 cycles delay
PDelL2
return    ; 2+2 Done

```

```

;*****
;
;*****

```

;DELAY: Rutina que da un retardo de 5 mili segundos

```

;*****
;
;*****

```

```

DELAY    movlw    .105
         movwf    COUNTA
PLoop11  movlw    .23
         movwf    COUNTB
PLoop21  NOP
         NOP
         decfsz  COUNTB,1
         goto    PLoop21
         decfsz  COUNTA, 1
         goto    PLoop11
         return

```

```

;*****
;
;*****

```

;ADQUIRIR_AN0: OBTIENE LOS RESULTADOS DE LA CONVERSIÓN EN EL CANALO

```

;*****
;
;*****

```

```

ADQUIRIR_AN0  nop
               movlb'10000001'    ;Configuración del CA/D: -
TAD=64Tosc(para 16MHz)
               movwfADCON0        ;- Canal AN0, - Activación de CA/D
               NOP
               NOP
               NOP
               NOP
               NOP

```



```
movlw .203          ;1200 baudios
movwf SPBRG
BANCO_0
```

```
return
```

```
BUCLE136          movlw          D'2'
xorwf BAUDIO,0
btfss STATUS,Z
goto BUCLE137
bcf PORTC,0
bsf PORTC,1
bcf PORTC,2
bcf PORTC,3
;bcf PORTD,0
BANCO_1
movlw .103          ;2400 baudios
movwf SPBRG
BANCO_0
```

```
return
```

```
BUCLE137          movlw          D'3'
xorwf BAUDIO,0
btfss STATUS,Z
goto BUCLE138
bcf PORTC,0
bcf PORTC,1
bsf PORTC,2
bcf PORTC,3
;bcf PORTD,0
BANCO_1
movlw .25           ;9600 baudios
movwf SPBRG
BANCO_0
```

```
return
```

```
BUCLE138          movlw          D'4'
xorwf BAUDIO,0
btfss STATUS,Z
goto BUCLE139
```

```

    bcf    PORTC,0
    bcf    PORTC,1
    bcf    PORTC,2
    bsf    PORTC,3
    ;bcf   PORTD,0
    BANCO_1
    movlw .12          ;19200 baudios
    movwf SPBRG
    BANCO_0

    return

```

```

BUCLE139      return

```

```

.*****
;
*
;TECLA_SELECTOR: procesa la tecla selectora de baudio rate y selecciona la
velocidad
.*****
;
*

```

```

TECLA_SELECTOR      CALL DELAY
                    CALL DELAY
                    CALL DELAY
                    btfsc PORTD,1
                    return

                    incf  BAUDIO,1
                    movlw  D'5'
                    xorwf BAUDIO,0
                    btfss STATUS,Z
                    goto  BUCLE189
                    movlw d'1'
                    movwf BAUDIO

```

```

BUCLE189          call  TABLA_BAUDIO

```

```

BUCLE140          btfss PORTD,1
                    goto  BUCLE140
                    return

```

```
.*****  
,  
*
```

;INICIO DE PROGRAMA

```
.*****  
,  
*
```

```
INICIO          clrf  PORTA  
                clrf  PORTB          ;Limpia salidas  
                clrf  PORTC  
                bsf   RCSTA,SPEN      ;se activa la USART  
                CLRF PORTD  
                CLRF PORTC  
                BANCO_1  
                movlw b'01000001'  
                movwf ADCON1  
                movlw b'11111111'  
                movwf TRISA          ;Puerto A como ENTRADA ANALOGICA  
  
                movlw b'00000111'  
                movwf TRISE  
                clrf  TRISB          ;Puerta B como salida para los rele  
                movlw b'10010000'    ;RC7/Rx entrada, RC0-RC4 salidas  
de leds indicadores de baud rate  
                movwf TRISC          ;RC6/Tx salida y RC5 Salida.  
                movlw b'11111110'    ;RD0 para indicador de baud rate y  
RD1 par tecla seleccionadora  
                movwf TRISD  
                movlw b'00000100'    ;Configuracion USART  
                movwf TXSTA          ;y activacion de transmision  
                movlw .25            ;9600 baudios  
                movwf SPBRG  
                bsf   PIE1,RCIE      ;Habilitacion interrupcion RX  
  
                BANCO_0  
  
                bsf   RCSTA,SPEN      ;se activa la USART  
                movlw b'10010000'    ;Configuracion de la usart  
                movwf RCSTA          ;para recepcion continua  
                clrf  AUX  
                call  PDelay  
                CLRF F_DIGITAL  
                CLRF PORTD  
                CLRF PORTC
```

CLRF BAUDIO

```
movlw b'11000000'      ;Habilitacion para las
movwf INTCON           ;interrupciones generales
```

```
BUCLE1      btfsc PORTD,1
            goto  BUCLE1
            call  TECLA_SELECTOR
            GOTOBUCLE1
            END
```

ANEXO A.1

Datos de Placa de los Motores Presentes en el Proceso (Máquina XC-36)

Motor en los Rodillos Lentos:

(Motor de corriente directa)

7.5 HP	RPM 1760 /2300
Varmadura 500	Ia 13.2
Vcampo 150 / 300	Ic 1.38 – 0.88 / 0.69 – 0.44
Ω25°C 77.5 - 310	
Max. Ambiente 40°C	insul class F
Factor de Servicio 1	

Tacómetro

Tipo FD

60 V / RPM 0.06
A. máx 0.070 / RPM máx 5000

Motor del Ventilador

Type NE – 75P	Frecuency 50 – 60 Hz
Watt 100	Current 0.75
Volt 200	
RATING cont	Revolution 2700RPM
No 46104	Air Press 50 Air Flor 6.5

Rodillos Rápidos después del horno:

Motor

(Motor de corriente continua)

Type	S132M/ FVA 183		
KW	12		
Armadura	V 440	A	
	34		
Servicio : Cont	V 110	A 3	
Type	S132M/ FVA 183		
KW	12		
Armadura	V 440	A	
	34		
Servicio : Cont	V 110	A 3	

Tacómetro

Type	REo	
444N1		
V/tr/mn	0.06	
Imáx. 0.18 amp		Nmáx. 100.G0 tr/mn

MODULOS:

CALANDRA

Tipo: YPM 22-380/290-20-1B	
ULN = 380 V ~	Frecuencia = 60Hz
UDN = 290 V -	IDN = 20 A

LENTOS

Tipo: YPM 22-380/290-20-1B	
ULN = 380 V ~	Frecuencia = 60Hz
UDN = 290 V -	IDN = 20 A

LENTOS

ULN = 380 V ~	Frecuencia = 60Hz
UDN = 400 V -	IDN = 29 A

ESTRUSOR

ULN = 380 V ~	Frecuencia = 60Hz
UDN = 440 V -	IDN =

RAPIDO

ULN = 380 V ~	Frecuencia = 60Hz
UDN = 400 V -	IDN = 45 A

ESTABILIZADOR

ULN = 380 V ~	Frecuencia = 60Hz
UDN = 400 V -	IDN = 20 A

INVERTER

Im	380 V / 60 Hz
	3 HP / 50 Hz

MOTOR EMOBINADO

Type: J100MA4B – IB3	
KW 2.2	GIRI: 0-3000
Service SA H750	PROT. IP. 44 V 220 Amp. 9.86

Type: J100MA4B – IB3	
KW 2.2	GIRI: 0-3000
Service SA H750	PROT. IP. 44 V 220 Amp. 9.86

Motor Rodillo Calandra (Corriente continua)

KW: 1.5	V: 280	A: 6.5
GIR: 2500	V: 110	A: 1

Tacómetro Calandra

Imax: 0.18A	nmax: 10000 tr/mn	Cte de vitesse: 0.06
--------------------	--------------------------	-----------------------------

Motor Absorbente de Humedad
(Corriente Alterna)

HP : 5	
RPM: 3470	Voltaje: 208 – 230 /460
	AMP: 14.1 – 1.3 / 6.5
3 - Fases	Max. Amb. : 40°C
60 Hz	Service Factor: 1.15

Motor Principal

CAT No. DJD125P-80		Model P36879100154
HP 125	RPM 1750/2000	Frame 368AT
Arm volts 500		Arm Amps 198
Field Volts 150 / 300	Field Amp. 4.8 - 4 / 2.4 - 2	
Field Conn P/S	OHMS (25°C) 23.25 / 93	
insul class F	Ambiente max. 40°C	
Factor Servicio 1		

Bomba de Aceite

HP 3	TYPE Induction Motor
Mod 905 590	60 HZ
2 HP	1720 RPM
380 / 220 Volts	3.8 - 6.5 Amp
SP 1.15	Code H
INS B	AMB 40° C

Ventilador
(Motor grande del Extrusor)

Voltaje 208 - 230 / 460	Ampers 3.6 - 3.2 / 1.6
1 HP	3450 RPM
Frame 56° C	60 Hz
Factor Servicio 1.15	

Tacómetro

V / tr / mm 0.06
n máx. 5000
T máx. 0.12 A

Motor Rodillos Estabilizadores
(Motor Corriente Continua)

Marca OREMOR	
150 CV	1500 /min
Arm Volts 440V	Arm Amps 29 A
Arm Volts 220V	Arm Amps 1.2 A
Cl. Aisl. F	IP - 23

Ventilador (Horno 2)

3 φ		Cos φ 0.93	
3470 RPM		3 KW	
Y	380 V 6.4 A	Δ	220 V 11 A

Absorbente de Cinta

Circuito Principal 220V	Circuito Comando 110V
Corriente a pura carga 24V	Frecuencia 60 Hz
Potencia Instalada 6 KW	# Fase 3

ANEXO A.2

Esquemático de la Fuente de Conmutación

