

24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO Y AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA DE
CINCADO Y NIQUELADO DE PARTES METALICAS
PARA CERRADURAS

T E S I S

QUE, PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA ELECTRONICA

P R E S E N T A N :

GUILLERMO CRUZ LEON
ARTURO DOMINGUEZ GOMEZ
JORGE DURAN ROMERO
LUIS IGNACIO ISLAS HERNANDEZ
JUAN CARLOS SALAS MARTINEZ

DIRECTOR: M.I JUAN CARLOS ROA BEIZA

MEXICO, D. F.

JULIO, 2001





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.

CAPITULO 1. CONCEPTOS BASICOS.

1.1 Instrumentación.....	1
1.2 Actuadores.....	15
1.3 Controladores Lógicos Programables. (P.L.C.) El controlador de marca Telemecanique.....	32
1.4 Software para el desarrollo de las rutinas del PLC.....	56
1.5 Software para simulación industrial.....	86
1.6 Sistemas de control.....	106

CAPITULO 2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

2.1 Definición y acotamiento del sistema.....	121
2.2 Requerimientos del sistema.....	126
2.3 Elección de las variables y puntos de control de acuerdo al bosquejo del sistema planteado.....	129
2.4 Definición del proceso a simular ubicando los diferentes puntos de control.....	133
2.5 Elección del tipo de control a utilizar en el proceso.....	147
2.6 Elección de los sistemas de posicionamiento e inmersión.....	155

CAPITULO 3.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROCESO.

3.1 Desarrollo de las rutinas de control y monitoreo del PLC.....	164
3.2 Diseño y construcción del hardware necesario para optimizar el uso del PLC.....	187
3.3 Integración y pruebas del hardware con el PLC.....	194
3.4 Integración del sistema y depuración del mismo a nivel software.....	203
3.5 Ajustes finales.....	212

CONCLUSION GENERAL

BIBLIOGRAFIA

1. CONCEPTOS BASICOS.

1.1 INSTRUMENTACION.

Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, caudal, etc.) en otro. Una transformación común es la que se produce en tensión eléctrica, y la razón por la que se realiza esta conversión es que es más fácil trabajar con la señal convertida.

Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero el sensor sugiere un significado de adquirir conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Transductor, en cambio, sugiere que la señal de entrada y la señal de salida no deben ser homogéneas. Los sensores se pueden clasificar de acuerdo al tipo de variable que recogen:

- o Sensores de presión
- o Sensores de temperatura
- o Sensores táctiles
- o Sensores de contacto
- o Sensores de fuerza
- o Sensores de proximidad y alcance
- o Sensores ópticos
- o Sensores inductivos
- o Sensores ultrasónicos

SENSORES DE PRESION.

Los sensores usados para medir la variable presión pueden clasificarse de diferentes formas. La clasificación de las diferentes técnicas de medición y los sensores considerados de la variable presión se muestran en la tabla 1.1.1

Tipo mecánico	Primarios de medida directa	Barómetros	
		Manómetros	Tubo en U
	Primarios Elásticos		Tubo inclinado
Tipo electromecánico	Resistivo	Resostato	
		Potenciómetro	
	Magnético	Inductancia variable	
		Reluctancia variable	
	Capacitivos		
	Extensométricas		
	Piezoelectricas		

Tabla 1.1.1 Clasificación de los sensores de presión.

ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDIDA DIRECTA.

Miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidos.

ELEMENTOS PRIMARIOS ELASTICOS.

Los elementos primarios elásticos más empleados son: el tubo de Bourdon, el elemento en espiral, el helicoidal, el diafragma y el fuelle.

El tubo de Bourdon es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora.

El elemento en espiral, se forma arrollando el tubo de Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común, y el helicoidal arrollando más de una espira en forma de hélice. Estos elementos proporcionan un desplazamiento grande de extremo libre.

El diafragma consiste en una o varias cápsulas circulares conectadas rigidamente entre sí por soldadura, de forma que al aplicar presión, cada cápsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. El sistema se proyecta de tal modo que, al aplicar presión, el movimiento se aproxima a una relación lineal en un intervalo de medida lo más amplio posible. El fuelle es parecido al diafragma compuesto, pero de una sola pieza flexible axialmente, y puede dilatarse o contraerse con un desplazamiento considerable.

ELEMENTOS ELECTROMECHANICO.

Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico que genera la señal eléctrica correspondiente. Los elementos electromecánicos de presión se clasifican según el principio de funcionamiento en los siguientes tipos:

- Transductores resistivos. Consisten en un elemento elástico que varía la resistencia óhmica de un potenciómetro en función de la presión. Existen varios tipos de potenciómetros según sea el elemento de resistencia. potenciómetros de grafito, de resistencia bobinada, de película metálica, figura 1.1.1
- Transductores magnéticos. Se clasifican en dos grupos según el principio de funcionamiento, figura 1.1.2 :
 - Transductores de inductancia variable. El desplazamiento de un núcleo móvil dentro de una bobina aumenta la inductancia de esta en forma casi proporcional a la porción metálica del núcleo contenida dentro de la bobina. El devanado de la bobina se alimenta con una corriente alterna y la f.e.m. de alimentación, de tal modo que al ir penetrando el núcleo móvil dentro de la bobina la corriente presente en el circuito se va reduciendo por aumentar la f.e.m. de autoinducción.
 - Transductores de reluctancia variable. Consisten en un imán permanente o un electroimán que crea un campo magnético dentro del cual se mueve una

armadura de material magnético. El circuito magnético se alimenta con una fuerza magnetomotriz constante con lo cual al cambiar la posición de la armadura varía la reluctancia y por lo tanto el flujo magnético. Esta variación del flujo da lugar a una corriente inducida en la bobina que es por tanto proporcional al grado de desplazamiento de la armadura móvil.

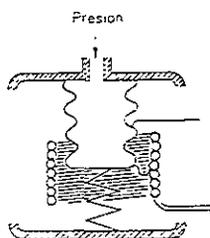


Figura 1.1.1 Transductor resistivo.

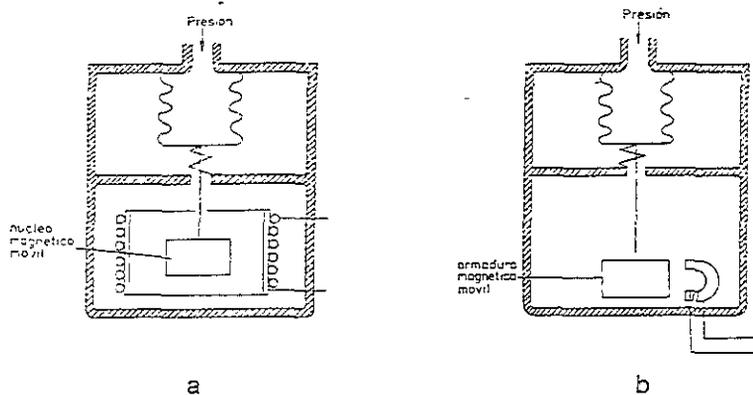


Figura 1.1.2 Transductores de inductancia (a) y reluctancia (b) variable .

- o Transductores capacitivos. Se basan en la variación de capacidad que se producen en un condensador al desplazarse una de sus placas por su aplicación de presión. La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas. De este modo se tienen dos condensadores uno de capacidad fija o de referencia y otro de capacidad variable que puede compararse, figura 1.1.3.

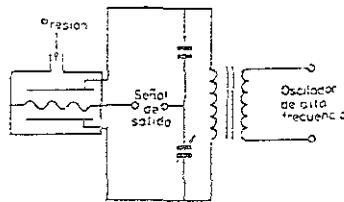


Figura 1.1.3 Transductor capacitivo.

- o Galgas extensométricas. Se basan en la variación de longitud y de diámetro, y por tanto de resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de resistencia se encuentra sometido a una tensión mecánica por la acción de una presión. Existen dos tipos de galgas extensométricas: galgas formadas por varios hilos muy finos que están pegados a una hoja base de cerámica, papel o plástico, y galgas en los que los hilos de resistencia descansan entre una armazón fija y otra móvil. En ambos tipos de galgas, la aplicación de presión estira o comprime los hilos según sea la

disposición que el fabricante haya adoptado, modificando pues la resistencia de los mismos, figura 1.1.4.

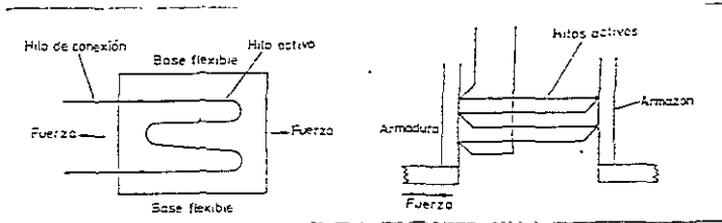


Figura 1.1.4 Galgas extensométricas

- Transductores piezoeléctricos. Los elementos piezoeléctricos son materiales cristalinos que, al deformarse físicamente por la acción de una presión generan una señal eléctrica. Su señal de respuesta a una variación de presión lineal son adecuados para medidas dinámicas, figura 1.1.5.

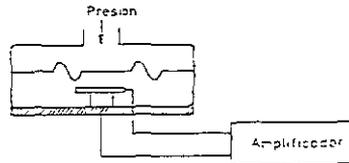


Figura 1.1.5 Transductor piezoeléctrico.

- o Sensor de presión diferencial. Existen sensores de presión diferencial que utilizan el principio de capacitancia variable para detectar los cambios de nivel en líquidos. Las celdas de presión diferencial son diseñadas para detectar el desplazamiento neto del diafragma de sensado por las placas del capacitor sobre ambos lados, y la correspondiente capacitancia diferencial es transmitida por medio de un par de alambres (señal de 4 a 20 mA). La figura 1.1.6 muestra un corte transversal de la celda de presión diferencial con un diafragma de aislamiento, placas del capacitor, diafragma de sensado, y cápsula de llenado de aceite.

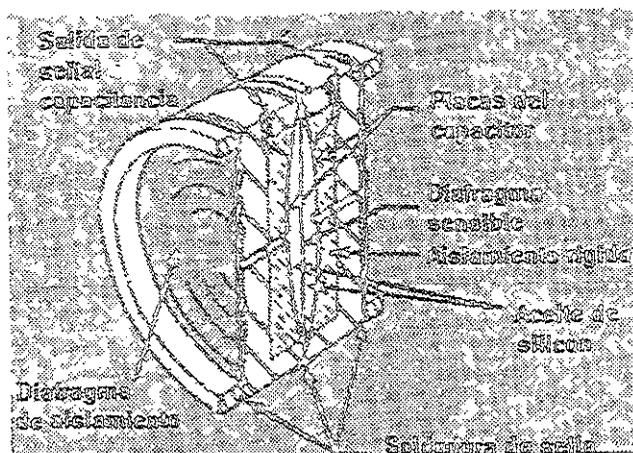


Figura 1.1.6 Celda de presión diferencial.

Con frecuencia, como se muestra en la figura 1.1.6 la presión del proceso, se aplica a las conexiones de proceso de alta y baja presión. Las unidades de este tipo detectan la posición de un diafragma sensible al medir la capacitancia variable. El diafragma sensible actúa en forma semejante a un resorte y se flexiona en respuesta a la presión

diferencial que actúa a través de él. Esta deflexión la cual es de solamente 0.102mm (0.0004 pulgadas) en cualquier dirección para todo el rango de transmisor, se detecta por un capacitor de placas fijas a los lados del diafragma. Para la unidad mostrada, al aumentar la presión en el lado de alta presión del diafragma obliga al líquido de llenado a fluir al interior de la cámara, forzando al diafragma hacia la derecha.

La capacitancia entre la placa del capacitor del lado de alta presión y el diafragma aumenta y la capacitancia entre el diafragma y la placa del lado de baja disminuye. Este cambio se detecta por un circuito amplificador electrónico el cual produce corriente directa de 4 a 20 mA proporcional a la presión diferencial. Debido a que esta unidad no tiene retroalimentación electromecánica, se le clasifica como un sensor de presión diferencial de balance de movimiento.

En general las celdas de presión diferencial tienen las siguientes aplicaciones: se recomiendan para recipientes abiertos, cerrados, presurizados. Útiles en medición de líquidos muy viscosos, corrosivos, sucios, viscosos con sólidos en suspensión, no se recomiendan para materiales que presentan cambios de densidad y temperatura.

Las características de las celdas de presión diferencial con extensión capilar son las siguientes: se puede aplicar a materiales que se congelen o solidifiquen, pueden trabajar con cambios en temperatura ambiental. El rango de temperatura de operación es de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $204\text{ }^{\circ}\text{C}$. El rango de presión de operación es de 0 a 176 kg/cm (2500 psi).

SENSORES DE TEMPERATURA.

Uno de los parámetros más influyentes en los procesos y dispositivos industriales ha sido siempre, la temperatura. En efecto, esta no sólo les afecta directamente, sino que incide también sobre el propio sistema de control, que de ser electrónico exige unos márgenes de temperatura estrictos para su correcto funcionamiento. Teniendo en cuenta que muchos cuerpos varían su resistencia con la temperatura, hace bastante tiempo que se vienen empleando captores térmicos fundamentados en esta propiedad.

Un sensor de temperatura básico funciona por la medición de la resistencia de un hilo largo de níquel, platino o cobre, arrollado en forma de bobina. Con el mismo fin suelen emplear delgadas láminas de platino. Otros dispositivos que varían su resistencia con la temperatura son los denominados "NTC" y "PTC". La resistencia NTC (Coeficiente Negativo de Temperatura) presentan una resistencia elevadísima a baja temperatura, que va disminuyendo a medida que ésta última se incrementa. El comportamiento de una PTC (Coeficiente Positivo de Temperatura) es opuesto al de una NTC, figura 1.1.7.

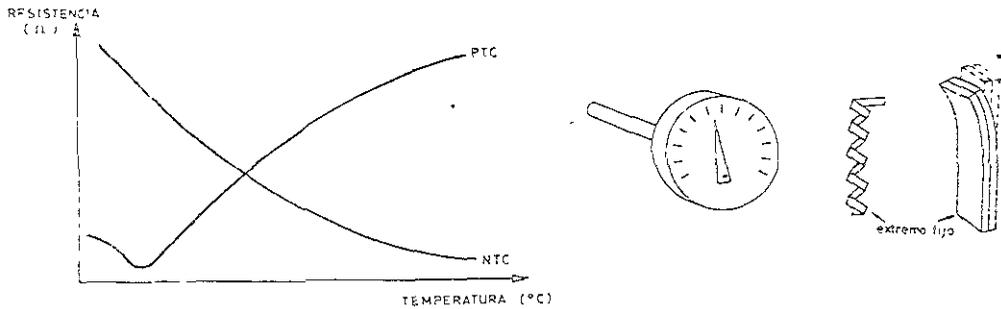


Figura 1.1.7 Variación de la resistencia con la temperatura en un NTC y en un PTC

Por ejemplo, el sensor LM335 está diseñado para suministrar una señal en voltios proporcional a su temperatura en Kelvin. La resolución de la señal entregada es de 10 mV/Kelvin, lo que quiere decir que a una temperatura ambiente de 25 °C,

equivalentes a 298 Kelvin, entregará 2.98 voltios. La máxima temperatura que puede sentir es de aproximadamente 373 Kelvin (100 °C). Una de las principales ventajas de este sensor es que trabaja normalmente con valores negativos en °C (hasta -40 °C), es decir por el orden de 233 Kelvin. El sensor LM35 trabaja *directamente con* grados Centígrados. Su rango de trabajo nominal está entre 0 y 150 °C. Su esquema es muy sencillo ya que solo tiene sus dos terminales de alimentación y la terminal central con la cual devuelve la señal de temperatura. Su resolución es de 10 mV/°C, es decir 0V=0°C, 10mV= 1 °C, 1V= 100 °C y así sucesivamente.

SENSORES TÁCTILES.

Los sensores táctiles son dispositivos que indican el contacto entre ellos mismos y algún otro objeto sólido. Los sensores táctiles se pueden dividir en dos clases: sensores de contacto y sensores de fuerza. Los sensores de contacto proporcionan una señal de salida binaria que indica si se ha establecido o no contacto con la pieza. Los sensores de fuerza indican no sólo si el contacto ha sido establecido con la pieza, sino que también determinan la magnitud de la fuerza de contacto entre los dos objetos.

- Sensores de contacto. Los sensores de contacto se utilizan para indicar que se ha producido el contacto entre los objetos, sin considerar la magnitud de la fuerza de contacto. En esta categoría se incluyen dispositivos sencillos, tales como interruptores de límite, microinterruptores y dispositivos similares, figura 1.1.8.
- Sensores de fuerza. La capacidad para medir fuerzas permite varias tareas. La manipulación de materiales, cargado de maquinaria y trabajos de ensamblaje aplicando el nivel apropiado de fuerza para la pieza dada.

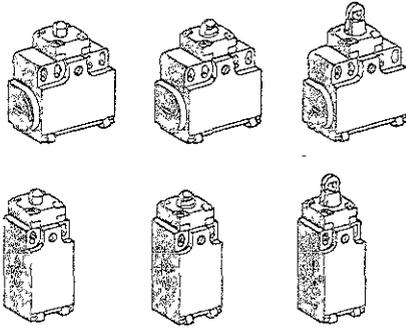


Figura 1 1 8 Sensores de contacto.

SENSORES DE PROXIMIDAD Y ALCANCE.

Los sensores de proximidad son dispositivos que indican cuando un objeto está próximo a otro. Cuán próximo debe estar el objeto para poder activar el sensor dependerá del dispositivo particular. Las distancias pueden ser cualquiera entre varios milímetros. Algunos de estos sensores pueden utilizarse también para medir la distancia entre el objeto y el sensor, estos dispositivos se denominan sensores de alcance. Una diversidad de tecnologías están disponibles para diseñar sensores de proximidad y de alcance. Estas tecnologías incluyen dispositivos ópticos, elementos acústicos y técnicas de campo eléctrico.

El sensor de proximidad es uno de los componentes más importantes en automatismo. Transmiten al sistema la información relacionada con las condiciones de funcionamiento de una máquina. Sus principales funciones son: detectar presencia, paso, despliegue, fin de carrera. Existen diferentes tipos de detectores, dependiendo de la función a cumplir, figura 1.1.9.

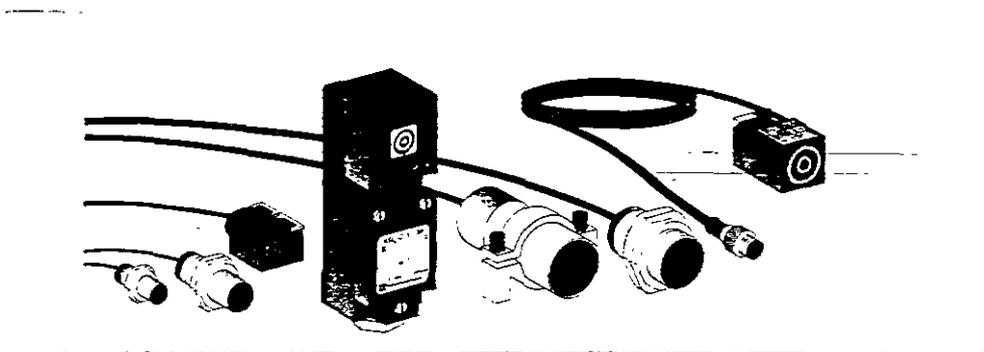


Figura 1.1.9 Sensores de proximidad

- Sistema inductivo. Es utilizado para la detección de objetos metálicos. Su funcionamiento se basa en un detector inductivo que está formado por un oscilador cuyo bobinado constituye la cara sensible. Frente a ésta se crea un campo magnético alterno. Cuando se coloca una pantalla metálica en ese campo, las corrientes inducidas generan una carga adicional que provoca la parada de las oscilaciones.

- Sistema capacitivo Es utilizado para la detección de objetos aislantes, líquidos o polvorientos. Su funcionamiento se basa en un detector capacitivo que está formado por un oscilador cuyos condensadores constituyen la cara sensible. Cuando un material conductor o aislante de permisividad >1 se coloca en este campo, modificando la capacidad de conexión y provoca las oscilaciones.
- Sensor de efecto Hall. El sensor de efecto Hall posee una salida digital mediante la cual, puede indicar
 - velocidad
 - distancia
 - r.p.m

de algún aparato giratorio. Este dispositivo posee un convertidor A/D interno de 10 bits y una lógica de control que permite realizar todas las funciones en un solo chip de 3 pines. Su salida en colector abierto, está protegida contra cortocircuitos. El rango de temperatura en el que puede operar este elemento va hasta los 155 ° C.

SENSORES DE PROXIMIDAD OPTICOS

Los sensores de proximidad ópticos pueden diseñarse utilizando fuentes de luz visibles o invisibles (infrarrojos). Los sensores de infrarrojos pueden ser activos o pasivos. Los sensores activos envían un haz de rayos infrarrojos y responden a la reflexión del haz contra un blanco. El sensor de reflectancia de infrarrojos, que utiliza una fuente de luz incandescente, es un dispositivo común que está disponible en el mercado. El sensor de infrarrojos activo puede emplearse para indicar no solamente si está presente o no una pieza, sino también para señalar la posición de la misma. Los sensores de infrarrojos pasivos son simplemente dispositivos que detectan la presencia de la radiación infrarroja en el entorno.

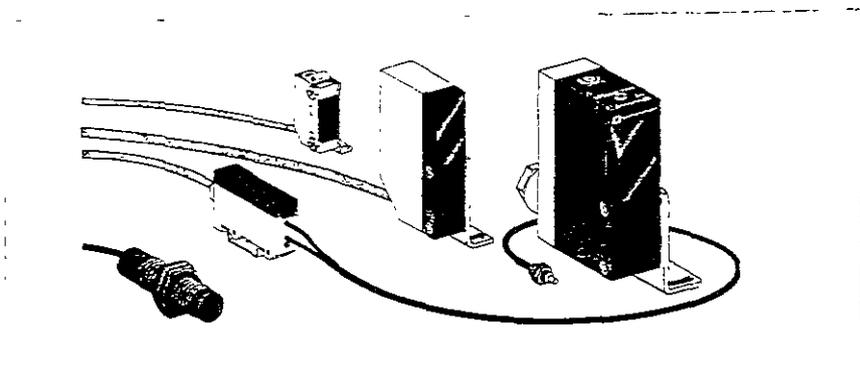


Figura 1.1.10 Sensores fotoeléctricos.

SENSORES ULTRASONICOS.

Las especiales características de propagación de ondas ultrasonoras, de más de 15000 Hz, unidas a la existencia en el mercado de conjuntos emisores-receptores de bajo precio, con un funcionamiento fácil y seguro, ha determinado que se empleen para la detección de objetos y el cálculo de distancias. La velocidad con que las ondas ultrasónicas atraviesan a los materiales depende de su elasticidad y de su densidad. Si el medio de propagación es un gas, como el aire, influye, también la temperatura.

Cuando las ondas ultrasonoras que circulan por un medio chocan con otro diferente, una parte de ellas se refleja hacia su origen. Teniendo en cuenta la velocidad de propagación y el tiempo que transcurre hasta el regreso de las ondas al emisor, se puede calcular fácilmente, la distancia entre el foco de ultrasonidos y el objeto reflector, así como el espesor de los materiales.

1.2 ACTUADORES.

Se consideran elementos finales de control o elementos actuadores, aquellos dispositivos electrónicos o mecánicos que realizan una acción correctiva normalmente, como resultado de la decisión que tomó el controlador. Los elementos finales de control más utilizados en el ambiente industrial, y para éste desarrollo son:

- Motores eléctricos
- Servomotores
- Variadores de frecuencia

MOTORES ELECTRICOS

En la industria del Cincado y Niquelado de piezas metálicas, se emplea maquinaria a la cual se le adaptan motores eléctricos para permitir el desplazamiento de los componentes a darles el tratamiento.

En éste tipo de máquinas se contemplan tres partes distintas que es necesario mencionar:

- Primero, la máquina propiamente dicha, que está proyectada a realizar una determinada tarea o un tipo de trabajo.
- Segundo, el motor, que es seleccionado de acuerdo con los requisitos de la máquina en cuanto a carga, ciclo de servicio y tipo de funcionamiento.
- Tercero, el sistema de control eléctrico

El sistema de control está dirigido a los requisitos de funcionamiento del motor y de la máquina. Si únicamente es necesario que la máquina arranque, funcione durante algún tiempo y se pare, el control necesario puede quedar reducido a un simple interruptor de palanca. Pero si es necesario que la máquina arranque, realice varias funciones

automáticas, se para durante algunos segundos, y luego repita el ciclo, requerirá varias unidades integradas de control.

Control de un motor, se refiere al gobierno, mando o regulación de las funciones de dicho motor. Los controles realizan varias funciones, como las de arranque, aceleración, regulación de velocidad, regulación de potencia, protección, inversión y paro.

Un controlador eléctrico es un dispositivo o grupo de dispositivos que controla o regula las funciones de un motor o una máquina de manera predeterminada o en un orden o sucesión o secuencia, así mismo, predeterminada.

Un control automático está formado, fundamentalmente por un arrancador electromagnético o contactor, cuyas funciones están controladas por uno o más dispositivos piloto automáticos. La orden inicial de marcha puede ser automática, pero generalmente es una operación manual que se realiza desde la interfaz con el PLC-hombre.

En algunos casos, puede haber una combinación de dispositivos manuales y automáticos en un circuito de control. Si el circuito contiene uno o más dispositivos automáticos, debe ser clasificado como control automático, por ejemplo: si consideramos el depósito que debe mantenerse lleno de agua entre límites definidos y una bomba para reponer el agua cuando sea necesario. Si equipamos al motor de la bomba con un arrancador manual y utilizamos a un operario para que lo accione cuando sea necesario, tendremos un control manual.

Supongamos que ahora sustituimos el arrancador manual por un arrancador electromagnético y disponemos de un dispositivo de comunicación hombre-máquina a disposición del operador, si mediante una alarma avisa cuando el agua ocupa bajo o alto nivel, podrá accionar el motor desde su lugar de trabajo. Esto sería un control semi-automatizado.

Supongamos ahora que instalamos un interruptor de flotador que cierra el circuito cuando llega el agua a bajo nivel previamente determinado y lo abre cuando alcanza el nivel alto también predeterminado. Cuando el agua llega al límite inferior, el interruptor del flotador cerrará el circuito y pondrá en marcha el motor. Este funcionará hasta que el agua alcance el nivel superior, y en este instante el interruptor del flotador abrirá el circuito y parará al motor. Esto sería un control automático.

PUESTA EN MARCHA DE MOTORES ELÉCTRICOS

En la selección del equipo para puesta en marcha de un motor deben tenerse en cuenta varios factores generales. Los más obvios de ellos son la corriente, la tensión y la frecuencia nominales del motor y de los circuitos de control. Los motores necesitan protección de acuerdo al tipo de servicio, tipo de motor y funciones de control que requieren.

El que se emplee un control de arranque a tensión nominal o uno a tensión reducida, puede depender de la capacidad de corriente de la instalación de la planta y de las líneas de la compañía distribuidora de energía, así como de las tarifas. Otros factores tales como mandos de servicio intermitente, control de velocidad o el tipo de motor utilizado, también afectará la selección.

Arranque a tensión nominal: el requisito de este tipo de arranque es simplemente la conexión directa del motor a la línea de alimentación. Esto se puede conseguir sencillamente utilizando un interruptor de cuchillas, pero este método sólo permite la protección del motor mediante fusibles.

Con motores de hasta 7 ½ caballos de fuerza y tensión no mayor de 600 Volts, se puede emplear el arrancador manual de conexión del motor directamente a la línea.

La mayoría de estos arrancadores, también reúnen las condiciones de protección contra la sobrecarga y subtensiones.

Motor asíncrono con rotor de jaula

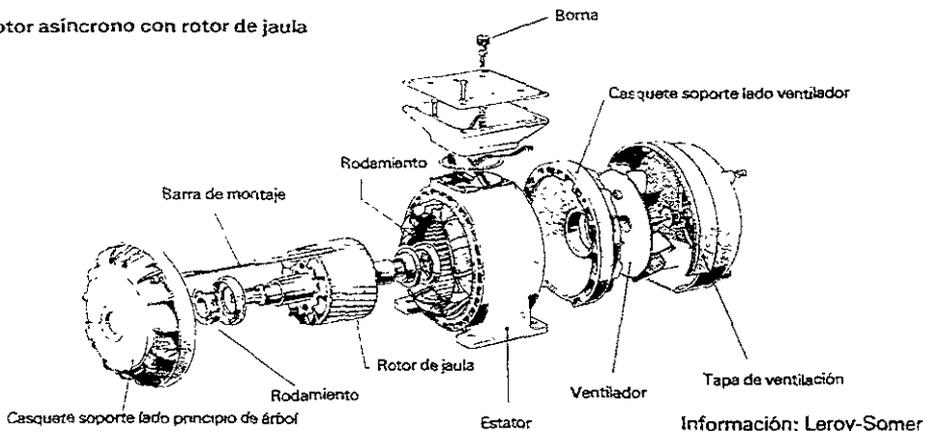


Figura 1.2.1 Motor eléctrico

Este arrancador, combinado con dispositivos piloto, puede proporcionar una absoluta protección del motor y un funcionamiento completamente automático.

La mayoría de los motores se construyen actualmente de modo que soporten la *sobreintensidad* que se produce cuando se emplea arranque a tensión nominal. Cuando un motor arranca a plena tensión, puede originar una caída de tensión que sea suficiente para impedir el funcionamiento perfecto del equipo de control.

Arranque a tensión reducida: Es el arrancador que más se emplea para motores de hasta 600 caballos de fuerza y 600 Volts o menos.

Siempre que el arranque de un motor a tensión nominal pueda causar serios descensos de la tensión en las líneas de la compañía distribuidora o en los cables de la instalación, es casi imperativo el arranque a tensión reducida.

Existen también otras razones para el uso de este tipo de control, debiéndose tener en cuenta todas ellas al seleccionar el tipo de arranque del motor. Cuando se pone en

Si se pone en marcha un motor mediante conexión directa a la red, se produce un esfuerzo excesivo o choque en las distintas piezas, tales como piñones, aletas del ventilador, poleas y acoplamientos. Cuando la carga es pesada y por lo tanto requiere de un gran esfuerzo para su aceleración, puede ser necesario el arranque a tensión reducida. Las transmisiones de banda con cargas pesadas son propensas a deslizamiento excesivo a no ser que se aplique el par lenta y uniformemente hasta alcanzar la plena velocidad.

El arranque a tensión reducida se obtiene mediante el uso de resistencias, autotransformadores o reactancias a fin de reducir la tensión de la línea hasta el valor deseado durante el arranque. En sistemas automatizados, se utiliza un SMC (Smart Motor Controller), éste es un arrancador automático, que al momento de alcanzar la velocidad nominal, se desconecta, dejando únicamente el valor deseado de operación. Independientemente de los medios que se emplean para reducir la tensión, deben estar proyectados adecuadamente al motor en particular que ha de ser puesto en marcha.

Siempre hay que tener en mente, para arranque a tensión reducida, que el par de arranque del motor se reduce también. Si un motor no es capaz de producir el par de arranque suficiente para iniciar el giro del motor en el arranque directo o a tensión nominal, la aplicación del arranque a tensión reducida agravará la situación a causa de que el par de arranque se reduce. El par de arranque de un motor de inducción es función del cuadrado de la intensidad del rotor, o aproximadamente del cuadrado de la intensidad de la línea. Si la tensión de arranque se reduce en un 50%, la intensidad del arranque del motor se reducirá también al 50% de la normal, pero el par se reducirá al 25% de su valor normal. Algunos de los métodos de obtención del arranque a tensión reducida, pueden producir una aceleración nula o muy pequeña en las condiciones de arranque. Esto requiere que la velocidad nominal se alcance después de aplicada la tensión nominal. La intensidad de arranque en las condiciones de tensión reducida será inferior a la correspondiente de arranque a tensión nominal. En el momento, una vez iniciado el proceso de arranque, en que se implique la tensión nominal, la intensidad vuelve a adquirir el mismo valor, aproximadamente, que tenía en el momento de arranque a tensión reducida al iniciar el proceso. A este tipo de arranque, se le

denomina generalmente arranque escalonado, y suele ser utilizado para regular el régimen de variación de la intensidad absorbida por el motor durante el periodo de arranque.

PROTECCIÓN DE MOTORES

Protección contra sobrecarga: La sobrecarga de un motor puede ser de origen mecánico o eléctrico; por consiguiente, la protección contra la sobrecarga debe satisfacer ambas. La corriente que absorbe de la línea un motor es proporcional a la carga aplicada al motor, así pues, si esta corriente se emplea para activar el dispositivo de protección contra la sobrecarga, la máquina y el motor están protegidos. La protección contra las sobrecargas generalmente se obtienen en los controladores conectando elementos térmicos bimetálicos en serie con dos conductores del motor, por lo menos en los motores trifásicos. Estos elementos al calentarse, debido a la intensidad, actúan sobre contactos que abren el circuito de la bobina excitadora de un contactor electromagnético. Cuando se utilizan en arrancadores o controladores manuales, los elementos térmicos disparan un dispositivo mecánico que abre los contactos del interruptor de la línea.

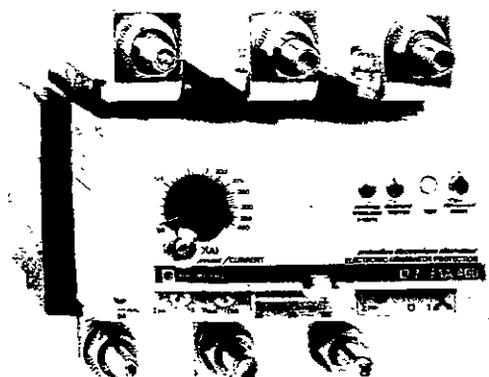


Figura 1.2.2 Protección térmica de motores

Cuando falle una fase de un circuito del motor, éste trabajará como monofásico, lo que será causa de una intensidad excesiva en los otros embobinados y conductores del motor. En la mayoría de los casos, la sobreintensidad hará que se disparen las unidades de sobrecarga, desconectando así al motor de la línea e impidiendo que se quemen sus devanados.

Protección contra cortocircuitos: Algunos motores, como los de jaula de ardilla, pueden absorber hasta 600 % de la intensidad nominal en condiciones severas de arranque. Cualquier carga que exceda de este límite se considera como corriente de corto circuito. Como los protectores térmicos antes mencionados necesitan un cierto tiempo para entrar en acción, no pueden proporcionar protección contra los cortocircuitos. La línea que alimenta a un motor, debe de estar provista de *fusibles* o un dispositivo automático que interrumpa rápidamente la corriente en el caso de cortocircuito en el motor. Los fusibles deben abrir el circuito mucho más rápido que los protectores térmicos en condiciones de corto circuito. Obviamente, la mejor protección se obtiene con un dispositivo doble que comprenda el fusible para el caso de corto circuito y un elemento interruptor que actúe en caso de sobreintensidad.

Protección por enclavamiento: El enclavamiento evita que un motor pueda ser puesto en marcha antes que otro, si en ello hay inconveniente. El acondicionamiento del aire presenta un ejemplo típico. Si el compresor funcionase sin estar en servicio la bomba de la torre de enfriamiento, la presión aumentará peligrosamente en el compresor, y el protector manométrico de presión límite pararía la máquina, o de lo contrario, el compresor resultaría dañado. Para evitar que esto ocurra, el circuito del motor del compresor debe estar relacionado con el de la bomba para que no pueda arrancar hasta que ésta esté funcionando. El enclavamiento puede ser eléctrico, mecánico o combinación de ambos. Cabe señalar que el enclavamiento se utiliza en todas las fases de las conexiones del control cuando interviene en el arranque de un motor o en el cierre de válvulas en una instalación de control de proceso. El uso del control de enclavamiento asegura la sucesión o secuencia correcta de las operaciones en todo sistema de control.

Actualmente, en los procesos automatizados como los motores son controlados bajo una secuencia de arranque por medio del PLC, la programación debe de contemplar y estar prevista para evitar accidentes o fallas en los sistemas o el motor.

Protección contra falla en una fase: Cuando en un motor trifásico se interrumpe la corriente en una fase, se dice que está operando como monofásico. Ordinariamente, las unidades de protección contra sobrecarga, dispararán el arrancador y desconectarán de la línea al motor. Sin embargo, puede suceder que la intensidad debida a la carga que en ese momento tenga que soportar el motor no sea la suficiente para actuar las protecciones de sobrecarga. Esto ocurre generalmente con el 65 % de carga en la mayoría de los motores de jaula. En motores de gran potencia, se dispone de un protector de tensión para cada fase, y sus contactos se conectan en serie con la bobina de retención del contactor del arrancador. El fallo de una fase hará que se desconecte el arrancador inmediatamente.



Figura 1.2.3 Protecciones eléctricas de motores (Fusibles).

COMPONENTES DE CONTROL DEL SISTEMA ELECTRICO

Una vez determinadas las funciones de control que son necesarias para una máquina o industria, deben ser seleccionados los componentes o dispositivos que realicen estas funciones. En el caso del diseño de sistema de cincado y niquelado de partes metálicas para cerraduras, se aconseja consultar los catálogos de los fabricantes de piezas o componentes de control para familiarizarse con los equipos de diversos fabricantes, así como con el funcionamiento, para estar mejor preparados en su selección

- Seccionadores e Interruptores: Uno de los componentes más utilizados en la conexión o desconexión de motores es el interruptor. Los dispositivos de conexión y desconexión que generalmente se emplean en el control y maniobra de motores se clasifican en dos tipos generales. El primero de ellos es el seccionador cuyas características son solamente la intensidad y la tensión, es decir, no son aptos para la ruptura ni el cierre, por lo que no deben ser utilizados en las conexiones y desconexiones bajo carga. Generalmente no van provistos de fusibles. El segundo tipo es el llamado propiamente interruptor, siendo capaz de interrumpir la corriente del motor bajo sobrecargas normales, siendo una de sus características nominales la intensidad o potencia que puede interrumpir o desconectar.

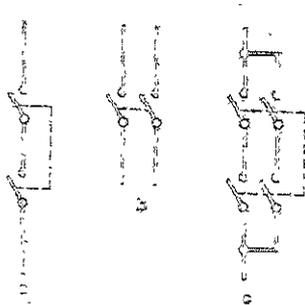


Figura 1.2.4 Interruptores

Los disyuntores o interruptores automáticos presentan las mismas propiedades de desconexión que los interruptores con fusibles. Estos interruptores poseen un mecanismo de retención de desenganche mediante dispositivo térmico, de modo que permite conectarse nuevamente una vez pasada la sobrecarga formando una sola unidad que ofrece al mismo tiempo función de conexión, desconexión y protección contra cortocircuito, lo que hace que esta unidad sea más compacta que el conjunto de interruptor y fusibles separados.

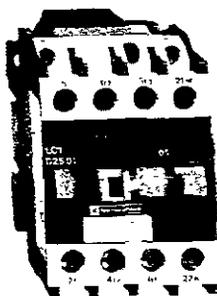


Figura 1.2.5 Contactores

- Contactores: El contactor, generalmente, no es el único elemento empleado en los circuitos de control de motores, pero sí la unidad básica. Los contactores se utilizan para realizar funciones de arranque y paro. Quizá la mejor manera de describir un contactor sea decir que es un interruptor de accionamiento electromagnético. Se compone de un juego de contactos fijos y un juego de contactos móviles que se cierran por el efecto de tracción de un electroimán. La mayoría de los contactores utilizan un electroimán de contactos que corresponden a uno de los dos tipos generales. El primero de ellos es el tipo armadura. Los contactos son retenidos por efecto de las piezas polares del electroimán y articulados con charnelas para que puedan desplazarse más o menos horizontalmente hasta tocar los contactos fijos. El segundo tipo de solenoide, tiene contactos que son accionados por el extremo superior del núcleo magnético de un solenoide. Cuando es excitado el solenoide, el núcleo magnético es atraído hacia su interior elevando así verticalmente los

contactos fijos sujetos al soporte del solenoide. Independientemente del tipo de contactor que se utilice, los contactos se separan, interrumpiendo el circuito por la acción de la gravedad cuando se desexcita el electroimán. Todo lo que es necesario eléctricamente para que funcione el contactor, es aplicar a la bobina del electroimán una tensión del valor correcto. Cuando es aplicada la tensión, los contactos se cierran, y cuando deja de ser aplicada, se abren.

o **Relés:** Los circuitos de control automático contienen generalmente uno o más relés, principalmente a causa de que el relé confiere flexibilidad a los circuitos de control. El relé es también llamado relevador de control. Nosotros podemos activar o excitar una bobina de un relé a 12 o 24 volts, y controlando un circuito a 220 o 440 volts por medio de sus contactos.

Las bobinas del relé solo necesitan una corriente muy pequeña para su funcionamiento y se utilizan para controlar circuitos de corrientes intensas.

El relé es un dispositivo de una sola entrada que sólo requiere una sola tensión o corriente para activar su bobina. Sin embargo, utilizamos varios contactos, el relé se puede convertir en un dispositivo de varias salidas, por lo que también puede considerarse como amplificador del número de operaciones, siendo controladas por una sola entrada.

Los relés se emplean generalmente para aceptar información de un dispositivo sensible o detector y la convierten en el nivel apropiado de potencia, número de diversos circuitos u otro factor de amplificación para conseguir el resultado que se desea en el circuito de control. Estos dispositivos detectores utilizados conjuntamente con relés, reciben el nombre de dispositivos piloto y están proyectados para que sean sensibles o detecten magnitudes físicas, tales como la corriente, la tensión, las sobrecargas, la frecuencia y muchas otras. Incluyendo la temperatura. El tipo apropiado de relé a utilizar en un circuito dado estará determinado por el tipo de dispositivo detector que le transmite la información.

Por ejemplo, un dispositivo sensible a la corriente debe activar un relé de corriente, y se activará cuando la intensidad de corriente que pasa

por su bobina alcanza un valor suficientemente elevado para producir el flujo magnético necesario para accionar el dispositivo de los contactos.

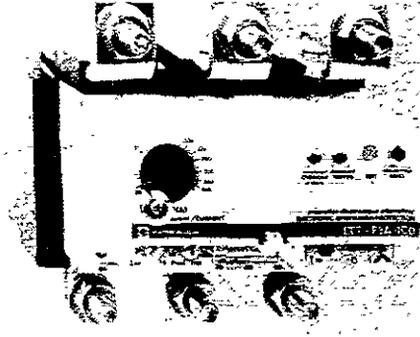


Figura 1.2.6 Relés de protección electrónica.

- Arrancadores de motor: El arrancador consiste, en su forma más simple, en un dispositivo que conecte o desconecte el motor de la red y que además realice funciones de protección contra sobrecargas del motor. A esta unidad básica se le añaden otros dispositivos para obtener el grado deseado de control y de protección.

Existe diferencia entre los conceptos de arrancador y controlador o aparato de regulación y mando de un motor. Aunque es difícil establecer una línea divisoria entre ellos, generalmente se acepta que el arrancador tiene como misión conectar el motor a la línea, proporcionando además la necesaria protección, mientras que un controlador, además de realizar las funciones de arranque, va provisto de dispositivos de protección, necesarios para constituir un sistema completo de control, regulación y protección.

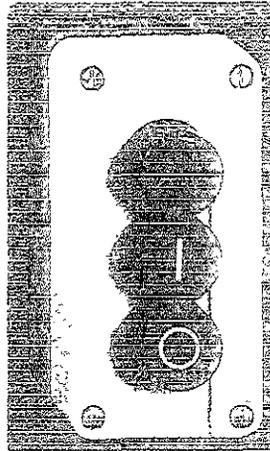


Figura 1 2.7 Botonera de un arrancador eléctrico

Los arrancadores se construyen de acuerdo a las normas y especificaciones de NEMA (National Electric Manufacturers Association). Estas normas incluyen especificaciones tales como calibres o tamaños. Lo que facilita la selección del equipo para que cumpla las condiciones necesarias de capacidad para un caso dado. También están incluidos entre las normas NEMA los tipos de cubiertas o cajas de arrancadores para satisfacer los requisitos reglamentarios en cuanto a condiciones atmosféricas existentes en los lugares de instalación.

SERVOMOTORES.

Los servomotores son dispositivos normalmente neumáticos, eléctricos, hidráulicos y digitales, si bien se emplean generalmente los dos primeros por ser más simples, de actuación rápida y tener una gran capacidad de esfuerzo. Puede afirmarse que el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente.

Los servomotores hidráulicos consisten en una bomba de accionamiento eléctrico que suministra fluido hidráulico a una servoválvula. La señal del instrumento de control actúa sobre la servoválvula que dirige el fluido hidráulico a los dos lados del pistón.

actuador hasta conseguir, mediante una retroalimentación, la posición exacta de la válvula. Se caracterizan por ser extremadamente rápidos, potentes y suaves, si bien su costo es elevado, por lo que sólo se emplean cuando los servomotores neumáticos no pueden cumplir con las especificaciones del servicio.

Las válvulas digitales disponen de compuertas neumáticas accionadas por electroválvulas que, a su vez, son excitadas por la señal de salida binaria de un microprocesador, en éste caso particular por el PLC. Su respuesta es muy rápida (una compuerta 500 ms), y el grado de abertura depende de la combinación de las compuertas (8 compuertas darán 1,2,4, . . . ,128 relaciones de capacidad). Aunque estas válvulas están limitadas a fluidos limpios y no corrosivos, presentan interés para el mando digital directo, si bien su velocidad de apertura instantánea no representa una ventaja esencial frente a las válvulas neumáticas industriales (5 a 20 segundos según el tamaño), y su costo es elevado

En sí, el Servomotor de una válvula debe proporcionar la fuerza necesaria no solo para situar al vástago en una posición señalada por una señal neumática, sino que también debe ser capaz de llevar a la válvula a la posición de seguridad en caso de avería. Los posicionadores neumáticos o electroneumáticos, que accionan al servomotor, tienen otra utilidad, que es la partición de la señal de control, lo que facilita el accionamiento de la válvula de control para una señal distinta de la estándar.

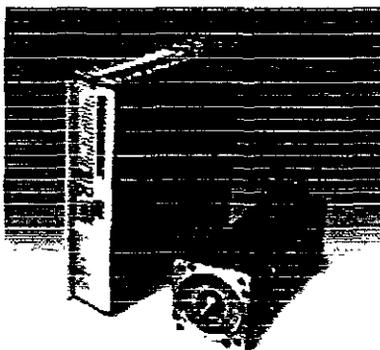


Figura 1.2.8 Servomotor

VARIADORES DE FRECUENCIA

Los variadores de frecuencia son dispositivos electrónicos diseñados para controlar y operar motores de inducción trifásicos de corriente alterna, con una potencia determinada, donde se requieran velocidades distintas de operación de dichos motores, según los requerimientos del proceso

Los variadores de frecuencia se adquieren dependiendo de acuerdo a la potencia del motor que se vaya a controlar. El principio de operación consiste en controlar la velocidad del motor mediante variación de frecuencia del voltaje de alimentación. Su costo es alto, mayor a la de un arrancador de motores a tensión reducida, pero nos ofrece la gran ventaja de poder controlar la velocidad. Hoy en día, debido a los desarrollos en cuanto a circuitos de estado sólido, microprocesadores, electrónica de potencia, etc, los variadores de frecuencia poseen varias características adicionales a solo variar la velocidad de un motor. También hace las veces de un Smart Motor Controller -Controlador Inteligente de Motores- (SMC) o arrancador a tensión reducida, según se solicite la aplicación.

Los variadores de frecuencia, contienen un Human Interface Module (HIM); esto es lo que conocemos como la interfaz entre el operador y el variador. Aquí podemos controlar las funciones por medio de un conjunto de parámetros propios del variador, como son la selección de la pantalla, el proceso, el programa (lista de parámetros disponibles para programación), los parámetros de restablecimiento de la memoria, el estado de control, accesos, etc.

La instalación del variador de frecuencia es relativamente sencilla, ya que éste es tan solo un dispositivo que comunica al motor con la fuente de poder de CA, en la figura 1.2.11 se presenta un diagrama de instalación.

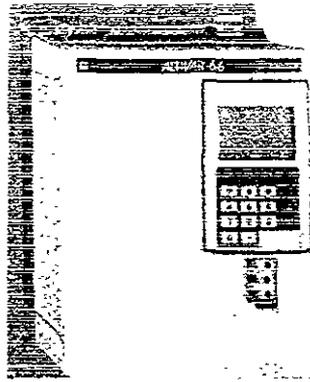


Figura 1.2.9 Variador de Frecuencia

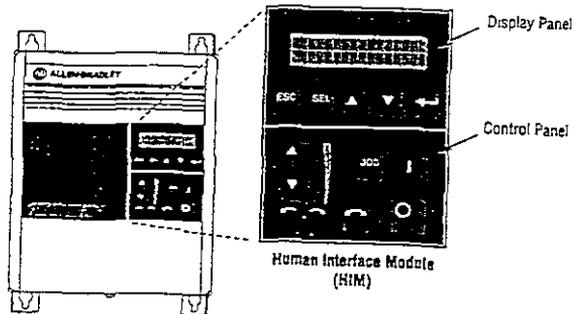


Figura 1.2.10 Muestra el HIM y su localización en el Variador de frecuencia.

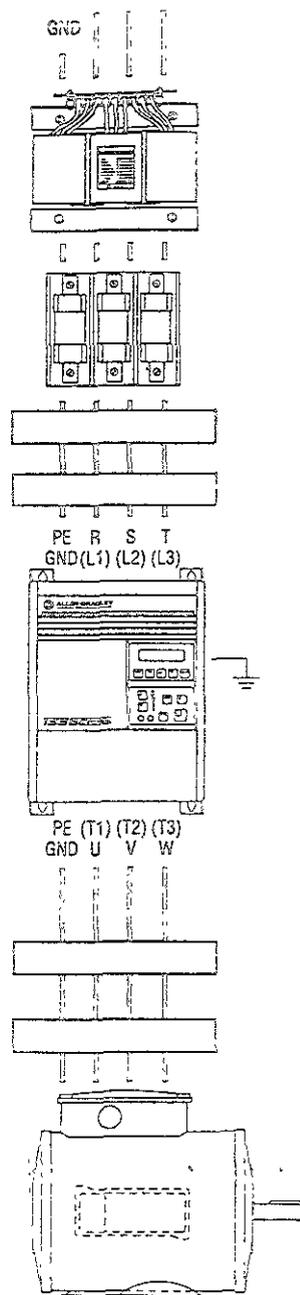


Figura 1.2.11 Diagrama general de instalación del variador de frecuencia

1.3 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC) DE TELEMECANIQUE.

En un mundo industrial en plena evolución en que la competitividad es el objetivo esencial, la automatización es una necesidad. El campo de aplicación de los Controladores Lógicos Programables (PLC, Programmable Logic Controller) se extiende cada vez más. Reservado inicialmente para los equipos que requieren un volumen de tratamiento importante, el PLC tiende hoy en día a sustituir a los equipos cableados, constituidos por relés, módulos neumáticos, etc. Se convierte en omnipresente tanto en nuestra vida profesional (automatización de los procesos industriales: fabricación, mantenimiento, control) como en nuestra vida cotidiana (mando de puertas de cocheras, regulación de calefacción, etc.) Un PLC es un dispositivo que sustituye las operaciones manuales para garantizar el funcionamiento de una máquina o de una instalación; controla los accionadores y recibe las señales de los captadores. El control se puede realizar:

- Ya sea con equipos cableados, donde la organización de los elementos entre sí rigiere el funcionamiento.
- Con equipos programados, donde el funcionamiento resulta de la programación del PLC.

La figura 1.3.1 ilustra la estructura de la automatización, común a las dos realizaciones cableada y programada.

El PLC ofrece, al sustituir a los relés asegurar el funcionamiento de una máquina o de una instalación con las siguientes ventajas:

Menos elementos, la sustitución de los relés ocasiona una ganancia en volumen, en dimensiones y una simplicidad de empleo, particularmente apreciados en las máquinas sencillas. La ausencia de piezas mecánicas en movimiento aumenta la fiabilidad de la automatización.

Menos cableado, las conexiones se reducen a la conexión de los captadores en las entradas (adquisición de los datos) y de los pre-accionadores (mando de potencia). Al efectuarse modificaciones y ajustes se facilita así el acceso a los diferentes órganos de la automatización.

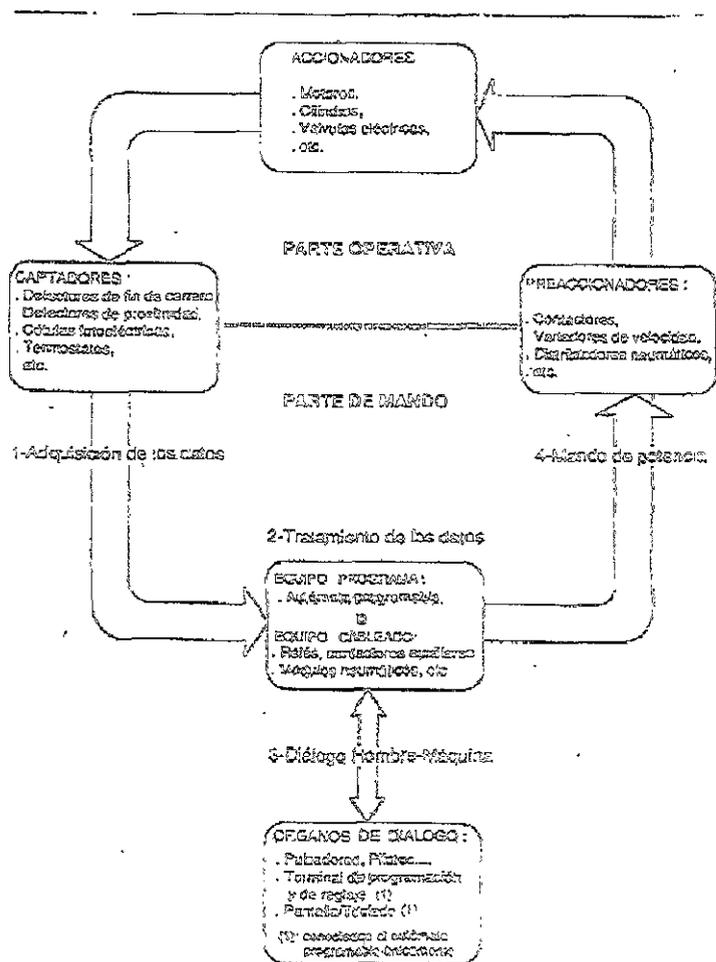


Figura 1.3.1 Estructura de un automatismo.

Mayor comodidad, El programa que sustituye el cableado, es un conjunto de gráficos que se pueden introducir, modificar y activar fácilmente gracias a la terminal de programación y de ajuste. Este programa se puede duplicar para las máquinas construidas en serie, ocasionando así una disminución de los costos.

Más funcionalidad, para las máquinas especiales, las instalaciones complejas, los automatismos de la construcción, etc., el PLC ofrece las funciones de automatización específicos integrados.

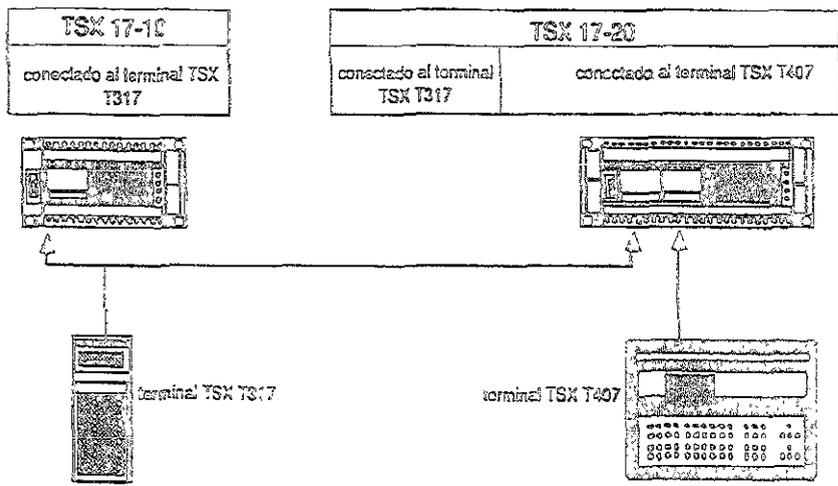
Más informaciones, El mantenimiento y la puesta a punto de una automatización se facilitan por.

- La visualización permanente del estado de las entradas y de las salidas, señaladas por los pilotos.
- El diálogo 'Hombre-Máquina' asegurado por la terminal de programación y ajuste, gracias a su modo conversacional y a los mensajes visualizados en la pantalla.

Las tecnologías de alta integración permiten la fuerte concentración de funciones indispensables para la realización de los PLC's, figura 1.3.2. Estos están constituidos por:

- El núcleo del PLC, es una pastilla de silicio en la que se integran por grabado los circuitos y transistores necesarios para la realización de las funciones deseadas.
- El circuito integrado comprende el núcleo montado en la caja y equipado con los bornes necesarios para su instalación, la gama de circuitos integrados responde a la gama de necesidades que van desde las funciones lógicas más sencillas hasta las analógicas mas complicadas.

- Las tarjetas electrónicas agrupan en el circuito impreso los componentes necesarios.
- Un bastidor modular une las tarjetas necesarias para obtener un conjunto funcional completo.



Lenguaje Booleano: PL7-1		Lenguaje Gráfico: PL7-2
	<ul style="list-style-type: none"> Entradas específicas al tratamiento rápido Tratamiento rápido Conteo rápido 	<ul style="list-style-type: none"> Comunicación inter-automatas Función Reloj/Calendario Entradas/salidas analógicas Funciones de cálculos Tratamiento en "palabras" Entradas específicas al tratamiento rápido Tratamiento rápido Conteo rápido
Tratamiento secuencial de las instrucciones literales	Tratamiento secuencial de las instrucciones literales	Tratamiento secuencial de las instrucciones gráficas

Figura 1.3.2 La tecnología de alta integración.

En la figura 1.3.3 se muestran los 4 tipos de tarjetas electrónicas y gracias al bus del bastidor estas tarjetas se alimentan y dialogan entre sí.

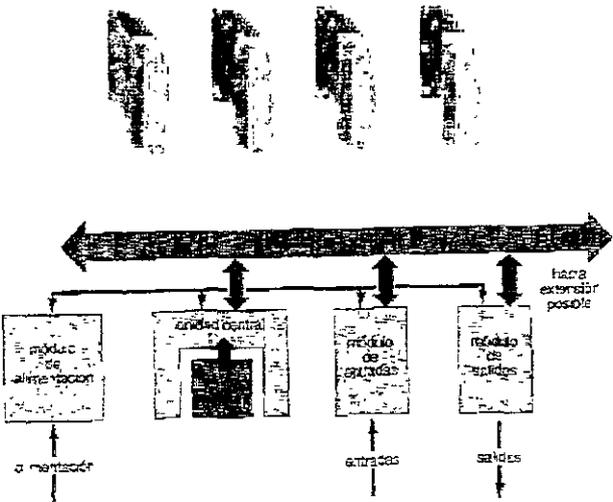


Figura 1.3.3 Tarjetas principales del PLC

Un sistema automatizado comprende numerosos elementos, figura 1.3.4:

- Accionadores
- Pre-accionadores
- Captadores
- Tableros de mando
- Terminales de intervención

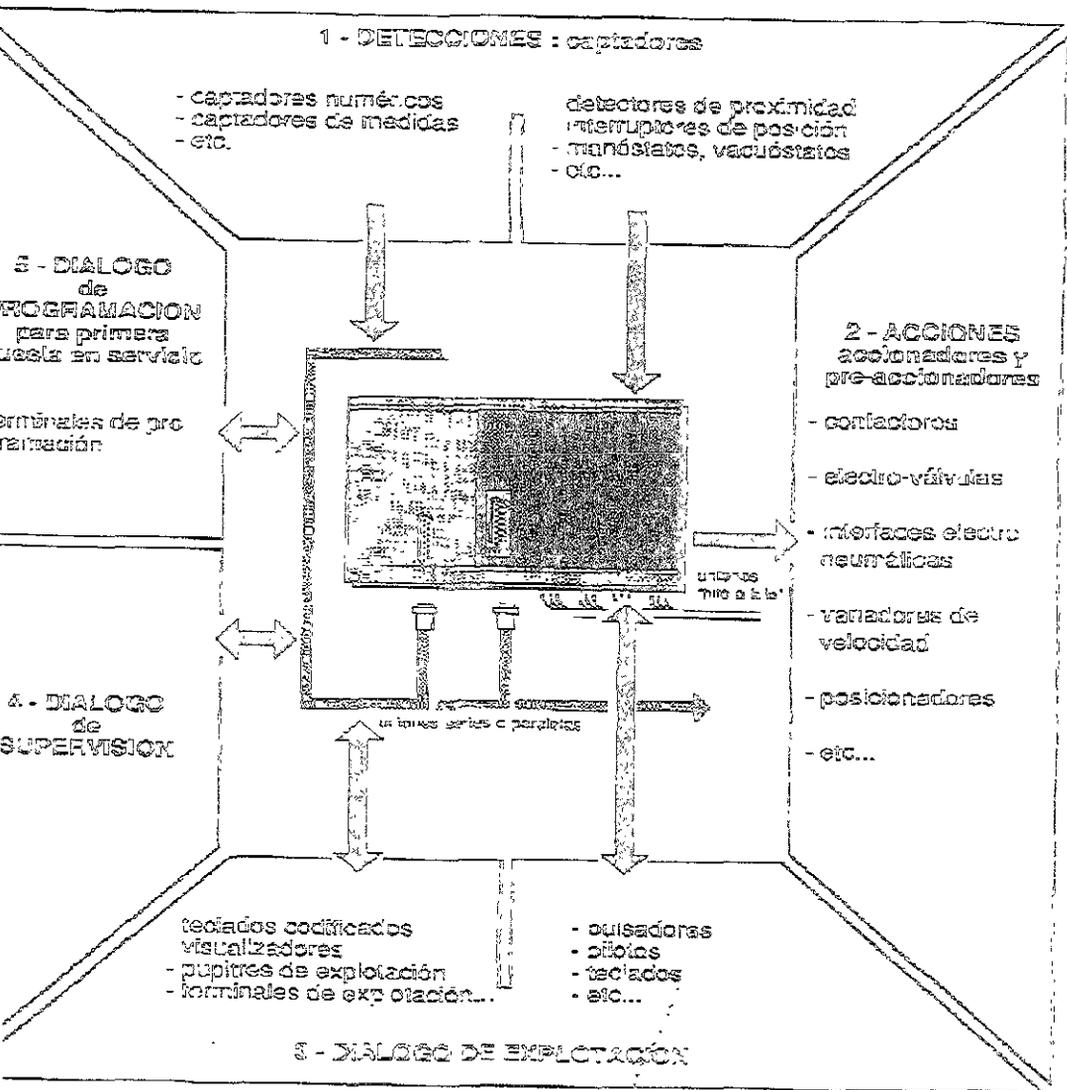


Figura 1.3.4 El PLC como centro del sistema automatizado

En el centro del sistema el PLC se encuentra en relación con estos elementos, es decir, el PLC tiene 5 funciones principales y son:

1. La detección desde los captadores de todo tipo repartidos en la máquina
2. El mando de acciones hacia todos los accionadores y preaccionadores.
3. El diálogo de explotación
4. El diálogo de supervisión de la producción.
5. El diálogo de programación.

Para realizar esto el PLC está organizado en bloques funcionales que se articulan alrededor de un canal de comunicación: el bus interno, que es un sistema de conexiones (cables o circuito impreso). Generalmente cada bloque está físicamente constituido por un módulo específico; módulo de memoria, módulo de entradas, módulo de salida, módulo de comunicación y módulo de alimentación. Esta organización modular permite una gran flexibilidad de configuración para las necesidades del usuario, así como un diagnóstico y un mantenimiento fácil.

Los diferentes módulos del PLC se montan en un bastidor que contiene el soporte de unión (bus más conectores). Cada módulo posee un bornero de conexión equipado con un conjunto de visualización del estado lógico de cada vía (diodos emisores de luz y conductores ópticos).

La memoria del PLC es una región que permite almacenar información; instrucciones del programa, datos de los captadores, resultados hacia los actuadores. Puede ser de escritura o lectura, es decir, que permite variar su contenido, puede ser de ferrita o de semiconductores (memoria tipo RAM). De solo lectura, es decir, su información ha sido grabada en el momento de su construcción y no puede modificarse posteriormente. Este tipo de memoria es siempre de semiconductores por su mayor rapidez y menor volumen (memoria tipo ROM). O memoria tipo PROM similares a la ROM pero cuyo contenido se puede borrar y grabar información en cualquier momento, figura 1.3.5.

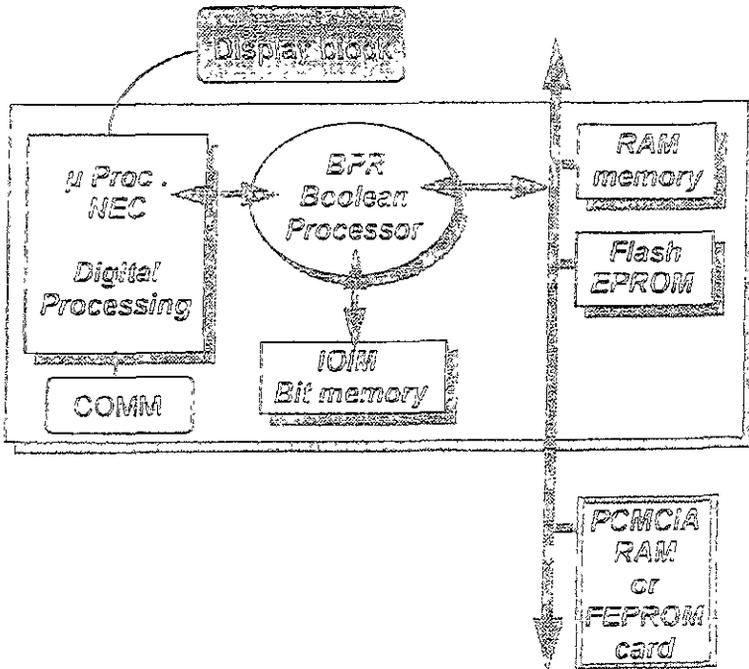


Figura 1.3.5 La memoria de un PLC.

MODULOS DE ENTRADA / SALIDA TODO O NADA

- Módulos de entrada. Un módulo de entrada debe permitir a la unidad central del PLC efectuar una lectura del estado lógico de los captadores asociados al mismo. A cada entrada corresponde una vía que trata a la señal eléctrica para elaborar una información binaria, el bit de entrada que se memoriza. El conjunto de los bits de entrada forma la palabra de entrada. Periódicamente el PLC pregunta (direcciona) a través del módulo: el contenido de la palabra de entrada del módulo, se copia entonces en la memoria DATOS del PLC, cada vía se filtra y se aísla eléctricamente por razones de seguridad.

Un módulo de entrada se define principalmente por su modularidad (cantidad de vías) y las características eléctricas aceptadas (voltaje-corriente), figura 1.3.6.

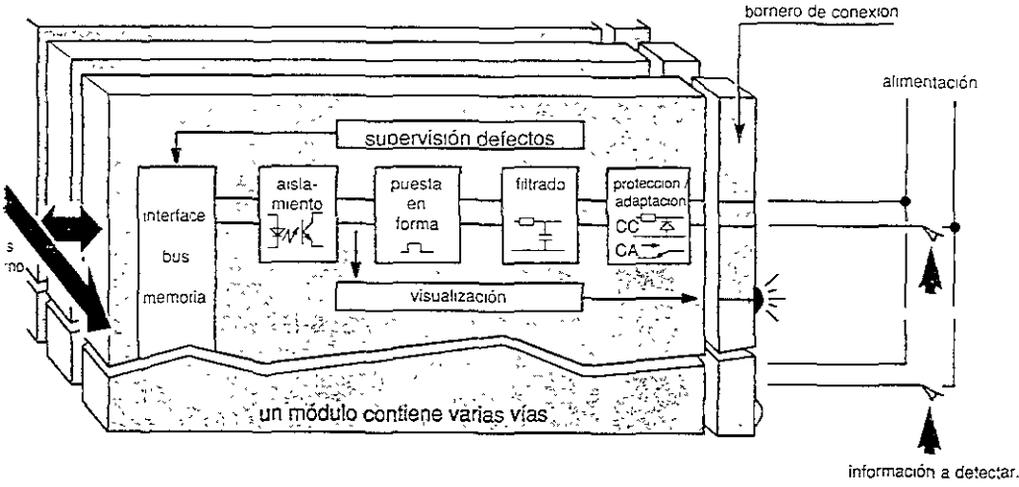


Figura 1.3.6 Módulos de Entrada TON.

- Módulo de Salida. Un módulo de salida permite al PLC actuar sobre los accionadores. El mismo realiza la correspondencia: Estado lógico – Señal eléctrica. Periódicamente el PLC direcciona el módulo y provoca la escritura de los bits de una palabra de la memoria en las vías de salida del módulo. El elemento de conmutación del módulo es ya sea electrónico (transistores, triac...) o bien electromecánico (contactos de relés internos al módulo), figura 1.3.7.

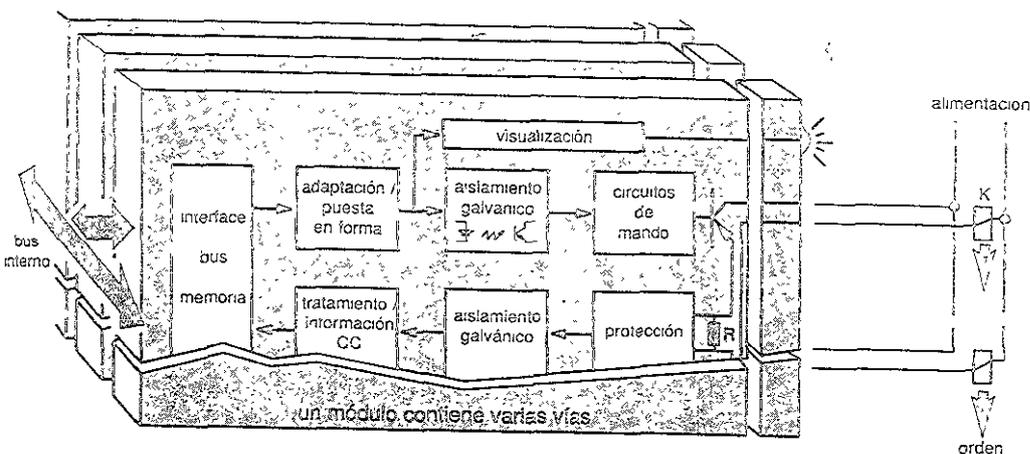


Figura 1.3.7 Módulos de Salida 70N.

MÓDULOS DE ENTRADA / SALIDA ANALÓGICOS.

Los módulos analógicos permiten establecer la correspondencia entre valores numéricos y variables analógicas (corriente o voltaje). La resolución, escala más pequeña de corriente o voltaje, está en función de la cantidad de bits utilizados para la codificación numérica. La rapidez de conversión es igualmente una característica del módulo, figura 1.3.8.

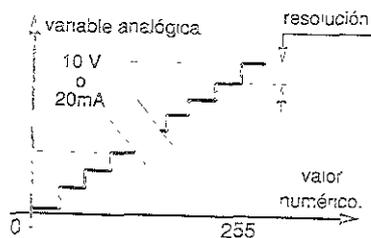


Figura 1.3.8 Correspondencia entre valor numérico y variable analógica.

Módulo de Entrada. Existen dos tipos de módulos de entrada analógica:

- Las entradas de detección de umbral.
- Las entradas de medida analógica.

Generalmente es posible una correspondencia de escala para permitir ampliar las posibilidades de medida. A menudo se utiliza tal módulo para medir la temperatura: la sonda resistiva está directamente conectada al módulo el cual realiza o no ciertas operaciones de linealización de la señal suministrada por el captador antes de efectuar la escritura de la palabra en la memoria, figura 1.3.9.

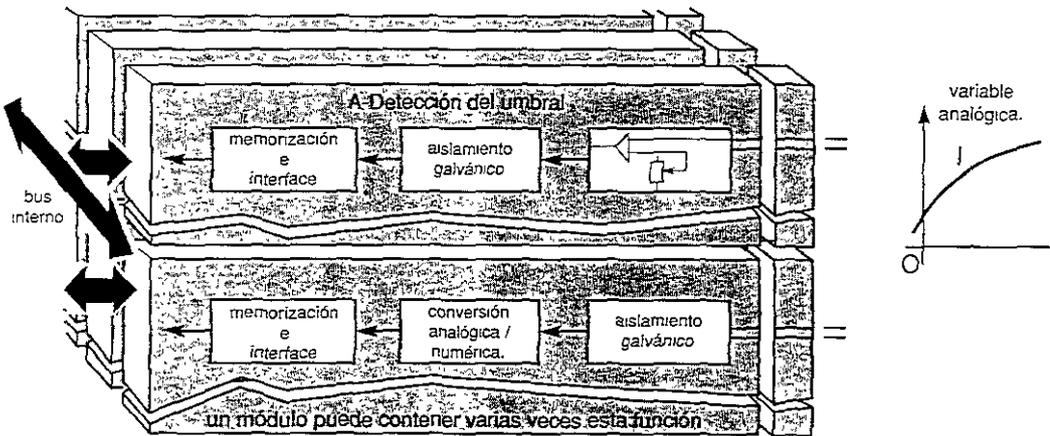


Figura 1.3.9 Módulos de Entrada Analógicos.

Módulo de Salida. Cada salida es la imagen analógica del valor numérico codificado en una cadena de bits definido por el programa. Los módulos analógicos de salida cuando están asociados a los pre-accionadores permiten realizar funciones de mando y ajuste. Cada salida se define por el tipo de corriente suministrada y por sus límites: 0-10 volts, 4-20 mA, figura 1.3.10 .

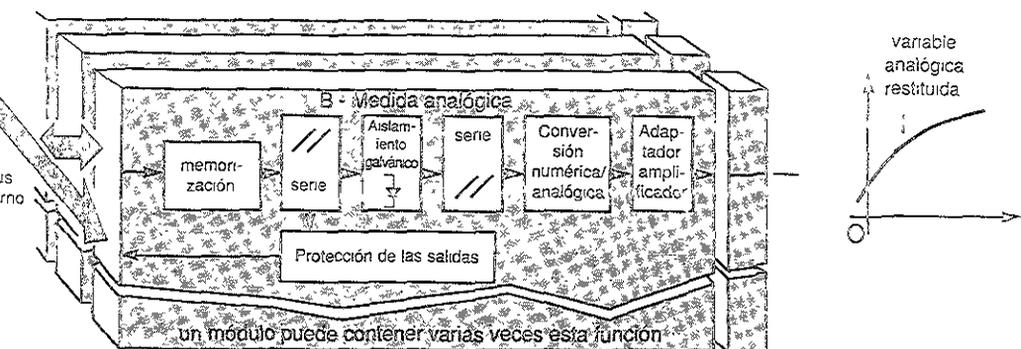


Figura 1.3.10 Módulos de Salida Analógicos.

Módulos de Comunicación. La unión serie asíncrona se utiliza mucho para el diálogo entre el PLC y los periféricos (terminales de explotación, programación y ajuste, impresoras, etc). Este modo de comunicación permite el intercambio de caracteres compuestos por una serie de bits transmitidos uno tras otro en línea. El módulo de unión serie asíncrona asegura la puesta en forma de la información, pero es el CPU del PLC quien verdaderamente administra la comunicación. El módulo utiliza memorias intermedias para el almacenamiento temporal de la información emitida o recibida (figura 1.3.11).

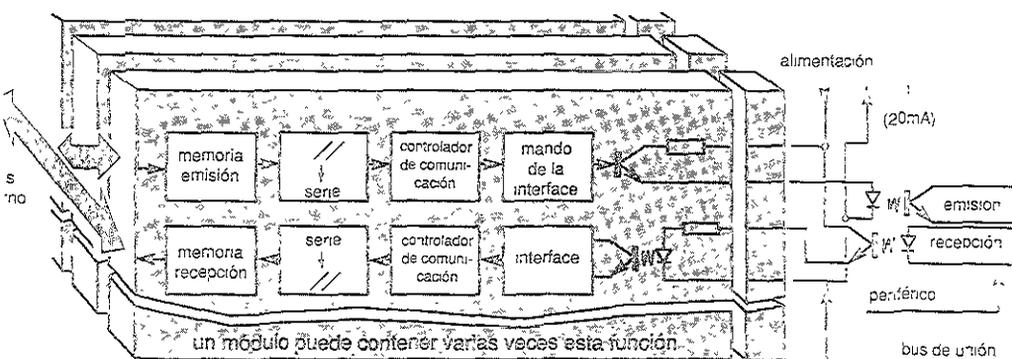


Figura 1.3.11 Módulos de comunicación por uniones serie asíncronas.

Es posible construir módulos especializados inteligentes a partir de un microprocesador. Un microprograma e interfaces especializados permiten entonces disponer de forma autónoma y eficiente de ciertas funciones de automatismo. Existen módulos de posicionamiento (que incluyen el conteo rápido de impulsos), de gestión evolucionada de una comunicación (red local), de regulación numérica figura 1.3.12.

Las principales aplicaciones de los PLC's van desde los sistemas de control de baja o mediana complejidad hasta sistemas de control de gran capacidad de procesamiento y/o comunicación. También existen los PLC's para los sistemas de control que requieren E/S analógicas de bajo costo y funciones de conteo rápido. Para satisfacer todas las necesidades de los sistemas de control existen gran variedad de marcas y modelos de PLC's en la actualidad. Para nuestro caso hemos seleccionado el modelo TSX 37-10 de la marca Telemecanique del grupo Schneider, figura 1.3.13.

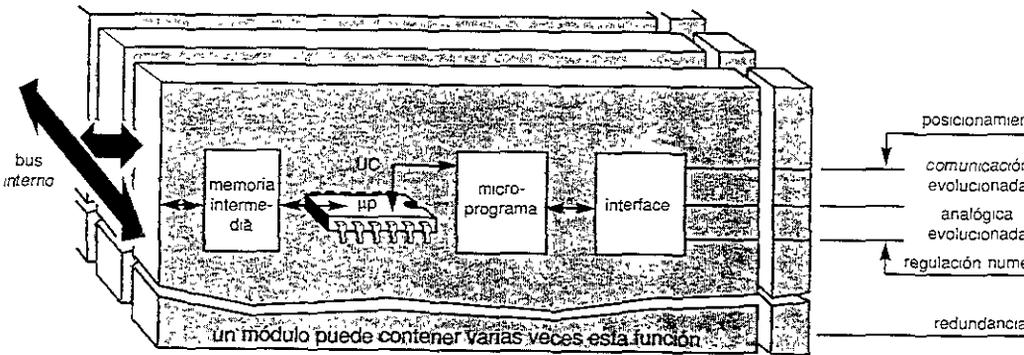


Figura 1.3.12 Módulos especializados.

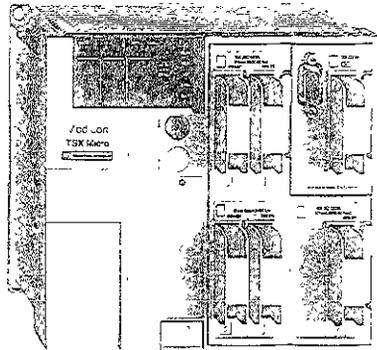


Figura 1.3.13 TSX Micro PLC 37-10

Las principales características de la familia de PLC's TSX Micro difieren en los voltajes de alimentación y del módulo de E/S montado en la primer ranura, pero todos son compactos y modulares. Cada uno consta de un rack el cual integra el voltaje de alimentación (24 Vcd o 110/241Vac), un procesador que incluye una memoria RAM de 14Kpalabras (4.7 Kprograma, 1 Kdatos y 128 constantes), una memoria de respaldo FLASH EPROM, un módulo de E/S discretas (28 o 64 E/S) y una ranura disponible.

Descripción del TSX Micro PLC 37-10.

1. Rack base de 2 ranuras, uno equipado con un módulo de E/S
2. Bloque de visualización centralizado
3. Puerto terminal RS 485, cadena de caracteres o protocolo UNI-TELWAY master/slave
4. Botón de inicialización (RESET)
5. Cubierta para acceder las terminales del voltaje de alimentación (110/240 Vca o 24Vcd)

6. Módulo de 28 o 64 E/S, colocados en la primer ranura (posición 1 y 2) I: 24Vcd, O: 24Vca, I: 115/230 Vca, O: relés
7. Cubierta para accesar la batería opcional
8. Mini rack de extensión con 2 ranuras disponibles (posición 5 a 8)
9. Lámparas indicadoras mostrando la presencia
10. Terminales de voltaje de alimentación protegidas por una cubierta removible, para conectar un voltaje de alimentación de 24 Vcd auxiliar si los PLC's están alimentados con 100/240 Vca
11. Terminal de tierra
12. Conectores para el PLC base

Otra característica del PLC es que puede contener módulos analógicos.

El Micro PLC 37-10 contiene un microprocesador booleano, un microprocesador NEC y una memoria bit (IOIM) con lo cual obtenemos un procesador de alta integración, funcionalidad óptima y a bajo costo.

Las aplicaciones para el Micro PLC 37-10 pueden ser desarrolladas con el software PL7 Micro/Junior software a través de las plataformas Windows el cual puede ser cargado en un computadora personal o en una computadora portátil, de esta forma podemos desarrollar el diálogo con el sistema fuera de línea o en línea, esto es, si por alguna razón se tienen problemas con el programa, a través de la computadora portátil nos podemos conectar al PLC y hacer los cambios o modificaciones necesarios para dejar el programa a punto. O si se piensa en alguna actualización del sistema, se puede hacer una copia del programa que esta corriendo y a través de la computadora personal actualizarlo.

En la actualidad existen diversos tipos de PLC que solo pueden ser modificados con terminales de programación portátiles, o terminales dedicadas como lo muestra la siguiente figura, figura 1.3.14.

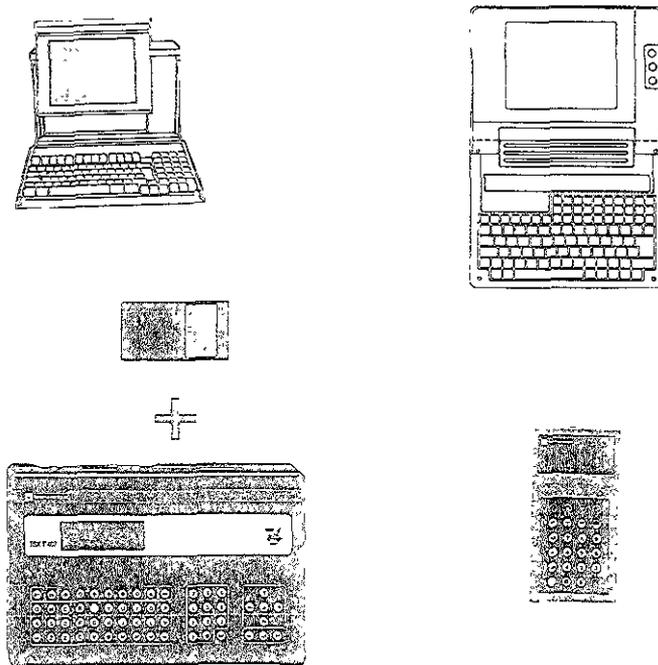


Figura 1.3.14 Terminales de programación.

Para concebir, realizar y explotar un sistema automático es indispensable describir el comportamiento del mismo. Los lenguajes que permiten esta descripción pueden ser generales, simbólicos o gráficos. Es importante conocerlos por que se complementan y permiten una expresión clara y completa de los problemas de automatización

Utilizando el lenguaje corriente (Structured text) , se enumera lo que el sistema debe hacer describiendo cada etapa y precisando las condiciones que debe satisfacer en cada momento (figura 1.3.15).

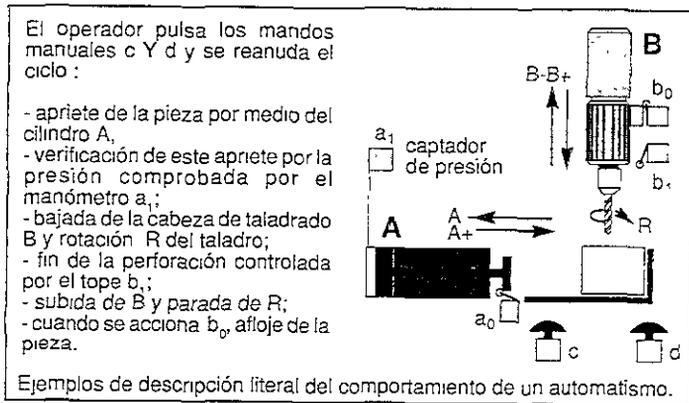


Figura 1.3.15 Lenguaje corriente.

Los automatismos 'Todo o Nada', (Instructions list) son suficientes para numerosas aplicaciones. Su comportamiento se describe fácilmente mediante variables booleanas, variables que solo toman dos valores: 0 ó 1.

Un captador puede tomar dos estados: estado en reposo o estado accionado. A cada uno de estos estados corresponde una señal de salida de nivel determinado o bien 1 o bien 0 por convención. Si la magnitud medida es analógica, es decir que ésta puede tomar una sucesión continua de valores un captador traduce este valor en señal todo o nada según los umbrales alcanzados.

Con estas variables booleanas utilizadas por los captadores, la descripción de la figura anterior puede ser mas concisa como lo muestra la figura 1.3.16.

- | | |
|-----------------------|-----|
| - Si $c \vee d = 1$, | A+ |
| - cuando $a_1 = 1$, | B+R |
| - cuando $b_1 = 1$, | B- |
| - cuando $b_0 = 1$, | A- |

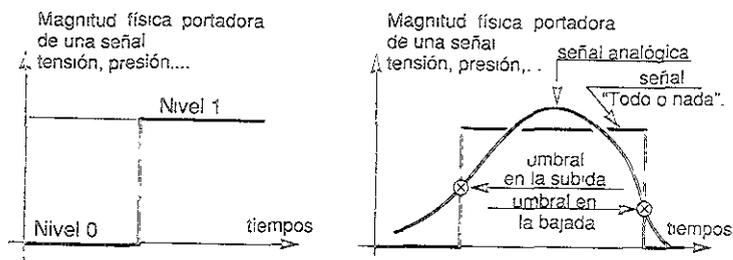


Figura 1.3.16 Lenguaje de instrucciones.

El álgebra de Boole permite traducir y manipular las combinaciones de las variables TON. Las funciones base son: Y, O y NO. Para el automatismo descrito en la página anterior la condición inicial se expresa por: $c \vee d = 1$ o $c \vee d = 1$, figura 1.3.17.

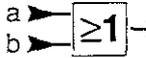
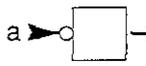
<p>Función Y intersección.</p>	 <p>$S = a \cdot b$ $S = 1, \text{ si } a \text{ y } b = 1$</p>
<p>Función O reunión</p>	 <p>$S = a + b$ $S = 1, \text{ si } a \text{ o } b = 1$ (o ambos)</p>
<p>Función NO Complemento</p>	 <p>$S = \bar{a}$ $S = 1, \text{ si } a = 0$ $S = 0, \text{ si } a = 1$</p>

Figura 1.3.17 Funciones lógicas

En un sistema automatizado se reciben señales y emite señales diversas, cuando a cada combinación de variables de entrada solo corresponde un estado de una variable de salida se denomina combinatoria, cuando por el contrario el estado de la variable de salida depende también de los acontecimientos precedentes se denomina secuencial, es aquí donde se introduce el concepto de memoria. Cuando el tratamiento necesita identificar varios valores de una variable analógica son posibles dos técnicas: Tratar la señal bajo su forma analógica con módulos analógicos o, convertir las variables analógicas en señales numéricas con cierta resolución y a continuación tratarlas como variables numéricas que se codifican por medio de un conjunto de bit's, ejemplo $2^8 = 256$, figura 1.3.18.

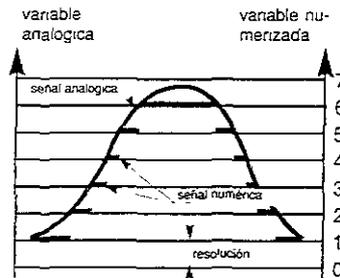


Figura 1.3.18 Conversión de variables analógicas a variables numéricas.

complemento de las expresiones simbólicas las descripciones gráficas son muy apreciadas por:

Son parecidos a ciertas tecnologías de realización: contactos electromecánicos, módulos lógicos, etc

Como no son parecidos a la tecnología que se aplicará permiten una descripción funcional de los problemas secuenciales.

Esquema de contactos y diagrama de escalera es un lenguaje gráfico de descripción de automatismos que nació en la época en que únicamente eran disponibles las tecnologías de contactos para resolver los problemas de mando.

Figura 1.3.21 muestran como situando en serie o en derivación los contactos, ya sean estos de cierre o apertura, se pueden reproducir cada una de las funciones lógicas Y, O, NO y MEMORIA por autoalimentación.

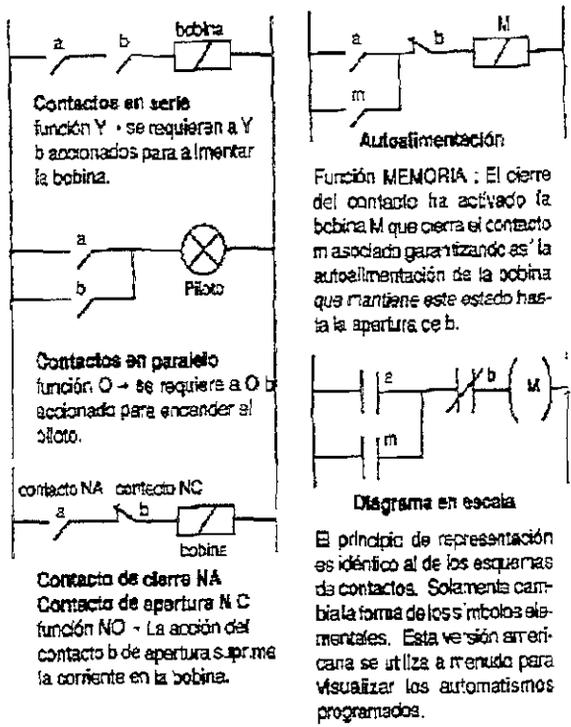


Figura 1.3.19 Lenguaje de escalera

Por lo tanto, es sencillo describir así las expresiones combinatorias. Por el contrario, para los problemas secuenciales es necesario construir una sucesión de circuitos de autoalimentación, lo que resulta difícil de establecer y de leer. Los esquemas de contactos son normalizados, por que son muy familiares a los electricistas, se utilizan frecuentemente para expresar o visualizar los automatismos programados. Para ellos se emplea su versión americana, el diagrama de escalera.

El funcionamiento secuencial de los procesos de producción no se pueden describir claramente por medio de un esquema de contactos o de escalera, por esta razón se han desarrollado lenguajes que tienen por objetivo esencial una expresión clara de los problemas secuenciales. El cronograma, el diagrama de las fases, las redes de Petri, el organifase... han sido lenguajes gráficos utilizados en automatismos. Cada uno de ellos han ayudado a obtener las experiencias para que el GRAFCET constituya la síntesis, figura 1.3.20.

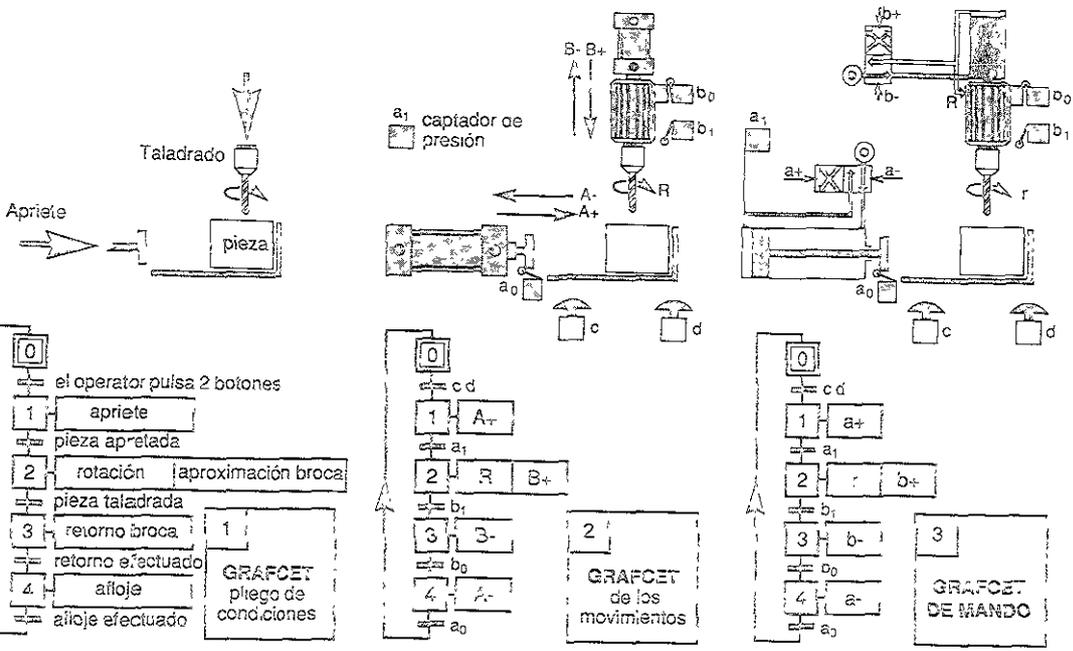


Figura 1.3.20 El lenguaje GRAFCET.

Ahora normalizado el GRAFCET se reconoce como el lenguaje gráfico mejor adaptado a la expresión de la parte secuencial de los automatismos de producción. Representa la sucesión de las etapas en el ciclo, la evolución del ciclo etapa por etapa se controla por una transición dispuesta entre cada etapa.

A cada una de las etapas puede corresponder una o varias acciones, a cada transición corresponde una receptividad, condición que debe cumplirse para poder franquear la transición, lo que permite la evolución de una etapa a la que sigue.

Ya hemos visto como y para que nos sirve un PLC; nos ayuda a automatizar las operaciones manuales, repetitivas y muy complejas, esto indudablemente nos trae ventajas en el proceso de producción de cualquier producto ya que podemos ahorrar tiempo, dinero y esfuerzo, pero a la vez tenemos una pequeña o gran desventaja: el personal. Así como van evolucionando las tecnologías el personal debe de ser capaz de entenderlas, manejarlas y programarlas, es decir, este personal debe estar capacitado para realizar el ajuste, la explotación o el ajuste del PLC en el momento que se requiera.

Por esta misma razón al cambiar de la tecnología cableada a la tecnología programada también se debe cambiar y reducir de personal, ya no se necesitan tantos trabajadores en las líneas de producción, en los talleres de mantenimiento, sino solo unos cuantos, ya que a través de los captadores y actuadores y el PLC se podrán monitorear las líneas de producción y las variables a controlar.

Si en algún punto del sistema existe una falla el mismo PLC le avisara al trabajador donde se localiza la misma, y éste a su vez deberá ser capaz de cambiar el elemento u elementos o modificar los parámetros del programa para que este siga funcionando al cien por ciento, figura 1.3.21.

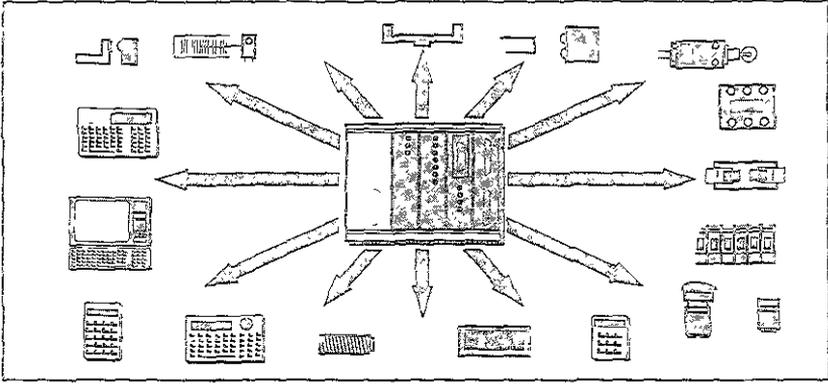


Figura 1.3.21 Desplazamiento del hombre por las máquinas.

1.4 SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DE LAS RUTINAS DEL PLC.

Para poner en funcionamiento una automatización, debemos definir un programa (serie de instrucciones) que establezca las operaciones sucesivas que el PLC debe ejecutar. Este programa, escrito en un lenguaje específico del PLC, está constituido principalmente por funciones lógicas que tratarán las informaciones presentes en las entradas (procedentes de los captadores) para elaborar informaciones en las salidas (mando de los preactuadores y actuadores).

Entre las herramientas más usadas para la descripción y la programación de una automatización, está el diagrama de contactos: que es una sucesión de redes de contactos que vinculan informaciones lógicas desde las entradas hasta las salidas. El resultado depende de las funciones programadas.

Las entradas y salidas de los PLC's son lógicas y analógicas. Las entradas/salidas lógicas se denominan todo o nada, ya que solo pueden tomar dos estados (o niveles lógicos).

- Estado activado:
Entrada al nivel lógico 1 (contacto asociado eléctricamente conductor)
Salida al nivel lógico 1 (acción mandada eléctricamente: piloto encendido)
- Estado de reposo:
Entrada al nivel lógico 0 (contacto asociado eléctricamente no conductor)
Salida al nivel lógico 0 (acción no mandada eléctricamente: piloto apagado)

En lógica programada la simbología de los contactos (captadores) es como sigue:

- | |- contacto normalmente abierto, nivel lógico 0
- |/|- contacto normalmente cerrado, nivel lógico 1

Estos contactos cambian de estado lógico al accionarse el captador. En lógica programada la simbología de las bobinas (actuadores) es como sigue:

- (-) - bobina normalmente desenergizada, nivel lógico 0
- (/) - bobina energizada, nivel lógico 1

Al igual de los contactos estas bobinas cambian de estado lógico, dependiendo de la programación en el PLC. Para la realización de las rutinas del PLC, se requiere de un software especializado, adecuado a las necesidades de nuestro proyecto, que tenga un lenguaje accesible para programar, que se pueda instalar en cualquier computadora personal, sin tantas restricciones de memoria y si es posible que corra en un ambiente Windows, con el cual ya estamos bastante familiarizados.

SOFTWARE DE PROGRAMACION PL7-MICRO.

El software de diseño y de instalación PL7-micro permite programar la familia de PLC's TSX-Micro. Puede utilizarse en terminales FTX 417/507 y compatibles PC's con sistema operativo Windows, versión 3.1 o superior, con un procesador 486 o superior, más 8 MB de RAM y una capacidad en el disco de 14 MB al menos.

El software PL7 Micro incluye lenguajes como el de lista de instrucciones y dos lenguajes gráficos (el lenguaje de contactos y el lenguaje GRAFCET) Para tener más potencia y para facilitar la transportación de las aplicaciones PL7-2 existentes. Se han añadido bibliotecas específicas a los lenguajes básicos, además de herramientas de conversión parcial de aplicaciones.

Este software no tiene protección de llave, puede ser usado estando conectado al PLC (en línea), o sin estar conectado a él (fuera de línea), como trabaja en ambiente Windows se puede usar el ratón o el teclado para abrir ventanas, iconos, etc., igual como Windows.

CONFIGURACION DE ENTRADAS/SALIDAS.

El PLC se divide en slots, espacios para colocar en ellos tarjetas de entradas y salidas, y se empieza por el slot 1, ya que en el slot 0 siempre va el CPU y la memoria, por lo que las entradas y salidas se tienen que configurar a partir del slot 1.

%I1.5	donde	%	Por norma todos los lenguajes de programación de PLC's deben llevar este símbolo.
		I	Indica que es una entrada.
		1	Indica el número de slot correspondiente en el PLC.
		5	Indica el número de entrada correspondiente.

Por lo que esta instrucción nos dice que es la entrada número 5 del slot número 1.

%Q4.12	donde	%	Para especificar que es una instrucción y es por una norma.
		Q	Indica que esta instrucción es de una salida.
		4	Indica que es el slot número 4.
		12	Indica el número de salida correspondiente.

Por lo que esta instrucción nos dice que es la salida número 12 del slot número 4.

El PLC se divide en 3 zonas:

- Zona de memoria (%M)
- Zona de entradas (%I)
- Zona de salidas (%Q)

En cada zona podemos tener:

- Bits (X)
- Bytes (B)
- Words (palabras) (W)
- Doublewords (palabras dobles) (D)
- Words de 64 bits (L)

Ejemplos:

- ✓ Palabra de la zona de entradas: %IW53
- ✓ Palabra de la zona de memoria: %MW30
- ✓ Bit de la zona de memoria: %MX41 o M41
- ✓ Doble palabra de la zona de memoria: %MD48

- ✓ Tabla de 8 palabras: %MW4:8
- ✓ Bit extraído de una palabra: %WVC:X4
- ✓ Bit de la zona de salidas: %QX2:1 o %Q2:1

LENGUAJES DE PROGRAMACION CONFORME A NORMA Y PLATAFORMA DE WINDOWS.

El software de programación PL7-Micro tiene 3 lenguajes básicos:

- Lista de instrucciones: lenguaje en forma de lista de instrucciones, figura 1.4.1.
- Lenguaje de contactos: lenguaje totalmente gráfico a partir de símbolos gráficos correspondientes al esquema de relé. A este lenguaje también se le llama de escalera, figura 1.4.2.
- Lenguaje GRAFCET: lenguaje que permite definir gráficamente la estructura secuencial de la aplicación, figura 1.4.3.

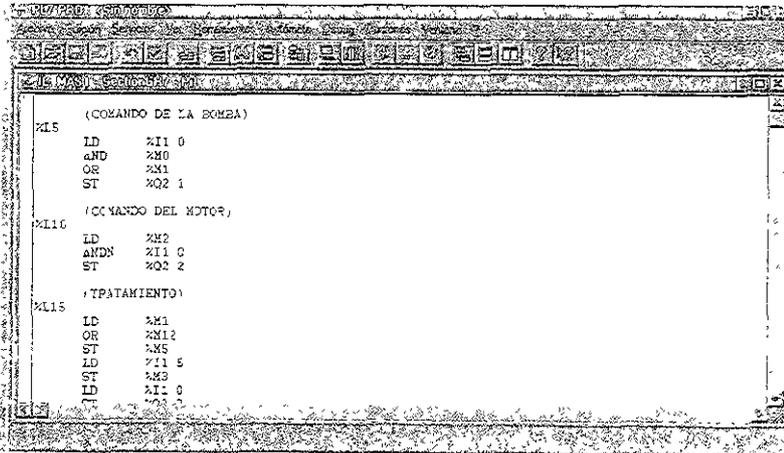


Figura 1.4.1 Lista de instrucciones

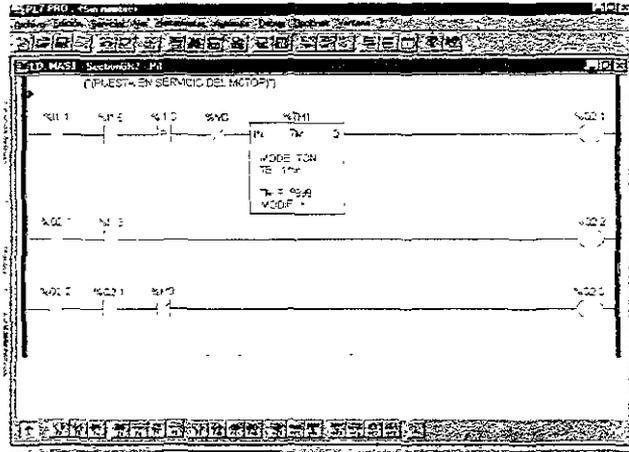


Figura 1.4.2 Lenguaje de contactos

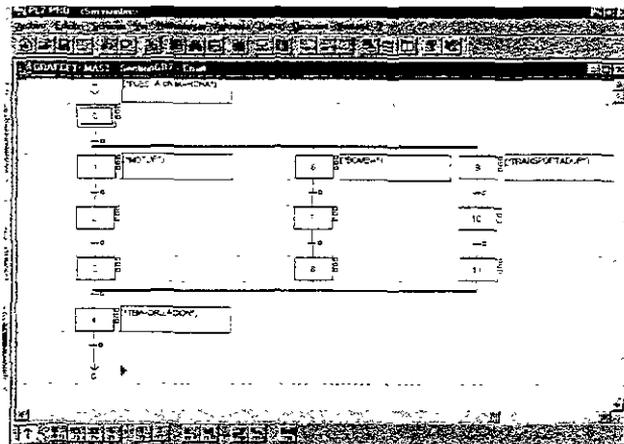


Figura 1.4.3 Lenguaje Grafset

LENGUAJE DE LISTA DE INSTRUCCIONES

Es un lenguaje básico de automatización que representa un esquema de contactos en forma de lista de instrucciones. Permite escribir ecuaciones booleanas y resolver cálculos numéricos.

El lenguaje lista de instrucciones es un lenguaje que representa, en forma de texto, el equivalente de un esquema de relés. Permite escribir ecuaciones booleanas y utilizar las funciones disponibles en este lenguaje.

ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA

Un programa en lenguaje PL7 se compone de una serie de instrucciones de las diferentes familias, a saber:

- o Instrucciones para un bit, por ejemplo, leer la entrada número 3: LD%I1.3
- o Instrucciones para bloque de función, por ejemplo lanzar el temporizador número 0: IN%TMO
- o Instrucciones numéricas para entero de formato simple, doble o flotante, por ejemplo, hacer una suma: [%MW10:=%MW50+100]
- o Instrucciones para cuadro de palabras, cadena de caracteres, por ejemplo, hacer una suma: [%MW10:10:=%KW50:10]
- o Instrucciones para programa, por ejemplo llamar al subprograma número 10: SR10

Cada instrucción se compone de un código de instrucción y de un operando de tipo bit o palabra:

Ejemplo.

AND %M27	Donde	AND	Es el código de instrucción.
		%M27	Es el operando.

Existen 2 tipos de instrucciones:

- Instrucción de test, en la que figuran las condiciones necesarias para una acción ejemplo: LD, AND, OR, etc..
- Instrucción de acción, que sancionan el resultado consecuencia de un encadenamiento de test, ejemplo: ST, STN, R, etc..

La transcripción de un esquema de contactos como programa de lista de instrucciones es inmediata figura 1.4.4.

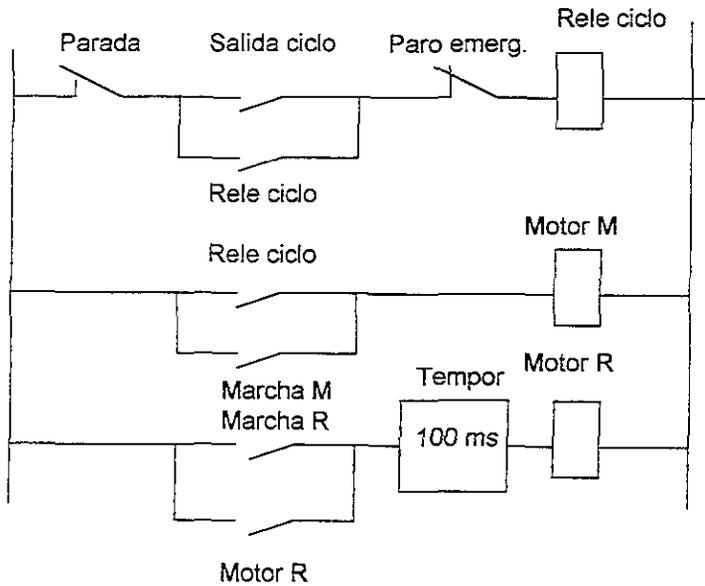


Figura 1.4.4 Esquema típico de contactos.

LDN	Parada.
AND(Salida ciclo.
OR	Relé ciclo.
)	
ANDN	Parada emergencia.
ST	Relé ciclo.
LD	Relé ciclo.
OR	Marcha M.
ST	Motor M.
LD	Marcha R.
OR	Motor R.
IN	%TMO.
LD	%TMO.Q.
ST	Motor R.

EDITOR DE PROGRAMAS EN EL LENGUAJE LISTA DE INSTRUCCIONES..

Como ocurre con el lenguaje de contactos, las instrucciones están organizadas en secuencia de instrucciones (equivalente a una red de contactos). Cada secuencia de instrucciones puede referenciarse con una etiqueta %Li, con i comprendido entre 0 y 999, y además puede acompañarse de un comentario, figura 1.4.5.

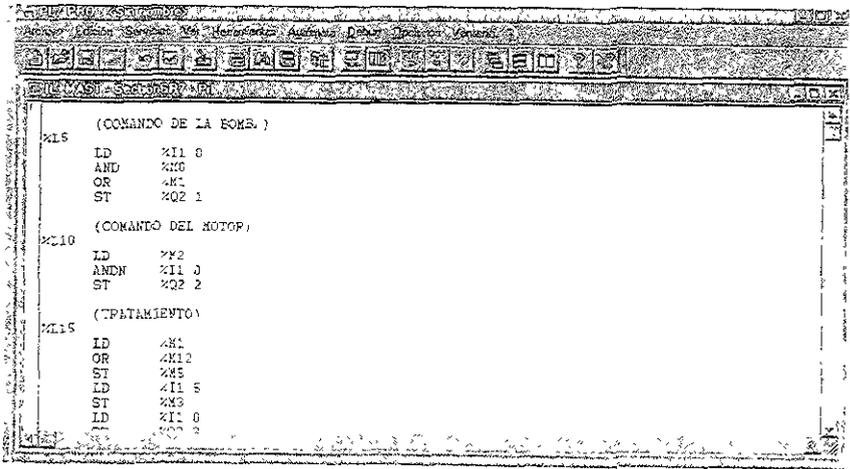


Figura 1 4.5 Programación en lista de instrucciones.

Cada secuencia de instrucciones se compone de una o varias instrucciones de test, cuyo resultado se aplica a una o varias instrucciones de acción. Todas las variables pueden visualizar.

El editor en el lenguaje de lista de instrucciones ofrece funciones de ayuda a introducción, como: instrucciones para bloques de funciones, por ejemplo: temporizadores y los contadores, además de funciones accesibles desde la biblioteca de funciones.

LISTA DE INSTRUCCIONES COMBINATORIAS.

- LD, LDN, LDR, LDF: leer el estado de un bit,(directo, inverso, flancos ascendentes descendentes).
- ST, STN, S, R: escritura de una salida (directa, inversa, set, reset)
- AND, ANDN, ANDR, ANDF: Y lógico con un bit (directo, inverso, flancos ascendentes y descendentes)
- OR, ORN, ORR, ORF: O lógico con un bit (directo, inverso, flancos ascendentes descendentes).
- LD(, AND(, OR(,): apertura y cierre de paréntesis (8 niveles posibles).
- XOR, XORN, XORR, XORF: O exclusivo con un bit.
- N: negación

INSTRUCCIONES EN EL PROGRAMA.

- END, ENDC, ENDCN: fin de programa (condicional o no)
- JMP, JMPC, JMPCN: salto hacia una etiqueta %L (condicional o no)
- SRn: llamada al subprograma n (n entre 0 y 253) (condicional o no)
- RET, RETC, RETCN: fin del subprograma (condicional o no)
- NOP: instrucción nula, inoperante.
- MPS, MRD, MPP: gestión de memoria intermedia para divergencia hacia los bits de salida.

LENGUAJE DE CONTACTOS O ESCALERA

Es un lenguaje gráfico, es una representación de los esquemas eléctricos semejantes a los utilizados por electricistas y fabricantes de automatismos. Está perfectamente adaptado al tratamiento lógico de tipo combinatorio. Además permite resolver cálculos numéricos mediante bloques de operaciones.

El lenguaje de contactos ofrece los símbolos gráficos básicos: contactos, bobinas, así como los bloques de funciones de automatización, como temporizadores, contadores. Es posible introducir cálculos numéricos en el interior de bloques de operaciones.

ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA.

Un programa en lenguaje de contactos se compone de una sucesión de redes de contactos ejecutada en forma secuencial por el autómata. Cada red de contactos puede ir :

- Referenciada con una etiqueta.
- Completada con un comentario de 222 caracteres

Una red de contactos se compone de 7 líneas de 11 columnas, es decir un máximo de 10 contactos y una bobina por línea, figura 1.4.6.

La red está dividida en dos zonas diferenciadas:

- Zona de test, que admite los elementos gráficos de contactos, bloques de comparación y bloques de funciones (estándar o específicos).
- Zona de acción, que admite las bobinas (en la columna 11) y los bloques de operaciones (a partir de la columna 8).

En el lenguaje de contactos se pueden tener 10 contactos con una salida por línea, 999 etiquetas (una etiqueta por red) y comentarios (222 caracteres por red)

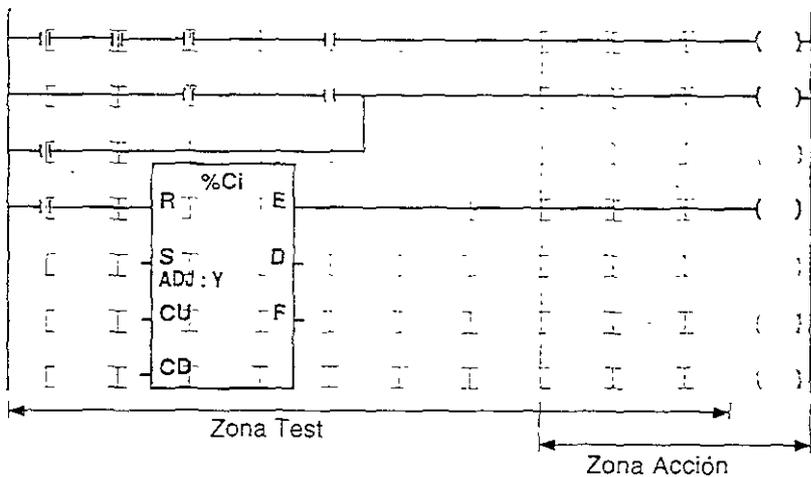


Figura 1.4.6 Programación en lenguaje de contactos.

Los contactos pueden ser de cierre, de apertura, de flanco. Las bobinas pueden ser directas, inversas, SET, RESET, de salto de programa, de llamada a subprogramas.

Los principales elementos del lenguaje de contactos son los siguientes:

- Contactos: toman el valor de los bits de entrada/salida asociados a las vías de E/S del autómeta: *pulsadores, interruptores, detectores, accionadores, pilotos* y variables lógicas (variables internas necesarias para el funcionamiento del programa).
- Bobinas: mandan las salidas del autómeta conectadas a los órganos de mando o de visualización (relés, pilotos, bobinas...) y las variables lógicas (variables internas).

Bloques función programan las funciones del automatismo: temporización, conteo, programador cíclico. Cada bloque función está representado por un rectángulo.

Bloques operación programan las comparaciones de palabras, las cuatro operaciones aritméticas +, x, /, -, las operaciones lógicas AND, OR, XOR, las conversiones de palabras, las transferencias de bits, etc..

EDITOR DE PROGRAMAS EN EL LENGUAJE DE CONTACTOS.

El editor del lenguaje de contactos ofrece numerosas herramientas que facilitan la construcción de redes de contactos:

- Una barra de elementos gráficos permite acceder directamente con el ratón o a través del teclado a los diferentes símbolos gráficos del lenguaje de contactos, bobinas, bloques de operación, bloques de funciones, etc. figura 1.4.7

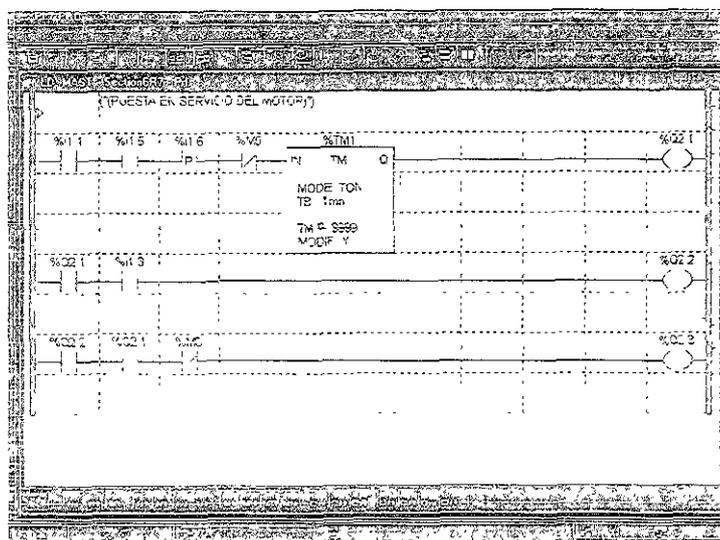


Figura 1.4.7 Barra de herramientas en lenguaje de contactos.

- La red se puede diseñar sin tener que especificar cada elemento.
- Los objetos del lenguaje se pueden introducir y visualizar indistintamente en forma simbólica o mediante referencias.
- La red de contactos se diseña simplemente seleccionando el símbolo en la barra de gráficos y situándolo en el lugar deseado del esquema visualizado en la pantalla.

Desde el editor se puede acceder a funciones de ayuda para la introducción de datos:

- Acceso a las bibliotecas de funciones.
- Acceso directo al editor de variables para la introducción de los símbolos y la definición de parámetros de bloques de funciones.

En pantalla las redes se representan en forma comprimida, de modo que se puede tener varias redes en la misma ventana y accederías con la barra de desplazamiento o con su etiqueta; en una sola pantalla se pueden ver simultáneamente varios módulos. Se puede acceder a un subprograma desde el programa de llamada, figura 1.4.8.

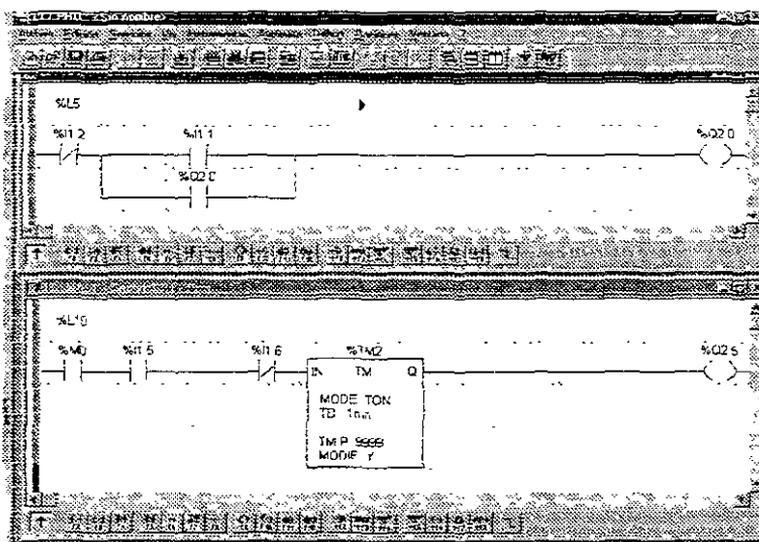


Figura 1.4.8 Visualización de varias pantallas simultáneas.

SÍMBOLOS GRÁFICOS DEL LENGUAJE DE CONTACTOS

El esquema de contactos está constituido esencialmente por símbolos:

- De prueba: lectura del estado de un bit en general (ejemplo: lectura del estado de bit de entrada)
- De acción: transferir el resultado de una acción lógica a un bit (ejemplo: mando de una salida asociada a un órgano de mando).
- De bloques funciones: funciones de automatismos integrados (ejemplos: temporizadores, contadores..)
- De bloques operaciones: funciones de cálculo integradas (ejemplo: comparaciones, operaciones aritméticas, operaciones lógicas)

Este tipo de lenguaje es compatible con el lenguaje PL7-2 de los anteriores controladores lógicos programables de la serie TSX-17-20. Y se puede pasar de un lenguaje a otro con solo hacer unas pequeñas modificaciones.

LENGUAJE GRAFCET.

El lenguaje "Diagrama funcional en secuencia", también llamado GRAFCET, define la estructura secuencial de la aplicación, figura 1.4.9. Se compone de etapas y de transiciones y recurre al lenguaje de contactos o al de lista de instrucciones para programar acciones asociadas a las etapas y a las receptividades asociadas a las transiciones. El lenguaje GRAFCET (Gráfico de Control de Etapas y Transiciones), está perfectamente adaptado para definir de manera sencilla y gráfica la estructura secuencial de la aplicación. Permite escribir gráficos formados por etapas y transiciones.

El lenguaje GRAFCET solamente se utiliza en la tarea maestra, que se estructura en tres zonas de tratamientos, figura 1.4.10.

- Zona de tratamiento preliminar: esta zona contiene todas las instrucciones que no son GRAFCET, conjunto de redes de contactos, que no dependen de las etapas del GRAFCET. Permite tratar las inicializaciones, al restablecerse la tensión o después de un fallo, los cambios de modo de marcha (manual o automática) y la lógica de entrada de la aplicación (información del paro de emergencia).
- Zona de tratamiento secuencial: esta zona contiene todas las instrucciones GRAFCET: sucesión de las etapas y de las transiciones asociadas. Las receptividades asociadas a las transiciones se introducen en lenguaje de contactos (escalera) en esta misma zona.
- Zona de tratamiento posterior: esta zona contiene las redes de contactos correspondientes a la activación de las salidas asociadas a las etapas, ejecuta la lógica de salida teniendo en cuenta los órdenes procedentes de los dos tratamientos anteriores.

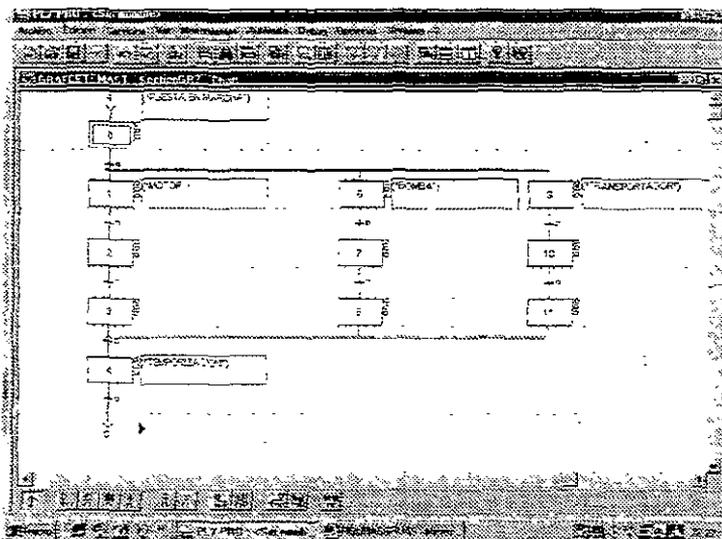


Figura 1.4.9 Lenguaje GRAFCET.

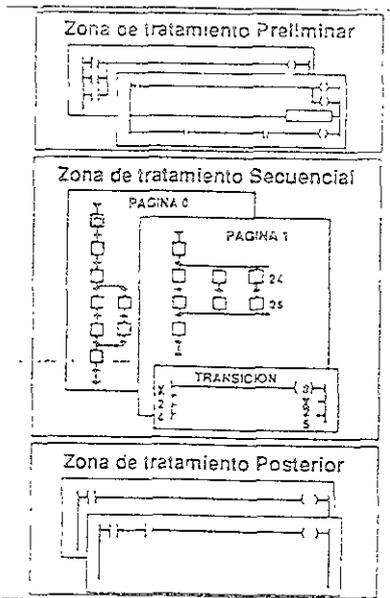


Figura 1.4 10 Zonas del lenguaje GRAFCET

Esta estructuración ofrece las siguientes ventajas:

- Una mejor claridad en el plano de programación, ya que la misma permite separar las diferentes partes.
- Una eficiencia superior en explotación, en particular cuando se producen eventuales reparaciones rápidas (verificación de las etapas activas).
- Una simplificación de las modificaciones que no abarca obligatoriamente el conjunto del programa.

ALGORITMO DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC CON UN PROGRAMA GRAFCET

- Lectura de estado de las entradas.
- Programa GRAFCET: tratamiento preliminar.
- Programa GRAFCET: tratamiento secuencial.
- Programa GRAFCET: tratamiento posterior.
- Actualización del estado de las salidas.

Los programas escritos en lenguaje GRAFCET se componen de (figura 1.4.11).

- Las etapas a las que están asociadas las acciones por realizar.
- Las transiciones a las que están asociadas las condiciones (receptividades).
- Los enlaces orientados que unen las etapas y las transiciones

El gráfico incluye un máximo de 96 o 128 etapas (dependiendo del modelo del PLC) 128 transiciones que se pueden repartir en 8 páginas.

Las acciones y las condiciones pueden programarse en el lenguaje deseado: lenguaje de contactos o de lista de instrucciones.

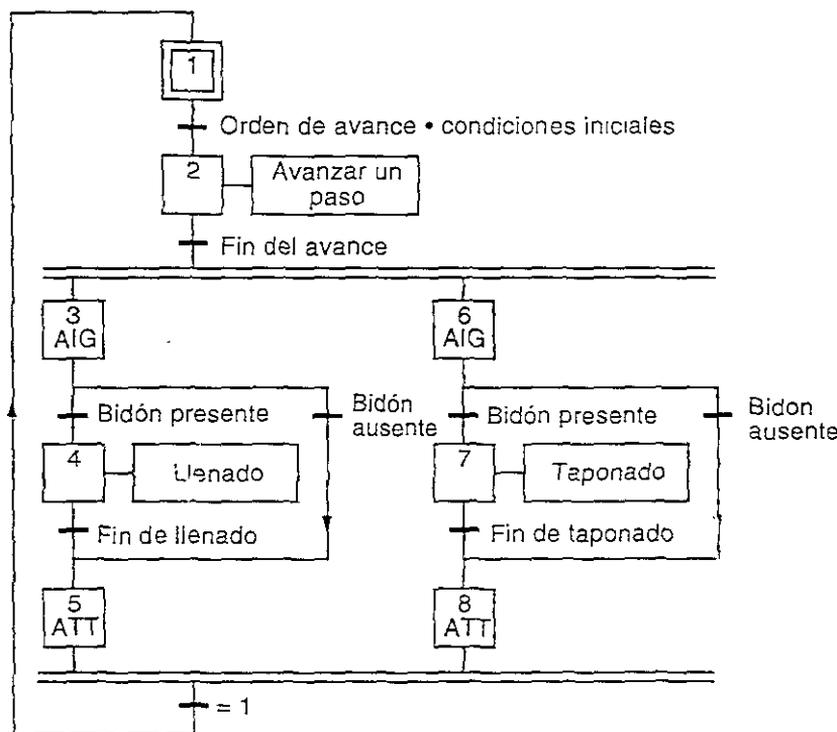


Figura 1.4.11 Ejemplo de GRAFCET.

EDITOR DE PROGRAMAS DEL LENGUAJE GRAFCET

El software PL7-Micro permite la instalación gráfica del lenguaje GRAFCET (Introducción de datos, visualización, puesta a punto con visualización dinámica figura 1.4.12)

El editor gráfico incluye 8 páginas con 11 columnas y 14 líneas cada una

Una barra de objetos gráficos permite acceder directamente a cada símbolo gráfico (etapas, transiciones, cambios, activaciones/desactivaciones simultáneas y reenvíos) por medio de una tecla dinámica

Las condiciones y las acciones se programan simplemente haciendo 'click' sobre el elemento gráfico deseado.

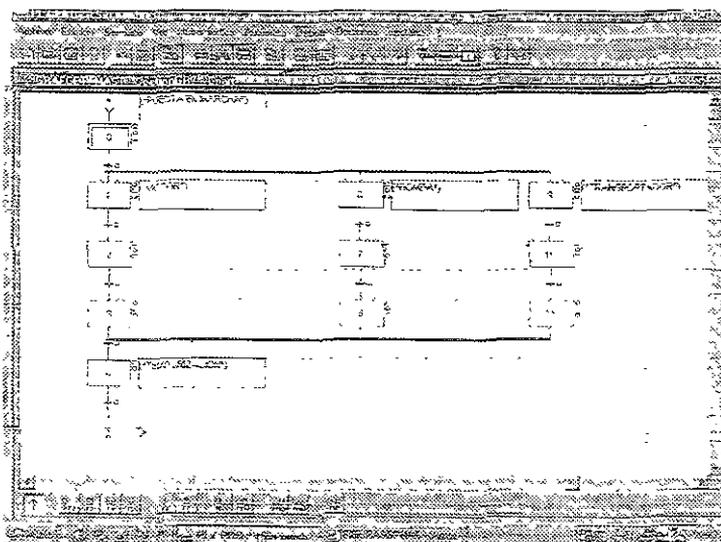


Figura 1.4.12 Editor de Grafcet

Cada elemento de cada etapa y cada elemento de transición puede ir acompañado de un comentario colocado al lado de la etapa y de la transición

PUESTA A PUNTO.

Un conjunto de funciones facilita la puesta a punto del programa GRAFCET

- Visualización dinámica del gráfico, las etapas activas aparecen en vídeo inverso.
- Puntos de interrupción en las acciones o condiciones
- Paso a paso GRAFCET.
- Activación, desactivación de una etapa.

EL GRAFCET.

- Puede tener 96 o 128 etapas (dependiendo del modelo del PLC).
- 16 o 24 etapas simultáneas.
- 128 transiciones.
- 8 páginas.

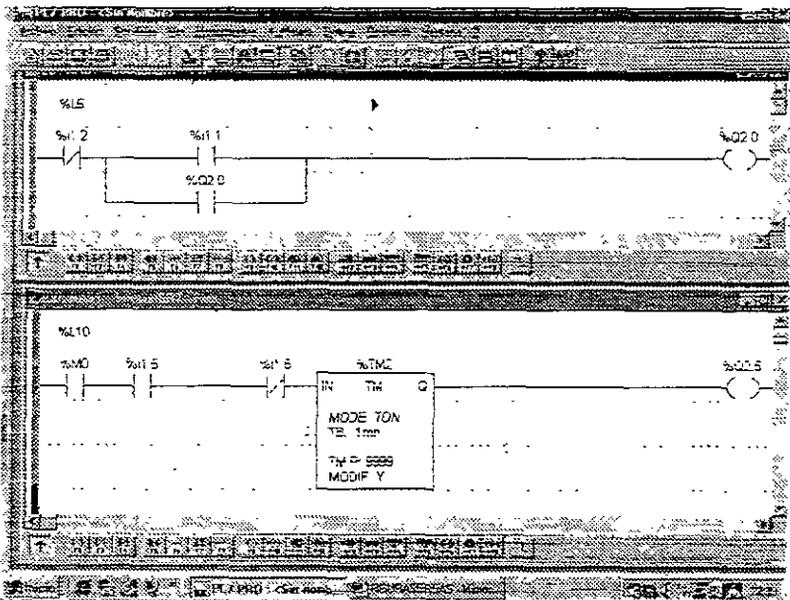


Figura 1.4.13 Visualización dinámica del GRAFCET.

FUNCIONES DEL SOFTWARE PL7 Micro

El software PL7 Micro ofrece servicios centrados en las 4 partes principales de la aplicación, figura 1.4.14:

- Variables.
- Programas.
- Configuración.
- Documentación.

Estos servicios se realizan a través de editores a los que se accede directamente desde la pantalla principal a partir de los iconos de la barra de herramientas. Las ventanas de los editores se pueden visualizar simultáneamente en una misma pantalla.

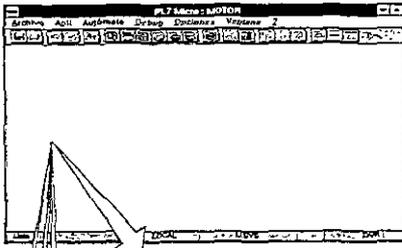
EDITOR DE VARIABLES

El editor de variables permite

Asignar un símbolo a los diferentes objetos de la aplicación: bits, palabras, bloques de funciones, entradas/salidas, ..

Definir los parámetros de los bloques de funciones predefinidos, figura 1.4.15 (temporizadores, contadores, registros, ..)

Introducir los valores de las constantes eligiendo la base de visualización (decimal, hexadecimal ..).



El software PL7 Micro ofrece servicios centrados en las 4 partes principales de la aplicación

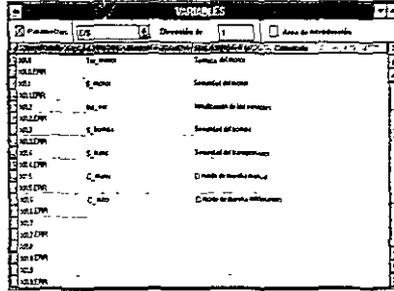
- variables,
- programas,
- configuración,
- documentación

Estos servicios se realizan a través de editores a los que se accede directamente desde la pantalla principal a partir de los iconos de la barra de herramientas

Las ventanas de los editores se pueden visualizar simultáneamente en una misma pantalla.

Ejemplo: posibilidad de programar y definir simultáneamente los símbolos en el editor de variables.

Editor de variables

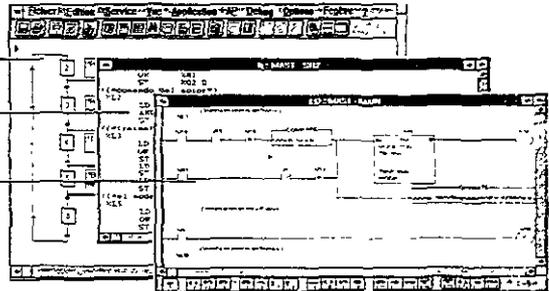


Editores de programas

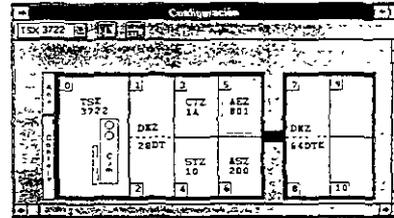
Lenguaje Grafset SFC

Lenguaje lista de instrucciones

Lenguaje de contactos



Editor de configuración



Editor de documentación

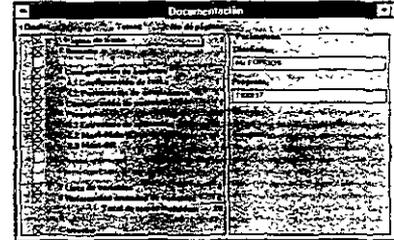


Figura 1.4.14b Software PL7-Micro

VARIABLES							
Parámetros		BF PREDEF.	TM	Area de introducción			
Variable	Símbolo	Preset	Modo	TD	Req	Comentario	
.TM0	tp_motor	1500	TON	100 ms	X	Temporización del motor	
.TM1	tp_hembra	1200	TON	100 ms	X	Temporización del bombeo	
.TM2	tp_alm	150	TON	10 ms	X	Temporización del alarmación	
.TM3	tp_trans	150	TON	1 s	X	Temporización del transporte	
.TM4		9999	TON	1mn	X		
.TM5		9999	TON	1mn	X		

Figura 1.4.15 Editor de variables.

Un símbolo puede tener una longitud máxima de 32 caracteres. Cada símbolo puede estar acompañado de un comentario de hasta 500 caracteres.

El acceso a los objetos es sencillo gracias a

- Su clasificación por familia y tipo.
- Las funciones de clasificación (clasificación por variables o referencias)
- La posibilidad de visualizar todos los objetos asociados a una misma variable (por ejemplo todos los bits de una palabra o todos los objetos asociados a un bloque de función predefinido).

EDITOR DE CONFIGURACIÓN.

El editor de configuración permite declarar y configurar de manera intuitiva y gráfica, los diferentes elementos que constituyen la aplicación del microautómata TSX figura 1.4.16

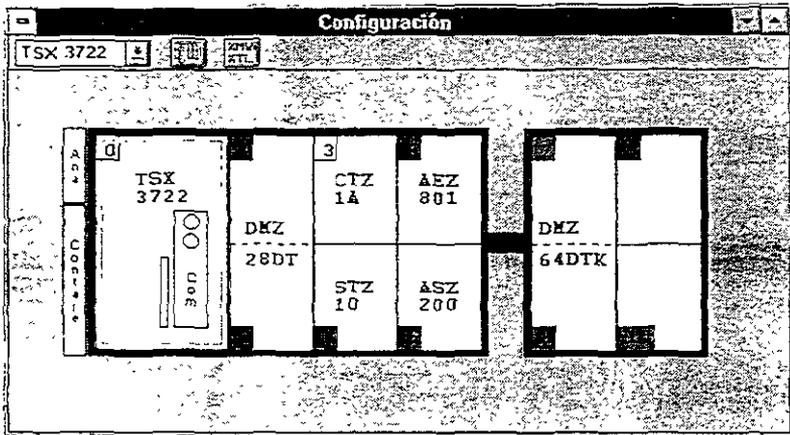


Figura 1 4.16 Editor de configuración.

- Procesador
- Tareas.
- Módulos de entradas/ salidas de oficios.
- Memoria.

Haciendo un 'click' sobre una posición sin configurar, aparece un cuadro de diálogo que indica los módulos de entradas/salidas disponibles, clasificados por familias, figura 1.4.17.

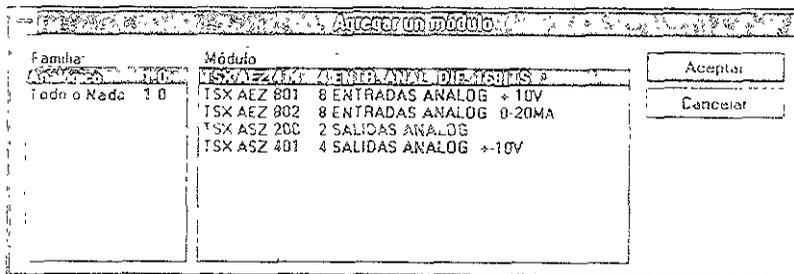


Figura 1.4 17 Módulos disponibles para una configuración.

Una vez establecidos los diferentes módulos, basta seleccionarlos para acceder a su cuadro de definición de parámetros. El editor de configuración permite definir también el software de la aplicación, elección del número de constantes, el número de palabras internas y el número de cada uno de los tipos de bloques de funciones (temporizadores, contadores, monoestables, ...) (figura 1.4 18)

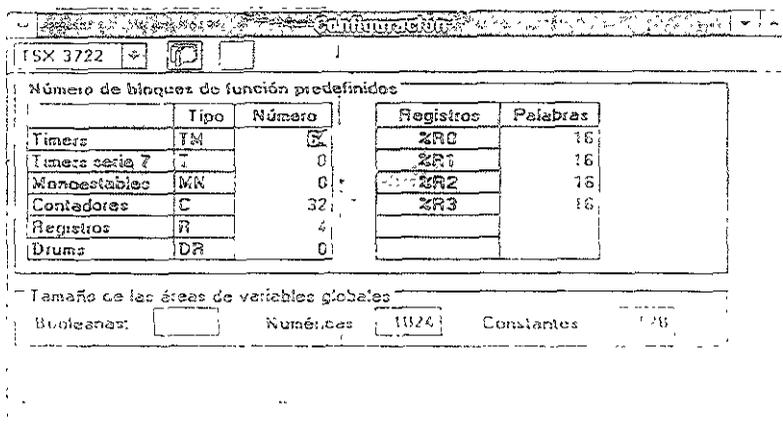


Figura 1.4 18 Elección de bloques de funciones.

HERRAMIENTAS DE PUESTA A PUNTO

El software PL7 Micro ofrece un conjunto de herramientas completo para la puesta a punto de las aplicaciones. Una barra de herramientas permite acceder directamente a las funciones principales:

- Colocación de puntos de interrupción.
- Ejecución paso a paso de un programa.
- Ejecución independiente de las tareas maestra MAST y rápida FAST

ANIMACION DE LOS ELEMENTOS DEL PROGRAMA.

Las partes del programa se animan directamente activando la función de animación de PL7 cuando el microautómata TSX está en modo RUN. El editor anima contactos bobinas y salidas de bloques de funciones, figura 1.4.19. La animación se puede congelar para obtener una imagen instantánea del programa

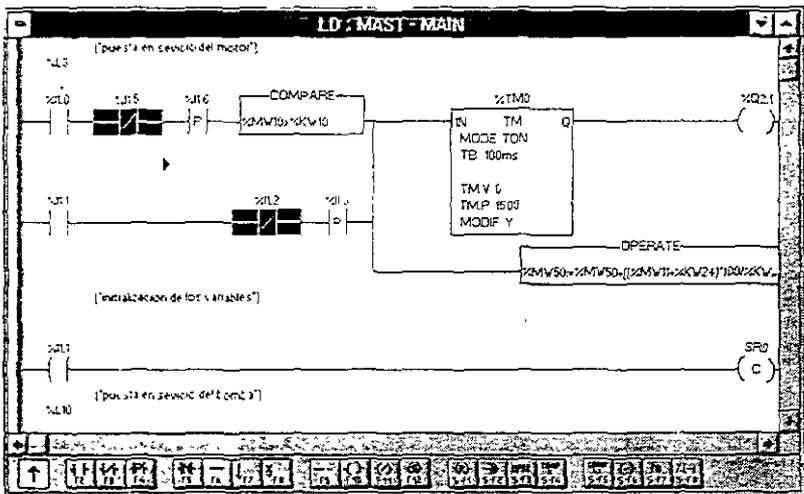


Figura 1.4 19 Pantalla con variables animadas.

TABLAS DE ANIMACION

Es posible crear tablas con las variables de la aplicación que se debe vigilar o modificar mediante la introducción de los datos o inicializarlas automáticamente desde la parte de programa seleccionada (figura 1.4.19). Las variables pueden modificarse o forzarse a 0 o 1 en el caso de los objetos bits

PANTALLA DE PUESTA A PUNTO DEL AUTOMATA

Desde esta pantalla se accede a las siguientes funciones (figura 1.4.20):

- Información sobre el estado de la aplicación.
 - Estado de los pilotos del autómata RUN, I/O, ERR
 - Tipo de procesador y dirección de red
 - Estado de forzado de bits
 - Tiempo de ejecución de las tareas MAST y FAST
 - Causa y fecha de la última parada del autómata.
- Control de la ejecución del programa
 - Ejecución independiente de las tareas
 - Arranque en frío y arranque en caliente
- Acceso a la actualización y a la visualización del reloj calendario
- Acceso al diagnóstico del programa y del módulo

Variable	Símbolo	Valor actual
%I10	Ter_motor	0
%I11	S_motor	0
%I12	Init_var	0
%I13	S_bomba	0
%I14	S_trans	0
%MW120		1267
%MW150		1000
%M5		0
%Q2.0		3
%Q2.3		0

Figura 1.4.20 Tabla de animación de las variables utilizadas

EDITOR DE DOCUMENTACIÓN

El editor de documentación permite imprimir la totalidad o parte de un expediente de aplicación en cualquier impresora gráfica accesible desde el entorno Windows.

CONVERTIDOR DE APLICACIONES PL7-2.

El software PL7-Micro incluye en su versión básica un convertidor de aplicaciones PL7-2 que permite volver a utilizar la totalidad o una parte de las aplicaciones escritas previamente para los autómatas TSX17, TSX27 o TSX47

ESTRUCTURA DEL SOFTWARE.

El software PL7-Micro ofrece dos tipos de estructura:

- **Monotarea:** es la estructura simplificada propuesta por defecto, en la cual solo se ejecuta una tarea maestra compuesta de un programa principal y de un subprograma.
- **Multitarea:** esta estructura, mejor adaptada para aplicaciones en tiempo real de alto rendimiento, se compone de una tarea maestra, una tarea rápida y tareas rápidas prioritarias.

ESTRUCTURA DEL SOFTWARE MONOTAREA.

Ofrece dos tipos de ejecución de ciclo:

- **Ejecución cíclica llamada normal:** Es la opción por defecto, figura 1.4.21.
- **Ejecución periódica:** El usuario determina en la configuración el tipo de ejecución y el período, figura 1.4.22.

ESTRUCTURA DEL SOFTWARE MULTITAREA

El software PL7-Micro presenta una estructura multitarea compuesta de:

Una tarea maestra

Una tarea rápida

Una o varias tareas por sucesos

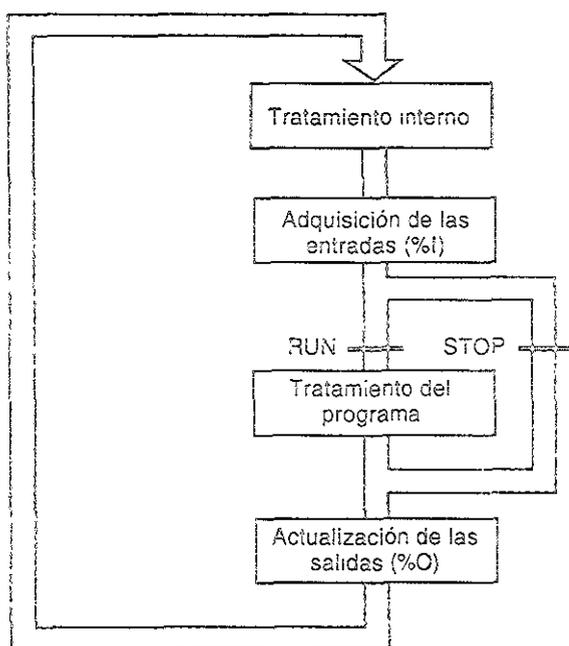


Figura 1.4.21 Ejecución normal (cíclica).

Si estas tareas son independientes y se ejecutan en paralelo, el procesador gestiona la prioridad de las ejecuciones. Al producirse un suceso o iniciarse la tarea rápida, ésta interrumpe la ejecución en curso de las tareas menos prioritarias, con el fin de ejecutar su tratamiento; la tarea interrumpida se reanuda una vez terminado los tratamientos de la tarea prioritaria (Figura 1.4.23).

Tarea maestra: tarea periódica o cíclica obligatoria, ejecuta el programa principal. Esta tarea se activa sistemáticamente.

Tarea rápida: esta tarea, prioritaria sobre la maestra, es periódica con el fin de dejar tiempo para la ejecución de la tarea menos prioritaria. Los tratamientos de esta tarea deben ser los más cortos posibles para no afectar a la tarea maestra. Es útil cuando es necesario vigilar evoluciones rápidas y periódicas "Todo o Nada".

Tareas por sucesos: estas tareas no están sujetas a un período, como ocurre con las anteriores. Su ejecución se dispara por la aparición de un suceso (ejemplo: un contador sobrepasa el umbral, cambio de estado de una entrada "Todo o Nada"). Estas tareas se tratan con prioridad sobre todas las demás, por lo que son adecuadas para los tratamientos que requieren tiempos de reacción muy cortos con respecto a la aparición del suceso.

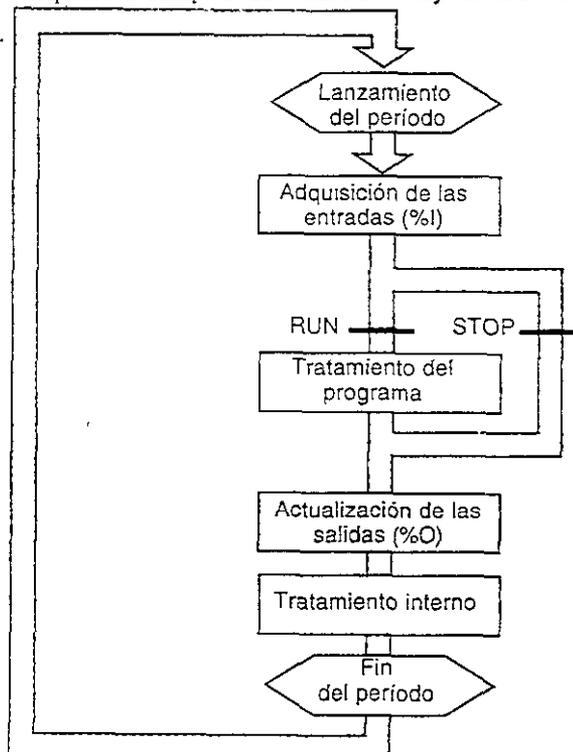


Figura 1.4.22 Ejecución periódica.

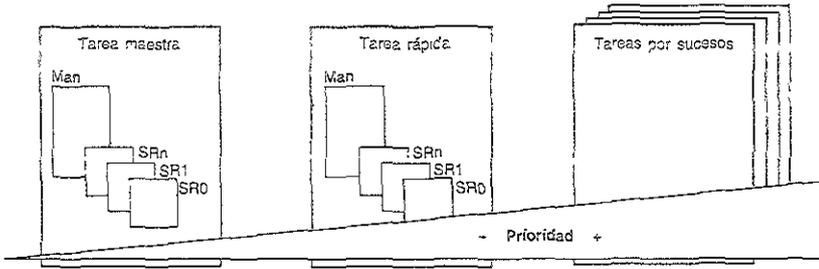


Figura 1.4.23 Estructura multitarea del software PL7-Micro.

BLOQUES DEL PLC-Micro.

El PLC consta de:

- 64 temporizadores de 10 ms a 9999 min. %TMI.
- 32 contadores hacia arriba-hacia abajo, de 0 a 9999. %C!
- 64 temporizadores de PL7-2. %TI.
- 8 monoestables. %MNI
- 4 registros de 16 bits, LIFO o FIFO. %RI.
- 8 programadores cíclicos de 16 pasos. %DRI.
- 256 bits internos. %Mi.
- 128 bits sistema. %Si.

1.5 SOFTWARE PARA SIMULACION INDUSTRIAL.

El Software de Simulación Industrial busca funcionar como una interfaz entre el hardware y el usuario, lo cual es útil tanto para el personal de Ingeniería como para los operadores del proceso. Las grandes ventajas de una herramienta como es el software nos permiten ubicar la variables de interés, observarlas, registrarlas y en caso de contingencia, puede poseer las rutinas necesarias para que el operador tome las acciones pertinentes.

EVOLUCIÓN.

La interfaz entre el sistema y el usuario ha evolucionado a través de los años, desde que los controladores eran manuales hasta los sistemas avanzados de simulación con multimedia y bases de datos enlazadas en redes informáticas.

En el nivel más sencillo esta interfaz ha consistido en elementos señalizadores, como lámparas indicadoras, interruptores de colores y de diferentes formas, y algunas pantallas desplegadas numéricas montables en panel, con indicación de variables tales como la temperatura o presión.

Los registradores giratorios, consistentes en una pluma que traza la tendencia de las variables en un papel que constantemente está girando, nacieron ofreciendo la primera forma de conservar un historial del comportamiento de las variables de interés.

Con el surgimiento de los tableros de control basados en relevadores y de la transmisión neumática, vino el concepto de Control Centralizado o "Cuarto de Monitoreo". Por primera vez, la información estaba siendo traída al operador. Sin embargo, la información centralizada era incompleta y por lo tanto poco confiable. Debido a ello los operadores continuaron haciendo sus recorridos.

Los controladores electrónicos analógicos y los Controladores Lógicos Programables (PLC) llegaron a la industria, ofreciendo mayor precisión, efectividad en costo y

abilidad en el control. Sumado a ello trajeron la capacidad de conexión punto a punto en redes, logrando así la transmisión de diversas variables a través de un número reducido de cables. Los cuartos de control mejoraron por consiguiente

Desde entonces, las consolas basadas en pantallas de Tubo de Rayos Catódicos (CRT) han incrementado su potencia, velocidad y fiabilidad. Estas permiten el acceso casi instantáneo a las variables medidas, aún a través de grandes plantas de producción.

Por otro lado, los sistemas computacionales avanzados comenzaron a usar estaciones de interfaz que ya son comunes para el operador, con desplegados múltiples de ventanas en una pantalla CRT simple, reduciendo el número y el tipo de consolas requeridas.

Adicionalmente han surgido familias de interfaces de Operador desarrolladas con pantallas planas, ya sea monocromáticas o a colores. Estas hay disponibles en diversos niveles de capacidad, desde puramente alfanuméricas con uno o más renglones de varios caracteres, hasta aquellas capaces de desplegar gráficos y conectarse en redes, siendo o no compatibles con las computadoras personales.

Hoy en día se desarrollan los sistemas para sacar el máximo provecho a los equipos de cómputo, aplicándolos para la observación y registro de las variables, así como la transferencia de información entre los diferentes niveles de la planta. Esto permite la inter-relación de las variables generadas en piso con las actividades administrativas de la empresa, tales como controles de eficiencia, inventarios y calidad, manejo de órdenes y apoyo para los departamentos de abastecimiento de las fábricas.

COMPONENTES DE LA INTERFAZ DE OPERADOR.

Como hemos visto, este dispositivo, también conocido como interfaz hombre-máquina es la vía de interacción con el proceso. Es el elemento que tiene la influencia más fuerte en las percepciones de la gente sobre un sistema de control determinado. La interfaz de operación consiste de un hardware, formado por los componentes físicos del sistema, y el software o conjunto de programas que la hacen operativa.

HARDWARE:

Se requiere de una pantalla, un teclado, dispositivos de acceso y dispositivos de almacenamiento. Los anteriores componentes existen en una gama muy variada desde los más sencillos y económicos, hasta terminales de operación electrónicamente robustas con gran capacidad de almacenamiento. La elección del hardware se hará en función de lo que el proceso realmente requiera.

SOFTWARE:

Todos los sistemas de cómputo necesitan software o programación para ejecutar sus tareas asignadas. El sistema de adquisición de datos, que está generalmente basado en una computadora, debe ser programado con información del proceso, algoritmos de control y las instrucciones de la interfaz del operador que son necesarias para el funcionamiento apropiado.

Algunas funciones de control pueden ser pre-programadas por el proveedor del sistema, mientras que otras deben ser configuradas por el usuario, el Ingeniero de Control. Los sistemas de control basados en computadora, vienen con software estándar a ser configurado para la adquisición de datos, el control del proceso, las alarmas, y los despliegues del operador.

El software que contiene el sistema de simulación en su totalidad, puede ser clasificado como ejecutivo, de soporte del sistema, de aplicación y de comunicaciones.

SOFTWARE EJECUTIVO.

Este es el sistema operativo de la computadora. Consiste de programas que vigilan y supervisan la operación actual del equipo mientras, que este está realizando una tarea.

Desarrolla funciones tales como :

- Planifica e inicia la ejecución de los programas de aplicación y del sistema;
- Almacena en la memoria principal y carga los programas de los dispositivos tales como cassettes, discos flexibles y periféricos en general.
- Supervisa las operaciones de los dispositivos de Entrada y Salida.

SOFTWARE DE SOPORTE DEL SISTEMA.

Consiste de programas que ayudan al usuario en el desarrollo de la aplicación. Estos programas son generalmente proporcionados por el vendedor. Ellos incluyen :

- Procesadores de lenguajes de cómputo que convierten programas de lenguajes de alto nivel como BASIC, FORTRAN, PASCAL y C en programas de lenguaje de máquina;
- Editores, que facilitan la creación y modificación de los programas escritos por el usuario; y
- Ayudas para encontrar errores de programación (debugging aids).

SOFTWARE DE APLICACION.

Consiste en programas para tareas que están directamente relacionadas a las funciones primarias de un sistema. Algunos ejemplos son:

- La lectura de entradas analógicas y digitales en la memoria,
- Calcular las salidas de control basándose en los valores de entrada y de referencia (set point),
- Convertir esta información en unidades de Ingeniería,
- Presentación de pantallas que ayuden al usuario a calibrar y sintonizar el sistema,
- Manejo de gráficos dinámicos que representan tanto el esquemático del proceso, como la ubicación de las diferentes variables de interés.
- Desplegado y almacenamiento de alarmas, manteniendo un registro histórico en la memoria para ser consultado en el momento que se requiera.

SOFTWARE DE COMUNICACIONES.

El sistema de comunicación facilita por una parte, el intercambio de información entre el proceso de control y los dispositivos de información, y por la otra el acceso a las bases de datos dentro del propio sistema de cómputo. El software de comunicación es propietario, aún cuando existe un estándar basado en la Organización Internacional de Estándares (ISO) el "Open System Interconnection" (OSI). Este estándar es para la conexión entre un sistema de comunicación y otro usando un protocolo predeterminado. Un protocolo es un conjunto de convenciones, que regulan la forma en la cual los dispositivos deben comunicarse uno con otro y viceversa.

Normalmente al adquirir el programa es necesario especificar los dispositivos y equipos que van a ser conectados, así como el estándar al que obedecen en caso de que así sea, ya que el paquete traerá los manejadores (Drivers) de comunicación adecuados para cada caso. En la mayoría de ellos los equipos a ser enlazados están preparados para la comunicación tipo "multidrop", la cual permite que varios sean conectados a un mismo puerto. Esto ofrece la ventaja de conocer varios equipos dentro de la planta sin la necesidad de un puerto y un "driver" por cada uno de ellos.

ELECCION E IMPLANTACION DE UN SOFTWARE INDUSTRIAL.

Para elegir e implantar la Interfaz de Operador adecuada existe una gran diversidad de opciones, por lo mismo es importante tomar en cuenta los siguientes pasos:

Definir los requerimientos del Sistema.

Elaborar una lista de la información que requiere conocer el operador del equipo, sin olvidar a los Ingenieros de Control de Calidad y al personal de Mantenimiento, pues este recurso es muy valioso para la localización y corrección oportuna de fallas o errores de operación del proceso a controlar.

Especificación del Sistema.

Una vez conociendo lo que se requiere monitorear y modificar, hay que definir las características necesarias del sistema.

Se van a modificar las variables o sólo se requiere conocerlas?

Basta con conocer la información en tiempo 'real' o es necesario almacenar algunas variables para observar tendencias o registros históricos?

Se necesita una representación mímica de los componentes del proceso?

Hay utilidad en integrar representaciones gráficas del comportamiento de las variables?

Qué conectividad se requiere?

Cuál es el nivel de preparación del operador, qué tipo de pantalla y teclado se necesita?

Con este tipo de preguntas se puede elaborar la hoja de especificaciones, tanto para software como el hardware de la Interfaz de Operador.

SELECCION DEL SISTEMA.

Basándose en las características requeridas, hay que elegir un sistema que no sólo cumpla con las especificaciones técnicas, sino que además sea sencillo de configurar, con fácil acceso a información, asesoría y refacciones en caso de requerirse soporte. En el caso de los sistemas más costosos, es importante que estén desarrollados bajo una plataforma lo más abierta posible tanto en hardware como software, pues de lo contrario los costos de mantenimiento a futuro pueden ser muy elevados

CONFIGURACION

Lo más importante en el proceso de configurar una interfaz de operador, es tomar en cuenta el aspecto cultural de los operadores. En el caso de los sistemas sencillos la mayoría de los usuarios presentan un rechazo al cambio, y en especial a la modernización, mismo que dificulta la asimilación de los conocimientos y por consiguiente el aprovechamiento de las ventajas que ofrece la terminal de operador.

El sistema debe ser configurado de modo que ofrezca fácil acceso a las pantallas requeridas, sin procedimientos complicados que puedan retrasar la respuesta del operador en caso de contingencia, o que hagan su trabajo más difícil. En contraparte las pantallas que contengan información confidencial, o bien con posibilidad de riesgo al ser accesadas, deben estar protegidas para que sólo puedan ser consultadas o modificadas por el personal adecuado. Para ello se requiere colocar Claves de Acceso (Password) que normalmente poseen varios niveles de permiso para navegar dentro de las pantallas que ofrece el sistema, de acuerdo a la capacidad del usuario ó su responsabilidad dentro de la empresa.

INSTALACION Y ARRANQUE.

Control Supervisorio y de Adquisición de Datos. Las interfaces de operador más avanzadas ofrecen la posibilidad de recolectar datos del proceso para su almacenamiento y análisis, además de monitorear las tareas de control automático y con ello elaborar reportes útiles.

Esto se logra gracias a la capacidad de los dispositivos de almacenamiento de información que éstas pantallas pueden direccionar. Van desde sistemas solos o en red hasta conexión de Sistemas de Informática Corporativos con el Nivel de Piso de la Planta.

Están formados por controladores de diversos tipos ó tarjetas electrónicas que emulan a esos controladores, y terminales ó computadoras con la capacidad de despliegue en pantalla y de almacenamiento de datos.

Se busca emular o cuando menos facilitar el trabajo humano de la supervisión, permitiendo tener menos recursos humanos dedicados a estas funciones a través de un sistema que sea una 'ventana' al proceso.

La falta de supervisión puede traer como consecuencia :

- o Accidentes de trabajo en el personal
- o Pérdidas económicas.
- o Calidad indeseable en el producto.
- o Pobre servicio al cliente.
- o Paros frecuentes del equipo de proceso.
- o Pérdidas de tiempo en localización de fallas.

CARACTERISTICAS DESEABLES DEL SOFTWARE DE ADQUISICION DE DATOS.

Basado en iconos.

Esto permite un acceso amigable para el usuario, eliminando la necesidad de leer mensajes constantemente, lo cual entorpece su tiempo de reacción.

Orientado a objetos

Cada gráfico ó elemento que se crea al configurar el paquete se considera como un ente u 'objeto' al cual se le atribuyen propiedades determinadas, tales como un tamaño, un color o la asociación directa con determinada variable del proceso. En contraparte

con los dibujos creados en base a pixeles, se facilita enormemente la configuración del sistema, pues es muy sencillo eliminar y mover elementos dentro de las pantallas gráficas, así como modificar sus propiedades, figura 1.5 1.

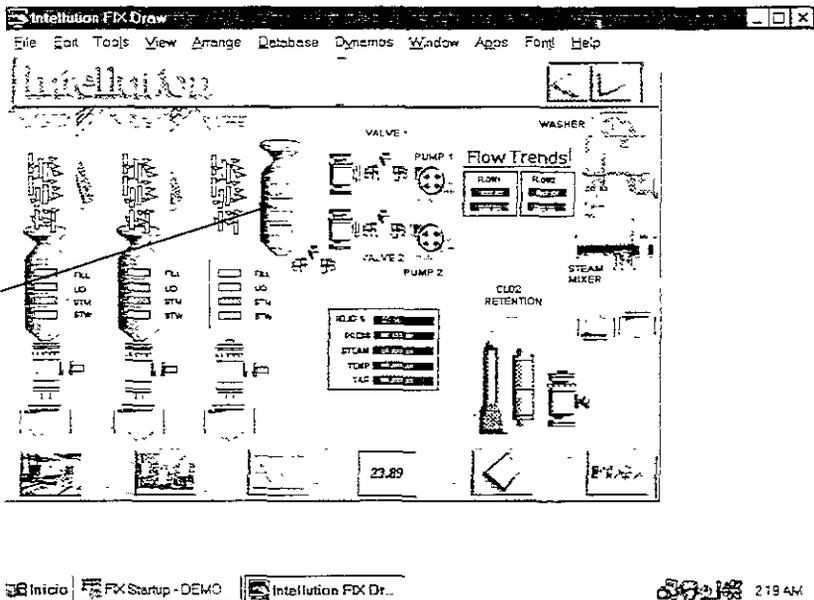


Figura 1.5.1 Orientado a Objeto.- Cada elemento se configura independientemente

MULTITAREA.

Consiste en que la terminal tiene capacidad de ejecutar varias funciones a la vez. Esto se antoja indispensable, especialmente para los sistemas más complejos debido a que el tiempo de actualización de las variables puede tomar valiosos segundos. Con la capacidad de Multitarea el equipo puede estar mostrando una ó varias pantallas de gráficos, al tiempo que ejecuta la rutina de comunicación para actualizar las variables, teniendo además la posibilidad de desplegar de inmediato una alarma en caso de presentarse, e incluso de tomar alguna acción de emergencia de ser necesario.

Es muy importante tomar en cuenta la velocidad de procesamiento del hardware utilizado, pues el monitoreo considerado como "en tiempo real" está sujeto al retardo de la comunicación de los puertos y por supuesto a la actualización del gráficos en el monitor.

Un sistema básico incluye las siguientes secciones y pantallas:

Gráficos de operación

Presenta en principio un esquema general del proceso que se está controlando, el cual sirve como guía para que el usuario identifique las diferentes secciones y subsistemas así como la nomenclatura, ubicación y papel que desempeña cada variable dentro del concepto global del sistema.

Especialmente en procesos complejos se tiene acceso a gráficos más detallados de cada sección, a través de un apuntador controlado por ratón (Mouse) o teclas de función.

Formalmente las pantallas gráficas presentan una visualización interactiva del estado en que se encuentra el sistema, representado por cambios en los colores, formas o posición de los diferentes elementos que integran el dibujo. Así por ejemplo, se aprecia fácilmente cuando un tanque está lleno, una mesa en desplazamiento ó un motor alarmado por sobrecorriente.

Para el desarrollo del sistema es muy común que los paquetes ofrezcan compatibilidad con programas de diseño como AutoCAD, lo cual facilita enormemente la implantación gracias a la existencia de librerías previamente elaboradas con los símbolos y gráficos más comunes. Figura 1.5.2.

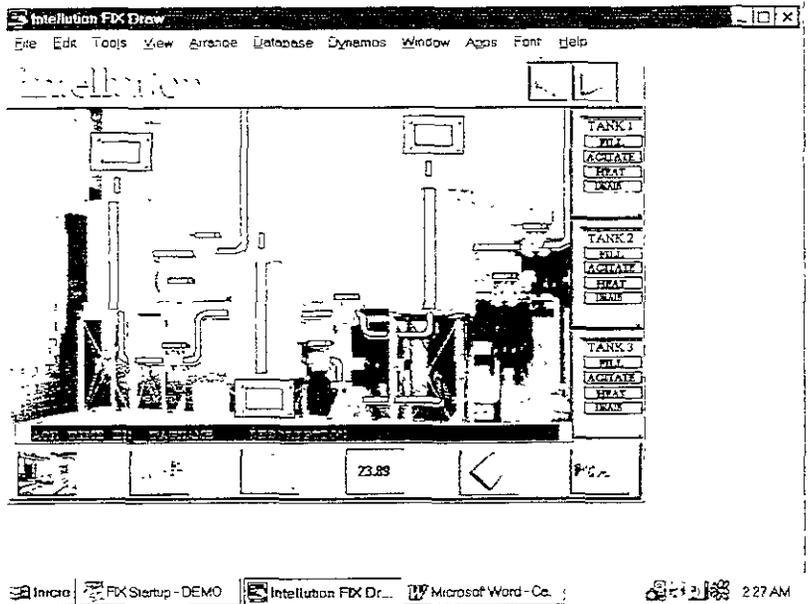


Figura 1.5.2 Manejo de Gráficos Avanzados.

CARATULAS DE CONTROLADORES.

En los casos que se presenten controladores de lazo independientes ó múltiples, pueden representarse la carátula de los mismos en un dibujo que permite ver en tiempo real el comportamiento de la consigna, la realimentación y la señal de control, así como acceso a los parámetros de configuración del controlador tales como las constantes de sintonización, escalas de despliegue y otros. Si el nivel de usuario lo permite, pueden cambiarse éstos parámetros desde la pantalla sin necesidad de acudir a piso para modificarlos directamente sobre el controlador.

La mayoría de los paquetes poseen bibliotecas con carátulas predibujadas de los controladores más populares, de modo que la configuración del sistema se facilita enormemente, figura 1.5.3.

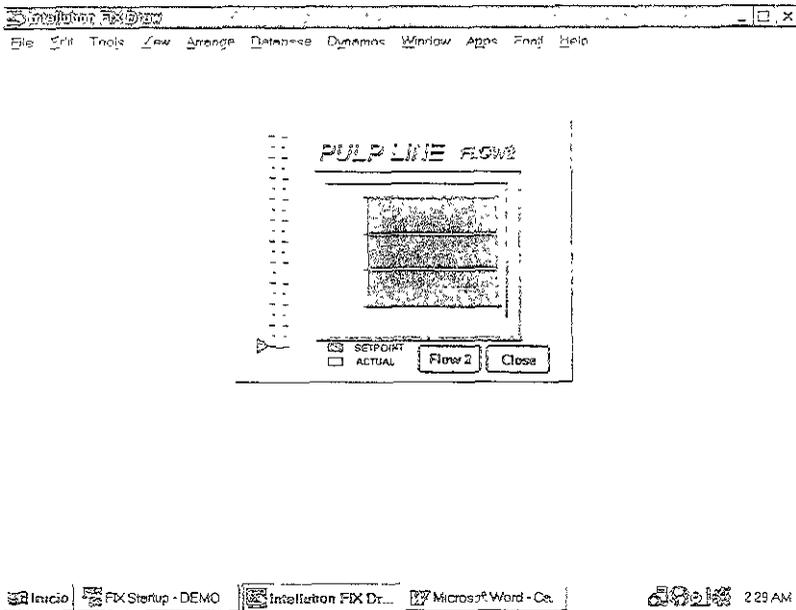


Figura 1.5.3 Representación de Controladores de Lazo

COMPORTAMIENTO HISTORICO DE VARIABLES.

Se puede almacenar el valor presentado por las variables seleccionadas, por períodos de muestreo configurables, pero limitados por la velocidad de comunicación y por consiguiente de actualización de la información. Por otro lado, el número total de muestras estará limitado por el poder del programa mismo, aunque la mayoría de los fabricantes ofrecen versiones que pueden almacenar tantas muestras como tengan capacidad los dispositivos periféricos, como discos duros o cintas.

La información se presenta ya sea en forma de tablas numéricas o más comúnmente como gráficos de tendencias, ya sea en coordenadas de dos ó tres ejes, o bien como gráficos de barras. Cada variable es identificada con diferentes colores y formas de línea y el programa permite recorrer el instante de tiempo que se observa (número de la muestra) así como modificar la escala de cada eje. Algunos paquetes ofrecen la

posibilidad de gráficar una variable contra otra que no sea el tiempo, lo cual es de especial utilidad en los procesos por lote (no continuos), figura 1 5.4.

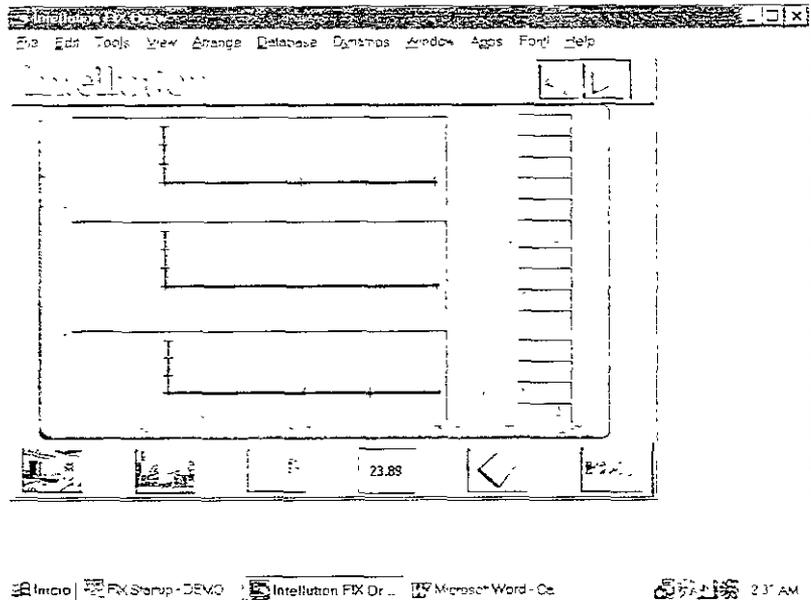


Figura 1.5.4 Gráficos de Tendencias en Tiempo Real

CUADRO DE ALARMAS.

Es de vital importancia conocer una alarma en el momento en que se presenta, por lo que será desplegada en el monitor sin importar la pantalla que se esté viendo en ese momento. Por norma la indicación de alarma se hace con señalización en color rojo y de preferencia destellante.

Todo usuario puede tener acceso al cuadro de alarmas, en donde se muestran todas las que están activas en ese momento. Normalmente se permite introducir a la interfaz una acción de "Enterado" (Acknowledge) que cambia de prioridad a la alarma pero no la desactiva, hasta que se resuelve lo que la ha causado en principio.

Este cuadro muestra el tipo de alarma, su nivel de gravedad e información sobre fecha y hora de ocurrencia. Algunos casos identifican a la persona que dio entrada a la señal de Enterao y en qué momento tuvo lugar.

Adicionalmente existe un cuadro histórico, en donde se muestran en orden de ocurrencia todas las alarmas presentadas durante un tiempo configurable por el diseñador del sistema, estén o no activas actualmente. Por lo común éste histórico, así como todos los registros de información almacenada puede borrarse por personas autorizadas a efecto de liberar área de almacenamiento de datos, figura 1.5.5.

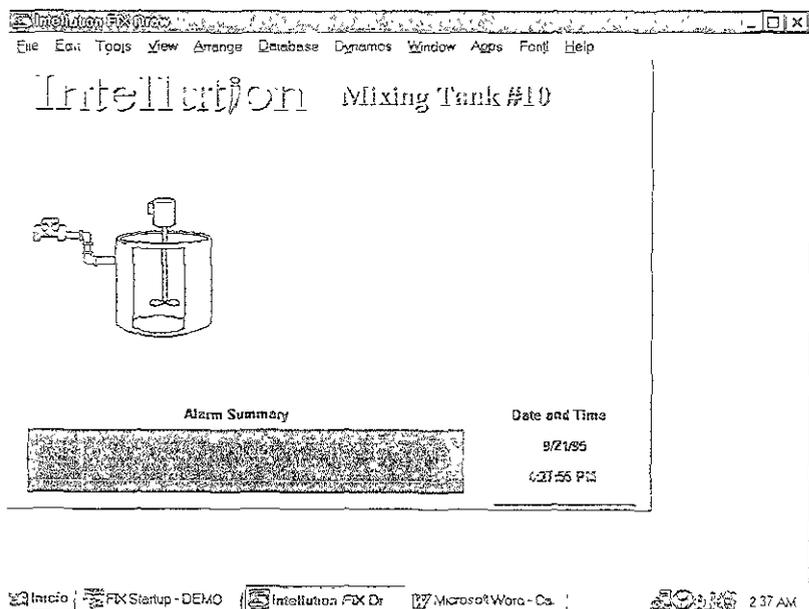


Figura 1.5.5 Cuadros de Alarmas

Un sistema más completo también incluye lo siguiente:

PANEL DE SINTONIZACION.

Además de presentar las carátulas de los controladores de lazo, se tiene acceso a un panel que permite la modificación de sus parámetros internos, específicamente los que intervienen en la sintonización del lazo por medio de algoritmos de control. Esto ofrece la ventaja de no tener que acudir a piso para trabajar sobre los controles, además de que en muchas ocasiones se puede documentar la información sobre sintonización, procedimiento útil para efectos de certificaciones de calidad tales como ISO 9000 y similares.

GRAFICAS DE CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS.

Posee librerías que calculan y permiten observar las diferentes variables usadas para mejorar el proceso basándose en los resultados obtenidos en el transcurso del tiempo. Es una herramienta para implantar cambios tendientes a mejorar la eficiencia, ahorro de energía y calidad resultante del producto.

GRAFICAS DE CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD.

A partir de la medición de variables directamente en proceso y su captura en el sistema, se gráfica el comportamiento del producto y se puede asociar con los ajustes del proceso, generando la información necesaria para correlacionarlos y así tomar las medidas necesarias para entregar la calidad esperada. Se usan las cifras manejadas por los sistemas más actuales de control de calidad (cálculos de medias, desviaciones, tendencias, etc.)

MANEJO DE RECETAS.

En ciertos procesos, especialmente los de producción por lote o tipo 'batch', se requiere una base de datos en donde aparezcan registradas diversas recetas para cada tipo de producto. La terminal de operador permite elegir los componentes de una receta con sólo seleccionar el producto deseado, a partir de lo cual envía la información necesaria.

al sistema de control (ya sea PLC, o similar) para la dosificación de cada ingrediente
figura 1 5.6

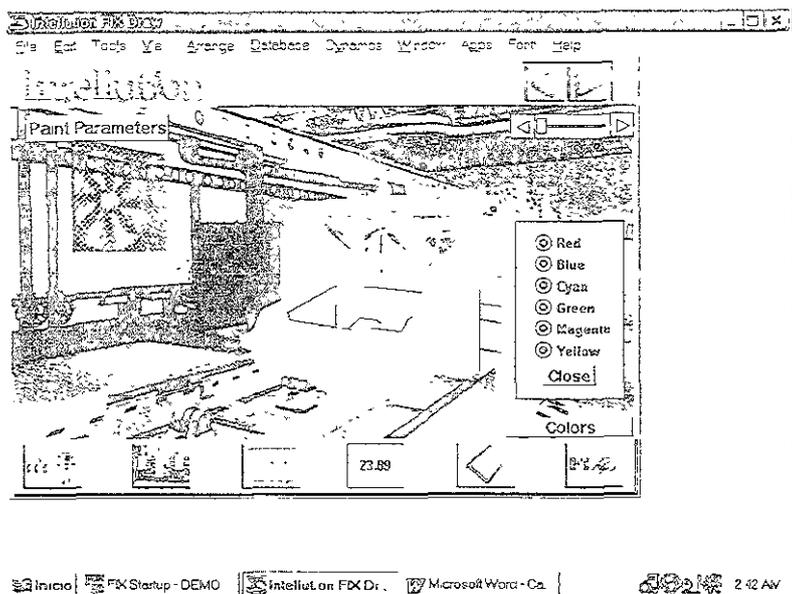


Figura 1 5 6 Manejo de Recetas

La receta incluye además de los ingredientes, los pasos de proceso requeridos, dando la posibilidad de establecer tanto tiempos como otras variables (temperaturas, presiones, etc.)

Los resultados de cada lote se almacenan en archivos específicos y se imprimen en reportes para anexarse al lote en cuestión. De éste modo se puede dar seguimiento detallado al mismo

HERRAMIENTAS EN LENGUAJE C.

Como no existe el paquete perfecto, se tiene la posibilidad de anexión para programas específicos desarrollados por el usuario con aplicaciones no contempladas por el fabricante.

Lo más común es la integración de programas elaborados en Lenguaje C, aunque también se usa Visual Basic, Fortran y otros.

COMUNICACION PARA INSTRUMENTOS VARIOS.

Es importante consultar la lista de dispositivos de comunicación disponibles para cada paquete, pues no todos tienen los mismos. Una medida para evitar el uso de muchos puertos de comunicación es usar protocolos estandarizados, tales como 'Modbus', 'Device-Net', 'Profibus', 'ASI' y similares, los cuales permiten enlazar equipos de diferente fabricante y naturaleza, al mismo puerto.

APLICACION DEL SOFTWARE DE MONITOREO.

En las empresas poco automatizadas, a nivel básico, los modernos paquetes informáticos permiten que el operador se comuníque con la máquina, que en este caso reside en el piso de la planta. Una de las ventajas es que se pueden reemplazar tableros, botones y grandes volúmenes de cableado, además de que hay una gran flexibilidad a un precio muy razonable. Un registrador con cuatro plumas, por ejemplo, puede costar un promedio de 2,000 dólares, mientras que, por la misma cantidad, hoy se obtiene un software que puede tener 20 registradores diferentes.

La mayoría de las grandes plantas automatizadas ya cuentan con alguno de estos sistemas informáticos, pero la novedad de los últimos años es que se están usando en el nivel más alto, esto es, para exportar la información en tiempo real hacia la oficina de los encargados de la producción e incluso, a la de los ejecutivos en la gerencia o los corporativos. Esto se ha facilitado porque utilizan interfaces muy fáciles, sin comandos ni líneas de programación. Se trata de un avance significativo, que en lo sucesivo permitirá afinar los procesos y las vías de comunicación dentro de las compañías.

Existen casos de compañías en cuyo cuarto de control se generaba un reporte en papel, que un mensajero ponía en su sobre para llevarlo a la oficina y de ahí, hasta algún otro lugar, donde lo recibían los ejecutivos. Era una forma de pseudoautomatización que no tenía ningún sentido y que, afortunadamente, ha desaparecido por completo.

También se han alcanzado mejoras substanciales en la forma como se presenta la información. Los modelos pioneros entregaban muchos datos, quizá dispersos y de difícil manipulación. Ahora se entregan perfectamente digeridos y los reportes tienen el formato exacto que le sirve al gerente de planeación o al director de operaciones y que además, se puede alimentar en sistemas administrativos. Un interesante ejemplo tomamos de una industria mexicana: Con base en los medidores de consumo eléctrico es posible generar una factura en tiempo real, es decir, que el personal operativo sabe a cada instante cuanto lleva facturado la compañía de luz hasta ese momento. Al usuario se le da una variable muy sensible, la de los pesos, en lugar de una más abstracta, en términos de Kilowatts/hora.

Naturalmente, tampoco hay que reducir el aporte de la tecnología a unas cuantas pantallas simplistas, que quizá impresionan porque están diseñadas para un ambiente gráfico como Windows o porque utilizan gráficas y hasta multimedia. La cantidad y calidad de la información, junto con la facilidad para asimilarla, dependen todavía de la inteligencia y transparencia con la que se le pide, porque el sistema lo mismo puede ofrecer gráficas espléndidas que otras caóticas y sin sentido. El software puede entregar un gran volumen de información sistematizada pero hay que saberlo pedir; para hacerlo se requiere, como en todo asunto tecnológico, la adecuada capacitación.

Con estos últimos conceptos también es notorio que los desarrolladores e integradores de sistemas informáticos y de automatización han tenido que vincularse muy estrechamente con sus clientes y usuarios, para quienes se han convertido en una especie de socios tecnológicos. Por su particular naturaleza y por la necesidad de

modelario según las condiciones particulares de cada proceso, el software de manufactura propicia que se establezca una especie de asociación productiva entre el proveedor y el usuario, una relación personalizada que va más allá de la mera capacitación.

Un ejemplo son las pantallas que se pueden programar en términos de color y configuración, con el detalle que el usuario solicite, además de que en muchos casos se toman fotografías de la maquinaria y los procesos para digitalizar las imágenes y producir esquemas o gráficas que reproduzcan las condiciones del medio ambiente. De este modo se logra que los operarios reconozcan con facilidad los indicadores, niveles y actividades reflejadas en el monitor de la computadora.

IMPORTANCIA DEL MANEJO DE LA INFORMACION.

Los sistemas productivos necesitan ser auditados por la exigencia de los clientes mayores o la cadena de proveedores. Los industriales pequeños y medianos empiezan a darse cuenta de que las cajas negras que controlan los procesos también pueden ser fuente de información. Comienza a desarrollarse la conciencia de que deben conectar esos equipos y sacar la información para aprovecharla en la toma de decisiones. En empresas con 200 trabajadores o menos se están viendo ciertas formas de documentación y control estadístico de la calidad que les permite convertirse en proveedores confiables de otras industrias o para alimentar sistemas administrativos.

Por ejemplo, un industrial que necesita varios medidores analógicos en un tablero de distribución eléctrica, los sustituye por un instrumento electrónico que le da los mismos resultados a un precio incluso menor. Con esa instrumentación es posible analizar el consumo de dicho tablero y la información se puede enviar a una PC para obtener gráficas. A fin de reunir la información de todos los tableros sin necesidad de ir físicamente al piso, lo que sigue es conectar una pequeña red y monitorearlos desde una computadora.

Una vez en posesión de la información, lo natural es explotarla para bajar los costos por ejemplo. Con programas comerciales se pueden interpretar los picos y hacer una redistribución de cargas durante el día, además de identificar errores, problemas de factor de potencia, armónicos, la calidad de la energía y hasta la forma en que factura el proveedor de electricidad. Esta es información que sirve para fines productivos, porque el consumo de la energía eléctrica es un costo variable que aplica directamente al proceso productivo.

Con todo, el manejo de la información debe hacerse de manera juiciosa. En muchos proyectos industriales se enfatiza en este tema. Es posible que, en algunos casos, se produzca un exceso de información o que se ofrezcan posibilidades novedosas o de escaso interés. El manejo de información debe establecerse según niveles.

Un director general quizá sólo necesita saber qué entró y qué salió y qué gastos tiene, de modo que posiblemente no interese saber si una máquina en particular está parada o funcionando. Esto en cambio, puede ser de interés para personal más cercano al nivel de la manufactura, en mantenimiento, o en compras.

En resumen podemos decir que el Software de Simulación del Proceso, como parte de la interfaz del Operador, es sumamente útil en los sistemas que manejan diversas variables, y es más justificable entre mayor complejidad presente el proceso a controlar. Para los casos de sistemas sencillos, tales como máquinas con pocas variables o que presenten únicamente procesos de tipo ON/OFF, pueden seleccionarse interfaces más sencillas tipo panel de operador en tablero.

1.6 SISTEMAS DE CONTROL

En la industria, existen procedimientos los cuales sería muy complejo desarrollar de una manera no automatizada. De tal modo, se han desarrollado avances tecnológicos para resolver las situaciones y problemas específicos de las diferentes áreas de la industria, en este caso la de un sistema de cincado y niquelado de piezas metálicas para cerraduras.

Así, sabemos que se han logrado desarrollar sistemas lógicos de control para satisfacer los requerimientos de la industria en general, llegando a la automatización en los procesos.

La creación de los Controladores Lógicos Programables PLC's, ofrecen la ventaja de tomar decisiones que realice el sistema, por medio de un programa o código de instrucciones, de tal manera, que en un momento determinado, si el control no es el adecuado o el esperado, se pueden modificar las instrucciones de programación, y así hacer más fácilmente las correcciones en software.

CONCEPTOS BASICOS Y GENERALIDADES

El Control, esencialmente el automático ha jugado un papel vital en el avance de la Ingeniería y de la Ciencia, además se ha convertido en parte integral de los procesos de manufactura e industria modernos.

El propósito principal del Control es mantener un determinado valor de operación en las distintas variables que en éste intervienen, como: temperatura, presión, flujo o posición.

Como se sabe, los procesos son de naturaleza dinámica, porque en ellos siempre ocurren cambios, y si no se emprenden las acciones pertinentes, las variables que intervienen se saldrán de control y no se cumplirá con las definiciones de calidad del producto que se esté realizando, ni tampoco con los valores nominales de operación de los equipos para los cuales fueron diseñados.

Así, se tienen que definir los siguientes términos:

- **Planta.** Grupo de piezas de una maquinaria funcionando en conjunto
- **Proceso:** Operación o desarrollo natural, caracterizado por una serie de cambios graduales y que tienden a un determinado resultado.
- **Sistema:** Combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo
- **Perturbación:** Señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema
- **Control de realimentación.** Operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida y la entrada de referencia de un sistema, y que lo hace sobre la base de esta diferencia.
- **Sistema de Control Realimentado:** Aquel que tiende a mantener una relación preestablecida entre la salida y la entrada de referencia, comparando ambas y utilizando la diferencia como un parámetro de control
- **Servomecanismo:** Sistema de control realimentado en el cual la salida es alguna posición, velocidad o aceleración mecánica.
- **Sistemas de Control de lazo cerrado:** Aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción del control.
- **Sistemas de Control de lazo abierto:** Son aquellos en los que la salida no tiene efecto sobre la señal de control; es decir, la salida ni se mide, ni se realimenta para comparación con la entrada.

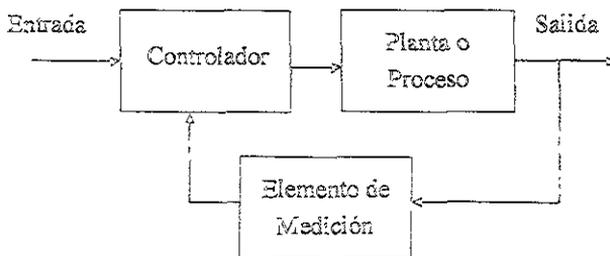


Figura 1.6.1 a Sistema de Control de Lazo Cerrado

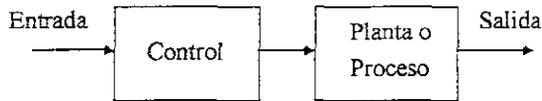


Figura 1.6.1 b. Sistema de Control de Lazo Abierto

La base matemática de los sistemas de control, es la Transformada de Laplace. Este método operacional puede usarse con ventaja para la resolución de ecuaciones diferenciales lineales. Con el uso de la Transformada de Laplace se pueden convertir muchas funciones habituales, como funciones sinusoidales, sinusoidales amortiguada y exponenciales, en funciones algebraicas de una variable compleja. De manera que se puede transformar una ecuación diferencial lineal en una ecuación algebraica con una variable compleja. Entonces se puede hallar la solución de la ecuación diferencial con el uso de una tabla de Transformadas de Laplace.

Muchos sistemas dinámicos pueden ser caracterizados por ecuaciones diferenciales. Para obtener las ecuaciones se utilizan las leyes físicas que gobiernan un sistema particular, por ejemplo las leyes de Newton para sistemas mecánicos, las leyes de Kirchhoff para sistemas eléctricos, etc.

La descripción matemática de las características dinámicas de un sistema se denomina *modelo matemático*. El primer paso en el análisis de un sistema dinámico, es elaborar su modelo. Los modelos pueden tomar muchas formas distintas. Según el sistema que se trate y las circunstancias, una representación matemática puede ser más adecuada que otras representaciones.

Una vez obtenido el modelo matemático de un sistema se pueden usar diversas herramientas analíticas y computacionales con el objeto de su adecuado análisis y síntesis.

Los *sistemas lineales*, son aquellos en los que las ecuaciones del modelo son lineales. Una ecuación diferencial es lineal si los coeficientes son constantes o funciones únicamente de la variable independiente.

Los *sistemas no lineales* son aquellos representados por ecuaciones no lineales. Por ejemplo:

$$y = \text{sen } x$$

$$y = x^2$$

$$z = x^2 + y^3$$

Es importante mencionar que dentro del estudio de los sistemas dinámicos, existe el uso de las funciones generalizadas –también conocidas como funciones singulares –, esto se debe principalmente al uso frecuente que se les da en el análisis de éste tipo de sistemas

Las funciones generalizadas de mayor interés son:

- La función escalón
- La función rampa
- La función impulso

La función escalón unitario puede ser sujeta a las siguientes operaciones: Multiplicación por una constante arbitraria, desfaseamiento en el tiempo, adición y multiplicación con otras funciones del tiempo. También se le puede aplicar las operaciones de derivación, integración y transformación.

La función rampa puede ser sujeta a las siguientes operaciones: Multiplicación por una constante arbitraria, desfaseamiento en el tiempo, suma algebraica de funciones rampa (aquí, no se considera la multiplicación con otras funciones del tiempo, debido a que no tiene aplicación práctica). También pueden aplicar los siguientes operadores: derivación, integración y transformación.

La función impulso es la de mayor importancia y uso frecuente en el estudio de los sistemas dinámicos, ya que a partir de ésta se deriva el concepto de función de transferencia.

Podemos decir que la función impulso se interpreta como un pulso de duración muy pequeña (infinitesimal) con la condición de que el área de éste pulso sea unitaria.

La función impulso, al igual que las funciones escalón y rampa, puede ser sujeta a las siguientes operaciones: multiplicación por una constante arbitraria, y desfásamiento en tiempo. También se le puede aplicar los siguientes operadores: derivación, integración y transformación.

En la teoría del control, muy frecuentemente se utilizan funciones denominadas "funciones de Transferencia", para caracterizar las relaciones de entrada-salida de sistemas lineales invariantes en el tiempo.

La función de transferencia de un sistema lineal invariante en el tiempo está definida como la relación de la transformada de Laplace de la salida a la transformada de Laplace de la entrada bajo la suposición de que todas las condiciones iniciales son cero.

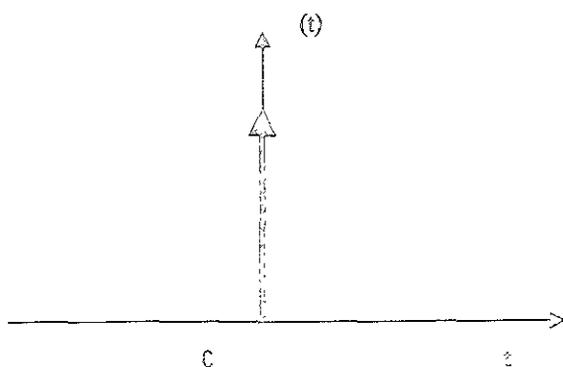


Figura 1.6.4 Representación gráfica de la función Impulso

ACCIONES BASICAS DE CONTROL

Un control automático compara el valor efectivo de salida de un planta con el valor deseado, determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor muy pequeño. La forma en que el control automático produce la señal de control, recibe el nombre de *acción de control*

Un sistema típico de control industrial esta formado por cuatro elementos básicos que son los siguientes:

- Sensor, es el elemento primario
- Transmisor, sería el elemento secundario
- Controlador, que sería el "cerebro" del sistema de control
- Elemento final de control, es un actuador; éste puede ser una válvula de control, un motor de C.D. y las bombas de velocidad variable (variadores de frecuencia), entre otros.

La importancia de estos componentes estriba en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control; Estas operaciones son:

1. *Medición (M)*: la medición de la variable que se controla se hace generalmente mediante la combinación de sensor y transmisor.
2. *Decisión (D)*: con base en la medición, el controlador decide qué hacer para mantener la variable en el valor que se desea.
3. *Acción (A)*: como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente ésta es realizada por el elemento final de control.

Ahora es necesario definir algunos otros términos que se usan en el campo del control automático de procesos. El primer término, es variable controlada, esta es la variable que se debe mantener dentro de un valor deseado. El segundo término es punto de control, el valor que se desea tenga la variable controlada. La variable manipulada es

variable que se utiliza para mantener a la variable controlada en el punto de control. Finalmente, cualquier variable que ocasiona que la variable de control se desvíe del punto de control, se define como perturbación o trastorno. Aquí, lo importante es comprender que en todos los procesos que requieran control, estas perturbaciones son la causa más común de que se requiera el control automático de proceso; si no hubiera alteraciones, prevalecerían las condiciones de operación del diseño y no se necesitaría supervisar continuamente el proceso.

Es posible diseñar sistemas que tengan un desbalance bajo (diferencia entre el valor medido y el valor de referencia) y alta velocidad de respuesta, pero a veces tienden a ser inestables, o sea, que tienen grandes variaciones violentas en el valor de la variable controlada a medida de que frenéticamente "busca" el valor apropiado de salida del controlador. Esto sucede porque el sistema sobrerreacciona a una perturbación o error, ocasionando así un error mayor en la dirección contraria. Intenta corregir este nuevo error y nuevamente sobrerreacciona yéndose a la otra dirección. Cuando esto sucede, se dice que el sistema es oscilante.

Como puede verse entonces, un buen sistema de control es aquel que es estable a menos violencia en las oscilaciones de la variable controlada. Se puede hacer así una clasificación más acerca de los sistemas y modos de control.

Un control automático compara el valor efectivo de salida de una planta con el valor deseado, determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño.

De acuerdo con su acción de control se pueden clasificar los controles automáticos en:

1. Todo o Nada (ON-OFF) (Si-No)
2. Proporcional (P)
3. Proporcional-Integral (PI)
4. Proporcional-Derivativo (PD)
5. Proporcional-Integral-Derivativo (PID)

Esta lista está dispuesta en orden de complejidad de los mecanismos y circuitería involucrada

Un control automático debe detectar la señal de error actuante, que habitualmente se encuentra en un nivel de potencia muy bajo, y amplificarla a un nivel suficientemente alto. Por tanto, se requiere de un amplificador. La salida del control automático va a actuar sobre un dispositivo de potencia, como un motor neumático o válvula, o un motor eléctrico. La figura 1.6.5 se muestra el diagrama de bloques de un control automático industrial y elemento de medición.

En los controles automáticos industriales, son muy comunes los cinco tipos anteriores de control, a lo que llamamos *acciones de control*; éstos se verán a continuación.

El primer modo, Todo o Nada, es un sistema de control de dos posiciones. El elemento accionador tiene solamente dos posiciones fijas, que en muchos casos son simplemente conectado y desconectado. El control Todo o Nada, es relativamente simple y económico, y, por esta razón, ampliamente utilizado en los sistemas de control, tanto industriales como domésticos.

El segundo control, Proporcional, es una forma de control en la que existe una relación lineal entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control; esto por el hecho de que éste tipo de controles utilizan el principio de la retroalimentación negativa en sí mismos.

Cualquiera que sea el mecanismo en sí, y sea cual fuere la potencia que lo alimenta, el control proporcional esencialmente es un amplificador con ganancia ajustable. Es por eso que un control electrónico proporcional es un amplificador que recibe una pequeña tensión de señal y produce una tensión de salida de nivel de potencia más elevado.

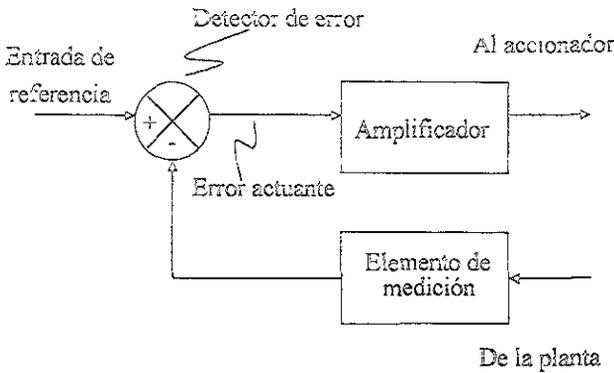


Figura 1.6.5 Control Automático y Elemento de Medición

El control *Proporcional-Integral*, es una forma de control en el que el elemento final se mueve de acuerdo con una función integral en el tiempo de la variable controlada. En éste tipo de acción de control, a la inversa del tiempo integral se le llama frecuencia de reposición. La frecuencia de reposición es el número de veces por minuto que se repite la parte proporcional del control. La frecuencia de repetición se mide en términos de repeticiones por minuto.

En el caso del control *Proporcional-Derivativo*, es la forma de control en la que existe una relación lineal continua entre la velocidad de variación de la variable controlada y la posición del elemento final de control.

La acción de control derivativa, a veces es denominada control de velocidad, es cuando el valor de salida del control es proporcional a la velocidad de variación de la señal de error actuante.

Mientras la acción de control derivativo tiene la ventaja de ser anticipadora, tiene las desventajas de que amplifica las señales de ruido y puede producir el efecto de saturación en el accionador.

Hay que hacer notar que nunca se puede tener una acción de control derivativa sola porque este control es efectivo únicamente durante periodos transitorios.

La combinación de los efectos de acción proporcional, acción de control derivativa y acción de control integral, se llama acción de control Proporcional+Integral+Derivativo. Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales.

El circuito simplificado consiste en un módulo Proporcional+Integral -donde se fija la ganancia o banda proporcional, se amplifica la desviación entre la variable y el punto deseado de operación, se fija el valor del punto de consigna y se selecciona la acción directa o inversa del controlador- y un módulo de acción Derivada modificada donde se encuentra el potenciómetro de esa misma acción.

En la mayoría de industrias, se utilizan controladores PID debido a la complejidad y por tanto mayor exactitud en modos apropiados de control.

La principal ventaja de utilizar controladores PID, está específicamente en dos características que los otros controladores no cumplen:

- Cambios muy rápidos en la carga
- Retardos de tiempo grandes entre la aplicación de la acción correctiva y la aparición de los resultados de dicha acción en la variable medida.

En los casos donde uno de los dos (o ambos) de estos problemas se presente o prevalezca, la solución es un controlador PID. En él, la acción correctiva (posición de una válvula) es determinada por tres factores:

- La magnitud del error. Esta es la parte proporcional.
- La integral con respecto al tiempo del error o la magnitud del tiempo multiplicada por el tiempo que ha permanecido. Esta es la parte integral.
- La razón del tiempo de cambio del error; un rápido cambio del error produce una acción correctora mayor que un cambio lento en el error. Esta es la parte derivativa.

En un sentido intuitivo, la parte derivativa del controlador intenta "mirar adelante" y prevee que el proceso sufrirá un gran cambio basándose en las medidas actuales. Es decir, si la variable medida está cambiando muy rápidamente, es seguro que tratará de cambiar en una gran cantidad. Siendo éste el caso, el controlador trata de "anticiparse" al proceso aplicando más acción correctora que la que implicaría cualquier otro tipo de controlador.

Bajo estos principios, se utilizarán controladores tipo PID en la industria, y aplicados o conectados de una manera automatizada a los Controladores Lógicos Programables PLC's como controladores del proceso, harán que se tomen decisiones para mantener a la variable que se este monitoreando en el valor deseado, teniendo como resultado una acción en el sistema realizada por el elemento final de control como respuesta a la medición que se hace por el sensor

En el caso del control de las grúas que manipularán a las piezas metálicas para su cincado y niquelado, debido a que se controlarán por medio de movimientos horizontales y verticales, los motores encargados de estos movimientos serán controlados por acciones de control del primer modelo visto, Todo o Nada (ON-OFF; Si- No), debido a que solamente debe de permanecer en alguno de los dos estados; para el caso de la temperatura de la solución que se encuentra dentro de las tinas, si es

necesario tener una acción de control con PID's, debido a que hay que mantener una temperatura uniforme durante todo el proceso.

El elemento de medición juega un papel muy importante dentro del sistema, ya que las características dinámicas y estáticas de éste afectan la indicación del valor efectivo de la variable de salida. El elemento de medición generalmente determina la función de transferencia en el camino de la realimentación. Si las constantes de tiempo del elemento de medición son despreciablemente pequeñas en comparación con otras constantes de tiempo del sistema de control, la función de transferencia del elemento de medición simplemente se convierte en una constante.

RELACION DEL CONTROL AUTOMATICO CON EL PLC

Como ya se estudió anteriormente, podemos decir que el PLC es una computadora industrial dedicada a una tarea específica y con un alto nivel de programación. Este consta de un procesador, circuitos de memoria y puertos. La parte medular del PLC es el procesador, el cual mantiene y ejecuta el programa del usuario, mantiene las acciones de control y almacena las condiciones de entrada y salida del sistema.

En el caso general de los PLC's, su acción de control consiste en proveer una interfaz entre hombre-máquina o proceso para controlar; una interfaz con capacidad de proporcionar, además de un adecuado control, máquina o proceso, información adicional de cómo se realizan las operaciones dentro de una máquina o proceso, minimizar errores, prevención de fallas mecánicas y un aumento de calidad de producción, como resultado de un control más exacto, confiable y eficaz.

Algunas de las funciones más importantes para las cuales se han diseñado los PLC's, son:

- A. Sustitución de funciones que previamente eran manipuladas por sistemas de control basados en relevadores alambrados con cierta configuración para poder realizar la secuencia de operación requerida.

- B. Sustitución de funciones que anteriormente eran realizadas por computadoras, como el manejo de tiempos más exactos en los procesos, modificaciones de secuencias, monitoreo y registro de los mismos.

- C. Monitoreo continuo de la condición de los dispositivos conectados como entradas y realiza el control de dispositivos conectados como salidas, basados en instrucciones almacenadas en la memoria del PLC, permitiendo el cambio, al usuario, de condiciones de operación del proceso, así como modificar las secuencias de trabajo.

El cerebro del controlador es el responsable de que las instrucciones que se encuentran en el programa sean ejecutadas de acuerdo a como fueron escritas y toma decisiones de las acciones que deba ejecutar dependiendo de las condiciones en que se encuentre el proceso.

En un proceso industrial las interfaces de entrada y salida juegan un papel muy importante en la estructura del PLC, ya que sirven de enlace entre el mundo exterior y el procesador. El procesador conoce el estado físico y actual sobre los dispositivos instalados en el campo gracias a las interfaces. Actualmente existe un número muy grande de dispositivos que le pueden mandar información al PLC para su proceso y control; están por ejemplo, los sensores de posición, de presión, temperatura, flujo, humedad, Ph, etc., y todos ellos pueden enviar una señal eléctrica diferente, que la interface traducirá para el PLC, y así, entenderla y procesarla.

De la misma manera existe una gran variedad de actuadores sobre los cuales el PLC puede tener control alarmas sonoras, electroválvulas, motores, etc., y que la interfaz de salida se encarga de traducir las señales eléctricas generadas por el PLC a niveles entendibles por cada actuador.

Algunas de las aplicaciones de las acciones de control como actuadores, son las siguientes:

- Los controles neumáticos de baja presión
- Amplificadores neumáticos de tobera-alaeta
- Relés neumáticos

Una de las características de los controles neumáticos más utilizados, es en el accionamiento de válvulas. Una válvula de accionamiento neumático puede brindar gran potencia a la salida.

Algunas otras acciones de los PLC's, es que pueden comunicarse entre sí o con otros dispositivos periféricos como computadoras, terminales, etc., para formar redes locales o remotas; todo esto gracias a las interfaces de comunicación que se han desarrollado. Una interfaz de comunicación está compuesta de electrónica (hardware) y de programas (software), juntos forman un protocolo que todos los componentes que se encuentran conectados en él van a entender para así lograr un control adecuado, preciso y correcto dependiendo de la acción que se desea realizar.

2 PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

2.1 DEFINICIÓN Y ACOTAMIENTO DEL SISTEMA.

El sistema de cincado y niquelado automatizado surge de una necesidad de actualizar y al mismo tiempo de mejorar y modernizar la línea de producción para enfrentar los retos de los tiempos modernos y así poder competir en un México que está entrando a un mundo globalizado, donde el control de los procesos de producción ahora es realizado a través del Controlador Lógico Programable, esto es, hasta antes de proponer el sistema existía una serie de problemas, como retrasos para la elaboración y distribución de las piezas, cuantiosas pérdidas de materiales y horas trabajadas, accidentes de trabajo y por ende deserción del personal, en pocas palabras se tenía un sistema poco eficiente, figura 2.1.1

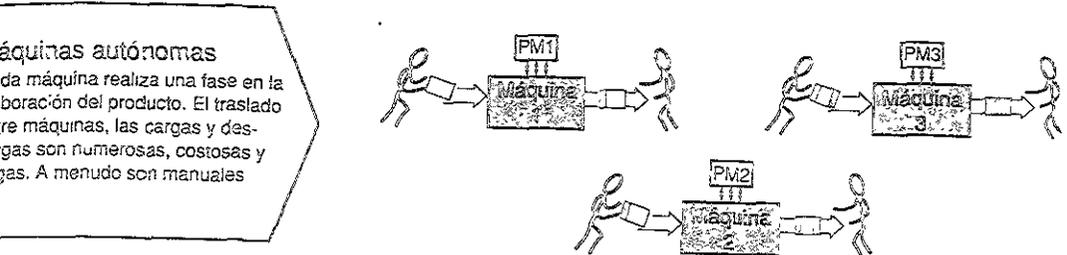


Figura 2.1.1 Proceso de producción manual

El proceso de producción en meses anteriores se realizaba totalmente en forma manual, esta línea de producción parecía estar sin actualizar desde hace mucho tiempo, así como también el jefe de esa área, ya que una persona se encargaba de colocar las piezas en racks, introducirías a través de tinas que contenían las sustancias químicas hasta que retiraba las piezas ya cincadas y/o níqueladas

Al realizar manualmente este proceso se corría el riesgo de que las piezas no permanecieran el tiempo necesario para llevar a cabo la reacción química, teniéndose por lo tanto piezas de baja calidad, piezas más delgadas o más gruesas con respecto a otras, baja adherencia de los químicos en las piezas metálicas, en conclusión lotes totalmente rechazados

El departamento de producción al darse cuenta de esto, solicitó un estudio del problema, y no tardaron mucho en convencerse de que debían estar a la vanguardia en cuanto a modernidad, es decir, actualmente existen una serie de empresas que se dedican a fabricar un sinnúmero de productos para la automatización de su línea de producción.

El problema era en realidad de que los accionistas deberían aceptar el cambio, hacer una inversión que a corto plazo se iba a amortizar y empezar a rendir frutos. Se llegó a que el nuevo sistema debe ser, figura 2.1.2:

- Moderno
- Fiable
- Económico
- Totalmente Automático
- De Alta Calidad

Estos puntos de deben cumplir al cien por ciento porque debe ser moderno, es decir, utilizar elementos que integren la más alta tecnología como son los captadores, los actuadores, los motores y sobre todo el control.

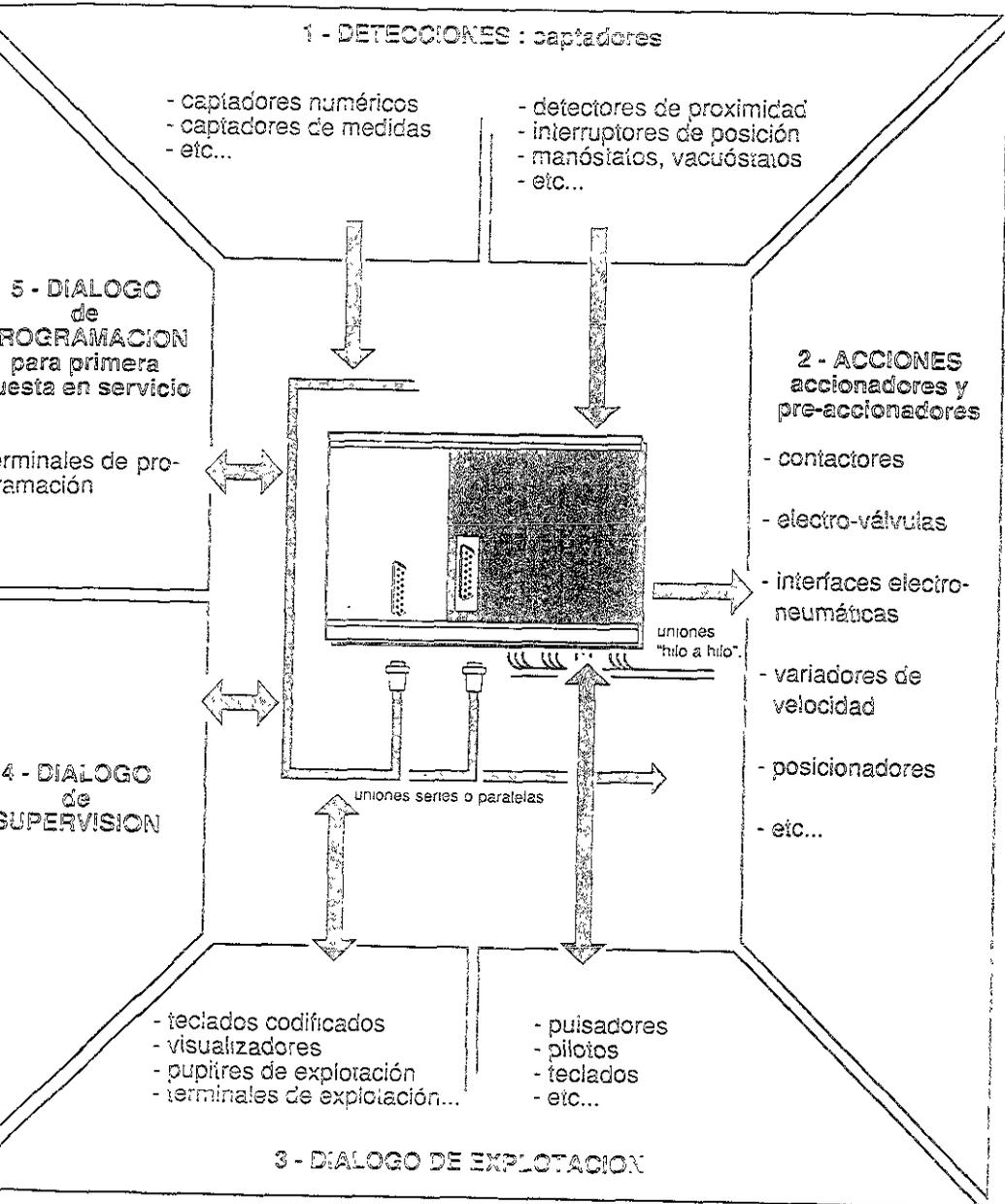


Figura 2 1.2 Automatización de una línea de producción

Debe ser fiable, con el PLC se va a tener un control total sobre la cadena de producción desde el principio hasta el final y en cualquier momento se va a poder actualizar, mejorar o mantener la funcionalidad del programa y de los elementos que rodean al PLC, porque debe responder a las más altas exigencias de trabajo, en momentos dados o en momentos críticos debe de ser posible ajustarlo, modificarlo e inclusive actualizarlo de una manera fácil y sencilla sin necesidad de parar por uno o varios días la producción de las piezas e inclusive, sin necesidad de parar el proceso. También debe de ser capaz de autodesetenerse cuando existan fallas en uno o cualquiera de los elementos que intervienen en el sistema

Debe de ser económico, por que existen en el mercado Europeo o Norteamericano firmas que manejan equipos automatizados que se adaptan al sistema de cincado o niquelado de las piezas que se requieren para el producto final. Pero estos equipos tienen dos inconvenientes Precios estratosféricamente altos, así como los costos en los mantenimientos y puesta en marcha por el simple hecho de venir del extranjero. En México existen firmas que manejan todos los captadores y actuadores que se van a necesitar para la automatización del sistema, figura 2.1 3.

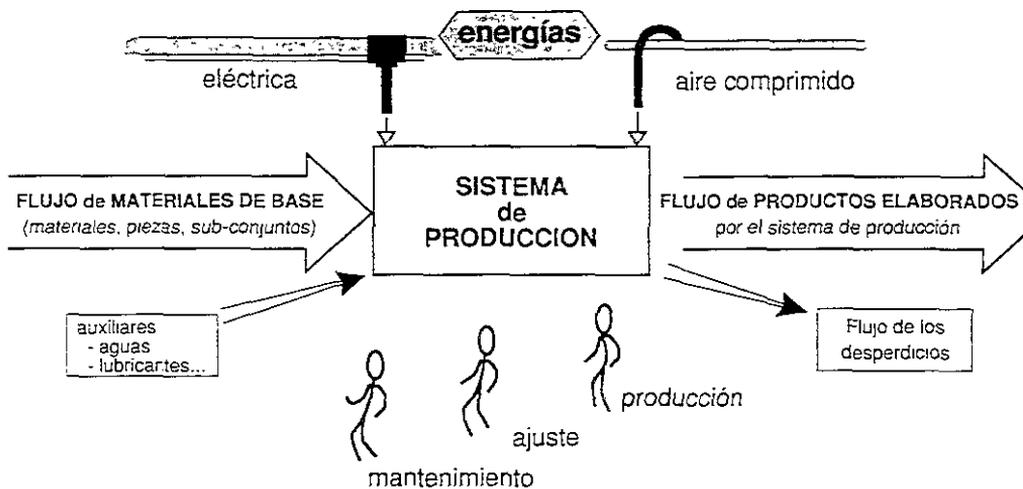


Figura 2.1.3 Elementos para la realización de una línea de producción.

Un punto relevante es que el sistema deberá ser totalmente automático, es decir, el PLC controlará toda la línea de producción de principio a fin. Sus rutinas se encargarán de calcular el tiempo necesario para que las piezas en cada tina permanezcan dentro e ir pasando de una en una hasta completar el ciclo de producción.

De esta manera se garantiza que las piezas terminadas tendrán alta calidad en el acabado; todas las piezas tendrán el mismo espesor, la misma dureza del material, habrá menos o casi ningún accidente de trabajo. Consiguiendo con esto competitividad en el mercado que cada día es más exigente y tener clientes satisfechos. En consiguiente a través de la evolución de las necesidades y de las tecnologías los sistemas de producción añaden un valor al producto final, porque las operaciones manuales ahora se hacen totalmente automáticas, al mismo tiempo se bajan los costos de producción y se evitan trabajos peligrosos para el personal

2.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Las necesidades de la empresa de cerraduras fueron enfocadas principalmente a obtener una mayor producción de piezas terminadas en el proceso de cincado y/o niquelado, y de esta manera tener un mayor volumen de productos terminados.

El sistema de grúas debe cumplir con cierto número de especificaciones:

- Técnicas y de operación.
- Económicas.
- Producción.

ESPECIFICACIONES TECNICAS Y DE OPERACION

El sistema debe contar un par de grúas que tendrán un movimiento horizontal y vertical sobre rieles. Esto permitira efectuar todos los procesos en el cincado y niquelado de las piezas.

La grúa contará al centro con un carro que posee un bastidor en el que las piezas serán sumergidas en cada uno de los recipientes (tinas). Estos recipientes deben ser lo suficientemente resistentes para evitar desgastes por la sustancia que contengan.

También deberán soportar las posibles fricciones con el bastidor y el tamaño de los recipientes debe permitir el manejo de un volumen considerable de piezas, sin que esto afecte la calidad del proceso de cincado y niquelado. Dentro de las especificaciones técnicas y de operación un PLC como módulo central debe:

1. Controlar el movimiento horizontal y vertical de la grúa.
2. Controlar la secuencia por cada uno de los recipientes.

El movimiento horizontal debe cumplir con la tarea de posicionamiento. Esta se realizará utilizando un motor y sensores de proximidad, que indicarán exactamente el número del recipiente en el que están posicionados. Con base en estos sensores, también se debe tener una señal de control para variar la velocidad del motor y así evitar movimientos de balanceo.

El movimiento vertical también debe ser manejado por un motor y cumplir la tarea de inmersión y tiempo de exposición. Otra señal de control debe ser generada por sensores fotoeléctricos para indicar al motor hasta donde debe parar y así asegurar que todas las piezas estén sumergidas.

Otras características importantes son:

- Que el PLC sea programable de acuerdo al producto.
- Que posea un programa para la simulación del proceso.
- Que posea alarmas que indiquen los puntos de falla.
- Que maneje variables analógicas y digitales, de entrada y salida.

ESPECIFICACIONES ECONOMICAS:

- La construcción del sistema de grúas debe ser factible comparado con el costo de un sistema de grúas compradas en el extranjero.
- El PLC que se adapte al sistema debe ser una marca que sea manejada en el país
- Los costos de mantenimiento y capacitación deben ser mucho más bajos que la que se pueda obtener del extranjero

ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

Con la integración del sistema de grúas automatizadas a la empresa, se espera reducir el costo de producción y optimizar las funciones del personal que se designaba al proceso manual de cincado y niquelado de las piezas. Todos estos factores en

conjunto llevaran a reducir los tiempos de fabricación y de esta manera poder captar un mayor número de clientes, figura 2.2.1.

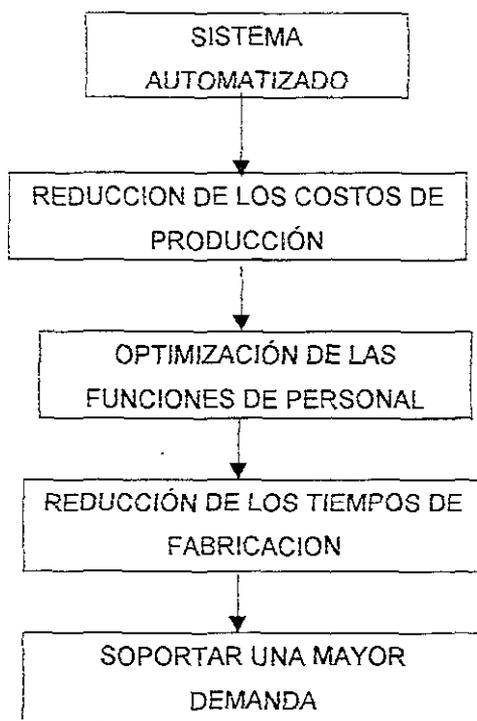


Figura 2.2.1 Beneficios de la Automatización.

2.3 ELECCION DE LAS VARIABLES Y PUNTOS DE CONTROL DE ACUERDO AL BOSQUEJO DEL SISTEMA PLANTEADO.

LA ELECCION EN UNA AUTOMATIZACION.

Los problemas de automatización industrial toman formas muy variadas. Para una realización racional y competitiva, las elecciones se deben estudiar tanto para la parte operativa como para la parte de mando. figura 2.3.1

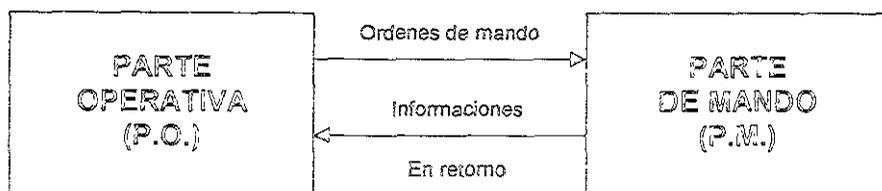


Figura 2.3.1 Partes de una automatización.

PARTE OPERATIVA.

La parte operativa es la que opera sobre la máquina y el producto, figura 2.3.2 y 2.3.3, En general comprende:

- las herramientas y los medios diversos que se aplican en el proceso de elaboración, por ejemplo: moldes, herramientas de corte, bombas, cabezas de soldadura, de marcado, etc .
- los accionadores destinados a mover el proceso automatizado, por ejemplo. motor eléctrico para accionar una bomba, cilindro hidráulico para cerrar un molde, cilindro neumático para mover una cabeza de marcado

La línea de producción contará con cuatro motores de corriente directa, los cuales serán accionados por un variador de frecuencia, éste a su vez será gobernado por el PLC el cual tomara las señales de los captadores, que en nuestro caso son sensores de proximidad.

PARTE DE MANDO.

La parte de mando es la que emite las órdenes hacia la parte operativa y recibe las señales de retorno para coordinar las acciones. Es la parte que realiza el diálogo con la máquina, el diálogo hombre máquina y el diálogo con otras máquinas. Este control lo vamos a realizar por medio de TSX Micro PLC 37-10.

Los criterios de elección se ponen en claro para buscar un mejor precio global de la instalación. En las inversiones, el precio del equipo de mando sólo representa una parte reducida y no obstante, resulta esencial una buena elección de la tecnología de mando para facilitar cada etapa del proceso y por lo tanto hacerlo racional y rentable. Por regla general, el equipo de mando de un proceso debe poder:

- facilitar la puesta a punto del proceso, permitiendo el mando separado de cada acción dentro de buenas condiciones de seguridad y brindando en todo momento a la persona que se ocupa de ponerlo a punto, el estado del sistema (tener acceso a la situación).
- Facilitar el ajuste del proceso, en el curso de la fase de producción dando las mismas facilidades al operario.
- Facilitar las reparaciones rápidas del proceso, dando las mismas facilidades a la gente de mantenimiento.
- Permitir realizar las adaptaciones y evoluciones necesarias.

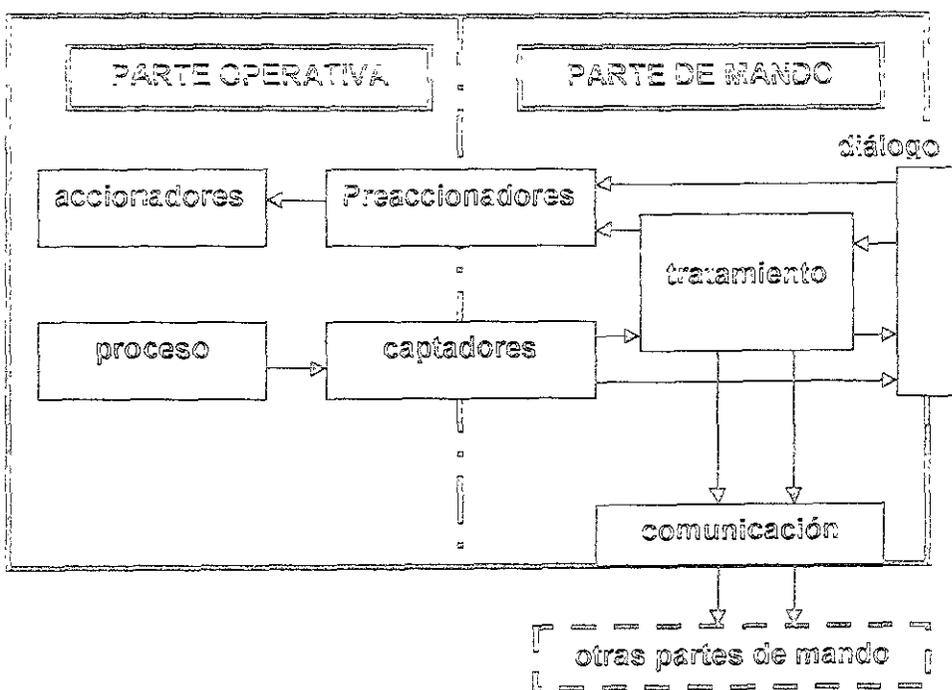


Figura 2.3.2 Composición de las partes de un automatismo.

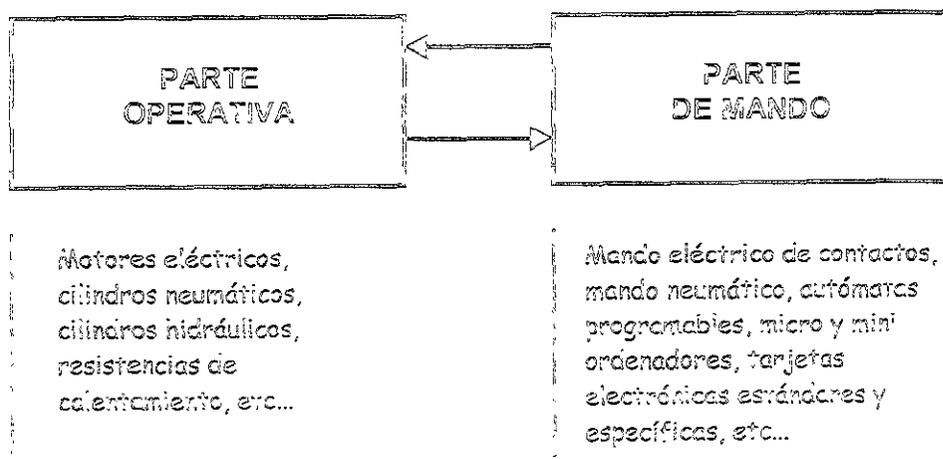


Figura 2.3.3 Parte operativa y parte de mando.

En numerosos casos, será necesario verificar que la solución seleccionada es compatible, entre otras cosas con:

- La edición automática en impresora de los datos del proceso, que facilitará las reparaciones rápidas y las adaptaciones.
- El informe de producción para una gestión central informatizada si ésta es necesaria.
- Las interconexiones de proceso a proceso.

2.4 DEFINICIÓN DEL PROCESO A SIMULAR UBICANDO LOS DIFERENTES PUNTOS DE CONTROL.

CICLO DEL PROCESO A DISEÑAR.

Nuestro sistema de control se basa en un ciclo, que para realizarlo lo diseñaremos con dos grúas, por la razón de que el cliente necesita una producción mucho mayor a la que actualmente tiene y en base a los datos proporcionados por él, y sobre todo el área disponible para el montaje de todo el sistema.

El ciclo de nuestro sistema es el siguiente vease figura 2.4.1 vista superior y 2.4.2 vistas laterales

- zona de carga y descarga
- zona de desengrase
- zona de desengrase por inmersión
- zona de desengrase electrofítico
- zona de enjuague
- zona de preparación de las partes metálicas (zona de activado)
- zona de enjuague
- zona de enjuague con agua caliente
- zona de color (azul cromato)
- zona de enjuague
- zona de tropicalizado, (esta zona se puede utilizar o se utiliza la zona de azul cromato, esto depende de las piezas a tratar)
- zona de enjuague
- zona de cincado o niquelado
- zona de cincado o niquelado (se necesitan dos zonas de cincado o niquelado, para darle la terminación adecuada solicitada por el cliente)

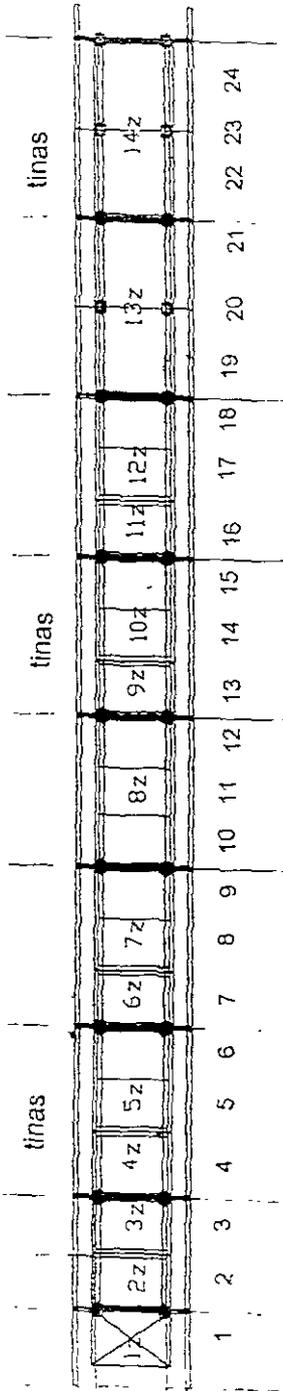


Figura 2.4.1 Vista superior de nuestro sistema

- 1 carga / descarga
- 2 predesengrase
3. desengrase inmersión
- 4 desengrase electrolítico
- 5 enjuague doble
- 6 preparación (activado)
7. enjuague doble
- 8 enjuague triple con agua caliente
9. azul cromato
- 10 enjuague doble
11. tropicalizado
12. enjuague doble
- 13 zinc (3 estaciones)
- 14 zinc (3 estaciones)

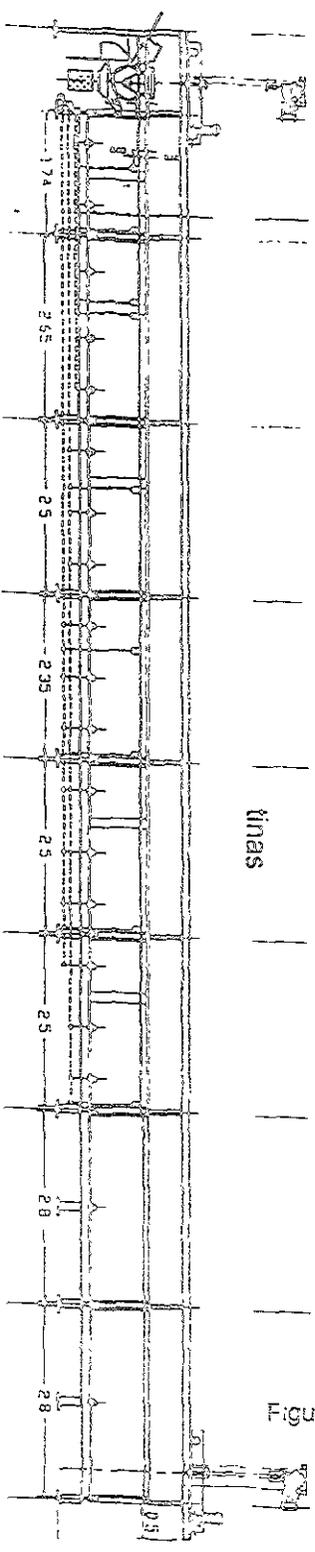
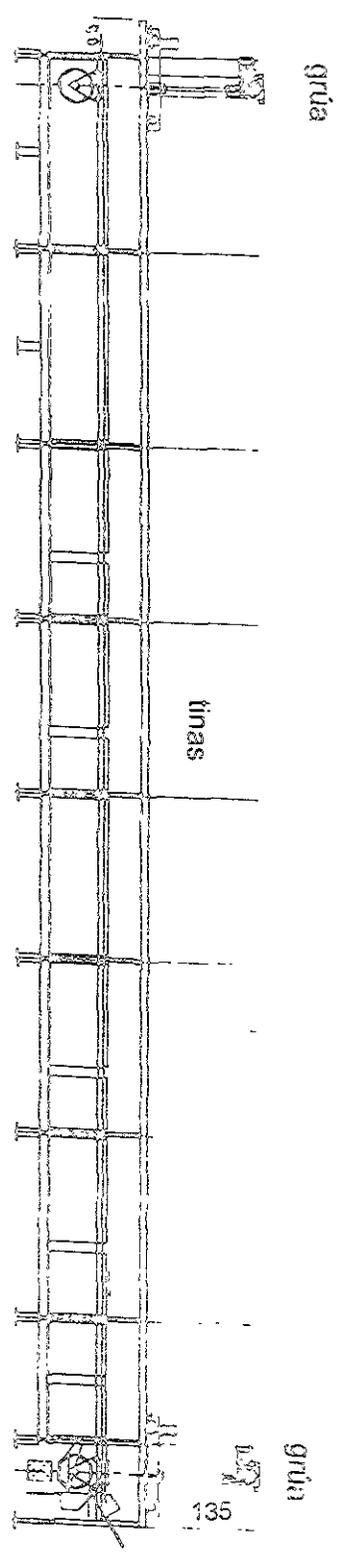


Figura 2.4.2 Vistas laterales del sistema



En cada zona o etapa del proceso se requiere que las partes metálicas se mantengan sumergidas por un cierto tiempo, este es establecido por el cliente, para darle el acabado deseado

Para realizar todo este proceso se diseñará un sistema que constará de dos grúas, veinticuatro estaciones y en cada grúa un bastidor para sumergir o sacar las partes de cada estación según se requiera, en la figura 2.4.3 se aprecia el sistema completo así como una vista de una sola grúa.

VARIABLES INVOLUCRADAS EN NUESTRO SISTEMA.

En cualquier sistema de control, para poder tener un manejo eficaz de este, siempre se cuenta con infinidad de variables que pueden intervenir en el proceso, todas estas variables pueden ser medidas, manejadas y controladas. Estas variables pueden ser de:

- posición
- temperatura
- presión
- tiempo

Para nuestro sistema de control básicamente ocuparemos las siguientes variables a tratar.

- variable de posición de la grúa
- Variable de posición de fin de carrera
- Variable de posición vertical
- Variable de tiempo

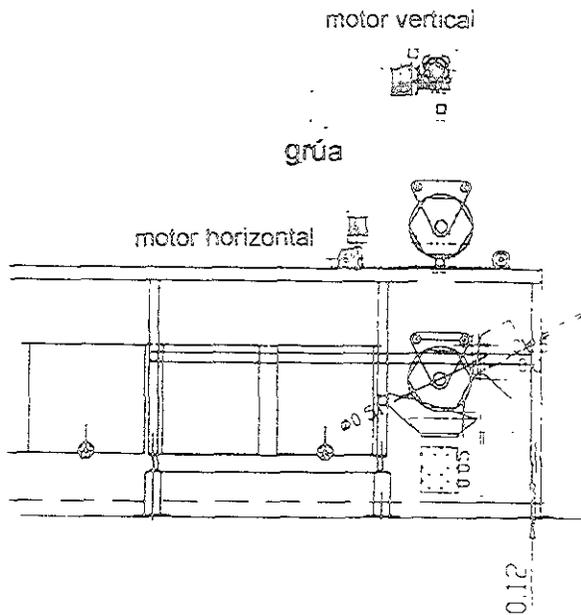
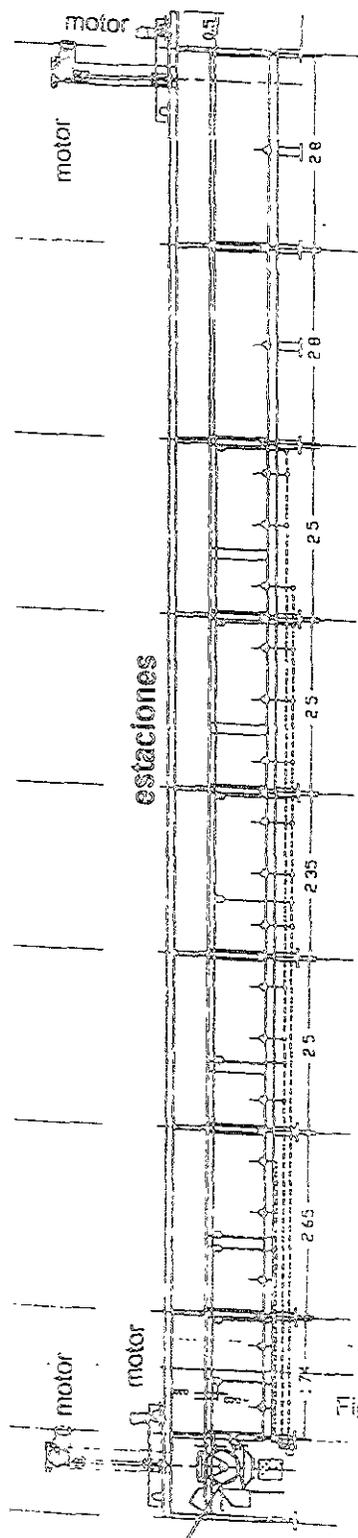


Figura 2.4.3 Vista de las grúas

VARIABLES DE POSICION DE LA GRUA.

Esta variable nos servirá para indicar en que estación se encuentran las grúas o por el programa del PLC a que estación deberán ir las mismas. Esta variable está ubicada en las dos grúas que viajarán a lo largo de todo el sistema.

VARIABLES DE POSICION DE FIN DE CARRERA.

Esta variable nos servirá para indicarle a las grúas que ya llegaron a la última o primera estación, que les mande una señal de alto total a los motores y por consiguiente no se pasen y provoquen daños. Esta variable debe ir colocada en los extremos de la estructura que soporta a las tinas, de modo que las grúas las interrumpen y puedan mandar su señal.

VARIABLES DE POSICION VERTICAL.

Esta variable nos debe mandar una señal, (una vez ya posicionada la grúa en la estación correspondiente), para detener el funcionamiento del motor hacia abajo o hacia arriba, que sumergirá o sacará las piezas metálicas de las tinas, para su tratamiento de cincado o niquelado. Esta variable se encontrará localizada en cada grúa, tanto en la parte de arriba como en la parte de abajo, limitando el campo de funcionamiento de motor vertical.

VARIABLES DE TIEMPO.

Esta variable es un dato proporcionado por el cliente, nos sirve para que por medio del PLC, le indiquemos a cada grúa el tiempo que deben estar las piezas en cada estación sumergidas. Esta variable la manejaremos por medio de temporizadores que están incluidos en el PLC con el cual trabajaremos, o sea será una variable interna del PLC.

En la figura 2.4.1 se pueden observar las veinticuatro estaciones (visto de arriba) de que constará el proyecto, se puede ver que algunas tinas son doble o triples esto es para que las dos grúas puedan tener acceso a una etapa igual al mismo tiempo. En la figura 2.4.1 y 2.4.2 se pueden observar las dos grúas vistas de lado, con la posición de los motores para el movimiento horizontal y vertical en cada una de ellas.

En la figura 2.4.4 observamos las grúas de frente, este dibujo es para comprender el movimiento vertical del bastidor en cada grúa

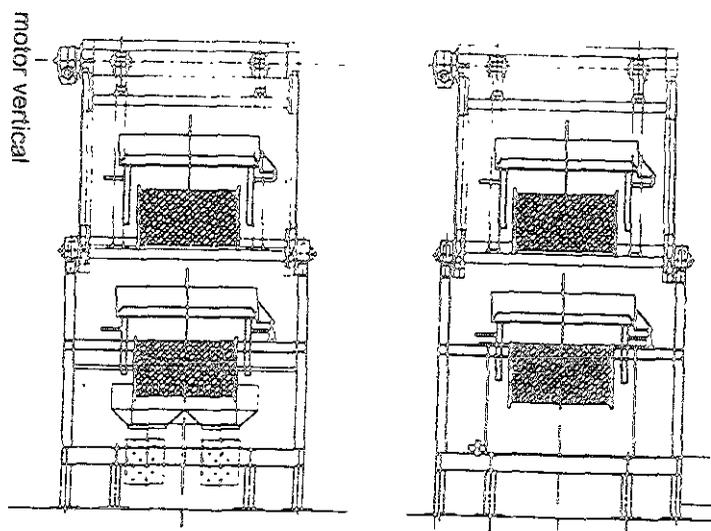


Figura 2.4.4 Vista de las grúas para el movimiento vertical.

PUNTOS DE CONTROL

Los puntos de control que ubicaremos en nuestro sistema. Se reducen a tres y son:

- Control sobre las grúas que viajan horizontalmente, para que se estacionen exactamente a la posición deseada
- Control sobre cada grúa que tienen su movimiento vertical, para sumergir o sacar las piezas de cada estación donde se encuentren
- Control sobre el tiempo de sumergido de las piezas en cada estación, esto es para que el acabado de cada pieza sea el adecuado

CONTROL DE MOVIMIENTO HORIZONTAL.

El control sobre el movimiento horizontalmente, lo realizaremos sobre el motor que mueve las grúas, por medio de tres sensores fotoeléctricos del tipo de proximidad que nos indicarán la posición de las grúas, figura 2.4.5

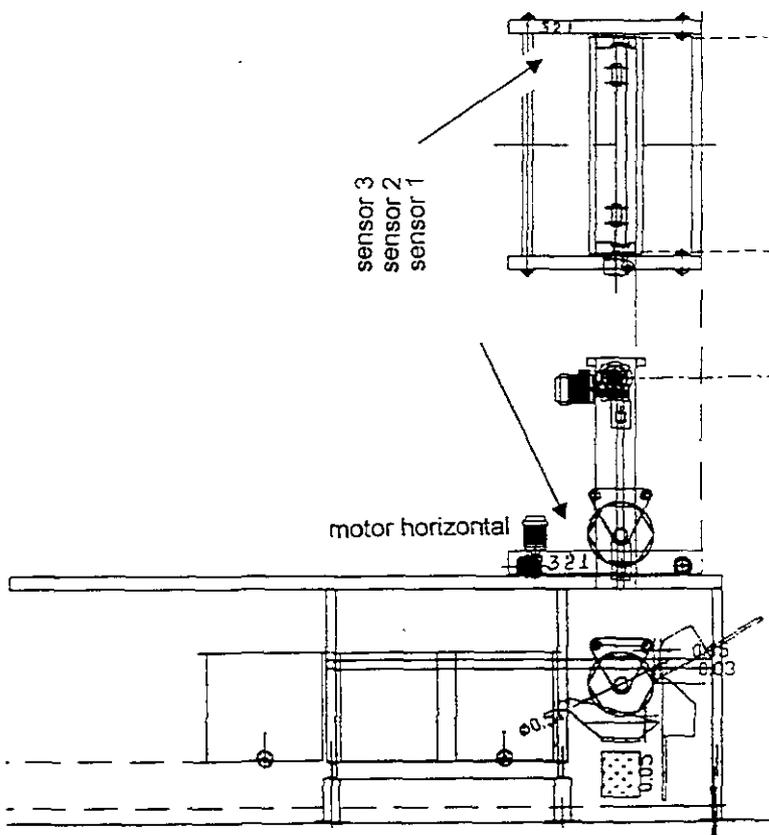


Figura 2.4.5 Colocación de sensores para el movimiento horizontal

Se colocarán tres sensores sobre cada grúa, que se moverán junto con ella, al paso por cada estación estos mandarán señal al PLC, gracias a un acrílico que se colocará en cada estación de modo que interrumpa la señal del haz de luz mandada por el sensor.

Cada sensor mandará su señal al PLC, que será tratada por éste para darle una función específica. En un sentido, básicamente el primer sensor nos informará que está llegando a una estación la grúa, esto para disminuir la velocidad a la cual trabaja el motor y por consiguiente disminuir la velocidad a la que está llegando la grúa a la estación, el segundo sensor junto con el primero nos indicará que estamos incrementando de estación, para obtener información de en que etapa del proceso estamos o solo en que estación se encuentra la grúa, también nos puede servir para indicarle al motor que mueve la grúa, que disminuya por segunda ocasión la velocidad. El tercer sensor nos indicará que la grúa ya está en la posición adecuada y este mandará a frenar completamente al motor.

En sentido inverso los sensores empiezan del tercero al primero, y tienen la misma función que en el otro sentido, solo que el tercero con el segundo nos indicarán que la grúa está retrocediendo de estación.

CONTROL DE MOVIMIENTO VERTICAL.

Este control se realizará sobre el motor de movimiento vertical, que se encargará de sumergir o sacar las piezas de cada estación, a una orden del PLC ya establecida en su programa.

Se colocarán dos sensores fotoeléctricos, uno en una parte inferior de la grúa (figura 2.4.6), casi pegado a las tinas, de modo que éste se accione y mande parar el motor que moverá al basidor para sumergir las piezas en ellas, este sensor debe estar colocado de modo que las piezas al estar sumergidas en la tina estén totalmente cubiertas por la sustancia contenida en la misma, también al hacer su movimiento

vertical hacia abajo se debe cuidar de que no choque el bastidor con las tinas o incluso con la estructura de todo el sistema y así no causar algún daño.

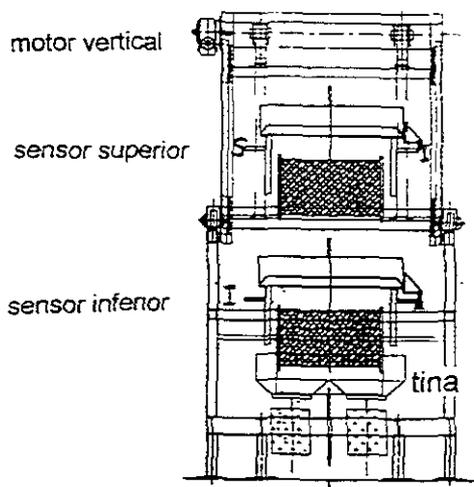


Figura 2.4.6 Sensores para el movimiento vertical.

El otro sensor deberá estar en la parte superior de la grúa (figura 2.4.6), de tal manera que mande señal al PLC, para que este mande parar el motor que sacará al bastidor que contiene las piezas, de la tina en que se encuentre y este listo para pasar a otra, al igual que el sensor de la parte inferior se debe cuidar que el bastidor no sufra daños así como la estructura de las grúas.

VARIADOR DE VELOCIDAD.

En nuestro sistema a diseñar la velocidad con que se mueven las grúas es importante, ya que al llegar a una estación, éstas se deben detener en el lugar preciso establecido

por la secuencia del PLC, no deben de pasarse, al detenerse no deben de tener el movimiento del tipo péndulo que provocaría problemas de inestabilidad o podrían sufrir algún daño mecánico. Por esto utilizaremos variadores de velocidad, para hacer que los motores disminuyan su velocidad al llegar a la estación preestablecida y al hacer el alto total lo hagan sin ningún problema y de una manera muy suave, figura 2.4.7.

Un variador de velocidad es un aparato electrónico de estado sólido, capaz de variar la frecuencia de alimentación en una relación constante con el propósito de cambiar la velocidad de un motor asíncrono tipo jaula de ardilla; dentro de los requerimientos de par, demandados por la carga, mediante la técnica de modulación de ancho de pulso (PWM)

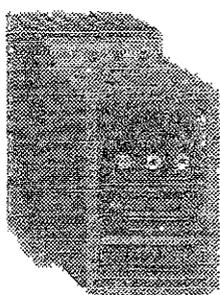


Figura 2.4.7 Variador de velocidad a utilizar.

Esto es debido a que la velocidad de los motores asíncronos no está influenciada por las variaciones de voltaje, pero es proporcional a la frecuencia de la corriente de alimentación e inversamente proporcional al número de polos que tiene el motor

El variador de velocidad estará mandado por el PLC, quien recibirá las señales de los sensores fotoeléctricos, para hacer los cambios de velocidad necesarios para el buen funcionamiento de las grúas, figura 2.4.8

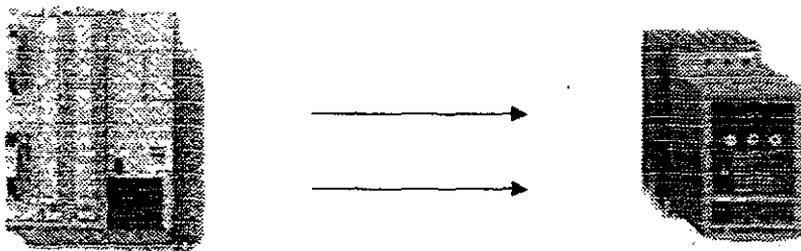


Figura 2.4 8 Configuración PLC-Variador

CONTROL DEL TIEMPO.

Con este control le daremos el tiempo necesario a cada etapa del ciclo, esto es; le indicaremos por medio del PLC a las grúas, el tiempo que deben estar sumergidas las piezas en cada estación para su adecuada función de cada una de ellas.

Este control lo haremos internamente en el PLC, dándole los tiempos especificados por el cliente a cada etapa, por medio de los temporizadores incluidos en él. Para esto tendremos que programar los temporizadores necesarios en las rutinas para todo el proceso de cincado y niquelado de partes metálicas para cerraduras.

En la figura 2.4.9 se observa un temporizador interno de un PLC y su programación en lenguaje de contactos figura 2.4.10 y en lista de instrucciones figura 2.4.11.

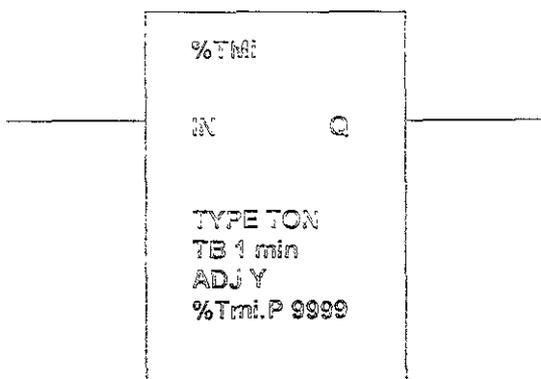


Figura 2.4.9 Bloque temporizador

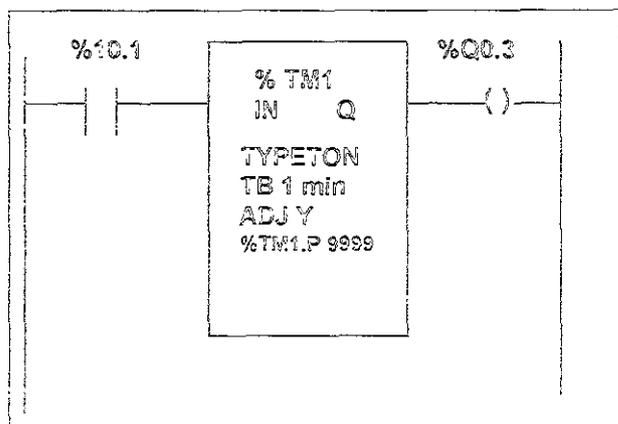


Figura 2.4.10. Lenguaje de contactos de un temporizador

2.5 ELECCION DEL TIPO DE CONTROL A UTILIZAR EN EL PROCESO.

Toda estrategia de control busca llevar la variable de salida de un Sistema Físico Dinámico a un valor deseado y en el instante requerido. Esto tiene como objetivo darle una utilidad a dicho sistema; en el caso presente se debe lograr que las grúas se comporten en la forma requerida por el proceso de inmersión del producto.

Como se ha visto, todo sistema de control consta de las siguientes etapas: Medición, Inteligencia y Actuación, figura 2.5.1.



Figura 2.5.1 Proceso básico de control

MEDICION

Para poder tomar decisiones, el sistema de control requiere conocer en todo momento el proceso al cual va a controlar. Entre más información posea del mismo, más inteligente podrá ser. Es importante establecer claramente el tipo de variables que se medirán ya que el modo de control a elegir debe ser compatible con ellas. En éste proyecto se han definido de la siguiente forma

POSICION HORIZONTAL DEL CARRO.

En el caso presente las finas de inmersión se encuentran en una posición fija, por lo que no se requerirán cambios continuos en la secuencia de posicionamiento del carro. Para el proyecto es suficiente sensar la posición por medio de interruptores de límite,

de preferencia de estado sólido, los cuales indicarán los puntos de control que nuestra secuencia requiera.

A efecto de que el sistema pueda posicionarse con precisión al acercarse a cada tina se colocarán tres sensores de proximidad que se moverán con el carro. De igual forma arriba de cada tina habrá una placa metálica que será sensada por dichos dispositivos a efecto de disminuir gradualmente la velocidad del motor por pasos, figura 2.5.2

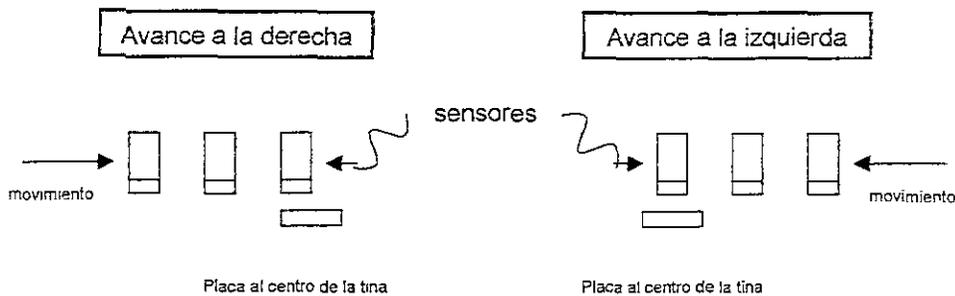


Figura 2.5.2 Operación de los sensores de posicionamiento.

El carro avanza a una velocidad nominal de trayecto, y al detectarse la placa por el primer sensor, dicha velocidad se reduce a un nivel menor – Velocidad de aproximación- hasta llegar al sensor central, quien actúa el Alto Total para centrar el carro en la posición requerida. Esto opera para cada uno de los sentidos de desplazamiento, de modo que se requieren tres sensores.

Sin embargo es muy importante tomar en cuenta la necesidad de unos interruptores tipo límite para detectar sobre-carrera del carro, es decir cuando por fallas del sistema de control (ya sean sensores, controlador o actuadores) el carro no se detenga en la posición deseada y tienda a sobrepasarse en su movimiento.

Estos interruptores deberán ser de contacto electromecánico, en posición normalmente cerrada y colocados en los extremos de la carrera permisible de la grúa. Deberán estar alambrados en serie al circuito eléctrico de paro de emergencia del control, nunca como parte del programa del controlador sino como actuadores de corte de energía eléctrica.

Puede tomarse otro contacto de ellos para introducirse al controlador pero solamente para funciones de supervisión y diagnóstico de fallas, figura 2.5.3

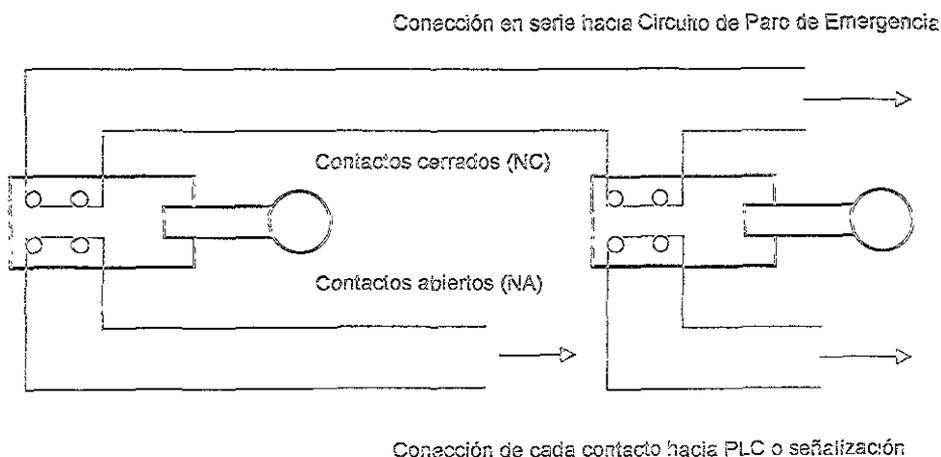


Figura 2.5.3 Interruptores de límite de carrera para seguridad

POSICION VERTICAL DE LA GRUA.

Aunque la secuencia de subida y bajada tampoco tendrá variación, en éste caso es mas sencilla la colocación de interruptores de límite pues se cuenta con una guía mecánica fija para el movimiento de las grúas.

En el caso de la posición superior puede incluirse tanto un interruptor de estado sólido, como el interruptor eléctrico de sobre-carrera. En ambos casos la señal será ON / OFF.

Para la posición inferior se colocará otro interruptor, implementado con un sensor de estado sólido. Esta señal puede fácilmente conectarse a un sistema de control, sin embargo al desenergizar el equipo se corre el riesgo de perder la información de la posición actual y por tanto va a requerirse de una rutina de inicio con regreso a casa cada vez que sea energizado.

Desde el punto de vista de la seguridad se programará en el PLC un temporizador que impida a la grúa bajar más distancia de la permitida. Además deberá preverse la eventualidad de la sobrecarrera en forma mecánica, limitando el tamaño del cable, por ejemplo.

VELOCIDAD HORIZONTAL Y VERTICAL.

Por la naturaleza de los motores de corriente alterna, y en especial los de tipo Jaula de Ardilla, éstos tienden a girar a la velocidad síncrona, con un factor de error hacia abajo debido al deslizamiento que presentan por sus características de fabricación. Por lo mismo se seleccionarán éstos motores trifásicos de inducción, los cuales serán controlados en lazo abierto por medio de variadores de frecuencia.

Para el caso del movimiento vertical será muy importante el contar con variadores de tipo regenerativo, los cuales cuentan con un banco de resistencias para que frenen en forma constante al motor conforme vaya bajando. Existen también inversores que regresan la energía regenerada por el motor, hacia la línea de alimentación eléctrica, provocando con esto un ahorro de energía sustancial. En el caso presente por ser más sencillos usaremos variadores de frecuencia con resistencias de frenado.

El mecanismo de seguridad estará dado por los mismos variadores, los cuales se alarman en caso de sobre-velocidad, enviando una señal al sistema de control, figura 2.5.4

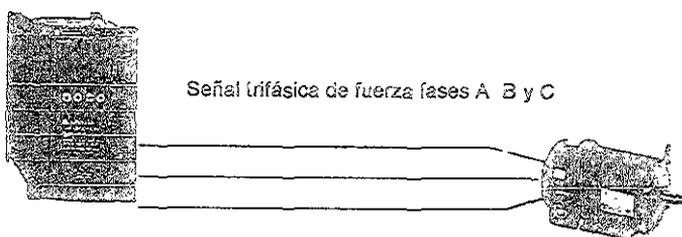


Figura 2.5.4 Control de velocidad de motor A.C. en lazo abierto

TEMPERATURA DE LAS TINAS.

La medición de temperatura se hará en forma analógica, pues es importante conocerla en todo momento para efectos de control de calidad. Los sensores tipo termopar han demostrado alta repetibilidad para los rangos que se requieren, así como bajo costo y buena disponibilidad en el mercado.

Por las características de las tinas, será necesario que vengan provistos de un termopozo de acero inoxidable, el cual a pesar de ocasionar un retraso en la medición consideramos que no es significativo y por otra parte facilita las labores de mantenimiento.

La señal que entregan los termopares puede conectarse directamente a un módulo dedicado dentro del sistema de control, sin embargo lo más conveniente es acondicionarla para convertirla en una señal más estándar y así poder usar cualquier módulo de entradas analógicas convencional.

Para efectos del prototipo no se implantará el control de temperatura ni se usarán los líquidos, pues sería riesgoso trabajar con componentes químicos en un sistema portátil.

Como puede verse en las tablas anexas, el termopar comercial de junta Hierro Constantán entrega una señal variable de milivoltaje que no es lineal, por lo tanto se requiere un amplificador que además linealice la curva de respuesta y adicionalmente filtre ruidos y corrientes parásitas de tierra, figura 2.5.2.

Milivolts vs. Temperatura

0	-18	-0.855	---
32	0	-0.000	0.000
100	38	1.942	1.520
212	100	5.268	4.095
300	149	7.947	6.092
500	260	14.108	10.560
700	371	20.253	15.178
1000	538	29.515	22.251
1250	677	37.688	28.146
1500	816	46.503	33.913
2000	1093	63.392	44.856

Figura 2.5.2 Comportamiento de los Termopares tipos J y K

PRESION DE LAS TINAS.

Para aprovechar los módulos de entradas analógicas anteriormente contemplados, se puede medir la presión en forma analógica mediante sensores – transmisores de cuatro hilos, es decir, con conexión para alimentación separada de la señal de salida. Esta señal también nos permite controlar calidad y prever secuencias de seguridad. De igual modo que la temperatura, para efectos de prototipo no se sensorarán estas variables por motivos de seguridad.

INTELIGENCIA Y ACTUACION.

La forma de ejercer el control va a depender de varios factores, principalmente del tipo de variables a controlar, la precisión, normatividad y por supuesto, el costo.

En el caso presente, por la diversidad de señales arriba enlistadas, se ha elegido usar un Controlador Lógico Programable (P.L.C.) ya que es un equipo muy versátil que puede configurarse para aceptar diferentes tipos de entradas, y la flexibilidad de programación permite integrar varios tipos de control diferentes e incluso interrelacionarlos.

Los modos de control elegidos para cada variable son:

- Posición horizontal del carro.- Se llevará a cabo mediante programación lógica con señales tipo ON / OFF, ya que no se requiere precisión de fracciones de pulgada o milimétrica. En cada posición de interés estará instalado un sensor central y dos de aproximación que corresponderán a entradas lógicas en el PLC a usarse en la secuencia de escalera. En la instalación de los sensores deberá considerarse la distancia que pueda recorrer el carro mientras el inversor ejecuta las rampas de aceleración y desaceleración.
- Posición vertical de la grúa. La señal de los sensores será introducida a una entrada digital (interno del PLC) para ser procesada en forma numérica dentro del mismo. El algoritmo de control se considera ON / OFF, ya que dada una consigna de posición, y un valor de retroalimentación indicado por el tiempo que transcurre con la grúa en movimiento, el PLC mandará al motor arrancar o detener.
- Velocidad horizontal y vertical. Por las características anteriormente mencionadas de los motores de AC de inducción, éstas variables serán manejadas como lazo abierto, ya que no es crítico mantener una velocidad controlada con alto nivel de regulación. Los efectos de balanceo de la carga al imprimir aceleración positiva ó negativa serán reducidos gracias a la programación de rampas de frecuencia en los mismos inversores, los cuales normalmente actúan también como dispositivos de lazo abierto.

- Temperatura de las tinas. Tomando en cuenta que se dispone de señales de tipo analógico para el sensado de éstas variables, consideramos relevante el aprovecharlas para aplicar un control de buena calidad. Esto trae consigo mayor uniformidad en el producto terminado, así como ahorro de energía al evitar calentamientos y enfriamientos repetitivos. Consideramos que no es necesario un algoritmo de alto nivel, tal como los adaptivos, con realimentaciones adelantadas o similares, ya que los sistemas de temperatura presentan comportamientos muy uniformes y tiempos largos de respuesta. Por ello decidimos implantar un algoritmo tipo Proporcional Integral Derivativo, ya que es el más popular y por ello mejor identificado por el personal de ingeniería de la planta.
- Adicionalmente su programación en el PLC es relativamente sencilla. Cabe tomar en cuenta que los actuadores proporcionales para sistemas de temperatura son muy costosos, tales como servoválvulas y bancos de SCR's. (Rectificadores de disparo controlado). Por lo anterior se puede aplicar la señal numérica de salida del control, a un algoritmo PWM (Modulación por Ancho de Pulso) quien se encargará de activar relevadores de estado sólido ON/OFF por pulsaciones para lograr una aproximación al efecto de los actuadores de tipo analógico.
- Nivel en las tinas. Para controlar el nivel se puede usar la señal de presión, ya que ambas variables son directamente proporcionales. El objetivo de éste control es asegurar que se mantenga un nivel de líquido suficiente para el proceso de inmersión. El control trabajará bajo esquema ON/OFF debido a que el valor numérico adquirido por la entrada analógica del P.L.C. será usado en la secuencia de escalera para tomar la decisión de apertura o cierre de las válvulas de llenado. No se requiere un actuador proporcional ya que el proceso es estacionario. La señal analógica de presión se puede aprovechar para efectos de monitoreo y para fijar ventanas de activación de las salidas, proporcionando con ello una histéresis variable que se programa en el PLC.

2.6 ELECCION DE LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO E INMERSION.

Para poder seleccionar los elementos que forman a cada sistema, se debe definir la función a realizar por cada uno de ellos, figura 2.6.1.

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.

Las grúas deben viajar horizontalmente y detenerse exactamente en la posición deseada. La velocidad con que se muevan las grúas se debe de controlar para que ésta se detenga en el lugar establecido por la secuencia del PLC, al detenerse las grúas no debe de presentar problemas de inestabilidad (balanceo), que puedan provocar accidentes con los recipientes.

SISTEMAS DE INMERSION.

Este solo se basa en el control de movimiento vertical. La tarea básica que debe cumplir este sistema es sumergir y sacar las piezas de cada estación determinada por el PLC. En el movimiento hacia abajo se debe cumplir que todas las piezas sean sumergidas determinado tiempo y posteriormente retirarlas.

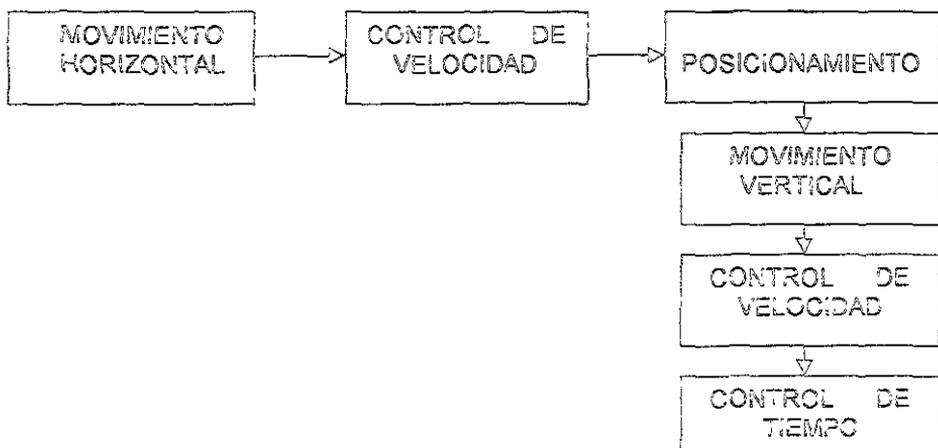


FIGURA 2.6.1 Diagrama básico de los sistemas de posicionamiento e inmersión

MOTORES ASINCRONOS

La gran mayoría de las máquinas están movidas por motores asíncronos, alimentados en corriente alterna trifásica. Este tipo de motor se impone en la mayoría de las aplicaciones por lo ventajoso de su precio, por su robustez y su fácil mantenimiento.

El motor de inducción de rotor jaula de ardilla es el que presenta mayores ventajas de utilización y economía, en cuanto a C.A. se refiere. Desafortunadamente, el motor de jaula tiene una velocidad prácticamente constante cuando es operado con una alimentación de frecuencia fija, precisamente el pequeñísimo o nulo margen de variación que tiene lo pone en desventaja con respecto al motor de C.D. el cual sobresale por la variabilidad de su velocidad y su alto par motriz. No es raro que siendo esta la desventaja más sobresaliente del motor de jaula, se haya intentado desde su invención, variar la velocidad del mismo.

SELECCION DEL MOTOR.

En general los datos básicos que hay que conocer de un motor para seleccionarlo son:

- Velocidad o velocidades de operación.
- Capacidad requerida en caballos.
- Los pares requeridos en puntos críticos del ciclo de operación.

VELOCIDAD.

La velocidad debe calcularse con relación a la velocidad en la flecha del motor. Tómese en cuenta que el par varía en proporción inversa a la velocidad angular en el caso de transmisiones por engranes, bandas o cadenas. Además el sistema puede requerir de una sola velocidad, más velocidades, o velocidad ajustable. Por razones de longitud, en el presente trabajo se enfoca al sistema de control y por tanto fué basado en los cálculos mecánicos efectuados por el usuario, quien nos indicó que la velocidad requerida del motor es de 1800 RPM para el desplazamiento entre estaciones, y una velocidad de

aproximación de 900 RPM, lo que de acuerdo a la siguiente fórmula, nos permite seleccionar el motor

$$N = (120 * F) / Vel$$

En donde:

N = Número de polos del motor.

F = Frecuencia de alimentación.

Vel = Velocidad en RPMs.

La constante 120 se deriva del ángulo de defasamiento de cada embobinado para los motores trifásicos tipo Jaula de Ardilla.

Para obtener una vida de operación adecuada, es conveniente operar los equipos a una frecuencia cercana a la de diseño. Tomando en cuenta que en nuestro país dicha frecuencia es de 60 Hz, usaremos dicho valor para seleccionar el motor.

Sustituyendo las variables, obtenemos:

$$N = (120 * 60) / 1800 = 4 \text{ polos}$$

Y por otro lado la velocidad de aproximación se obtendrá enviando 30 Hz desde el Inversor al motor.

POTENCIA EN H.P.

Existen tres maneras de determinar:

- Especificaciones o datos de los fabricantes.
- Prueba. Si no hay manera de obtener los datos de los fabricantes se puede aplicar a un motor de características conocidas para duplicar las condiciones de operación. Midiendo con un analizador industrial los watts de entrada al motor, multiplicarlos por la eficiencia del motor y dividirlo entre 0.746.

PARES REQUERIDOS EN LOS PUNTOS CRITICOS DE OPERACION

Par y fuerza son similares, excepto que el término "fuerza" se usa cuando se habla de movimiento lineal y "par" cuando se trata de movimiento de rotación. Par es el producto de fuerza (Kg.) por el radio (m), el valor resultante estará en (Kg. m), que indica el número de kilogramos aplicados a un radio de tantos metros. En un motor, par indica la fuerza rotacional que el mismo produce en la flecha, figura 2.6.2.

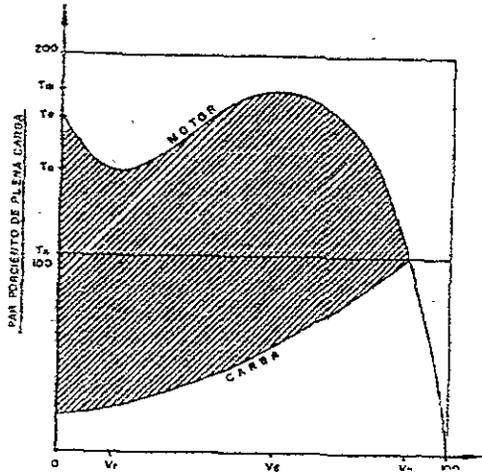


Figura 2.6.2 Curva típica par-velocidad de un motor de inducción.

En el caso de esta aplicación el usuario nos indicó un requerimiento de 3 kW basado en la inercia mecánica del sistema y los tiempos de desplazamiento requeridos, tanto en el caso del mecanismo vertical como en el horizontal.

De tal modo se calculó el motor en base a la siguiente fórmula:

$$\text{H.P.} = \text{kW} / 0.746 = 3 / 0.746 = \underline{4.02 \text{ H.P.}}$$

En donde:

H.P. = Potencia requerida para la aplicación en H.P.

kW = Potencia en kiloWatts

0.746 = Factor de conversión.

Sin embargo, tomando en cuenta la eficiencia de un motor convencional, cuyo valor está alrededor de 87%:

$$\text{H.P.m} = (\text{H.P.} / \eta) \times 100 = 402 / 87 = \underline{4.62 \text{ H.P.}}$$

En donde:

H.P.m = Potencia nominal del motor.

H.P. = Potencia requerida para la aplicación

η = Eficiencia de diseño del motor jaula de ardilla.

Comercialmente el motor más cercano hacia arriba es de 5 H.P., el cual consideramos adecuado para ésta aplicación, figura 2.6.3.

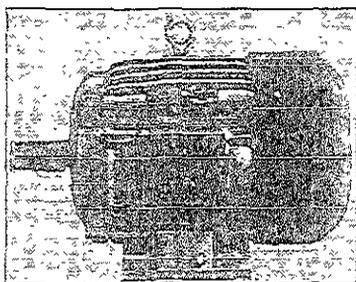


Figura 2.6.3 Motor asincrónico con rotor de jaula.

VARIADOR DE VELOCIDAD

Los variadores de velocidad de estado sólido están formados de:

- Un circuito de control.
- Un circuito de potencia.

Estos variadores procesan la potencia de la línea de alimentación, de acuerdo a la variación de velocidad rotacional de la flecha del motor, para cubrir los requerimientos de operación.

Dos tipos básicos son utilizados:

- De corriente directa.
- De corriente alterna.

Hoy en día el mayor número de variadores de velocidad en la industria, en general son de C.D. Hasta recientemente los diferentes tipos de variadores de C.A., no competían en costos con los demás, particularmente algunos de CD, debido a la tecnología compleja inherente al control para variar la velocidad de un motor de C.A.

Aunque los convertidores de C.A. son complicados, los motores de C.A. no lo son; y es esta simplicidad de los motores, la que se contempla para mejorar el funcionamiento de los variadores de C.A. Si se desea controlar la velocidad del motor en un rango aceptable, deberá realizarse de manera que el funcionamiento sea estable y la calidad de la regulación sea independiente del valor del par resistente. Además de ello, si se desea un control eficiente, el par disponible del motor deberá mantenerse a un valor adecuado a fin de poder soportar cargas aceptables a cualquier velocidad, incluso durante el arranque.

Uno de los requerimientos necesarios para mantener el par es que el flujo magnético permanezca constante, lo cual se logra mediante un control de amplitud y otro de frecuencia o bien de ambos, para mantener la relación Volts/Heriz aproximadamente constante. El control de velocidad a implementarse deberá contemplar las condiciones de operación, con frecuencia y velocidad mayores a las nominales

El diseño del inversor evita que los límites de potencia, voltaje y magnetización sean excedidos a fin de reducir al mínimo la posibilidad de saturación magnética o daños al motor. En este caso presente seleccionamos el Altivar 18 Telemecanique, figura 2.6.4

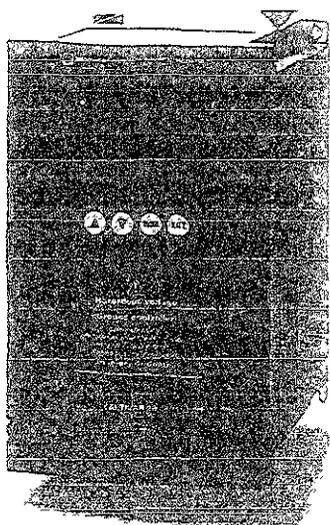


Figura 2.6.4 Variador de velocidad Altivar 18 (Telemecanique)

Los variadores se especifican de acuerdo a la potencia del motor que se vaya a controlar. El elegido debe ser capaz de variar la frecuencia de alimentación en una relación constante con el propósito de cambiar la velocidad de un motor asíncrono tipo jaula de ardilla, dentro de los requerimientos del par demandados por la carga, mediante la técnica de modulación de ancho de pulso (PWM), figura 2.6.5.

FORMA DE ONDA PWM.

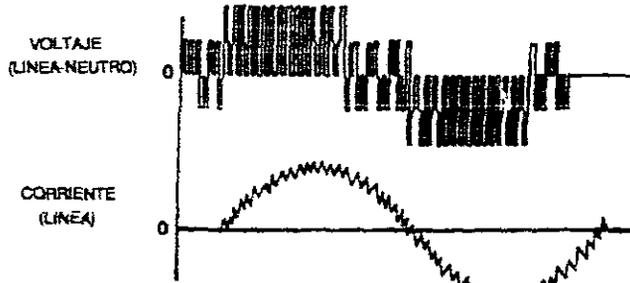


Figura 2.6.5 Forma de onda PWM.

Gracias a esa tecnología se puede obtener una operación confiable del conjunto motor – inversor durante las diferentes etapas del movimiento. Las rampas de aceleración y frenado que nos permite programar el inversor, evitarán el balanceo del carro y los picos de corriente demandados en los arranques.

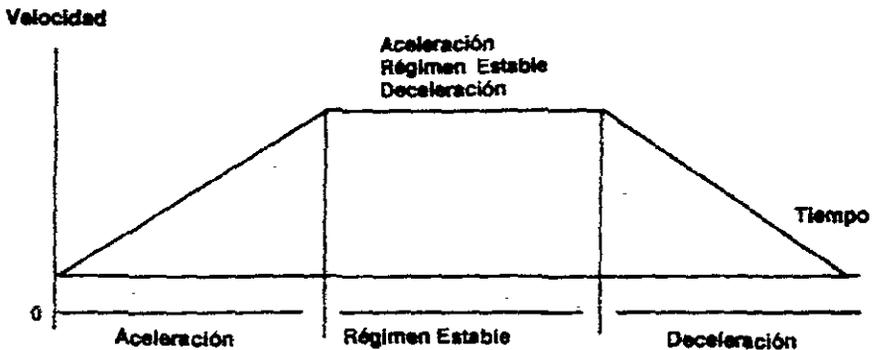


Figura 2.6.6 Diferentes fases de un movimiento.

CONTROL DE TIEMPO.

Cada etapa del proceso cuenta con un tiempo predeterminado para la exposición de las piezas en cada sustancia. Este control se realiza por medio del PLC, dándole el tiempo especificado por el usuario en cada estación, figura 2.6.7.

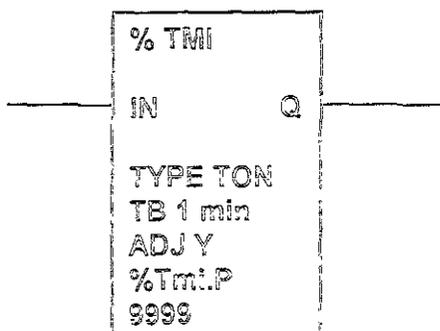


Figura 2.6.7 Temporizador interno de un PLC.

3. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROCESO.

3.1 DESARROLLO DE LAS RUTINAS DE CONTROL Y MONITOREO DEL PLC.

ASIGNACION DE ENTRADAS AL PLC.

Nuestro proceso es un ciclo por lo que lo programaremos en el lenguaje GRAFCO. Para poder hacer el programa en el PLC, se requiere que se asignen todas las entradas de los sensores, interruptores de posición etc, con su número correspondiente en el PLC.

Señales de la grúa 1.

%I1,0	sensor de descenso
%I1,1	sensor de ascenso
%I1,2	primer sensor de movimiento horizontal
%I1,3	segundo sensor de movimiento horizontal
%I1,4	tercer sensor de movimiento horizontal
%I1,5	sensor de estación ocupada
%I1,6	sensor de impacto
%I1,7	sensor de límite superior
%I1,8	sensor de límite inferior
%I1,9	señal de avance manual
%I1,10	señal de retroceso manual
%I1,11	señal de elevación manual
%I1,12	señal de descenso manual

Tabla 3.1.1 Señales de la grúa 1.

3. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROCESO.

3.1 DESARROLLO DE LAS RUTINAS DE CONTROL Y MONITOREO DEL PLC.

ASIGNACION DE ENTRADAS AL PLC.

Nuestro proceso es un ciclo por lo que lo programaremos en el lenguaje GRAFCET. Para poder hacer el programa en el PLC, se requiere que se asignen todas las entradas de los sensores, interruptores de posición etc, con su número correspondiente en el PLC.

Señales de la grúa 1

%I1,0	sensor de descenso
%I1,1	sensor de ascenso
%I1,2	primer sensor de movimiento horizontal
%I1,3	segundo sensor de movimiento horizontal
%I1,4	tercer sensor de movimiento horizontal
%I1,5	sensor de estación ocupada
%I1,6	sensor de impacto
%I1,7	sensor de límite superior
%I1,8	sensor de límite inferior
%I1,9	señal de avance manual
%I1,10	señal de retroceso manual
%I1,11	señal de elevación manual
%I1,12	señal de descenso manual

Tabla 3 1.1 Señales de la grúa 1

Señales de la grúa 2

%I3,0	sensor de descenso
%I3,1	sensor de ascenso
%I3,2	primer sensor de movimiento horizontal
%I3,3	segundo sensor de movimiento horizontal
%I3,4	tercer sensor de movimiento horizontal
%I3,5	sensor de estación ocupada
%I3,6	sensor de impacto
%I3,7	sensor de límite superior
%I3,8	sensor de límite inferior
%I3,9	señal de avance manual
%I3,10	señal de retroceso manual
%I3,11	señal de elevación manual
%I3,12	señal de descenso manual

Tabla 3 1.2 Señales de la grúa 2.

SALIDAS EN EL PLC.

En el PLC solo vamos a tener salidas hacia los variadores de velocidad. Existen 4 variadores de velocidad, dos para cada grúa, en cada una de ellas uno es para el movimiento horizontal y el otro para el movimiento vertical. Por lo que las señales de salida del PLC por programación, le indicarán a cada variador de velocidad cuando arrancar los motores, así como cuando hacer un cambio de velocidad.

RUTINAS DEL PLC.

En el programa del PLC, básicamente ocuparemos 5 rutinas de control y una de monitoreo, las cuales estarán enlazadas entre sí, para un funcionamiento eficaz del proceso

RUTINA DE POSICIONAMIENTO DE AVANCE DE LA GRUA 1.

Esta rutina consiste en posicionar la grúa 1 en la estación correspondiente. De la manera siguiente: por medio del programa mandamos la señal al variador para que arranque al motor horizontal a una velocidad máxima y se vaya a otra estación diferente a la actual, al pasar por cada estación el sensor número dos mandará la señal al PLC que junto con la señal de avance del variador, nos hará incrementar un contador interno del PLC, para poder saber en que estación va.

Al empezar a llegar a la estación deseada el primer sensor de movimiento horizontal, mandará la señal al PLC, para que éste la procese y a su vez mande una señal al variador para que haga un cambio de velocidad (una velocidad preseleccionada en el variador, menor a la máxima), el segundo sensor al activarse además de servir para incrementar un contador, nos servirá para volver a disminuir la velocidad del motor (otra velocidad preseleccionada en el variador), y el tercer sensor de movimiento horizontal nos servirá para que al mandar señal al PLC, éste la procese y mande al variador a hacer alto total, además de indicar que la grúa está en la posición adecuada para realizar otra actividad, figura 3.1.1.

Los cambios de velocidad nos servirán para que la grúa se posicione exactamente en la estación correspondiente, que no se llegue a pasar por la inercia que pueda llevar al ir a una velocidad alta, también para que al ir despacio al llegar al punto final de la estación y detenerse, la grúa no haga el movimiento del péndulo y esto ocasione que se dañen los materiales que transporta así como la estructura de la misma

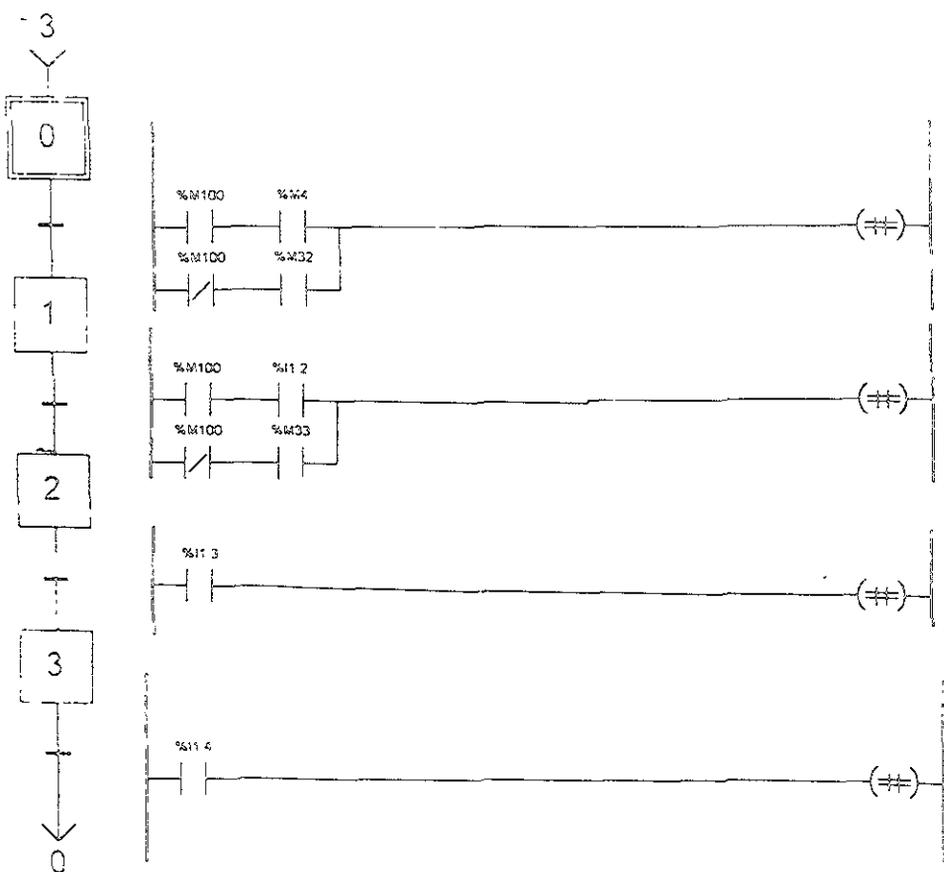


Figura 3.1.1 GRAFCET de la rutina de avance de la grúa 1

RUTINA DE POSICIONAMIENTO DE RETROCESO DE LA GRUA 1.

Esta rutina es parecida a la rutina de avances, solo que el sensor dos, junto con la señal del variador de reversa, harán que la señal del contador decremente su cuenta, para indicar en que estación se va encontrando la grúa, la función de los tres sensores es la misma y nos servirán igualmente para ir decrementando la velocidad al motor por medio del variador de velocidad (gracias a las velocidades preseleccionadas con anterioridad), y para saber que la grúa ya está en la posición adecuada, figura 3.1 2

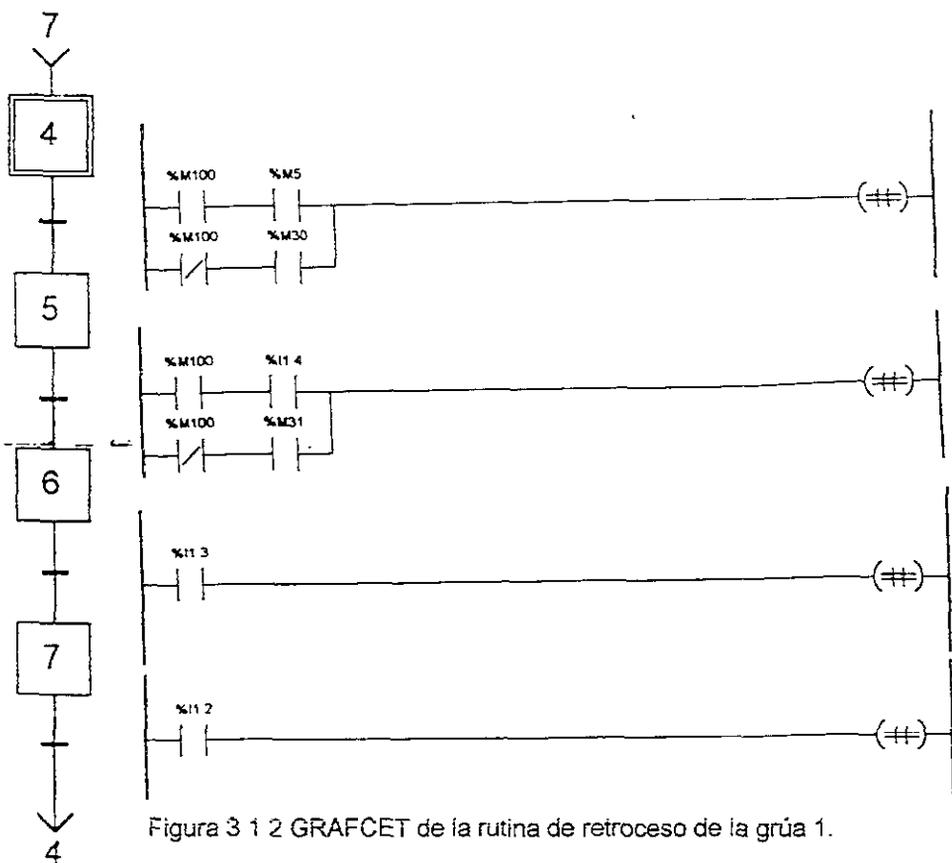
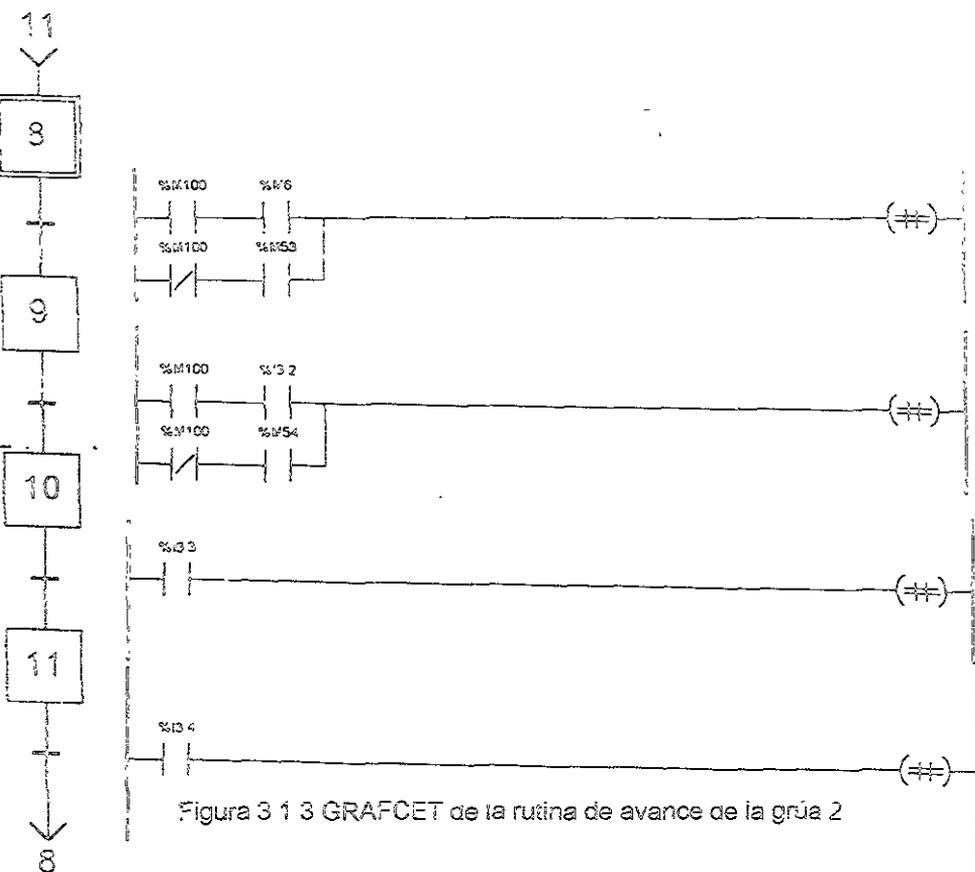


Figura 3 1 2 GRAFCET de la rutina de retroceso de la grúa 1.

RUTINA DE POSICIONAMIENTO DE AVANCE DE LA GRUA 2.

Esta rutina es igual a la rutina de avance de la grúa 1, solo que ocupa sus sensores correspondientes, así como también otro variador de velocidad, aunque con las mismas velocidades preseleccionadas el variador de una grúa nos sirve para los dos movimientos, avance y retroceso, o sea es reversible, figura 3.1.3.



RUTINA DE POSICIONAMIENTO DE RETROCESO DE LA GRÚA 2.

Esta rutina (figura 3 1 4) es igual que la rutina de retroceso de la grúa 1, solo que con otras variables de entrada (sensores) y salida (variador de velocidad con sus velocidades preseleccionadas), aunque las mismas que para el avance de la grúa 2, las velocidades son las mismas para los dos variadores de ambas grúas.

El funcionamiento de las dos grúas es a través de los sensores ubicados en cada grúa (tres sensores en cada una), que mandan su señal al PLC, quien también recibe la señal de avance o reversa de cada variador, con estas dos señales el PLC manda al variador a avanzar, a retroceder, a parar, o a hacer una disminución de su velocidad, para ubicarlo exactamente en la estación adecuada.

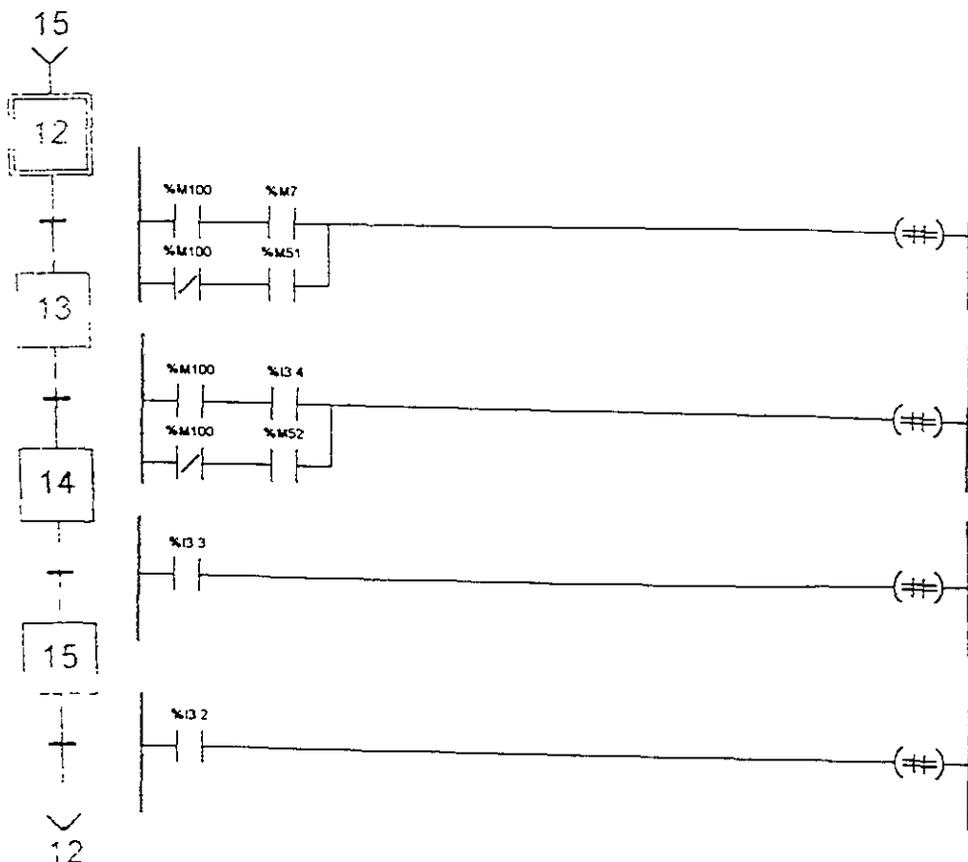


Figura 3.1.4 GRAFCET de la rutina de retroceso de la grúa 2

RUTINA DE CONTROL DE LA TAREA MAESTRA.

En esta rutina se contempla todo el ciclo del proceso, que lo realizan las dos grúas, cada grúa con una rutina diferente, desplazándose hacia las diferentes estaciones, cuidando de no chocar entre sí

RUTINA DE CONTROL DE LA TAREA MAESTRA DE LA GRUA 1.

El siguiente GRAFCET (figura 3.1.5), nos muestra la secuencia que tiene que seguir la grúa 1 para realizar su trabajo que le corresponde en el proceso.

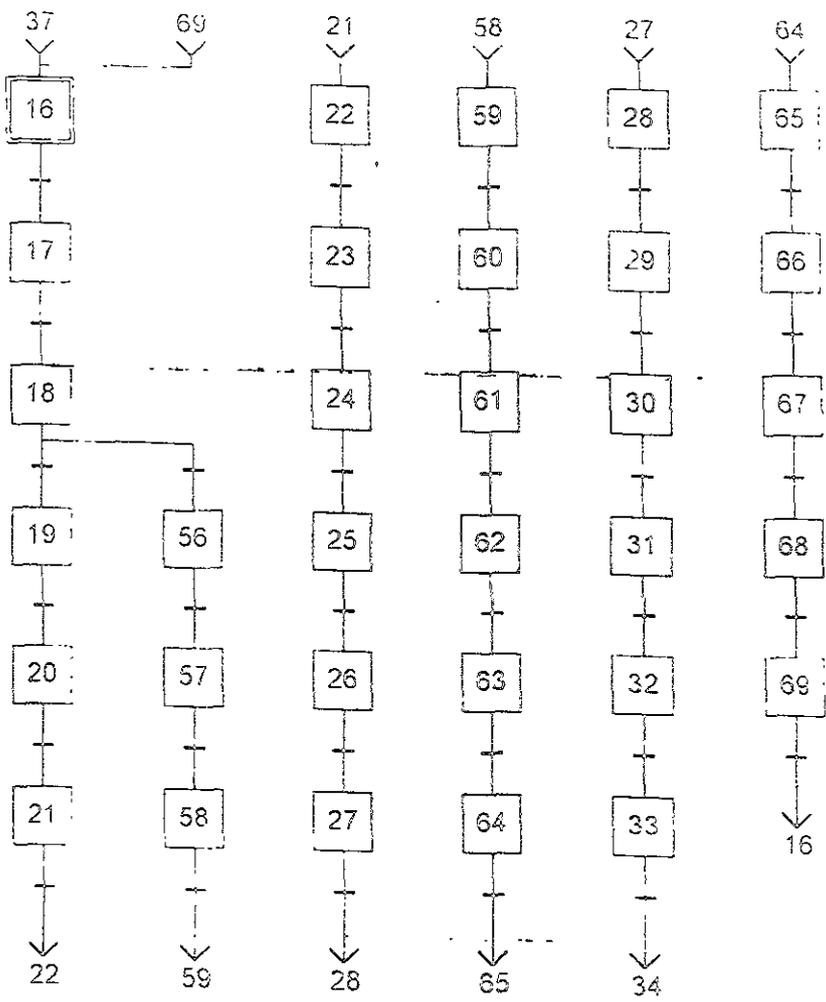


Figura 3.1.5 GRAFCET de la tarea maestra de la grúa 1

ROUTINA DE CONTROL DE LA TAREA MAESTRA DE LA GRUA 2.

Este GRAFCET (figura 3.1.6), nos muestra la secuencia que tiene que seguir la grúa 2 para realizar su trabajo que le corresponde en el proceso. Las dos grúas realizan secuencias diferentes para que entre las dos completen el ciclo de cincado de piezas metálicas para cerraduras. En cada etapa del GRAFCET cada grúa debe sumergir o sacar piezas de las estaciones en la cual se detuvieron.

Esto lo hacen de la siguiente manera: al recibir el PLC la señal del sensor que le indica que está en posición, dependiendo si la grúa está arriba o abajo (esto es por medio de los sensores superior o inferior), si está arriba el sensor superior le indica a la grúa que baje, el motor de movimiento vertical funciona a través del variador de velocidad a una velocidad máxima establecida, después de un cierto tiempo por medio de un temporizador interno del PLC se le ordena al variador disminuir su velocidad (velocidad ya preseleccionada) de modo que al llegar a la posición baja, el sensor inferior manda una señal al PLC, y este a su vez manda parar el motor por medio del variador.

Si la grúa está abajo, el sensor inferior manda señal al PLC que a su vez manda arrancar al motor a una velocidad máxima, para que la grúa suba, después de un cierto tiempo de un temporizador interno, se manda a hacer un cambio de velocidad, se pasa a una velocidad menor, y al llegar a la parte alta, el sensor superior indica al PLC que mande parar el motor, la grúa se mantiene en la parte alta para esperar otra orden.

El ciclo que deben cubrir las dos grúas es el siguiente:

- Carga / descarga
- Predesengrase
- Desengrase inmersión
- Desengrase electrolítico
- Enjuague
- Preparación (activado)
- Enjuague
- Enjuague con agua caliente
- Azul cromato
- Enjuague
- Tropicalizado
- Enjuague
- Cincado

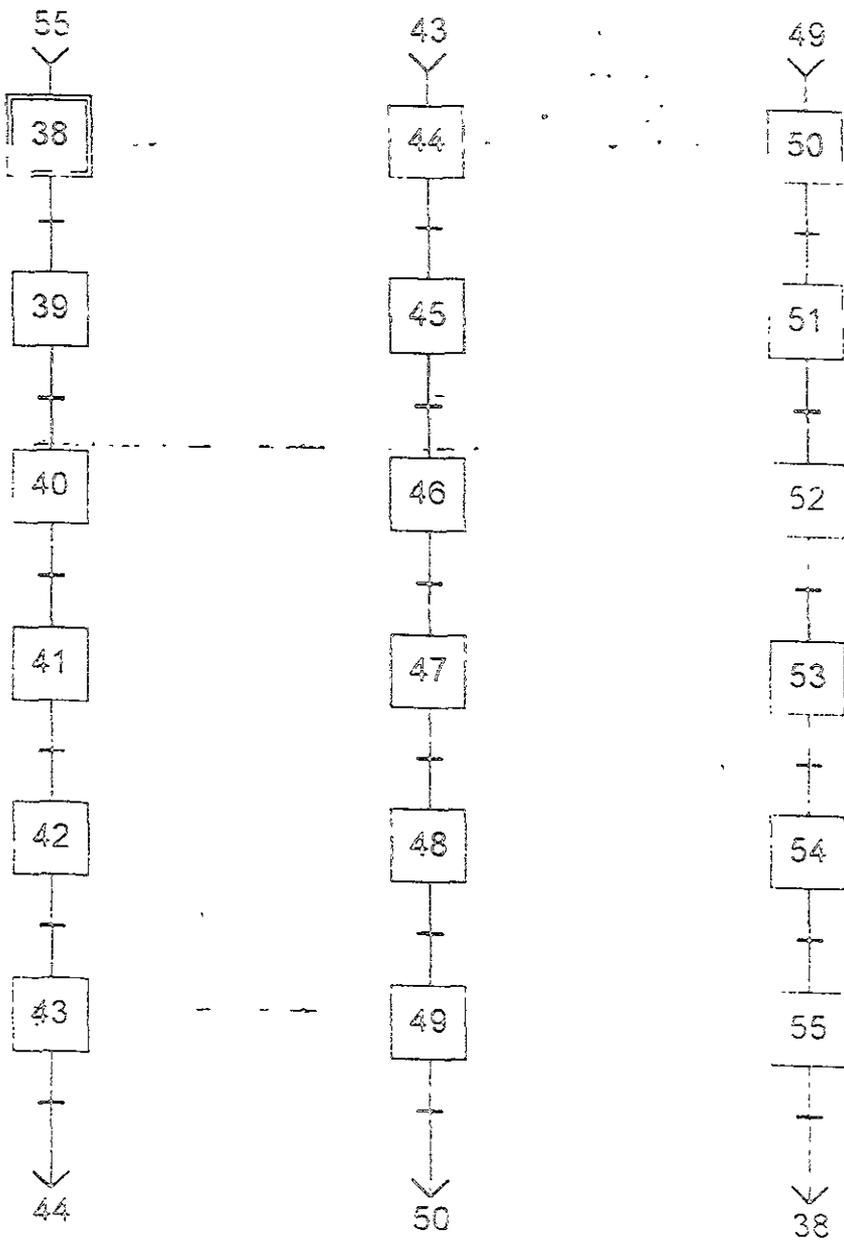
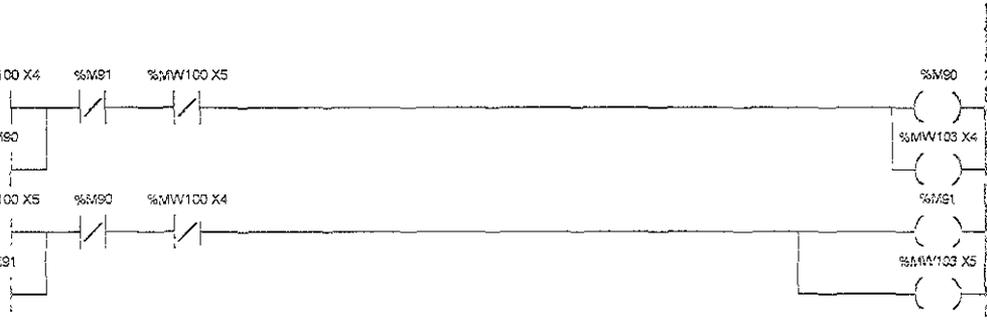
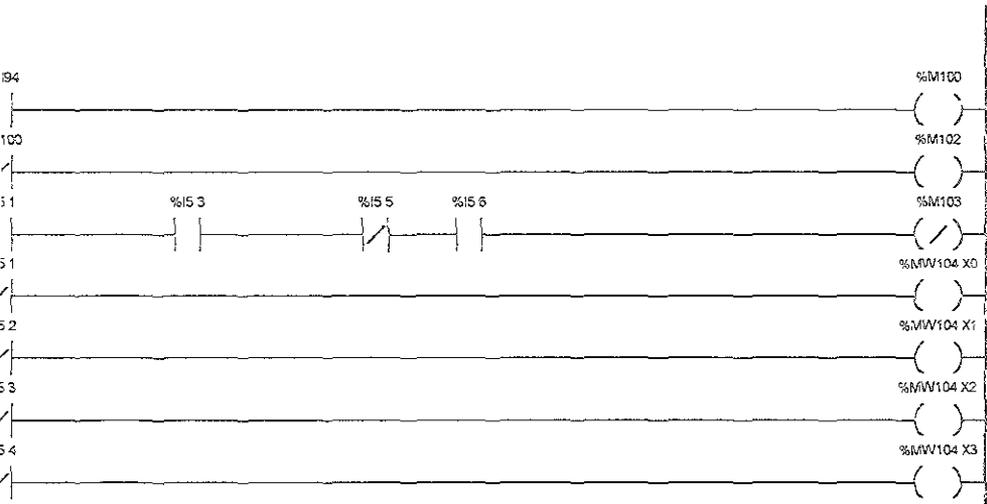
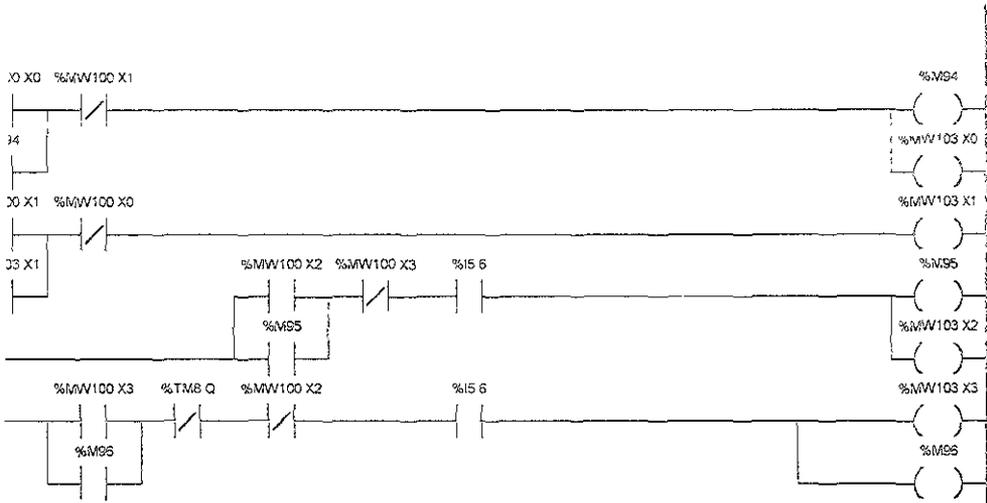
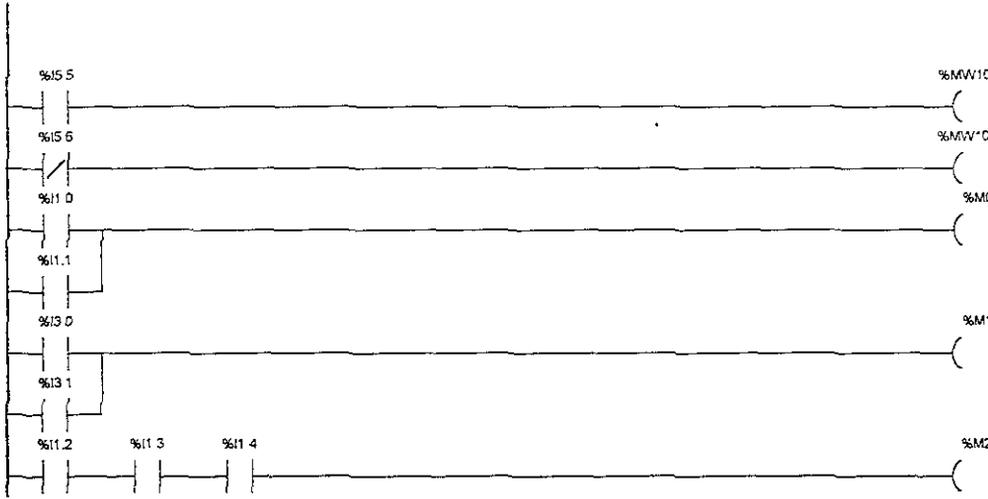


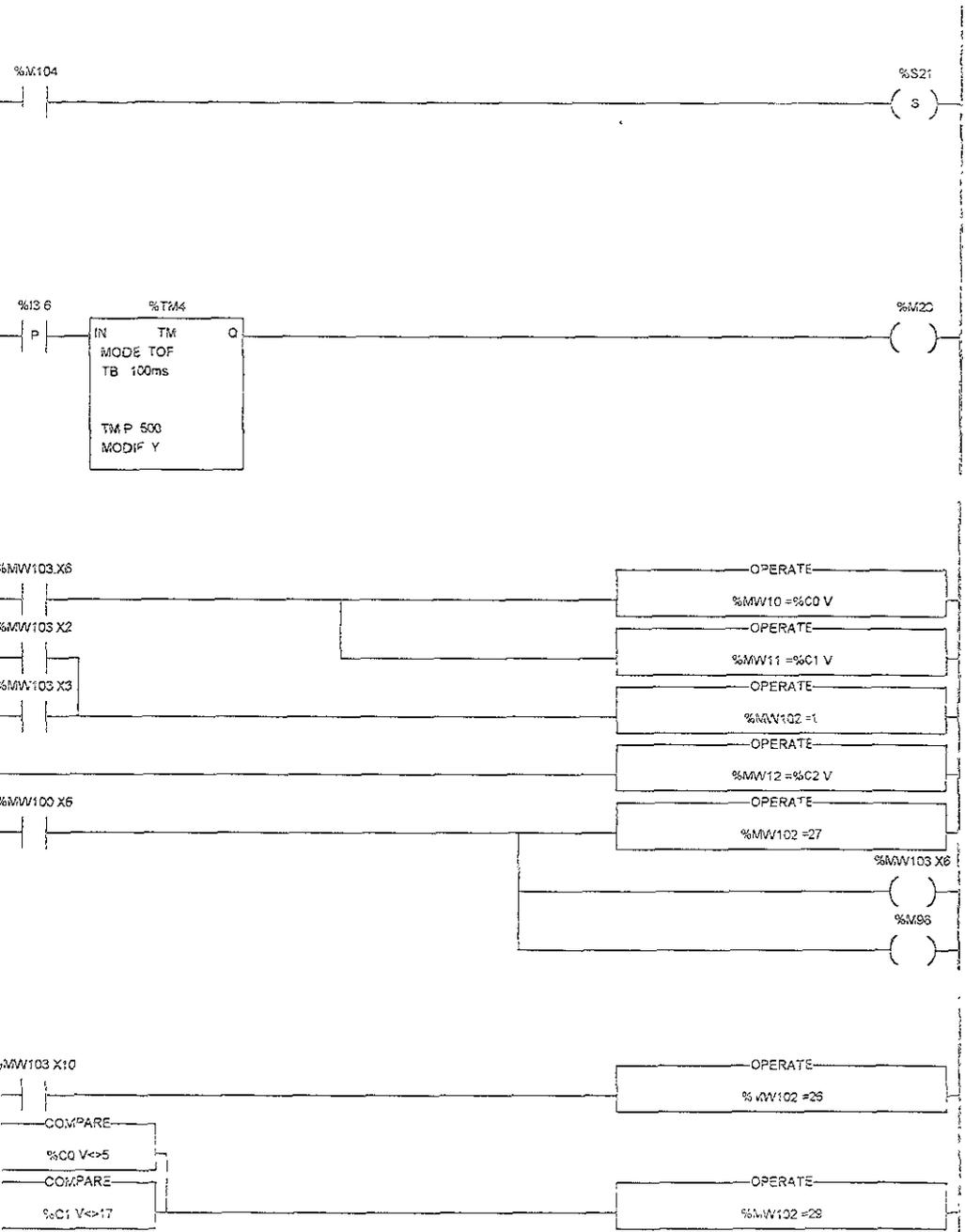
Figura 3.1.6 GRAFOET de la tarea maestra de la grúa 2

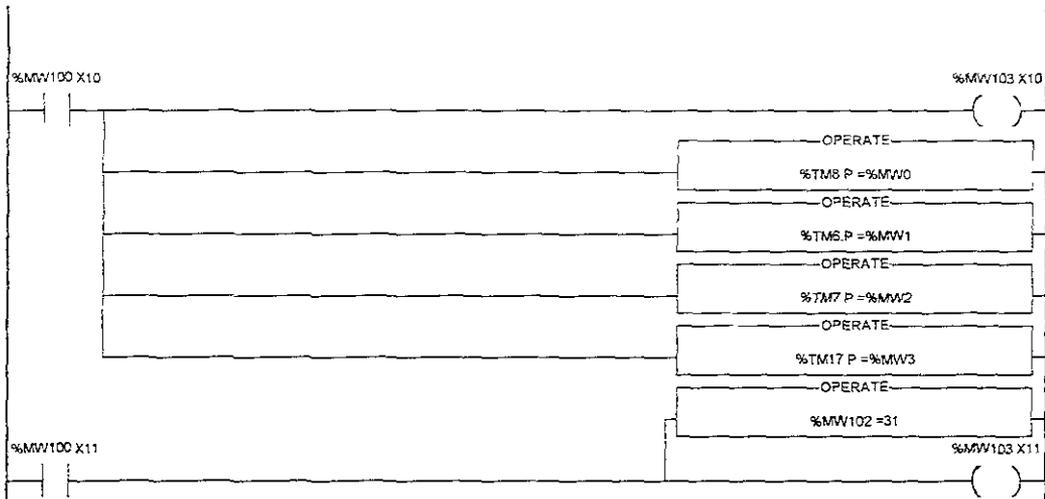
GRAF CET. ZONA DE TRATAMIENTO POSTERIOR.

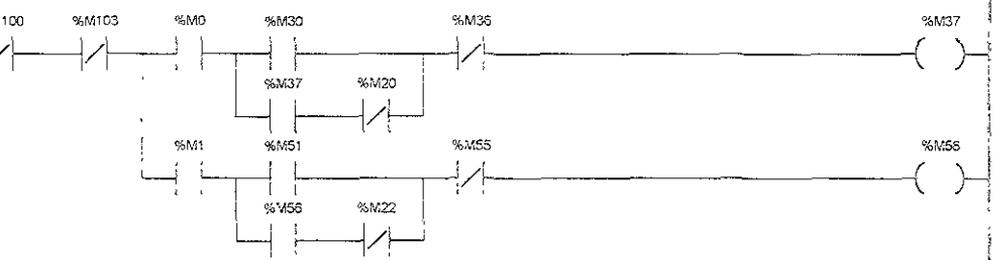
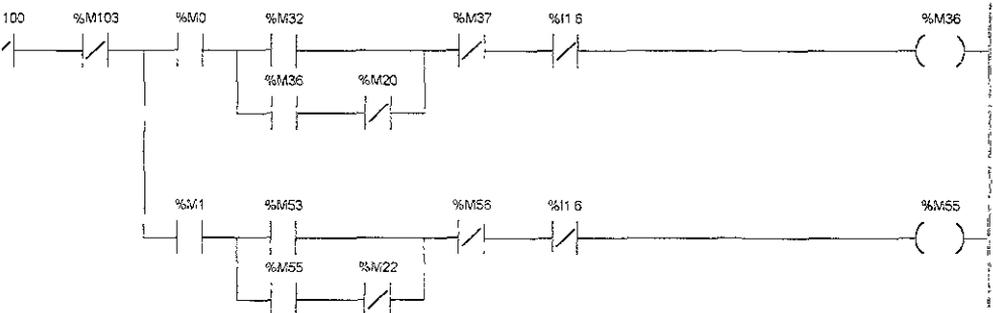
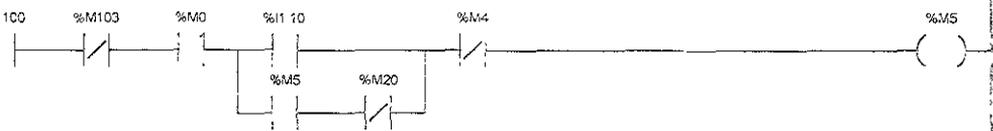
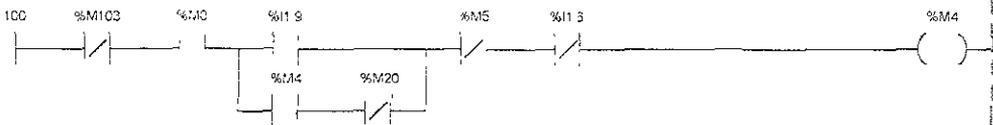
Este tratamiento es el complemento del lenguaje GRAFCET, esta zona contiene las redes de contactos correspondientes a la activación de las salidas asociadas a las etapas, ejecuta la lógica de salida, esto por lo regular se programa en lenguaje de escalera o de contactos. En el apéndice A se encuentra todo el programa del tratamiento posterior para todo el proceso de las dos grúas

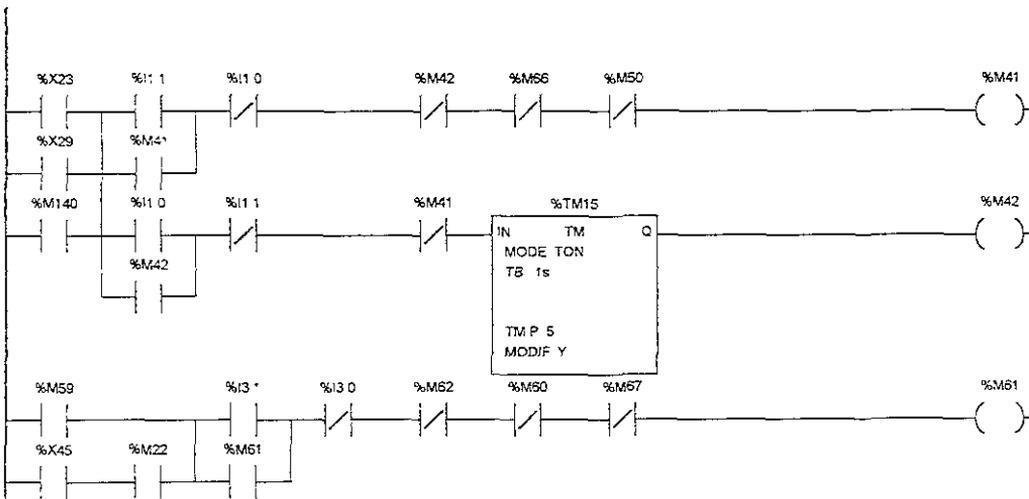
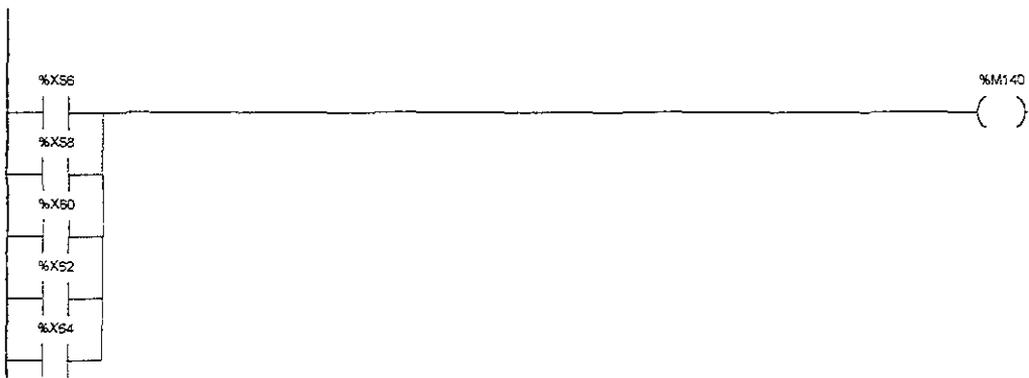
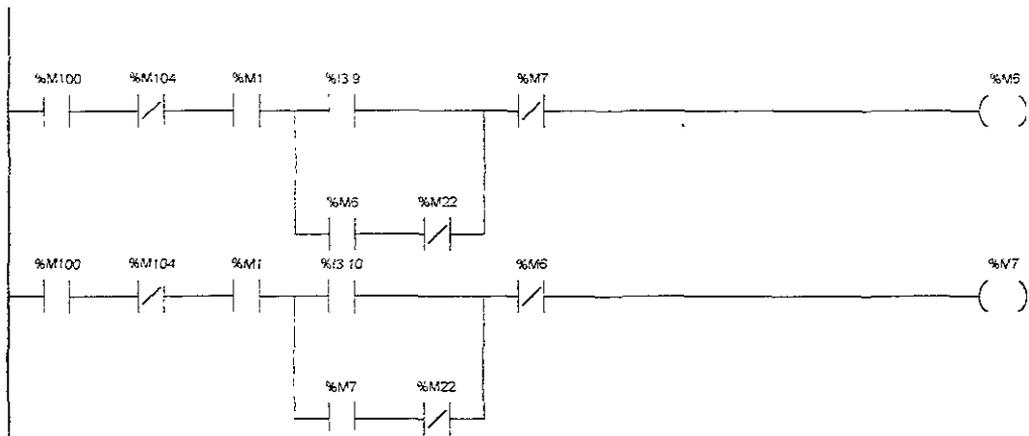


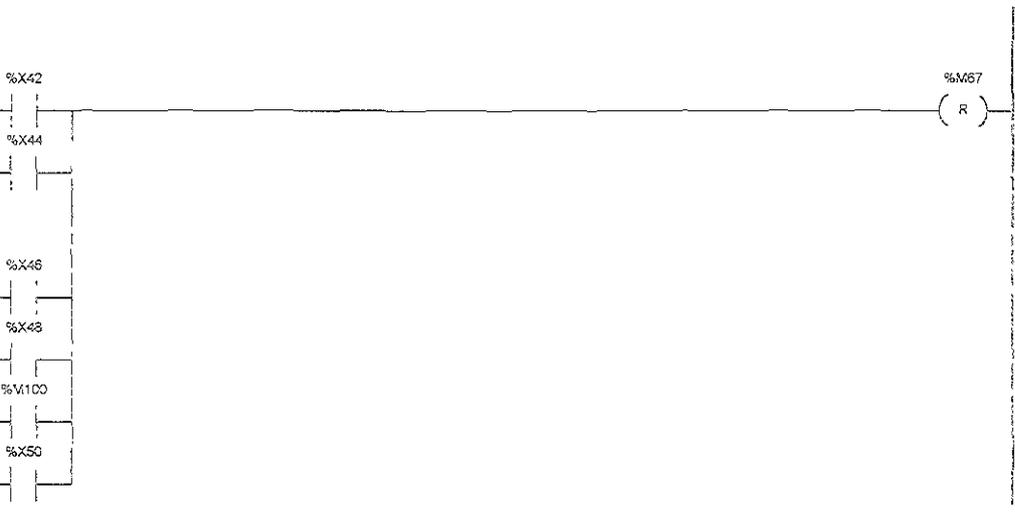
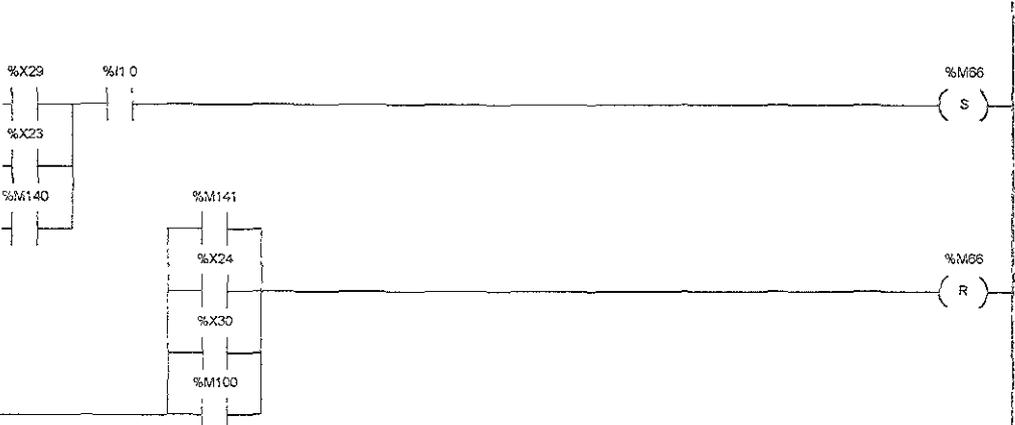
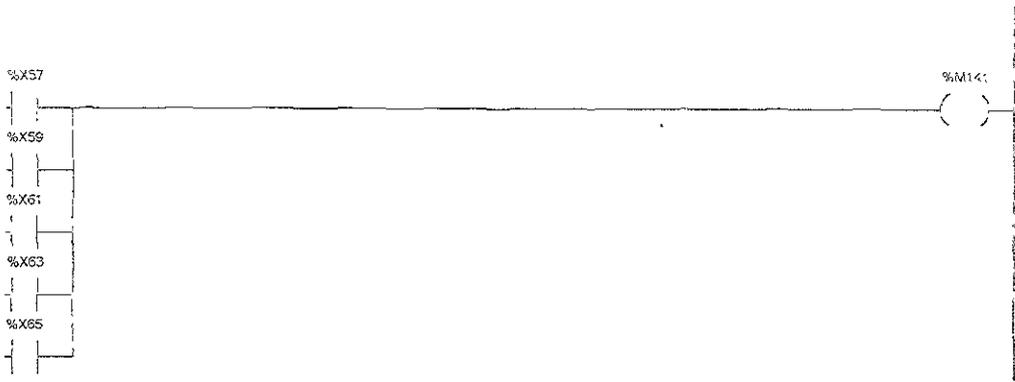


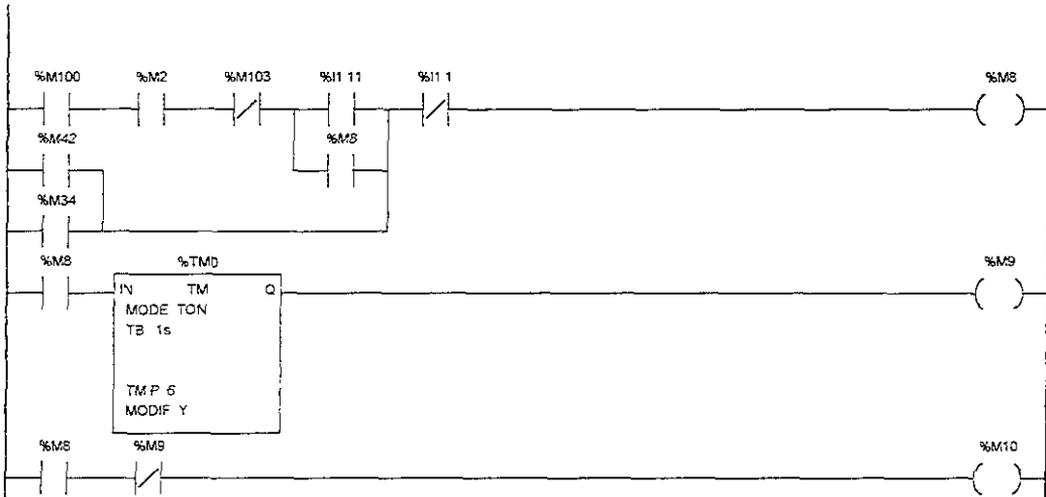
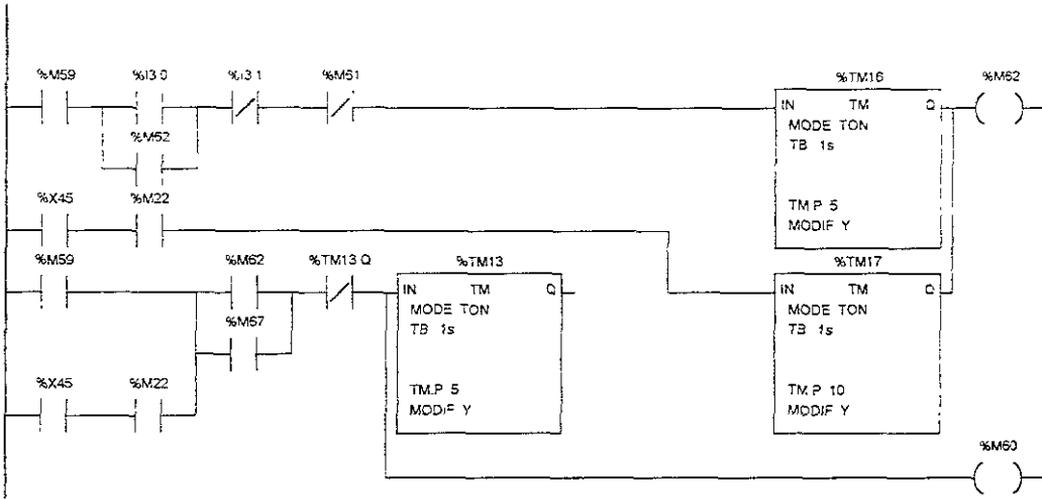


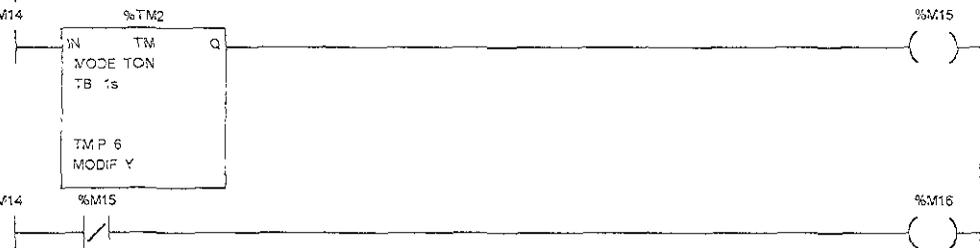
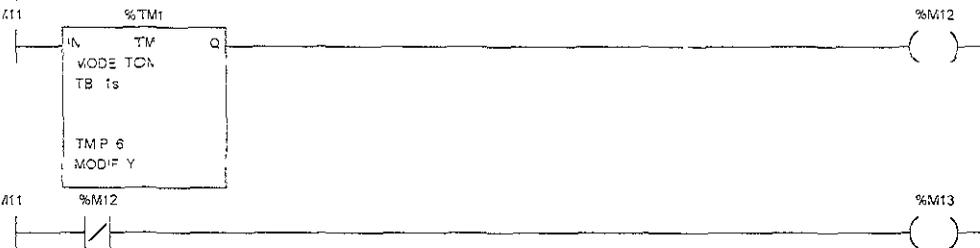
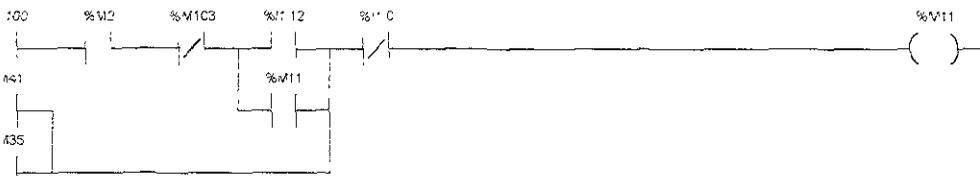












RUTINA DE MONITOREO DEL PLC.

Para el monitoreo del proceso completo, utilizaremos una terminal de diálogo XBT-P (ver figura 3.1.7, de la marca Telemecanique, que tiene un display de dos líneas de 20 caracteres cada una, teclas de función y teclas de servicio, memoria flash eeprom, páginas de aplicación y páginas de alarmas. El apéndice B nos muestran el programa de la rutina de la terminal de diálogo, tanto de comunicación con el PLC, como de los mensajes a aparecer en la pantalla.

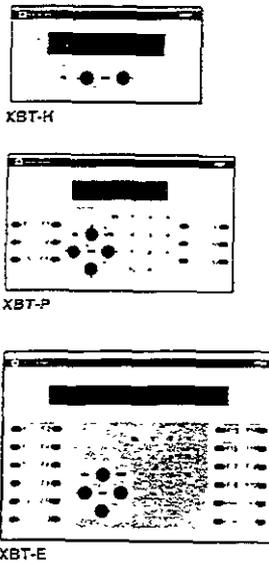


Figura 3.1.7 Terminales de diálogo XBT

Lo que se va a monitorear son las etapas en que se encuentra cada grúa (etapa de enjuague, de preparación, de enjuague con agua caliente, de azul cromato, de cincado etc.), así como el número de estación en el que se encuentran las mismas. En la terminal se cargarán los temporizadores para ajustar o cambiar los tiempos de proceso (de inmersión y de espera básicamente), así como los contadores para ajustar o cambiar el número de estación en que se encuentran las grúas, otros dos contadores los ocuparemos para visualizar las grúas, para que al seleccionar un contador de

cualquiera grúa, aparezca en la pantalla el mensaje de la etapa y estación en la que se encuentre actualmente la grúa

En la misma rutina se visualizarán las fallas que puedan tener los motores, esto es, al haber una falla en algún motor, estos mandarán una señal al PLC indicando la falla en el mismo, el PLC avisará a la terminal de diálogo XBT-P de la falla, para mandar desplegar el mensaje de falla en la terminal de una forma intermitente para que el operario se pueda dar cuenta fácilmente y así poder reparar el daño rápidamente.

1. Dos pilotos de señalización
2. Visualización fluorescente
3. Teclas de función con piloto de señalización
4. Teclas de servicio
5. Teclas numéricas

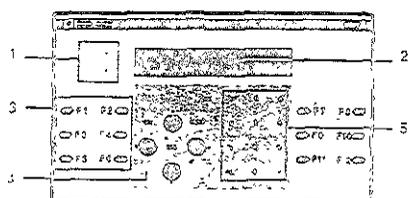


Figura 3.1 8 Terminal de diálogo XBT-P

Además de esto, por medio del software ya cargado en una computadora, se puede uno conectar al PLC y monitorear todo el programa, para saber en que etapa se encuentran las grúas, se puede observar como se activan y desactivan todas las entradas y salidas, ajustar los conectores, los temporizadores, forzar salidas para observar su respuesta, forzar relevadores internos, etc..

Para poder programar la terminal de diálogo se requiere de otro software especial (software XBT-L1000), diseñado para crear las pantallas (cargar los mensajes), además se requiere del programa de comunicación entre el PLC y la terminal XBT-P.

2 DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL HARDWARE NECESARIO PARA OPTIMIZAR EL USO DEL PLC.

El diseño del sistema debe optimizarse de tal forma que únicamente se coloquen los elementos del Hardware necesarios, así se abata en una gran proporción el costo del sistema. Por ejemplo, Si se requiere diseñar un sistema de grúas para el Cincado y lqueiado de partes metálicas para cerraduras, vamos a necesitar de sensores, motores eléctricos de C.D., rieles y estructuras de acero para su colocación y fácil maniobrabilidad, PLC's, arrancadores, variadores de frecuencia, etc.

En el momento en el que nosotros queremos optimizar nuestro diseño, debemos tener muy en cuenta lo que el mercado nos ofrece. Esto es, si existe un PLC con determinadas características que pudiese servir, se toma, quizá no sea necesario uno con gran memoria o muy grande, así estamos economizando el Hardware y por tanto se obtiene un ahorro bastante importante.

En el caso presente se requieren 16 señales de entrada y 17 de salida, incluyendo las lámparas de señalización para el operador. Todas ellas se enlistan en el capítulo 3.1

Para la construcción del modelo a escala se omitieron las lámparas de señalización así como los botones de conexión al inversor y de energía de gabinetes. Adicionalmente se decidió que el freno no es necesario porque la fricción del sistema reductor de velocidad es suficiente para mantenerlo en posición. Queda así el número de señales con 13 entradas y 6 salidas

Por el mismo sucede con los Sensores y en general todo el sistema, es importante saber como funciona cada uno de los diferentes elementos para así poder realizar la mejor automatización y acoplamiento de Hardware con el PLC

En éste caso, se dividirá el Hardware en tres partes específicas con el único fin de darle un mejor estudio y análisis:

- El sistema de transportación (grúas) se deslizará sobre una estructura metálica de 50m de longitud, 3m de altura y 3m de ancho.
- Las grúas (2), se formarán con estructuras metálicas en forma de marco, con lo cual se tiene un ahorro tanto de material, como de peso, y así se facilitará la transportación de las partes metálicas.
- El Sistema Eléctrico y de Control, con lo que se tendrá un perfecto conocimiento de sistema así como su estado presente.

La estructura metálica está hecha de acero, y tiene la capacidad de mantener el peso, tanto de las piezas metálicas a ser tratadas, como de unas tinajas en las cuales se tendrán las soluciones químicas del proceso. Estas tinajas son realizadas en materiales específicos que resisten temperaturas y materiales químicos especiales para dicha operación

La estructura metálica tiene también la propiedad de permitirle a las grúas desplazarse sin ningún problema, haciendo más ágil el proceso en general, y si se considera que las dos grúas corren sobre la misma estructura, se diseñó para poder soportar el peso de todo el conjunto. Por estar enfocado al sistema de control, en el presente trabajo no se reporta la información de diseño mecánico del equipo.

Las grúas están dotadas de una estructura metálica, y a su vez son movidas por cuatro ruedas en la base que hacen que se deslicen sobre dicha estructura. Para éste efecto, cada grúa posee dos motores, uno para su movimiento horizontal, o en x; y otro para su movimiento vertical o en y.

Los motores son, para el caso en movimiento en x de 1.00 HP y de 3.6 Amps. Para el movimiento en y es de 2.00 HP y de 6.8 Amps. Cada motor en cada una de las diferentes grúas.

La diferencia de potencias radica en que en el eje vertical únicamente se utiliza para bajar y subir las piezas metálicas, en cambio, el de 2.00 HP se utiliza para mover a toda la grúa sobre la estructura metálica.

Para efecto de transportación de las piezas metálicas, se pueden utilizar diferentes tipos de contenedores: Mallas especiales, Barriles, etc

El Sistema Eléctrico y de Control, es lo más complejo, ya que se incluye aparte de los motores antes mencionados lo siguiente:

- Un Controlador Logico Programable PLC marca Telemecanique.
- Dos variadores de frecuencia (para controlar cada una de las grúas), con las cuales se controlará la velocidad de cada uno de los motores tanto de transportación de piezas metálicas, como de deslizamiento. Estos variadores de frecuencia son de marca Telemecanique modelo ATV-16U1.
- Juegos de Ciemas para la realización de las conexiones, tanto de las señales de entrada, como las de salida
- Dos palancas direccionadoras (Joystics), para poder manipular a las grúas de forma manual: en cuanto a su dirección y velocidad.
- Fuente de alimentación a 24 volts para darle la energía necesaria a todo el equipo logrando así un funcionamiento adecuado.
- Sensores de posición y sensores de detección de metal, para darle la posición exacta a las grúas sobre la tina correspondiente.
- Gabinete, pantallas, protecciones, indicadores, cable y demás hardware propio para dicha instalación, así como fusibles, arrancadores e implementos en general para el control de motores.

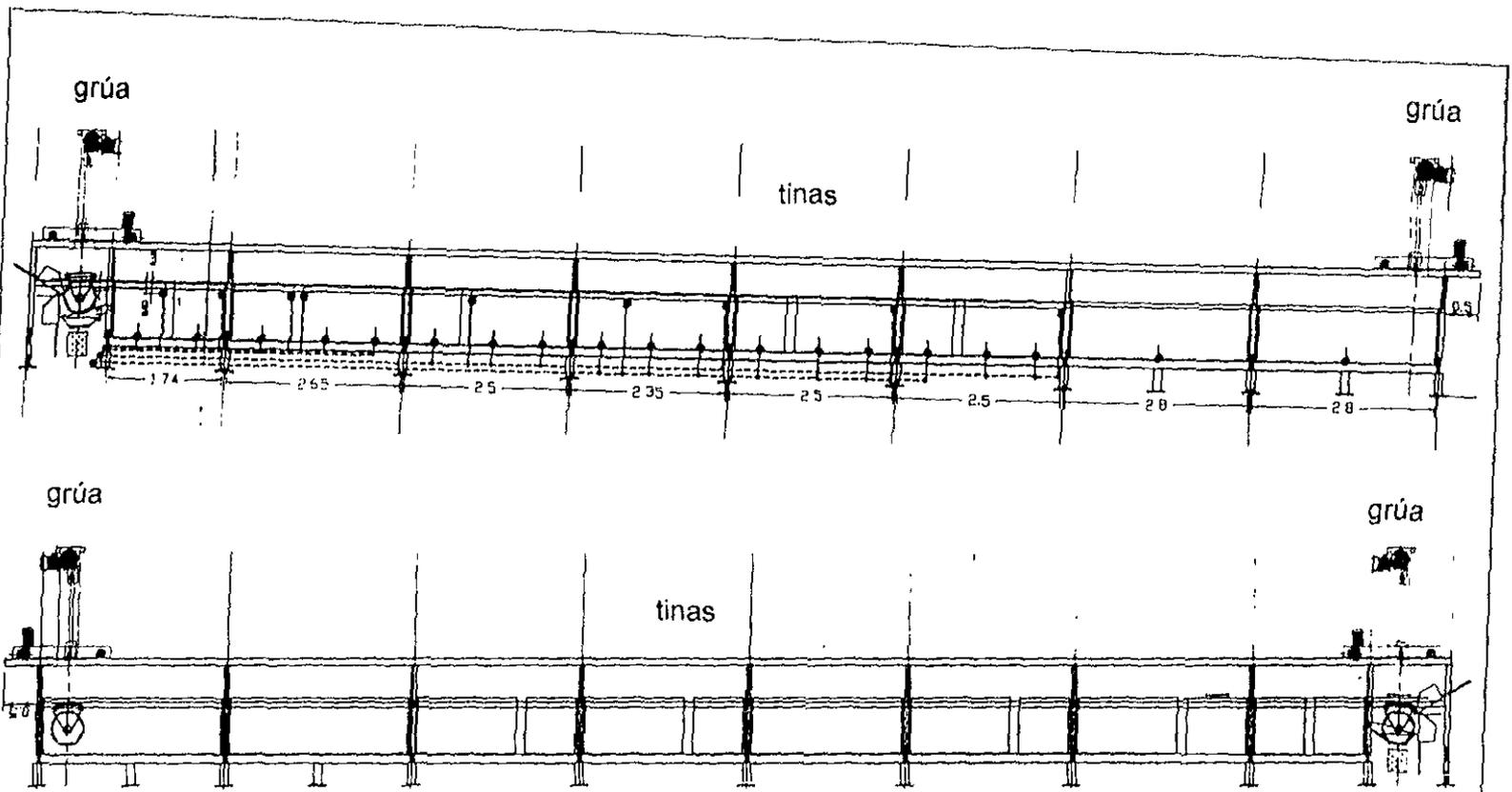
En el caso de modelo a escala, se tiene una implementación muy parecida a la real. Es que se trabajó a dimensiones casi proporcionales en todos los sentidos, desde la estructura metálica, las tinas contenedoras de sustancias químicas, las grúas transportadoras, etc.

Se utilizó PVC para la construcción de las grúas y de las tinas, haciendo dobles especiales y pegando todo muy cuidadosamente. La estructura fue realizada con varillas (tubo delgado) de acero; y para la instalación eléctrica se utilizó, de igual forma el material y dispositivos electrónicos que en caso del Sistema a tamaño real: Un PLC, Sensores, Motores, Fuente de alimentación, cable, etc.

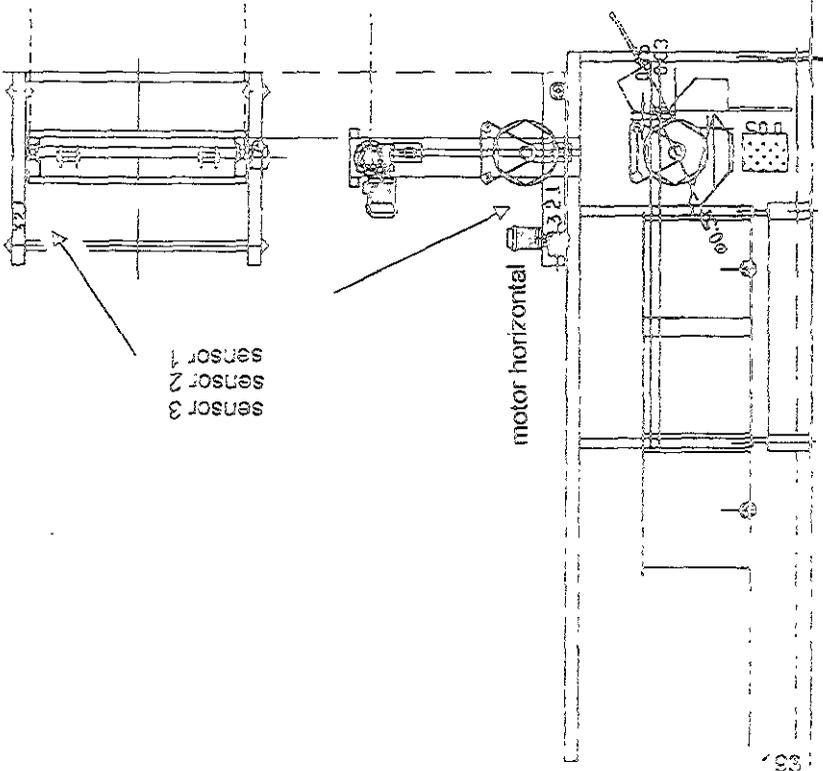
En el caso de la regulación de velocidad de los motores, se decidió utilizar, en lugar de variadores de frecuencia, un arreglo de relevadores para seleccionar dos fuentes de voltaje, con lo cual podemos regular la velocidad por medio del potencial que reciba cada uno de los motores, y así controlar esta variable.

El modelo obtuvo dimensiones finales de aproximadamente 3.40m de longitud, 0.50m de altura y 0.30m de ancho, con lo cual se pretende simular, de la manera más aproximada una situación real de este tipo de sistemas de transportación.

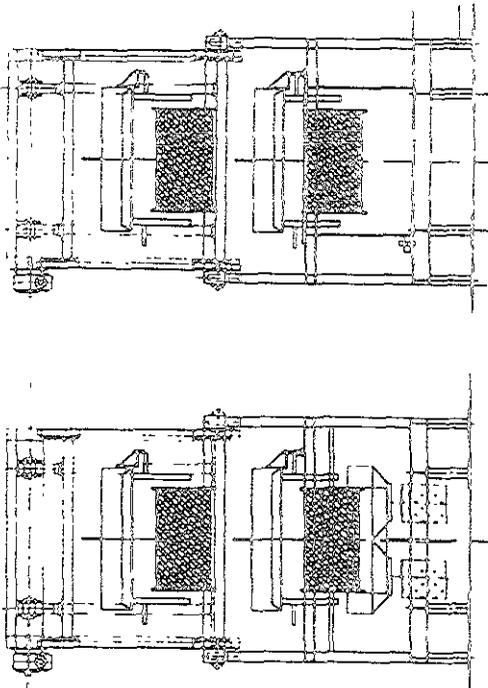
A continuación presentamos los dibujos de fabricación de las grúas reales.



UNAM	DIBUJO: A. DOMINGUEZ	
	SUPI: J. DURAN Y JC SALAS	
	DIBUJO NO.	MEC.2
VISTAS LATERALES		ABRIL 7, 2001



motor vertical



UNAM

DEBUJO A. DOMINGUEZ

SUP. J. DURAN Y JC. SALAS

ITRILIC MD.

MEC.3

ABRIL 7, 2001

GRUAS

Vista frontal de grúa y montaje del motor

3.3 INTEGRACION Y PRUEBAS DEL HARDWARE CON EL PLC

La integración y pruebas del Hardware con el PLC buscan lograr que todo el desarrollo matemático y de diseño de Ingeniería coincidan y sean reales al momento del ensamblado.

Cabe mencionar que cuando hablamos de automatización, nos referimos a sistemas lógicos de control para satisfacer los requerimientos de la industria, y así llegar a la automatización en los procesos.

Por otro lado, la creación de los Controladores Lógicos Programables PLC's, ofrece la ventaja de tomar decisiones que realice el sistema, así es conveniente hacer las pruebas de Integración del equipo de tal manera, que en un momento determinado, si el control no es el adecuado o el esperado, se pueden modificar las instrucciones de programación, y así hacer más fácilmente las correcciones en software, o bien modificar si es necesario el diseño del Hardware.

Haciendo una breve remembranza, los Controladores Lógicos Programables fueron creados como una respuesta a las modificaciones de diseños en la industria automotriz a finales de la década de los años 60's. Los cambios anuales de modelos en los automóviles presionaron a los proveedores de sistemas de control a incrementar su tecnología. Tal presión fué con el fin de reducir el tiempo en el cual se adoptaba un nuevo sistema de control de la línea de producción para realizar las modificaciones para los nuevos modelos de vehículos, que originalmente se hacía con relevadores.

Se buscó una nueva alternativa que ofreciera flexibilidad en cuanto a implementación de cambios. Es así, como se llega a la obtención de los PLC's, que hasta nuestros días son utilizados en prácticamente todos los procesos automatizados

La computadora, ya bien establecida entonces, era el sistema más viable para realizar el tipo de operaciones que necesitaba el PLC, ya que eran en los años 60's muy

utilizadas en muchas áreas de las empresas y sus características ya resultaban atractivas para esta aplicación, sin embargo tan solo se tomaron las características que cumplieran con las especificaciones y fueron integradas a los dispositivos denominados "Controlador Programable". Actualmente se adicionan características particulares para el funcionamiento de este dispositivo, muy útil, versátil y flexible para aplicaciones industriales. que lo hace una herramienta indispensable para la automatización de los procesos, es por esto que la integración con el Hardware es importante, sin embargo no hay que restar importancia al desarrollo del Software, ya que éste último representa una ventaja al poder modificarlo desde la computadora.

El PLC no trabaja solo, necesita de lenguajes de programación, instrucciones, interconexiones de sensores y hacia actuadores e instalaciones en general, así como una forma de comunicación con el usuario u operador.

Así, tenemos que los elementos básicos de todo sistema de control son cuatro y son los siguientes:

Sensor, es el elemento primario

Transmisor, sería el elemento secundario

Controlador, el "cerebro" del sistema de control

Elemento final de control es un actuador; normalmente un motor eléctrico o válvula

La importancia de estos componentes estriba en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control, estas operaciones son:

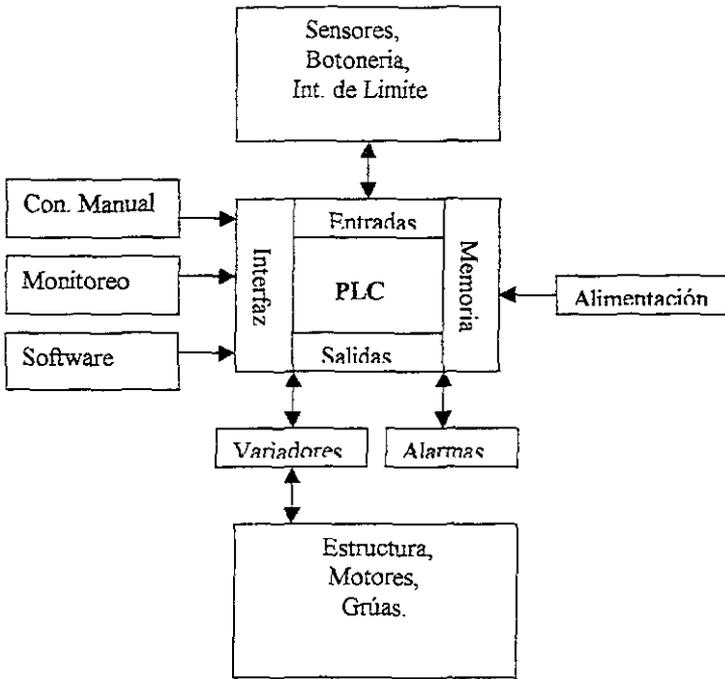
Medición (M): la medición de la variable que se controla se hace generalmente mediante la combinación de sensor y transmisor

Decisión (D): con base en la medición, el controlador decide qué hacer para mantener la variable en el valor que se desea

Acción (A): como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente ésta es realizada por el elemento final de control

Es por esta razón que el hardware juega un papel muy importante, ya que los elementos de Control del Sistema están representados por el mismo Hardware, y si alguno de éstos elementos llegase a fallar, el sistema no funcionaría correctamente.

La integración de todos los componentes del sistema se llevó a cabo de la siguiente forma:



La estructura metálica soportará el peso de las grúas y contará con los rieles adecuados para facilitar su desplazamiento. Estas a su vez cuentan con los dispositivos electrónicos de sensado y actuadores que llevarán a cabo las acciones del control sobre el sistema. Ellos son quienes se conectarán al PLC para que el mismo conozca el estado del equipo y en base a ello tome las decisiones de control adecuadas de acuerdo al programa que se le introduzca.

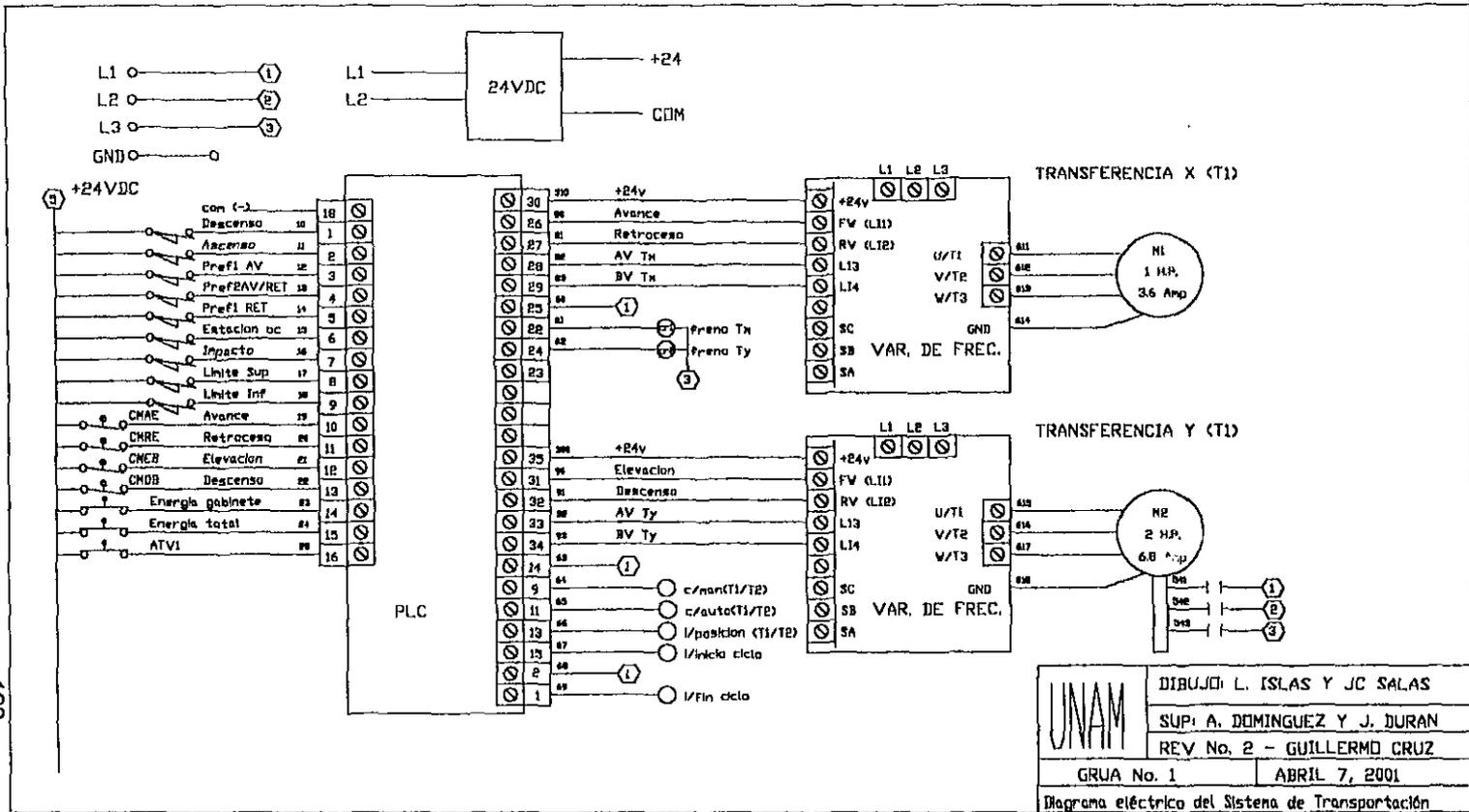
Para integrar eléctricamente el control se llevaron a cabo las conexiones necesarias, de acuerdo a los diagramas eléctricos que al final del capítulo se presentan.

Para el caso del modelo a escala, como se mencionó en el capítulo anterior, no se instalaron variadores de frecuencia, de modo que se simularon con cajas de relevadores, las cuales fueron conectadas a las salidas del PLC, mismas que accionan un relevador de selección de velocidad (alta o baja) y otros dos para el sentido de giro adelante y atrás, respectivamente. Para el caso del movimiento vertical estos últimos son para el accionamiento arriba-abajo.

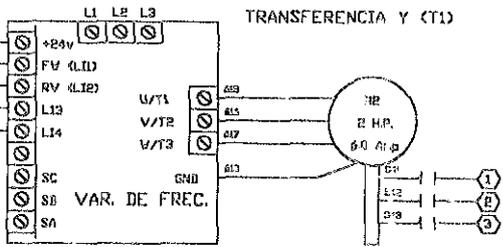
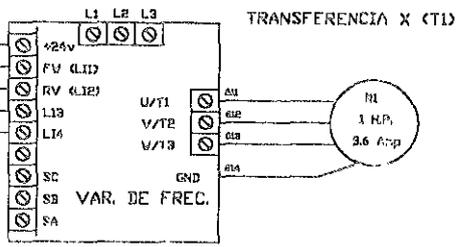
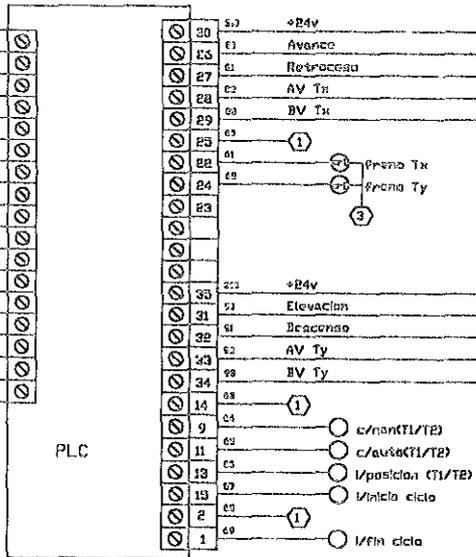
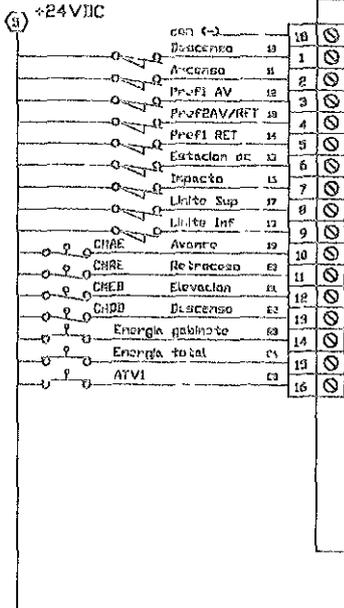
Como se puede observar en los diagramas, las señales de entrada son de 24 VCD, tanto en el caso del sistema real como en el modelo a escala. Este nivel de voltaje se recomienda ampliamente por motivos de seguridad, ya que las botoneras del operador manejan tensión más reducida que la convencional de 110V CA.

Para el caso de las salidas, el PLC maneja tipo relevador entregando un contacto seco, lo cual es muy adecuado, ya que nos permite mezclar diferentes tipos de voltaje según se requiera. En el caso del sistema real se usa voltaje de DC para las señales de control a los variadores de frecuencia, y señales de A.C. para el manejo de los frenos y señalización. En el prototipo se usó la fuente de voltaje de 24 VCD para controlar las bobinas de los relevadores.

Toda la implementación del Hardware se hace de manera racional, buscando siempre encontrar un equilibrio entre seguridad, funcionalidad y estética, por lo cual se llegó, por medio de pruebas, a la implementación del prototipo existente.

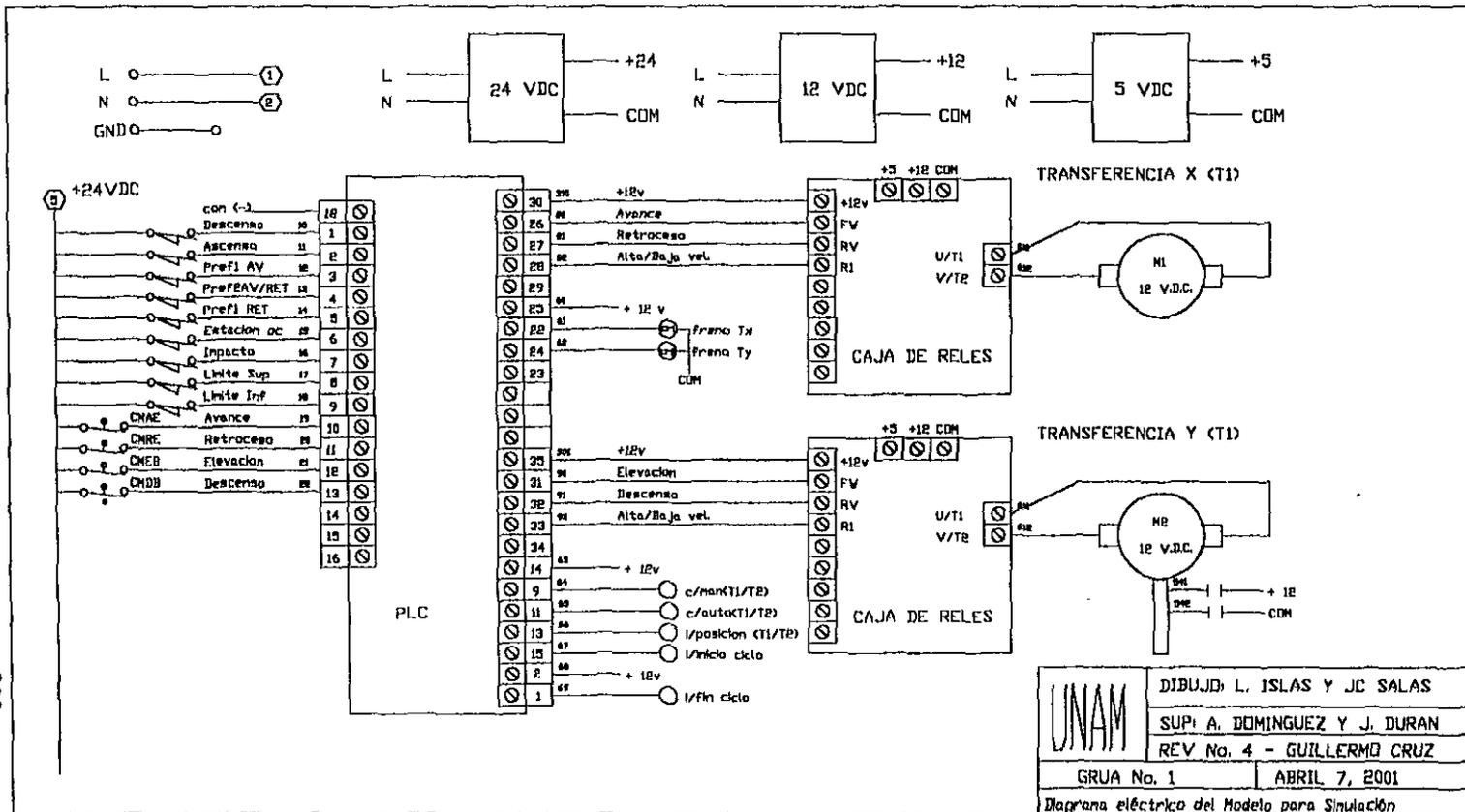


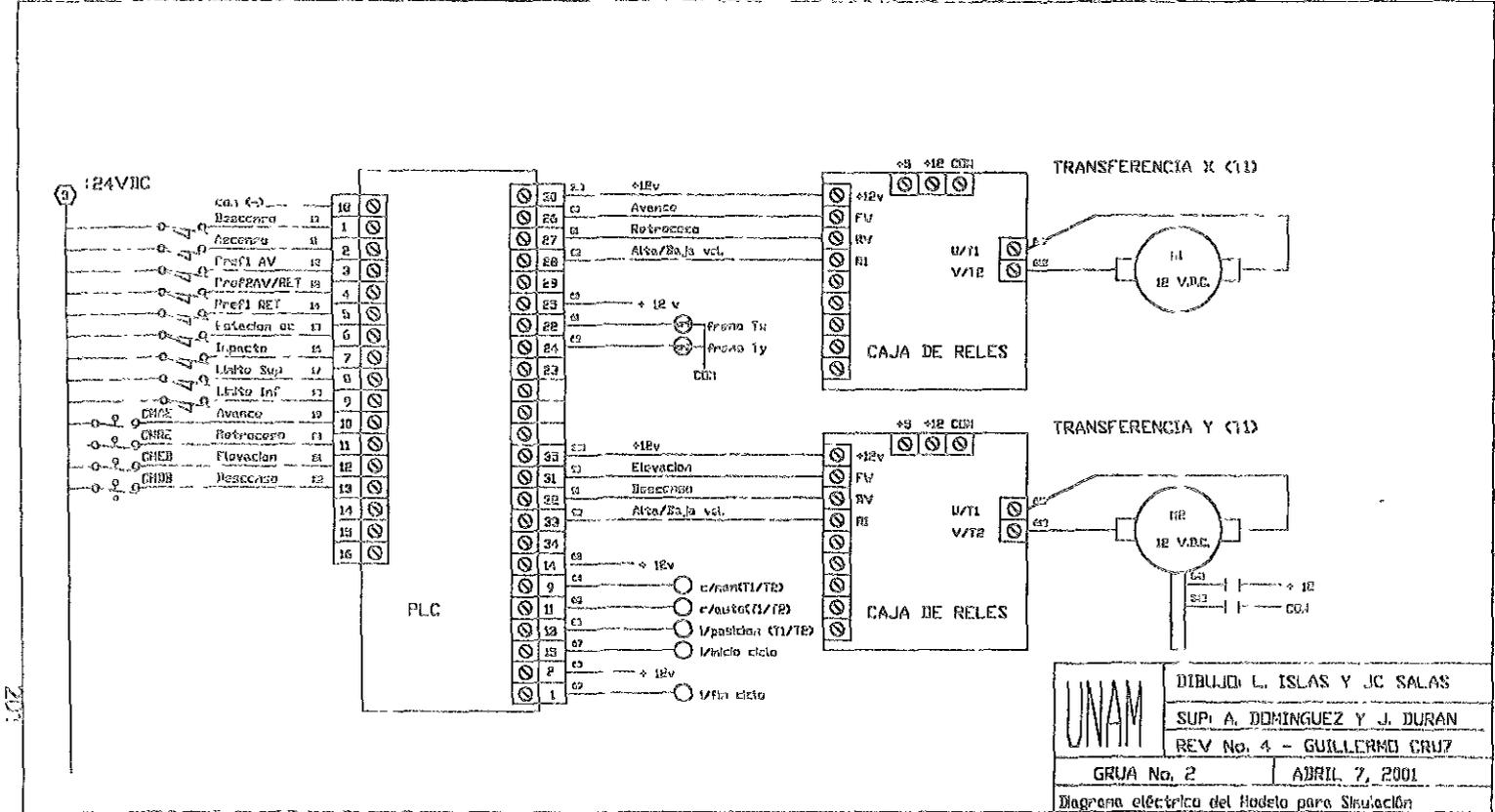
UNAM	DIBUJO: L. ISLAS Y JC SALAS	
	SUP: A. DOMINGUEZ Y J. DURAN	
	REV No. 2 - GUILLERMO CRUZ	
GRUA No. 1	ABRIL 7, 2001	
Diagrama eléctrico del Sistema de Transportación		



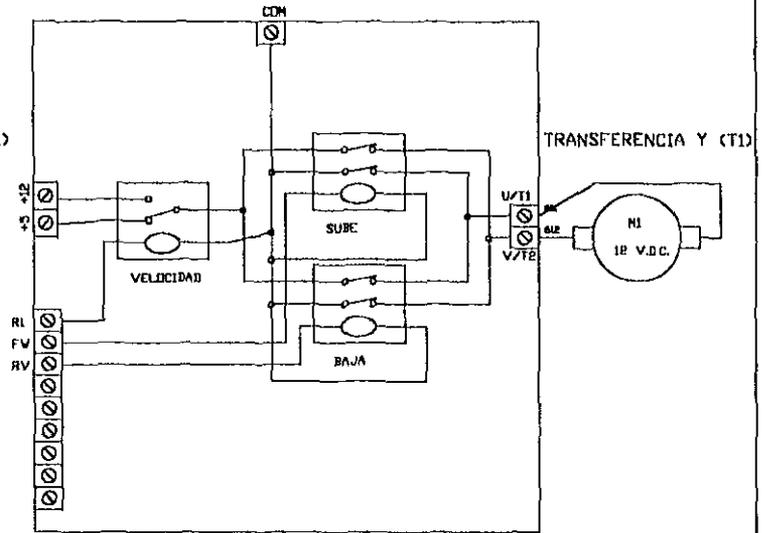
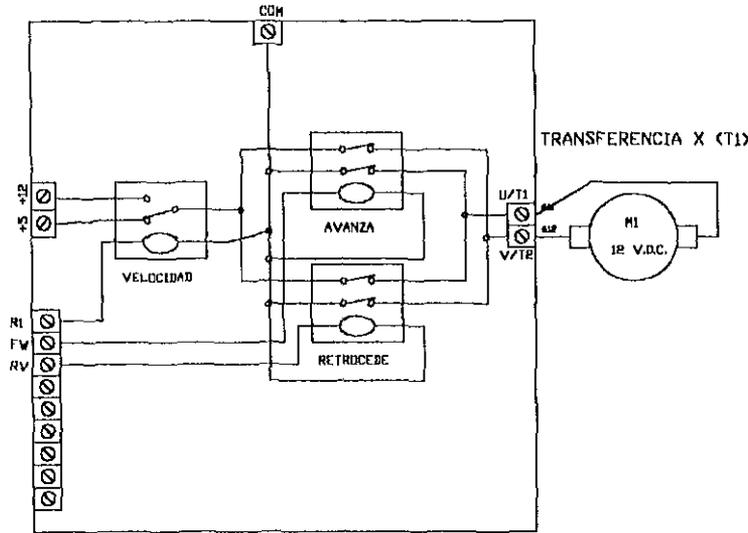
UNAM	DIBUJO: L. ISLAS Y J.C. SALAS	
	SUP: A. DOMINGUEZ Y J. DURAN	
	REV No. 2 - GUILLERMO CRUZ	
GRUA No. 2	ABRIL 7, 2001	
Diagrama electrico del Sistema de Transportación		

100





UNAM	DIBUJADO L. ISLAS Y JC SALAS	
	SUP. A. DOMINGUEZ Y J. DURAN	
	REV No. 4 - GUILLERMO CRUZ	
GRUA No. 2	ABRIL 7, 2001	
Diagrama eléctrico del Modelo para Situación		



	DIBUJO: L. ISLAS Y JC SALAS	
	SUP: A. DOMINGUEZ Y J. DURAN	
	REV No. 4 - GUILLERMO CRUZ	
CAJA DE RELES		ABRIL 7, 2001
Diagrama eléctrico del Modelo para Simulación		

4 INTEGRACION DEL SISTEMA Y DEPURACION DEL MISMO A NIVEL SOFTWARE.

El equipo que hemos elegido para ejecutar el control consiste, como se vio en el capítulo anterior, en un Controlador Lógico Programable (PLC) quien es el componente regulador de la estrategia. Estos dispositivos están formados básicamente por cinco secciones:

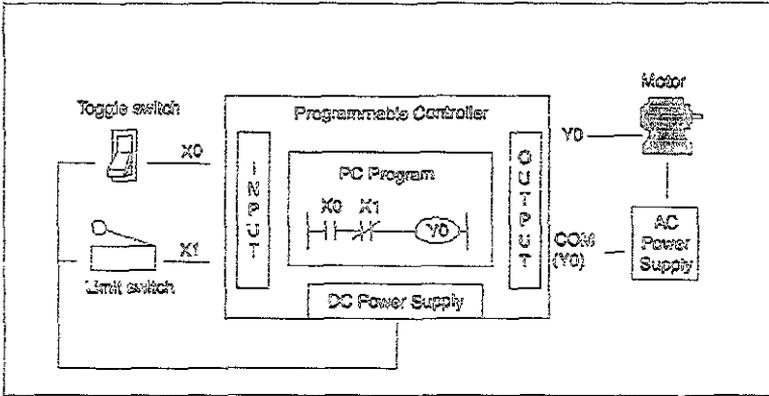


Figura 3 4 1: Entradas y salidas del PLC

ENTRADAS

SALIDAS.

UNIDAD CENTRAL DE PROCESO

MEMORIAS.

FUENTE DE PODER

Las entradas y salidas constituyen la frontera entre el mundo real a controlar y la realidad virtual que existe dentro de la memoria del equipo, en cuyo entorno el PLC tomará decisiones de acuerdo al criterio de quien lo haya programado. Esta frontera se define por una interfaz entre señales eléctricas tomadas del proceso real, y unidades lógicas formadas en la memoria electrónica. Esto normalmente ocurre gracias a los transistores opto-electrónicos, cuya función también abarca el aspecto de la seguridad, al

aislar al procesador de posibles fallas eléctricas provenientes de los sistemas de alta potencia.

Para que el PLC reconozca cada una de las señales de entrada, éstas tienen una etiqueta de acuerdo al lugar al que fueron conectadas, de éste modo el CPU podrá tomar las decisiones adecuadas según el estado que presenten.

Adicionalmente el sistema requiere conectividad con el usuario, de modo que la interfaz hombre-máquina estará dada a través de una botonera con sus señales correspondientes.

En contraparte, para que el PLC pueda tomar acciones sobre el entorno, existe una interfaz electrónica / eléctrica que le permite enviar señales eléctricas a los diferentes actuadores. Estos también estarán direccionados de acuerdo al lugar en donde fueron conectados; por supuesto no puede faltar la comunicación con el usuario mediante lámparas señalizadoras.

El listado de todas las señales se llama comúnmente 'mapeo', el cual nos permite conocer la asignación que el PLC dará a cada una de ellas.

Una vez que las señales son conectadas al PLC, éste efectúa la conversión eléctrica/lógica de las mismas, reflejando su estado en un mapa de memoria de entradas, el cual contiene localidades de memoria que representan el estado actual físico de cada una de las entradas. Esta información es la que el PLC toma dentro de su programa para desarrollar la lógica.

Del mismo modo existe un mapa de memoria de salidas en el cual el PLC deposita el valor que resulta de sus operaciones, para que sea convertido a las señales eléctricas de campo.

La secuencia es almacenada en la Memoria de Programa, que contiene las instrucciones a ser ejecutadas, siendo auxiliada también por la Memoria de Datos, que sirve como almacén para guardar y manipular la información transitoria.

Tanto la memoria de entradas, como las de salidas y datos son fijas en el PLC. A diferencia de ellas, la memoria de programa puede ser incrementada según lo requiera la aplicación. Puede ser de tipo RAM. La cual por su volatilidad debe ser respaldada por una batería, o bien de tipo EEPROM, quien, a pesar de ser un poco más lenta, proporciona más seguridad al no perder su contenido cuando se desenergiza.

En ambos casos el desarrollo de la lógica es el mismo

DESARROLLO DE PRUEBAS.

◦ SEGURIDAD EN LAS PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

- ◊ Riesgos eléctricos Una conexión indeseada, la mayoría de las veces originada en forma accidental, lleva implícito un gran riesgo para el equipo. Los daños que ocasiona pueden ser desde un dispositivo que no opere, una función que no se ejecute, hasta cortocircuitos fuera o dentro del equipo, con el consiguiente daño a sus componentes. Para evitar esto se requiere una revisión minuciosa de las conexiones eléctricas, así como la colocación de protecciones calculadas para la instalación, a fin de evitar daños en lo posible
- ◊ Riesgos mecánicos El accionamiento de los dispositivos, especialmente los que manejan potencia, lleva consigo el riesgo de que movimientos no deseados, provoquen golpes de piezas, desplazamientos más allá de lo previsto por el diseño, etc . Es necesario revisar mecánicamente la instalación y observar las trayectorias posibles de las piezas. Por otro lado se requiere estar consciente el poder que tienen los sistemas de control, para manipular fácilmente equipos pesados y con

gran manejo de fuerza, por lo que un pequeño error de manipulación puede traer graves consecuencias.

- ♦ **Riesgos personales.** Es requisito que las personas que participan en el proceso de prueba tomen precauciones adicionales durante el mismo, ya que una falla eléctrica o mecánica puede alcanzar al personal y con ello ocasionar accidentes. Se recomienda el uso de protecciones como lentes de seguridad, mesas de prueba aterrizadas, y en general colocarse lejos de los dispositivos a ser accionados.

VERIFICACIONES PRELIMINARES.

Antes de proceder a las pruebas, se requiere desconectar el circuito de potencia del sistema, para con ello minimizar los riesgos de accionamiento. Solamente se debe dejar habilitada la alimentación al sistema de control.

Acto seguido se verifican los voltajes de alimentación, y se cotejan con los datos de diseño de los equipos, ya que un daño por operar fuera de especificaciones no está cubierto por garantías de fabricante ni por el diseño en sí mismo.

Valle la pena tomar en cuenta que durante los fines de semana en algunas áreas los voltajes se incrementan debido a la resonancia de bancos de capacitores cuando hay poca carga en el sistema.

El circuito de paro de emergencia se probó para asegurarse de que desenergiza la sección de circuito de las salidas, impidiendo así cualquier movimiento en el equipo, de forma independiente a la operación del PLC.

Las protecciones eléctricas, como fusibles e interruptores termomagnéticos, han de ser probadas para asegurarse de que están bien colocadas y en correcto estado, ya que pueden ahorrarnos mucho tiempo de localización de fallas. En caso de existir protecciones mecánicas como topes de sobrecarga, amortiguadores, etc... se verifican en su ajuste y estado.

ENTRADAS DEL PLC.

Los PLCs poseen unas lámparas indicadoras para que el usuario sepa si las entradas ó las salidas están siendo activadas. Consisten en un juego de "LEDs" (Diodos Emisores de Luz) que se encienden al circular corriente en los circuitos lógicos de cada una de ellas.

Una vez energizado el sistema de control, se fue accionando cada uno de los dispositivos de entrada - botones, sensores, etc... - y se verificó que se encendiera el 'LED' indicador sobre el PLC. Asimismo se revisó que la señal llegara hasta la escalera dentro del paquete de programación. Se verificó también que cada una correspondiera a lo que efectivamente se había diseñado.

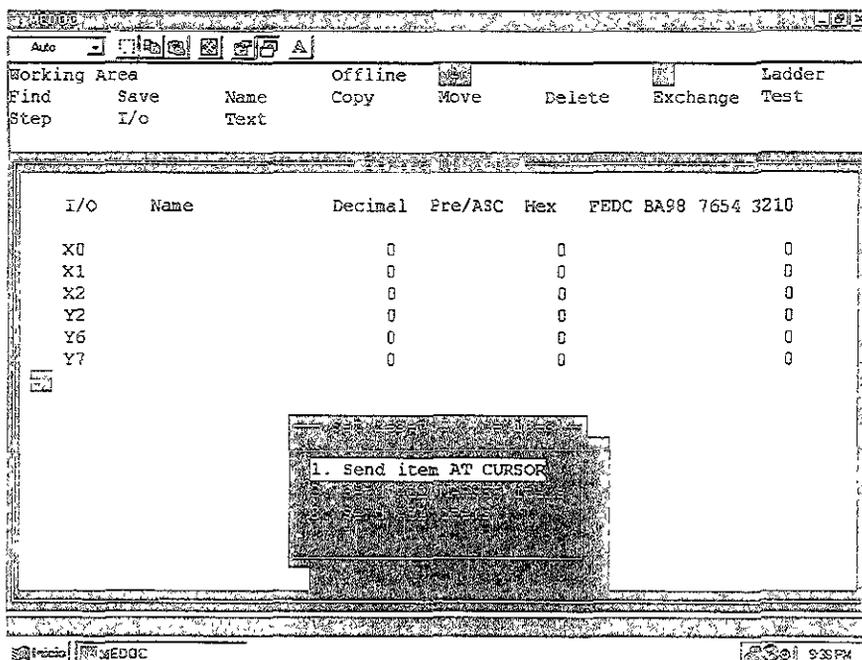


Figura 3.4.2 Pantalla de forzamiento de entradas y salidas

SALIDAS DEL PLC.

Para revisarías se llevó a cabo un forzamiento de las mismas desde el paquete de programación, y observando si se accionaban de forma acorde a lo previsto. Por razones de seguridad el proceso de prueba se llevó a cabo con el PLC en modo 'STOP', de modo que no ejecuta el programa y se corren menos riesgos

Además de verificar el accionamiento de los 'LED' se probó continuidad en las salidas del PLC y posteriormente se aplicó el circuito de fuerza para verificar los movimientos y accionamientos de cada salida, por supuesto tomando en cuenta las precauciones mecánicas requeridas para cada caso. Por el lado de los variadores de frecuencia, el procedimiento fue como sigue:

1. Verificación del voltaje de alimentación.
2. Conexión de los cables de potencia a la entrada.
3. Se energizó el equipo
4. Borrado de todos los parámetros para asignarles su valor inicial de fábrica
5. Programación de protecciones (Corriente nominal de los motores)
6. Valores de velocidad máxima (60 Hz – 1800 RPMs).
7. Se desenergizó el equipo y se conectaron los cables de salida al motor
8. Se efectuó un "jogging" moviendo lentamente el motor para revisar que esté adecuado el sentido de giro. En uno de los casos estaba invertido, por lo que se cambiaron las fases A y B, lográndose así el giro correcto



Figura 3.4.3 Variador de Frecuencia

PRUEBAS DE PROGRAMA

Generalmente al implantar un programa en el mundo real, se presentan fallas de programación llamados 'bugs', los cuales originan funcionamiento indeseado del sistema ó en ocasiones el atoramiento del procesador. Esto se ocasiona por errores en el desarrollo, tales como dispositivos mal utilizados o configurados, bobias bobinas o errores en la secuencia. Por ello se debe tener cuidado al seleccionar los elementos internos del PLC que intervendrán en el programa, e ir llevando un registro de los mismos para evitar que se repitan.

Para evitar lo anterior, fue necesario ir probando el programa por secciones, de la siguiente forma:

- a) Carga de Servicios Generales. Se revisó que no hubiera conflictos en el direccionamiento de los dispositivos o errores de CPU.
- b) Secuencia manual. Se fue accionando cada salida, observando que actué de acuerdo a los permisivos necesarios. Conforme la prueba avanzaba se ejecutaron algunos ajustes de hardware, tales como colocación de los sensores, programación de las rampas de aceleración y desaceleración de los inversores, etc....
- c) Secuencia automática. Se revisó la operación de las grúas de acuerdo a lo establecido. Se requirieron algunos cambios menores en el programa debido a que no se habían previsto las condiciones para arranque en caliente, específicamente. Esto se presentó al desenergizar el sistema durante la operación y restableciendo de inmediato para ver si continuaba la operación o no.

Como resultado final de la operación el sistema continúa la ejecución cuando se restablece la energía, pues almacena en memoria el último paso que se estaba ejecutando. Esto se diseñó de dicha forma, debido a que no es sencillo mover el equipo cuando está desenergizado, por lo cual es poco probable que se pierda la secuencia de operación.

Se probaron las rutinas de seguridad, incluyendo el Paro de Emergencia

Debido a que la depuración del software precisó algunos cambios en el mismo, se fueron guardando nuevas versiones perfectamente identificadas en cada evento. Como comentario inicial de programa se consignaban los cambios que motivaron a esa nueva versión.

DOCUMENTACIÓN.

Finalmente se procedió a documentar el programa, asignando nombre a cada variable de programa y comentando cada sección del mismo. De esta forma es muy sencillo la localización de fallas y mejoras en el programa a futuro.

RESULTADOS EN PROTOTIPO.

Para el arranque del sistema prototipo se siguió la misma rutina. Se presentó la necesidad de efectuar algunos ajustes, especialmente en software, ya que algunas condiciones no se habían previsto.

CONEXIONES ELECTRICAS.

Una vez que se terminó el cableado del sistema y se procedió a energizar, se presentó un corto-circuito originado por la conexión errónea de un sensor fotoeléctrico. Esto se determinó probando continuidad y desconectando el circuito general por secciones hasta dar con la falla.

A probar con los diferentes sensores para ver si llegaba la señal, se detectó que el sensor de posición superior de la grúa 1 estaba cambiado con el de la grúa dos, por lo que se procedió a cambiar el cableado de los mismos. Esto evitó problemas de funcionamiento más adelante.

simismo fue necesario ajustar la posición de los sensores para asegurar que el carro se detenga en donde debe hacerlo, ya que el juego mecánico de las piezas impedía que en ocasiones se detectara el carro

Como se menciona en el capítulo de selección del hardware, los motores que se usaron para el prototipo son de Corriente Directa, ya que resultaron ser la opción más económica y sencilla de controlar a pequeña escala. Durante la rutina de prueba de las salidas se observó que a 5 volts los motores giraban tan rápido que no se podía controlar adecuadamente el paro, de modo que se decidió ajustar la velocidad alta con 4 VDC y la baja con 2 VDC

PROGRAMA.

Al probar el programa el único problema que se encontró fué una de las marcas %M, la cual se estaba usando en otra parte del programa con una función diferente, ocasionando con ello un conflicto de lógica. Al detectarla se reemplazó por otra agrandándose así la operación adecuada

3.5 AJUSTES FINALES

Presentamos a continuación una relación final de funcionamiento del sistema real, as como del modelo a escala.

SISTEMA EN PLANTA.

Una vez aprobado el funcionamiento del sistema en el taller de fabricación, fué trasladado a la planta en donde está operando en forma definitiva. El arranque en sitio se realizó sin mayores contratiempos aunque fueron necesarios algunos ajustes finos que a continuación se enlistan:

- Cuando la grúa llegaba a la última tina, no se detenía en el punto esperado, sino que se seguía de frente hasta llegar al tope mecánico. La causa fué un desajuste de posición del sensor de proximidad correspondiente, lo cual se resolvió procediendo a alinearlo de acuerdo a lo requerido.
- Cuando se probaron las grúas con el peso del producto, la velocidad de descenso fué mayor a la esperada por lo que se tuvo que modificar la velocidad prefijada del variador de frecuencia en un 25%.
- Cuando las grúas se desplazaron a con el peso del producto, se presentó una pequeña vibración en el movimiento, lo cual provocaba que los sensores detectaran varios pulsos al pasar por las levas. Esto se corrigió colocando levas maquinadas a precisión y ajustando la distancia de colocación de los sensores.
- Inicialmente se utilizó un sistema de enrollado por cadenas para subir y bajar la canasta, sin embargo con el tiempo se demostró que el enrollado no es uniforme y presenta desbalanceo, por lo que posteriormente se sustituyó por un cable de material plástico.

MODELO FUNCIONAL.

- El movimiento horizontal presentó algunos problemas mecánicos de atoramiento, debidos principalmente al manejo de la estructura cada vez que se transportaba de un lugar a otro. Fué necesario hacer un ajuste final de la estructura para lograr un movimiento uniforme.
- Se detectó un cortocircuito que aparecía de forma eventual en la tarjeta de relevadores, causada por un componente mal soldado que con el movimiento ocasionaba la falla. Se resolvió resoldando los componentes.

- Durante las pruebas finales se determinó que se requerían sensores más pequeños para el movimiento horizontal, ya que el tamaño impedía detectar en el punto exacto para detener la grúa. Se colocaron los nuevos sensores pero se tuvo que añadir un relevador por cada uno de ellos, ya que trabajan a 5 VDC y las entradas del PLC son a 24 VDC.
- Debido al calentamiento detectado en el regulador de la fuente de 5 VDC, se decidió colocar una adicional del mismo voltaje para manejar cada grúa por separado.
- El cable que conecta las señales de la grúa, se enredaba con el movimiento de la misma, especialmente al regresar la grúa. Por lo mismo fué necesario cambiarlo por un cable plano flexible.

Como conclusión de las pruebas de ajuste final, podemos comentar que el diseño mecánico y eléctrico del sistema, tanto el real como el modelo, fueron los adecuados, ya que no hubo necesidad de efectuar cambios mayores al momento de poner el equipo en operación.

CONCLUSIONES GENERALES

- El Programa de Apoyo a la Titulación es un vínculo muy importante entre los alumnos que han terminado sus materias de la Facultad de Ingeniería, ya que gracias a éste programa, podemos concluir satisfactoriamente la Licenciatura apoyados por la asesoría de maestros con un gran prestigio académico.
- El desarrollo de éste trabajo de Tesis, nos ha permitido como equipo, compartir y confrontar diversas ideas, pero lo más importante, nos ha enriquecido a nivel personal y profesional, contribuyendo de alguna forma a la industria mexicana con una herramienta de carácter tecnológico al servicio de ésta misma.
- El Sistema desarrollado permite realizar el proceso de Cincado y Niquelado de las piezas metálicas para cerraduras de una forma automatizada, con lo cual, el proceso se vuelve rápido, eficaz, seguro y con una amplia utilidad económica para ese sector productivo.
- La funcionalidad del sistema quedó demostrada al obtener los siguientes datos de una grúa instalada en la Ciudad de Querétaro:
 - Productividad: +85%
 - Tiempos muertos: -70%
 - Rechazos por Calidad: -90%
 - Accidentes de Trabajo: 0 en 2160 hrs.
- La factibilidad económica del proyecto quedó demostrada toda vez que se terminó con éxito su construcción y quedó operando a satisfacción del usuario.
- El Sistema de Transportación de piezas metálicas para su Cincado y Niquelado, cobra vital importancia en la industria actual del ramo, ya que con éste tipo de propuestas se reducen de manera muy significativa riesgos de trabajo en el personal operativo y en el mismo producto, tiempos muertos y se mejora muy satisfactoriamente la productividad y la calidad del mismo.
- El desarrollar Tesis con Proyectos como éste, nos permiten como estudiantes, integrarse y envolverse en él al 100%, y de igual forma, permite la discusión y la

compatibilidad de ideas entre los miembros del equipo de trabajo, con lo cual se desarrolla de una manera muy interesante en el sentido equipo-trabajo, logrando un resultado real, alcanzable y confiable

- Trabajar en equipo siempre es bueno, porque se puede convivir con diversidad de gente y de ideas, compartiendo éstas así como su experiencia, con lo cual podemos alcanzar la realización de mejores proyectos y/o trabajos de investigación
- Los conocimientos adquiridos de ingeniería y teoría de control, complementados con las normas y estándares de calidad y de trabajo, nos permiten evaluar y solucionar un problema real en la industria mexicana.
- Los conocimientos adquiridos en la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, por conducto de nuestro maestros, que dedican su vida para crear a los mejores profesionistas mexicanos, permiten estar a la vanguardia en aptitudes, humanidades y habilidades para afrontar los retos que el país y la sociedad mexicana demandan. Gracias

BIBLIOGRAFIA

Mc Intyre, R.L

CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS

Marcombo S.A de Boixareu Editores

Barcelona, España, 1971

Allen-Bradley

1336 ADJUSTABLE FREQUENCY AC DRIVE; USER MANUAL

Allen-Bradley

Milwaukee WI, USA, 1996

Smith, Carlos y Corpio, Armando

CONTROL AUTOMATICO DE PROCESOS: TEORIA Y PRACTICA

Ed. Limusa, Noriega Editores

México, 1996

Creus, Antonio

CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES. Criterios de Implantación

1ª. Edición; Boixareu Editores. Marcombo

Barcelona, 1988

Creus, Antonio

INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

4ta Edición; Boixareu Editores. Alfaomega Marcombo

México, 1992

Barbosa Padilla, Luz G
DIAGNOSTICO DE FALLAS
CPW México, 1998

Maloney, Timothy J
ELECTRONICA INDUSTRIAL: Dispositivos y Sistemas
Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
México, 1983

Ogata Katsuhiko
INGENIERIA DE CONTROL MODERNA
Prentice Hall
México, 1986

Allen-Bradley
ASSEMBLY AND INST. MANUAL PLC-5 FAMILY PROGRAMMABLE CONTROLLERS
Allen-Bradley Co, Inc. 1987. USA

Bouteille, Daniel, et.al.
LOS AUTOMATISMOS PROGRAMABLES
Editions Citef
France, 1991

Mitsubishi Electric Corporation
PROGRAMMING MANUAL ENHANCED F2 SERIES
Japan, 1988

Schneider Electric E.P.
AUTOMATISMOS PROGRAMABLES INDUSTRIALES
Groupe Schneider
Brasíl, 1996