

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
SEDE - LATACUNGA**



**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**“MODERNIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL TABLERO DE CONTROL  
DE LA PRENSA BURKLE DE LA PLANTA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.”**

**Luis Paúl Hidalgo Marcalla**

**Latacunga, Diciembre 2007**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos, que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por el señor **LUIS PAÚL HIDALGO MARCALLA**, previo a la obtención de su título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación.

Latacunga, Diciembre del 2007

---

Ing. Galo Ávila  
**DIRECTOR**

---

Ing. David Rivas  
**CODIRECTOR**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, Luis Paúl Hidalgo Marcalla

Autorizo a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución el trabajo de Grado titulado "MODERNIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL TABLERO DE CONTROL DE LA PRENSA BURKLE DE LA PLANTA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y auditoria.

Latacunga, Diciembre del 2007

---

Luis Paúl Hidalgo Marcalla

CI: 050267348-6

## **DEDICATORIA**

De manera especial a Dios, a mis Padres Humberto y Cristina por su apoyo y esfuerzo incansable para culminar mi carrera, a mis Hermanos Rosita, Wilson y William por todo el apoyo brindado en el transcurso y culminación de mi carrera de Ingeniería.

*Luis Paúl*

*...cuando un sueño se muere es porque se ha hecho real...*

*Texas Di Fellatio*

## **AGRADECIMIENTO**

A la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., a la Gerencia General, al Departamento de Recursos Humanos, al Director de Operaciones, a la Gerencia de Mantenimiento y en especial al Ingeniero Xavier Vinueza Jefe del Departamento de Mantenimiento Eléctrico de las líneas de MDF y Recubrimiento, por darme la oportunidad de realizar mí Proyecto de Tesis.

Y a todas las personas que me ayudaron a lo largo de mi carrera estudiantil universitaria y aquellas que me brindaron su colaboración para la realización y culminación de este proyecto de grado.

# CONTENIDO

## CAPITULO I FUNDAMENTOS

1.1. Antecedentes y Descripción del Problema.....	1
1.2. Proceso de fabricación del tablero.....	5
1.3. Principio de Funcionamiento y Operación de la prensa BURKLE.....	7
1.4. Automatización Industrial con PLCs.....	9
1.4.1. Introducción.....	9
1.4.2. Concepto de Automatismo.....	11
1.4.3. Variables de estado.....	13
1.4.4. Cableado vs. Programa.....	14
1.4.5. Necesidades y usos del PLC.....	15
1.4.6. Estructura externa.....	16
1.4.7. Arquitectura del SIMATIC S7 300.....	17
1.4.7.1. CPU.....	18
1.4.7.2. Memoria.....	20
1.4.7.3. Unidades de entrada y salida.....	21
1.4.7.4. Interfaces.....	21
1.4.7.5. Unidades de programación.....	22
1.4.7.6. Periféricos.....	23
1.4.8. Lenguajes de programación del SIMATIC S7 300.....	23
1.4.9. Señal binaria, estado de señal del SIMATIC S7 300.....	25
1.4.9.1. Contactos abiertos y cerrados.....	26
1.4.9.1.1. Conceptos de bit, byte y palabra.....	27
1.4.9.2. Direccionamiento de entradas y salidas.....	29
1.4.9.2.1. Direccionamiento de bytes, Word, DoubleWord.....	30
1.5. Accionamientos de Motores.....	32
1.5.1. Arrancador Suave.....	32
1.5.1.1. La solución a los problemas mecánicos y eléctricos.....	32
1.5.1.2. Características y Ventajas de un Arrancador Suave.....	34
1.5.2. Variadores de Frecuencia.....	35
1.5.2.1. Principio de funcionamiento.....	35

1.5.2.2.	Control del Variador de Frecuencia.....	36
1.5.2.3.	Motor del Variador de Frecuencia.....	36
1.5.2.4.	Problemas con motores eléctricos tradicionales.....	37
1.6.	Sensores y Transductores.....	38
1.6.1.	Características deseables de los transductores.....	39
1.6.2.	Clasificación de los sensores.....	40
1.6.3.	Sensores Inductivos.....	41
1.6.3.1.	Conceptos teóricos.....	42
1.6.3.2.	Estados de un sensor inductivo.....	43
1.6.3.3.	Sensores blindados y no blindados.....	44
1.6.3.4.	Distancia de sensado.....	45
1.6.4.	Sensor de Temperatura Pt100.....	46
1.6.4.1.	Ventajas del Pt100.....	46
1.6.4.2.	Conexión de la Pt100.....	47
1.7.	Redes de campo industriales.....	49
1.7.1.	Arquitectura de las redes de campo industriales.....	50
1.7.2.	Industrial Ethernet.....	51
1.7.3.	El modelo OSI.....	52
1.7.4.	Protocolo TCP/IP.....	53
1.7.5.	SCADA.....	54
1.7.6.	DCS.....	54
1.7.7.	HMI.....	54
1.7.8.	Tiempo real.....	55
1.7.9.	Estructura abierta.....	55
1.7.10.	Necesidad de un sistema SCADA.....	55
1.7.11.	Funciones de un sistema SCADA.....	56

## **CAPITULO II      ANÁLISIS Y DISEÑO**

2.1	Selección de la Plataforma de Automatización.....	57
2.2	Diagrama de bloques del sistema.....	58
2.3	Selección de componentes.....	63
2.3.1	Requerimientos de entradas/salidas digitales y analógicas del sistema.....	63
2.3.2	PLC SIMATIC S7-300 y módulos de funciones.....	64

2.3.3	Selección de motoredutores para las bandas de transporte.....	68
2.3.4	Selección de los Variadores de Velocidad.....	69
2.3.4.1	Parámetros de programación.....	71
2.3.5	Selección de guardamotors y contactores.....	76
2.3.6	Selección de sensores discretos.....	78
2.3.7	Selección de varios componentes.....	79
2.4	Diseño, Configuración y Puesta en marcha del PLC.....	82
2.4.1	Diseño de planos eléctricos, neumáticos e hidráulicos.....	91
2.5	Diseño del Software de Control.....	92
2.6	Diseño de las Interfaces HMI.....	96
2.6.1	Diseño de la Inteface HMI para el panel de operador OP77A mediante SIMATIC WinCC flexible 2005.....	109
2.7	Diseño y montaje de los equipos.....	112
2.7.1	Diseño y montaje del armario eléctrico.....	112
2.7.2	Diseño y montaje del pulpito de control.....	115

### **CAPITULO III      RESULTADOS Y PRUEBAS DE ARRANQUE DE LA MÁQUINA**

3.1	Pruebas de Arranque de la máquina.....	116
3.2	Análisis de las Pruebas de Arranque de la máquina .....	119
3.2.1	Resultados de Tiempos: Prensado y Variadores.....	119
3.2.2	Tiempos de Paros No Programados de la máquina.....	121
3.3	Alcances y Limitaciones.....	123
3.4	Análisis Técnico-Económico.....	125

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....126**

**BIBLIOGRAFÍA Y/O ENLACES.....128**

#### **ANEXOS**

ANEXO A: Glosario de Términos.

ANEXO B: Planos eléctricos y neumáticos

ANEXO C: Manual de Operación y Mantenimiento

## INTRODUCCIÓN

En este proyecto se implementó un nuevo sistema de control para la operación de la prensa, la cual es encargada de recubrir tableros con chapas de madera y papel impregnado, con un sistema de última tecnología basado en el uso de PLC y comunicación digital. Originalmente el sistema de control era manejado por medio de un mecanismo de contactos electromecánicos, conjuntamente con relés de mando, temporizadores, amplificadores de sensores, etc. Era un sistema de control obsoleto con varios años de uso e inadecuado para las exigencias de producción de la planta. Además, existía un alto porcentaje de tiempo de paros por fallas en los contactos electromecánicos, por el uso de los contactores y relés; la temperatura en el interior del armario eléctrico del sistema de control excedía el valor óptimo, lo que incidía en la confiabilidad de operación de los elementos y generaba un inconveniente para la seguridad e higiene del trabajo; no se disponía de un sistema de diagnóstico de fallas; además de que el espacio físico para la distribución de los elementos era ya muy limitado y no permitía la instalación de nuevos equipos.

Para tener un sistema de control más eficiente se definió eliminar los problemas antes mencionados, para eso se implementó una solución confiable y modular que permitirá realizar con facilidad, seguridad y eficiencia las modificaciones y expansiones que se requieran. ACOSA decidió utilizar la familia de PLCs de la gama media Simatic S7-300, en concordancia con su experiencia que le ha llevado a preferir el uso de equipos de control industrial Siemens.

Con estas referencias en el presente proyecto se analizan las principales características de Automatización Industrial con PLCs, accionamientos de motores como son los arrancadores suaves y variadores de velocidad, sensores y lo que respecta a las redes de campo industriales, contenidos en el capítulo uno. El capítulo dos, describe el análisis del sistema a modernizar así como el diseño del programa de control, diseño de las interfaces HMI y diseño de los planos eléctricos y neumáticos. Seguidamente el capítulo tres, reseña lo que fue las pruebas de arranque de la máquina así como los resultados de operación y funcionamiento de la misma.

# CAPITULO I

## FUNDAMENTOS

### 1.1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

#### **Antecedentes**

La División de Conversión<sup>1</sup> de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., en la línea de productos de madera, cuenta con la Prensa BURKLE. Es una máquina de enchapado<sup>2</sup> que es manejada por medio de un sistema de contactos electromecánicos, este control es realizado por contactores que realizan las funciones principales de la prensa, conjuntamente con relés de mando y de tiempo siendo componentes principales del control.

Emplea motores que realizan diferentes funciones requeridas por la prensa. En sí, teniendo un total de veinte y dos motores que trabajan conjuntamente con la prensa, debiendo citar que algunos están fuera de servicio por diferentes causas. Estos motores que están fuera de servicio serán considerados en este proyecto, pudiendo ser reactivados para que cumplan con sus funciones asignadas en el proceso.

---

<sup>1</sup> Corresponde físicamente al lugar donde se elabora el producto terminado: tableros de madera.

<sup>2</sup> Trabajo hecho con chapas (Chapa: Hoja o lámina de metal, madera u otra materia.)

Además se tienen dispositivos como son protecciones térmicas de motores, arrancadores suaves, variadores de frecuencia, transformadores, etc. Teniendo también dispositivos que forman parte del sistema hidráulico de calefacción para las mesas de prensado; estos son: motobombas hidráulicas, válvulas reguladoras accionadas por motor, manómetros y sensores de temperatura (PT100).

Los elementos que constituyen el panel de control de la prensa son: pulsadores, selectores, lámparas indicadoras, que cumplen funciones específicas para el funcionamiento de la prensa. En el caso de los pulsadores tenemos diferentes tipos como son: pulsadores normales que realizan funciones de control, y los pulsadores tipo hongo que sirven como paro general y/o emergencia, y lámparas indicadoras nos muestran el accionamiento o encendido de algún dispositivo (ON/OFF), y la emergencia o fallo de algún dispositivos que componen el sistema de la prensa.

El control de la prensa también cuenta con electroválvulas que forman parte de los sistemas hidráulico y neumático, con finales de carrera, sensores de proximidad y manómetros.

### **Descripción del Problema**

El armario de control de la prensa BURKLE, por ser un sistema de control electromecánico (control por relés), es un sistema que puede tener diversas desventajas comparado con la tecnología que actualmente se maneja (control con PLCs), por lo tanto, poseer un control por relés determina un sin número de inconvenientes que pueden producir en el proceso de enchapado de los tableros, es decir todo dispositivo electromecánico para que se produzca su accionamiento debe cerrar unos contactos mecánicos, al producir el accionamiento estos provocan una chispa eléctrica que desgasta estos contactos, reduciendo así el tiempo de vida útil del dispositivo.

También se debe tomar en cuenta que los dispositivos electromecánicos por lo dicho anteriormente, requieren un mayor grado de mantenimiento, el espacio físico que ocupa es grande, requieren gran cantidad de cableado pudiendo éste afectar a las redes de comunicaciones que pueden estar cerca, introduciendo interferencias electromagnéticas (EMI) a las mismas, afectando todo esto al rendimiento que puede tener el sistema.

Debiendo también citar que dicho armario está junto a la prensa lo que el calor producido por la misma afecta directamente a los dispositivos, además de estar el panel principal de control en la puerta principal de dicho armario. El control principal debe estar libre de partículas de polvo y líquidos. Contando también que la distribución del cableado y demás componentes deben estar ordenados.

Del análisis realizado se consideran los siguientes problemas:

- Tiempos perdidos altos por fallas.
- El tipo de control por lógica de relés es obsoleto, lo que ocasiona paros no operacionales de la prensa.
- Por las características del proceso pueden existir continuos arranques directos de motores eléctricos que provoquen un mayor consumo de energía.
- El calor producido por la prensa no permite tener una buena ventilación.
- Peligro de electrocución por la ineficiente distribución de cableado y dispositivos de control montados en el mismo armario.
- No existe espacio físico dentro del tablero de control como para poder ubicar algún nuevo dispositivo que sea necesario.

Por tales motivos, el Departamento de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico MDF de la Planta Aglomerados Cotopaxi S.A., propone la modernización del tablero de control de la prensa BURKLE de manera prioritaria, misma que el autor del proyecto, proponen de la siguiente manera:

Se requiere realizar un estudio previo del sistema de control de la prensa y sus dispositivos en su funcionamiento actual con lógica de relés y temporizadores electrónicos existentes, además de un análisis de los planos eléctricos en contraste con la realidad actual del proceso; estudio de la secuencia de operación; reemplazando el control por relés por un PLC de acuerdo a los lineamientos de homologación tecnológica de la empresa; diseño, y montaje del tablero de control, sensores y actuadores.

Implementar un panel de operación programable para la operación de la prensa con las principales variables del proceso, y en la posibilidad del caso realizar un sistema HMI con fines de mantenimiento y monitoreo del estado del proceso de la prensa. Se debe integrar un sistema HMI con los datos más relevantes del proceso para obtener una información más precisa para el departamento de mantenimiento, producción y gerencia.

Otro de los factores que justifica el proyecto es la homologación de tecnología, consistente en la implantación de tecnología de la empresa; por lo tanto, a nivel de comunicaciones de controladores y PLCs, se debe orientar hacia un protocolo de comunicaciones compatible al dispositivo a utilizar. En el presente proyecto se utilizara la plataforma SIEMENS, como es el PLC Simatic S7-300 y WinCC como diseñador del HMI.

Considerar la importancia y ventajas de trabajar con un PLC industrial como son: detectar, medir, controlar, registrar, señalizar, comunicar los atributos físicos de la variable medida o del proceso. Entre la infinidad de atributos tenemos; menor espacio físico, menor mantenimiento, mayor eficiencia y rapidez (lógica de programación de trabajo en  $\mu\text{seg.}$ ), fácil monitoreo, ampliación de módulos, conectar el PLC en red, etc.

Consciente de tener un Controlador Lógico Programable (PLC) como parte del proceso industrial se debe sacar el máximo provecho y explotar todas las ventajas y facilidades que nos ofrece, podemos tener indicadores productividad, estadísticas, perspectivas de nuestro sistema, indicadores de paro de un motor, registro de mantenimiento de dispositivos, lo que

sería tener un indicador de mantenimiento Predictivo, que es saber como y cuando actuar ante un problema.

## **1.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL TABLERO.**

La Planta Aglomerados Cotopaxi S.A. se dedica en el Ecuador a la producción de tableros de madera, aglomerado y MDF en sus diferentes presentaciones.

La preparación de la madera para la fabricación del tablero se efectúa primeramente realizando Programas Forestales que es un sistema de intervención en los bosques, cuyo fin es alcanzar objetivos predeterminados. La gestión del patrimonio forestal tiene como finalidad proteger la base biológica sin olvidar la producción forestal, en especial la obtención de madera. Esta producción suele basarse en la explotación sostenible, el flujo regular y continuado de producción que el bosque en cuestión puede mantener sin perjuicio de su productividad.

Seguidamente después de tener la madera de pino en la planta de producción se procede a descortezar la misma, la cual pasa por un proceso de trituración, en la que la madera se aprietan contra una muela abrasiva giratoria que va arrancando fibras, este proceso se denomina chipeado. Las fibras o chips obtenidos ingresan a una zona de limpieza que se llama cribado en la cual se realiza el lavado del chip. En el desfibrado se realiza la adición de parafina<sup>3</sup> y resina<sup>4</sup> al chip que es un proceso químico necesario para la producción del tablero. La fibra compuesta (chip con parafina y resina) ingresa a una tolva en la cual se realiza el proceso de secado seguidamente de la separación de grumos<sup>5</sup>. Teniendo ya lista la fibra para ser procesada, esta sale de la formación y es pre-prensada en frío<sup>6</sup>, tomando la forma de un colchón el cual ingresa a las prensas para ser prensadas en caliente, de las

---

<sup>3</sup>Sustancia sólida, inodora, menos densa que el agua, compuesta por una mezcla de hidrocarburos, que se obtienen como subproducto de la destilación del petróleo. Tiene múltiples aplicaciones industriales.

<sup>4</sup> Sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, soluble en alcohol, capaz de arder en contacto con el aire, obtenida naturalmente de varias plantas.

<sup>5</sup> Parte de una sustancia que coagula, yema o cogollo de un árbol.

<sup>6</sup> Dicho de un cuerpo: Que tiene una temperatura muy inferior a la ordinaria del ambiente.

cuales ya sale formado el tablero, el mismo que es enfriado en un acumulador de tableros giratorio. Después de que el tablero esté frío se procede a escuadrarlo o dimensionarlo en un proceso de corte con sierras, además de ser lijado. Ya listo el tablero se procede al corte del mismo a medida para su distribución. El proceso de fabricación se presenta gráficamente en la Figura 1.1.

Para realizar aplicación de enchapes sobre los tableros se debe observar las siguientes recomendaciones:

- Preparar la superficie del tablero a ser enchapada con una lija #220.
- Limpiar la superficie retirando cualquier residuo de polvo, evitando contacto con grasas.
- Utilizar pegamentos específicos para este tipo de trabajos, de preferencia cola blanca con alto contenido de sólidos.
- Aplicar el pegamento de manera uniforme, evitando concentraciones excesivas en áreas.
- Considerar el calibre de la chapa a ser aplicada.
- Colocar la chapa, en el caso de figuras, de adentro hacia afuera.
- Proteger la contracara aplicando sellador.
- No exponer los tableros enchapados al contacto directo con el sol.

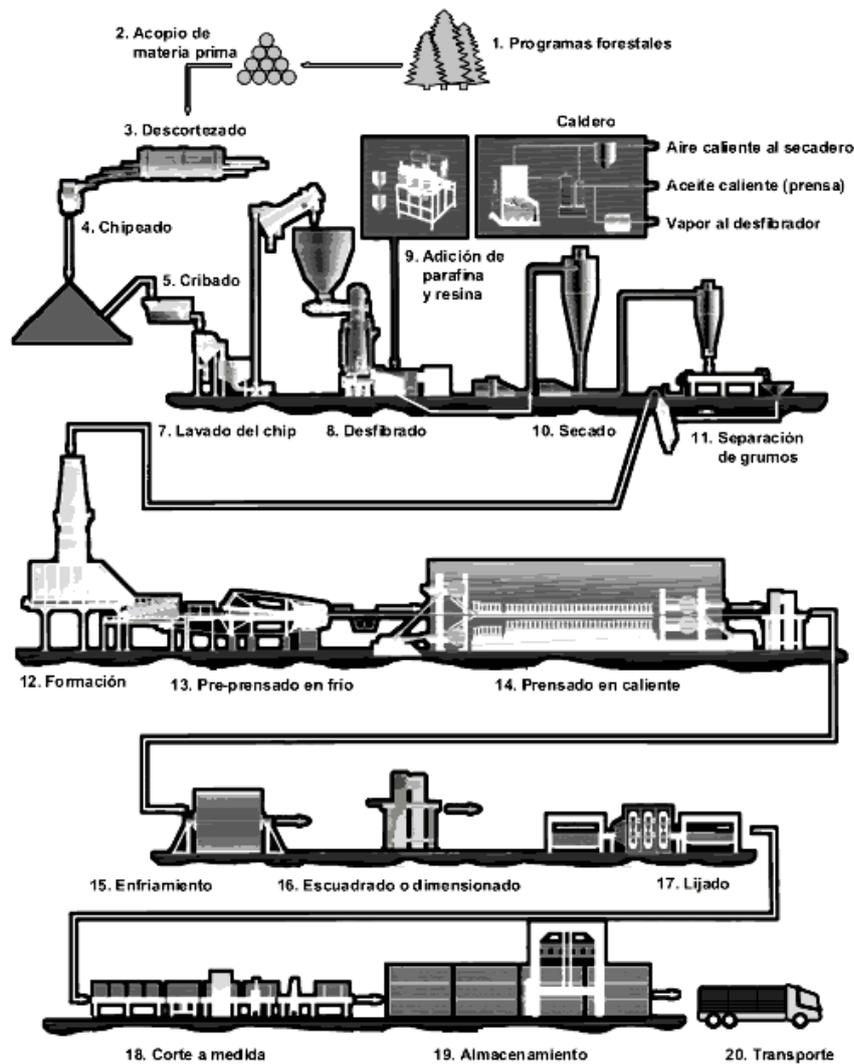


Figura 1.1 Proceso de fabricación del tablero

### 1.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA PRENSA BURKLE.

El proceso de enchape de los tableros se inicia cuando estos son previamente seleccionados y destinados para ser enchapados (tableros crudos), estos son apilados en una mesa manejada por un bomba hidráulica (mesa 1), estos tableros son alimentados al proceso por medio de un sistema manejado por un motor “empujador”, la señal de alimentar el tablero al proceso la da el operador mediante un pulso en la botonera de arranque del motor “empujador”, el cual empuja al tablero por unos rodillos y cepillos que realizan la

limpieza previa del tablero. Una vez limpio el tablero éste pasa a través de un proceso constituido por unos de rodillos encoladores, los mismos que realizan la acción de encolado del tablero (rosear o cubrir el tablero con cola<sup>7</sup>), el tablero puede ser encolado en la una cara o a su vez en las dos, dependiendo del requerimiento del cliente, si desea la chapa en la una o las dos caras del tablero. Al salir el tablero éste es llevado por medio de una mesa transportadora (motor de la lanzadera) a una cinta de carga (banda transportadora de carga), en la cual el tablero es cubierto manualmente por la chapa de madera o papel seleccionada para cubrir el mismo.

Cuando el tablero cubierto con la chapa está listo, mediante el movimiento de la banda transportadora de carga, éste es posicionado por medio de una fotocélula frente al ingreso de la prensa, éste ingresa con la coordinación del motor de la banda de carga y de la banda de ingreso a la prensa (cinta del Mylar), estos motores realizan funciones de alta velocidad, lenta velocidad y frenado. Para tener la correcta ubicación del tablero en el interior de la prensa por medio de las bandas transportadoras.

Una vez el tablero ubicado en el interior de la prensa, el plato superior de la misma baja, inyectando presión al tablero hasta un cierto punto, y manteniéndola en ese estado hasta que termine el tiempo de prensado. Todo el proceso es realizado por el sistema hidráulico de prensado, constituido por una bomba hidráulica principal y varias electroválvulas que en conjunto realizan esta acción. El seteo de la presión (unidad de seteo: BAR) que se va a inyectar al tablero es ingresado por el operador a un medidor de presión digital el cual controla hasta que punto debe llegar la misma. El tiempo de prensado del tablero es también ingresado por el operador, y la unidad es en segundos (seg.). Cabe destacar que la presión y el tiempo de prensado dependen del espesor, chapa y el largo del tablero.

El sistema hidráulico de calefacción es el encargado de producir el calor necesario en los platos superior e inferior de la prensa mediante aceite térmico, en el que un controlador de

---

<sup>7</sup> Pasta fuerte, translúcida y pegajosa, que se hace generalmente cociendo raeduras y retazos de pieles, y que, disuelta después en agua caliente, sirve para pegar.

procesos universal realiza el control PID de temperatura. De igual manera el operador setea los valores de temperatura de los platos de la prensa, los valores de temperatura son igual dependientes del espesor, chapa y el largo del tablero.

Finalmente una vez concluido el tiempo de prensado se levanta el plato superior de la prensa y el tablero sale por un sistema de rodillos de salida, y éste es ubicado en una mesa manejada por un bomba hidráulica (mesa 2).



**Figura 1.2 Vista de una sección de la prensa BURKLE**

## **1.4. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON PLCS.**

### **1.4.1. Introducción**

Automatización Industrial es un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de sistemas mecánicos, eléctricos-electrónicos, fluidos y unidos con los controladores lógicos programables para operar y controlar diferentes tipos de sistemas industriales de forma autónoma. Es un área en la que confluyen diferentes disciplinas para

la solución de problemas industriales. Los problemas de eficiencia, productividad, calidad, decisiones estratégicas y diseño de procesos, tanto en el ámbito de producción y planta como a nivel gerencial, son también problemas de Automatización Industrial.

La necesidad de comunicar los diferentes dispositivos de control en este caso particular: PLCs, controladores de temperatura y variadores de frecuencia y obtener los diferentes datos tanto de variables físicas como del estado de los diferentes dispositivos y actuadores nos obliga a construir una red de comunicación denominada red de control la cual se utiliza para el intercambio de información entre controladores lógicos programables e interlocutores inteligentes (ejm. PC)

En el contexto industrial, la automatización es una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos, electrónicos basados en la informática en la operación y control de la producción. Este concepto, para ser actualizado, debe incluir el uso de robots. El robot industrial forma parte del progresivo desarrollo de la automatización industrial, favorecido notablemente por el avance de las técnicas de control por computadora, y contribuye de manera decisiva a la automatización en los procesos de fabricación de series de mediana y pequeña escala.

El sector industrial de nuestro país experimenta continuamente un estado de transición tecnológica para alcanzar la automatización por medio de computadores industriales de sus procesos de producción realizado por máquinas. Lejos de analizar la conveniencia o no de la automatización de máquinas industriales, que más bien es producto de un análisis de Gerencia, la factibilidad de ejecutar la automatización de una máquina industrial, esto reviste dos opciones:

- 1) Update: Entendido como el proceso de automatización de la máquina, sin mayores cambios de hardware, centrandó su objetivo más bien en la actualización de componentes, y en el caso del o los PLCs, que son el actor principal, significa actualizar el firmware, o cambios en el software de aplicación.

2) Upgrade: Es un proceso de automatización más completo, que implica cambios más radicales en hardware, cambios en las técnicas de control, tales como: incluir PLCs en lugar de relés electromecánicos o sistemas neumáticos.

El propósito de ambas acciones será reutilizar la máquina y alargar su vida útil.

### **1.4.2. Concepto de automatismo**

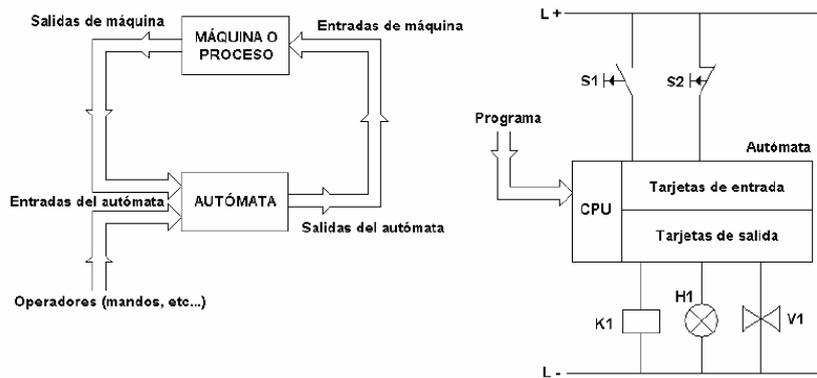
Un automatismo es un sistema que permite a las máquinas o procesos evolucionar con la mínima intervención del hombre y que puede:

- Encargarse de las tareas repetitivas, peligrosas o trabajosas.
- Controlar la seguridad del personal y de las instalaciones.
- Incrementar la producción, la productividad y economizar materia y energía.
- Incrementar la flexibilidad de las instalaciones para modificar los productos o los ritmos de fabricación.

Un automatismo industrial se concibe generalmente para mandar una máquina o un grupo de máquinas. A estas máquinas se le llama parte operativa del proceso, mientras que al conjunto de los componentes del automatismo que suministran las informaciones que sirven para pilotar esta parte operativa se llama parte de mando. Es la conjunción de ambas partes lo que constituye el automatismo completo.

Entre el autómeta y la máquina se canjean informaciones que frecuentemente son variables binarias (estado de un interruptor), aunque pueden intervenir igualmente informaciones analógicas (medida de una temperatura), que serán en ese caso convertidas en un conjunto de señales binarias interpretables por el autómeta.

Todo proceso recibe informaciones que se llaman entradas, y suministra informaciones que se llaman salidas. Si consideramos una máquina cualquiera, ella recibe órdenes del autómata. Estas órdenes, que constituyen las salidas del autómata, son las entradas de la máquina, la cual ejecuta acciones y devuelve informaciones al autómata en función del resultado de sus actuaciones. Estas informaciones que constituyen las salidas de la máquina forman parte de las entradas del autómata, que se complementan con el conjunto de instrucciones transmitidas por el operador al autómata.



**Figura 1.3 Relación del proceso industrial con el PLC**

En lo sucesivo llamaremos entrada a una entrada del autómata y salida a una salida del autómata. La distinción entre variables de entrada y variables de salida, será de esencial importancia a la hora de analizar un proceso y debe realizarse siempre con mucho cuidado.

A nivel de entradas, conviene señalar, que las informaciones necesarias para que el autómata ejecute sus instrucciones, las suministran los captadores, sensores, etc. Entre las cualidades que debemos exigir a estos dispositivos podemos citar: tiempo de respuesta, precisión, sensibilidad, inmunidad a perturbaciones, robustez.

En lo referente a salidas, las informaciones suministradas por el autómata a la máquina (o procesos) corresponden a los instantes en los que una acción debe empezar. Por tanto, nos interesa elaborar un sistema que elabore informaciones que cambien de valor en los instantes deseados (ni antes, ni después).

Deberemos prestar atención a la potencia requerida por los diversos dispositivos, pues a menudo el autómatas no es capaz de suministrarla, por lo que es necesario recurrir a periféricos que realicen esta labor.

### **1.4.3. Variables de estado**

Partamos de un ejemplo cotidiano: el mando de un ascensor. Supongamos que haya una llamada desde el tercer piso. Si la cabina se encuentra en el quinto, debe descender, si se encuentra en la planta baja, debe subir; si está desplazándose entre dos plantas debe continuar su movimiento, pero el automatismo debe registrar la llamada procedente de la tercera planta. Concluyendo, podemos decir que: la orden a aplicar a la cabina depende de la situación, del estado, en el que se encuentra el ascensor en el momento de la llamada. Del ejemplo se extrae que será muy importante conocer en cada instante el estado de un automatismo para conocer su respuesta cuando un mando actúe sobre él, es decir, cuando una variable de entrada cambie de valor.

Por tanto, para caracterizar el estado de un automatismo, en ocasiones, no basta con conocer solamente el valor de las variables de entrada, pues como bien ilustra el ejemplo del ascensor: no es el hecho de que haya una llamada en la tercera planta el único determinante del movimiento de la cabina. Necesitamos, además, conocer el estado de un conjunto de variables (variables de estado) que nos permitan “prever” cual será la evolución del automatismo en función de los cambios ocurridos en las variables de entrada.

En la elección del conjunto de variables que permitan describir el comportamiento deseado, reside la complejidad de la programación, y no suele ser única.

#### 1.4.4. Cableado vs. Programa

Vamos a diferenciar entre lógica cableada y lógica programada. Mientras un mando con relés o contactores representa la lógica cableada; un autómata programable representa la lógica programada.

**Lógica cableada:** el programa de mando queda determinado a través de la unión entre los diferentes elementos, tales como bobinas de accionamiento, contactos de interruptores, etc. La modificación del programa supone una transformación del cableado.

**Lógica programada:** el programa de mando y el cableado son independientes. Los contactos de los captadores y las bobinas de accionamiento se conectan a las entradas/salidas del autómata. El programa de mando, se escribe en la memoria del autómata, quedando fijada la secuencia en que deben ser consultados los contactos, la forma en que deben realizarse las combinaciones (AND u OR) y la asignación de los resultados a las salidas, es decir, el accionamiento de las bobinas.

En el caso de ser necesario realizar una variación del programa, no hay que modificar el cableado del autómata, sino solamente el contenido del programa.

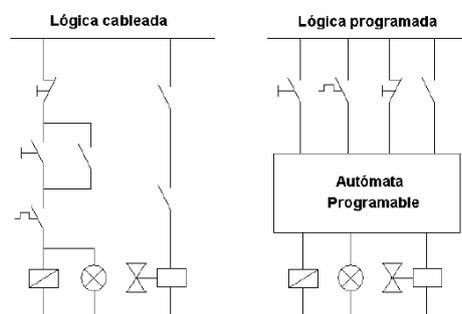


Figura 1.4 Lógica cableada Vs lógica programada

### **1.4.5. Necesidades y usos del PLC**

Comencemos definiendo un proceso industrial como una operación o secuencia de operaciones en las que las variables a controlar (temperaturas, desplazamientos, tiempos, etc.) están debidamente definidas.

La gran mayoría de los procesos industriales requieren algún tipo de control. La necesaria automatización de estas funciones de control puede ser llevada a cabo de muy diferentes formas: a base de cuadros de relés, contactores, etc.

Lamentablemente, cualquier modificación en este tipo de sistemas de control suponía gran esfuerzo técnico y económico, y más todavía si estos cambios eran frecuentes. Además debemos tener en cuenta que la mayoría de estos elementos son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada que requiere una estricta mantenimiento. Por otra parte, estos sistemas suponen un conexionado complejo cuando existen gran cantidad de elementos, lo que implica un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento.

Con el objetivo de solucionar, o al menos reducir, estos inconvenientes se elaboraron los autómatas, que permiten cambiar la funcionalidad del control del proceso industrial sin más que cambiar el programa, ya que gran parte de los componentes necesarios como relés auxiliares, temporizadores, etc., se encuentran implementados en la programación interna de él. Además, en los casos en que las modificaciones superen la capacidad del sistema, es posible agregar módulos de ampliación que permitan cumplir con las nuevas exigencias.

Este automatismo fácilmente programable para tareas de control, y concebido para ser utilizado en ambientes industriales, es lo que se conoce como PLC, acrónimo de Programmable LogicController, es decir, Controlador Lógico Programable. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.), por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.), por otra.

Los autómatas programables no sólo tienen aplicación industrial, sino que también se emplean para automatizar procesos en el hogar (puerta de un garaje, luces de la casa, etc.), entre otros.

Entre las características de los PLCs destacan:

- Fácilmente programables por la mayoría de los técnicos.
- Facilidad en la modificación de programas.
- Comunicación con otros PLCs, pudiendo enviar y recibir señales.
- Tiempo de vida largo.
- Pueden trabajar sin problemas en todo tipo de ambientes industriales.

Actualmente los PCs están comenzando a reemplazar al PLC en algunas aplicaciones. Por lo cual, no sería de extrañar que en un futuro no muy lejano el PLC desapareciera frente al cada vez más potente PC, debido a las posibilidades que los ordenadores pueden proporcionar.

#### **1.4.6. Estructura externa**

Existen dos estructuras básicas para los autómatas programables:

**Compacta:** consiste en una única pieza en la que se integran todos los elementos.

**Modular:** en los que la CPU, la fuente de alimentación, las entradas, las salidas, etc., son cada una un módulo que se elige en función de la aplicación requerida. Para el caso de una estructura modular se dispone de la posibilidad de fijar los distintos módulos en rieles normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente.

### 1.4.7. Arquitectura del SIMATIC S7 300

Los elementos esenciales, que todo autómata programable posee como mínimo, son:

**Sección de entradas:** se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser digitales o analógicas. A estas líneas conectaremos los sensores (captadores).

**Sección de salidas:** son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.

**Unidad central de proceso (CPU):** se encarga de procesar el programa que el usuario ha introducido. La CPU toma, una a una, las instrucciones programadas por el usuario y las va ejecutando, cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, la CPU vuelve al principio y sigue ejecutándolas de manera cíclica.

Para ello, dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa. Adicionalmente, en determinados modelos, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc.

A parte de éstos podemos disponer de los siguientes elementos:

**Unidad de alimentación** (algunas CPUs la llevan incluida).

**Consola de programación:** que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario. Tiende a desaparecer, debido a que la mayoría se programan a partir del PC mediante programas específicos facilitados por cada fabricante; o programados directamente desde el propio autómata.

**Dispositivos periféricos:** como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.

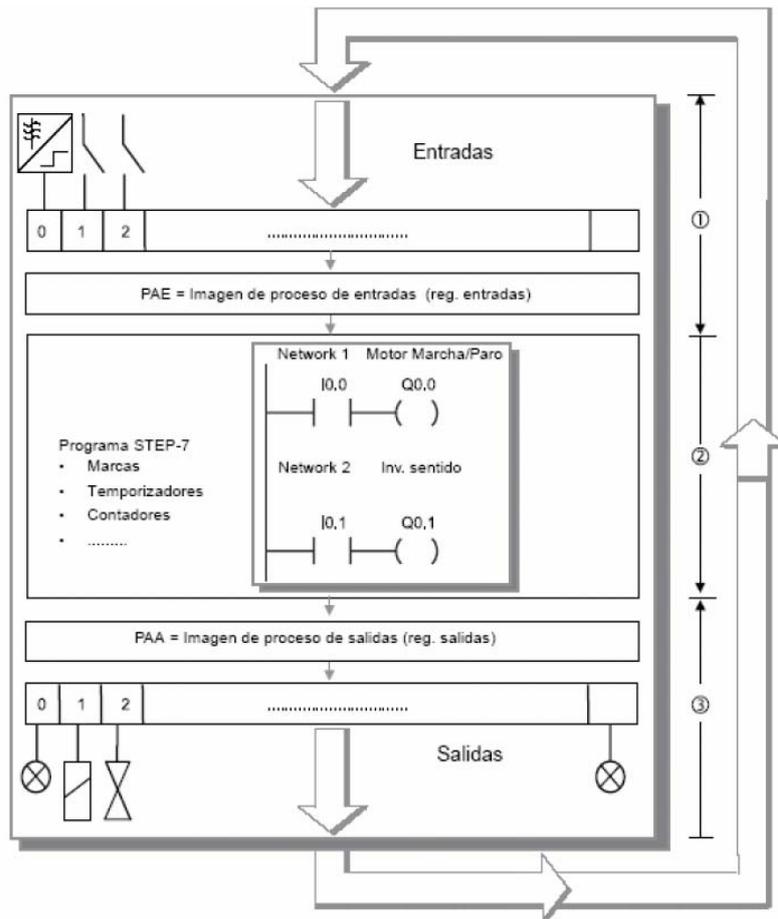
**Interfaces:** facilitan la comunicación del autómeta con otros dispositivos (como un PC), autómetas, etc.

#### 1.4.7.1. CPU

Es el corazón del autómeta programable. Sus funciones son:

- Ejecutar el programa de usuario.
- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Watchdog (perro guardián).
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no accede directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas, en función de la imagen de las mismas, obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Chequear el sistema.

Para ello el autómeta va a poseer un ciclo de trabajo, que ejecutará de forma continua:



**Figura 1.5 Ciclo de trabajo de un PLC**

Durante el funcionamiento cíclico, primero se leen los estados en las entradas, memorizándose en la imagen de proceso de las entradas (PAE). Con estas informaciones trabaja luego el programa de control cuando se ejecuta.

De acuerdo a la lógica definida en el programa se modifica el estado de las salidas depositadas en la imagen de proceso de las salidas (PAA). En la última etapa del ciclo, los estados memorizados en la PAA se transfieren a las salidas físicas. Seguidamente comienza de nuevo el ciclo.

Un ciclo dura normalmente entre 3 y 10 ms. La duración depende del número y tipo de instrucciones (operaciones) utilizadas. El ciclo consta de dos partes principales:

1. Tiempo del sistema operativo, normalmente 1 ms; corresponde con las fases 1 y 3.
2. Tiempo para ejecutar las instrucciones; corresponde con la fase 2.

Por otro lado, el ciclo sólo se ejecuta cuando el PLC se encuentra en estado RUN.

#### **1.4.7.2. Memoria**

Dentro de la CPU dispondremos de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

**Memoria del programa de usuario:** aquí introduciremos el programa que el autómata va a ejecutar cíclicamente.

**Memoria de la tabla de datos:** se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).

**Memoria del sistema:** aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posee el autómata.

**Memoria de almacenamiento:** se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH. Cada autómata hace subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

### **1.4.7.3. Unidades de entrada y salida**

Podemos disponer de dos tipos de módulos de entrada y/o salida:

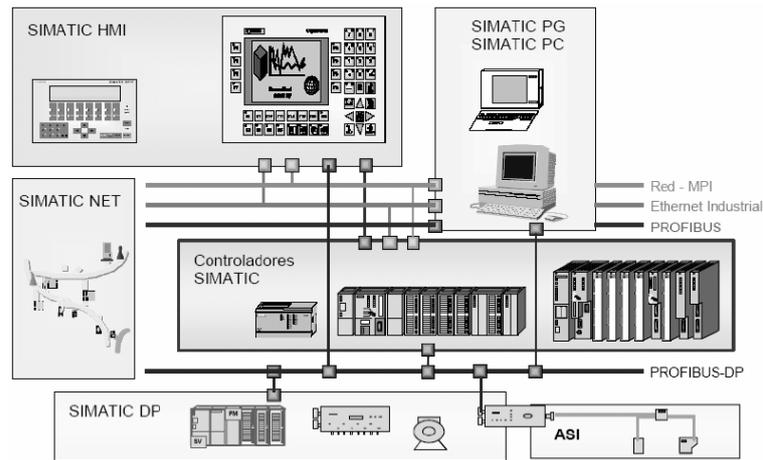
**Digitales.** Se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario.

**Analógicas.** Pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Estas señales se manejan a nivel de byte o palabra (8 ó 16 bits) dentro del programa de usuario.

Las E/S son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir, pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S.

### **1.4.7.4. Interfaces**

Todo autómatas, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como un PC). Lo normal es que posea una E/S serie del tipo RS-232 (puerto serie). A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del autómatas, incluido la programación del mismo, y suele emplearse para monitorizar el proceso.



**Figura 1.6 Comunicación del PLC con otros dispositivos**

#### 1.4.7.5. Unidades de programación

La programación del autómatas puede realizarse, generalmente, empleando alguno de los siguientes elementos:

**Consola de programación:** suele tener la forma de calculadora.

**PC:** es el modo más empleado en la actualidad. Permite programar desde un ordenador personal estándar, con todo lo que ello supone: herramientas más potentes, posibilidad de almacenamiento, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante software SCADA, etc.

Cada autómatas, dependiendo del modelo y fabricante, posee una conexión a uno o a varios de los elementos anteriores.

#### **1.4.7.6. Periféricos**

El autómata programable, en la mayoría de los casos, puede ser ampliado. Las ampliaciones abarcan un gran abanico de posibilidades: módulos auxiliares de E/S (analógicas, digitales, etc.), memoria adicional, conexión con otros autómatas, etc.

Cada fabricante facilita las posibilidades de ampliación de sus modelos, los cuales pueden variar incluso entre modelos de la misma serie.

#### **1.4.8. Lenguajes de programación del SIMATIC S7 300**

Los primeros autómatas programables surgieron debido a la necesidad de sustituir los enormes cuadros de maniobra contruidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre-máquina debía ser similar a la utilizada hasta ese momento. El lenguaje utilizado, debería ser interpretado, con facilidad, por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación.

Con el tiempo estos lenguajes evolucionaron de tal forma que algunos de ellos ya no tenían nada que ver con el típico plano eléctrico a relés, además de haber evolucionado siguiendo caminos distintos. Todo esto unido al incremento en la complejidad de los procesos a automatizar, no hizo más que complicar el uso de aquello que se creó con una finalidad bien distinta.

Con el fin de subsanar este problema la dirección del IEC (estándar internacional) ha elaborado el estándar IEC 1131-3 para la programación de PLCs, con la idea de desarrollar el estándar adecuado para un gran abanico de aplicaciones.

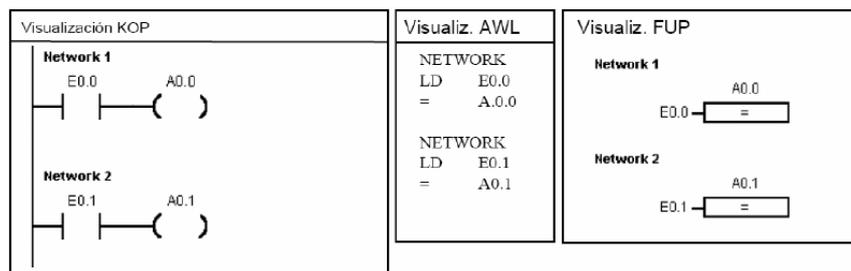
Los lenguajes gráficos y textuales definidos en el estándar son una fuerte base para entornos de programación potente en PLCs. Los lenguajes más significativos son:

**Lenguaje de contactos (KOP):** es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos.

**Lenguaje por lista de instrucciones (AWL):** consiste en elaborar una lista de instrucciones.

**Plano de funciones lógicas (FUP):** resulta especialmente cómodo de utilizar cuando estamos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

**GRAFSET:** es el llamado Gráfico de Orden Etapa-Transición. Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos.



**Figura 1.7 Lenguajes de programación de un Autómata**

### 1.4.9. Señal binaria, estado de señal, del SIMATIC S7 300

El autómata consulta el valor de sus las entradas según dos estados:

- Existe tensión.
- No existe tensión.

A partir de estos datos y según el programa:

- Activa o
- Desactiva, los “aparatos” conectados a sus salidas.

En ambos casos nos encontramos con una clara y diferenciada situación de los estados, conocida como:

- Estado de señal “0” → No existe tensión → Desactivado.
- Estado de señal “1” → Existe tensión → Activado.

Estos dos estados de señal son los dos valores diferentes que puede tomar una señal binaria (bit<sup>8</sup>: señal de valor doble).

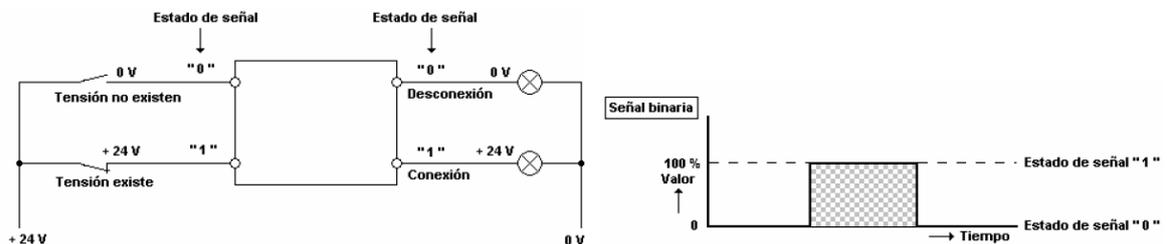


Figura 1.8 Señal binaria de un PLC

#### 1.4.9.1. Contactos abiertos y cerrados

<sup>8</sup> El concepto inglés Bit (**B**inari **D**igit) es aceptado como la unidad técnica de información más pequeña que existe.

Con anterioridad se dijo que el autómata consultaba el valor de sus entradas, es decir, si existe tensión (“1”) o no existe tensión (“0”). Sin tener en cuenta si el contacto asociado a la entrada era cerrado o abierto.

Sin embargo, para la elaboración del programa si que deberíamos conocer las funciones técnicas del “contacto”:

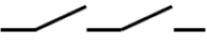
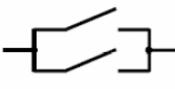
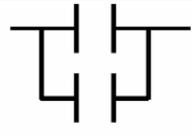
- Si en una entrada hay conectado un contacto abierto, se aplicará el estado de señal “1” en la entrada cuando se accione el contacto.
- Por el contrario, si a la entrada nos encontramos con un contacto cerrado, se aplicará el estado de señal “0” en la entrada cuando se accione el contacto.

El autómata no tiene posibilidad de determinar si en una entrada hay conectado un contacto cerrado o abierto. Solo puede consultar o reconocer los estados de señal “1” ó “0”. Nos es indiferente si un estado se ha alcanzado a través de un contacto abierto o cerrado. Lo único importante es la elección del tipo de contactos, sobretodo teniendo en cuenta las normativas de seguridad.

Tipo contacto	Estados	¿Existe tensión?	Estado de señal
 Abierto	Accionado 	SI	1
	No accionado 	NO	0
 Cerrado	Accionado 	NO	0
	No accionado 	SI	1

**Figura 1.9 Determinación de un contacto abierto o cerrado**

Por tanto, cualquier combinación de contactos tiene su equivalente lógico, es decir, tiene como resultado un “0 (corte de corriente)” ó un “1 (paso de corriente)”. En la siguiente figura se muestra la correspondencia de símbolos eléctricos (o combinaciones de ellos) con la simbología KOP reconocida por el autómeta:

	<p>Consulta: ¿Circula corriente? Si sí, entonces el resultado de esta pregunta es verdadero. (Consulta: ¿"1"?)</p>	
	<p>Consulta: ¿No circula corriente? Si sí (no hay corriente), entonces el resultado de esta pregunta es verdadero. (Consulta: ¿"0"?)</p>	<p>P. ej. finales de carrera, conmutadores, en los que existe un contacto NA y uno NC</p> 
	<p>Bobina: Si la bobina se alimenta con un valor "verdadero" (corriente) entonces se activa (La bobina se excita).</p>	 <p>Las salidas pueden ser "entradas"</p>
	<p>Conexión en serie: (Combinación Y). Para que circule la corriente deberán estar cerrados el primer Y el segundo interruptor.</p>	
	<p>Conexión en paralelo (Combinación O). Para que circule la corriente deberá estar cerrado el primer interruptor O el segundo.</p>	

**Figura 1.10 Correspondencia de símbolos eléctricos con la simbología KOP**

#### 1.4.9.1.1. Conceptos de bit, byte y palabra

**Bit.** Unidad del símbolo binario, solamente puede tomar los valores “0” y “1”. En ocasiones, el bit es insuficiente para definir determinados aspectos de una automatización. Debiendo recurrir a conjuntos formados por varios símbolos binarios (byte).

**Byte.** Conjunto de 8 símbolos binarios, es decir, el byte tiene una longitud de 8 bits, cada uno de lo cuales puede tomar cualquier valor entre 0 y 1.

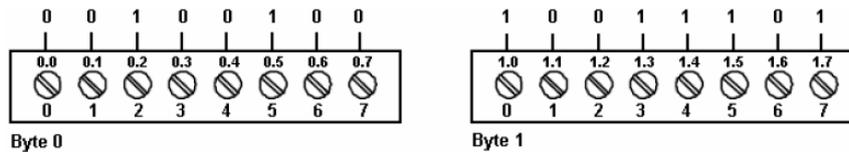


Figura 1.11 Relación entre bit y Byte

**Palabra.** En un PLC los bits se asocian en grupos. Como se ha dicho, 8 bits se denominan byte. Y cada bit en dicho grupo está exactamente definido por una posición propia que tiene una dirección específica. Un byte tiene una dirección de byte y direcciones de bit 0...7. Un grupo de 2 bytes se denomina palabra. Este sistema de numeración se denomina binario y tiene como base 2.

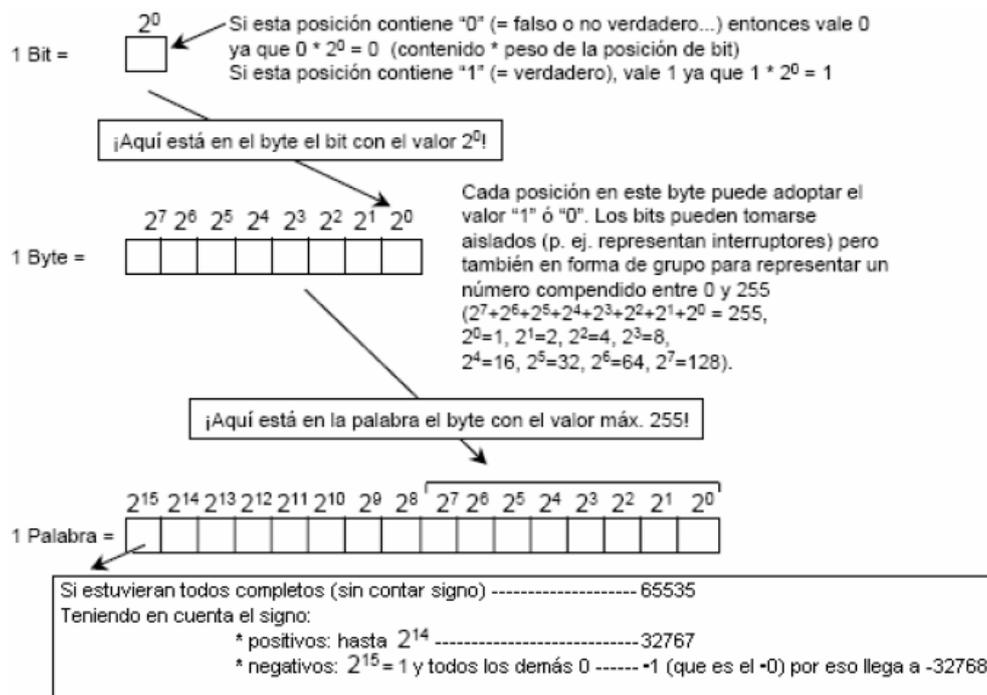


Figura 1.12 Sistema de numeración de un PLC

En un PLC una palabra permite representar valores numéricos de -32768 a +32767. Se ha convenido que el bit con el peso  $2^{15}$  señala números negativos (si aparece un "1" en la posición  $2^{15}$ , el número en cuestión es negativo).

### 1.4.9.2. Direccionamiento de entradas y salidas

Una vez entendida la diferencia entre “0” y “1” (concepto de bit) y la “estructura del byte”, debemos conocer como el autómata denomina a cada una de sus entradas y salidas.

En primer lugar el autómata utiliza un operando distintivo:

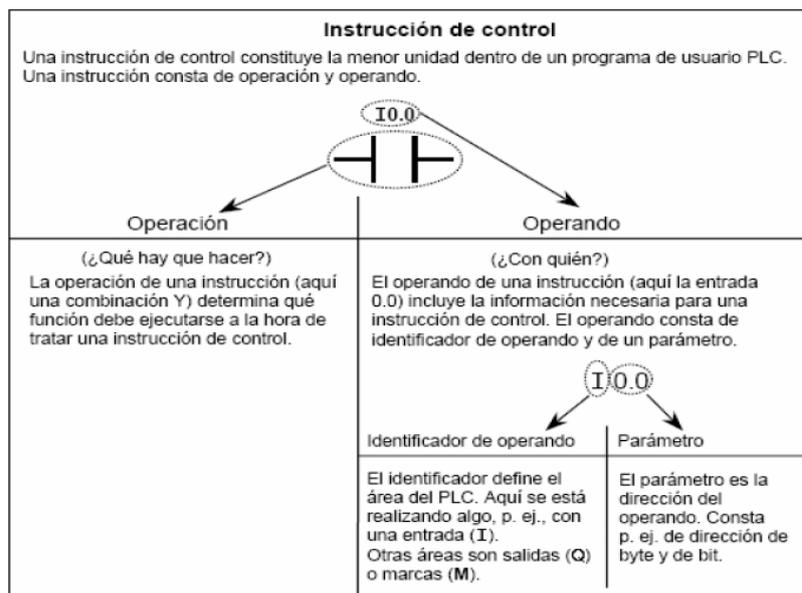
**I** para denominar entradas (algunos lenguajes utilizan la E).

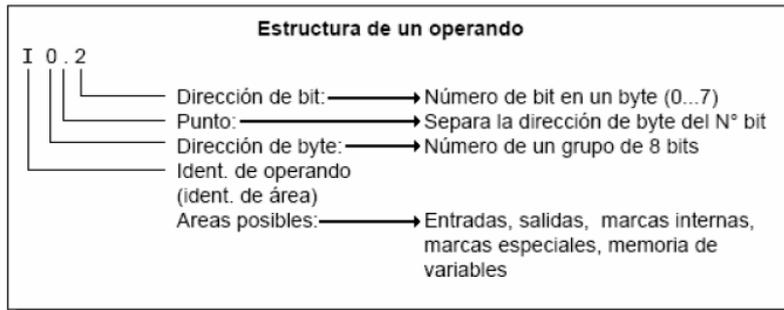
**Q** para denominar salidas (algunos lenguajes utilizan la A).

Junto con el distintivo de entrada o salida aparece el parámetro 0.4, 1.2 ó 4.7. El parámetro consiste en una combinación:

**0.**, **1.** ó **4.** → byte.

**.4**, **.2** ó **.7** → bit.

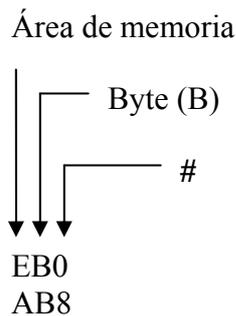




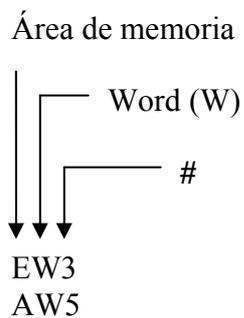
**Figura 1.13** Direccionamiento de entradas y salidas

### 1.4.9.2.1. Direccionamiento de bytes, Word, DoubleWord

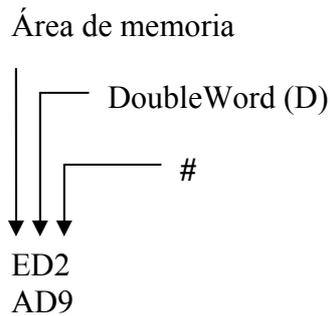
- Direccionamiento byte: consulta toda la dirección del byte (8 bits)



- Direccionamiento Word: consulta por dos bytes (16 bits)



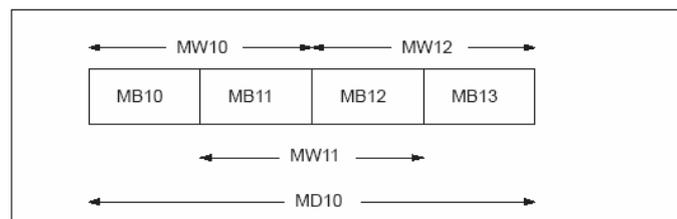
- Direccionamiento DoubleWord: consulta por cuatro bytes (32 bits)



Si se opera con una operación cuyo identificador de operando indica un área de memoria del sistema de automatización y con un objeto de datos del tamaño de una palabra o una palabra doble, debe tenerse en cuenta que la dirección de la memoria siempre se refiere a la dirección byte. Dicha dirección byte es el número de byte menos significativo o el número del byte de más significativo (byte alto) dentro de una palabra o palabra doble. Por ejemplo, el operando MD10 se refiere a 4 bytes sucesivos en el área de la memoria M, a partir del byte 10 (MB10) y terminado en el byte 13 (MB13).

- Palabra doble: palabra doble de marcas MD10
- Palabra: palabra de marcas MW10, MW11 y MW12
- Byte: Bytes de marcas MB10, MB11, MB12 y MB13

Si se utilizan operandos absolutos, con un ancho de una palabra o una palabra doble, se debe evitar asignar bytes que se solapen.



**Figura 1.14 Dirección de la memoria indicada como dirección byte**

## **1.5 ACCIONAMIENTOS DE MOTORES**

Durante muchos años, el arranque de motores asincrónicos en Media Tensión estuvo circunscrito al arranque directo o con autotransformador. En cambio, las notables mejoras que la tecnología de semiconductores ha incorporado en los últimos años convierten hoy al arrancador suave y variadores de frecuencia en una de las formas más convenientes de partida.

### **1.5.1. Arrancador Suave**

Ya desde la aparición de los primeros motores eléctricos, los ingenieros han buscado una manera de evitar los problemas mecánicos y eléctricos que se producen al utilizar arrancadores de conexión directa o en estrella-triángulo. Los constructores de estos dispositivos dan un paso significativo en la tecnología de los arrancadores suaves de motores eléctricos. Al combinar modernos dispositivos de potencia con un avanzado diseño de la electrónica y del software, los cuales ofrecen una mayor capacidad de control de intensidad y tensión durante el arranque, además de nuevas características de diseño.

#### **1.5.1.1. La solución a los problemas mecánicos y eléctricos**

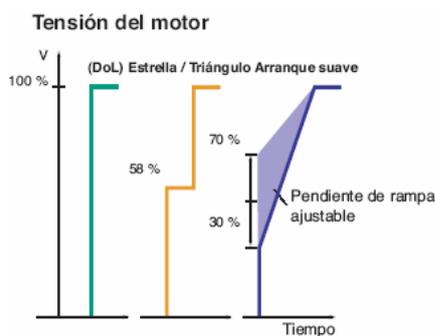
La conexión de los motores de CA, utilizados para accionar ventiladores, trituradoras, agitadores, bombas, cintas transportadoras, etc., y que son los que realizan el “trabajo duro” en la industria, producen cotidianamente innecesarios picos de intensidad en las plantas de producción de todo el mundo. Estos arranques violentos causan daños de diferente naturaleza. Entre ellos los siguientes:

- Problemas eléctricos debidos a transitorios de tensión y de intensidad provocados por los arranques directos (DoL) o en estrella-triángulo. Estos transitorios pueden

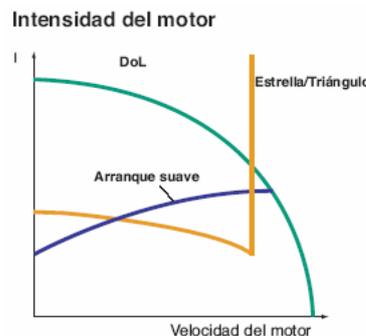
sobrecargar la red y provocar variaciones de tensión inaceptables que interfieren en el funcionamiento de otros equipos eléctricos conectados a la red.

- Problemas mecánicos que afectan a todo el accionamiento, desde el propio motor hasta el equipo accionado, pudiendo llegar a provocar esfuerzos extremos en los materiales.
- Problemas funcionales, como pueden ser aumentos bruscos de presión en conducciones de líquidos, daños a productos situados en cintas transportadoras, o un movimiento no suficientemente constante de escaleras mecánicas.

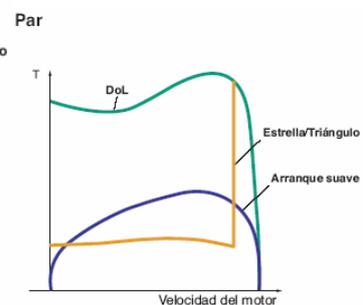
Las consecuencias económicas son considerables: cada problema técnico y cada paro cuesta dinero, tanto en términos de reparación como en términos de pérdida de productividad. Los arrancadores suaves son la solución idónea y sencilla para todos estos problemas. Con los arrancadores suaves es posible realizar arranques y paros suavemente, reduciendo al mínimo los esfuerzos eléctricos y mecánicos.



**Figura 1.15.1**



**Figura 1.15.2**



**Figura 1.15.3**

Las gráficas de las figuras 1.15 muestran la diferencia básica entre el arranque en línea directo (DOL), el arranque en estrella-triángulo y el arranque suave, en cuanto a tensión del motor (V), intensidad del motor (I) y par del motor (T).

### **1.5.1.2. Características y Ventajas de un Arrancador Suave**

El arrancador suave en Media Tensión se compone de tres partes principales:

1. Sección de entrada de potencia
2. Sección de control que incorpora tarjeta CPU, relé de protección, alimentación, disparo de tiristores, y comunicaciones.
3. Sección de potencia principal compuesta de fusibles de protección, tiristores por cada fase (stacks).

Un arrancador suave provee una aceleración controlada y gradual sin pasos, así como una parada controlada, lo que lo libera de los transientes eléctricos y mecánicos. De igual modo, permite que las corrientes de arranque sean limitadas y el sistema de control cierra el contactor de bypass sólo cuando las condiciones de velocidad y corrientes nominales son alcanzadas, permitiendo que la variación de la carga no sea un inconveniente importante entre una partida y otra.

Además, se puede ajustar a cualquier tipo de aplicación, puesto que en algunos casos puede ser mejor partir con rampa de corriente, mientras que en otros con rampa de torque o con ajuste tacométrico.

Por otra parte, el arrancador suave permite aplicar una inyección de corriente en el arranque en caso que la inercia de la carga sea muy elevada o ésta se encuentre trabada. Las características y prestaciones del relé de protección incorporado son normalmente tan completas que no es necesario colocar relés externos de protección.

## 1.5.2. Variadores de Frecuencia

Un variador de frecuencia (VFD: Variable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores.

### 1.5.2.1. Principio de funcionamiento

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación 1.1:

$$RPM = \frac{120 \times f}{p} \quad (1.1)$$

Donde:

RPM = Revoluciones por minuto

$f$  = frecuencia de suministro AC (hertz)

$p$  = Número de polos (adimensional)

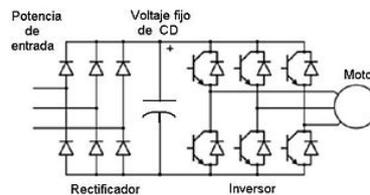
Un sistema de variador de frecuencia (VFD) consiste generalmente en un motor AC, un controlador y un interfaz operador.



**Figura 1.16 Relación: variador de frecuencia con un motor AC**

### 1.5.2.2. Controlador del Variadores de Frecuencia

El Controlador de dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada AC en DC usando un puente rectificador. La energía intermedia DC es convertida en una señal quasi-senoidal de AC usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad).



**Figura 1.17 Diagrama de Variador de frecuencia con Modulación de Ancho de Pulso (PWM)**

Tan pronto como aparecieron los semiconductores fueron introducidos en los VFD, ellos han sido aplicados para los inversores de todas las tensiones que hay disponible. Actualmente, los transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs) son usados en la mayoría de circuitos inversores.

### 1.5.2.3. Motor del Variadores de Frecuencia

El motor usado en un sistema VFD es normalmente un motor de inducción trifásico. Algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. Varios tipos de motores síncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos y son generalmente la elección más económica. Motores diseñados para

trabajar a velocidad fija son usados habitualmente, pero la mejora de los diseños de motores estándar aumenta la fiabilidad y consigue mejor rendimiento del VFD. Los motores AC asíncronos convencionales se han construido considerando en todo momento que van a funcionar conectados directamente a la red eléctrica. Por tanto se ha pensado en una cierta tensión (p.ej. 230 VAC, 400 VAC) y en una determinada frecuencia fija (p.ej. 60 Hz). Se ha supuesto por tanto que la relación tensión / frecuencia, que a la postre determina entre otras cosas el par disponible, va a ser fija y constante. Los aislamientos entre bobinados se han dimensionado para baja frecuencia, la única que se espera encontrar en la red.

Por otro lado, la refrigeración de un motor asíncrono convencional suele provenir del propio motor mediante un ventilador acoplado al rotor (autoventilación), ya que, de nuevo, se supone que el rotor estará girando siempre a la velocidad nominal o cerca de ella, velocidad que sería suficiente para evitar el calentamiento excesivo del motor.

#### **1.5.2.4. Problemas con motores eléctricos tradicionales**

Al trabajar con variador de frecuencia, los principales problemas del uso de motores convencionales quedan claros:

- **Problemas a bajas velocidades:** la autoventilación es insuficiente para el régimen permanente a bajas revoluciones, al menos si se quiere mantener el par nominal, lo que nos obliga a instalar ventilación forzada exterior (dificultades de montaje) o bien a sobredimensionar el motor. Recordemos que en la práctica el factor térmico suele ser el que limita la potencia de utilización del motor.
- **Problemas a altas velocidades:** el fabricante del motor no suele garantizar el rango de velocidades por encima de la nominal durante el que mantiene la potencia constante. De hecho, la autoventilación provoca una caída muy rápida de la potencia a medida que

aumenta la velocidad de giro, debido a la potencia mecánica absorbida por el propio ventilador, potencia que debería estar dedicándose a mover la carga. También las pérdidas magnéticas en el entrehierro aumentan notablemente con la frecuencia. Todo esto prácticamente invalida al motor convencional para trabajar a velocidades sustancialmente superiores a su nominal.

- **Destrucción de bobinados:** los armónicos presentes en la salida de potencia del variador son ricos en muy altas frecuencias y con el tiempo acaban degradando los bobinados, cuyos aislamientos no están preparados a largo plazo para un bombardeo permanente de transiciones abruptas de tensión.

- **Caso de aplicaciones en lazo cerrado:** el motor convencional no suele incorporar encoder de fábrica, siendo el técnico el que debe instalarlo, operación no siempre fácil y que comporta ciertos riesgos y complicaciones en la operación de puesta en marcha.

## **1.6 SENSORES Y TRANSDUCTORES.**

Como sabemos un sensor es un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de materiales, con el objetivo de mandar una señal y permitir que continúe un proceso. Dentro de la selección de un sensor, se deben considerar diferentes factores, tales como: la forma de la carcasa, distancia operativa, datos eléctricos y conexiones. De igual forma, existen otros dispositivos llamados transductores, que son elementos que cambian señales, para la mejor medición de variables en un determinado fenómeno.

Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otro.

Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés. Algunos de los sensores y transductores utilizados con más frecuencia son los calibradores

de tensión (utilizados para medir la fuerza y la presión), los termopares (temperaturas), los velocímetros (velocidad). Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivos de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son:

- Transductores analógicos
- Transductores digitales

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

Los transductores digitales producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos.

### **1.6.1. Características deseables de los transductores**

**Exactitud.-** La exactitud de la medición debe ser tan alta como fuese posible. Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tenderá a ser cero.

**Precisión.-** La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

**Rango de funcionamiento.-** El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

**Velocidad de respuesta.-** El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

**Calibración.-** El sensor debe ser fácil de calibrar. El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

**Fiabilidad.-** El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

### **1.6.2. Clasificación de los sensores**

Según el tipo de magnitud física a detectar podemos establecer la siguiente clasificación:

- Posición lineal o angular.
- Desplazamiento o deformación.
- Velocidad lineal o angular.

- Aceleración.
- Fuerza y par.
- Presión.
- Caudal.
- Temperatura.
- Presencia o proximidad.
- Táctiles.
- Intensidad lumínica.
- Sistemas de visión artificial.
- Otras clasificaciones: sencillos / complejos, activos / pasivos

Otro tipo de clasificación es diferenciar entre sensores activos o pasivos. Los sensores pasivos requieren de una alimentación para efectuar su función, mientras que los activos generan la señal sin necesidad de alimentación externa

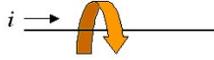
Los sensores externos son los elementos que permiten al proceso interactuar con su ambiente de una manera flexible. Aunque muchos de los procesos actuales (sobre todo los de las industrias) trabajan de una forma preprogramada, el uso de los sensores externos como apoyo en la ejecución de tareas es cada día más amplio. Los sensores externos dan al proceso mayor independencia del entorno concreto en el que se mueven, lo que se traduce en un mayor grado de "inteligencia".

### **1.6.3. Sensores Inductivos**

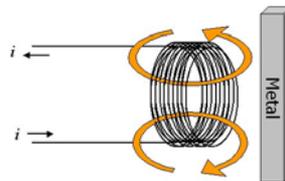
Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia de objetos metálicos en un determinado contexto (control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación y de conteo).

### 1.6.3.1. Conceptos teóricos

Una corriente ( $i$ ) que circula a través de un hilo conductor, genera un campo magnético que está asociado a ella.



Los sensores de proximidad inductivos contienen un devanado interno. Cuando una corriente circula por el mismo, un campo magnético es generado, que tiene la dirección de las flechas naranjas. Cuando un metal es acercado al campo magnético generado por el sensor de proximidad, éste es detectado.



**Figura 1.18 Principio de funcionamiento de un sensor inductivo**

La bobina del sensor inductivo induce corrientes de Foucault en el material a detectar. Éstas, a su vez, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, causando una reducción en la inductancia de la misma. Esta reducción en la inductancia de la bobina interna del sensor, trae aparejado una disminución en la impedancia de ésta. La inductancia, es un valor intrínseco de las bobinas, que depende del diámetro de las espiras y el número de ellas. En sistemas de corriente alterna, la reactancia inductiva se opone al cambio del sentido de la corriente y se calcula de la siguiente manera (relación 1.2):

$$XL = 2\pi fL \quad (1.2)$$

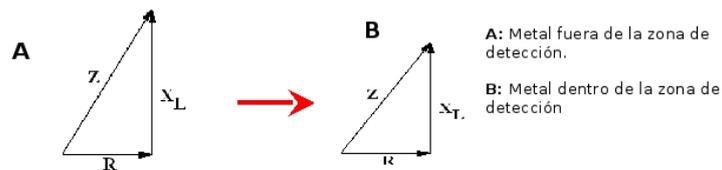
Donde:

$XL$  = Reactancia Inductiva medida en Ohms ( $\Omega$ )

$\pi$  = Constante Pi.

$f$  = Frecuencia del sistema medida en Hertz (Hz)

$L$  = Inductancia medida en Henrios (H)



**Figura 1.19 Relación del metal en la zona de detección**

En resumen, el circuito detector reconocerá el cambio en la impedancia de la bobina del sensor (Debido a las corrientes de Foucault inducidas en el objeto a detectar) y enviará una señal al amplificador de salida, el cual cambiará el estado de la misma. Cuando el metal a detectar es removido de la zona de detección, el oscilador podrá generar nuevamente el campo magnético con su amplitud normal. Es en este momento en que el circuito detector nuevamente detecta este cambio de impedancia y envía una señal al amplificador de salida para que sea éste quien, nuevamente, restituya el estado de la salida del sensor. Si el sensor tiene una configuración "Normal Abierta", éste activará la salida cuando el metal a detectar ingrese a la zona de detección. Lo opuesto ocurre cuando el sensor tiene una configuración "Normal Cerrada" Estos cambios de estado son evaluados por unidades externas tales como: PLC, Relés, PC, etc.

### 1.6.3.2. Estados de un sensor inductivo

1.- Objeto a detectar ausente.

- Amplitud de oscilación al máximo, sobre el nivel de operación.
- La salida se mantiene inactiva (OFF)

2.- Objeto a detectar acercándose a la zona de detección.

- Se producen corrientes de Foucault -> "Transferencia de energía".
- El circuito de detección detecta una disminución de la amplitud, la cual cae por debajo del nivel de operación.
- La salida es activada (ON)

3.- Objeto a detectar se retira de la zona de detección.

- Eliminación de corrientes de Foucault.

- El circuito de detección detecta el incremento de la amplitud de oscilación.
- Como la salida alcanza el nivel de operación, la misma se desactiva (OFF).

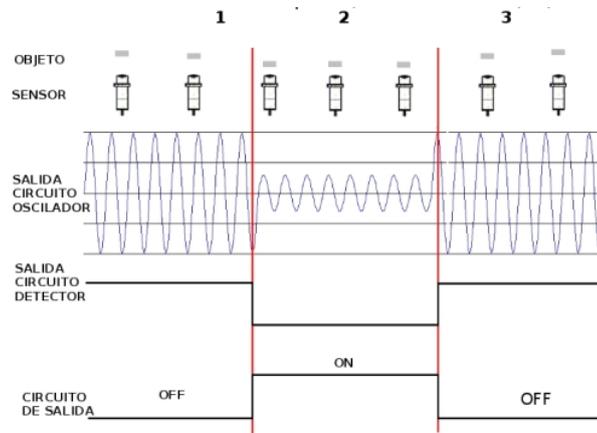


Figura 1.20 Estados de un sensor inductivo

### 1.6.3.3. Sensores blindados y no blindados

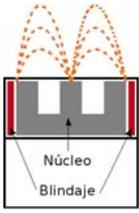
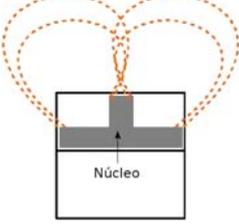
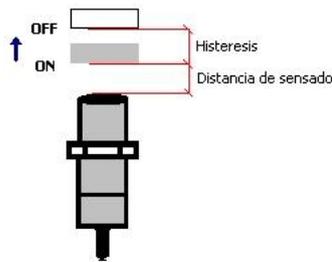
SENSOR BLINDADO	SENSOR NO BLINDADO
	
<p>Los <b>blindados</b> tienen un agregado al núcleo y un blindaje metálico que limita el campo magnético al frente del sensor.</p>	<p>Los <b>no blindados</b> no tienen blindaje extra, resultando en un área de sensado mayor.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enrasables.</li> <li>• Especial para posicionamiento.</li> <li>• Distancias más cortas de detección.</li> <li>• Sensado limitado al frente del sensor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No enrasables.</li> <li>• Detección de presencia.</li> <li>• Distancias más grandes de detección.</li> </ul>

Tabla 1.1 Sensores blindados y no blindados

Los sensores blindados, al tener todo el cuerpo roscado son más resistentes a los golpes que los no blindados.

**Histéresis.**-Se denomina histéresis a la diferencia entre la distancia de activación y desactivación. Cuando un objeto metálico se acerca al sensor inductivo, éste lo detecta a la “distancia de detección” o "distancia de sensado". Cuando el mismo objeto es alejado, el sensor no lo deja de detectar inmediatamente, si no cuando alcanza la “distancia de reset”, que es igual a la “distancia de detección” más la histéresis propia del sensor.

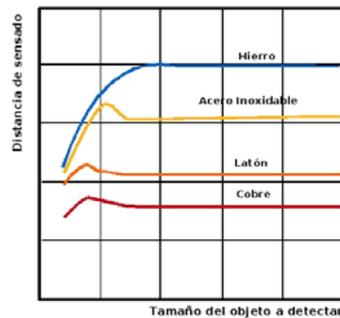


**Figura 1.21 Histéresis en un sensor inductivo**

#### 1.6.3.4. Distancia de sensado

La distancia de sensado ( $S_n$ ) especificada en la hoja de datos de un sensor inductivo está basada en un objeto de estándar de acero pulido. Este valor variará sensiblemente si se quiere detectar otros tipos de metales, aún materiales no ferrosos, como el aluminio, pueden ser detectados, pero a menores distancias.

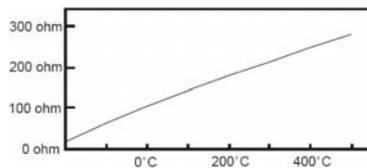
En el siguiente gráfico se puede ver como varía la distancia de detección en función del material a detectar y el tamaño del mismo.



**Figura 1.22 Relación de la distancia de sensado con el material a detectar**

#### 1.6.4. Sensor de Temperatura Pt100

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



**Figura 1.23 Relación de medida de un Pt100**

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo). Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

##### 1.6.4.1. Ventajas del Pt100

Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100°C a 200 °C).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras

frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

#### 1.6.4.2. Conexión de la Pt100

Existen 3 modos de conexión para las Pt100, cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto. El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica  $R(t)$  del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables  $R_c$ .

**Con 2 hilos:** El modo más sencillo de conexión (pero menos recomendado) es con solo dos cables. En este caso las resistencias de los cables  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable. El lector medirá el total  $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$  en vez de  $R(t)$ . Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  y así disminuir el error en la lectura.

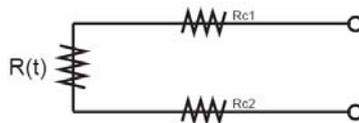


Figura 1.24 Pt100 conexión a dos hilos

Por ejemplo si la temperatura es  $90^{\circ}\text{C}$ , entonces  $R(t) = 134.7$  ohms, pero si el cable  $R_{c1}$  tiene 1.3 ohms y el  $R_{c2}$  tiene 1.2 ohms entonces la resistencia medida será  $134.7+1.3+1.2 = 137.2$  ohms y la lectura del instrumento será  $96^{\circ}\text{C}$ .

Un cable común razonablemente grueso sería uno de diámetro equivalente a 18 AWG. La resistencia de este cable es 0.0193 ohms por metro. Por ejemplo si se usa este cable para

medir una resistencia a 15 metros de distancia, la resistencia total de los cables será  $15 \cdot 2 \cdot 0.0193 = 0.579$  ohms lo que inducirá un error de  $1.5^\circ\text{C}$  en la lectura.

**Con 3 hilos:** El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

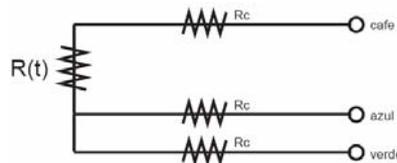


Figura 1.25 Pt100 conexión a tres hilos

El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.

En el caso particular de algunos instrumentos, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide  $2R_c$ . Luego mide la resistencia por los cables café y azul para finalmente restarle  $2R_c$  al valor medido y obtener  $R(t)$ .

**Con 4 hilos:** El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.

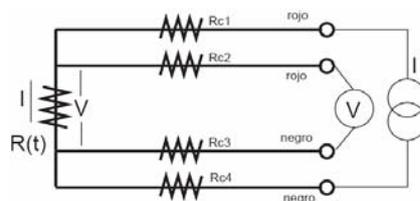


Figura 1.26 Pt100 conexión a cuatro hilos

Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente  $I$  conocida a través de  $R(t)$  provocando una diferencia de potencial  $V$  en los extremos de  $R(t)$ .

Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables  $R_{c2}$  y  $R_{c3}$  será cero ( $dV=I_c \cdot R_c=0 \cdot R_c=0$ ) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje  $V$  en los extremos del elemento  $R(t)$ . Finalmente el instrumento obtiene  $R(t)$  al dividir  $V$  medido entre la corriente  $I$  conocida.

## **1.7. REDES DE CAMPO INDUSTRIALES**

Con el nombre de redes de campo industriales se quiere identificar a aquellas que permiten recopilar (adquisición de datos) y / o supervisar (controlar), generalmente desde un mismo sitio (panel / cuarto de control), las variables de una planta o proceso industrial. Los valores acerca de temperatura, humedad, estado (abierto / cerrado) de válvulas, velocidad de giro de un motor, etc., son enviados al centro de control por dispositivos tales como transductores y / o principalmente transmisores en donde se despliegan, registran o procesan. Con esta información se toman decisiones, sea en forma supervisada o automática, para comandar los actuadores que lograrán activar / desactivar dispositivos de campo que procuran mantener trabajando al proceso dentro de los parámetros definidos por el usuario.

Se ha adoptado el nombre de redes de campo industriales para diferenciarlas de las típicas redes de computadoras administrativo - financieras que ahora son parte vital de toda organización.

### **1.7.1. Arquitectura de las redes de campo industriales**

Las redes industriales, limitadas antes a comunicar los diferentes dispositivos de campo (transductores y transmisores con actuadores) han ido evolucionando para poder procesar los datos que una planta moderna debe generar para ser competitiva, segura, confiable. Así mismo, han tenido que desarrollarse para poder satisfacer las necesidades de información que ahora se tiene no solo a nivel de proceso sino también a nivel de gerencia.

Para poder satisfacer estos requerimientos, que implica que en una red industrial moderna deban coexistir con equipos de todo tipo, es necesario agruparlos en una forma jerárquica, de tal forma que se optimice su uso, administración y mantenimiento.

**Nivel de Gestión:** Se encarga de integrar los niveles inferiores a una estructura organizada y jerárquica. Las máquinas en este nivel sirven de enlace entre el proceso productivo y el área de gestión, en la cual se requiere información sobre ventas, tiempos de producción, repuestos en bodega, etc. Emplean redes tipo LAN y WAN que funcionan bajo protocolos como Ethernet.

**Nivel de Control:** Se encarga de enlazar y controlar los distintos procesos, líneas de producción de una planta industrial. A este nivel se sitúan los PLCs de gran desempeño y poder, así como computadoras destinadas a diseño, control de calidad, programación. Suelen emplear redes tipo LAN que funcionan bajo el protocolo Ethernet.

**Nivel de Campo y Proceso:** Aquí se realiza la integración de la información generada y requerida por los procesos de campo automáticos y controlados que utilizan PLCs y Controladores, multiplexores de Entrada / Salida (I/O), controladores PID, etc., conectados en sub – redes. Aquí es frecuente encontrar uno o varios autómatas modulares, actuando como maestros. En este nivel se emplean los buses o redes industriales de campo que funcionan bajo protocolos como Fieldbus, Profibus, por mencionar algunos.

**Nivel de I/O:** Es el nivel más próximo a las variables físicas de la planta. Aquí se hallan los sensores (transmisores) y actuadores encargados de medir y controlar los procesos productivos, respectivamente. Basados en la información que se recoge en este nivel, aplicaciones de control toman las decisiones necesarias que garantizan una correcta automatización y supervisión. En este nivel se emplean protocolos como: Seriplex, Hart, CanBus, etc.



**Figura 1.27 Niveles de una red industrial**

### 1.7.2 INDUSTRIAL ETHERNET

La norma IEEE 802.3 basada en la red Ethernet de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. En la actualidad se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles superiores. En todo caso se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales:

Se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura etc. La tarjeta adaptadora Ethernet empieza a encarecerse cuando se la dota de robustez para un entorno industrial. Parece difícil que Ethernet tenga futuro a nivel de sensor, aunque puede aplicarse en nodos que engloban conexiones múltiples de entrada-salida. Como conclusión Ethernet está ocupando un área importante entre las opciones para redes industriales, pero parece aventurado afirmar, como se ha llegado a hacer, que pueda llegar a penetrar en los niveles bajos de la pirámide CIM.

### 1.7.3. El modelo OSI

En los comienzos de las redes digitales, muchas redes se desarrollaron utilizando hardware y software diferentes. Como resultado, muchas de las redes resultaron incompatibles y les resultó muy difícil poder comunicarse entre sí. Para solucionar este problema, la Organización Internacional para la Normalización (ISO) consideró que era necesario crear un modelo de red que pudiera ayudar a los diseñadores a implementar redes que pudieran comunicarse y trabajar en conjunto (interoperabilidad) y que sigan la filosofía de brindar una arquitectura abierta (Open). Del análisis realizado elaboraron el modelo de referencia OSI.

El problema a resolverse era cómo conectar varios nodos (computadoras, impresoras y, ahora PLCs) a un mismo medio físico y lograr que estos intercambien su información sin errores y lograr que se identifiquen entre sí para que un mensaje o dato que sale de un remitente llegue al destinatario correcto. El resultado fue un modelo de conectividad por capas.

Las siete capas del modelo de referencia OSI son:

CAPA	NOMBRE	DESCRIPCION
7	Aplicación	Especificaciones y protocolos para aplicaciones y usuarios de redes: como enviar un mensaje, como especificar el nombre en un archivo, como responder a solicitudes, etc.
6	Presentación	Representación de los datos. Traducción de los datos. Codificación y Decodificación.
5	Sesión	Establecimiento de sesión de comunicación. Seguridad.
4	Transporte	Integridad de transferencia, corrección de errores. Los datos son empaquetados en tamaños manejables. Reenvía mensajes fallidos y no duplica mensajes.
3	Red	Asignación de dirección, métodos de transmisión de paquetes, enrutamiento.
2	Enlace	Formato y transmisión de la trama.
1	Física	Componentes físicos básicos: cables, conectores, velocidades, etc.

**Tabla 1.2 Capas del modelo de referencia OSI**

### 1.7.4. Protocolo TCP/IP

Este protocolo fue el resultado de la investigación y desarrollo realizado por el Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) sobre la red experimental con conmutación de paquetes ARPANET.

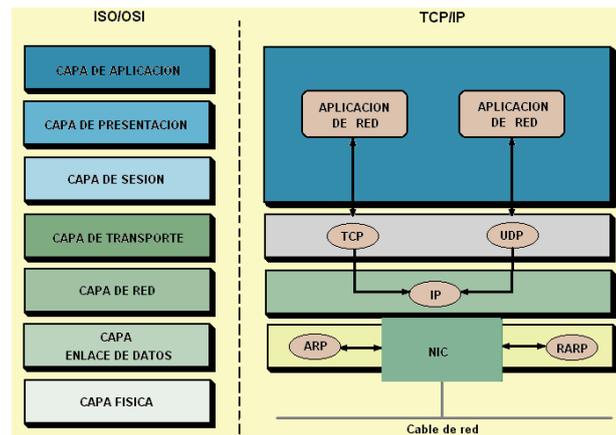


Figura 1.28 Comparación entre OSI y TCP/IP.

En realidad consiste de un juego de protocolos tal como se muestra en la Figura 1.28.

En comparación con el modelo OSI, se puede notar inmediatamente que las capas de Presentación y Sesión no existen. La capa de aplicación del modelo TCP/IP en cierta forma realiza sus funciones. En lugar de la capa de red se tiene la capa Internet y las capas de enlace de datos y física se reemplazan con la capa de Acceso a la Red (Network Access).

Es obligatorio conocer al modelo TCP/IP pues la gran mayoría de las redes a nivel mundial funcionan bajo este protocolo. Si un dispositivo de una red industrial debe conectarse por medio de una red tipo Ethernet o Internet a otro dispositivo en otra red, deberá necesariamente encapsular sus datos con los estándares que se maneja en TCP/IP, en particular deberá usar las direcciones IP.

### **1.7.5. SCADA**

"Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor. Se trata de un sistema que permite controlar y / o supervisar una planta o proceso por medio de una estación central (generalmente una PC) que hace de Master (llamada también estación maestra o unidad terminal maestra (MTU)) y una o varias unidades cercanas o remotas (generalmente RTUs) por medio de las cuales se hace el control / adquisición de datos hacia / desde el campo. La supervisión significa que un operador humano es el que al final tiene la última decisión sobre operaciones, generalmente críticas, de una planta industrial.

### **1.7.6. DCS**

Distributed Control System, es un sistema de control que cumple con sus funciones de control a través de una serie de módulos de control automáticos e independientes, distribuidos en una planta o proceso. El funcionamiento de esta arquitectura es evitar que el control de toda la planta esté centralizado en una sola unidad. De esta forma, si una unidad de control falla, el resto de unidades podría seguir funcionando.

### **1.7.7. HMI**

Una Interfaz Hombre-Máquina HMI, es un mecanismo que le permite a un operador humano interactuar con una máquina o proceso y determinar el estado (prendido / apagado) o magnitud de los dispositivos y/o variables físicas que están presentes en una planta o proceso industrial.

### **1.7.8. Tiempo real**

Significa que un dispositivo de medida es capaz de mostrar el valor de una variable en el instante preciso en que la misma efectivamente tiene ese valor. Cuando se emplea computadoras, controladores o cualquier dispositivo que funciona en base a un programa de computación para procesar información de campo, aparece un desfase en el tiempo, un retardo, que puede incidir en la exactitud instantánea del valor mostrado. Esta falta de exactitud puede pasar desapercibida, particularmente en la medición de variables “lentas” o puede ser considerable si se trata de variables “rápidas”.

### **1.7.9. Estructura Abierta**

Vale indicar que aún no se ha establecido un estándar para las extensiones en tiempo real en cuanto a los sistemas operativos. Así que la principal ventaja de un sistema basado en PC - su estructura abierta – puede llegar a ser un inconveniente. No obstante, la estructura abierta, permite a la empresa o al desarrollador más libertad en la elección de la herramienta adecuada para el diseño, programación e implementación del sistema SCADA. La solución comienza a ser propietaria nuevamente (cada empresa ofrece su solución) y la conversión a futuras generaciones de sistemas operativos se hace más difícil.

### **1.7.10. Necesidad de un sistema SCADA**

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

1. Que el número de variables del proceso que se necesita monitorear sea alto.
2. El proceso debe tener transmisores y actuadores geográficamente distribuidos. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.

3. La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o, en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
4. Que exista la necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
5. Que los beneficios obtenidos en el proceso a ser controlado justifiquen la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse en aumento de la producción, de la confiabilidad, de los niveles de seguridad, etc.
6. La complejidad del proceso requiere que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se podría optar por un Sistema de Control Automático, el cual puede constituir o ser parte de un Sistema de Control Distribuido, que contaría con PLCs, Controladores o una combinación de ellos.

#### **1.7.11. Funciones de un sistema SCADA**

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

1. Automatización: Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, desde los equipos de campo: estados de dispositivos, magnitud de variables. Según su programa, podrá ejecutar acciones de control en forma automática, incluyendo el disparo de alarmas, etc.
2. Supervisión: Por medio de la HMI mostrar y / o alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Basados en los datos enviados, el operador podrá iniciar acciones de control, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.
3. Manejo de alarmas: Disparar alarmas en forma automática para que el usuario pueda ejecutar acciones de control que controlen las situaciones anómalas que las generaron.
4. Generación de reportes: Basadas en la información obtenida por el sistema es posible generar: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

## **CAPITULO II**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO**

#### **2.1. SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE AUTOMATIZACIÓN.**

Por aspectos de homologación tecnológica de la planta Aglomerados Cotopaxi S.A., entendido como la estandarización de plataformas de control, que permita el mejor desempeño para las tareas de mantenimiento y producción, el proceso de modernización y automatización a seguir, se define de la siguiente manera:

Control del Proceso con PLC; diseño, montaje del tablero de control y fuerza, sensores y actuadores; empleo de variadores de velocidad para el control del motor de la banda transportadora de carga y de la banda transportadora “Mylar” de la prensa, e implementación del sistema HMI con fines de mantenimiento y monitoreo del estado del proceso de prensado, lo que implicará el establecimiento de una comunicación entre los dispositivos de entrada/salida y control.

Por lo tanto el proceso de modernización del control de prensado se lleve a cabo en los siguientes términos:

1. Upgrade del PLC. De acuerdo a los lineamientos y requerimientos de la empresa se optó por la plataforma Siemens Simatic S7-300. Este proceso es uno de los más

importantes, porque consiste en realizar el estudio de los planos antiguos del proceso controlado por relés electromecánicos, interpretar, rediseñar y optimizar la lógica de control de acuerdo a las nuevas condiciones de servicio.

2. Reutilización de sensores, actuadores y demás componentes eléctricos y electrónicos que satisfagan los requisitos técnicos.
3. Cambio de los motores de doble velocidad, de la cinta de carga y de la cinta del “Mylar” de la prensa, por unos motores adecuados para trabajar con variadores de frecuencia.
4. Implementación de controles de velocidad a través de variadores de frecuencia, para el motor de la cinta de carga y para el motor de la cinta del “Mylar” de la prensa.
5. Selección de sensores adecuados para la protección y verificación del estado de nivelación del plato superior de la prensa.
6. Diseño de un sistema de visualización del estado de funcionamiento del proceso y de un código de alarmas que faciliten el mantenimiento y reparación de la misma reduciendo los tiempos muertos.
7. Interpretar el funcionamiento del sistema hidráulico del proceso de prensado.
8. Realizar la documentación técnica necesaria: planos eléctricos, hidráulicos, respaldo de los programas, listados de parámetros de los variadores de velocidad, así como el manual de operación y mantenimiento del equipo.

## **2.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.**

Para una fácil comprensión del proceso, se realizó el siguiente diagrama de bloques del sistema, éste engloba todo el proceso de control que realiza el PLC, las flechas indican la secuencia de los bloques, es decir para los que corresponden, entradas, salidas y entradas/salidas respectivamente al PLC.

**B1:** Corresponde al PLC como parte fundamental del proyecto, éste es un controlador de la familia SIMATIC S7-300 de Siemens. Éste se encarga de todo el control del proceso de prensado que realiza la máquina BURKLE, con las señales provenientes de los dispositivos

de campo que ingresan al PLC, además de gestionar las alarmas y realizar la comunicación del estado del proceso a la interfaz HMI a una PC.

**B2:** Señales de los sensores fotoeléctricos, los cuales indican la presencia del tablero en la mesa de descarga y el posicionamiento en la banda de carga, para el ingreso a la prensa. Además de los sensores de proximidad inductivos que envían la señal de que el plato superior de la prensa está nivelada, caso contrario no se puede realizar el proceso de prensado.

**B3:** Estos dispositivos están conformados por las botoneras y lámparas de señalización, estas botoneras están ubicadas en el campo del proceso, como en el pulpito de control, que son un conjunto de pulsadores con contactos normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrados (NC), que realizan la acción de marcha o paro de los equipos del proceso. Además los pulsadores de paro de emergencia, que realizan la desconexión inmediata del proceso en caso de suceda o esté por suceder una acción peligrosa. Las lámparas de señalización ubicadas en pulpito de control muestran al operador de la activación y/o desactivación de las máquinas.

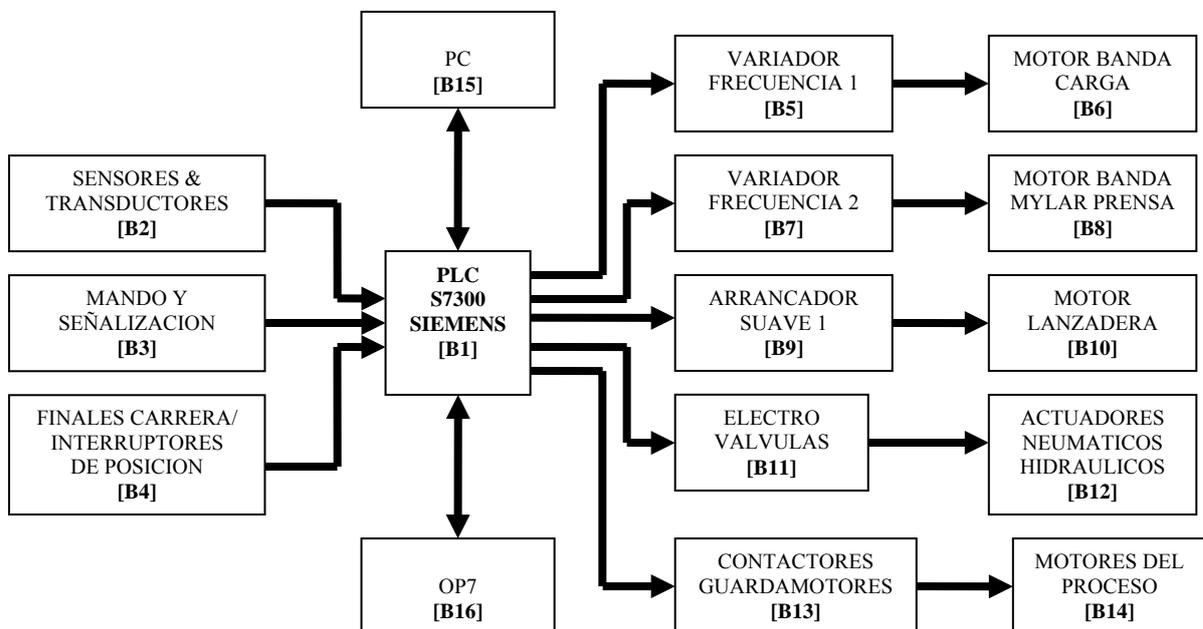


Figura 2.1 Diagrama de bloques del sistema.

**B4:** El proceso dispone de varios finales de carrera ubicados en todo el trayecto del proceso, estos envían señales de posicionamiento, detección de tableros, cambios de velocidad como parada para los variadores de frecuencia entre otras acciones importantes.

**B5:** Variador de velocidad del motor de la cinta de carga. Este realizará el control de: alta velocidad, lenta velocidad y el frenado del moto-reductor. Mejorando el sistema anterior que utilizaba un moto-reductor de dos velocidades.

**B6:** Motor Cinta (banda) carga. Es un moto-reductor asíncrono de corriente alterna, que posiciona el tablero frente a la prensa, listo para ser ingresado secuencialmente con el motor de banda en la prensa “Mylar”, éste moto-reductor tiene mejores características para el funcionamiento conjunto con un variador de velocidad, reemplazando así al antiguo moto-reductor de doble velocidad.

**B7:** Variador de velocidad del motor de la cinta en la prensa “Mylar”. Al igual que el moto-reductor de la cinta de carga, este realizará el control de: alta velocidad, lenta velocidad y el frenado del moto-reductor de la cinta del “Mylar”. Mejorando así el sistema anterior que utilizaba un moto-reductor de dos velocidades.

**B8:** Motor Cinta (banda) en la prensa “Mylar”. Es un moto-reductor asíncrono de corriente alterna que posiciona el tablero dentro de la prensa para ser prensado y con mejores características para el funcionamiento conjunto con el variador de velocidad, reemplazando así al antiguo moto-reductor de doble velocidad.

Cabe destacar que los dos variadores de velocidad trabajan conjunta y secuencialmente para un correcto posicionamiento del tablero dentro de la prensa.

**B9:** Arrancador suave para el motor de la lanzadera (ubica el tablero en la cinta de carga), éste provee una aceleración controlada y gradual sin pasos, así como una parada controlada, lo que lo libera de los transientes eléctricos y mecánicos.

**B10:** Motor de la lanzadera. Una vez el tablero encolado, éste se posiciona sobre una mesa de discos, que es movido hacia la cinta de carga para depositar el tablero en la misma, esté

motor realiza la secuencia de inversión de giro, que en general es depositar el tablero y regresar a su posición original.

**B11:** Es el conjunto de electroválvulas, que controlan los actuadores neumáticos e hidráulicos de todo el proceso de prensado.

**B12:** Estos son los actuadores controlados por las diferentes electroválvulas, específicamente los cilindros hidráulicos que realizan la presión y descompresión del plato superior de la prensa, los cilindros de las bombas hidráulicas de las mesas 1 y 2, y de los pistones neumáticos que realizan acciones como alimentar de cola a los rodillos encoladores, entre otros.

**B13:** Estos dispositivos son importantes para la protección y accionamiento de los elementos de fuerza del proceso, como son principalmente los motores eléctricos de corriente alterna.

**B14:** Es el conjunto de todos los motores asíncronos de corriente alterna, que realizan funciones de movimiento de las bandas, desplazamiento del empujador y lanzadera, rotación de la batidora, entre otros.

**B15:** Es una computadora de escritorio, en la cual se encuentran los diferentes software de programación y configuración:

SIMATIC WinCC V6.0, es en donde se realizó el HMI del proceso, que realiza las funciones de control y monitoreo de los dispositivos, en donde se visualiza el estado de funcionamiento de los diferentes sensores y actuadores, motores, finales de carrera, visualización de las temperaturas de los platos de la prensa como del valor real de presión que están inyectando los cilindros en el momento del prensado, así como también alertara cuando se produzca un evento de alarma y detallara el lugar en donde se origina. Además posee pantallas de visualización de gráficos e históricos de las temperaturas y presiones, estado de activación de las electroválvulas de prensado, generación de alarmas globales ocurridas, datos de producción por turnos. En las pantallas del proceso se indican las condiciones de arranque de motores y activación de las electroválvulas, ingreso de los

tiempos de prensado y enfriamiento de los tableros, horas de funcionamiento de los motores, así como históricos de arranque y parada de los mismos.

SIMATIC STEP 7, en donde se realiza: la configuración del hardware, programar y monitorear en línea al PLC, simular un programa, configurar una red, entre otras opciones. La comunicación de la PC con el PLC se realiza mediante el protocolo de comunicación TCP/IP de Industrial Ethernet, mediante el módulo de comunicación CP 343-1 Lean de Siemens, manejada por el software SIMATIC NET.

Estos programas descritos son de propiedad de la marca SIEMENS.

**B16:** Panel de operación Siemens OP7, en el cual se visualiza y se ingresan los principales parámetros del proceso como son: ingreso del tiempo de prensado, ingreso del tiempo de enfriamiento del tablero en los rodillos de salida, visualización de las temperaturas de los platos de la prensa, visualización del valor de las presiones de los cilindros, ingreso general del tiempo de horas de mantenimiento de los motores. La comunicación del OP con el PLC se realiza mediante el puerto de comunicación MPI.

Es importante aclarar que el diseño de las seguridades del proceso, no tienen influencia en la lógica de control del PLC, es decir todos los paros de emergencia actúan independientemente, considerando el peor de los casos de peligro, si la lógica de control falla, la máquina provocará situaciones peligrosas, para el efecto las paradas de emergencia deben ser implementadas físicamente, desactivando los mecanismos que sean necesarios y llevando la máquina a una condición segura. Se debe tener en cuenta que no siempre una parada de emergencia significa una parada instantánea de la máquina, tal es el caso de máquinas con gran inercia, cuya detención es amortiguada siguiendo una curva de deceleración que equilibre la reducción de una situación peligrosa y proteja la integridad de los seres humanos y de la máquina.

## 2.3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

La selección de componentes es un aspecto fundamental dentro del proceso de automatización, de esta manera se escoge el mejor equipamiento que se adecue a las necesidades del proceso y los requerimientos de la empresa.

Para tener un sistema de control y de fuerza más eficiente se definió eliminar los problemas antes mencionados, que se tenía con el proceso antiguo con relés y contactores electromecánicos, para eso se implementó una solución confiable y modular que permitirá realizar con facilidad, seguridad y eficiencia las modificaciones y expansiones que se requieran implementar a futuro. Cabe destacar que la mayoría de los dispositivos de control y de fuerza son de la marca SIEMENS, los variadores de velocidad son de la marca SEW-Eurodrive así como los moto reductores, el arrancador suave es de la marca WEG, entre los principales.

A todo el nuevo sistema se realizará una codificación de cada uno de los componentes que integran todo el proceso, es decir en el armario de control como en el campo, esto es importante, ya que en base a esto se realizara la asignación de la nomenclatura en los planos eléctricos, y así tener una identificación que facilitara la lectura de los mismos.

### 2.3.1 Requerimientos de entradas/salidas digitales y analógicas del sistema

#### Entradas/Salidas digitales

Entradas (DI)	
Descripción	Cantidad
motores E (entradas)	63
pulsadores (pulsadores, selectores)	27
finales de carrera	27
sensores de proximidad	3
Total	120

Tabla 2.1 Entradas digitales

Salidas (DO)	
Descripción	Cantidad
motores A (salidas)	32
lámparas	13
electroválvulas	17
Total	62

Tabla 2.2 Salidas digitales

## Entradas/Salidas analógicas

Entradas (AI)	
Descripción	Cantidad
manómetros	2
sensores de temperatura PT100	3
Total	5

Tabla 2.3 Entradas analógicas

Salidas (AO)	
Descripción	Cantidad
-	-
-	-
Total	0

Tabla 2.4 Salidas analógicas

### 2.3.2 PLC SIMATIC S7-300 y módulos de funciones

ACOSA decidió utilizar la familia de PLC de la gama media Simatic S7-300 con un CPU 314, en concordancia con su experiencia que le ha llevado a preferir el uso de equipos de control industrial Siemens.

La siguiente tabla muestra los componentes del sistema de control principal del proceso.

Cant.	DISPOSITIVO
1	PLC Siemens S7 300 CPU 314, 1 puerto MPI
1	Tarjeta de comunicación Ethernet CP 343-1 para PLC Siemens
5	Módulos de 32 entradas digitales 24 VDC, para PLC Siemens
3	Módulos de 32 salidas digitales, para PLC Siemens
1	Módulo de 8 entradas analógicas universales, Siemens
1	Memory Card 128 KB
1	Módulo de Interfaz IM365

Tabla 2.5 Componentes del sistema de control principal del proceso

El S7-300 para soluciones de automatización centradas en ingeniería de fabricación constituye una plataforma de automatización universal, y así, una solución óptima para sus aplicaciones tanto en configuración centralizada como descentralizada o distribuida, como

quiera llamarla. Añadiendo permanentes innovaciones se revaloriza cada vez más esta plataforma de automatización.

**Campos de aplicación.-** El SIMATIC S7-300 ofrece soluciones para las más diversas tareas de automatización en los sectores siguientes:

- Sistemas de fabricación
- Industria del automóvil
- Maquinaria en general
- Maquinaria especial
- Maquinaria de serie (máquinas de producción de todo tipo), OEM)
- Transformación de plásticos
- Industria del embalaje
- Industria alimentaria
- Procesos (p. ej. depuración de aguas residuales; sistemas de gestión de servicios en edificios)

### **Módulo de entradas digitales SM 321; DI 32 x DC 24 V**

Referencia: 6ES7 321-1BL00-0AA0

#### **Propiedades**

El módulo de entradas digitales SM 321; DI 32 x DC 24 V se distingue por las propiedades siguientes:

- 32 entradas, con separación galvánica en grupos de 16
- Tensión nominal de entrada 24 V c.c.
- Adecuado para conmutadores y detectores de proximidad

## **Módulo de salidas digitales SM 322; DO 32 x DC 24 V/ 0,5 A**

Referencia: 6ES7322-1BL00-0AA0

### **Propiedades**

El módulo SM 322; DO 32 x DC 24 V/0,5 A se distingue por las propiedades siguientes:

- 32 salidas, con separación galvánica en grupos de 8
- Intensidad de salida 0,5 A
- Tensión nominal de carga 24 V c.c.
- Adecuado para electroválvulas, contactores de c.c. y lámparas de señalización

## **Módulo de entradas analógicas SM 331; AI 8 x 12 Bit;**

Referencia: 6ES7331-7KF02-0AB0

### **Propiedades**

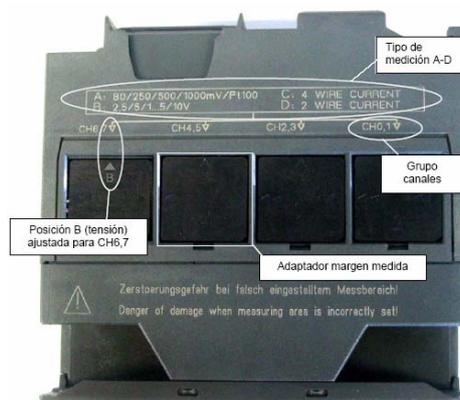
- 8 entradas formando 4 grupos de canales
- Tipo de medición ajustable por grupo de canales
  - Tensión
  - Intensidad
  - Resistencia
  - Temperatura
- Resolución ajustable por grupo de canales (9/12/14 bits + signo)
- Selección del rango de medición discrecional por cada grupo de canales
- Diagnóstico parametrizable y alarma de diagnóstico
- Supervisión de valores límite ajustable para 2 canales
- Alarma de proceso ajustable al rebasarse el valor límite
- Con separación galvánica frente a la CPU y a la tensión de carga

**Resolución.-** La resolución del valor medido depende directamente del período de integración elegido. Por tanto, cuanto más prolongado sea éste para un canal de entrada analógica tanto mayor será la resolución del valor medido.

### Adaptadores de margen de medida

El módulo analógico SM331 tiene a un costado 4 adaptadores de margen de medida (uno por grupo de canales). Cada adaptador puede enchufarse en 4 posiciones diferentes (A, B, C o D). La posición define qué transductor se conecta al grupo de canales respectivo.

En nuestro proyecto, en el grupo de canales CH 0,1, en la entrada 0 y 1, se conecta dos sensores con un transductor de corriente de 4 a 20mA, por lo que los adaptadores están en la posición B. Para conectar dos termoresistencias del tipo PT100 se precisa dos grupos de canales completos (CH2,3/CH4,5), los adaptadores deben pasarse a la posición A. Quedando libre el grupo de canales (CH 6,7), para otra aplicación de conexión a futuro.



**Figura 2.2 Cuatro adaptadores de margen de medida ajustados de fábrica a B (tensión)**

Posición	Tipo de medida
A	Termopar / medida de resistencia
B	Tensión (ajuste de fábrica)
C	Intensidad/Corriente (transductor a 4 hilos)
D	Intensidad/Corriente (transductor a 2 hilos)

**Tabla 2.6 Posiciones posibles de los adaptadores de margen de medida**

## **Módulo de interfaz IM 365**

Referencia: 6ES7365-0BA01-0AA0

### **Propiedades**

El módulo de interfaz IM 365 presenta las propiedades siguientes:

- Pareja de módulos preequipados para los bastidores 0 y 1
- Alimentación de 1,2A en total, de ellos cada bastidor puede utilizar un máximo de 0,8A
- Cable de conexión de 1 m ya fijo
- En el bastidor 1 sólo pueden montarse módulos de señales
- El IM 365 no conduce el bus de comunicación hacia el bastidor 1, es decir los FMs con función de bus de comunicación no se pueden enchufar en el bastidor 1.

### **2.3.3 Selección de los moto-reductores para las bandas de transporte (cinta carga & Mylar)**

Las bandas transportadoras son importantes en el proceso de prensado, para lo cual se decidió utilizar los componentes modulares de SEW-Eurodrive que crea un control personalizado para satisfacer sus requerimientos específicos de la aplicación.

Características de los reductores de velocidad de SEW:

- Modelo: Motores de C.A.
- Necesidades de espacio mínimas
- Diseño versátil y robusto

- Diversidad de combinaciones soportada
- Funcionamiento silencioso

Los motores de C.A. SEW se utilizan si se precisa una amplia gama de velocidad o alta precisión de control o si se requiere el posicionamiento exacto de grandes masas. En cuanto a temperatura de refrigeración y altitud, los rangos entregados para cada motor en las hojas de información técnica, están referidos a operación continua S1 de acuerdo con EN 60034/IE 34 y aplican a una instalación de 1000 metros sobre el nivel del mar. Todos los motores de una velocidad y multivelocidades son suministrados con un aislamiento que tiene clasificación térmica B (temperatura máxima admisible 130 ° C), según EN 60034/IEC 34.

Debido a su alto grado de aislamiento estándar, los motores pueden ser operados con variadores de frecuencia, sin restricción alguna.



**Figura 2.3 Motoreductores de la marca SEW Eurodrive**

Placa de características de los motoreductores					
Voltaje (V)	Amperaje (A)	Frecuencia (Hz)	Cos $\Phi$	RPM	Potencia (Kw)
220 / 440	12,0 / 6,0	60	0,8	1700 / 90	3,0

**Tabla 2.7 Placa de características de los motoreductores para la cinta de carga y mylar**

### 2.3.4 Selección de los variadores de velocidad

Para complementar el buen funcionamiento de los motoreductores se adquirió convertidores de frecuencia MOVITRAC de la marca SEW Eurodrive, estos permiten un

ajuste electrónico variable de la velocidad de los motoredutores y motores con freno de C.A. de SEW.

### **Características**

- Electrónica de control con aislamiento galvánico que sigue siendo operativa incluso con fluctuaciones en la tensión de alimentación.
- Funcionamiento estable, par de arranque y par de aceleración potentes (capacidad de sobrecarga de hasta  $1,5 \times I_N$ ) marcha regular del motor con bajo nivel de ruido y sin sacudidas.
- Protección térmica del motor.
- Interface de usuario del PC.
- Visualización de datos del proceso.
- Características específicas para aplicaciones especiales que son parte del diseño estándar (por ejemplo, función de elevación)
- Protección electrónica contra fugas a tierra, cortocircuitos y sobrecarga.
- Funciones adicionales disponibles, por ejemplo, regulación de la velocidad, funcionamiento utilizando sistemas de bus de campo estándar o funcionamiento síncrono, control de posicionamiento mono-eje.



**Figura 2.4 Convertidores de frecuencia MOVITRAC de SEW Eurodrive**

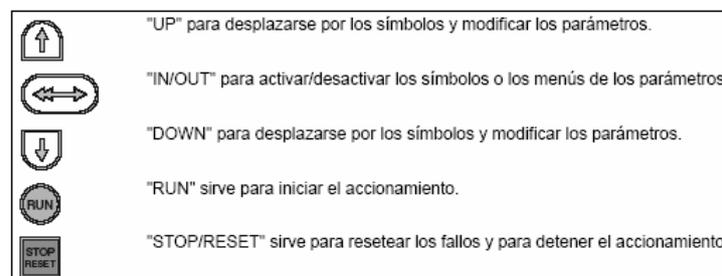
### 2.3.4.1 Parámetros de programación

A continuación describiremos las principales acciones realizadas en los variadores de velocidad para tener un correcto funcionamiento de los mismos. Comenzamos conociendo la función que realiza cada uno de los bornes que dispone el variador, los mismos que serán manejados por señales controladas por el PLC, y de esta manera controlando también las velocidades del motor-reductor.

Borna	Función	
X1	L1/L2/L3/PE L/N/PE	Conexión a la red
X2	U/V/W/PE	Conexión del motor
X3	PE/+R/-R	Conexión de la resistencia de frenado
X10:		
1	VO24	Salida de tensión auxiliar +24 V (máx. 50 mA)
2	DI01	Entrada binaria 1, asignación fija con Derecha/Parada
3	DI02	Entrada binaria 2, ajuste de fábrica Izquierda/Parada
4	DI03	Entrada binaria 3, ajuste de fábrica Habilitación
5	DI04	Entrada binaria 4, ajuste de fábrica n11/n21
6	DI05	Entrada binaria 5, ajuste de fábrica n12/n22 (TF sólo se puede conectar a DI05)
7	VOTF	Alimentación de tensión para TF (sonda térmica PTC)
8	DO01-C	Salida binaria 1, ajuste de fábrica /Fallo
9	DO01-NO	Salida binaria 1, contacto normalmente abierto
10	DO01-NC	Salida binaria 1, contacto normalmente cerrado
11	DO02	Salida binaria 2, ajuste de fábrica Freno desbloqueado ( $I_{m\acute{a}x} = 150$ mA)
12	GND	Potencial de referencia
13	AI11	Entrada analógica 0 ... 10 V / 0(4) ... 20 mA
14	AI12	
15	GND	Potencial de referencia
16	SC11	Bus del sistema Alto, entrando
17	SC12	Bus del sistema Bajo, entrando
18	GND	Potencial de referencia
19	SC21	Bus del sistema Alto, saliendo
20	SC22	Bus del sistema Bajo, saliendo
21	GND	Potencial de referencia
X11	RS-485	Interface de servicio para UWS21A conectada al PC o al módulo de parámetros UBP11A

**Tabla 2.8 Descripción del funcionamiento de las bornas**

Para realizar la programación de los parámetros de los variadores debemos conocer las funciones del teclado del panel de control.



**Figura 2.5 Teclado del panel de mando integrado en el variador**

Si se pulsa la tecla “IN/OUT” una vez se accede al modo de edición, y si se pulsa dos veces se sale del modo de edición.

Las teclas “UP”, “DOWN” e “IN/OUT” permiten desplazarse por los menús. Las teclas RUN y STOP/RESET controlan el accionamiento. El potenciómetro del valor de consigna sirve para definir valor de consigna. Los símbolos del panel de operador se pueden seleccionar mediante las teclas UP y DOWN, y de esta manera se puede elegir la función para poder observar o en su defecto realizar el cambio de parámetros.

Símbolo	Función
	Muestra el estado del convertidor o (en el estado "Accionamiento habilitado") la velocidad real calculada en [rpm]
	Muestra la corriente aparente de salida en [A]
	Ajuste de la rampa de aceleración en [s]
	Ajuste de la rampa de deceleración en [s]
	Ajuste de la velocidad máxima en [rpm]
	Ajuste de la consigna fija n11 en [rpm]
	Ajuste de la consigna fija n12 en [rpm]
	Puesta en marcha del motor P-01 ... P-05
	Ajuste de los parámetros del convertidor
	Activa el módulo de control de velocidad manual en el panel de mando

Figura 2.6 Símbolos del panel de operación del variador

### Parámetros de puesta en marcha del motor - símbolo

La siguiente tabla muestra los parámetros de puesta en marcha del motor-reductor de la cinta de carga y de la cinta del mylar, como los dos motoredutores son los mismos, los parámetros coinciden:

Nº	Nombre	Rango	Valor tras la puesta en marcha
P-01	Modo de funcionamiento	0	VFC o VFC & ELEVACION
P-02	Potencia nominal del motor	3,0	[kW]
P-03	Velocidad nominal del motor	1700	[rpm]
P-04	Frecuencia nominal del motor	60	[Hz]
P-05	Tensión nominal del motor	440	[V]

**Tabla 2.9** Parámetros de puesta en marcha del motor-reductor de la cinta carga y cinta del mylar

## Principales parámetros del convertidor de frecuencia - símbolo Par

### Lista de principales parámetros para el motor-reductor de la cinta de carga ACCM302

Nº	OP	Índice dec.	Nombre	Margen / Ajuste de fábrica Display   MOVITOOLS	Valor tras la puesta en marcha
0			Valores de indicación (sólo de lectura)		
13			Rampas de velocidad		
130	•	8807	Rampa t11 subida	 0.1 ... 2 ... 2000 [s]	0,5
131	•	8808	Rampa t11 bajada	 0.1 ... 2 ... 2000 [s]	1,0
136	•	8476	Rampa parada rápida t13	0.1 ... 2 ... 20 [s]	2,0
16			Consignas fijas (registro 1)		
160	•	8489	Consigna interna n11	 0 ... 150 ... 5000 [rpm]	900
161	•	8490	Consigna interna n12	 0 ... 750 ... 5000 [rpm]	2100
3			Parámetros del motor		
30			Limitaciones		
301	•	8516	Velocidad mínima	0 ... 15 ... 5500 [rpm]	0
302	•	8517	Velocidad máxima	 0 ... 1500 ... 5500 [rpm]	2200
303	•	8518	Límite de corriente	0 ... 150 [% I <sub>N</sub> ]	150

**Tabla 2.10** Parámetros de la cinta de carga ACCM302

## Arranque del motor

El siguiente diagrama de movimiento muestra como se arranca el accionamiento con el modo de conexión de las bornas X10:2...X10:6 y las consignas fijas internas, para el variador de frecuencia ACCM302 que controla la banda de carga M302.

X10: 2 = DI01 Derecha / Parada  
 X10: 3 = DI02 Izquierda / Parada  
 X10: 4 = DI03 Habilitación / Parada rápida  
 X10: 5 = DI04 Consigna interna n11/n21  
 X10: 6 = DI05 Consigna interna n12/n22

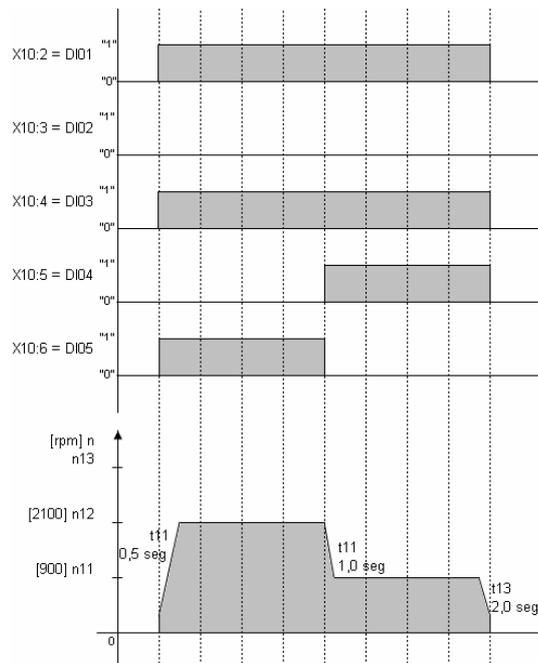


Figura 2.7 Diagrama de movimiento con consignas fijas internas ACCM302

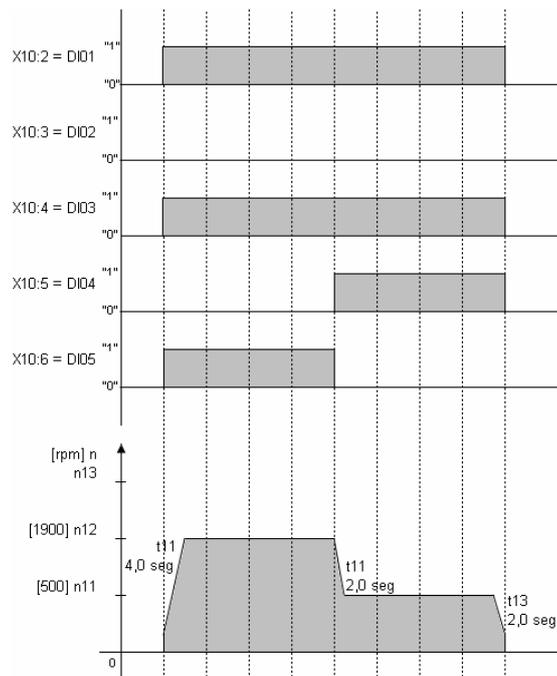
## Lista de principales parámetros para el motor-reductor de la cinta del Mylar ACCM401

Nº	OP	Índice dec.	Nombre	Margen / Ajuste de fábrica Display   MOVITOOLS	Valor tras la puesta en marcha
0_			Valores de indicación (sólo de lectura)		
13_			Rampas de velocidad		
130	*	8807	Rampa t11 subida	0.1 ... 2 ... 2000 [s]	4,0
131	*	8808	Rampa t11 bajada	0.1 ... 2 ... 2000 [s]	2,0
136	*	8476	Rampa parada rápida t13	0.1 ... 2 ... 20 [s]	2,0
16_			Consignas fijas (registro 1)		
160	*	8489	Consigna interna n11	0 ... 150 ... 5000 [rpm]	500
161	*	8490	Consigna interna n12	0 ... 750 ... 5000 [rpm]	1900
3_			Parámetros del motor		
30_			Limitaciones		
301	*	8516	Velocidad mínima	0 ... 15 ... 5500 [rpm]	0
302	*	8517	Velocidad máxima	0 ... 1500 ... 5500 [rpm]	2000
303	*	8518	Límite de corriente	0 ... 150 [% I <sub>N</sub> ]	150

Tabla 2.11 Parámetros de la cinta del Mylar ACCM401

## Arranque del motor

El siguiente diagrama de movimiento muestra como se arranca el accionamiento con el modo de conexión de las bornas X10:2...X10:6 y las consignas fijas internas, para el variador de frecuencia ACCM401 que controla la banda del Mylar M401.



**Figura 2.8 Diagrama de movimiento con consignas fijas internas ACCM401**

X10: 2 = DI01	Derecha / Parada
X10: 3 = DI02	Izquierda / Parada
X10: 4 = DI03	Habilitación / Parada rápida
X10: 5 = DI04	Consigna interna n11/n21
X10: 6 = DI05	Consigna interna n12/n22

### 2.3.5 Selección de Guardamotores y Contactores

**Guarda motores:** Para una primordial protección de los conductores de todo el sistema motor tanto en su material aislante como en sus conexiones, se eligió los guarda motores SIRIUS 3RV de siemens.

**Contactores:** La conmutación es una función realizada por el elemento adecuado que permitirá el paso o corte de energía eléctrica hacia la carga para energizarla o desenergizarla, esta función puede ser electromecánica o electrónica, y lo realizamos con los contactores SIRIUS 3RT.

En la tabla 2.12 se enlistan todos los motores que corresponden al proceso de enchapado, al frente de cada uno está el número de contactores y el número de relés de protección de sobreintensidad (guardamotor), que necesitan. Del mismo modo está el código de catálogo que pertenece a cada dispositivo.

Se debe destacar que de los veinte y dos motores enlistados, diez y nueve están en servicio (abreviatura en tabla OK) y los que sobran están fuera de servicio (abreviatura en tabla OUT). Para la selección de los contactores como de los guardamotores se tomaron en cuenta a todos los motores, sea que estén o no en servicio, ya que, los que no estén en servicio, a futuro se los puede poner en marcha.

<b>BURKLE</b>							
<b>N°</b>	<b>Motores/bombas</b>	<b>[estado]</b>	<b>Función</b>	<b>Guardamotores</b>		<b>Contactores</b>	
				<b>Cant.</b>	<b>Catálogo</b>	<b>Cant.</b>	<b>Catálogo</b>
1	Empujador	[OK]	Inversión giro	1	3RV1011-1GA1	2	3RT1016-1AP01 10E
2	Rodillos de entrada – transporte	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1DA1	1	3RT1015-1AP01 10E
3	Máquina encoladora	[OK]	2 velocidades	2	3RV1011-1HA1	3	3RT1016-1AP01 10E
4	Bomba para cola	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1JA1	1	3RT1016-1AP01 10E
5	Cinta de carga	[OK]	Motor-reductor Variador Frec.	1	3RV1011-1EA1	1	3RT1015-1AP01 10E
6	Cinta en la prensa Mylar	[OK]	Motor-reductor Variador Frec.	1	3RV1011-1FA1	1	3RT1015-1AP01 10E
7	Vías de roldanas-salida	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1BA1	1	3RT1015-1AP01 10E
8	Rodillos de la vía de discos (lanzadera)	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-0JA1	1	3RT1015-1AP01 10E
9	Avance de la vía de discos (lanzadera)	[OK]	Inversión giro	1	3RV1011-1GA1	2	3RT1016-1AP01 10E
10	Aspirador # 2	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1KA1	1	3RT1025-1AP04 22
11	Batidora	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1EA1	1	3RT1016-1AP01 10E
12	Bomba hidráulica de la prensa	[OK]	Arranque Y-D	1	3RV1031-4EA10	3	3RT1035-1AP04 22
13	Bomba hidráulica mesa 1	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1HA1	1	3RT1016-1AP01 10E
14	Bomba hidráulica mesa 2	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1KA1	1	3RT1025-1AP04 22
15	Bomba calefacción mesa inferior	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1JA1	1	3RT1025-1AP04 22
16	Bomba calefacción mesa superior	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1JA1	1	3RT1025-1AP04 22
17	Cepillo superior	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1FA1	1	3RT1015-1AP01 10E
18	Cepillo abajo	[OK]	Arranque directo	1	3RV1011-1FA1	1	3RT1015-1AP01 10E
19	Bomba para cola rodillo superior	[OUT]	Arranque directo	1	3RV1011-1BA1	1	3RT1015-1AP01 10E
20	Bomba para cola rodillo inferior	[OUT]	Arranque directo	1	3RV1011-1BA1	1	3RT1015-1AP01 10E
21	Mezclador de cola	[OUT]	Arranque Y-D	1	3RV1011-1JA1	3	3RT1016-1AP01 10E
22	Aspirador # 1	[OK]	Arranque directo	1	3RV1021-4DA1	1	3RT1034-1AP04 22
				<b>23</b>	<b>Guardamotores</b>	<b>30</b>	<b>Contactores</b>

**Tabla 2.12 Motores que conforman el proceso**

### 2.3.6 Selección de Sensores Discretos

Para la tarea de selección de sensores discretos, se va contestando y solventado las interrogantes y requerimientos de la aplicación, de acuerdo a los siguientes puntos:

#### 1) Presencia/Ausencia (Proximidad)

- Hay objeto o no.
- El objeto está en posición.
- Detección de nivel.
- Detección de marcas (taca).

#### 2) Medición e Inspección

- Distancia.
- Tamaño.
- Transparencia, reflectividad.
- Discriminación de color.
- Normalmente requieren otros sensores para el posicionamiento.

#### 3) Características del objeto.

- Tamaño.
- Rango.
- Velocidad.
- Movimiento entre el sensor y el objeto.
- Forma.
- Acabado superficial.
- Translucidez.
- Tipo de material.

#### 4) Requerimientos funcionales.

- Tamaño del sensor.
- Alimentación.
- Tipo de salida.
- Tiempo de respuesta.
- Diagnósticos.

- Temporizador.
  - Activo con o sin luz. NA o NC.
  - Ajuste de sensibilidad.
- 5) Características ambientales.
- Contaminación del aire.
  - Temperatura.
  - Choques, vibración.
  - Inmersión en el agua.
  - Peligrosidad.
- 6) Requerimientos del servicio.
- Ajustabilidad.
  - Salidas reemplazables.
  - Desconexión rápida.
- 7) Montaje Físico.
- Espacio restringido.
  - Mordazas, soportes, abrazaderas.
  - Pre-cableado o cable-conector.

### **2.3.7 Selección de varios componentes**

#### **Módulos de relés para carriles (RIEL DIN) WAGO**

Los relés electromagnéticos proporcionan en los sistemas modernos de automatización una conexión segura entre procesos periféricos y los equipos electrónicos de mando, señalización y regulación. Las funciones que cumplen estos relés son, entre otras:

- Separación galvánica, con elevado nivel de aislamiento, entre circuitos de entrada y salida
- Adaptación a distintos niveles de señal
- Amplificación y / o multiplicación de la señal ante la eventualidad de diferentes potenciales simultáneos

La actual construcción de los relés presentan las siguientes ventajas para está aplicación:

- Insensibilidad a influencias electromagnéticas por campos externos y transitorios
- Capacidad de soportar durante corto tiempo sobrecargas en los circuitos de entrada y salida
- Pérdidas de tensión muy pequeñas
- Un componente para conectar tanto en corriente continua como en corriente alterna

**Nombre del dispositivo:** Módulo con 4 relés, con 1 contacto NC y 1 contacto NA cada uno, Relé enchufado.

### **Unidades de control y señalización Telemecanique**

Pulsadores, selectores, lámparas de señalización entre otros dispositivos de la gama metálica Harmony.

Características:

- 100.000 horas de servicio continuo
- LED de alta luminosidad
- LED protegido contra los picos de tensión e inversión de polaridad
- LED protegido contra las perturbaciones electromagnéticas
- Consumo de corriente reducido (15mA)
- Mínimo calentamiento
- Gran resistencia a las vibraciones; muy superior a la de las lámparas incandescentes
- Alimentación directa de los módulos “Protected LED” (24VCC/CA, 110VCA, 230VCA)
- Contactos de apertura positiva y ruptura lenta
- Grado de protección IP65

Los dispositivos adquiridos de control y señalización son:

- Pulsadores con retorno
- Botones de emergencia con cabeza tipo hongo con enclavamiento
- Selectores de 2 y 3 posiciones con y sin llave
- Luces piloto
- Pulsadores iluminados con retorno

### **Interruptores de posición (Finales de Carrera)**

Los interruptores de posición se pueden aplicar en innumerables accionamientos:

- Supervisión de dispositivos de protección con articulaciones como puertas basculantes, tapas, etc.
- Supervisión de dispositivos de protección deslizantes como puertas corredizas, rejas de protección, etc.
- Registros de movimientos peligrosos de partes de máquinas

### **Selección:**

Para la selección de interruptores de posición se debe considerar:

- La dirección de arranque
- La velocidad de operación
- La forma del elemento de accionamiento
- Adecuada consistencia de los materiales

Entre las varias opciones de los interruptores de posición tenemos:

- Pulsante sencillo, prolongado y de rodillo
- Rodillo con pulsante sencillo y rodillo angular con pulsante
- Palanca de rodillo de ajuste fino, de longitud regulable y cabezal tipo palanca
- Varilla flexible con resorte
- Vástago prolongado y de rodillo para fijación central con rosca M18x1
- Palanca de horquilla

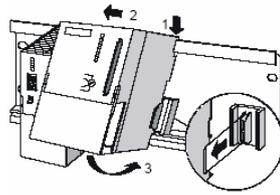
## **2.4 DISEÑO, CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PLC**

### **Ubicación física de los componentes**

Para una adecuada ubicación de los componentes de control del PLC se siguió los siguientes pasos:

- Montar y poner a tierra el perfil de soporte (bastidor 0)
- Efectuar el montaje de izquierda a derecha en esté orden:
  - Fuente de poder
  - CPU 314
  - Módulo IM 365 (realiza la comunicación con el bastidor 1 - transmisor)
  - Módulo CP 343-1 Lean (tarjeta de comunicación ethernet)
  - Cinco módulos de 32 entradas digitales DI
  - Dos módulos de 32 salidas digitales DO
- Montar y poner a tierra el perfil de soporte (bastidor 1)
  - Módulo IM 365 (realiza la comunicación con el bastidor 0 - receptor)
  - Módulo de 32 salidas digitales DO
  - Módulo de 8 entradas análogas universales

Los módulos DI y DO llevan adjuntos sendos empalmadores de bus.



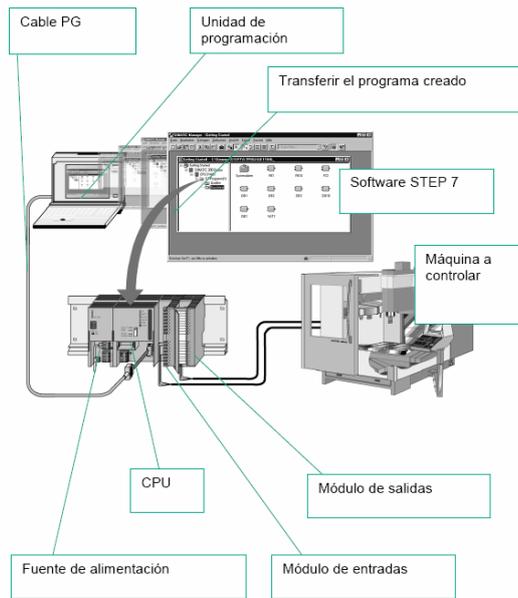
**Figura 2.9 Ilustración de montaje de los módulos**

- Cableamos los conectores frontales de, la fuente de alimentación, CPU, módulos de comunicación, módulos de entradas y salidas digitales y el módulo de entradas analógicas. Esto se lo hace cuando no exista ninguna tensión aplicada. El voltaje de alimentación para la CPU como para los módulos es de 24VDC.

**Configuración del hardware y el software.-** STEP 7 es el software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización SIMATIC. STEP 7 forma parte del software industrial SIMATIC. STEP 7 le asiste en todas las fases de creación de soluciones de automatización, tales como:

- Crear y gestionar proyectos
- Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación
- Gestionar símbolos
- Crear programas, por ejemplo, para sistemas de destino S7
- Cargar programas en sistemas de destino
- Comprobar el sistema automatizado
- Diagnosticar fallos de la instalación

Con el software de STEP 7 crearemos 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) vigila y controla la máquina con ayuda del programa S7. A los módulos de entradas/salidas se accede mediante direcciones.



**Figura 2.10. Interacción de software y hardware**

Una vez realizado el montaje, y que todos los módulos estén alimentados eléctricamente, se procedió a desarrollar los siguientes pasos, para la configuración del software y del hardware de control.

**Instalar y autorizar.-** Al utilizar STEP 7 por primera vez, el software se deberá instalar y la autorización se deberá transferir del disquete al disco duro.

**Diseñar el control.-** Antes de trabajar con STEP 7, planifique su solución de automatización dividiendo primero el proceso en diversas tareas y creando luego un plano de configuración (ver ítem 2.5 Diseño del software de control).

**Crear la estructura del programa.-** Las tareas descritas en el diseño del control se tienen que plasmar en un programa estructurado en base a los bloques disponibles en STEP 7 (ver ítem 2.5 Diseño del software de control).

**Iniciar STEP 7.-** STEP 7 se arranca desde el interface de Windows de la PG/PC.

**Crear la estructura del proyecto.-** Un proyecto es similar a una carpeta que contiene todos los datos estructurados jerárquicamente, estando disponibles en cualquier momento. Tras crear un proyecto, todos los demás trabajos se realizan en el mismo.

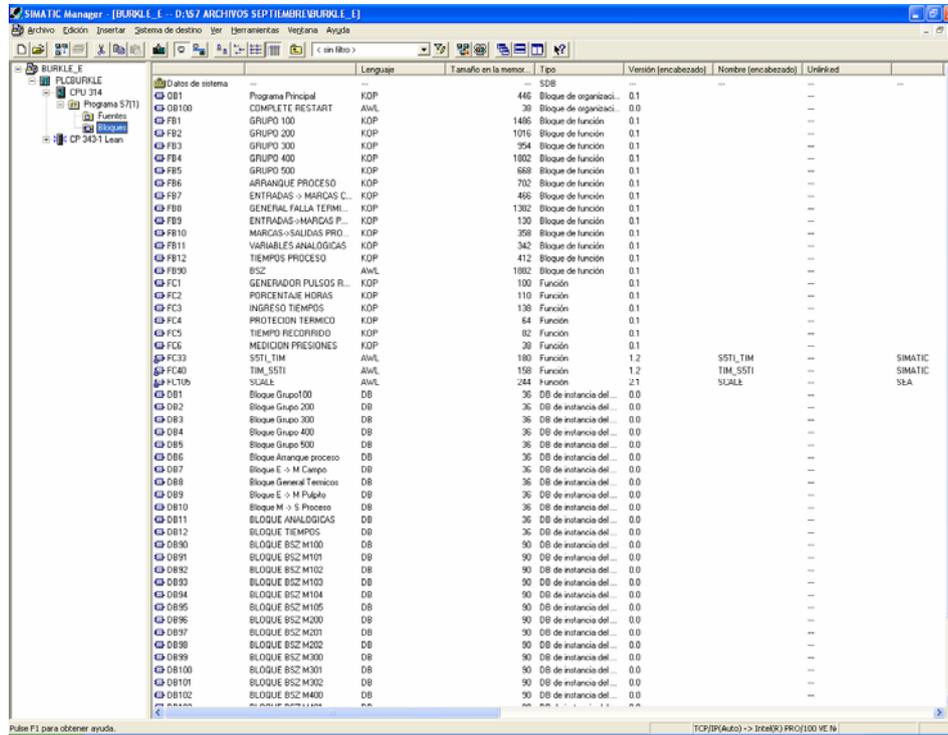


Figura 2.11 Estructura del proyecto

**Crear el equipo.-** Al crear el equipo se determina el control: por ejemplo, SIMATIC 300, SIMATIC 400, SIMATICS5. Para el presente proyecto tenemos el equipo SIMATIC S7 300, CPU 314.

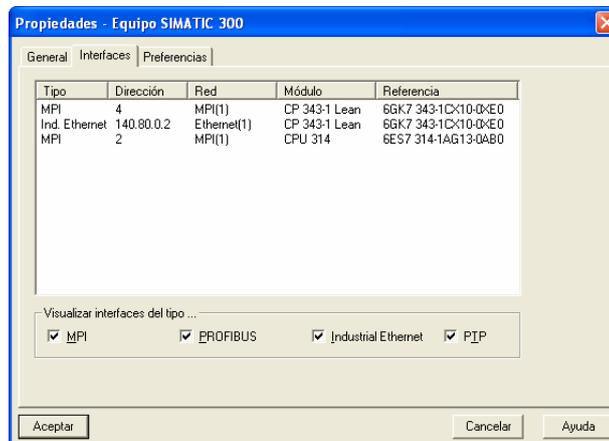


Figura 2.12 Propiedades equipo SIMATIC S7 300

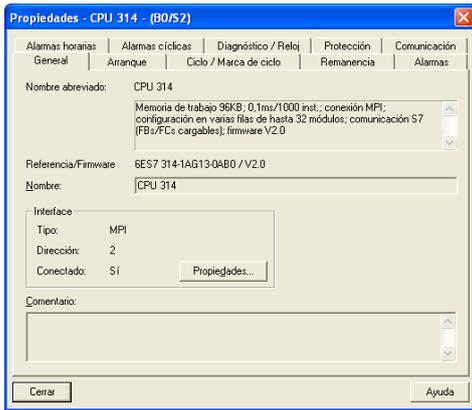


Figura 2.13 Propiedades CPU 314

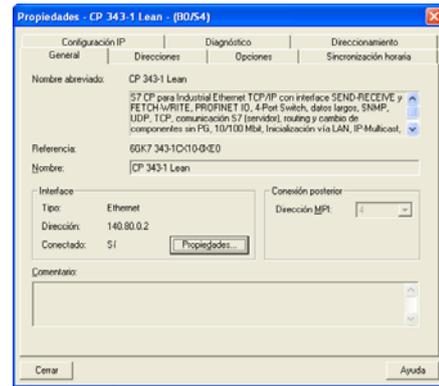


Figura 2.14 Propiedades CP 343-1 Lean

**Configurar el hardware.-** Al configurar el hardware se define en una tabla de configuración qué módulos se desea utilizar para la solución de automatización y a través de qué direcciones se debe acceder a los módulos desde el programa de usuario. Además, las propiedades de los módulos se pueden ajustar mediante parámetros. Para configurar el sistema de automatización, se eligen los bastidores (racks) de un catálogo electrónico y luego se asignan los módulos seleccionados a los slots deseados de los bastidores.

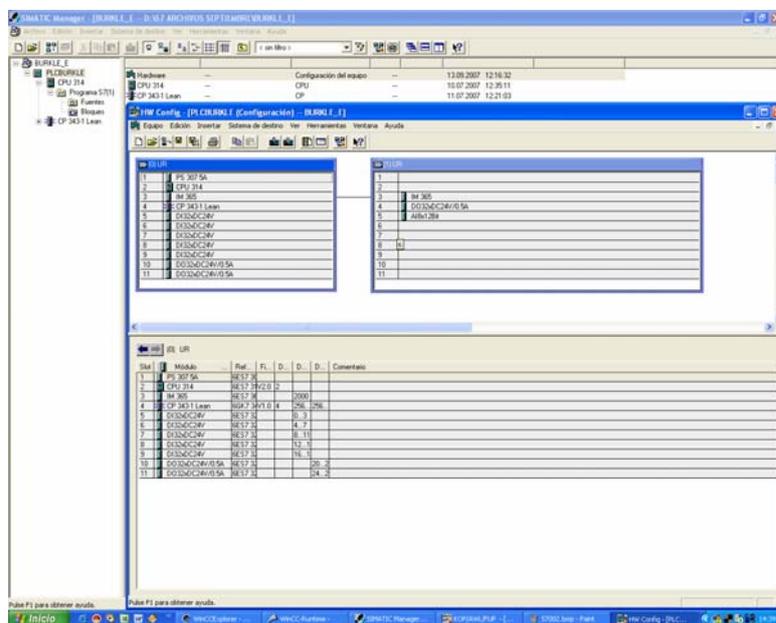
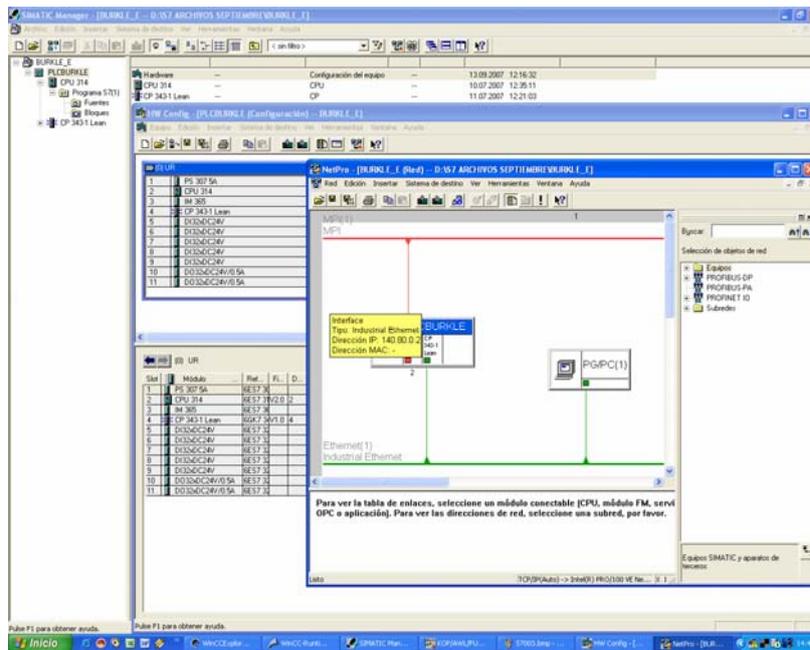


Figura 2.15 Configuración del hardware

**Configurar redes y enlaces de comunicación.-** Para poder establecer la comunicación es preciso haber configurado previamente una red. Para ello se deben crear las subredes necesarias para la red de automatización, definir las propiedades de las subredes, parametrizar las propiedades de conexión a la red de los equipos que la integran, así como fijar los enlaces de comunicación que se pudieran requerir.



**Figura 2.16 Configuración de la red de comunicación**

**Definir los símbolos.-** En lugar de utilizar direcciones absolutas es posible definir símbolos locales o globales en una tabla de símbolos, empleando nombres auto explicativos que se utilizarán luego en el programa.

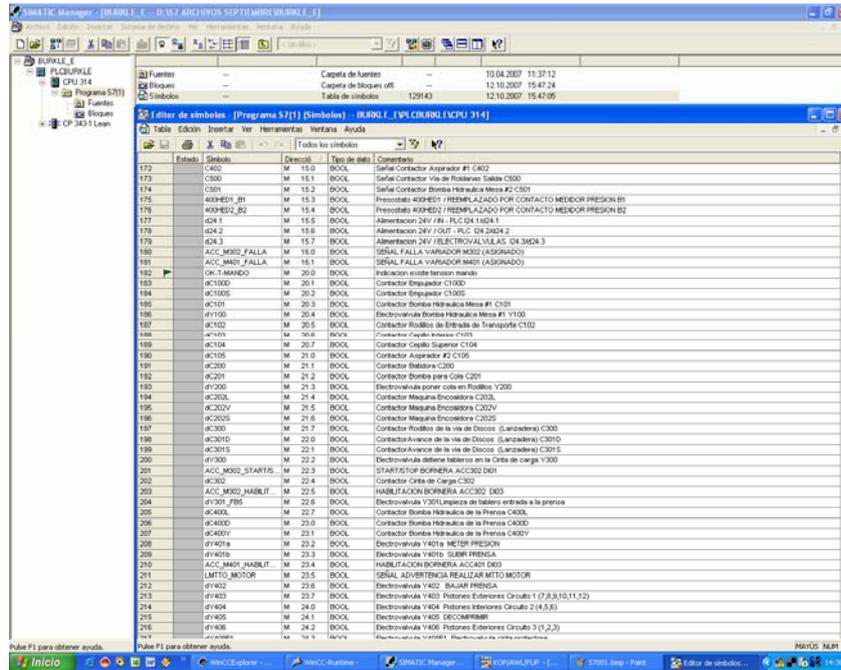


Figura 2.17 Definición de símbolos para el proceso

**Crear el programa.-** Con uno de los lenguajes de programación disponibles se crea un programa que bien puede estar asignado o no a un módulo, y luego se deposita en forma de bloque, fuente o plano (ver ítem 2.5 Diseño del software de control).

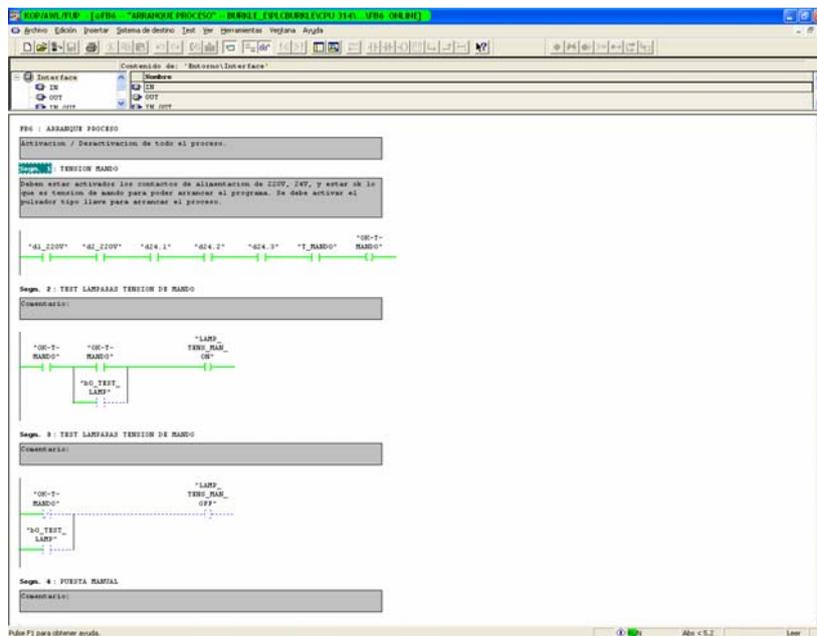


Figura 2.18 Creación del programa en lenguaje KOP

**Sólo S7: Crear y evaluar los datos de referencia.-** Los datos de referencia se pueden utilizar para poder comprobar y modificar más fácilmente el programa de usuario.

Operación (comando)	Bloque (comando)	Acc.	Lenguaje	Punto de aplicación	Punto de aplicación
M 1.1 (M1000.1)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 8	/00
M 1.2 (M1000.2)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 8	/00
M 1.3 (M1000.3)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 2	/00
M 1.4 (M1000.4)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 2	/00
M 1.5 (M1001.1)	FB7 (ENTRACAS → MARR)	IN	ADP	Seg. 36	/00
M 1.6 (M1001.2)	FB7 (ENTRACAS → MARR)	IN	ADP	Seg. 2	/00
M 1.7 (M1002.1)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 3	/00
M 1.8 (M1002.2)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 42	/00
M 1.9 (M1002.3)	FB7 (ENTRACAS → MARR)	IN	ADP	Seg. 42	/00
M 1.10 (M1002.4)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 13	/00
M 1.11 (M1002.5)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 36	/00
M 1.12 (M1003.1)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 13	/00
M 1.13 (M1003.2)	FB7 (ENTRACAS → MARR)	IN	ADP	Seg. 46	/00
M 1.14 (M1003.3)	FB7 (ENTRACAS → MARR)	IN	ADP	Seg. 47	/00
M 1.15 (M1003.4)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 54	/00
M 1.16 (M1003.5)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 14	/00
M 1.17 (M1004.1)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 13	/00
M 1.18 (M1004.2)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 13	/00
M 1.19 (M1004.3)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 5	/00
M 1.20 (M1004.4)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 5	/00
M 1.21 (M1004.5)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 14	/00
M 1.22 (M1004.6)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 6	/00
M 1.23 (M1004.7)	FB7 (ENTRACAS → MARR)	IN	ADP	Seg. 53	/00
M 1.24 (M1004.8)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 9	/00
M 1.25 (M1004.9)	FB7 (ENTRACAS → MARR)	IN	ADP	Seg. 55	/00
M 1.26 (M1004.10)	FB7 (ENTRACAS → MARR)	IN	ADP	Seg. 54	/00
M 1.27 (M1004.11)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 5	/00
M 1.28 (M1005.1)	FB7 (ENTRACAS → MARR)	IN	ADP	Seg. 58	/00
M 1.29 (M1005.2)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 5	/00
M 1.30 (M1005.3)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 2	/00
M 1.31 (M1005.4)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 4	/00
M 1.32 (M1005.5)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 4	/00
M 1.33 (M1005.6)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 3	/00
M 1.34 (M1005.7)	FB3 (GRUPO 300)	IN	ADP	Seg. 9	/00
M 1.35 (M1005.8)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 45	/00
M 1.36 (M1005.9)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 13	/00
M 1.37 (M1005.10)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 31	/00
M 1.38 (M1005.11)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 13	/00
M 1.39 (M1005.12)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 32	/00
M 1.40 (M1005.13)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 4	/00
M 1.41 (M1005.14)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 9	/00
M 1.42 (M1005.15)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 42	/00
M 1.43 (M1005.16)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 42	/00
M 1.44 (M1005.17)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 23	/00
M 1.45 (M1005.18)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 9	/00
M 1.46 (M1005.19)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 14	/00
M 1.47 (M1005.20)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 12	/00
M 1.48 (M1005.21)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 9	/00
M 1.49 (M1005.22)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 3	/00
M 1.50 (M1005.23)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 3	/00
M 1.51 (M1005.24)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 9	/00
M 1.52 (M1005.25)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 10	/00
M 1.53 (M1005.26)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 10	/00
M 1.54 (M1005.27)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 4	/00
M 1.55 (M1005.28)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 7	/00
M 1.56 (M1005.29)	FB4 (GRUPO 400)	IN	ADP	Seg. 1	/00

Figura 2.19 Datos de referencia del proceso de prensado

**Cargar programas en el sistema de destino.-** Sólo S7: Tras concluir la configuración, la parametrización y la creación del programa, es posible cargar el programa de usuario entero o cualquiera de sus bloques en el sistema de destino (módulo programable perteneciente a la configuración de hardware). La CPU ya contiene el sistema operativo.

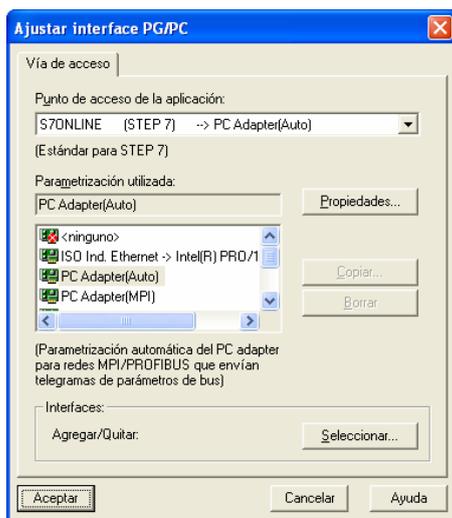


Figura 2.20 Cargar y monitorear proyecto mediante Comunicación MPI

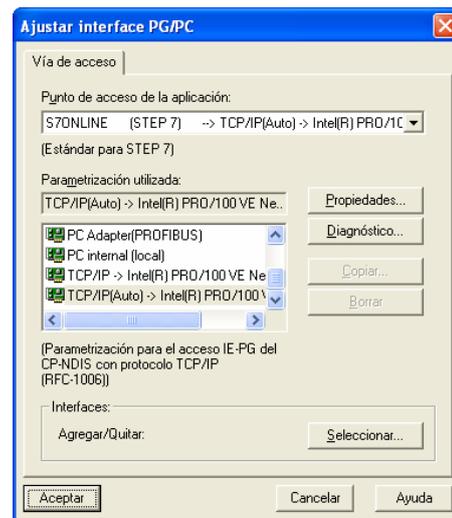


Figura 2.21 Cargar y monitorear proyecto mediante Comunicación ethernet (TCP/IP)

**Comprobar los programas.-** Sólo S7: Para probar el programa puede visualizar los valores de las variables de su programa de usuario o de una CPU, asignarles valores a las mismas y crear una tabla de las variables que desea visualizar o forzar.

Operando	Símbolo	Forma	Valor de estado	Valor de forzado
1	//TIEMPO PRENSADO			
2	MD 212	REAL		
3	//TIEMPO TREN SALIDA			
4	MD 228	REAL		
5	//HORAS FUNC MOTORES			
6	MD 120	DEC		
7	//TIEMPO TRANSCURRIDO BATIDORA M200			
8	MD 148	DEC		
9	//TIEMPO TRANSCURRIDO BOMBA COLA M201			
10	MD 152	DEC		
11	//TIEMPO TRANSCURRIDO M202			
12	MD 156	DEC		
13	//RESET HORAS SERVICIO M200			
14	M 36.5 "R_BSZM200"	BOOL		
15	//PRESION B1			
16	PEW 400	DEC		
17	MD 234	REAL		
18	//PRESION B2			
19	PEW 402	DEC		
20	MD 238	REAL		
21	// TEMPERATURA SUPERIOR R2 P100			
22	PEW 404	DEC		
23	MD 242	REAL		
24	M 39.4 "LAMP_TENS"	BOOL		
25	//PRODUCCION PRIMER TURNO			
26	M 104.0 "ACTIVAR_Z_"	BOOL	false	
27	M 104.1 "ACTIVAR_Z_"	BOOL	false	
28	M 104.2 "ACTIVAR_Z_"	BOOL	false	
29				
30	//AYUDA.ARRANCAR CONTADOR PRODUCCION			
31				

**Figura 2.22** Tabla de variables

**Vigilar el funcionamiento, diagnosticar el hardware.-** La causa de un fallo en un módulo se averigua visualizando informaciones online acerca del mismo. La causa de un fallo en la ejecución del programa de usuario se averigua a través del búfer de diagnóstico y del contenido de las pilas. Así mismo es posible comprobar si un programa de usuario se puede ejecutar en una CPU determinada.

A causa de un manejo indebido, un cableado incorrecto o una configuración errónea del hardware podrían presentarse anomalías, las cuales las señala el CPU mediante el LED de error general SF

**Documentar la instalación.-** Tras crear un proyecto o una instalación es recomendable documentar claramente los datos del proyecto. Ello facilita las tareas de ampliación y modificación, así como los trabajos de mantenimiento.

### 2.4.1 Diseño de planos eléctricos, neumáticos e hidráulicos

Para el diseño de los planos eléctricos y neumáticos se utilizó el software AutoCAD Electrical 2006, ya que el mismo ofrecía varias opciones y ventajas para realizar los dibujos referentes al nuevo proceso. Cabe recalcar que los circuitos hidráulicos y neumáticos no fueron parte de algún cambio, lo único que se hizo es dibujar los planos antiguos en el nuevo formato manteniendo su nomenclatura original, estos planos son los que tienen que ver con la parte hidráulica de la prensa y el sistema de calefacción.

Mientras que todo lo referente a la parte eléctrica, se cambió la nomenclatura en su totalidad, a la vez que los nuevos planos eléctricos llevan una nueva nomenclatura. Esta nomenclatura está ordenada de acuerdo a la subdivisión del proceso que se realizó para facilitar la solución de automatización en el diseño del programa de control, debiendo aclarar que dentro del programa los símbolos creados también poseen la misma nomenclatura de los planos.

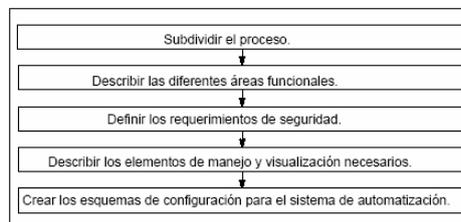
A continuación se describen algunos símbolos de la nueva nomenclatura:

- LM# : Tablero de bornes de motores
- LV# : Tablero de bornes de válvulas
- LA# : Tablero de bornes de fotocélulas, lámparas, pulsadores, selectores, sensores
- LP# : Tablero de bornes de pulpito de control
- LSC# : Tablero de bornes de una caja local ubicada en el campo del proceso
- F# : Fusibles
- MT (MT#motor): Relé de sobre intensidad o térmico, por ejemplo, MT100 térmico del motor M100
- C (C#motor): Contactor y el número del motor
- Y (Y#válvula): Electroválvula y el número de la misma
- FC (FC#): Finales de carrera y el número al que corresponde
- FT (FT#): Fotocélulas y el número al que corresponde

- L (L#): Lámparas de señalización y el número al que corresponde, por ejemplo, LA lámpara de puesta en automático.
- b (b#): Botoneras, por ejemplo, bM200 botonera de marcha del motor M200
- bS (bS#): Selectores
- b0 (b0#): Pulsantes de emergencia
- dC# / dY# : Relés de interface de contactores y electroválvulas respectivamente
- dG# : Grupo de relés de interface
- ACC# : Variador de velocidad
- AS# : Arrancador suave
- TR# : Transformadores
- PD# : Fuente de poder 400VAC/24VDC

## 2.5 DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL

Después de haber realizado los pasos necesarios de configuración e instalación del software como del hardware que compone el PLC, se procedió a realizar el programa principal de control del proceso de enchapado del tablero. Para facilitar la programación del proceso de automatización a éste lo dividimos en distintas tareas, como se describió anteriormente la nomenclatura de los dispositivos de todo el proceso se cambio por una nueva nomenclatura, para poder facilitar la identificación de todos los dispositivos que se encuentran en el campo del proceso (motores, electroválvulas, finales carrera, sensores).



**Figura 2.23 Procedimiento básico para planificar una solución de automatización**

Como todo el proceso está dividido en cinco grupos, que son del Grupo 100 hasta el Grupo 500, entonces creamos bloques de programación para cada grupo facilitando así la programación. Además tenemos bloques de función adicionales como son por ejemplo, funciones de estado de falla de relés de sobre intensidad (guardamotores), funciones de contaje de tiempo, etc.

El lenguaje de programación a utilizar es el de contactos KOP, es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos, y nos facilita la comprensión de la lógica de programación.

A continuación se describe los bloques creados para el control del proceso:

Bloque	Descripción breve de la función
Bloques de organización (OB)	Los OBs definen la estructura del programa de usuario.
Bloques de función del sistema (SFBs) y funciones de sistema (SFCs)	Los SFBs y SFCs están integrados en la CPU S7, permitiéndole acceder a importantes funciones del sistema.
Bloques de función (FB)	Los FBs son bloques con "memoria" que puede programar el mismo usuario.
Funciones (FC)	Las FCs contienen rutinas de programa para funciones frecuentes.
Bloques de datos de instancia (DBs de instancia)	Al llamarse a un FB/SFB, los DBs de instancia se asocian al bloque. Los DBs de instancia se generan automáticamente al efectuarse la compilación.
Bloques de datos (DB)	Los DBs son áreas de datos para almacenar los datos de usuario. Adicionalmente a los datos asociados a un determinado bloque de función, se pueden definir también datos globales a los que pueden acceder todos los bloques.

**Figura 2.24 Descripción de los bloques del programa de usuario**

**Programa Principal “OB1”.-** Los bloques de organización (OB) constituyen el interface entre el sistema operativo y el programa de usuario. Son llamados por el sistema operativo y controlan el procesamiento cíclico y controlado por alarmas del programa, el comportamiento de arranque del sistema de automatización y el tratamiento de los errores. Programando los bloques de organización se define el comportamiento de la CPU.

**Grupo 100 FB1.-** Programación para el arranque de los siguientes los motores: Empujador, bomba de la Mesa #1, Aspirador #2, Cepillos.

**Grupo 200 FB2.-** Programación para el arranque de los siguientes los motores: Preparación cola, Encolado.

**Grupo 300 FB3.-** Programación para el arranque de los siguientes los motores: Banda de carga, Lanzadera.

**Grupo 400 FB4.-** Programación para el arranque de los siguientes los motores: bomba de la Prensa, Banda Mylar, Aspirador #1.

**Grupo 500 FB5.-** Programación para el arranque de los siguientes los motores: Rodillos de salida, bomba de la Mesa #2.

Cada uno de los grupos anteriores también está conformado por los diferentes dispositivos que estén formando esta división del proceso; como son finales de carrera, sensores, electroválvulas, botoneras.

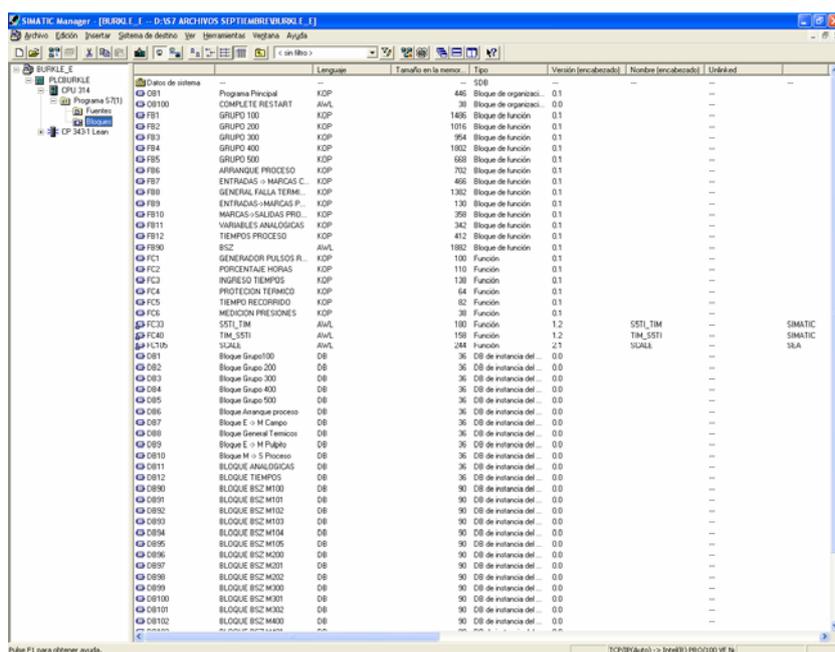


Figura 2.25 Creación de bloques de programa de usuario para el proceso de enchapado

**Arranque proceso FB6.-** En este bloque están las condiciones para poner en marcha el proceso, puesta en automático, puesta en manual, señalización de fallas de las protecciones de sobreintensidad de los motores, señalización de cuando un motor ya tenga que realizarse mantenimiento.

**Entradas a Marcas FB7.-** Entradas asignadas a Marcas para realizar el proceso dentro del PLC, estas entradas corresponden al campo.

**General Falla Térmicos FB8.-** Bloque general para la identificación de falla de los térmicos (guardamotores) de todo el proceso

**Entradas a Marcas FB9.-** Entradas asignadas a Marcas para realizar el proceso dentro del PLC, estas entradas corresponden al Pulpito de mando.

**Marcas a Salidas FB10.-** Asignación de las Marcas hacia las Salidas del PLC para el control del proceso.

**Variables analógicas FB11-** Bloque de tratamiento de las variables analógicas, como son presiones y temperaturas del proceso.

**Tiempos Proceso FB12.-** En este bloque se realiza el conteo del número de producción de tableros para cada turno.

**BSZ FB90.-** Bloque de función que realiza el conteo del número de horas trabajadas por los motores.

**Generador pulsos reloj FC1.-** Función que genera señales de reloj cíclicas, se puede definir tiempo alto y bajo.

**Ingreso tiempos FC3.-** Función que genera un número entero a formato S5time para temporizadores.

**Protección térmicos FC4.-** Función Set/Reset para aviso de falla de los térmicos

**S5TI\_TIM FC 33.-** La función FC 33 convierte el formato de datos S5TIME al formato TIME.

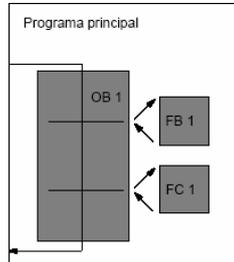
**TIM\_S5TI FC 40.-** La función FC 40 convierte el formato de datos TIME al formato S5TIME.

**Escalar valores (SCALE) FC105.-** La función "Escalar valores" (SCALE) toma un valor entero en la entrada IN y lo convierte en un valor real, convirtiéndolo a escala en un rango comprendido entre un límite inferior y un límite superior (LO\_LIM y HI\_LIM). El resultado se escribe en la salida OUT.

Se debe aclarar que para cada FB existe un DB.

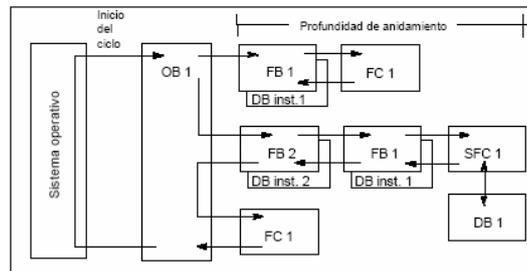
Como las funciones de automatización se dividieron en tareas más pequeñas que corresponden a las funciones tecnológicas del proceso, estas tareas parciales están representadas en una programación estructurada, en el programa de usuario mediante bloques.

Entonces el programa se ejecuta cíclicamente en el OB1 y en los bloques allí llamados. La ejecución cíclica del programa comienza tan pronto el programa de arranque sea finalizado sin errores.



**Figura 2.26 Programación estructurada**

El programa llama al bloque invocante, cuyas operaciones se ejecutan luego hasta el final. Finalizado el tratamiento del bloque llamado, se continúa el procesamiento del bloque invocante con la operación subsiguiente a la llamada del bloque.



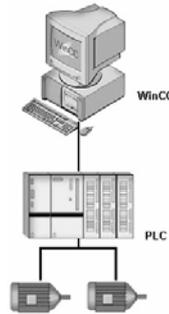
**Figura 2.27 Jerarquía de llamado de bloques**

De esta manera es como se programo y se ejecuta el programa del proceso de enchapado del tablero de la prensa BURKLE.

## 2.6 DISEÑO DE LAS INTERFACES HMI

**SIMATIC WinCC 6.0.-** WinCC es un sistema HMI eficiente para la entrada bajo Microsoft Windows 2000 y Windows XP. HMI significa "Human Machine Interface", o sea las interfaces entre el hombre (el usuario) y la máquina (el proceso). El control sobre el

proceso en sí lo tiene el autómata programable (PLC). Es decir, por un lado hay una comunicación entre WinCC y el operador, y por otro lado entre WinCC y los autómatas programables, esta relación se puede observar en la figura 2.28.



**Figura 2.28 Relación WinCC – PLC – Proceso**

Con WinCC se visualiza el proceso y se programa la interfaz gráfica de usuario para el operador.

- WinCC permite que el operador observe el proceso, para lo cual el proceso es visualizado gráficamente en la pantalla. En cuanto cambia un estado en el proceso se actualiza la visualización.
- WinCC permite que el operador maneje el proceso; así, desde la interfaz gráfica de usuario él puede predeterminar un valor de consigna, abrir una válvula, etc.
- Cuando se presenta algún estado crítico en el proceso se activa automáticamente una alarma; si se rebasa un valor límite predeterminado, por ejemplo, aparece un aviso en la pantalla.
- Los avisos y los valores de proceso se pueden imprimir y archivar en formato electrónico. El usuario documenta así la evolución del proceso y puede acceder posteriormente a los datos de producción del pasado.

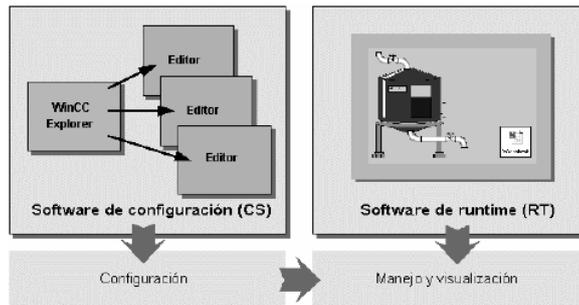
## **Características del WinCC**

El usuario puede integrar WinCC de modo óptimo en soluciones de automatización y en soluciones IT (Information Technology):

- En su calidad de componente del concepto TIA de Siemens (Totally Integrated Automation), WinCC opera con autómatas programables de la serie de productos SIMATIC con un grado de coordinación y cooperación especialmente eficaz. También están soportados los sistemas de automatización de otros fabricantes.
- Por medio de interfaces estandarizadas se intercambian los datos de WinCC con otras soluciones IT, por ejemplo con aplicaciones de los niveles MES y ERP (un sistema SAP, por ejemplo), o con programas tales como Microsoft Excel.
- Aplicando las interfaces de programación de WinCC se pueden interconectar los propios programas para controlar el proceso y para seguir procesando los datos.
- WinCC puede ser adaptado de modo óptimo a los requisitos de cada proceso. Se soporta un gran número de configuraciones, desde un sistema monopuesto hasta los sistemas redundantes distribuidos que tienen varios servidores, pasando por sistemas cliente -servidor.
- La configuración WinCC se puede modificar en cualquier momento, también a posteriori, sin que por ello se vean afectados los proyectos existentes.
- WinCC es un sistema HMI apto para utilizarlo con Internet, pudiendo implementar soluciones de cliente basadas en la Web y soluciones de tipo "thin client".

## **Estructura del WinCC**

WinCC es un sistema modular. Sus componentes básicos son el software de configuración (CS) y el software Runtime (RT), esta estructura se visualiza en la figura 2.29.



**Figura 2.29 Estructura del WinCC**

### **Software de configuración**

Al iniciar WinCC se abre el programa WinCC Explorer. WinCC Explorer constituye el núcleo del software de configuración. En WinCC Explorer se representa la estructura global del proyecto y se gestiona el proyecto. Para configurar se dispone de unos editores específicos que pueden activarse desde WinCC Explorer. Con cada uno de los editores se configura un determinado subsistema de WinCC.

Los principales subsistemas de WinCC son:

- El sistema de gráficos – el editor para confeccionar las imágenes es Graphics Designer.
- El sistema de avisos – el editor para configurar los avisos se llama Alarm Logging.
- El sistema de ficheros – el editor para determinar los datos a archivar es Tag Logging.
- El sistema de informes – el editor para elaborar el diseño de los informes se llama Report Designer.
- La administración de usuario – el editor para administrar los usuarios y sus respectivos derechos es User Administrator.
- La comunicación – se configura directamente en WinCC Explorer.

Todos los datos de configuración se memorizan en la base de datos CS.

## Software de Runtime

Con el software de Runtime el usuario puede visualizar y manejar el proceso. En este contexto, el software de Runtime tiene fundamentalmente las siguientes tareas:

- Leer los datos memorizados en la base de datos CS
- Visualizar las imágenes en la pantalla
- Realizar la comunicación con los autómatas programables
- Archivar los datos Runtime, p. ej., valores de proceso y eventos de avisos
- Manejar el proceso, p. ej., predeterminando valores de consigna ó activando/desactivando

La capacidad funcional depende directamente del hardware de PC utilizado y de la configuración. Después de haber realizado un breve estudio de lo que se puede realizar en el WinCC, a continuación se describe la forma de cómo se realizaron la interfaces HMI para el proceso de prensado:

Una vez programado todo el proceso de control con el STEP7 y transfiriendo el programa al PLC, se definió todas las variables (tags) que se tenían que manejar en la interface HMI. En la ventana de exploración del WinCC se procedió a añadir un nuevo drive para que se pueda realizar la comunicación del WinCC con el PLC Simatic S7-300, el nombre del drive añadido es el SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE. Dentro de este drive escogemos el protocolo de comunicación TCP/IP, ya que la comunicación va a ser vía ethernet. Realizando clic derecho sobre el canal de comunicación TCP/IP, escogemos propiedades para definir los parámetros del enlace, en este determinamos la dirección IP de la PG/PC, el número del bastidor en el que se encuentra la tarjeta de comunicación Ethernet CP 343-1, y el número del slot en el que se encuentra ubicada la CPU del PLC, esta configuración se muestra en la figura 2.30.

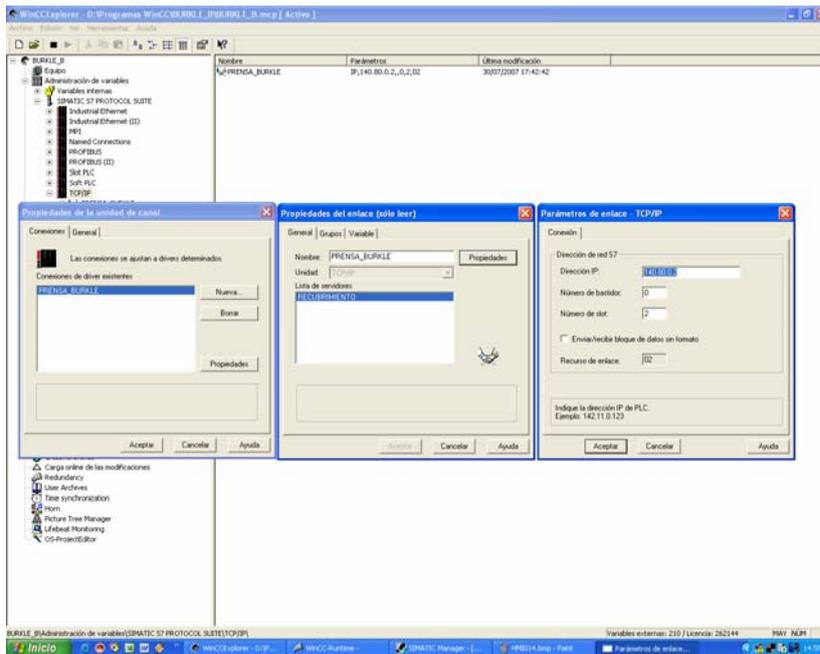


Figura 2.30 Configuración del canal de comunicación TCP/IP

Dentro del protocolo TCP/IP seleccionamos, crear un nuevo grupo de variables, y dentro de éste grupo podemos agregar subgrupos de tags, como por ejemplo subgrupo de tags para la señalización de falla de los guarda motores, activación de finales de carrera, tags de las variables analógicas, etc.

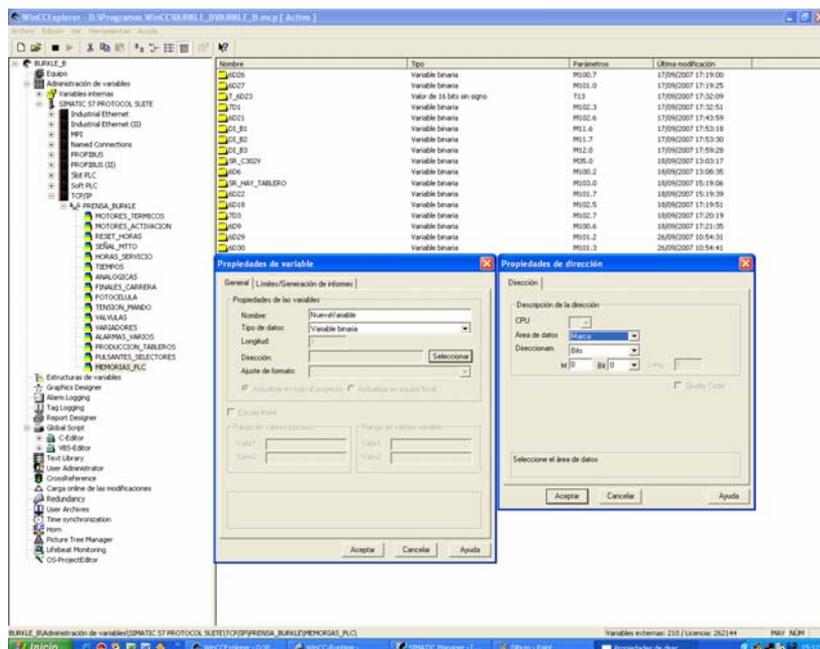
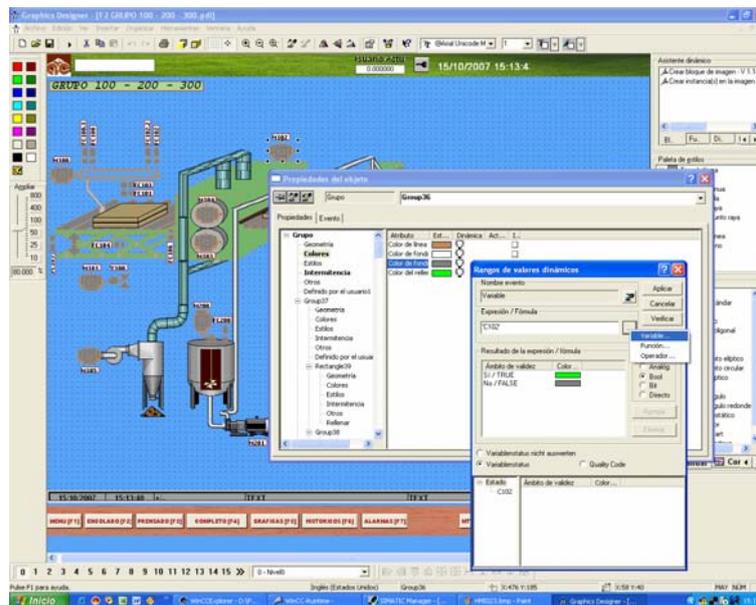


Figura 2.31 Creación de grupos y subgrupos de tags

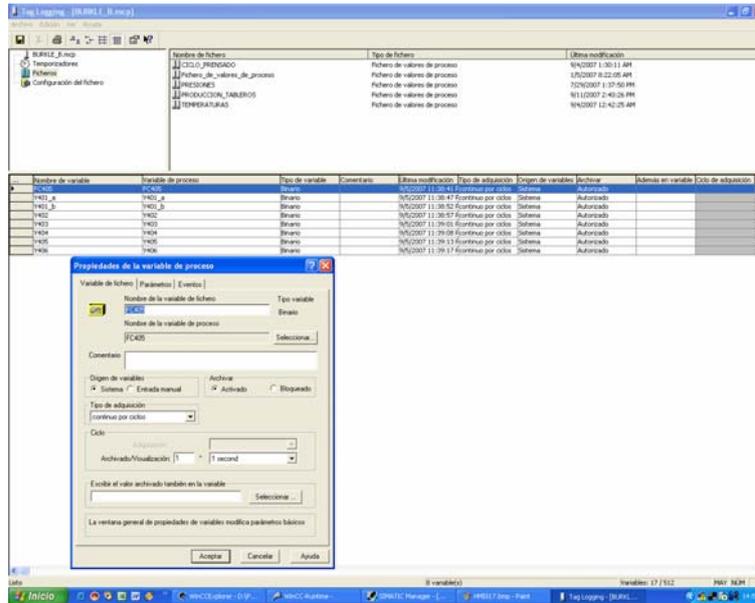
Seguidamente se procedió a realizar las ventanas con los gráficos que caracterizaran al proceso en el editor de las imágenes Graphics Designer. Todas las ventanas hacen referencia al proceso y se observara lo que esté sucediendo en el mismo, teniendo así que las ventanas son intuitivas para el operador. Cada dibujo que forman las ventanas están dinamizados, por ejemplo el dibujo de un motor en el instante en el que esté se encienda se pondrá en color verde intenso, apagado color gris claro y en estado de falla titilara entre el color blanco y rojo; todos los dibujos que forman el proceso están realizados con está acción.



**Figura 2.32 Creación de los dibujos del proceso y dinamización de los mismos**

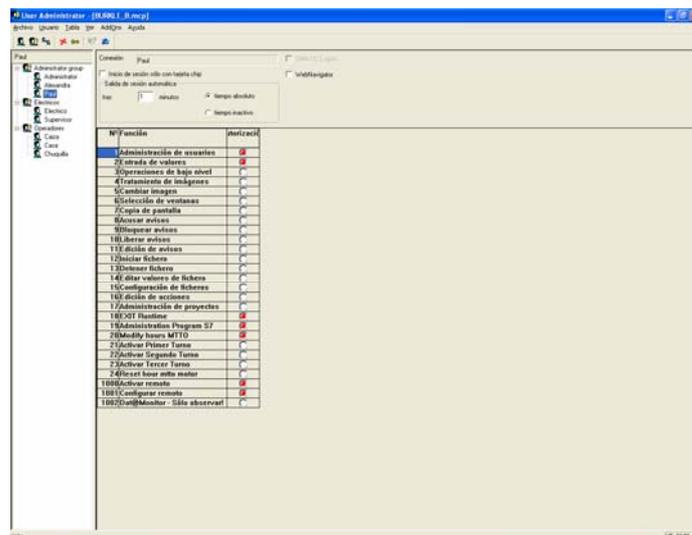
En el editor Alarm Logging se desarrolló el sistema de avisos para la ventana de alarmas y las ventanas de historial de encendido y apagado de cada uno de los motores. Para la ventana de alarma se definió los textos que se observara cuando estas se produzcan, por ejemplo cuando suceda una falla del térmico de protección de sobre corriente de un motor, falla en los variadores de velocidad, sobre corriente en los breakers de protección, etc.





**Figura 2.34 Determinación de las variables a archivar y ciclo de adquisición de datos en el sistema de ficheros Tag Logging**

El editor para administrar los usuarios y sus respectivos derechos es User Administrator, en éste se crearon varios usuarios, entre los principales están las funciones y las autorizaciones que poseen un eléctrico y el supervisor. La persona encargada de la creación del proyecto en el WinCC es la única permitida de crear y definir las autorizaciones que puede tener cada usuario.



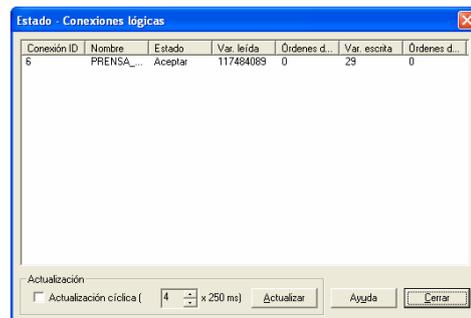
**Figura 2.35 Creación de usuarios con sus respectivas autorizaciones dentro del proyecto**

Una vez configurado y realizado las acciones necesarias en todas las ventanas del proyecto, se realiza la parametrización de como se visualizaran las ventanas en el runtime, esto se realiza en el explorador del WinCC, dando clic derecho sobre equipo y escogemos propiedades del equipo, en está tenemos algunas opciones que el usuario o creador del proyecto puede ir configurando de acuerdo a sus necesidades y requerimientos.

En la figura 2.37, se puede observar la ventana del estado de la comunicación que existe entre el WinCC con el PLC, está opción podemos observar haciendo clic en herramientas, estado de conexiones.



**Figura 2.36 Configuración de la visualización de las ventanas en el runtime y otras propiedades del proyecto.**



**Figura 2.37 Ventana de estado de conexión entre el WinCC y el PLC**

### Visualización de las ventanas comunicándose con el proceso real (runtime)



**Figura 2.38 Ventana de menú principal**



**Figura 2.39 Ventana de encolado correspondiente al grupo 100, 200 y 300**



**Figura 2.40 Ventana de prensado correspondiente al grupo 400 y 500**

En la ventana de prensado que corresponde al grupo 400 y 500, se puede visualizar las temperaturas de los platos superior e inferior de la prensa, las presiones, y el ingreso de los tiempos de prensado y enfriamiento del tablero en los rodillos de salida. Estas opciones también se las puede realizar en la ventana en la cual está representado todo el proceso, figura 2.42.

En la figura 2.41, se visualiza las ventanas adicionales que poseen cada uno de los motores de todo el proceso, estas son:

- Estado del motor.- están las condiciones de arranque y horas de funcionamiento (se activa dando clic derecho sobre el gráfico del motor)
- Histórico de arranque y parada.- se guardan los datos de encendido y apagado del motor (se activa dando clic izquierdo sobre el gráfico del motor)

Al hacer clic derecho sobre las electroválvulas también se puede visualizar una ventana del estado de las condiciones de activación de la misma.



Figura 2.41 Ventana en la cual se visualiza el estado de las condiciones de arranque del motor M102, así como sus horas de funcionamiento y el histórico de arranque y parada del motor.



Figura 2.43 Ventana de gráficas del proceso



Figura 2.42 Ventana en la cual se visualiza todo el proceso de enchapado del tablero



Figura 2.44. Ventana de históricos del proceso

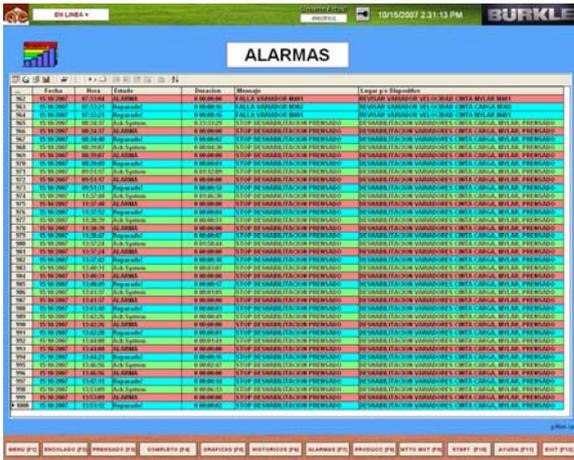


Figura 2.45. Ventana de alarmas del proceso



Figura 2.46 Ventana de producción de pensado de tableros por turnos

La ventana de producción de tableros indica el valor acumulado de tableros producidos (valor actual), mientras que la tabla indica la fecha y la hora en la que fue producido. Como los turnos de trabajo son de ocho horas diarias tenemos tres turnos al día, entonces al cumplir las ocho horas del primer turno automáticamente pasa a contar las horas del segundo turno y de la misma forma para el tercer turno.

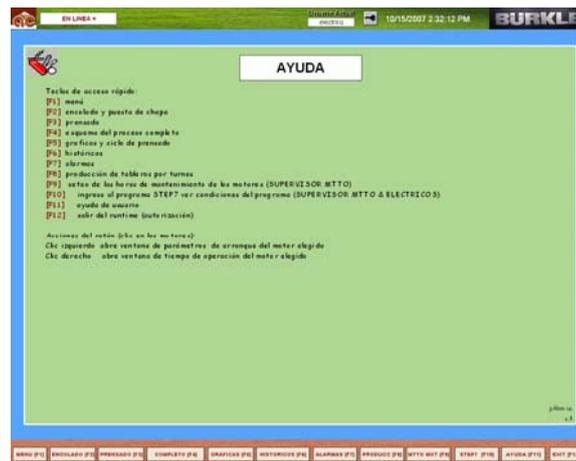


Figura 2.47 Ventana de ayuda de operador

## 2.6.1 Diseño de la interfaz HMI para el panel de operador OP7 mediante SIMATIC WinCC flexible 2005

SIMATIC WinCC flexible 2005 es un software innovador de HMI que funciona bajo Windows y ha sido concebido para todas las aplicaciones a nivel de máquina. El software de ingeniería permite una configuración homogénea y coherente de todos los equipos SIMATIC HMI basados en Windows, del más pequeño Micro Panel a las soluciones en PC.

La configuración y diseño de gráficos para el HMI es de manera idéntica que hacerlo en el WinCC 6.0, teniendo las mismas opciones y ventajas, pero para este caso lo estamos haciendo para el panel de operador OP7.

Al abrir el WinCC flexible lo primero que hacemos es crear un nuevo proyecto, y en este nos pide que escojamos el nombre del panel de operador que queremos configurar realizando el HMI, para nuestro caso escogemos el OP 77A.

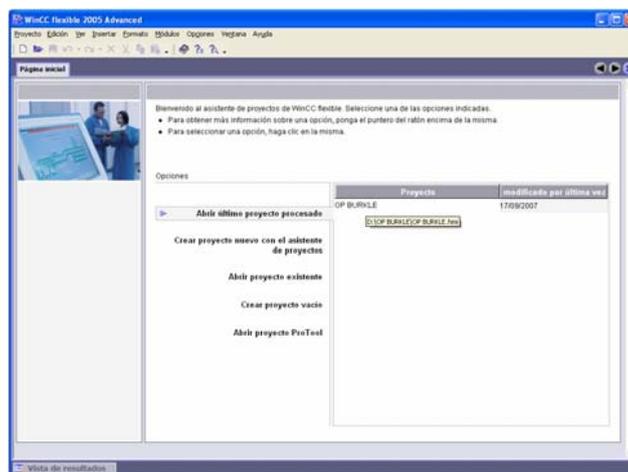
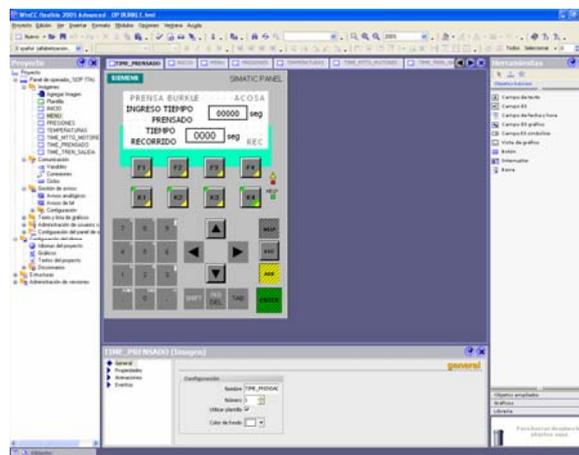


Figura 2.48 Ventana de creación de un nuevo proyecto para el panel de operador

Después de haber creado el proyecto tenemos una ventana en la cual se muestra el panel de operador OP7 como si lo tuviéramos físicamente. Esto facilita la configuración del mismo ya que podemos interactuar en la pantalla como en todos los botones que posee panel. De acuerdo a nuestros requerimientos creamos el número de ventanas que nos sean necesarias, para nuestro caso hemos creado siete ventanas, estas son:

1. Inicio
2. Ingreso del tiempo de prensado
3. Ingreso del tiempo de enfriamiento del tablero en los rodillos de salida
4. Visualización de las temperaturas de los platos de la prensa
5. Visualización de las presiones
6. Ingreso del tiempo para el periodo de mantenimiento de los motores
7. Menú

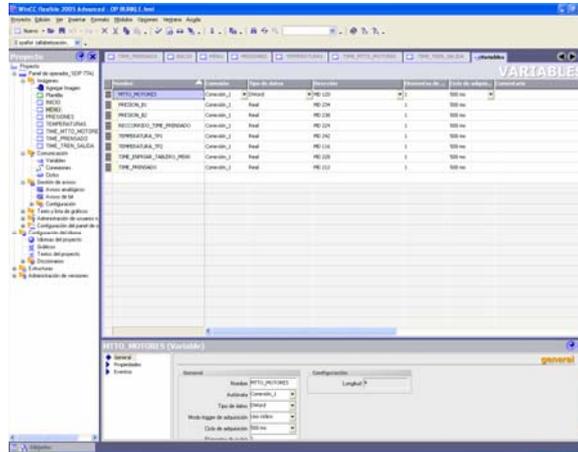
Para poder desplazarnos entre las diferentes ventanas utilizamos los botones de función, F1...F4 y K1...K4.



**Figura 2.49** Ventana multitarea de configuración del panel de operador

De idéntica manera como si estuviéramos declarando variables en el WinCC 6.0 se lo realiza para el panel de operación, esto se puede observar en la figura 2.50. Las variables

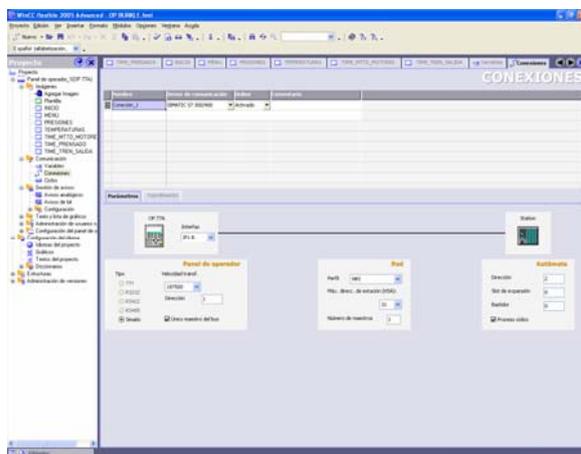
declaradas son para las lecturas de presión como de temperaturas y el ingreso de los tiempos antes descritos, el tiempo de actualización y transmisión de los datos se lo realiza en esta misma ventana, para este caso de 500ms.



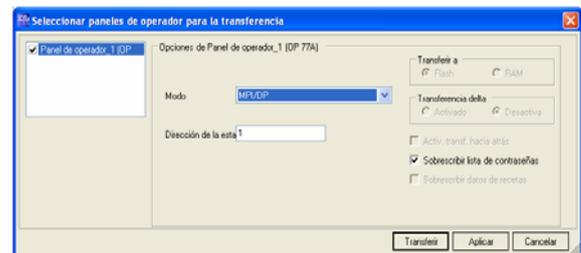
**Figura 2.50** Ventana de declaración de variables para el panel de operador

La comunicación entre el panel de operador OP 77A y el PLC será mediante el cable del puerto MPI, esta configuración se realiza en la ventana de conexiones del SIMATIC WinCC flexible.

Una vez culminado el proyecto para el panel de operador se debe realizar la transferencia del programa hacia el panel físicamente, este se lo realiza desde el computador mediante el cable de comunicaciones MPI, como se puede observar en la figura 2.52.



**Figura 2.51** Ventana de conexiones entre el OP7 y el PLC



**Figura 2.52** Ventana de transferencia del programa hacia el OP7 mediante el puerto MPI

## **2.7 DISEÑO Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS**

### **2.7.1 Diseño y montaje del armario eléctrico**

Una vez seleccionado el armario eléctrico, cumpliendo con todos los requerimientos de seguridad y operación del mismo, y en conjunto con todos los dispositivos de control y de fuerza que integraran esté, se procedió a realizar el diseño y montaje de los equipos.

El primer diseño se hizo en papel y fue diseñado en el programa autoCAD electrical 2006, como se muestra en la figura 2.53.

En el lado izquierdo del armario de control se encuentran todos los dispositivos de control, como es el PLC, módulos de entradas y salidas digitales, módulo de entradas analógicas, los relés de inteface, y el switch ethernet para la comunicación entre la Tarjeta de comunicación Ethernet CP 343-1, con la PG/PC que está ubicada en el pulpito de control. El switch ethernet se utiliza con la finalidad de poder acceder al programa principal de control del PLC, mediante varias computadoras.

En el centro y lado derecho del armario se encuentran todos los equipos de fuerza, como son guarda motores, contactores, Breaker de protección principal, transformadores, fuente de alimentación SITOP 440VAC/24VDC, breakers de protección para riel DIN, variadores de velocidad, arrancador suave.

En toda la parte inferior del armario se encuentran las borneras de conexión, distribuidas de la siguiente manera, comenzando de izquierda a derecha:

- Borneras de dispositivos de entrada / salida (24VDC)
- Bornes de salida de electroválvulas de 24VDC
- Bornes de salida de electroválvulas 220VAC
- Bornes de alimentación de motores (440VAC)
- Bornes de dispositivos de fuerza (110V, 220VAC), como son para la alimentación eléctrica de lámparas del interior del armario, sirena, tomacorrientes.

Todos los equipos de control y fuerza y el mismo armario están conectados a tierra, protegiendo así de cualesquier peligro de electrocución.

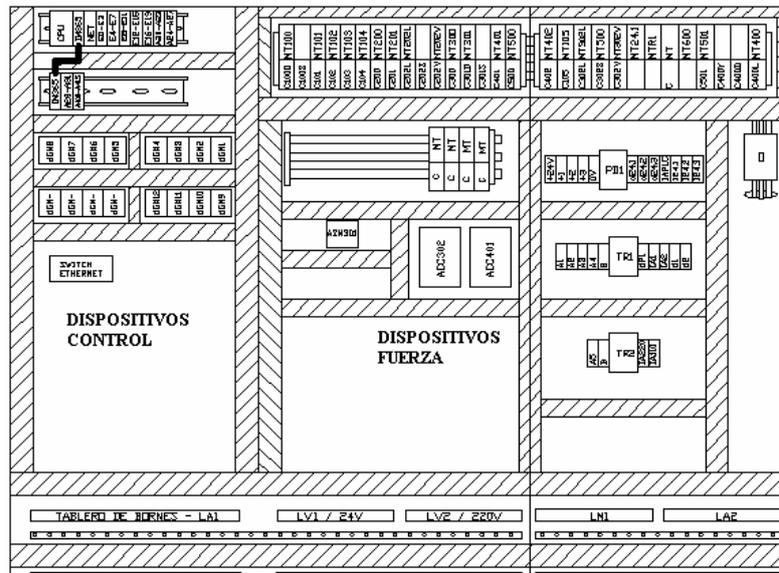


Figura 2.53 Diseño de la distribución de los equipos de control y de fuerza, en el interior del armario eléctrico.



**Fotografía 2.1 Distribución de los equipos de control (lado izquierdo) y de fuerza (centro).**



**Fotografía 2.2 Distribución de los equipos de fuerza (lado derecho)**



**Fotografía 2.3 Vista total del armario eléctrico del proceso**

## 2.7.2 Diseño y montaje del pulpito de control

El pulpito de control se diseñó de acuerdo a los requerimientos del nuevo sistema que se implementó. Como se puede observar en la fotografía 2.4, en la parte frontal están distribuidos los pulsantes de operación que son manejados por el operador para el correcto funcionamiento del proceso, cada uno de los pulsantes están identificados haciendo referencia a la función que cada uno cumple, haciendo así fácil la operación del proceso de prensado.

Como se puede observar dentro del pulpito de control está ubicado un computador personal, el mismo que dentro de sus programas está la interface HMI realizada en el Simatic WinCC 6.0, comunicado con el PLC por TCP/IP, que sirve como estación de visualización, programación, diagnóstico y registro de eventos del proceso.

Dentro de los programas principales de la CPU del computador están:

- Simatic WinCC 6.0: software de configuración (CS) y el software Runtime (RT).
- Simatic STEP7: software en donde está el programa S7 del proyecto
- Simatic WinCC flexible 2005 Advanced: software de diseño y transferencia del programa para la interface HMI del OP7



**Fotografía 2.4 Vista del pulpito de control**

## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS Y PRUEBAS DE ARRANQUE DE LA MÁQUINA**

#### **3.1 PRUEBAS DE ARRANQUE DE LA MÁQUINA.**

Una vez montado e instalado el equipo en el nuevo armario, con todas las conexiones, que corresponden, al cableado de control como de fuerza y cargado el programa de control en la memoria de la CPU del PLC se procede a poner en marcha el sistema para comprobar que responda adecuadamente al sistema de control original, y de esta manera ir verificando que se cumplan las condiciones del control, y si algo no está bien realizar los correctivos y mejoras necesarios.

Antes de energizar el tablero de control para proceder a realizar las pruebas en vacío<sup>9</sup>, es decir sin carga, se realizó una serie de comprobaciones en el sistema de conexión eléctrico de control como de fuerza:

- Comprobar que todos los componentes del PLC estén en su lugar, debiendo cumplir la configuración de hardware realizado, los módulos deben estar perfectamente insertados y asegurados en sus conectores.

---

<sup>9</sup> Marchar en vacío un motor, un generador, un transformador, etc. Funcionar cuando no suministra energía útil.

- Comprobar que la línea de alimentación esté conectada a los correspondientes terminales de la fuente de alimentación del equipo, y que se distribuya adecuadamente a los módulos de entrada y salida.
- Verificar que los cables de interconexión entre racks estén correctamente instalados.
- Verificar que los cables de conexión de los periféricos estén correctamente instalados.
- Verificar que las conexiones de los bornes de los módulos de E/S estén firmes y correspondan al esquema de cableado.
- Comprobar que los dispositivos de E/S funcionan correctamente
- Verificar que los indicadores de diagnóstico de la CPU reflejan una situación correcta.
- Comprobar que no existan uniones de conductores desnudos, dentro del armario
- Comprobar que todos los conductores estén bien sujetos a las borneras de conexión
- Asegurar que toda la estructura metálica del armario de control como el pulpito de mando tengan una buena conexión a tierra.
- Verificar que todos los dispositivos de protección, breakers de sobreintensidad, estén correctamente cableados, y en buen estado.

Las primeras pruebas realizadas en vacío, sobresalieron de buena forma teniendo buenos resultados, como son:

- Correcta comunicación del PC con el PLC, mediante el protocolo TCP/IP de Industrial Ethernet
- Correcta comunicación del OP77A con el PLC, mediante el puerto MPI
- Señales correctas de los finales de carrera, fotocélulas, sensores
- Correcta señal de los dispositivos de salida, verificación realizada con el procesador en MARCHA (RUN), las salidas activan a los relés de interface
- Correcta activación y desactivación de los contactores, cumpliendo con el tipo de arranque de los motores
- Buena señal de activación de los guardamotores hacia el programa del PLC

Después de realizar las comprobaciones y pruebas necesarias en vacío, se procedió a realizar las conexiones de la maquinaria de campo a las borneras del nuevo armario, este proceso se realizó en conjunto con el personal de mantenimiento eléctrico los días 29,30 y 31 de agosto del 2007. Todas las conexiones se realizaron con referencia a los nuevos planos del sistema. Una vez que todas las conexiones de la maquinaria y dispositivos de campo estuvieron correctamente realizados, se procedió a verificar la respuesta con carga ante el proceso. Esta verificación se realizó equipo por equipo (en los que fueron posibles), de la siguiente manera:

- Todas las señales de activación del control del pulpito de mando como de la señalización estuvieron correctamente
- Las señales de los pulsadores de campo, cumplieron con las instrucciones del programa
- Los dispositivos de seguridad y paros de emergencia actuaron correctamente
- Verificación individual (proceso en manual) de activación y sentido de giro de los motores, en algunos casos se realizó la modificación del sentido de giro, quedando todos correctamente
- Las señales de los finales de carrera, fotocélulas y sensores se realizó activándolos individualmente obteniendo una excelente respuesta en las entradas del PLC
- La verificación de operación de las protecciones se realizó provocando condiciones reales para una situación de falla, obteniendo excelentes respuestas, lo que garantiza la confiabilidad de la máquina y las normas de seguridad
- La activación de las electroválvulas que se podían verificar individualmente fueron correctas
- La parametrización y respuesta de los motoredutores con sus respectivos variadores de velocidad fueron correctas
- Buena respuesta del arrancador suave con su respectivo motor, cumpliendo con su funcionamiento

Para todas estas verificaciones y respuestas de la maquinaria y de los dispositivos en el proceso, se tuvo una correcta visualización en la interface HMI, registrando todo lo que se estaba realizando.

Después de realizar estos procedimientos el sistema se arrancó en automático, con tableros de prueba, cumpliendo con su secuencia la primera parte, como es desde el sistema del empujador pasando por el encolado hasta llegar a la cinta de carga, los variadores de velocidad respondieron de una excelente forma a la secuencia programada, es decir la sincronización de las dos bandas (cinta carga y cinta Mylar) de ingreso del tablero hacia el interior de la prensa. Para realizar las primeras pruebas de prensado se presentaron problemas, en el cual con la ayuda del personal técnico de mantenimiento eléctrico y de producción se tomaron los correctivos necesarios solucionando esta secuencia.

Verificadas y corregidas las distintas secuencias, el sistema funcionó correctamente. Durante los días de producción se iban realizando pequeñas modificaciones que el personal de producción sugería, quedando el sistema funcionando definitivamente con las mejoras realizadas, cumpliendo así con el objetivo de Modernización y puesta en marcha del proceso.

## **3.2 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DE ARRANQUE DE LA MÁQUINA**

### **3.2.1 Resultados de Tiempos: Prensado y Variadores**

Con el proceso de Modernización de la máquina después de realizar el arranque, se logró la disminución de los tiempos en lo que se refiere a la velocidad de cierre como de apertura de la prensa, además con la implementación de los variadores de velocidad se consiguió en gran parte el incremento de la velocidad de recorrido de la cadena de la cinta de salida (Mylar), y por consiguiente la reducción del tiempo muerto de giro de la primera cadena con respecto a la segunda, este tiempo es medible tomando como referencia el “tope” (Pieza que sirve para impedir que el movimiento del mecanismo pase de un cierto punto) de cada cadena.

El mejoramiento de las velocidades y de los tiempos logrados con los variadores influyó notablemente en la reducción del tiempo muerto total del ciclo de prensado, mejorando así la producción.

La siguiente tabla muestra los datos adquiridos en el proceso de producción, con datos tomados con el sistema antiguo y el actual.

REDUCCION DE TIEMPOS CON EL NUEVO SISTEMA				
	SISTEMA ANTIGUO		NUEVO SISTEMA	
FECHA DE TOMA DE DATOS	21/08/2007	28/08/2007	09/09/2007	29/10/2007
PRODUCTO	Pacoplac	Pacoplac	Pacoplac	Pacoplac
TIEMPO VELOCIDAD CIERRE PRENSA	1,25 seg	1,2 seg	1,0 seg	1,06 seg
TIEMPO VELOCIDAD SUBIDA PRENSA	2,6 seg	2,54 seg	1,66 seg	1,47 seg
TIEMPO VELOCIDAD CADENA CINTA MYLAR	11 seg	10,8 seg	8,69 seg	9,34 seg
TIEMPO PRENSADO	25 seg	25 seg	27 seg	25 seg
TIEMPO MUERTO TOTAL CICLO PRENSADO	21 seg	20,7 seg	16 seg	14,8 seg
TIEMPO TOTAL CICLO PRENSADO	46 seg	46 seg	43 seg	41 seg

Tabla 3.1 Datos de verificación de reducción de tiempos con tablero pacoplac

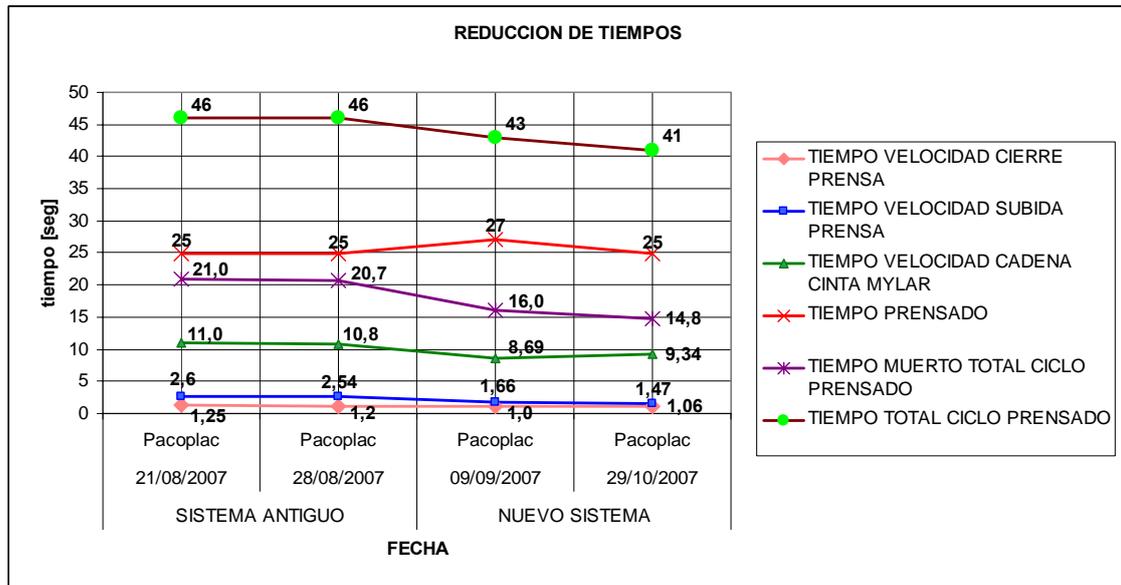


Figura 3.1 Estadística visual de la reducción de tiempos con el nuevo sistema

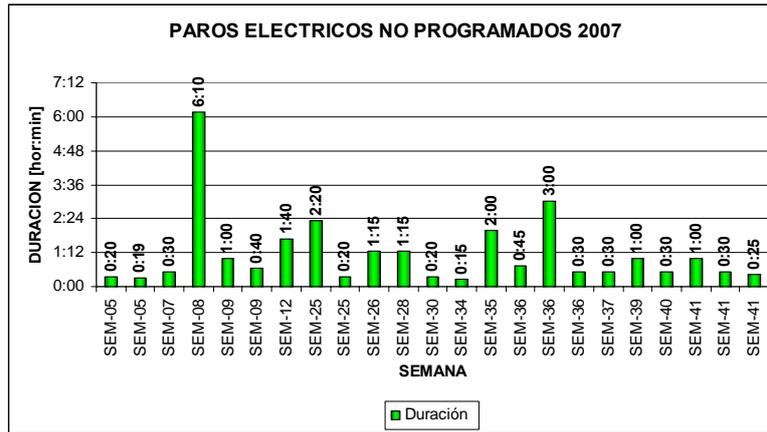
Como se puede observar en la figura 3.1 la reducción de los tiempos con el nuevo sistema es notable, esto ayudó a reducir el tiempo total del ciclo de prensado para cualquier producto que vaya a producir la prensa, incrementando el nivel producción, cumpliendo así

con el objetivo de optimizar y sacar el máximo provecho de las características que poseen los variadores y en general el PLC.

### 3.2.2 Tiempos de Paros No Programados de la máquina

TIPO	SEMANA	Día	Desde	Hasta	Duración	Prensa	Categoría de Falla	Detalle
PARO NO PROGRAMADO	SEM-05	29	9:00	9:20	0:20	Burkle	Daño eléctrico	Se revisa circuito contactor K21 está en mal estado
	SEM-05	1	7:01	7:20	0:19	Burkle	Daño eléctrico	No baja la mesa superior se revisa circuitos
	SEM-07	17	6:30	7:00	0:30	Burkle	Daño eléctrico	No ingresa tableros a la prensa se arregla circuito eléctrico
	SEM-08	19	11:40	17:50	6:10	Burkle	Daño eléctrico	-
	SEM-09	26	10:00	11:00	1:00	Burkle	Daño eléctrico	Daño en posicionamiento de tableros en la prensa
	SEM-09	28	9:20	10:00	0:40	Burkle	Daño eléctrico	Corto circuito en cables
	SEM-12	19	8:40	10:20	1:40	Burkle	Daño eléctrico	No regresa el empujador se revisa el circuito
	SEM-25	18	10:30	12:50	2:20	Burkle	Daño Eléctrico	Daño en el presóstato
	SEM-25	24	9:00	9:20	0:20	Burkle	Daño eléctrico	Cadena arrastre del mylar. Cable flojo Contactor 6dE9
	SEM-26	25	20:00	21:15	1:15	Burkle	Daño eléctrico	Daño en el contactor 6d1. No marca tiempo prensado
	SEM-28	10	14:45	16:00	1:15	Burkle	Daño Eléctrico	Fusible de 10A quemado. Cable de Válvula Vs en corto.
	SEM-30	25	15:40	16:00	0:20	Burkle	Daño Eléctrico	Se para la máquina.
	SEM-34	21	9:45	10:00	0:15	Burkle	Daño Eléctrico	Final de carrera de la mesa de discos.
	<b>SEM-35</b>	<b>1</b>	<b>8:00</b>	<b>10:00</b>	<b>2:00</b>	<b>Burkle</b>	<b>Daño eléctrico</b>	<b>Pruebas Eléctricas Nuevo tablero general.</b>
	SEM-36	3	-	-	0:45	Burkle	Daño Eléctrico	Tablero eléctrico general pruebas.
	SEM-36	3	4:00	7:00	3:00	Burkle	Daño Eléctrico	Falla en el variador de velocidad
	SEM-36	4	-	-	0:30	Burkle	Daño Eléctrico	Pruebas nuevo tablero eléctrico.
	SEM-37	15	-	-	0:30	Burkle	Daño eléctrico	No ingresa tablero a la prensa
	SEM-39	26	-	-	1:00	Burkle	Daño eléctrico	Micro seguridad de prensado.
	SEM-40	3	1:30	2:00	0:30	Burkle	Daño eléctrico	No gira mylar, alarma E04 en variador
SEM-41	10	-	-	1:00	Burkle	Daño eléctrico	Sensores de la prensa.	
SEM-41	10	-	-	0:30	Burkle	Daño eléctrico	Sensores de la prensa. No actúan y no baja.	
SEM-41	12	-	-	0:25	Burkle	Daño eléctrico	Sensores de la prensa. Activados.	

Tabla 3.2 Indicador de Paros No Programados, línea de Recubrimiento, Prensa Burkle



**Figura 3.2 Estadística visual del indicador de Paros No Programados Prensa Burkle**

La empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. maneja una base de datos realizada en Excel que es el Indicador PNP (paros no programados). De esta base de datos correspondiente al presente año, se extrajo como categoría de falla a lo que respecta a paros no programados en daños eléctricos, que es lo que nos interesa analizar, ya que existe otros tipos de categoría de falla.

Como se puede observar en la tabla y figura 3.2, a partir de la semana 5 hasta la semana 34, se tienen fallas correspondientes a daños en los contactores de control, cortocircuito en cables, entre otros que corresponde al control con el tablero antiguo, teniendo una suma total de 26 horas con 24 minutos de tiempo perdido. Mientras que a partir de la semana 35 hasta la semana 41 que es en la que el nuevo sistema ya está trabajando, se tuvieron tiempos perdidos por cuestiones de pruebas, afinación de parámetros en los variadores y calibración de los sensores de seguridad de nivelación del plato superior de la prensa, teniendo una suma total de 10 horas con 10 minutos de tiempo perdido. Debiendo citar que desde los cambios y afinaciones de los diferentes dispositivos del nuevo sistema, éste ha trabajado de una excelente forma, teniendo una alta disponibilidad de trabajo de todo el proceso.

### **3.3 ALCANCES Y LIMITACIONES.**

#### **ALCANCES**

- Mejoramiento de la productividad del proceso gracias a los nuevos dispositivos implementados así como la eficiencia de trabajo de la maquinaria.
- Manejo de nueva tecnología en lo que respecta a la Automatización Industrial, es decir la fácil interconectividad que ofrecen los equipos para una excelente comunicación.
- Incremento del nivel de producción cuando se produce continuamente un solo producto, esté nivel es alto por la reducción de los tiempos muertos en el ciclo de prensado.
- Amplio espacio entre los equipos que conforman el nuevo armario eléctrico cumpliendo con las normas requeridas por cada uno, además de la posibilidad de implementar nuevos equipos.
- Información que se obtiene en el HMI del estado del proceso se lo realiza en tiempo real.
- Facilidad de diagnóstico de fallas y averías a través del sistema HMI.
- Ingreso de tiempos y visualización de las variables analógicas a través del panel de operador o mediante la interface HMI.
- Fácil identificación de los dispositivos de control como de fuerza dentro del armario eléctrico.
- Mejoramiento en el tendido de cables en el campo de proceso.
- Mediante el switch comunicación Ethernet se pueden interconectar varias computadoras en red y observar el programa principal del PLC.
- Por la característica de funcionamiento de los variadores, los principales parámetros se pueden cambiar en caliente.

## LIMITACIONES

- La producción de la máquina no es continua, es decir no produce los siete días de la semana, está trabaja cinco días los tres turnos, mientras que los fines de semana permanece parada, por lo que no se le puede hacer un seguimiento de producción continuo.
- Por políticas de mercadeo de la empresa se realizan constantes paros del proceso para realizar el cambio de producción requerido.
- Por tener un ambiente de trabajo con gran cantidad de polvo y fibra de madera se debe realizar un mantenimiento continuo.
- No se puede obtener la visualización de la lectura de presión del medidor B3 en el panel de operador como en el sistema HMI ya que éste es análogo, y no posee salida de señal hacia el PLC.
- El control de temperatura PID de los platos de la prensa se realiza a través de controladores universales anteriormente instalados.
- El seteo de los valores de presión que deben alcanzar los pistones de la prensa se los realiza en los medidores de presión digitales y en el medidor de presión análogo.
- Cuando se interconectan varias computadoras en red para observar el programa principal del PLC, solo una puede observar el programa en línea.

### 3.4 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.

El estado de la máquina antes del proyecto, obligó a reemplazar todos los dispositivos que integraban el Armario eléctrico de control antiguo. Es decir se cambio todos los dispositivos de fuerza y de control principalmente por un PLC entre otros equipos adquiridos. Todos están instalados dentro de un nuevo armario eléctrico cumpliendo con todas las normas de seguridad.

**TABLA DE COSTOS**

Item	Cant.	Descripción	P.Unit	V.Total
1	1	Fuente Siemens Sitop 20 A, 440VAC/24 VDC	385,00	385,00
2	1	PLC Siemens S7 300 CPU 314, 1 puerto MPI	977,00	977,00
3	1	Tarjeta de comunicación Ethernet CP 343-1 para PLC Siemens	1140,000	1140,00
4	5	Módulos de 32 entradas digitales 24 VDC , para PLC Siemens	540,00	2700,00
5	3	Módulos de 32 salidas digitales, para PLC Siemens	756,00	2268,00
6	1	Módulo de 8 entradas análogas universales, Siemens	1036,00	1036,00
7	9	Conector 40 polos, para PLC Siemens	64,00	576,00
8	1	Memory Card 128 KB	140,00	140,00
9	1	IM 365 módulo de emisión y recepción	430,00	430,00
10	1	Gabinete metálico modular completo 2200x2940x600 (3 cuerpos)	3115,64	3115,64
11	1	Guardamotor Siemens 0.7-1 A	43,26	43,26
12	3	Guardamotor Siemens 1.4-2 A	44,29	132,87
13	1	Guardamotor Siemens 2.2-3.2 A	46,45	46,45
14	2	Guardamotor Siemens 2.8-4 A	46,45	92,90
15	3	Guardamotor Siemens 3.5-5 A	46,45	139,35
16	2	Guardamotor Siemens 4.5-6.3 A	46,45	92,90
17	2	Guardamotor Siemens 5.5-8 A	46,45	92,90
18	4	Guardamotor Siemens 7-10 A	53,05	212,20
19	2	Guardamotor Siemens 9-12 A	54,49	108,98
20	1	Guardamotor Siemens 20-25 A	70,56	70,56
21	1	Guardamotor Siemens 22-32 A	121,54	121,54
22	13	Contactores hasta 12 A 5.5 KW (400V) Siemens 10E (1NO)	46,88	609,44
23	11	Contactores hasta 12 A 5.5 KW (400V) Siemens 10E (1NO)	50,78	558,58
24	4	Contactores hasta 25 A 11 KW (400V) Siemens 22 (2NO)	109,01	436,04
25	1	Contactores hasta 50 A 22 KW (400V) Siemens 22 (2NO)	190,47	190,47
26	3	Contactores hasta 50 A 22 KW (400V) Siemens 22 (2NO)	209,03	627,09
27	22	Contactos auxiliares transversales para guardamotors	7,31	160,82
28	4	Combinación para inversión de giro	20,01	80,04
29	10	Soporte de barra trifásico	11,63	116,30
30	10	Tapa lateral para soporte tripolar	3,05	30,50
31	32	Adaptador para barras colectoras 25 A	34,69	1110,08
32	12	Adaptador para barras colectoras 63 A	45,94	551,28
33	1	Breaker principal Siemens 125-160A	252,00	252,00
35	7	Módulos de 8 relés para carril WAGO	161,00	1127,00
36	-	Varios dispositivos (breakers, botoneras, luces piloto, etc.)	1192,06	1192,06
34	-	Conductores (global calibres # 22,18,12,10)	1746,00	1746,00
			<b>Subtotal</b>	22709,25
			<b>I.V.A 12%</b>	2725,11
<b>COSTO PARCIAL DEL PROYECTO</b>			<b>Total [USD]</b>	25434,36

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- El autómata programable (PLC) es muy indispensable en toda industria que maneje procesos de automatización ya que estos son muy robustos y pueden trabajar en ambientes con un alto grado de exigencia, como puede ser el clima o procesos con cambios críticos.
- El nuevo sistema de control, manejado por el PLC Simatic S7-300 gracias a su: confiabilidad, flexibilidad, funciones avanzadas, fácil comunicación, velocidad de respuesta, permitió realizar con facilidad el presente proyecto de proceso de enchape, generando así muchos beneficios para la empresa.
- KOP es uno de los lenguajes de programación gráfico de STEP 7, la sintaxis de las instrucciones está orientada a un esquema eléctrico y permite un fácil seguimiento de la circulación de la corriente entre las barras de alimentación a través de contactos, de elementos complejos y de bobinas.
- Dentro del proceso de recubrimiento, es muy importante la correcta ubicación del tablero en el interior de la prensa, esto se logró utilizando variadores de frecuencia en el sistema de transporte y que son coordinados por el PLC.
- Al existir instalaciones industriales cada vez mas complejas, requieren el empleo de un mayor número de sensores y actuadores, la consecuencia es el incremento exponencial de los gastos, con un sistema descentralizado a través de un HMI/SCADA, estos gastos se reducen en gran parte.
- En este proyecto los operadores no dependen exclusivamente del computador personal para ingreso de variables de producción; también se puede ingresar y visualizar los parámetros de producción en el panel de operador OP77A
- El nuevo sistema facilita detectar, medir, controlar, registrar, señalar, comunicar los valores medidos de las variables de proceso, lo que a su vez conlleva una reducción del mantenimiento correctivo y disponer de información para el mantenimiento preventivo, como son los registros de horas trabajadas de motores y otros elementos.
- Mediante el sistema HMI, se tiene información de indicadores productivos del proceso y se puede realizar el análisis estadístico de los mismos.

## RECOMENDACIONES

- El HMI de un proceso industrial debe ser intuitivo es decir exactamente igual (gráficamente) al proceso que va a controlar, para que el operador o usuario tenga una visión clara y detallada de lo que está sucediendo en el proceso, estos deben estar provistos de, gráficas, históricos, tabla de alarmas y/o eventos, generación de reportes etc.
- El software SIMATIC WinCC V6.0 es muy práctico y completo para realizar sistemas de HMI/SCADA, ya que posee un sin número de funciones que nos facilita realizar diferentes operaciones de interacción en el mismo.
- Las paradas de emergencia deben actuar independientemente aún sin la presencia de la lógica de control del PLC y ser implementadas físicamente desactivando los mecanismos que sean necesarios y llevar a la máquina a una condición segura.
- Los equipos de control y de fuerza dentro de un armario eléctrico deben estar correctamente distribuidos y con el espacio suficiente entre cada uno.
- Para una fácil y correcta identificación del cableado, tanto en el campo del proceso como en el armario eléctrico, las borneras de conexión deben estar claramente identificadas.
- Las correcciones que efectúen, tanto en la instalación como en el programa deben ser documentadas inmediatamente, y realizar copias del programa definitivo tan pronto como sea posible.
- Los dispositivos y/o equipos del armario eléctrico, ya sean de fuerza o de control, que se interconecten con dispositivos de campo deben llevar el mismo nombre, por ejemplo, motor M105 tendrá un contactor C105 y un guardamotor MT105, dependiendo la nomenclatura que se utilice, facilitando su rápida identificación.

## BIBLIOGRAFIA Y/O ENLACES

- WAGO INNOVATIVE CONNECTIONS, “Catálogo general W2”
- SIEMENS, “Automatización & Accionamientos”, Folleto técnico, FY 06/07 Ecuador
- TELEMECANIQUE , “Unidades de control y señalización”, Catálogo general
- SIEMENS, “Manual de Baja Tensión”, Con SIRIUS 3R y SIRIUS NET, segunda edición, 2000
- INEN, “Código Eléctrico Nacional”, Primera Edición, Ecuador
- SIEMENS, “Control y Distribución”, Catálogo 2000/2001
- SEW Eurodrive, “Instrucciones de Funcionamiento”, MOVITRAC 07, edición 07/2004
- WEG, “Guía del usuario”, SSW05 PLUS Arrancador Suave
- CORRALES Luis, “Redes Industriales Digitales”, Documento en Word, Quito Sept/2004
- KASCHEL Héctor, PINTO Ernesto, “Análisis Del Estado Del Arte De Los Buses De Campo Aplicados Al Control De Procesos Industriales”, Formato Paper
- CORRALES Luis, “Tecnologías de Redes LAN”, Documento en Word, Dpto. Control – EPN
- RODRIGUEZ José, TAPIA Fausto, “Automatización Industrial y Puesta en Marcha de Máquinas Industriales Caso Práctico: Empacadora Cassoli PAC600R”, Formato Paper
- <http://www.gestiopolis.com/recursos6/Docs/Ger/transduc.htm>
- <http://www.solomantenimiento.com/articulos/motores-electricos-variadores-frecuencia.htm>
- <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=230&rank=1>
- <http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/maquinaasincrona/motorasincrono1.htm>
- [http://www.automation.siemens.com/hmi/html\\_76/products/software/wincc/index.htm](http://www.automation.siemens.com/hmi/html_76/products/software/wincc/index.htm)

## **ANEXO A**

### **Glosario de Términos**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**AWG.-** American Wire Gauge, número que identifica la sección de los conductores o alambres redondos de origen estadounidense.

**Aparato de mando.-** Aparatos operados en forma manual que, incluidos en los circuitos auxiliares, permiten comandar (por ejemplo, conectar, desconectar) los aparatos de maniobra dispuestos en el circuito principal.

**Arranque.-** Acción de conectar un aparato, con preferencia motores, como mínimo, por medio de una etapa intermedia o en forma continúa hasta alcanzar el régimen de servicio.

### B

**Backup.-** Copias de archivos, equipos de reemplazo o procedimientos alternativos disponibles para ser usados en caso de emergencias producidas por fallas totales o parciales de un sistema computacional.

**Bastidor.-** Construcción portante que forma parte de un tablero, que soporta diferentes componentes y dado el caso, el cerramiento o caja de la combinación de aparatos de maniobra.

**Bus de campo.-** Es un sistema de transmisión de información (datos), que simplifica la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

### C

**Carga.-** Concepto perteneciente a la técnica de mediciones. Con carga se indica la resistencia total conectada en el circuito secundario de un transformador de medida e incluye la resistencia eléctrica de los conductores y de los instrumentos conectados en ese circuito.

**Circuito de mando.-** Es parte de un circuito auxiliar para conexión y desconexión de aparatos de maniobra, comprende todas las partes del circuito que no pertenecen al circuito principal, es decir, la fuente de tensión, los contactos de los aparatos de mando, los

actuadores eléctricos de los aparatos de mando, los actuadores eléctricos de los aparatos de maniobra (bobinas o motores de accionamiento), así como contactos auxiliares.

**Circuito principal.-** Circuito que contiene equipos eléctricos para generar, transformar, distribuir, conectar/desconectar o consumir energía eléctrica.

**Contactador.-** Aparato de maniobras con una única posición de reposo, en forma normal sin bloqueo mecánico, que no se acciona a mano y que bajo condiciones normales del circuito pueden conectar, conducir y desconectar corrientes, inclusive sobrecargas de servicio. Los contactores se diseñan, por lo general, para una elevada frecuencia de maniobras. Se diferencia entre contactores para maniobras de motores y contactos auxiliares para mando.

**Corriente de Foucault.-** Es un fenómeno eléctrico, es causada cuando un campo magnético variable intersecta un conductor, o viceversa. El movimiento relativo causa una circulación de electrones, o corriente dentro del conductor. Estas corrientes circulares de Foucault crean electroimanes con campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado. Mientras más fuerte sea el campo magnético aplicado, o mayor la conductividad del conductor, o mayor la velocidad relativa de movimiento; mayores son las corrientes de Foucault y los campos opositores generados.

## D

**De facto.-** Expresión latina que significa de hecho.

**Dirección IP.-** Dirección de una máquina en Internet expresada en números. Es única a nivel mundial. La forman 4 conjuntos de números binarios, o su representación decimal (ej. 192.168.82.22)

## E

**Emergencia.-** Condición anormal en operación de centrales.

**Enrasados.-** Sensores inductivos o capacitivos que pueden ser instalados muy juntos y están especialmente indicados para realizar detecciones a través de paredes separadoras no metálicas de un grosor máximo de 4mm, sin contactar con los cuerpos sólidos o líquidos a contactar.

**Equipos eléctricos.-** Producto tecnológico o sus partes constitutivas, en tanto su función y construcción se utilicen para aplicaciones de la energía eléctrica. A estos pertenecen los elementos u objetos para generar, conducir, distribuir, acumular, medir, supervisar, controlar, regular, transformar y consumir energía eléctrica.

## F

**Falla.-** Se entiende por falla la anomalía en una instalación, que puede suponer corte en el suministro, o bien alteraciones en el funcionamiento normal en los aparatos receptores por defecto de la instalación interior o exterior.

## M

**Menú.-** Lista de opciones mostrada sobre una pantalla de las cuales el usuario puede seleccionar.

**MPI.-** La interfaz multipunto (MPI) es la interfaz de la unidad de programación de SIMATIC S7. Permite llegar a los módulos programables (CPUs, CPs), a visualizadores de texto y a paneles de operador desde un punto central. Las estaciones conectadas al MPI pueden comunicarse entre sí.

## N

**No enrasados.-** Están especialmente indicados para aquellas aplicaciones en las cuales el medio a detectar debe estar en contacto directo con el sensor, por ejemplo para el control de nivel de materiales a granel o de líquidos.

## P

**Password.-** Contraseña utilizada para ingresar en una red o en un sistema de manera segura.

**Performance.-** Desempeño con respecto al rendimiento de una computadora, un dispositivo, una máquina, un sistema operativo, un programa o una conexión a una red.

**Permitividad.-** Es una constante física que describe cómo un campo eléctrico afecta y es afectado por un medio. La permitividad es determinada por la habilidad de un material de polarizarse en respuesta a un campo eléctrico aplicado y, de esa forma, cancelar parcialmente el campo dentro del material. Está directamente relacionada con la susceptibilidad eléctrica. Por ejemplo, en un condensador una alta permitividad hace que la misma cantidad de carga eléctrica sea guardada con un campo eléctrico menor y, por ende, a un potencial menor, llevando a una mayor capacitancia del mismo.

**PG/PC.-** Unidad de programación

**Posición de reset.-** Posición a la cual debe llevarse un aparato de maniobras por medio de un accionamiento o pulsador para que después de una desconexión por disparo se lo pueda volver a accionar.

**Proceso.-** Manipular datos o realizar otras operaciones de acuerdo a un programa.

**Programa.-** Secuencia de instrucciones que dirige a la computadora a realizar operaciones específicas para obtener un resultado deseado.

**Protocolo.-** Es un conjunto de reglas que hacen que la comunicación en una red sea mas eficiente. Un protocolo de comunicación de datos se dice que es un conjunto de normas, que determinan el formato y la transmisión de datos.

## R

**Relé de sobreintensidad.-** Relé electromagnético sin retardo o instantáneo que reacciona ante una sobreintensidad, por ejemplo, un cortocircuito. Mediante un contacto auxiliar del relé se produce una desconexión remota, por ejemplo, del interruptor automático correspondiente.

**Relés de interface.-** (Relés electromecánicos) Sirven para la conexión de salidas del PLC, hacia los dispositivos de fuerza (contactores, electroválvulas). Por ejemplo, al alimentar la bobina del relé con 24VDC que proporciona el PLC, éste cierra un contacto del relé de interface, en el cual está conectado a 220VAC, el cual activara la bobina del contactor, ya que la corriente que emite el PLC es muy pequeña. Existen relés de interface electromecánicos y de estado sólido.

## S

**Salida.-** Output. Resultado del procesamiento.

**Separación galvánica.-** Se trata de un detalle técnico que presentan determinados interruptores limitadores (finales de carrera). Para efectuar la necesaria conmutación eléctrica, se utilizan puentes de contacto móviles, que según su posición, determinan el contacto abierto o el cerrado del interruptor.

**Sobreintensidad.-** Se define como tal a toda intensidad de la corriente que en un circuito supera el valor de la corriente asignada; sobrecarga, corriente de cortocircuito. Las sobreintensidades producen temperaturas inadmisibles y, por lo tanto, representan un peligro para los conductores, las máquinas eléctricas y los aparatos conectados.

**Switch ethernet.-** Un switch, al igual que un puente, es un dispositivo de la capa 2 (modelo de red OSI). De hecho, el switch se denomina puente multipuerto, así como el hub se denomina repetidor multipuerto. La diferencia entre el hub y el switch es que los switches toman decisiones basándose en las direcciones MAC y los hubs no toman ninguna decisión. Como los switches son capaces de tomar decisiones, hacen que la red LAN sea mucho más eficiente. Los switches hacen esto "conmutando" datos sólo desde el puerto al cual está conectado el host correspondiente. A diferencia de esto, el hub envía datos a través de todos los puertos de modo que todos los hosts deban ver y procesar (aceptar o rechazar) todos los datos.

## T

**Tablero o armario eléctrico.-** Instalación eléctrica que se conforma por el montaje conjunto dentro de un cerramiento apropiado, de aparatos de maniobra, barras colectoras con sus correspondientes conductores de interconexión y sus accesorios, por ejemplo, transformadores de medición y aparatos de medida.

**Tierra.-** Denominación del ámbito conductor de la tierra, cuyo potencial eléctrico se considera igual a cero. Según la norma DIN VDE 0100, Parte 200, con la palabra tierra se designa el lugar al igual que el material o la sustancia.

**Transmisión de datos.-** Transmisión o transferencia de señales electrónicas (es decir, datos e informaciones) entre instalaciones y partes de las mismas con capacidad de comunicación.

## **ANEXO C**

### **Manual de Operación y Mantenimiento**

# **MODERNIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL TABLERO DE CONTROL DE LA PRENSA BURKLE**

Manual de operación y mantenimiento

## **Contenido**

### **1. Sistema de control supervisorio**

- 1.1 Ambiente general de aplicación
- 1.2 Visualización de estados del sistema
- 1.3 Descripción de las Pantallas y Operación
  - a. Menú principal
  - b. Pantalla de Encolado
  - c. Pantalla de Prensado
  - d. Pantalla del Proceso Completo
  - e. Gráficas
  - f. Históricos
  - g. Alarmas
  - h. Producción
  - i. Ayuda

### **2. Sistema del control del Proceso STEP7**

- 2.1 Acceso al software de programación STEP7, programa principal, navegación dentro del programa, recomendaciones y consideraciones

### **3. Ajustes, Operación y Consideraciones generales del proceso**

- 3.1 Operación del panel OP7
- 3.2 Datos importantes de los parámetros de los variadores
- 3.3 Funcionamiento y servicio
  - a. Información de fallos y soluciones generales

# 1. Sistema de control supervisorio

## 1.1 Ambiente general de aplicación

El presente manual, en su contexto general hace referencia exclusivamente a la aplicación realizada en el diseñador de interface HMI, SIMATIC WinCC, implementado para el sistema de control del proceso de enchapado de la prensa BURKLE.

Antes de proceder a la descripción operativa de cada una de las pantallas que conforman el proceso, realizamos una familiarización con el ambiente general de la aplicación. Con el fin de facilitar la visualización de los elementos que forman parte de la maquinaria, como del estado del sistema, el diseño de la interface HMI consta de varios estándares respecto a la navegación, señalización y distribución de las pantallas.



**Figura 1. Ambiente de las pantallas HMI**

La distribución de los elementos en las pantallas de visualización es común para todas las pantallas de aplicación como se muestra la figura 1. Estas se componen de:

- 1. Barra de Estado.-** Indica el estado de comunicación existente, en tiempo real, del proceso con el sistema HMI. EN LINEA +: quiere decir que la comunicación es excelente, o FUERA DE LINEA -: que no existe comunicación. Además existe el icono y la ventana de usuario actual, en la cual haciendo clic en el icono de la llave se puede ingresar el nombre del usuario, siempre y cuando tenga un password, y así poder

acceder a alguna acción que esté protegida. Así mismo tiene la visualización de la fecha y hora del sistema.

2. **Pantalla de Proceso.-** Abarca todo lo que es información detallada del proceso, describe gráficamente todo lo que se está llevando a cabo, lectura de variables analógicas como temperatura y presión, señales de activación / desactivación.
3. **Ventana de información de fallas y eventos del sistema.-** En esta ventana el operador va a observar la ocurrencia de fallas y/o eventos, en un formato textual, de la fecha, hora, mensaje y el lugar en donde se produce la anomalía.
4. **Barra de navegación.-** Es el detalle de todas las subdivisiones de las pantallas del proceso a las que podemos acceder desde la posición en el sistema en que nos encontremos.

## 1.2 Visualización de estados del sistema

Para facilitar la visualización de todos los elementos de la maquinaria que corresponden al proceso, el sistema de control y monitoreo cuenta con varios estándares con respecto a la navegación, señalización y distribución de las pantallas de aplicación.

Para los motores el sistema utiliza los siguientes colores, verde cuando está encendido, gris cuando está apagado, y rojo titilando si está en falla. Del mismo modo funcionan para el caso de los sensores, finales de carrera, electroválvulas, verde cuando están activos y gris cuando están apagados.

## 1.3 Descripción de las Pantallas y Operación

### a. Menú principal



En la pantalla del menú principal podemos encontrar varios botones de navegación, con los cuales podemos acceder a las diferentes pantallas que componen el sistema HMI. Para poder acceder a los botones [STEP7] como [MTTO MOT], debe registrarse en el botón de administrador de usuarios (barra de estado, botón con símbolo de una llave), en este caso debe tener un nombre de usuario y un password, en el instante en que se registra aparece el nombre del usuario actual (barra de estado).

## b. Pantalla de Encolado

En esta pantalla podemos observar a toda la maquinaria que corresponde al grupo 100, 200 y 300; en sus diferentes estados como son de activación y desactivación.

En esta pantalla como en la de prensado, haciendo clic derecho sobre los motores podemos ver una subventana con las condiciones de arranque del motor y sus horas de funcionamiento, de la misma manera haciendo clic izquierdo sobre cualquier motor, podemos observar una subventana del histórico de arranques del motor, con la fecha y hora.

Las válvulas también cuentan con subventanas que indican las condiciones de activación de las mismas, esto se puede acceder dando clic derecho sobre la válvula elegida.



En el caso de que un motor cumpla con las horas de servicio seteadas (acceso a la ventana de seteo de horas servicio, botón [MTTO MOT] ), a un costado del motor aparecerá un símbolo de una “mano con una llave” titilando indicando que ese motor necesita que se le

de mantenimiento, una vez que se a tomado la acción respectiva con esté motor, la persona autorizada será quien realice el reset de las horas de servicio, en esté caso es el supervisor de mantenimiento eléctrico, esto se lo hace en la subventana del estado del motor. Para poder realizar está acción tiene que registrarse y ser reconocido como usuario actual.



### c. Pantalla de Prensado

En está pantalla tenemos la maquinaria referente a los grupos 400 y 500, posee subventanas de observación en los motores como en las válvulas, al igual que en la pantalla de encolado.

En está pantalla el operador puede observar los valores en tiempo real de las presiones de los cilindros de la prensa, como las temperaturas de los platos superior e inferior. El tiempo de prensado que el operador setea de acuerdo a la producción que se esté realizando, se ingresa en la subventana de "Ingreso de tiempo de prensado". De la misma manera puede setear el tiempo de enfriamiento del tablero en los rodillos de salida, con 4 segundos el tablero se queda a enfriar en los rodillos, mientras que con 10 segundos el tablero pasa directamente a la mesa de descarga.



Dando clic en el botón “MANOMETROS”, se puede observar una subventana en la que se encuentran los mismos, mediante un instrumento virtual analógico, y además se puede ver las presiones a que cilindros o pistones corresponden.



#### d. Pantalla del Proceso Completo

En esta pantalla se puede observar toda la maquinaria y los dispositivos que corresponden al proceso de enchapado del tablero, teniendo así una vista global de lo que está sucediendo en el mismo. En esta pantalla no se puede realizar las acciones de activación de subventanas en los motores como en las válvulas.

En esta se puede ingresar el tiempo de prensado, tiempo de enfriamiento del tablero, visualización de presiones y temperaturas, además haciendo clic en los botones “CICLO

PRENSADO”, “GLOBAL: B1-B2-B3” y “GLOBAL: TP1-TP2”, se puede observar las gráficas referentes a estos botones.



### e. Gráficas

Seleccionando cualquiera de los botones que conforman esta pantalla se puede elegir que tendencia grafica se quiere observar, como pueden ser las presiones individuales o en conjunto, las temperaturas individuales o en conjunto, o también observar el ciclo de prensado.



### f. Históricos

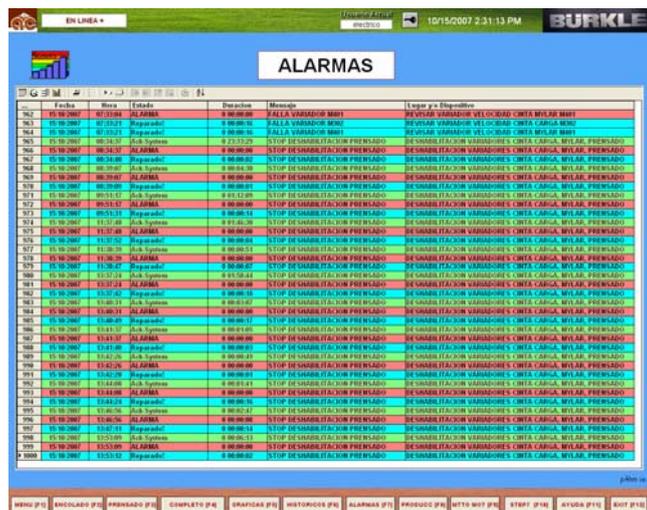
En la pantalla de históricos están los datos del ciclo de prensado, temperaturas y presiones. Estos datos se pueden observar en formato de tabla, con la fecha y hora en los que son

generados. El ciclo de adquisición de datos en la tabla de históricos para las presiones como del ciclo de prensado es de un dato por segundo. Mientras que para las temperaturas el ciclo de adquisición es de un dato cada dos minutos por ser un proceso lento. Estas tablas de históricos se pueden elegir haciendo clic en el botón correspondiente.



### g. Alarmas

Esta pantalla presenta todas las alarmas de fallo y eventos ocurridos en el proceso. Cada estado de falla o evento se va registrando con la fecha y hora, el estado en que se encuentra, es decir si está todavía en alarma (fondo de texto rojo) o si ya fue reparada (fondo de texto celeste), además me indica el mensaje de falla y el lugar en donde se está ocurriendo.



## h. Producción

Esta pantalla indica el valor actual del número de tablero que se está prensando en automático, mientras que la tabla va guardando el valor acumulado del número de prensadas. Después de las ocho horas de trabajo que tiene cada turno (tres turnos), el contador automáticamente pasa al siguiente turno que le corresponde, mientras que la ventana de “VALOR ACTUAL” del turno que ya paso se encera, esto no quiere decir que el valor se pierde, lo podemos observar en la tabla aculada de cada turno, que es la encargada de guardar los datos.

PRIMER TURNO			SEGUNDO TURNO			TERCER TURNO		
VALOR ACTUAL	350		VALOR ACTUAL	0		VALOR ACTUAL	0	
Hora-Turno	Pantalla	Prensado	Hora-Turno	Pantalla	Prensado	Hora-Turno	Pantalla	Prensado
00:00:00	000	0	00:00:00	000	0	00:00:00	000	0
00:00:01	000	0	00:00:01	000	0	00:00:01	000	0
00:00:02	000	0	00:00:02	000	0	00:00:02	000	0
00:00:03	000	0	00:00:03	000	0	00:00:03	000	0
00:00:04	000	0	00:00:04	000	0	00:00:04	000	0
00:00:05	000	0	00:00:05	000	0	00:00:05	000	0
00:00:06	000	0	00:00:06	000	0	00:00:06	000	0
00:00:07	000	0	00:00:07	000	0	00:00:07	000	0
00:00:08	000	0	00:00:08	000	0	00:00:08	000	0
00:00:09	000	0	00:00:09	000	0	00:00:09	000	0
00:00:10	000	0	00:00:10	000	0	00:00:10	000	0
00:00:11	000	0	00:00:11	000	0	00:00:11	000	0
00:00:12	000	0	00:00:12	000	0	00:00:12	000	0
00:00:13	000	0	00:00:13	000	0	00:00:13	000	0
00:00:14	000	0	00:00:14	000	0	00:00:14	000	0
00:00:15	000	0	00:00:15	000	0	00:00:15	000	0
00:00:16	000	0	00:00:16	000	0	00:00:16	000	0
00:00:17	000	0	00:00:17	000	0	00:00:17	000	0
00:00:18	000	0	00:00:18	000	0	00:00:18	000	0
00:00:19	000	0	00:00:19	000	0	00:00:19	000	0
00:00:20	000	0	00:00:20	000	0	00:00:20	000	0
00:00:21	000	0	00:00:21	000	0	00:00:21	000	0
00:00:22	000	0	00:00:22	000	0	00:00:22	000	0
00:00:23	000	0	00:00:23	000	0	00:00:23	000	0
00:00:24	000	0	00:00:24	000	0	00:00:24	000	0
00:00:25	000	0	00:00:25	000	0	00:00:25	000	0
00:00:26	000	0	00:00:26	000	0	00:00:26	000	0
00:00:27	000	0	00:00:27	000	0	00:00:27	000	0
00:00:28	000	0	00:00:28	000	0	00:00:28	000	0
00:00:29	000	0	00:00:29	000	0	00:00:29	000	0
00:00:30	000	0	00:00:30	000	0	00:00:30	000	0
00:00:31	000	0	00:00:31	000	0	00:00:31	000	0
00:00:32	000	0	00:00:32	000	0	00:00:32	000	0
00:00:33	000	0	00:00:33	000	0	00:00:33	000	0
00:00:34	000	0	00:00:34	000	0	00:00:34	000	0
00:00:35	000	0	00:00:35	000	0	00:00:35	000	0
00:00:36	000	0	00:00:36	000	0	00:00:36	000	0
00:00:37	000	0	00:00:37	000	0	00:00:37	000	0
00:00:38	000	0	00:00:38	000	0	00:00:38	000	0
00:00:39	000	0	00:00:39	000	0	00:00:39	000	0
00:00:40	000	0	00:00:40	000	0	00:00:40	000	0
00:00:41	000	0	00:00:41	000	0	00:00:41	000	0
00:00:42	000	0	00:00:42	000	0	00:00:42	000	0
00:00:43	000	0	00:00:43	000	0	00:00:43	000	0
00:00:44	000	0	00:00:44	000	0	00:00:44	000	0
00:00:45	000	0	00:00:45	000	0	00:00:45	000	0
00:00:46	000	0	00:00:46	000	0	00:00:46	000	0
00:00:47	000	0	00:00:47	000	0	00:00:47	000	0
00:00:48	000	0	00:00:48	000	0	00:00:48	000	0
00:00:49	000	0	00:00:49	000	0	00:00:49	000	0
00:00:50	000	0	00:00:50	000	0	00:00:50	000	0
00:00:51	000	0	00:00:51	000	0	00:00:51	000	0
00:00:52	000	0	00:00:52	000	0	00:00:52	000	0
00:00:53	000	0	00:00:53	000	0	00:00:53	000	0
00:00:54	000	0	00:00:54	000	0	00:00:54	000	0
00:00:55	000	0	00:00:55	000	0	00:00:55	000	0
00:00:56	000	0	00:00:56	000	0	00:00:56	000	0
00:00:57	000	0	00:00:57	000	0	00:00:57	000	0
00:00:58	000	0	00:00:58	000	0	00:00:58	000	0
00:00:59	000	0	00:00:59	000	0	00:00:59	000	0
00:01:00	000	0	00:01:00	000	0	00:01:00	000	0

## i. Ayuda

Esta pantalla de ayuda indica como se puede acceder a las diferentes pantallas que compone el proceso mediante el teclado.

Teclas de acceso rapido:
[F1] menu
[F2] encendido y puesta de chape
[F3] proceso
[F4] esquema del proceso completo
[F5] graficas y analisis de proceso
[F6] historico
[F7] alarmas
[F8] produccion de tableros por turnos
[F9] estado de las horas de mantenimiento de las maquinas (SUPERVISOR.MTTO)
[F10] diagrama del programa STEP7 con condiciones del programa (SUPERVISOR.MTTO & ELECTRICOS)
[F11] ayuda de usuario
[F12] salir del menu (quita pantalla)

Atenciones del menu (Fichas de menu):  
Ch: Cerrar - abre ventana de parametros de arranque del motor elapide  
Ch: Abrir - abre ventana de tiempo de operacion del motor elapide

Toda la nomenclatura que posee la maquinaria como los dispositivos que están en las diferentes pantallas, es igual a la utilizada en los planos y en el programa del PLC, facilitando así su identificación.

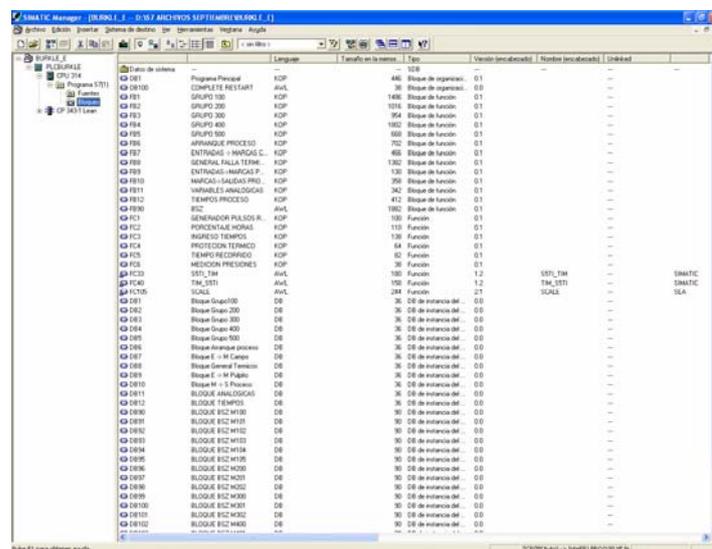
## 2. Sistema del control del Proceso STEP7

### 2.1 Acceso al software de programación STEP7, programa principal, navegación dentro del programa, recomendaciones y consideraciones

Para poder acceder al programa principal de la CPU del PLC, tiene que registrarse como usuario, ya sea como eléctrico o supervisor en cualquiera de las pantallas de la interface HMI, de esta manera tiene la autorización de abrir el software de programación STEP7 mediante el botón que tiene el mismo nombre.

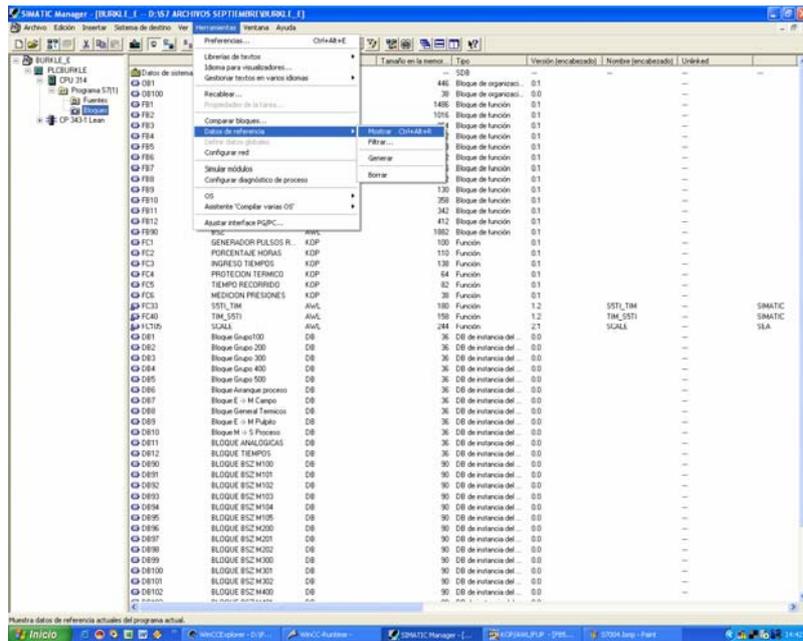
De esta manera se abre la pantalla de exploración del proyecto, en la que se encuentran todos los bloques de programación realizados (programación estructurada), los principales bloques que la persona de mantenimiento eléctrico debe acceder son al OB1, FB1 hasta el FB12, estos bloques contienen toda la programación e información necesaria del proceso, distribuida por grupos.

Los bloques restantes son importantes para el programa, pero no tienen ninguna información necesaria que les pueda ayudar al personal de mantenimiento eléctrico.

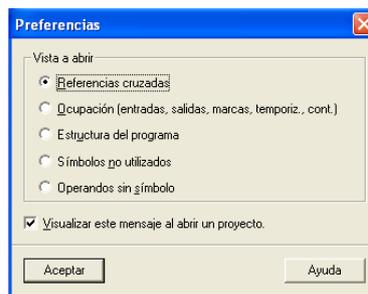


Para el caso de querer verificar el estado de algún dispositivo dentro del programa, lo que se debe hacer es identificar el nombre de este dispositivo, y la manera más fácil de encontrarlo es abriendo la ventana de referencias cruzadas.

Hacemos clic en Herramientas (barra de tareas), Datos de referencia y Mostrar, nos despliega una subventana en la cual escogemos Referencias cruzadas y aceptamos.



Subventana para escoger las referencias cruzadas.



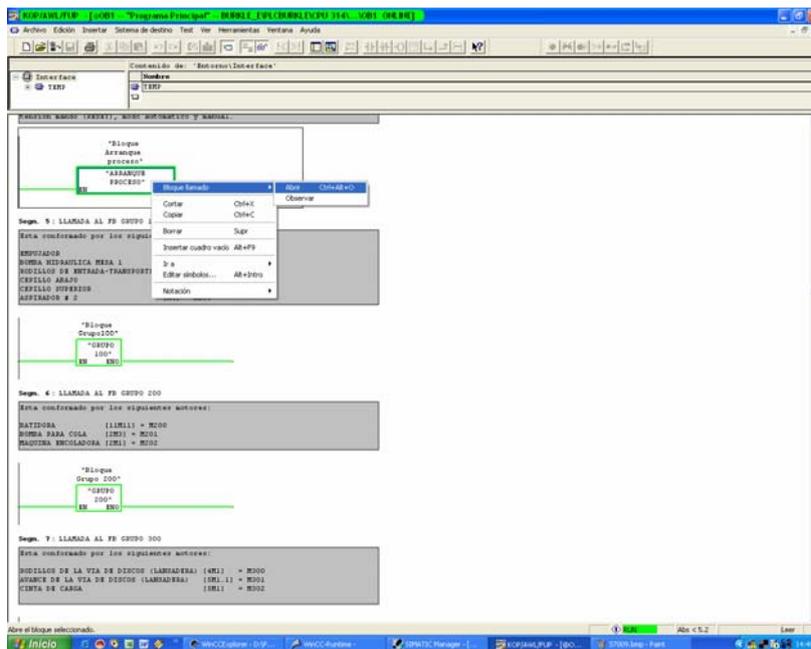
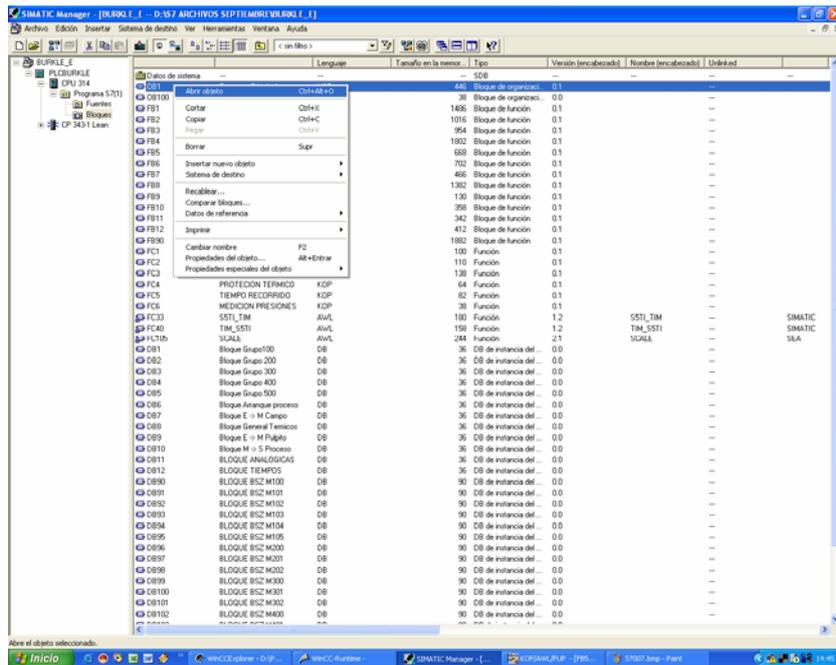
Una vez realizado esto se nos despliega una ventana con toda la información, de entradas, salidas, marcas, temporizadores, contadores, etc., utilizados en el programa, además le dice el bloque y el segmento en que se encuentra la señal del dispositivo que está buscando. Al hacer doble clic en el nombre del dispositivo, éste inmediatamente le abre el bloque en que está se encuentra, pudiendo así tomar alguna acción o simplemente observarlo.

Operando (símbolo)	Bloque (símbolo)	Acc	Lenguaje	Punto de aplicación	Punto de aplicación
M 4.1 (BM301.1)	FB3 (ORUPO 300)	R	KOP	Seg 8 /J	
M 4.2 (BM301.0)	FB3 (ORUPO 300)	R	KOP	Seg 8 /J	
M 4.3 (FC300)	FB3 (ORUPO 300)	R	WOP	Seg 2 /J	Seg 8 /J
M 4.4 (FC300)	FB3 (ORUPO 300)	R	WOP	Seg 2 /J	Seg 8 /J
M 4.5 (FC301.1)	FB7 (ENTRADAS->MARC)	WV	KOP	Seg 38 /+	
M 4.6 (FC301)	FB3 (ORUPO 300)	R	WOP	Seg 2 /J	Seg 3 /J
M 4.7 (FC302)	FB3 (ORUPO 300)	R	KOP	Seg 1 /J	
M 5.0 (FC320)	FB7 (ENTRADAS->MARC)	WV	KOP	Seg 41 /+	
M 5.1 (FC321)	FB7 (ENTRADAS->MARC)	WV	KOP	Seg 42 /+	
M 5.2 (BM312.1)	FB3 (ORUPO 300)	R	KOP	Seg 13 /J	
M 5.3 (BM312.2)	FB4 (ORUPO 400)	R	KOP	Seg 30 /J	Seg 37 /J
M 5.4 (FC301)	FB3 (ORUPO 300)	R	WOP	Seg 13 /J	Seg 14 /J
M 5.5 (FC300)	FB7 (ENTRADAS->MARC)	WV	KOP	Seg 46 /+	
M 5.6 (FC301)	FB7 (ENTRADAS->MARC)	WV	KOP	Seg 47 /+	
M 5.7 (FC301)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 56 /J	
M 6.0 (FC401)	FB3 (ORUPO 300)	R	KOP	Seg 14 /J	
M 6.1 (FC402)	FB4 (ORUPO 400)	R	KOP	Seg 13 /J	Seg 27 /J
M 6.2 (FC404)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 5 /J	Seg 6 /J
M 6.3 (FC405)	FB4 (ORUPO 400)	R	KOP	Seg 5 /J	Seg 7 /J
M 6.4 (FC406)	FB3 (ORUPO 300)	R	KOP	Seg 14 /J	
M 6.5 (B401_0300_0T)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 6 /J	Seg 29 /J
M 6.6 (B401_0300_0T)	FB3 (ORUPO 300)	R	KOP	Seg 9 /J	
M 6.6 (FC402)	FB7 (ENTRADAS->MARC)	WV	WOP	Seg 55 /+	
M 6.7 (FC500)	FB7 (ENTRADAS->MARC)	WV	KOP	Seg 56 /+	
M 7.0 (BM500)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 7 /J	
M 7.1 (FC501)	FB7 (ENTRADAS->MARC)	WV	WOP	Seg 56 /+	
M 7.2 (BM501_sabst)	FB5 (ORUPO 500)	R	WOP	Seg 1 /J	
M 7.3 (BM501_parr)	FB5 (ORUPO 500)	R	KOP	Seg 1 /J	
M 7.4 (BM501_sabst)	FB5 (ORUPO 500)	R	WOP	Seg 4 /J	
M 7.5 (FC500)	FB5 (ORUPO 500)	R	KOP	Seg 4 /J	
M 7.6 (FC501)	FB5 (ORUPO 500)	R	WOP	Seg 1 /J	
M 7.7 (B401_PULPITO)	FB3 (ORUPO 300)	R	WOP	Seg 9 /J	
M 8.0 (B401)	FB4 (ORUPO 400)	R	KOP	Seg 45 /J	
M 8.1 (B4)	FB6 (ARRANQUE PROCES)	R	KOP	Seg 15 /J	
M 8.2 (BM401.1)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 31 /J	
M 8.3 (BM401.0)	FB4 (ORUPO 400)	R	KOP	Seg 31 /J	Seg 32 /J
M 8.4 (B4CP)	FB6 (ARRANQUE PROCES)	R	WOP	Seg 4 /J	Seg 9 /J
M 8.5 (B4CP)	FB6 (ARRANQUE PROCES)	R	WOP	Seg 4 /J	Seg 9 /J
M 8.6 (BM401.0)	FB4 (ORUPO 400)	R	KOP	Seg 49 /J	Seg 50 /J
M 8.7 (BM401.5)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 41 /J	Seg 42 /J
M 8.8 (BM401.1)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 6 /J	Seg 28 /J
M 8.9 (BM401.2)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 9 /J	Seg 30 /J
M 8.9 (B4B)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 13 /J	Seg 14 /J
M 8.9 (B5B)	FB4 (ORUPO 400)	R	WOP	Seg 12 /J	Seg 16 /J
M 8.4 (BM100_abast)	FB1 (ORUPO 100)	R	KOP	Seg 3 /J	
M 8.5 (BM100_parr)	FB1 (ORUPO 100)	R	WOP	Seg 3 /J	Seg 4 /J
M 8.6 (BM101_abast)	FB1 (ORUPO 100)	R	WOP	Seg 9 /J	
M 8.7 (BM101_parr)	FB1 (ORUPO 100)	R	KOP	Seg 9 /J	Seg 10 /J
M 10.0 (BM101_abast)	FB1 (ORUPO 100)	R	WOP	Seg 10 /J	
M 10.1 (B01_TEST_LAMP)	FB1 (ORUPO 100)	R	WOP	Seg 6 /J	Seg 7 /J
M 10.1 (B01_TEST_LAMP)	FB1 (ORUPO 100)	R	WOP	Seg 6 /J	Seg 7 /J

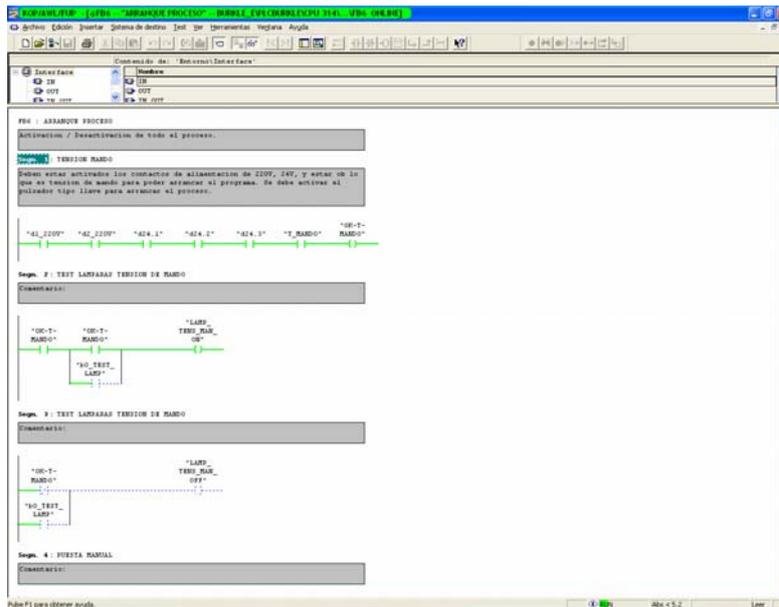
Para encontrar el nombre del dispositivo en la ventana de una manera mas rápida simplemente se debe hacer con el teclado Ctrl + F o edición buscar, el nombre del dispositivo y aceptamos.

Para acceder a los bloque desde la ventana de exploración del SIMATIC Manager, lo que se debe hacer es doble clic sobre el bloque o a su vez clic derecho abrir objeto, y se nos abre la ventana de programación que está en lenguaje KOP.

Cabe destacar que todas las entradas y salidas están asignadas a marcas, y son con estas marcas con las que se trabaja en el programa. Todas las asignaciones de entradas y salidas a marcas coinciden, por ejemplo: la conexión al borne del módulo de entrada E 2.5 está asignada a la marca M 2.5, y de igual manera con las salidas, por ejemplo la “bobina lógica del programa” que corresponda a la marca M 24.6 está asignada a la salida del borne A 24.6.

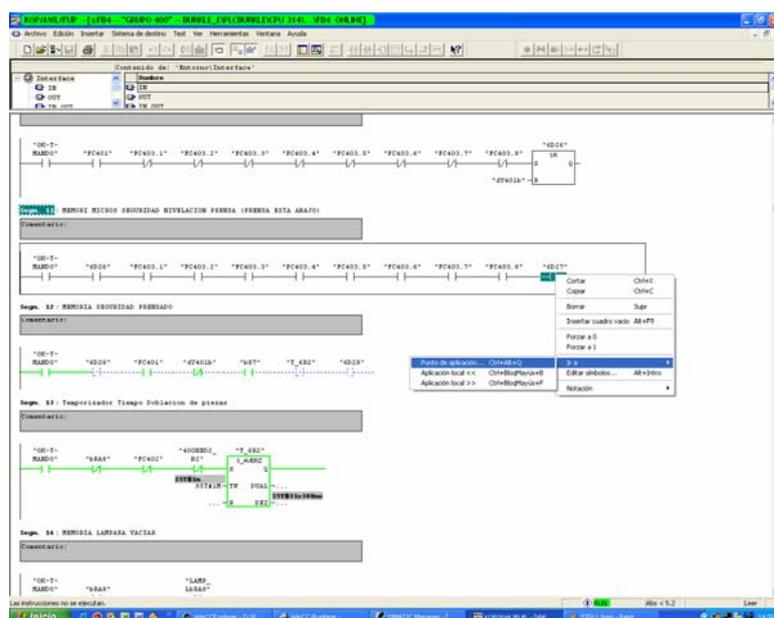


Cuando se esté en la ventana del bloque elegido (ventana de programación KOP/AWL/FUP), debemos poner en línea (comunicar con el PLC), para poder observar lo que está sucediendo en el proceso mediante el botón de “observar” .

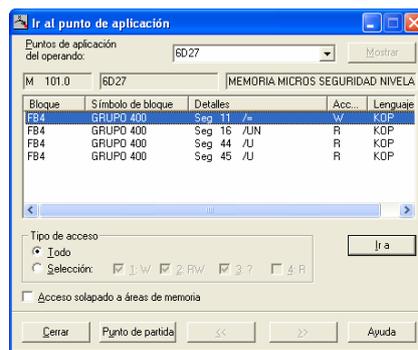


Para realizar algún cambio en el programa, por ejemplo realizar algún “punte” de un contacto del programa esté no debe estar en línea con el PLC, después de realizar este procedimiento se debe cargar la modificación al PLC mediante el botón cargar . La persona quien realiza el cambio dentro del programa debe estar conciente de lo que está haciendo y de lo que pueda suceder.

En el caso de que haya ingresado al programa y al momento de cerrarlo le sale un mensaje diciendo “desea guardar los cambios”, y si no ha realizado ninguno pues simplemente pone NO.



Cuando estemos dentro del programa, y si queremos ver en que segmento o bloque se está aplicando la señal de una “bobina lógica”, lo que se debe hacer es dar clic derecho sobre está bobina, y escogemos Ir a, Punto de aplicación. Se nos despliega una subventana con el nombre de la bobina, los bloques y segmentos en los que se está aplicando, escogemos el segmento al que queremos dirigirnos y damos clic en el botón Ir a.



### 3. Ajustes, Operación y Consideraciones generales del proceso

#### 3.1 Operación del panel OP7



La operación del panel de operador está basado en siete pantallas, a cada una de estas pantallas se puede acceder mediante el teclado que posee esté. Los botones de acceso a las diferentes pantallas son los siguientes:

F1: Inicio

F2: Ingreso del tiempo de prensado.- Ingresar el tiempo en segundos

F3: Ingreso del tiempo de enfriamiento del tablero en los rodillos de salida.- Cuatro segundos se enfría el tablero en los rodillos, diez segundos se pasa directamente a la mesa de descarga.

F4: Visualización de las temperaturas de los platos de la prensa

K1: Visualización de las presiones

K2: Ingreso del tiempo para el periodo de mantenimiento de los motores.- Está opción le pedirá un password, ya que la persona quién realiza está modificación es de mantenimiento eléctrico. El ingreso del tiempo se realiza en horas.

K3: Menú

K4: Detiene el programa de visualización del OP7, para poder activarlo se debe elegir la opción ACTIVAR y damos enter. Esté botón se lo debe pulsar solo en el caso de que se vaya a realizar alguna modificación, caso contrario no se lo debe activar.

### 3.2 Datos importantes de los parámetros de los variadores

#### Instrucciones generales de funcionamiento de los variadores

Datos actuales ingresados al variador de la placa de características de los motores M302 y M401.

Placa de características de los motoreductores					
Voltaje (V)	Amperaje (A)	Frecuencia (Hz)	Cos $\Phi$	RPM	Potencia (Kw)
220 / 440	12,0 / 6,0	60	0,8	1700 / 90	3,0

Símbolo 

#### Parámetros del variador para la puesta en marcha de los motores M302 & M401

N°	Nombre	Rango / Valor tras la puesta en marcha
P-01	Modo de funcionamiento	0 VFC o VFC & ELEVACIÓN
P-02	Potencia nominal del motor	3,0 [kW]
P-03	Velocidad nominal del motor	1700 [rpm]
P-04	Frecuencia nominal del motor	60 [Hz]
P-05	Tensión nominal del motor	440 [V]

Símbolo 

Todos los parámetros que se pueden visualizar y modificar mediante el símbolo “PAR” del panel de mando aparecen indicados en la columna OP (panel de mando) con un punto [.]

Los valores escritos en la columna de “Valor tras la puesta en marcha” son los datos actuales seteados en variador.

### Lista de principales parámetros del variador para el motor-reductor de la cinta de carga ACCM302

N°	OP	Índice dec.	Nombre	Margen / Ajuste de fábrica		Valor tras la puesta en marcha
				Display	MOVITOOLS	
0			Valores de indicación (sólo de lectura)			
13			Rampas de velocidad			
130	•	8807	Rampa t11 subida		0.1 ... 2 ... 2000 [s]	0,5
131	•	8808	Rampa t11 bajada		0.1 ... 2 ... 2000 [s]	1,0
136	•	8476	Rampa parada rápida t13		0.1 ... 2 ... 20 [s]	2,0
16			Consignas fijas (registro 1)			
160	•	8489	Consigna interna n11		0 ... 150 ... 5000 [rpm]	900
161	•	8490	Consigna interna n12		0 ... 750 ... 5000 [rpm]	2100
3			Parámetros del motor			
30			Limitaciones			
301	•	8516	Velocidad mínima		0 ... 15 ... 5500 [rpm]	0
302	•	8517	Velocidad máxima		0 ... 1500 ... 5500 [rpm]	2200
303	•	8518	Limite de corriente		0 ... 150 [% I <sub>N</sub> ]	150

### Lista de principales parámetros del variador para el motor-reductor de la cinta del Mylar ACCM401

N°	OP	Índice dec.	Nombre	Margen / Ajuste de fábrica		Valor tras la puesta en marcha
				Display	MOVITOOLS	
0			Valores de indicación (sólo de lectura)			
13			Rampas de velocidad			
130	•	8807	Rampa t11 subida		0.1 ... 2 ... 2000 [s]	4,0
131	•	8808	Rampa t11 bajada		0.1 ... 2 ... 2000 [s]	2,0
136	•	8476	Rampa parada rápida t13		0.1 ... 2 ... 20 [s]	2,0
16			Consignas fijas (registro 1)			
160	•	8489	Consigna interna n11		0 ... 150 ... 5000 [rpm]	500
161	•	8490	Consigna interna n12		0 ... 750 ... 5000 [rpm]	1900
3			Parámetros del motor			
30			Limitaciones			
301	•	8516	Velocidad mínima		0 ... 15 ... 5500 [rpm]	0
302	•	8517	Velocidad máxima		0 ... 1500 ... 5500 [rpm]	2000
303	•	8518	Limite de corriente		0 ... 150 [% I <sub>N</sub> ]	150

### 3.3 Funcionamiento y servicio

#### a. Información de fallos y soluciones generales

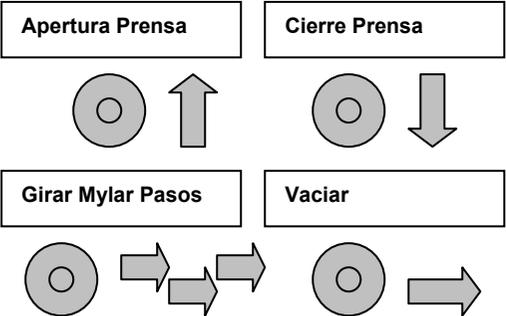
Error	Posibles causas	Soluciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>No se activa tensión de mando</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrecarga en el interruptor general</li> <li>Activación de emergencias</li> <li>Sobrecarga en los breakers de 24VDC y/o 220VAC</li> <li>Contactor de tensión mando no activa</li> <li>Sobrecarga en la fuente de 24VDC o transformador 220VAC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar el IG1</li> <li>Verifique que todas emergencia estén desactivadas</li> <li>Revisar los breakers IA1, IA2, I24.1, I24.2, I24.3</li> <li>Revisar el correcto funcionamiento del dP1</li> <li>Revisar los térmicos MT24.1 y/o MTR1</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>No gira cinta mylar M401</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrecarga en el variador</li> <li>No está la prensa totalmente arriba</li> <li>Activación stop de emergencia</li> <li>Activación final carrera de seguridad</li> <li>Activación protección térmica</li> <li>Cables de conexión del PLC al variador desconectados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar variador ACC M401, si existe falla resetear y poner en RUN el variador. Si el problema persiste se debe revisar que la cinta del mylar no esté remordida o en su defecto se debe destemplan la cinta</li> <li>Verificar el FC401 (prensa arriba)</li> <li>Habilitar el stop de emergencia [6b3/bM401] situado en la cinta de carga (señal luz sobre el pulpito se debe apagar)</li> <li>Verificar el FC407 micro de seguridad, si estaba activo y ya no se va a utilizar se debe resetear [RESET] para que se pueda habilitar</li> <li>Revisar la protección térmica MT401</li> <li>Verificar la correcta conexión de los cables</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>No camina mesa de discos (lanzadera) M301</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobrecarga en el arrancador suave AS M301</li> <li>Activación protección térmica</li> <li>No se activa FC300 salida mesa en auto</li> <li>No se activa FC301 (mesa discos atras) o FC302 (mesa discos adelante)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar arrancador suave AS M301, si está en estado de alarma resetear manualmente, si el problema persiste se debe realizar el calculo de ajuste de corriente del motor y setear en el panel del arrancador [MOTOR CURRENT] (el procedimiento está adjunta a esté documento)</li> <li>Revisar la protección térmica MT301</li> <li>Revisar el estado del FC300 que de señal de ingreso al PLC</li> <li>Revisar el estado del FC301 y FC302 que de señal de ingreso al PLC</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>No gira cinta carga M302</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Activación stop de emergencia</li> <li>Activación protección térmica</li> <li>Pulsante cargar bM302.1 en mal estado</li> <li>No se activa FC406</li> <li>Sobrecarga en el variador</li> <li>Cables de conexión del PLC al variador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilitar el stop de emergencia [6b3/bM401] situado en la cinta de carga (señal luz sobre el pulpito se debe apagar)</li> <li>Revisar la protección térmica MT302</li> <li>Revisar pulsador bM302.1 y su señal de ingreso al PLC</li> <li>Revisar el FC406 , que es la señal de activación de alta velocidad del ACC M302, que el eslabón de la cadena esté tocando correctamente</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>desconectados</li> <li>Cables de fuerza desconectados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar variador ACC M302, si existe falla resetear y poner en RUN el variador.</li> <li>Verificar la correcta conexión de los cables</li> <li>Verificar la conexión</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Posicionamiento del tablero a presar fuera de la prensa (desliza)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción ACOPLAC 15mm y 25mm el tablero es pesado y se desliza en la cinta del mylar M401 y se sale de la prensa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mover y posicionar bien los FC404, FC405 y FC406, hasta que el tablero esté bien posicionado</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>No baja la prensa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bomba hidráulica M400 apagada</li> <li>Falla o activación del térmico de bomba hidráulica MT400</li> <li>Final de carrera FC405 no está activándose</li> <li>En <b>MANUAL</b> no da la señal el pulsante bM400.5</li> <li>En <b>AUTO</b> no cumple las condiciones de presar automáticamente</li> <li>No se activa la válvula Y402 de bajar prensa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encender la bomba hidráulica M400</li> <li>Revisar el estado de la protección térmica</li> <li>Revisar el funcionamiento del FC405 y su señal de entrada al PLC</li> <li>Revisar que el pulsante <b>bM400.5</b> cierre prensa esté funcionando bien</li> <li>Revisar en el programa las condiciones de presar automáticamente: memoria -&gt; bM302.2, FT301, FC402 y activación del FC405. Además de revisar cada una de las señales de estos dispositivos estén ingresando correctamente al PLC</li> <li>Revisar condiciones del programa (FB4 – GRUPO400 )</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Prensa no ingresa presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se activan las válvulas Y401a, Y403, Y404, Y406</li> <li>Bomba hidráulica M400 apagada</li> <li>Final de carrera FC405 no está activándose</li> <li>Relés interface mal estado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar las señales de salida del PLC</li> <li>Encender la bomba hidráulica M400</li> <li>Revisar el funcionamiento del FC405 y su señal de entrada al PLC</li> <li>Verificar el buen funcionamiento de las interfaces</li> <li>Verificar condiciones de activación en el programa del PLC (FB4 – GRUPO400 )</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Prensa no descomprime</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se activa la válvula Y401b</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar las señales de salida del PLC</li> <li>Verificar el buen funcionamiento de las interfaces</li> <li>Verificar condiciones de activación en el programa del PLC (FB4 – GRUPO400 )</li> </ul>

#### RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA:

<ul style="list-style-type: none"> <li>En el caso de no encender un motor de la línea, lo que se debe hacer es revisar la protección térmica, estado de los relés de interface y seguidamente las condiciones de arranque. Además se debe revisar los contactos de accionamiento físicos del contactor, ya que para todos los contactores se realiza un test de accionamiento, que son ingresados al PLC y que forman las condiciones de arranque de un motor. Es decir si no están en buen estado no arranca el motor.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando exista un fallo de cualquier protección térmica de los motores, activación del STOP de emergencia en la cinta de carga, activación del final de carrera seguro de deshabilitación del ACC M401, la lámpara de señalización sobre el pulpito comienza a girar indicando que existe un falla, alarma y/o advertencia</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Para habilitar el estado de alarma de una protección térmica se debe resetear el sistema con pulsante <b>RESET</b> ubicado en el pulpito</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>En el caso de se haya apagado el computador la contraseña de inicio es <b>recubrimiento</b>, todo escrito con minúsculas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Si no existe comunicación entre el PLC y la PC, revisar los cables de comunicación ethernet, conectados al switch</li> </ul>

**Información de funcionamiento de algunos dispositivos importantes:**

Dispositivo	Descripción y/o funcionamiento
<p>• Pulsantes panel pulpito:</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estos pulsadores ubicados en el pulpito se los maneja solo cuando el sistema está en <b>MANUAL</b></li> <li>• <b>Apertura prensa [bM400.6]</b></li> <li>• <b>Cerrar prensa [bM400.5]</b></li> <li>• <b>Girar mylar a pasos:</b> se pulsa y gira M401 en lenta velocidad, se suelta y no gira. Esto a hace que se pierda el ciclo, para coger ciclo, lo que se debe hacer es accionar el FC405 y pulsar VACIAR y obtenemos el ciclo.</li> <li>• <b>ADVERTENCIA:</b> Cuando se esté girando el mylar a pasos para nada se debe pulsar el botón de <b>AUTO</b>, hasta que se haya cogido el ciclo, porque puede ocurrir de que estén las barras de la cinta en los platos de la prensa, y está bajar, produciendo un accidente.</li> <li>• <b>Vaciar:</b> gira M401 un ciclo, si está con tablero por ende lo va sacar</li> </ul>
<p>• <b>STOP</b> de emergencia [bM401] (ubicado en la estructura de la cinta de carga)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un pulso hace la parada de emergencia, es decir <b>bloquea</b> el accionamiento de los ACC M302, ACC M401 (no giran) y para que no baje la prensa, y esto hace que se active la señal luminosa de la lámpara sobre el pulpito (señal de parada).</li> <li>• Con un segundo pulso se <b>desbloquea</b> el STOP para volver a su funcionamiento normal.</li> <li>• Se debe tener cuidado ya que como el STOP se realizó en AUTO al instante de deshabilitarlo, si se quedo memorizado el prensado en AUTO va a bajar la prensa, en el caso de no bajar la prensa ya deshabilitado el STOP en <b>AUTO</b> se le da la señal de memoria con el [bM302.2] para prensar.</li> <li>• <b>ADVERTENCIA:</b> Antes deshabilitar el STOP se debe asegurar de que ninguna persona o material peligroso esté dentro o por los alrededores de la prensa (a excepción del tablero), ya que cuando se deshabilita si ha quedado memorizado a prensar está va a bajar.</li> </ul>
[bM302.1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulsante de posicionamiento de tablero (ACC M302 = lenta velocidad), posiciona hasta que le detecte la FT301</li> </ul>
[bM302.2]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulsante de memoria para realizar el prensado automáticamente</li> </ul>
FT301	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fococélula de sensado de posicionamiento de tablero para ingreso a la prensa</li> </ul>
FC404	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Final de carrera activa lenta velocidad (ACC M401) a la cinta del mylar</li> </ul>
FC405	<ul style="list-style-type: none"> <li>• STOP de la cinta mylar (ACC M401)</li> <li>• Condición de ciclo de prensado</li> <li>• Si no está activo (señal PLC) no puede prensar</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En al caso de perder el <b>ciclo de prensado</b> se debe pasar a <b>MANUAL</b>, y con la ayuda de otra persona se debe coger el ciclo como se indica a continuación:</li> <li>• Se debe tener pulsado el <b>FC405</b> por un instante hasta que se pulse el botón [<b>VACIAR</b>], y obtenemos el ciclo, en caso de no tenerlo se debe repetir el procedimiento.</li> </ul>
<b>FC406</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Final de carrera activa alta velocidad (ACC M302) a la cinta de carga para el ingreso del tablero a prensar, en <b>AUTO</b></li> </ul>
<b>FC407</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Final de carrera activación de seguro, para que no gire la cadena del mylar (<b>bloquea ACC M401</b>), en el instante de la activación se tiene la señal de alarma lumínica de la lámpara sobre el pulpito, que indica que está activado, después de terminar el trabajo que se esté realizando y quitar el seguro, para poder <b>habilitar</b> al ACC M401 se debe <b>resetear el sistema</b>.</li> </ul>
<b>FC401</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Final de carrera de señal de indicación de que la prensa está ubicada arriba. Condición importante para que la cinta del mylar pueda girar (habilitación ACC M401).</li> <li>• El personal de mtto y operadores deben asegurarse de que la prensa esté arriba para no tener un accidente</li> </ul>
<b>FC402</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Final de carrera de señal de indicación de que la prensa está ubicada abajo (está prensando).</li> </ul>

#### Información de funcionamiento del OP7 (PANEL DE OPERADOR)

<b>Botón del panel OP7</b>	<b>Descripción y/o funcionamiento</b>
<b>F1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al pulsar se abre la página de inicio, gráfico, fecha del proyecto</li> </ul>
<b>F2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulsando esté botón se abre la página de ingreso de tiempo de prensado y el recorrido descendente del mismo.</li> <li>• El tiempo se ingresa en números enteros, con el teclado numérico que está en el mismo panel, el tiempo está predefinido en la unidad de segundos [<b>seg</b>]</li> <li>• Después de ingresar el tiempo se debe aceptar o confirmar pulsando la tecla [<b>ENTER</b>]</li> </ul>
<b>F3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulsando esté botón se abre la página de ingreso de tiempo de <b>STOP/AVANCE</b> de los rodillos de salida M500</li> <li>• El tiempo se ingresa en números enteros, con el teclado numérico que está en el mismo panel, el tiempo está predefinido en la unidad de segundos [<b>seg</b>]</li> <li>• Después de ingresar el tiempo se debe aceptar o confirmar pulsando la tecla [<b>ENTER</b>]</li> <li>• <b>ADVERTENCIA:</b> El tiempo que el operador debe setear para detener los rodillos (M500) para que los tableros se enfríen, es de <b>4 seg</b>. De poner un tiempo menor a esté los rodillos se detendrán muy rápido, con el peligro que en la siguiente salida de un nuevo tablero esté se choque y se vaya encima produciendo un accidente. Recomendable [<b>mayor/igual a 4 seg</b>].</li> <li>• Para el caso de que los tableros no necesiten ser enfriados se debe setear un tiempo de <b>10 seg</b> o mayor</li> </ul>
<b>F4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla de visualización de las presiones de los manómetros digitales:</li> <li>• B1 = presión de pistones exteriores 7,8,9,10,11,12. Controlado por la válvula Y403</li> <li>• B2 = presión pistones centro / interiores 4,5,6. Controlado por la válvula Y404</li> <li>• La unidad de visualización de las presiones está en <b>BAR</b></li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ACLARACION:</b> La presión dada por el manómetro análogo B3 no está visualizada en el OP7. El manómetro B3 está controlado por la válvula Y406, presión de los pistones exteriores 1,2,3.</li> </ul>
<b>K1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla de visualización de las temperaturas :</li> <li>• Plato superior [° C]</li> <li>• Plato inferior [° C]</li> </ul>
<b>K2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla para el ingreso, set del número de horas de mantenimiento para los motores</li> <li>• Está pantalla está protegida por una contraseña a la cual solo los electricistas pueden tener acceso para realizar un cambio en las horas</li> </ul>
<b>K3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantalla de menú principal, se visualiza la descripción de las diferentes pantallas</li> </ul>
<b>K4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botón para la detención del programa del OP7</li> <li>• <b>ADVERTENCIA:</b> No se recomienda pulsar este botón ya que detendrá el programa y se tiene que volver a activarlo, solo está permitido para la persona autorizada.</li> </ul>

### RECOMENDACIONES IMPORTANTES

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para prensar el primer tablero luego de un cambio, esté solo se debe ubicar (posicionar con <b>bM302.1</b>) con la señal de de la <b>FT301</b>, y cuando ya esté el tablero ubicado dentro de la prensa habilitamos la memoria de prensado (memoria <b>bM302.2</b>). Se realiza esto porque si se habilita la memoria antes, la prensa toma como si ya estuviese el tablero dentro de la prensa y por ende está baja (por condiciones de prensado en auto dentro del programa), entonces solo para el primer caso de prensado se recomienda hacer este procedimiento. O en su defecto se debería pasar a <b>MANUAL</b> y hacer girar al mylar un ciclo [pulpito pulsante = <b>VACIAR</b>], sin tablero.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el caso de perder el <b>ciclo de prensado</b> se debe pasar a <b>MANUAL</b>, y con la ayuda de otra persona se debe coger el ciclo como se indica a continuación: Se debe tener pulsado el <b>FC405</b> por un instante hasta que se pulse el botón [<b>VACIAR</b>], y obtenemos el ciclo, en caso de no tenerlo se debe repetir el procedimiento.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para sacar un tablero de la prensa, se debe cambiar el proceso a <b>MANUAL</b> y pulsamos en el pulpito <b>VACIAR</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el caso de que se pierda el ciclo y no quede bien posicionado el tope del eslabón que acciona al FC405 que es condición de prensado, se puede prensar en <b>MANUAL</b>, siempre que el tablero quede en una posición de prensado (se debe verificar bien), una vez verificado, y con la ayuda de otra persona, está tiene que mantener accionado el FC405 mientras se presiona el pulsante <b>CIERRE PRENSA</b>, cuando alcanza la <b>máxima presión</b> y se verifique que comienza a correr el <b>tiempo de prensado</b> se puede cambiar a <b>AUTO</b> o a su vez terminar de prensar en <b>MANUAL</b>.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se ha realizado un <b>STOP</b> con el <b>bM401</b> ubicado en la estructura de la cinta de carga y nuevamente se restablece dando un segundo pulso, la prensa puede quedar memorizada a bajar (siempre que esté en <b>AUTO</b>), entonces para evitar que la prensa baje sin estar el tablero, en el instante en que está en <b>STOP</b> se puede pasar a <b>MANUAL</b>, y hacer girar al mylar como si estuviese haciendo coger el ciclo, esto se hace para que pierda la memoria de prensado. Este procedimiento se realiza solo cuando no esté el tablero dentro de la prensa.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para recorrer la cinta del mylar se debe asegurar de que la prensa esté posicionada arriba y accionando el <b>FC401</b> para cualquiera de los casos de que esté en <b>AUTO</b> o <b>MANUAL</b></li> </ul>

**Información de las válvulas que actúan en el proceso de prensado:**

Válvula	Descripción y/o funcionamiento
Y401a	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estando activa la válvula Y402, la válvula Y401a se encarga de ingresar presión hasta llegar a la presión seteada y se desactiva, y comienza a correr el tiempo de prensado.</li></ul>
Y401b	<ul style="list-style-type: none"><li>• Después de unas décimas de segundo que descomprime la válvula Y405, se activa la válvula Y401b que se encarga de subir la prensa, hasta accionar el FC401 que es señal de prensa está arriba, y puede ingresar otro tablero a prensar.</li></ul>
Y402	<ul style="list-style-type: none"><li>• Una vez posicionado el tope del eslabón con el FC405 activa la válvula Y402 para bajar la prensa</li></ul>
Y403	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estando activa la válvula Y402, la válvula Y403 es habilitada a meter presión para los pistones exteriores 7,8,9,10,11,12, que es visualizado por el manómetro digital B1. Ingresar presión hasta llegar a la presión seteada y se desactiva, y comienza a correr el tiempo de prensado.</li></ul>
Y404	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estando activa la válvula Y402, la válvula Y404 es habilitada a meter presión para los pistones centro / interiores 4,5,6, que es visualizado por el manómetro digital B2. Ingresar presión hasta llegar a la presión seteada y se desactiva, y comienza a correr el tiempo de prensado.</li></ul>
Y405	<ul style="list-style-type: none"><li>• Una vez terminado el tiempo de prensado se activa la válvula Y405 que es encargada de descomprimir</li></ul>
Y406	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estando activa la válvula Y402, la válvula Y406 es habilitada a meter presión para los pistones exteriores 1,2,3, que es visualizado por el manómetro analógico B3. Ingresar presión hasta llegar a la presión seteada y se desactiva, y comienza a correr el tiempo de prensado.</li></ul>

**NOTA:** La prensa tiene un total de 12 pistones, de los cuales están en funcionamiento continuo 9 pistones (4 - 12) que es en la producción de formato 2,44. Estos nueve son habilitados por las válvulas Y403 y Y404, como se explicó en la tabla anterior.

Para que entren a funcionar los tres últimos pistones restantes (1,2,3), que son activados por la válvula Y406, como se explicó en la tabla anterior, se los habilita mediante un selector ubicado en el pulpito, esto se hace solo cuando se va a realizar el formato 3,66.

Latacunga, Diciembre 2007

ELABORADO POR:

---

Luis Paúl Hidalgo Marcalla

APROBADO POR:

---

Ing. Armando Álvarez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO POR:

---

Dr. Eduardo Vásquez

SECRETARIO ACADEMICO