



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACION

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO ELECTRONICO
EN INSTRUMENTACION**

**“Automatización e Implementación de un Sistema HMI/SCADA para el MONITOREO DE
VARIABLES DEL PROCESO DEL MOLINO DE PAPEL 5 de la Planta de Productos
Familia Sancela del Ecuador S.A.”**

Edwin Gustavo Hidalgo Osorio

CERTIFICACION

Certificamos que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por el señor EDWIN GUSTAVO HIDALGO OSORIO previo a la obtención del Título de Ingeniero Electrónico e Instrumentación.

Cabe mencionar que es un tema complementario, con el proyecto realizado por las señoras Kattia Inés Navas Padilla y Rosaura Margarita Reyes Casillas con el tema “Automatización e Implementación de un Sistema HMI/SCADA para el ENCLAVAMIENTO Y SEGURIDADES DEL MOLINO DE PAPEL 5 de la Planta de Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.”, por lo que algunos gráficos y términos se comparten.

Latacunga Marzo del 2006

Ing. Franklin Silva

DIRECTOR

Ing. Marco Singaña

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento al Ing. Juan Felipe Heano Por todas las facilidades y apoyo al Proyecto.

A los Ingenieros Franklin Silva y Marco Singaña, por su acertada dirección y recomendaciones durante el desarrollo del proyecto

Gustavo

DEDICATORIA

A Rosaura mi amada esposa, compañera de la vida y estudio, por su apoyo y comprensión y a mis queridos sobrinos.

Gustavo

CONTENIDO

CAPITULO I

FUNDAMENTOS

1.1	PROCESO DE FABRICACION DEL PAPEL.....	1
1.1.1	Papel tissue ¿qué es el papel tissue?	1
1.1.2	Breve historia del papel tissue	2
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL PAPEL.....	3
1.2.1	Materias primas	3
1.2.2	Preparación de pasta y refinación.....	4
1.2.3	Prensado	4
1.2.4	Secado	4
1.2.5	Crepado	3
1.2.6	Línea de conversión	5
1.2.7	Conversión de rollos de papel higiénico	5
1.2.8	Conversión de doblados (servilletas, toallas faciales, pañuelos)	6
1.2.9	Objetivos de la presente tesis con respecto a este Proceso	8
1.3	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON PLC's	8
1.3.1	Introducción	8
1.3.2	Clases de Automatización Industrial	8
1.3.3	Controladores Lógicos Programables PLC's	10
1.3.3.1	Descripción del PLC	10
1.3.3.2	Estructura de los PLC's	11
1.3.3.3	Campos de aplicación	15
1.3.3.4	Ventajas e inconvenientes de los PLC's	16
1.4	SENSORES Y TRANSDUCTORES	17
1.4.1	Introducción	17
1.4.2	Transmisores	17
1.4.3	Clasificación de los Transmisores	18
1.4.4	Características	20
1.4.5	Algunos tipos de Transductores	21

1.5	SISTEMAS HMI/SCADA	30
1.5.1	SCADA	30
1.5.2	DCS Distributed Control System	31
1.5.3	Sistema multiplexor	32
1.5.4	HMI. Human Interface Machine	32
1.6	COMUNICACIONES Y REDES DE CAMPO INDUSTRIALES	33
1.6.1	Introducción	33
1.6.2	Arquitectura de las redes de campo industriales	34
1.6.3	Redes LAN industriales	36
1.6.4	Buses de Campo	36
1.6.5	Buses de Campo importantes.....	38

CAPITULO II ANÁLISIS Y DISEÑO

2.2	ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DEL SISTEMA	43
2.2.1	Tiempos muertos	44
2.2.2	Desperdicios	44
2.2.3	Consumo de energía	45
2.3	ESPECIFICACIONES DE REQUISITOS DEL SISTEMA	45
2.2.1	Computadora Pentium 4	45
2.2.2	Paquete computacional WinCC V6.0	45
2.2.3	Procesador de comunicación CP5611 (32 bits)	46
2.2.4	PLC SIMATIC S7-300.....	46
2.2.5	CPU 315 - 2 DP.....	46
2.2.6	Fuente de alimentación PS 307; 5 A; (6ES7307-1EAx0-0AA0)	47
2.2.7	Módulo de interfase	49
2.2.7.1	Módulo de interfase IM 360; (6ES7360-3AA01-0AA0)	49
2.2.7.2	Módulo de interfase IM 361; (6ES7361 3CA01-0AA0)	49
2.2.8	Interfaz esclava IM 153-1 como esclavo DP en el sistema de periferia descentralizada ET 200M	50
2.2.9	Módulos Analógicos	53
2.2.9.1	Módulo de entradas analógicas SM 331; AI 8 x 12 BIT;(6ES7331- 7KF02-0AB0)	53

2.2.9.2	Módulo de salidas analógicas SM 332; AO 4 x 12 BIT; (6ES7332-5HD01-0AB0)	55
2.3	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA	57
2.4	SELECCIÓN DE COMPONENTES	59
2.4.1	Para el Nivel de Gestión:.....	59
2.4.2	Para el Nivel de Control:.....	59
2.4.3	Para el Nivel de Campo y Proceso:.....	59
2.4.4	Para el nivel de Entradas/Salidas.....	59
2.5	DISEÑO DEL SISTEMA HMI/SCADA.....	60
2.5.1	Red De Plc`S	60
2.5.2	Programación De Pantallas	60

CAPITULO III PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1	DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA	70
3.2	PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	70
3.2.1	Pruebas de unidades.....	71
3.2.2	Pruebas de las pantallas diseñadas.....	71
3.2.3	Pruebas de validación del usuario	71
3.3	ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.....	72
3.3.1.	Financiamiento del Proyecto.....	72
3.3.2.	Análisis de Costos	72
3.4	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	73
3.4.1.	Alcances	73
3.4.2.	Limitaciones	74

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- A Glosario de Términos.
- B Hojas de Especificaciones Técnicas

INTRODUCCION

La interfase hombre máquina se a hecho indispensable dentro de los procesos industriales. Integrando los sistemas mecánicos y eléctricos con los controladores lógicos programables, esto parece una caja negra para el personal de producción y gerencia, por esto se genera una pregunta, ¿Cómo ver el proceso?, la solución será es una interfase hombre máquina. En los actuales momentos, el mundo está muy competitivo, por lo que es necesario estar actualizado con la tecnología de punta.

Con el proyecto de tesis, se responderá a la pregunta indicada en el párrafo anterior, se implementará en sistema HMI para visualizar las variables del proceso., de un molino de papel, con una capacidad de 45 toneladas día, de la Planta Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.

El Molino de papel por su velocidad tiene muchas variables que deben ser conocidas en on-line, para dar soluciones inmediatas.

En el Capitulo I, se presenta marco teórico, donde se menciona los principios de funcionamientos, definiciones del molino de papel y sus elementos usados y otros aspectos relacionados con el proyecto.

En el Capítulo II, se presenta detalles y requerimientos, así como la programación del software que involucra la comunicación entre los PLCs, S7-300 y el software HMI/SCADA WINCC, de la familia Siemens.

En el Capítulo III, se detallan los resultados de las pruebas experimentales.

Se registran al final conclusiones y recomendaciones, para futuros proyectos, que están disponibles en la Empresa.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS

1.5 PROCESO DE FABRICACION DEL PAPEL

El papel es una estructura obtenida en base a fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Estas fibras provienen del árbol y, según su longitud, se habla de fibras largas de aproximadamente 3 mm. generalmente obtenidas de pino insigne u otras coníferas, o de fibras cortas de 1 a 2 mm. obtenidas principalmente del eucalipto.

Según el proceso de elaboración de la pulpa de celulosa, ésta se clasifica en mecánica o química, cada una de las cuales da origen a diferentes tipos de papel en cuanto a rigidez y blancura.

Dependiendo del uso final que se le dará al papel, en su fabricación se utiliza una mezcla de los diferentes tipos de fibras, las que aportarán sus características específicas al producto final.

1.5.1 Papel tissue ¿qué es el papel tissue?

Se llama papel tissue a un papel suave y absorbente para uso doméstico y sanitario, que se caracteriza por ser de bajo peso y crepado; es decir, con toda su superficie cubierta de microarrugas, las que le confieren elasticidad, absorción y suavidad.

El crepado aumenta la densidad específica del papel y abre las fibras, permitiendo mayor capacidad de absorción y mayor flexibilidad que las de una hoja de papel corriente.

En la figura Nº 1 se observa una bobina de papel.



Figura Nº1 Bobina de papel Tissue

1.5.2 Breve historia del papel tissue

En 1857, el neoyorquino Joseph C. Gayetty lanzó al mercado lo que él denominó Papel Medicado Gayetty, bajo el llamado publicitario "un artículo completamente puro para su higiene". Así nació el moderno papel higiénico, que en aquel entonces consistía en hojas de papel manila sin blanquear, marcadas al agua con el apellido del inventor. Sin embargo, el éxito comercial no acompañó a aquella iniciativa, y el papel higiénico de Gayetty tuvo una precaria venta.

En Inglaterra, el fabricante Walter Alcock intentó lanzar su propio papel higiénico en 1879; en vez de fabricarlo en hojas sueltas lo hizo en rollos de hojas para ser arrancadas, separadas por líneas de perforación. Sin

embargo, su iniciativa chocó con el puritanismo inglés de la época, al que no le parecía conveniente ver semejante producto en los estantes de las tiendas.

Los fallidos intentos de Gayetti y Alcock fueron, finalmente, superados por los hermanos estadounidenses Edward y Clarence Scott, quienes, merced a una agresiva y eficaz campaña publicitaria, se llevaron el honor de obtener el triunfo comercial de los rollos de papel higiénico, introduciendo al mercado una marca que aún hoy se comercializa activamente.

1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL PAPEL

El **proceso productivo del papel tissue** consiste en los siguientes pasos:

- Materias primas
- Preparación de pasta y refinación
- Prensado
- Secado
- Crepado
- Línea de conversión

1.6.1 Materias primas

Las fibras

Todo papel se produce con fibras de origen vegetal, las que se entrelazan en un proceso de formación en húmedo y luego se secan para formar una hoja continua. Las fibras se obtienen de la celulosa (fibra virgen) o de papeles viejos (fibra reciclada), y pueden ser combinadas en distintas proporciones en la fabricación de papel tissue, según las características y usos de cada producto.

La fibra virgen se extrae de madera de fibra corta de eucalipto globulus y madera de fibra larga de pino insigne.

La fibra reciclada es obtenida de papeles y cartones viejos, los que son sometidos a un proceso industrial donde se separan las fibras vegetales, de las impurezas propias del papel usado.

1.6.2 Preparación de pasta y refinación

La fibra reciclada y la fibra virgen se mezclan con agua y aditivos químicos en una gran batea llamada pulper, que opera como una juguera y da forma a una pasta acuosa que contiene las fibras.

1.6.3 Prensado

La pasta es conducida a través de prensas que, por presión y succión, eliminan el exceso de agua y provocan la unión de las fibras. Las fibras en suspensión acuosa obtenidas en el proceso de preparación de pastas son sometidas a una depuración final en ciclones, e inyectadas a la sección de formación de la máquina papelera, que posee una malla sin fin, donde las fibras se acomodan (formación de una hoja húmeda). En ella son desaguadas por gravedad y vacío.

1.6.4 Secado

En la fase de secado se elimina el agua que se encuentra dentro de la fibra. Este proceso ocurre al pasar la hoja entre un cilindro calentado con vapor y un secador que expelle aire calentado con gas natural.

La hoja húmeda es transferida a alta velocidad –alrededor de 100 km/hora– a un paño continuo, similar a una alfombra, que la transporta y la traspasa prensada a un cilindro metálico de grandes dimensiones, calentado internamente por vapor. Sobre este cilindro la hoja es calentada y, adicionalmente, se le inyecta por fuera aire a alta velocidad, a una temperatura aproximada a los 500° C.

A través de todo este proceso la hoja es completamente secada.

1.6.5 Crepado

Este proceso genera en la hoja de papel una onda tipo acordeón que le confiere elasticidad, y que mejora su suavidad y su absorción respecto de los papeles lisos.

Una lámina metálica aplicada al cilindro secador separa de éste la hoja de papel y la arruga, otorgándole una textura rugosa que imita a la del género y que le da sus propiedades de flexibilidad, absorción y suavidad.

La hoja continua es retirada o raspada desde el cilindro mediante una lámina raspadora, al tiempo que es enrollada. Como el enrollado se hace a menor velocidad que la del secador, la hoja tiende a arrugarse contra la lámina raspadora produciendo el “crepado” característico del papel tissue.

1.6.6 Línea de conversión

Es la fase que transforma y dimensiona el papel al formato de los productos finales: papel higiénico, servilletas de papel, pañuelos desechables, pañales infantiles y toallas absorbentes, entre otros. El resultado del proceso de fabricación es un rollo de papel de grandes dimensiones –o “jumbo”- cuyo diámetro es de 2 a 2,5 m. y su peso de 2 a 3 toneladas.

1.6.7 Conversión de rollos de papel higiénico

Los jumbos son desenrollados a alta velocidad y pasan por los gofradores, que son cilindros de acero que estampan al seco un relieve o diseño en el papel tissue, con el propósito de decorarlo y de mejorar sus propiedades de suavidad y absorción.

La hoja gofrada entra a la bobinadora, donde es prepicada o perforada para luego ser enrollada en “logs” (rollos del mismo ancho del jumbo y del diámetro del producto final). El log es cortado al tamaño final del producto (papel higiénico aprox. 12 cm y toallas de papel, aprox 20 cm) en sierras continuas rotatorias.

Para el caso de productos con figuras impresas, se recurre a una impresora flexográfica que está instalada entre el gofrador y la bobinadora.

Los rollitos terminados son conducidos por cintas transportadoras a las máquinas empaquetadoras, que los envasan en polietilenos impresos, constituyéndose, así, el producto terminado.

1.6.8 Conversión de doblados (servilletas, toallas faciales, pañuelos)

Los jumbos se desenrollan y cortan longitudinalmente en cintas de papel, de acuerdo al ancho que tendrá la servilleta o pañuelito.

Estas cintas continuas son gofradas o impresas en línea según el producto, plegadas en sentido longitudinal y luego plegadas y cortadas mecánicamente en sentido transversal, originándose productos individuales (servilleta facial o pañuelo), que serán apilados y cortados mecánicamente, y transportados a las empaquetadoras donde son envasados.

En la figura № 1.2 se observa las etapas del proceso de fabricación del papel tissue.

En las cuales se puede observar las etapas del proceso de fabricación del papel, preparación de materia prima que en nuestro caso es reciclado luego la materia prima preparada pasa a los inyectores para la formación de la hoja en las bandas, entonces pasa por una prensa y por un rodillo secador para sacar toda el agua, la hoja es enrollado con un crepado y finalmente pasa a conversión, como su nombre lo indica las bobinas lo convierten en servilletas o papel higiénico.

1.6.9 Objetivos de la presente tesis con respecto a este proceso.

El objetivo de la presente tesis es utilizar los últimos adelantos en tecnología de punta, con el fin de aprovechar y mejorar la industria papelera que posee la Empresa “Familia Sancela del Ecuador”, obteniendo una mejor producción, con un mejor control y monitoreo de las diferentes variables que van a ser manejadas, durante todo el proceso de transformar fibra de papel, hasta conseguir el producto final que son los rollos de papel para la venta al público.

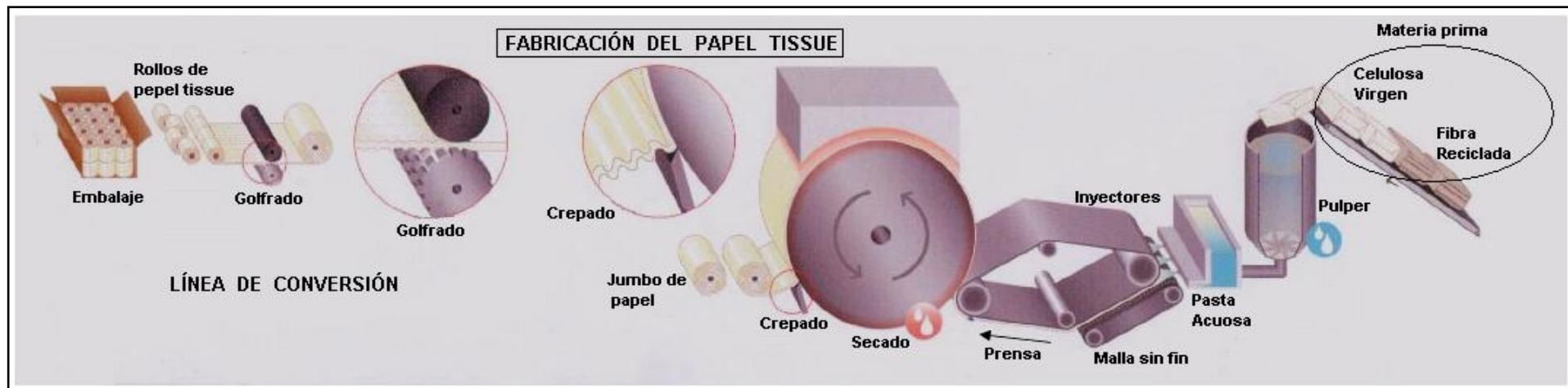


Figura № 1.2 Etapas del proceso de fabricación del papel tissue

1.7 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL CON PLC's

1.7.1 Introducción

La historia de la automatización industrial está caracterizada por períodos de constantes innovaciones tecnológicas. Esto se debe a que las técnicas de automatización están muy ligadas a los sucesos económicos mundiales.

En el contexto industrial se puede definir **la automatización** como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción.

1.7.2 Clases de Automatización Industrial

Hay tres clases muy amplias de automatización industrial:

- Automatización fija
- Automatización programable
- Automatización flexible.

La automatización fija, es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los PLC's o también llamados Controladores Lógicos Programables

Se la utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas.

El riesgo encontrado con esta automatización es que al ser el costo de inversión inicial elevado, si el volumen de producción resulta ser más bajo que el previsto, los costos unitarios serán también más grandes que los considerados en las previsiones. Otro problema con la automatización fija es que el equipo está especialmente diseñado para obtener el producto y

una vez que se halla acabado el ciclo de vida del producto es probable que el equipo quede obsoleto.

La automatización programable, se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener.

En este caso el equipo de producción y automatización es diseñado para adaptarse a las variaciones de configuración del producto; esta adaptación se realiza por medio de un programa (Software).

Gracias a la característica de programación y a la adaptabilidad resultante del equipo muchos productos diferentes y únicos en su género pueden obtenerse económicamente en pequeños lotes.

La automatización flexible, existe una tercera categoría entre automatización fija y automatización programable que se denomina automatización flexible. El concepto de automatización flexible solo se desarrolló en la práctica en los últimos veinte años. La experiencia adquirida hasta ahora con este tipo de automatización indica que es más adecuado para el rango de producción de volumen medio.

Los sistemas flexibles tienen características tanto de la automatización fija como de la automatización programable.

Los sistemas automatizados flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo que están interconectadas por un sistema de almacenamiento y manipulación de materiales. Una computadora central se utiliza para controlar las diversas actividades que se producen en el sistema encaminando las diversas piezas a las distintas etapas de producción y controlando las operaciones programadas en las distintas etapas.

En la presente tesis se empleará una **Automatización fija**, mediante Controladores Lógicos Programables, ya que en la Empresa “Familia Sancela del Ecuador”, donde la automatización será puesta en práctica, manejan un volumen de producción alto con múltiples variables a controlar.

1.7.3 Controladores Lógicos Programables PLC's

Introducción

Las empresas de hoy, que piensan en el futuro, se encuentran provistas de modernos dispositivos electrónicos en sus máquinas y procesos de control. Hoy las fábricas automatizadas deben proporcionar en sus sistemas, alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad.

Una de las bases principales de tales fábricas es un dispositivo electrónico llamado Controlador Lógico Programable (PLC). Los PLC's aparecieron en la industria alrededor de 1960 y se ha ido refinando con nuevos componentes electrónicos, tales como microprocesadores de alta velocidad, agregándole funciones especiales para el control de proceso más complejos. Hoy los Controladores Programables son diseñados usando lo último en diseño de microprocesadores y circuitería electrónica, lo cual proporciona una mayor confiabilidad en su operación en aplicaciones industriales donde existen peligro debido al medio ambiente, alta repetibilidad, altas temperaturas, ruido ambiental o eléctrico, suministro de potencia eléctrica no confiable, vibraciones mecánicas etc.

Los Controladores Lógicos Programables, ofrecen muchas ventajas sobre otros dispositivos de control tales como relevadores, temporizadores electrónicos, contadores y controles mecánicos como del tipo tambor.

1.7.3.1 Descripción del PLC

EL PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones; las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada / salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.

Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos electrónicos sin previos conocimientos sobre informática. La tarea del usuario se reduce a realizar el "Programa" que no es más que la

relación entre las señales de entrada que se tienen cumplir para activar cada salida.

1.7.3.2 Estructura de los PLC's

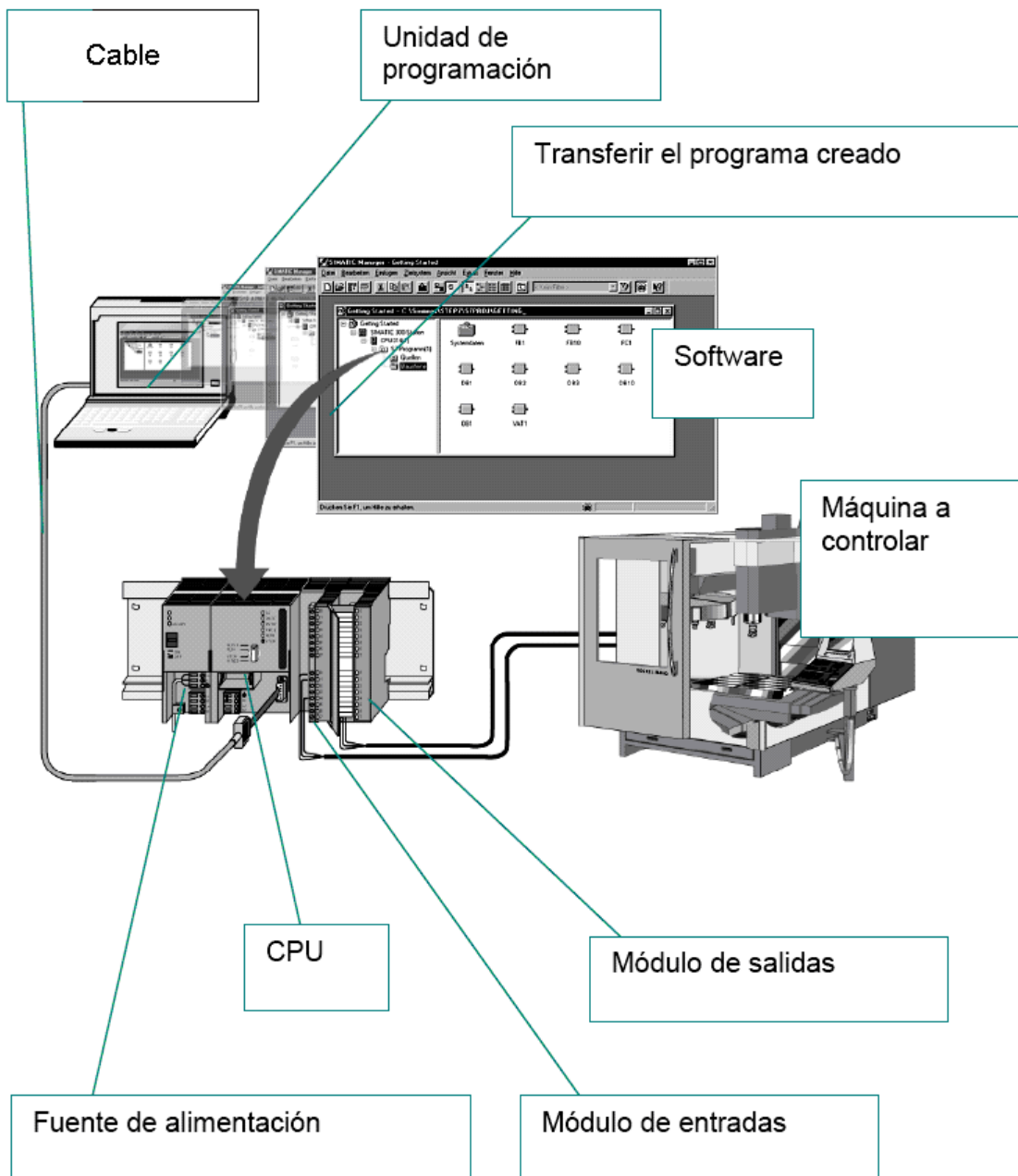


Figura Nº 1.3 Estructura del PLC

En la figura Nº 3 se presenta un esquema detallado de las diferentes partes que conforman la estructura del PLC y se explicarán a continuación:

Fuente de alimentación: Es la encargada de convertir la tensión de la red, 110 o 220 [v] de corriente alterna, a baja tensión de corriente continua, normalmente a 24 [v]. Siendo ésta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el Autómata.

Unidad Central de Procesos o CPU: Se encarga de recibir las órdenes del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

Contiene las siguientes partes:

- Unidad central o de proceso
- Temporizadores y contadores
- Memoria de programa
- Memoria de datos
- Memoria imagen de entrada
- Memoria imagen de salida

Módulo de entrada: Constituyen terminales a los que se conectan las señales que provienen de sensores, interruptores, finales de carrera, pulsadores.

Cada cierto tiempo el estado de las entradas se transfiere a la memoria imagen de entrada. La información recibida en ella, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo a la programación.

Se pueden diferenciar dos tipos de sensores o captadores conectables al módulo de entradas: los *pasivos* y los *activos*.

Los *captadores pasivos* son los que cambian su estado lógico (activado o no activado) por medio de una acción mecánica. Estos son los interruptores, pulsadores, finales de carrera,...

Los *captadores activos* son dispositivos electrónicos que suministran una tensión al autómata, que es función de una determinada variable.

Módulo de salidas: Es el encargado de activar y desactivar los actuadores como bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños, etc.

La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía a la memoria imagen de salidas, de donde se envía a la interface de salidas, para que éstas sean activadas y a la vez los actuadores, que en ellas están conectados.

Según el tipo de proceso a controlar por el autómata, se puede utilizar diferentes módulos de salidas. Existen tres tipos bien diferenciados:

- A Relés: Son usados en circuitos de corriente continua y corriente alterna. Están basados en la conmutación mecánica, debido a la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.
- A Triac: Se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesitan maniobras de conmutación muy rápidas.
- A Transistores a colector abierto: Son utilizados en circuitos que necesitan maniobras de conexión / desconexión muy rápidas. El uso de este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de corriente continua.

Unidad de programación: El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema.

Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia y modificación de programas.
- Verificación de la programación.
- Información del funcionamiento de los procesos.

Como consolas de programación pueden ser utilizadas, las construidas específicamente para el autómata, tipo calculadora o bien un ordenador personal, PC, que soporte un software específicamente diseñado para resolver los problemas de programación y control.

El equipo de programación tiene por misión configurar, estructurar, programar, almacenar y aprobar las diferentes funciones del autómata, tanto las contenidas en la CPU básica, como las que aparecen en las CPU

auxiliares y módulos periféricos. Se define entonces el equipo de programación como el conjunto de medios, hardware y software, mediante los cuales el programador introduce y depura las secuencias de instrucciones almacenadas en las memorias del autómata (en uno u otro lenguaje), que constituyen el programa a ejecutar.

Son funciones específicas de los tipos de programación los siguientes:

- Escritura del programa de usuario, directamente en la memoria del autómata, o en la memoria auxiliar del mismo equipo. Verificación sintáctica y formal del programa escrito.
- Edición y documentación del programa o aplicación.
- Almacenamiento y gestión del programa o bloques del programa.
- Transferencias de programas de y hacia el autómata.
- Gestión de errores del autómata, con identificación de los mismos, ayudas para su localización y corrección, y reinicialización del sistema.

Además de las funciones anteriores, es muy frecuente encontrar otras adicionales:

- Puesta en marcha y detención del autómata (RUN / STOP).
- Monitorización del funcionamiento, sobre variables seleccionadas o sobre las propias líneas del programa.
- Forzado de variables binarias o numéricas y preselección de contadores, temporizadores y registros de datos.

El programador se comunica con el equipo utilizando un entorno operativo simplificado, con comandos como editar, insertar, buscar, transferir. etc.

Software para la programación: Los paquetes de software para programación de autómatas convierten un ordenador personal en un equipo de programación específico, aprovechando sus potentes recursos de interfaz con otros sistemas (impresoras, otros PC) y con el usuario (teclado, monitor), y el bajo precio del hardware debido a la estandarización y generalización de uso de los ordenadores compatibles. Esta opción (PC + software); junto con las consolas, éstas en menor medida, constituye

prácticamente la totalidad de equipos de programación utilizados por los programadores de autómatas.

Los requisitos de hardware y software exigidos para instalar sobre el PC un entorno de programación de autómatas suelen ser, en general, muy ligeros, sobre todo cuando la instalación se realiza sobre sistema operativo DOS.

Algunos entornos actuales que corren bajo Windows presentan exigencias algo más duras en cuanto al hardware necesario en el PC (procesador 486 o superior, 8 MB de memoria RAM, etc.), aunque en la práctica quedan cubiertas si el equipo está ya soportando el entorno Windows.

El paquete de programación se completa con la unidad externa de conexión que convierte y hace compatibles las señales físicas entre la salida serie estándar de PC (RS-232C, RS-422/485) y el puerto de conexión de la consola del autómata, canal usualmente utilizado también para la conexión con el PC.

Una vez que el programa ha sido cargado en el PLC, y éste ya se encuentra en funcionamiento, entregará a las salidas distintos estados, dependiendo del programa ensamblado, y serán estos estados los encargados de controlar a diferentes dispositivos como Motores, Válvulas, Bombas, etc.

1.7.3.3 Campos de aplicación

EL PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del Hardware y Software amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el aspecto de sus posibilidades reales.

Sus reducidas dimensiones, las extremas facilidades de montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficiencia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se reduce necesidades tales como:

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

Aplicaciones generales fundamentales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

1.7.3.4 Ventajas e inconvenientes de los PLC's

Entre las ventajas se tiene:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de incluir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómata queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Y entre los inconvenientes:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.

Actualmente estos inconvenientes se han hecho nulos, ya que todas las carreras de ingeniería incluyen la automatización como una de sus asignaturas. En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay autómatas para todas las necesidades y a precios ajustados.

1.8 SENSORES Y TRANSDUCTORES

1.8.1 Introducción

En todo proceso de automatización es necesario captar las magnitudes de planta, para poder así saber el estado del proceso que se está controlando. Para ello se emplean los sensores y transductores:

Un sensor es un transductor que recibe una señal de entrada en función de una o más cantidades físicas y la convierte modificada o no a una señal de salida generalmente eléctrica. Dicho de otra manera un transductor es aquel que convierte una forma de energía en otra.

Los sensores son el corazón de los sistemas de instrumentación y por lo general son el eslabón más débil. Contribuyen con ruido a las **señales** medidas y generan **distorsión**, debido a **no linealidades**. Son sujetos a cambios en su **sensitividad** y requieren regularmente una **calibración**.

Los sensores primarios o elementos primarios de medida más comunes son los fuelles, resortes, flotadores, bulbos, platinas dúctiles, membranas entre otros.

En la presente tesis, se va a trabajar con las siguientes variables: **nivel, presión y temperatura**, por lo que a más adelante se dará una breve descripción de los diferentes tipos de sensores que sirven para este tipo de variables.

1.8.2 Transmisores

Al referirse a los transmisores que se emplean para conectar a autómatas programables, a través de las interfaces adecuadas, se puede distinguir las siguientes partes que los componen:

- Elemento sensor o captador. Convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica (señal).

- Tratamiento de la señal. Si existe, realiza la función de modificar la señal obtenida para obtener una señal adecuada (filtrado, amplificación, etc).
- Etapa de salida. Comprende los circuitos necesarios para poder adaptar la señal al nivel requerido para la carga exterior.

En general, un transmisor capta la variable del proceso a través del elemento primario (sensor) y la transmite a distancia en forma de señal que puede ser neumática (3 a 15 psi), o de corriente eléctrica (4 a 20mA). El elemento primario puede o no formar parte integral del transmisor.

1.8.3 Clasificación de los Transmisores

Según el tipo de señal de salida, es decir la forma de codificar la magnitud medida, se puede realizar la siguiente clasificación:

- Analógicos: Aquellos que proporcionan un valor de tensión o corriente entre un rango previamente fijado, normalmente 0-10 V o 4-20 mA.
- Digitales: Aquellos que proporcionan una señal codificada en pulsos o en alguna codificación digital, como BCD, binario, etc.
- ON-OFF: Aquellos que únicamente poseen dos estados, los cuales están separados por un valor umbral de la variable detectada.

Según el tipo de magnitud física a detectar, se puede 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.

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

A continuación en la Tabla № 1.1 se indica un resumen de los Transductores.

Tabla № 1.1 Comparación de Transductores

Magnitud detectada	Transductor	Características
Posición lineal o angular	Potenciómetro Encoders Sincro y resolver	Analógico Digital Analógico
Desplazamiento o deformación	Transformador diferencial Galga extensiométrica	Analógico Analógico
Velocidad lineal o angular	Dinamo tacométrica Encoders Detector inductivo u óptico	Analógico Digital Digital
Aceleración	Acelerómetro Sensor de velocidad + calculador	Analógico Digital
Fuerza y par	Medición indirecta por galgas o trafos diferenciales	Analógicos
Presión	Membrana + detector desplazamiento Piezoeléctrico	Analógico Analógico
Caudal	De turbina Magnético	Analógico Analógico
Temperatura	Termopar Resistencias PT100 Resistencias NTC Resistencias PTC Bimetálicos	Analógico Analógico Analógico Todo-nada Todo-nada

Magnitud detectada	Transductor	Características
Presencia o proximidad	Inductivo Capacitivo Óptico Ultrasónico	Todo-nada/analógico Todo-nada Todo-nada/analógico Analógico
Táctil	Matriz de contactos Piel artificial Matriz capacitiva, piezoeléctrica u óptica	Todo-nada Analógico Todo-nada
Sistemas de visión artificial	Cámaras CCD Cámaras de video y tratamiento de imagen	Procesamiento digital por puntos o píxeles

1.8.4 Características

Se pueden agrupar en dos grandes bloques:

Características estáticas: Describen la actuación del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la variable a medir:

- Campo de medida: Rango de valores de la magnitud de entrada.
- Resolución: Es la mínima medida que el sensor es capaz de discernir.
- Exactitud: Es el grado de aproximación al valor real. Se trata de un parámetro cualitativo, puesto que no se puede conocer a ciencia cierta cuál es el valor real, sino una aproximación a éste.
- Precisión: Es una medida de la reproducibilidad de las mediciones; es decir, una medida del grado con el cual las mediciones sucesivas difieren una de otra. Para calificar la precisión se debe realizar una serie de mediciones y determinar la dispersión que es una indicación inversa a la precisión.
- Alinealidad: Máxima desviación entre la respuesta real y la puramente lineal.
- Sensibilidad: Indica la variación de salida por unidad de magnitud de entrada.
- Ruido: Aquel propio del transductor que produce una desviación de la salida con respecto al valor teórico.

- Histéresis: Dependencia de la medida a si ésta se realiza con crecimiento o disminución de la variable medida.

Características dinámicas: Describen la actuación del sensor en régimen transitorio:

- Velocidad de respuesta: Tiempos que se producen entre la medida tomada y la señal de salida.
- Respuesta frecuencial: Relación entre la sensibilidad y la frecuencia de la señal de entrada.
- Estabilidad y derivas: Desviación de salida respecto a condiciones medioambientales.

1.8.5 Algunos tipos de Transductores

Transductores de nivel: A partir de la medida de nivel de un líquido en un tanque conociendo su geometría, dimensiones y densidad, puede determinarse el volumen y la masa.

Los transductores de nivel se clasifican según el principio físico con que actúan.

Pueden funcionar basándose en alguno de los siguientes efectos:

- Empuje hidrostático
- Presión
- Capacidad eléctrica
- Mediante ultrasonido
- Flotador

Transductores basados en la presión.- Son los que se basan en que la presión en el fondo o en la pared de un recipiente que contiene líquido, depende de la relación: $P = L \cdot S$

Donde:

P = Presión L = Nivel del líquido S = Peso específico.

Las ventajas de estos transductores residen en su elevada precisión y reproductibilidad, además de la comodidad y facilidad de instalación que los caracterizan.

Transductores basados en el empuje hidrostático.- Este tipo de transductores se basan en el principio de que un cuerpo sumergido en un líquido es desplazado. Esto es, si aumenta el nivel del líquido, aumenta también la fuerza que ejerce un flotador sobre el resorte antagonista; el cursor de un potenciómetro se desplaza provocando una variación del voltaje el cual es proporcional al nivel.

Con estos dispositivos es posible obtener indicaciones de nivel dentro de un campo bastante amplio (de 2 a 3 m).

Transductores basados en la capacidad eléctrica.- Se basan en el principio que establece que la capacidad eléctrica existente entre un conductor colocado verticalmente dentro de un recipiente y las paredes metálicas de este último depende del nivel del líquido contenido, ya que la constante dieléctrica del condensador varía en función de dicho nivel.

Se emplean para indicaciones continuas, así como para determinar el nivel de materiales de llenado sólidos y líquidos. Sin embargo, este método tiene algunas limitaciones debidas a cambios de humedad, compactibilidad o temperatura, causando que la constante dieléctrica del material sufra variaciones.

Las ventajas de este dispositivo son la buena reproductibilidad, el fácil montaje de los puntos de medición así como la facilidad de mantenimiento.

Transductores basados en los ultrasonidos.- Se basan en la reflexión sonora de la superficie de los materiales. Determinando el tiempo " t " transcurrido entre el instante en que se envía el pulso y el instante de recepción del eco, presentando una señal de salida con un valor proporcional al nivel.

Se emplean sólo con aquellos materiales cuya superficie presenta una buena calidad de reflexión. La ventaja de ellos es que no existe ningún contacto físico con el material.

Transductores con flotador.- Estos dispositivos de nivel están constituidos esencialmente, por un transductor de posición (normalmente potenciómetro) accionado por un flotador que sigue el nivel del líquido.

Las características que debe presentar el transductor de posición son las siguientes:

- Linealidad óptima
- Deriva térmica baja
- Par de accionamiento reducido.

Indicadores de nivel (alarmas de nivel).- Los dispositivos que sirven para señalar cuando el contenido de un recipiente ha alcanzado un determinado nivel se conocen como indicadores de nivel o alarmas de nivel, debido a que generalmente accionan un dispositivo de alarma o un circuito de bloqueo. Entre los más utilizados para líquidos conductivos se encuentran el sistema basado en un circuito eléctrico cerrado entre un electrodo y el mismo líquido cuyo nivel se desea indicar.

Otro dispositivo típico de alarma de nivel es el interruptor accionado por un flotador. En este caso los interruptores pueden ser del tipo de final de carrera o magnéticos, siendo éste el que se utiliza en la práctica.

Transductores de Presión.- La presión deforma una membrana y dicha deformación se transforma en una señal eléctrica mediante un transductor.

Formados básicamente por dos partes que tienen la función de:

- Convertir la presión en desplazamientos o movimientos.
- Convertir dichos desplazamientos en señales eléctricas a través de transductores

Los transductores de presión utilizados actualmente en la industria presentan un típico aspecto externo, que puede verse en la figura Nº 1.4. Un tubo de acero con un ajuste a la tubería en un extremo y un cable en el otro. Se utiliza acero por su dureza y su resistencia a la corrosión.



Figura Nº 1.4 Apariencia del transductor de presión

Tipos de Transductores de Presión

Medidor de tensión.- La presión actúa sobre un diafragma al cual están unidos los medidores de presión, de manera que su resistencia cambia al detectar la deformación del diafragma. Al implementar esta resistencia variable con otras resistencias fijas, por medio de un puente de Wheastone, se produce un cambio de voltaje, que se lee en un voltímetro digital, calibrado en unidades de presión.

Tipo LVDT.- En este caso, el diafragma flexible se une a un transformador lineal variable, compuesto por una bobina eléctrica de forma cilíndrica que tiene un núcleo móvil con forma de varilla. Al moverse el núcleo se produce un cambio de voltaje.

Piezoeléctricos.- Ciertos cristales como el cuarzo y el titanato de bario, presentan el efecto piezoeléctrico, en el cual la carga eléctrica que se encuentra a través del cristal varía con la presión del cristal, y se produce una diferencia de potencial.

Resonador de cuarzo.- Un cristal de cuarzo oscila a una frecuencia que depende de la presión en el cristal. Los cambios de frecuencia se miden de manera bastante precisa con sistemas digitales. Los transductores de presión pueden utilizar este fenómeno mediante la unión de fuelles, diafragmas o tubos de Bourdon a los cristales de cuarzo.

Estado sólido.- Se utilizan dos placas paralelas cuya superficie está compuesta por un patrón estriado de silicio. La presión aplicada a una placa hace que ésta se desvíe, cambiando el espacio de aire entre placas. El cambio resultante en la capacitancia puede ser detectado con un circuito oscilador.

Transductores de Temperatura.- Los transductores eléctricos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- Variación de resistencia en un conductor (sondas de resistencia).
- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- F.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).

En la Tabla Nº 1.2., se comparan los cuatro tipos de transductores de temperatura más utilizados, e indica los factores que deben tenerse en cuenta: las prestaciones, el alcance efectivo, el precio y la comodidad.

Tabla Nº 1.2 Comparación de tipos de transductores de temperatura

	RTD	Termistor	Sensor de IC	Termopar
Ventajas	Más estable. Más preciso. Más lineal que los Termopares.	Alto rendimiento Rápido Medida de dos Hilos	El más lineal El de más alto rendimiento Económico	Autoalimentado Robusto Económico Amplia variedad de formas físicas Amplia gama de temperaturas
Desventajas	Caro. Lento. Precisa fuente de alimentación. Pequeño cambio de resistencia. Medida de 4 hilos	No lineal. Rango de Temperaturas Limitado. Frágil. Precisa fuente de alimentación. Autocalentable	Limitado a < 250 °C Precisa fuente de alimentación Lento Autocalentable Configuraciones Limitadas	No lineal Baja tensión Precisa referencia Menos estable Menos sensible

Tipos de Transductores de Temperatura:

Termómetros de Resistencia.- La medida de temperatura utilizando sondas de resistencia depende de las características de resistencia en función de la temperatura que son propias del elemento de detección.

El elemento consiste usualmente en un arrollamiento de hilo muy fino de conductor, adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.

El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "coeficiente de temperatura de resistencia" que expresa, a una temperatura especificada, la variación de la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura.

La relación entre estos factores puede verse en la ecuación lineal siguiente:

$$R_t = R_o (1 + a t) \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Donde:

R_o = Resistencia en ohmios a 0°C.

R_t = Resistencia en ohmios t °C.

a = Coeficiente de temperatura de la resistencia.

t = Temperatura en °C

Detectores de temperatura de resistencia (RTD).- Se basa en el principio según el cual la resistencia de todos los metales depende de la temperatura. La elección del platino en los RTD, de la máxima calidad, permite realizar medidas más exactas y estables hasta una temperatura de aproximadamente 500 °C. Los RTD más económicos utilizan níquel o aleaciones de níquel, pero no son tan estables ni lineales como los que emplean platino.

En cuanto a las desventajas:

- El platino encarece los RTD

- Un inconveniente es el autocalentamiento; para medir la resistencia hay que aplicar una corriente, que, por supuesto, produce una cantidad de calor que distorsiona los resultados de la medida.
- Otra desventaja, que afecta al uso de este dispositivo para medir la temperatura, es la resistencia de los RTD, al ser tan baja la resistencia de los hilos conductores que conectan el RTD, puede provocar errores importantes.

Termistores.- Son semiconductores electrónicos con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo de valor elevado y que presentan una curva característica lineal tensión-corriente siempre que la temperatura se mantenga constante.

Los termistores se conectan a puentes de Wheastone convencionales o a otros circuitos de medida de resistencia. En intervalos amplios de temperatura, los termistores tienen características no lineales. Al tener un alto coeficiente de temperatura poseen una mayor sensibilidad. Son de pequeño tamaño y su tiempo de respuesta depende de la capacidad térmica y de la masa del termistor variando de fracciones de segundo a minutos.

Un inconveniente del termistor es su falta de linealidad, que exige un algoritmo de linealización para obtener unos resultados aprovechables.

Sensores de IC.- Los sensores de circuitos integrados IC resuelven el problema de la linealidad y ofrecen altos niveles de rendimiento. Son, además, relativamente económicos y bastante precisos a temperatura ambiente.

Sin embargo, los sensores de IC no tienen tantas opciones de configuraciones del producto o de gama de temperaturas; además son dispositivos activos, por lo que requieren una fuente de alimentación.

Los sensores de IC forman parte de la tendencia hacia los "sensores inteligentes", que son transductores cuya inteligencia incorporada facilita

las actividades de reducción y análisis de datos que el usuario debe realizar normalmente en el sistema de adquisición de datos.

Termopares o Termocuplas.- Los termopares ofrecen una gama de temperaturas amplia y una construcción más robusta que otros tipos.

El comportamiento de un termopar se basa en la teoría del gradiente, según la cual los propios hilos constituyen el sensor. La Figura Nº 1.5a ilustra este concepto. Cuando se calienta uno de los extremos de un hilo, se produce una tensión que es una función de:

- a. El gradiente de temperatura desde uno de los extremos del hilo al otro, y
- b. El coeficiente de Seebeck, una constante de proporcionalidad que varía de un metal a otro.

Un termopar se compone sencillamente de dos hilos de diferentes metales unidos en un extremo y abiertos en el otro (Figura Nº 1.5 b). La tensión que pasa por el extremo abierto es función tanto de la temperatura de la unión, como de los metales utilizados en los dos hilos. Todos los pares de metales distintos presentan esta tensión, denominada tensión de Seebeck en honor a su descubridor, Thomas Seebeck.

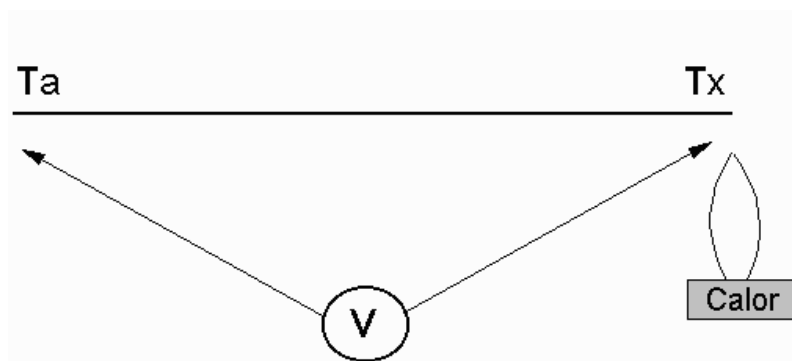


Figura Nº 1.5 a Comportamiento de un Termopar

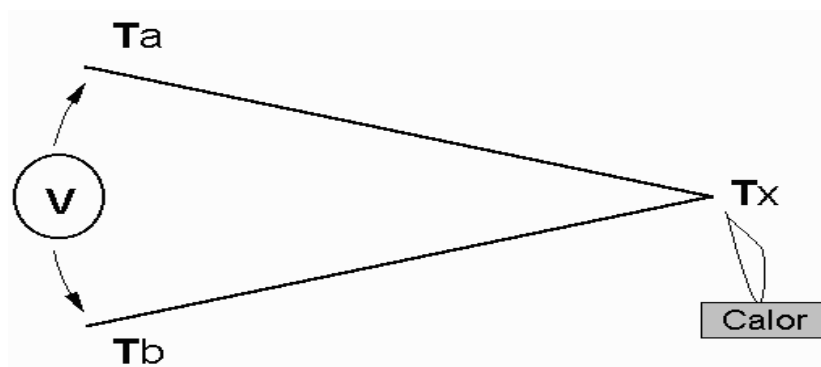


Figura № 1.5b Componentes de un Termopar

En pequeñas gamas de temperaturas, los coeficientes de Seebeck de los dos hilos son constantes y la tensión de Seebeck es, por consiguiente, proporcional; pero en gamas más grandes, el propio coeficiente de Seebeck es una función de la temperatura, convirtiendo la tensión de Seebeck en no lineal. Como consecuencia, las tensiones del termopar también tienden a ser no lineales.

Los coeficientes de Seebeck y las tensiones de salida resultantes son números pequeños (ver Tabla № 1.3), por lo que resulta difícil medir con exactitud tanto los niveles absolutos como los cambios relativos.

Tabla № 1.3 Coeficientes de Seebeck y tensiones de salida para termopares.

Tipo de Termopar	Coeficientes de Seebeck a 0 °C	Coeficientes de Seebeck a 100 °C	Tensión de salida a 100 °C
B	-0,25 V/°C	0,90 V/°C	0,033 mV
E	58,7 V/°C	67,5 V/°C	6,32 mV
J	50,4 V/°C	54,4 V/°C	5,27 mV
K	39,5 V/°C	41,4 V/°C	4,10 mV
S	5,40 V/°C	7,34 V/°C	0,65 mV

Las dos cifras que representan los coeficientes para cada uno de los tipos muestran la no linealidad a través de una amplia gama de temperaturas.

A continuación en la Tabla № 1.4 se presenta la comparación de Datos Técnicos de Referencia de las Termocuplas o Termopar.

Tabla № 1.4 Comparación de Datos Técnicos de Referencia de los Termopares

Tipo de Termopar	Nombre de los materiales	Rango de aplicación (°F)	mV
B	Platinum30% Rhodium (+) Platinum 6% Rhodium (-)	100 – 3270	0.007-13.499
C	W5Re Tungsten 5% Rhenium (+) W26Re Tungsten 26% Rhenium (-)	3000-4200	-
E	Chromel (+) Constantan (-)	32 – 1800	0 – 75.12
J	Iron (+) Constantan (-)	-300 – 1600	-7.52 – 50.05
K	Chromel (+) Alumel (-)	-300 – 2300	-5.51 – 51.05
N	Nicrosil (+) Nisil (-)	1200-2300	-
R	Platinum 13% Rhodium (+) Platinum (-)	32 – 2900	0 – 18.636
S	Platinum 10% Rhodium (+) Platinum (-)	32 – 2800	0 – 15.979
T	Copper (+) Constantan (-)	-300 – 750	-5.28 – 20.80

1.5 SISTEMAS HMI/SCADA

Una planta industrial, en donde se realice el control de uno o varios procesos, requiere de sistemas SCADA, DCS, Multiplexores y HMI's que realicen las funciones de control y supervisión de variables involucradas en el proceso. A continuación se estudiará cada uno de esos conceptos.

1.6.6 SCADA

Viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: Adquisición de Datos y Control de Supervisión. Se trata de una aplicación

de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc., a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa.

En este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza generalmente mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que se necesite, se denomina en general sistema SCADA.

1.6.7 DCS Distributed Control System

El término DCS, viene de las siglas ***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.

La filosofía de funcionamiento de esta arquitectura es evitar que el control de toda la planta este centralizado en una sola unidad, que es lo que se busca con el SCADA. De esta forma, si una unidad de control falla, el resto de las unidades podría seguir funcionando.

Los sistemas DCS se desarrollan sobre la base de dispositivos de control, tales como controladores o PLC's, en los que, un programa de control se encarga de tomar decisiones dependiendo de los datos que recibe en sus entradas.

Las decisiones son enviadas hacia actuadores que son los que se encargan de mantener las variables del proceso bajo control en los valores apropiados.

Un operador humano no necesita supervisar lo que hace el DCS, pero si necesita comunicarse con este de alguna forma, por ejemplo, mediante consolas de mano, para cambiar su programación o configuración.

1.6.8 Sistema multiplexor

Los sistemas multiplexores permiten transmitir los datos que hay en un sitio a varios otros sitios o viceversa. Para cumplir con esta tarea estos sistemas emplean multiplexores y RTU's.

Una RTU es básicamente un equipo que permite recopilar datos desde transductores o transmisores en el campo y/o enviar órdenes de control a actuadores, también situados en el campo, por medio de enlaces físicos o inalámbricos.

Puesto que una RTU es capaz de manejar varias entradas y salidas tanto análogas como digitales, básicamente es de por si un elemento multiplexor.

Un multiplexor es un equipo que optimiza el uso de los canales o enlaces tal que varias comunicaciones puedan ocurrir por un mismo camino. Esto hace posible que la RTU pueda enviar datos a varias RTU's, o viceversa que pueda recolectar la información que puede venir de una o varias RTU's.

Con este propósito, el equipo multiplexor "barre" o se comunica por turnos con las unidades con las que se debe comunicar, evitando así tener que utilizar varios canales de comunicación diferentes para cada enlace.

1.6.9 HMI. Human Interface Machine

Una interfaz Hombre-Máquina, HMI (o MMI, Man Machine Interface), 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.

La interfaz puede ser tan simple como una lámpara indicadora del estado de un aparato, hasta una o varias pantallas desarrolladas en una computadora que llegan a mostrar en la pantalla del monitor representaciones esquemáticas de todo el proceso bajo supervisión, incluyendo valores reales de las variables presentes en ese momento en la planta.

Un ejemplo común de una HMI es el cajero automático que posibilita al usuario ejecutar una serie de transacciones bancarias.

Programas como el InTouch de la Wonderware, Lookout de la National Instruments, WinCC de Siemens, por mencionar algunos, constituyen plataformas de desarrollo que facilitan el diseño de las HMI en computadoras.

Algunos de estos paquetes de desarrollo incluyen muchas herramientas poderosas que permiten el desarrollo de HMI's de mucho potencial de procesamiento.

1.7 COMUNICACIONES Y REDES DE CAMPO INDUSTRIALES

1.7.1 Introducción

En la empresa coexisten una serie de equipos y dispositivos dedicados al control de una máquina o una parte de un proceso.

Entre estos dispositivos están los autómatas programables, ordenadores de diseño y gestión, sensores y actuadores. En la siguiente figura se ilustra una red de campo.

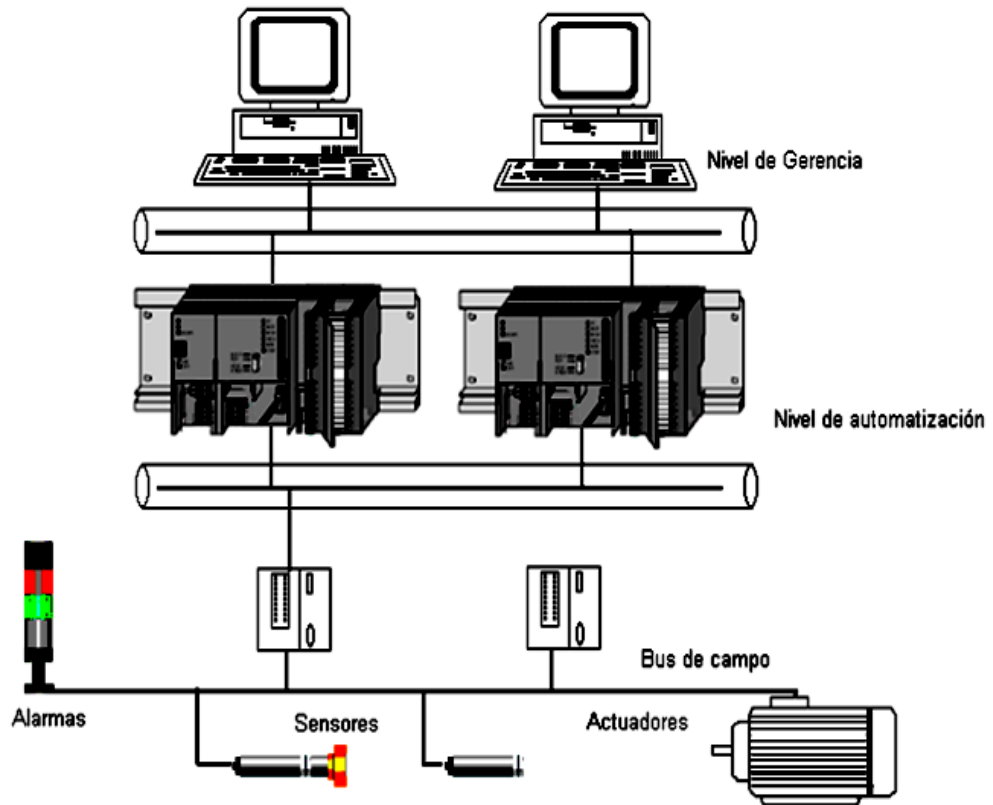


Figura Nº 1.6 Esquema de una Red de Campo

El desarrollo de las redes de campo industriales ha establecido una forma de unir todos estos dispositivos, aumentando el rendimiento y proporcionando nuevas posibilidades.

Las ventajas que se aportan con una red industrial son, entre otras, las siguientes:

- Visualización y supervisión de todo el proceso productivo.
- Toma de datos del proceso más rápida o instantánea.
- Mejora del rendimiento general de todo el proceso.
- Posibilidad de intercambio de datos entre sectores del proceso y entre departamentos.
- Programación a distancia, sin necesidad de estar a pie de fábrica.

1.7.2 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 actualmente 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.

En una red industrial coexistirán equipos y dispositivos de todo tipo, los cuales suelen agruparse jerárquicamente para establecer conexiones lo más adecuadas a cada área. De esta forma se definen cuatro niveles dentro de una red industrial:

Nivel de gestión: Es el nivel más elevado y se encarga de integrar los niveles siguientes en una estructura de fábrica, e incluso de múltiples factorías. Las máquinas aquí conectadas suelen ser estaciones de trabajo que hacen de puente entre el proceso productivo y el área de gestión, en el cual se supervisan las ventas, stocks, etc. Se emplea una red de tipo LAN (Local Area Network) o WAN (Wide Area Network).

Nivel de control: Se encarga de enlazar y dirigir las distintas zonas de trabajo. A este nivel se sitúan los autómatas de gama alta y los ordenadores dedicados a diseño, control de calidad, programación, etc. Se suele emplear una red de tipo LAN, que funcionan bajo el protocolo ETHERNET.

Nivel de campo y proceso: Se encarga de la integración de pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, etc.) dentro de sub-redes o "islas". En el nivel más alto de estas redes se suelen encontrar uno o varios autómatas modulares, actuando como maestros de la red o maestros flotantes. En este nivel se emplean los buses o redes industriales de campo que funcionan bajo protocolos como Fieldbus, Profibus, por mencionar algunos.

Nivel de E/S: Es el nivel más próximo al proceso. Aquí están los sensores y actuadores, encargados de manejar el proceso productivo y tomar las medidas necesarias para la correcta automatización y supervisión. En este nivel se emplean protocolos como Seriplex, Hart, CanBus, etc.

En la figura Nº1.7 se indica la arquitectura de una Red de Campo.



Figura Nº 1.7 Arquitectura de una Red de Campo

1.7.3 Redes LAN industriales

Son las redes más elevadas jerárquicamente. Los estándares más conocidos y extendidos son dos:

- **MAP (Manufacturing Automation Protocol):** Nació como un producto especialmente diseñado para el entorno industrial, lo que hace que sea de mayor éxito en LAN industriales. Fue impulsado por General Motors y normalizado por el IEEE. No actúa a nivel de bus de campo, pero establece pasarelas hacia estos buses mediante terminales. También permite integración en redes WAN.
- **ETHERNET:** Diseñada por Xerox Corporation y registrada posteriormente junto con Digital e Intel. Es compatible con el modelo OSI (Open Systems Interconnection) en los niveles 1, 2 y 3 (el último a través de puentes). Permite topología en Bus o árbol con comunicación semidúplex. Las velocidades van desde los 10 Mbps a los 100 Mbps de Fast-Ethernet. Es uno de los estándares de red que más rápidamente evolucionan, debido a su uso masivo en redes ofimáticas.

1.7.4 Buses de Campo

El bus de campo constituye el nivel más simple y próximo al proceso dentro de la estructura de comunicaciones industriales. Está basada en

procesadores simples y utiliza un protocolo mínimo para gestionar el enlace entre ellos. Los buses de campo más recientes permiten la comunicación con buses jerárquicamente superiores y más potentes.

En un bus de campo se engloban las siguientes partes:

- **Estándares de comunicación:** Cubren los niveles físico, de enlace y de comunicación, establecidos en el modelo OSI (Open Systems Interconnection).

El modelo OSI fue desarrollado por el ISO (Organización Internacional de Normalización) para establecer una estructura común dentro de las redes de comunicación, dividiendo el conjunto de tareas de comunicación en siete niveles.

El modelo permite que cada nivel se ocupe de una tarea específica y utilice los servicios de niveles inferiores, sin necesidad de preocuparse de cómo funcionan, asegurando una compatibilidad entre máquinas a cada nivel.

Se pueden dividir los niveles en dos grupos:

- √ Servicios de soporte al usuario (niveles 7, 6 y 5).
- √ Servicios de transporte (niveles 4, 3, 2 y 1).

Descripción de niveles OSI:

Nivel 7, Aplicación: Se encarga de proporcionar un entendimiento entre usuarios de distintos equipos, sin importar el medio ni el protocolo empleado. Es decir, establece un tema de diálogo.

Nivel 6, Presentación: Facilita la comunicación a nivel de lenguaje entre el usuario y la máquina que esté empleando para acceder a la red.

Nivel 5, Sesión: Establece el control de comunicación, indicando quien debe transmitir o recibir, además de señalar el inicio y fin de la sesión de comunicación.

Nivel 4, Transporte: Establece el medio de comunicación, asegurando la transferencia de información sin errores en ambos sentidos.

Nivel 3, Red: Se encarga del encaminamiento de mensajes entre nodo y nodo, a través de un medio físico, sin importar el contenido del mensaje.

Nivel 2, Enlace: Mantiene la comunicación entre cada par de nodos de la red, apoyándose en un medio físico de conexión.

Nivel 1, Físico: Establece los medios materiales para efectuar el enlace entre nodos (conectores, cables, niveles de tensión, etc).

Dentro de los buses de campo sólo tienen interés práctico los niveles 1 a 4, ya que el modelo OSI está pensado para el caso general de redes de telecomunicación de tipo WAN.

- **Conexiones físicas:** En general, las especificaciones de un determinado bus admiten más de un tipo de conexión física. Las más comunes son semidúplex (comunicación en banda base tipo RS-485), RS-422 y conexiones en bucle de corriente.
- **Protocolo de acceso al medio (MAC) y de enlace (LLC):** Consiste en la definición de una serie de funciones y servicios de la red mediante códigos de operación estándar.
- **Nivel de aplicación:** Es el dirigido al usuario, apoyándose en las funciones estándar antes mencionadas para crear programas de gestión y presentación. La aplicación suele ser propia de cada fabricante, permitiendo a lo sumo la programación en un lenguaje estándar.

Los protocolos de comunicaciones digitales en la industria siguen, en general, el modelo estándar de interconexión de sistemas abiertos OSI. Sobre esta base y las recomendaciones de ISA (International Society for Measurement and Control) y la IEC (International Electrotechnic Commitees) se ha establecido normas al respecto, en particular la IEC 1158 en desarrollo aún.

1.7.5 Buses de Campo importantes

- **Modbus Modicon:** Marca registrada de GOULD INC. Define un protocolo de comunicación de topología maestro-esclavo. Su principal inconveniente es que no está reconocido por ninguna normal internacional.
- **BITBUS:** Marca registrada por Intel. De bajo costo y altas prestaciones. Intel cedió a dominio público el estándar, por lo que se considera un

estándar abierto. Está reconocido por la normativa IEEE 1118. Se trata de un bus síncrono, cuyo protocolo se gestiona completamente mediante el microcontrolador 8044.

- **S-BUS:** No es un bus de campo propiamente dicho, sino un sistema multiplexor/demultiplexor que permite la conexión de E/S remotas a través de dos pares trenzados.
- **FIP (Factory Instrumentation Bus):** Impulsado por fabricantes y organismos oficiales franceses.
- **MIL-STD-1553B:** Adoptado por algunos fabricantes en USA.
- **PROFIBUS:** Es un estándar originado en normas alemanas y europeas DIN 19245 / EN 50170. Cumple también con el modelo OSI de 7 niveles y las normas ISA/IEC. Utilizado en aplicaciones de alta velocidad de transmisión de datos entre controladores de I/O y complejas comunicaciones entre PLC's. Tal es así que para diferentes tipos de comunicación presenta distintos tipos de soluciones, los cuales satisface con 3 implementaciones separadas y compatibles entre ellas: PA, FMS y DP.

Profibus-PA

Está diseñado específicamente para procesos de automatización, utilizando la norma IEC 1158.2 para el nivel físico el mismo bus suministra energía a los dispositivos de campo, utiliza el mismo protocolo de transmisión que el Profibus DP, ambos pueden ser integrados en la red con el uso de un segmento acoplador.

Profibus-FMS

Es la más completa y esta diseñada para proveer facilidades de comunicación entre varios controladores programables como PLC's y PC's y acceder también a dispositivos de campo (tiempo de ciclo del bus < 100 ms.) Este servicio permite acceder a variables, transmitir programas y ejecutar programas de control tan pronto ocurra un evento.

Tiene definido los niveles 1, 2 y 7. Mediante el FDL (Fieldbus Data Link) se realiza el control y acceso al bus correspondiente al nivel 2. Con el

FMS Fieldbus Message Specifications, se implementa el nivel 7 vinculando el usuario con el nivel 2. Para este nivel dispone soporte de fibra óptica en RS-485.

Profibus-DP

Esta diseñado para la comunicación con sensores y actuadores, donde importa la velocidad sobre la cantidad de datos (tiempo de ciclo del bus < 10 ms.). En una red DP un controlador central como PLC o PC se comunica con los dispositivos de campo.

Tiene definido los niveles 1 y 2 del modelo OSI, pero no los niveles 3 al 7. Tiene definido el nivel de usuario y dispone de un servicio de intercomunicación con el nivel 2. Para el nivel 1 dispone soporte de fibra óptica en RS-485.

Para la presente tesis, se ha utilizado como bus de campo a PROFIBUS-DP, por su amplia comunicación con periféricas descentralizadas y el manejo rápido de datos con los diferentes sensores y actuadores para controlar variables en el proceso industrial diseñado en este proyecto. Es así que se ahondará más en este bus de campo.

Profibus-DP es un sistema de bus abierto basado en la norma *IEC 61784-1:2002 Ed1 CP 3/1* y que utiliza el protocolo de transmisión "DP" (término alemán "Dezentrale Peripherie", que significa Periferia Descentralizada).

Desde el punto de vista físico, PROFIBUS-DP es una red eléctrica basada en un cable de par trenzado y apantallado o bien una red óptica basada en cables de fibra óptica. El protocolo de transmisión "DP" permite un intercambio cíclico de datos rápido entre la CPU del autómatas y las unidades periféricas descentralizadas.

Unidades periféricas descentralizadas.- Al configurar una instalación, a menudo a las entradas y salidas del proceso o hacia el proceso, están integradas en el autómatas programable de forma centralizada.

Cuando la distancia entre las entradas y las salidas y el autómata programable es considerable, el cableado puede ser complicado y largo y las perturbaciones electromagnéticas pueden afectar a la fiabilidad de la información que llevan.

Para este tipo de instalaciones, se recomienda utilizar unidades de periferia descentralizada:

- La CPU del autómata se encuentra en un lugar central.
- Las unidades periféricas, entradas y salidas, operan "in situ" de forma descentralizada.
- Gracias a las altas velocidades de transmisión y a las altas prestaciones de PROFIBUS-DP se asegura una comunicación perfecta entre la CPU del autómata y las unidades periféricas.

Maestro DP y esclavo DP.- La conexión entre la CPU del autómata y las unidades periféricas descentralizadas se efectúa a través del maestro DP. El maestro DP intercambia los datos con las unidades periféricas descentralizadas, equivalentes a esclavos DP, vía PROFIBUS-DP y además vigila la red PROFIBUS-DP.

Las unidades periféricas descentralizadas procesan los datos de los sensores y actuadores, de manera que éstos puedan ser transmitidos, a través de la red PROFIBUS-DP, hasta la CPU del autómata.

Unidades que pueden ser conectadas a PROFIBUS-DP.- En el PROFIBUS-DP pueden conectarse diferentes equipos como maestros DP o esclavos DP, siempre que se comporten de acuerdo con la norma *IEC 61784-1:2002 Ed1 CP 3/1*.

Pueden utilizarse, entre otros, equipos de las siguientes familias de productos:

- SIMATIC S7/M7/C7
- SIMATIC S5
- SIMATIC PG/PC
- SIMATIC HMI (Interfaces Hombre-Máquina OP, OS y TD)

- Unidades de otros fabricantes

Configuración de una red PROFIBUS-DP.- En la figura Nº 1.8 se representa una configuración típica de una red PROFIBUS-DP.

Los maestros DP están integrados en la unidad correspondiente, por ejemplo, el S7-400 dispone de una interfase PROFIBUS-DP y la interface maestra IM 308-C está insertada en el S5-115U.

Los esclavos DP son unidades periféricas descentralizadas que están conectadas a los maestros DP a través de la red PROFIBUS-DP.

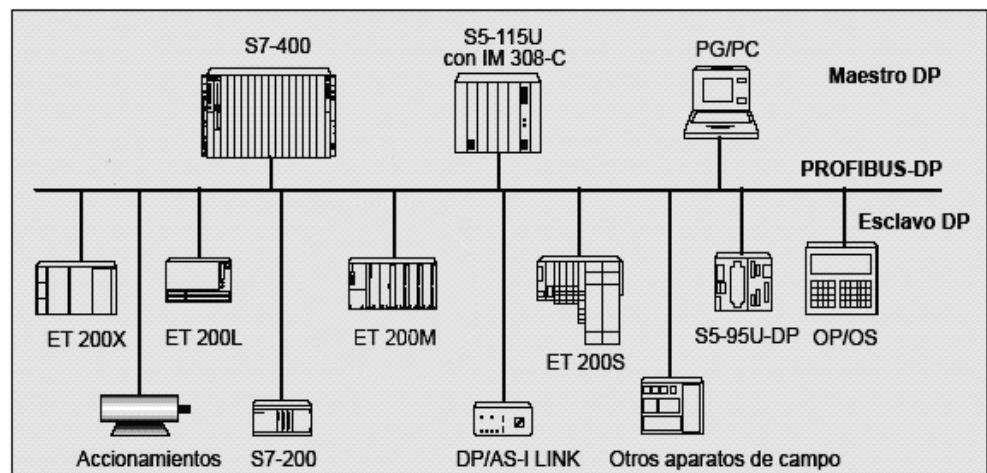


Figura Nº 1.8 Configuración típica de una red PROFIBUS-DP

CAPITULO II

ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DEL SISTEMA

2.1.1 Tiempos muertos

El tiempo es un recurso no contabilizado y por lo tanto no considerado a la hora de mostrar los resultados. Recurso que no puede reservarse; sino que se consume se haga o no una utilización útil del mismo. Malgastar el tiempo es algo muy grave

El tiempo debe enfocarse tanto en cuanto a los tiempos de espera, preparación, de cola, de proceso, y de inactividad, sino también los tiempos de entrega, de mejoras, de atención y respuestas, de producción de nuevos diseños y de generación de resultados positivos para las partes interesadas en los procesos y actividades de una empresa.

Se debe seguir una lucha continua y sin respiro en la necesidad de eliminar los factores generadores de improductividades, altos costos, largos ciclos, costosas y largas esperas, desaprovechamiento de recursos, y defectos de calidad, todo lo cual origina la pérdida de participación en el mercado.

En la parte de producción se puede definir y medir algunos parámetros según la lectura de presiones vacío, temperaturas, consistencia y

velocidades, con lo cual se puede conocer cual equipo ha perdido repentinamente sus funciones específicas, para luego determinar si se trata de una pérdida total de función, la cual corresponde a un paro por rotura, o se trata de una reducción de función, la cual corresponde a una pérdida de rendimiento del equipo por defectos físicos mientras opera la planta.

El personal de mantenimiento tiene que hacer rutas diarias, pero muchas veces los problemas aparecen antes o después de la ruta.

Los tiempos muertos por fallas y operacionales altos, que están sobre los requisitos de producción requeridos por la empresa.

2.1.2 Desperdicios

Un proceso productivo hace uso de materias primas, máquinas, recursos naturales, mano de obra, tecnología, recursos financieros generando como resultado de su combinación productos o servicios. En cada proceso se agrega valor al producto, y luego se envía al proceso siguiente. Los recursos en cada proceso agregan valor o no lo hacen. El desperdicio o despilfarro implica actividades que no añaden valor económico.

Así pues desperdicio en este contexto es toda mala utilización de los recursos y / o posibilidades de las empresas. Se desperdicia tanto, horas de trabajo por ineficacia en la programación y planificación de las tareas, como también se desperdician posibilidades de ganar nuevos mercados, por carecer de productos de calidad o por exceso en sus costos de producción.

Supervisar o controlar los procesos a través de históricos, en el caso de que algo vaya mal es un derroche de tiempo y de esfuerzos. Se hace imprescindible implementar este sistema automático de Monitoreo de Variables del proceso, el cual es suficientemente fiable para el operario.

Hacer más fiable los procesos de producción aumentará considerablemente la productividad en la Empresa.

2.1.3 Consumo de energía

Mediante el monitoreo de variables del proceso se puede optimizar el rendimiento de los equipos ya que si no se tiene una medida de una variable, por ejemplo si el papel esta húmedo puede ser un defecto de fieltro, presión de prensa o vacío, las dos últimas variables se las puede identificar mediante un historial o seguimiento que se realiza a través del HMI SCADA, y así determinar cual es defecto, presión o vacío. Cuando el papel esta húmedo se tiene que bajar velocidad; por lo tanto, la producción disminuye pero consumiendo la misma cantidad de energía de una producción normal; y al final se evalúa los kilovatios por tonelada de papel, lo que refleja baja eficiencia del molino con el mismo consumo de energía.

2.2 ESPECIFICACIONES DE REQUISITOS DEL SISTEMA.

Fundamentándose en el análisis de rendimiento del sistema, analizado en ítem anterior, a continuación se presenta la descripción de los componentes necesarios para la implementación de proyecto.

2.2.1 Computadora Pentium 4

El computador Pentium 4, se requiere lo siguiente:

- Sistema operativo: Windows XP Professional SP1
- CPU: Pentium 4, 2.8 GHz
- RAM: 512 MB
- Unidad de disco Duro: Capacidad 80 GB
- Unidad de disquette: 3.5" 1.44MByte
- Unidad de CD-ROM
- Teclado Estándar

2.2.2 Paquete computacional WinCC V6.0

WinCC está concebido para la visualización y manejo de procesos, líneas de fabricación, máquinas e instalaciones. El volumen de funciones de este moderno sistema incluye la emisión de avisos de eventos en una forma adecuada para la aplicación industrial, el archivo de valores de medida y recetas, y el listado de los mismos.

Con su potente acoplamiento al proceso, especialmente con SIMATIC, y su seguro archivo de datos, WinCC hace posible unas soluciones de alto nivel para la técnica de conducción de procesos.

Requerimientos de Hardware / Software para Wincc

- Sistema operativo Windows 2000 SP4
 Windows XP Professional SP1
 Windows 2000 SP4 MUI
 Windows XP Professional
- CPU Recomendado >= Pentium IV, 2.0 GHz
- Resolución Recomendada >= 1280 x 1024
- RAM Recomendada >= 512 MByte
- Unidad de Disco Duro (espacio válido) >= 1 GByte
- Unidad de disquette 3.5"/1.44 MByte

2.2.3 Procesador de comunicación CP5611 (32 bits)

El procesador de comunicaciones CP 5611, se equipa con una interfaz PROFIBUS de hasta 12 Mbauds. Con este se comunica directamente con los PLC o PG que tengan una interfaz de bus PCI. En el anexo 2.1 se indican las características del Procesador de comunicaciones CP5611.

2.2.4 PLC SIMATIC S7-300

Es un PLC modular de la Familia SIMATIC que pueden trabajar como maestro esclavo, que se puede configurar fácilmente.

2.2.5 CPU 315 - 2 DP

Maestro DP o esclavo DP

La CPU 315-2 DP se puede utilizar con la segunda interface (interfase PROFIBUS-DP) como maestro DP o esclavo DP, en una red PROFIBUS-DP.

En el Anexo 2.2 se indican las características de una interfase PROFIBUS-DP.

En el Anexo 2.3 se presentan las características del CPU 315

Elementos de manejo e indicación

La figura No. 2.1 se muestra los elementos de manejo e indicación de una CPU.

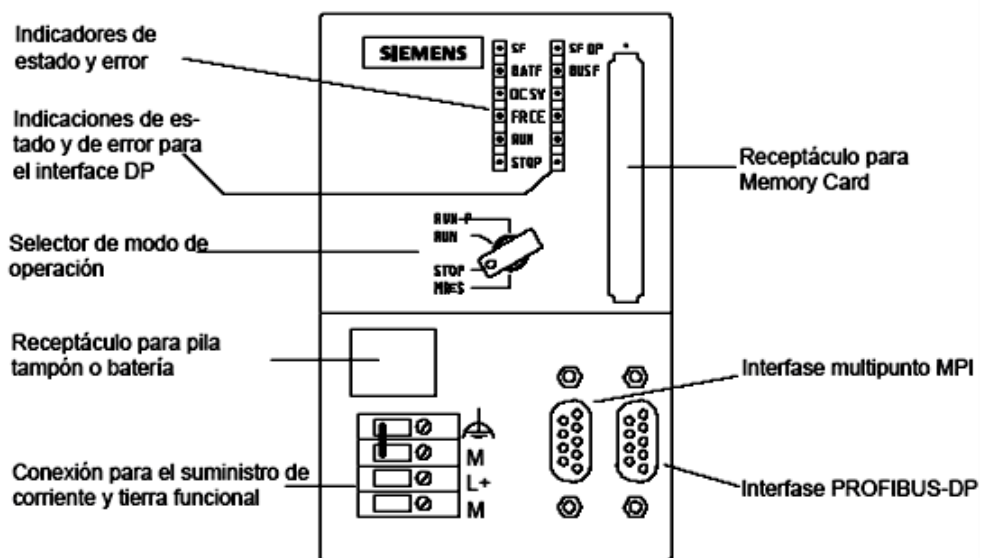


Figura № 2.1 Elementos de manejo e indicación de la CPU

2.2.6 Fuente de alimentación PS 307; 5 A; (6ES7307-1EAx0-0AA0)

Referencia “módulo estándar”

6ES7307-1EA00-0AA0

Referencia “módulo SIMATIC Outdoor”

6ES7307-1EA80-0AA0

Propiedades de la fuente de alimentación PS 307; 5A:

- Intensidad de salida 5 A
- Tensión nominal de salida 24 Vcc, estabilizada, a prueba de cortocircuitos y marcha en vacío

- Acometida monofásica, con tensión nominal de entrada de 120/230 Vca, 50/60 Hz.
- Separación eléctrica segura según NE 60 950
- Puede utilizarse como fuente de alimentación de carga

En la figura 2.2 se indica el esquema de conexión de PS 307; 5 A

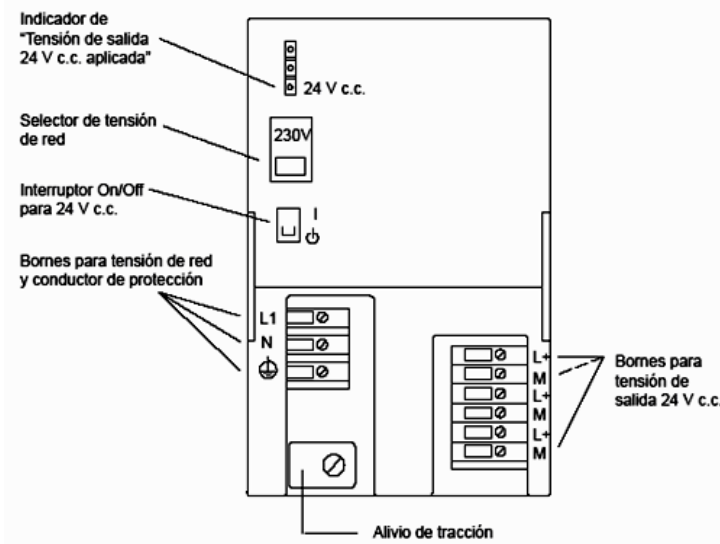


Figura Nº 2.2 Esquema de conexión de la fuente de alimentación PS 307, 5A

En la figura No 2.3 se indica el diagrama de bloques del PS 307; 5 A

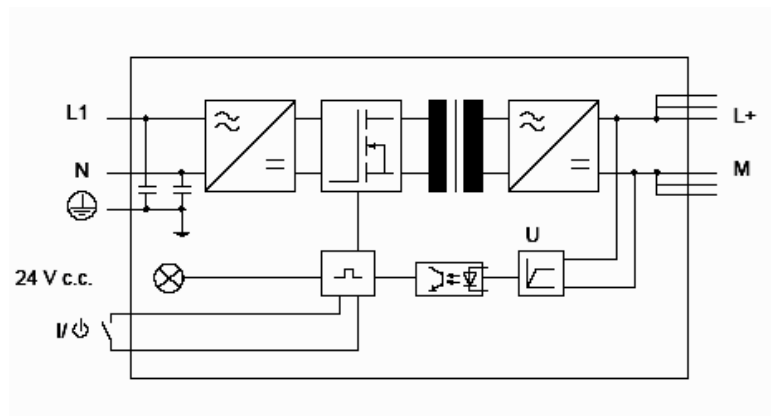


Figura Nº 2.3 Esquema de principio de la fuente de alimentación PS 307; 5A

En el Anexo 2.4 se indica las características técnicas de la fuente de alimentación.

2.2.7 Módulo de interfase

2.2.7.1 Módulo de interfase IM 360; (6ES7360-3AA01-0AA0)

Características

El módulo de interfase IM 360 presenta las propiedades siguientes:

- Interface para el bastidor 0 del S7-300
- Intercambio de datos entre la IM 360 y la IM 361 vía cable de conexión 368
- Distancia máxima entre IM 360 e IM 361: 10 m

En La figura No 2.4 se indica la vista frontal del módulo de interfase IM360

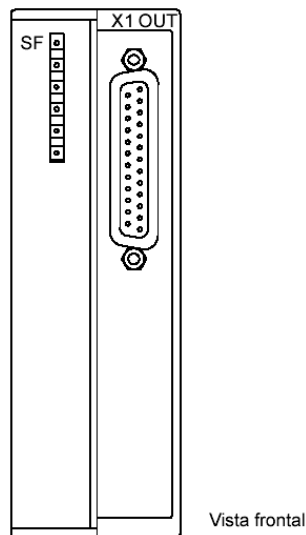


Figura Nº 2.4 Vista frontal del módulo de interfase IM360

En el Anexo 2.5 se indican las características del IM360.

2.2.7.2 Módulo de interfase IM 361; (6ES7361 3CA01-0AA0)

Características

El módulo de interfase IM 361 tiene las propiedades siguientes:

- Tensión de alimentación 24 Vcc.
- Interfase para los bastidores 1 a 3 del S7-300
- Corriente suministrada a través del bus posterior del S7-300: máx. 0,8 A

- Intercambio de datos entre IM 360 e IM 361 ó entre dos IM 361 vía cable de conexión 368
- Distancia máxima entre IM 360 e IM 361: 10 m
- Distancia máxima entre dos IM 361: 10 m

En la figura 2.5 se indica la vista frontal del módulo de interfase IM361

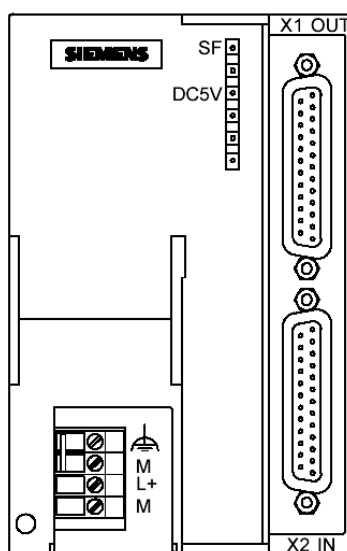


Figura № 2.5 Vista frontal del módulo de interfase IM361

En el anexo 2.6 se indican las características del IM361

2.2.8 Interfaz esclava IM 153-1 como esclavo DP en el sistema de periferia descentralizada ET 200M

ET 200M, es un esclavo DP modular dotado del grado de protección IP 20, que puede ser montado en forma vertical u horizontal.

IP 20 Tipo de protección según DIN 40050: Protección contra contacto con los dedos y contra la penetración de cuerpos sólidos extraños superiores a 12 mm.

El sistema de periferia descentralizada ET 200M tiene el mismo diseño constructivo que el autómata programable S7-300 y se compone de:

- IM 153-1
- Módulos de periferia del S7-300.

En la figura 2.6 se indica la configuración del ET 200M

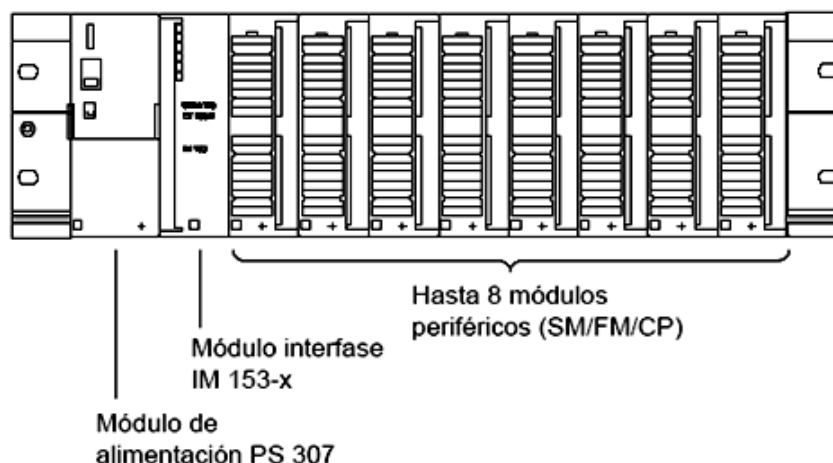


Figura Nº 2.6 Configuración del sistema de periferia descentralizada ET 200M

Temperatura ambiental admisible

- Disposición horizontal de 0 a 60 oC
- Disposición vertical de 0 a 40 oC

Unidades de periferia descentralizadas - Campo de aplicación

Cuando se configura una instalación, generalmente las entradas y salidas del proceso o hacia el proceso están integradas en el autómata programable de forma centralizada.

Cuando la distancia entre las entradas y las salidas y el autómata programable es considerable, el cableado puede ser complicado y largo, y las perturbaciones electromagnéticas pueden afectar a la fiabilidad.

Al configurar las instalaciones, con las características anteriores, se recomienda utilizar unidades de periferia descentralizada:

- La CPU del autómata se encuentra en un lugar central.
- Las unidades periféricas (entradas y salidas) operan “in situ” de forma descentralizada.

Gracias a las altas velocidades de transmisión y a las altas prestaciones de PROFIBUS-DP se asegura una comunicación perfecta entre la CPU del autómatas y las unidades periféricas.

Periferia descentralizada con IM 153-1

El IM 153-1 es la interfase esclava del ET 200M para aplicaciones estándar.

El IM 153-1 y el ET 200M se parametrizan con *STEP 7* o con *COM PROFIBUS*.

En la figura 2.7 se indica la vista frontal de IM 153

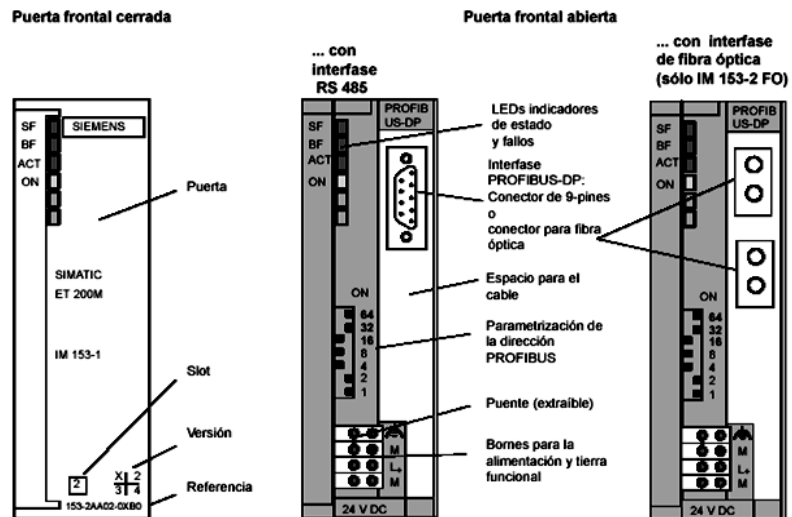


Figura Nº 2.7 Vista frontal de IM 153-1/2

En la Figura 2.8 se indica el diagrama de bloques del IM153

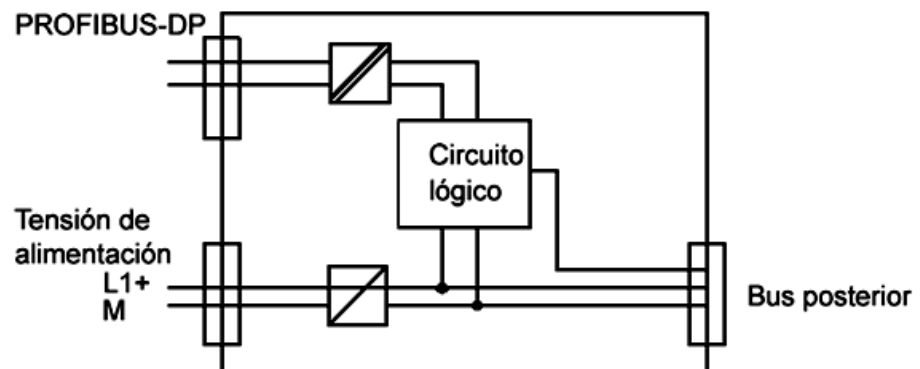


Figura Nº 2.8 Diagrama de bloques del IM 153-1

En la figura No. 2.9 se observa un ejemplo de una ET 200M, la cual consta de un IM 153-1 y 4 módulos periféricos del S7-300 como periferia descentralizada en una CPU 315-2 DP utilizada como maestro DP S7.

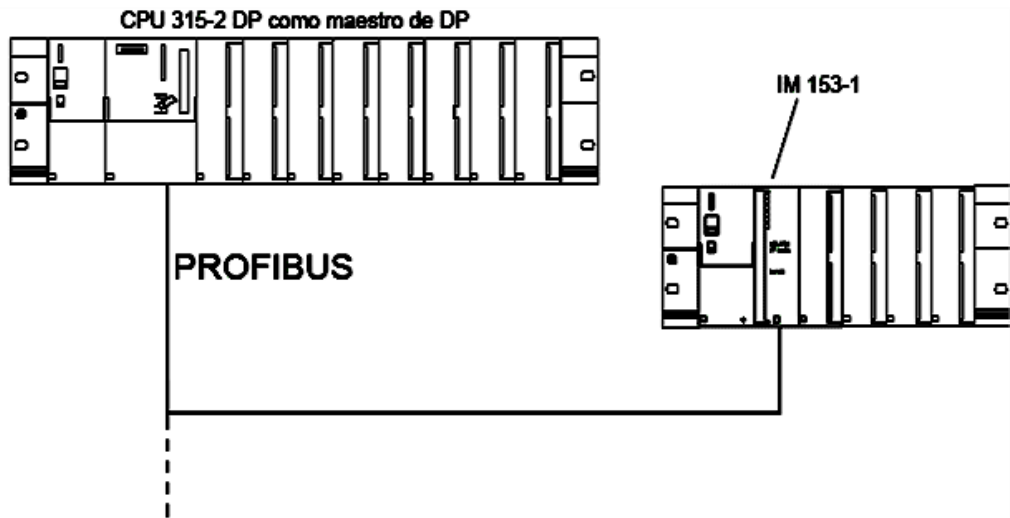


Figura Nº 2.9 Periferia descentralizada con el IM 153-1/2

En el anexo 2.8 se indican las características de IM 153

2.2.9 MODULOS ANALÓGICOS

2.2.9.1 Módulo de entradas analógicas SM 331; AI 8 x 12 BIT;(6ES7331-7KF02-0AB0)

Características

El módulo de entradas analógicas SM 331; AI 8 x 12 BIT se distingue por las siguientes características:

- 8 entradas formando 4 grupos de canales
- Resolución de los valores medidos ajustable por cada grupo ,en función del período de integración ajustado:
 - √ 9 bits + signo
 - √ 12 bits + signo
 - √ 14 bits + signo
- Tipo de medición elegible por cada grupo de canales:

- √ Tensión
 - √ Intensidad
 - √ Resistencia
 - √ Temperatura
- Margen de medición elegible discrecionalmente por cada grupo de canales
 - Diagnóstico parametrizable
 - Alarma de diagnóstico parametrizable
 - 2 canales con supervisión de valores límite
 - Alarma de valor límite parametrizable
 - Con separación galvánica respecto a la conexión del bus posterior
 - Con separación galvánica respecto a la tensión de carga (a no ser que haya por lo menos un adaptador de margen en la posición D)

En el figura 2.10 se indica el esquema de conexiones del módulo SM 331; AI 8 x 12 BIT

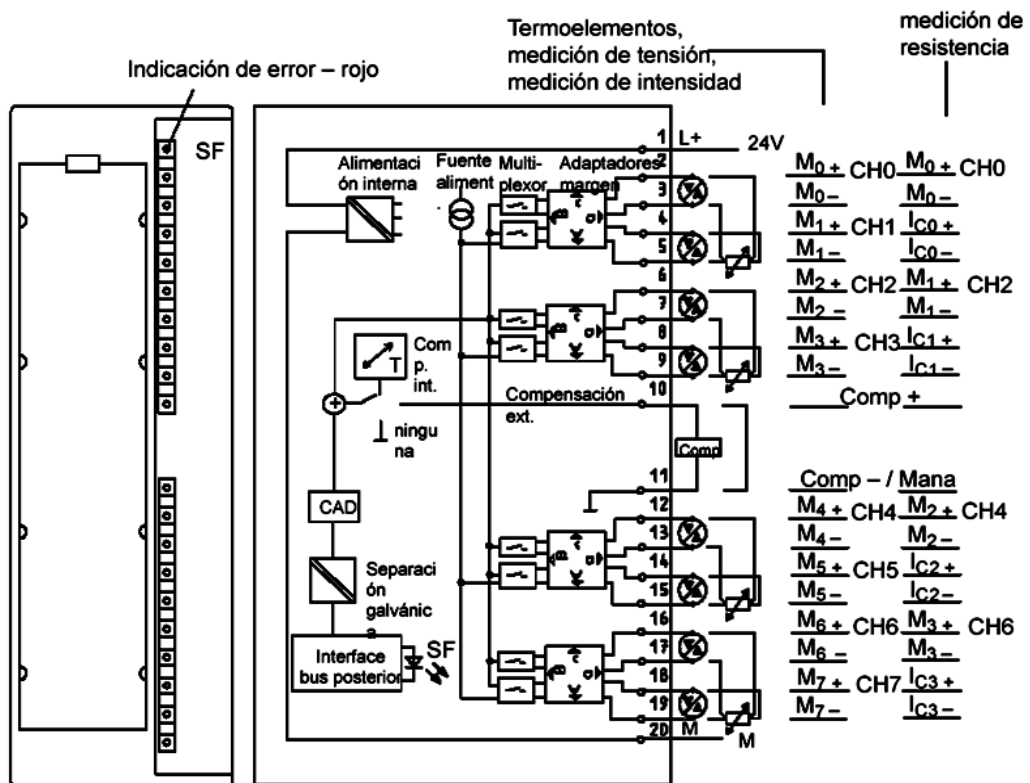


Figura Nº 2.10 Vista y esquema de conexiones del módulo SM 331; AI 8 x 12 BIT

Las resistencias de entrada dependen del margen de medición seleccionado (ver los datos técnicos).

En el Anexo 2.8 se indican las características técnicas de los módulos de entradas analógicas.

Canales no cableados

Los canales no cableados tienen que cortocircuitarse, y deberían enlazarse con módulo analógico. Así se consigue una protección óptima del módulo de entradas analógicas contra las perturbaciones. Se debe ajustar el parámetro "Tipo de medición" a "desactivado" para los canales no cableados. De esta forma se reduce el tiempo de ciclo del módulo.

Si no se cablea la entrada COMP, ésta deberá cortocircuitarse también.

2.2.9.2 Módulo de salidas analógicas SM 332; AO 4 x 12 BIT; (6ES7332-5HD01-0AB0)

Características

El módulo de salidas analógicas SM 332; AO 4 x 12 BIT presenta las propiedades siguientes:

- Canales de salida
- Selección de las salidas por cada canal discrecionalmente como:
 - √ Salida de tensión
 - √ Salida de intensidad
- Resolución 12 bits
- Diagnóstico parametrizable
- Alarma de diagnóstico parametrizable
- Salida de valores sustitutivos parametrizable
- Con separación galvánica respecto a la conexión del bus posterior y a la tensión de carga

En la figura 2.11 se indican el esquema de conexiones del módulo SM 332; AO 4 x 12 BIT

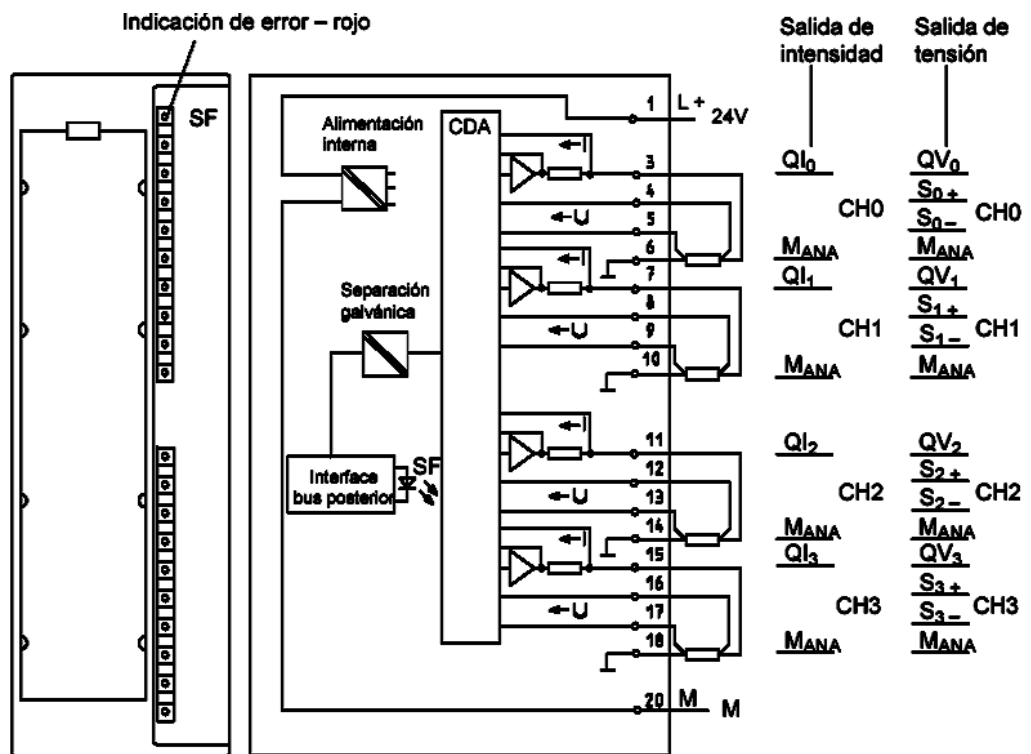


Figura Nº 2.11 Vista y esquema de conexiones del módulo SM 332; AO 4 x 12 BIT

En el Anexo 2.9 se indican las características técnicas de los módulos de salidas analógicas.

Cableado de las salidas analógicas

Es posible cablear las salidas como salida de tensión o de intensidad, o bien desactivarlas.

El cableado de las salidas se efectúa mediante el parámetro "Tipo de salida" en *STEP 7*.

Canales no cableados

Para que los canales de salida no cableados del módulo SM 332; AO 4 x 12 BIT permanezcan sin tensión, se debe ajustar el parámetro “Tipo de salida” a “desactivado” y dejar abierta la conexión.

Márgenes de salida

Los márgenes de salida para las salidas de tensión y de intensidad se parametrizan en *STEP 7*.

En la Tabla Nº 2.1 se indican los voltajes y corriente con los que pueden trabajar este módulo.

Tabla No. 2.1 Márgenes de salida del módulo SM 332; AO 4 x 12 BIT

Clase de salida seleccionada	Margen de salida
Tensión	De 1 a 5V De 0 a 10V ± 10V
Intensidad	De 0 a 20mA De 4 a 20mA ± 20mA

2.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

En la Figura Nº 2.12 se indica el diagrama de bloques del sistema a implementarse.

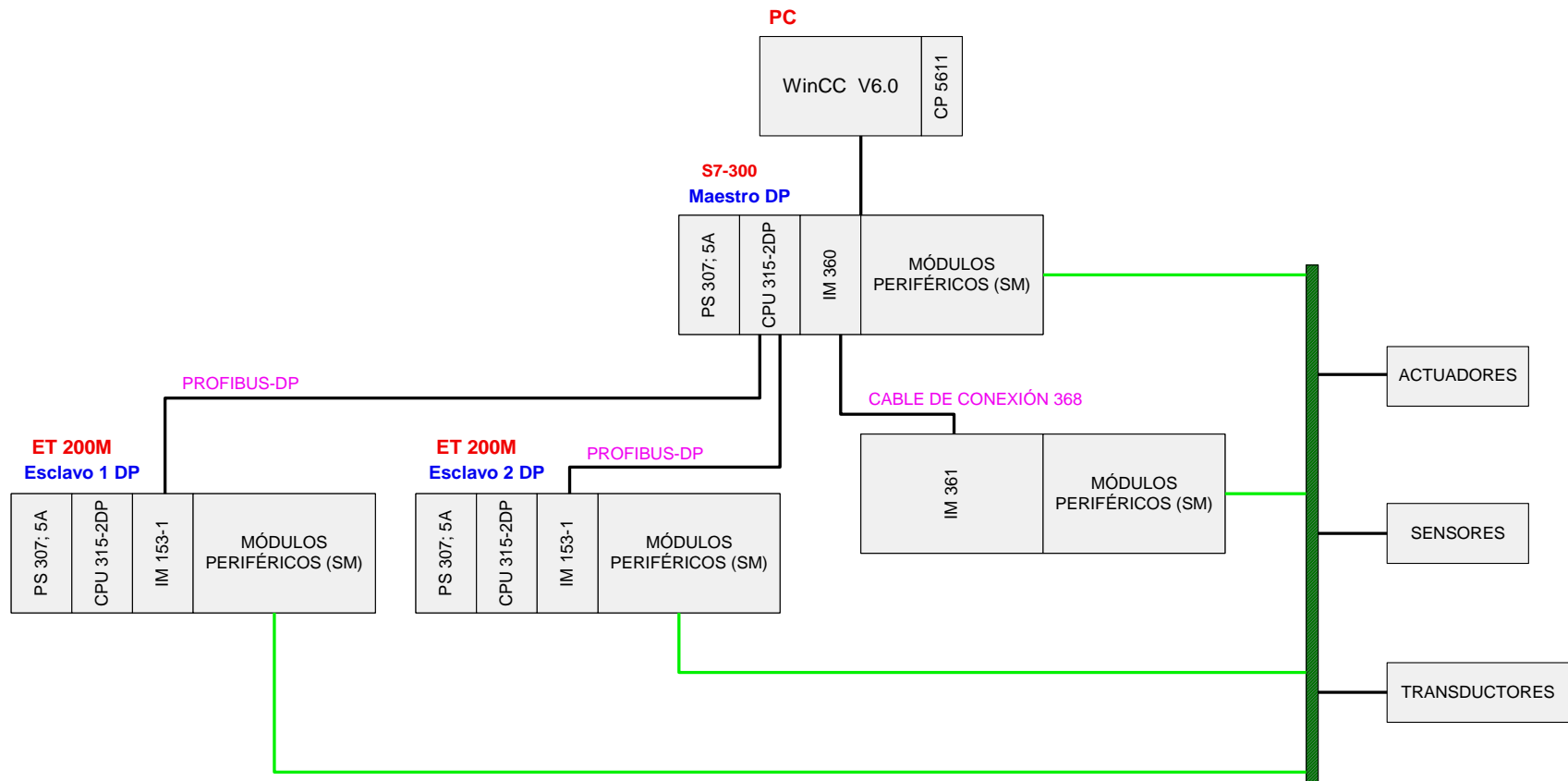


Figura Nº 2.12 Diagrama de bloques del sistema

2.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES

De acuerdo a los requerimientos del sistema HMI/SCADA que se va a implementar para el MONITOREO DE VARIABLES DEL PROCESO DEL MOLINO DE PAPEL 5 “MP5” de la Planta de Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.; se ha seleccionado los componentes que se detallan a continuación, basándose en la Arquitectura de las Redes de Campo Industriales que se expuso en el Capítulo I:

2.5.3 Para el Nivel de Gestión:

- Una computadora Pentium IV
- El paquete computacional WinCC 1024 Tags, versión completa V6.0 + SP2, licencia de desarrollo Run Time, 5 idiomas, tipo 6AV6381-BP060CXO
- Procesador de comunicación CP5611 (32 bits), con bus PCI a Profibus o MPI, tipo 6GK1 561 1AM00, Adapter ANA1590.
- Conector de comunicación Profibus, cable bus 2 hilos, tipo 6XV1830-OMH10

2.5.4 Para el Nivel de Control:

En la tesis propuesta este nivel no existe, debido a que en la planta no existe un PLC maestro que la controle totalmente, ya que el Sistema HMI/SCADA implementado se limita a controlar exclusivamente al “Molino de Papel 5”.

2.5.5 Para el Nivel de Campo y Proceso:

- Un PLC SIMATIC S7-300 como maestro para este nivel
- Una CPU315-2DP,
- Cuatro Fuentes de alimentación PS 307; 5 A;(6ES7307-1EAx0-0AA0)
- Un módulo de interfase IM360, como dispositivo central
- Un módulo de interfase IM361, como aparato de ampliación
- Dos interfaces, esclava IM 153-1 como esclavo DP en el sistema de periferia descentralizada ET 200
- Ocho conectores de campo Profibus, tipo 6ES7972-OBB12-0XA0

- Quince módulos de entradas digitales SM321 (DI 16XDC24V)
- Siete módulos de salidas digitales SM322 (DO 16xREL AC120)
- Dos módulo de entradas analógicas SM331 (AI 8x12BIT)
- Un módulo de salidas analógicas SM332 (AO 4x12BIT).

2.5.6 Para el nivel de Entradas/Salidas

- Seis transmisores de presión
- Dos trasmisores de temperatura
- Seis transmisores de nivel
- Dos sensores de temperatura

2.6 DISEÑO DEL SISTEMA HMI/SCADA

2.6.1 RED DE PLC`s

La red de PLC se describe en Anexo 2.10 tiene un PLC maestro, con sus esclavos y terminales tontos (ET 200), con la red PROFIBUS, también se indican las direcciones de las entradas y salida de los PLC.

En el Anexo 2.11 se presenta el programa del PLC en diagrama Ladder, donde se indican la toma de variables analógicas.

2.6.2 PROGRAMACIÓN DE PANTALLAS

Para la programación se usa el software de Siemens WINCC HMI/SCADA. Su manejo y operación se describe a continuación.

Para crear un proyecto nuevo con este software, se procede de la siguiente manera:

En la Figura № 2.13 se indica como ingresar al software de WINCC

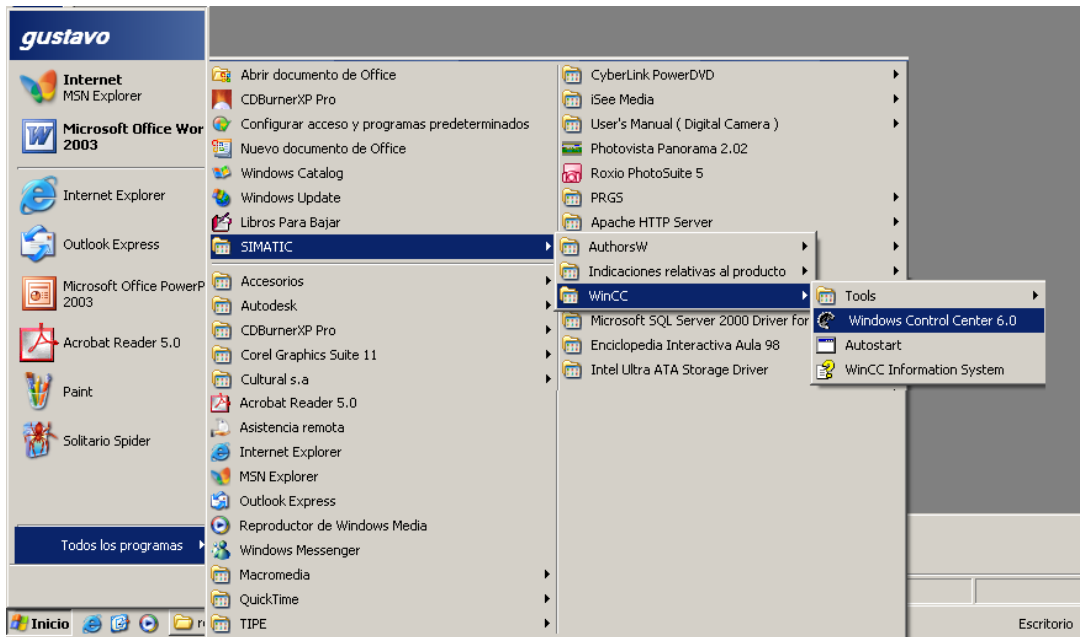


Figura № 2.13 Pantalla para ingreso a WINCC

Una vez ingresado a la pantalla principal de WinCC, en la Figura № 2.14 se indica que tipo de proyecto se va seleccionar, en este caso es monopuesto, ya que se usará un solo computador.

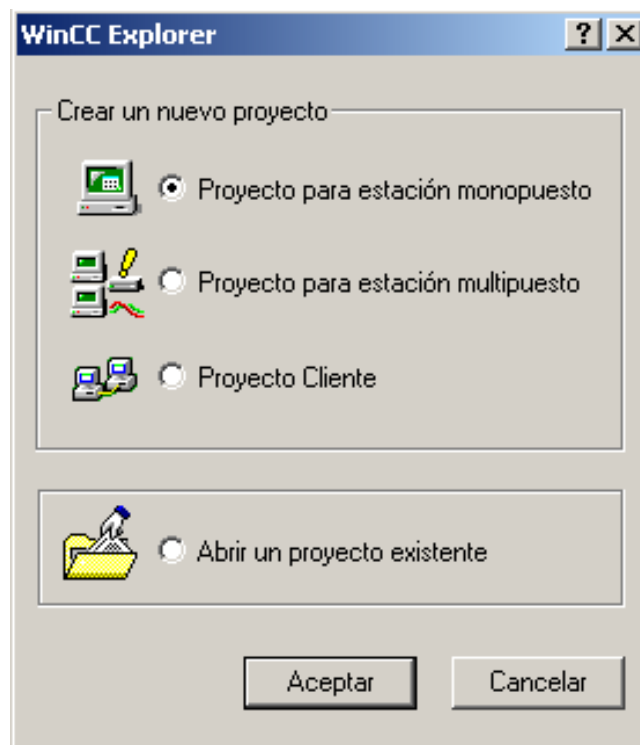


Figura № 2.14 Pantalla para elección del tipo de proyecto

En la Figura Nº 2.15 se indica la pantalla inicial del proyecto

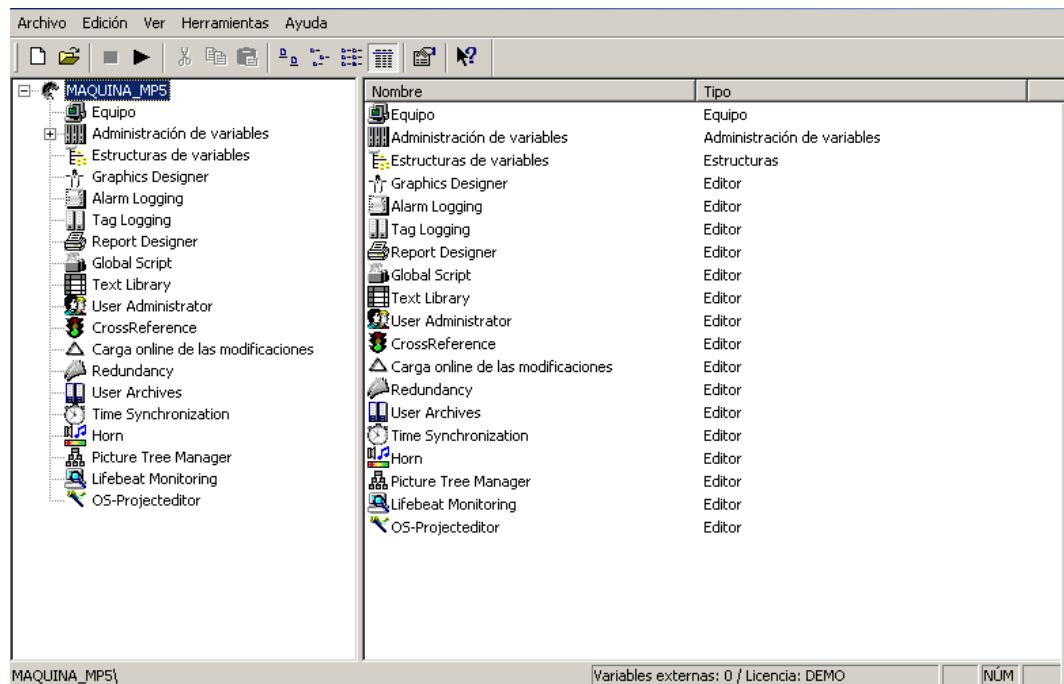


Figura Nº 2.15 pantalla inicio de WINCC

A continuación se elige el tipo de protocolo que se va a usar, como se observa en la Figura Nº 2.16.

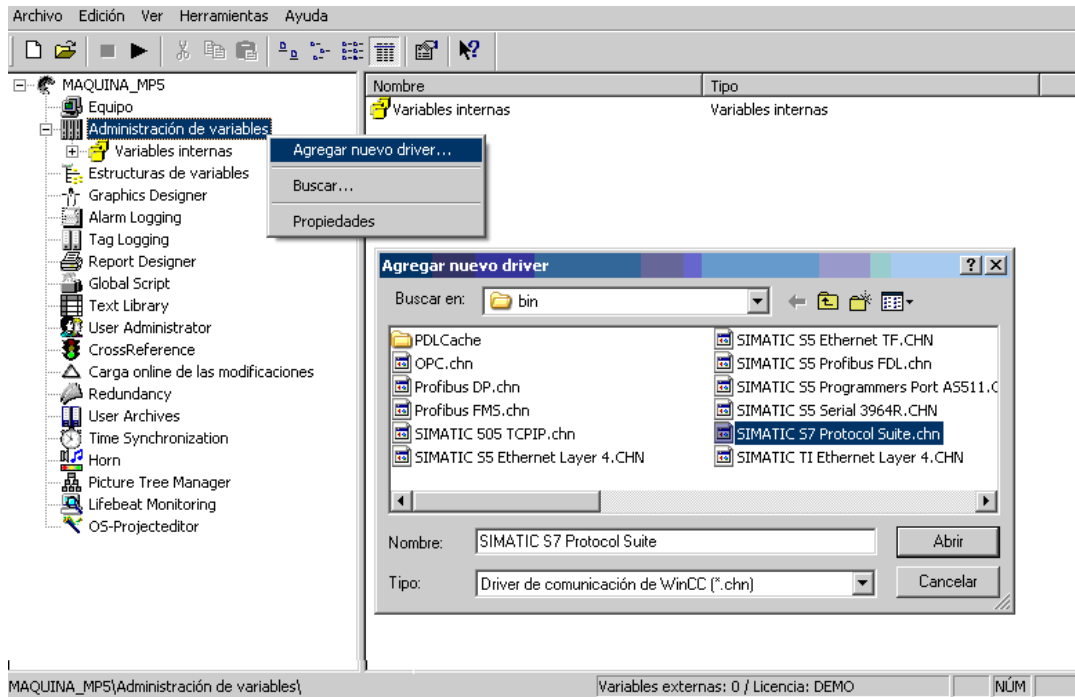


Figura Nº 2.16 Pantalla de elección de Protocolo

En la Figura Nº 2.17 se indica el protocolo que se usará, es decir MPI (interfase multipunto), y dentro de ésta se crean los grupos con el cual se conectará a la red de PLC's.

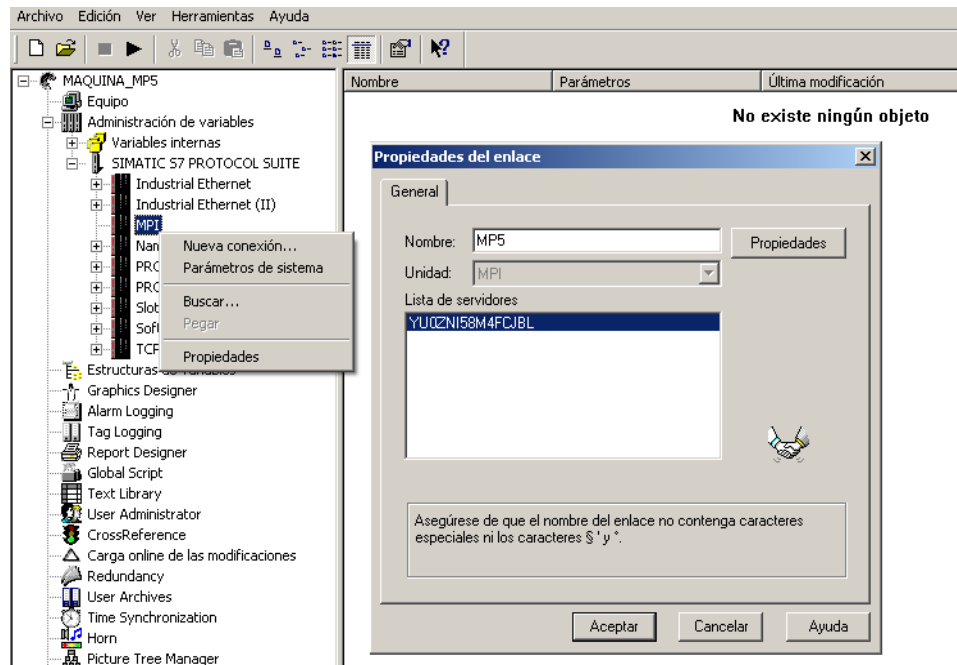


Figura Nº 2.17 Creación de grupos de variables

En la Figura Nº 2.18 se puede observar **Graphics Designer**, que es la pantalla para el diseño del HMI en ésta se dispone de herramientas para dibujar, círculos, rectángulos, textos, elementos eléctricos y mecánicos.

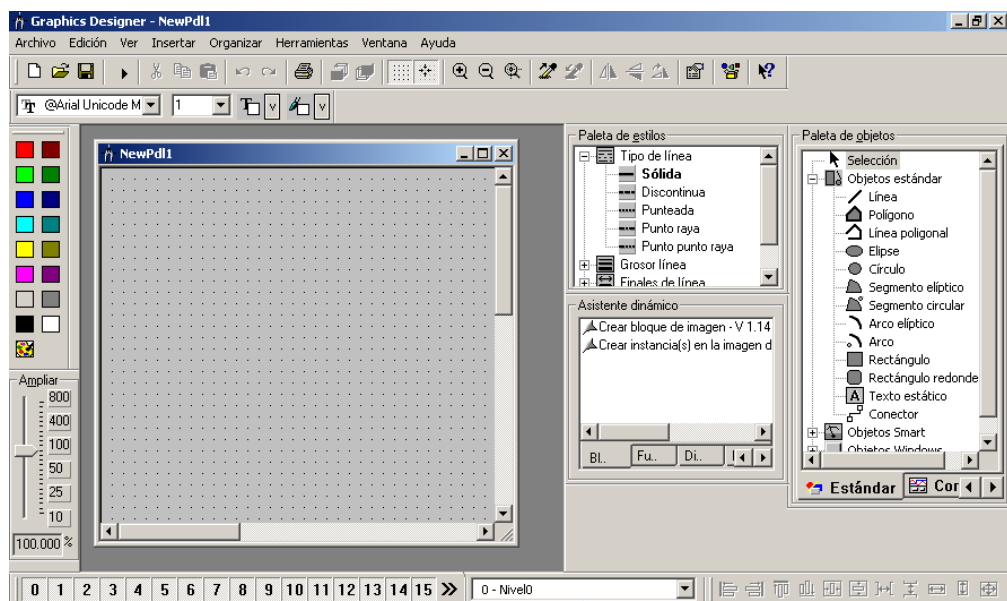


Figura Nº 2.18 Pantalla de diseño HMI

A continuación se procede al diseño y programación de las pantallas, para implementar el proyecto de MONITOREO DE VARIABLES DEL PROCESO DEL MOLINO DE PAPEL 5 “MP5” de la Planta de Productos Familia Sancela del Ecuador S.A.

Las pantallas se programan de acuerdo a las necesidades de los Operarios, Supervisores e Ingenieros de la Empresa. En la Figura Nº 2.19 se indica la pantalla inicial



Figura Nº 2.19 Pantalla de INICIO

En la primera pantalla que se ha denominado de inicio, en la parte inferior están botones que permiten ingresar a otras pantallas. En el caso del presente proyecto, se trabajará con **VARIABLES** y **REGISTRO DE DATOS**. Con un “clic” en Registro de Datos se pasa a la siguiente pantalla.

Para programar estos botones se procede según la Figura Nº 2.20, en donde se programa el botón inicio.

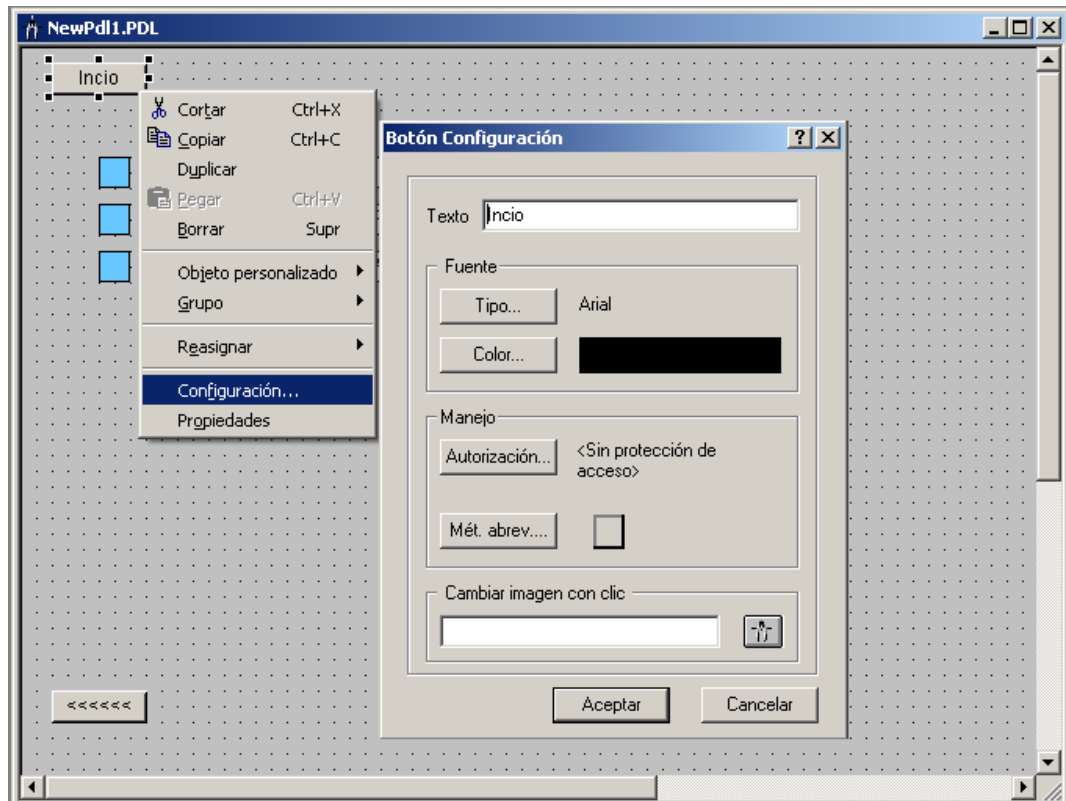


Figura Nº 2.20 Programación de botones

En la Figura Nº 2.21 se indican todas las variables analógicas monitoreadas.

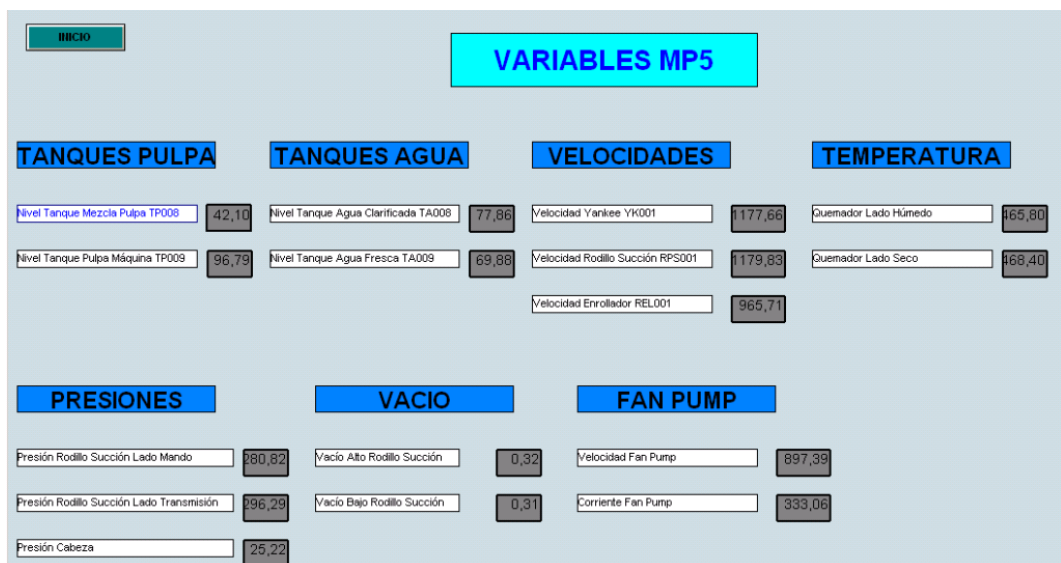


Figura Nº 2.21 pantalla de figuras monitoreadas

También se generan históricos con el botón **REGISTRO DE DATOS** y su visualización en tiempo real, como se indica en la Figura Nº 2.22 donde se indica NIVELES DE TANQUES DE AGUA, para lo cual es necesario realizar la respectiva programación.



Figura Nº 2.22 Pantalla de nivel de agua

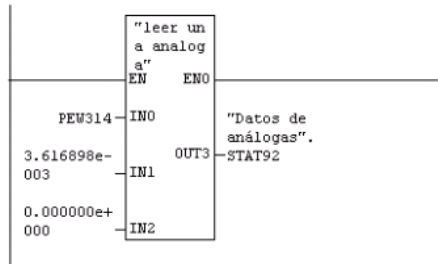
Para crear una de estas pantallas, se selecciona la variable ya escalizada, la misma que se lo realiza en el PLC. Ver Figura Nº 2.23

Información del símbolo:

FC127	leer una analoga
DB40.DBD364	"Datos de análogas".STAT91

Segm. 30: Apertura válvula de peso

4mA -> 0 %
20mA -> 100 %
IN1 -> 0.00361698 (Pendiente)
IN2 -> 0 % (b)



Información del símbolo:

FC127	leer una analoga
DB40.DBD368	"Datos de análogas".STAT92

Figura Nº 2.23 Escalar variable analógica

En la Figura № 2.24 se indica la programación en HMI, en el cual se toma la variable. Donde se toma la dirección del PLC.

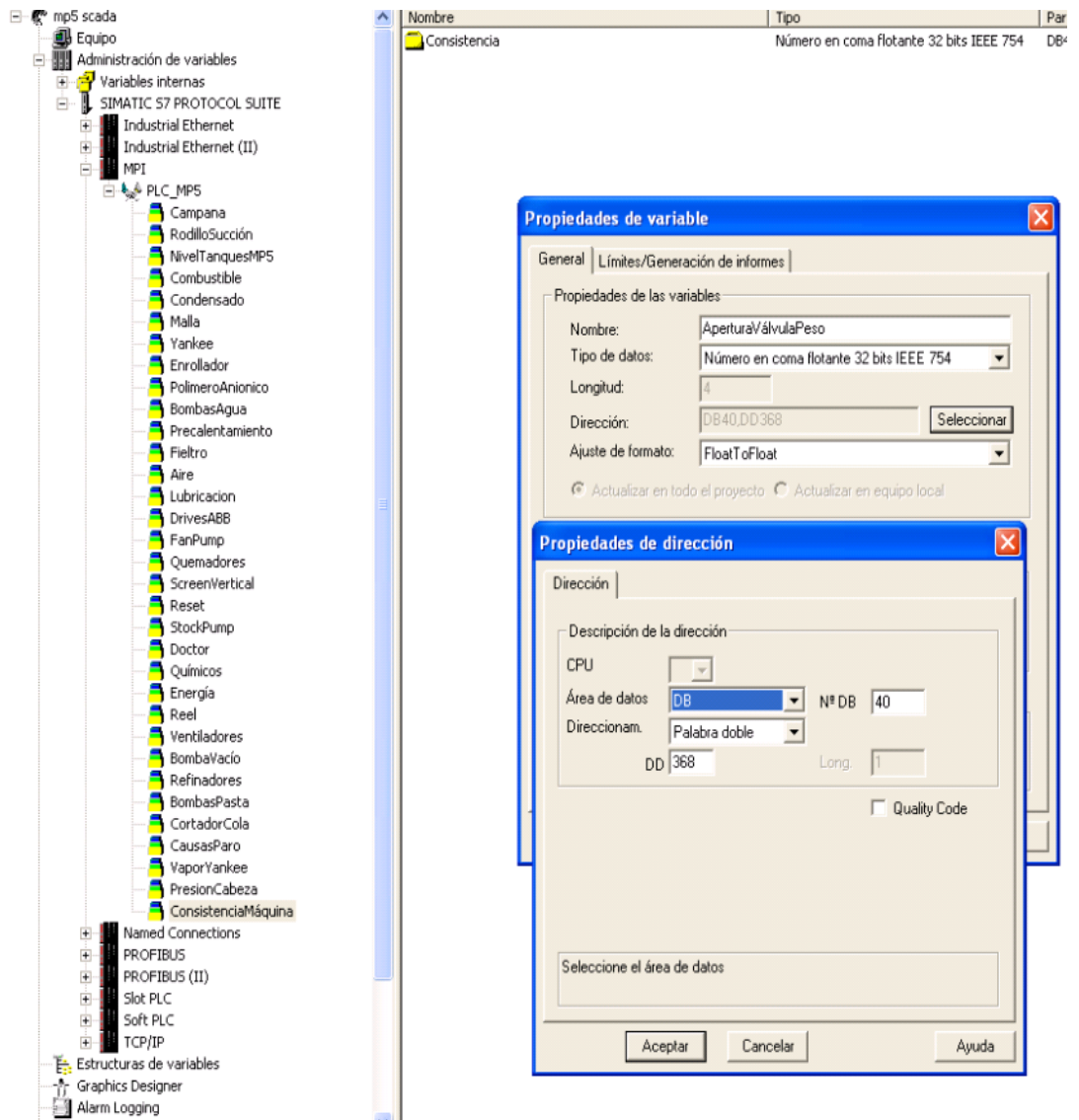


Figura № 2.24 Programación de variable analógica

En la Figura № 2.25 se indican las propiedades configuradas de una de las variables del proceso que se implementa.

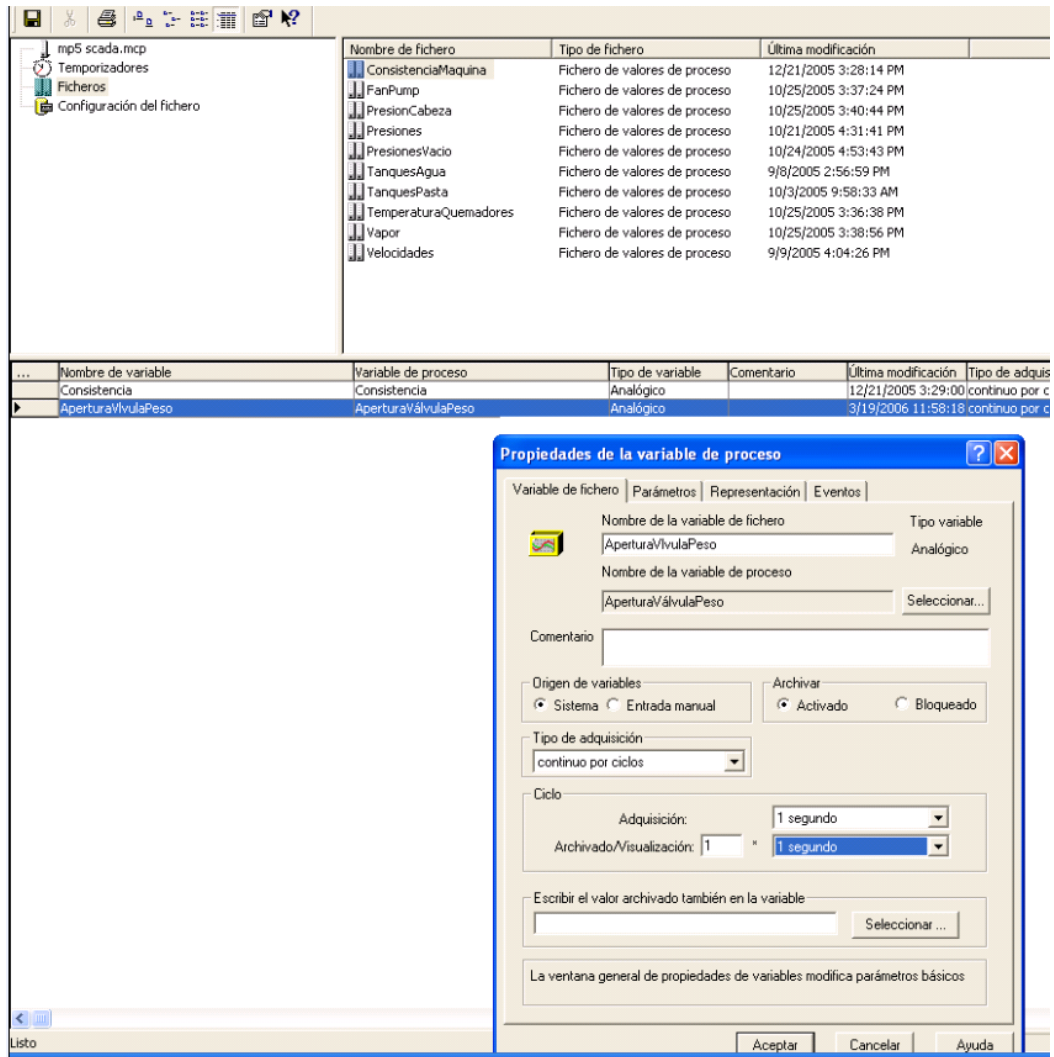


Figura № 2.25 Propiedades de una variable

En la Figura № 2.26 se indica la pantalla, que en la parte inferior se tiene los botones, TANQUES DE PASTA, TANQUES DE AGUA, VELOCIDADES, TEMPERATURA DE LOS QUEMADORES, PRESIONES, VACIO, CONCISTENCIAS, FANPUMP, PRESION CABEZA, los mismos que se programan según se indica en la Figura № 2.25.

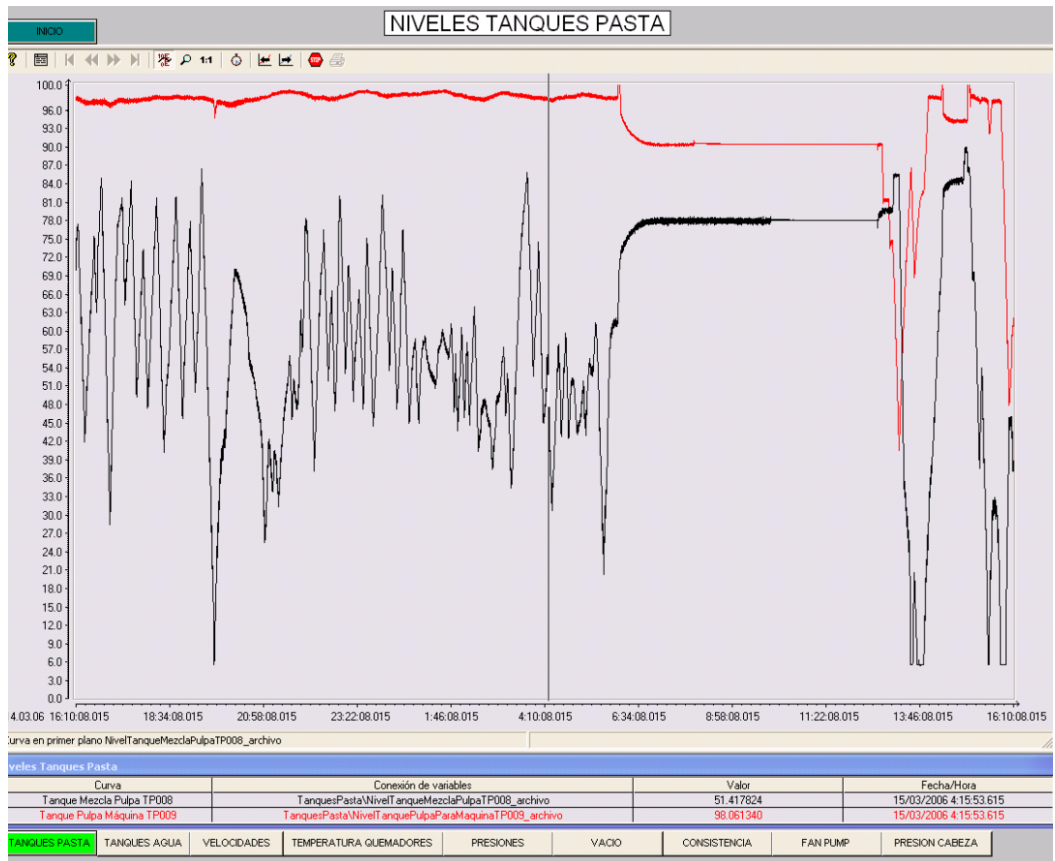


Figura № 2.26 Niveles de tanque de pasta

CAPITULO III

PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.5 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA.

Productos Familia del Ecuador S.A se dedica a la fabricación de papel tissue (papel higiénico y servilletas), utilizando como materia prima papel reciclado y fibra.

El proceso para la fabricación de papel consiste en dos etapas, denominadas Destintado y Molino.

- La primera como su nombre lo indica saca las tintas del papel reciclado, además binchas, espirales, grapas, plásticos, arenas, etc. Se empieza moliendo el papel reciclado en un pulper, junto con los químicos (sosa cáustica, peróxido, jabón, blanqueadores), en una primera etapa salen los contaminantes más grandes, y así con lis limpiadores centrífugos, que se diferencian únicamente por la dimensión y forma de los agujeros de las canastillas, el más pequeño está al último (0,16mm) que es el que retira las impurezas más pequeñas, luego pasa por una cerda de destintado, para remover las tintas, entonces el fibra está lista para pasar a la siguiente etapa.
- En la etapa de molinos, se usa la fibra de destintado, esta es introducida en una caja de presión, que tiene una salida a través de

unas dos ranuras denominadas labios, que distribuyen en forma uniforme en los tendidos, que pasan por una etapa de prensado para escurrir el agua y dejar solo la fibra, esta pegada al fieltro va a un rodillo Prensa y succión. Donde se extrae más agua, entonces pasa a un rodillo secador denominado yankee, que por el interior pasa presión de vapor y por exterior aire caliente a 480°C. y finalmente con una cuchilla se desprende la hoja de papel del yankee y ser enrollado a un eje.

En el molino se implementó una red de PLCs pero se vio la necesidad de conectar un HMI para poder comunicarse, para que el personal de producción tenga un mayor control del proceso, para lo cual se diseñaron pantallas, en las cuales se pueden ver algunas variables del proceso.

3.6 PRUEBAS EXPERIMENTALES.

3.6.1 Pruebas de unidades

Se comprobó la comunicación entre el CPU y la red PLC's, inicialmente utilizando solo una variable digital, el resultado fue exitoso.

3.6.2 Pruebas de las pantallas diseñadas

Para las pruebas experimentales se necesitó la colaboración del Departamento de Normas y Procesos, también del Departamento Eléctrico, para la calibración de los diferentes equipos, como:

- Medidor de consistencia
- Presiones
- Temperatura
- Corriente

Para que los valores que se indiquen en las pantallas sean reales. Trabajando en conjunto se llegó a determinar los valores verdaderos.

3.6.3 Pruebas de validación del usuario

El departamento de Producción pudo probar las bondades de software en las pantallas usando los históricos ya que podían saber:

- Cómo trabajó el turno anterior o en una determinada producción,
- Cómo fue el comportamiento del fieltro según los vacíos que se van incrementando con el pasar de los días y llegando al día 33 aumentó en forma considerable, lo que significó que el fieltro cumplió con su vida útil, su diagnóstico fue inmediato, y se cambió el fieltro.

3.7 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.

Por los resultados obtenidos, como el ejemplo que se menciona en el punto anterior, se logra determinar con exactitud cuando terminó la vida útil; es decir Producción y Mantenimiento se benefician con el proyecto, porque aumentan su rendimiento y disminuyen los tiempos perdidos con un diagnóstico rápido y exacto, entonces el costo del proyecto se recupera en muy corto tiempo es decir en 1 año.

3.3.3. Financiamiento del Proyecto

El financiamiento total del proyecto fue por parte de la Empresa Productos Familia Sancela del Ecuador S.A., ya que es muy consciente de que la tecnología ayuda a ser más eficientes en este mundo tan competitivo.

3.3.4. Análisis de Costos

El seguimiento de las variables del proceso a ayudado a detectar problemas que se tenía desde hace muchos años, corrigiendo los problemas y optimizando los procesos, ya que cada parámetro medido ha aportado a mejorar el rendimiento de la máquina, disminuir tiempos perdidos, aumentar la calidad y cantidad de producción, mejorar el desempeño de mantenimiento, todos estos son valores que toda empresa busca. Entonces la inversión del proyecto queda plenamente justificada y según muchos ejemplos de mejora entregando por producción, por ejemplo mejora de la vida útil de los fieltros y mallas en un 20% mensual, tomando en cuenta que el conjunto cuesta USD 25000.

Los problemas en la caja de vacío generaban una variación en el secado de la hoja, con el proyecto se puede verificar en tiempo real cuando empezó a disminuir y cuál era el valor anterior, para corregir y volver al mismo. La corriente de los motores de los quemadores, si se incrementa o disminuye hay un problema que mantenimiento entrará a resolver.

La Tabla № 3.1 indica el detalle de los costos del proyecto.

Tabla № 3.1 Detalle de costos del proyecto

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR (usd)
1	4	PLC's	4500
2	30	Sensores y transductores	8000
3	1	Computador	1600
4	global	Varios (cable, borneras)	500
5	1	Tableros de control	1000
6	global	Componentes circuito de control	600
7	global	Software	10000
8	global	Materiales de oficina	300
9	global	Movilización	300
10	global	Uso de Internet	100
11	global	Pago de aranceles	900
TOTAL:			27800

3.8 ALCANCES Y LIMITACIONES.

Una vez concluido el proyecto y con los resultados experimentales obtenidos, se indican a continuación los alcances y limitaciones de éste.

3.4.3. Alcances

- La información de las pantallas, puede ser analizada, cuyo resultado puede ser utilizado para mejorar, cambiar u optimizar cualquier equipo o instrumento.
- El sistema de HMI está básicamente realizado con un módulo de PLC SIMATIC S7-300, junto con el paquete de Software WinCC, como una

poderosa herramienta para que través de un computador se obtengan pantallas que reemplazan a los antiguos paneles de instrumentos.

- Con el sistema de HMI se puede visualizar las variables en ON-LINE lo que permite que se tome decisiones instantáneamente. Por ejemplo si un amperaje del motor esta elevado, mantenimiento analizará si es un problema de control o es el mismo motor. Otro ejemplo si la consistencia empieza a bajar en forma progresiva significa que se tiene problemas en destintado y Producción actuará inmediatamente en la solución del problema.
- La credibilidad de la información que entrega, en las diferentes pantallas, es impresionante ya que han hecho que sea una herramienta diaria.
- Por la tecnología usada, es fácil expandirse o unirse con otras estaciones, para formar un SCADA.
- El HMI al estar conectado en MPI, permite desconectar y conectarse sin parar la red de PLC's.

3.4.4. Limitaciones

- El control utilizando el software WINCC, no se realizó porque será parte de un nuevo proyecto.
- No se puede utilizar PROFIBUS, para el HMI, por que si llegara a salir de funcionamiento el HMI la red de PLCs detectaría que un elemento falló o salió de funcionamiento y el PLC pararía, deteniendo bruscamente la máquina.

CONCLUSIONES

Al finalizar este proyecto de tesis, se presentan las siguientes conclusiones.

- Se cumplió con los objetivos planteados, en el perfil del proyecto que consistía en “MONITOREO DE VARIABLES DEL PROCESO DEL MOLINO DEL PAPEL 5 de la Planta de Productos Familia-Sancela del Ecuador S.A.”
- Este trabajo se lo ha realizado como parte indispensable para la obtención del título de Ingeniero en Electrónica e Instrumentación
- El software WinCC y sus PLC's Siemens son muy amigables en su programación lo que dio una gran apertura para programas según los requerimientos de la empresa.
- El proyecto realizado puede seguir incrementándose, con otros sectores del proceso, que pueden ser objeto de estudio y ejecución de otros proyectos de tesis.
- Se ha conseguido la total aceptación y credibilidad de los datos que entrega el proyecto.
- Se ha mejorado la calidad y cantidad del producto, ya que todos los dispositivos complementarios realizan un seguimiento de todas las variables, en las pantallas que se programó.
- Con este proyecto desarrollado, se abre las puertas para que otros estudiantes de la ESPEL sigan haciendo nuevos proyectos de este tipo.
- La visión que tenemos los Ingenieros de la ESPEL va rompiendo barreras y las empresas Multinacionales, confían cada vez en nuestra capacidad.
- En esta Empresa Multinacional, se ha abierto las puertas para que nuevos egresados realicen muchos otros proyectos.

- La implementación del HMI permite tomar decisiones de los departamentos de producción, mantenimiento y gerencia de planta.
- Para la selección de transmisores de niveles de tanque de pasta se debe tomar en cuenta que no todos funcionan correctamente solo los de diafragma por la consistencia de la pulpa, además todos los tanques tienen agitadores.
- Los sensores para pulpa son especiales, es decir solo de diafragma, los ultrasónicos, para medir nivel no se puede utilizar porque los tanques tienen agitadores y pueden dar una falsa señal por el reflejo de la agitación.
- Se debe realizar mantenimiento y actualización del software cada año.

RECOMENDACIONES

- Es muy importante trabajar con los involucrados en el proceso y buscar la manera de incentivarlos, por lo que se aconseja que todas las áreas colaboren de manera efectiva en la realización y conclusión de un proyecto. De esta manera se puede cumplir con las expectativas e interés generados alrededor de un proyecto.
- Es muy importante que el HMI esté configurado con el protocolo MPI, ya que este permite que el HMI salga de funcionamiento sin afectar al proceso, no así cuando se usa Profibus. Por esta razón se recomienda utilizar este protocolo
- Se recomienda que los transmisores se elijan según su ubicación y el proceso, en este caso son IP67, ya que se dispone de agua por todos los sectores de la planta.
- Se aconseja crear un ambiente de trabajo agradable entre todas las áreas, para que estas aporten soluciones y comentarios importantes durante el desarrollo de un proyecto.
- Se recomienda a los Directivos de la Planta, dar capacitación a todo nivel operarios e ingenieros para un mayor aprovechamiento del trabajo realizado.
- Se recomienda profundizar más con el software WINCC ya que es bastante bondadoso y puede traer muchos mas beneficios.
- Es muy positivo realizar proyectos complementarios, por que se puede trabajar en equipo, y el campo de aplicación es mayor.

BIBLIOGRAFIA

1. ALBANY INTERNACIONAL "Paper machine felts and fabrics" EEUU 1988
2. TAPPI "Properties of Paper an Introduction" EEUU 1995
3. G. A Smook "Manual Para técnicos de pulpa y papel" Atlanta 1990
4. BGT PULP&PAPER TECHNOLOGY AB "Accurate Consistency" Texas 1992
5. Maloney Timothy J. "Electronica Industrial Moderna" tercera edición México 1997.
6. SIEMENS, Simatic Net. Comunicaciones Industriales (Catálogo IK 10, 1998).
7. SIEMENS, Simatic Net. Redes de Comunicaciones Industriales (Catálogo IK 10, 1997).
8. SIEMENS, Simatic. Sistemas de Automatización Simatic, (Catálogo ST 70, 1996).

ENLACES

1. <http://aula.elmundo.es/aula/laminas/>
2. www.papelnet.cl/papel_diario/fabricacion_papeldiario.htm
3. http://www.papelnet.cl/documentos/papelnet_papel_tissue.pdf
4. www.eya_swin_net Modelo OSI.htm

GLOSARIO

A

ABB: Asean Brown Boveri

B

BIOS: Sistema Básico par entrada salida de un computador.

C

CPU: Unidad Central de Procesamiento.

CONSITENCIA: Cantidad de agua en con la fibra.

D

DC: Corriente Directa.

F

FICO: Familia ISO Calidad Organización

FAN PUMP: Bomba de agua para inyectar agua la máquina

M

MPI: Interfaz multipunto. De la marca Siemens, para la comuniación del computador de programación con el PLC SImatic S7_300/400.

P

PC: Computador Personal

PG: Unidad de programación . Es una PC propietaria de Siemens que incluye entre otras cosas, una interfase RS-485, que soporta directamente los protocolos MPI, Profibus-DP.

PLC: Controlador Lógico Programable.

PULPER: Molino para moler la materia prima

PROFIBUS-DP: Es una red Industrial dirigida a dispositivos de control, dirigida a PLC's principalmente, utiliza la Interfaz RS-485.

R

RS-485: Interfaz de comunicación serial.

RODILLO SUCCION: Rodillo que succiona el agua de la fibra

S

SOFTWARE: Conjunto de programas que ejecuta un computador o PLC.

S7-300: PLC de Siemens de la línea Simatic.

T

TISSUE: Se llama papel Tissue a un papel suave y absorbente para uso doméstico y sanitario, que se caracteriza por ser de bajo peso y crepado, es decir, con toda su superficie cubierta de microarrugas, las que le confieren elasticidad, absorción y suavidad.

Y

YANKEE: Cilindro secador

ANEXO 2.1

Procesador de comunicación CP5611 (32 bits)

Dimensiones	Formato de slot PCI pequeño (102mm x 130mm)	
Peso	Aproximadamente 100 g	
Inserción del módulo	PCI bus direct plug-in (32-bit)	
Interfase del bus	PCI V2.1, PNP	
Valores Eléctricos		
Voltaje de operación	Voltaje adicional-bajo de seguridad (SELV) que se conforma con EN60950	
Rango de Voltaje (valores límites)	5 VDC (4.75 to 5.25 V)	
Corriente máxima	500 mA	
Conector	Conector hembra secundario de 9-pines D con el mecanismo de fijación de tornillo.	
Tipo de transmisión	RS 485 flotante con los límites SELV	
Rango de transmisión	9.6 Kbps a 12 Mbps	
Modo en la l interfaz de MPI/DP	Flotante (señales de interfaz) no-flotante (protector de cable)	
Seguridad		
Regulaciones del VDE	VDE 0805=EN60950 y IEC 950	
Aprobaciones de UL/CSA	La CP5611 resuelve todos los requisitos para los módulos adicionales.	
Compatibilidad Electromagnética (EMC)		
Emisión de ruidos Clase de limite	B que se conforma con EN55022=CISPR 22	
Inmunidad de ruido en líneas de señales	+/- 2 Kv.(que se conforman con IEC 801-5/ IEC 1000-4-5)	
Inmunidad a descargas electrostáticas	+/- 6 Kv. descarga del contacto (que se conforma con IEC 801-2; EDS / IEC 1000-4-2)	
Inmunidad a interferencias de alta frecuencia	10V/m al 80% de la modulación en amplitud a 1 KHz. 80 Mhz – 1Ghz (que se conforma con IEC801-3 / ENV 50140). 10 V/m 50% de duración a 900 Mhz (que se conforma con ENV 50204). 10 V/m en 80% de la modulación de la amplitud en 1 kHz. 10 kHz – 80 MHz (que se conforman con IEC 801-6/ENV50141)	
Condiciones climáticas		
Temperatura	Probado para DIN IEC 68-2-1, DIN IEC 68-2-2.	
	Operación	5°C a +40°C cambio de temperatura máximo 10 K/h

	Almacenaje / Transportación	-20°C a +60°C cambio de temperatura máximo 20 K/h
Humedad relativa	Probado para DIN IEC 68-2-3	
	Operación	5% a 80% para 25 °C (no condensación)
	Almacenaje / Transportación	5% a 95% at 25 °C (no condensación)
Condiciones Mecánicas		
Vibración	Probado para DIN IEC-2-6	
Operación	10 a 58 Hz; amplitud 0.035 mm 58 a 500 Hz; aceleración 5 m/s ²	

Pines de salida del puerto de PROFIBUS

Descripción de la Señal

El conector secundario del zócalo de D tiene los pines de salida siguientes:

Pin No.	Abreviación	Significado	Entradas/Salidas
1	NC	No es conectado	-
2	NC (M24)	No está conectado con otros componentes de MPI/DP, el retorno del alambre de la fuente flotante de poder de 24V, puede aplicar a este perno.	-
3	LTG_B	Señal de la línea B del módulo de la CP5611	Entrada/salida
4	RTSAS	RTSAS, señal de entrada para el bus MPI/DP. El control es activada con '1' cuando la señal del PLC es enviado.	Entrada
5	M5EXT	M5EXT línea de retorno (GND) de la fuente 5V. La corriente actual entre un consumidor externo conectado P5EXT y M5EXT puede estar hasta un máximo de 90 mA.	Salida
6	P5EXT	P5EXT (+5 V) de la fuente 5V. La corriente actual causada por un consumidor externo conectado entre P5EXT y M5EXT no debe exceder un máximo de 90 mA (prueba del cortocircuito).	-
7	NC (P24V)	El pin 7 no está conectado con otros componentes de MPI/DP, el pin de P24V de las fuentes de alimentación	-

Pin No.	Abreviación	Significado	Entradas/Salidas
		flotantes de 24V se puede aplicar a este pin.	
8	LTG_A	Línea de señal A del módulo CP 5611	Entrada/salida
9	RTS	RTS Señal de salida del módulo del CP 5611. La señal de control es ' 1 ' activada cuando el dispositivo (PG o PC) es enviando.	Salida
Protector	En la cubierta del conector		

1.1 ANEXO 2.2

1.1 Conector de comunicación Profibus, cable bus 2 hilos, tipo 6XV1830-OMH10

1.1

1.1 Propiedades de las líneas de bus para PROFIBUS

Características	Valores
Impedancia Característica	Aprox. 135Ω a 160Ω (f = 3Mhz a 20Mhz)
Resistencia de bucle	≤ 115 Ω / Km.
Capacidad	30nF / Km.
Atenuación	0,9 dB / 100 m (f = 200Khz)
Sección de hilo admisible	0,3 mm ² a 0,5 mm ²
Sección de cable admisible	8mm ± 0,5mm

1.1 ANEXO 2.3

Especificaciones técnicas del PLC SIMATIC S7-300

CARACTERISTICAS	CPU 315-2DP
Memoria de programa en líneas/bytes	16 K / 48 Kbytes
Copia de seguridad con submódulos de memoria	Sí
Tiempo de proceso para	0.3 ms

CARACTERISTICAS	CPU 315-2DP
1024 líneas, binario	
Tiempo de proceso para 1024 líneas, mezcladas	0.8 ms
Entradas y salidas digitales integradas	No
Entradas y salidas digitales máximas	1024
Entradas y salidas analógicas máximas	128
Configuración Rack	4 filas
Módulos de expansión, máximo	32 módulos
Número de bits internos de memoria	2048/> 200,000
Número de contadores (no retentivos)	64 (64)
Número de temporizadores (no retentivos)	128 (128)
Red MPI 187.5 Kbit/s	4 nodos activos
MPI, direccional	32
Set de instrucciones	Lógica binaria, operaciones de ruptura, asignamiento de resultado, set/reset, contadores, temporizadores, transferencia, comparación, salto, llamada a módulos, funciones especiales, lógica de palabras, aritmética (coma fija y coma flotante de 32 bits: +, -, *, /), evaluación de desbordamiento y memorias cíclicas.
Bloques de funciones configurables	Si
Organización del programa	Lineal o estructurado
Proceso del programa	Cíclico, controlado por tiempo o manejado por interrupción
Fuente de alimentación integrada	PS 307 (voltaje regulado) 24 V DC / 5 A
Temperatura ambiente	0 to 60° C (sin condensación)
Carga de la fuente de alimentación (suministrada)	120 / 230 V AC
Carga de la fuente de alimentación (24V DC)	2 A / 5 A / 10 A
Entradas digitales	32 x 24 V DC; 16 x 24 V DC; 8 x 120 / 230 V AC; 16 x 120 V AC
Salidas digitales	32 x 24 V DC 0.5 A; 16 x 24 V DC 0.5 A; 8 x 24 V DC 2 A; 8 x 120 / 230 V AC 2 A; 16 x 120 V AC 1 A
Submódulos combinados	8 x 24 V DC / 8 x 24 V 0.5 A

CARACTERISTICAS	CPU 315-2DP
(e/s digitales)	
Módulos de funciones	FM 350 (contador de alta velocidad); FM 351 (accionadores de rápido avance/retroceso); FM 352 (control de leva); FM 353 (control de motores paso a paso); FM 354 (control de posición) ; FM 356 (automatización por ordenador)
Relés de salida	8 x relés 30 V DC 0.5 A or 250 V AC 3 A
Entradas analógicas 10...12...14-bit, parametrizables	8 x entradas analógicas / 2 x entradas analógicas con +/-10 V, +/-50 mV, +/-1 V, +/-20 mA, 4...20 mA, Pt 100, Ni 100, termoacopladores E, N, J, K (linearizados) Tiempo de codificación por canal: 10 bits = 2,5 ms; 12 bits = 25 ms; 14 bits = 100 ms
Salidas analógicas, 12-bit	4 x salidas analógicas / 2 x salidas analógicas con +/-10 V, +/-50 mV, +/-1 V, +/-20 mA, 4...20 mA
Entradas/salidas analógicas 8-bit	4 x entradas analógicas / 2 x salidas analógicas 0...10 V, 0...20 mA
Software de programación (IEC 1131-3)	STEP 7/STEP 7 Mini con los lenguajes de programación STL y LAD
Software opcional	S7-HiGraph, S7-GRAPH, S7-SCL etc.
Programación por interfase MPI 187.5 Kbit/s	With PG 720 / PG 720 C / PG 740 / PG 760 y PC's AT-compatibles
Trabajo en red	MPI (para OP/SIMATIC S7), PROFIBUS: SINEC L2-DP (para DIN E 19245, Parte 3)
Paneles de operación compatibles	OP 3, OP 5, OP 7, OP 15C, OP 25, OP 35, OP 45, OS LS-B

CPU 315 - 2 DP

Datos técnicos de la CPU 315-2 DP

..1.1 CPU y estado de producto		
..1.1.1.1.1 MLFB 6ES7 316-2AG00-0AB0	Versión de hardware	01
	Versión de firmware	V 1.1.0
	Paquete de programas correspondiente	STEP 7V 5.0; Service Pack 03
..1.2 Memorias		
Memoria central	Integrada	128 Kbytes
	Ampliable	no
Memoria de carga	Integrada	192 Kbytes
	FEPRAM ampliable	hasta 4 Mbytes
	RAM ampliable	no
Respaldo	con pila	todos los datos
	sin pila	4736 bytes
Tiempos de procesamiento para:		
Operaciones binarias	mín. 0.3 µs	
Operaciones de palabras	mín. 1 µs	
Aritmética con coma fija	mín. 2 µs	

Aritmética con coma flotante	mín. 50 μ s	
Tiempos/contadores y su remanencia		
..1.2.1.1.1.1 Contadores S7	64	
	Remanencia ajustable	de Z 0 a Z 63
	Preajustado	de Z 0 a Z 7
	Manjen de computo	0 a 999
Contador IEC	Sí	
	Tipo	SFB
Tiempos S7	128	
	Remanencia ajustable	De T0 a T127
	Presajustado	Sin temporizadores remanentes
	Marjen de tiempo	10 ms a 9.990 s
Temporizador IEC	Sí	
	Tipo	SFB
Áreas de datos y su remanencia		
Área de datos remanente total (Incluido marcas; temporizadores; contadores)		4736 bytes
Marcas	2048	
	Remanencia ajustable	De 0 Mb a 225 Mb
	Preajustado	De 0 Mb a 17 Mb
Marcas de ciclo	8 (1 byte de marcas)	
Bloques de datos	511 (0 Db reservado)	
	Capacidad	Máximo 16 Kb
	Remanencia ajustable	Máximo 8 Db; 4096 bytes de datos
	Preajustado	Sin remanencia
Datos locales (no ajustable)	Máximo 1536 Bytes	
	Según prioridad	256 bytes
Bloques		
OBs		
	Capacidad	Máximo 16 Kbytes
Profundidad de anidado	Según prioridad	8
	Adiciones dentro de un OB de error	4
FB	Máximo 256	
	Capacidad	16 Kbytes
FC	Máximo 256	
	Capacidad	Máximo 16 Kbytes

Configuración		
Bastidor	Máx. 4	
Módulos por cada bastidor	Máx. 8	
Cantidad de maestros DP	Integrada	1
	A través de Cp	1

Áreas de direccionamiento (entras / salidas)		
Área de direccionamiento de periferia digital / analógica	2Kbytes/2Kbytes (direccionable discrecionalmente)	
	descentralizados	2Kbytes/2Kbytes
Imagen de proceso (no ajustable)	128/128bytes	
Canales digitales	Máx. 16.384 (menos 1byte dirección de diagnóstico por cada esclavo DP)/16384	
	Centralizados	Más. 1.024/1.024
Canales analógicos	Máx. 1.024 (menos 1byte dirección de diagnóstico por cada esclavo DP)/10.24	
	Centralizados	Más. 256/128

Programación	
Lenguaje de programación	STEP 7
Juego de operaciones	vea lista de operaciones
Niveles de paréntesis	8
Funciones de sistema (SFC)	vea lista de operaciones
Bloques de función del sistema (SFB)	vea lista de operaciones
Protección del programa de aplicación	Protección mediante contraseña

TENSIONES, INTENSIDADES		
Tensión de alimentación	24 Vcc	
	Margen admisible	20,4 a 28,8 V
Consumo (en vacío)	Habitual 0,9 A	
Intensidad al conectar	Habitual 8 A	
I^2t	0,4 A ² s	
Protección externa para líneas de alimentación (recomendación)	Interruptor LS, 2ª, tipo B o C	
Alimentación de PG a MPI (15 a 30 Vcc)	Máx. 200 mA	
Potencia disipada	Habitual 10 W	
Pila	Si	
	Autonomia de respaldo a 25°C y respaldo ininterrumpido de a CPU	Mín. 1 año
	Duración de almacenamiento de la batería a	Aprox. 5 años

	25°C	
Batería	A entre 0 a 25°C	Aprox. 4 semanas
	a 40°C	Aprox. 3 semanas
	A 60°C	Aprox. 1 semana
	Tiempo de carga	Aprox. 1 hora

FUNCIONES DE AVISO S7

Bloques S de alarma activos simultáneamente	Más 50
---	--------

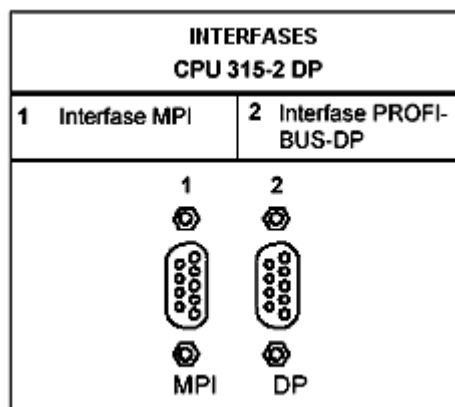
HORA

Reloj	respaldo	si
	precisión	si
Discrepancia máxima por día:		
Si la tensión de alimentación esta conectada	0 a 60°C	± 9s
Si la tensión de alimentación esta desconectada	0°C	+ 2s a -5s
	25°C	± 2s
	40°C	+ 2s a -3s
	60°C	+ 2s a -7s
Contador de horas de funcionamiento	1	
	número	0
	Margen	0 a 32.767 horas
	Granularidad	1 hora
	remanente	1si
Sincronización de hora	Si	
	En el autómata	Maestro
	CP en MPI	Maestro / esclavo

DIMENSIONES

Dimensiones de montaje ancho x alto x fondo	80 x 125 x 130
Peso	Aprox. 0,53 Kg

FUNCIONES DE COMUNICACION		
Funciones PG/OP	si	
Comunicaciones por datos globales	si	
Cantidad de paquetes GD	Emisor	1
	Receptor	1
Capacidad de paquetes GD	Máx. 22 bytes	
	consistentes	8 bytes
Funciones básicas S7	Si (servidor)	
Datos útiles por petición	consistentes	32 bytes en X/I_PUT/_GET 76 bytes en X_SEND/_RCV
Funciones S7	Sí	
Datos útiles por petición	Máx. 160 bytes	
	consistentes	32 bytes
Funciones compatibles con S5	Si (a través de CP y FC cargable)	
Datos útiles por petición	Según el CP	
Consistentes	Según el CP	
Funciones estándar	Si (a través de CP y FC cargable)	
Datos útiles por petición	Según el CP	
Consistentes	Según el CP	
Cantidad de recursos de enlace		
Reservados para:	Funciones PG Ajustables Preajustado	Máx. 11 Entre 1 y 11 1
	Funciones OP Ajustables Preajustado	Máx. 11 Entre 1 y 11 1
	Funciones básicas S7 Ajustables Preajustado	Máx. 8 Entre 0 y 8 8
Enlaces de routing	Máx. 4	



INTERFASE (1)				
Funcionalidad	MPI		Si	
	Maestro DP		No	
	Esclavo DP		No	
	Separación galvánica		no	
MPI	no			
	Servicios	Funciones PG/OP		Si
		Comunicación por datos globales		Si
		Funciones básicas S7		Si
		Funciones S7		Si
Velocidades de transferencia		19,2 – 187,5 kbaudios		

INTERFASE (2)				
Funcionalidad	Maestro DP	si		
	Esclavo DP	Si		
		Observar /forzar; programar; routing	Si, conectable	
	Intercambio directo de datos		si	
	Acoplamiento punto a punto		No	
	Ajuste por defecto		Ninguno	
	Separación galvánica		Si	

MAESTRO DP		
Servicios	equidistancia	Si
	SYNC/FREEZE	Si
	Activar/desactivar esclavos DP	Si
Velocidades de transferencia	Hasta 12 Mbaudios	
Cantidad de esclavos DP	Máx. 125	
Área de direccionamiento	Máx. 2 Kbytes E/2 Kbytes S	
Datos útiles por esclavo DP	Máx. 244 bytes E/244 bytes S	

FUNCIONES DE PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA				
Variable Estado / Control	si			
	Variable	Entradas , salidas, marcas, DB, tiempos, contadores		
	Cantidad	Observar variable	Máx. 30	
		Forzar variable	Máx. 14	
Forzado permanente	Variable	Entradas, salidas		
	Cantidad	Máx. 10		
Estado de bloque	si			
Paso individual	Si			
Puntos de parada	2			
Búfer de diagnóstico	Si			
	Cantidad de registros (no ajustable)			

..1.2.1.1.1.2 Anexo 2.4

Fuente de alimentación PS 307; 5 A; (6ES7307-1EAx0-0AA0)

Datos técnicos de PS 307; 5 A (6ES7307-1EA00-0AA0)

DIMENSIONES, PESO	
Dimensiones A x A x P (mm)	80 x 125 x 120
Peso	Aprox. 740 g

MAGNITUDES DE ENTRADA		
Tensión de entrada	120V / 230 Vca	
Frecuencia de entrada	Valor nominal	50 Hz o 60 Hz
	Margen admisible	de 47 Hz a 63 Hz
Intensidad de entrada, valor nominal	a 120 V	2 A
	a 230 V	1 A
Intensidad al conectar (a 25°C)	45 A	
I^2t (con pico de intensidad al conectar)	1,2 A ² s	

MAGNITUDES DE SALIDA		
Tensión de salida	Valor nominal	24 Vcc
	Margen admisible	24 V ± 5%, soporta funcionamiento en vacío
	Tiempo de subida	Máx. 2,5 s
Intensidad de salida	Valor nominal	5 A no conectable en paralelo
Protección contra cortocircuitos	Electrónica, no precisa rearme de 1,1 a 1,3 x I_N	
Rizado residual	Máx. 150 mV _{pp}	

MAGNITUDES CARACTERISTICAS		
Clase de protección según CEI 536 (DIN VDE 0106, parte 1)	I, con conductor de protección	
Dimensionamiento del aislamiento	Tensión nominal de aislamiento (24 V resp. L1)	250 Vca
	Ensayando con	2.800 Vcc
Separación eléctrica segura	Circuito SELV	
Compensación de	Mín. 120 ms	

cortes de red (para 93 V o 187 V)	Tasa de repetición	Min. 1s
Rendimiento	87 %	
Potencia absorbida	138 W	
Disipación	Típ. 18 W	

DIAGNOSTICO	
Indicador “Tensión de salida” aplicada	Si, LEd verde

Anexo 2.5

Módulo de interfase

Módulo de interfase IM 360; (6ES7360-3AA01-0AA0)

Dimensiones y peso	
Dimensiones A x A x P (en mm)	40 x 125 x 120
Peso	aprox. 250 g
Datos específicos del módulo	
Longitud de cable	
• longitud máx. hacia la IM siguiente	10 m
Consumo	
• del bus posterior	350 mA
Disipación del módulo	típ. 2 W
Señalizaciones de estado y de fallo	sí

..2 Anexo 2.6

Módulo de interfase IM 361; (6ES7361 3CA01-0AA0)

Dimensiones y peso	
Dimensiones A x A x P (en mm)	80 x 125 x 120
Peso	505 g
Datos específicos del módulo	
Longitud de cable	
longitud máx. hacia la IM siguiente	10 m
Consumo	
de 24 V c.c.	0,5 A
Disipación del módulo	típ. 5 W
Corriente suministrada	
al bus posterior	0,8 A
Señalización de estado y de fallo	sí

Anexo 2.7

Datos técnicos del interfaz IM 153-1

DATOS TECNICOS		
Dimensiones y peso	Dimensiones L x a x P (mm)	40 x 125 x 117
	Peso	360 g
Interfaz PROFIBUS- DP	Velocidad de transmisión	Hasta 12 Mbps
	Detección de la velocidad de transmisión	Si
	Interfaz	RS 485
	Compatibilidad FREEZE	Si
	Compatibilidad SYNC	Si
	Direcciones PROFIBUS	Permitida entre 1 y 125
	Cambios en la configuración en modo RUM	no
Tensiones, intensidades, potenciales	Tensión nominal	24 VDC (20.4 a 28.8 VDC)
	Consumo de corriente a 24 V	Máx. 350 mA
	Corriente de pico	2,5 A
	I^2t	0,1 A ² s
	Se recomienda protección	No es necesario

	externa para los cables de alimentación	
	Potencia disipada	3 W (típica)

Anexo 2.8

Módulo de entradas digitales SM 321; DI 16 x DC 24V (6ES7321-1BH02-0AA0)

DIMENSIONES Y PESO		
Dimensiones AxAxP (en mm)	40 x 125 x 117	
Peso	Aprox. 200g	
DATOS ESPECIFICOS DEL MODULO		
Soporta operación sincronizada	no	
Cantidad de entradas	16	
Longitud del cable	Sin pantalla	Máx. 600m
	Con pantalla	Max. 1000m
TENSIONES, INTENSIDADES, POTENCIALES		
Cantidades de entradas accesibles simultáneamente	Montaje horizontal 60°C	16
	Montaje vertical 40°C	16
Separación galvánica	Entre canales y bus posterior	Si
Diferencia de potencial admisible	Entre circuitos diferentes	75 Vcc / 60 Vca
Aislamiento ensayado con	500 Vcc	
Consumo	Del bus posterior	Máx. 10mA
Disipación del Módulo	Tip. 3.5W	
DATOS PARA LA SELECCIÓN DE UN SENSOR		
Tensión de entrada	Valor nominal	24 Vcc
	Para señal "1"	13 a 30 V
	Para señal "0"	-30 a +5 V
Corriente de entrada	Con señal "1"	Tip. 7mA
Retardo de entrada	De "0" a "1"	1,2 a 4,8 ms
	De "1" a "0"	1,2 a 4,8 ms
Característica de entrada	Según CEI 61131, tipo 1	
Conexión de BERO a 2 hilos	posible	
	Intensidad de reposo admisible	Máx. 1,5 aM
ESTADOS, ALARMAS, DIAGNOSTICO		
Señalización de estado	Un LED verde por canal	
Alarmas	Ninguna	
Funciones de diagnóstico	ninguna	

Formación de valores analógicos				
Principio de medición	por integración			
Período de integración/tiempo de conversión/resolución (por canal)				
• parametrizable	si			
• período integr. en ms	2,5	16 ² / ₃	20	100
• tiempo conversión básico incl. período integración en ms	3	17	22	102
tiempo conversión adicional para medición resistencia en ms o bien	1	1	1	1
tiempo conversión adicional para supervisión rotura hilo en ms o bien	10	10	10	10
tiempo conversión adicional para medición resistencia y supervisión rotura hilo en ms	16	16	16	16
• resolución en bits (incl. margen excesivo)	9 bits	12 bits	12 bits	14 bits
• supresión tensiones perturbadoras para frecuencia parásita f1 en Hz	400	60	50	10
• Tiempo ejecución básico del módulo en ms (todos los canales habilitados)	24	136	176	816
Aplanamiento de los valores medidos	ninguna			

k

..2.1.1 Anexo 2.9

Módulo de salidas analógicas SM 332; AO 4x12 BIT; (6ES7332-5HD01-0AB0)

..2.1.2

Dimensiones y peso	
Dimensiones A x A x P (en mm)	40 x 125 x 117
Peso	aprox. 220 g

Datos específicos del módulo	
Soporta operación sincronizada	no
Cantidad de salidas	4
Longitud de cable	
• con pantalla	máx. 200 m

..2.1.3

Tensiones, intensidades, potenciales	
Tensión nominal de carga L +	24 V c.c.
• protección contra inversión de polaridad	sí
Separación galvánica	
• entre canales y bus posterior	sí
• entre canales y tensión de alimentación de la electrónica	sí
• entre los canales	no
• canales y tensión de carga L+	sí
Diferencia de potencial admisible	
• entre S- y M _{ANA} (UCM)	3 V c.c.
• entre M _{ANA} y M _{interna} (UISO)	75 V c.c. / 60 V c.a.
Aislamiento ensayado con	500 V c.c.
Consumo	
• del bus posterior	máx. 60 mA
• de tensión de carga L+ (sin carga)	máx. 240 mA
Disipación del módulo	típ. 3 W

Supresión de perturbaciones, límites de error	
Diafonía entre las salidas	> 40 dB
Límite de error práctico (en todo el margen de temperaturas, referido al margen de salida)	
• Salida de tensión	± 0,5 %
• Salida de intensidad	± 0,6 %
Límite de error básico (límite de error práctico a 25° C, referido al margen de salida)	
• Salida de tensión	± 0,4 %
• Salida de intensidad	± 0,5 %
Error por temperatura (referido al margen de salida)	± 0.002 %/K
Error de linealidad (referido al margen de salida)	± 0,05 %
Exactitud de repetición (en estado estacionario a 25° C, referido al margen de salida)	± 0,05 %
Ondulación de salida; ancho de banda 0 a 50 kHz (referido al margen de salida)	± 0,05 %

Estados, alarmas, diagnóstico	
Alarmas	
• Alarma de diagnóstico	parametrizable
Funciones de diagnóstico	
• indicador fallo colectivo	LED rojo (SF)
• lectura de informaciones de diagnóstico	posible
Intercalación valores sustitutivos	sí, parametrizable

Datos para la selección de un actuador	
Márgenes de salida (valores nominales)	
• Tensión	±10 V 0 a 10 V 1 a 5 V
• Intensidad	±20 mA 0 a 20 mA 4 a 20 mA
Resistencia de carga (en el margen nominal de salida)	
• salidas de tensión	mín. 1 kΩ
– carga capacitiva	máx. 1 μF
• salidas de intensidad	máx. 500 Ω
– para $U_{CM} < 1$ V	máx. 600 W
– carga inductiva	máx. 10 mH
Salida de tensión	
• protección contra cortocircuitos	sí máx. 25 mA
• corriente de cortocircuito	
Salida de intensidad	
• tensión en vacío	máx. 18 V
Límite de destrucción por tensiones/intensidades aplicadas desde el exterior	
• tensión en las salidas respecto a M_{ANA}	máx. 18 V perman.; 75 V durante máx. 1 s (rel. puls./pausa 1:20)
• Intensidad	máx. 50 mA c.c.
Conexión de actuadores	
• para salida de tensión	
– conexión a 4 hilos (cable de medición)	posible
• para salida de intensidad	
– conexión a 2 hilos	posible

..2.1.4 Anexo 2.10

Red de PLCs

