

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA APLICAR MULTILÍNEAS DE ADHESIVO A PAÑALES DESECHABLES**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**Carlos Andrés Bastidas Aldaz**

[andres17q@yahoo.es](mailto:andres17q@yahoo.es)

**Nelson Sotomayor Orozco, MSc.**

[nsotomayor@hotmail.com](mailto:nsotomayor@hotmail.com)

**Quito, agosto 2009**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Carlos Andrés Bastidas Aldaz, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

---

Carlos Andrés Bastidas Aldaz

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Andrés Bastidas, bajo mi supervisión.

---

Nelson Sotomayor Orozco, MSc.

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todas las personas que me han dado una mano para lograr esta meta; a mis padres, profesores y amigos, los cuales han hecho un aporte enorme en mi superación tanto académica como personal. Y un agradecimiento especial al personal de Zaimella del Ecuador, que me abrieron sus puertas para poder hacer el proyecto, a mi director del proyecto de tesis, quien supo guiarme durante el camino, y finalmente a la Escuela, que fue como mi segundo hogar durante mis estudios universitarios.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, que con muchos sacrificios, han logrado que su hijo pueda terminar uno de sus más anhelados sueños, y recordándoles que este logro es de ellos.

## CONTENIDO

### CAPÍTULO 1

<b>1. EXPLICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ZAIMELLA DEL ECUADOR S.A.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 FABRICACIÓN DE PAÑALES DESECHABLES.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 HOHNER 5000.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 INTRODUCCIÓN SIMATIC S7-300 CPU 314.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4.1 POSICIONAMIENTO DENTRO DE LA FAMILIA SIMATIC.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4.2 CLASIFICACIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.3 COMPONENTES.....</b>	<b>9</b>
1.4.3.1 Memoria .....	9
1.4.3.2 Entradas y Salidas.....	11
1.4.3.3 Comunicación.....	12
1.4.3.4 Aplicaciones Especiales.....	13
<b>1.4.4 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.4.4.1 Lenguajes de programación.....	14
<b>1.4.5 LENGUAJE DE LISTA DE INSTRUCCIONES (AWL) DE STEP7.....</b>	<b>16</b>
<b>1.4.6 ESTRUCTURAS DE LAS CPU<sub>s</sub> SIMATIC S7-300.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4.7 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS Y REPUESTOS.....</b>	<b>20</b>
<b>1.5 INTRODUCCIÓN AL PANEL TÁCTIL TP 177A.....</b>	<b>20</b>
<b>1.5.1 PANELES TÁCTILES.....</b>	<b>20</b>

<b>1.5.2</b>	<b>TIPOS DE PANELES TÁCTILES.....</b>	<b>21</b>
<b>1.5.3</b>	<b>TECNOLOGÍA DE PANTALLA RESISTIVA.....</b>	<b>21</b>
<b>1.5.4</b>	<b>PANELES SIMATIC.....</b>	<b>23</b>
<b>1.5.5</b>	<b>PANEL TÁCTIL TP 177A.....</b>	<b>25</b>
1.5.5.1	Características.....	25
<b>1.6</b>	<b>ENCODERS.....</b>	<b>27</b>
<b>1.7</b>	<b>RELÉS DE ESTADO SÓLIDO.....</b>	<b>29</b>

## **CAPÍTULO 2**

<b>2.</b>	<b>DISEÑO ELECTRÓNICO.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2</b>	<b>CPU 314.....</b>	<b>33</b>
2.2.1	MONTAJE.....	33
2.2.2	DATOS TÉCNICOS.....	33
<b>2.3</b>	<b>CÁLCULO DE REQUISITOS DE ALIMENTACIÓN.....</b>	<b>38</b>
<b>2.4</b>	<b>COMUNICACIÓN.....</b>	<b>39</b>
2.4.1	REDES MPI.....	39
2.4.2	CABLES DE COMUNICACIÓN.....	40
2.4.2.1	Cable para comunicar PLC con PC.....	40
2.4.2.2	Cable para comunicar PC con Pantalla Táctil.....	41
2.4.2.3	Cable para comunicar PLC con Pantalla Táctil.....	41

## CAPÍTULO 3

<b>3. DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1 PROGRAMACIÓN DEL PANEL TÁCTIL.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1.1 WinCC FLEXIBLE 2008 ADVANCED.....</b>	<b>42</b>
3.1.1.1 Creación de un proyecto vacío.....	42
3.1.1.2 Elementos de la ventana.....	43
3.1.1.3 Ingreso de pantallas.....	45
3.1.1.4 Ingreso de variables.....	45
3.1.1.5 Configuración.....	46
3.1.1.6 Ventana de herramientas.....	48
3.1.1.7 Transferir proyecto.....	49
3.1.1.8 Desarrollo del programa para el panel táctil.....	51
<b>3.2 PROGRAMACIÓN DEL PLC.....</b>	<b>52</b>
<b>3.2.1 STEP7.....</b>	<b>52</b>
3.2.1.1 Desarrollo del programa del PLC.....	52
3.2.1.2 Elementos del programa STEP7.....	52
3.2.1.3 Asistente del FM352.....	55
<b>3.3 EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3.1 PRINCIPAL.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3.2 SELECCIONAR FASE.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3.3 CREAR PROGRAMA.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3.4 MODIFICAR PROGRAMA.....</b>	<b>58</b>

3.3.5	DESFASE BASE.....	58
3.3.6	SISTEMA.....	59
3.3.7	DISPAROS.....	59
3.3.8	POSICIÓN Y VELOCIDAD.....	60
3.4	DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROGRAMA.....	61
<b>CAPÍTULO 4</b>		
4.	<b>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>68</b>
4.1	<b>IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE LOS ELEMENTOS DE VISUALIZACIÓN.....</b>	<b>68</b>
4.2	<b>OPERACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE ELEMENTOS DE RÁPIDA CONMUTACIÓN.....</b>	<b>70</b>
4.3	<b>MANEJO DE SALIDAS MEDIANTE EL FM352.....</b>	<b>72</b>
4.4	<b>PUESTA EN MARCHA DEL CONTROLADOR DE LEVAS.....</b>	<b>74</b>
4.5	<b>LISTADO DE MATERIALES Y COSTOS.....</b>	<b>76</b>
<b>CAPÍTULO 5</b>		
5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>77</b>
5.1	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>
5.2	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>79</b>

<b>ANEXOS.....</b>	<b>A-1</b>
<b>A. MANUAL DE USUARIO.....</b>	<b>A-1</b>
<b>B. DIAGRAMAS.....</b>	<b>A-21</b>
<b>C. HOJAS DE DATOS.....</b>	<b>A-22</b>

## RESUMEN

El presente proyecto reemplaza un equipo Aplicador de Intermitencias de la marca italiana hohner usado en las máquinas disparadoras de adhesivo para los pañales desechables de la empresa Zaimella del Ecuador S.A.

Con este proyecto se implementa un dispositivo para aplicar multilíneas de adhesivo a pañales desechables que a más de permitir la correcta aplicación de adhesivo al pañal presenta un entorno amigable y fácil de manejar para el operador, obteniendo una reducción de paros de máquina debido a una mala aplicación por programación incorrecta.

Todo el control de levas es realizado por medio de un controlador lógico programable basado en la tecnología de los microcontroladores y una interfaz de entrada y salida. Tanto la selección, creación, modificación y desfase de los disparos de adhesivos son ingresados por el usuario; adicionalmente, el controlador muestra la posición, velocidad, estado de las salidas del equipo, hora, fecha, así como la fase, tipo y valores programados. Cabe señalar que el sistema de aplicación y funcionamiento son exactamente iguales al hohner, manteniendo el mismo lenguaje al cual están acostumbrados los operadores. La única diferencia es que la programación es más sencilla y amigable.

Para conocer la posición de la banda transportadora se usa un encoder y un sensor que detecta el corte para obtener el tamaño del pañal, y como salidas se tienen relés de estado sólido para manejar las electroválvulas que disparan adhesivo.

La máquina puede llegar a producir alrededor de 300 pañales por minuto (ppm), cuya posición es sensada por entradas rápidas, mientras que las salidas son controladas mediante interrupciones, todo esto mediante el controlador programable.

Todo el sistema tiene el objetivo de bajar paros de máquina cuando se tiene algún fallo, obteniendo un reemplazo que usualmente se tiene en stock nacional tal es el caso de los PLCs y pantallas Siemens, además disminuir precios con un equipo desarrollado localmente y facilitar el manejo del sistema al operador de máquina con un equipo más amigable.

## **PRESENTACIÓN**

En el primer capítulo se encuentra la descripción de la empresa Zaimella del Ecuador, donde el proyecto está actualmente operando, el proceso de fabricación de pañales desechables, una breve descripción del equipo a reemplazar, el hohner 5000, del cual se describen algunos de los pasos para programarlo y se denota su complejidad. Finalmente se da una introducción al PLC y panel táctil que reemplaza al controlador de levas.

Todos los detalles electrónicos del cableado, tanto del PLC como del panel, y un plano de conexiones del sistema completo, se tratan en el capítulo dos.

En el tercer capítulo se da una explicación de los programas de control explicándolos de manera textual y por medio de diagramas de flujo para su mejor entendimiento.

Luego, en el cuarto capítulo se presenta las pruebas de puesta en marcha, cada uno de los cuales presenta un objetivo a alcanzar y los resultados de los mismos.

Finalmente como quinto capítulo se tiene conclusiones y recomendaciones de todo el proyecto de control de levas electrónicas.

En el anexo se muestra el manual de usuario, el cual es muy importante para el manejo de los operadores de máquina, además de poseer una explicación completa de las pantallas existentes en el panel.

# CAPÍTULO 1

## EXPLICACIÓN DEL PROYECTO

### 1.1 ZAIMELLA DEL ECUADOR S.A.



**Figura 1.1** Logotipo Zaimella del Ecuador S.A., tomado de [9]

Zaimella del Ecuador S.A., es la fábrica de pañales desechables más grande y moderna del Ecuador y una de las más importantes del área andina. Fundada en 1996, actualmente exporta a Colombia, Venezuela, Perú y Bolivia.

A lo largo del tiempo, Zaimella ha ido modernizando no solo su infraestructura física incorporando tecnología de punta para la fabricación y almacenamiento de sus productos, sino también los sistemas de información necesarios para apoyar la gestión empresarial.

Se cuenta con 6 líneas de producción. Fabricación de pañales desechables para bebés, toallitas húmedas y toda la línea de incontinencia urinaria, desde protectores de cama, hasta protectores para adultos.

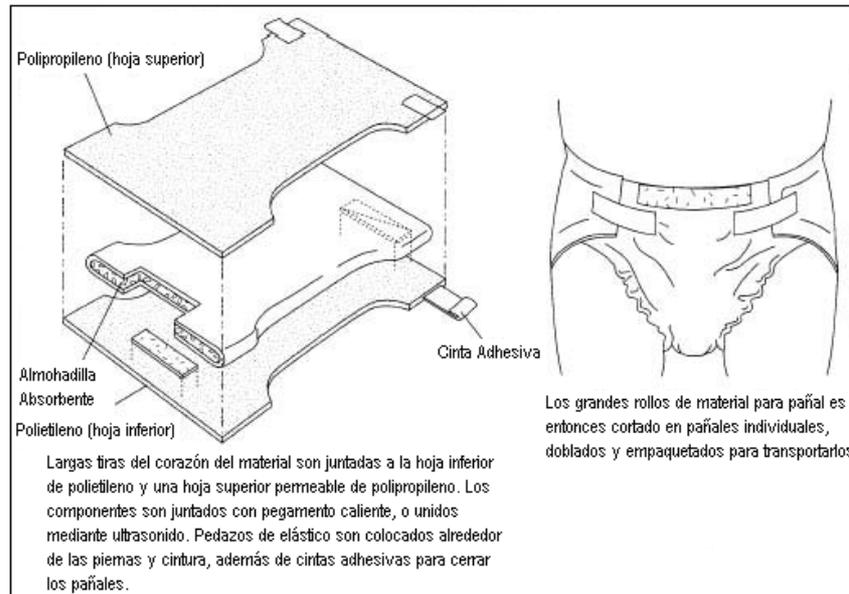


**Figura 1.2** Vista de la Fábrica

Su filosofía es fabricar productos higiénicos de la más alta calidad, a los precios más competitivos del mercado, logrando la mejor relación precio/calidad. Este elemento ha sido vital en el desarrollo y expansión que se ha experimentado en tan poco tiempo.

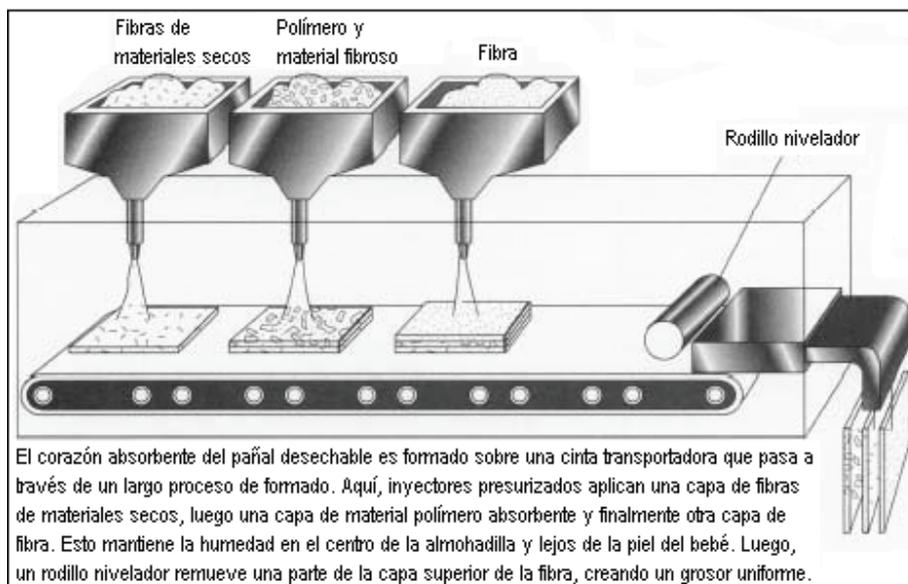
## **1.2 FABRICACIÓN DE PAÑALES DESECHABLES**

Un pañal desechable consiste en una almohadilla absorbente entre dos hojas de tela no tejida. La almohadilla está especialmente diseñada para absorber y retener los fluidos corporales, y la tela no tejida da al pañal una forma confortable, además de ayudar a prevenir el goteo [12].



**Figura 1.3** Partes de un pañal desechable, tomado de [12]

Estos pañales son hechos por un proceso de varios pasos en el cual la almohadilla absorbente es primero formada al vacío, luego pegada a una hoja permeable superior e impermeable la hoja inferior.



**Figura 1.4** Creación de la almohadilla absorbente, tomado de [12]

Los componentes son sellados gracias a la aplicación de calor, vibraciones ultrasónicas, o como en el caso de Zaimella, con ayuda de adhesivo.

Fibras elásticas son pegadas a las hojas para plegar los lados del pañal al tamaño adecuado para que calce adecuadamente alrededor de las piernas y cadera del bebé. Cuando es formado adecuadamente, el pañal desechable retiene los fluidos corporales que pasan a través de la hoja permeable superior y es absorbido en la almohadilla.

En un punto del proceso, bandas elásticas son untadas a las hojas con adhesivo. Después el pañal es ensamblado, estas bandas elásticas se contraen para asegurar una colocación correcta, además de limitar el goteo.

Los pañales desechables son una invención relativamente reciente, de hecho, hasta 1970, las madres no tenían alternativas al clásico pañal de tela. Los pañales de algodón tienen la ventaja de ser suaves, confortables, y de materiales naturales, pero sus desventajas incluyen su absorción relativamente pobre y el hecho que tienen que ser lavados, mientras que los pañales desechables fueron desarrollados para sobrellevar estos problemas [12].

Los pañales desechables más antiguos usaban pelusa de pulpa de madera, forros de celulosa, pelusa de celulosa, o fibras de algodón como materiales absorbentes. Estos materiales no absorbían mucha humedad respecto a su peso, consecuentemente, los pañales hechos de estos materiales eran extremadamente voluminosos, ahora absorbentes de polímeros más eficientes fueron desarrollados para remediar estos problemas.

Desde 1970, la tecnología de pañales desechables ha continuado desarrollándose. De hecho, cerca de 1000 patentes relacionados con el diseño y construcción de pañales han sido desarrollados los últimos 25 años.

### 1.3 HOHNER 5000 [11]

Es un equipo especialmente diseñado para manejar levas, el cual permite aplicar adhesivo en ciertas zonas del pañal con gran exactitud independientemente de la velocidad a la que corra la máquina.

Necesita un sistema de coordenadas para poder guiarse y saber la posición en la que se encuentra para activar las aplicaciones. Para esto utiliza como referencia una circunferencia dividida en 359 partes.

Posee dos pantallas, en la pantalla derecha se visualiza el estado de la aplicación, y en la pantalla izquierda se interactúa y programa con la ayuda del teclado.



**Figura 1.5** Hohner 5000, tomado de [11]

La pantalla principal del lado izquierdo inicialmente muestra los siguientes datos:

Pr	DfB	Pos	Vel
0	000	000	000

**Figura 1.6** Menú principal

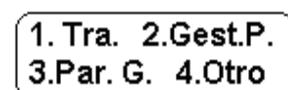
Para empezar a programar o cambiar valores en las distintas Intermitencias, se presiona la tecla ESC y se muestra en la pantalla el siguiente mensaje:



N. Programa: 1\_

**Figura 1.7** Selección de programa

Esta pantalla permite acceder al programa de cada fase (en este caso fase 1) y tener acceso a modificar la posición de cada leva. Presionando nuevamente la tecla ESC, se muestra la pantalla del menú principal.



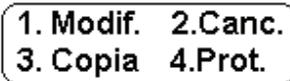
1. Tra. 2. Gest.P.  
3. Par. G. 4. Otro

**Figura 1.8** Pantalla del menú principal

Donde:

1. Trabajo: Se puede observar la pantalla indicada en la Figura 1.6
2. Gestión de Programación: Opciones de Modificación
3. Parámetros Generales: Programación del Equipo
4. Otros: Programación Básica

Presionando la tecla 2 se obtiene la siguiente pantalla:



**Figura 1.9** Selección para modificar programa

Se permite entrar a todas las opciones, donde se tiene la opción de modificar, cancelar, copiar y proteger los valores de las aplicaciones.

Dentro de las diversas opciones que se tienen, se presiona dos veces más la tecla ESC y se vuelve al menú Principal. Dentro de la opción 3 Parámetros Generales, en caso de que se pierdan los datos de programación del Encoder, se debe configurar los datos del mismo.

## 1.4 INTRODUCCIÓN AL SIMATIC S7-300 CPU 314

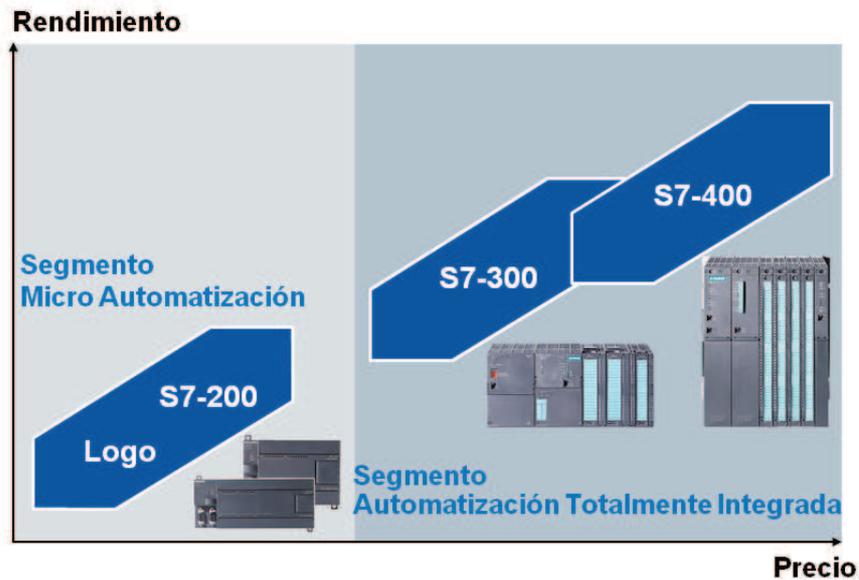
### 1.4.1 POSICIONAMIENTO DENTRO DE LA FAMILIA SIMATIC

El PLC S7-200 y el LOGO! están ubicados en la parte de Micro Automatización, cuyas principales características son:

- Sistemas pequeños y compactos.
- Herramientas de programación sencilla mediante *Wizards* (asistentes).

Mientras que el PLC S7-300 y S7-400 están ubicados en la parte de Integración totalmente automatizada (*Totally Integrated Automation*), cuyas principales características son:

- Manejo de datos compartidos y comunicaciones.
- Programación con lenguajes de alto nivel.



**Figura 1.10** Posicionamiento dentro de la familia Simatic, tomado de [6]

## 1.4.2 CLASIFICACIÓN

Cada tipo de CPU S7-300 posee sus características propias y se las escoge según los parámetros de la aplicación. Existen 19 tipos de CPUs y están divididas en 4 grupos: estándar, compactas, tecnológicas y a prueba de fallas [1].

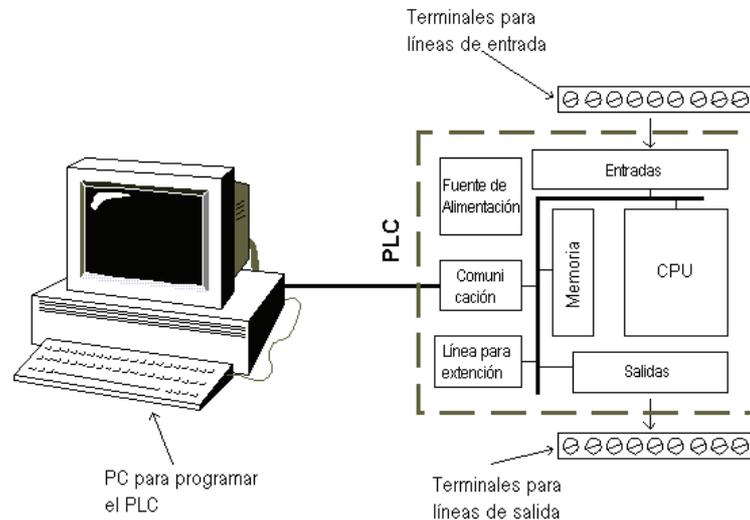
### 19 CPUs diferentes:

- 7 CPUs estándar (CPU 312, CPU 314, CPU 315-2 DP, CPU 315-2 PN/DP, CPU 317-2 DP, CPU 317-2 PN/DP, CPU 319-3 PN/DP)
- 6 CPUs compactas con funciones tecnológicas integradas y E/S integradas (CPU 312C, CPU 313C, CPU313C-2PtP, CPU313C-2DP, CPU314C-2PtP, CPU314C-2DP)
- 2 CPUs tecnológicas (CPU 315T-2 DP, CPU 317T-2 DP)
- 5 CPUs a prueba de fallas (*failsafe*) (CPU 315F-2 DP, CPU 317F-2 DP, CPU 315F-2 PN/DP, CPU 317F-2 PN/DP, CPU 319F-3 PN/DP)



**Figura 1.11** Tipos de CPU S7-300, tomado de [6]

### 1.4.3 COMPONENTES



**Figura 1.12** Componentes de los PLCs, tomado de [10]

#### 1.4.3.1 Memoria

El concepto de almacenamiento del S7-300 comprende las memorias: principal, de carga y de sistema, los cuales se detallan a continuación:

##### *Memoria Principal*

La memoria principal es integrada en la CPU y no es expandible, es usada para el procesamiento de los códigos y datos del programa de usuario. Gracias a la retentividad de los datos, los contenidos de la memoria principal son salvados aún después de un re arranque en caliente, debido a que antes de que la CPU pueda empezar a procesar el programa de usuario, un programa de arranque debe ser ejecutado. Hay dos tipos diferentes de re arranques en el S7-300: re arranque en caliente (*warm restart*) y re arranque en frío (*cold restart*). Un re arranque en caliente es permitido siempre que el sistema haya requerido una reinicialización de memoria, por lo tanto se pueden mencionar los siguientes acontecimientos: *reset* de memoria, descarga de un programa de usuario con la CPU en modo STOP, llenado de la pila

de la memoria, rearranque en caliente abortado (debido a cambio de la configuración del modo del selector), etc. Mientras que un rearranque en frío ocurre en condiciones normales de funcionamiento cuando se pierde energía eléctrica en la alimentación de la CPU.

El programa es procesado exclusivamente en las áreas de memoria principal y de sistema.

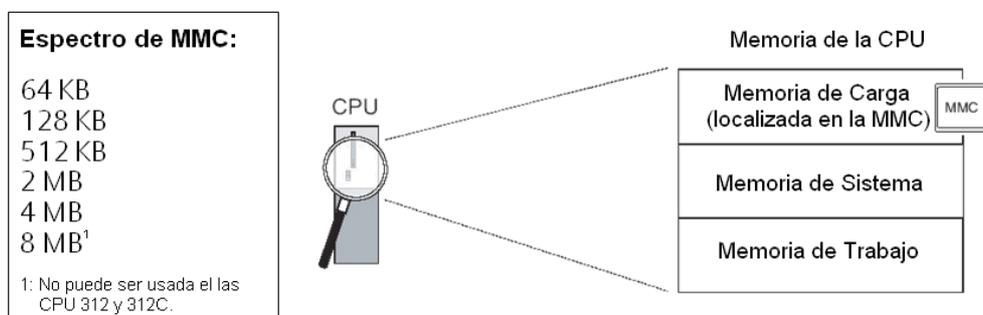
#### *Memoria de sistema*

La memoria de sistema es integrada en la CPU y no es expandible, contiene las áreas operativas, tales como las banderas, los temporizadores y contadores, además las imágenes de proceso de las entradas y salidas y los datos locales. Tomando en cuenta que el buffer de diagnóstico, dirección MPI y contadores horarios operando siempre son retentivos.

#### *Memoria de carga*

Localizada en la *micro memory card (MMC)*, la cual es usada para grabar códigos y bloques de datos y datos de sistema (configuración, conexiones, parámetros del módulo, etc.).

Los bloques que no son identificados como relevantes para el proceso son grabados exclusivamente en la misma. Además, la configuración completa de datos del proyecto puede ser grabada en la MMC.



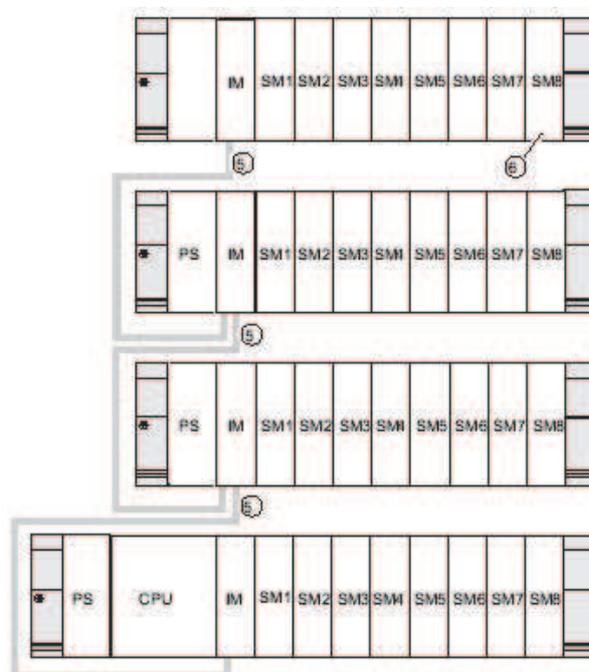
**Figura 1.13** Memoria de la CPU, tomado de [3]

Todas las CPUs S7-300 con una MMC poseen memoria retentiva libre de mantenimiento.

### 1.4.3.2 Entradas y Salidas

Los módulos de entradas y salidas del S7-300 se los identifica como *signal module* (SM), y existen una gran variedad de los mismos, por ejemplo: alimentación en AC o DC, en los módulos digitales: entradas en AC o DC y salidas a relé o transistor, mientras que en los analógicos entradas configurables a 4-20mA, 0-10VDC, termocuplas, RTDs, etc., y salidas configurables a 4-20mA, 0-10VDC, etc.

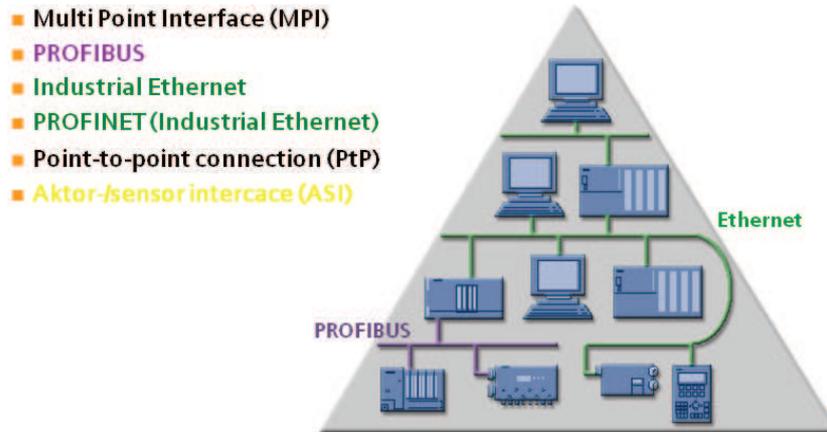
La máxima construcción del S7-300 es la siguiente: 32 módulos (SM, CP o FM), 31 para CPUs compactas, 1 rack de control (1), 3 racks de expansión (2 a 4). La única excepción son las CPUs 312 y 312C pues las mismas pueden formar una sola estructura en un rack. Todas las expansiones se las hace con los módulos de periferia descentralizada IM360, IM361 o IM365.



**Figura 1.14** Construcción máxima, tomado de [3]

### 1.4.3.3 Comunicación

Dependiendo de los diferentes requerimientos de automatización (control de la planta, campo y actuador / nivel de sensor), SIMATIC ofrece las siguientes subredes:



**Figura 1.15** Redes de comunicación compatibles con el S7-300, tomado de [3]

De los cuales se pueden encontrar en los diversos tipos de CPUs incluidas las comunicaciones MPI, Profibus, PtP y Profinet, y absolutamente todos los demás, exceptuando la comunicación MPI que se encuentra en todas las CPUs S7-300, se puede encontrar las tarjetas de expansión, identificadas como CP (*Communication Modules*), cuya gama es la siguiente:

CP 340, 341

*CP for point-to-point connection*

CP 343-2

*CP for connection to AS-Interface*

CP 342-5, 342-5 FO

*CP for connection to PROFIBUS DP*

CP 343-5  
PROFIBUS FMS

*CP for connection to*

CP 343-1, 343-1 IT, 343-1 PN  
Ethernet

*CP for connection to Industrial*

#### 1.4.3.4 Aplicaciones Especiales

Los *function module* (FM) liberan a la CPU de labores de intenso trabajo, los cuales requieren un procesamiento más dedicado, tales como: control, conteo y posicionamiento. El espectro de los módulos es el siguiente:

<i>Módulos de contaje</i>	<i>FM 350-1, FM 350-2</i>
<i>Módulos de Posicionamiento para variaciones rápidas de variadores de velocidad</i>	<i>FM 351</i>
<i>Módulos de posicionamiento para motores a pasos</i>	<i>FM 353</i>
<i>Módulos de posicionamiento para servomotores</i>	<i>FM 354</i>
<i>Módulos de posicionamiento y continuo control de trayectoria</i>	<i>FM 357-2</i>
<i>Módulo de alta velocidad de procesamiento booleano</i>	<i>FM 352-5</i>
<i>Módulo controlador PID</i>	<i>FM 355</i>
<i>Módulo controlador de temperatura</i>	<i>FM 355-2</i>
<i>Módulos de levas electrónicas</i>	<i>FM 352</i>

#### 1.4.4 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

Entre los software de programación de PLCs de Siemens, se tienen, el Step 7 (S7-300 y S7-400), Step 7 Lite (S7-300) y Step 7 Micro/WIN (S7-200).



**Figura 1.16** Software de programación Step7, tomado de [10]

Step 7 es el software de programación de los PLCs Simatic S7-300 y 400, cuyas ventajas principales son la instalación y configuración sencilla, posee herramientas de programación muy comprensibles, es muy sencillo corregir errores, posee herramientas para manipular cambios en el PLC mientras entra en RUN, y permite configurar con el módulo FM352 controlador de levas que se usa en este proyecto.

#### **1.4.4.1 Lenguajes de Programación [1]**

El sistema de programación STEP7 está formado por dos tipos de lenguajes de programación diferentes:

##### Lenguajes literales:

Las instrucciones de este tipo de lenguajes están formadas por letras, números y símbolos especiales.

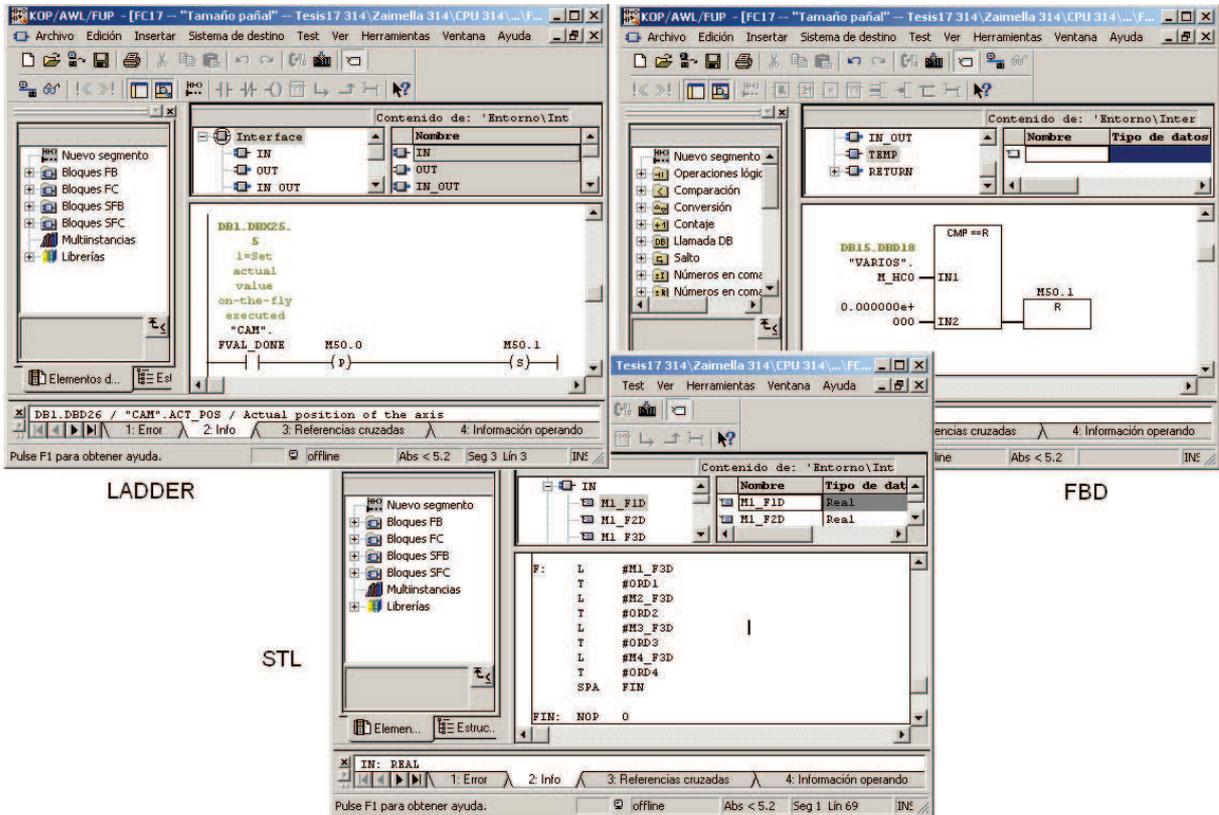
- El lenguaje de lista de instrucciones que en STEP7 se denomina STL (del inglés *Statement List*) o AWL (del alemán “*Anweisungsliste*”) que significa precisamente “Lista de Instrucciones”. Es el lenguaje ensamblador de STEP7 [BERG 98].

### Lenguajes gráficos:

Son lenguajes en los que las instrucciones se representan mediante figuras geométricas. Son lenguajes de este tipo:

- El lenguaje de esquemas de contactos que en STEP7 se denomina LAD (del inglés *Ladder Diagram*) o KOP (abreviado del alemán “*Kontaks Plan*”).
- El lenguaje de diagrama de funciones que en STEP7 se denomina FBD (del inglés *Function Block Diagram*) o FUP (abreviatura del alemán “*Funktions Plan*”).
- El Diagrama funcional de secuencia [*Sequential Function Chart* SFC] que en STEP7 se denomina S7-GRAPH, cuyo principal antecedente es el lenguaje GRAFCET (Grafo de control etapa-transición) desarrollado por la Asociación Francesa para la Cibernética Económica y Técnica (AFCET).
- El Diagrama de transición de estados S7-HiGraph y el lenguaje de conexión de bloques CFC similar al diagrama de funciones, en el que cada bloque es a su vez un programa.

Todos estos lenguajes facilitan la labor de programación del usuario y la elección de uno u otro depende de su experiencia y conocimientos, de la forma en que se especifica el problema de control a resolver y de la complejidad del mismo.



**Figura 1.17** Lenguajes de Programación

#### 1.4.5 LENGUAJE DE LISTA DE INSTRUCCIONES (AWL) DE STEP7

El lenguaje de lista de instrucciones (AWL) de STEP7 consiste en un conjunto de códigos simbólicos, cada uno de los cuales corresponde a una o más operaciones o instrucciones de lenguaje de máquina.

Por ser la programación por medio de códigos simbólicos la que más se aproxima al lenguaje de máquina, está especialmente recomendada para usuarios familiarizados con la electrónica digital y con la informática. Por lo que el proyecto fue realizado en su totalidad en este lenguaje.

1.4.6 ESTRUCTURA DE LAS CPU's SIMATIC S7-300

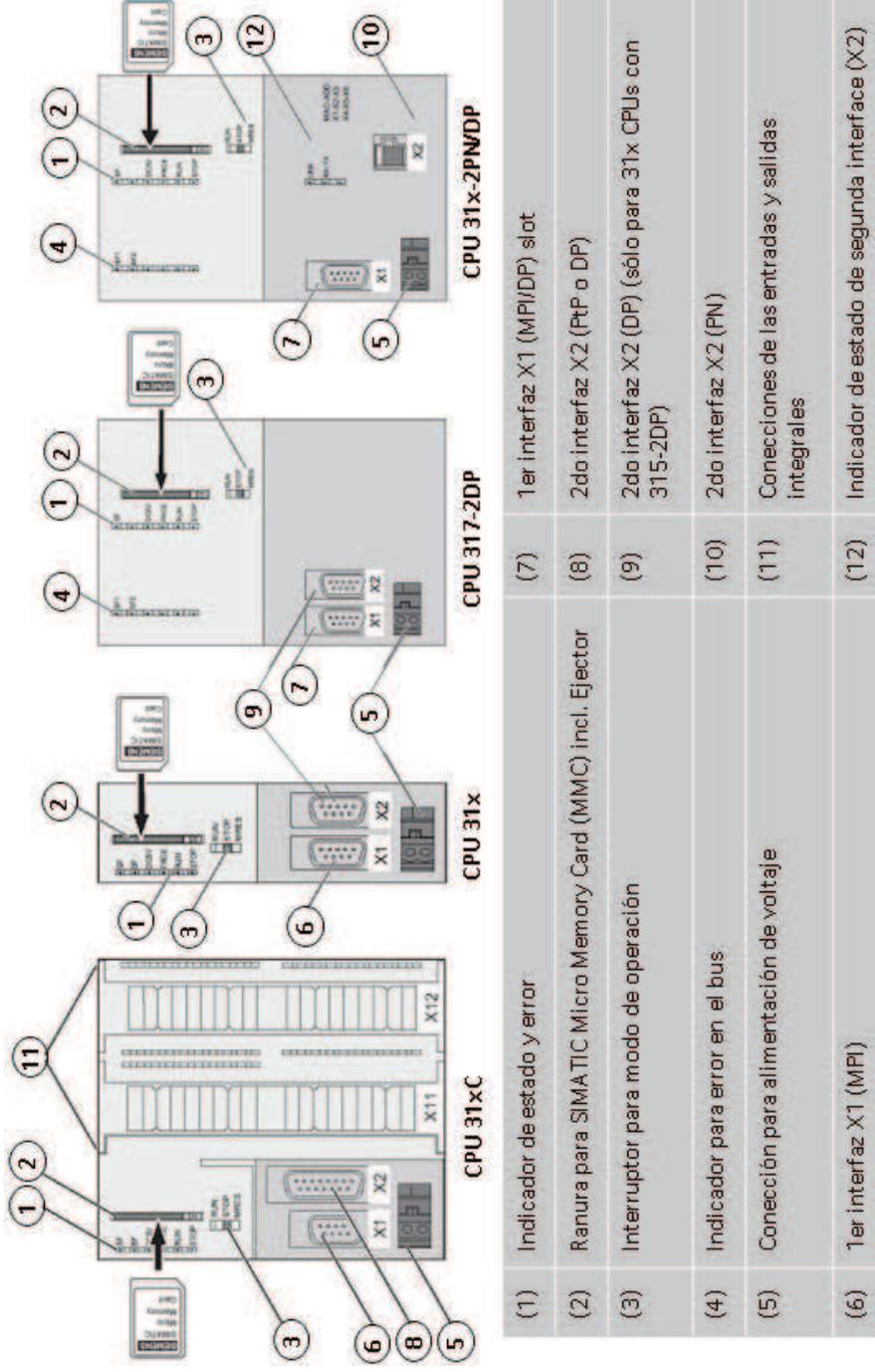


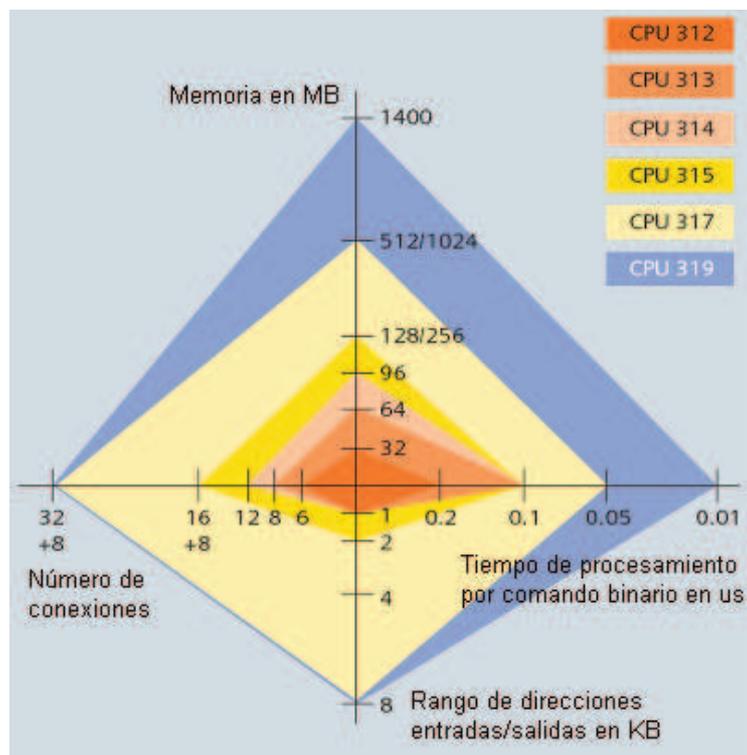
Figura 1.18 Estructura de las CPUs S7-300, tomado de [10]

**Tabla 1.1** Características de los diversos tipos de CPU S7-300, tomado de [6].

	CPU 312	CPU 314	CPU 315-2	CPU 312C	CPU 313C	CPU 313C-2	CPU 313C-2	CPU 314C-2	CPU 314C-2
<b>Memoria central</b>	16 kB 64 kB-8 MB	48 kB 64 kB-8 MB	128 kB 64 kB-8 MB	16 kB 64 kB-4 MB	32 kB 64 kB-4 MB	32 kB 64 kB-4 MB	32 kB 64 kB-4 MB	48 kB 64 kB-4 MB	48 kB 64 kB-4 MB
<b>Tiempos de ejecución (µs)</b>	0,2/1/5/6	0,1/0,5/3,5/3	0,1/0,5/3,5/3	0,2/1/5/30	0,1/0,5/3,5/15	0,1/0,5/3,5/15	0,1/0,5/3,5/15	0,1/0,5/3,5/15	0,1/0,5/3,5/15
<b>Contadores/temporizadores</b>	128/128	256/256	256/256	128/128	256/256	256/256	256/256	256/256	256/256
<b>Imagen del proceso</b>	256	1024	1024	266	1016	1008	1008	1016	1016
Canales digitales (central)	64	256	256	64	253	248	248	253	253
Canales analógicos (central)									
<b>Puertos</b>									
MPI 187,5 kbaudios	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
PROFIBUS-DP	-	-	sí	-	-	-	sí	-	sí
Comunicación punto a punto	-	-	-	-	-	ASCII, 3964R	-	ASCII, 3964R	-
<b>Entradas/salidas integradas</b>									
ED/SD	-	-	-	10/6	24/16	16/16	16/16	24/16	24/16
EA/SA	-	-	-	-	4/2	-	-	4/2	4/2
<b>Funciones integradas</b>									
Contadores/frecuencímetros	-	-	-	2 (10 kHz)	3 (30 kHz)	3 (30 kHz)	3 (30 kHz)	4 (60 kHz)	4 (60 kHz)
Salidas de impulso	-	-	-	2 (2,5 kHz)	3 (2,5 kHz)	3 (2,5 kHz)	3 (2,5 kHz)	4 (2,5 kHz)	4 (2,5 kHz)
Regulación/posicionamiento	-/-	-/-	-/-	-/-	sí/-	sí/-	sí/-	sí/sí	sí/sí
<b>Dimens. AxAXP (mm)</b>	40x125x130	40x125x130	40x125x130	80x125x130	120x125x130	120x125x130	120x125x130	120x125x130	120x125x130

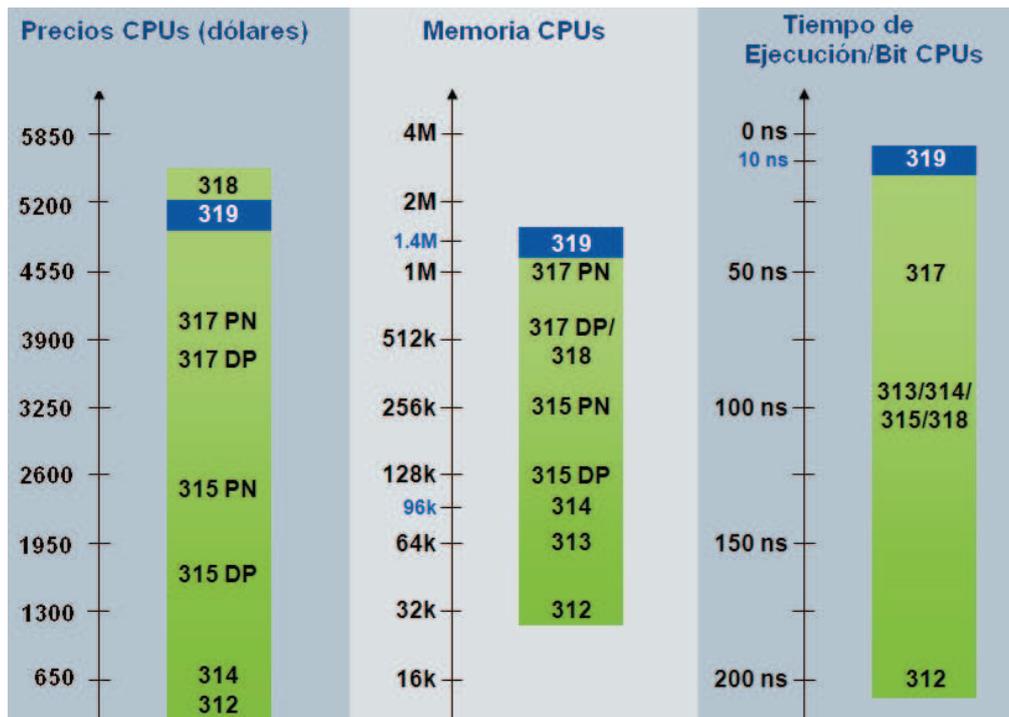
La CPU escogida para el proyecto es la CPU 314 con salidas a 24VDC, debido a los siguientes factores:

- La CPU 314 es de la familia Simatic S7-300 estándar, el cual se encarga de la comunicación con la pantalla táctil, además del manejo de las operaciones aritméticas y lógicas que requiere el mismo, por su capacidad de 96MB de memoria, el mismo es capaz de aceptar el tamaño del programa, y su excelente velocidad de procesamiento de 0.1us por comando binario, hace que la interfaz con la pantalla y el controlador de levas FM352 sea manejado de manera adecuada respecto a los requerimientos especiales del proyecto.



**Figura 1.19** Estructura de las CPUs S7-300, tomado de [6]

- Además, la relación de precios es muy favorable respecto a sus grandes prestaciones de memoria y tiempo de ejecución por bit, tal como se puede ver en la Figura 1.20.



**Figura 1.20** Estructura de las CPUs S7-300, tomado de [6]

#### 1.4.7 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS Y REPUESTOS

Siemens del Ecuador S.A. posee una gran red de distribuidores y tableristas autorizados a nivel nacional, además de encontrarse ellos mismos en Quito y Guayaquil.

Y una gran cantidad de distribuidores autorizados alrededor del país, por lo que no es complicado encontrar repuestos en caso de ser necesarios.

### 1.5 INTRODUCCIÓN AL PANEL TÁCTIL TP177A

#### 1.5.1 PANELES TÁCTILES

Una pantalla táctil es un dispositivo que mediante un contacto directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al controlador del mismo. Este contacto también puede ser realizado con un lápiz u otros punteros similares. A su vez, actúa como periférico de salida, mostrando la información de proceso, datos e imágenes que se requiera en el mismo.

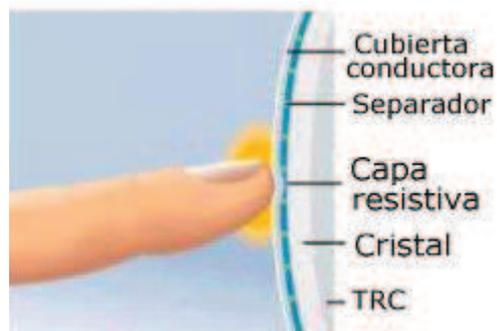
### 1.5.2 TIPOS DE PANELES TÁCTILES

Los paneles táctiles que existen están basados en las siguientes tecnologías [9]:

- Tecnología de Pantalla resistiva
- Tecnología de pantalla infrarroja
- Tecnología de pantalla capacitiva
- Tecnología de superficie de onda acústica

De las cuales se dará una referencia de la resistiva por ser la tecnología usada por la pantalla TP 177A.

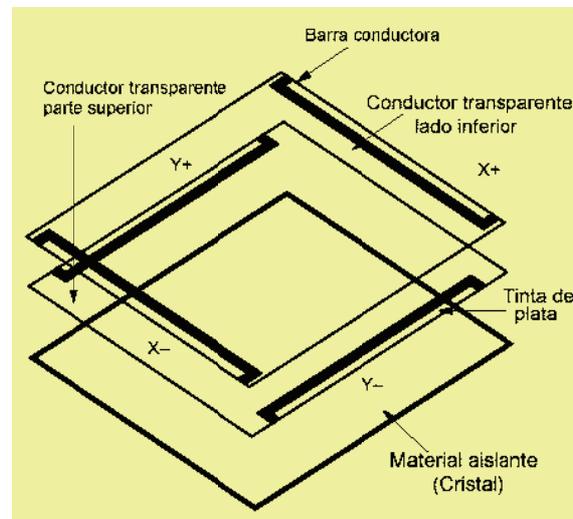
### 1.5.3 TECNOLOGÍA DE PANTALLA RESISTIVA



**Figura 1.21** Panel táctil tecnología resistiva, tomado de [13]

La pantalla táctil propiamente dicha está formada por dos capas de material conductor transparente, con una cierta resistencia a la corriente eléctrica, y con una separación entre las dos capas. Cuando se toca la capa exterior se produce un contacto entre las dos capas conductoras. Un sistema electrónico detecta el contacto y midiendo la resistencia puede calcular el punto de contacto [9].

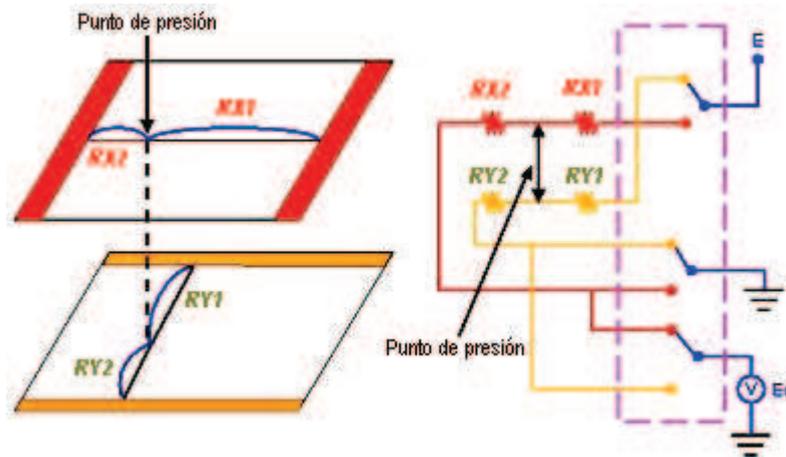
Hay varios tipos de pantallas resistivas según el número de hilos conductores que usan, cuatro u ocho. Todas se basan en el mismo sistema.



**Figura 1.22** Capas del panel táctil, tomado de [13]

Cada capa conductora tratada con un material conductor resistivo transparente, (normalmente óxido de indio y estaño), tiene una barra conductora en dos lados opuestos. Una de las capas sirve para medir la posición en el eje X y la otra en el eje Y, en el caso de pantallas táctiles de 4 hilos, se tiene:

- Se conecta la entrada X+ a un convertidor analógico-digital. Se pone una tensión entre los terminales Y+ Y- El convertidor analógico-digital digitaliza la tensión analógica generada al pulsar sobre la pantalla. Un microprocesador mide esta tensión y calcula la coordenada "X" del punto de contacto.
- Después conecta al convertidor analógico-digital el terminal Y+ y una tensión continua entre los terminales X+ y X- y se repite el mismo proceso para calcular la coordenada "Y" del punto de contacto.



**Figura 1.23** Determinación del punto de contacto en una pantalla resistiva de 4 hilos

Las pantallas táctiles resistivas tienen la ventaja de que pueden ser usadas con casi cualquier objeto, un dedo, un lápiz, un dedo con guantes, etc., excepto elementos cortos punzantes, tales como cuchillas, navajas, etc. Son económicas, fiables y versátiles, mientras que al usar varias capas de material transparente sobre la propia pantalla, se pierde bastante luminosidad, y el tratamiento conductor de la pantalla táctil es sensible a la luz ultravioleta, de tal forma que con el tiempo se degrada y pierde flexibilidad y transparencia.

#### 1.5.4 PANELES SIMATIC



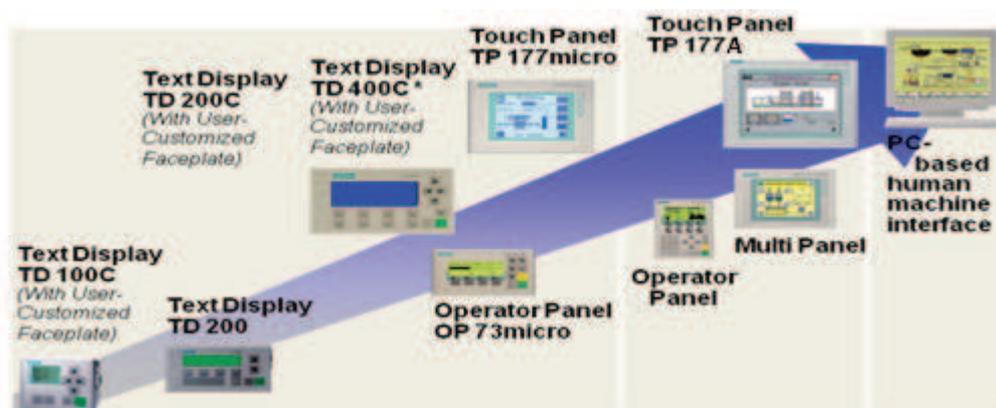
**Figura 1.24** Paneles Simatic, tomado de [7]

Los Paneles SIMATIC son diseñados para trabajar con un lenguaje universal. Su programación es sencilla y son programables mediante WinCC flexible. Los mismos se encuentran dentro de la gran familia de paneles de Siemens, tal como se ve en la Figura 1.25.

Leistungsklassen	Text	70	170	270	370
Produktklassen					
Micro Panels					
Mobile Panels					
Panels					
Multi Panels					

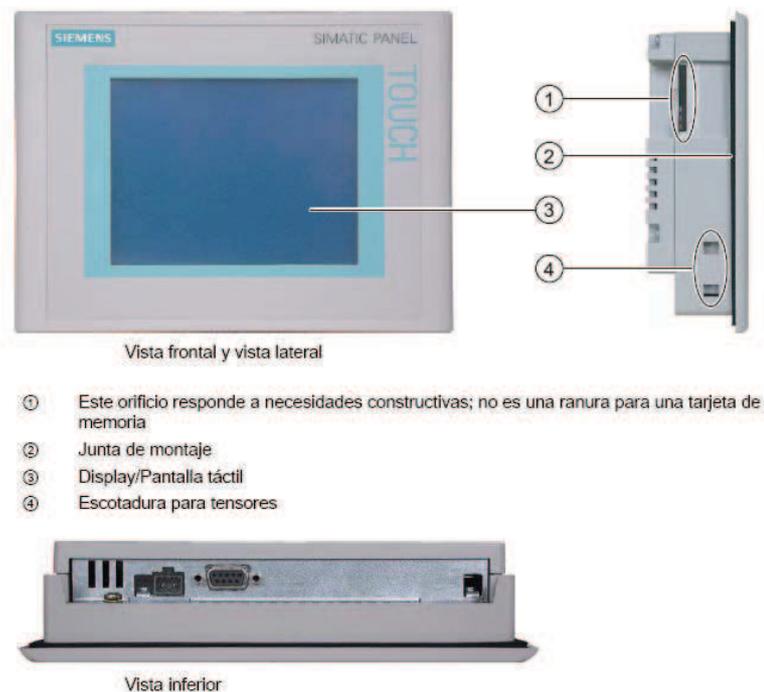
**Figura 1.25** Familia de paneles de Siemens, tomado de [7]

Además entran en las pantallas de mejores costos que manufactura Siemens, tal como se puede ver en la Figura 1.26.



**Figura 1.26** Elevación de precios respecto a prestaciones, tomado de [7]

### 1.5.5 PANEL TÁCTIL TP 177A

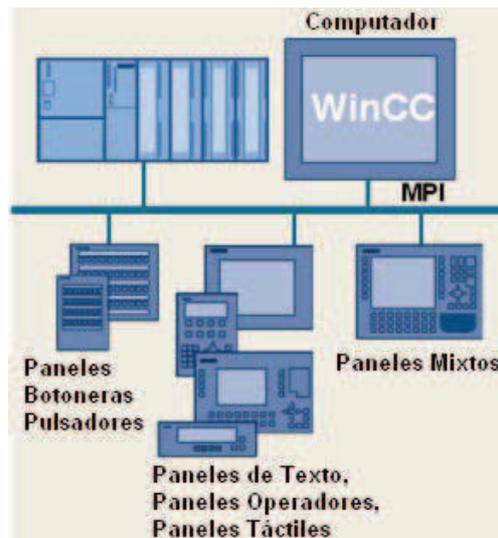


**Figura 1.27** Panel Táctil TP177A, tomado de [5]

El TP177A es un panel táctil que provee al cliente una excelente interfaz con el operador, puede mostrar gráficos, flechas de deslizamiento, variables de aplicación y botones de usuario. Es el panel más económico dentro de todos los panels táctiles que posee Siemens con posibilidad de comunicación a un S7-300.

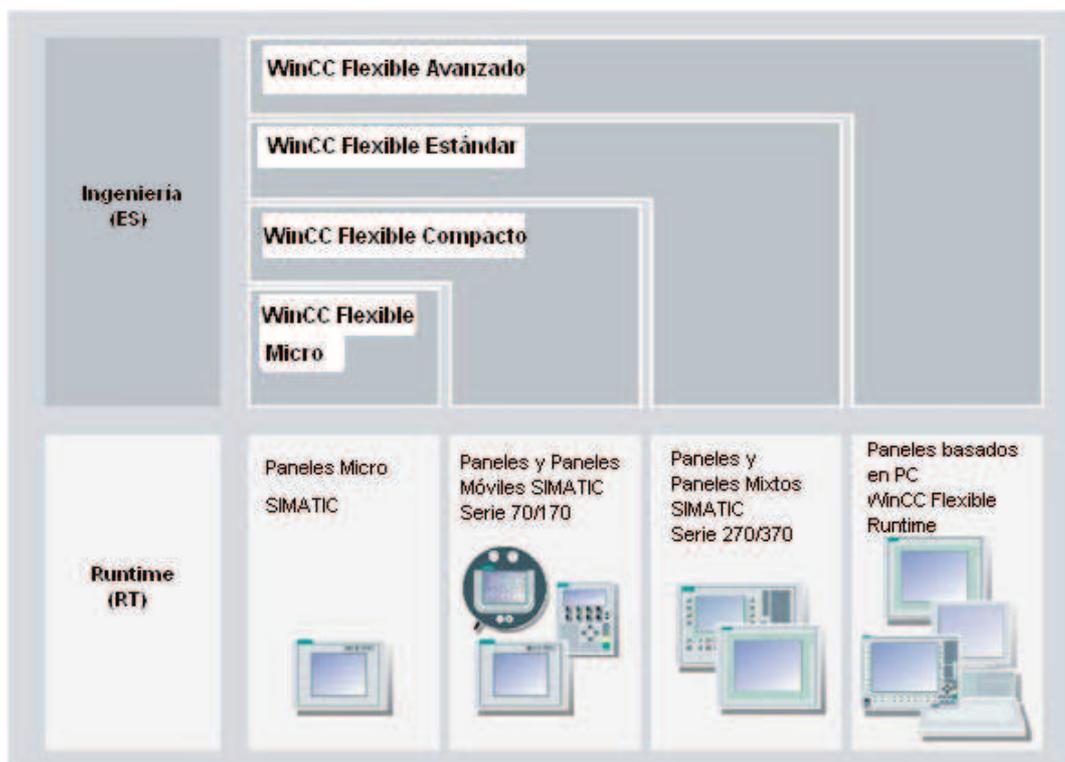
#### 1.5.5.1 Características [2]

- Comunicación: integrable a la red MPI con una CPU de maestro con velocidades de hasta 187,5 Kbaud. Se puede conectar más de un PLC al panel por medio de una red de PLCs.



**Figura 1.28** Tipo de comunicación CPU-PLC, tomado de [5]

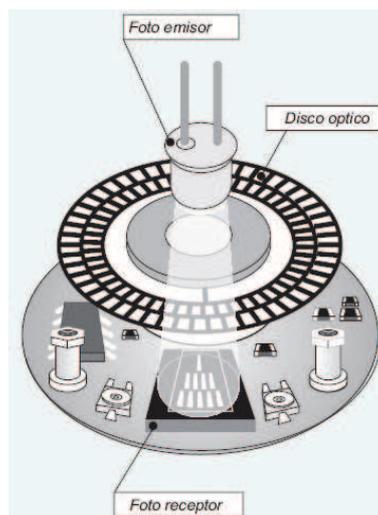
- Configurable mediante WinCC Flexible Compact, o cualquiera de las versiones superiores del mismo.



**Figura 1.29** WinCC Flexible para programar diversos tipos de paneles, tomado de [7]

## 1.6 ENCODERS

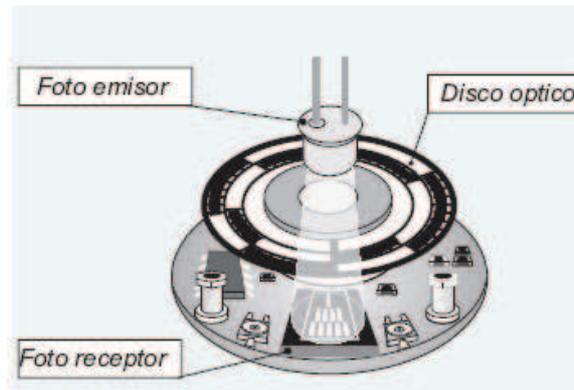
El encoder es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales, los cuales pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos del tipo angular o de tipo lineal. Las señales eléctricas de rotación pueden ser procesadas mediante diversos controladores, entre éstos el S7-300 con sus entradas de alarma o con módulos de función tales como el controlador de levas FM352.



**Figura 1.30** Encoder incremental, tomado de [14]

Existen dos tipos de encoder, los incrementales y los absolutos. El hohner 5000 trabaja con los encoder absolutos, mientras que el PLC S7-300, puede trabajar con los incrementales directamente y con los absolutos de manera maestro-esclavo con la ayuda de un módulo denominado procesador booleano rápido.

El principio de funcionamiento de un encoder absoluto es muy similar al de un encoder incremental en el que un disco que gira, con zonas transparentes y opacas interrumpe un haz de luz captado por fotorreceptores, luego éstos transforman los impulsos luminosos en impulsos eléctricos los cuales son tratados y transmitidos por la electrónica de salida [14].

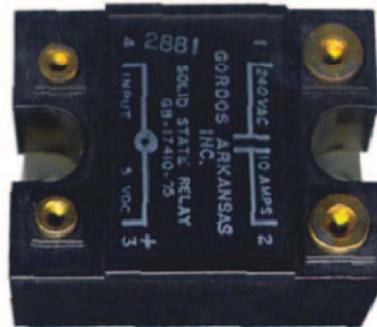


**Figura 1.31** Encoder absoluto, tomado de [14]

Los absolutos respecto a los incrementales muestran importantes diferencias desde el punto de vista funcional, ya que en los encoders incrementales la posición está determinada por los impulsos con respecto a la marca de cero, en los encoders absolutos, la posición queda determinada mediante la lectura del código de salida, el cual es único para cada una de las posiciones dentro de la vuelta. Por consiguiente los encoders absolutos no pierden la posición real cuando se corta la alimentación (incluso en el caso de desplazamientos), hasta un nuevo encendido (gracias a una codificación directa en el disco), la información está actualizada y disponible sin tener que efectuar, como en el caso de los encoders incrementales la búsqueda del cero. Esta información normalmente está en código Gray debido a que al pasar entre dos códigos consecutivos, o desde el último código al primero, sólo un bit cambia de estado, evitando de esta manera errores de transición [14].

Aunque el encoder instalado es absoluto, se debe cambiar a un incremental debido a que el PLC S7-300 y su módulo controlador de levas no pueden leer un encoder absoluto sin la ayuda del procesador booleano. No existe problema debido al cambio de encoder pues en esta máquina existen los dos tipos, el absoluto usado para el hohner, y el incremental usado en la dosificación del SAP (*super absorbent polymer*) ingrediente indispensable para la fabricación del pañal, además la señal de corte de pañal por medio del sensor inductivo que se instaló, puede recuperar el origen y determinar de esta manera el tamaño del pañal.

## 1.7 RELÉS DE ESTADO SÓLIDO



**Figura 1.32** Relé de estado Sólido

Los relés de estado sólido utilizan tecnología de semiconductor para proporcionar soluciones de conmutación de pequeña señal con aislamiento. Proporcionan tres funciones principales utilizando cuatro chips semiconductores discretos con el fin de conseguir las prestaciones óptimas. El circuito de gobierno de entrada contiene un chip LED y convierte la potencia de gobierno de entrada en luz infrarroja. La luz infrarroja se acopla ópticamente a un circuito de conversión que consiste en una matriz integrada de células fotovoltaicas (FV) y la circuitería de gobierno asociada. Esta etapa fotovoltaica genera la tensión necesaria para controlar el MOSFET de salida de alta tensión que conmuta la carga de salida. Los chips LED y FV están acoplados a través de un material translúcido que transfiere la luz de uno a otro sin transferir calor ni sacrificando la resistencia de aislamiento. Este material dieléctrico óptico proporciona el aislamiento eléctrico [15].

Muchos diseños electrónicos pueden aprovechar las mejores prestaciones de los relés de estado sólido (*SSR, Solid-State Relays*) en relación con los relés electromecánicos (*EMR, Electro-Mechanical Relays*) para desempeñar la misma función en el circuito. Algunas de las ventajas de los relés de estado sólido son [15]:

- Los SSR son generalmente de menor tamaño que los EMR, ahorrando así un valioso espacio en aplicaciones realizadas sobre placa de circuito impreso.

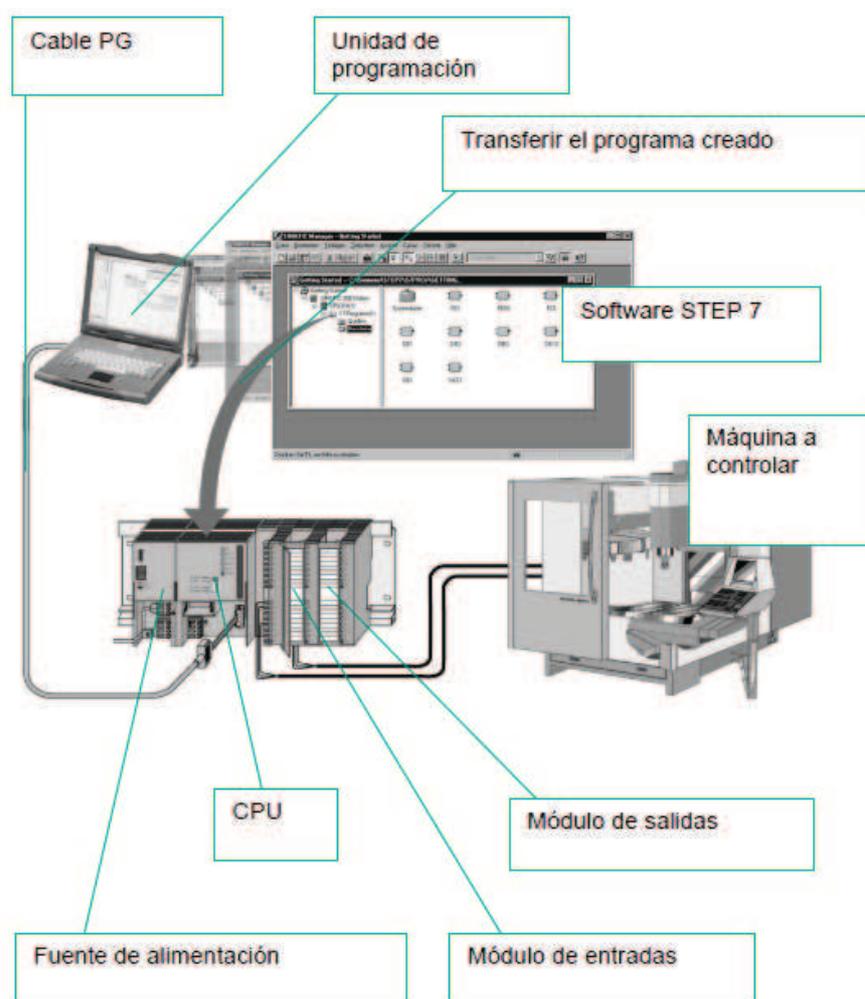
- Los SSR mejoran la fiabilidad del sistema dado que no contienen piezas móviles o contactos que se degraden.
- Los SSR proporcionan las prestaciones más avanzadas; no necesitan electrónica de gobierno (*driver*) y su conmutación no genera rebotes de señal.
- Los SSR mejoran los costes del ciclo de vida del sistema, con diseños simplificados con menos requisitos en cuanto a fuentes de alimentación y disipación de calor.
- Debido a su tecnología de semiconductores puede manejar salidas rápidas, vital para el presente proyecto.

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO ELECTRÓNICO

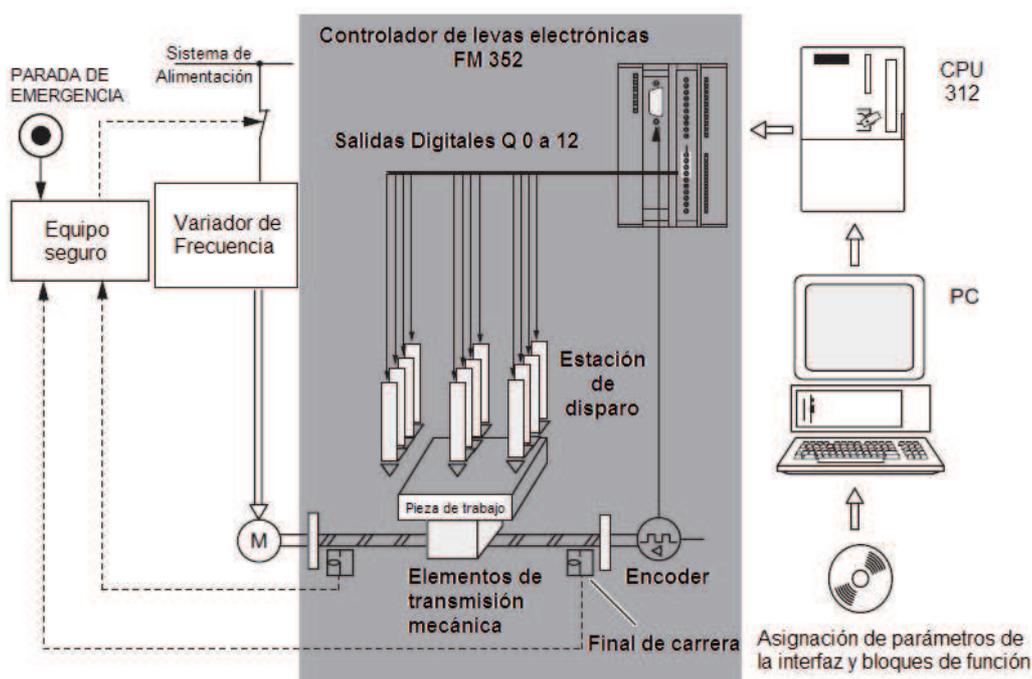
#### 2.1 GENERALIDADES

Con el software de STEP 7 se crea un programa S7 en un proyecto. El sistema de automatización S7 se compone de una fuente de alimentación, una CPU y varios módulos de entradas/salidas (módulos E/S). El autómata programable (PLC) que vigila y controla la máquina con ayuda del programa S7. Y por último, a los módulos de entradas/salidas se accede mediante direcciones.



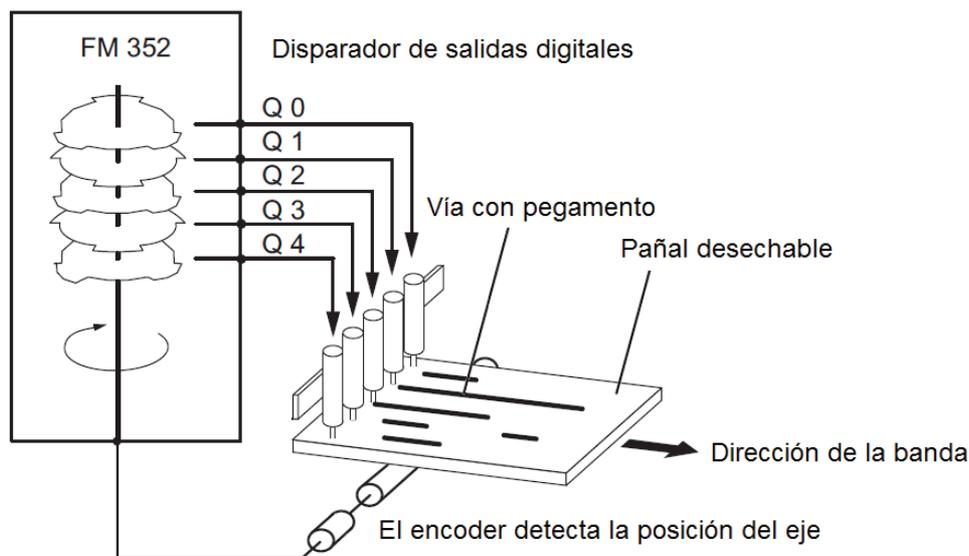
**Figura 2.1** Elementos de un proyecto de automatización, tomado de [3]

Mediante estos elementos se podría realizar un control de levas electrónicas dependientes de la velocidad de la CPU, pero como el requerimiento en Zaimella es superior respecto a la velocidad, se requiere el módulo para control de levas FM352, en cuyo caso el sistema queda según muestra la Figura 2.2.



**Figura 2.2** Elementos de un control de levas electrónicas con el FM352, tomado de [8]

El controlador de levas FM 352, es aplicado como aplicador de adhesivo, tal como se ve en la Figura 2.2. Cada salida digital controla una electroválvula la cual aplica el adhesivo sobre los diversos sectores del pañal.



**Figura 2.3** Aplicaciones de adhesivo en pañal desechable, tomado de [8]

## 2.2 CPU 314

### 2.2.1 MONTAJE

Las CPU 314 y el módulo de ampliación disponen de orificios para facilitar el montaje en armarios eléctricos. En el anexo B, se puede encontrar las dimensiones de montaje.

Se debe prever espacio suficiente para la ventilación y el cableado, para lo que todo equipo S7-300 ha previsto la ventilación por convección natural. Por tanto, se debe dejar un margen mínimo de 25mm. por encima y por debajo de los equipos. Asimismo se debe prever 75mm. para la profundidad de montaje.

El montaje del equipo se lo hace de forma horizontal y más no vertical pues la temperatura ambiente máxima admisible se reduce a 10 °C, temperatura muy por debajo a la de la planta de producción que está alrededor de 22 °C.

### 2.2.2 DATOS TÉCNICOS

En las Tablas 2.1, 2.2 y 2.3, se encuentran todos los datos concernientes a las dimensiones, la potencia disipada, los datos de alimentación, y diversos datos

generales de la CPU 314, el módulo FM352 y la pantalla táctil TP177A respectivamente.

**Tabla 2.1** Datos técnicos generales de la CPU 314, tomado de [10]

<b>SIMATIC S7-300, CPU 314 MODULO CENTRAL CON MPI ALIMENTACION INTEGR. DC 24V MEMORIA PRINCIPAL 96 KBYTE REQUIERE MICRO MEMORY CARD</b>	
<b>Tensiones de alimentación</b>	
Valor nominal	
<b>24 V DC</b>	Sí
<b>Rango admisible, límite inferior (DC)</b>	20,4 V
<b>Rango admisible, límite superior (DC)</b>	28,8 V
<b>Protección externa para líneas de alimentación (recomendación)</b>	Mín. 2 A
<b>Consumo</b>	
<b>Consumo (valor nominal)</b>	0,6 A
<b>Consumo (en marcha en vacío), típ.</b>	60 mA
<b>Intensidad de cierre, típ.</b>	2,5 A
<b>I<sup>2</sup>t</b>	0,5 A <sup>2</sup> ·s
<b>Consumo/pérdidas</b>	
<b>Pérdidas, típ.</b>	2,5 W
<b>Configuración del hardware</b>	
<b>Bastidores, máx.</b>	4
<b>Módulos por bastidor, máx.</b>	8
N° de FM y CP utilizables (recomendación)	
<b>FM</b>	8
<b>CP, punto a punto</b>	8
<b>CP, LAN</b>	10
<b>Interfaz</b>	
<b>Tipo de interfaz</b>	Interfaz RS485 integrada
<b>Alimentación en interfaz (15 a 30 V DC), máx.</b>	200 mA
<b>Funcionalidad</b>	
<b>MPI</b>	Sí
<b>MPI</b>	
<b>N° de conexiones</b>	12
<b>Velocidades de transmisión, máx.</b>	187,5 kbit/s
<b>Dimensiones</b>	
Dimensiones	
<b>Ancho</b>	40 mm
<b>Alto</b>	125 mm

<b>Profundidad</b>	130 mm
<b>Pesos</b>	
<b>Peso, aprox.</b>	280 g

**Tabla 2.2** Datos técnicos del módulo de levas electrónicas FM352, tomado de [10]

<b>SIMATIC S7-300, LEVA ELECTRONICA FM 352 CON PAQ. DE CONFIGURACION EN CD</b>	
<b>Tensiones de alimentación</b>	
Valor nominal	
<b>24 V DC</b>	Sí
<b>Consumo</b>	
<b>De la tensión de carga L+ (sin carga), máx.</b>	200 mA
<b>De bus de fondo 5 V DC, máx.</b>	100 mA
<b>Módulos de E digitales</b>	
<b>Nº de entradas digitales</b>	4
Tensión de entrada	
<b>Valor nominal, DC</b>	24 V
<b>para señal "0"</b>	-30 a +5 V
<b>para señal "1"</b>	11 a 30 V
Intensidad de entrada	
para BERO a 2 hilos	
<b>para señal "0", típ.</b>	2 mA
<b>para señal "1", típ.</b>	7 mA
<b>Módulos de S digitales</b>	
<b>Número de salidas digitales</b>	13
<b>Funciones</b>	Pista de levas
<b>Protección contra cortocircuitos en salida</b>	Sí
Tensión de salida	
<b>Valor nominal (DC)</b>	24 V
<b>para señal "1", mín.</b>	UP -0,8 V
Intensidad de salida	
<b>para señal "1" rango admisible para 0 a 60 °C, mín.</b>	5 mA; con Upmáx
<b>para señal "1" rango admisible para 0 a 60 °C, máx.</b>	600 mA
<b>para señal "0" Intensidad residual, máx.</b>	0,5 mA
<b>Alimentación de sensores</b>	
Alimentación de sensores 24 V	
<b>24 V</b>	Sí
<b>Intensidad de salida, máx.</b>	300 mA

<b>Longitud del cable, máx.</b>	100 m
<b>Sensor</b>	
Sensores compatibles	
<b>Encóder incremental (con señales invertidas)</b>	Sí
<b>Encóder incremental (sin señales invertidas)</b>	Sí
<b>Encóder absoluto (SSI)</b>	Sí
<b>BERO a 2 hilos</b>	Sí
<b>Intensidad permitida en reposo (BERO a 2 hilos), máx.</b>	2 mA
Señales de encóder, incremental (sin invertidas)	
<b>Señales de marcas de pista</b>	A, B
<b>Señal de marca cero</b>	N
<b>Tensión de entrada</b>	24 V
<b>Frecuencia de entrada, máx.</b>	50 kHz; 50 kHz con 25 m de longitud de cable; 25 kHz con 100 m de longitud de cable
<b>Requisitos medioambientales</b>	
Temperatura de empleo	
<b>mín.</b>	0 °C
<b>máx.</b>	60 °C
Temperatura de almacenaje/transporte	
<b>mín.</b>	-40 °C
<b>máx.</b>	70 °C
<b>Grado de protección</b>	
<b>IP 20</b>	Sí
<b>Dimensiones</b>	
Tamaño	
<b>Ancho</b>	80 mm
<b>Alto</b>	125 mm
<b>Profundidad</b>	120 mm
Peso	
<b>Peso, aprox.</b>	550 g

**Tabla 2.3** Datos generales del Panel de Operador TP 177A, tomado de [10]

PANEL TÁCTIL SIMATIC TP 177A DISPLAY STN 5,7" MODO AZUL, PUERTO MPI/PROFIBUS DP, CONFIGURABLE CON SW DESDE WINCC FLEXIBLE 2004 COMPACT HSP CONTIENE SW FUENTE LIBRE ENTREGADO GRATUITAMENTE.

**Tensión de alimentación**

<b>Tensión de alimentación</b>	24 V DC
<b>Rango permitido</b>	+20,4 V a +28,8 V DC

<b>Tipo de corriente</b>	DC
<b>Intensidad transitoria de cierre A<sup>2</sup>s</b>	0,5 A
<b>Intensidad nominal</b>	0,24 A
<b>Potencia</b>	6 W
<b>Display</b>	
<b>Tipo de display</b>	STN
<b>Tamaño</b>	5,7 pulgadas
<b>Ancho</b>	320
<b>Alto</b>	240
<b>Tipo de color</b>	Tonos de azul
<b>MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)</b>	aprox. 50000 h
<b>Modo de operación</b>	
<b>Elementos de mando</b>	Pantalla táctil
<b>Posibilidad de manejo</b>	Táctil
<b>Pantalla táctil</b>	analógica, resistiva
<b>Como pantalla táctil</b>	Sí
<b>Teclado numérico/alfanumérico</b>	Sí/Sí
<b>Teclado hexadecimal</b>	Sí
<b>Condiciones ambientales</b>	
<b>Posición de montaje</b>	Vertical
<b>Máx. ángulo de inclinación permitido sin ventilación externa</b>	+/- 35 °
<b>Humedad relativa máx. (en %)</b>	90%
<b>Temperatura</b>	
<b>En servicio (montaje vertical)</b>	0 °C a +50 °C
<b>En servicio (máx. ángulo de inclinación)</b>	0 °C a +40 °C
<b>En transporte, almacenamiento</b>	-20 °C a +60 °C
<b>Grado de protección</b>	
<b>Frente</b>	IP65, NEMA 4x, (montado)
<b>IP (frontal)</b>	IP65
<b>NEMA</b>	NEMA 4x
<b>Lado posterior</b>	IP20
<b>IP (lado posterior)</b>	IP20
<b>Certificaciones y normas</b>	
<b>Certificaciones</b>	CE, GL, ABS, BV, DNV, LRS, FM Class I Div. 2, UL, CSA, cULus, EX-Zone 2 (in Vorbereitung), EX-Zone 22 (in Vorbereitung), C-TICK, NEMA 4x
<b>Interfaces</b>	
<b>Interfaces</b>	1 x RS422, 1 x RS485 (máx. 1,5 Mbits/s)
<b>N° de interfaces/según RS 485</b>	1
<b>Velocidad de transferencia máxima</b>	1,5 Mbit/s
<b>Funcionalidad bajo WinCC flexible</b>	

Acoplamiento al proceso	
<b>Conexión al PLC</b>	S7-200, S7- 300/400, Win AC: Ver el capítulo "Acoplamientos del sistema"
<b>S7-200</b>	Sí
<b>PPI (punto a punto)</b>	Sí
<b>Red PPI</b>	Sí
<b>MPI</b>	Sí
<b>PROFIBUS DP</b>	Sí
<b>S7- 300/400</b>	Sí
<b>MPI</b>	Sí
<b>PROFIBUS DP</b>	Sí
Elementos mecánicos	
<b>Tipo de caja (frente)</b>	Plástico
<b>Sistema de sujeción</b>	Mordazas de fijación
Dimensiones	
<b>Frente de la caja (An x Al)</b>	212 mm x 156 mm
<b>Hueco de montaje/profundidad del equipo (An x Al/P) en mm</b>	198 mm x 142 mm/44 mm de profundidad del equipo
Peso	
<b>Peso</b>	0,75 kg

## 2.3 CÁLCULO DE REQUISITOS DE ALIMENTACIÓN

Para este cálculo es primordial tomar en cuenta la Tabla 2.4 de datos de alimentación de las CPUs, donde se tiene el consumo del PLC, mientras que en la Tabla 2.6, se puede encontrar el consumo de corriente del panel.

**Tabla 2.4** Consumo total del equipo

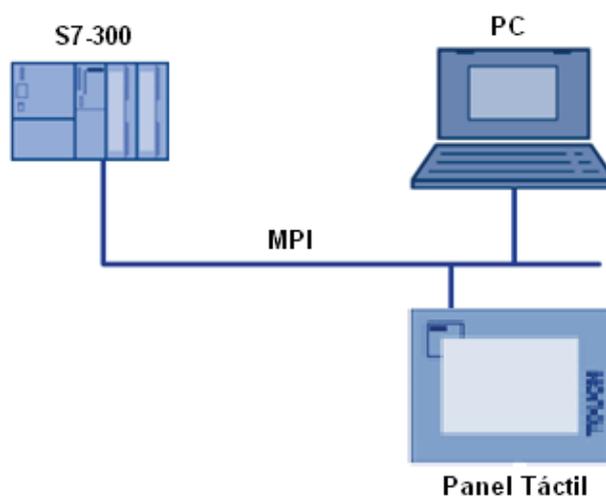
Equipo	Consumo Máximo [mA.]
PLC 314	600
FM352	200
TP177A	240
Encoder	60
<b>Total consumo</b>	<b>1100</b>

Con el valor total de consumo, Tabla 2.4, se llega a la conclusión que el sistema necesita una fuente de 24VDC de aproximadamente 2,0A.

## 2.4 COMUNICACIÓN

### 2.4.1 REDES MPI

Con el propósito de manejar la comunicación entre el panel, la PC y el PLC se requiere de un protocolo de comunicación, en el proyecto se utiliza la red MPI (*Multi Point Interface*).



**Figura 2.4** Red MPI, tomado de [5]

Las características de la red MPI se encuentran en la Tabla 2.5.

**Tabla 2.5** Características técnicas de la red MPI, tomado de [5]

Velocidad de transmisión	Nodos	Tamaño máximo de la red	Sistema de conexión	Medio del bus
187.5Kbaud  12Mbaud para CPU 315-2DP/PN y CPU 317	32	50m/semajante a Profibus	RS-485, fibra óptica	Par blindado, fibra óptica

## 2.4.2 CABLES DE COMUNICACIÓN

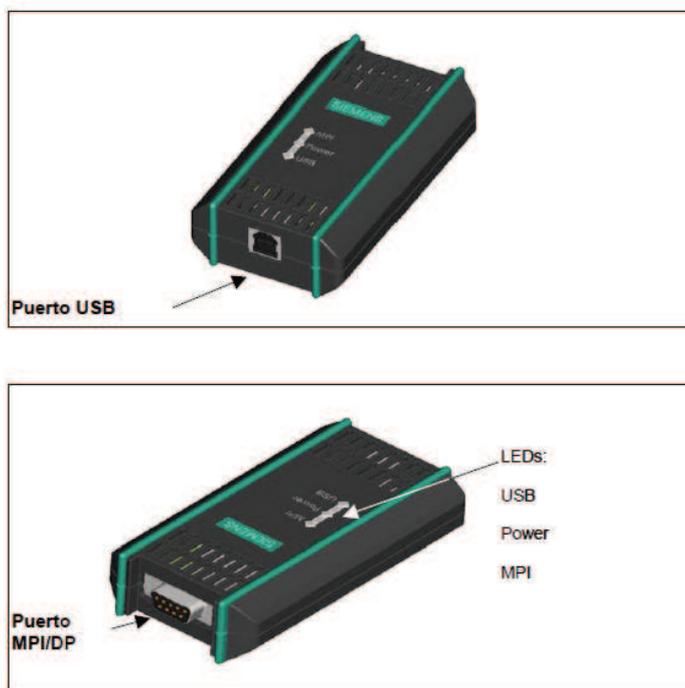
La comunicación MPI de la Figura 2.4 que conecta la PC al PLC requiere de un conversor USB-MPI para conectarla a la PC, para lo que existe una conexión directa vía el cable *PC Adapter*, o bien un procesador de comunicaciones (CP).

El panel táctil puede ser programado por algunos tipos de cables, el más conocido es el USB/PPI. Finalmente para conectar el PLC al panel táctil, se requiere un cable directo RS-485.

### 2.4.2.1 Cable para comunicar PLC con PC

El cable de programación *PC Adapter* es el método más usual y económico para comunicar el PC al S7-300. Este cable une el puerto de comunicación del S7-300 con el puerto serie del PC. El cable de programación también se puede utilizar para conectar otros dispositivos de comunicación al S7-300.

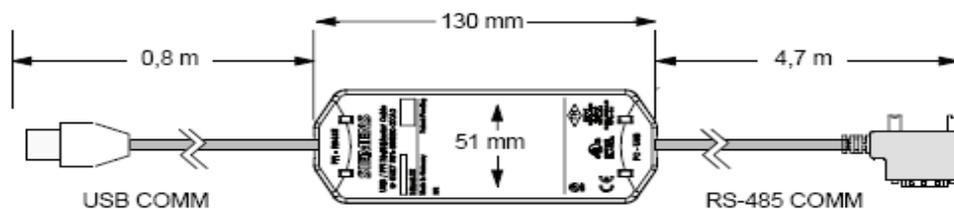
El PC Adapter USB dispone de las conexiones e indicadores que se encuentran en la Figura 2.5.



**Figura 2.5** PC Adapter, tomado de [2]

### 2.4.2.2 Cable para conectar el PC a la Pantalla Táctil

Existe cuatro tipos de cables para cargar el programa en la pantalla táctil TP 177A, en especial se trabajó con el cable USB/PPI de Siemens, tal como se ve en la Figura 2.6.



**Figura 2.6** Cable multimaestro USB/PPI S7-200

### 2.4.2.3 Cable para comunicar PLC al Panel Táctil

El cable de comunicación se compone de 2 conectores D subminiatura de 9 pines machos de conexión directa entre los puntos 3 y 8, correspondientes a B y A de la interfaz RS-485 y como los mismos son los equipos finales de la red, se debe poner su respectivas resistencias terminales (150 ohm) a cada extremo de la red. Otra opción es poner cable profibus con los conectores sin o con conexión a PC, pues los mismos poseen un selector para finalizar el bus.

## CAPÍTULO 3

### DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

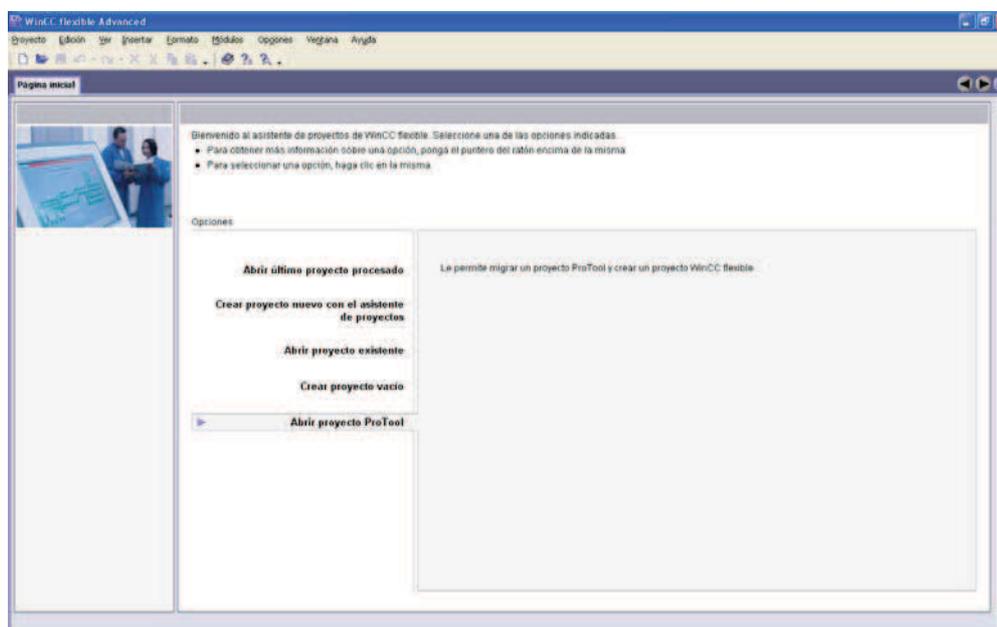
#### 3.1 PROGRAMACIÓN DEL PANEL TÁCTIL

Para desarrollar el programa de la interfaz táctil se utiliza el programa WinCC Flexible, con el cual se diseña las pantallas, botoneras, imágenes, alarmas, etc. necesarias para el proyecto de control de levas electrónicas.

##### 3.1.1 WinCC FLEXIBLE 2008 ADVANCED

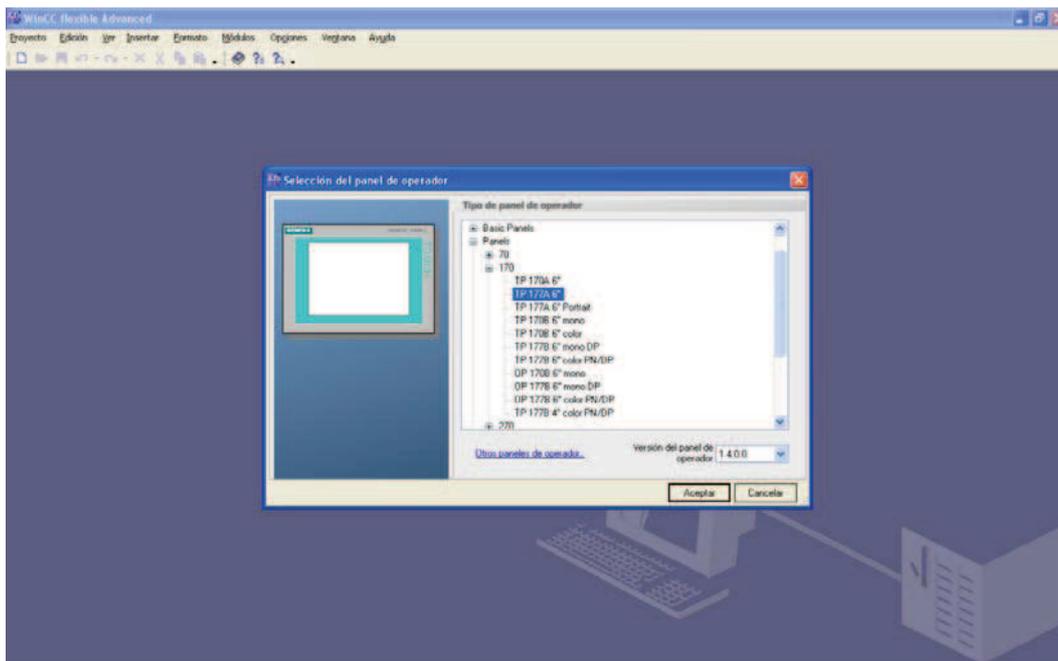
###### 3.1.1.1 Creación de un proyecto vacío

Luego de abrir WinCC Flexible 2008 Advanced, se debe Crear un proyecto vacío, tal como se ve en la siguiente figura:



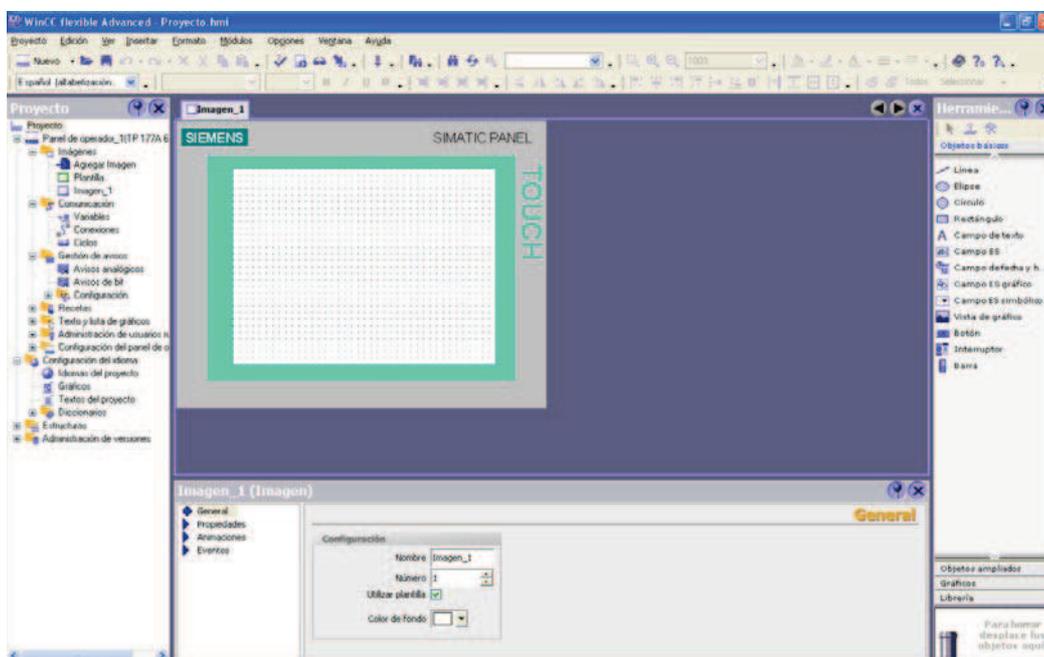
**Figura 3.1** Crear proyecto vacío

Luego se selecciona el tipo de panel que se va a programar, en este caso se podría seleccionar el TP 177A de manera horizontal o vertical, y la versión 1.2.0.0.



**Figura 3.2** Selección del panel

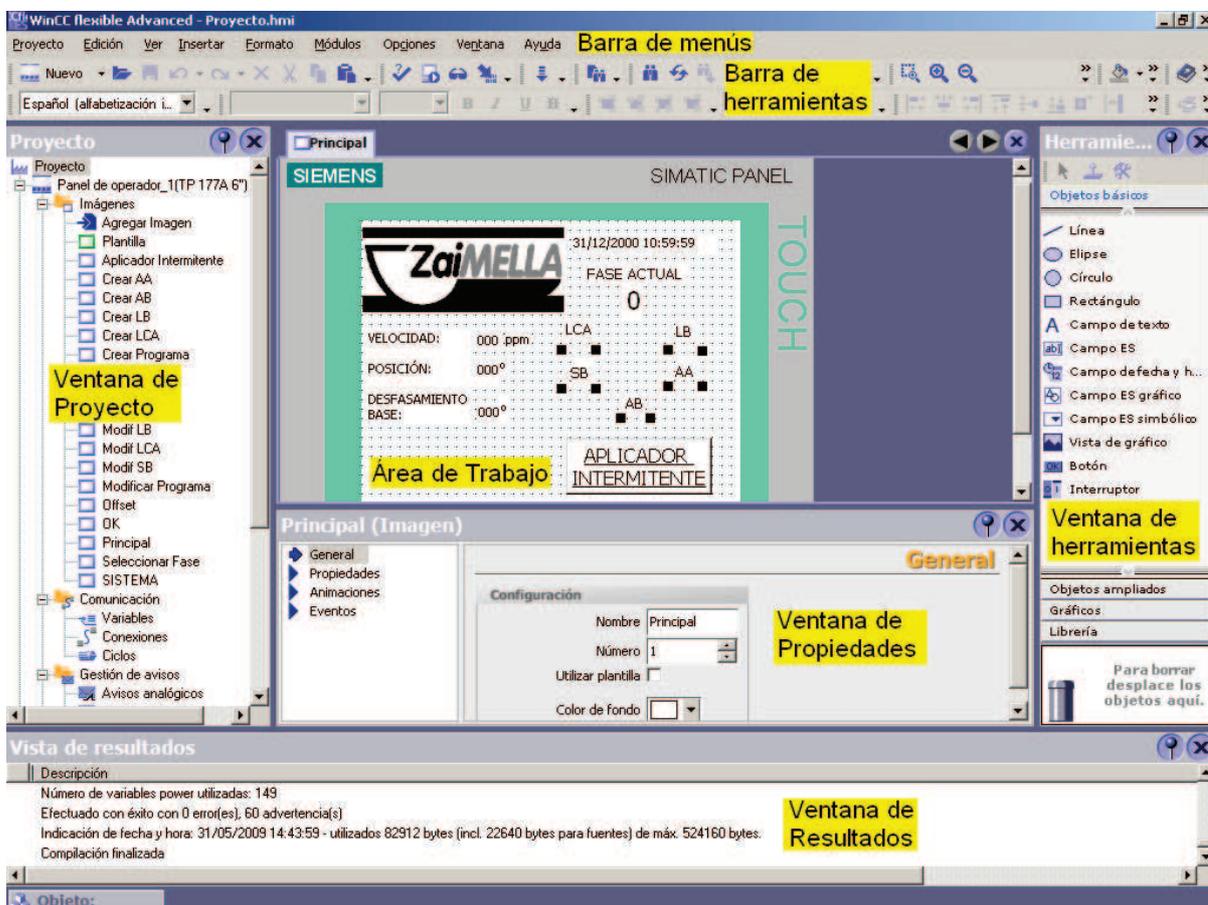
Luego de haber seleccionado el panel a programar, se crea un proyecto vacío tal como se muestra a continuación:



**Figura 3.3** Proyecto vacío

### 3.1.1.2 Elementos de la ventana

Al ingresar al Software WinCC Flexible 2008 Advanced, se tiene los elementos de pantalla descritos en la Figura 3.4.



**Figura 3.4** Elementos de ventana del WinCC Flexible 2008 Advanced

- Barra de menús:** Muestra los menús disponibles de la ventana actual.
- Barra de herramientas:** Muestra en forma de símbolo los menús más frecuentemente utilizados. Estos símbolos son auto-explicativos.
- Ventana de proyecto:** Muestra todos los elementos y operaciones disponibles para programar el proyecto
- Ventana de herramientas:** Muestra objetos y gráficos prediseñados listos para ser trasladados al área de trabajo.

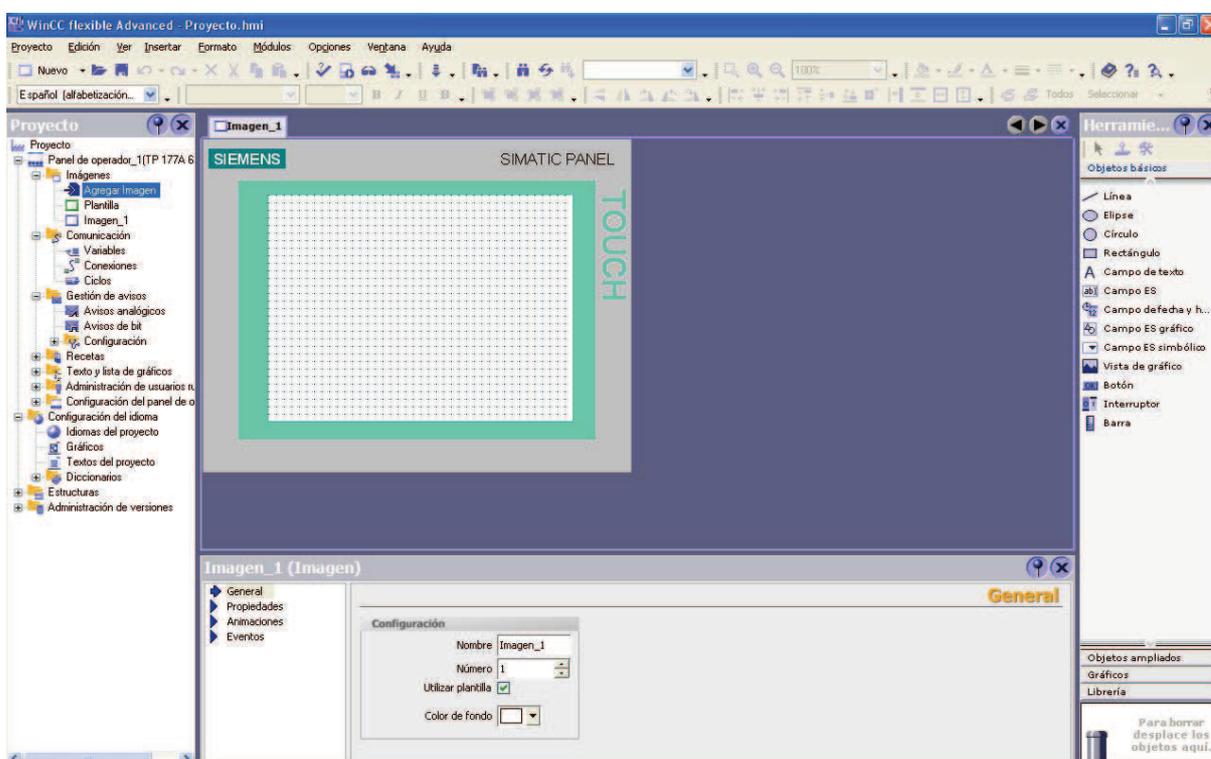
**Ventana de propiedades:** Sirve para moldear el objeto seleccionado en el área de trabajo.

**Ventana de resultados:** Presenta todos los pasos de compilación, carga y salvado del programa.

**Área de trabajo:** Es el lugar donde se visualiza y programa la pantalla y sus diversos objetos.

### 3.1.1.3 Ingreso de pantallas

Para ingresar más pantallas (imágenes), se hace doble clic en agregar imagen en la ventana de proyecto.

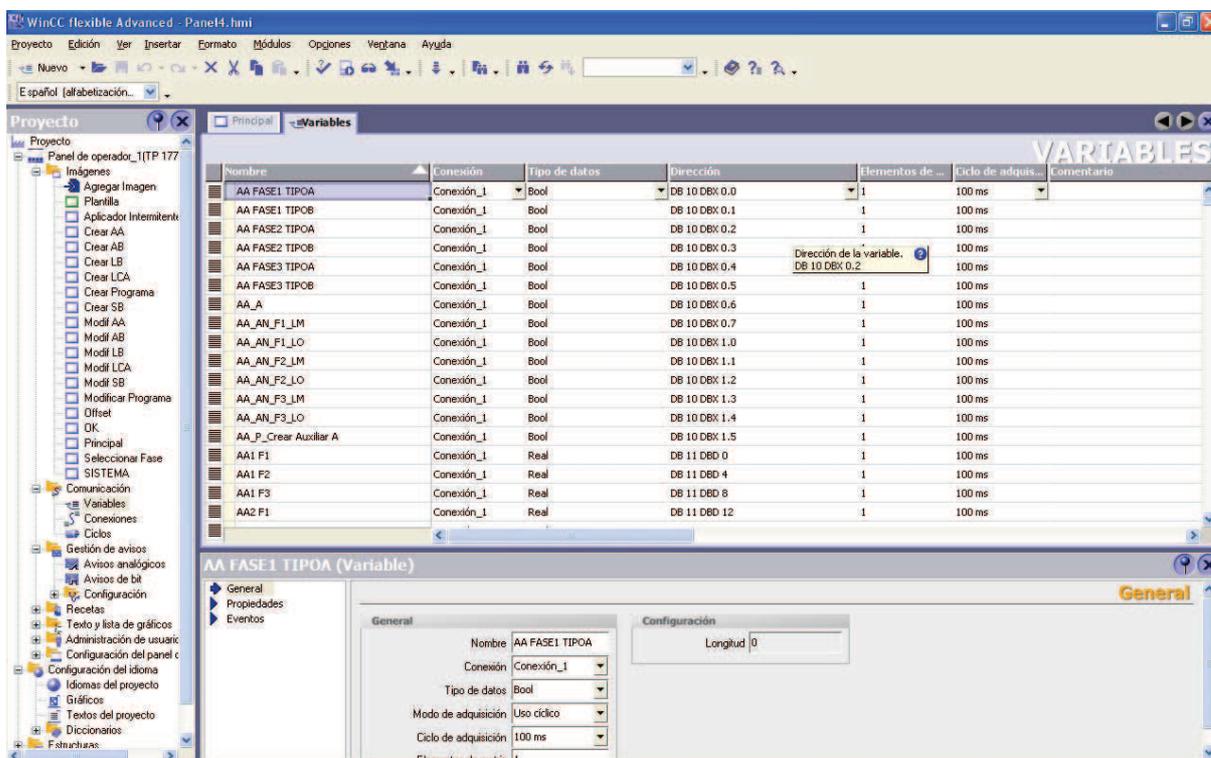


**Figura 3.5** Ingreso de pantallas

### 3.1.1.4 Ingreso de variables

Para ingresar las variables, se debe ir a la ventana de proyecto y abrir la ventana de variables, donde se pone un nombre a la variable, la conexión, el tipo de dato,

límites de esa variable y tiempo de adquisición. Tal como se muestra en la Figura 3.6.

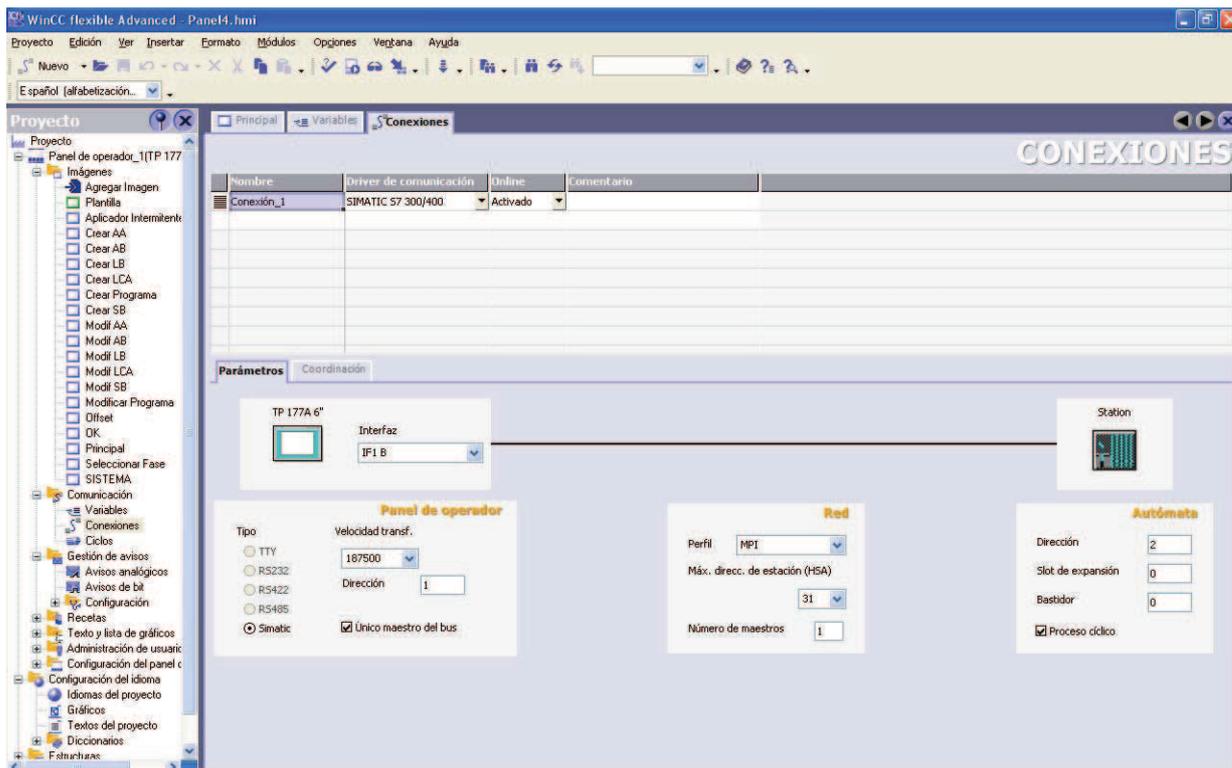


**Figura 3.6** Ingreso de variables

### 3.1.1.5 Configuración

Para configurar los parámetros, en la ventana del proyecto del panel de operador en WinCC flexible, se debe hacer doble clic en "Comunicación ► Conexiones", en el área de trabajo, se selecciona en la columna "Driver de comunicación" el valor "SIMATIC S7-300". Los valores estándar de los parámetros del protocolo se introducen automáticamente en la ventana de propiedades.

Luego se podrá adaptar los parámetros del protocolo a su configuración, tal como se puede ver en la Figura 3.7.



**Figura 3.7** Crear un enlace con el S7-300

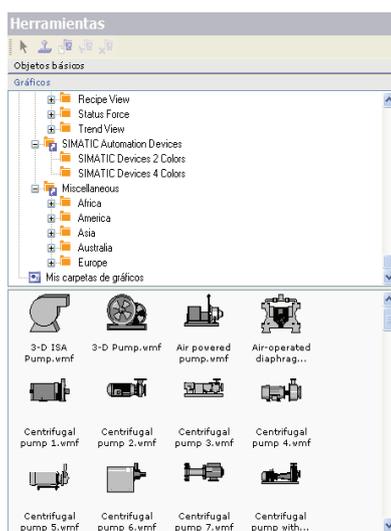
Los parámetros dependientes del equipo se ajustan bajo el "Panel de operador", el cual es válido para todos los interlocutores, por ejemplo en "Puerto" se debe seleccionar el puerto IF1 B, el cual es el nombre del puerto RS-485 de todas las pantallas que ofrece Siemens, en "Velocidad de transferencia" se debe definir la velocidad de transferencia de los datos en la red. El panel de operador más lento conectado a la red determina la velocidad de transferencia. La "Dirección" debe ser unívoca en la red, el parámetro "Único maestro del bus" debido a que se está configurando una red monomaestro.

Los Parámetros de red, los cuales son configurados en "Red", son los siguientes: "Perfil", en este caso "MPI", por la "Dirección de estación más alta" debe ser mayor que la dirección real más alta. Este ajuste deberá ser igual en toda la red. Los "Número de maestros" deben ser configurados, teniendo en cuenta que los paneles de operador deben ser maestros, en tanto que el S7-300 puede ser un maestro al igual que un esclavo.

Los Interlocutores bajo "Autómata", se direcciona el S7-300 que debe intercambiar datos con el panel de operador, además la "Dirección" del módulo S7 (CPU) al que está conectado el panel de operador, el mismo además debe ser configurado en Step7, el "Slot", "Bastidor" y "Proceso Cíclico" son parámetros no necesarios para la configuración del presente proyecto.

### 3.1.1.6 Ventana de herramientas

En la ventana de herramientas se encuentra Objetos básicos y Gráficos prediseñados. En los objetos básicos se tiene entre lo más importante botones, interruptores, campos de entrada y salida, campos de texto, vista de gráficos y figuras geométricas. Mientras que en el menú de gráficos se tiene dibujos prediseñados, tal como se ve en la Figura 3.8.



**Figura 3.8** Ventana de herramientas

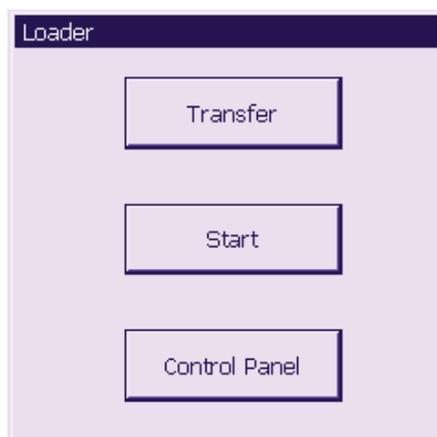
Todos estos dibujos, botones, interruptores, campos de E/S, etc. Pueden ser arrastrados hacia el área de trabajo para hacer el programa.

### 3.1.1.7 Transferir Proyecto

Antes de transferir el proyecto se debe probar el correcto funcionamiento del panel, primeramente se debe conectar la regleta de conectores en el panel de operador, y luego el de la fuente de alimentación.

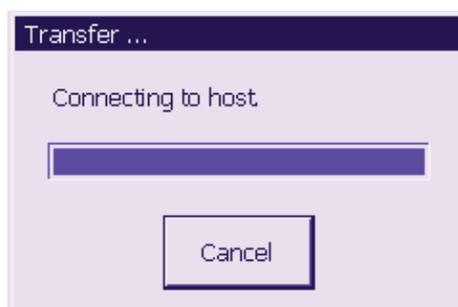
El *display* se ilumina tras conectar la fuente de alimentación. Durante el arranque se visualiza una barra de progreso.

Si no arranca el panel de operador, es posible que los cables estén intercambiados en la regleta de conectores. Se debe comprobar los cables conectados y cambiar su conexión si es necesario. El *Loader* se visualizará tras arrancar el sistema operativo.



**Figura 3.9** Visualización del *Loader*

En la primera puesta en marcha del panel de operador (cuando aún no contiene ningún proyecto), el mismo cambia automáticamente al modo de transferencia.



**Figura 3.10** Cuadro de diálogo "*Transfer*"

En el caso que ya exista un proyecto en el panel de operador, se omite el modo de transferencia y se inicia el proyecto, se debe salir del proyecto con el elemento de mando correspondiente (*Parar Runtime*), o restándolo y se lo debe poner en *Transfer* seleccionable en el *Loader* de la Figura 3.9 nuevamente.

Por transferencia se entiende la acción de transferir un archivo de proyecto compilado a los paneles de operador en los que se deba ejecutar el proyecto.

Una vez terminada la configuración, se comprueba la coherencia del proyecto con el comando de menú "Proyecto > Generador > Generar" o "Proyecto > Generador > Reconstruir todo...".

Antes de pasar al modo productivo con el proyecto, se genera todo el proyecto con el comando de menú "Reconstruir todo...".

Si la comprobación de coherencia finaliza sin errores, el sistema creará un archivo de proyecto compilado. Este archivo tendrá el mismo nombre que el proyecto pero con la extensión "\*.fwx". Se transfiere el archivo de proyecto compilado al panel operador configurado.

El archivo fwx puede aumentar considerablemente de tamaño debido a los avisos de diagnóstico. Si el archivo fwx no se puede transferir al panel de operador dado su tamaño, se desactiva los avisos de diagnóstico en la configuración de avisos.

Para poder transferir los datos del proyecto, el panel de operador debe estar conectado con el equipo de configuración. Si el panel de operador es un PC, los datos se pueden transferir también con soportes de datos, p. ej., con disquetes.

Si durante la transferencia aparece un mensaje de error para indicar que no se encuentra el archivo \*.pwx, se debe volver a generar el proyecto.

#### *Procedimiento*

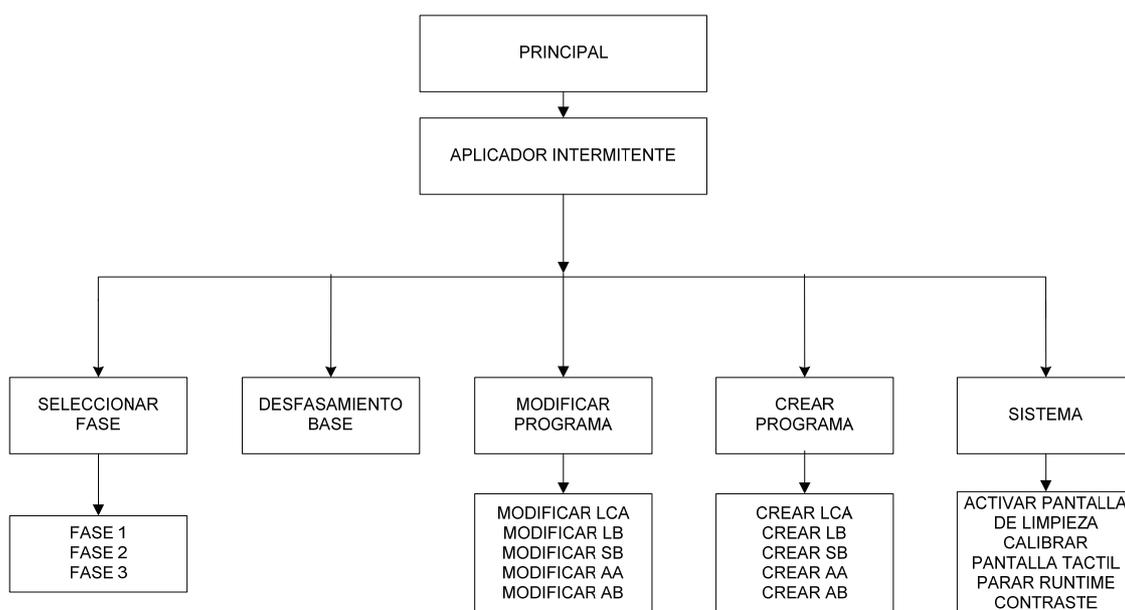
1. En el proyecto de WinCC flexible, se elige las opciones de transferencia para el panel de operador.
2. Se activa el modo de transferencia en el panel de operador que desea transferir el proyecto.

3. Se transfiere el archivo de proyecto compilado del equipo de configuración a los paneles de operador.

### 3.1.1.8 Desarrollo del programa para el panel táctil

El proyecto requiere de una HMI amigable y especialmente diseñado para la manipulación de las levas electrónicas, las cuales manejan las dimensiones de los disparos de adhesivo en el pañal.

El mismo está diseñado tal como se puede ver en la Figura 3.11, se llegó a manejar alrededor de 150 variables (power tags) en 10 imágenes.



**Figura 3.11** Mapa conceptual de la *hmi* (interfaz humano máquina)

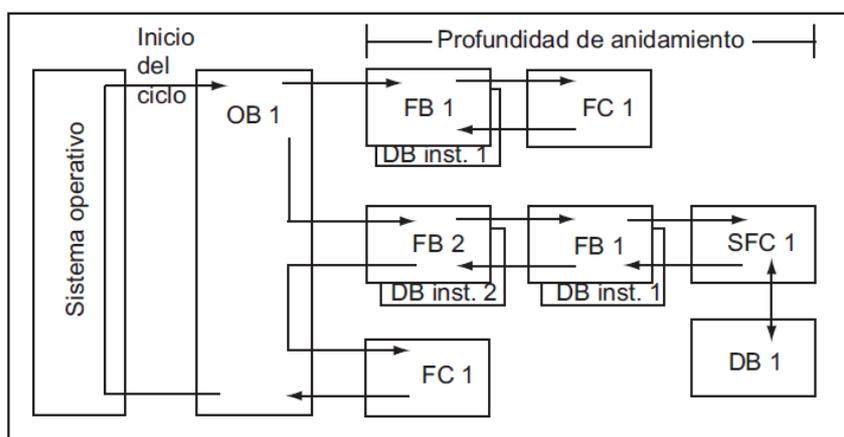
## 3.2 PROGRAMACIÓN DEL PLC

### 3.2.1 STEP7

#### 3.2.1.1 Desarrollo del programa del PLC

El programa de control se lo desarrolló con el programa STEP7 Profesional, con el cual se puede programar tanto el hardware como el software del PLC.

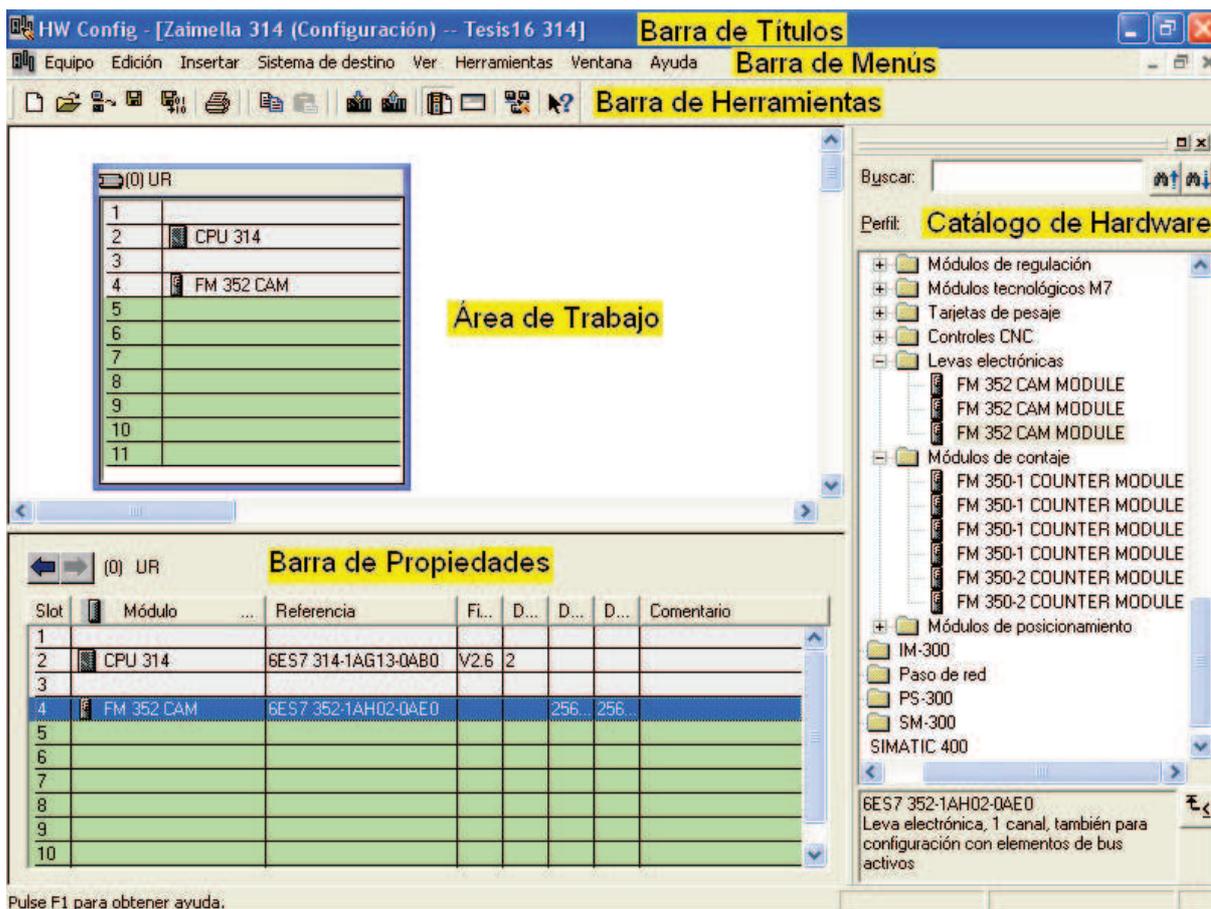
La programación del software se lo desarrolló de manera anidada con un programa principal (*OB1 organization block*), 20 subrutinas (*FC function*), 12 bloques de datos generales y 2 de instancia (*DB data block*) y 1 subrutina sin base de datos propia (*FB function block*). Tal como se lo puede observar en la Figura 3.12.



**Figura 3.12** Programación del PLC.

#### 3.2.1.2 Elementos del programa Step7

Al ingresar al Software STEP 7, se tiene los elementos de pantalla identificados en la Figura 3.13 respecto a la configuración de hardware, y Figura 3.14 concerniente a la parte de software.



**Figura 3.13** Elementos de ventana de configuración de hardware de STEP7

**Barra de títulos:** Contiene el título de la ventana y de los botones para controlarla.

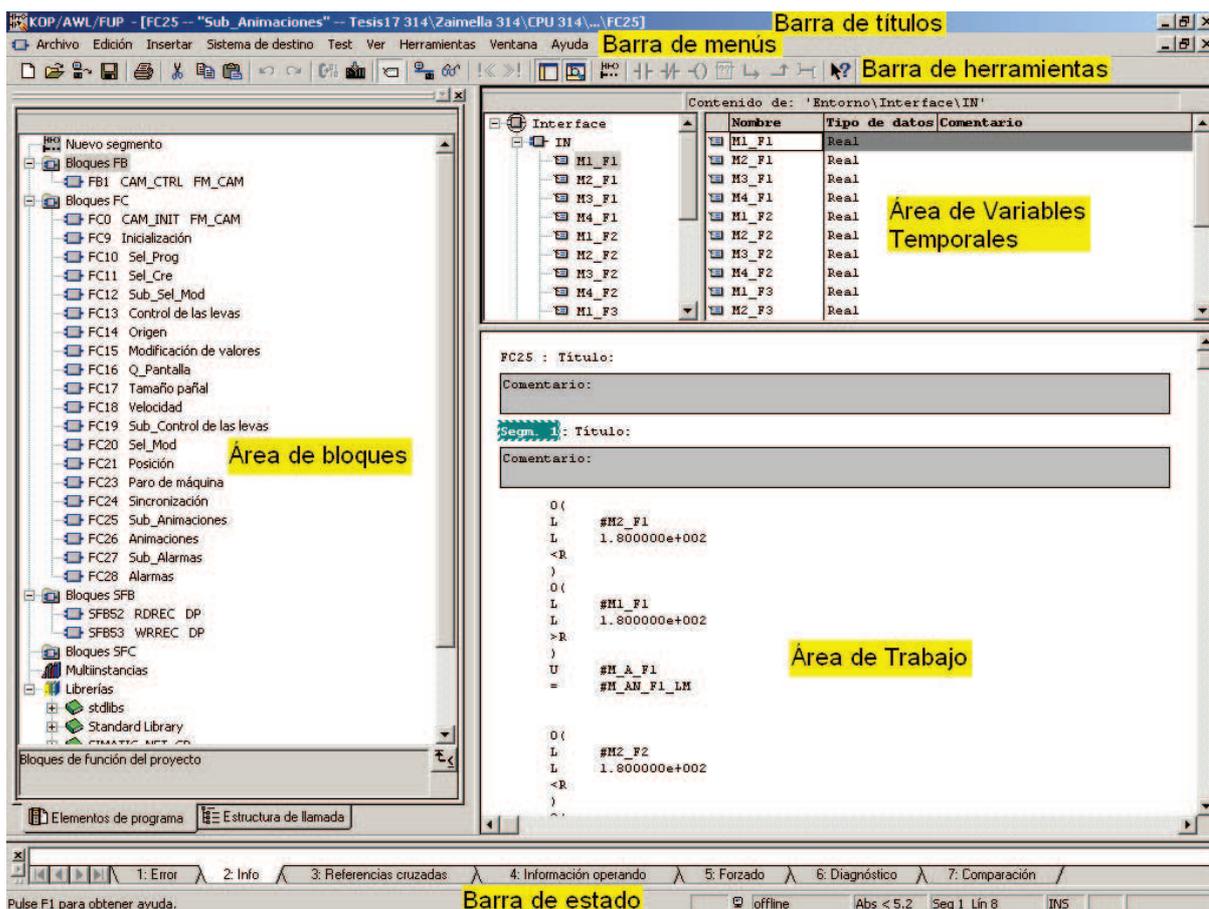
**Barra de menús:** Muestra los menús disponibles de la ventana actual.

**Barra de herramientas:** Muestra las herramientas disponibles de la ventana actual.

**Catálogo de hardware:** Lista de hardware completo actualizado por Siemens.

**Área de Trabajo:** Área predestinada a la configuración de hardware.

**Barra de propiedades:** Indica las propiedades referentes al elemento seleccionado en el área de trabajo.



**Figura 3.14** Elementos de ventana de desarrollo de software STEP7

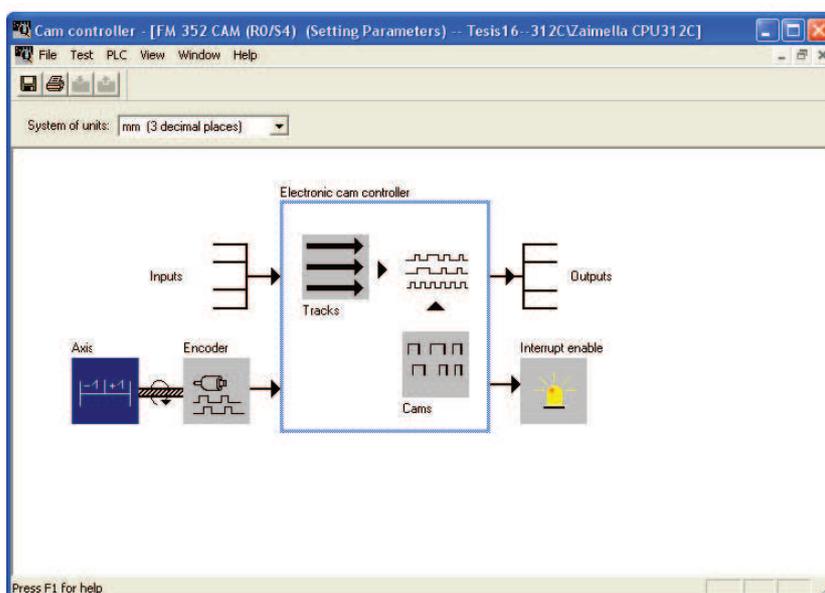
- Barra de títulos:** Contiene el título de la ventana y de los botones para controlarla.
- Barra de menús:** Muestra los menús disponibles de la ventana actual.
- Barra de herramientas:** Muestra las herramientas disponibles de la ventana actual.
- Área de var. temporales:** Tabla de ingreso de variables temporales simbólicas.
- Área de bloques:** Área para facilitar el desarrollo del programa con ingreso rápido a librerías, subrutinas y creación de nuevos segmentos. Muestra todos los elementos y operaciones disponibles para programar el proyecto de acuerdo al editor de programa actual elegido (KOP, FUP o AWL).

**Área de Trabajo:** Área predestinada al desarrollo del programa, dividido por segmentos, y con la posibilidad de ingreso de comentarios.

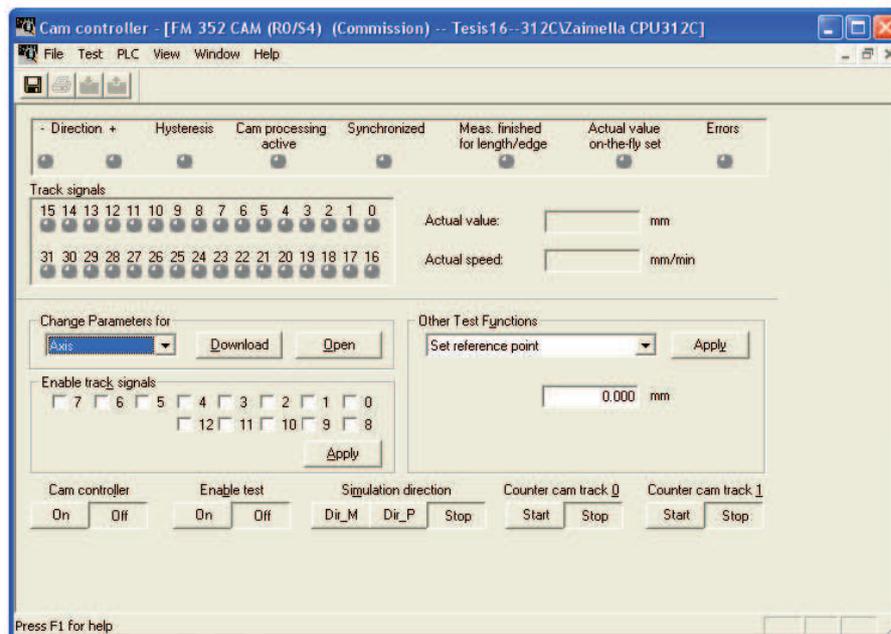
**Barra de estado:** Muestra el estado actual e información adicional.

- Información del Editor
  - Estado disponible.
  - Número de fila y columna del segmento marcado y
  - el modo de edición Insertar (INS), o sobrescribir (OVR)
- Información Online solo en modo de test de programa
  - Interfaz de comunicación
  - Baudrate y Dirección del PG y la CPU

### 3.2.1.3 Asistente del FM352



**Figura 3.15.a** Diagrama de bloques del asistente de programación para el FM352 del Step7, tomado de [8]



**Figura 3.15.b** Puesta en servicio activo del asistente de programación para el FM352 del Step7, tomado de [8]

Dentro de la ventana de configuración de hardware de STEP7, Figura 3.13, en la barra de propiedades del módulo de levas FM352 se hace doble click, accediendo al asistente de programación del módulo de levas, al ingresar al mismo, muestra un diagrama de bloques representativo a cada uno de las configuraciones accesibles, tales como los valores de las levas o activaciones de las mismas, habilitación de interrupciones de entrada o salida y otras configuraciones básicas, las configuraciones avanzadas se las realiza dentro del software de programación.

La ventana de puesta en servicio activo es capaz de simular un encoder, sentidos de giro, velocidades, activaciones de levas, etc.

### 3.3 EXPLICACIÓN DEL PROGRAMA

#### 3.3.1 PRINCIPAL

En la pantalla principal se tiene el botón “APLICADOR INTERMITENTE” mostrado en la interfaz de entrada, el cual al ser presionado muestra la pantalla del mismo nombre, en caso contrario, se mantiene en la pantalla principal.

La pantalla muestra todo lo que se puede hacer dentro del programa y es donde se debería estar si se desea hacer alguna variación del mismo. Se tienen 5 pulsadores principales, los cuales llevan a diferentes subrutinas, entre estas se tiene: SELECCIONAR FASE, CREAR PROGRAMA, MODIFICAR PROGRAMA, DESF. BASE Y SISTEMA y un pulsador de *home*, el cual lleva a la pantalla principal. Cada pulsador es testeado continuamente en un barrido continuo, en caso de no ser presionados, tan solo se mantiene en la pantalla actual. Tal como se muestra en la Figura 3.16.

#### 3.3.2 SELECCIONAR FASE

En esta pantalla se puede seleccionar la fase adecuada donde se desea trabajar. La fase es un programa desarrollado que provee valores estándar de tres tamaños de pañal (tres fases), con el propósito de no tener que variar los valores normales de uso y poder optimizar el trabajo del equipo.

Existen 3 botones principales: FASE 1, FASE 2 y FASE 3, los cuales permiten seleccionar la fase en la que se desea trabajar. Además se tienen los botones de movilización rápida de *home* y *return*, el cual lleva a la página principal y a la ventana anterior respectivamente. Tal como se muestra en la Figura 3.17.

#### 3.3.3 CREAR PROGRAMA

Al ser una pantalla de configuración especializada, se pide contraseña para poder acceder a la configuración del mismo. La contraseña es **123**, al ser digitada se

ingresa a Crear Programa, donde se tiene la opción de configurar las diversas aplicaciones intermitentes. Se tiene 5 pulsadores principales, los cuales direccionan a las diversas pantallas: LICRAS CORTE ANATÓMICO, LICRAS BARRERA, SELLO BARRERA, AUXILIAR A Y AUXILIAR B, un pulsador de *home*, y *return* que lleva a la pantalla principal, y a la pantalla anterior respectivamente.

Si por ejemplo, se presiona LICRAS DE CORTE ANATÓMICO, se despliega una pantalla donde se puede distinguir los dos tipos de aplicaciones existentes: TIPO "A", el cual permite una aplicación entre los límites del pañal y TIPO "B", la cual permite la aplicación entre la frontera del pañal. El botón con flecha hacia abajo, permite retornar a la pantalla anterior. Tal como se muestra en la Figura 3.19.

### 3.3.4 MODIFICAR PROGRAMA

En Modificar Programa se tiene la opción de variar las dimensiones de cada aplicación, dependiendo de las necesidades. Se puede observar 5 pulsadores principales, los cuales direccionan diversas pantallas, entre estas se tienen: LICRAS DE CORTE ANATÓMICO, LICRAS BARRERA, SELLO BARRERA, AUXILIAR A Y AUXILIAR B, un pulsador de *home*, que lleva a la pantalla principal, y uno de *return*, para volver a la pantalla anterior.

Si se presiona LICRAS DE CORTE ANATÓMICO, aparece la fase, el tipo de pañal seleccionado y los valores de las aplicaciones, las mismas que pueden ser modificadas según la necesidad. Además se tiene un botón de *return*, el cual permite retornar a la pantalla anterior. Los valores ingresados son llevados a una regla de tres, la cual convierte el valor base de 0°-360° del pañal al valor real obtenido por el FM352. Tal como se muestra en la Figura 3.20.

### 3.3.5 DESFASAMIENTO BASE

Dentro de Desfasamiento Base se encuentra un número que varía el origen de la aplicación, debe ser usado si la aplicación de adhesivo tiene una variación

constante hacia algún sentido. Por medio del mismo se puede evitar cambiar todos los valores de las aplicaciones, pues el cambio es constante. Tal como se muestra en la Figura 3.18.

### 3.3.6 SISTEMA

Debido a ser una pantalla de configuración especializada, se pide contraseña para poder ingresar a la configuración del mismo. La contraseña es **123**, al digitarla se puede ingresar a la pantalla de SISTEMA.

Dentro de la pantalla de Sistema se encuentran algunos tipos de modificaciones que permiten: ACTIVAR PANTALLA DE LIMPIEZA, CALIBRAR PANTALLA TÁCTIL, PARAR RUNTIME y CONTRASTE.

Para variar el contraste se tienen 2 botones: + y -, con los cuales se aumenta y disminuye el contraste respectivamente.

Al presionar ACTIVAR PANTALLA DE LIMPIEZA, la pantalla se limpia y refresca de ciertos manchones dejados por el mal uso de la misma.

Mientras que activando CALIBRAR PANTALLA TÁCTIL, aparece una pantalla donde se debe hacer presión en los puntos indicados durante el proceso de calibración.

Con el botón PARAR RUNTIME se sale del programa y se ingresa al proceso de transferencia, configuración de direcciones, calibración y comunicación del panel táctil.

Finalmente se tiene un pulsador de *home*, para ir a la pantalla principal, y uno de *return*, el cual lleva a la pantalla anterior. Tal como se muestra en la Figura 3.21.

### 3.3.7 DISPAROS

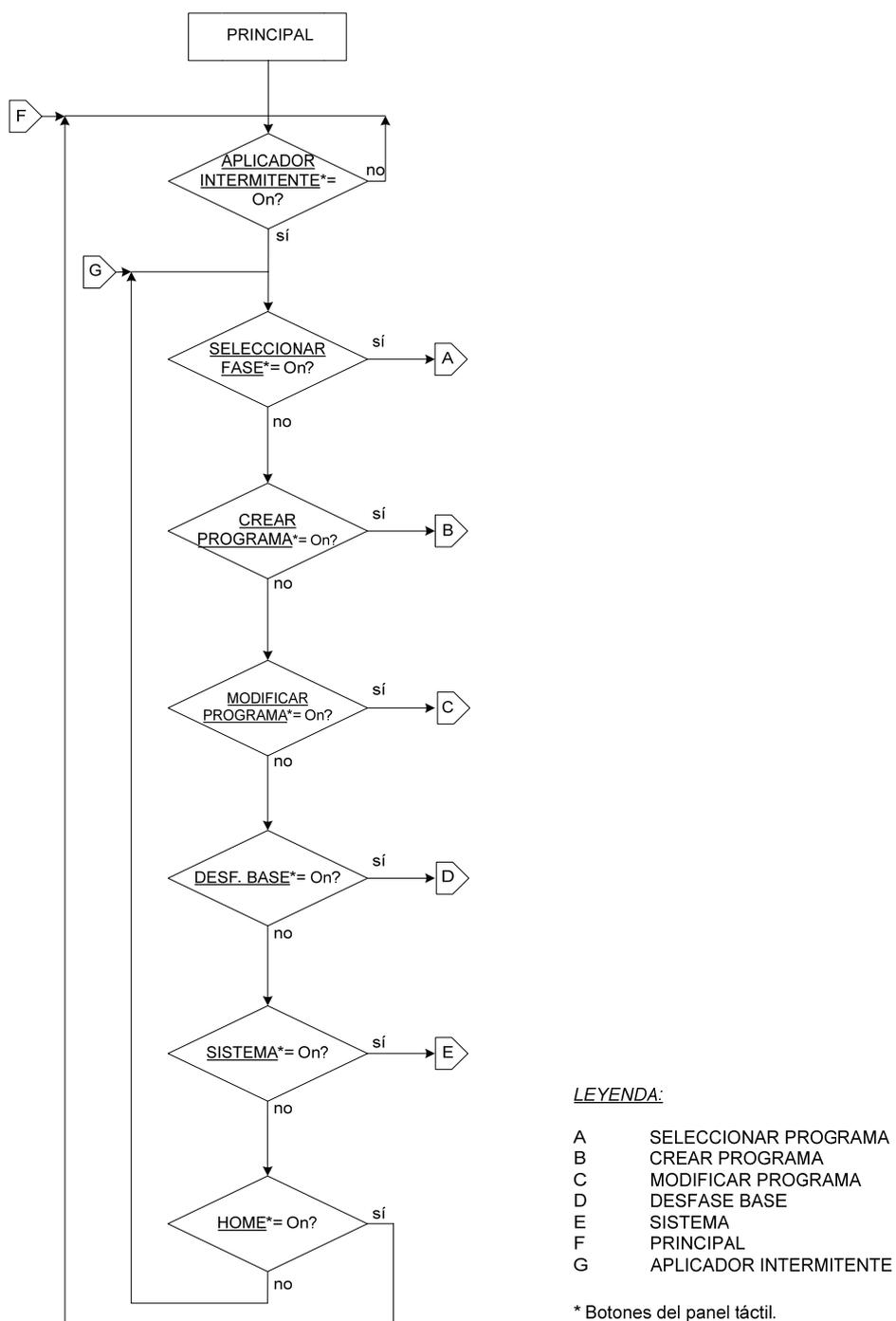
Los disparos son realizados mediante interrupciones, dentro de la configuración del FM352, las cuales son independientes del programa principal, por lo que no afecta el buen desempeño del equipo.

Se realiza comparaciones entre las aplicaciones y se las ordena de menor a mayor, con la finalidad de dividir la aplicación en segmentos, y así poder determinar cuándo encender y apagar la salida de adhesivo correctamente. Tal como se muestra en la Figura 3.22.

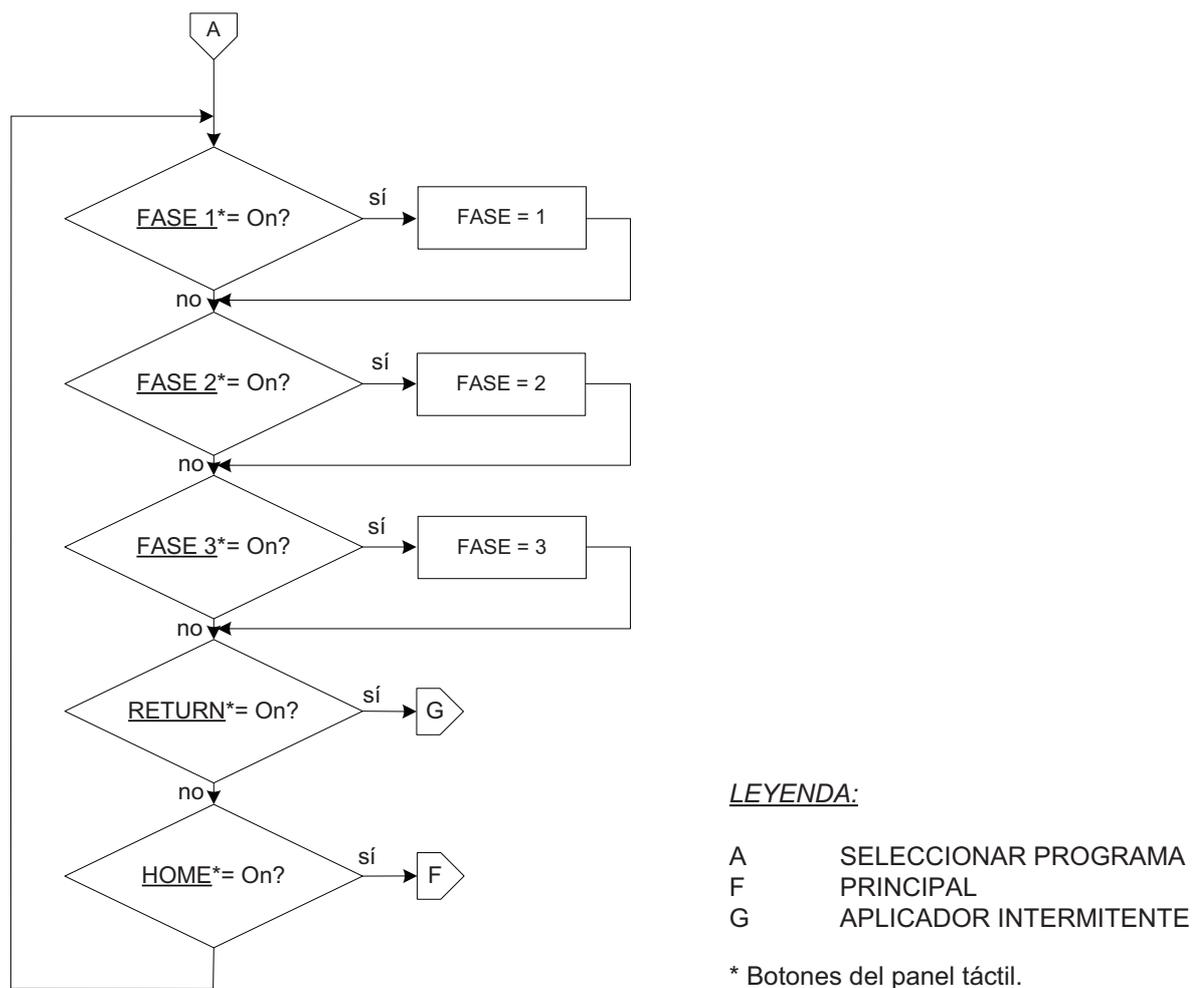
### **3.3.8 POSICIÓN Y VELOCIDAD**

La posición del encoder y la velocidad de la máquina son datos que son mostrados en la pantalla principal, y aunque están dentro del programa principal, éstas son operadas mediante valores de un contador ultrarrápido y de un temporizador interno del PLC, con la finalidad de no perder información, principalmente de la velocidad parámetro muy importante para los operadores de máquina. Tal como se muestra en la Figura 3.23.

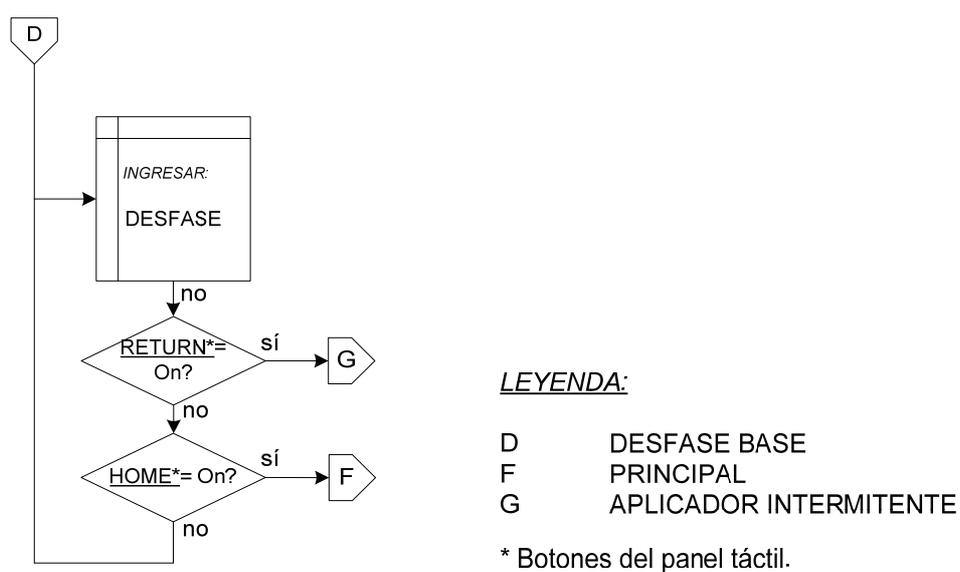
### 3.4 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROGRAMA



**Figura 3.16** Diagrama de flujo Programa Principal



**Figura 3.17** Diagrama de flujo de Seleccionar Fase



**Figura 3.18** Diagrama de flujo de Desfasamiento base

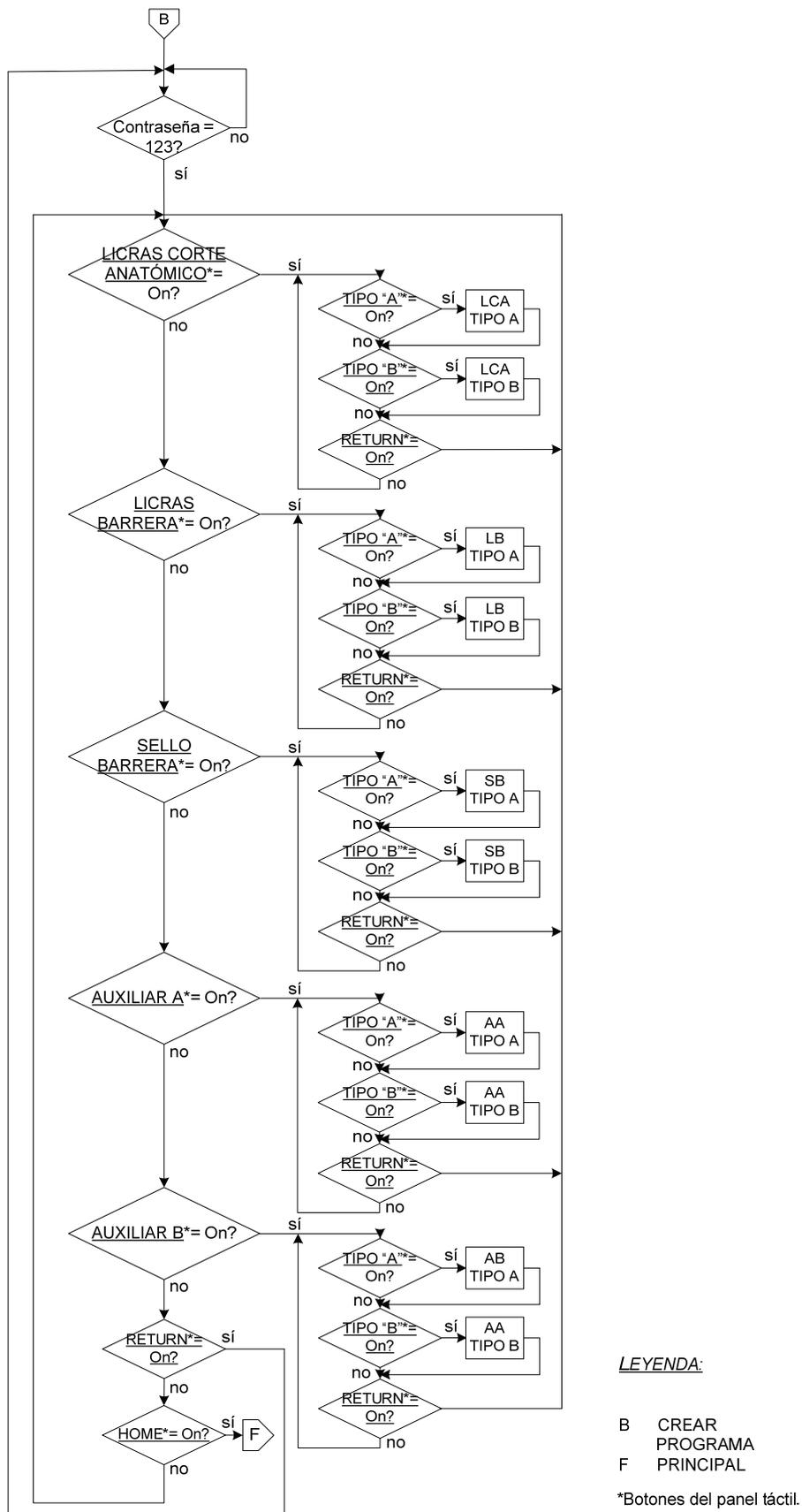
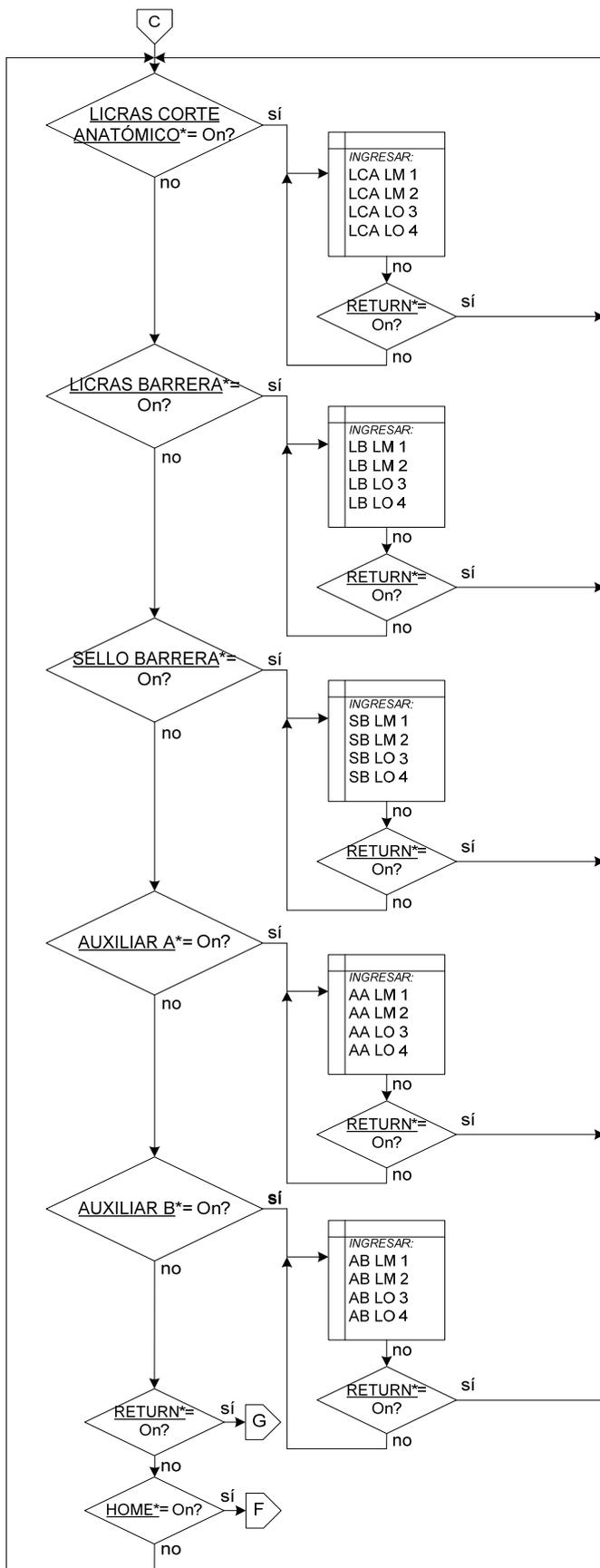


Figura 3.19 Diagrama de flujo Crear programa

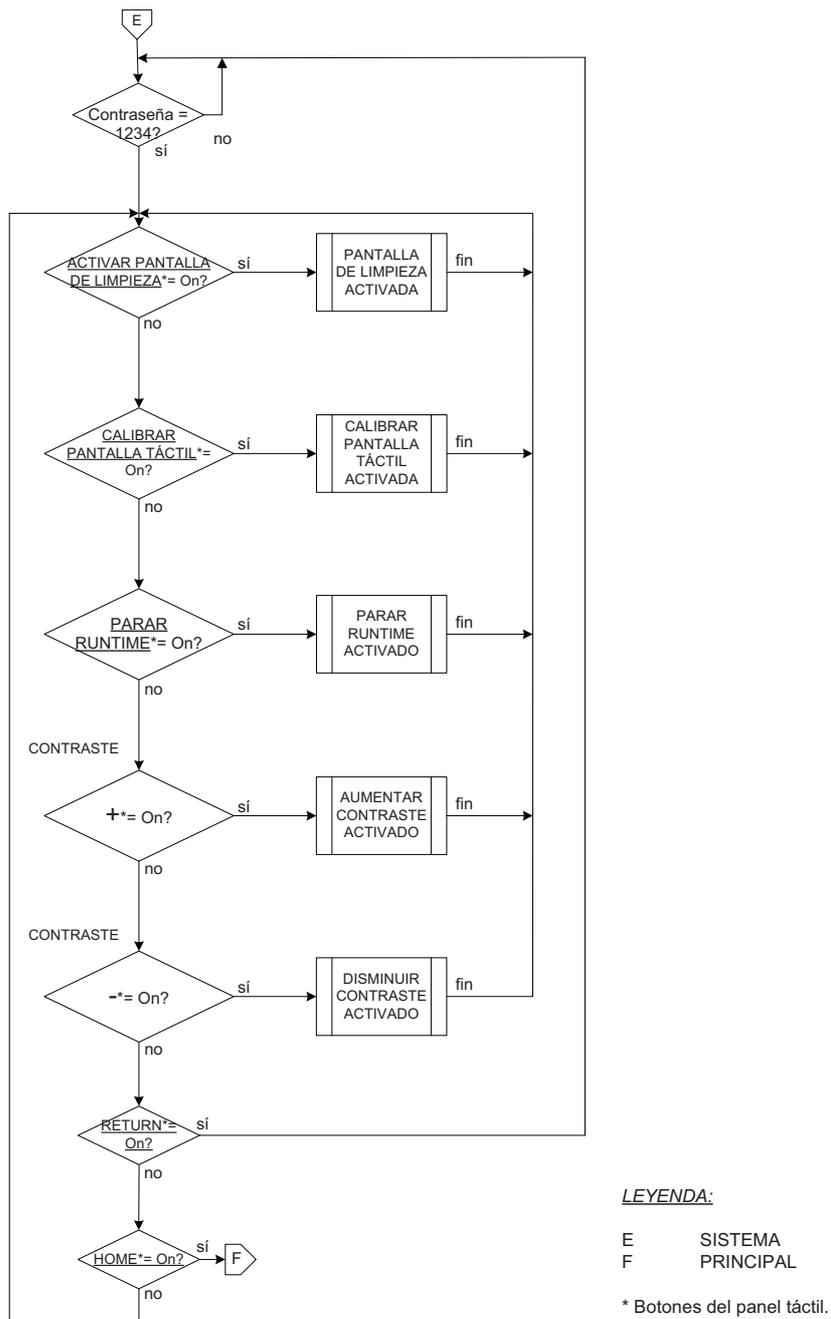


**LEYENDA:**

- C    MODIFICAR PROGRAMA
- F    PRINCIPAL
- G    APLICADOR INTERMITENTE

\* Botones del panel táctil.

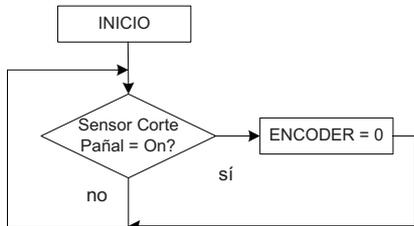
**Figura 3.20** Diagrama de flujo de Modificar programa



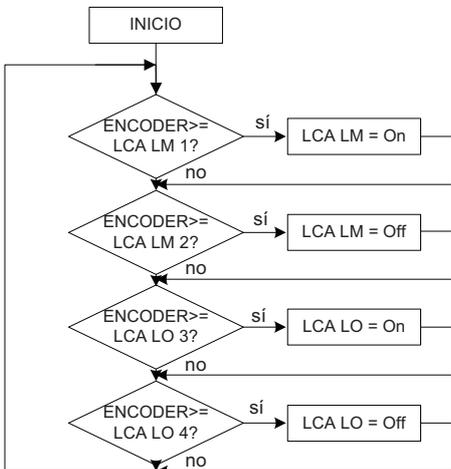
**Figura 3.21** Diagrama de flujo de Sistema

PROGRAMA DE CONTROL DE LEVAS ELECTRÓNICAS CON EL MÓDULO FM352

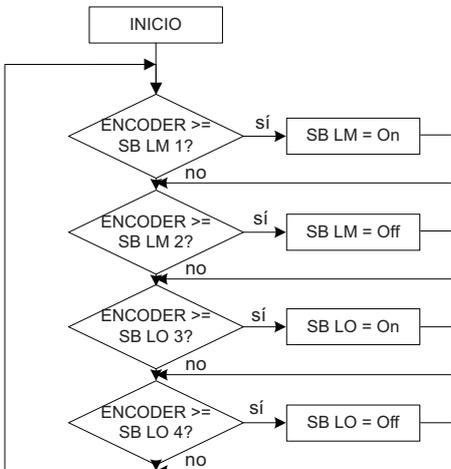
ENCERAR LA CUENTA



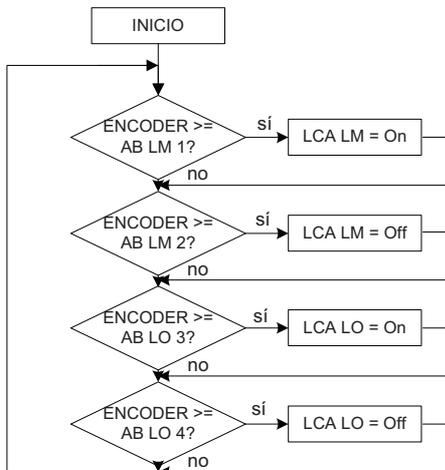
DISPAROS LCA



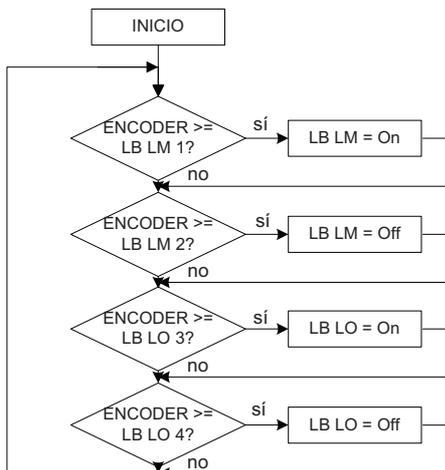
DISPAROS SB



DISPAROS AB



DISPAROS LB



DISPAROS AA

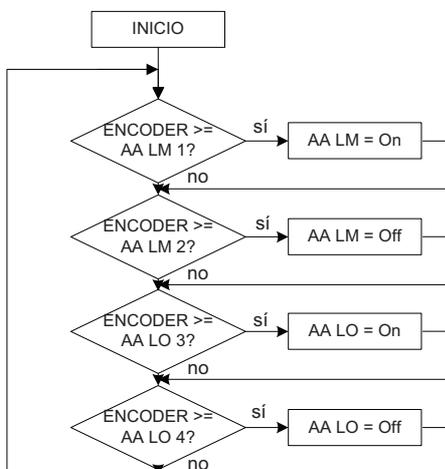
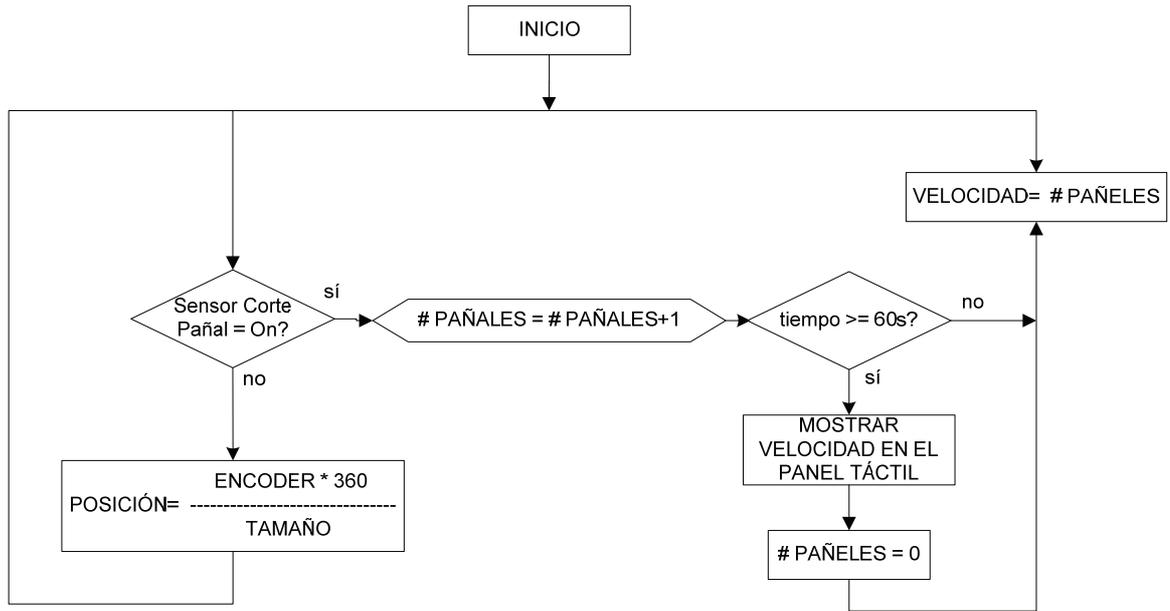


Figura 3.22 Disparos



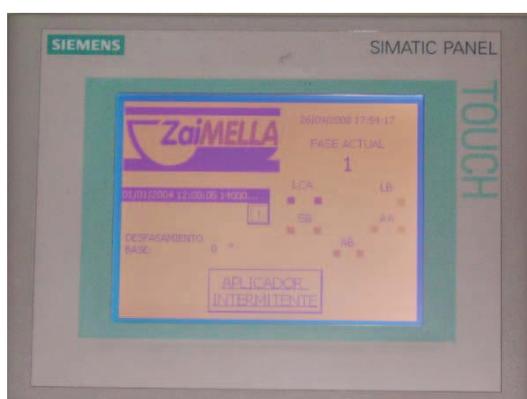
**Figura 3.23** Posición y velocidad

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

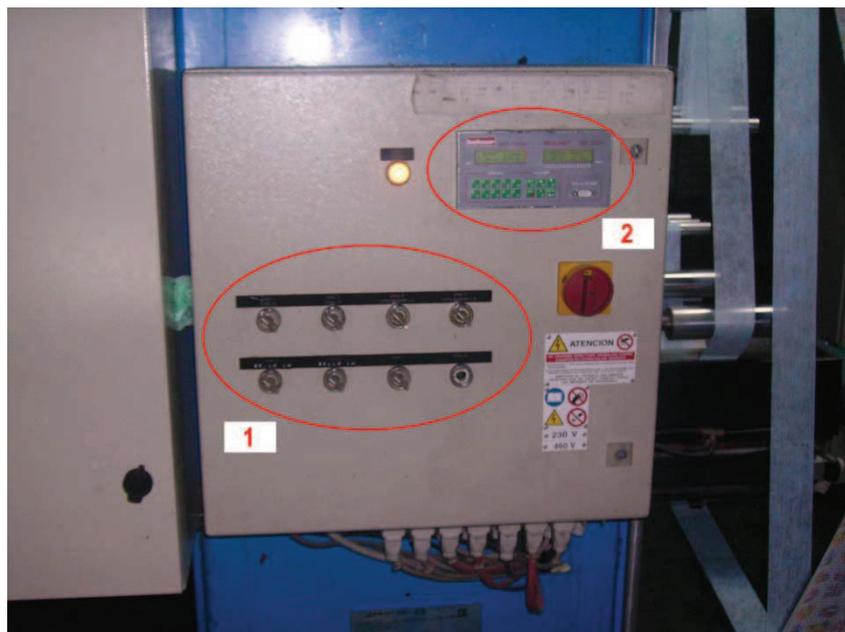
#### 4.1 IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE LOS ELEMENTOS DE VISUALIZACIÓN

La pantalla táctil es muy amigable y posee un tamaño adecuado para ser operado, los botones son lo suficientemente grandes para el desplazamiento entre pantallas y además de un excelente ambiente operativo.



**Figura 4.1** Panel Táctil TP177A

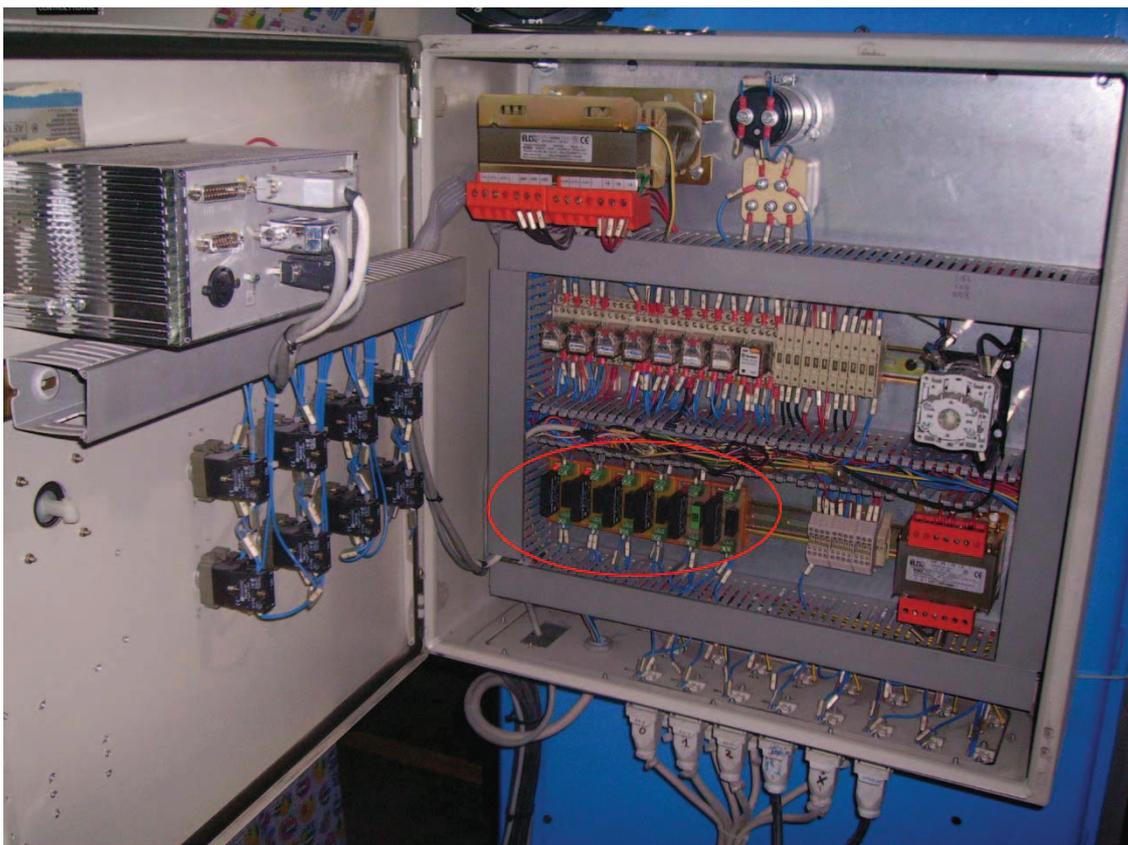
Posee pantallas semejantes a las del hohner, por lo que no existe confusión en el manejo por parte de los operadores, pueden desplazarse con gran facilidad debido a que poseen máquinas con pantallas táctiles similares a las usadas en el proyecto.



**Figura 4.2** Tablero de control de levas electrónicas, 1) Luces piloto indicadoras de aplicación y 2) Equipo Hohner

En el panel táctil las pantallas son las necesarias, pero se ve la necesidad de poner contraseña en ciertos accesos a pantallas, tales como Crear Programa y Sistema, pues podrían dañar la configuración del mismo y provocaría un paro indeseado en la máquina.

Dentro del tablero de control de levas electrónicas, Figuras 4.2 y 4.3, se encuentran los relés de estado sólido (encerrados en un óvalo rojo identificado con el número 1), y las conexiones tanto del hohner, como de las luces piloto.



**Figura 4.3** Tablero abierto de control de levas electrónicas

## 4.2 OPERACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE ELEMENTOS DE RÁPIDA CONMUTACIÓN

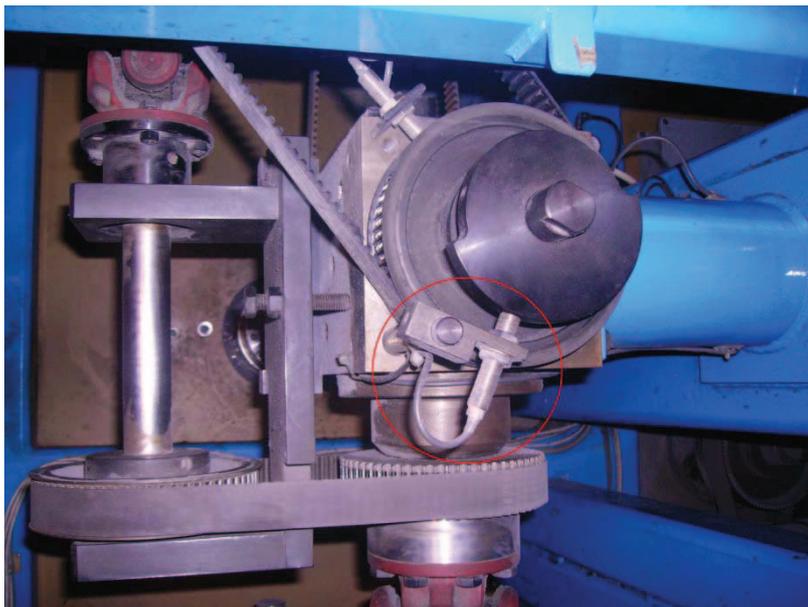
El equipo se adapta casi perfectamente al equipo hohner 5000 y de los dispositivos necesarios para disparar adhesivo, tales como los relés de estado sólido. La única variación es que el encoder no es absoluto, más bien es incremental, pero esto no causa ninguna variación en la máquina ya que existe un encoder incremental ABZ de 100 pulsos por vuelta que se lo utiliza en el proceso de descarte de pañales.



**Figura 4.4** Encoder ABZ de 100 pulsos, sin banda de acoplamiento al eje

Mediante las entradas rápidas del módulo FM352, se pudo detectar todos los pulsos del encoder de máquina, los cuales no son superiores a 2,5KHz, por lo que todas las entradas pueden ser manejadas sin problema alguno.

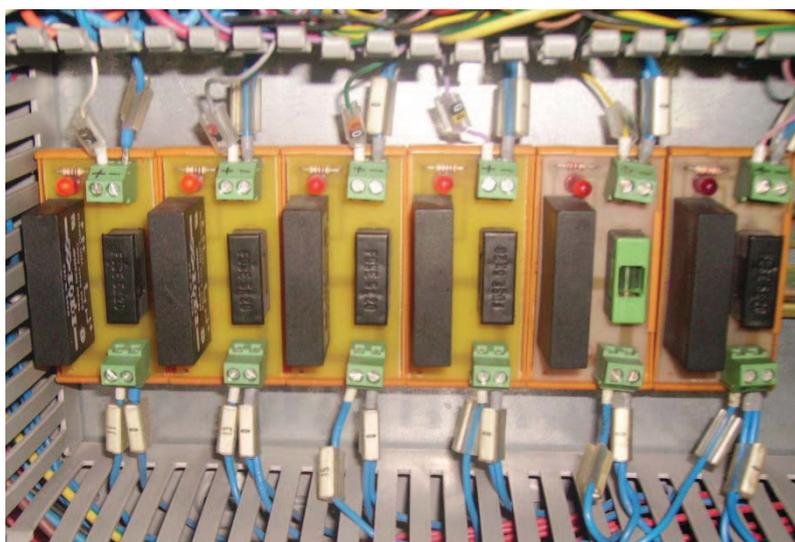
Para detectar automáticamente el tamaño del pañal, se incluye la lectura de un sensor de corte, el cual es acoplado como se ve en la Figura 4.5 de corte de pañal, el cual por programa encera la cuenta al generar un flanco positivo.



**Figura 4.5** Sensor de corte de pañal

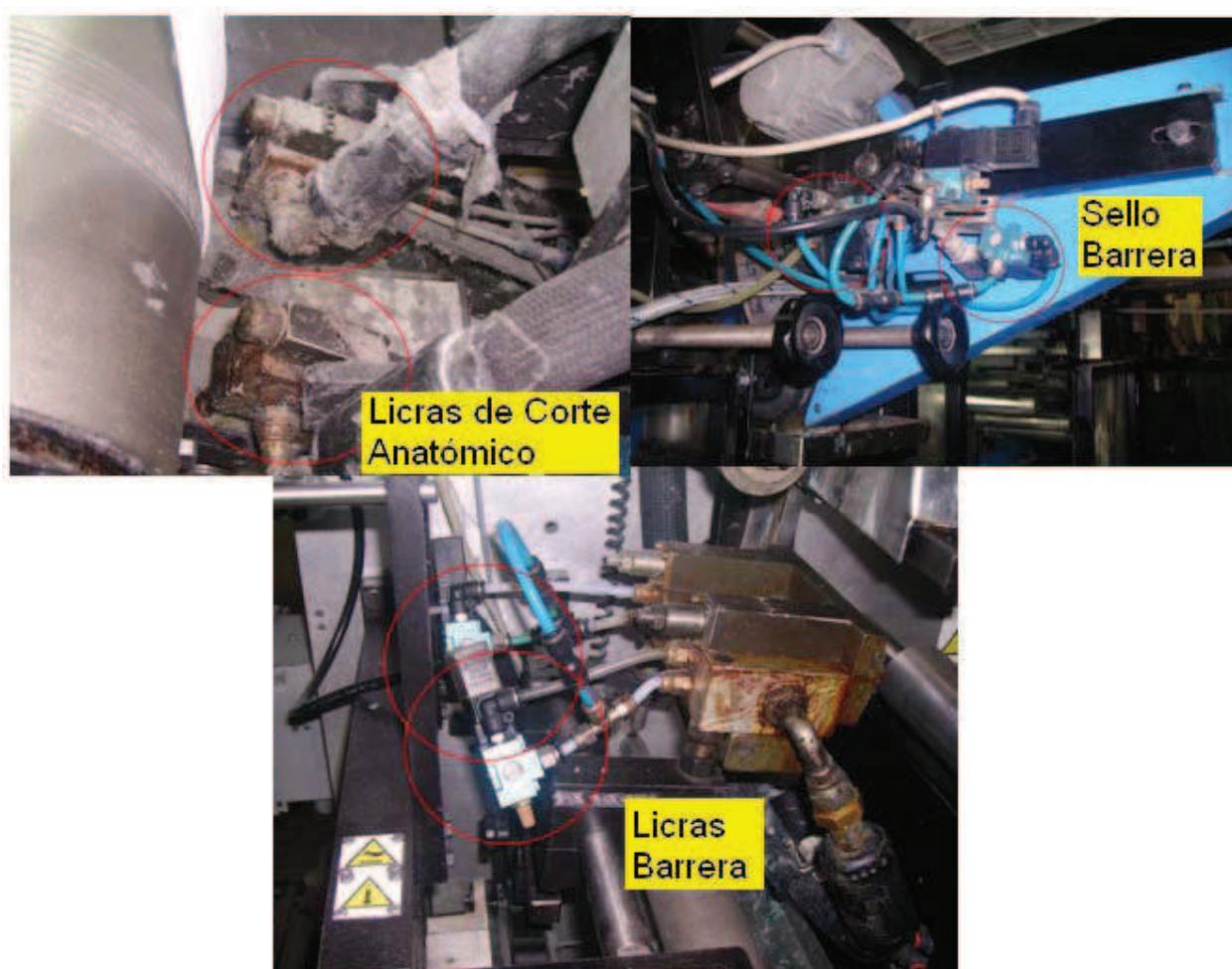
### 4.3 MANEJO DE SALIDAS MEDIANTE EL FM352

La velocidad de la máquina hace que el sistema no se desestabilice, las salidas al igual que la cuenta se las hacen por medio de interrupciones individuales e independientes para cada disparador adhesivo, lo que quiere decir que ninguno de los disparadores depende del ciclo de programa del PLC. Cada salida es conectada a un relé de estado sólido.



**Figura 4.6** Relés de Estado Sólido

Cada relé maneja a una de las electroválvulas usada en el proyecto, los sectores manejados son: Licras de Corte Anatómico, Licra Barrera y Sello Barrera, los cuales son mostrados en la Figura 4.6. Cada sector posee dos electroválvulas, al igual que el número de relés de estado sólido mostrados en la Figura 4.7. Las salidas Auxiliar A y Auxiliar B implementadas en el proyectos sirven para generar posibles nuevas aplicaciones o repuestos inmediatos ante daños del transistor interno del FM352 o del relé de estado sólido que lo controla.



**Figura 4.7** *Electroválvulas usadas en el proyectos*

#### 4.4 PUESTA EN MARCHA DEL CONTROLADOR DE LEVAS

El controlador de levas es probado con el tamaño más pequeño de pañal (aproximadamente 30cm.) y a la velocidad más alta de la máquina de la línea México (casi 330 pañales por minuto ppm), tal como se puede ver en la Figura 4.8.



**Figura 4.8** Máquina línea México en funcionamiento con nuevo controlador

Se la deja en funcionamiento continuo por aproximadamente 4 horas, con variaciones frecuentes en los valores límites de las aplicaciones, observándose cambios correctos en las aplicaciones, las pruebas son realizadas por personal del departamento de calidad de Zaimella, gracias a una serie de pruebas entre las cuales existe la revisión de la goma con luz ultravioleta, tal como se puede ver en la Figura 4.10.



**Figura 4.9** Máquina en funcionamiento continuo.



**Figura 4.10** Pruebas de aplicación correcta de adhesivo con luz ultravioleta

## 4.5 LISTADO DE MATERIALES Y COSTOS

Luego de una preselección entre diversas marcas de PLCs con sus respectivos módulos de ampliación, se llegó a la conclusión que la marca más apropiada para esta aplicación es Siemens, debido a sus precios, asesoría y stock de equipos.

**Tabla 4.1** Listado de materiales y costos

ITEM	CANT.	DETALLE	V. UNIT.	DSCTO.	V. TOTAL
1	1	SIMATIC S7-300, CPU 314 MODULO CENTRAL CON MPI ALIMENTACION INTEGR. DC 24V MEMORIA PRINCIPAL 96 KBYTE REQUIERE MICRO MEMORY CARD MLFB: 6ES7314-1AG13-0AB0	1006,31	15%	855,36
2	1	SIMATIC S7-300, PERFIL SOPORTE L=480MM MLFB: 6ES7390-1AE80-0AA0	55,62	15%	47,28
3	5	SIMATIC S7, MICRO MEMORY CARD P. S7-300/C7/ET 200S IM151 CPU, 3,3 V NFLASH, 64 KBYTES MLFB: 6ES7953-8LF11-0AA0	72,10	15%	306,43
4	1	SIMATIC S7-300, LEVA ELECTRONICA FM 352 CON PAQ. DE CONFIGURACION EN CD MLFB: 6ES7352-1AH02-0AE0	1082,35	15%	920,00
5	1	SIMATIC S7-300, CONECT. FRONTAL PARA MODULOS DE SENAL CON BORNES DE TORNILLO, 20 POLOS MLFB: 6ES7392-1AJ00-0AA0	44,29	15%	37,65
6	1	SIMATIC S7, PC ADAPTER USB PARA CONECTAR A S7-200/300/400, C7; CON CABLE USB (5M) EJECUTABLE BAJO WIN 2000/XP/VISTA MLFB: 6ES7972-0CB20-0XA0	594,31	15%	505,16
7	1	SIMATIC PANEL TACTIL TP 177A DISPLAY STN 5,7" BLUE MODE, PUERTO MPI/PROFIBUS DP, CONFIGURABLE CON SW DESDE WINCC FLEXIBLE 2004 COMPACT HSP CONTIENE SW OPEN SOURCE ENTREGADO GRATUITAMENTE. VER CD ADJUNTO MLFB: 6AV6642-0AA11-0AX1	999,10	15%	849,24
8	1	ACCESORIOS, CABLEADO, MANO DE OBRA Y PUESTA EN MARCHA IN SITU.	200,00	0%	200,00
9	1	PROGRAMACIÓN DE UN CONTROL DE LEVAS ELECTRÓNICO MEDIANTE SIMATIC S7-300.	1200,00	0%	1200,00
<b>SUMA</b>					4921,11
<b>12% IVA</b>					590,53
<b>TOTAL</b>					5511,64

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El controlador de levas HOHNER 5000 de procedencia italiana funciona adecuadamente pero es un equipo complejo de entender y manejar, lo que implica pérdidas de tiempo por programación, además en caso de daño no existe asistencia a nivel nacional, ni repuestos para entrega inmediata. Por lo que el equipo diseñado es un equipo alternativo más tolerante a variaciones de voltaje, con asistencia y repuestos presentes a nivel nacional, además económico y de fácil manejo, el mismo usa un PLC S7-300 con un FM352 que tiene la opción de entradas rápidas para manejar un encoder incremental, y salidas rápidas, además de un panel táctil para facilitar y hacer más amigable el proceso de programación y visualización de disparos de adhesivo del equipo.
- El proyecto posee un panel táctil de 5.7", el cual ha sido programado con el objetivo de mantener de una manera similar el sistema de programación que poseían con el equipo hohner.
- Se diseñó e implementó el dispositivo para aplicar multilíneas de adhesivo a pañales desechables para la prestigiosa fábrica Zaimella, y más no un controlador de levas general como el hohner.
- El *stock* de los equipos Siemens usados en el proyecto es muy bueno, y no hay problemas en el reemplazo y creación de nuevos controladores de disparos de adhesivos.
- La asistencia técnica es excelente, tanto vía internet ([support.automation.siemens.com](mailto:support.automation.siemens.com)) como por la línea Hot line de Siemens (1800 101 555), la cual fue de gran ayuda para la realización del proyecto.
- Es posible manejar la HMI que se usa en el panel táctil desde la PC por medio del programa WinCC Flexible Runtime, el que puede ser usado

como repuesto inmediato ante posibles daños en la pantalla, la cual es susceptible pues está en constante contacto a golpes radiación solar, que lo pueden deteriorar súbitamente.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda leer el manual de usuario a cada uno de los operadores del equipo para evitar cualquier inconveniente previa manipulación del mismo.
- Es adecuado incorporar a la pantalla una lámina protectora de Siemens para pantallas táctiles, (nº de referencia: 6AV6 671-2XC00-0AX0), la cual es muy importante para evitar rayones, lo cual aumenta la vida útil de la pantalla.
- Para obtener nuevos módulos de levas electrónicas, se puede economizar mucho dinero si se obtienen los módulos FM352 y paneles táctiles para cada máquina, mientras que se centraliza el programa por medio de una CPU con mayor memoria de programa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Enrique Mandado, Jorge Marcos, Serafín Pérez, Celso Fernández e Ignacio Armesto, "Autómatas Programables", Edición 1, 2004.
- [2] SIEMENS, "PC Adapter USB (Referencia: A5E01134252-01)", Edición 10, 2007.
- [3] SIEMENS, "Paquete de manuales de configuración de STEP 7 (Referencia: 6ES7810-4CA08-8DW1)", Edición 03, 2006.
- [4] SIEMENS, "SIMATIC HMI WinCC flexible 2008 Compact / Standard / Advanced (Referencia: 6AV6691-1AB01-3AE0)", Edición 07, 2008.
- [5] SIEMENS, "SIMATIC HMI Panel de operador TP 177A, TP 177B, OP 177B (WinCC flexible) (Referencia: 6AV6691-1DG01-0AE1)", Edición 08, 2008.
- [6] SIEMENS, "Productos para Totally Integrated Automation y Micro Automation (Catálogo ST 70) (Referencia: E86060-K4670-A111-B1-7800)", Edición 2007.
- [7] SIEMENS, "Simatic HMI Sistemas para manejo y visualización (Catálogo ST 80) (Referencia: E86060-K4680-A101-A1-7800)", Edición 2007.
- [8] SIEMENS, "Function modules FM 352 Installation and Parameter Assignment (Referencia: A5E01071724-01)", Edición 07, 2007.
- [9] ZAIMELLA DEL ECUADOR, "Zaimella", <http://www.zaimella.com>
- [10] SIEMENS, "Soporte Técnico", <http://support.automation.siemens.com>
- [11] HOHNER AUTOMAZIONE SRL, "HR 5000 Electronic Cam Programmer", [http://hohner.it/lang1/files/hr5000\\_03\\_ing.pdf](http://hohner.it/lang1/files/hr5000_03_ing.pdf)
- [12] Randy Schueller, "Disposable Diaper", <http://www.madehow.com/Volume-3/Disposable-Diaper.html>

- [13] Juan Carlos Llamazares,” ¿Cómo funciona?: Pantallas y ratones táctiles”, <http://www.ecojoven.com/dos/05/tactil.html>
- [14] SILGE ELECTRÓNICA S.A., “Encoder”, <http://www.silge.com.ar>
- [15] CLARE, “Ventajas de los relés de estado sólido respecto a los