



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

•  
**PROPUESTA DE UN CONTROL  
CON EL PLC SLC 500**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

•  
**P R E S E N T A**  
**Luis Hector Enriquez Sánchez**

**Director de Tesis:  
Ing. Eleazar Margarito Pineda Díaz**



**México, 2013**



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.

# **A** GRADECIMIENTOS



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>V</b>
<b>1 MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>1</b>
1.1 DEFINICIÓN DE CONTROL INDUSTRIAL .....	1
1.2 DEFINICIÓN DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA .....	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PLC Y LAS PARTES QUE LO COMPONEN.....	5
1.4 DEFINICIÓN DE LA PROGRAMACIÓN EN ESCALERA .....	11
<b>2 ANTECEDENTES DEL CONTROL INDUSTRIAL.....</b>	<b>14</b>
2.1 CONTROL INDUSTRIAL CLÁSICO.....	14
2.2 CONTROL INDUSTRIAL MODERNO .....	16
2.3 HISTORIA DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE [PLC].....	28
<b>3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO A CONTROLAR.....</b>	<b>31</b>
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MAQUINA LAVAVAJILLAS WT-60.....	31
3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	37
3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO E HIDRÁULICO .....	39
3.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....	45
3.5 DIAGRAMAS ELÉCTRICOS .....	46
<b>4 DESCRIPCIÓN DEL PLC SLC 500 DE ALLEN BRADLEY.....</b>	<b>49</b>
4.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE .....	49
4.1.1 Fuente de poder.....	50
4.1.2 CPU.....	51
4.1.3 Módulos de E/S.....	52
4.2 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE .....	53
4.2.1 Instrucciones Básicas de Programación.....	54
4.2.3 Instrucciones de Programación Avanzada.....	73
4.2.4 Protocolo de Comunicación.....	78
<b>5 PROPUESTA DEL CONTROL .....</b>	<b>81</b>
5.1 PROPUESTA DE CAMBIO DE CONTROL UTILIZANDO UN PLC SLC500 .....	81
5.1.1 Selección de Dispositivos de re-uso.....	83
5.1.2 Selección de Dispositivos nuevos .....	85
5.1.3 Reubicación del Control y fabricación del circuito impreso.....	87
5.1.4 Instalación de los componentes.....	88
5.1.5 Diagramas de conexiones.....	89
5.2 ETAPAS DE PROGRAMACIÓN DEL PLC .....	91

<i>5.2.1 Programa principal</i> .....	91
<i>5.2.2 Secuencias de los Ciclos I, II y III</i> .....	100
<i>5.2.3 Secuencia de Auto Lavado</i> .....	109
<i>5.2.4 Secuencia de Interrupción y Alarma</i> .....	111
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>113</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>114</b>

# I NTRODUCCIÓN

Los PLC's son equipos electrónicos que se emplean en diferentes industrias, en donde existan maquinas que trabajen bajo una lógica de operación secuencial. Por otro lado, la programación en escalera es una metodología que permite generar los programas que controlan a esas maquinas, haciendo en conjunto, sistemas robustos y eficientes, pero es de trascendental importancia que el programador tenga los conocimientos suficientes en sistemas de control, así como del equipo o maquinaria que pretende manipular a través de un PLC, ya que de esto dependerá que el programa sea sencillo, seguro y fácil de mantener. Dentro de los propósitos en el uso de esta tecnología están los de incrementar la productividad, reducir los riesgos a la salud de operadores, minimizar los tiempos muertos y facilitar tanto el diagnostico como el mantenimiento general. En resumen, los PLC's son tan versátiles y flexibles, que no hay limites para su aplicación.

En los capítulos 1 y 2 encontraremos una explicación amplia de los conceptos básicos que le dan sentido al uso de la información para el desarrollo de este trabajo de tesis, estos nos permiten entender los alcances históricos y actuales del control industrial, que va desde cosas tan simples como manipular un interruptor para encender o apagar una luz, una maquina o el mas complejo sistema de control, empleando dispositivos electrónicos, principalmente semiconductores, con los que se consigue adaptar y transformar la electricidad, con la finalidad de alimentar otros equipos, transportar energía o como ya dijimos, controlar el funcionamiento de maquinas eléctricas. En este caso una explicación fundamental es la del PLC, el hardware que lo compone y el software con el que se programa. Se tocan también, los hechos históricos que marcan la transición entre el control clásico y los sistemas de control modernos, hechos que tocan nuestra capacidad de asombro al darnos cuenta de los pasos gigantescos que la ingeniería de control ha tenido en tan poco tiempo y que, temas como las grandes guerras y la carrera espacial han promovido.

Separándonos un poco de la apabullante inmensidad del tema de la ingeniería de control, en el capitulo 3 encontraremos la descripción técnica y comercial detallada, de una maquina lavavajillas, propiedad del Instituto Nacional de Cancerología, la cual es la candidata perfecta para proponer un sistema de control nuevo, ya que es un equipo industrial, realiza un proceso secuencial bajo una lógica de control, desempeña un trabajo bajo condiciones extremas de temperatura y humedad, y por su antigüedad e ineficiencia es considerada su baja operativa.

En el capítulo 4 encontraremos la descripción de un PLC de la familia SLC 500, con el que se desarrolla un proyecto de automatización y control real en el capitulo 5, aquí se describen las partes que componen a este PLC, los dispositivos periféricos que se conectan a este y la mayoría de las instrucciones tanto básicas como avanzadas que serán utilizadas en dicho proyecto.

En el capitulo 5 se manifiesta el análisis hecho de la maquina lavavajillas, de sus componentes, del proceso que desempeña y de la factibilidad de renovar sus funciones con la propuesta de un control nuevo utilizando una PLC SLC 500, reutilizando en su totalidad la parte mecánica, algunos de sus componentes eléctricos y cambiando por completo el sistema de control y desarrollando un programa para el controlador.

# OBJETIVOS DEL PROYECTO

- ✓ Desarrollar una aplicación real del PLC.
- ✓ Mostrar las partes que componen un PLC.
- ✓ Mostrar las instrucciones de programación de la familia de PLC's SLC 500 de Allen Bradley.
- ✓ Describir como es la construcción de una maquina lavavajillas y los procesos que esta desempeña.
- ✓ Determinar los dispositivos periféricos con los que trabaja un PLC en función a un proyecto específico.
- ✓ Desarrollar un programa real para un proyecto, utilizando un PLC SLC 500 fijo.

# 1 MARCO CONCEPTUAL

## 1.1 Definición de control industrial

El concepto abarca desde un simple interruptor que gobierna el encendido de un foco, o el grifo que regula el paso del agua en una tubería, hasta el más complejo ordenador de proceso o el piloto automático de un avión. Podríamos definir el control como la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema denominado planta, a través de otro sistema de control llamado sistema de control, así como lo muestra la siguiente figura.

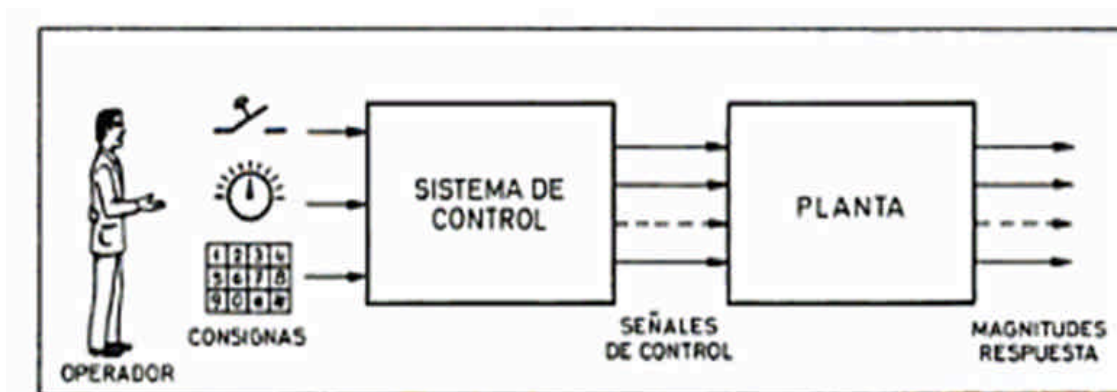


Figura1.1.1 Sistema de control a bloques

Al principio estos sistemas se basaron exclusivamente en componentes mecánicos y electromecánicos como engranajes, palancas, relés, y pequeños motores, años después se comenzaron a usar los elementos semiconductores que permitieron desarrollar sistemas de menor tamaño, menor consumo de energía y mayor durabilidad, pero el paso de los años permitió desarrollar sistemas utilizando los controladores lógicos programables o PLC que pretendían sustituir a los sistemas de relés y a los circuitos integrados o semiconductores. Los PLC actuales han mejorado sus prestaciones respecto a los primeros en muchos aspectos pero fundamentalmente a base de incorporar un juego de instrucciones más potentes para mejorar el tiempo de respuesta y dotar al PLC con la capacidad de comunicación. Los juegos de instrucciones incluyen actualmente: operaciones lógicas con bits, operaciones lógicas con palabras como funciones aritméticas, tratamiento de señales analógicas, funciones de comunicación que los hace muy capaces.



## 1.2 Definición de electrónica de potencia

Se denomina electrónica de potencia a la rama de la ingeniería eléctrica que consigue adaptar y transformar la electricidad, con la finalidad de alimentar otros equipos, transportar energía, controlar el funcionamiento de maquinas eléctricas, etc. Se refiere a la aplicación de dispositivos electrónicos, principalmente semiconductores, al control y transformación de potencia eléctrica, esto incluye tanto aplicaciones en sistemas de control como de suministro eléctrico a consumos industriales o incluso la interconexión sistemas eléctricos de potencia. El principal objetivo de esta disciplina es el procesamiento de energía con la máxima eficiencia posible, los principales dispositivos utilizados por tanto son bobinas y condensadores, así como semiconductores de potencia, estos últimos derivan del diodo o el transistor, entre estos se encuentran los siguientes:

- El SCR.- Actúa a semejanza de un interruptor. Cuando está encendido (ON), hay una trayectoria de flujo de corriente de baja resistencia del ánodo al cátodo. Actúa entonces como un interruptor cerrado. Cuando está apagado (OFF), no puede haber flujo de corriente del ánodo al cátodo. Por tanto, actúa como un interruptor abierto. Dado que es un dispositivo de estado sólido, la acción de conmutación de un SCR es muy rápida. El símbolo esquemático y el aspecto físico del SCR se presentan en la figura 1.2.1

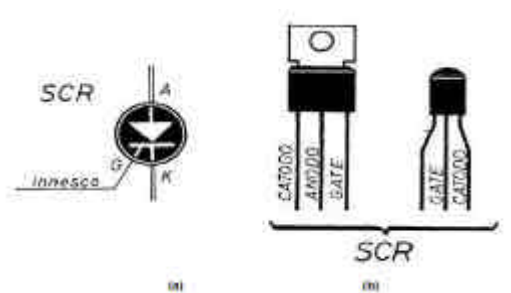


Figura 1.2.1 (a) Símbolo esquemático (b) aspecto físico del SCR

- El Triac es un dispositivo semiconductor, de la familia de los transistores. La diferencia con un tiristor convencional es que éste es unidireccional y el TRIAC es bidireccional. De forma coloquial podría decirse que el TRIAC es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna, su estructura interna se asemeja en cierto modo a la disposición que formarían dos SCR en direcciones opuestas, posee tres electrodos: Ánodo o TP1, Cátodo o TP2 y puerta. El disparo del TRIAC se realiza aplicando una corriente al electrodo puerta. El símbolo esquemático y el aspecto físico del TRIAC se presentan en la figura 1.2.2

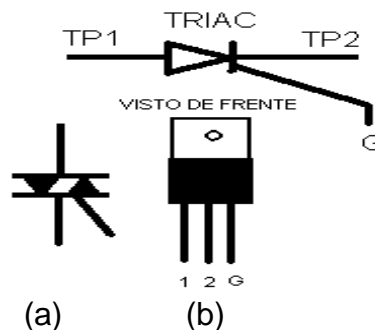
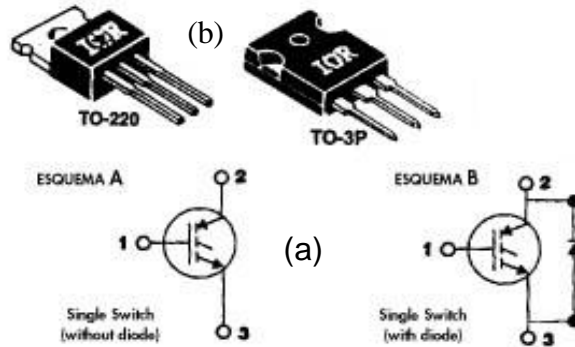


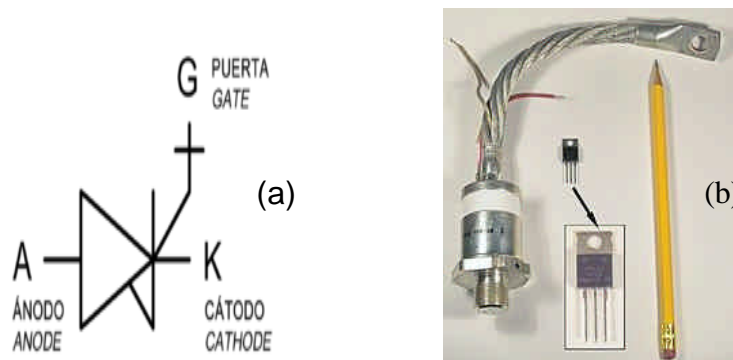
Figura 1.2.2 (a) Símbolo esquemático (b) aspecto físico del Triac

- El transistor IGBT (bipolar de puerta aislada) es un dispositivo semiconductor que generalmente se aplica como interruptor controlado en circuitos de electrónica de potencia. Los transistores IGBT han permitido desarrollos que no habían sido viables hasta entonces, en particular en los Variadores de frecuencia, así como en las aplicaciones en maquinas eléctricas y convertidores de potencia que nos acompañan cada día y por todas partes, sin que seamos particularmente conscientes de eso: automóvil, tren, metro, autobús, avión, barco, ascensor, electrodoméstico, televisión, Sistemas de Alimentación Ininterrumpida o UPS, etc. En la parte de arriba de la figura 1.2.3 se muestra el aspecto físico y en la parte de abajo se muestra el símbolo esquemático del IGBT.



**Figura 1.2.3 (a) Símbolo esquemático (b) aspecto físico del IGBT**

- El Tiristor.- Controlado por puerta integrada o simplemente Tiristor IGCT es un dispositivo semiconductor empleado en electrónica de potencia para conmutar corriente eléctrica en equipos industriales, es la evolución del Tiristor GTO, el IGCT es un interruptor que permite además de la activación por compuerta, la desactivación de la misma forma, la electrónica de control de la puerta está integrada en el propio tiristor. El símbolo esquemático y el aspecto físico del IGCT se presentan en la siguiente figura:

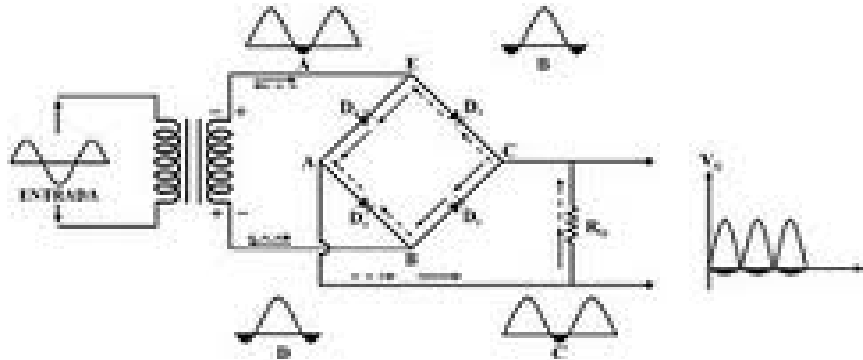


**Figura 1.2.4 (a) Símbolo esquemático (b) aspecto físico del IGCT**

- Los dispositivos de conversión de energía eléctrica.- son los encargados de convertir un tipo de energía eléctrica en otro tipo, de características diferentes, esto es, acondiciona un tipo de señal en otra para cumplir una función específica dentro de un sistema, los dispositivos empleados en equipos que se denominan convertidores estáticos de potencia, se clasifican en:

- Rectificadores de onda: convierten corriente alterna en corriente continua
- Inversores: convierten corriente continua en corriente alterna
- Ciclo conversores: convierten corriente alterna en corriente alterna
- Choppers: convierten corriente continua en corriente continua

Estos dispositivos son capaces de manejar las elevadas potencias necesarias en tareas de distribución eléctrica o manejo de potentes motores. Las principales aplicaciones de los convertidores electrónicos de potencia son las fuentes de alimentación, en la actualidad han cobrado gran importancia un subtipo de fuentes de alimentación electrónicas, denominadas fuentes de alimentación conmutadas, estas fuentes se caracterizan por su elevado rendimiento y su tamaño reducido, el ejemplo más claro de aplicación se encuentra en la fuente de alimentación de los ordenadores. El símbolo esquemático de las fuentes de alimentación se presenta en la siguiente figura.



**Figura 1.2.5 símbolo general de una Fuente de alimentación electrónica.**

- La utilización de convertidores electrónicos en el control de motores eléctricos, permite controlar parámetros tales como la posición, velocidad o par suministrado por un motor, esta técnica, denominada comercialmente como variador de velocidad, sustituye el antiguo control de encendido/apagado, por una regulación de velocidad que permite ahorrar energía, así mismo, se ha utilizado ampliamente en tracción ferroviaria, principalmente en vehículos aptos para corriente continua, ya que permite ajustar el consumo de energía a las necesidades reales del motor de tracción, en contraposición con el consumo que tenían los vehículos controlados por resistencias de arranque y frenado. Actualmente el sistema chopper sigue siendo válido, pero ya no se emplea en la fabricación de nuevos vehículos, puesto que en la actualidad se utilizan equipos basados en el motor trifásico que es mucho más potente y fiable. El símbolo esquemático de los controles de motores se presenta en la siguiente figura.

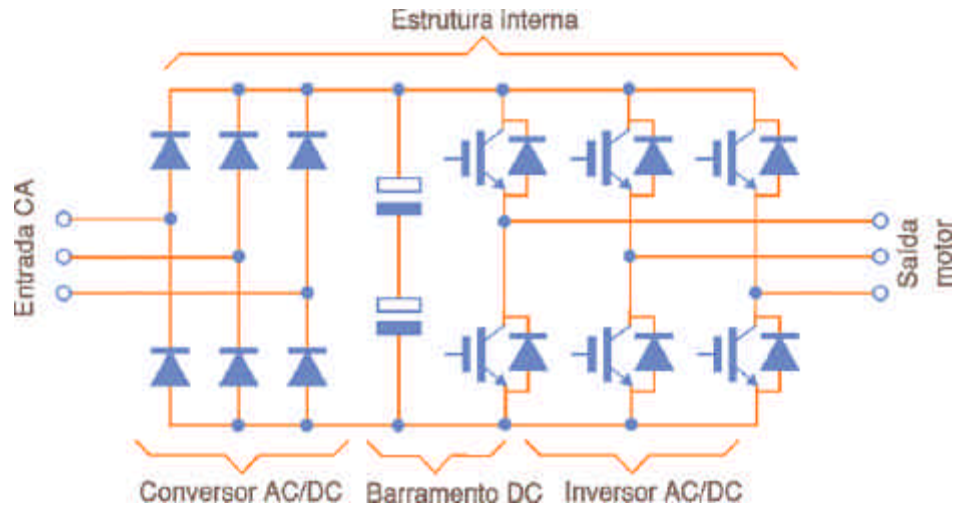


Figura 1.2.6 Símbolo esquemático de un control de motores.

### 1.3 Definición del PLC y las partes que lo componen

El término PLC proviene de las siglas en inglés “Programmable Logic Controller, que traducido al español se entiende como Controlador Lógico Programable. Se trata de un equipo electrónico, que tal como su nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real y desde el punto de vista de su papel dentro de un sistema de control, se ha dicho que el PLC en la unidad de control, incluyendo total o parcialmente las interfaces con las señales de proceso. También se puede describir como un sistema que cuenta con hardware estándar, con capacidad de conexión directa con las señales de campo y muy flexible en la programación por el usuario. Al conjunto de señales de consigna y de realimentación que entran en un PLC se les denominan como entradas y al conjunto de señales de control obtenidas a través del PLC se les llaman salidas, pudiendo ser ambas analógicas o digitales. El término hardware estándar se refiere al hecho de que el PLC, independientemente de la marca, modelo o tamaño, cuenta con algunas secciones ya definidas, las cuales se ilustran a continuación.

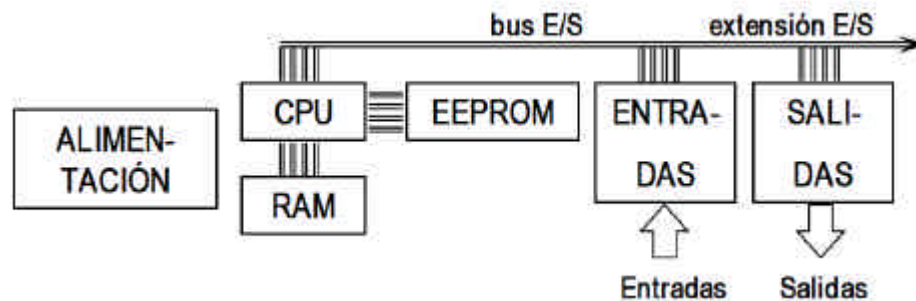
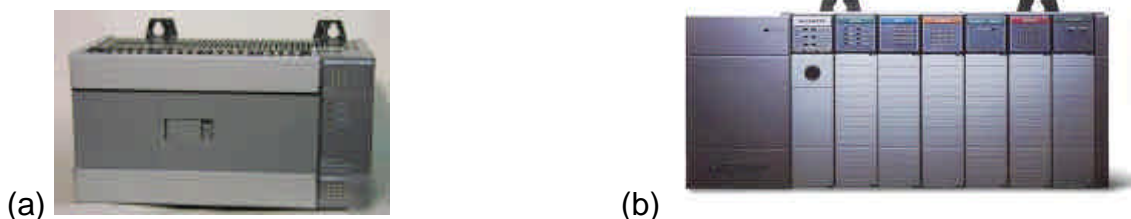


Figura 1.3.1 Esquema a bloques del hardware estándar del PLC

Esto es un PLC a nivel de hardware, lo que hace la diferencia es el software de programación y la aplicación misma, la cual es definida a voluntad del programador. Aunado a esto, los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí, procesando señales de entrada de acuerdo a un programa residente en la memoria y obteniendo señales de salida en respuesta a las señales de entrada, los hay fijos o modulares y un ejemplo de ellos, en una marca específica, son los siguientes.



**Figura 1.3.2 PLC's de la familia SLC 500 de Allen Bradley (a) Fijo, (b) modular**

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por las entradas como sensores, botones, selectores, etc., que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de las salidas como contactores, relevadores, electroválvulas, etc., que controlan los accionadores de la instalación. Un PLC es posible encontrarlo en aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuencialmente, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control. Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra principalmente la posibilidad de ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, con la flexibilidad de realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, facilidad en reparaciones, así como la puesta a punto y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo, pero también tiene sus desventajas, quizás la más significativa es el hecho de que se requiere personal especializado para la programación, puesta a punto y el mantenimiento, en donde seguramente no es el costo el factor de riesgo, sino la disponibilidad del personal para estas tareas.

Las partes que componen al PLC, como se mencionó antes, están contenidas en la descripción del concepto de hardware estándar, es la estructura básica de un PLC y se complementa con el concepto de modularidad, entendiéndose como tal el hecho de que este hardware está fragmentado en partes interconectadas que permite configurar un sistema a la medida de las necesidades de una aplicación o proyecto, una explicación gráfica se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.3.3 Ejemplificación modular de un PLC y su configuración eléctrica**

- La fuente de alimentación es el elemento que proporciona el suministro de energía eléctrica de las características adecuadas a todos los componentes del PLC, generalmente los componentes funcionan a bajos voltajes de corriente continua. La fuente realiza la transformación de los voltajes de corriente alterna de las líneas de potencia a esos niveles corriente continua. La siguiente figura representa algunos tipos de fuentes de alimentación.



**Figura 1.3.4 Tipos de fuente de alimentación**

- La unidad de procesamiento central o CPU es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse el cerebro del controlador. La unidad central está diseñada a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad. Este componente se encarga de recibir las órdenes del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas, posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso. La siguiente figura representa un ejemplo de CPU.



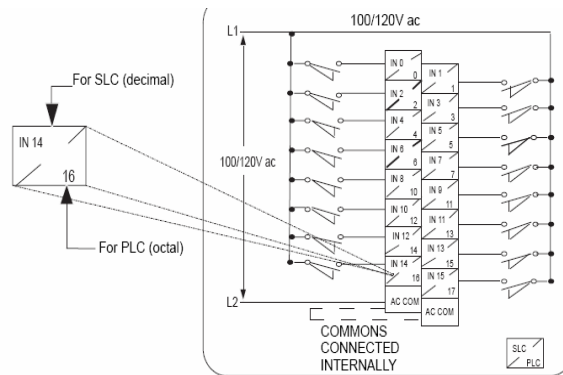
**Figura 1.3.5 CPU 5/03 de Allen Bradley**

- El módulo de entradas es la tarjeta a la cual se conectan los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores), Son los que proporciona el vínculo entre el CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema, cada cierto tiempo el estado de las entradas se transfiere a la memoria imagen de entrada y la información recibida en ella es enviada a el CPU para ser procesada de acuerdo a la programación, debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores, encontramos diferentes tipos de módulos de entrada, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o análoga), a determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos. Los captadores pasivos son los que cambian su estado lógico (activado o no activado) por medio de una acción mecánica, estos son los interruptores, pulsadores, finales de carrera, etcétera. Los captadores activos son dispositivos electrónicos que suministran una tensión al autómat, que es función de una determinada variable. Entre los tipos de tarjetas se encuentran las siguientes:

De corriente alterna

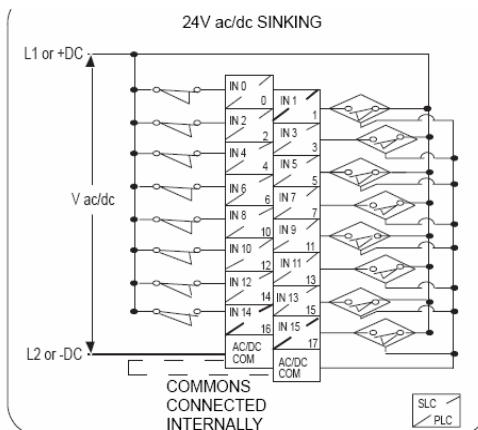
Un ejemplo de la conexión de este tipo de tarjetas se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.3.6 Esquema de conexión de Tarjeta en CA, de entradas discretas.**

De corriente directa, positivas o sinking

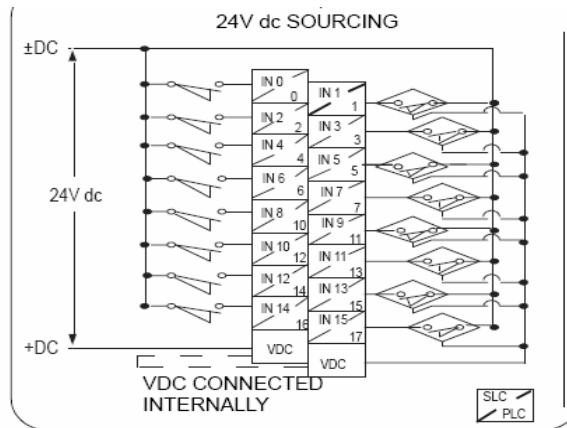
Un ejemplo claro de la conexión de este tipo de tarjetas se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.3.7 Esquema de conexión de Tarjeta en CA/CD, de entradas discretas.**

De corriente directa negativas o sourcing.

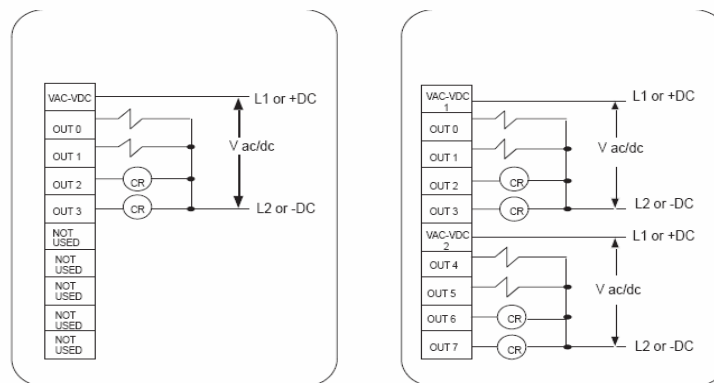
Un ejemplo claro de la conexión de este tipo de tarjetas se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.3.8 Esquema de conexión de Tarjeta en CD, de entradas discretas.**

- El módulo de salidas es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, Indicadores luminosos, motores pequeños). La información enviada por las entradas al CPU se procesa y se envía a la memoria imagen de salidas, de ahí se envía a la interface de salidas para que estas sean activada y a su vez, los actuadores que en ellas están conectados. Según el tipo de proceso a controlar por el PLC, podemos utilizar diferentes módulos de salidas, existen tres tipos bien definidos:

A relé: son usados en circuitos de corriente continua y corriente alterna, están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé y de un contacto eléctrico, ya sea normalmente abierto o normalmente cerrado. Un ejemplo claro de la conexión de este tipo de tarjetas se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.3.9 Esquema de conexión de Tarjeta a relé**

A Triac: se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesitan maniobras de conmutación muy rápidas. Un ejemplo claro de la conexión de este tipo de tarjetas se muestra en la siguiente figura.



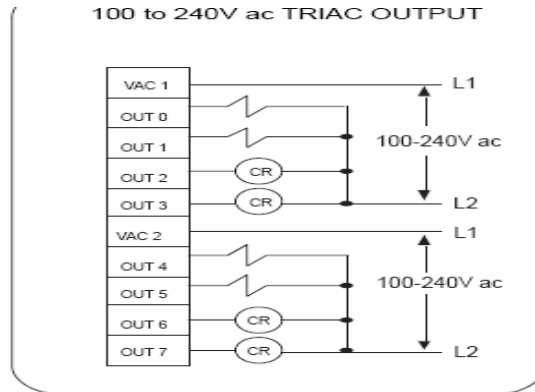


Figura 1.3.10 Tarjetas tipo triac de AC

A transistores a colector abierto: son utilizados en circuitos que necesiten maniobras de conexión y desconexión muy rápidas. El uso de este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de corriente continua. Un ejemplo claro de la conexión de este tipo de tarjetas se muestra en las siguientes figuras.

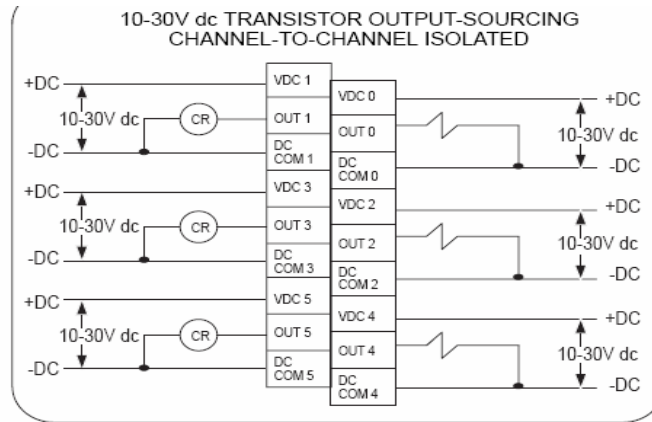


Figura 1.3.11 (a) Tarjeta tipo transistor negativo o sourcing

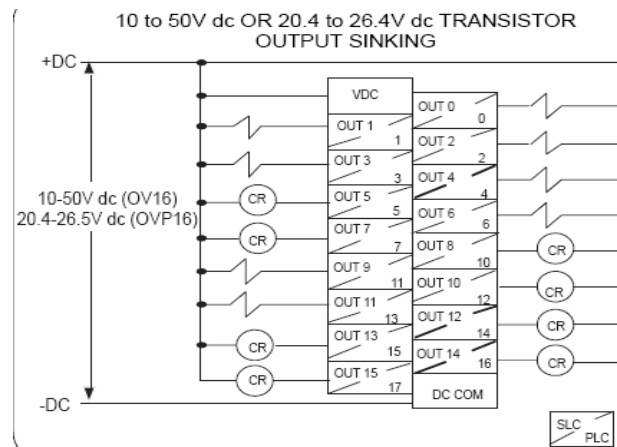


Figura 1.3.11 (b) Tarjeta tipo transistor positiva o sinking

- El módulos de Memorias se compone de dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente, se cuenta con dos tipos de memorias: Volátiles (RAM) y No volátiles (EPROM y EEPROM)

La Terminal de programación o unidad de Programación no esta implícita en las partes que componen el PLC, pero es indispensable ya que es el medio de comunicación entre el hombre y la máquina, estos aparatos están constituidos por teclados y pantallas de visualización, existen tres tipos de programadores los manuales (Hand Held), las PC o computadoras portátiles y los teclados que se encuentran directamente instalados en algunos modelos de PLC's.

No podemos dejar de mencionar la forma en la cual el CPU ejecuta su trabajo. Al comenzar el ciclo el CPU lee el estado de las entradas, a continuación ejecuta la aplicación empleando el último estado leído, una vez completado el programa, éste ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación, al final del ciclo se actualizan las salidas, el tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, por ende del número de E/S y de la cantidad de comunicación requerida.

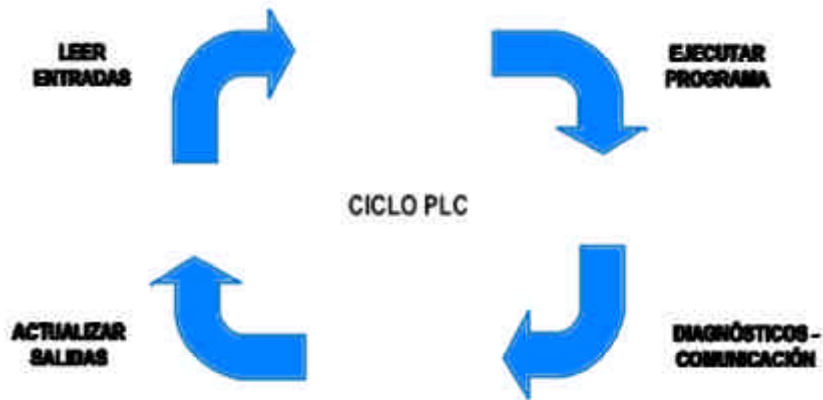
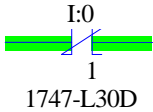
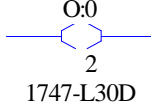


Figura 1.3.12 Representación esquemática de un ciclo del PLC

#### 1.4 Definición de la Programación en Escalera

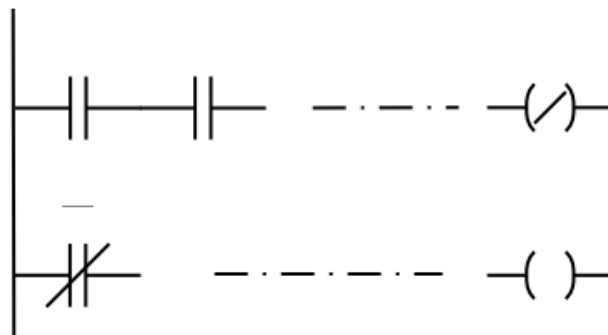
El lenguaje de contactos o en escalera (ladder), es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro del mundo de la automatización, se derivó del lenguaje de relevadores, que mediante símbolos representa contactos y solenoides principalmente, su mayor ventaja es que los símbolos básicos están normalizados, según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes, de modo que con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Para programar un PLC con este lenguaje, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer los tres elementos básicos de que consta.

Símbolo	Nombre	Descripción
 1747-L30D	Contacto NA	Se activa cuando hay un 1 lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.

	<p>Contacto NC</p>	<p>Se desactiva cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un 1 lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.</p>
	<p>Bobina</p>	<p>Se desactiva cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un 1 lógico y permanece así hasta que esa misma combinación cambia de estado (0 lógico).</p>

**Figura 1.4.1 Elementos o instrucciones básicas de programación en escalera**

Un escalón está compuesto de una serie de contactos, conectados en serie o en paralelo que dan origen a una salida que bien puede ser una bobina o una función especial, el flujo de la señal va de izquierda a derecha y de arriba abajo, a un escalón del circuito en esquema de contactos le corresponde una secuencia de instrucciones en forma mnemónica, obviamente esta es la forma de programación homologa al pensamiento de control por conmutadores, pero el verdadero valor de esta tecnología se comienza a ver cuando sabemos que el abanico de posibilidades que ofrece el PLC es tan amplio que va desde esta programación básica, hasta operaciones de tiempo, conteo, aritméticas, de comparación, matemáticas, secuenciales y de valores flotantes, e incluso el procesamiento de señales analógicas de corriente y voltaje, por mencionar algunas. En resumen, la programación en escalera es el lenguaje que el programador, basado en su experiencia, deja en el PLC para que se comunique la maquina y el hombre, de forma clara y segura, y depende de éste que así sea. La siguiente figura representa la estructura general de la distribución de todo programa en escalera, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.



**Figura 1.4.2 Estructura general de distribución en un programa de escalera.**

La lógica real del sistema de control se establece en el PLC por medio de un software, este software determina qué salida se energiza en qué condiciones de entrada, aunque el programa como tal parece ser un diagrama de lógica ladder, con los símbolos de interruptores y relés, no hay contactos de interruptores reales o bobinas de relés dentro del PLC para crear las relaciones lógicas entre la entrada y salida, estos contactos y bobinas son imaginarios. El programa se carga en el PLC y es visto a través de una computadora personal conectada al puerto de comunicación del PLC. Para tener más claro el concepto de cómo se relaciona la lógica ladder con el cableado del PLC considere el siguiente circuito y programa:

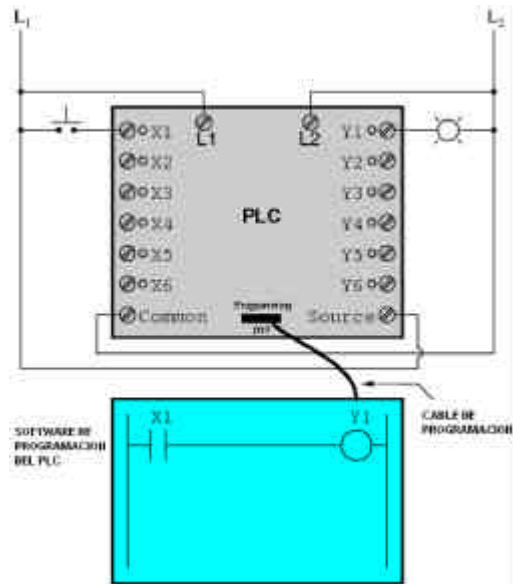


Figura 1.4.3 Lógica en escalera y cableado del PLC

En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que la línea vertical de la izquierda representa el terminal de alimentación, mientras que la línea vertical de la derecha representa el terminal de referencia eléctrica. Como se dijo con anterioridad, el orden de ejecución es generalmente de arriba abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un PLC a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta lo que primero se introduce. Un ejemplo de la programación en escalera utilizando el software RS Logix de Allen Bradley lo muestra la siguiente figura.

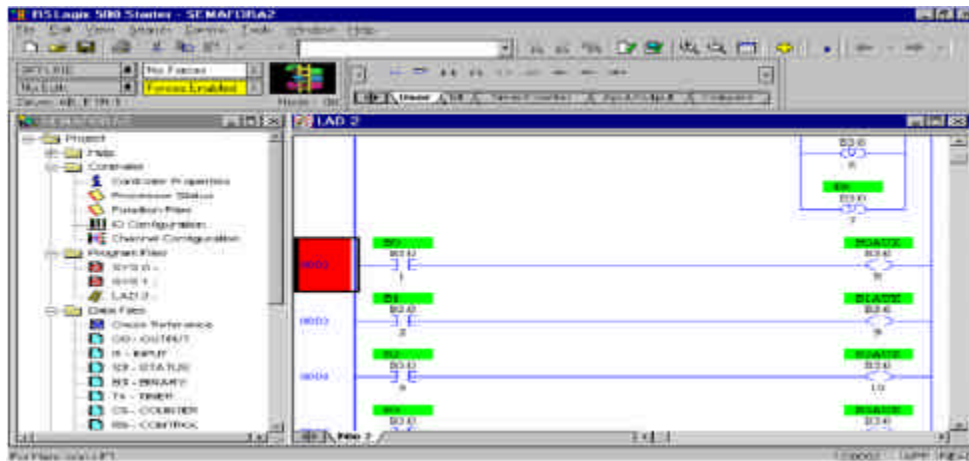


Figura 1.4.4 Ejemplo de programa en escalera con software RS Logix 500, de A&B.

# 2 ANTECEDENTES DEL CONTROL INDUSTRIAL

## 2.1 Control Industrial Clásico

Se aplican, en esencia, para los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones, siendo nuestro fin el enfoque aplicable a las máquinas. Para dejar más clara su evolución a través del tiempo, nos remontamos a las primeras máquinas simples que sustituían alguna forma de esfuerzo en otras formas que fueran manejadas por el ser humano, tal como levantar un cuerpo pesado con sistema de poleas o con una palanca, posteriormente las máquinas fueron capaces de sustituir formas naturales de energía, tales como el viento, mareas, un flujo de agua e incluso la energía humana y no habrá mejor ejemplo para describir esto que pensar en que los botes a vela sustituyeron a los botes de remos.

Visto como un hecho histórico, los primeros sistemas de control datan de la Revolución Industrial, a finales del siglo XIX y principios del XX, en donde los principales elementos que los conformaban eran componentes mecánicos y electromecánicos como engranajes, palancas, relevadores y pequeños motores, que se instalaban en espacios muy grandes y que resolvían tareas muy básicas y simples pero nada más.

Un gran estímulo para el desarrollo de los sistemas lo constituyen las guerras. La Segunda Guerra Mundial supuso un gran impulso al desarrollo teórico y mucho más al desarrollo práctico, dada la fuerte necesidad de sistemas de control que funcionarían como los servo radares y el posicionamiento de cañones; una necesidad urgente para diseñar servomecanismos de altas prestaciones y condujo a grandes avances en la forma de construir sistemas de control realimentados. Las exigencias de la guerra enfocaron la atención sobre un problema importante: el llamado problema de control de tiro, proporcionando una cadena automática de órdenes entre la detección del blanco, el apuntamiento del arma y el disparo. Este problema tiene tres etapas:

- Detección y seguimiento del blanco.
- Predicción.
- Colocación del cañón en posición de disparo.

En el comienzo de la guerra, aunque cada etapa requería algunos operadores, cada uno efectuando operaciones de seguimiento manual, había una considerable controversia en cuanto al valor operacional del control automático. Esto no es sorprendente ya que los predictores que estaban en uso tenían un error medio de 2 a 3 grados que eran del mismo orden que el error medio de un operador de batería bien entrenado que efectuase un seguimiento manual. Cuando la guerra progresó, aumentó la velocidad de los blancos, el personal entrenado comenzó a escasear y la aparición de los radares de seguimiento mejoró notablemente la capacidad de predicción: era pues el momento para que el control automático se hiciese notar. Con el objetivo fundamental de investigar y avanzar en los problemas de control del radar y de control de tiro, en

marzo de 1942, de una manera informal se constituyó un grupo que posteriormente sería denominado el servo panel. Su principal función consistió en organizar encuentros, proporcionar información y servir de nexo de comunicación entre diferentes grupos de investigación.

El Gobierno Americano al intentar desarrollar los sistemas de control automático de tiro se enfrentó con el problema de que aunque había una considerable experiencia en temas de control, ésta se encontraba dispersa entre muchas ramas de la ingeniería y faltaba el atributo unificador de una terminología en común. La reacción no se hizo esperar, con la formación en 1940 bajo la dirección del Dr. Vannevar Bush del Comité de Investigación de Defensa Nacional (NDRC) y en el estaba el de control de tiro que bajo el liderazgo de Warren Weaver coordinó el trabajo de los servicios de los laboratorios industriales y universidades. El comité era responsable de la dirección de la investigación y de la circulación de informes reservados a los grupos apropiados.

Los informes de Brown, Harris, Hall, Wiener, Phillips y Weis entre otros, fueron emitidos bajo los auspicios del NDRC y su contenido no fue conocido hasta finales de los años 40. Todavía después, algunas formas de automatización fueron controladas por mecanismos de relojería o dispositivos similares utilizando algunas formas de fuentes de poder, algún resorte, un flujo canalizado de agua o vapor para producir acciones simples y repetitivas.

También se utilizó la lógica de control cableada que se basa en el uso de relevadores de control que conectándose entra si se logra el control de los mecanismos, pero el mantenimiento correctivo de estos relevadores era muy difícil por la cantidad de cableado que se manejaba, un ejemplo de controles con relevadores se muestra en las figuras siguientes.



**Figura 2.1.1. Cuarto de un sistema de control.**



**Figura 2.1.2. Control para una máquina.**

Ahora bien, por definición podemos decir que un sistema de control es un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados. Estos sistemas se usaban típicamente para desarrollar tareas rutinarias eléctricas, mecánicas, etcétera y de una posibilidad casi nula de error con un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador. De estos sistemas se requería que fueran estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos y ser eficientes según un criterio preestablecido. Es así como se va dando la siguiente clasificación de los sistemas de control según su comportamiento:

**Sistema de control de lazo abierto:** Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador. Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil concepto.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser afectado por las perturbaciones. Éstas pueden ser tangibles o intangibles.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

**Sistema de control de lazo cerrado:** Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia. El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- Vigilar un proceso es especialmente duro en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso. Sus características son:
  - Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
  - La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
  - Su propiedad de retroalimentación.
  - Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

## **2.2 Control Industrial Moderno**

A partir del año 1955, se desarrollan los métodos temporales, con el objetivo de solucionar los problemas planteados en aplicaciones aeroespaciales, estos métodos reciben un fuerte impulso con el desarrollo de las computadoras digitales, que constituían la plataforma tecnológica necesaria para su implantación, prueba y desarrollo.

Aparece un nuevo método de diseño de control, conocido a partir de entonces como teoría de control moderna. Se basaba en representar los sistemas en variables de estado o representación interna y trabajando casi exclusivamente en el dominio del tiempo.

Los investigadores de la Unión Soviética son los primeros que utilizan el método de descripción interna en el estudio de los sistemas continuos. Destacan los trabajos de Aizerman, Lerner, Lurie, Pontryagin, La Salle, Popov, Minorsky, Kabala y Bellman.

La teoría de control moderna está basada en el concepto de estabilidad de Liapunov presentado a finales del siglo XIX. Los trabajos desarrollados por Lurie sobre servomecanismos de posicionamiento de torretas de tanques dieron lugar al concepto de estabilidad absoluta, generalizada después por Popov con el concepto de hiperestabilidad, que considera no linealidades en la realimentación.

Los criterios de controlabilidad y observabilidad de sistemas dinámicos lineales, se deben a Kalman, aunque la noción de controlabilidad fue utilizada anteriormente por Pontryagin.

Los métodos de control óptimo se basan en los trabajos de físicos de los siglos XVII a XIX, entre los que destaca Euler, con su cálculo de variaciones. En el desarrollo de estos métodos se deben destacar los trabajos de Pontryagin, La Salle, Bellman y Kalman, este último efectúa la resolución de los problemas de control óptimo cuadrático y lineal cuadrático gaussiano.

Zadeh generaliza los resultados de teoría de circuitos a sistemas en el espacio de estados y Luenberger en 1966 lo hace en lo que concierne al diseño de observadores.

En el control algebraico, basado en la utilización de matrices polinomiales y racionales, hay que hacer mención de los trabajos de Kalman, Rosebrock y Wolowich. Son métodos que utilizan la descripción externa. Al final de los sesenta y comienzo de los setenta se presenta el enfoque geométrico del problema de control, que utiliza métodos del álgebra lineal. En paralelo se desarrollan los métodos de identificación de sistemas, por mínimos cuadrados y de máxima verosimilitud, este último fue desarrollado por Fisher en 1912 y aplicado en sistemas industriales por Astrom y Bohlin en 1965.

También se desarrollan las técnicas de control adaptativo. Desde un punto de vista conceptual, las técnicas adaptativas aparecen cuando se transvasan a la máquina comportamientos inherentes al hombre. La adaptación, no en términos de decisiones (conseguida con la realimentación simple), sino en término de estructuras para la decisión.

Referente a los requisitos del control de tiempo real se manifiestan en una de sus características principales: las restricciones temporales a que está sometido. Estas son inherentes al funcionamiento de los sistemas de tiempo real. Para tareas periódicas de control, vienen impuestas por el período de muestreo con que se debe ejecutar el algoritmo de control. Para otro tipo de tareas periódicas como pueden ser tareas de tratamiento de datos, tareas gráficas o de supervisión, tareas de comunicación las restricciones temporales no son tan estrictas y muchas veces el diseñador de las aplicaciones dispone de un margen donde elegir.

Estas restricciones temporales también implican prioridad de ejecución, siendo comúnmente las tareas dedicadas al control las más frecuentes y por lo tanto las que se deben ejecutar con mayor prioridad, interrumpiendo en el caso de los sistemas mono procesadores a todas las demás tareas. También pueden existir tareas de control que se ejecuten con períodos grandes como en las aplicaciones de control de variables lentas como la temperatura, existiendo algunas otras tareas con períodos de ejecución menor. Pero la tarea de control es la más crítica dado que es la que actúa de interfase con el proceso y debe garantizar su correcto funcionamiento.

Para las tareas activadas como respuesta a eventos, las restricciones vienen impuestas por los márgenes de seguridad y buen funcionamiento del proceso a controlar. Por ejemplo las acciones que se deben producir ante la aparición de una parada de emergencia, deberán producirse en un tiempo mínimo que intente garantizar al máximo la seguridad de los operarios en primer lugar y del proceso controlado en segundo lugar.



Las aplicaciones de control militar, misiles, sistemas de tiro, sistemas antimisiles se pueden considerar igual o más críticas que algunas aplicaciones industriales (no olvidemos las centrales nucleares). Por lo cual se establece también la necesidad de que los sistemas de control de tiempo real incorporen mecanismos que garanticen una alta tolerancia a fallos.

Se puede establecer una nueva clasificación entre sistemas de tiempo real críticos y acrícos. Los sistemas de tiempo real críticos son aquellos en que los plazos de respuesta de todas las tareas deben respetarse bajo cualquier circunstancia. En estos sistemas el incumplimiento de un plazo de respuesta, podría acarrear un mal funcionamiento o un accidente en el proceso o aplicación militar controlada. En los sistemas de tiempo real acrícos se puede incumplir ocasionalmente el plazo de respuesta de alguna tarea.

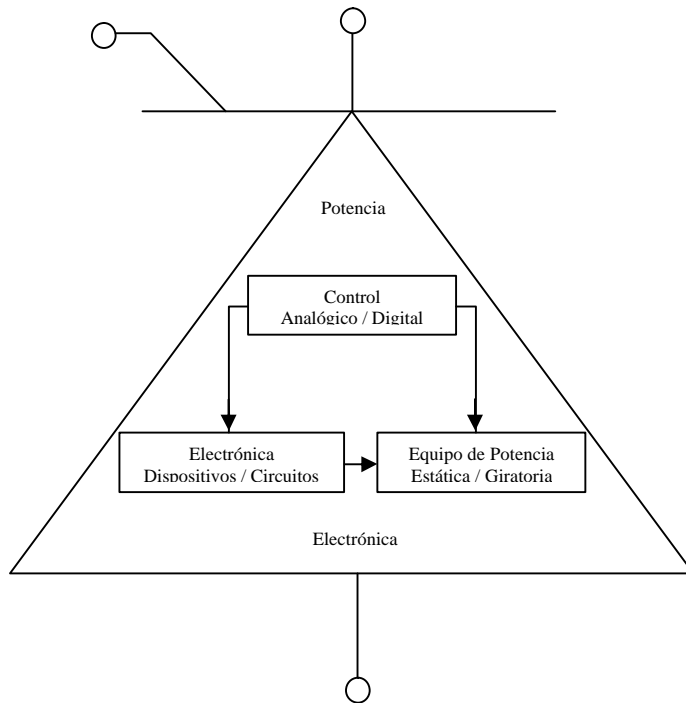
El enfoque de la electrónica de potencia, como parte del control moderno, nos dice que durante muchos años ha existido la necesidad de controlar la potencia eléctrica de los sistemas industriales impulsados por motores eléctricos.

La electrónica de potencia combina la energía, la electrónica y el control. El control se encarga del régimen permanente y de las características dinámicas de los sistemas de lazo cerrado. La energía tiene que ver con el equipo de potencia estática y rotativa o giratoria, para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. La electrónica se ocupa de los dispositivos y circuitos de estado sólido requeridos en el procesamiento de señales para cumplir con los objetivos de control deseados. La electrónica de potencia se puede definir como la aplicación de la electrónica de estado sólido para el control y la conversión de la energía eléctrica. En la figura 2.2.1 se muestra la interrelación de la electrónica de potencia con la energía, la electrónica y el control.

La electrónica de potencia se basa, en primer término, en la conmutación de dispositivos semiconductores de potencia. Con el desarrollo de esta tecnología las capacidades del manejo de la energía y la velocidad de conmutación de los dispositivos de potencia han mejorado tremendamente.

El desarrollo de la tecnología de los microprocesadores-microcomputadoras tiene un gran impacto sobre el control y la síntesis de la estrategia de control para los dispositivos semiconductores de potencia. El equipo de electrónica de potencia moderno utiliza (1) semiconductores de potencia, que pueden compararse con el músculo y (2) microelectrónica, que tiene el poder y la inteligencia del cerebro.

La electrónica de potencia ha alcanzado ya un lugar importante en la tecnología moderna y se utiliza ahora en una gran diversidad de productos de alta potencia, que incluyen controles de calor, controles de iluminación, controles de motor, fuentes de alimentación, sistemas de propulsión de vehículos y sistemas de corriente directa de alto voltaje.



**Figura 2.2.1 Relación de electrónica de potencia, energía, electrónica y control.**

La Historia de la electrónica de potencia empezó en el año 1900, con la introducción del rectificador de arco de mercurio. Luego aparecieron gradualmente, el rectificador de tanque metálico, el rectificador de tubo al alto vacío de rejilla controlada, el ignitrón, el fanotrón y el tiratrón. Estos dispositivos se aplicaron al control de la energía hasta la década de 1950.

Antes de la Segunda Guerra Mundial, la teoría y la práctica del control se desarrollaron de forma diferente en Estados Unidos y en la Europa occidental que en Rusia y en la Europa del Este. Un impulso para el uso de la realimentación en Estados Unidos fue el desarrollo del sistema telefónico y los amplificadores electrónicos con realimentación llevado a cabo por Bode, Nyquist y Black en los laboratorios de la Bell Telephone. Se usó principalmente el dominio de la frecuencia para describir la operación de los amplificadores con retroalimentación, en función del ancho de banda y otras variables de la frecuencia. En contraste, los eminentes matemáticos y mecánicos aplicados en Rusia estimularon y dominaron el campo de la teoría del control. Por tanto la teoría rusa tendió a utilizar una formulación del dominio del tiempo usando ecuaciones diferenciales.

Durante la Segunda Guerra Mundial, la práctica y la teoría del control automático recibieron un gran impulso, ya que fue necesario diseñar y construir pilotos automáticos para aviones, sistemas de dirección de tiro, sistemas de control para las antenas de los radares y otros sistemas militares basados en los métodos de control por realimentación. La complejidad y el comportamiento esperado de estos sistemas militares necesitaron ampliar las técnicas de control disponibles y fomentaron el interés en los sistemas de control y el desarrollo de nuevos métodos e ideas. Antes de 1940, en la mayoría de los casos, el diseño de los sistemas de control era un arte que implicaba un procedimiento de prueba y error. Durante la década de 1940, se incrementaron en número y utilidad los métodos matemáticos y analíticos, y la ingeniería de control se convirtió en una disciplina de la ingeniería por derecho propio.

Después de la Segunda Guerra Mundial, con el mayor uso de la transformada de Laplace y el plano de frecuencia compleja continuaron dominando el campo del control. Durante la década de 1950, el énfasis en

la teoría de la ingeniería de control se centró en el desarrollo y uso de los métodos en el plano  $x$  y, particularmente, en el método del lugar de las raíces. Más aún, durante la década de 1980, la utilización de computadores digitales como componentes de control se ha convertido en una rutina. La tecnología de estos nuevos elementos de control para efectuar cálculos precisos y rápidos no estuvo inicialmente disponible para los ingenieros de control. En la actualidad, hay instalados en Estados Unidos más de 400.000 computadores digitales para el control de procesos. Estos computadores se emplean principalmente para sistemas de control de procesos en los cuales se miden y controlan simultáneamente muchas variables.

Con el advenimiento del Sputnik y la era espacial, se dio otro nuevo impulso a la ingeniería de control. Fue necesario diseñar sistemas de control complejos y altamente precisos para proyectiles y sondas espaciales. Además, la necesidad de minimizar el peso de los satélites y de controlarlos con gran precisión ha estimulado el importante campo del control óptimo. A causa de estas necesidades, despertaron gran interés en la última década los métodos del dominio-tiempo debidos a Liapunov, Minorsky y otros. Recientes teorías de control óptimo desarrolladas por L. S. Pontryagin en Rusia y R. Bellman en Estados Unidos, así como estudios actuales de sistemas robustos, han contribuido al interés en los métodos en el dominio del tiempo. Hoy día, resulta evidente que la ingeniería de control debe considerar simultáneamente tanto el dominio-tiempo como el dominio-frecuencia en el análisis y diseño de sistemas de control. En la siguiente tabla se resume una historia seleccionada del desarrollo de los sistemas de control.

	1769
Máquina de vapor y controlador desarrollado por James Watt. La máquina de vapor de Watt se utiliza con frecuencia para marcar el comienzo de la Revolución Industrial en Gran Bretaña. Durante la Revolución Industrial, se produjeron grandes logros en el desarrollo de la mecanización, una tecnología que precede a la automatización.	
	1800
El concepto de Eli Whitney de fabricación de piezas intercambiables se demostró en la producción de fusiles. El desarrollo de Whitney se considera a menudo como el comienzo de la producción en masa.	
	1868
J. C. Maxwell formula un modelo matemático para el controlador de la máquina de vapor.	
	1913
Introducción de la máquina de ensamblaje mecanizado de Henry Ford para la producción de automóviles.	
	1927
H. W. Bode analiza los amplificadores realimentados.	
	1932
H. Nyquist desarrolla un método para analizar la estabilidad de sistemas.	
	1952
Control numérico (CN) desarrollado en el Massachusetts Institute Of Technology para el control de ejes de máquinas de herramientas.	
	1954
George Devol desarrolla el concepto de transferencia de artículos programados considerado como el primer diseño de robot industrial.	
	1960
Se introdujo el primer robot Unimate, basado en los diseños de Devol. Unimate se instaló al año siguiente para atender máquinas de fundición.	
	1970
Se desarrollaron los modelos de variables de estado y el control óptimo.	
	1980
Se desarrollaron estudios amplios sobre el diseño de sistemas de control robusto.	
	1990
Empresas de fabricación orientadas a la exportación apuestan por la automatización.	
	1994

Uso generalizado de los sistemas de control con realimentación en los automóviles. En los procesos de fabricación se demandan sistemas fiables y robustos.

1997

El primer vehículo de exploración autónoma, conocido como *Sojourner*, explora la superficie marciana.

1998-2003

Avances en micro y nanotecnología, se desarrollan las primeras micro máquinas inteligentes y se crean nano máquinas que funcionan.

### **Tabla 2.2.1 Desarrollo Histórico de los sistemas de control.**

La primera revolución electrónica inicia en 1948 con la invención del transistor de silicio en los Bell Telephone Laboratories por los señores Bardeen, Brattain y Schockley. La mayor parte de las tecnologías electrónicas avanzadas actuales tienen su origen en esta invención. A través de los años, la microelectrónica moderna ha evolucionado a partir de los semiconductores de silicio. El siguiente gran parte aguas, en 1956, también provino de los Bell Telephone Laboratories: la invención del transistor de disparo PNP, que se definió como un tiristor o rectificador controlado de silicio (SCR por su siglas en inglés).

La segunda revolución electrónica empezó en 1958 con el desarrollo del tiristor comercial por General Electric Company. Ese fue el principio de una nueva era en la electrónica de potencia. Desde entonces, se han introducido muy diversos tipos de dispositivos semiconductores de potencia y técnicas de conversión. La revolución de la microelectrónica nos dio la capacidad de procesar una gran cantidad de información a una velocidad increíble. La revolución de la electrónica de potencia nos está dando la capacidad de dar forma y controlar grandes cantidades de energía con una eficiencia cada vez mayor. Debido a la fusión de la electrónica de potencia, que es el músculo, con la microelectrónica, que es el cerebro, se ha descubierto muchas aplicaciones potenciales de la electrónica de potencia, y se descubrirán más. Dentro de los siguientes 30 años, la electrónica de potencia formará y condicionará la electricidad, en alguna parte de la línea de transmisión entre el punto de generación y todos los usuarios. La revolución de la electrónica de potencia ha ganado inercia, desde el fin de los años 80 y principios de los 90.

Se diseña un sistema de control consistente en componentes interconectados para lograr un objetivo deseado. Para comprender el objetivo de un sistema de control es útil examinar ejemplos de sistemas de control a través del curso de la historia. Estos primeros sistemas incorporaban muchas de las ideas de realimentación que se utilizan hoy día.

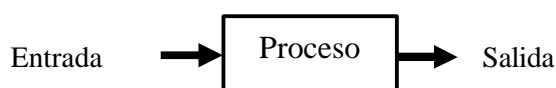
La práctica de la ingeniería de control moderna comprende el uso de estrategias de diseño de control para mejorar los procesos de fabricación, la eficiencia de uso de la energía y el control avanzado.

La ingeniería trata de comprender y controlar los materiales y fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad. El ingeniero de sistemas de control está interesado en el conocimiento y control de una parte de su medio, con el fin de proporcionar productos económicos útiles para la sociedad. Los objetivos gemelos de comprender y controlar son complementarios ya que, para poder controlar más efectivamente, se precisa que los sistemas sean entendidos y modelados. Además la ingeniería de control con frecuencia debe considerar sistemas poco conocidos, como los procesos químicos. El desafío actual para los ingenieros de control es el modelado y control de sistemas interrelacionados modernos y complejos, tales como los sistemas de control de tráfico, procesos químicos y sistemas robóticos. Simultáneamente, el ingeniero afortunado tiene la oportunidad de controlar muchos sistemas de automatización industriales útiles e interesantes. Quizás la cualidad más característica de la ingeniería de control sea la oportunidad de controlar máquinas y procesos industriales y económicos en beneficio de la sociedad.

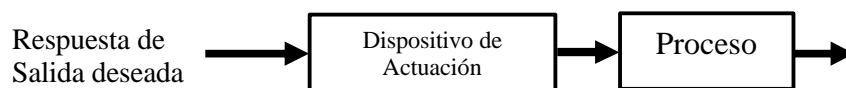
La ingeniería de control se basa en los fundamentos de la teoría de la realimentación y el análisis de sistemas lineales, e integra los conceptos de las teorías de redes y de comunicación. Por tanto, la ingeniería de control no está limitada a ninguna disciplina de la ingeniería, sino que es igualmente aplicable a las

ingenierías aeronáutica, química, mecánica, del medio ambiente, civil y eléctrica. Por ejemplo, un sistema de control incluye a menudo componentes eléctricos, mecánicos y químicos. Además, el aumentar el conocimiento de la dinámica de los sistemas comerciales, sociales y políticos, también se incrementa la capacidad de control de estos sistemas.

Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará una respuesta deseada. La base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales, que supone una relación entre causa y efecto para sus componentes. Por tanto, un componente o proceso que vaya a ser controlado puede representarse mediante un bloque tal como se muestra en la Figura 2.2.2 La relación entrada-salida representa la relación entre causa y efecto del proceso, que a su vez representa un procesamiento de la señal de entrada para proporcionar una señal de salida, frecuentemente con una amplificación de potencia. Un sistema de control en lazo abierto utiliza un regulador o actuador de control para obtener la respuesta deseada, tal como se muestra en la Figura 2.2.3 Un sistema en lazo abierto es un sistema sin realimentación.



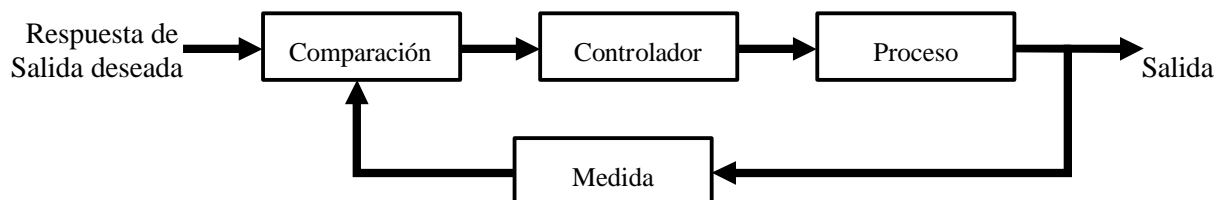
**Figura 2.2.2 Proceso a controlar**



**Figura 2.2.3 Sistema de control En lazo abierto (sin Realimentación).**

En contraste con un sistema de control en lazo abierto, un sistema de control en lazo cerrado utiliza una medida adicional de la salida real, para compararla con la repuesta de la salida deseada. La medida de la salida se denomina señal de realimentación. En la figura 1.3 se muestra un sencillo sistema de control con realimentación en lazo cerrado. Un sistema de control con realimentación es aquel que tiende a mantener una relación prescrita de una variable del sistema con otra, comparando funciones de estas variables y usando la diferencia como un medio de control.

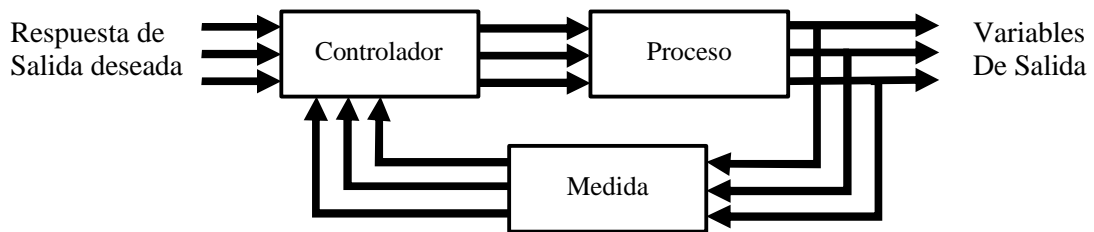
Para controlar un proceso, un sistema de control con realimentación suele emplear una función de una relación prescrita entre la salida y la entrada de referencia. A menudo, Entre la salida del proceso bajo control y la entrada de referencia se amplifica y se emplea para controlar el proceso, de manera que esta diferencia se reduce continuamente. El concepto de realimentación es el fundamento para el análisis y diseño de sistemas de control.



**Figura 2.2.4 Sistema de control En lazo cerrado (con Realimentación.)**

Debido a la complejidad creciente del sistema bajo control y al interés en obtener comportamiento óptimo, en la pasada década ha crecido la importancia de la ingeniería de sistemas de control. Además,

conforme los sistemas se hacen más complejos, deben considerarse en el esquema de control las interrelaciones de muchas variables controladas. En la Figura 2.2.5 se muestra un diagrama de bloques que representa a un sistema de control multivariable.



**Figura 2.2.5 Sistema de control Multivariable.**

Un ejemplo común de un sistema de control en lazo abierto es un tostador eléctrico en la cocina. Un ejemplo de un sistema de control en lazo cerrado es una persona que conduce un automóvil (suponiendo que mantiene los ojos abiertos) al mirar la posición del coche en la carretera y realiza los ajustes apropiados.

La introducción de la realimentación permite controlar una salida deseada y puede mejorar la precisión, pero requiere que se preste atención al tema de la estabilidad de la repuesta.

La ingeniería de control trata del análisis y diseño de sistemas orientados por objetivos. Como consecuencia, se ha incrementado la mecanización de planes de acción dirigidos por objetivo hasta establecer una jerarquía de sistemas de control orientados a un objetivo. La teoría de control moderna tiene que ver con sistemas que poseen características de auto organización, de adaptación y de aprendizaje. Entre los ingenieros de control, este interés ha sido todavía mayor.

El control de un proceso industrial (fabricación, producción y otros) por medios automáticos en vez de manuales se suele conocer como automatización. La automatización es frecuente en las industrias química, de generación de electricidad, papelería, automotriz y siderúrgica, entre otras. El concepto de automatización es central para nuestra sociedad industrial. Las máquinas automáticas se usan para aumentar la producción de una planta por trabajador, a fin de compensar los salarios crecientes y los costos inflacionarios. Por esa razón, las industrias están interesadas en la productividad de sus plantas por trabajador. La productividad se define como la relación entre la salida física y la entrada física. En este caso se refiere a la productividad del trabajo, que es la producción real por hora de trabajo.

Además, la industria busca proporcionar productos que son cada vez más precisos, fiables, exactos y robustos. Por ejemplo, el control preciso y fiable del comportamiento de un automóvil ha mejorado notablemente en las décadas pasadas.

En la breve historia de Estados Unidos, la transformación de su fuerza laboral siguió la mecanización progresiva del trabajo, que transformó la evolución de la república agraria en una potencia industrial mundial. En 1820, más del 70 % de la fuerza de trabajo era agraria; hacia 1900, menos del 40 % se dedicaba a la agricultura, y en la actualidad, esta proporción no llega al 5 %.

En 1925 se requirieron 588 000 trabajadores, alrededor del 1.3 % de la fuerza de trabajo del país, para extraer del subsuelo 520 millones de toneladas de carbón bituminoso y lignito. En 1980, esa producción aumentó a 774 millones de toneladas, pero la fuerza de trabajo se redujo a 208 000 trabajadores, de los cuales sólo 136 000 se dedicaron a operaciones de extracción en el subsuelo. Con sólo 72 000 trabajadores,

la altamente mecanizada y productiva minería superficial produjo 482 millones de toneladas, es decir, el 62 % del total.

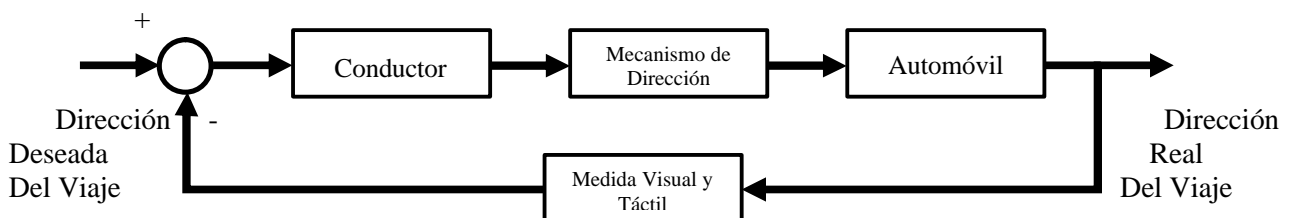
La suavización del trabajo humano que ha provocado la tecnología, proceso que comenzó en la prehistoria, está entrando en una nueva etapa. La aceleración del ritmo de la innovación tecnológica, iniciada por la Revolución Industrial, ha dado como resultado principal hasta no hace mucho el desplazamiento de la fuerza muscular humana de las tareas de producción. La actual revolución en la tecnología computacional está causando un cambio social igualmente importante: La expansión de la recogida y procesamiento de información a medida que los computadores extienden el alcance del cerebro humano.

Los sistemas de control se emplean para conseguir: (1) un incremento de productividad y (2) un mejor comportamiento de un dispositivo o sistema. La automatización se emplea para mejorar la productividad y obtener productos de alta calidad. La automatización es la operación o el control automático de un proceso, dispositivo o sistema. El control automático de máquinas y procesos se emplea para fabricar productos dentro de ciertas tolerancias especificadas y lograr alta precisión.

El término automatización se popularizó en primer lugar en la industria del automóvil. Se acoplaron líneas de transferencia con máquinas de herramienta automáticas para crear largas líneas de maquinaria que podían producir componentes de motores, como el bloque del cilindro, casi sin la intervención del operador. En la fabricación de elementos de la carrocería se acoplaron mecanismos de alimentación automática con prensas de estampado de alta velocidad para incrementar la productividad en el troquelado de chapa metálica. En muchas otras áreas en las que los diseños permanecían relativamente estables, como la producción de radiadores, las líneas totalmente automatizadas reemplazaron las operaciones manuales.

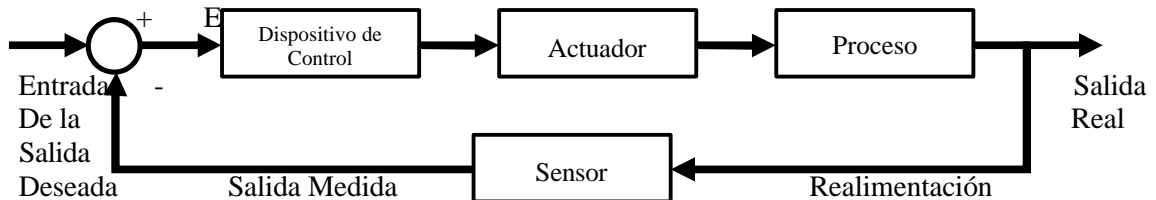
Con la demanda de producción flexible y a medida que está emergiendo en esta década, ha crecido la necesidad de una automatización flexible y de la robótica. En Estados Unidos hay aproximadamente 150 000 ingenieros de control, y un número similar en Japón y también en Europa. “Sólo en Estados Unidos, la industria de control realiza operaciones por más de 50 billones de dólares al año” La teoría, práctica y aplicación del control automático es una disciplina de la ingeniería amplia, interesante y muy útil. Por ello, es fácil comprender la motivación para el estudio de los sistemas de control modernos.

El control por realimentación es un hecho fundamental de la industria y la sociedad modernas y como ejemplo está el conducir un automóvil, es una tarea agradable cuando el coche responde rápidamente a las órdenes del conductor. Muchos automóviles tienen dirección y frenos asistidos con amplificadores hidráulicos para aumentar la fuerza de los frenos o del volante de la dirección. En la figura 2.2.6 se muestra un sencillo diagrama de bloques del sistema de control de la dirección de un automóvil. El rumbo deseado se compara con una medición del rumbo real para generar una medida del error, ésta medida se obtiene por realimentación visual y táctil (movimiento del cuerpo). Hay una realimentación adicional de la sensación percibida por la mano (sensor) sobre el volante de la dirección. Este sistema de realimentación es una versión familiar del sistema de control de la dirección en un barco o los controles de vuelo en un gran avión.



**Figura 2.2.6 Sistema de Control de la Dirección de un Automóvil.**

Los sistemas de control operan en una secuencia de lazo cerrado, como la que se muestra en la Figura 2.2.7. Con un sensor preciso, la salida medida es igual a la salida real del sistema. La diferencia entre las salidas real y deseada es igual al error, que se ajusta por el dispositivo de control (tal como un amplificador). La salida del dispositivo de control hace que el actuador module el proceso para reducir el error. La secuencia es tal que si la nave deriva incorrectamente hacia la derecha, se actúa sobre el timón para dirigirla hacia la izquierda. El sistema de la figura 2.2.7 es un sistema de control con realimentación negativa, ya que la salida se resta de la entrada y la diferencia se usa como señal de entrada para el amplificador de potencia.



**Figura 2.2.7 Diagrama de bloque de un sistema con realimentación negativa.**

De forma enunciativa, un sistema básico de lazo cerrado de control manual puede ser el que sirve para regular el líquido en un depósito. La entrada es un nivel de referencia de líquido que debe mantener el operador. (El operador memoriza esta referencia.) El amplificador de potencia es el operador y el sensor es visual. El operador compara el nivel real con el deseado y abre o cierra la válvula (actuador) ajustando así la salida de líquido para mantener el nivel deseado.

Otros conocidos sistemas de control tienen los mismos elementos básicos del sistema arriba comentado. Un refrigerador tiene un ajuste de temperatura o temperatura deseada, un termostato para medir la temperatura real y el error, y un motor compresor para amplificación de potencia. Otros ejemplos en el hogar son el horno, la cocina y los calentadores de agua. En la industria hay controles de velocidad, presión, temperatura, posición, espesores, composición y calidad, entre muchos otros.

En su concepción moderna, la automatización se puede definir como una tecnología que utiliza órdenes programadas para operar un proceso dado, combinado con realimentación de información para determinar que las órdenes han sido ejecutadas adecuadamente. La automatización se emplea a menudo con procesos que previamente eran operados por humanos. Cuando se automatiza, el proceso puede operar sin ayuda o interferencia humana. De hecho, la mayoría de los sistemas automatizados son capaces de realizar sus funciones con mayor fidelidad y precisión y en menos tiempo que los seres humanos. Un proceso semiautomatizado es aquel que incorpora tanto seres humanos como robots. Por ejemplo, muchas operaciones en las líneas de montaje de automóviles requieren la cooperación entre un operador humano y un robot inteligente.

Un robot es una máquina controlada por computador que incorpora una tecnología que está muy asociada con la automatización. La robótica industrial se puede definir como un campo particular de la automatización en el cual la máquina automatizada (esto es, el robot) se diseña para sustituir mano de obra. Así pues, los robots poseen ciertas características propias de los seres humanos. Hoy en día, la característica más común de los humanos es un manipulador mecánico que se asemeja algo al brazo y la muñeca humana. Se reconoce que la máquina automática está bien adaptada para algunas tareas, tal como se indica en la tabla 2.2.1 y que, en cambio, otras tareas se realizan mucho mejor por los humanos.

<b>Tareas difíciles para una máquina</b>	<b>Tareas difíciles para un humano</b>
Cuidar niños pequeños en una guardería	Inspeccionar un sistema en un ambiente tóxico
Conducir un vehículo por un terreno accidentado	Ensamblar de forma repetitiva un reloj



Identificar las joyas más caras en una bandeja de joyas	Aterrizar un Avión de noche con tiempo malo
---	---

**Tabla 2.2.1. Tarea difícil: Humano respecto a máquina automática**

Recientemente se ha debatido mucho sobre la separación existente entre la teoría y la práctica en la ingeniería de control. Sin embargo, es natural que la teoría preceda a las aplicaciones en muchos campos de la ingeniería de control. No obstante, es interesante observar que en la industria de generación de energía eléctrica, este vacío es relativamente insignificante, ya que ésta industria tiene como principal interés la conversión, control y distribución de energía. Es crítico que el control por computador se aplique cada vez más en la industria energética para mejorar el uso eficiente de los recursos energéticos. También ha tenido un incremento importante el control de las centrales eléctricas para minimizar la emisión de residuos contaminantes. Las plantas modernas de gran capacidad, que superan algunos cientos de megavatios, requieren sistema de control automático que consideren la interrelación de las variables de proceso y la producción óptima de potencia.

Así mismo, se han hecho muchas aplicaciones de la teoría de los sistemas de control a la experimentación biomédica, el diagnóstico, la prótesis y los sistemas de control biológico. Los sistemas de control considerados abarcan desde el nivel celular hasta el sistema nervioso central e incluyen regulación de temperatura y control neurológico, respiratorio y cardiovascular. La mayoría de los sistemas de control fisiológico son sistemas de lazo cerrado. Sin embargo, no se trata de un regulador, sino más bien de una red de control dentro de otra, formando una jerarquía de sistemas. La evolución futura de los sistemas de control tiene un objetivo continuado que es, proporcionar una gran flexibilidad y un elevado nivel de autonomía. Dos conceptos de sistemas se aproximan a este objetivo por diferentes caminos de evolución, los robots industriales de hoy día se perciben como bastante autónomos, una vez programados, normalmente no requieren ninguna otra intervención. Debido a sus limitaciones sensoriales, estos sistemas robóticos tienen una flexibilidad limitada para adaptarse a cambios en el entorno de trabajo que es la motivación de la investigación de visión por computador. El sistema de control es muy adaptable, pero descansa en la supervisión humana. Los sistemas robóticos avanzados están intentando conseguir la adaptabilidad a sus tareas a través de una realimentación sensorial mejorada. Las áreas de investigación se concentran en inteligencia artificial, integración sensorial, visión por computador y programación CAD/CAM fuera de línea que harán los sistemas más universales y económicos. Los sistemas de control están avanzando hacia operaciones autónomas como una mejora al control humano. Para reducir la carga de los operarios se están llevando a cabo investigaciones en control supervisorio y en el desarrollo de interfaces hombre-máquina y con el fin de mejorar la eficiencia del operador humano se aborda la gestión de bases de datos. Muchas actividades de investigación son comunes a la robótica y a los sistemas de control y están orientadas a reducir los costes de implementación y a ampliar el dominio de aplicación. Estos incluyen métodos de comunicación mejorados y lenguajes de programación avanzados.

Basados en toda esta información, podemos definir el diseño, ya que ésta, es la tarea central del ingeniero. El diseño es un proceso complejo en el que la creatividad y el análisis desempeñan un papel fundamental, el diseño es el proceso de concebir o inventar las formas, partes y detalles de un sistema para lograr un objetivo específico.

Se puede pensar en la actividad de diseño como la planificación para el nacimiento de un producto o sistema particular. Diseño es un acto innovador donde el ingeniero creativamente utiliza conocimiento y materiales para especificar la forma, función y contenido material de un sistema. Los pasos del diseño son: (1) determinar una necesidad que surge de los deseos de varios grupos, que cubren el espectro que va desde los creadores de políticas públicas hasta los consumidores; (2) especificar en detalle cual debe ser la solución a esa necesidad y dar forma a esos deseos; (3) desarrollar y evaluar diferentes soluciones alternativas para cumplir estas especificaciones, y (4) decidir cuál de ellas debe ser diseñada en detalle y fabricada. Un factor importante en un diseño realista es la limitación de tiempo. El diseño tiene lugar bajo

planificaciones impuestas que eventualmente establecen un diseño que puede no ser el ideal pero que se considera suficientemente bueno. En muchos casos, el tiempo es la única ventaja competitiva, un gran reto para el diseñador es escribir las especificaciones para el producto técnico. Especificaciones son sentencias que explícitamente dicen lo que el dispositivo o producto es y hace. El diseño de sistemas técnicos tiene como finalidad lograr especificaciones de diseño apropiadas y descansa en cuatro características, complejidad, compromisos, desconocimiento en el diseño y riesgo.

La complejidad del diseño es el resultado del amplio rango de herramientas, temas y conocimiento que hay que utilizar en el proceso. El gran número de factores que hay que considerar ilustra la complejidad de la actividad de especificación del diseño, no solamente en asignar a estos factores su importancia relativa en un diseño particular sino también en darles contenido en forma numérica, escrita o en ambas.

El concepto del compromiso entraña la necesidad de hacer un juicio respecto de lo que se puede hacer entre dos criterios que están en conflicto y que ambos son deseables, el proceso de diseño requiere un compromiso eficiente entre criterios deseables pero que compiten entre sí. Al hacer un dispositivo técnico, el producto final generalmente no sale igual que el que había sido originalmente visualizado. Por ejemplo, la imagen del problema que se está resolviendo no es lo que aparece en la descripción escrita y finalmente en las especificaciones. Tales diferencias son intrínsecas en la progresión desde una idea abstracta hasta su realización, esta incapacidad para estar absolutamente seguros respecto de las predicciones de comportamiento de un objeto técnico conduce a grandes incertidumbres acerca de los efectos reales de los dispositivos y productos diseñados, estas incertidumbres se engloban en la idea de consecuencias no prevista o riesgo. El resultado es que diseñar un sistema es una actividad que tiene riesgo.

Complejidad, compromiso, desconocimiento y riesgo son inherentes al diseño de nuevos sistemas y dispositivos, aunque se pueden minimizar al considerar todos los efectos de un diseño dado, estos efectos están siempre presentes en el proceso de diseño. Dentro del diseño de ingeniería, hay una diferencia fundamental entre los dos grandes tipos de pensamiento que deben tener lugar: análisis y síntesis. La atención se centra sobre los modelos de los sistemas físicos que se analizan para proporcionar nueva perspectivas y que indican las direcciones para mejorar. Por otra parte, se denomina síntesis al proceso por el cual se crean estas nuevas configuraciones físicas.

El diseño es un proceso que puede partir en muchas direcciones antes de encontrar la deseada, es un proceso deliberado por el cual un diseñador crea algo nuevo como respuesta a una necesidad reconocida tomando en consideración restricciones realistas. El proceso de diseño es inherentemente iterativo “hay que comenzar por algún punto”, los buenos ingenieros aprenden a simplificar adecuadamente los sistemas complejos con el objetivo del diseño y el análisis, es inevitable que exista desconocimiento entre el sistema físico complejo y el modelo del diseño, los desconocimientos en el diseño son intrínsecos en la progresión desde el concepto inicial al producto final. Se sabe intuitivamente que es más fácil mejorar un concepto inicial incrementalmente que intentar crear un diseño final desde el principio. En otras palabras, el diseño de ingeniería no es un proceso lineal, es un proceso iterativo, no lineal y creativo.

El método principal para los diseños de ingeniería más efectivos es el análisis y optimización de parámetros, el análisis de parámetros está basado en los siguientes pasos: (1) identificación de los parámetros claves, (2) generación de la configuración del sistema y (3) evaluación de lo bien que la configuración cumple las necesidades. Estos tres pasos forman un lazo iterativo, una vez que se identifican los parámetros claves y se sintetiza la configuración, el diseñador puede optimizar los parámetros, típicamente, el diseñador se esfuerza en identificar un conjunto limitado de parámetros que hay que ajustar.

En la década de los 70, la complejidad y prestaciones de los sistemas de control se incrementan gracias al empleo de circuitos integrados y en particular a los microprocesadores, esto es lo que denota el gran desarrollo de la década, en efecto, el microprocesador permite que llegue a ser rentable el dedicar un

computador para el control de un solo proceso, aplicaciones del ordenador al control de procesos que antes no eran rentables instalarlas, dado que el control analógico era mucho más barato, se vuelven competitivas, incluso esta reducción de costes permite que se empiecen a desarrollar sistemas de control por computador encargados de controlar una sola máquina eléctrica, pero además de la razón económica, una de las razones que impedía que se implantaran los controles digitales sobre máquinas eléctricas era la excesiva rapidez de los accionamientos electromecánicos, con constantes de tiempo en muchos casos bastante inferiores al segundo (comparemos con los procesos químicos). Esto hacía imposible que un computador calculará el algoritmo de control en el período de muestreo marcado por el diseño del controlador.

Los primeros controles digitales se implantan sobre máquinas de corriente continua, que presentan un modelo matemático muy sencillo de tratar. Los esfuerzos se vuelcan en el desarrollo de controles digitales sobre motores síncronos y asíncronos que permitieran obtener a los accionamientos prestaciones de precisión y dinámica de par comparables a los de continua, con el objeto de utilizar un motor mucho más barato (asíncrono) que no presentará los problemas de los motores de continua. Los primeros controles digitales consistían en la simple emulación programada de los algoritmos de control clásicos, pero la aplicación de las modernas técnicas del control ha permitido desarrollar aplicaciones de control vectorial, las cuales, en accionamientos de motores asíncronos proporcionan una calidad en la respuesta dinámica superior a los accionamientos de motores de corriente continua. En el momento actual existe toda una amplia gama de micro controladores especializados en el control de máquinas eléctricas.

### **2.3 Historia del Controlador Lógico Programable [PLC]**

Desde el comienzo de la industrialización, el hombre ha buscado las formas y procedimientos para que los trabajos se realizaran de forma más ágil y resultaran menos tediosos para el propio operador. Un mecanismo que ha sido clave en dicho proceso es el PLC, este dispositivo consigue entre otras muchas cosas, que ciertas tareas se hagan de forma más rápida y evita que el hombre aparezca involucrado en trabajos peligrosos para él y su entorno más próximo.

El desarrollo del PLC fue dirigido originalmente por los requerimientos de los fabricantes de automóviles que estaban cambiando constantemente los sistemas de control en sus líneas de producción para acomodarlos a sus nuevos modelos de carros. En el pasado, esto requería un extenso re-alambrado de bancos de relevadores, un procedimiento muy costoso.

A finales de los años 60`S, la industria estaba demandando cada vez más un sistema de control económico, robusto, flexible y fácilmente modificable. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relevadores y contactores. En 1968 nacieron los primeros autómatas programables (APIs o PLCs).

A principios de los años 70`S, el PLC incorpora al microprocesador y en 1973 más prestaciones, elementos de comunicación hombre máquina más modernos, manipulación de datos, cálculos matemáticos, funciones de comunicación, etc. En la Segunda mitad de los años 70`S, más capacidad de memoria, posibilidad de entradas/salidas remotas, analógicas y numéricas, funciones de control de posicionamiento, aparición de lenguajes con mayor número de instrucciones más potentes y, desarrollo de las comunicaciones con periféricos y ordenadores. Las tecnologías dominantes del PLC eran máquinas de estado secuenciales y con CPU's basadas en desplazamiento de bit. Los AMD 2901 y 2903 fueron muy populares en el Modicon y PLC's A-B. Los microprocesadores convencionales aportaron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica del pequeño PLC. Por cada modelo de microprocesador había un modelo de PLC basado en el mismo. No obstante, el 2903 fue de los más utilizados. El primer sistema fue el bus Modicon (Modbus).

- El PLC podía ahora dialogar con otros PLC's y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban.
- También podían enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico.
- Desafortunadamente, la falta de un estándar acompañado con un continuo cambio tecnológico ha hecho que la comunicación de PLC's sea una sopa de letras de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí.

En los años 70's, con el surgimiento de los dispositivos electrónicos lógicos de estado sólido, varias compañías automotrices retaron a los fabricantes de control a que desarrollen un medio de cambiar el control lógico sin la necesidad de re-alambrar totalmente el sistema.

- El PLC emergió de este requerimiento.
- El PLC™ es una marca registrada de la compañía Allen-Bradley, pero ahora es ampliamente usado como un término genérico para nombrar al controlador programable.

General Motors y Ford paralelamente Bedford Associates Inc. R.E. Moreley El primer PLC Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular (MODICON, Modular Digital Controller) a una empresa automotriz. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en computadoras, como la PDP-8. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente. Los nuevos controladores debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento.

- El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla.
- Finalmente se imponía que trabajaran sin problemas en entornos industriales adversos.
- La solución fue el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relevadores mecánicos por relevadores de estado sólido.

En los años 80'S, se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo llamado MAP de General Motor. También fue un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica a través de computadoras personales en vez de los clásicos terminales de programación. Hoy día el PLC más pequeño es del tamaño de un simple relevador. En la década de los 80 la mejora de las prestaciones se refiere a: Velocidad de respuesta, reducción de las dimensiones, mayor concentración de número de entradas/salidas en los módulos respectivos, desarrollo de módulos de control continuo, PID, servo controladores, control inteligente, fuzzy, etcétera.

En los años 90'S, mostraron una gradual reducción en el número de nuevos protocolos, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80. El último estándar (IEC 1131-3) intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional. Ahora disponemos de un PLC que puede ser programado en diagramas de bloques, lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo. Las PC's comenzaron a reemplazar al PLC en algunas aplicaciones, incluso la compañía que introdujo el Modicon 084 ha cambiado al control basado en PC.

En la actualidad, Debido al desarrollo de la electrónica. Hoy en día hay distintas variedades de autómatas que van desde: micro autómatas y nano autómatas que se utilizan en apertura y cierre de puertas, demótica, control de iluminación, control de riego de jardines, etc. Autómatas de gama alta con prestaciones de un pequeño ordenador, que es la principal virtud (robustez y facilidad de interconexión con el proceso). La tendencia actual es dotarlo de funciones específicas de control y de canales de comunicación para que puedan conectarse entre sí y con ordenadores en red, manejando un número inimaginable de Entradas y

salidas, con un CPU maestro y otros esclavos. Estructurando cuartos de control distribuido y telemetría a través de Interfases hombre maquina

# 3

## DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO A CONTROLAR

A continuación se describen las características y especificaciones de la maquina lavavajillas con extractos de algunos catálogos con los que se comercializaba la maquina, por ser estos los que mejor explican sus cualidades.



**Electrolux**

EFS – Plataformas de Sistemas de Lavavajillas

Electrolux Profesional

### 3.1 Descripción General de La Maquina Lavavajillas WT-60

- La lavavajillas WT-60 es la solución ideal para clientes exigentes que buscan lavavajillas de altas prestaciones. Perfecta para el lavado de platos, vasos, utensilios, bandejas, recipientes gastronorm y cubiertos, resultan también ideal para lavar la cristalería.
- El objetivo de Electrolux es ofrecer una solución para el lavado de vajillas con bajos costes de funcionamiento y capaz de llevar a cabo una actividad flexible que garantice el máximo resultado de lavado e higiene.



#### Sanitización e Higiene

- Aclarado a temperatura constante superior a los 80 °C.
- Ciclo de aclarado de una duración de 16 seg.
- 4 litros de agua caliente para el aclarado de cada cesta.
- Presión del agua optimizada independientemente de la red de alimentación.
- Función de desagüe del boiler.

- Área de lavado con cantos redondeados y sin tuberías en su interior.

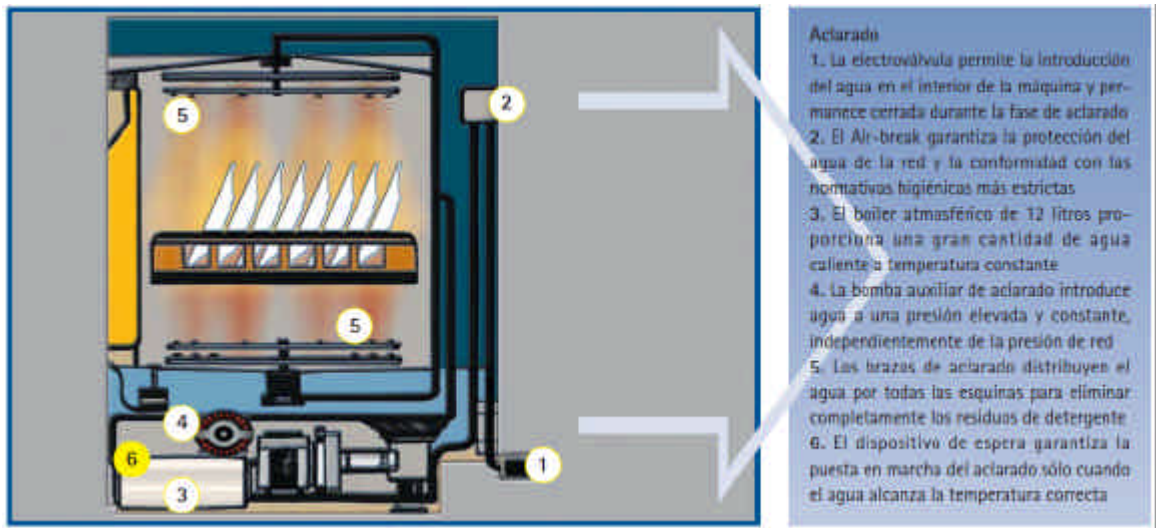







Figura 3.1.1 Corte longitudinal de la máquina.

- WT60 y WT65E utilizan el mismo sistema, controlado y probado, de aclarado atmosférico.
- El boiler atmosférico combinado con la bomba auxiliar de aclarado garantiza una elevada presión de aclarado incluso cuando la presión en la red hídrica es baja (min. 0,5 bar).
- Ciclo de aclarado de 16seg regulable.
- 4litros de agua caliente limpia para cada cesta.
- Circuito de aclarado dimensionado para garantizar la sanitización a temperatura constante superior a los 8°C.
- Cámara de lavado con cantos redondeados y sin tuberías.
- El ciclo de auto-limpieza completamente automático higieniza la cámara de lavado con agua caliente después del uso.
- Predisposición electrónica del panel de control para dispositivo de control HACCP.

#### Lo Último en Electrónica

- Display digital para la visualización exacta de la temperatura del agua de lavado y de aclarado (HACCP).
- Panel de control “soft-touch” a baja tensión.

Panel de Control Electrónico					
	On/Off	Tecla On/Off		P2	Ciclo de lavado medio aconsejado para artículos medianamente sucios.
	Desagüe	Ciclo de limpieza y/o desagüe		P3	Ciclo de lavado largo aconsejado para artículos muy sucios.
	Indicador de temperatura	Encendido durante el lavado		Continuo [sólo WT65E]	Ciclo de lavado continuo aconsejado para poner a remojo artículos muy sucios.
	Indicador de temperatura	Encendido durante el aclarado		Levantamiento de la capota [sólo WT65E]	Movimiento automático de la capota – arriba/abajo
	Display de la temperatura	Temperatura real de la cuba de lavado durante el lavado o temperatura real del boiler durante el aclarado		Ciclo limpieza y/o Desagüe + P3	Pulsando estas dos teclas conjuntamente se efectúa el vaciado del boiler y el desagüe de la bomba de lavado
	P1	Ciclo de lavado breve aconsejado para artículos poco sucios y para vasos.			

**Figura 3.1.2 Panel de control electrónico.**

- La electrónica ofrece notables ventajas, tanto para el operador como para el consumidor.
- El ciclo de auto limpieza utiliza 8litros de agua caliente para la sanitización de la cámara de lavado después del uso.
- El display electrónico integra un contador de los ciclos de lavado y de desagüe realizados para comprobar rápidamente si el agua sucia ha sido cambiada y garantizar de este modo una limpieza adecuada.
- Display de auto diagnosis en caso de funcionamiento anómalo de la máquina, con indicación codificada del problema.
- Función de desagüe del boiler para la evacuación del agua estancada a fin de obtener una mayor higiene en los periodos de inactividad.
- Posibilidad de programar la inyección de cantidades concretas de abrillantador y de detergente mediante el panel de control, para obtener excelentes resultados en términos de ahorro económico.
- Regular los tiempos y las temperaturas de los ciclos de lavado es fácil; la parte más crítica del proceso, la que realmente marca la diferencia, es el aclarado.
- Es posible adaptar la lavavajillas a las exigencias del cliente, tanto si se utiliza en restaurantes como si se trata de estructuras sanitarias.

#### Prestaciones

- Las potentes bombas de lavado garantizan una vajilla limpia y brillante.
- Grandes cubas de lavado idóneas para contener un mayor número de vajillas.
- Tiempos rápidos de calentamiento.
- Función “soft-start” para vajillas delicadas.





**Figura 3.1.3 Detalle de tinas y filtros y elemento calefactor.**

- WT60 y WT65 han sido fabricadas para ofrecer las máximas prestaciones de lavado.
- Incorporan bombas de lavado de 0,75 kW. y 1,5 kW. , de una potencia superior a la media en su categoría, para garantizar una acción de lavado enérgica.
- Potentes sistemas de lavado y aclarado tanto inferiores como superiores.
- La cuba de lavado de 40litros garantizan una gran cantidad de agua limpia para un completo ciclo de lavado.
- Ambas máquinas se caracterizan internamente por su forma de “campana” para impedir que el agua sucia pueda caer sobre la vajilla limpia una vez realizado el lavado.
- Gracias al precalentamiento del agua de lavado que tiene lugar en el boiler de aclarado de alta potencia, los tiempos de calentamiento se reducen a la mitad – los lavavajillas tradicionales calientan lentamente el agua en la cuba de lavado utilizando resistencias menos potentes.

### Ergonomía

- Puerta balanceada para una fácil abertura.
- Aislamiento acústico.
- Mensajes sonoros y visuales.



**Figura 3.1.4 Detalles de fabricación ergonómica.**

- WT60 tiene un dispositivo de seguridad que protege la capota de cierres imprevistos en caso de que se rompan los muelles, evitando en consecuencia posibles lesiones al operador.
- Filtros de la cuba de lavado extraíbles sin necesidad de desmontar los brazos de lavado y de aclarado.
- Perfil embutido de la puerta ergonómica para proteger los artículos delicados durante la carga y la descarga de las cestas.
- Las manillas de la puerta han sido proyectadas teniendo en cuenta su ergonomía, para poder cogerlas desde cualquier posición.
- Las guías han sido proyectadas meticulosamente con mando servo asistido para la carga y descarga de cestas de gran peso.
- El ruido, que se produce sobre todo cuando al agua de lavado golpea.

### Fiabilidad

- Componentes principales fabricados en acero AISI 304 de elevada resistencia.
- Nivel de protección al agua IPX5 y IPX4.
- Función electrónica de auto diagnóstico.



**Figura 3.1.5 Componentes principales fabricados en acero Inoxidable AISI 304.**

- WT60 y WT65 poseen muchas características en común que los convierten en una inversión segura y de larga duración incluso cuando se usan intensamente.
- Todos los componentes principales han sido fabricados en acero inoxidable AISI 304 anti-corrosión de alta resistencia, como el armazón, las puertas, los paneles laterales, anterior y posterior, las guías de las cestas, las toberas y los brazos de lavado y de aclarado.
- WT65 tiene un nivel de protección contra los chorros de agua IPX5 mientras que WT60 tiene un nivel de protección IPX4. Ambas máquinas están completamente cerradas en la parte posterior para prevenir la infiltración de insectos, suciedad y agua.
- Un elevado nivel en componentes, tales como Incoloy 800, cubren las resistencias de las cubas de lavado y aclarado con protección térmica interna – si una ramificación de los elementos se estropea, las otras dos siguen funcionando.
- Los filtros extraíbles de acero inoxidable que cubren toda la superficie de la cuba impiden la entrada de residuos de alimentos en el circuito hídrico de lavado.

En general, la maquina lavavajillas WT-60 tiene las siguientes especificaciones:

- Capacidad horaria de 65 cestas.
- 4 ciclos de lavado: 55 segundos para vasos y vajillas poco sucias, 75 segundos para vajillas medianamente sucias y 120 segundos para vajillas muy sucias. Ciclo infinito para el lavado continuo.
- Cómoda altura de 410mm para el paso y lavado de todas las bandejas, utensilios, recipientes gastronorm, platos, vasos, cubiertos y cristalería.
- WT60 está dotada de pies regulables de 200mm para permitir una limpieza externa completa.
- Selección de distintas soluciones de capota de ligero levantamiento: estándar de levantamiento manual, aislado de levantamiento manual o aislado de levantamiento automático.



**Figura 3.1.6 Apariencia física de la maquina.**

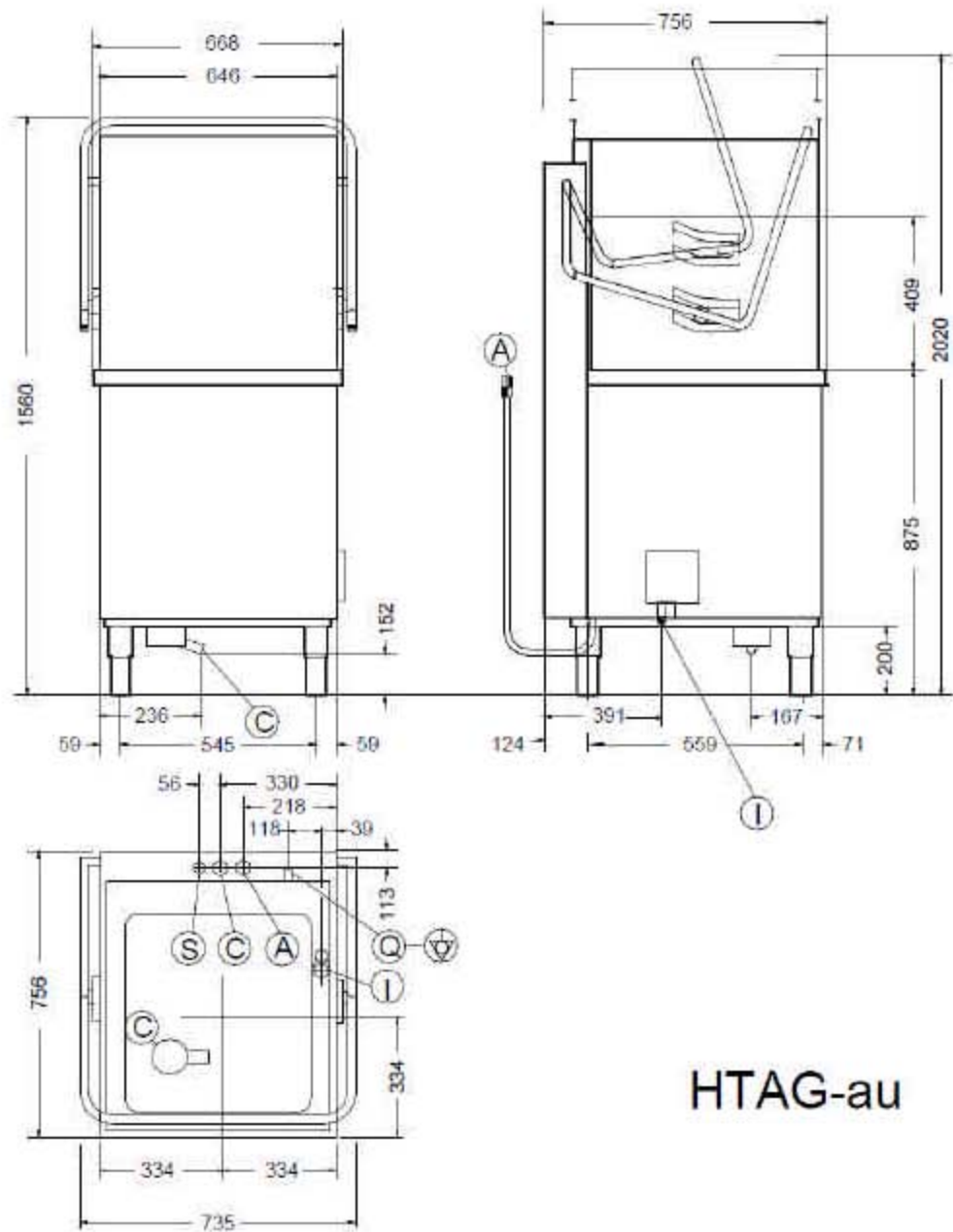
## 3.2 Especificaciones Técnicas

### Especificaciones del lavavajillas WT-60

	Modelo estándar	Modelo de alta potencia
<b>Dimensiones externas - mm</b>		
Anchura	668	668
Profundidad	756	756
Altura	1507	1507
<b>Abertura de carga - mm</b>		
Anchura	409	409
Profundidad	590	590
Altura	560	560
N. de ciclos	4	4
Duración de los ciclos	55 / 75 / 120 / continuo	55 / 75 / 120 / continuo
Capacidad (platos/h)	1180	1180
<b>Lavado</b>		
Capacidad de la cuba de lavado - l	40	40
Resistencias de la cuba - kW	3	3
Potencia bomba - kW	1,5	1,5
<b>Aclarado</b>		
Capacidad del boiler de aclarado - l	12	12
Resistencias del boiler - kW	9	10,5
Consumo de agua por cesta - l	4	4
Potencia total - kW	10,6	12,1
Tensión	400 V 3+N / 50 Hz convertible in situ en 230 V 3 / 50 Hz	400 V 3+N / 50 Hz convertible in situ en 230 V 3 / 50 Hz
<b>Capota</b>		
Capota de pared única con techo aislado	Sí	Sí
<b>Accesorios incluidos</b>		
Bomba auxiliar de aclarado	Sí	Sí
Dosificador para abrillantador	Sí	Sí
Conexión para detergente	Sí	Sí
Cestas	cesta amarilla de 18 platos Cesta marrón para cubiertos Cesta azul de 48 vasos pequeños o 24 vasos	cesta amarilla de 18 platos Cesta marrón para cubiertos Cesta azul de 48 vasos pequeños o 24 vasos
<b>Accesorios en dotación disponibles</b>		
Kit bomba de desagüe	bajo pedido	bajo pedido
Kit dosificador para detergente	bajo pedido	bajo pedido
<b>Versiones específicas</b>		
60 Hz	modelo específico disponible	modelo específico disponible
Capota aislada de doble pared	modelo específico disponible	modelo específico disponible
Capota automática de doble pared	modelo específico disponible	modelo específico disponible
medical-line		modelo específico disponible
Marítima (aprobado por USPH)	modelo específico disponible	
<b>Modelos específicos para los distintos países</b>		
Reino Unido (aprobado por WRC)		modelo específico disponible
Asia (distinta combinación de las cestas)		modelo específico disponible

Figura 3.2.1 Tabla de especificaciones de la maquina.

504180



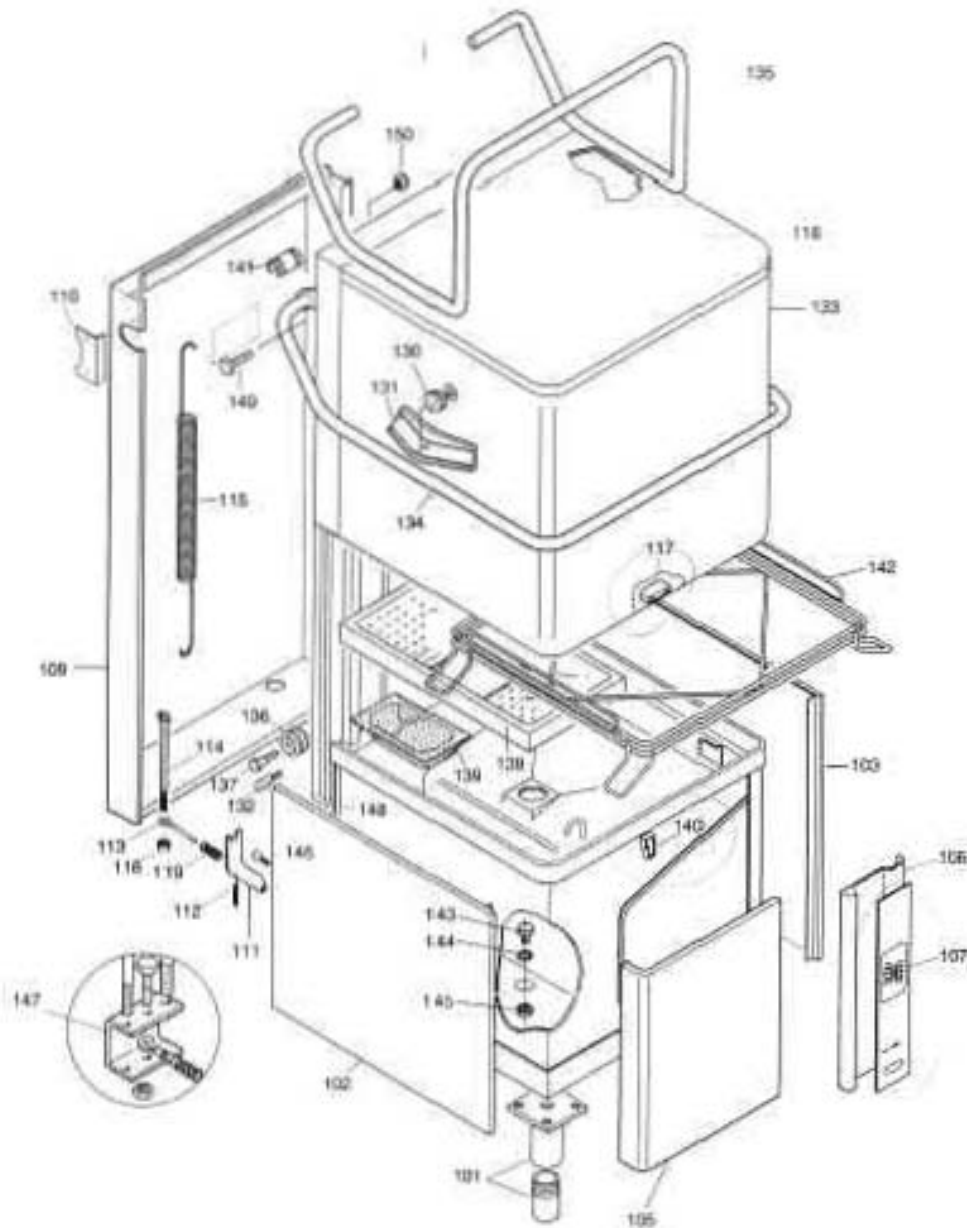
HTAG-au

<b>BESKRIVNING</b>	<b>WT65EBIATH</b> 504180
A - Varmvattenanslutning	G 3/4"
C - Avlopp diameter	40mm
I - Elektrisk anslutning	400 V, 3+N, 50
S - Anslutning för diskmedelsdosering	1

Figura 3.2.2 Esquema dimensional de la maquina.

### 3.3 Descripción del Sistema Mecánico e Hidráulico

El sistema mecánico e hidráulico de la maquina lavavajillas se muestra a través de las imágenes de un listado de refaccionamiento que está dividido en cinco partes, vista general, componentes hidráulicos, circuito hidráulico, componentes eléctricos, componentes del desplazamiento de la cubierta.



WT - 001641802	IL641802p1	Doc. Nr.: 6-41 802
Da. Ser. Nr. / Prim ser. nr. / ...	Page 2 Ed. 9911	

Figura 3.3.1 Despiece de la construcción general de la maquina.

Model: 604119 - LS10UK/3 - HOOD TYPE DISHWASHER 1000 D/H(230/400/3)								
List of Spare Parts Table: 6-41002 Page 2 - Main view								
Pos.	Spare Part	Alias Code	Repl. by	S	Inf	Description	Notes	GBP
0101	048579			S		FOOT		15.25
0102	049743					SIIDE PANEL; LEFT	a,b,c,d,e,f,g,h,k,l,m,n,o, p,q,r,s,t,u,v,y,z,A,B,C,D, E,F,G	62.55
0103	049742					RIGHT SIDE PANEL	a,b,c,d,e,f,g,h,k,l,m,n,o, p,q,r,s,t,u,v,y,z,A,B,C,D, E,F,G	63.07
0105	049566					FRONT PANEL	a,b,c,d,e,f,g,h,k,l,m,n,o, p,q,r,s,t,u,v,G	58.91
0106	049564		049839			CONTROL PANEL	Up to Ser: 113 a,b,c,d,e,f,g,h,k,l,m,n,o, p,q,r,s,t,u,v,G	46.86
0108	049839					CONTROL PANEL	From Ser:114 a,b,c,d,e,f,g,h,k,l,m,n,o, p,q,r,s,t,u,v,G	125.54
0107	049805					MEMBRANE	a,b,c,d,e,f,g,h,k,l	15.69
0109	049570					BACK PANEL	b,k,l,s,u	148.94
0110	049735					CLOSURE; LH		12.39
0110	049736					CLOSURE; RH		11.88
0111	049578					LEVER		16.43
0112	049584			S		SPRING		2.86
0113	049567					PIN	a,b,c,d,f,g,h,k,l,n,o,p,q,r, s,t,u,w,x,z,A,C,D,F,G	13.05
0114	049583					SPRING STRETCHER		7.04
0115	049582			S		SPRING	Up to Ser: 137	19.80
0115	049582			S		SPRING	From Ser: 137 a,b,c,d,e,f,g,h,k,l,m,n,o, p,q,r,s,u,v,w,x,y,z,A,B,C, D,E,F,G	19.80
0116	049576		049795			LID	a,b,c,d,e,f,g,h,k,l,m,n,o, p,q,r,s,t,u,v,A,B,C,D,E,F, .G	0.00
0117	049627			S		MAGNET		6.89
0118	049761			S		BUSH		3.30
0119	049585			S		SPRING		2.05
0120	0H-2662			S		FLANGE NUT M8		0.51
0130	049598			S		ROLLER		1.60
0131	049597			S		RUNNER		6.09
0132	048635					PIN		7.18
0133	049535					VAISABLE HOOD	a,b,c,d,f,g,h,k,l,n,o,p,q,r, s,t,u,G	230.63
0134	049530				D	HANDLE	a,b,c,d,e,f,g,h,k,l,m,n,o, p,q,r,s,t,u,v,w,x,y,z,A,B,C, D,E,F,G	517.72
0136	048857			S		SMALL WHEEL		0.66
0137	048656			S		PIN		7.41
0138	048251		049846			FILTER	Up to ser. 113	0.00
0138	049046					FILTER TABLE	From ser. 114	80.30
0139	048252					FILTER		38.79
0140	049821			S		REED SWITCH		12.91
0141	049894			S		SUPPORT		1.47
0142	049529					RUNNER FOR BASKET		80.74
0143	049502					PLUG; M20X1,5		14.08
0144	048245					GASKET		2.27
0145	049436					NUT; M20X1,5		4.55
0146	049590					PIN		2.05
0148	048710			S		CAMPER		5.13
0149	0L0100			S		SCREW; TE M12X1,75X80 A/SI		2.13
0150	0L0101					NUT; M12X1,75		0.95

Figura 3.3.2 Lista de partes de la construcción general de la maquina.

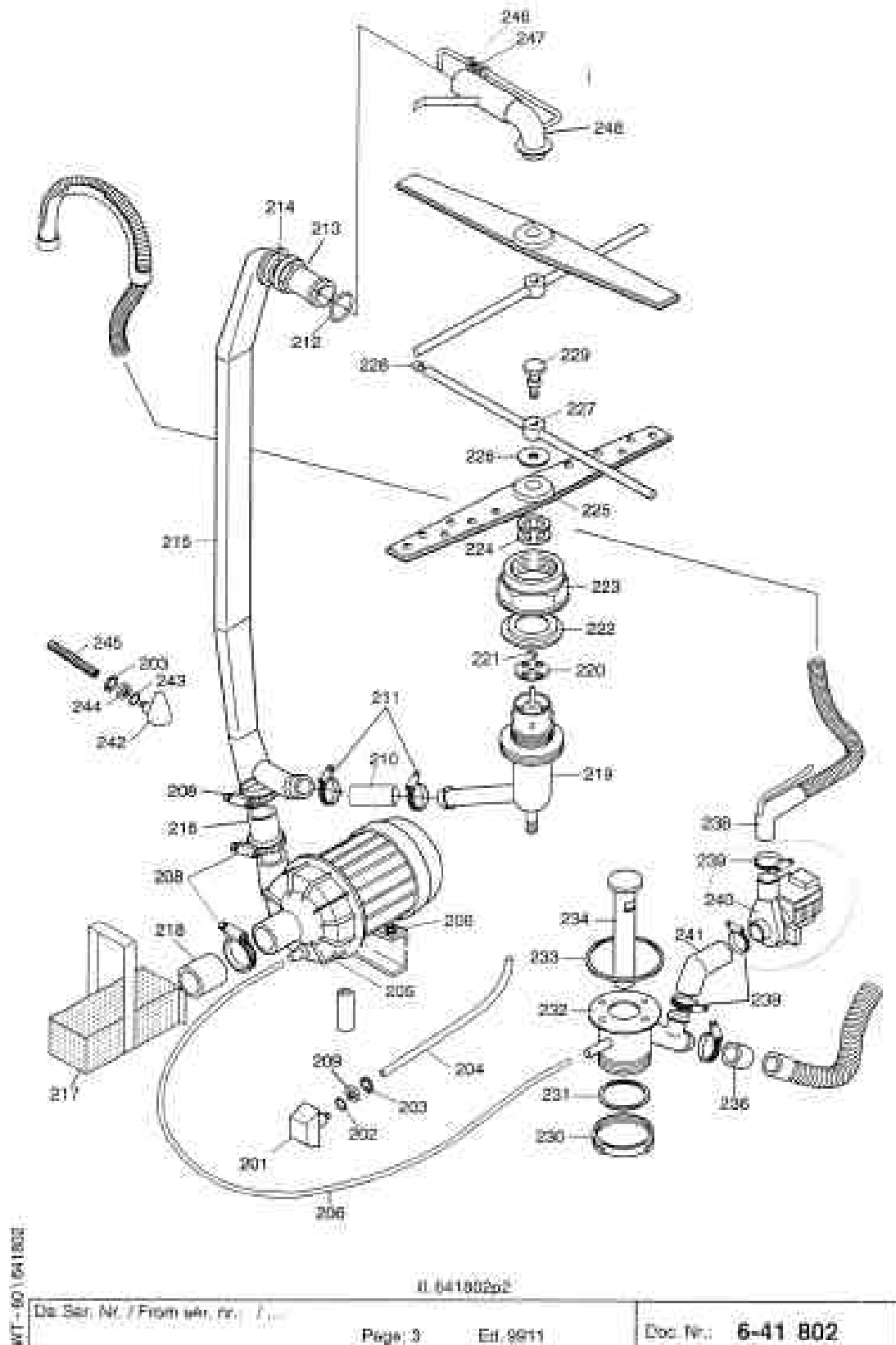
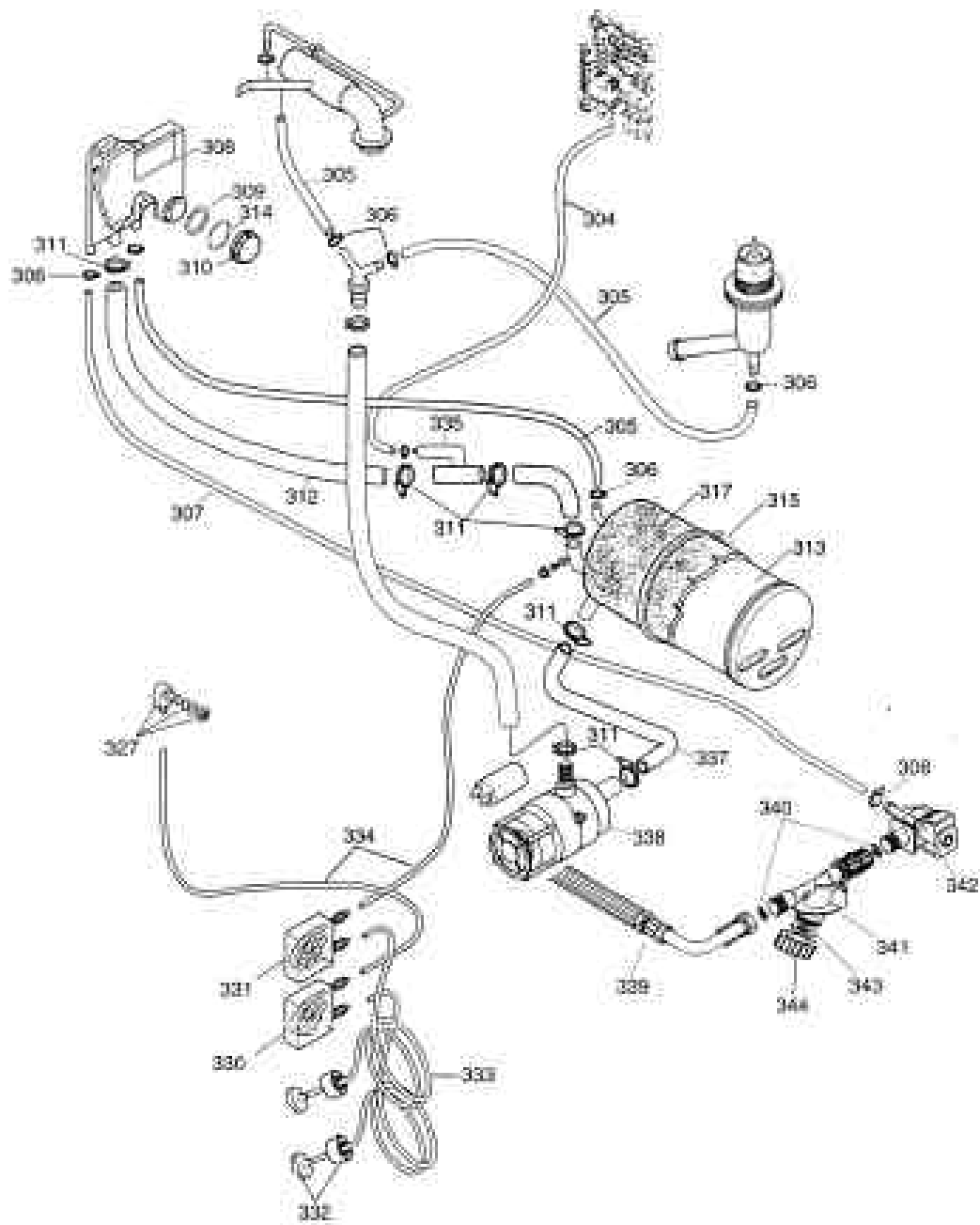


Figura 3.3.3 Despiece de los componentes del sistema hidráulico.



Model: 804118 - L316JK3 - HOOD TYPE DISHWASHER 1009 DM(230/400V)								
List of Spare Parts Table: 6-41002 Page 2 - Hydraulic components								
Poz.	Spare Part	Alias Code	Repl. by	Q	Inf	Description	Notes	GRP
0201	048200			5		AIR TAP		5.75
0202	048842			5		O-RING		1.55
0203	048540			5		HOSE CLAMP		1.34
0204	048840			5		ELBOW HOSE: 5X12, 1PC-230MM		10.33
0205	048210			5		WASH PUMP: 230-400V 3P 50HZ 2HP	a,b,c,d,e/g,h,i,m,n,p,q,r,s,t,u,v,w,x,y,z A,B,C,D,E,F,G	341.25
0206	048531			5		ELBOW HOSE; 90° MITER		8.25
0208	048523			5		HOSE CLAMP		1.34
0209	048299			5		NUT; M14X1.5		0.25
0210	048784			5		HOSE: 1PC-230MM		11.25
0211	048535			5		HOSE CLAMP		1.35
0212	048799			5		GASKET		0.51
0213	048595			5		RING NUT		2.13
0214	048593			5		O-RING		1.32
0215	048594		048595	1	D	PIPE		0.00
0216	048436		048437	1	D	HOSE: 95 MM		0.00
0217	048533		048547			PROTECTION	Up to Ser: 139 From Ser: 140	0.00
0217	048615			5		FILTER FOR PUMP		23.47
0218	048242			5		Coupling		5.07
0219	048235			5		SUPPORT F. LOWER JETS		35.07
0220	048931			5		SHUTTER		2.90
0221	048876			5		SNAP RING		0.51
0222	048236			5		GASKET		2.87
0223	048231			5		RING NUT		3.52
0224	048401			5		ARM FOR JETS; LS 10-10-12		34.17
0225	048247		04857	1	D	WASHING JET		0.00
0226	048532			5		LOCK WASHER		6.80
0227	048716			5		RINSE JET		64.75
0228	048714			5		PLUG; FOR WASH ARM		0.81
0229	048760			5		PIE; FOR RINSE JET		18.33
0230	048231			5		PLUG; FOR WASH ARM		3.45
0231	048200			5		GASKET		4.25
0232	048800			5		SUPPORT		0.00
0233	048229			5		GASKET		2.71
0234	048255			5		OVERFLOW PIPE	a,b,c,d,e,f,g,h,i,m,n,p,q,r,s,t,u,v,w,x,y,z A,B,D,E,G	7.85
0238	048545			5		DRAIN HOSE		29.41
0239	048578			5		HOSE CLAMP		1.17
0242	048833			5		AIR CHAMBER		1.96
0243	048545			5		O-RING		0.59
0244	048288			5		NUT; M14X1.5		0.58
0245	048436			5		NUT; M20X1.5		4.25
0247	048750			5		O-RING		0.51
0248	048554			5		SUPPORT		113.52
0248	048548			5		STOPPER	From Ser: 049 a,b,c,d,e,f,g,h,i,m,n,p,q,r,s,t,u,v,w,x,y,z A,B,D,E,G	0.51

Figura 3.3.4 Lista de partes del sistema hidráulico de la maquina.



WT-001440102

II 641802p3

Da Ser. Nr. / From ser. nr. /	Page: 4	Ed. 9911	Doc. Nr.: 6-41 802
-------------------------------	---------	----------	--------------------

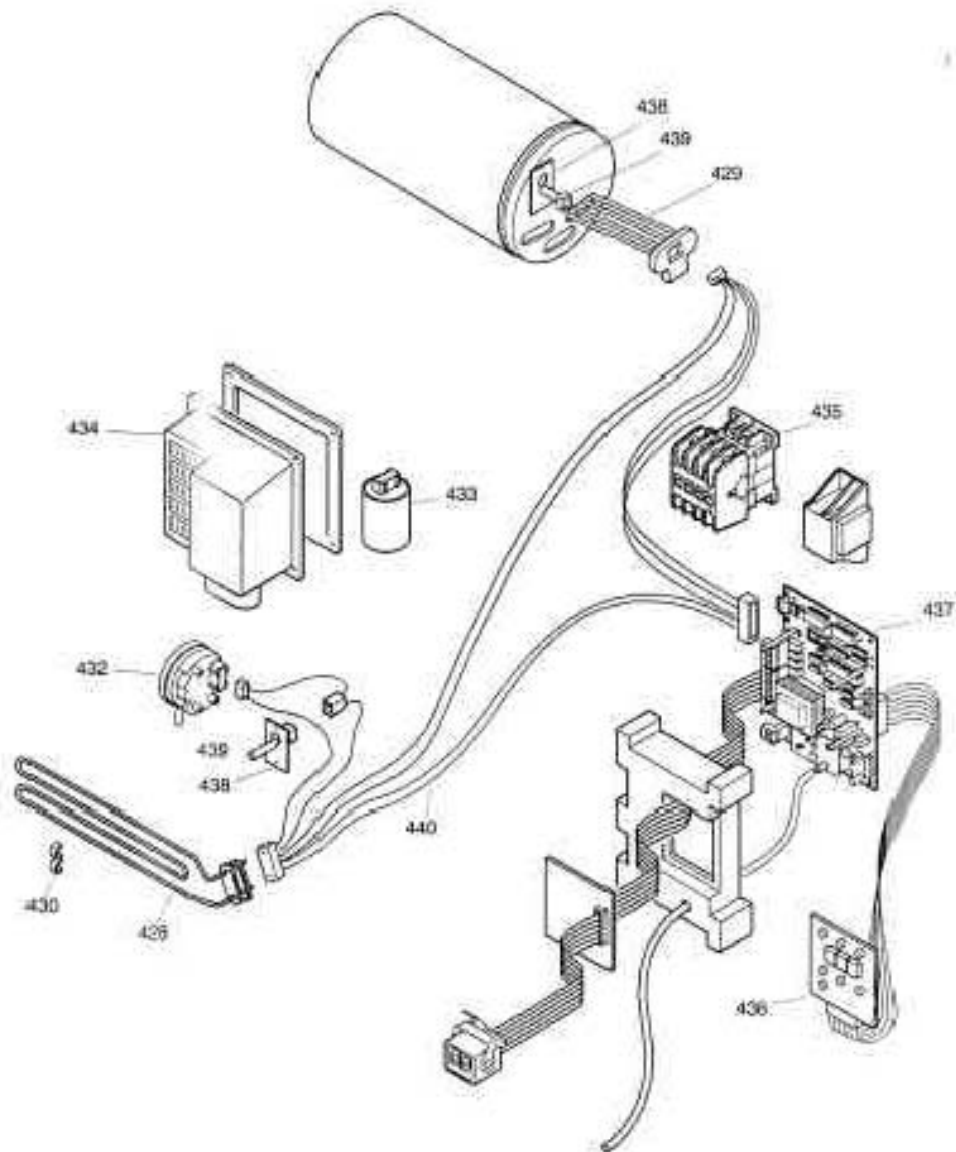
Figura 3.3.5 Despiece del circuito hidráulico de la maquina.

Model: 894118 - L8100RUS - HOOD TYPE DISHWASHER 1800 OH(230V/60/3)								
List of Spare Parts Table: B-41082 Page 4 - Hydraulic circuit								
Pos.	Spare Part	Alias Code	Repl. by	Q	Unit	Description	Notes	QBR
0004	0472383			5		HOSE, TPC-8250MM		6.28
0005	048531			5		RUBBER HOSE, BY MITER		6.29
0006	049126			5		CUP, 13-25		0.31
0007	049379			5		HOSE, WRS, TPC91130MM	301,2,3,4	16.31
0008	048481			5		WR CAP, WRC	5,6,7,8,9	15.11
0009	048559			5		GASKET	1,4 to Ser. 118	1.54
0010	048628			5		GASKET	From Ser. 118	0.31
0010	049480			5		RING NUT		1.03
0011	047575			5		HOSE CLAMP		1.17
0012	049287			5		HOSE CLAMP, TPC450MM		11.18
0013	048833			5		ATMOSPHERIC BOILER		167.54
0014	048920			5		O-RING		0.59
0015	048476			5		HOSE CLAMP 125-258		6.03
0016	049772			5		CLIP W/OT. EPDS1	From Ser. 303	0.51
0017	049415			5		INSULATION		16.87
0018	048958			5		PIPE		12.02
0019	048951			5		DETERGENT INJECTOR		26.87
0020	049419			5	CP	DETERGENT DISPENSER HOSE		12.76
0021	048319			5	CP	RINSE AID DISPENSER HOSE		12.05
0022	048924		048924	5	ES	DETERG. PERIST. PUMP 30H/0.1BAR	5,11,12,13,14,15,16,17,18	37.35
0023	049825		048927	5	ES	RINSE AID PERIST. PUMP 0.40H-3BAR		30.05
0024	049356			5		FILTER		4.75
0025	048346			5		SUCTION HOSE		12.32
0026	049390		048935	5	D	HOSE		0.00
0027	048829		048936	5		AIR TRAP		5.00
0028	048829		048936	5		CONNECTION 3 WAY, DIAM 27-13		0.00
0029	048528		048938	5		HOSE, TPC-1100MM		16.33
0030	048573			5	D	RINSE PUMP, 135V 1P 58HZ	5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100	136.23
0031	048378			5		PIPE, W/OT, STRAIGHT + 90 DEGR., 2100MM	5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100	47.37
0032	048301			5		GASKET, DIA 54"		1.00
0033	048748			5		WATER FILTER, 3/4" M-F		12.69
0034	048480			5		SCORPIO VALVE ESSE 230V, 5 1/2" HP	5,6,7,8,9	12.51
0035	048928		048938	5		AIR TRAP		0.00
0036	048903			5		CONNECTION		0.00

Figura 3.3.6 Lista de partes del circuito hidráulico de la maquina.

### 3.4 Descripción del Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico del lavavajillas se describirá a través de las imágenes de un listado de refaccionamiento que está dividido en cinco partes, vista general, componentes hidráulicos, circuito hidráulico, componentes eléctricos, componentes del desplazamiento de la cubierta.



WPT - 60\ 641802	Il 641802p4		
	Da Ser. Nr. / From Ser. Nr.: / ...		
	Page: 5	Ed. 9911	Doc. Nr.: 6-41 802

Figura 3.4.1 Despiece de los componentes eléctricos de la maquina.

Model: 504115 - LS530K3 - HOOD TYPE DISHWASHER 1000 (0112354003)								
List of Spare Parts Table: 6-41002 Page 5 - Electrical components								
Pos.	Spare Part	Alias Code	Repl. by	S	Inf	Description	Notes	GBR
0420	048924			5		TANK HEATING ELEMENT, 3300W 230V		31.77
0420	048924			5		BOILER HEATING ELEMENT, 3000W 230V	6.000 g. n. n. w. d. e. f.	33.00
0430	048420			5		BRACKET		1.38
0430	040820			5		PRESSURE SWITCH, LEV 230/150		12.59
0433	048303			5		RADIO INTERFERENCE FILTER		12.54
0434	048818		01.011			TERMINAL BOARD		0.00
0435	048826			5		CONTACTOR, R3-09AD7-230		0.00
043E	048704		01.5848			USER INTERFACE BOARD	See T.B.0041	0.00
043F	048702		01.0795			PCB WATHER	See T.B.0041 S.O.D.A. / S.D.H. / S.O.D.A. / S.O.D.T. I.Y.M.W.K.Z.A.R.O.D.E.F. O.E.A.L.S.S.	0.00
043G	048980			5		SUPPORT		1.40
043H	048843			5		TEMPERATURE PROBE		7.59
0440	048903			5		CLIP		1.00
0441	048376		01.055			DRIVE		0.00

Figura 3.4.2 Lista de partes del sistema eléctrico de la maquina.

### 3.5 Diagramas Eléctricos

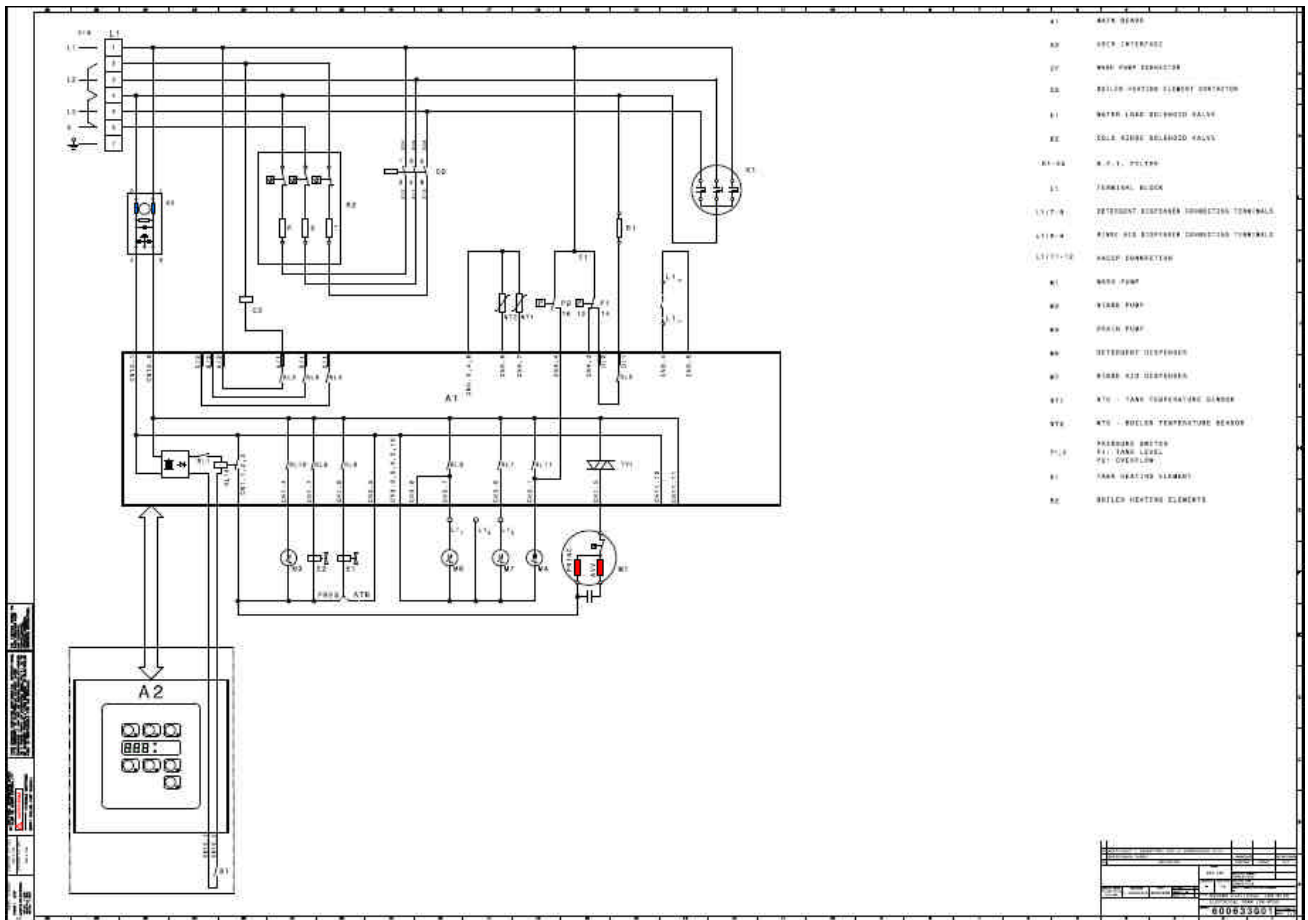


Figura 3.5.1 Diagrama eléctrico de potencia.

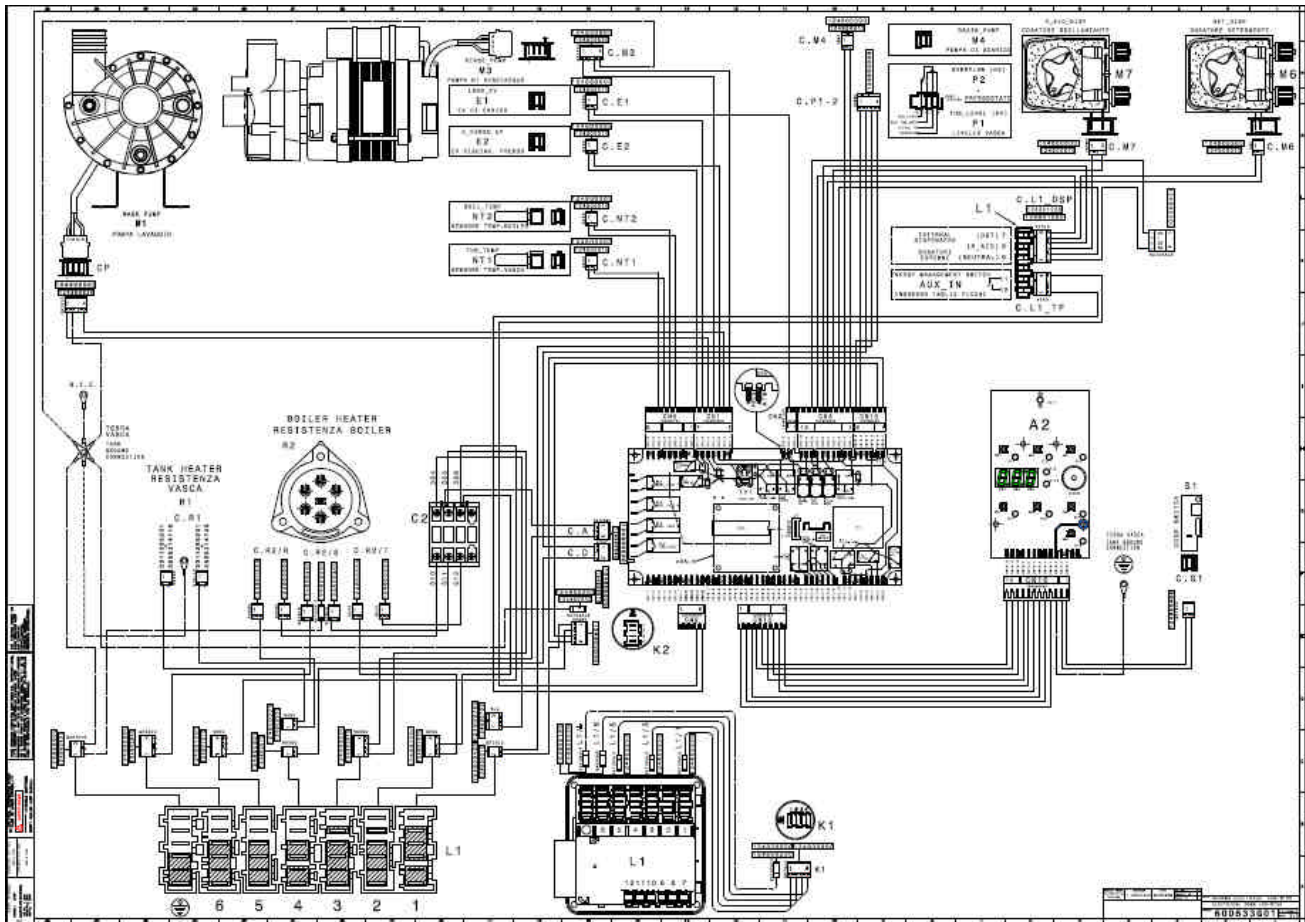


Figura 3.5.2 Diagrama eléctrico del control.

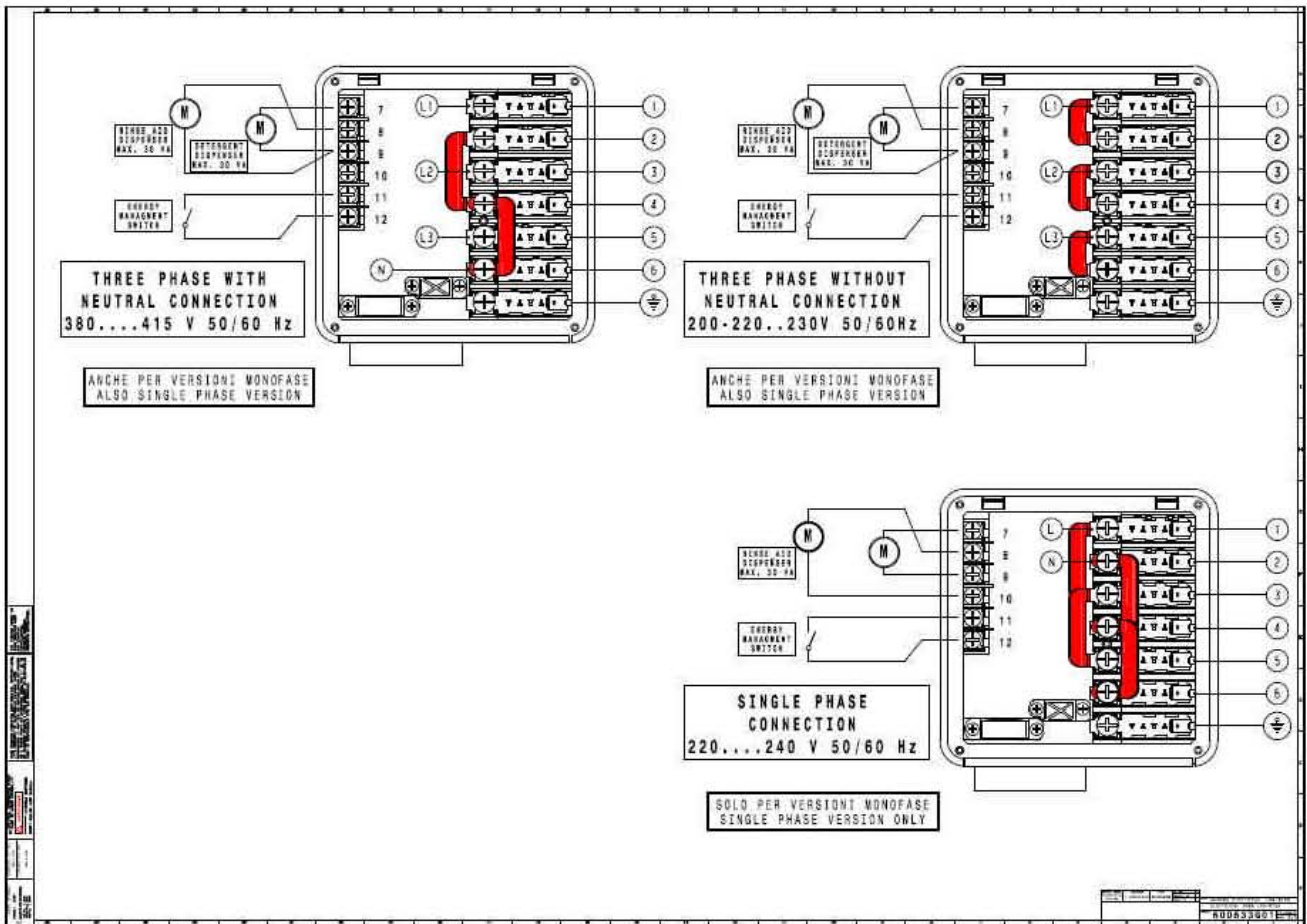


Figura 3.5.3 Diagrama eléctrico de la conexión de la acometida

# 4

## DESCRIPCIÓN DEL PLC SLC 500 DE ALLEN BRADLEY

### 4.1 Descripción del Hardware

Hablar de un controlador SLC 500 es realmente hablar de una familia en constante crecimiento, compuesta por controladores programables contruidos en dos opciones de hardware, compacto o modular, en donde las herramientas de programación y la gran mayoría de módulos de E/S son compatibles entre las dos opciones de hardware. La programación de estos controladores es desarrollada por medio de la diagramación en escalera y es ejecutada desde aparatos de programación manual o bien, en una computadora personal.

La configuración compacta o controlador compacto, proporciona en una sola unidad, la fuente de alimentación, entradas, salidas, memoria, CPU y bus de datos. Se tienen tres opciones de configuración: 20, 30 y 40 puntos de E/S, aunque también tiene la opción de aumentar su capacidad de E/S, utilizando un rack de expansión para dos slots, esto quiere decir que se logran hasta 64 puntos de E/S adicionales. En éste caso se describirá el de 30 E/S ya que con este PLC se hace una propuesta de control en el capítulo 5.

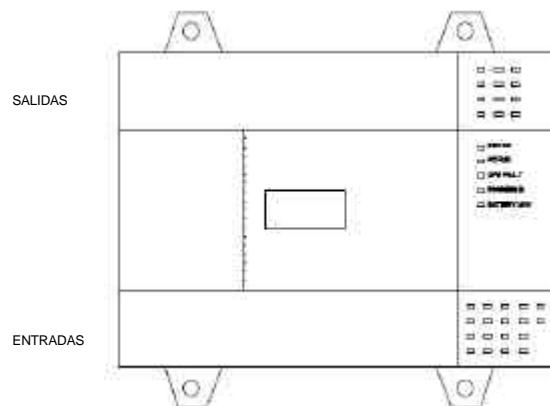
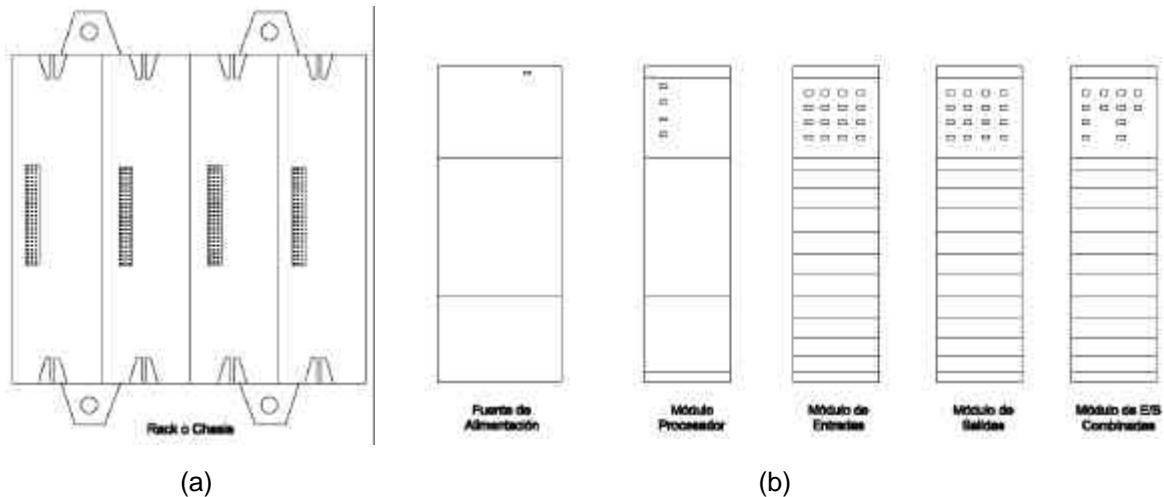


Figura 4.1.1 PLC SLC 500 fijo de Allen Bradley

La configuración modular o controlador modular básico, consiste en un rack con varios puertos de enchufe o slots (Figura 4.1.2 a), una fuente de alimentación, el CPU o Procesador y módulos de E/S (Figura 4.1.2 b). Los sistemas modulares pueden ser configurados con un máximo de tres racks (30 slots en total) y hasta un máximo de 4096 puntos de E/S.





**Figura 4.1.2 Configuración modular de un PLC, (a) rack de alojamiento, (b) módulos.**

En una configuración modular, el rack aloja a la unidad central de proceso (CPU) siempre en el primer slot y a los módulos o tarjetas de entradas y salidas en los subsecuentes. Existen módulos de entrada o salidas (E/S) con 4, 8, 12, 16 y 32 puntos de conexión. La fuente de alimentación que provee de energía a la CPU y a cada uno de los slots, no ocupa ningún espacio en el rack, esta se monta en el lado izquierdo del rack. Todos los componentes del sistema modular son de rápida instalación o desinstalación, ya que no se requiere de herramienta ni materiales especiales, simplemente se deslizan por sus guías de alineamiento hasta que el rack las asegure. Para cualquiera que sea la configuración, siempre existe una comunicación visual con el operador o programador, por medio de indicadores de estado LEDs (señalizadores) que indican la operación de cada componente del sistema. De entre las señalizaciones más importantes se encuentran, por ejemplo, las que emiten los cuatro LEDs de diagnostico del panel frontal del CPU:

- ✓ PC RUN Indica que el procesador se encuentra energizado y en el modo RUN
- ✓ CPU FAULT Su estado normal es apagado, pero parpadea cuando el controlador es energizado por primera vez, indicando que éste no ha sido configurado. También parpadea cuando ha ocurrido un error mayor en el procesador, en memoria o cuando existe un fallo en los racks de expansión. Y se mantiene encendido cuando un error no recuperable se encuentre presente.
- ✓ FORCED I/O Parpadea cuando una o mas direcciones de entrada o salida han sido forzadas, pero sin haber habilitado el forzamiento. El led se mantendrá iluminado cuando la operación de forzar se encuentre habilitada y obviamente apagado cuando no exista esta operación.
- ✓ BATTERY LOW El led encenderá cuando la batería este lo suficientemente baja, o bien cuando el conector de la batería no este conectado. Independientemente de las condiciones de cualquier otro indicador de estado LED, cambie la batería si desea batería RAM de respaldo.

Cabe destacar que todos y cada uno de los módulos, tiene un panel frontal de LEDs, los cuales indican el estado de cada punto de E/S.

### 4.1.1 Fuente de poder

Como se dijo en el capítulo uno, la fuente de poder es el elemento que brinda la alimentación a todos los componentes del PLC, para el caso del sistema modular, se debe tener especial cuidado de

seleccionar la fuente de alimentación adecuada, para cubrir la demanda en corriente que resulte de la selección del total de nuestros módulos y el tipo de dispositivos de entrada y salida que vamos a controlar. Para el caso del PLC fijo esto es más simple, ya que al seleccionar el modelo por el número de E/S que necesitemos para un proyecto y los niveles de tensión eléctrica, por de fault le corresponde una fuente de alimentación que será suficiente para el número de entradas y salidas fijas de la unidad, dicha fuente no se ve físicamente porque se encuentra en el fondo del rack, atrás de la electrónica del controlador. El valor de la fuente de poder del PLC SLC 500 es de 24 V de DC.

#### **4.1.2 CPU**

Los procesadores SLC ofrecen una amplia variedad de opciones para cada proyecto en específico, por ejemplo, en la capacidad de memoria, si nosotros desarrollamos una aplicación con innumerables operaciones complejas, seguramente tendremos que escoger un modelo de procesador con muy buena capacidad de memoria. En la capacidad de los puertos de E / S, dependiendo de que tan grande sea el sistema que vamos a automatizar y/o controlar será el número de E/S que debemos contemplar para nuestro PLC, si éstas son digitales o analógicas, si manipularán voltaje o corriente, etc. En fin, podríamos hacer un mega libro solo con este tema puesto que no hemos mencionado nada acerca de el conjunto de instrucciones, y la comunicación, que le permiten adaptar un sistema de control para sus requerimientos de aplicación exactas. Estos productos tienen una histórica fiabilidad que cubre cientos de miles de instalaciones en una amplia gama de aplicaciones.

A continuación se mencionan un par de procesadores para comprender, primero, la versatilidad de éstos dispositivos y en segundo lugar, la diferencia entre un procesador modular y el procesador de la unidad fija. El procesador SLC 5/01 le permite configurar hasta 960 E/S y una capacidad de memoria de 1K y 4K de instrucciones.

El SLC 5/03 permite configurar hasta 4096 entradas más 4096 salidas y una memoria de 8K, 16K, 32K. Además de éstas características, el procesador SLC 5/03, tiene una segunda ventaja, cuenta con un puerto de comunicación RS-232-C, que se puede configurar para ASCII o protocolo DF1, y puede ser configurado para la conexión a un 1761-NET –AIC, que es convertidor para proporcionar acceso a una red DH-485. SLC 5/03 proporciona instrucciones de bit con tiempos de ejecución de 0,44ms y un rendimiento general del sistema de hasta 10 veces más rápido que los procesadores de otras marcas. Las capacidades adicionales incluyen: matemáticas de punto flotante, la programación en línea y en tiempo de ejecución de edición, las actualizaciones de memoria flash, una función de interruptor con llave, y un built-in reloj de tiempo real y calendario.

Los Beneficios son muchos, ya que estos procesadores simples y asequibles tienen amplias capacidades para hacer frente a aplicaciones tales como manejo de materiales, control de climatización, las operaciones de montaje, control de procesos pequeños y grandes y aplicaciones SCADA. Pero como es de esperarse, entre más beneficios, mayor es el costo, es por eso que se debe tener bien claro lo que queremos hacer y como lo queremos hacer, de esta forma seleccionaremos los dispositivos adecuados para nuestra aplicación.

Por otro lado, el PLC SLC 500 fijo básicamente consta de un procesador con capacidad para 1K de instrucciones, una fuente de poder calculada exactamente para cada uno de los modelos fijos que existen y un número fijo de entradas y salidas contenidas en el mismo cuerpo del PLC (con 20, 30 y 40 E/S). Éste como toda la familia de PLC's SLC 500 se puede programar con un Hand Held Terminal o con un software de programación avanzada, a través de una computadora personal.

### 4.1.3 Módulos de E/S

La cantidad de E/S en un sistema es directamente proporcional a la magnitud del mismo sistema, cuando dimensionamos un sistema que queremos controlar, podemos determinar la complejidad del diseño, el tipo de señales que se manejarán, la cantidad de E/S que intervendrán y solo entonces se puede seleccionar el tipo de PLC. En nuestro caso, hablaremos del PLC SLC 500 fijo, modelo 1747-L30D. Es un PLC que cuenta con 18 entradas a 24 V de DC, éstas se encuentran en la parte inferior de la unidad y tienen una distribución y configuración eléctrica como se muestra en la siguiente figura, en estas se pueden conecta los dispositivos captadores, como son los sensores electrónicos, interruptores, pulsadores, finales de carera, etc. Todos ellos considerados captadores, pero existen de dos tipo, pasivo y activos, los pasivos son aquellos en los que su cambio de estado lógico se modifica por una acción mecánica del dispositivo y los activos son los que suministran una tensión al PLC que es función de una variable determinada.

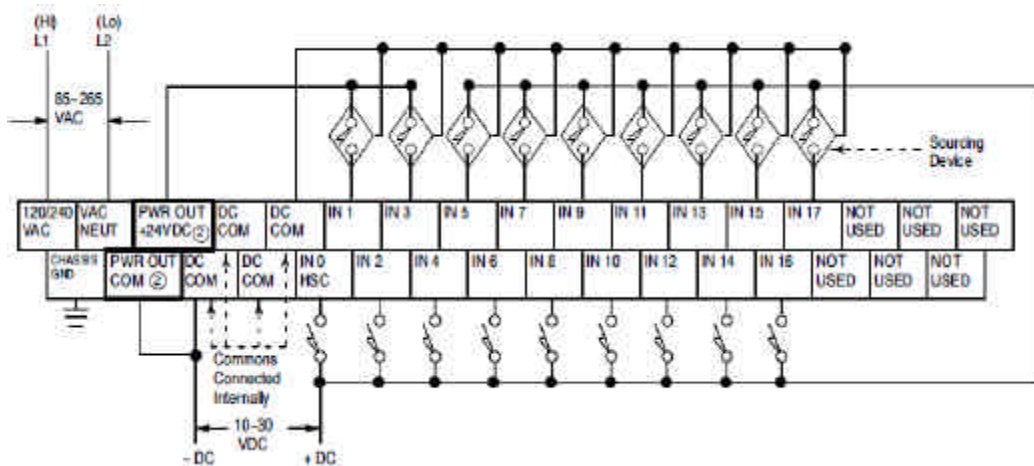


Figura 4.1.3.1 Disposición de entradas en el PLC 1747-L30D

También cuenta con 12 salidas de tipo triac a 120 V de AC, éstas se encuentran en la parte superior de la unidad y tienen una distribución y configuración eléctrica como se muestra en la siguiente figura, en ella se pueden conectar directamente dispositivos de control a 120 V de AC, pero se debe tener cuidado de no sobrepasar la capacidad en corriente de cada una de las salidas.

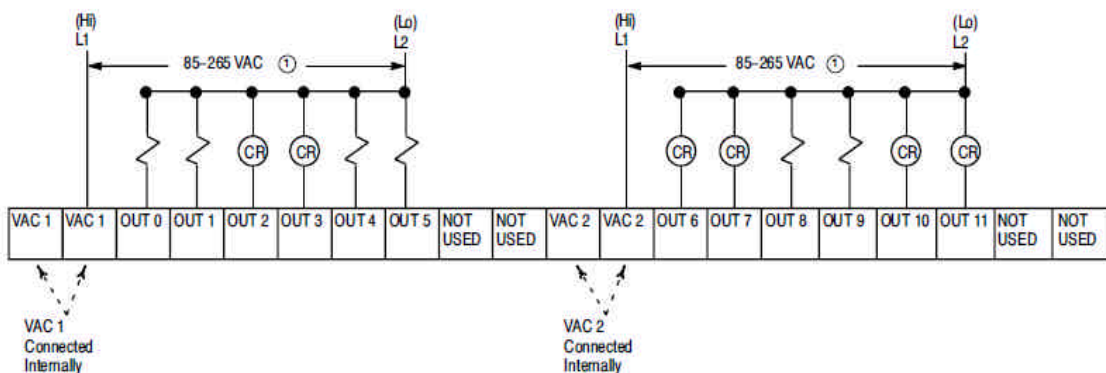


Figura 4.1.3.2 Disposición de salidas en el PLC 1747-L30D

## 4.2 Descripción del Software

Los PLC's de la familia SLC 500 son programados por medio de un software avanzado, el RS Logix, este software le permite al programador ingresar las instrucciones con las que el CPU debe operar, si recordamos el concepto de "sistema de control" visto en el capítulo dos, lograremos comprender que es justamente aquí en donde se desarrolla ese concepto, puesto que un individuo debe ingresar, bajo su experiencia, las instrucciones que el procesador empleara para ejecutar las tareas, pero como siempre, debe existir un orden, por ello puntualizamos su organización dentro de la memoria. Debemos entender que el procesador proporciona control, control por medio de un programa que el usuario crea llamado "**proyecto**". Este proyecto contiene archivos que separan el programa en secciones, y así, son más fáciles de manejar. El PLC crea los archivos de programa (Archivo 0 ó "sys0" y 1 ó "sys1") estos contienen información del controlador y su metodología de funcionamiento, el archivo 2 ó Lad 2 es el programa principal y es creado por el usuario, del Lad 3 hasta el Lad 255 son programas de subrutinas que el operador crea y separa para una mejor estructura del programa, Entonces dentro del programa estos son llamados de la siguiente forma:

**Programa de sistema "SYS 0"** Este archivo contiene información relativa al sistema e información programada por el usuario, tal como el tipo de procesador, configuración de E/S, contraseña y nombre del archivo.

**Reservado "SYS 1"** Este archivo es reservado por y para el sistema.

**Programa de Escalera Principal "LAD 2"** Este archivo contiene instrucciones programadas por el usuario, que definen como es que el controlador debe funcionar.

**Programas de Subrutina "LAD 3-255"** Estos archivos son creados por el usuario y accedidos según las instrucciones de subrutinas que residen en el archivo de escalera principal, esto es, que el momento de ejecución de una subrutina, (LAD 3-255) dependerá de la instrucción que el usuario establezca en el LAD 2. Entonces, Los archivos de datos contienen la información de estado asociada con instrucciones de E/S y todas las otras instrucciones que el usuario utiliza en los archivos de programa, ya sea el LAD 2 o Subrutinas. Además, estos archivos almacenan información acerca de la operación del procesador. Estos archivos están organizados según el tipo de datos que contienen. Los tipos de archivos de datos son:

0	Imagen de Salida
1	Imagen de Entrada
2	Status (Estado del PLC)
3	Bits (Relevadores Internos)
4	Timer (Temporizador)
5	Contador
6	Control
7	Enteros
8	Reservado
9	Puede ser usado como archivo de datos ordinario, si el procesador no esta en red o si esta en red con equipo SLC-500 únicamente. Este archivo de datos es utilizado para transferencia de datos sobre una red RS485 para dispositivos que no son de la familia SLC-500
10-255	Bit, Timar, Contador o Entero, Asignado según las necesidades

**Tabla 4.2.1 Tipos de archivos de datos**

Para fines de guardar un orden dentro de cualquier proyecto, el sistema estableció que cada tipo de archivo estuviera identificado por una letra y un número. Por lo tanto los archivos del 0 al 7, fueron direccionados por de fault en el sistema, pero el programador tiene la opción de usar o crear archivos adicionales, especificando únicamente la letra y número correspondiente, del 10 al 255, tomando en cuenta que solo lo aplicara para los archivos de Bit, Timer, Contador, Control y Enteros. Esto es, como se muestra en las siguientes Tablas:

TIPO DE ARCHIVO	IDENTIFICADOR	NUMERO DE ARCHIVO
OUTPUT	O	0
INPUT	I	1
STATUS	S	2
BIT	B	3
TIMER	T	4
COUNTER	C	5
CONTROL	R	6
INTEGER	N	7

**Tabla 4.2.2 Archivos definidos por el sistema**

TIPO DE ARCHIVO	IDENTIFICADOR	NUMERO DE ARCHIVO
BIT	B	10 - 255
TIMER	T	
COUNTER	C	
CONTROL	R	
INTEGER	N	

**Tabla 4.2.3 Archivos definidos por el usuario**

#### 4.2.1 Instrucciones Básicas de Programación

Haciendo una descripción general de las instrucciones de bit podemos decir que éstas operan en un solo bit de datos, durante la operación, el procesador puede establecer o restablecer un bit, según la continuidad lógica de los renglones de escalera. Puede direccionar un bit tantas veces como se requiera en un programa, pero no se recomienda usar la misma dirección con instrucciones de salida múltiples. Las instrucciones de bit se usan con los archivos de datos de Salida y Entrada (Archivos O:0 e I:1), estos representan salidas y entradas externas. Los bits en archivo 1 se usan para representar las entradas externas. En la mayoría de los casos una sola palabra de 16 bits en estos archivos corresponderá a una ubicación de ranura en su controlador con los números de bit correspondientes a números de terminal de entrada o salida. La tabla a continuación explica el formato de direccionamiento para salidas y entradas, en donde “e” especifica el número de ranura y “s” el número de palabra. Cuando se trabaja con instrucciones de archivo, se debe hacer referencia al elemento como “e.s” (ranura y palabra).

Formato	Explicación		
<b>O</b>	<b>O</b>	Salida	
	<b>I</b>	Entrada	
<b>0:e.s/b</b>	:	Delimitador del elemento	
	<b>e</b>	Número de la ranura (decimal)	Ranura 0, adyacente a la fuente de alimentación eléctrica en el chasis, se aplica al módulo del procesador. Las ranuras posteriores son ranuras de E/S, numeradas desde 1 hasta un máximo de 30.
<b>I:e.s/b</b>	.	Delimitador de palabra. Requerido sólo si es necesario un número de palabra según lo indicado a continuación.	
	<b>s</b>	Número de palabra.	Requerido si el número de entradas o salidas exceden 16 para la ranura. Rango: 0-255 (el rango acepta "tarjetas especiales" de palabras múltiples )
	/	Delimitador del bit	
	<b>b</b>	Número de terminal	Entradas: 0- 15 Salidas: 0- 15

**Tabla 4.2.1.1 Método para asignación de dirección en instrucciones de Bit**

**Ejemplo:**

- O:3/15** Salida 15, ranura 3
- O:5/0** Salida 0, ranura 5
- O:10/11** Salida 11, ranura 10
- I:7/8** Entrada 8, ranura 7
- I:2.1/3** Entrada 3, ranura 2, palabra 1

**Direcciones de Palabra:**

- O:5.0** Palabra de salida 0, ranura 5
- O:5.1** Palabra de salida 1, ranura 5
- I:8** Palabra de entrada, ranura 8

Un ejemplo real y claro es que el PLC mostrará, en la pantalla de su PC, la dirección de una manera más formal. Por ejemplo, cuando se asigna la dirección **O:5/0**, el PLC la mostrará como **O:5.0/0** (archivo de salida, ranura 5, palabra O, terminal 0). Como se puede observar, las instrucciones que operan en un solo bit, incluyendo las entradas y salidas externas, son para el procesador muy similares en estructura, pero se diferencian en la expresión mnemónica, nombre y el propósito de la instrucción, como se muestra a continuación:

Instrucción	Propósito
Mnemónico	
XIC=Examine si cerrado	Examine un bit para una condición activada.
XIO=Examine si abierto	Examina un bit para una condición desactivada.
OTE=Conecte la salida	Activa o desactiva un bit
OTL=Enclavamiento de Salida	OTL activa un bit cuando el renglón está ejecutado y este bit retiene su estado cuando el renglón no esta ejecutado u ocurre un ciclo de potencia.
OTU=Desenclavamiento de salida	OTU desactiva un bit cuando el renglón está ejecutado y este bit retiene Su estado cuando el renglón no está ejecutado o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.
OSR=Un frente ascendente	Ocasiona un evento de una sola vez.

**Tabla 4.2.1.2 Correspondencia en mnemónico para instrucciones básicas.**



Se usa la instrucción XIC en el programa de escalera para determinar si un bit esta activado, si cuando la instrucción se ejecuta la dirección de bit está activada (1), entonces la instrucción es evaluada como verdadera, si cuando la instrucción se ejecuta el bit direccionado está desactivado (0) entonces la instrucción es evaluada como falsa, como ejemplos de dispositivos que se activan o desactivan están:

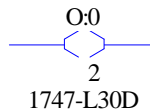
- Un botón pulsados cableado a una entrada (direccionado como I:0/4)
- Una salida cableada a una luz piloto (direccionada como O:0/2)
- Un temporizador que controla una luz (direccionado como T4:3/DN)



Se usa una instrucción XIO en el programa de escalera para determinar si un bit esta desactivado, si cuando la instrucción se ejecuta el bit direccionado está desactivado (0), entonces la instrucción es evaluada como verdadera, si cuando la instrucción se ejecuta el bit direccionado está activado (1), entonces la instrucción es evaluada como falsa, como ejemplos de dispositivos que se activan o desactivan están:

- Sobre carga del motor normalmente cerrada, cableada a una entrada (I:0/10)
- Una salida cableada a una luz piloto (direccionada como O:0/4)
- Un temporizador que controla una luz (direccionado como T4:3/DN)

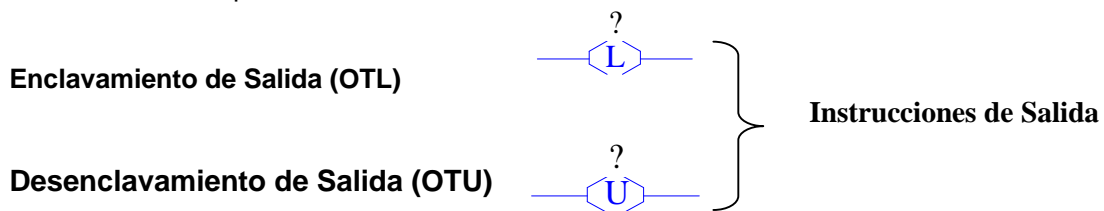
**Active la Salida (OTE)  
Como Instrucción de Salida**



Use una instrucción OTE en su programa de escalera para activar / desactivar un bit cuando las condiciones de renglón son evaluada como verdaderas / falsas respectivamente, un ejemplo de un dispositivo que se activa y desactiva es una salida cableada a una luz piloto (direccionada como O:0/4), las instrucciones OTE se restablecen cuando:

- Entra o regresa al modo de marcha REM o prueba REM o cuando se restaura la alimentación eléctrica.
- El OTE se programa dentro de una zona de restablecimiento de control maestro (MCR) inactiva o falsa.

Un bit que está establecido dentro de una subrutina usando una instrucción OTE permanece establecido hasta que la subrutina se escanee nuevamente.



OTL y OTU son instrucciones de salida retentivas. Éstas sólo pueden activar o desactivar un bit, respectivamente. Estas instrucciones se usan generalmente en parejas, con ambas instrucciones direccionando el mismo bit. Un programa puede examinar un bit controlador por instrucciones OTL y OTU tantas veces como sea necesario. La instrucción OTL se usa cuando se asigna una dirección a la instrucción OTL, que corresponde a la dirección de una salida física, el dispositivo de salida cableado a esta terminal de tornillo está activado cuando el bit está establecido (activado o habilitado), cuando las condiciones de renglón se convierten en falsas (después de ser verdaderas), el bit permanece establecido y el dispositivo de salida correspondiente permanece activado. Una vez habilitada, la instrucción de enclavamiento indica al controlador que active el bit direccionado, desde ese momento en adelante, el bit permanece activado, pese a la condición del renglón, hasta que el bit esté desactivado (típicamente por una instrucción OTU en otro renglón).

La instrucción OTU se usa cuando se asigna una dirección a la instrucción OTU, que corresponde a la dirección de una salida física, el dispositivo de salida cableado a este terminal de tornillo está desactivado cuando el bit está restablecido (desactivado o inhabilitado). La instrucción de desenclavamiento indica al controlador que desactive el bit direccionado. Desde ese momento en adelante, el bit permanece desactivado, pese a la condición del renglón, hasta que esté activado (típicamente por una instrucción OTL en otro renglón).

**One-Shot Rising (OSR)  
Como Instrucción de Entrada**



La instrucción OSR es una instrucción de entrada retentiva que ocasiona un evento durante una sola vez. Ésta se usa cuando un evento debe comenzar basado en el cambio de estado del renglón de falso a verdadero, pero habrá que tener en cuenta que cuando las condiciones de renglón precedentes de la instrucción OSR van de falsas a verdaderas, la instrucción OSR será verdadera durante un escán del procesador. Después de completarse un escán, la instrucción OSR se hace falsa, aún cuando las condiciones de renglón precedentes permanecen verdaderas. La instrucción OSR sólo volverá a



hacerse verdadera si las condiciones de renglón precedentes efectúan una transición de falso a verdadero, el controlador le permite usar una instrucción OSR por cada salida en un renglón.

### Como Introducir Parámetros.

La dirección asignada a la instrucción OSR no es la dirección de ONE-SHOT mencionada por su programa, ni indica el estado de la instrucción OSR. Esta dirección permite que la instrucción OSR recuerde su estado de renglón anterior.

Se debe usar una dirección de bit desde el archivo de datos del bit o enteros. El bit direccionado está establecido (1) durante un escán cuando las condiciones de renglón precedentes de la instrucción OSR son verdaderas (aun cuando la instrucción OSR se hace falsa); el bit está restablecido (0) cuando las condiciones de renglón precedentes de la instrucción OSR se hacen falsas.

### Archivos de Estado (Archivo S2:)

Cabe destacar que no se puede añadir ni eliminar elementos del archivo de estado, pero si puede direccionar varios bits y palabras segun lo siguiente:

Formato	Explicación		
	<b>S</b>	Archivo de estado	
	<b>:</b>	Delimitador de elemento	
<b>S:e/b</b>	<b>e</b>	Número de elemento	Rangos de 0-15 en un controlador fijo o SLC 5/01, 0-32 en un procesador SLC 5/02. 0-83 en un SLC 5/03 OS300, 0-96 en un SLC 5/03 OS301 y posterior y 5/04 OS400 y 0-164 en un SLC 5/04. Estos son elementos de 1 palabra. 16 bits por cada elemento.
	<b>/</b>	Delimitador de bit	
	<b>b</b>	Número de bit	Ubicación del bit dentro del elemento. Rangos de 0-15

**Tabla 4.2.1.3 Método para la asignación de direcciones en archivos de estado**

Ejemplos:

S:1/15 Elemento 1, bit 15. este es el bit de “primer paso” que puede usar para iniciar instrucciones en su programa.

S:3 Elemento 3. El byte inferior de este elemento es el tiempo de escán actual, el byte superior es el tiempo de escán de control (watchdog).

### Archivos de Datos de Bit (B3:)

El archivo 3 constituye el archivo de bit, usado principalmente para instrucciones de bit (lógica de relé), registros de desplazamiento y secuenciadores. El tamaño máximo del archivo es 256 elementos de 1 palabra, un total de 4096 bits. Puede direccionar los bits numerándolos secuencialmente, de 0 a 4095. Además, puede direccionar los elementos de este archivo.

Formato	Explicación		Ejemplos
	<b>B</b>	Archivo del tipo de bit	
<b>Bf:e/b</b>	f	Número de archivo. Número 3 es el archivo predeterminado. Un número de archivo entre 10-255 se puede usar si se requiere almacenamiento adicional.	
	:	Delimitador de elemento	
	e	Número de elemento	Rangos de 0-255. Estos son elementos de 1 palabra. 16 bits por cada elemento.
	/	Delimitador de bit	
	b	Número de Bit	Ubicación del bit dentro del elemento. Rangos 0-15.
Formato	Explicación		Ejemplos
<b>Bf:/b</b>	<b>B</b>	Idéntico a lo anterior.	
	<b>f</b>	Idéntico a lo anterior.	
	/	Idéntico a lo anterior.	
	<b>b</b>	Número de bit	Ubicación numérica del bit dentro del archivo. Rangos de 0-4095.

Tabla 4.2.1.4 Método para la asignación de direcciones en archivos de datos de bit.

### Descripción general de las instrucciones de temporización

Cada dirección de temporizador se compone de un elemento de 3 palabras. Palabra 0 es la palabra de control, palabra 1 almacena el valor preseleccionado y palabra 2 almacena el valor acumulado.

15 14 13

Palabra. 0  
Palabra. 1  
Palabra. 2

EN TT DN	Usó Interno
Valor preseleccionado	
Valor de acumulador	

Bits direccionables

Palabras direccionales

EN = Bit 15 Habilidad  
TT = Bit 14 temporización  
DN = Bit 13 Efectuado

PRE = Valor preseleccionado  
ACC = Valor acumulado

Los bits etiquetados como "uso interno" no son direccionables.

### Cómo introducir parámetros

Valor del acumulador (.ACC)

Este es el tiempo transcurrido desde el último restablecimiento del temporizador, cuando está habilitado, el temporizador lo actualiza constantemente.

### Valor preseleccionado (.PRE)

Especifica el valor que el temporizador debe alcanzar antes de que el controlador establezca el bit de efectuado, cuando el valor acumulado sea igual o mayor que el valor preseleccionado, el bit de efectuado estará establecido. Puede usar este bit para controlar un dispositivo de salida. Los valores preseleccionados y acumulados para temporizadores tienen un rango desde 0 hasta +32.767. Si el valor preseleccionado o acumulador de temporizador es un número negativo, ocurre un error de tiempo de ejecución.

### Base de tiempo.

La base de tiempo determina la duración de cada intervalo de base de tiempo. Para los procesadores fijos y SLC 5/01, la base de tiempo ha sido establecido a 0.01 segundo. Para los procesadores SLC 5/02, SLC 5/03, SLC 5/04 la base de tiempo es seleccionable como 0.01 (10ms) segundo ó 1.0 segundo.

### Precisión del temporizador

La precisión del temporizador se refiere al tiempo transcurrido entre el momento en que una instrucción de temporizador está habilitada y el momento en que el intervalo temporizado se ha completado. La inexactitud causada por el escán de programa puede ser mayor que la base de tiempo del temporizador. También debe considerar el tiempo necesario para activar el dispositivo de salida. La precisión de temporización es  $\pm 0.01$  a +0segundos, con un escán de programa de hasta 2.5 segundos. El temporizador de 1 segundo mantiene la precisión con un escán de programa de hasta 1.5 segundos. Si sus programas pueden exceder 1.5 ó 2.5 segundos, repita el renglón de instrucción del temporizador para que el renglón sea escaneado dentro de estos límites. La temporización podría resultar inexacta si las instrucciones de salto (JMP), etiqueta (LBL), salto a subrutina (JSR) o subrutina (SBR) saltan el renglón que contiene una instrucción de temporizador mientras que el temporizador esté temporizado. Si la duración de salto es menor de 2.5 segundos, no se pierde ningún tiempo; si la duración de salto excede 2.5 segundos, ocurre un error de temporización no detectable. Cuando se usan subrutinas, es necesario que un temporizador esté ejecutado a un mínimo de cada 2.5 segundos para evitar un error de temporización.

### Estructura de direccionamiento

Se deben Direccionar los bits y las palabras usando el formato **Tf:e.s/b**

Explicación	
<b>T</b>	Archivo de temporizador
<b>f</b>	Número de archivo. Para los procesadores SLC 500, el número predeterminado es 4. se puede usar un número entre 10-255 para almacenamiento adicional.
<b>:</b>	Delimitador de elemento
<b>e</b>	Número de Elemento Estos son elementos de 3 palabras. Para los procesadores SLC 500 el rango es 0-255 para almacenamiento adicional.
<b>.</b>	Elemento de palabras
<b>s</b>	Subelemento
<b>/</b>	delimitador de bit
<b>b</b>	Bit

Tabla 4.2.1.5 Método para la asignación de direcciones en archivos de datos de tiempo.

## Ejemplos de direccionamiento

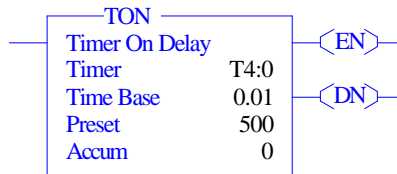
**T4:0/15** ó **T4:0/EN** Bit de habilitación  
**T4:0/14** ó **T4:0/TT** Bit de temporización del temporizador  
**T4:0/13** ó **T4:0/DN** Bit de efectuado  
**T4:0.1** ó **T4:0.PRE** Valor preseleccionado del temporizador  
**T4:0.2** ó **T4:0.ACC** Valor acumulado del temporizador  
**T4:0.1/0** ó **T4:0.PRE/0** Bit 0 del valor preseleccionado  
**T4:0.2/0** ó **T4:0.ACC/0** Bit 0 del valor acumulado

Hasta ahora se han descrito las instrucciones de temporización de forma general, pero existe dentro de las instrucciones de temporización, una clasificación en función a su propósito y es la siguiente:

INSTRUCCIÓN		PROPOSITO
Mnemónico Nombre		
TON	Temporizador a la conexión	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es verdadera.
TOF	Temporizador desconexión	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es falsa.
RTP	Temporizador Retentivo	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es falsa.

**Tabla 4.2.1.6 Mnemónicos y nombres para las instrucciones de temporización**

### Temporizador a la conexión (TON) Como Instrucción de salida.



Use la instrucción TON para activar o desactivar una salida después de que el temporizador haya estado activado durante un intervalo de tiempo preseleccionado, la instrucción TON comienza a contar los intervalos de la base de tiempo cuando las condiciones de renglón se hacen verdaderas. Con tal que las condiciones de renglón permanezcan verdaderas, el temporizador ajusta su valor acumulado (ACC) durante cada evaluación hasta alcanzar el valor predeterminado (PRE). Cuando las condiciones de renglón se hacen falsas, el valor acumulado se reinicializa sin importar si el temporizador ha sobre pasado el límite de tiempo.

Uso de los bits de estado

Este bit	Se establece cuando	Permanece establecido hasta ocurrir uno de los siguientes eventos
Bit de efectuado del Temporizador DN (bit 13)	El valor acumulado es igual o mayor que el valor pre seleccionado	Las condiciones de renglón se hacen falsas
Bit d temporización del temporizador TT (bit 14)	Las condiciones de renglón son verdaderas y el valor acumulado es menor que el valor preseleccionado	Las condiciones de renglón se hacen falsas o cuando el bit de efectuado esté establecido.
Bit de habilitación del temporizador EN (bit 15)	Las condiciones de renglón son verdaderas	Las condiciones de renglón se hacen falsas

**Tabla 4.2.1.7 Uso de los bits de estado para la instrucción TON**

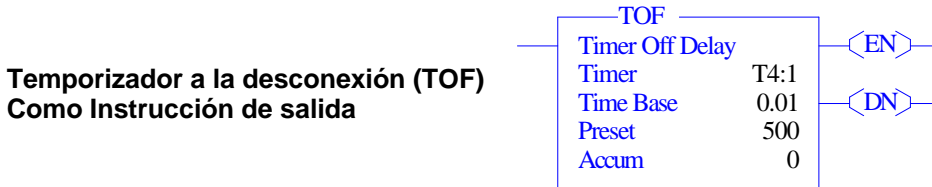
Cuando el procesador cambia del modo de marcha REM o prueba REM, al modo de programa REM o la alimentación eléctrica del usuario se pierde durante la temporización de la instrucción, pero no ha alcanzado su valor preseleccionado, ocurre lo siguiente:

- El bit de habilitación del temporizador (EN) permanece establecido
- El bit de temporización del temporizador (TT) permanece establecido
- El valor acumulado (ACC) permanece sin cambio

Puede ocurrir lo siguiente al regresar al modo de marcha REM o prueba REM:

Condición	Resultado
Si el renglón verdadero:	El bit EN permanece establecido. El bit TT permanece establecido El valor ACC está puesto a cero.
Si el renglón es falso:	El bit EN está restablecido. El bit TT está restablecido. El valor ACC está puesto a cero.

**Tabla 4.2.1.8 comportamiento de los bits de estado de temporización**



Use la instrucción TOF para activar o desactivar una salida después de que su renglón ha estado desactivado durante un intervalo de tiempo preseleccionado. Los intervalos de la base de tiempo de la instrucción TOF comienzan cuando el renglón efectúa una transición de verdadero a falso. Con tal que las condiciones permanezcan falsas, el temporizador incrementa su valor acumulado (ACC) durante cada escán hasta alcanzar el valor preseleccionado (PRE). El valor acumulado se restablecerá cuando las condiciones de renglón se hagan verdaderas, sin importar si el tiempo en el temporizador

se ha agotado, el uso de los bits de estado es exactamente el mismo que para el caso del temporizador a la conexión, solo hay que recordar que la lógica de funcionamiento es inversa.

Uso de los bits de estado

Este bit	Se establece cuando	Y permanece establecido hasta ocurrir uno de los siguientes eventos.
Bit de efectuado del Temporizador DN (bit 13)	Las condiciones de renglón son verdaderas	Las condiciones de renglón se hacen falsas y el valor acumulado es mayor o igual que el valor preseleccionado
Bit de temporización del Temporizador TT (bit 14)	Las condiciones de renglón son falsas y el valor acumulado es menor que el valor preseleccionado	Las condiciones de renglón se hacen verdaderas o cuando el bit de efectuado se restablece
Bit de habilitación del Temporizador EN (bit 15)	Las condiciones de renglón son verdaderas	Las condiciones de renglón se hacen falsas

**Tabla 4.2.1.9 Uso de los bits de estado para la instrucción TOF**

Cuando la operación del procesador cambia del modo de marcha REM o prueba REM al modo de programa REM o cuando se pierde la alimentación eléctrica del usuario durante la temporización de una instrucción de retardo con temporizador desactivado, pero no ha alcanzado su valor preseleccionado, ocurre lo siguiente:

- El bit de habilitación del temporizador (EN) permanece establecido.
- El bit de temporización del temporizador (TT) permanece establecido.
- El bit de efectuado del temporizador (DN) permanece establecido.
- El valor acumulado (ACC) permanece sin cambio.

Puede ocurrir lo siguiente al regresar al modo de marcha REM o prueba REM.

Condición	Resultado
Si el renglón es verdadero	El bit TT se restablece. El bit DN permanece establecido. El bit EN se establece. El valor ACC se restablece.
Si el renglón es falso	El bit TT se restablece. El bit DN se restablece. El bit EN se restablece El valor ACC se establece igual que el Valor preseleccionado.

**Tabla 4.2.1.10 Condiciones de los bits de estado de un TOF al restablecimiento del modo**



Use la instrucción RTO para activar o desactivar una salida después de que el temporizador haya estado desactivado durante un intervalo de tiempo preseleccionado. La instrucción RTO es una instrucción retentiva que comienza a contar los intervalos de base de tiempo cuando las condiciones de renglón se hacen verdaderas.

- La instrucción RTO retiene su valor acumulado cuando ocurre cualquiera de los eventos siguientes:
- Las condiciones de renglón se hacen falsas.
- Cambia la operación del procesador del modo de marcha REM o prueba REM al modo de programa REM.
- Se corta la alimentación eléctrica del procesador (siempre que se mantenga una batería auxiliar.)
- Ocurre un fallo.

Cuando regresa el procesador al modo de marcha REM o prueba REM y/o las condiciones de renglón se hacen verdaderas, la temporización continúa desde el valor acumulado retenido. Los temporizadores retentivos miden el período acumulativo durante el cual las condiciones de renglón son verdaderas mediante la retención de su valor acumulado.

Uso de los bits de estado

<b>Este bit</b>	<b>Se establece cuando</b>	<b>Y permanece establecido hasta ocurrir uno de los siguiente eventos.</b>
Bit de efectuado del temporizador DN (bit 13)	El valor acumulado es igual o mayor que el valor preseleccionado	La instrucción RES apropiada se habilita
Bit de temporización de temporizador TT (bit 14)	Las condiciones de renglón son verdaderas y el valor acumulado es menor que el valor preseleccionado	Las condiciones de renglón se hacen falsas o cuando se establece el bit de efectuado
Bit de habilitación del temporizador EN (bit 15)	Las condiciones del renglón son verdaderas.	Las condiciones de renglón se hacen falsas

**Tabla 4.2.1.11 Uso de los bits de estado para la instrucción RTO**

Para restablecer el valor acumulado del temporizador retentivo y los bits de estado después de que el renglón RTO se hace falso, debe programar una instrucción de restablecimiento (RES) con la misma dirección en otro renglón, cuando el procesador cambia del modo de marcha REM o prueba REM al modo de programa REM o fallo REM, o cuando se pierde la alimentación eléctrica del usuario durante la temporización de éste; pero todavía sin alcanzar el valor preseleccionado, ocurre lo siguiente:

- El bit de habilitación (EN) del temporizador permanece establecido.
- El bit de temporización (TT) del temporizador permanece establecido.
- El valor acumulado (ACC) permanece sin cambio.

Puede ocurrir lo siguiente al regresar al modo de marcha REM o prueba REM o cuando se restaura la alimentación eléctrica.

Condición	Resultado
Si el renglón es verdadero:	El bit TT permanece establecido. El bit EN permanece establecido. El valor ACC permanece sin cambio y vuelve a incrementar
Si el renglón es falso:	El bit TT se restablece. El bit DN permanece en su último estado. El bit EN se restablece. El valor ACC permanece en su último estado.

**Tabla 4.2.1.12 Condiciones de los bits de estado de un TOF al restablecimiento del modo**

### Descripción general de las instrucciones del contador

Elementos del archivo de datos del contador

Cada dirección de contador se compone de un elemento de archivo de datos de 3 palabras. Palabra 0 es la palabra de control y contiene los bits de estado de la instrucción. Palabra 1 es el valor preseleccionado. Palabra 2 es el valor acumulado.

La palabra de control para las instrucciones de contador incluye seis bits de estado, según lo indicado a continuación:

	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	00
PAL. 0	CU CD DN OV UN UA								USO INTERNO						
PAL. 1	Valor preseleccionado														
PAL. 2	Valor acumulado														

#### Bits direccionables

CU = Habilitación de conteo prog.  
 CD = Habilitación de conteo reg.  
 DN = Bit de efectuado  
 OV = Bit de overflow  
 UN = Bit de underflow  
 UA = Actualización de valor acumulado  
 (HSC en el controlador fijo solamente)

#### Palabras direccionables

PRE = Preseleccionado  
 ACC = Acumulado

### Cómo introducir parámetros

Valor acumulado (.ACC)

Este es el número de transiciones de falso a verdadero que han ocurrido desde el último restablecimiento del contador.



### Valor Preseleccionado (PRE)

Especifica el valor que el contador debe alcanzar antes que el controlador establezca el bit de efectuado. Cuando el valor de acumulador se hace igual o mayor que el valor preseleccionado, se establece el bit de estado efectuado. Puede usar este bit para controlar un dispositivo de salida. Los valores preseleccionados y acumulados para los contadores oscilan entre  $-32,768$  hasta  $+32,767$  y se almacenan como enteros con signo. Los valores negativos se almacenan en forma de complemento de dos.

### Estructura de direccionamiento

Asigne direcciones de contador usando el formato **Cf:e.s/b**

Explicación	
<b>C</b>	Contador
<b>f</b>	Número de archivo. Para los procesadores SLC 500, el valor predeterminado es 5. Un número de archivo entre 10-255 se puede usar para obtener almacenamiento adicional. El único número de archivo válido es 5 para los controladores MicroLogix 1000.
<b>:</b>	Delimitador de elemento
<b>e</b>	Número de elemento Estos son elementos de 3 palabras. Para los procesadores SLC 500 el rango es 0-255. Para los controladores MicroLogix 1000 el rango es de 0-39.
<b>.</b>	Elemento de palabra
<b>s</b>	Subelemento
<b>/</b>	Delimitador de bit
<b>b</b>	Bit

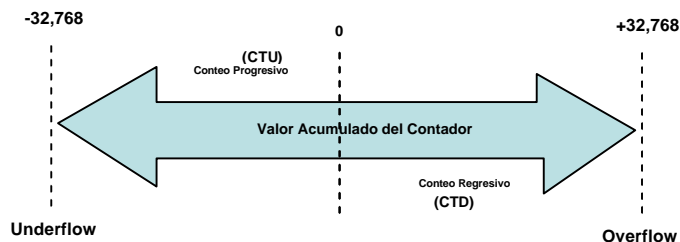
**Tabla 4.2.1.13 Método para la asignación de direcciones en archivos de datos de conteo**

### Ejemplos

- **C5:0/15** ó **C5:0/CU** Bit de habilitación de conteo progresivo
- **C5:0/14** ó **C5:0/CD** Bit de habilitación de conteo progresivo
- **C5:0/13** ó **C5:0/DN** Bit de efectuado
- **C5:0/12** ó **C5:0/OV** Bit de overflow
- **C5:0/11** ó **C5:0/UN** Bit de underflow
- **C5:0/10** ó **C5:0/UA** Bit de actualización del valor acumulado (HSC en el controlador fijo solamente)
- **C5:/0.1** ó **C5:0PRE** Valor preseleccionado del contador
- **C5:/0.2** ó **C5:0.ACC** Bit del valor preseleccionado
- **C5:/0.1/0** ó **C5:0.PRE/0** Bit el valor preseleccionado
- **C5:/0.2/0** ó **C5:0.ACC/0** Bit 0 del valor acumulado

### Como funcionan los contadores

La figura siguiente muestra como funciona un contador. El valor del contador debe permanecer dentro del rango de  $\pm 32768$  a  $+32767$ . Si el valor de conteo excede  $+32767$  ó desciende a menos de  $\pm 32768$ , se establece un bit de overflow (OV) ó underflow (UN) de estado del contador. Un contador se puede poner a cero usando la instrucción de restablecimiento (RES)



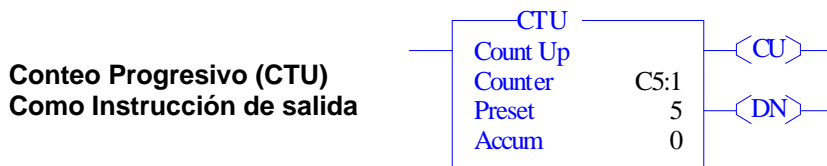
**Figura 4.2.1.1 Funcionamiento de un contador**

Hasta ahora se han descrito las instrucciones de conteo de forma general, pero existe dentro de las instrucciones de conteo una clasificación en función a su propósito y es la siguiente:

**Instrucciones del contador**

INSTRUCCIÓN		PROPÓSITO
Mnemónico	Nombre	
CTU	Conteo progresivo	Cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es verdadera y retiene el valor acumulador cuando la instrucción se hace falta o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.
CTD	Conteo regresivo	Disminuye el valor acumulado a cada transición de falso a verdadero y retiene el valor acumulador cuando la instrucción se hace falsa o cuando ocurre un ciclo de alimentación eléctrica.
HSC	Contador de alta Velocidad	Cuenta los impulsos de alta velocidad de una entrada de alta velocidad de controlador fijo.
RES	Restablecimiento	Pone a cero el valor acumulado y los bits de estado de un temporizador o contador. No use con temporizadores TOF.

**Tabla 4.2.1.14 Mnemónicos y nombres para las instrucciones de conteo**



El CTU es una instrucción que cuenta las transiciones de renglón de falso a verdadero, las transiciones de renglón pueden ser provocadas por eventos ocurriendo en el programa (de la lógica interna o dispositivos de campo externos) tales como piezas que pasan por un detector o que activan

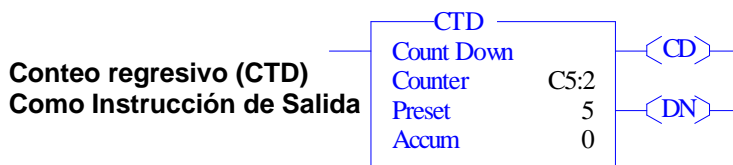
un interruptor de límite. Cuando las condiciones de renglón para una instrucción CTU efectúan una transición de falso a verdadero, el valor acumulado se incrementa en uno, siempre que el renglón que contiene la instrucción CTU se evalúe entre estas transiciones. La capacidad del contador para detectar transiciones de falso a verdadero depende de la velocidad (frecuencia) de la señal de entrada, la duración activada y desactivada de una señal de entrada no debe ser más rápida que el tiempo de escán 2x (se entiende un ciclo de trabajo de 50 %). El valor acumulado se retiene cuando las condiciones de renglón vuelven a hacerse falsas y el conteo acumulado se retiene hasta que sea puesto a cero por una instrucción de restablecimiento (RES) que tenga la misma dirección que el contador.

#### Uso de los bits de estado

Bit	Se establece cuando	Permanece hasta ocurrir uno de los siguientes eventos
Bit de overflow de conteo progresivo OV (bit 12)	El valor acumulado cambia a -32,768 (desde +32,767) y continúa contando desde ese punto.	Se ejecuta una instrucción RES con la misma dirección que la instrucción CTU O BIEN el conteo se reduce a un valor menor o igual que +32,767 con una instrucción CTD.
Bit efectuado DN (bit 13)	El valor acumulado es igual o mayor que el valor preseleccionado.	El valor acumulado se hace menor que el valor preseleccionado.
Bit de habilitación de conteo progresivo CU (bit 15)	Las condiciones de renglón son verdaderas.	Las condiciones de renglón se hacen falsas O BIEN se habilita una instrucción RES con la misma dirección que la instrucción CTU.

**Tabla 4.2.1.15 Bits de estado para contadores**

El valor acumulado se retiene después que la instrucción CTU se hace falsa, o cuando la alimentación eléctrica se corta y luego se restaura al controlador, además, el estado activado o desactivado de los bits del contador efectuado, overflow y underflow es retentivo. El valor acumulado y los bits de control se restablecen cuando se habilita la instrucción RES correcta y los bits CU siempre se establecen antes de introducir los modos de marcha REM o prueba REM.



El CTD es una instrucción que cuenta las transiciones de renglón de falso a verdadero, las transiciones de renglón pueden ser causadas por eventos que ocurren en el programa, tales como piezas pasando por un detector o accionando un final de carrera, cuando las condiciones de renglón para una instrucción CTD han efectuado una transición de falso a verdadero, el valor acumulado se disminuye en un conteo, siempre que el renglón que contiene la instrucción CTD se evalúe entre estas

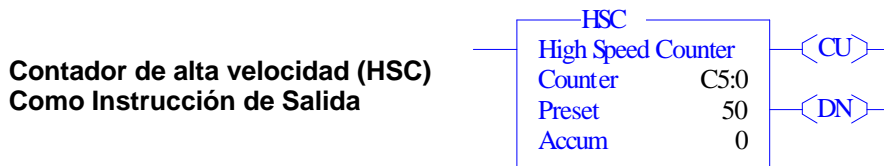
transiciones y los conteos acumulados se retienen cuando las condiciones de renglones se hacen falsas nuevamente y el conteo acumulado se retiene hasta que sea puesto a cero por una instrucción de restablecimiento (RES) que tiene la misma dirección que el contador restablecido.

### Uso de los bits de estado

Bit	Se establece cuando	Permanece hasta ocurrir uno de los siguientes eventos
Bit de underflow de conteo regresivo UN (bit 11)	El valor acumulado cambia a -32,768 (desde +32,767) y continúa contando regresivamente desde ese punto	Una instrucción RES con la misma dirección que la instrucción CTD se ejecuta O BIEN el conteo es incrementado menor o igual que +32,767 con una instrucción CTU.
Bit de efectuado ON (bit 13)	El valor acumulado es igual o mayor que el valor preseleccionado	El valor acumulado se hace menor que el valor preseleccionado.
Bit de habilitación de conteo regresivo CD (bit 14)	Las condiciones de renglón son verdaderas	Las condiciones de renglón se hacen falsas O BIEN se habilita una instrucción RES con la misma dirección que la instrucción CTD.

**Tabla 4.2.1.16 Bits de estado**

El valor acumulado se retiene después de que la instrucción CTD se hace falsa, o cuando la alimentación eléctrica al controlador se corta y luego se restaura. Además, el estado activado o desactivado de los bits de contador efectuado, overflow y underflow es retentivo, así el valor acumulado y los bits de control se restablecen cuando se habilita la instrucción RES correcta, los bits CD siempre se establecen antes de introducir los modos de marcha REM o prueba REM.



El contador de alta velocidad constituye una variación del contador CTU, la instrucción HSC se habilita cuando la lógica de renglón es falsa, esta instrucción cuenta transiciones que ocurren en la terminal de entrada I:0/0 para el controlador de configuración fija. Cuando se utiliza el contador de alta velocidad, se recomienda colocar la instrucción HSC en un renglón incondicional y se debe tener muy presente el no colocar la instrucción XIC con la dirección I:0/0 en serie con la instrucción HSC ya que los conteos se perderán. El HSC es un contador CTU especial, para uso con 24 V de DC. Los bits de estado y valores acumulados del HSC son no retentivos y solo se permite una sola instrucción HSC por cada controlador fijo. Para habilitar la operación del contador de alta velocidad, en un controlador fijo, hay que realizar los pasos siguientes:

1. Desconecte la alimentación eléctrica.
2. Quite el envoltente del SLC500.
3. Localice y corte el cable del puente J2. No lo quite completamente, pero asegúrese que los extremos del cable del puente cortado no hagan contacto entre sí.
4. Vuelva a poner la cubierta.

El puente del contador de alta velocidad se ubica de bajo del conector de la batería o bien a la derecha del conector de la batería.

Ahora la entrada I:0/0 funciona en modo de alta velocidad, la dirección del bit de habilitación del contador de alta velocidad es C5:0/CU, cuando las condiciones de renglón son verdaderas, se establece C5:0/CU y se cuentan las transiciones que ocurren en la entrada I:0/0, para comenzar el conteo de alta velocidad, cargue un valor preseleccionado en C5:0.PRE y habilite el renglón del contador, para contar un valor preseleccionado realice uno de los pasos siguientes:

- Cambie al modo de marcha REM o prueba REM.
- Encienda el procesador en modo de marcha REM.
- Restablezca el HSC usando la instrucción RES.

La recarga automática ocurre cuando el HSC por sí mismo establece el bit DN a la interrupción, cada transición de entrada que ocurre en la entrada I:0/0 causa que el HSC acumulado se incremente, cuando el valor acumulado es igual que el valor preseleccionado se establece el bit de efectuado (C5:0/DN) y el valor acumulado se pone a cero, entonces el valor preseleccionado (C5:0.PRE) se carga en el HSC como preparación para la próxima transición de alta velocidad en la entrada I:0/0.

El programa de escalera debe consultar el bit de efectuado (C5:0/DN) para determinar el estado del HSC, una vez que el bit de efectuado haya sido detectado como establecido, el programa de escalera debe poner a cero el bit C5:0/DN (usando la instrucción OTU de desenclavamiento) antes de que el HSC acumulado vuelva a alcanzar el valor preseleccionado; en caso contrario, el bit de overflow (C5:0/OV) se establecerá.

El HSC es diferente que los contadores CTU y CTD, el CTU y CTD son contadores de software y el HSC es un contador de hardware, funciona asincrónicamente al escán del programa de escalera. El valor acumulado HSC (C5:0.ACC) normalmente se actualiza cada vez que el renglón HSC es evaluado en el programa de escalera, esto significa que el valor del acumulador de hardware HSC se transfiere al acumulador de software HSC, use solamente la instrucción OTE para transferir este valor. Use la instrucción RES para restablecer el contador de alta velocidad en dirección C5:0. La instrucción HSC pone a cero el bit de estado, el acumulador y carga el valor preseleccionado durante el encendido o cuando sucede la entrada en el modo de marcha REM o cuando sucede un restablecimiento. Elementos de datos del contador de alta velocidad, la dirección C5:0 es el elemento de 3 palabras del contador HSC.

	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
Pal. 0	CU CD DN OV UN UA								No usado							
Pal. 1	Valor preseleccionado															
Pal. 2	Valor de acumulador															

- CU = Bit de habilitación de conteo progresivo  
 CD = Bit de habilitación de conteo regresivo

DN = Bit de efectuado  
 OV = Bit de overflow  
 UN = Bit de underflow  
 UA = Actualización de acumulador (HSC solamente).

- La palabra 0 contiene los bits de estado siguientes de la instrucción HSC:
  - El bit 10 (UA) actualiza la palabra de acumulador del HSC para reflejar el estado inmediato del HSC cuando es verdadero.
  - El bit 12 (OV) indica la ocurrencia de un overflow de HSC.
  - El bit 13 indica si el valor preseleccionado de HSC ha sido alcanzado.
  - El bit 15 (CU) muestra el estado de habilitación / inhabilitación de la instrucción HSC.
- La palabra 1 contiene el valor preseleccionado que se carga en el HSC cuando se ejecuta la instrucción RES, o cuando se establece el bit de efectuado o cuando se efectúa el encendido inicial.
- La palabra 2 contiene el valor del acumulador HSC, esta palabra es actualizada cada vez que la instrucción HSC es evaluada y cuando el bit del acumulador de actualización es establecido usando una instrucción OTE. Este acumulador es de solo lectura, cualquier valor escrito en el acumulador resulta sobrescrito por el contador de alta velocidad durante la evaluación de la instrucción de restablecimiento o introducción del modo de marcha REM.

**Restablecimiento (RES)**  
**Como Instrucción de Salida**



Se use una instrucción RES para restablecer un temporizador o contador, cuando se habilita la instrucción RES se restablece la instrucción de retardo del temporizador a la conexión (TON), temporizador retentivo (RTO), conteo progresivo (CTU) o conteo regresivo (CTD) con la misma dirección que la instrucción RES.

Usando una instrucción RES para un:	El procesador restablece el:
Temporizador (No use una instrucción RES con TOF.)	Valor ACC a 0 bit DN bit TT bit EN
Contador	valor ACC a 0 bit OV bit UN bit DN bit CU bit CD
Control	valor POS a 0 bit EN bit EU bit DN bit EM bit ER bit UL IN y FD van al último estado

**Tabla 4.2.1.17 Uso de la instrucción de salida RES**

Cuando restablece un contador, si la instrucción RES está habilitada y el renglón del contador está habilitado, se pone a cero el bit CU o CD, si el valor preseleccionado del contador es negativo, la instrucción RES establece el valor acumulado a cero. Esto, a su vez, causa que el bit de efectuado sea establecido por una instrucción de conteo regresivo o conteo progresivo.

### Archivo de datos de control (R6:)

Estas instrucciones usan varios bits de control, estos son elementos de 3 palabras usados con desplazamiento de bit, FIFO, LIFO, instrucciones de secuenciador e instrucciones ASCII, ABL, ACB. La palabra 0 es la palabra de estado, la palabra 1 indica la longitud de datos almacenados y la palabra 2 indica la posición. En el elemento de control hay ocho bits de estado y un byte de código de error. Un controlador fijo y un elemento de control SLC 5/01 tienen seis bits. Los bits EU y EM no son usados por el procesador.

### Elemento de Control

15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0	Palabra
EN EU DN EM ER UL IN FD Código de error	0
Longitud de arreglo de bit o archivo (LEN)	1
Indicador de bit o posición (POS)	2

#### Bits direccionables

EN = Habilitación

EU = Habilitación de descarga

DN = Efectuado

EM = Pila vacía

ER = Error

UL = Descarga (desplazamiento de bit solamente)

IN = Inhibición (Este es el bit de marcha [RN bit 9] para instrucciones ASCII)

FD = Encontrado (SQC solamente)

#### Palabras direccionables

LEN = Longitud

POS = Posición

El código de error se muestra en HEX y no es direccionable, podemos asignar direcciones de control según la información de la tabla siguiente:

Formato		Explicación
	<b>R</b>	Archivo de Control
<b>Rf:e</b>	<b>f</b>	Número de archivo. Número 6 es el archivo predeterminado. Se puede usar un número de archivo entre 10-255 se puede usar si se requiere almacenamiento adicional.
	<b>:</b>	Delimitador de elemento
	<b>e</b>	Número de elemento Rangos de 0-255. Estos son elementos de 3 palabras.

**Tabla 4.2.1.18 Formato del archivo de datos de control R6**

Como ejemplo podemos decir que en la dirección R6:2, el elemento es 2, archivo de control 6.

Direccione los bits y palabras usando el formato **Rf:es/b** donde **Rf:e** se explicó anteriormente y “.” es el delimitador de palabra, s indica el subelemento, / es el delimitador de bit y **b** indica el bit.

R6:2/15	ó	R6:2/EN	Bit habilitación
R6:2/14	ó	R6:2/EU	Bit de habilitación de descarga
R6:2/13	ó	R6:2/DN	Bit de efectuado
R6:2/12	ó	R6:2/EM	Bit de pila vacía
R6:2/11	ó	R6:2/ER	Bit de error
R6:2/10	ó	R6:2/UL	Bit de descarga
R6:2/ 9	ó	R6:2/IN	Bit de inhibición
R6:2/ 8	ó	R6:2/FD	Bit de encontrado
R6:2.1	ó	R6:2. LEN	Valor de longitud
R6:2.2	ó	R6:2. POS	Valor de posición
R6:2.1/0			Bit 0 del valor de longitud
R6:2.2/0			Bit 0 del valor positivo

### Archivo de datos enteros (N7:)

Se usan estas direcciones (al nivel de bit) según las requiera su programa, son elementos de 1 palabra direccionables al nivel de elemento y bit, podemos asignar las direcciones de enteros según la información de la tabla siguiente:

Formato		Explicación	
	<b>N</b>	Archivo de enteros	
<b>Nf:e/b</b>	<b>f</b>	Número de archivo. Número 7 es el archivo predeterminado. Un número de archivo entre 10-255 se puede usar si se requiere almacenamiento adicional.	
	<b>:</b>	Delimitador de elemento	
	<b>e</b>	Número de elemento.	Rangos de 0-255. Estos son elementos de 1 palabra. 16 bit por cada elemento.
	<b>/</b>	Delimitador de bit	
	<b>b</b>	Número de Bit	Ubicación del bit dentro del elemento. Rangos de 0-15.

**Tabla 4.2.1.19 Formato del archivo de datos enteros N7**

#### Ejemplos:

**N7:2** Elemento 2, archivo de enteros 7

**N7:2/8** Bit 8 en elemento 2, archivo de enteros 7

**N10:36** Elemento 36, archivo de enteros 10 (archivo 10 designado como un archivo de enteros por el usuario).

### 4.2.3 Instrucciones de Programación Avanzada

Las instrucciones de programación avanzadas son muchas, van desde las instrucciones de comparación, las matemáticas, de codificación de datos, instrucciones de flujo de programa, de



comunicación, escalamiento, integral proporcional derivativa (PID) y algunas más, en este momento solo revisaremos las instrucciones de flujo de programa, se explicará como funcionan en un proyecto y su aplicación en un programa, puesto que en el capítulo cinco se utilizarán algunas de ellas.

Instrucción	Propósito
Mnemónico Nombre	
<b>JMP</b> y <b>LBL</b> Saltar a etiqueta y etiqueta	Saltar hacía adelante o hacía atrás a la inst
<b>JSR,SBR</b> y <b>RET</b> Saltar a subrutina, subrutina y retornar de la subrutina.	Saltar a una subrutina designada y retornar
<b>MCR</b> Restablecimiento del control maestro.	Desactivar todas las salidas no retentivas en una sección de un programa de escalera
<b>TND</b> Fin temporal	Marcar un fin temporal que detiene la ejecución del programa
<b>SUS</b> Suspende	Identifica condiciones específicas para la depuración del programa y la localización y corrección de fallos del sistema.
<b>IIM</b> Entrada inmediata con máscara	Programar una entrada inmediata con máscara
<b>IOM</b> Salida inmediata con máscara	Programar una salida inmediata con máscara
<b>REF</b> Regenerar	

**Tabla 4.2.3.1 Instrucciones de flujo de programa**

**Instrucción de salto (JMP)** 

**Instrucción de etiqueta (LBL)** 

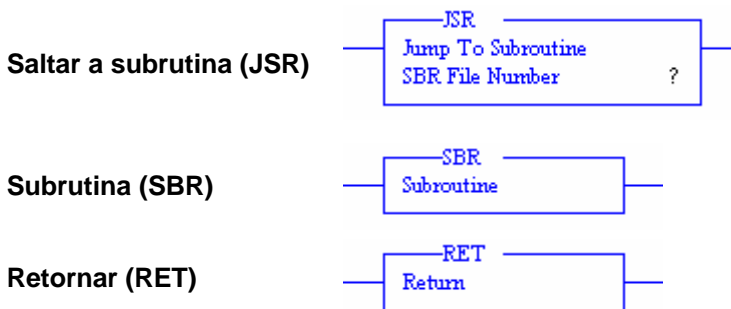
Estas instrucciones de control de flujo de programa se usan para controlar la secuencia en que se ejecuta un programa dentro del PLC, le permiten cambiar el orden en que el procesador realiza un escán de un programa de escalera, estas instrucciones típicamente se usan para minimizar el tiempo de escán, crear un programa más eficiente y para localizar y corregir fallos de un programa de escalera.

La instrucción de salto (JMP) y etiqueta (LBL) se usan conjuntamente para saltar porciones del programa de escalera. Si el renglón que contiene la instrucción de salto es verdadero, entonces el programa salta del renglón que contiene la instrucción JMP al renglón que contiene la instrucción LBL designada y sigue ejecutándose. Cabe señalar que puede saltar hacia adelante o hacía atrás. Y si el renglón que contiene la instrucción de salto es falso, el programa no ejecuta la instrucción JMP. El saltar hacia adelante a una etiqueta ahorra el tiempo de escán del programa, eliminando un segmento

de programa hasta donde se indique por la instrucción. El saltar hacía atrás le permite al controlador ejecutar segmentos de programa repetidamente, pero se debe tener cuidado de no saltar hacía atrás excesivamente, ya que el temporizador de control (watchdog) podría sobrepasar el límite de tiempo y causar un fallo del controlador, para esta acción se recomienda usar un contador, temporizador o el registro de escán de programa (registro de estado de sistema, palabra S:3, bits 0-7) para limitar el tiempo que se pasa realizando lazos dentro de las instrucciones JMP/LBL

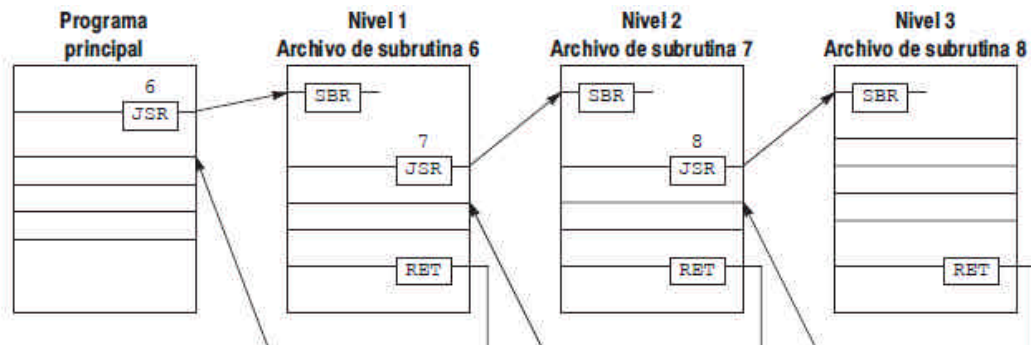
### Como introducir parámetros

Se debe introducir un número de etiqueta decimal de 0 a 999 y se pueden colocar hasta 256 etiquetas de cada archivo de subrutina para los procesadores SLC, como dijimos anteriormente se debe usar en conjunto la instrucción JMP, esta causa que el controlador salte renglones, puede saltar a la misma etiqueta desde una o más instrucciones JMP. Dicho de otra forma, la instrucción de entrada LBL es el blanco de las instrucciones JMP que tienen el mismo número de etiqueta. LBL se debe ubicar, dentro del programa, como la primera instrucción de un renglón y también cabe señalar que esta instrucción no tiene bits de control. Puede programar saltos múltiples a la misma etiqueta asignando el mismo número de etiqueta o instrucciones JMP múltiples, sin embargo, los números de etiqueta deben ser únicos. Otra recomendación es que no salte (JMP) en una zona MCR, las instrucciones programadas dentro de la zona MCR a partir de la instrucción LBL, hasta la instrucción END MCR siempre serán evaluadas como si la zona MCT fuera verdadera, sin importar el estado verdadero de la instrucción Start MCR.



Las instrucciones saltar a subrutina (JSR), subrutina (SBR), y retornar (RET) se usan para indicar al controlador que ejecute un archivo de subrutina que esta separado del programa principal LAD 2 pero que forma parte del programa de escalera y que debe retornar a la instrucción siguiente a la de saltar a subrutina (JSR). Si se usa la instrucción SBR, ésta debe ser la primera instrucción en el primer renglón dentro del archivo de programa que contiene la subrutina, escalón 3 al 255. Como mencionamos al principio de este capitulo, los programas pueden ser muy simples, de algunas decenas de E/S o pueden ser de cientos de ellas, el punto es, que entre mas grande sea el programa deberemos usar mas instrucciones que nos permitan mantener la organización, control y ejecución de nuestro programa, es por ello que se deben usar subrutinas para almacenar secciones repetidas de lógica del programa que se debe ejecutar desde varios puntos dentro del programa de aplicación, una subrutina ahorra memoria porque se programa sólo una vez. También se pueden actualizar E/S críticas dentro de subrutinas, usando las instrucciones de entrada y/o salida inmediata (IIM, IOM), especialmente si la aplicación requiere subrutinas anidadas o largas, en caso contrario, el controlador no actualizará las E/S hasta que llegue al final del programa principal, después de ejecutar todas las subrutinas. Las salidas controladas dentro de una subrutina permanecen en su último estado hasta que la subrutina se vuelva a ejecutar. La manera más simple que le permite dirigir el flujo de un programa desde el programa principal (LAD 2) hasta una subrutina, es anidando subrutinas y luego llevando el flujo del programa a otra subrutina, pero se deben tener muy presentes las reglas que se aplican al anidar subrutinas, la primera es que se pueden anidar hasta ocho niveles de subrutinas, si se usa una

subrutina STI, una subrutina de interrupción HSC o una rutina de fallo del usuario, puede anidar subrutinas hasta tres niveles desde cada subrutina, en el caso de los procesadores fijos y SLC 5/01, puede anidar subrutinas hasta en cuatro niveles. La figura siguiente muestra como se pueden anidar las subrutinas.



**Figura 4.2.3.1 Ejemplo de cómo anidar subrutinas hasta nivel 3**

Pero ocurrirá un error si se llaman más niveles de subrutinas que los permitidos y el PLC registrara un fallo de overflow de pila de subrutina o si se ejecutan más retornos que niveles de llamada existentes sería un fallo de underflow de pila de subrutina.

Cuando usamos la instrucción JSR y se ejecuta, el controlador salta a la instrucción de subrutina SBR al inicio del archivo de subrutina destino y reanuda la ejecución desde aquel punto, pero el programa no puede saltar en cualquier parte de una subrutina, por ello es de suma importancia establecer la primera instrucción en ese archivo como SBR. Se debe programar cada subrutina en su propio archivo de programa, asignándole un número de archivo único, que para el caso de los procesadores SLC es de 3 a 255 posibilidades.

En el caso de los procesadores Fijo y SLC 5/01, la instrucción JSR no se debe programar en bifurcaciones de salida anidadas porque aparecerá un error de compilación, esto es, que dichos procesadores no permiten alojar en un mismo renglón salidas múltiples con lógica condicional y una instrucción JSR. Cuando se desea usar la instrucción de subrutina SBR se le debe asignar un número de archivo, esta instrucción sirve como etiqueta o identificador de un archivo de programa, designado como un archivo de subrutina normal. Como ya se dijo antes, esta instrucción no tiene bits de control. Siempre se evalúa como verdadera. La instrucción se debe programar como la primera instrucción en el primer renglón de una subrutina. El uso de esta instrucción es opcional, sin embargo, recomendamos su uso para obtener mayor claridad.

El uso de la instrucción retornar (RET) es una instrucción de salida, indica el fin de la ejecución de una subrutina o el fin del archivo de una subrutina, esta ocasiona que el controlador reanude la ejecución en la instrucción siguiente a la instrucción JSR. Si se involucra una secuencia de subrutinas anidadas, la instrucción causa que el procesador retorne la ejecución de programa a la subrutina anterior. El renglón que contiene la instrucción RET puede ser condicional si este renglón precede el final de la subrutina. De esta manera el controlador elimina el resto de una subrutina sólo si su condición de renglón es verdadera sin una instrucción RET. La instrucción END (siempre presente en la subrutina) retorna automáticamente la ejecución de programa a la instrucción siguiente a la instrucción JSR en el archivo de escalera que llama.

## Restablecimiento de control maestro (MCR)

Esta instrucción se usa conjuntamente para crear zonas de programa que desactivan todas las salidas no retentivas en la zona, los renglones dentro de la zona MCR todavía son escaneados, pero el tiempo de escán se reduce debido al estado falso de las salidas no retentivas, esto es, si el renglón MCR que indica la zona es verdadero, el controlador ejecuta los renglones en la zona MCR según la condición de entrada de cada renglón (como si la zona no existiera), en cambio, si el renglón MCR que indica la zona fuese falso, entonces el controlador restablece todas las instrucciones de salida no retentiva en la zona MCR pese a las condiciones de entrada de cada renglón.

Las zonas MCR le permiten habilitar o inhabilitar segmentos de su programa; por ejemplo, las aplicaciones de receta, cuando programe las instrucciones MCR, observe lo siguiente:

- Debe terminar la zona con una instrucción MCR no condicional.
- No puede anidar una zona MCR dentro de otra.
- No salte a una zona MCR. Si la zona es falsa, el saltar a ella activa la zona.
- Siempre coloque la instrucción MCR como la última instrucción en un renglón.

Se debe tener presente que la instrucción MCR no substituye un relé cableado de control maestro que proporciona la capacidad de detención de emergencia, siempre es necesario instalar un relé cableado de control maestro para proporcionar la interrupción de alimentación eléctrica de E/S en casos de emergencia. Un ejemplo de esto se muestra en la siguiente figura, Si inicia instrucciones tales como temporizadores o contadores en una zona MCR, la operación de instrucción se detiene cuando la zona se inhabilita. Vuelva a programar operaciones críticas fuera de la zona si fuese necesario.

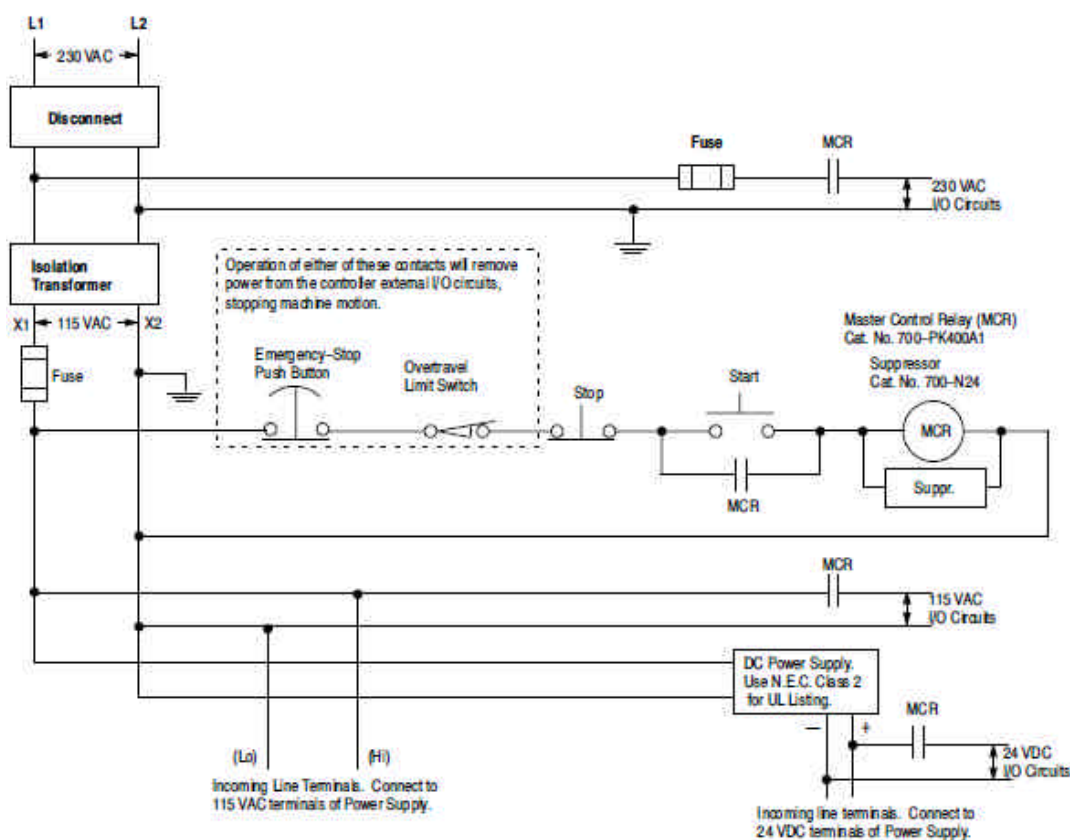


Figura 4.2.3.2 Circuito de control maestro (MCR) por relevador

Independientemente de las posibilidades de programación que se tienen con un PLC, restablecimiento maestro, condicionantes de operación, niveles, protecciones, no importa lo sofisticado que pueda ser un sistema y lo hábil del programador, siempre se regresa a lo clásico del control, al menos para este tema, la seguridad siempre será mejor desde un dispositivo electromecánico cableado, todo sistema debe contar con esta serie de paro de emergencia

#### **4.2.4 Protocolo de Comunicación**

Este subtema trata de explicar las diferencias que existen en los protocolos de comunicación que a nivel industrial se manejan. Los procesadores SLC tienen la capacidad de comunicarse con los protocolos siguientes DH-485, DH +, Full – Duplex DF1 y maestro/esclavo DF1, desde sus conexiones RS-232, ASCII, etc.

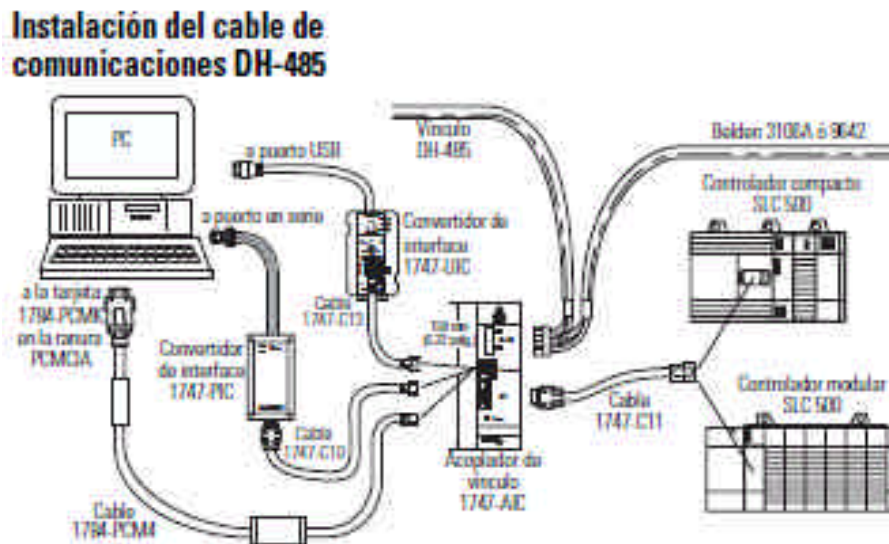
Por ser el Protocolo de comunicación DH-485 considerado como el protocolo de comunicación universal, es el que describiremos. Este protocolo ofrece la interconexión de 32 dispositivos, capacidad de maestros múltiples, control de acceso de pago de testigo, la capacidad de añadir o eliminar nodo sin perturbar la red y una longitud de red de 1219m (4,000 pies) desde el primer nodo hasta el ultimo nodo de la red, esto quiere decir que el cable de comunicación es el que no debe exceder de esta distancia. También es usado para controlar transferencias de mensaje en la red DH-485. El protocolo tiene capacidad para dos clases de dispositivos, iniciadores y contestadores. Todos los iniciadores en la red tienen la oportunidad de iniciar transferencias de mensaje. Se usa un algoritmo de paso de testigo para determinar cuál iniciador tiene el derecho de transmitir. Un nodo que retiene el testigo puede enviar paquetes válidos a la red, el parámetro de retención de testigo determina el número de transmisiones (más reintentos) cada vez que el nodo recibe el testigo, después que un nodo envía un paquete de mensaje, intenta dar el testigo a su sucesor enviando un paquete de “paso de testigo”. Si no ocurre actividad de red, el iniciador intenta encontrar un sucesor nuevo, el rango de dirección de nodo para un iniciador es 0-31. El rango de dirección de nodo para todos los contestadores e 1-31. Ha de existir por lo menos un iniciador en la red, se deberá tener muy presente que los procesadores fijos, SLC 5/01, SLC 5/02, SLC 5/03 y SLC 5/04 no permiten que la dirección de nodo cero se aplique, si intenta aplicar un cero la dirección de nodo uno se convierte en la dirección de nodo del procesador, la dirección de nodo de cero es reservada para un dispositivo de programación tal como la terminal portátil (HHT) o computadora personal utilizando software de programación.

Las consideraciones de software incluyen la configuración de la red y los parámetros que se pueden establecer según los requisitos específicos de la red, a continuación aparecen factores de configuración que tienen un efecto importante en el rendimiento de la red.

- El numero de nodos en la red
- Las direcciones de los nodos
- La velocidad en baudios
- La selección de dirección de nodo máxima
- SLC 5/03 solamente – el factor de retención de testigo
- El número máximo de dispositivos de comunicación

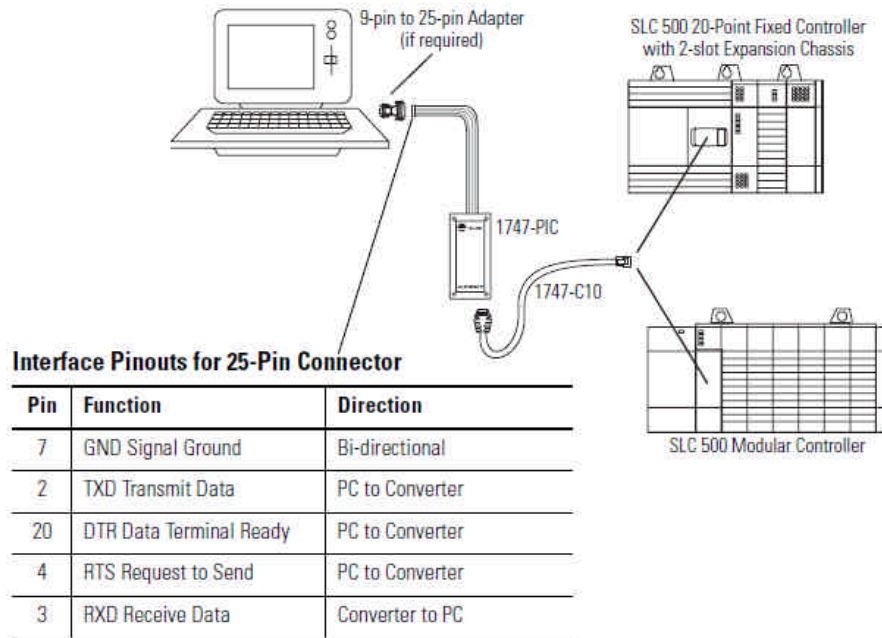
A continuación se explican las consideraciones de la red y se describen maneras para seleccionar parámetros para el rendimiento de red óptimo (velocidad), por ejemplo, el número de nodos en la red afecta de manera directa el tiempo de transferencia de datos entre los nodos. Los nodos innecesarios (tal como una segunda terminal de programación que no se usa) disminuyen la velocidad de transferencia de datos. El número máximo de nodos en la red es 32. El mejor rendimiento de red se

logra cuando las direcciones de nodo comienzan en 0 y son asignadas en orden secuencial. Los procesadores SLC 500 retornan a la dirección de nodo predeterminada<sup>1</sup>. La dirección de nodo se almacena en el archivo de estado del procesador (S:15L). Los procesadores no pueden ser el nodo 0. Además, a los iniciadores tales como las computadoras personales se les deben asignar las direcciones con los números más bajos a fin de minimizar el tiempo requerido para inicializar la red, si algunos de los nodos están conectados temporalmente, no les asigne dirección, simplemente cree los nodos según se necesiten y elimínelos cuando ya no sean necesarios. El mejor rendimiento de red se logra a la velocidad en baudios más alta, la cual es 19200 Kbaud, todos los dispositivos deben tener la misma velocidad en baudios, la velocidad en baudios predeterminada para los dispositivos SLC 500 es 19200 Kbaud, esta se almacena en el archivo de estado del procesador (S:15H). Los procesadores fijos SLC 500 y SLC 5/01 pueden ser seleccionados por un máximo de dos iniciadores simultáneamente. El usar más de dos iniciadores para seleccionar los mismos procesadores fijos SLC 500 y SLC 5/01 simultáneamente pueden causar límites de tiempo sobrepasados de comunicación. La configuración de las posibles conexiones de red se muestra en la siguiente figura.



**Figura 4.2.4.1 Opciones de cable de comunicación para una red DH-485**

Aunque el PLC SLC 500 fijo no se vaya a conectar en una red DH-485, si será necesario cargarle un programa, ejecutar pruebas y seguramente hacerle modificaciones al programa para volverlo a cargar, en general, ver el comportamiento de nuestro sistema, y la forma de hacerlo es a través de nuestro ordenador, pero este debe ser conectado con un convertidor de interfase de comunicación que nos permita ver al PLC por el puerto serial RS-232. En la siguiente figura se observa el dispositivo conocido como 1747-PIC, que justamente hará la conversión del protocolo RS-485 al RS-232.



**Figura 4.2.4.2 Configuración de la interfase 1747 PIC**

Es conveniente instalar el programa RSLinks en una PC con sistema operativo Windows 2000, XP o superior, además tener presente que el 1747-PIC solo funcionará con el puerto serial COM1 o COM2 y que este no funciona con un adaptador de USB a Serial, se debe tener en cuenta que el driver del PIC requiere del acceso exclusivo con el puerto COM, si cuenta con un puerto infrarrojo, deberá ser desconectado para evitar conflictos. También asegure tener privilegios de administrador.

# 5

## PROPUESTA DEL CONTROL

El Instituto Nacional de Cancerología cuenta con una máquina lavavajillas de origen Italiano, con tecnología de Microcontrolador que en la actualidad es inflexible y poco versátil a los cambios. Es importante destacar que esta maquina fue concebida con la consigna de economizar el vital liquido ya que se llena una vez por turno con un aproximado de 50 litros de agua que son calentados por una resistencia, antes de comenzar cualquier ciclo, esta cantidad de agua se mezcla con detergente cada vez que se activa un ciclo de lavado, tirando a su vez el exceso de agua acumulada, esto nos garantiza que el agua no se sature de suciedad, además, cada ciclo de enjuague se realiza con aproximadamente 5 litros de agua limpia, a una temperatura de 80°C mezclada con un bactericida y lanzada a presión para cubrir toda la superficie de los objetos contenidos en la tina, obviamente esta mezcla se incorpora a el agua que ya se encuentra en la tina para limpiarla en un grado mayor. Esta cualidad por si sola hace de esta maquina una herramienta valiosa, digna de mantenerla en operación. Desafortunadamente solo resulta eficiente si se invierten grandes cantidades de dinero para su mantenimiento, ya que cualquier descompostura provoca paros prolongados, que requieren de personal externo especializado para proveer el servicio de mantenimiento correctivo que además, generalmente necesita la sustitución de piezas para las cuales hay que esperar por ser de importación y por si eso fuera poco, debe haber personal interno que supervise se cubran en tiempo y forma las actividades de mantenimiento.

El hospital demanda de su personal médico y administrativo, calidad y cantidad de tiempo productivo. Para lograr este objetivo, el hospital dispone entre otros servicios, de un comedor que durante todo el día funciona para cubrir las necesidades de los usuarios, además de ser el medio de control para la alimentación especial de los pacientes, éste comedor presta sus servicios en cuatro tiempos y debe contar con equipo y personal especializado para dar servicio a un aproximado de 1000 usuarios en cada turno. Conforme la investigación realizada se determina que el hospital cuenta con el equipo adecuado para cubrir esa necesidad, pero que conforme ha pasa el tiempo, éste se ha vuelto obsoleto e ineficiente, por lo tanto, resulta evidente la necesidad de renovarlo, la lavavajillas juega entonces un papel muy importante en este proceso, ya que como hemos observado, debe facilitar y agilizar las tareas de limpieza y garantizar en todo momento, la asepsia.

Por todo lo mencionado, el hospital requiere de una máquina funcionando las 24 horas del día, que sea fácil de usar, que su mantenimiento se realice en poco tiempo y más aun, que no se gaste demasiado dinero en refacciones y éstas se encuentren fácilmente en el mercado nacional.

### **5.1 Propuesta de cambio de control utilizando un PLC SLC500**

El Sistema Mecánico por funcionalidad no cambia, puesto que el tratar de modificarlo sería hacer una máquina completamente nueva y diferente. Se concluye que es funcional y no requiere, más que de un mantenimiento mayor debido al deterioro que presenta por el uso de agua dura, a través del tiempo los



minerales del agua se adhieren al metal, formando una capa salitrosa que no permite que las partes móviles se desplacen adecuadamente provocando con ello el mal funcionamiento de la maquina.

El sistema eléctrico es analizado parte por parte y debido a la antigüedad de la maquina, muestra aislantes de cables dañados, cables desconectados, partes electromecánicas oxidadas y en general un desorden por estar todo debajo de la maquina, en donde hay mucha humedad y no se puede acceder con facilidad. Si recordamos, los diagramas eléctricos original se muestran en las figuras 3.5.1, 3.5.2 y 3.5.3 del capítulo 3 y considerando la renovación del sistema de control que obligadamente esta interconectado con el sistema eléctrico, debemos considerar la necesidad de realambrear el sistema y reubicar el control para que no este junto con los componentes hidráulicos.

El sistema de control esta formado fundamentalmente por la tarjeta madre que contiene un Microcontrolador responsable de recibir la información de los dispositivos de entrada, procesar esa información y enviar los niveles de alimentación a los dispositivos de salida mediante relevadores electromecánicos que conmutan la energía eléctrica de potencia. Esta tarjeta incorpora tanto la corriente alterna como la corriente directa, es una tablilla multicapa, lo que impide su reparación y cualquier desperfecto en esta se traduce en el cambio obligado de la misma. Es importante puntualizar que tanto los dispositivos de trabajo (bombas) como esta parte electrónica y los dispositivos de control se encuentran en la parte baja de la máquina que es una zona que guarda mucha humedad y que siempre que la máquina esta trabajando mantiene una temperatura elevada, Lo que afecta principalmente a los dispositivos electrónicos. La lógica de control funciona como se describe a continuación:

La alimentación eléctrica a la tarjeta es de 220 V de AC, contiene una etapa de transformación a V de DC para el funcionamiento de los circuitos integrados, entre los que se encuentra principalmente el Microcontrolador. Mediante el conector CN12 se recibe la información de la botonera y señales digitales que a su vez están conectadas con CN16 para la modificación de los parámetros de Microcontrolador, el cual se encarga de la modificación de los parámetros de temporización y conteo del Microcontrolador. Mediante el conector CN5 se reciben las señales analógicas de unos detectores de temperatura que vigilan los límites altos de temperatura del agua en la tina y el boiler. Las conexiones anteriores son consideradas como las conexiones de entrada. La etapa de salida se compone de las señales que se envían por medio de CN1 y CN2 hasta las electroválvulas de alimentación de agua para rellenar la tina y el boiler y el contactor C1 que provee la potencia a la bomba M1. Otras señales de salida que se envían mediante CN3 son para las bombas dosificadoras de detergente y un germicida, identificadas como M6 y M7. Por medio de C15 se conectan un sensor de sobre flujo y un tubo de nivel que son opcionales para los diferentes modelos de la marca y que en este caso no están incluidos, así como la conexión de M4 bomba de drenaje que se conecta por dos líneas de CN3. El manejo de la potencia eléctrica se hace por medio de la misma tarjeta a las conexiones CC, CB y CA para las resistencias del boiler y hacia la conexión CD para la resistencia de la tina. Cabe destacar que el consumo de corriente en estos puntos es de 15 amperes por resistencia. Este flujo de corriente genera también calentamiento y carbonización tanto del cable, como de la conexión y las pistas de la tarjeta, provocando los desperfectos en esta zona, por estas razones es primordial en la solución, separar la parte de potencia y la de control.

Anteriormente mencionamos “renovar” entonces, se debe pensar en una solución basada en esta palabra, una solución que nos deje introducir una tecnología actual, que le permita a la maquina cumplir con el propósito de su existencia, pero que a su vez, sea versátil, que acepte, si así se requiriera, los cambios necesarios para modificar y mejorar sus funciones. Por esta razón se propone el empleo de un controlador lógico programable (PLC), que acepte seguir utilizando la mayoría de los dispositivos instalados, pero que también permita en un futuro sustituir componentes y seguirse renovando, ya sea porque algún componente ya cumplió su vida útil, como es el caso de las tarjetas electrónicas que se deberán desechar por completo, no importando si es obsoleta o de importación, el PLC aceptara la participación de sustitutos que cumplan con las especificaciones mínimas y quedará como único responsable del control de la maquina. Aunque

podemos decir que esta solución es cara puesto que un PLC es caro, en este caso podemos considerar un ahorro importante en la reutilización de dispositivos periféricos, lo que amortiza financieramente la adquisición de un PLC para llevar a cabo el cambio y renovación del control, podemos decir que la idea es innovadora, debido a que no es común ver tecnología como esta en aplicaciones similares.

### **5.1.1 Selección de Dispositivos de re-uso**

La selección de los dispositivos que se podrán reutilizar se basa principalmente en el análisis del funcionamiento, esto quiere decir, definir que tan compatibles pueden ser éstos con el PLC y en la evaluación de los resultados de las pruebas individuales que se puedan hacer para garantizar el buen funcionamiento y durabilidad de estos, a continuación se describen los dispositivos revisados. La botonera esta integrada en una tablilla electrónica, que se alimenta de la etapa de transformación de voltaje de la tarjeta principal, se deberá determinar la probabilidad de eliminar la parte lógica que funciona con 5Vde DC, debido a que, como se ha comentado anteriormente, el PLC integra una fuente de 24Vde DC que utiliza para proveer de energía a la botonera, o la alternativa de fabricar una nueva tablilla, cuidando los aspectos físicos para su fijación y la posición de los botones miniatura, puesto que estos harán la misma función, comandar las ordenes del proceso. La evaluación de la tarjeta original arroja resultados desfavorables, se revisaron todos y cada uno de los botones, un par de ellos registran una resistencia de unas cuantas decenas de ohms, lo que no garantiza una conducción de corriente optima a corto plazo, además la eliminación de la etapa de señales al microprocesador se tendría que hacer con puentes, o sea, arreglos eléctricos, lo que no es adecuado pues incrementa la posibilidad de fallas y a la postre, redundará en la fabricación de una nueva tarjeta de recambio.

Los termopares se probaron ohmicamente, haciendo variar su resistencia poniéndolas en contacto con una fuente de calor y comprobando que recorriera su rango de operación, cabe destacar que la señal que producen componentes como este, es de tipo analógico, por lo tanto el PLC tendría que contar con algún modulo que maneje estas señales, aquí las pruebas resultaron positivas por lo tanto es posible reutilizar estos componentes.

El sensor magnético es muy simple, se compone de dos partes, un cuerpo que contiene un contacto encapsulado normalmente abierto, en donde la parte móvil tiene propiedades ferromagnéticas y los cables de conexión al platino, la otra parte es la cabeza magnética que al acercarse al cuerpo atrae la parte móvil hasta cerrar el platino y provocar la conducción, la prueba ohmica aplicada, dio como resultado una excelente continuidad.

Los relevadores y contactores tienen un principio de funcionamiento similar, por lo tanto se verifican de la misma forma. Es muy frecuente que estos dispositivos electromecánicos sean los primeros en fallar ya que el continuo abrir y cerrar de sus platinos genera calentamiento por el flujo de corriente que debe circular, al grado de fundir y carbonizar el material de los platinos hasta minar su volumen e impedir que haga contacto, por esto se debe ser muy estricto en la evaluación de dichos componentes, que por supuesto son ohmicas, y en los valores de resistencia o continuidad que reporten, aunada a esta prueba, se tiene que verificar que la bobina con la que trabajan no este abierta y no tenga indicios de recalentamiento, ya que esto reduce gravemente su vida útil. Dadas las condiciones de humedad y temperatura fueron evidentes los resultados encontrados, todos estos componentes necesitan mantenimiento y algunos tienen que ser reemplazados.

Las bombas de lavado y enjuague son motores eléctricos a los que se les puede realizar un buen número de pruebas, por ejemplo: Ohmicas, aislamiento, temperatura, velocidad, vibración, etc. En prácticamente todos los componentes de la bomba eléctrica, pero esto es una especialidad dentro del gran universo de la ingeniería, por lo tanto se tratara de determinar de una manera óptima y práctica el estado general de estos, revisando básicamente los devanados del estator, que su aspecto físico sea adecuado, constatar el aislamiento a tierra. También se hará necesario desarmar las cámaras del impulsor para revisar las condiciones del sello mecánico y obviamente la condición del impulsor. Con estas pruebas se confirma el buen estado de las bombas.

Las electro válvulas son piezas que gobiernan el ingreso y salida de lo que podríamos considerar la materia prima en el proceso “El Agua”, desafortunadamente también son partes electromecánicas que frecuentemente se descomponen, pierden la habilidad de moverse, por eso, la prueba fue energizar la bobina para crear el campo magnético que hace actuar la parte mecánica, entonces se aplica un flujo de agua o aire para saber si se produce el bloqueo y liberación del fluido. La válvula de drenado se encontró fuera de uso pero en buen estado y la electroválvula de alimentación en mal estado, siempre bloqueada, como ambas son de las mismas características solo se sustituirá una por la otra.

Las bombas de dosificación se pueden revisar, en general, igual que las bombas de lavado y enjuague, pero debemos tomar en cuenta que los motores eléctricos de éstas, son sellados, de dimensiones mucho menores y que son de corriente directa, este sistema es independiente de la lavavajillas, tiene su gabinete de control independiente, en donde el tratamiento y transformación de la alimentación eléctrica de 220V de AC a 24V de DC es efectuado. Entonces, las pruebas para éste sistema las consideráramos como una caja negra. Se energiza y observamos que ejecute adecuadamente su función en tiempo, funcionalidad y hermeticidad.

Una de las premisas en el funcionamiento de la lavavajillas es la temperatura del agua con la que lava y con la que enjuaga, que como recordatorio decimos que provienen de fuentes diferentes. Para el agua de lavado, contenida en la tina, se cuenta con una resistencia de 3.5kW encargada de calentar el agua a una temperatura de 60°C. Este proceso se realiza solo cuando se da la orden de llenar, debido a que el agua mantiene su temperatura al mezclarse con el agua de enjuague que se suministra mas caliente, a 80°C y, hablando del enjuague, el agua utilizada para ello, proviene de un deposito o boiler con una capacidad de 10 litros aproximadamente, que cuenta con tres resistencias instaladas en su interior de 3.5KW c/u y que son las que elevan la temperatura aquí, a 80°C en un tiempo de 2.5 min. Es de considerar la importancia que tienen las resistencias en el proceso. Si ellas no crean el medio ambiente necesario para lograr las condiciones de asepsia, entonces se seguirán manteniendo condiciones desfavorables, es por eso que se debe calcular el consumo de corriente de éstas para seleccionar adecuadamente los dispositivos que las controlarán. La prueba es mediante un ohmmetro que nos indicara la magnitud para los cálculos de consumo y se exponen a continuación:

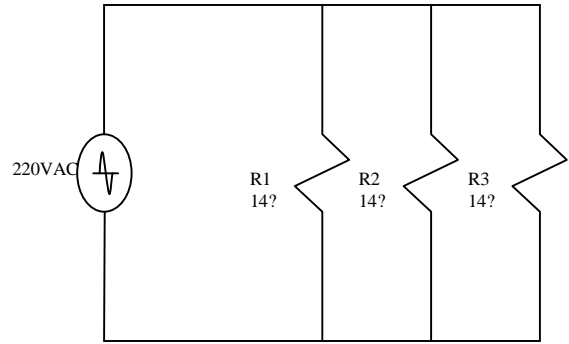
Obtuvimos lecturas promedio de  $14\Omega$  y si sabemos que el voltaje de alimentación es de 220V de AC, aplicando la ley de Ohm  $V = I * R$  y despejando la variable desconocida, obtenemos:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220V}{14\Omega} = 15.7A$$

Que denota el consumo individual de corriente por resistencia, que en el caso de la tina, seria la corriente total de consumo en el momento de operación.

Para el boiler, se conectarán las resistencias como se muestra en la siguiente figura.

Pero también es necesario conocer el valor de la corriente para determinar el dispositivo que lo controlara, para ello, se obtiene una resistencia equivalente total de la forma siguiente



**Figura 5.1.1.1 Arreglo de resistencias del boiler.**

$$R_{EqTotal} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$R_{EqTotal} = \frac{1}{0.0715 + 0.0715 + 0.0715} = 4.66\Omega$$

Ahora debemos calcular la corriente que consumirá el boiler por medio de la ley de Ohm, de la forma siguiente:

$$I = \frac{V}{R_{EqTotal}} = \frac{220V}{4.66\Omega} = 47.21A$$

Con estos simples cálculos, podremos tomar la mejor decisión en la adquisición de los dispositivos nuevos, también el conocer estos valores, nos da la certeza de buscar, bajo nuestras especificaciones lo que este mas acorde a nuestra aplicación y no pagar mas por algo innecesario.

### 5.1.2 Selección de Dispositivos nuevos

Lo primordial sería conocer el presupuesto con que se cuenta para este proyecto, pero las cosas no funcionan así, el cliente espera recibir un dictamen técnico que evidencie las condiciones generales del equipo y una cotización que exhiba el costo por su reparación, para poder determinar el destino de la maquina. El dictamen técnico fue muy desalentador y el gasto por la compra de refacciones se veía excesivo, es aquí donde entra la propuesta de hacer el cambio del control electrónico con un PLC, en este punto cabe hacernos un par de preguntas, quizá tres.

¿Cuál es mi presupuesto?, ¿Que tipo de PLC será el adecuado y de que marca? Y ¿En donde buscar? Definitivamente el presupuesto debe ser el más económico sin perder de vista la calidad y durabilidad de las partes. Bajo mi experiencia, establecí la mejor combinación de partes, cuidando calidad, precio y las necesidades del hospital, generando la siguiente lista de materiales, que fue la base para la cotización presentada al Instituto Nacional de Cancerología (INCAN).

Cant	Dispositivo	Marca	Modelo	Características	Precio
01	Procesador Lógico Programable (PLC)	Allen Bradley	1747-L30D	PLC compacto de la familia de controladores SLC500, 18 entradas polarizadas de 24Vcd, 12 salidas a Triac aisladas en grupos, con rango de 85Vca a 265Vca según el suministro de energía, fuente interna de 24Vcd para alimentación de dispositivos de entrada, chasis de expansión (opcional) que permite instalar un modulo de E/S adicionales o incluso un modulo de E/S especiales.	
03	Arrancador			Arrancador compuesto de un contactor de tres polos para manejar líneas de hasta 220 V de AC, un contacto auxiliar normalmente cerrado; bobina de 110Vca y una protección de sobre corriente de 1-6 A.	
04	Porta fusible				
03	Fusible			De 60 A para la línea principal, de fusión rápida	
01	Fusible			De 1 A para el control	
02	Contactor			De tres polos para manejar líneas de hasta 220 V de AC, un contacto auxiliar normalmente cerrado ; bobina de 110Vca	
20m	Cable			Calibre 12 AWG con aislante de silicón color blanco, especial para alta temperatura.	
100m	Cable			Calibre 14 AWG, rojo, para alambrar la parte de control.	
200m	Cable			Calibre 12 AWG, negro, para alambrar la parte de fuerza.	
06	Indicador luminoso			120 V de AC, en colores verde (2), rojo(1), amarillo(3)	
100	Sujeta cables			12" y 8" de longitud, blancos	
20	Tornillos			En acero al carbón de 3/16" x 1", cuerda estándar, cabeza de gota,	
03m	Tubo termo contráctil	Panduit		Para calibre de cable 12, 14, 16 en color negro	
30	Bases para sujeta cables			Plásticas con adhesivo incluido	
20	Zapata faston			Para cable calibre 12-14 y 14-16	

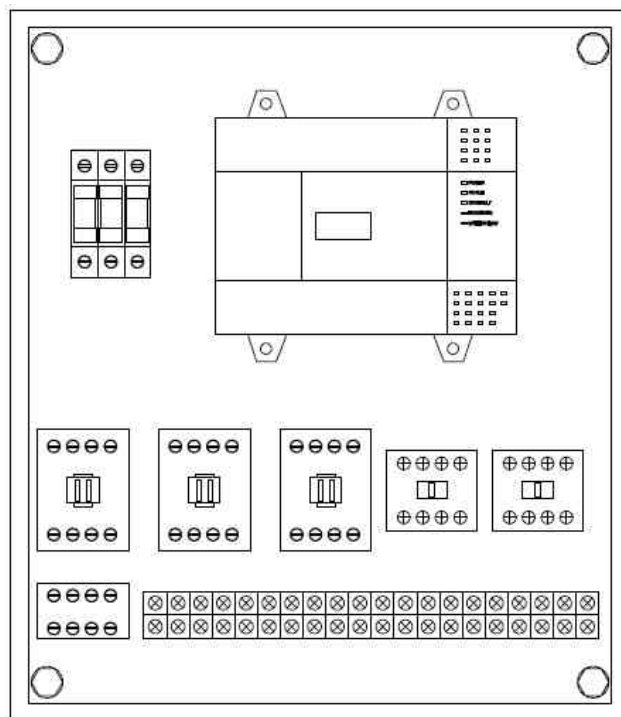
**Tabla 5.1.2.1 Relación de dispositivos nuevos**

Esta relación fue la conclusión de una búsqueda en fuentes como Internet, catálogos y revistas de control y automatización como Festo, Telemecanique, Allen Bradley, Cruzet, e In-Touch), depurando la información, seleccione modelos con características específicas, obtuve contactos directos de representantes o distribuidores de las marcas seleccionadas, establecidos en el distrito federal a

quienes expuse las directrices del proyecto, tratando de obtener ayuda para tomar las mejores decisiones.

### 5.1.3 Reubicación del Control y fabricación del circuito impreso

Anteriormente se hizo mención de algunas “virtudes” subjetivas con las que cuenta la maquina, pero lo que si puede considerarse como virtud, objetivamente hablando, es el tamaño reducido de la tarjeta electrónica de control y en conjunto, todos los componentes electrónicos que fueron pensados para cubrir esta aplicación específica. Desafortunadamente, basados en las estadísticas de mantenimientos correctivos mostradas por el departamento de biomédica y que por ética consideramos como información confidencial, podemos suponer que existen fallas de diseño. Esto, aunado a las condiciones adversas de humedad y temperatura existentes en el interior de la maquina, vuelven prioridad, sacar los componentes de control para reubicar un nuevo gabinete que lo albergue. La propuesta es un gabinete de 60cm de alto, 60cm de ancho y 40 cm de fondo, con placa de fondo para el montaje, puerta abatible derecha o izquierda invariablemente y chapa con llave de seguridad, a continuación se muestra un esquema de la distribución de los dispositivos de control a instalar en el interior del gabinete.



**Figura 5.1.3.1 Distribución de los dispositivos de control**

La ubicación del gabinete de control dependerá, primordialmente, de las recomendaciones del usuario, con la aclaración de que puede estar alejado de la maquina y que la comunicación con los dispositivos de trabajo podrá ser mediante tubería rígida o flexible. Acerca de la botonera para los comandos de operación, como se comentó en el sub capítulo 5.1.1, no se re-usará debido a la complejidad para aislar la parte de lógica digital, si su función es tan básica, resulta el mismo trabajo diseñar un nuevo circuito impreso que modificar y acondicionar la tablilla original. El diseño del circuito impreso se muestra a continuación:

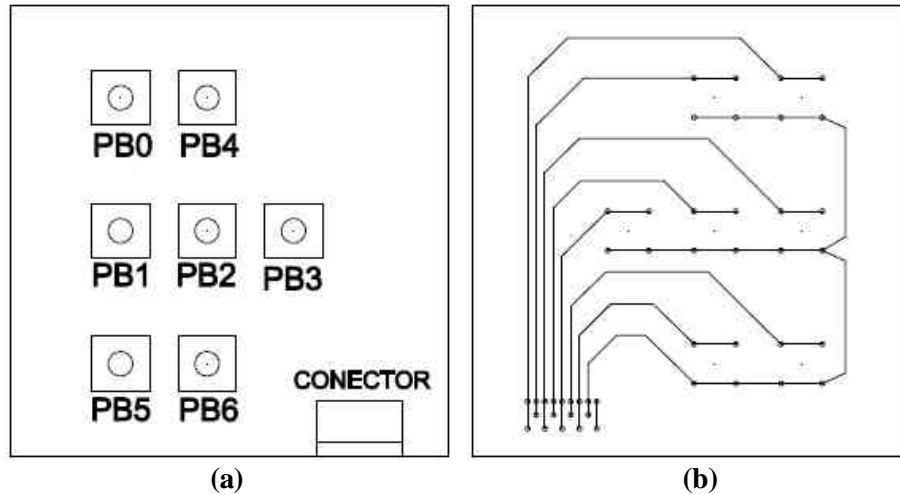


Figura 5.1.3.2 Diseño de circuito impreso (a) Frontal, (b) Posterior

### 5.1.4 Instalación de los componentes

Los componentes de trabajo como son las bombas, solenoides, resistencias de calentamiento y sensores, permanecen en el mismo lugar, ya que su instalación forma parte del diseño mecánico de la maquina, la botonera, como ya lo hemos mencionado, fue diseñada con las mismas dimensiones que la tablilla original, debido a que existe sobre la cubierta inferior, una membrana dispuesta para accionar los micro interruptores de la tarjeta, los orificios de fijación y la instalación de los botones es la misma para asegurar su buen funcionamiento.

La instalación de los componentes del control, como se menciona anteriormente, es muy sencilla, gracias a los avances tecnológicos que los fabricantes ponen en sus diseños, ahora los componentes son hechos pensando en que su instalación, cambio o mantenimiento sea practico, esto es, que los componentes del control se montan sobre un riel, que es el que se fija en la placa de montaje y sobre éste, se presionan las partes y automáticamente quedan sujetos.

Por otra parte, el PLC se instala sólida e individualmente con tornillos, mediante sus lengüetas de fijación, es muy importante tomar en cuenta que el PLC requiere de una buena ventilación, por esto, el fabricante recomienda que se instale siguiendo la orientación y los espacios mínimos mostrados en la siguiente figura, para permitir la ventilación, el rango de temperatura dentro del gabinete debe mantenerse entre 0°C y 60°C.

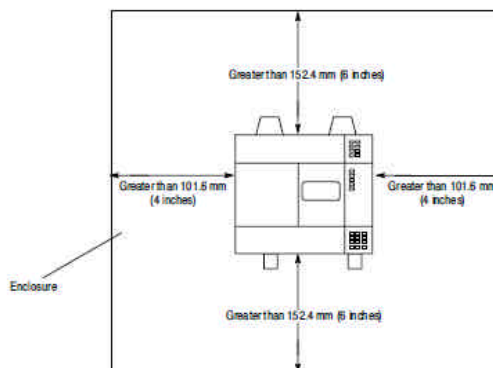
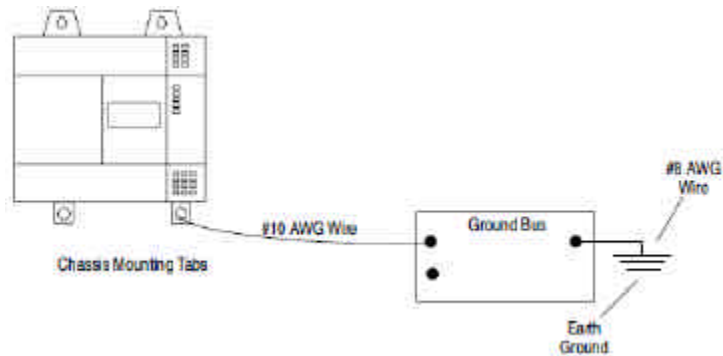


Figura 5.1.4.1 Requerimientos de Instalación para el PLC

El cableado eléctrico se renovó en su totalidad, para los motores se utilizó cable calibre 12 AWG, para las resistencias cable calibre 12 AWG con aislamiento de silicón especial para alta temperatura, esto para evitar el recalentamiento y la carbonización debidos al flujo de corriente que como se determinó anteriormente, es considerable. Para las entradas y salidas del PLC se utilizó cable calibre 14 AWG y cable BELDEN multiconductor 4X18. La conexión a tierra se hizo con cable calibre 14 AWG, esta conexión es muy importante ya que en sistemas de control de estado sólido, esta conexión ayuda a limpiar los efectos de ruido originados por interferencias electromagnéticas, esto se muestra en la figura siguiente.



**Figura 5.1.4.1 Conexión a tierra del controlador**

### 5.1.5 Diagramas de conexiones

En primer lugar denotamos la simbología que utilizaremos para los dispositivos de entrada y salida del PLC, estos se muestran en el diagrama general y se referencian en la tabla de entradas y salidas del PLC, anexa en el mismo diagrama, dicha simbología se muestra en la siguiente imagen:

This Symbol	Represents Typical Input Device
	Mechanical switch
	Solid-state switch

This Symbol	Represents Typical Output Device
	Solenoid
	Control relay

**Figura 5.1.5.1 Simbología de dispositivos de E/S**

El Diagrama general que resulta de la modificación del control y la parte eléctrica es el que se muestra en la siguiente imagen:



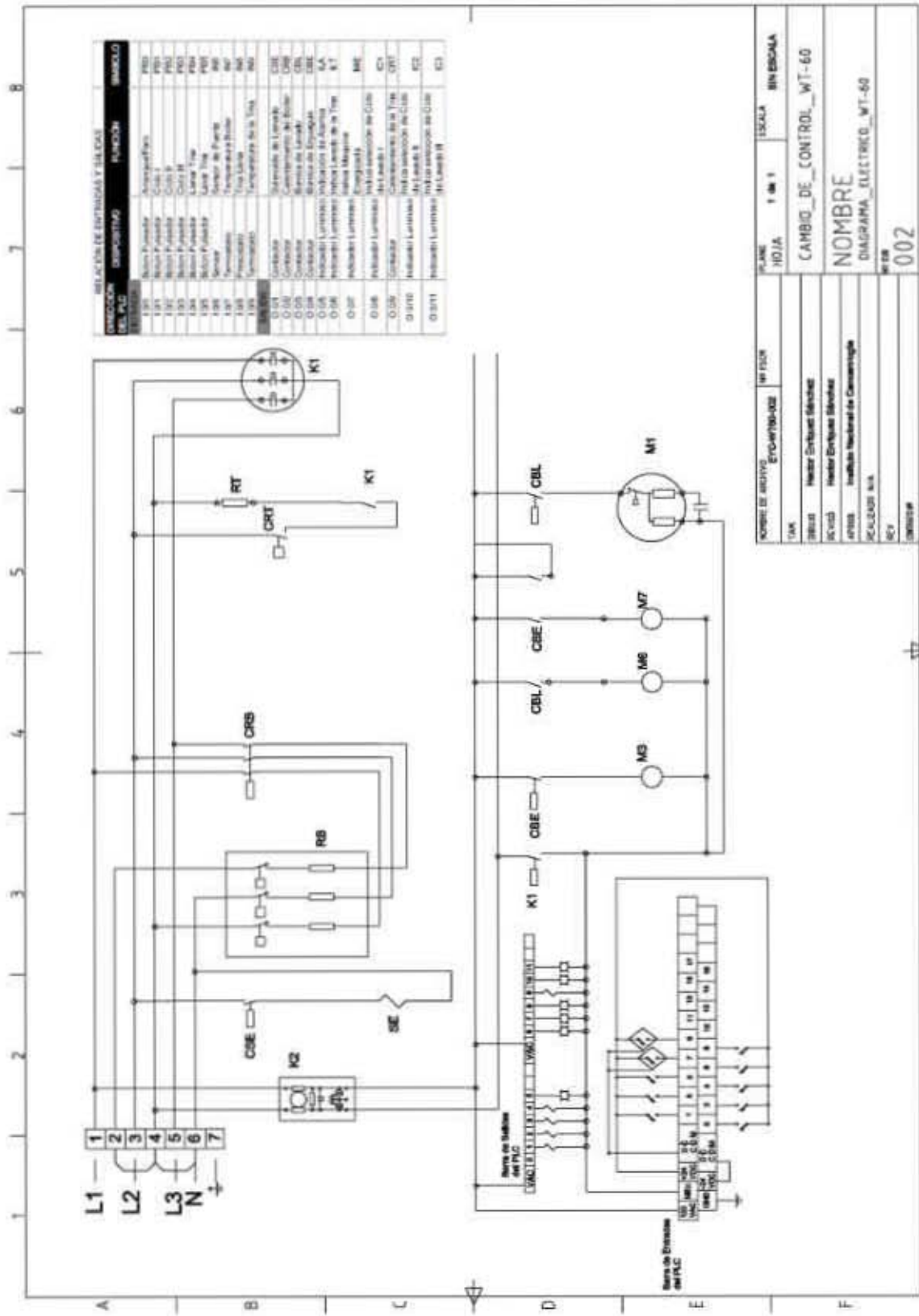
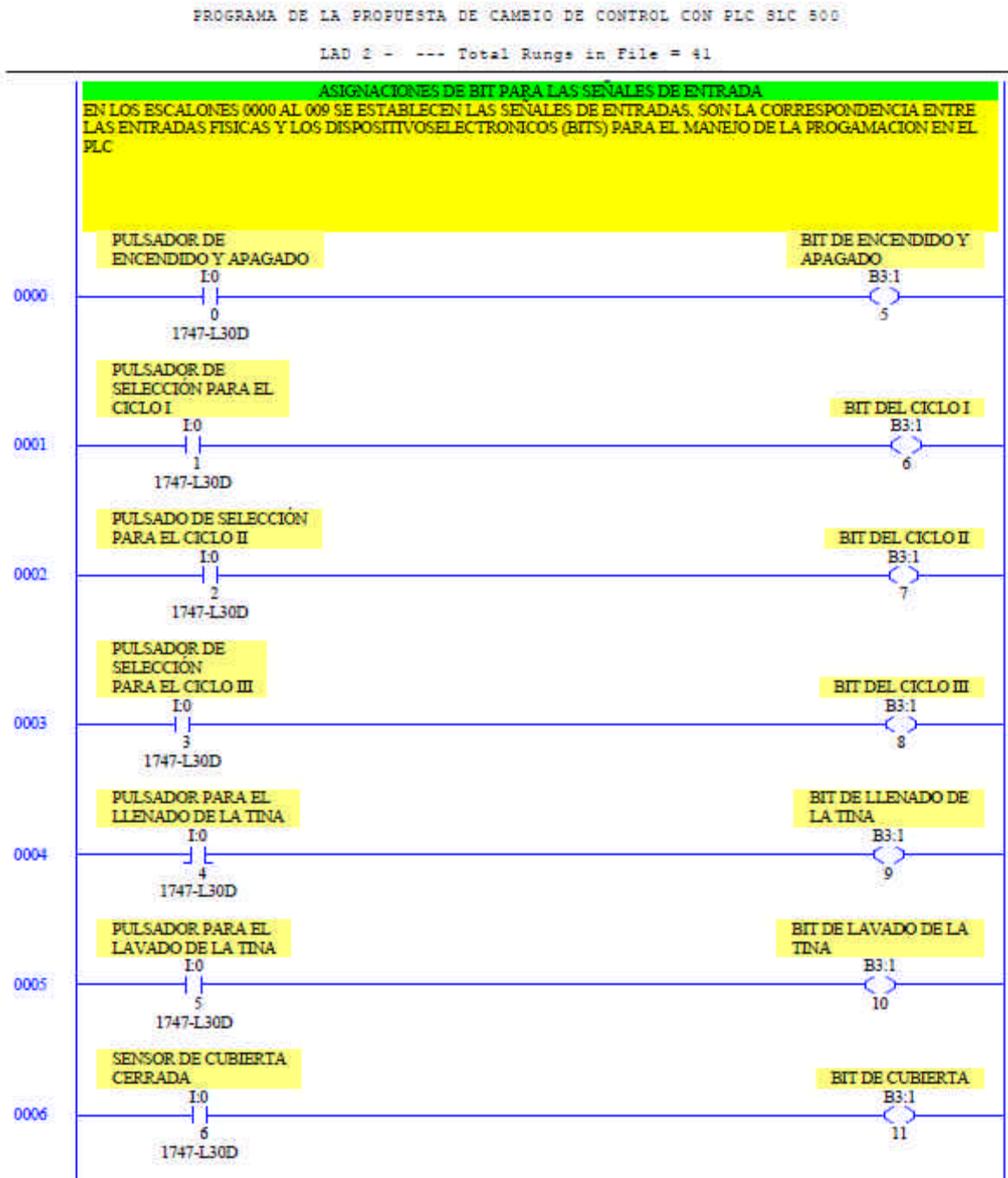


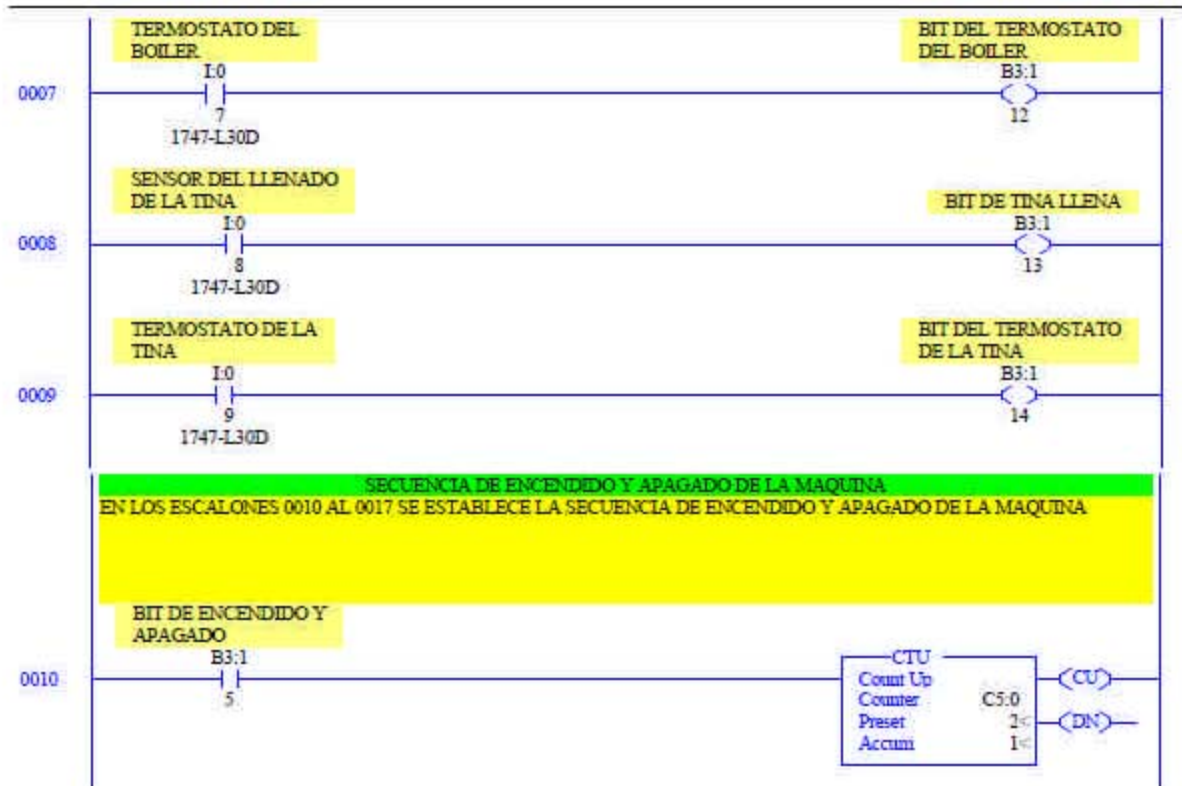
Figura 5.1.5.2 Diagrama general con las modificaciones eléctricas y de control

## 5.2 Etapas de Programación del PLC

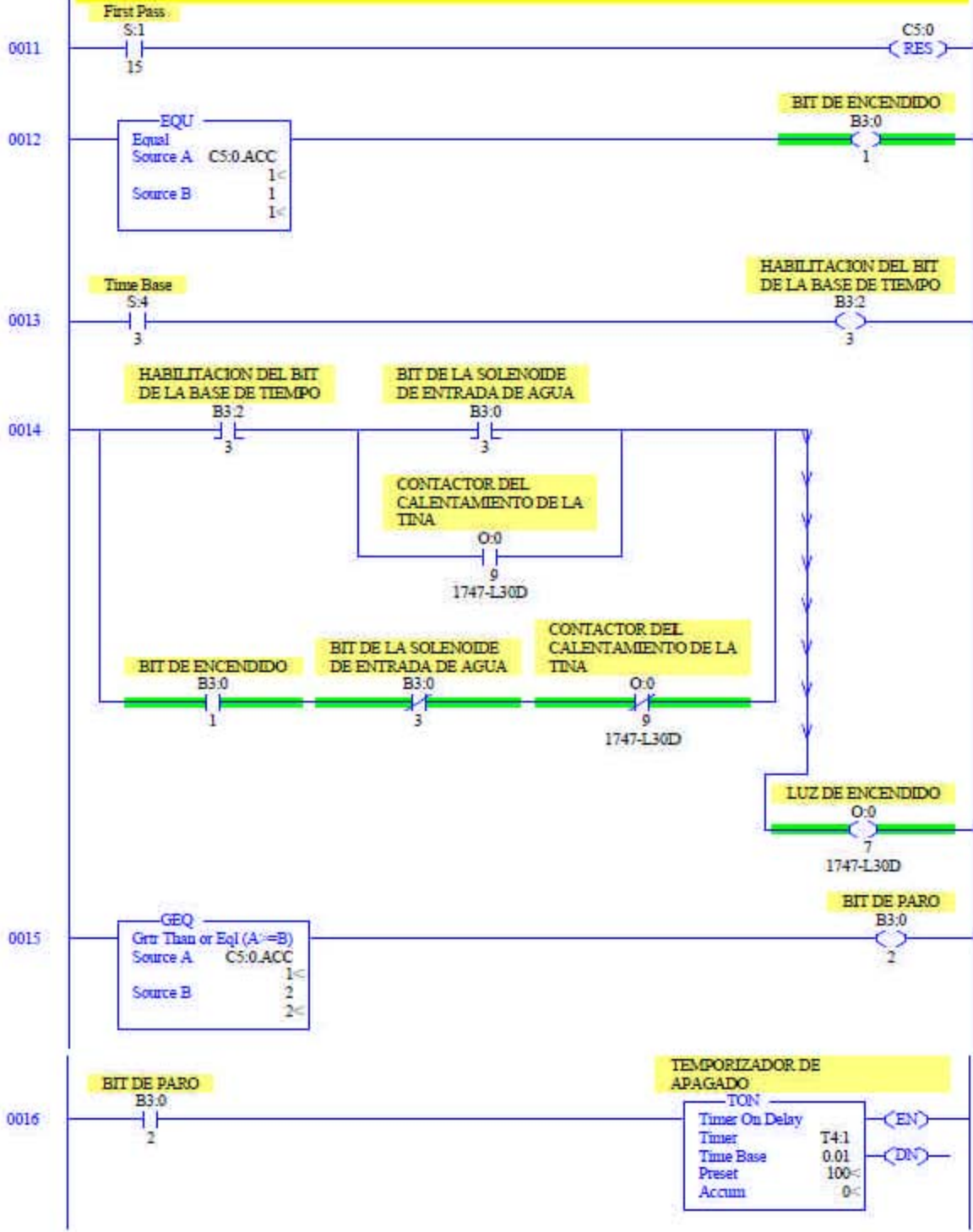
Como hemos dicho a lo largo de este documento, el orden y la organización son parte fundamental para el logro de los objetivos, por ello presentamos el programa del PLC a través de las secciones en las que fue desarrollado.

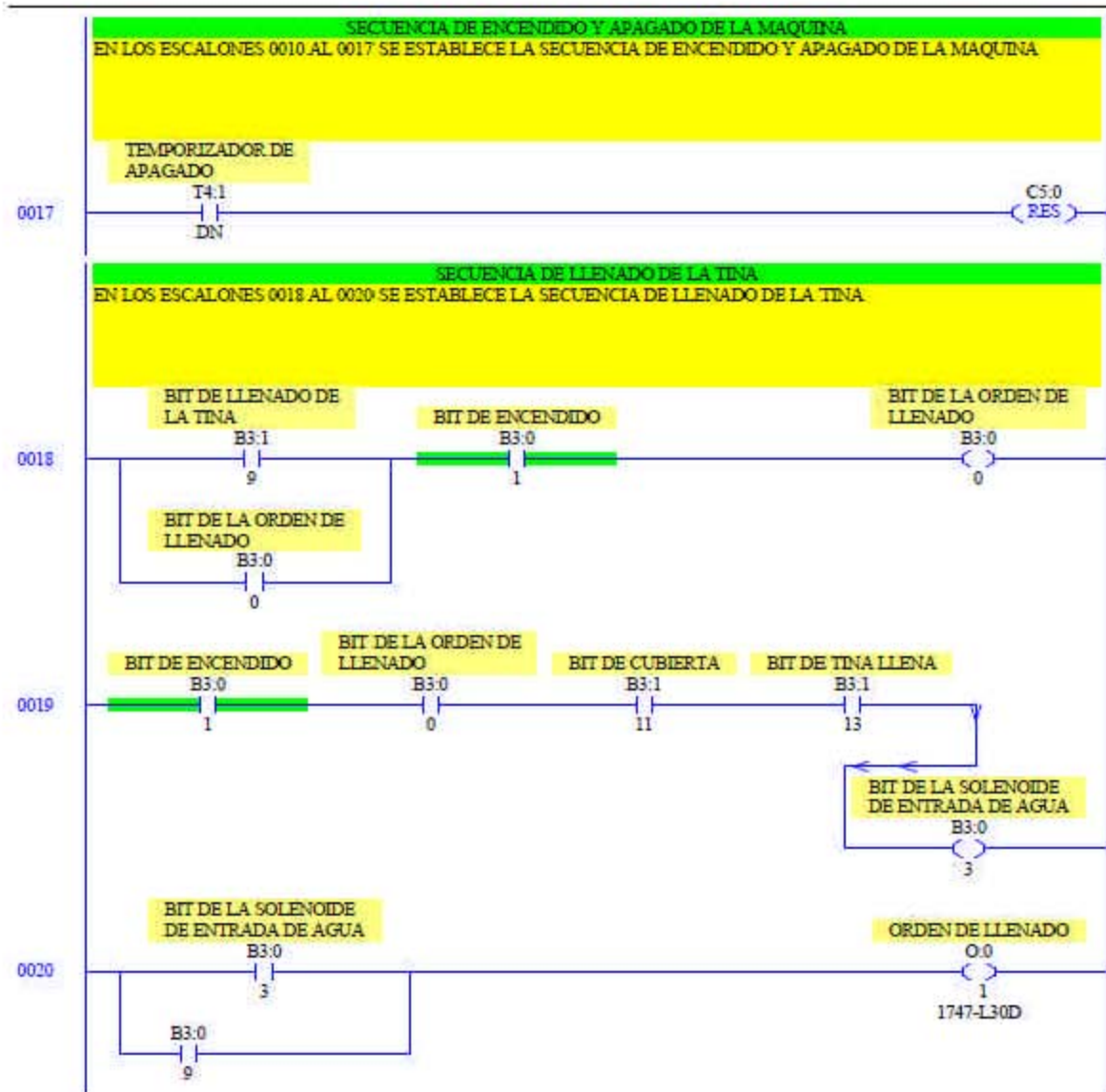
### 5.2.1 Programa principal





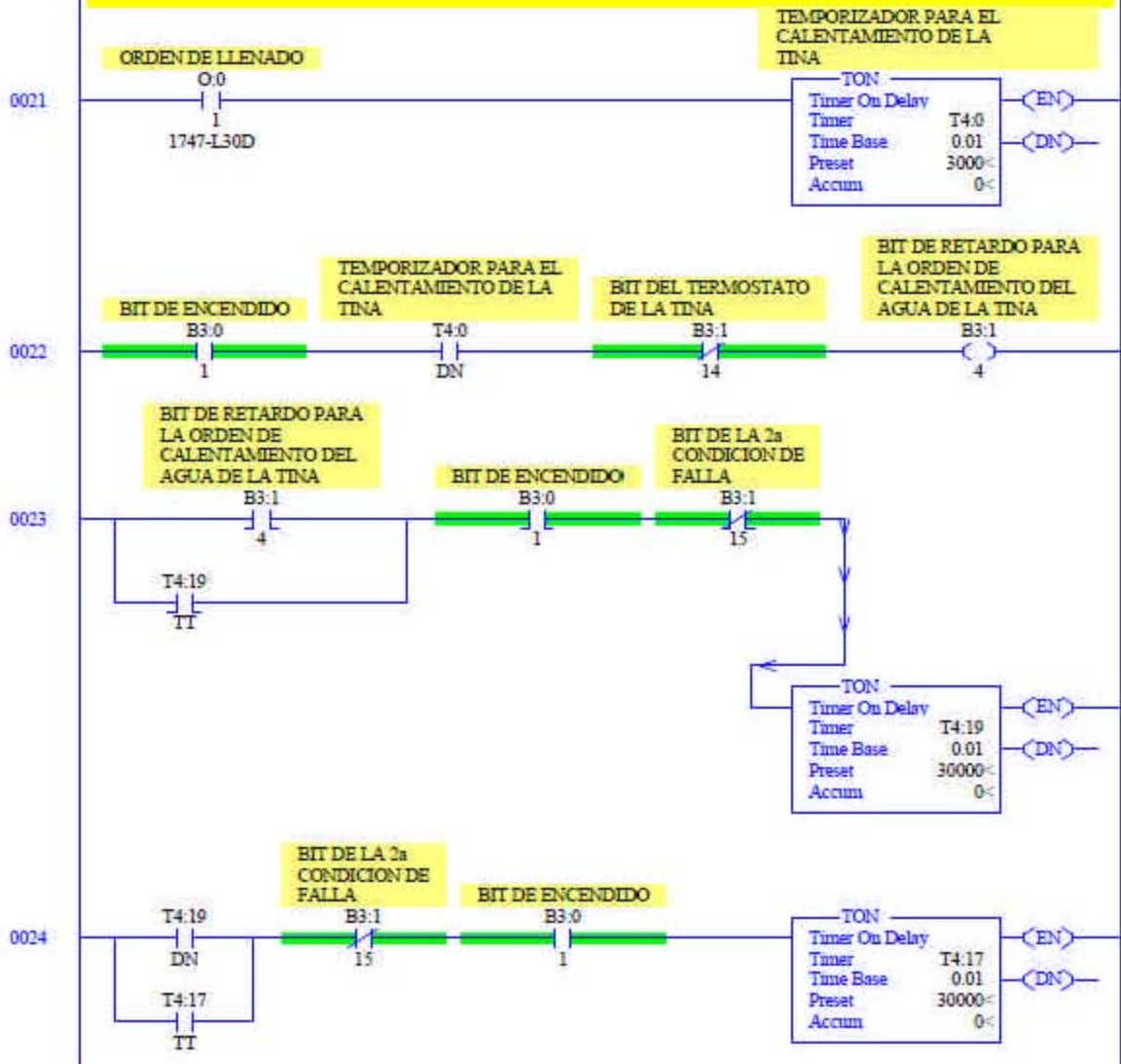
**SECUENCIA DE ENCENDIDO Y APAGADO DE LA MAQUINA**  
 EN LOS ESCALONES 0010 AL 0017 SE ESTABLECE LA SECUENCIA DE ENCENDIDO Y APAGADO DE LA MAQUINA

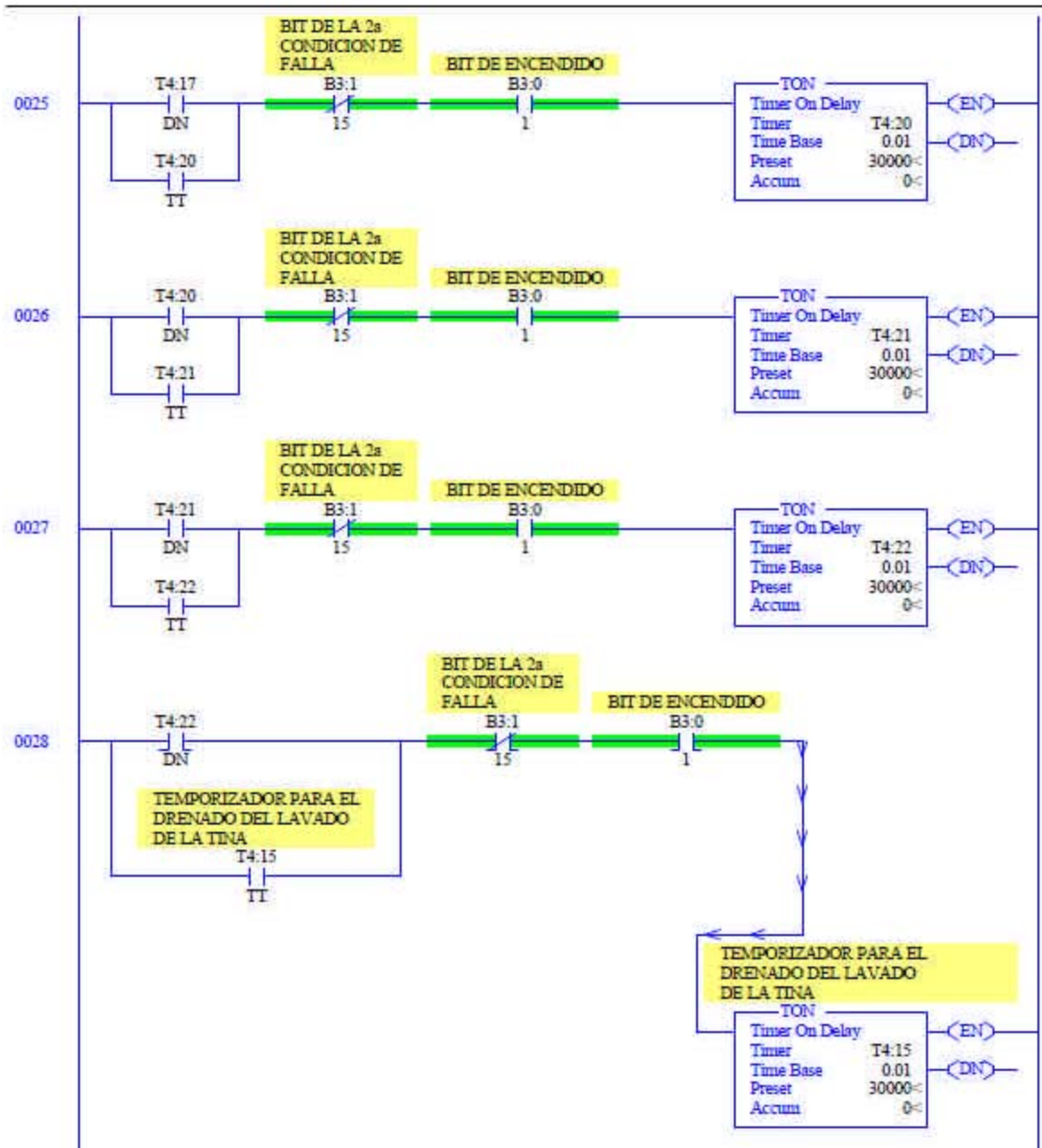


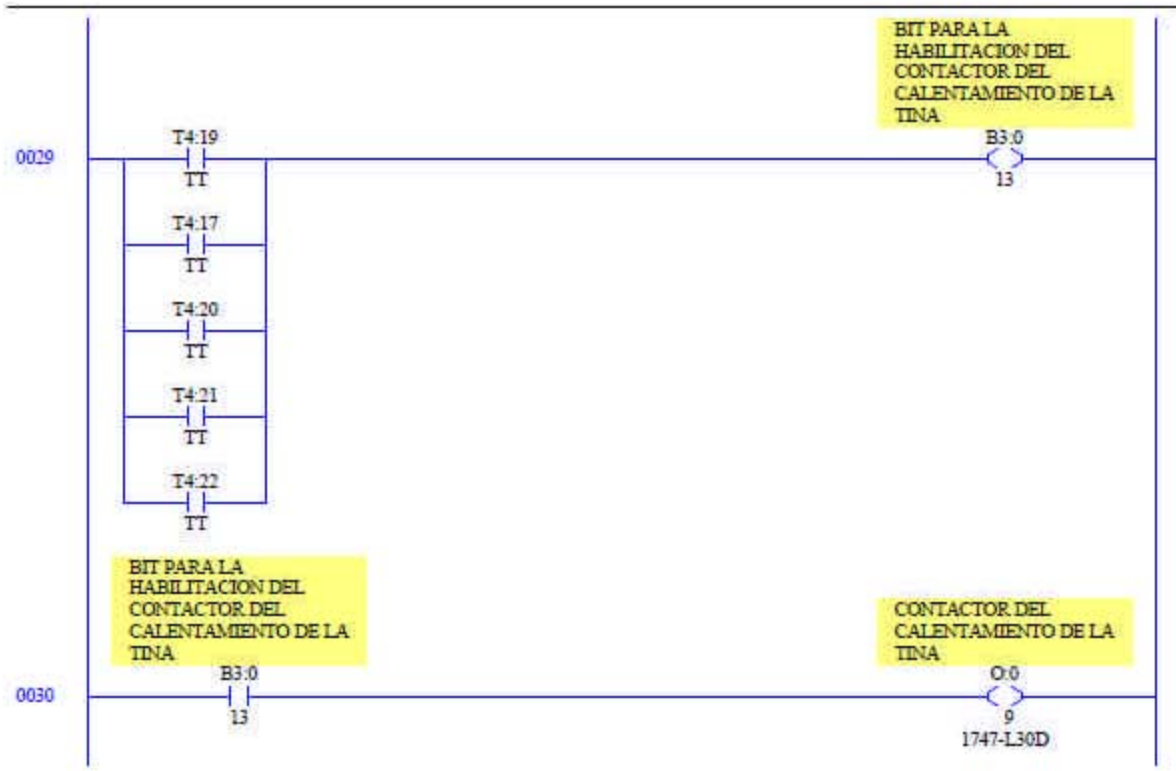


**SECUENCIA DE CALENTAMIENTO DE LA TINA**

EN LOS ESCALONES 0021 AL 0030 SE ESTABLECE LA SECUENCIA DE CALENTAMIENTO DEL AGUA DE LA TINA. CON UN RETARDO PARA EL INICIO DEL CALENTAMIENTO, ESTE RETARDO ASEGURA QUE HAYA AGUA EN LA TINA PARA COMENZAR EL PROCESO DE CALENTAMIENTO Y UNA SEÑAL DE SEGURIDAD PARA GARANTIZAR LA OPERACION DE LA RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO, YA QUE SI ESTA TRABAJARA SIN AGUA SE DAÑARIA DE INMEDIATO



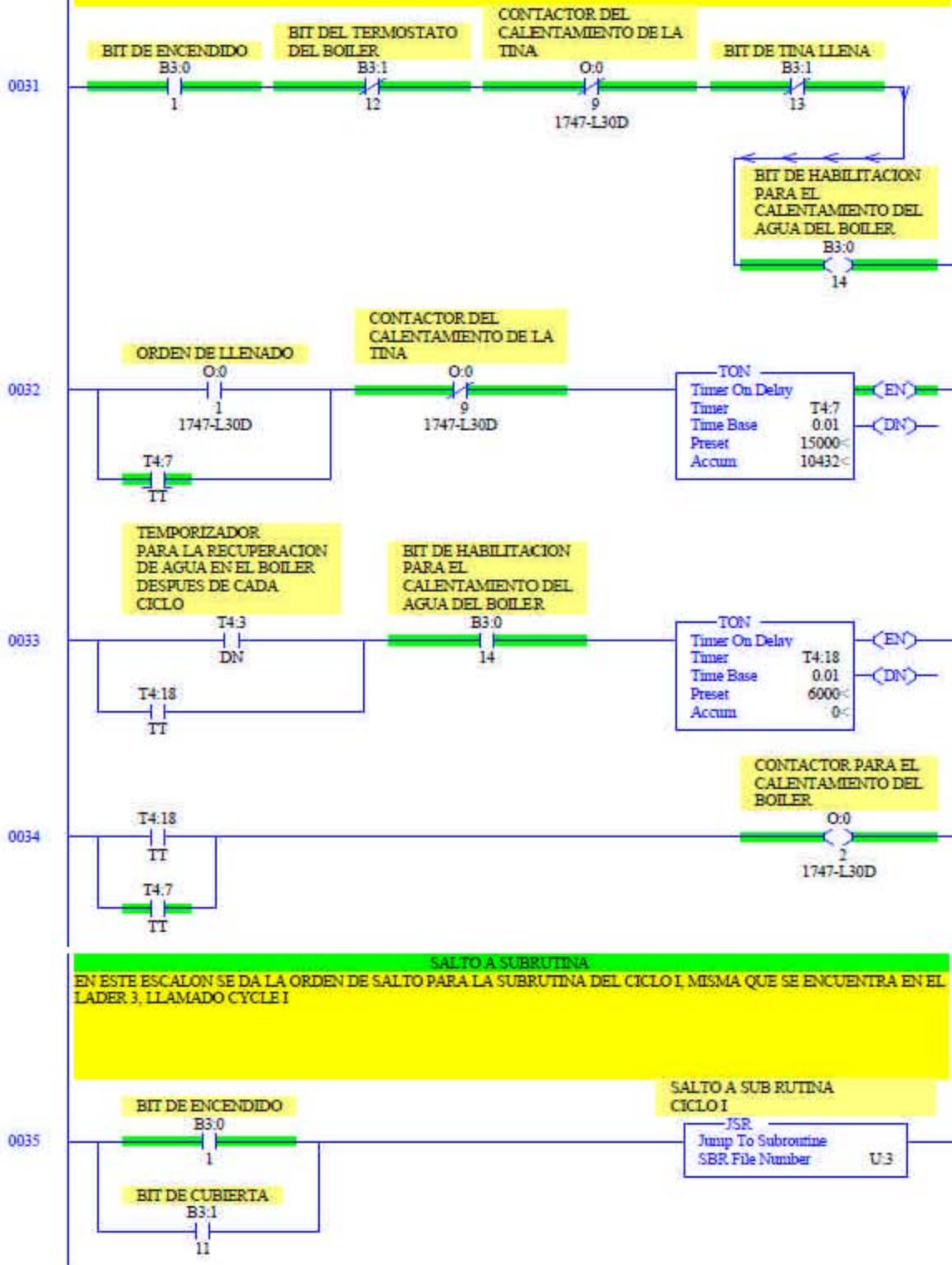


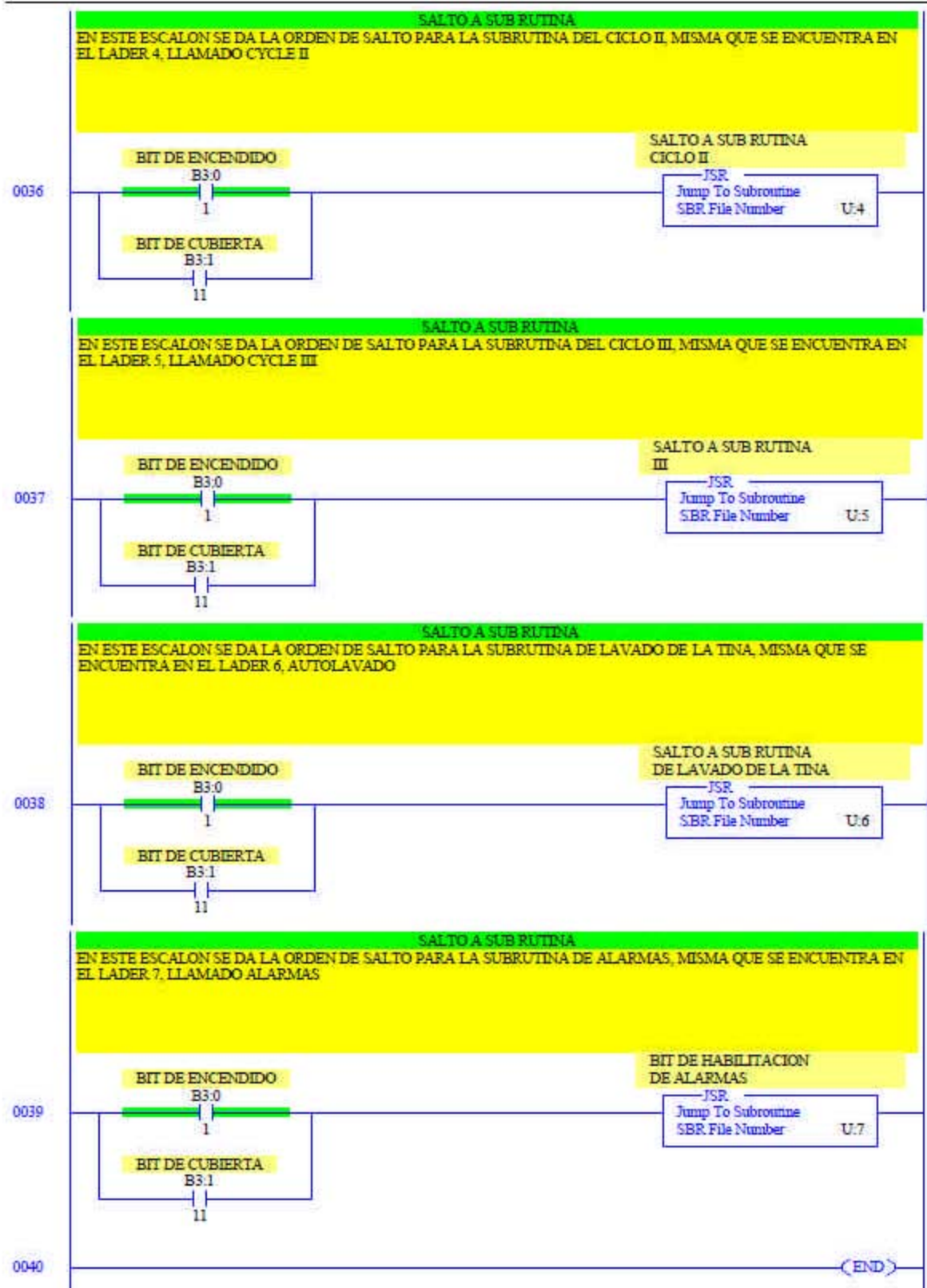




**SECUENCIA DE CALENTAMIENTO DEL BOILER**

EN LOS ESCALONES 0031 AL 0034 SE ESTABLECE LA SECUENCIA DE CALENTAMIENTO PARA EL AGUA DEL BOILER, QUE ES LA PREPARACION PARA LA ETAPA DE ENJUAGUE

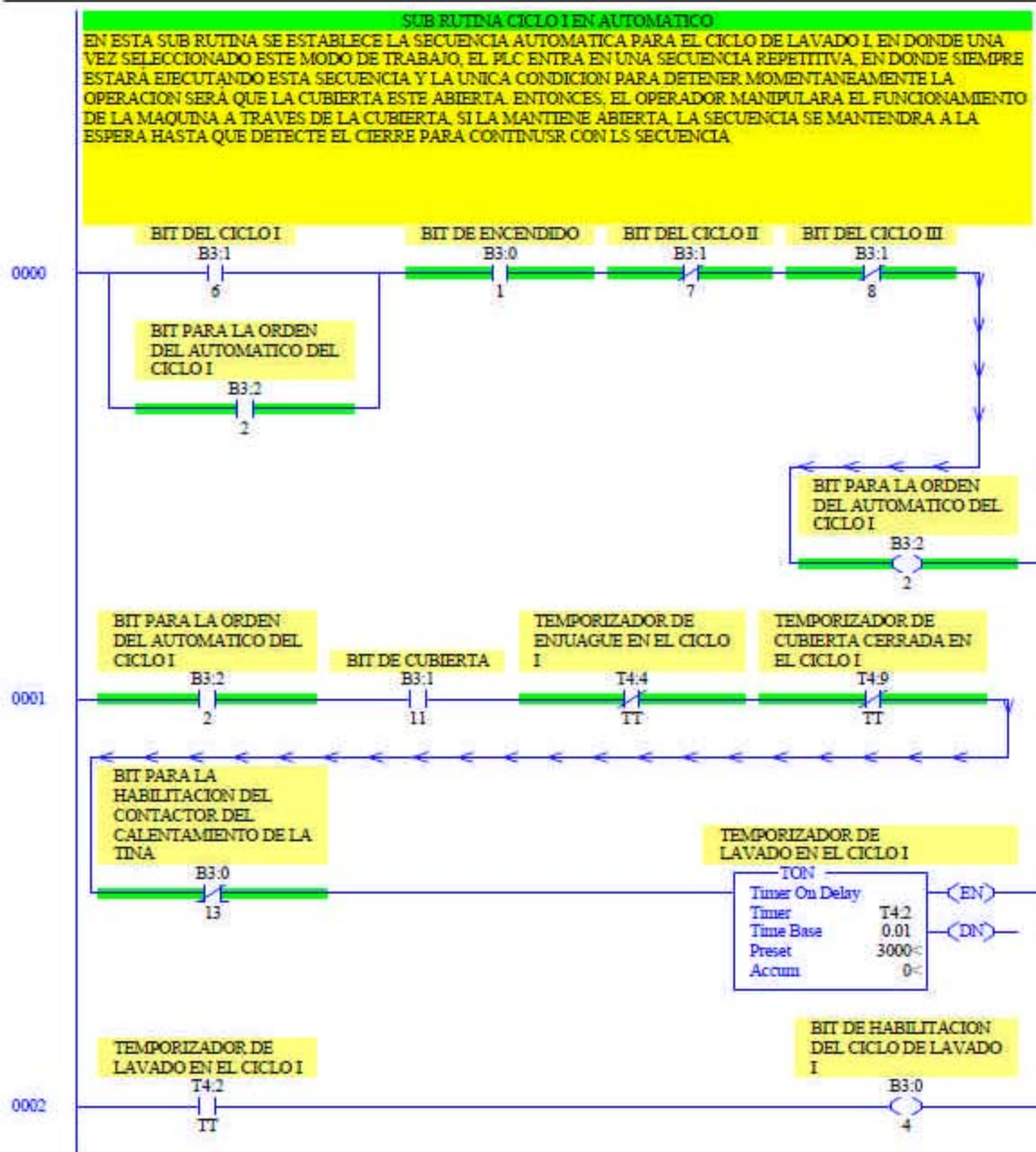


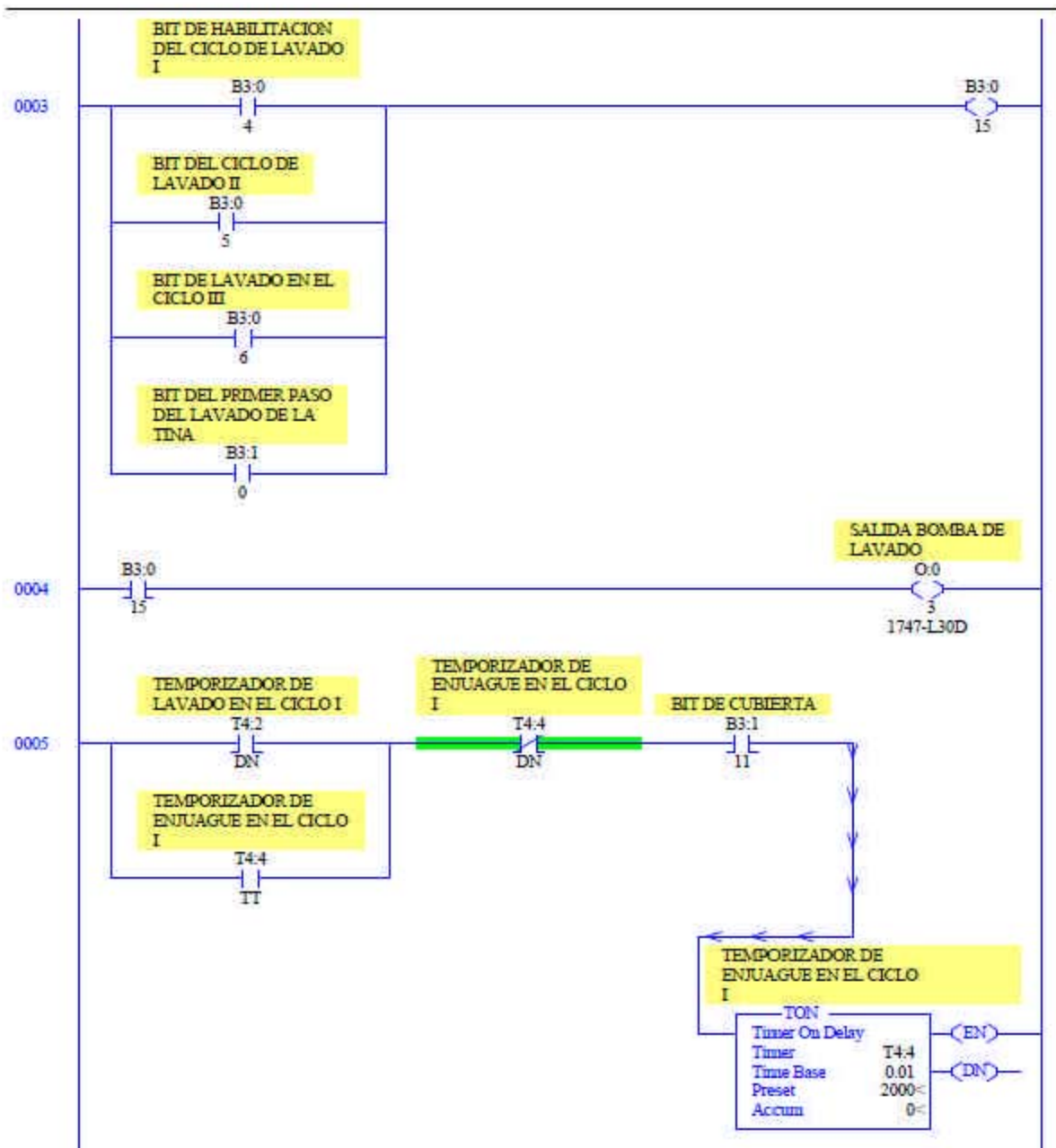


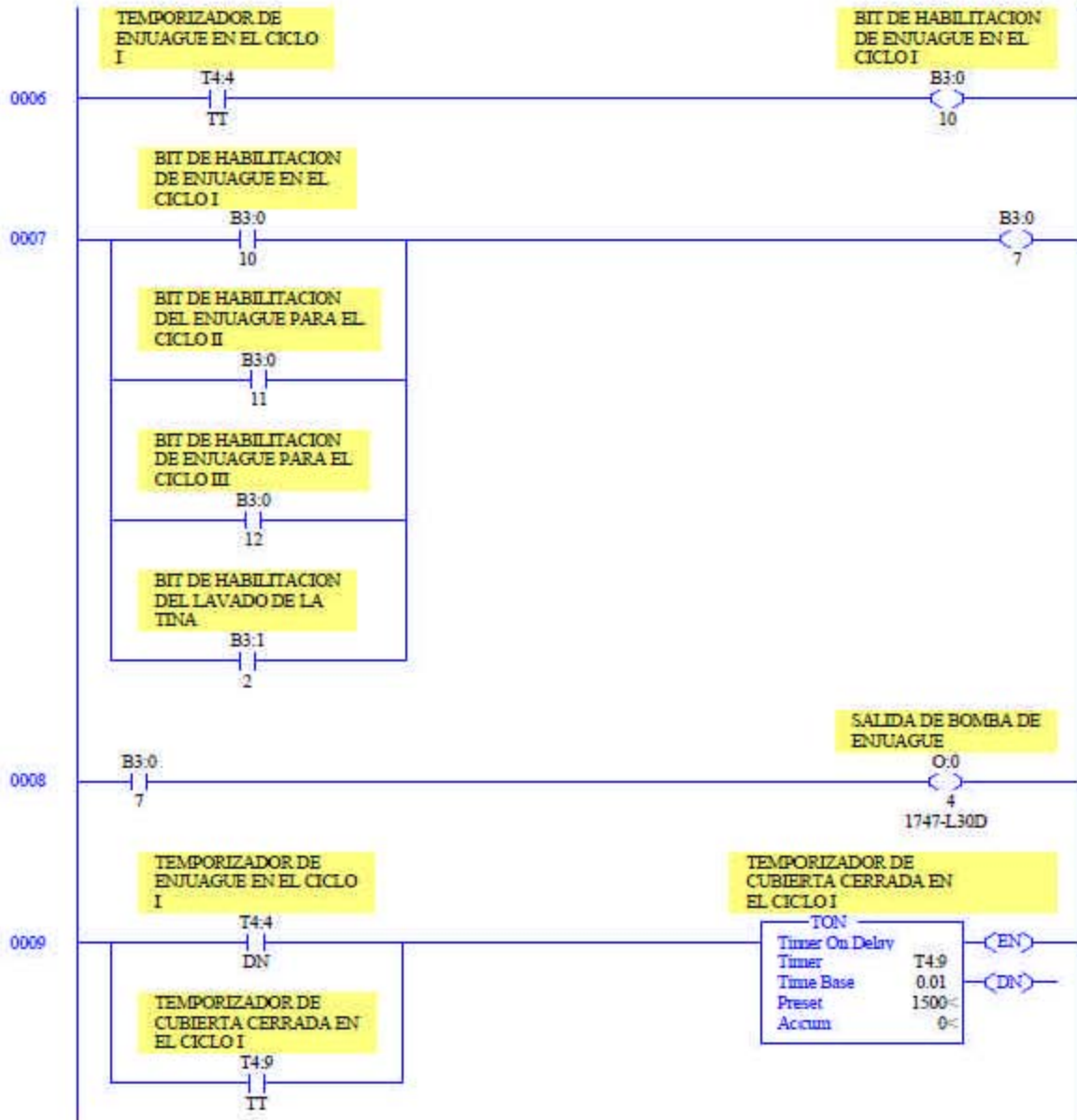
## 5.2.2 Secuencias de los Ciclos I, II y III

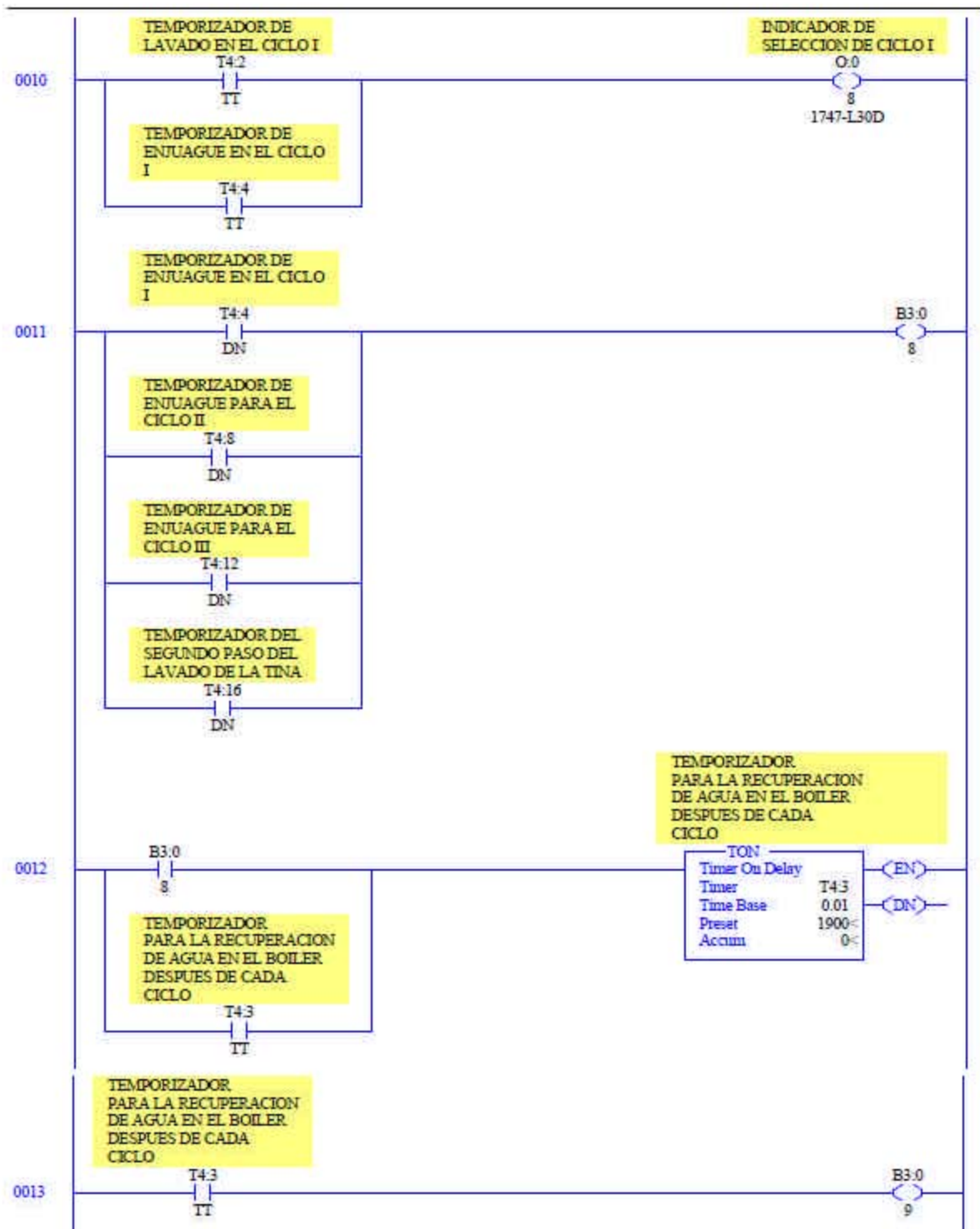
PROGRAMA DE LA PROPUESTA DE CAMBIO DE CONTROL CON PLC SIC 500

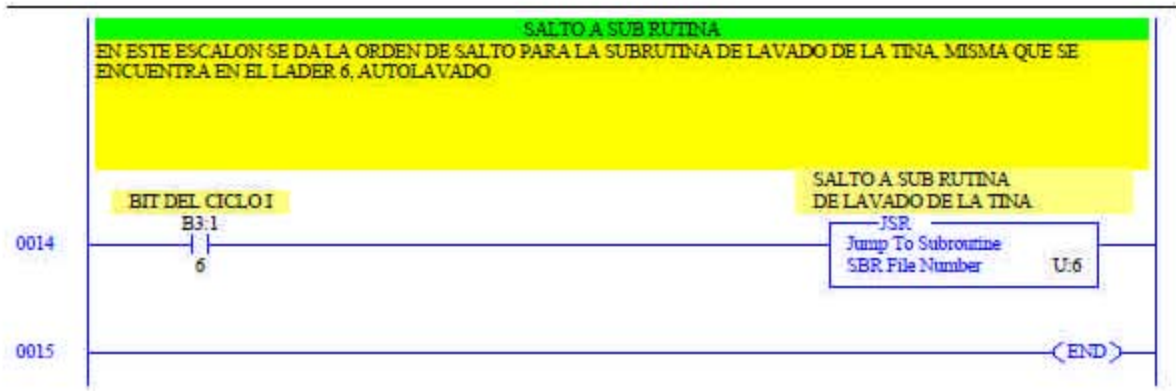
LAD 3 - CYCLE I --- Total Rungs in File = 16

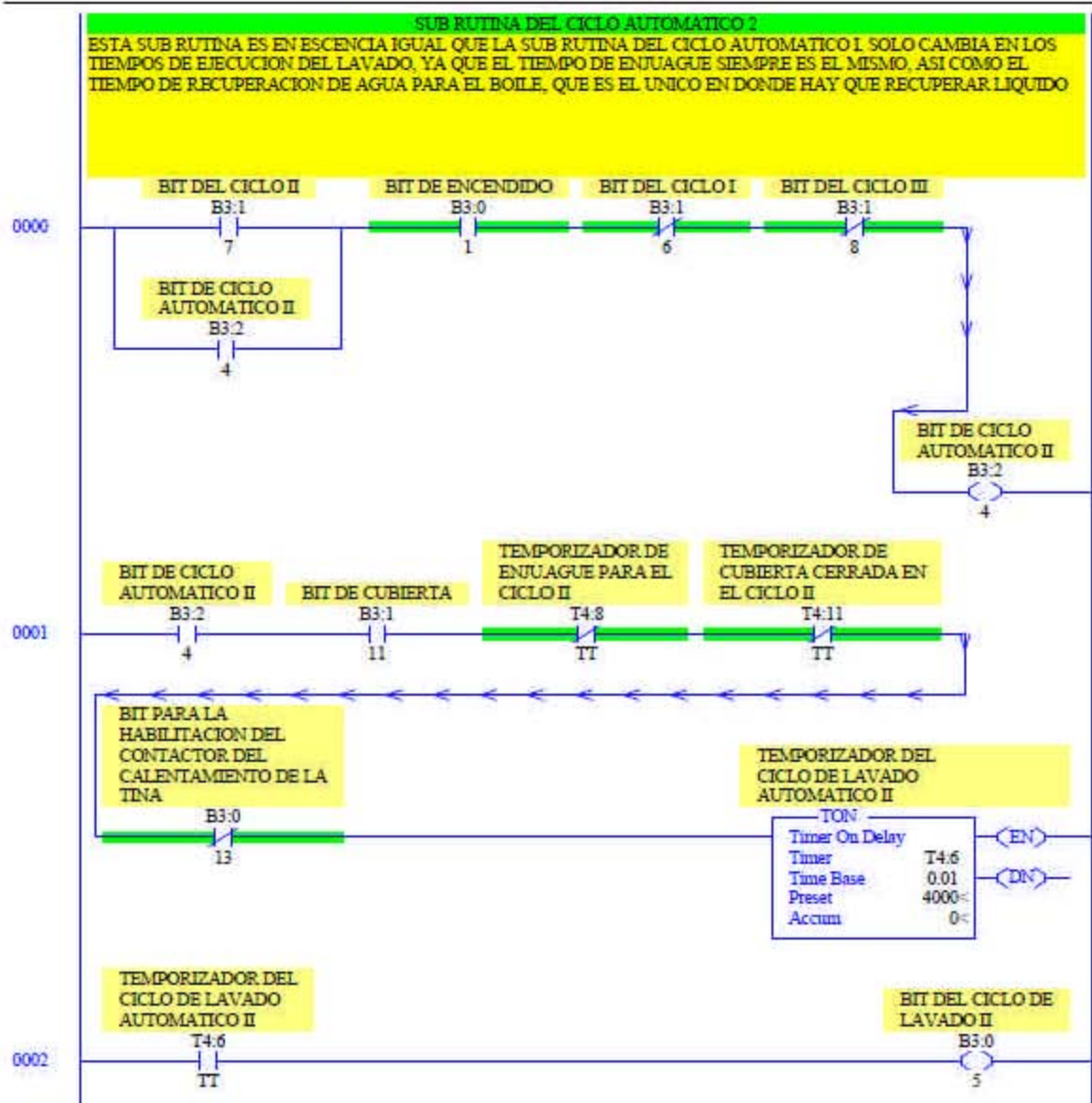




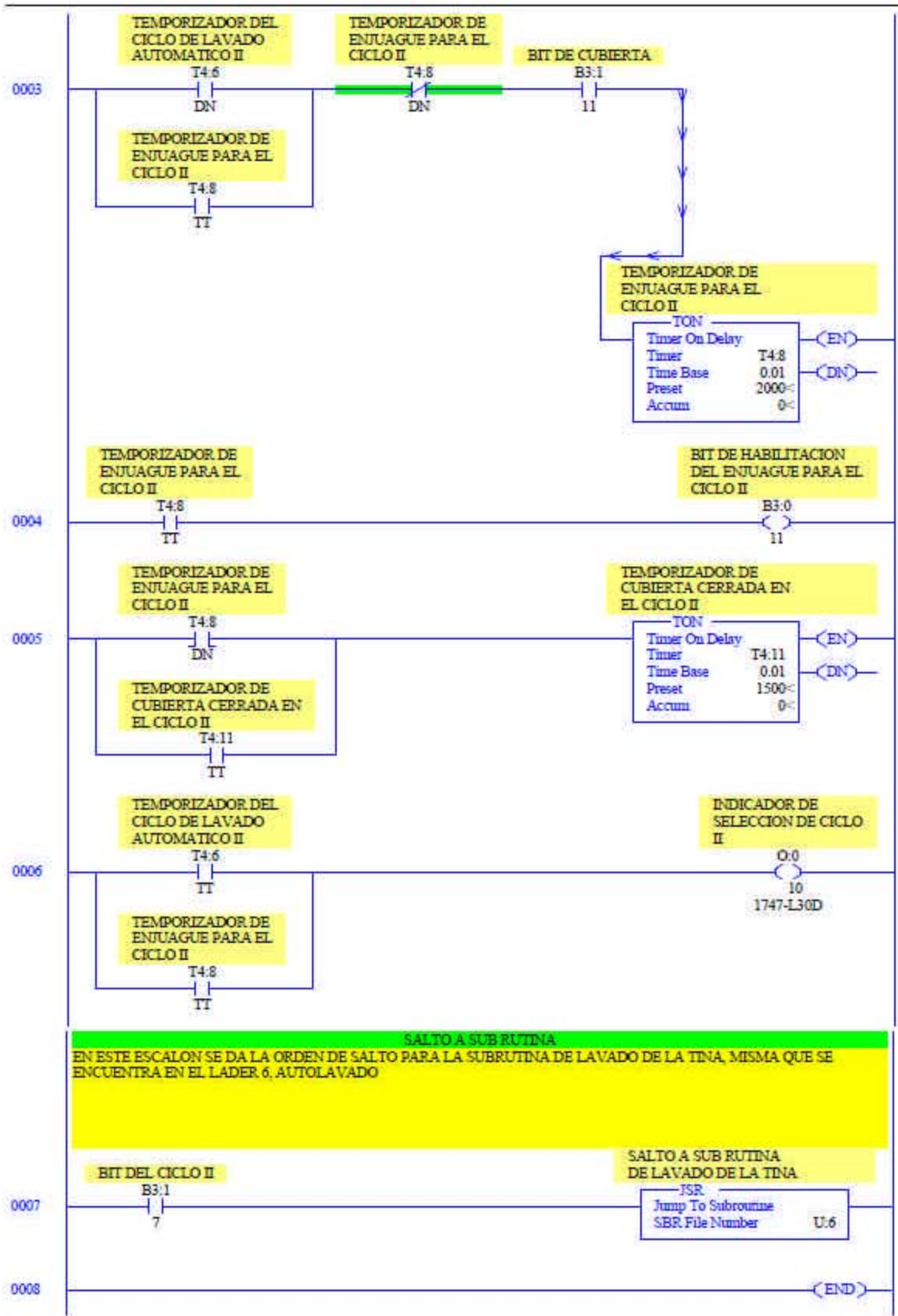


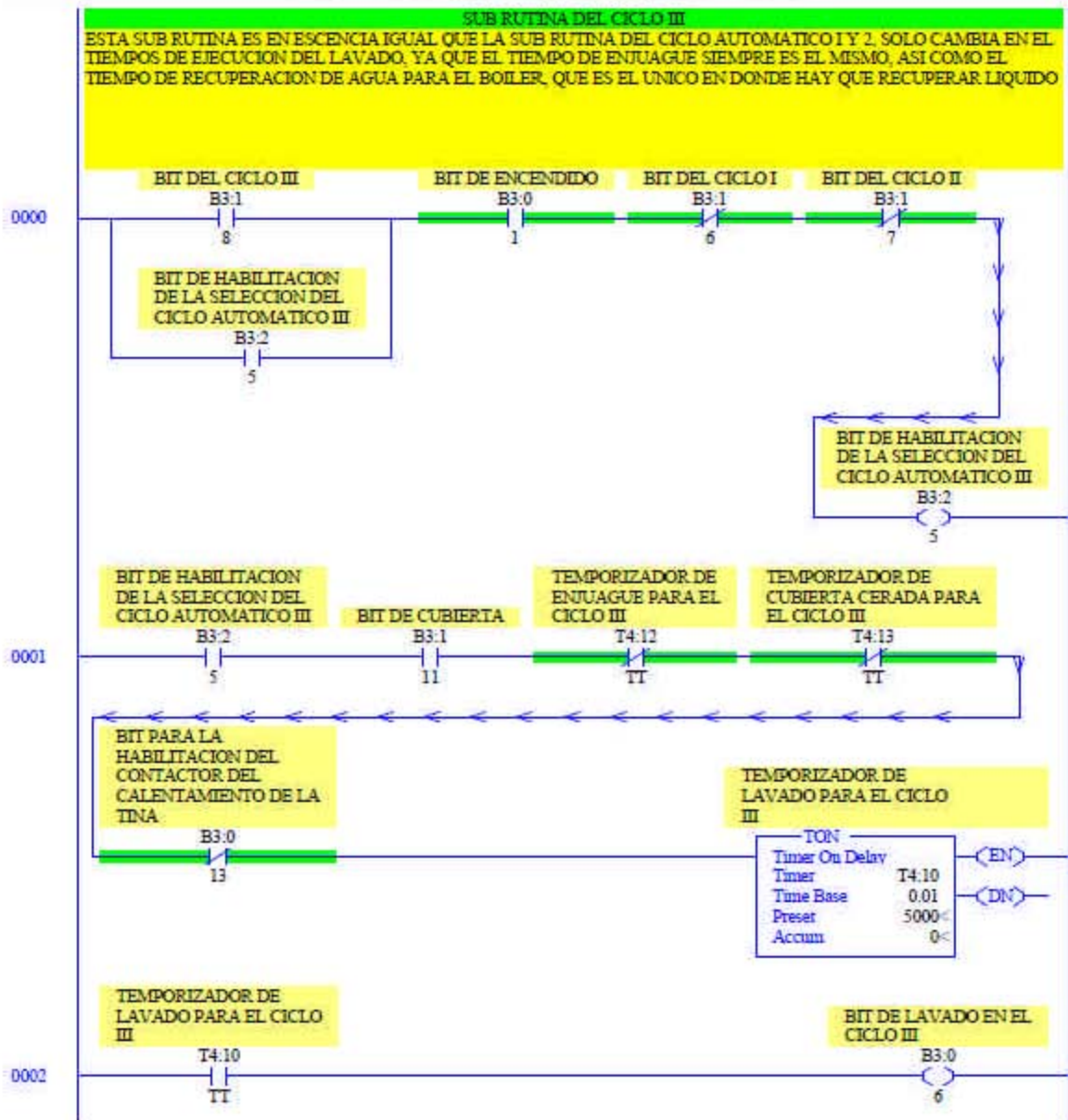


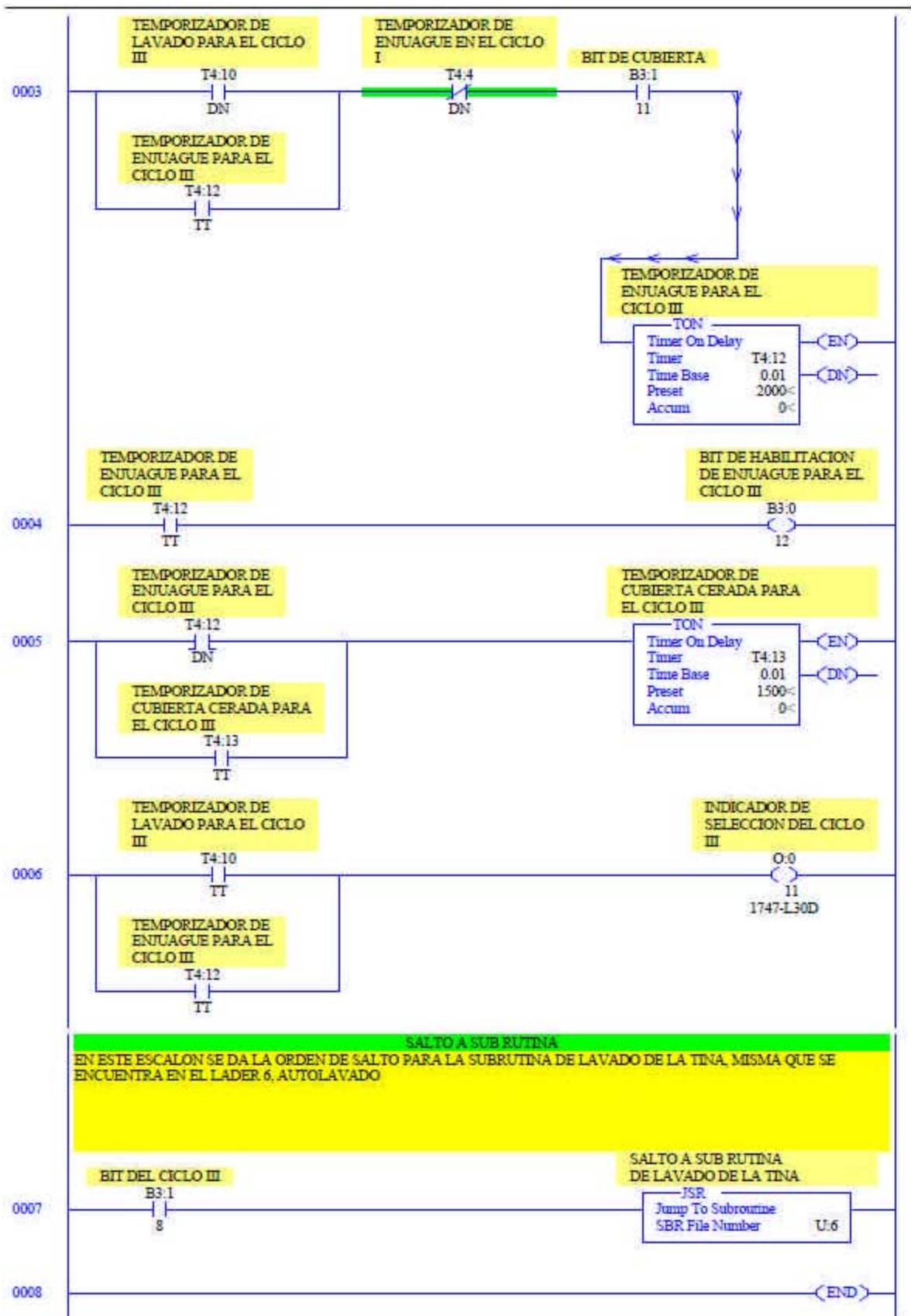








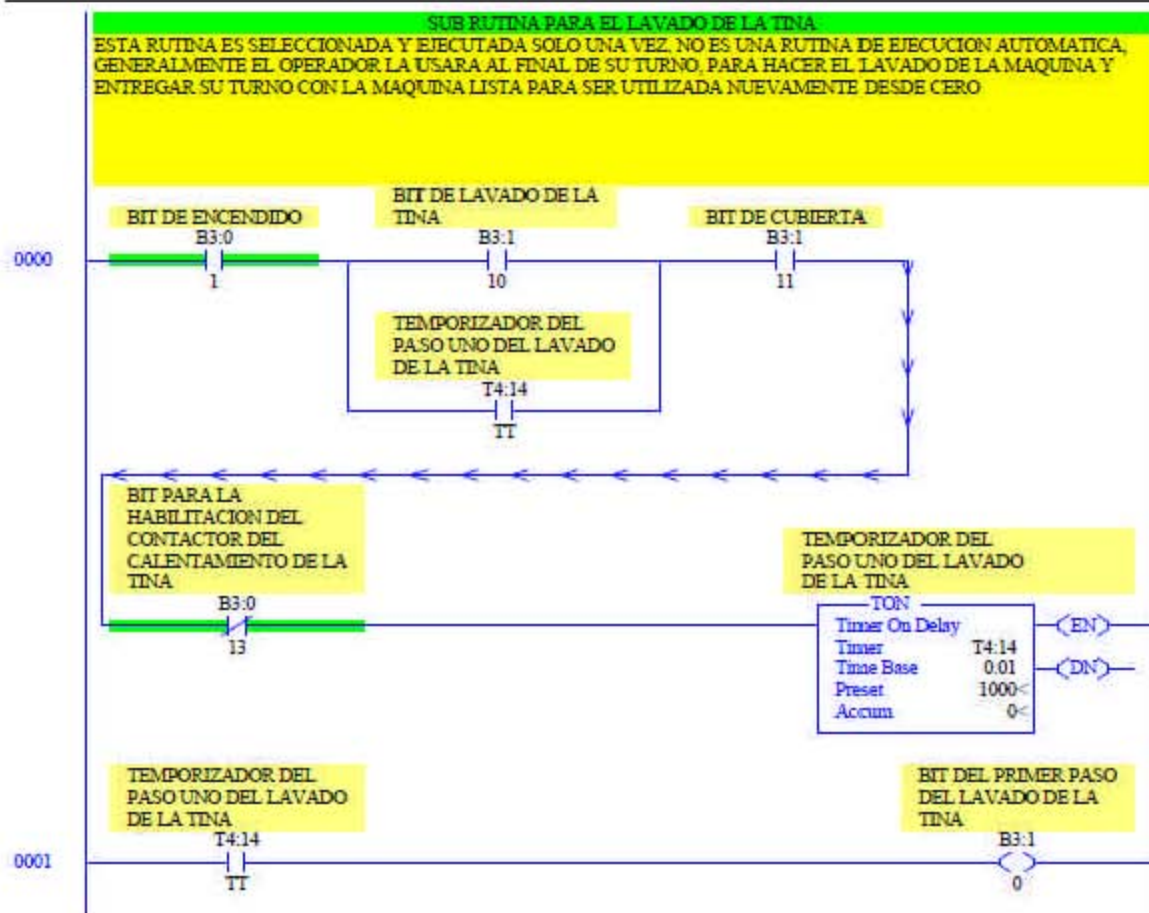


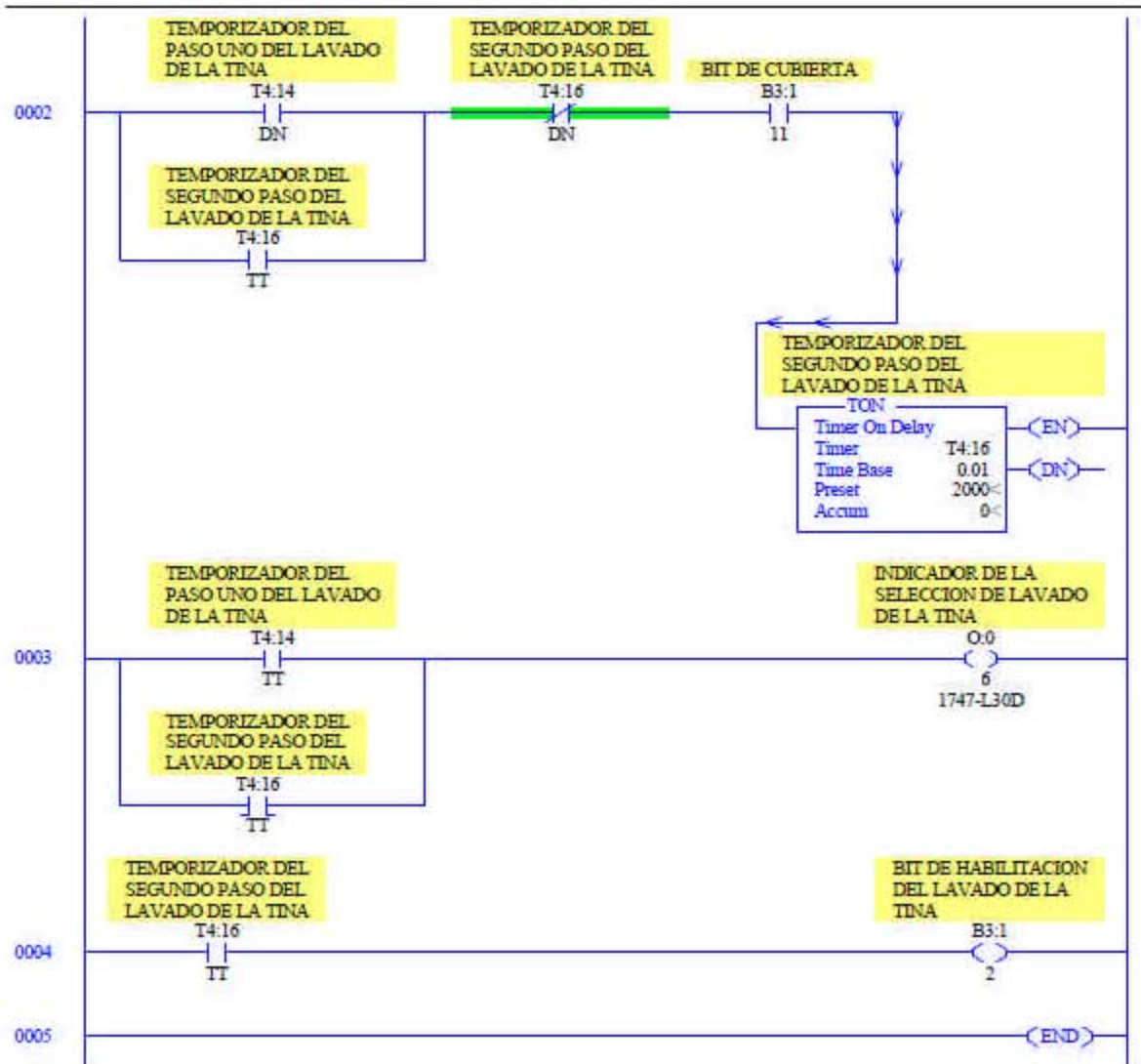


## 5.2.3 Secuencia de Auto Lavado

PROGRAMA DE LA PROPUESTA DE CAMBIO DE CONTROL CON PLC SLC 500

LAD 6 - AUTOWASH --- Total Rungs in File = 6

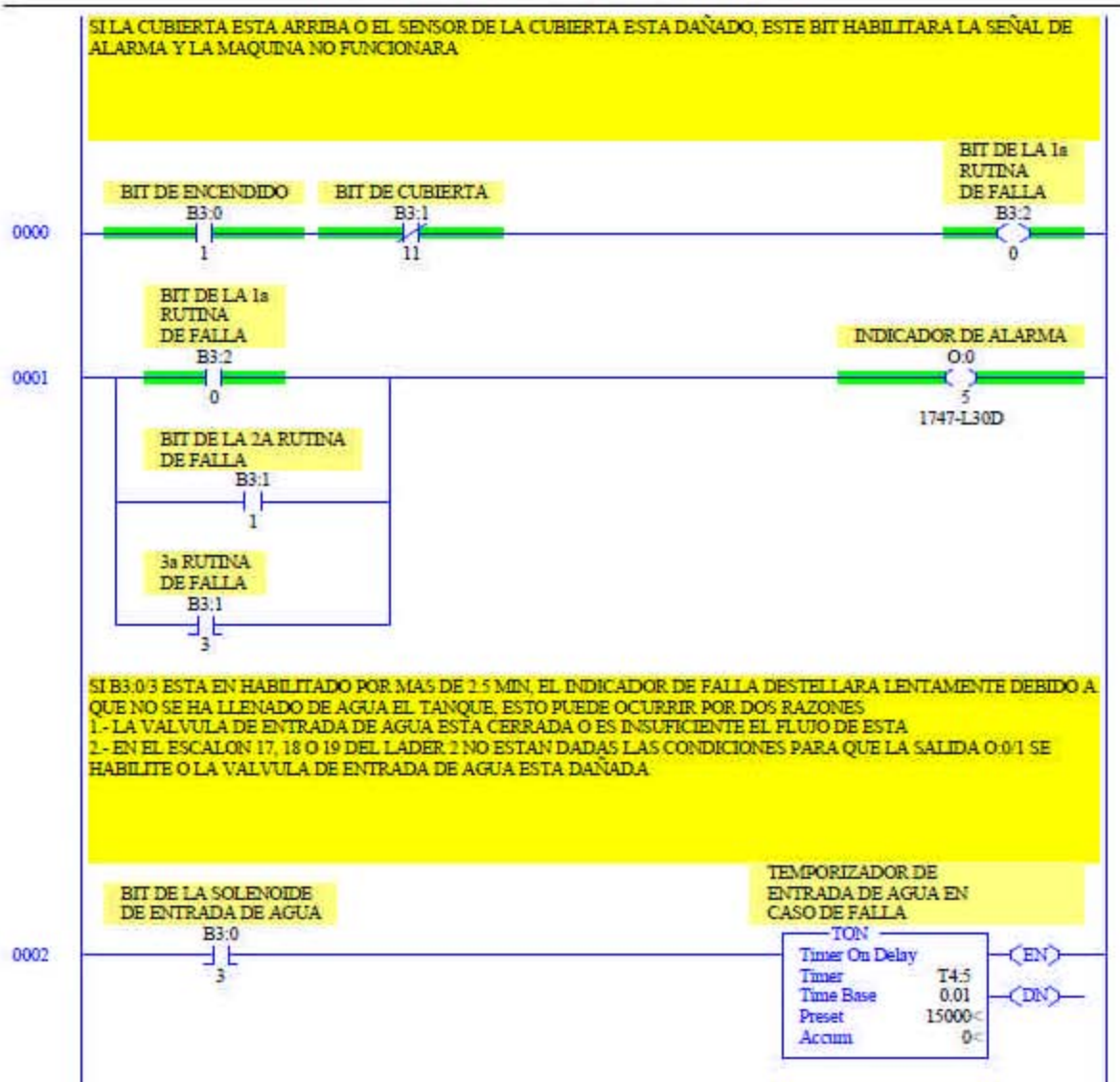


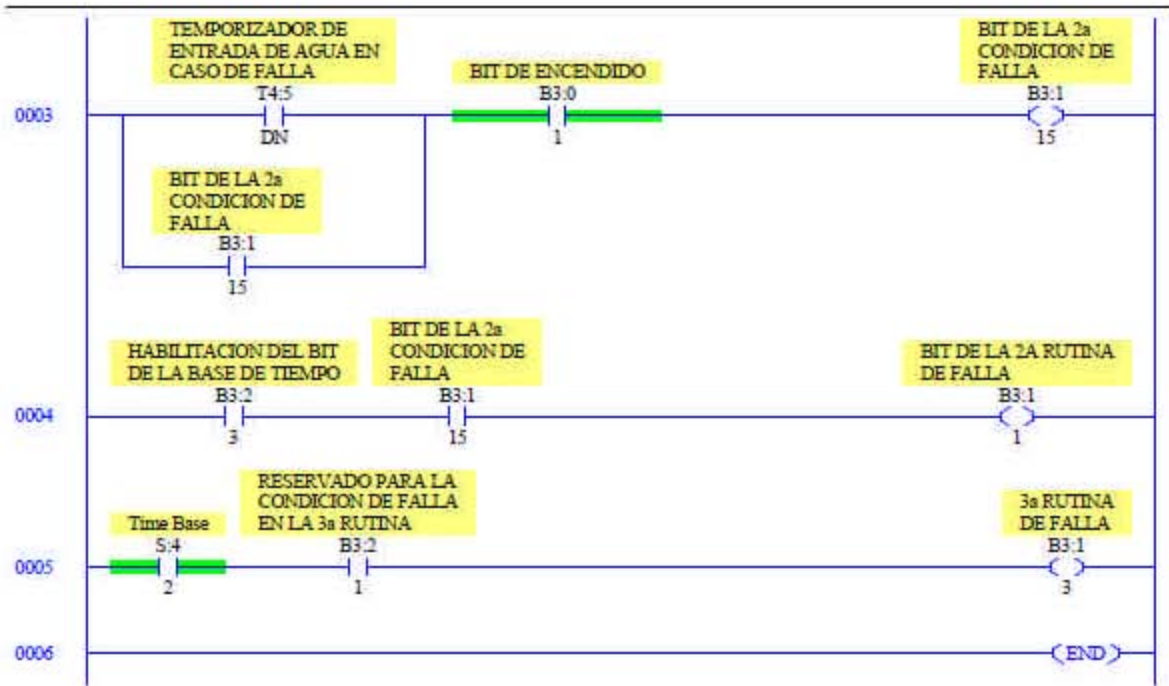


## 5.2.4 Secuencia de Interrupción y Alarma

PROGRAMA DE LA PROPUESTA DE CAMBIO DE CONTROL CON PLC SLC 500

LAD 7 - ALARM'S --- Total Rungs in File = 7





# C ONCLUSIONES

La conclusión de este proyecto de tesis puede ser tan simple como decir que se comprueba la flexibilidad del PLC, con el desarrollo e implementación de este proyecto, pero quisiera resaltar algunas ideas que me parece harán trascender los resultados.

Si bien es cierto que la tecnología de los PLC's fue desarrollada principalmente por la industria automotriz, para posicionarla como una de las principales industrias que regulan la economía mundial, es lógico pensar que existe una correspondencia proporcional en el hecho de tomar una ínfima parte de esta gran tecnología, para alcanzar a dar una gran solución a una área específica de otra industria, como lo es la industria médica, ya que hablar de darle el servicio de alimentos a 1000 trabajadores en promedio, por turno, en cuatro turnos al día, para mantenerlos dentro del nosocomio e incrementar la productividad del personal médico y administrativo, no es tarea fácil. Es por eso que considero de un gran valor social y humano la implementación de esta idea innovadora.

Por otro lado me queda claro que la ingeniería ha producido tal confort en la sociedad, que se ha perdido de vista, a nivel de usuario final, la degradación que se genera a nuestro ecosistema por el uso indiscriminado de los recursos, que en este caso me refiero al agua y la energía eléctrica, es impresionante ver como se utiliza el agua caliente sin medida alguna cuando la máquina, objeto de este proyecto, no funciona. Es por ello que concluyo que es de suma importancia mantener esta máquina en óptimas condiciones de funcionamiento, pues al ejecutar su función sistemáticamente se logra tener un consumo reducido y controlado del vital líquido, con la mínima intervención del operador.

Por último quisiera compartir como una conclusión más global, mi desacuerdo con el dicho, aquel que dice “el que nada sabe nada teme”, porque considero que es responsabilidad de todo individuo conocer, saber y compartir la experiencia y el conocimiento, desarrollar una visión más ecológica a la hora de ofrecer una solución, porque el producto de nuestro trabajo no es solo la remuneración económica, si no también la satisfacción de saber que lo que hacemos es crear soluciones con el mayor respeto para el hombre y el planeta.



# BIBLIOGRAFÍA

- [1 1] **BALCELLS, Joseph; Romeral, José Luis Autómatas programables., Barcelona, España., Marcombo 1998.**
- [2 1] **DORF, Richard C.; BISHOP, Robert H., Sistemas de control moderno, 10ª ed, Madrid, Pearson Educación., 2005.**
- [3 1] **ENRÍQUEZ H., Gilberto Fundamentos de Control de Motores eléctricos en la Industria., México, Limusa, 1999.**
- [4 1] **ENRÍQUEZ H., Gilberto, Control de Motores eléctricos, México, Limusa, 2012.**
- [5 1] **Kirckof P.E., Gary, Cascading Logic: A Machina Control Methodology For Programmable Logic Controllers, U.S.A., I.S.A., 2003.**
- [6 1] **MUHAMMAD H., Rashid Electrónica de potencia, Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones, 2ª ed., México, Pearson Educación., 1995.**
- [7 1] **NISE S., Norman, Sistemas de Control Para Ingeniería, 3ª ed, México, Grupo Editorial Patria, 2007.**
- [8 1] **RUIZ V., Francisco, Esquemas Eléctricos y Electrónicos, Lectura e Interpretación, México, Limusa, 2007.**
- [9 1] **Manual de Reparaciones, Documento 5956.446.06, ed. 03.2010, España, Electrolux Profesional**
- [10 1] **Spare Parts Catalogue WT-60, Document 6-41 802, Food Service spare parts DVD, Electrolux Profesional, ed. 2008.**
- [11 1] **SLC 500 Fixed Hardware Style, Installation and Operation Manual, Publication 1747-NI001 – Rockwell Automation, USA, 1993.**
- [12 1] **SLC 500 Power Supplies, Installation Instructions, Publication 1746-IN004E-MU-P - Rockwell Automation, USA, 2007.**
- [13 1] **SLC 500 Juego de Instrucciones, Manual de Referencia, Publicación 1747-6.15ES, Rockwell Automation, México, 1996.**
- [14 1] **SLC 500 RS-232 to RS-485 Interface Converter, Installation Instructions, Publication 1747-IN024A-EN-P - Rockwell Automation, USA, 2002.**

Nombre de archivo: Tesis Completa Propuesta de control con PLC  
Directorio: G:\Tesis Back Up 1 07\_03\_13\Tesis para rev  
12\_03\_13\Capitulado  
Plantilla: C:\Documents and Settings\Ing. Hector Enriquez\Datos  
de programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dot  
Título:  
Asunto:  
Autor: Ing. Hector Enriquez  
Palabras clave:  
Comentarios:  
Fecha de creación: 11/03/2013 3:50:00  
Cambio número: 62  
Guardado el: 14/03/2013 12:04:00  
Guardado por: Ing. Hector Enriquez  
Tiempo de edición: 1,313 minutos  
Impreso el: 14/03/2013 12:05:00  
Última impresión completa  
Número de páginas: 120  
Número de palabras: 31,740 (aprox.)  
Número de caracteres: 174,571 (aprox.)