

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO
PARA LAS ÁREAS DE SERVICIOS INDUSTRIALES DE
ECUAJUGOS DPA (NESTLÉ - ECUADOR)**

GISELLE DIANASOL URRESTA CUEVA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2007

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado, “**Diseño e Implementación del Sistema de Monitoreo para las Áreas de Servicios Industriales de Ecuajugos DPA (Nestlé - Ecuador)**”, fue desarrollado en su totalidad por la señorita Giselle Dianasol Urresta Cueva, bajo nuestra dirección.

Atentamente,

Ing. Hugo Ortiz
Director

Ing. Paúl Ayala
Codirector

AGRADECIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento a Dios, la guía de mi camino y el motivo de mi vida, por su infinito amor, y sus permanentes bendiciones y enseñanzas.

A mis padres, Luis Felipe y Luisa, por ser mi inspiración, mis maestros, amigos y consejeros; sobretodo gracias por su amor y apoyo incondicional.

Gracias a mis hermanos, Luis Felipe, Margarita y Mario, y a mis sobrinos, Mario David y Camila, porque siempre me han hecho sonreír y ver a los problemas como oportunidades para buscar soluciones.

A mis abuelitas, Elba y Luisa, modelos de abnegado trabajo y gran valentía.

Mi cariñoso agradecimiento a Víctor Hugo por estar siempre a mi lado, apoyándome y animándome a lograr mis metas; gracias por traer alegría a mi vida.

Agradezco al Director, Ing. Hugo Ortiz y Codirector, Ing. Paúl Ayala por su gran disposición y valioso tiempo dedicado.

Mi más sincero agradecimiento al personal de ASE; de manera especial al Ing. Francisco Carrión por su invaluable ayuda, enseñanzas y recomendaciones.

Finalmente quiero agradecer a todos mis amigos, tíos y primos quienes han compartido conmigo lágrimas y sonrisas, dejando una huella imborrable en mi vida.

DEDICATORIA

A mis padres, Luis Felipe y Luisa, quienes con su ejemplo de vida me han enseñado el significado vivo de la frase "*Per aspera ad astra*", dedico todo mi esfuerzo y sacrificios.

PRÓLOGO

Los servicios industriales son los que mantienen activa a una planta, por cuanto no solo se utilizan para energizar ciertos tipos de maquinaria, sino que también intervienen directamente en ciertos procesos de producción. Por lo tanto, se vuelve primordial un monitoreo constante de las áreas destinadas a generar o abastecer con estas facilidades a la industria, para reducir el riesgo de paradas no previstas y en consecuencia, horas en las que la producción se podría encontrar paralizada hasta realizar el re-arranque de la maquinaria.

Con la implementación del Sistema de Monitoreo para las áreas de servicios industriales de la planta ECUAJUGOS DPA, se ha centralizado toda la información importante de los siete campos evitando así, la esporádica e inexacta toma de datos realizada localmente. Además, este sistema permite a los operadores manejar quince bombas dispuestas en las diferentes áreas, desde un solo lugar y a través de una interfaz amigable que presenta también el estado de bombas, calderas y compresores, al igual que las fallas ocurridas.

En el presente documento se describen los servicios monitoreados en esta planta tales como aire comprimido, combustible, vapor, y agua; además de los parámetros medidos, flujo, presión, temperatura, y nivel que determinan sus condiciones normales. Posteriormente se documentan las cuatro fases principales: diseño, implementación, desarrollo de aplicaciones y pruebas, que se siguieron para realizar el proyecto, detallando el análisis de señales críticas, consideraciones de diseño del tablero de control, selección del PLC y del panel de operador, estudio del software a utilizar para realizar las aplicaciones, pruebas realizadas, resultados obtenidos y cambios o correcciones efectuadas, para

garantizar el correcto funcionamiento del sistema y un fácil entendimiento y manejo del HMI por parte de los operadores.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO	2
1.2.1	Objetivo General	2
1.2.2	Objetivos Específicos	2
1.3	GENERALIDADES DE SERVICIOS INDUSTRIALES EN UNA PLANTA ..	3
1.3.1	Conceptos de Algunos Servicios Industriales	3
1.3.1.1	Aire Comprimido	3
1.3.1.2	Combustible	5
1.3.1.3	Vapor	6
1.3.1.4	Agua	8
1.3.2	Parámetros que Deben ser Monitoreados en los Servicios Industriales	10
1.3.2.1	Conductividad del Agua	10
1.3.2.2	Flujo	11
1.3.2.3	Nivel	11
1.3.2.4	Presión	12
1.3.2.5	Temperatura	13
1.4	DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	14

CAPÍTULO 2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1	HARDWARE	18
2.1.1	Generalidades del Controlador Lógico Programable	18
2.1.1.1	Historia	19
2.1.1.2	Definición	21
2.1.1.3	Arquitectura	21
2.1.1.4	Secuencia de Operaciones en un PLC	23
2.1.1.5	Ventajas	25
2.1.2	Generalidades del Panel de Operador	26
2.2	SOFTWARE	29
2.2.1	RSLogix500	29
2.2.1.1	Descripción de la Pantalla	30
2.2.1.2	Descripción de Archivos	31

2.2.1.3	Creación de un Nuevo Proyecto.....	33
2.2.1.4	Configuración de Entradas/Salidas.....	34
2.2.1.5	Programación en Escalera.....	35
2.2.2	RSViewME	36
2.2.2.1	Descripción de la Pantalla.	38
2.2.2.2	Creación de un Nuevo Proyecto.....	40
2.2.2.3	Configuración del Proyecto.....	41
2.2.2.4	Creación de un Pantalla Gráfica.....	46
2.2.2.5	Creación de Etiquetas de HMI.....	47

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE HARDWARE

3.1	ANÁLISIS DE SEÑALES.....	51
3.1.1	Tanque Desaireador.....	52
3.1.2	Tanque Diario de Diesel.....	53
3.1.3	Tanque Diario de Bunker.....	55
3.1.4	Agua	56
3.1.5	Vapor y Calderas	59
3.1.6	Pozos	60
3.1.7	Aire Comprimido.....	62
3.1.8	Sistema.....	63
3.2	REQUERIMIENTOS EN HARDWARE	64
3.2.1	Requerimientos para el Controlador Lógico Programable	64
3.2.1.1	Entradas:.....	64
3.2.1.2	Salidas.....	64
3.2.1.3	Memoria del Procesador.	64
3.2.1.4	Comunicaciones.....	64
3.2.2	Requerimientos del Panel de Operador.	65
3.2.2.1	Tamaño de Pantalla.	65
3.2.2.2	Características Especiales..	65
3.2.2.3	Memoria..	65
3.2.2.4	Comunicación..	65
3.2.2.5	Manejo del Panel.	65
3.3	CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL TABLERO DE CONTROL	66
3.3.1	Transformador de Aislamiento	66
3.3.2	Fuente de Alimentación	66
3.3.3	Distribución de Breakers.....	66
3.3.4	Relé de Control Maestro	67
3.3.5	Bloques Terminales	67
3.3.6	Distribución del Tablero	67

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN

4.1	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	69
-----	-------------------------------------	----

4.1.1	Selección del PLC	69
4.1.2	Requerimientos para el Controlador Lógico Programable	70
4.1.2.1	Módulos de Entrada/Salida.	71
4.1.2.2	Chasis.....	72
4.1.2.3	Procesador.....	72
4.1.2.4	Fuente de Alimentación.....	74
4.1.3	Instalación del PLC	77
4.2	PANEL DE OPERADOR.....	79
4.2.1	Selección del Panel de Operador.....	79
4.2.2	Instalación del Panel de Operador.....	82
4.3	IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	83
4.3.1	Código de Colores.....	83
4.3.2	Dimensiones	83
4.3.3	Fuente de Alimentación	84
4.3.4	Distribución de Breakers.....	84
4.3.5	Transformador de Aislamiento	86
4.3.6	Relé de Control Maestro	86
4.3.7	Bloques Terminales	87
4.3.8	Distribución del Tablero	87
4.4	PLANOS DE INTERCONEXIÓN	88

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE APLICACIONES DE SOFTWARE

5.1	PROGRAMA DEL CONTROLADOR.....	89
5.1.1	Descripción del Programa.....	89
5.1.1.1	Subrutina PRINCIPAL.....	89
5.1.1.2	Subrutina ALIAS_IN.....	91
5.1.1.3	Subrutina ALIAS_OUT.....	91
5.1.1.4	Subrutina MOTORES.....	91
5.1.1.5	Subrutina FLT_MOTOR.....	93
5.1.1.6	Subrutina AM_MOTOR.....	94
5.1.1.7	Subrutina SENSOR.....	95
5.1.1.8	Subrutina FALLAS.....	99
5.1.2.	Diagrama de Flujo	101
5.2	SOFTWARE DEL PANEL DE OPERADOR.....	103
5.2.1	Convenios de Visualización del Estado del Sistema.....	103
5.2.1.1	Distribución de Elementos en la Pantalla.....	103
5.2.1.2	Convenios de Visualización de Elementos del Proceso.....	106
5.2.2	Descripción del Programa.....	108
5.2.2.1	Esquema General de Visualización del Proceso.....	108

CAPÍTULO 6

PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1	PRUEBAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA.....	126
-----	--	-----

6.2	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA	127
6.3	PRUEBAS DURANTE PUESTA EN MARCHA	129
6.4	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DURANTE PUESTA EN MARCHA	132

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES	134
RECOMENDACIONES	136

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

GLOSARIO

ÍNDICE DE DATA SHEETS

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Nestlé posee tres plantas de producción en Ecuador, que están situadas en las ciudades de Cayambe y Guayaquil. En estas plantas se elabora una extensa gama de productos. Por ejemplo, la fábrica de Cayambe, localizada en el Altiplano Andino a 85 Km al norte de Quito, se especializa en la producción de leche en polvo para la nutrición infantil, al igual que derivados lácteos y productos envasados en tetra brik como: bebidas de yogur, malteadas, jugos de fruta y avena.

La planta de Cayambe empieza su producción en 1972 cuando Nestlé compra la Industria lechera Friedman Cia. Ltda. Luego, en 1986, Nestlé adquiere la fábrica Pascuales (Ecuajugos S.A.) en la ciudad de Guayaquil, productora de jugos, leches con sabores y leche UHT envasadas bajo sistema aséptico Tetra Brik. Para el 2003, se traslada la línea UHT de la fábrica Pascuales de Guayaquil a la fábrica Cayambe. Y en el 2004 se crea en Ecuador Dairy Partners Americas (DPA) una asociación mundial entre Nestlé y Fonterra para manejar el negocio de leches y jugos UHT.

En esta planta se pueden diferenciar siete áreas principales, entre las que se encuentran: Tanque Desaireador, Tanque Diario de Diesel, Tanque Diario de Bunker, Agua, Vapor y Calderas, Pozos, y Aire Comprimido, donde se generan o almacenan los llamados servicios industriales como vapor, agua, aire comprimido o combustible.

Pese a que estas facilidades son las que mantienen en producción a la planta, la información de parámetros, que reflejan su estado como presión, temperatura, nivel y flujo, es registrada localmente por operadores cada cierto tiempo, lo que impide tomar una acción inmediata en caso de que uno o varios de los servicios lleguen a fallar. De aquí nace la necesidad de implementar un sistema de monitoreo que centralice la información de todas las áreas y almacene los valores registrados para posteriores estudios de su comportamiento.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Diseñar e Implementar un Sistema de Monitoreo para las Áreas de Servicios Industriales de Ecuajugos DPA (Nestlé Ecuador).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las señales críticas de presión, temperatura, flujo y nivel que deben ser constantemente monitoreadas en las siete áreas de servicios industriales.
- Reconocer las señales de falla de calderas, compresores, y bombas.
- Dimensionar y seleccionar la instrumentación y el hardware necesario.
- Desarrollar un sistema supervisorio para el monitoreo de las siete áreas de servicios industriales, centralizando las señales.

- Implementar el hardware necesario en campo así como las aplicaciones de software pertinentes.
- Realizar la puesta en marcha del sistema.
- Documentar apropiadamente el proyecto.

1.3 GENERALIDADES DE SERVICIOS INDUSTRIALES EN UNA PLANTA

Los servicios Industriales, también conocidos como *facilidades*, son la base para el funcionamiento de cualquier planta. Servicios como agua, vapor o aire comprimido, son utilizados en el funcionamiento del diferente tipo de maquinaria que interviene en el proceso de transformación de materia prima para obtener el producto final. Además, algunos servicios intervienen también en ciertos procesos y en el caso del agua, incluso puede ser ingrediente de ciertos productos. A continuación se describen las *facilidades* que intervienen en el presente proyecto.

1.3.1 Conceptos de Algunos Servicios Industriales

1.3.1.1 Aire Comprimido. El aire comprimido es una de las formas de energía más antigua descubierta por el hombre. Sin embargo, no es hasta aproximadamente 1950, que se puede hablar de una aplicación importante de la neumática en los procesos de fabricación de productos.

En la actualidad, “el uso combinado de la energía eléctrica y del aire comprimido se ha convertido en un factor de gran importancia para cualquier proceso de producción moderno, ya que permite alcanzar excelentes niveles de automatización de una manera relativamente sencilla y económica”¹. Además, una de las principales ventajas del aire comprimido es que, al igual que la electricidad, se puede llevar por tuberías a lugares alejados del compresor.

¹ http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I/contenido_menu/Unidad_II/Contenido/pagina2/pagina2.htm, Producción Tratamiento y Distribución de Aire comprimido.

El aire comprimido se produce al elevar la presión del aire al valor de trabajo deseado.

“Según las exigencias referentes a la presión de trabajo se distinguen dos tipos básicos de compresores:

El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen.

El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa”².

Sin embargo, el aire comprimido una vez obtenido del compresor, lleva en suspensión impurezas atmosféricas, agua y restos de aceite, además de encontrarse a alta temperatura debido al proceso mismo de compresión. Esta condición exige un acondicionamiento del aire comprimido, ya que estas partículas causan un gran deterioro en los elementos neumáticos, provocando desgastes en válvulas, cilindros, reguladores, etc. reduciendo así su vida útil. Entonces, el acondicionamiento se basaría en filtrar el aire de impurezas, enfriarlo y luego separar el agua que contenga. Para esto, se ubica cerca del compresor, una unidad de mantenimiento que consta de: filtro, manómetro, regulador de presión y lubricador. Sin embargo, este procedimiento de purificación del aire comprimido, debe seguir a lo largo de las tuberías que lo transportan. Por este motivo, se colocan llaves de purga y colectores de condensación, que permitirán desalojar la humedad que aún pueda quedar en el aire comprimido.

Otro elemento importante en la red de distribución, es el depósito; este cumple con varias funciones como: acumular gran cantidad de aire comprimido para mantener, durante cierto tiempo, en operación a los equipos neumáticos conectados, evitando así arranques frecuentes del motor del compresor. Otra

² <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm>, Producción del Aire Comprimido.

función es absorber las fluctuaciones de presión que pudieran existir durante el consumo de los actuadores neumáticos, garantizando así una operación uniforme en el tiempo, por parte de estos.

1.3.1.2 Combustible. En un concepto sencillo se puede decir que combustible es toda sustancia capaz de arder. Además, en conocimiento de la historia, se conoce que la primera forma de energía térmica utilizada por el hombre, fue el fuego y que para ello utilizó la madera.

Para poder arder, un combustible debe combinarse con oxígeno de forma violenta, produciendo calor, llamas y gases. Hablando específicamente de un combustible industrial, este debería ser una sustancia capaz de arder, pero que para esto no se requiera de un proceso caro o complicado, ya que su combustión alimentará a la planta durante todo el día y todos los días de producción.

El combustible industrial se caracteriza por resultar de la combinación de pocos elementos en general. “La mayor parte de un combustible industrial lo constituyen los elementos combustibles, es decir, carbono, hidrógeno y azufre. El resto son considerados impurezas. Las impurezas siempre originan problemas tecnológicos, y por lo tanto económicos”³.

El carbón, por ejemplo, se quema en calderas que calientan agua para evaporarla y así hacer funcionar máquinas a vapor, o simplemente para producir calor utilizable en usos térmicos.

Por el mismo concepto de lo que es un combustible, se puede intuir que la principal característica de este, es su poder calorífico. Esta propiedad se refiere al calor desprendido por la combustión completa de una unidad de masa (kilogramo) de combustible. El calor o poder calorífico, se mide en Joule o julio, caloría o BTU⁴, dependiendo del sistema de unidades.

³ <http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/origen-clasificacion>, Los combustibles Origen y Clasificación.

⁴ British Thermal Unit.

Otra característica importante de los combustibles, es la temperatura de combustión, que es a la que el combustible se convierte en gas (nada puede arder en la realidad, salvo que sea un gas) y desprenda suficiente calor para continuar el proceso de fusión, vaporización e ignición.

El último punto a abordar brevemente acerca de los combustibles, es su clasificación. Estos se pueden catalogar según su origen, grado de preparación o estado de agregación.

a) Origen:

- Fósiles: como el carbón, petróleo y gas natural; se formaron hace millones de años a partir de restos orgánicos, plantas y animales muertos, que por efecto del calor y la presión de las capas terrestres, se transformaron gradualmente en hidrocarburos.
- No Fósiles

b) Grado de Preparación:

- Naturales: Se utilizan tal y como aparecen en su origen.
- Elaborados: Antes de ser utilizados se someten a determinados procesos de transformación.

c) Estado de Agregación:

- Sólidos: Se encuentran en tal estado, en la naturaleza o una vez transformados.
- Líquidos: Cualquier combustible líquido que pueda ser vertido y bombeado.
- Gaseosos

1.3.1.3 Vapor. “El vapor es un estado de la materia en el que las moléculas apenas interaccionan entre sí, adoptando la forma del recipiente que lo contiene y tendiendo a expandirse todo lo posible, incluso venciendo fuerzas gravitatorias”.⁵

⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Vapor>, Vapor.

Este concepto puede ser utilizado también para un gas; sin embargo, el término vapor se reserva estrictamente para aquel gas que se puede condensar por presurización a temperatura constante, llamando gas a lo que no puede condensarse isotérmicamente por mucho que se aumente la presión.

La generación de vapor, tiene como consecuencia la obtención de energía mecánica y/o eléctrica y calefacción de los procesos industriales. El apareamiento del vapor en la industria se dió con la máquina de vapor que se utilizó extensamente durante la Revolución Industrial. Esta tuvo un papel relevante para accionar máquinas y aparatos tan diversos como bombas, locomotoras, motores, etc.

Los primeros antecedentes históricos de la máquina a vapor se remontan a la antigua Grecia, donde se encuentra el primer registro de una máquina de este tipo en el manuscrito de Heron de Alejandría. No se sabe con exactitud si esta máquina fue inventada por Heron ya que se dedicaba no solo a inventar máquinas sino también a la recopilación de aparatos ya conocidos. Sin embargo, queda claro, que el diseño de esta máquina paso por varias manos que la fueron mejorando.

La máquina a vapor, transforma la energía de una cantidad de vapor de agua, en trabajo mecánico o energía cinética. El principio para lograr esta transformación, y el que resalta la importancia y la utilización del vapor en la industria, es que éste alcanza un volumen 2700 veces el volumen de la masa de agua líquida utilizada para obtenerlo.

En lo que a la industria se refiere, el vapor de agua se genera en calderas que, mediante un proceso controlado y a presión constante, se cambia el estado líquido del agua a vapor mediante la transferencia de calor de un combustible que es quemado en una cámara llamada "hogar". Antes se utilizaba carbón o madera pero en la actualidad se utilizan derivados del petróleo.

Actualmente, para la generación de energía mecánica y/o eléctrica utilizando vapor, se emplean turbomáquinas, que son atravesadas por un flujo continuo de vapor y son llamadas comúnmente turbinas de vapor.

1.3.1.4 Agua. El agua dentro de un ambiente industrial es de vital importancia. No solo porque interviene en el proceso en sí de fabricación, ya que muchas veces se utiliza como componente de productos o en procesos como el enfriamiento de maquinaria que genera calor, limpieza e higienización de partes del proceso productivo, sino que también cumple un papel muy importante en la seguridad de la industria, puesto que nunca puede faltar un sistema completo contra incendios en el que el agua es el principal elemento.

Sin embargo, el agua es un recurso sensible que debe ser aprovechado al máximo y manejado con responsabilidad puesto que, a pesar de que alrededor del 70 por ciento de la superficie del planeta está cubierto por océanos y mares, la cantidad de agua dulce, que es el tipo de agua consumible, apenas alcanza el 0.003 por ciento. Además se debe considerar que este recurso es de importancia capital para el hombre en sus diferentes actividades, no solo industriales, sino también domésticas, comerciales, entre otras. Es por esto, que se están imponiendo reglamentos más rígidos que obligan a las industrias a minimizar y optimizar el uso del agua. Entre algunos ejemplos tomados en los últimos años se tiene:

- En los Estados Unidos, el uso de agua industrial disminuyó más de un tercio entre 1950 y 1990, mientras que la producción industrial casi se cuadruplicó.
- En la ex Alemania Occidental la cantidad total de agua utilizada en la industria hoy día es la misma que en 1975, mientras que la producción industrial ha aumentado casi un 45%.
- En Suecia las estrictas medidas de control de la contaminación han logrado reducir a la mitad el uso del agua en la industria de la pulpa y el papel, mientras que la producción se ha duplicado en poco más de un decenio.

Una de las formas para optimizar el uso del agua, es por medio del reciclaje. Es decir, que se puede utilizar el agua de un proceso en otro. Como ejemplo específico en una industria láctea, se podría usar el agua que se ocupó en lavar el interior de un tanquero de leche para lavar el exterior del siguiente y eliminar las partículas de polvo.

En una industria se pueden diferenciar tres clases de agua.

- Agua Potable: En la mayoría de los casos el suministro proviene de las redes públicas. Sin embargo, muchas veces se buscan alternativas como pozos para tener reservas de agua. Dependiendo de los procesos, la calidad del agua potable puede ser insatisfactoria, por lo que se deberían realizar algunos tratamientos como la sedimentación, desmineralización o ablandamiento del agua.

- Agua Industrial: es toda agua que ha pasado ya por algún proceso industrial. Dependiendo del proceso en el que intervino, el agua puede ser reutilizada en otro proceso con un tratamiento sencillo o si no se requiere, sin tratamiento.

- Agua de Ósmosis: El agua natural contiene sales disueltas que se disocian y forman iones. Entre los más comunes están los cationes de carga positiva como el calcio, y los aniones de carga negativa como el sulfato. Estas impurezas iónicas, aunque están presentes en concentraciones relativamente bajas, pueden causar problemas en algunos procesos industriales como los sistemas de enfriamiento, calefacción, y generación de vapor. Es por esto que el agua es procesada con el tratamiento de ósmosis inversa. Uno de los usos más importantes, de este tipo de agua, es en la alimentación de las calderas. En este caso, "la regla general expone que cuanto más alta se requiera la presión, más estricta deberá ser la calidad del agua de alimentación de la caldera.

Algunos problemas causados por las impurezas en el agua de alimentación son:

- Formación de costras
- Corrosión
- Priming (formación de burbujas de aire)
- Adherencia del vapor al cilindro (de minerales volátiles)”⁶.

En el proceso de Ósmosis Inversa, se aplica una presión en sentido contrario a la presión osmótica natural. Cuando la presión aplicada es mayor, se generan dos corrientes. La una atraviesa una membrana, quedando libre de sólidos disueltos (minerales, materia orgánica, etc.) y de microorganismos (virus, bacterias, etc.) y la otra se va concentrando en esos mismos productos sin que lleguen a depositarse en la membrana, constituyendo así el concentrado. “La relación entre producto y concentrado constituye la recuperación, expresada en porcentaje los rechazos para: Sulfatos (98 %), Arsénico (99 %), Fluoruros (97 %), Nitratos (91 %), Bacterias, Virus y hongos más del 98 %”⁷.

1.3.2 Parámetros que Deben ser Monitoreados en los Servicios Industriales

1.3.2.1 Conductividad del Agua. Conductividad es la habilidad del agua para conducir o transmitir electricidad.

En el agua existen sales disueltas que se disocian y forman partículas con cargas conocidas como iones. Éstos pueden ser cationes (carga positiva) como el magnesio o aniones (carga negativa) como el cloruro, que son precisamente los que permiten que el agua conduzca electricidad. Por lo tanto, mientras mayor sea la concentración de sales disueltas, mayor es la conductividad.

Las unidades de Conductividad son Siemens por metro [S/m] en sistema de medición SI y micromhos por centímetro [mmho/cm] en unidades estándar de Estados Unidos. Su símbolo es σ .

⁶ <http://www.lennotech.com/espanol/agua-de-alimentacion-de-la-caldera.htm>, Agua de Alimentación de la Caldera.

⁷ http://www.excelwater.com/esp/b2c/water_tech_5.php?WL_Session=ca47a0eb17bf1fa5f98aeb488d95e7d4, Purificación del Agua por Ósmosis Inversa

1.3.2.2 Flujo. Conocido también como flujo volumétrico, sirve para expresar la velocidad a la cual se transporta un material de un lugar a otro. En este caso se puede definir flujo volumétrico como la cantidad de vapor que pasa por una sección de tubería en la unidad de tiempo. En el proyecto se utiliza la unidad **Kg/h** que pertenece al Sistema Internacional.

1.3.2.3 Nivel. El nivel de un material, líquido o sólido, guardado en tanques o silos de almacenaje, constituye una variable física que es importante monitorear en una industria.

Al conocer el nivel de un elemento de almacenamiento se puede evitar situaciones críticas del proceso, como por ejemplo, que se vacíe un silo de materia prima y se tenga que parar toda la producción, o que se produzca un derrame de un tanque de combustible, lo que provocaría una situación de alto riesgo.

El control de nivel más utilizado en las industrias es el de dos puntos, uno alto y otro bajo. Entre los diferentes tipos de sensores de nivel se tiene:

- Sensores de desplazamiento (flotador)
- Sensores de Presión diferencial
- Sensores de Burbujeo
- Sensores de Radioactivo
- Sensores de Capacitivo
- Sensores de Ultrasonidos
- Sensores de Conductivímetro
- Sensores de Radar
- Sensores de Servoposicionador
- Sensores Magnéticos

1.3.2.4 Presión. En un concepto general, presión es definida como la fuerza por unidad de superficie. Es por esto que en la mayoría de casos se mide directamente por su equilibrio con otra fuerza conocida.

La presión es uno de los parámetros más importantes a monitorear y controlar en los procesos industriales. En caso de que la presión exceda el nivel máximo de operación de los equipos o tuberías en una industria, no solo resultaría en la destrucción del equipo en sí; sino que también se podrían afectar equipos adyacentes, poniendo en riesgo al personal.

En el presente proyecto, este parámetro es monitoreado en distintos servicios industriales como en agua, vapor o aire comprimido. En el caso de éste último, se pueden hablar de dos tipos de presión.

- Presión de Servicio: Suministrada por el compresor o acumulador y existe en las tuberías de alimentación.
- Presión de Trabajo: Es la presión que se necesita en un puesto de trabajo.

“Algo muy importante que se debe resaltar es que las presiones existentes en los sistemas neumáticos a nivel industrial, siempre se refieren (a menos que se indique lo contrario) a presiones relativas, es decir, a presiones medidas a partir de la presión atmosférica (1 atm ó 1,013 bar)”⁸. En forma gráfica se tendría:

⁸ http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I/contenido_menu/Unidad_II/Contenido/pagina2/pagina2.htm, Producción, Tratamiento y Distribución de Aire Comprimido.

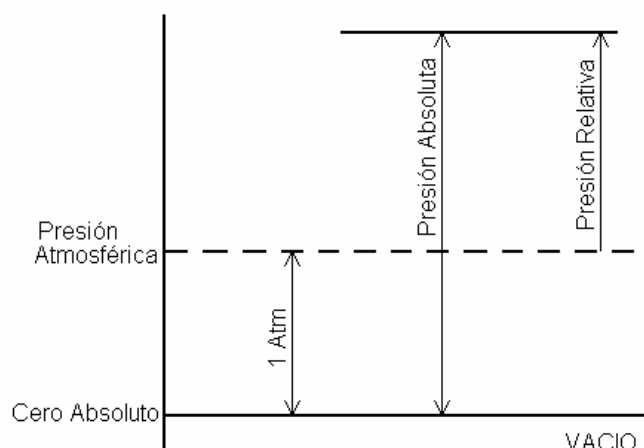


Figura. 1.1. Clases de Presiones

La presión puede ser expresada en diferentes unidades como: pascales (unidad del Sistema Internacional de Unidades), bares, atmósferas, kilogramos por centímetro cuadrado y PSI (libras por pulgada cuadrada). En este proyecto se utilizó la unidad **PSI** del Sistema Ingles.

1.3.2.5 Temperatura. “La Temperatura es un parámetro termodinámico del estado de un sistema que caracteriza el calor, o transferencia de energía”⁹. Cuando un cuerpo está caliente significa que sus átomos se están moviendo rápidamente en direcciones aleatorias mientras que si el cuerpo está frío quiere decir que sus átomos se están moviendo lentamente. Por lo tanto, otra definición de temperatura es: la energía media de las moléculas que componen una sustancia.

A nivel industrial es muy importante monitorear la temperatura de algunas sustancias puesto que muchas propiedades físico-químicas de los materiales varían en función de la temperatura a la que se encuentren. Algunas propiedades que cambian por la temperatura son: densidad, presión de vapor, conductividad eléctrica, entre otras. Además, la temperatura influye en la velocidad a la que las sustancias presenten reacciones químicas.

⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>, Temperatura.

La unidad de temperatura en el Sistema Internacional es el grado kelvin ($^{\circ}\text{K}$). Sin embargo, la escala más utilizada y la empleada en las temperaturas de este proyecto es la Celsius. Es importante decir que una diferencia de temperatura de un grado kelvin equivale a una diferencia de un grado centígrado.

1.4 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

Como se ha visto en los puntos anteriores, las facilidades industriales son las que mantienen a una industria en funcionamiento. Por lo tanto, es de vital importancia monitorear constantemente parámetros críticos como presión, temperatura, flujo, conductividad del agua y nivel para que el operador pueda tomar una acción inmediata en caso de que estos parámetros lleguen a valores cercanos a los límites de riesgo.

El presente proyecto es no solo una herramienta de monitoreo centralizada y en tiempo real de las señales de todas las áreas de servicios industriales, sino que también este sistema ofrece la posibilidad al operador de activar o desactivar bombas con el objetivo de mantener los valores apropiados para el correcto funcionamiento de la planta.

Una ventaja importante del proyecto es la creación de los históricos de las señales. Esto quiere decir que los valores registrados cada cierto tiempo, son almacenados y pueden ser estudiados para determinar posibles perturbaciones y en consecuencia mejorar los procesos. Sin embargo, la importancia de este proyecto se fundamenta básicamente en dos aspectos. El primero es la seguridad para operadores y técnicos que en condiciones peligrosas podrán operar bombas desde un lugar seguro y que con este sistema se minimizará el riesgo de “downtime”¹⁰ por falla de alguno o varios de los servicios. Obviamente, al evitar estas paradas no previstas se evitan horas en las que la producción se podría encontrar paralizada hasta realizar el re-arranque de la maquinaria.

¹⁰ Parada no prevista de maquinaria

Actualmente, se pueden diferenciar siete áreas principales en cuanto a servicios industriales. Entre ellas están: Tanque Desaireador, Tanque Diario de Diesel, Tanque Diario de Bunker, Agua, Vapor y Calderas, Pozos, y Aire Comprimido.

A continuación se describe una explicación general de cada área y de los parámetros medidos en cada una.

- Tanque Desaireador:

Se utiliza para dar tratamiento al agua de alimentación de calderas, con el objetivo de eliminar los gases disueltos; especialmente el oxígeno que causa fenómenos de corrosión no deseados.

En esta área se monitorea:

- Nivel [%]
- Temperatura [° C]
- Presión [PSI]
- Conductividad del Agua [MMHOS]

- Tanque Diario de Diesel:

Es un tanque de almacenamiento del combustible Diesel. En esta área existen siete bombas; dos de llenado y cinco de distribución a otras áreas, dos para Calderas y tres para Aire comprimido.

En la pantalla de ésta área se pueden operar las bombas de llenado para activarlas, desactivarlas o cambiarlas en su modo de trabajo. Además, aunque no se puede saber con exactitud el nivel del tanque, se conoce si el combustible llega a los límites de seguridad superior e inferior por medio de switches de nivel y si esta más abajo o arriba de la mitad por medio de un flotador.

- Tanque Diario de Bunker:

Este tanque también es de almacenamiento, pero en este caso, de Bunker; un combustible como el Diesel pero menos procesado. Tiene cuatro bombas de distribución a las calderas y dos bombas de llenado.

En esta área se monitorea la temperatura del tanque [°C] y al igual que en el Tanque de Diesel se pueden operar las dos bombas de llenado y tener una idea del nivel por medio de los sensores digitales y del flotador.

- Agua:

En esta área existe el mayor número de bombas. Son nueve en total, cuatro que bombean agua desde la piscina industrial, dos que bombean agua desde la piscina de agua potable directo a la fábrica y dos que llevan agua potable a unos filtros, para obtener agua de ósmosis, y luego a la planta. Finalmente, existe una bomba para el sistema contra incendios de la planta.

En esta área se monitorea la presión y temperatura de la línea de Agua Industrial y la presión en las líneas de Agua Potable, Agua de Ósmosis y del Sistema Contra Incendios [PSI].

Al igual que en las anteriores áreas, se pueden operar las bombas para activarlas o desactivarlas; sin embargo, solo podrán ser manejadas en modo manual.

- Vapor y Calderas:

Esta área está constituida por tres calderas que generan vapor para el consumo de la planta y por seis bombas que las suministran con agua, desde el tanque desaireador. En la aplicación existen indicadores visuales que muestran si la caldera esta apagada, en funcionamiento o en falla. Además se monitorean parámetros como la presión [PSI] y flujo [G/l/min] en la línea de alimentación de agua a las calderas y el flujo de vapor a la salida de las mismas [Kg/h].

- Pozos:

Esta área esta formada por dos pozos que sirven para extraer agua y por medio de dos bombas llevarla a una piscina de reserva. Mediante la interfaz humano-máquina se puede activar, desactivar y cambiar de modo a las bombas. Además se conoce si el nivel de la piscina llega a los límites superior o inferior por medio de dos switches de nivel.

- Aire Comprimido:

En esta área se encuentran dos secadores y tres compresores que generan aire comprimido para el consumo de la planta. Al igual que en el área de Calderas, existen indicadores visuales que muestran si el compresor esta apagado, en funcionamiento o en falla. Además se monitorea la presión de la línea de aire a la salida de los compresores [PSI].

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 HARDWARE

En los siguientes ítems se hablará de los dos equipos de hardware principales para este proyecto. El primero a revisar es el controlador lógico programable. Éste equipo se encarga de recibir las señales de los sensores y equipos de la planta, para enviar salidas de control de acuerdo a las instrucciones programadas y a las acciones del operador realizadas desde el HMI. El segundo equipo es el panel de operador. En éste terminal se ejecutará la interfaz humano-máquina que permitirá el monitoreo del comportamiento de los parámetros con indicadores numéricos y el estado de bombas, calderos y compresores, por medio de animaciones visuales. De igual forma se desplegará la información de fallas ocurridas. Finalmente, el operador podrá controlar bombas desde este panel remotamente a las instalaciones de servicios industriales.

2.1.1 Generalidades del Controlador Lógico Programable

La industria, para llegar al punto de automatización en el que se encuentra, ha atravesado por un sinnúmero de inventos y mejoras. Se puede decir, que el primer paso importante que se dio para su desarrollo, fue la revolución industrial. Este es considerado el mayor cambio tecnológico, socioeconómico y cultural de la historia. La revolución comenzó con la introducción de la máquina a vapor que logró drásticos cambios en la capacidad de producción.

El siguiente paso gigantesco hacia la automatización fue la creación de los relés. Estos hicieron posible añadir una serie de lógica a la operación de las máquinas y de esa manera reducir la carga de trabajo en el operador. Sin embargo, presentaban limitaciones o desventajas que resultaban extremadamente costosas a las industrias, por lo que surgió la necesidad de crear un equipo que cumpla con los requerimientos de automatización de una planta, pero al mismo tiempo que reduzca los costos de mantenimiento e implementación de este sistema. Entonces, se inventó el primer controlador lógico programable, que se ha venido perfeccionando hasta la actualidad. El PLC¹¹ (por sus siglas en inglés) se ha popularizado considerablemente, por sus importantes ventajas, al punto de que se utiliza en la gran mayoría de industrias.

2.1.1.1 Historia. La industria Automotriz Norteamericana, *General Motors*, fue quien impulso la iniciativa de buscar un equipo electrónico de control, que pudiera reemplazar los grandes tableros basados en relés, temporizadores, y controladores dedicados en lazo cerrado, puesto que representaban una gran cantidad de dinero y tiempo al momento de darles mantenimiento o actualizarlos. Algunas de las desventajas que presentaban eran: tiempo de vida limitado, se requería de un sistema de mantenimiento muy estricto, el alambrado era muy complicado en circuitos grandes, y la detección de fallas era muy tediosa y lenta. Además si se requería un rediseño en el producto o un cambio de producción en las operaciones de esa máquina o en su secuencia, la lógica del panel debía ser rediseñada, lo que implicaba un re-cableado del panel y días enteros de la paralización de la planta.

La empresa Bedford Associates (Bedford, MA) entregó la propuesta ganadora; una tecnología electrónica a la que llamó Modular Digital Controller o MODICON, que utilizaría técnicas de programación conocidas y el reemplazo de los relés por elementos de estado sólido. Este equipo fue concebido con la idea de que debía ofrecer las bondades de una computadora como las que existían ya en ese tiempo. Es decir, que pudiese efectuar control y ser fácilmente reprogramada, dando así flexibilidad en cambios de proceso pero siendo lo

¹¹ Programmable Logic Controller

suficientemente robusto para trabajar en ambientes industriales y tener una vida útil larga. Es así como luego de un año de desarrollo, en 1969, Bedfore Associates entregó el primer controlador programable, llamado MODICON 084, en las plantas ensambladoras de automóviles de Detroit, Estados Unidos.



Figura. 2.1. Uno de los Primeros PLC

Debido a las grandes ventajas que ofrecían los nuevos controladores sobre los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, se popularizaron rápidamente en otras industrias.

Con el tiempo, se han venido dando mejoras a pasos agigantados en los controladores lógicos programables, permitiendo que las empresas lleguen a un punto de automatización en el que los procesos se manejan con mayor precisión, en menor tiempo y con menos recursos. Uno de los progresos más importantes en los PLC es la habilidad de comunicación que apareció en el año de 1973, permitiendo que formen parte activa de las redes locales de las industrias y de esta manera el tener sistemas integrados y centralizados de información. Otro de los adelantos importantes es en lo que se refiere a la programación de estos equipos. El lenguaje tradicional es el de escalera (ladder); sin embargo, se han

incorporado algunos otros lenguajes más intuitivos que permiten programar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo que son más fáciles de interpretar. También se han ido añadiendo nuevos comandos a más de contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

2.1.1.2 Definición. Existen varios enunciados para un PLC, sin embargo, uno de los más completos es la definición de la **Nema** (National Electrical Manufacturers Association) que sostiene que un controlador lógico programable es: Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1 5 VDC, 4 20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos.

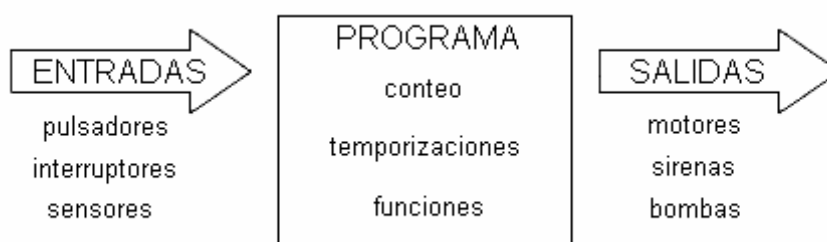
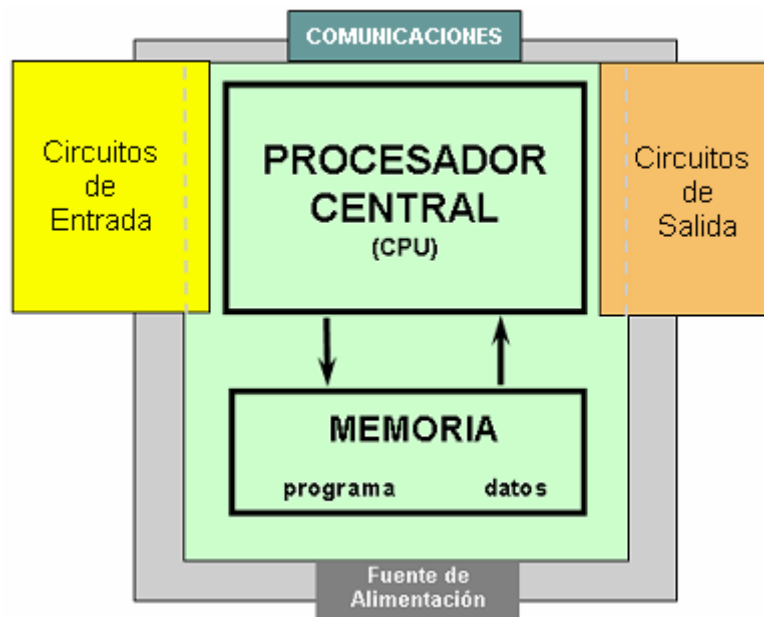


Figura. 2.2. Concepto Gráfico de PLC

2.1.1.3 Arquitectura. La arquitectura o estructura del PLC puede ser analizada en seis bloques principales que se muestran en la figura 2.3.



Fuente: "Conceptos Básicos para Controladores Programables"

Figura. 2.3. Arquitectura del PLC

El Procesador Central (CPU), es el encargado de interpretar y ejecutar las instrucciones programadas por el usuario, para escribir en las salidas dependiendo de las entradas. Está formado por un micro procesador, memorias ROM y RAM y los puertos de entradas y salidas.

Los bloques de Circuitos de Entrada y Salida son buffers que separan el bus de datos de los elementos conectados en sus terminales. De esta manera el PLC puede recibir o escribir señales digitales o análogas pero con protección de sus mecanismos internos.

Por lo general, las entradas digitales se encuentran en los 120 V_{AC} o 24 V_{DC}, mientras que las entradas análogas pueden ser de voltaje, en rangos comprendidos entre -10 y 10 V_{DC}, o de corriente en rangos comprendidos entre 0 y 20 mA. Sin embargo, debido a que el CPU trabaja a 5 V_{DC}, es necesario que se realice un filtrado y acondicionamiento de las señales para que entren a ser parte del bloque de control del sistema.

En el caso de las salidas, los controladores lógico programables varían en su configuración de circuito de salida, pudiendo ser de triac, relé o transistor. El tipo de salida deberá ser escogido en base a la función que vaya a realizar, ya que los módulos con salida a transistor, por ejemplo, ofrecen un tiempo de respuesta corto y una tasa de cambio de estado alta, mientras que los módulos de relé, son recomendables para aplicaciones que requieran el manejo de voltajes variados.

La memoria del Controlador Lógico programable se puede dividir en dos áreas, la memoria programable, que es donde se almacenan las instrucciones para la secuencia de control, y la memoria de datos, que es la que guarda el estado de las entradas y salidas, datos numéricos y variables internas como acumuladores de conteo, valores de temporizadores, valores preseteados, etc. Por lo general, las memorias programable y de datos utilizan una memoria RAM respaldada por baterías, mientras que el sistema operativo y el *firmware*¹² son almacenados en una memoria no volátil, generalmente la memoria ROM.

La Fuente de Alimentación es la que energiza al procesador central y en contados casos a la los circuitos de entrada y salida, aunque es recomendable que se utilice una fuente independiente para esto. Debido a las condiciones de un ambiente industrial, las fuentes son altamente inmunes al *ruido eléctrico*¹³, sin embargo, es recomendable utilizar transformadores de aislamiento.

Las Comunicaciones constituyen un bloque relativamente nuevo en los Controladores Lógico Programables que ha permitido un avance muy importante en la automatización industrial, puesto que ha permitido la integración de la información. Por medio de las comunicaciones, se puede acceder a información de otros PLC's, computadores, sensores que tengan capacidad de comunicarse, entre otros.

2.1.1.4 Secuencia de Operaciones en un PLC. Cuando el PLC es encendido por primera vez se efectúa un autochequeo de encendido e inhabilita las salidas

¹² Recibe las instrucciones de los programas y las ejecuta en la compleja circuitería del mismo.

¹³ Interferencias o Parásitos a toda señal de origen eléctrico

hasta entrar a modo de operación normal. Luego, mientras el controlador permanezca encendido, se ejecutarán cíclicamente tres pasos principales a los que se conoce como ciclo básico de trabajo o ciclo de barrido (escán). Estos tres pasos son:

- Lectura del estado de las entradas y almacenamiento en la zona de entradas de la memoria de la tabla de datos, llamada tabla de imagen de entradas. A este paso se lo conoce como Escán de Entradas.
- Ejecución de las instrucciones programadas en base a la información obtenida en el escán de entradas. Conforme se va resolviendo cada rung¹⁴, el procesador almacena el resultado en la tabla de imagen de salidas.
- Actualización del estado de las salidas al transferir los contenidos de la imagen de salidas hacia los circuitos de los módulos de salida.

Una representación gráfica sería la indicada en la figura 2.4.



Figura. 2.4. Ciclo de Trabajo del PLC

Generalmente un Controlador cumple su ciclo de trabajo en el orden de los milisegundos por lo que la velocidad de un PLC se mide en ms / 1K de instrucciones de programa.

¹⁴ Línea de Programación Ladder

Además de estos tres pasos básicos, el PLC realiza funciones adicionales que en inglés se han llamado “housekeeping”. Dentro de estas tareas se contemplan: inicializaciones, autochequeo de fallas, chequeo y actualización de procesos internos, comunicaciones, verificación de que las operaciones internas están dentro de especificaciones.

2.1.1.5 Ventajas. En la actualidad, los Controladores Lógico Programables han alcanzado un campo de aplicación muy extenso. Esto es resultado de sus especiales características de diseño que, brindan importantes ventajas, con respecto a otras formas de automatización.

Entre algunas de las principales ventajas que ofrecen los PLC's se tiene:

- **Facilidad de Instalación:** puesto que ofrece un montaje simple y conexiones sencillas. Como consecuencia, el costo de mano de obra por instalación es menor.
- **Cableado Reducido:** El cableado se restringe a la alimentación del PLC y a las conexiones de las entradas y salidas con los elementos del campo. Como consecuencia, se tiene un ahorro considerable en costo y tiempo para la puesta en marcha del sistema y para los mantenimientos regulares. Además se minimiza el número de fallas al tener menos componentes interconectados.
- **Mínimo Espacio:** Sus reducidas dimensiones y el poco cableado necesitado permiten brindar la ventaja de requerir de un mínimo espacio de operación.
- **Flexibilidad:** Al tratarse de una lógica programada, es muy fácil realizar modificaciones en procesos de producción periódicamente cambiantes, sin cambiar el cableado ni añadir aparatos. Además, si el controlador estaba destinado al control de una maquinaria o un proceso que se elimine de una planta, este PLC podrá ser reprogramado para otra maquinaria o para otro sistema de producción.

- Posibilidad de Ampliaciones: Al tener una estructura modular, se da la posibilidad de aumentar módulos de entradas, salidas o comunicaciones según se vayan necesitando con el crecimiento de la planta.
- Adaptabilidad: Actualmente los PLC ofrecen rangos variados en los módulos de entrada y salida.
- Autodiagnóstico: Una de las ventajas más importantes que ofrecen los Controladores modernos es un diagnóstico directo de fallas.
- Comunicaciones: Permiten a los Controladores Lógico Programables comunicarse, o intercambiar información con otros equipos que pueden ser PLC, ordenadores, sensores, entre otros. De esta manera se hace posible el tener interfaces humano máquina, históricos de variables importantes para una empresa y una integración de la información desde el nivel de manufactura hasta el nivel administrativo.

2.1.2 Generalidades del Panel de Operador

En un sistema de control se pueden destacar dos elementos principales, el controlador y la interfaz humano-máquina. El HMI, por sus siglas en inglés (Human Machine Interface), es el medio por el que las personas pueden interactuar con una máquina o con todo un proceso de producción. Es decir, que actúa como un medio de entrada, puesto que el usuario puede manipular el sistema al ingresar parámetros, o como un medio de salida puesto que permite al usuario ver el estado actual del proceso.

El HMI, al igual que los controladores, ha pasado por un fuerte proceso de evolución. Al inicio se tenían interfaces muy sencillas y rudimentarias conocidas como mímicos, que se basaban en un diagrama del proceso y luces que se encendían y apagaban para indicar al operador en que parte del proceso se encontraba la producción. Sin embargo, con el avance de la tecnología se ha dado un avance notable en este campo, ya que en la actualidad se emplean, a más de ordenadores, equipos específicos para interfaces humano-máquina como los paneles de operador, que permiten, no solo animaciones mucho más reales y detalladas del proceso sino que también brindan beneficios como

comunicaciones, almacenamiento de datos, niveles de seguridad para diferentes usuarios, entre otros.



Figura. 2.5. Paneles de Operador

Los paneles de operador se utilizan como medios de monitoreo y manejo de maquinaria desde la planta ya que generalmente son empotrados en los tableros de control.

Existen paneles de operador táctiles “touch screen”; es decir, que el operador maneja el sistema al pulsar elementos definidos dentro de la pantalla, y paneles con teclado para el ingreso de información. En el caso de este último tipo, se pueden diferenciar cuatro áreas:

1. Pantalla de Visualización
2. Teclas de Navegación / Comando
3. Teclado Numérico para Ingreso de Valores.
4. Flechas de Posicionamiento

En la figura 2.6 se muestran las cuatro áreas claramente identificadas.



Figura. 2.6. Partes de un Panel de Operador

En la Pantalla de Visualización, es donde el operador tiene acceso al control y monitoreo del proceso u maquinaria para el que ha sido designado. Es en esta área donde se presentan los valores de parámetros como nivel, presión, flujo, temperatura, u otras variables que intervengan en el proceso y se da la opción a los operadores de ingresar datos o comandos para intervenir en el proceso.

Las teclas de Navegación/Comando, son todas aquellas que, en el panel de la figura 2.6, están nombradas por un número antecedido de una F o una K (por ejemplo: F1, K2, etc). Éstas tienen la propiedad de cambiar de función de acuerdo a la pantalla en la que el operador se encuentre.

El teclado numérico, en cambio, es aquel que permite el ingreso de valores numéricos al sistema, tales como set points, velocidad de bombas o parámetros de sintonización para lazos PID.

Finalmente, las teclas de posicionamiento funcionan en pantallas que contengan elementos como listas, por ejemplo, para navegar en ellas ítem por ítem.

2.2 SOFTWARE

Para este proyecto, tanto el Controlador Lógico Programable como el Panel de Operador deben ser marca Allen Bradley por disposición del cliente. En virtud de esto se puede dar un fundamento teórico de los dos software específicos que ofrece Rockwell para la programación de sus equipos, RsLogix500 y RsViewME.

2.2.1 RSLogix500

Este software se utiliza para la programación de los procesadores de las familias SLC 500 y Micrologix de Allen Bradley. Al ser desarrollado para operar en ambientes Windows como Windows 98, Windows NT, Windows 2000 y Windows XP, RsLogix500 ofrece todas las ventajas y herramientas de estos sistemas operativos. Entre los principales beneficios de este software se tiene:

- Herramienta de verificación que construye una lista de errores en la que se puede navegar para hacer las correcciones necesarias.
- Posibilidad de realizar modificaciones de la aplicación en línea; es decir, mientras el procesador sigue operando. La característica de prueba de cambios permite probar el comportamiento de la modificación antes de que sea parte permanente del programa de aplicación.
- Facilidad de mover o copiar instrucciones entre rungs de diferentes subrutinas o proyectos.
- Herramientas de diagnóstico avanzado que localizan el área de la aplicación que está causando problemas.
- Facilidad para examinar el estado de bits, temporizadores, contadores, entradas y salidas simultáneamente en una sola tabla creada por el usuario.
- Opción de importar aplicaciones desarrolladas en programas antiguos de Allen Bradley, como el APS (Advanced Programming Software).
- Posibilidad de crear la asignación de direcciones de PLC y comentarios en Microsoft Excel para luego importar dicha información al proyecto de RSLogix500.

En los siguientes ítems se describirá brevemente los conceptos básicos y pasos utilizados en este proyecto.

2.2.1.1 Descripción de la Pantalla.

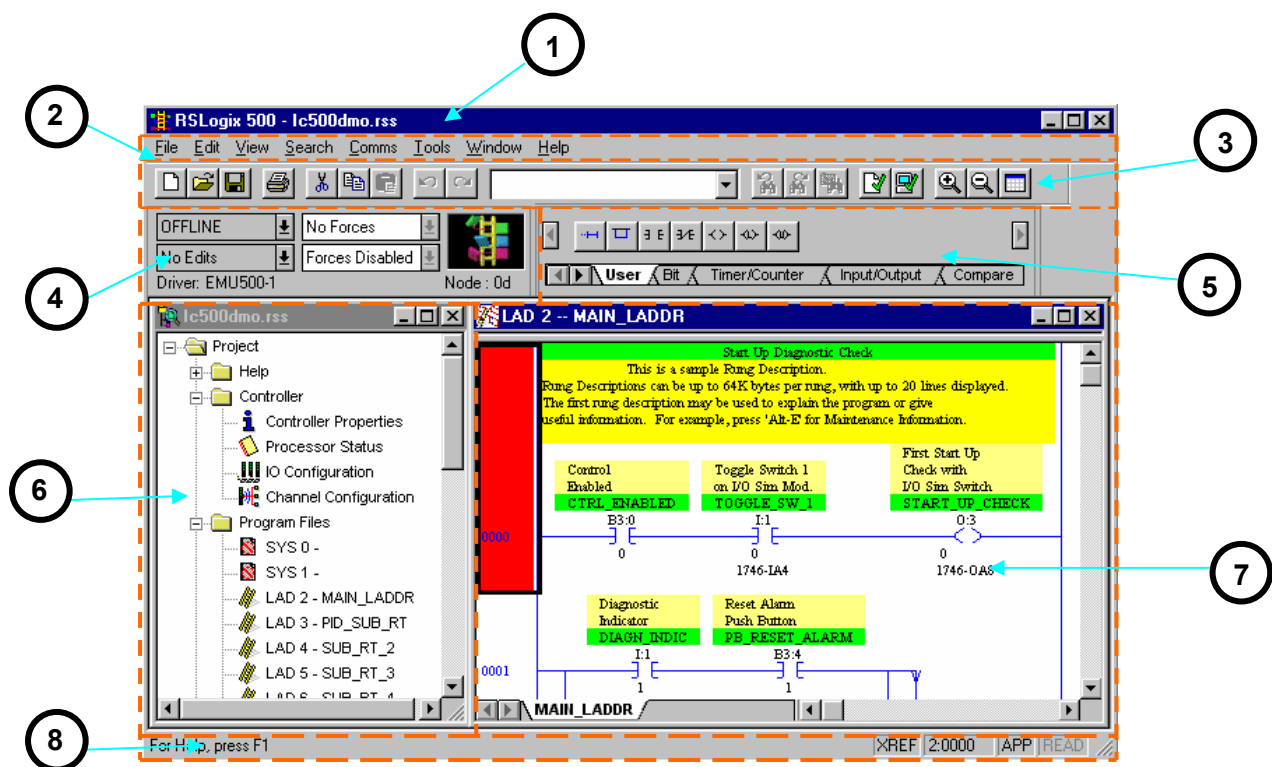


Figura. 2.7. Partes de la Pantalla en RSLogix500

- 1) Barra de Título (Title Bar): presenta el nombre del programa del proyecto que se encuentra abierto.
- 2) Barra de Menú (Menu Bar): Se utiliza para escoger opciones de los menús verticales.
- 3) Barra de Herramientas Estándar (Standard Tool Bar): También conocida como la barra de herramientas principal, contiene varias de las funciones estándar para la mayoría de los programas en ambiente Windows. Estas funciones se usarán muchas veces mientras se desarrolla y prueba el programa para el controlador.

- 4) Barra Online (Online Bar): Despliega la información de estado de comunicaciones e indica si existen forzamientos de señales.
- 5) Barra de Herramientas de Instrucciones (Instruction Tool Bar): De esta barra se escogen las instrucciones a emplearse y se las arrastra al área de programación.
- 6) Vista de Proyecto (Project View): es una representación visual de todos los archivos que existen en el proyecto.
- 7) Vista de la Programación (Ladder View): es una representación visual de todos los archivos en la lógica escalera programada.
- 8) Barra de Estado (Status Bar): Muestra mayor información acerca de los iconos o menús seleccionados.

2.2.1.2 Descripción de Archivos. En la sección “Vista de Proyecto” se presentan los archivos que contienen toda la información de los programas y datos del proyecto.

En la figura 2.8 se muestra la sección Vista de Proyecto con la distribución de los archivos existentes.

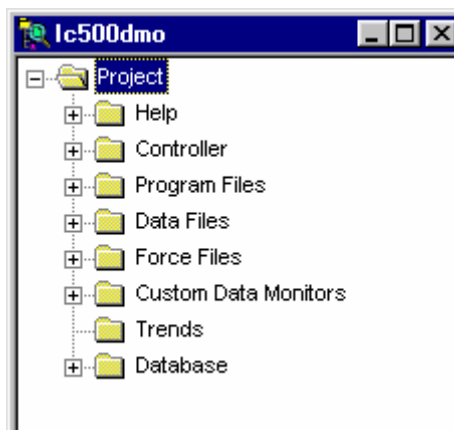


Figura. 2.8. Archivos del Proyecto

- Help (Ayuda): Contiene los archivos que dan al usuario un conocimiento general acerca del programa para desarrollar un proyecto.
- Controller (Controlador): En esta carpeta se encuentran los archivos para configurar el controlador y sus comunicaciones. Entre los archivos se tiene: Controller Properties (Propiedades del Controlador), Processor Status (Estado del Procesador), IO Configuration (Configuración de Entradas-Salidas), y Channel Configuration (Configuración de Canales).
- Program Files (Archivos de Programa): Contiene dos archivos que contienen información del controlador (SYS 0 y SYS 1), un archivo del programa escalera principal y los archivos de cualquier otra subrutina creada. En los controladores de la familia SLC 500 pueden existir hasta 256 archivos de programa.
- Data Files (Archivos de Datos): En esta carpeta están los archivos que permiten monitorear, cambiar o ver todas las direcciones del programa. Se pueden crear hasta 256 archivos de datos para los controladores SLC. Los primeros nueve archivos de datos se crean automáticamente al crear el proyecto. Estos archivos pueden ser de nueve tipos de acuerdo a los datos que almacenan: salida, entrada, estado, bits, temporizadores, contadores, control, enteros y decimales.
- Force Files (Archivos de Bits Forzados): Se utilizan estos archivos para monitorear, habilitar y deshabilitar forzamientos de las señales. En esta carpeta existen solo dos archivos, uno para entradas y otro para salidas puesto que solo estos datos pueden ser forzados.
- Custom Data Monitors: es una característica de éste software que permite crear una lista de direcciones al combinar varios tipos de datos en una sola tabla. De esta manera, se pueden monitorear varios datos diferentes con un solo archivo.
- Trends (Históricos): Es un control activex para desplegar información del proceso en un histórico.
- Database (Base de Datos): En esta carpeta se puede realizar una documentación completa del proyecto, con el objetivo de hacerlo entendible para el mismo programador y para otros. En esta carpeta se almacenan descripciones como: títulos de página, comentarios de rungs, comentarios de instrucciones, entre otros.

2.2.1.3 Creación de un Nuevo Proyecto. Para crear un nuevo proyecto se debe escoger “New” localizado bajo la opción “File” de la barra de menú y enseguida aparece una ventana para seleccionar el procesador que será utilizado; tal como aparece en la figura 2.9.

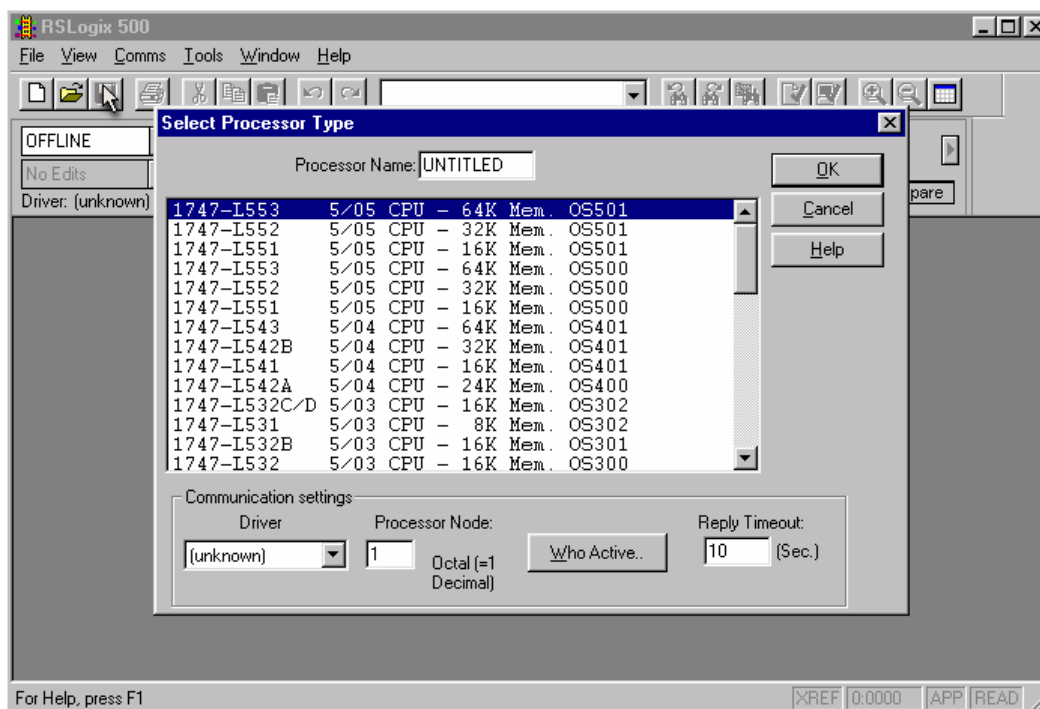


Figura. 2.9. Selección de Procesador

Las cuatro características principales presentadas en esta ventana para definir el procesador son: el número de parte, el tipo de procesador, el tamaño de memoria y la versión de firmware. Según estos parámetros, se escoge un procesador y se asigna un nombre en “Processor Name” que además será el nombre del proyecto en sí. En el área de Configuración de Comunicaciones, se escoge el driver de acuerdo al puerto de la computadora utilizado para establecer comunicación con el controlador, se ingresa el número de nodo asignado al controlador con el que se va a trabajar y se define el tiempo en el que el software deberá esperar una respuesta del controlador después de enviarle datos. Este tiempo puede estar entre 0 y 600 segundos.

2.2.1.4 Configuración de Entradas/Salidas. Una vez definido el controlador, se deben configurar todos los módulos de entradas y salidas que tenga el PLC. Para abrir la ventana de configuración se da doble clic en el archivo “IO Configuration” de la carpeta “Controller”.

Primero se debe escoger el o los Chasis del PLC en base a lo instalado en el hardware. En el caso de la figura 2.10, se puede ver que está configurado un chasis para cuatro slots¹⁵ y por tanto, en el área de configuración de módulos se enumeran los slots del 0 al 3. Para la familia de controladores SLC, siempre el procesador debe ir en el slot cero y en los siguientes slots se va llenando con la numeración de los módulos correspondientes. Para mayor facilidad se presenta un listado de todos los módulos disponibles, y basta con arrastrar la numeración del módulo utilizado al espacio del slot correspondiente.

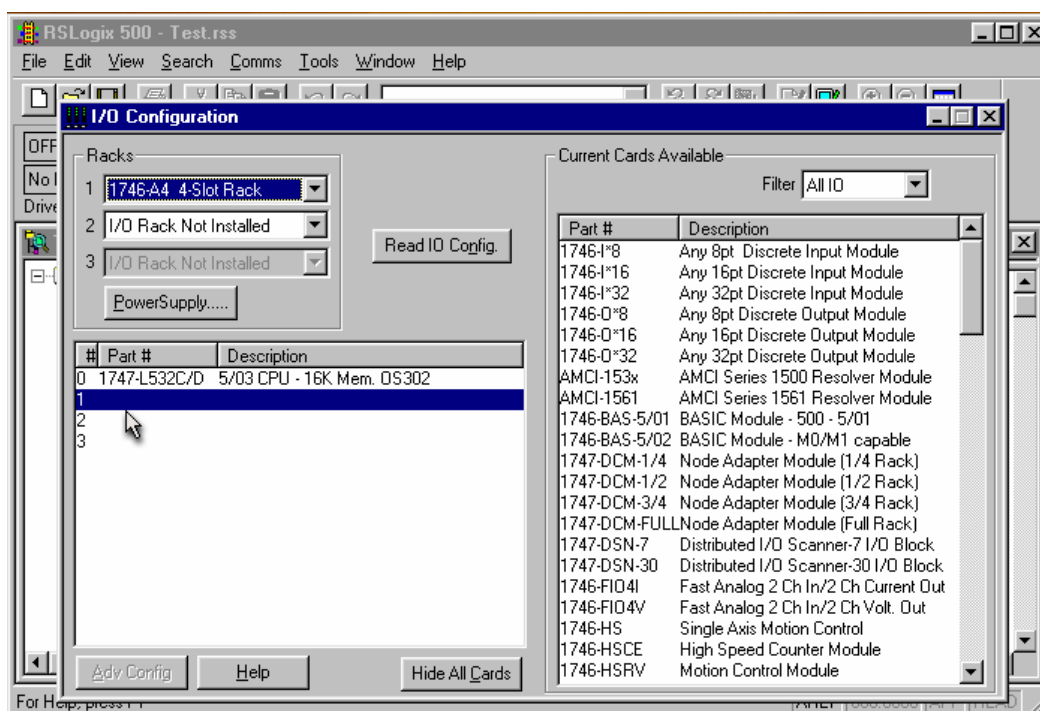


Figura. 2.10. Configuración Módulos Entrada-Salida

¹⁵ Ranura del Chasis donde se conectará un módulo del PLC.

Además, si existe comunicación con el PLC a programar, basta con presionar el botón “Read IO Config.” para que se configuren el chasis y los módulos del Controlador.

2.2.1.5 Programación en Escalera. Una vez definido el procesador, y configurados los módulos de entrada-salida se sigue con la programación en si del controlador. Al crear el proyecto, se crea también el archivo de programa principal. Dependiendo de la conveniencia del usuario se puede programar la lógica en esta rutina o se la puede usar simplemente para llamar a otras subrutinas previamente creadas.

Para iniciar la edición de la lógica se pueden usar tres métodos: dar un solo clic en la barra o paleta de instrucciones, utilizar el método “drag and drop”, o utilizando modo de texto ASCII.

La barra de instrucciones, mostrada en la figura 2.11, es la más utilizada por facilidad y orden ya que está dividida por categorías que agrupan comandos similares como: Timer/Counter (Temporizador/Contador), Input/Output (Entrada/Salida), Compare (Comparar), Compute/Math (Calcular/Matemáticas), entre otras. La categoría más utilizada es User que tiene las instrucciones que no pueden faltar en una lógica de PLC como son: bobina, nuevo rung, contacto abierto, contacto cerrado, instrucción de latch e instrucción de unlatch.



Fuente: RSLogix500 – Pantalla Principal

Figura. 2.11. Barra de Instrucciones

Una de las ventajas de este software es la gran cantidad de instrucciones disponibles que permiten una programación más sencilla, ordenada y completa.

En la figura 2.12 se muestra una paleta con todas las instrucciones de RSLogix500:

ABL	ABS	ACB	ACI	ACL	ACN	ACS	ADD	AEX	AHL	AIC	AND	ARD
ARL	ASC	ASN	ASR	ATN	AWA	AWT	BSL	BSR	BST	BTR	BTW	CLR
COP	COS	CPT	CPW	CTD	CTU	DCD	DDT	DDV	DEG	DIV	DLG	ENC
END	EOR	EQU	FBC	FFL	FFU	FLL	FRD	GCD	GEQ	GRT	HSC	HSD
HSE	HSL	IID	IIE	IIM	INT	IOM	JMP	JSR	LBL	LEQ	LES	LFL
LFU	LIM	LN	LOG	MCR	MEQ	MOV	MSG	MUL	MVM	NEG	NEQ	NOT
ONS	OR	OSF	OSR	OTE	OTL	OTU	PID	PTO	PWM	RAC	RAD	RCP
REF	RES	RET	RMP	RHC	RPI	RTA	RTO	SBR	SCL	SCP	SIN	SQC
SQL	SQO	SQR	STD	STE	STS	SUB	SUS	SVC	SWP	TAN	TDF	TND
TOD	TOF	TON	UID	UIE	UIF	XIC	XIO	XOR	XPY			
] / [] [- ()	- (L)	- (U)

Fuente: RSLogix500 - Help

Figura. 2.12. Paleta de Instrucciones

Los conceptos estudiados en los puntos anteriores acerca de RsLogix500 serán de gran utilidad para empezar a utilizar este software; sin embargo, al ser un programa que ofrece muchos beneficios, es importante estudiarlo más detenidamente para aprovechar todas sus ventajas.

2.2.2 RSViewME

El software RSView Machine Edition, conocido como RSViewME, incluye al programa RSView Studio, sistema de desarrollo para crear proyectos HMI y RSView ME Station, utilizado para correr los proyectos creados en el sistema de desarrollo. Este software es específico para los paneles de operador Allen Bradley.

El sistema de desarrollo RSView Studio corre en los sistemas operativos Windows XP y Windows 2000, mientras que el sistema RSView ME Station se ejecuta en PanelView Plus, VersaView CE, al igual que en computadoras

industriales VersaView y en computadoras que usen sistemas operativos Windows.

Algunos de los principales beneficios que este software ofrece son:

- Acceso a dos tipos de tag¹⁶, definidos por el usuario y almacenados en la base de datos del HMI, y tags referenciados que son almacenados en los controladores lógico programables.
- Posibilidad de crear varias cuentas privadas de usuario con diferentes privilegios de acceso. Entonces, los usuarios podrán abrir solo las pantallas a las que estén autorizados de acuerdo a los códigos de seguridad definidos en las cuentas de usuario.
- Se tienen mensajes de diagnóstico acerca de la actividad del sistema mientras se desarrollan las aplicaciones y en runtime. Estos mensajes dan información acerca de: errores del sistema, errores de la comunicación de la red, actividad de lectura y escritura en tags.
- Posibilidad de importar aplicaciones de un PanelView por medio del RSView Studio. Este proceso puede obtener la mayor parte del proyecto, incluyendo pantallas gráficas y la mayoría de objetos, texto, tags, mensajes de alarma y mensajes locales y globales.
- Posibilidad de configurar el comportamiento de la aplicación cuando se arranca en el sistema RSView ME Station.
- Se dispone de librerías con objetos predefinidos que pueden ser arrastrados a las pantallas del usuario. Además se pueden crear librerías con objetos usados frecuentemente.
- Opción de importar imágenes tipo bitmap o JPEG incluyendo flechas y símbolos ISA¹⁷ y DIN¹⁸.
- Opción de crear archivos de tags llamados “placeholders” para sustituir en pantallas gráficas comunes y optimizar el trabajo.
- Posibilidad de crear archivos de mensajes múltiples para optimizar espacio.
- Permite configurar condiciones de alarma y mensajes de alerta, además de mensajes del proceso, instrucciones, e información de estados actuales.

¹⁶ Referencia lógica para variables de un dispositivo o de una ubicación de memoria local.

¹⁷ International Standardization Association

¹⁸ Deutsche Industrie Normen (Normas Industriales Alemanas)

- Admite la creación de macros para automatizar funciones y manipular valores de tags.
- Accede a una configuración de un modelo para almacenar datos de los históricos.

En los siguientes puntos se describen, conceptos básicos y procedimientos claves, utilizados para la programación del sistema de monitoreo.

2.2.2.1 Descripción de la Pantalla. En la figura 2.13 se presentan claramente identificadas, las partes principales de la pantalla de trabajo en RSVIEW Studio para comenzar una familiarización con este software.

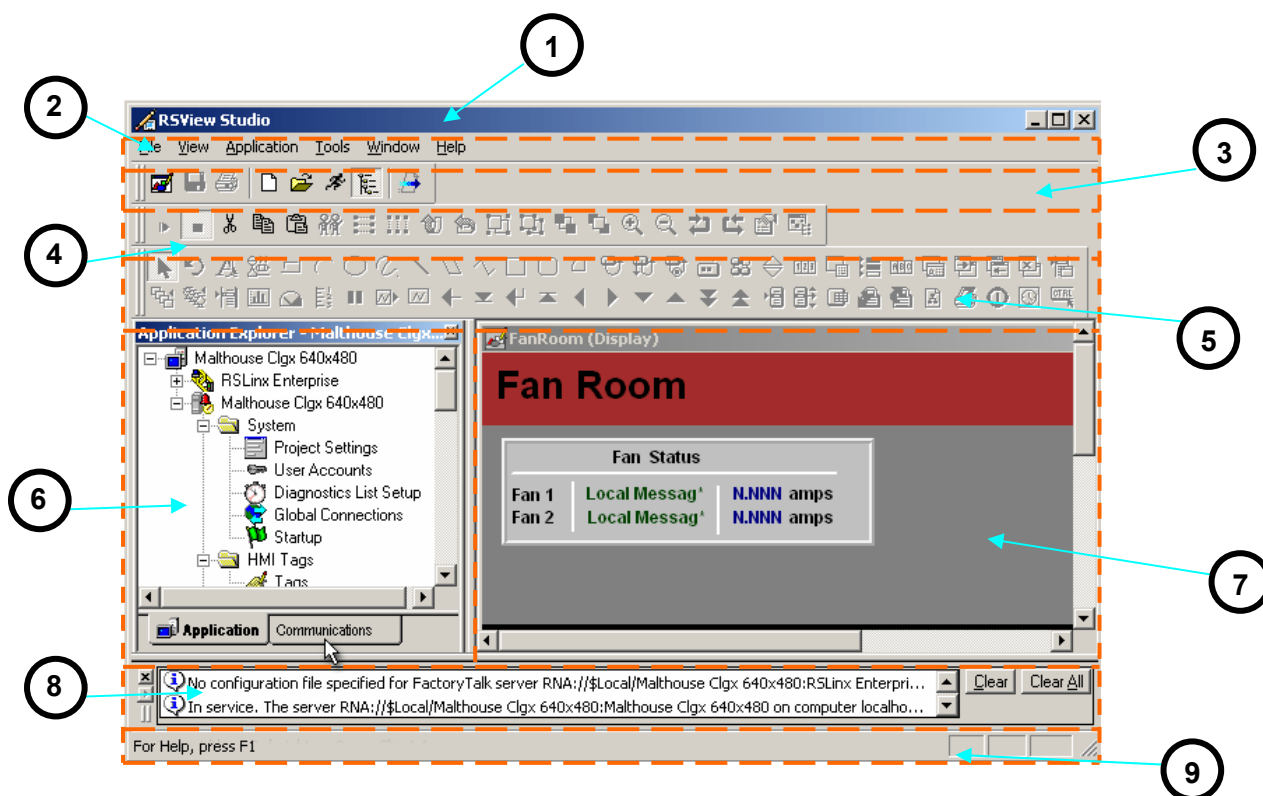


Figura. 2.13. Partes de la Pantalla en RSVIEW Studio

- 1) Barra de Título (Title Bar): presenta el nombre de la aplicación RSVIEW Studio Software.
- 2) Barra de Menú (Menu Bar): Contiene los menús para las ventanas o editores activos. Es decir, que los menús disponibles dependen de la ventana o el editor que este activo.
- 3) Barra de Herramientas Estándar (Standard Toolbar): Contiene botones para ítems de menú que son usados comúnmente. De esta manera se puede tener un acceso rápido sin abrir el menú.
- 4) Barra de Herramientas de Gráficos (Graphics Toolbar): Esta barra se presenta automáticamente cuando se abre una pantalla puesto que se utiliza para manipular objetos de ella.
- 5) Barra de Herramientas de Objetos (Objects Toolbar): Contiene herramientas para crear, seleccionar y rotar objetos. Además se tiene acceso a algunos objetos como botones, barras, indicadores, selectores, entre otros.
- 6) Explorador de la Aplicación (Application Explorer): En esta sección se incluyen a las ventanas de exploración y de comunicaciones de la aplicación a las que se accede por las pestañas del borde inferior. La ventana de exploración es una representación gráfica de la aplicación; contiene un árbol de carpetas en las que están los editores que se usarán para desarrollar la aplicación y sus componentes. La ventana de comunicaciones contiene a su vez, un árbol de las comunicaciones que mantiene la computadora de desarrollo.
- 7) Editor de Displays Gráficos (Graphic Display Editor): En esta sección se editan las pantallas gráficas.
- 8) Lista de Diagnóstico (Diagnostics List): Durante el desarrollo de la aplicación, en la lista de diagnóstico se muestran mensajes de información, advertencias, mensajes de error, entre otros. Se da la opción de borrar los mensajes uno por uno o todos a la vez.
- 9) Barra de Estado (Status Bar): Provee información acerca de la ventana activa, del comando o la barra seleccionada.

2.2.2.2 Creación de un Nuevo Proyecto. Se crea una aplicación en RSVIEW Studio para monitorear y controlar máquinas y sus procesos. Una aplicación contiene uno o más *data servers*¹⁹ y una o más interfaces humano-máquina. Un *data server* provee la comunicación al proyecto mientras que el HMI consta de pantallas, información de alarmas, información de usuario, entre otros.

Para crear una nueva aplicación, se da clic en la opción “File” de la barra de menú y se escoge “New Application”, entonces aparece una ventana como se muestra en la figura 2.14.

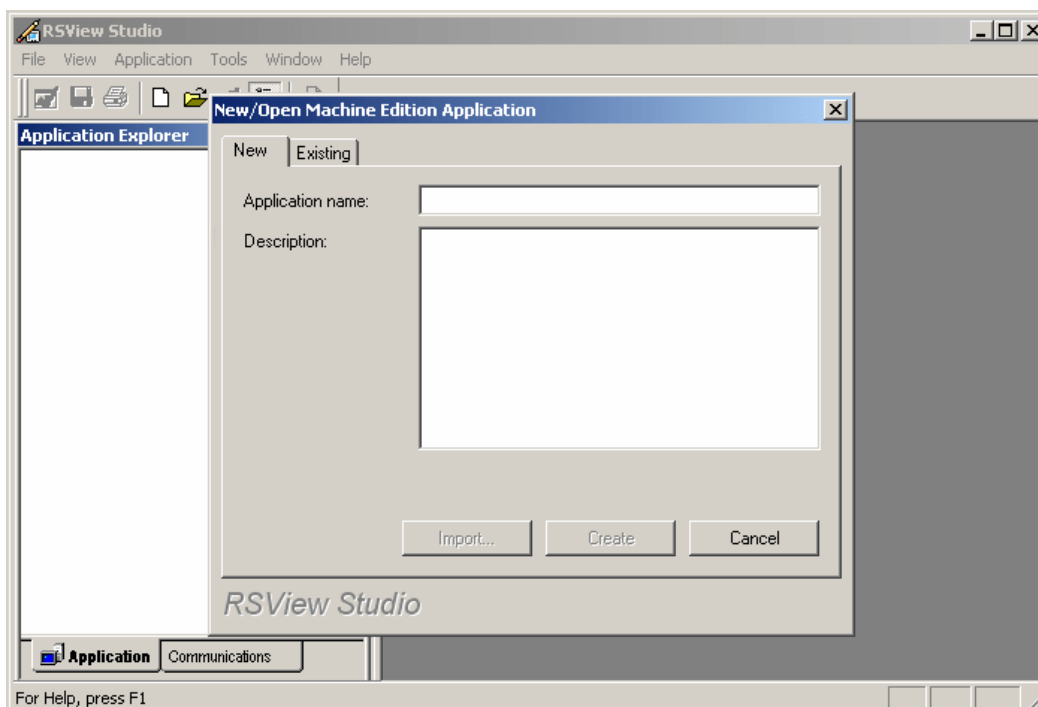


Figura. 2.14. Creación de un Nuevo Proyecto en RSVIEW Studio

En esta ventana se ingresa el nombre del nuevo proyecto que puede tener hasta 32 caracteres y debe ser único. Además, se puede ingresar una descripción acerca del proyecto que aparecerá en las propiedades de la aplicación. Una vez llenada la información se presiona el botón “Create” y la aplicación es creada y abierta inmediatamente para que el usuario pueda empezar a trabajar en ella.

¹⁹ Servidor de datos

El software RSView Studio permite además, importar aplicaciones creadas en otros programas similares como: PanelBuilder, PanelBuilder32, y PanelBuilder 1400e. Se deben seguir los mismos pasos para crear una nueva aplicación, pero en lugar de presionar el botón “Create”, se utiliza el botón “Import” y en las siguientes ventanas se ingresará información como el tipo de archivo que será importado, el path de donde se encuentra y opciones de conversión.

2.2.2.3 Configuración del Proyecto. Una vez creado el proyecto, el siguiente paso es configurar el editor de inicio, las propiedades del proyecto, y las opciones de seguridad.

En el editor de inicio (Startup Editor), archivo de la carpeta de Sistema, se especifican los procesos y componentes de la aplicación que se deben iniciar cuando se ejecuta la aplicación en runtime²⁰. Entre los ítems que pueden ser configurados están: alarmas, mensajes de información, almacenamiento de datos, macro de inicio, macro de fin, pantalla inicial y su archivo de parámetros, en caso de que necesite uno. Su distribución se muestra en la figura 2.15.

²⁰ Tiempo de Ejecución de un Programa

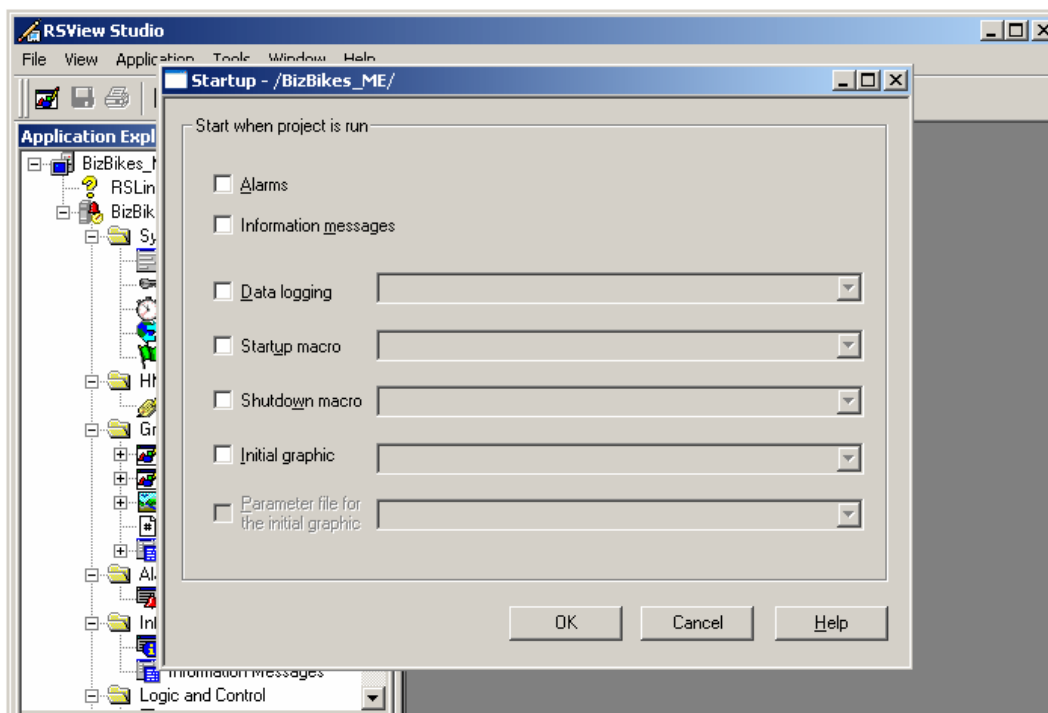


Figura. 2.15. Configuración del “Startup Editor”

Al establecer las propiedades de un proyecto se determina la configuración de todas las pantallas gráficas de la aplicación. Entre las propiedades a definir están: tamaño y ubicación de las pantallas, presentación de barra de título de las ventanas, presentación de botones de control como parte de la aplicación, y habilitación de la aplicación para cerrar la sesión de usuario abierta después de un período de inactividad.

Para abrir el cuadro de diálogo de propiedades del sistema, mostrado en la figura 2.16, se debe dar doble clic en el icono “Project Settings” de la carpeta “System”.

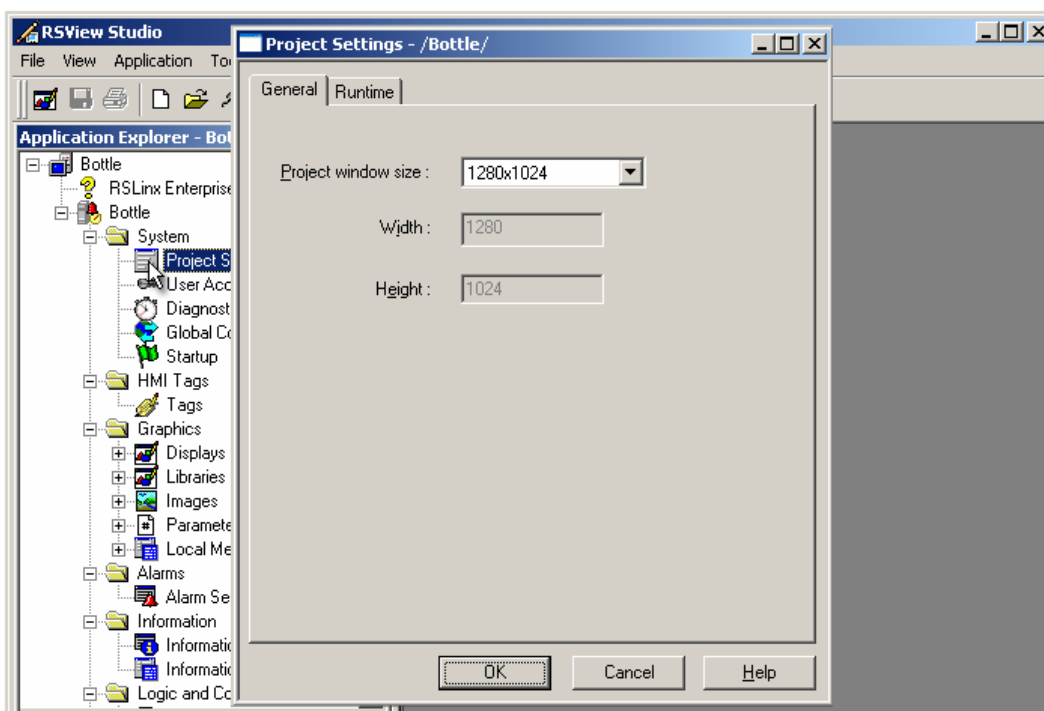


Figura. 2.16. Configuración de las Propiedades del Proyecto “Project Settings”

En la pestaña “General” se configura la resolución, medida en pixeles, que ocuparán las pantallas en el panel de operador o en la computadora donde se ejecutará el proyecto. La resolución definida se aplicará a todas las pantallas de tipo *reemplazo*.

En la figura 2.17 se muestra la pestaña “Runtime” del cuadro de diálogo de propiedades del sistema.

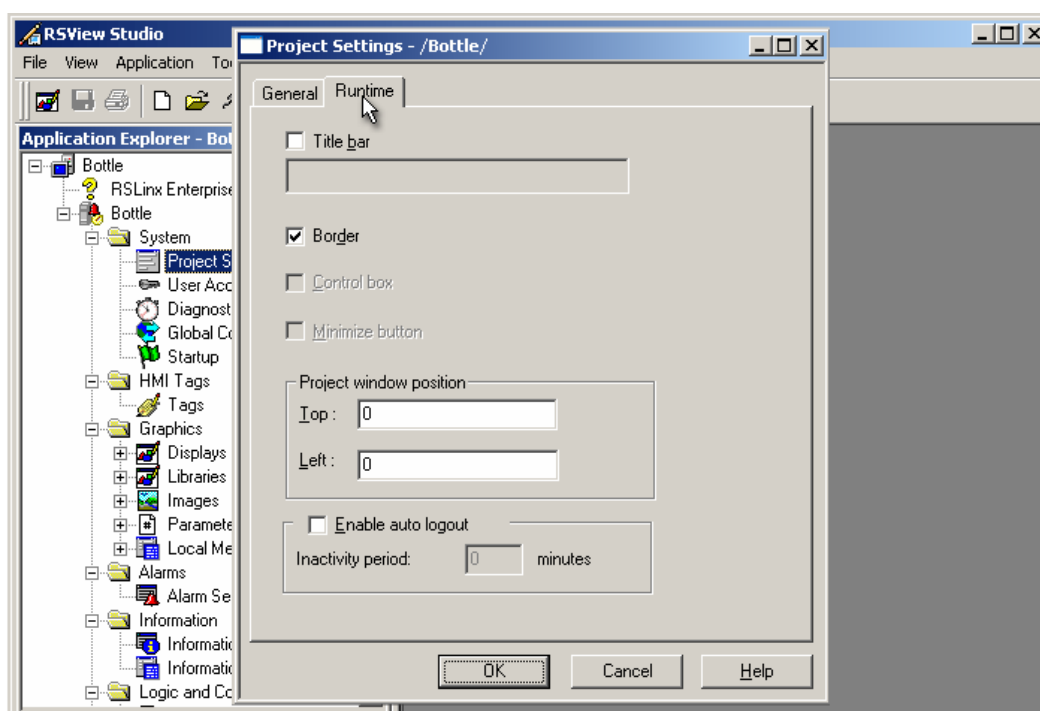


Figura. 2.17. Configuración de las Propiedades del Proyecto “Project Settings” 2

La opción “Title bar” permite mostrar el nombre de la aplicación ingresado en el cuadro de texto, en todas las pantallas tipo *reemplazo*. De esta manera el operador puede darse cuenta si está viendo el proyecto que necesita.

La opción “Border” sirve para enmarcar las ventanas del proyecto. Este ítem solo puede ser habilitado o deshabilitado cuando no se ha marcado la opción de la barra de título.

Las siguientes opciones, “Control box” o “Minimize button”, solo pueden ser activadas cuando el ítem “Title bar” ha sido activado. Al marcar “Control box” se permite desplegar un menú para que los operadores puedan mover, minimizar, maximizar y cerrar la ventana del display.

De igual forma, es posible configurar la posición de los displays del proyecto en runtime. Para esto, se debe especificar el número de pixeles que debe estar separado el display de los bordes, superior e izquierdo, de la pantalla del panel de operador o del monitor.

La última sección, permite al sistema, cerrar la sesión de usuario al cumplirse un tiempo de inactividad en el terminal. Entonces, al marcar esta opción, se debe definir el tiempo de espera antes de cerrar la sesión.

Finalmente, se deben configurar las opciones de seguridad del proyecto. La seguridad es una manera de restringir el acceso a algunos displays u objetos al crear varias cuentas de usuario con claves, que se constituye en el primer paso a seguir. Además, se configuran códigos de seguridad para cada usuario, estos tienen relación con los códigos asignados en los displays gráficos determinando así quien tiene acceso a cada pantalla. Para configurar las cuentas de usuario se da doble clic en el icono “User Accounts” de la carpeta de sistema, y se abrirá una ventana tal como se muestra en la figura 2.18.

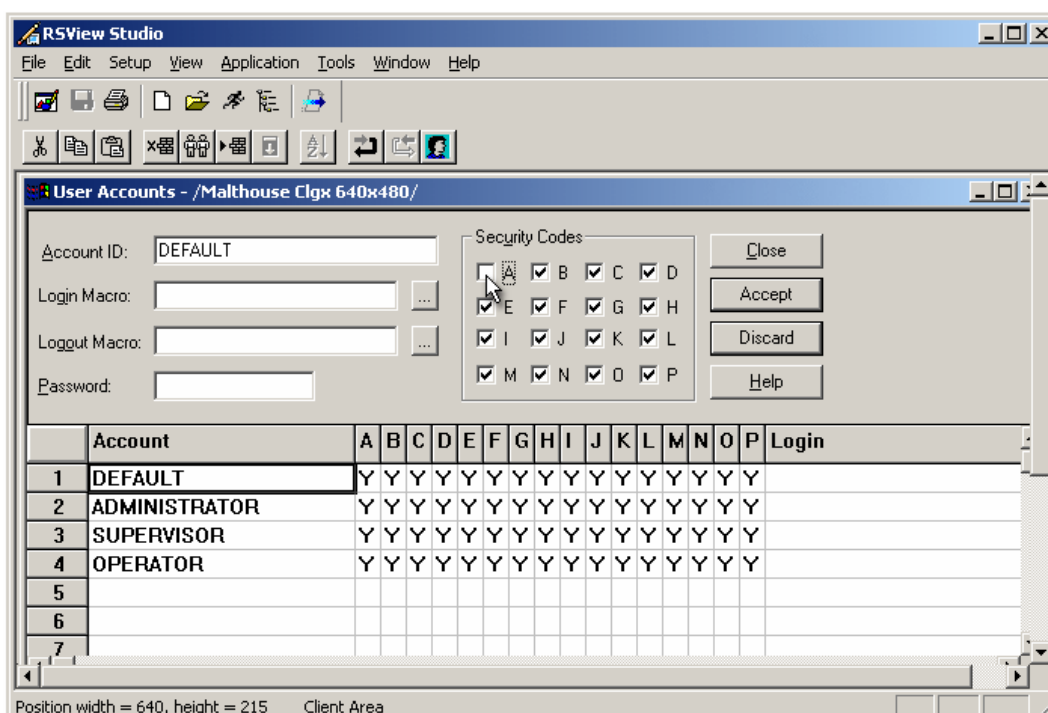


Figura. 2.18. Configuración de Cuentas de Usuario

El usuario DEFAULT se crea automáticamente y no se puede eliminar. Este usuario se utiliza cuando no se ha iniciado sesión alguna. Se pueden crear varios usuarios adicionales para los operadores que manejarán el proyecto dando clic en

el botón “Next” e ingresando el nombre de la cuenta en “Account ID”. Además, en los dos siguientes ítems, se tiene la opción de correr macros definidas cuando un usuario inicia o cierra su sesión. Luego, se ingresa la clave, “Password”, que puede tener hasta 14 caracteres incluyendo espacios. Finalmente se asignan los códigos de seguridad que están representados por las letras que van de la *A* a la *P*. De esta manera, si un display tiene código de seguridad *A*, y el usuario que está operando el sistema no tiene seleccionado este código, entonces no tendrá acceso a dicha pantalla. El código de seguridad de los displays se asigna en las propiedades de cada uno de ellos.

2.2.2.4 Creación de un Pantalla Gráfica. Uno de los pasos para crear interfaces humano-máquina en RSVIEW Studio, es crear pantallas. Éstas dan a los operadores una representación gráfica de los procesos de producción en una planta. Además, permiten a los operadores interactuar directamente con la maquinaria puesto que, presentan información del sistema o del proceso, y admiten el ingreso de datos en el controlador.

Existen muchas formas de crear una pantalla. Sin embargo, la forma más corta es utilizando el icono “New Display” de la barra de herramientas estándar.

Para configurar una pantalla se debe dar clic derecho sobre esta y escoger “Display Settings”. Entonces se abre la ventana que se muestra en la figura 2.19.

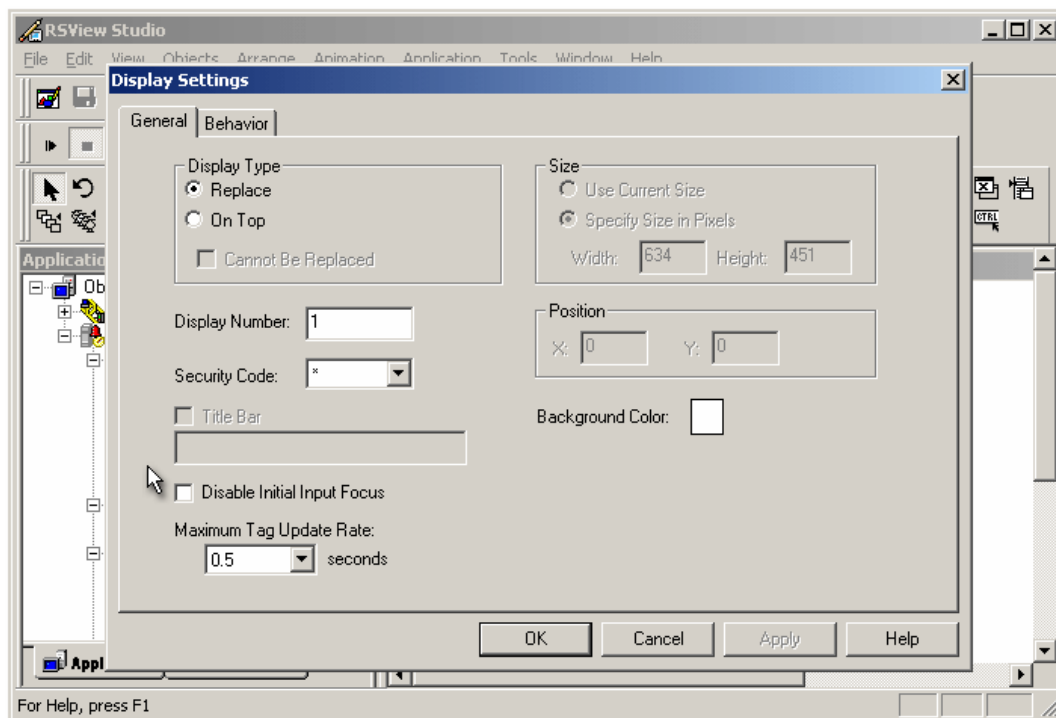


Figura. 2.19. Configuración de una Pantalla

Existen dos tipos de pantallas, “Replace” u “On Top”. Una pantalla de reemplazo (Replace), cierra todas las pantallas abiertas en runtime, mientras que una pantalla tipo “On Top”, es una pantalla flotante que se ubica delante de cualquier pantalla abierta. Se puede definir un tamaño y ubicación diferente para cada pantalla de este tipo, aunque generalmente son más pequeñas, que las pantallas tipo Replace, para facilitar la navegación entre pantallas.

En esta ventana también se pueden configurar, el color de fondo y el código de seguridad que tendrá el display. Si el código es un asterisco (*) significa que cualquier usuario puede acceder a esta pantalla.

2.2.2.5 Creación de Etiquetas de HMI. Una etiqueta, o mejor conocida como tag, es una referencia lógica para variables de un dispositivo o de una ubicación de memoria local.

Existen tres tipos de tags:

- Análogo (Analog), almacenan un valor numérico dentro del rango definido al crearlo.
- Digital (Digital), almacenan un valor numérico cero o uno.
- Cadena de Caracteres (String), almacenan cadenas ASCII.

Además existen tres tipos de fuentes de tags:

- Dispositivo (Device), reciben su valor de fuera de la aplicación de RSViewME, como por ejemplo, de un controlador programable.
- Memoria (Memory), reciben y almacenan sus valores solo en la tabla de valores de RSView Studio.
- Sistema (System) son tags de solo lectura que provee información generada mientras el sistema está corriendo, por ejemplo la fecha y la hora.

Para crear un tag se debe abrir el editor de tags de HMI dando doble clic en el icono “Tags” de la carpeta “HMI Tags”.

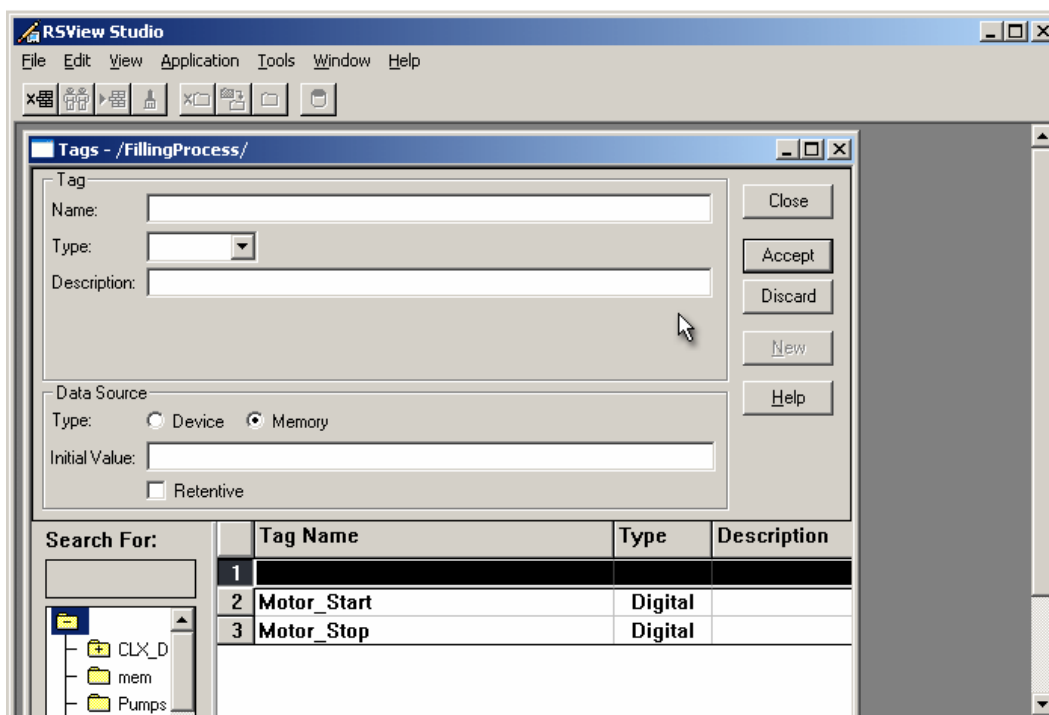


Figura. 2.20. Creación de Tags

En la ventana de este Editor, se debe dar clic en el botón “New” para crear un nuevo tag. A continuación se llenan los siguientes campos, nombre, tipo, descripción, y fuente del tag. En caso de ser de memoria, se especifica un valor inicial, y en el caso de ser un tag de dispositivo se debe especificar la dirección de donde ha de leer su valor. Finalmente, presionar el botón Accept.

Una vez creado y configurado el proyecto, y al conocer como crear pantallas gráficas y tags se puede empezar a desarrollar una aplicación con animaciones de objetos e imágenes para interactuar con las señales de un controlador y así mostrar y controlar el estado de un proceso o una maquinaria.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE HARDWARE

Para realizar el diseño de un sistema de control y supervisión, el primer paso, luego de definir claramente los alcances del proyecto, es estudiar el proceso o maquinaria a controlar y de ésta manera conocer limitaciones y características que deben ser consideradas. Luego de ésta investigación se procede a escoger la tecnología más conveniente, considerando también otros factores como normas de la planta en cuanto a seguridad y relación costo-beneficio, en la que se considera facilidad de mantenimiento, posibilidad de hacer actualizaciones del sistema y disponibilidad de repuestos.

Este proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema encargado de monitorear señales críticas de los servicios industriales y operar algunas bombas de éstas áreas para prenderlas, apagarlas y cambiar su modo entre automático y manual. Al requerir de varias entradas y salidas no solo análogas sino también digitales, se determinó que la tecnología más conveniente para desarrollar este sistema, es un controlador lógico programable (PLC) por sus grandes beneficios de flexibilidad, confianza, durabilidad y otros ya nombrados en el segundo capítulo.

En cuanto a la terminal de la interfaz humano-máquina, se disponen de dos opciones, una computadora y un panel de operador. Debido a la necesidad de monitorear los servicios industriales desde la planta en sí y no desde un cuarto de control apartado, se determinó que la mejor opción sería un panel de operador. Entre las razones principales se encuentran: el tamaño de la aplicación, puesto que es relativamente pequeña para requerir de una computadora, optimización de espacio, ya que el panel sería ubicado en una pequeña cabina de control localizada en el área de calderas, y además porque un panel de operador está diseñado para soportar la dureza de un ambiente industrial.

En los siguientes ítems se irán desarrollando los pasos de diseño para este proyecto. Desde el análisis de señales a utilizar como entradas y salidas, hasta el diseño del tablero de control; al que llegarán y de donde saldrán las señales de los sensores de campo y las señales para control de bombas.

3.1 ANÁLISIS DE SEÑALES

Para definir las señales a ser monitoreadas y las señales de control para este proyecto, primero se dividió a los servicios industriales en siete áreas que ya fueron descritas en el primer capítulo, en el punto de descripción general del proyecto. Luego, con ayuda de técnicos y operadores, se realizó un levantamiento de hardware en cada área y se definieron parámetros críticos que debían ser constantemente visualizados y señales de falla y control de determinadas bombas según las necesidades de la planta.

En los siguientes ítems, se presentan planos generales y se describen las señales de entrada y salida del controlador lógico programable, para cada área.

3.1.1 Tanque Desaireador

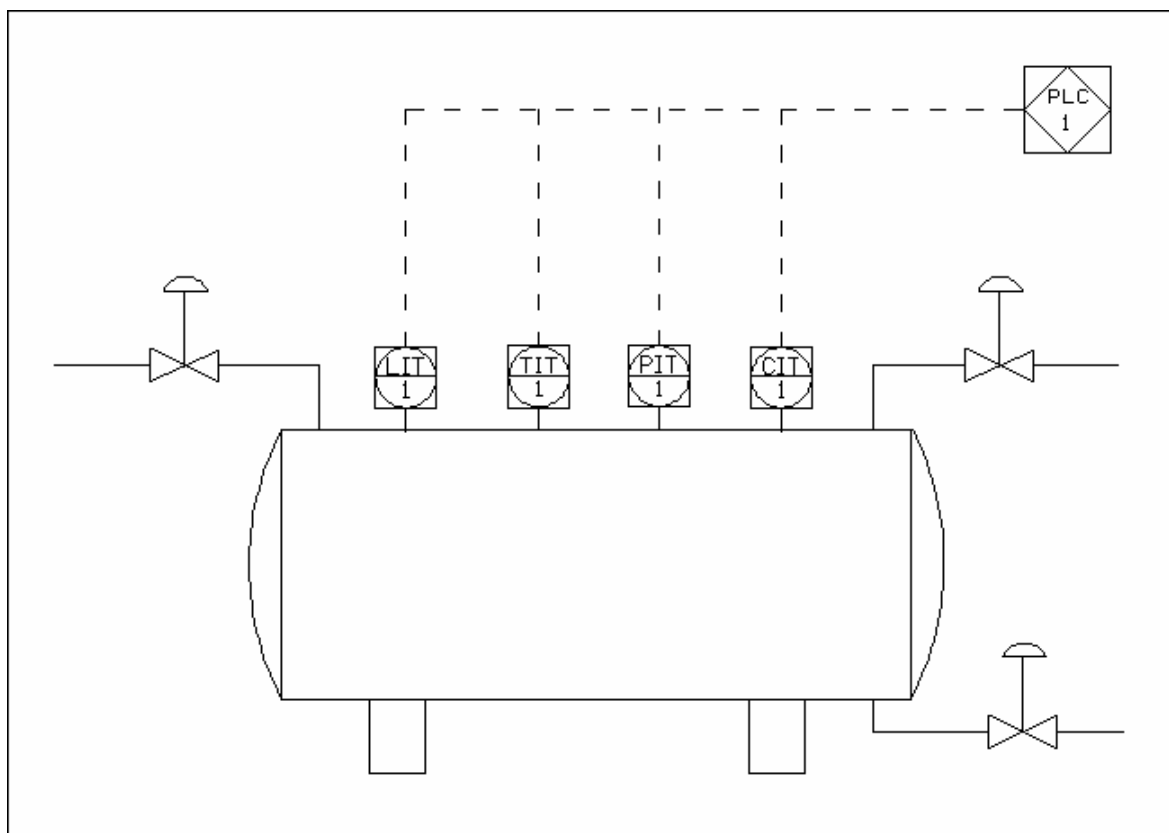


Figura. 3.1. Plano de área Tanque Desaireador

En esta área, mostrada en la figura 3.1, existe el tanque desaireador y tres válvulas que regulan el flujo de vapor, agua y condensado. De acuerdo al departamento técnico de la planta, se determinó que las señales que deben ser monitoreadas son las enviadas por el sensor análogo de nivel, y por los sensores de: temperatura, presión y conductividad del agua. Además, se acordó que las fallas a ser visualizadas en ésta área son por nivel alto (95%) y nivel bajo (10%).

En la tabla 3.1 se presentan las entradas y/o salidas de esta área:

Tabla. 3.1. Señales para PLC de Área Tanque Desaireador

ENTRADAS	Descripción Señal	Rango / Tipo	Tag
	Nivel [%]	0 - 100	LIT_01
	Temperatura [°C]	0 - 110	TIT_01
	Presión [PSI]	0 - 10	PIT_01
	Conductividad [uSiemens/cm ²]	0 - 50	CIT_01

3.1.2 Tanque Diario de Diesel

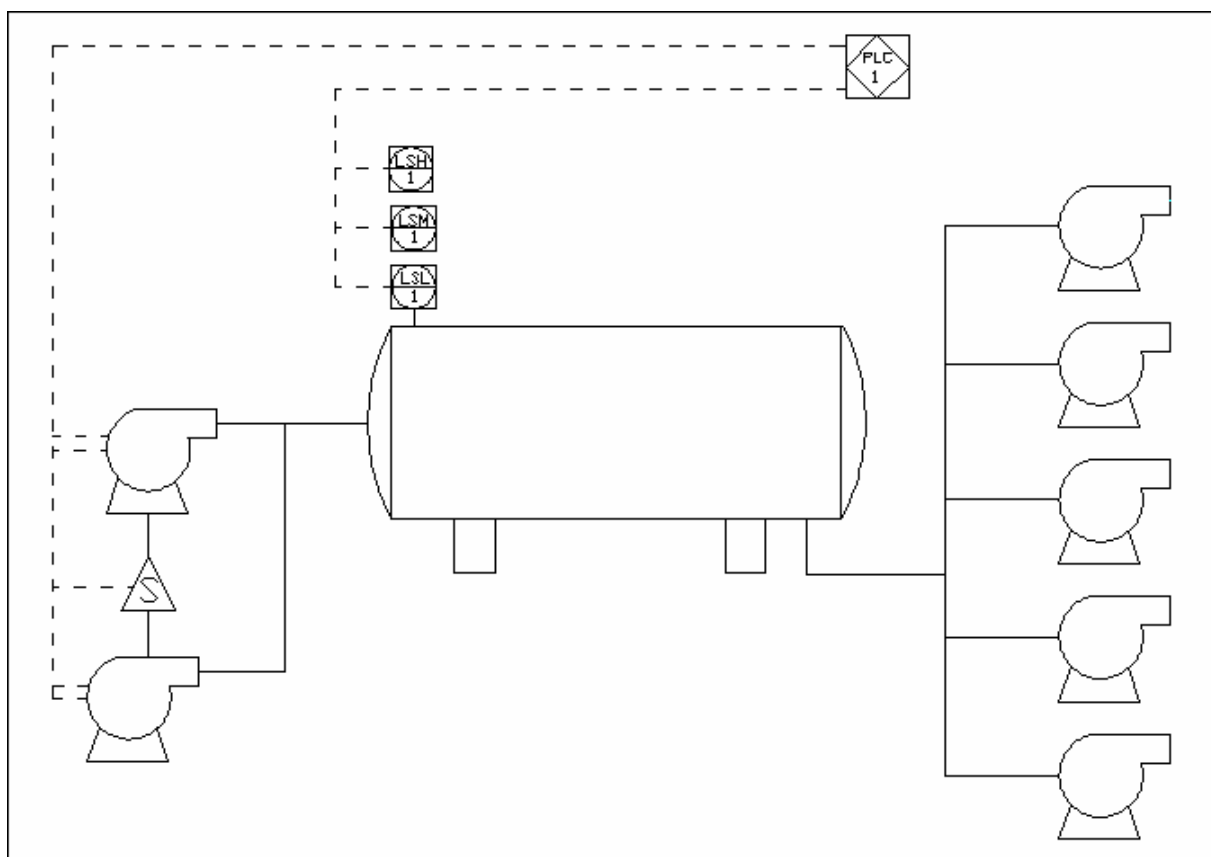


Figura. 3.2. Plano de área Tanque Diario de Diesel

Como se muestra en la figura 3.2, se tiene el tanque de almacenamiento de diesel, cinco bombas para vaciado y dos bombas para llenado del tanque. Se ha

visto la necesidad de monitorear el nivel del tanque a través de sus tres sensores digitales y controlar las dos bombas de llenado para prenderlas, apagarlas y cambiar su modo de trabajo, dependiendo de un selector de campo que permite operar una bomba a la vez. Además, se recibirán señales para detectar fallas del térmico mediante un contacto auxiliar normalmente abierto, y de confirmación de arranque de las bombas. Entonces las entradas y salidas del PLC serían las que se muestran en la tabla 3.2.

Tabla. 3.2. Señales para PLC de Área Tanque Diario de Diesel

	Descripción Señal	Rango / Tipo	Tag
ENTRADAS	Switch Nivel Alto	Digital	HLS_01
	Switch Nivel Bajo	Digital	LLS_01
	Flotador	Digital	LS_01
	Selector (Bomba 1)	Digital	SW_01
	Selector (Bomba 2)	Digital	SW_02
	Térmico de Bomba 1	Digital	EM_01
	Térmico de Bomba 2	Digital	EM_02
	Conf. Arranque Bmb 1	Digital	RM_01
	Conf. Arranque Bmb 2	Digital	RM_02
SALIDAS	Contactador Bomba 1	Digital	CM_01
	Contactador Bomba 2	Digital	CM_02

3.1.3 Tanque Diario de Bunker

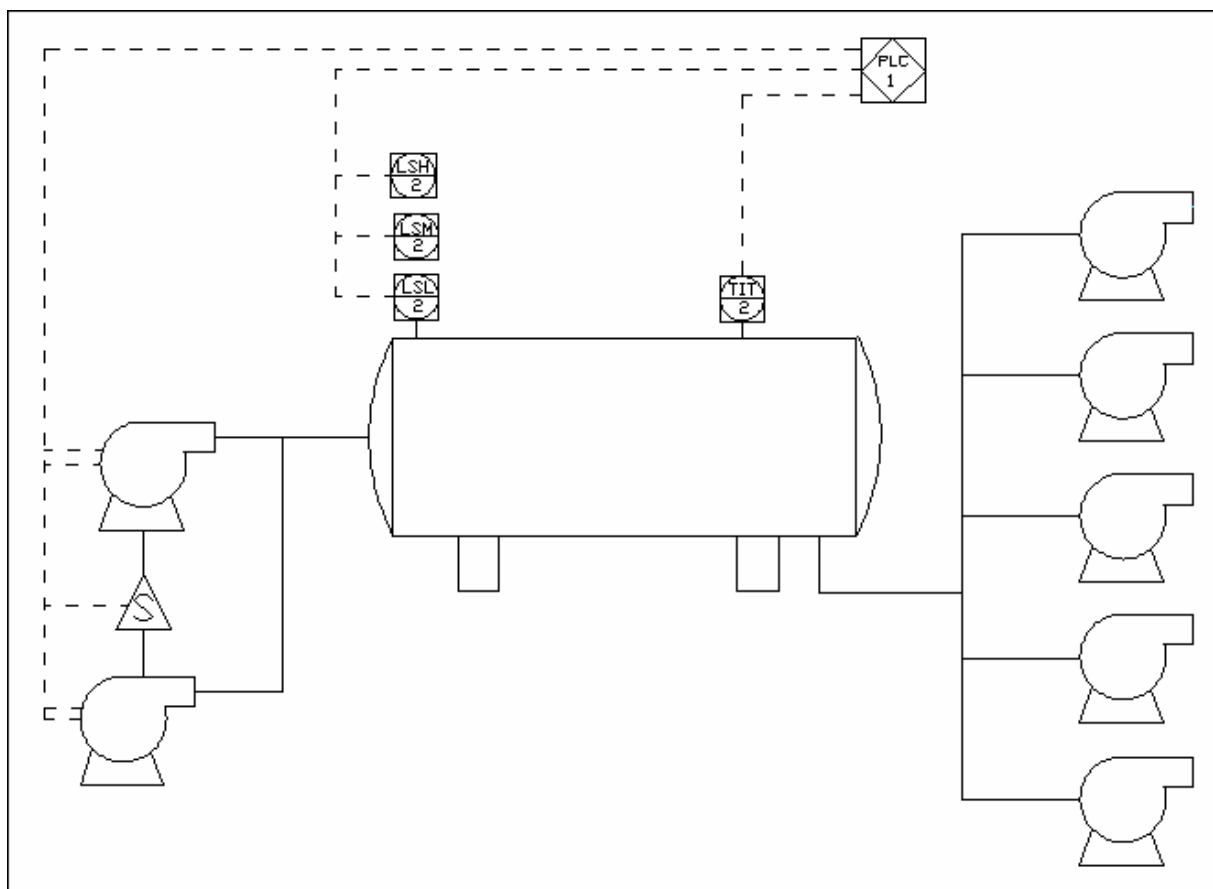


Figura. 3.3. Plano de área Tanque Diario de Bunker

En la figura 3.3 se presenta el área Tanque Diario de Bunker que, como se revisó en el primer capítulo, es muy similar al área del Tanque Diario de Diesel ya que consiste en el tanque de almacenamiento de bunker y sus bombas; dos para llenado y cinco para vaciado. Por lo tanto, las señales de monitoreo y control, son también de nivel del tanque y para control y detección de fallas en las bombas; sin embargo, se monitoreará también la temperatura del tanque. La lista de señales se muestra en la tabla 3.3.

Tabla. 3.3. Señales para PLC de Área Tanque Diario de Bunker

	Descripción Señal	Rango / Tipo	Tag
ENTRADAS	Switch Nivel Alto	Digital	HLS_02
	Switch Nivel Bajo	Digital	LLS_02
	Flotador	Digital	LS_02
	Selector (Bomba 1)	Digital	SW_03
	Selector (Bomba 2)	Digital	SW_04
	Térmico de Bomba 1	Digital	EM_03
	Térmico de Bomba 2	Digital	EM_04
	Conf. Arranque Bmb 1	Digital	RM_03
	Conf. Arranque Bmb 2	Digital	RM_04
	Temperatura [°C]	0 - 110	TIT_02
SALIDAS	Contactador Bomba 1	Digital	CM_03
	Contactador Bomba 2	Digital	CM_04

3.1.4 Agua

En la figura 3.4 se presenta el área Agua donde existen nueve bombas en total, de las que se utilizan, cuatro para agua industrial, dos para agua potable, dos para agua de ósmosis y una para el sistema contra incendios.

En esta área, se acordó con el departamento técnico, que las bombas se operarían solamente en modo manual por lo que las señales a utilizar deberían ser para activarlas, desactivarlas y detectar fallas por térmicos o contactores. Además se tiene la necesidad de monitorear la temperatura del agua industrial y las presiones en las cuatro líneas: de agua industrial, potable, de ósmosis, y en el sistema contra incendios.

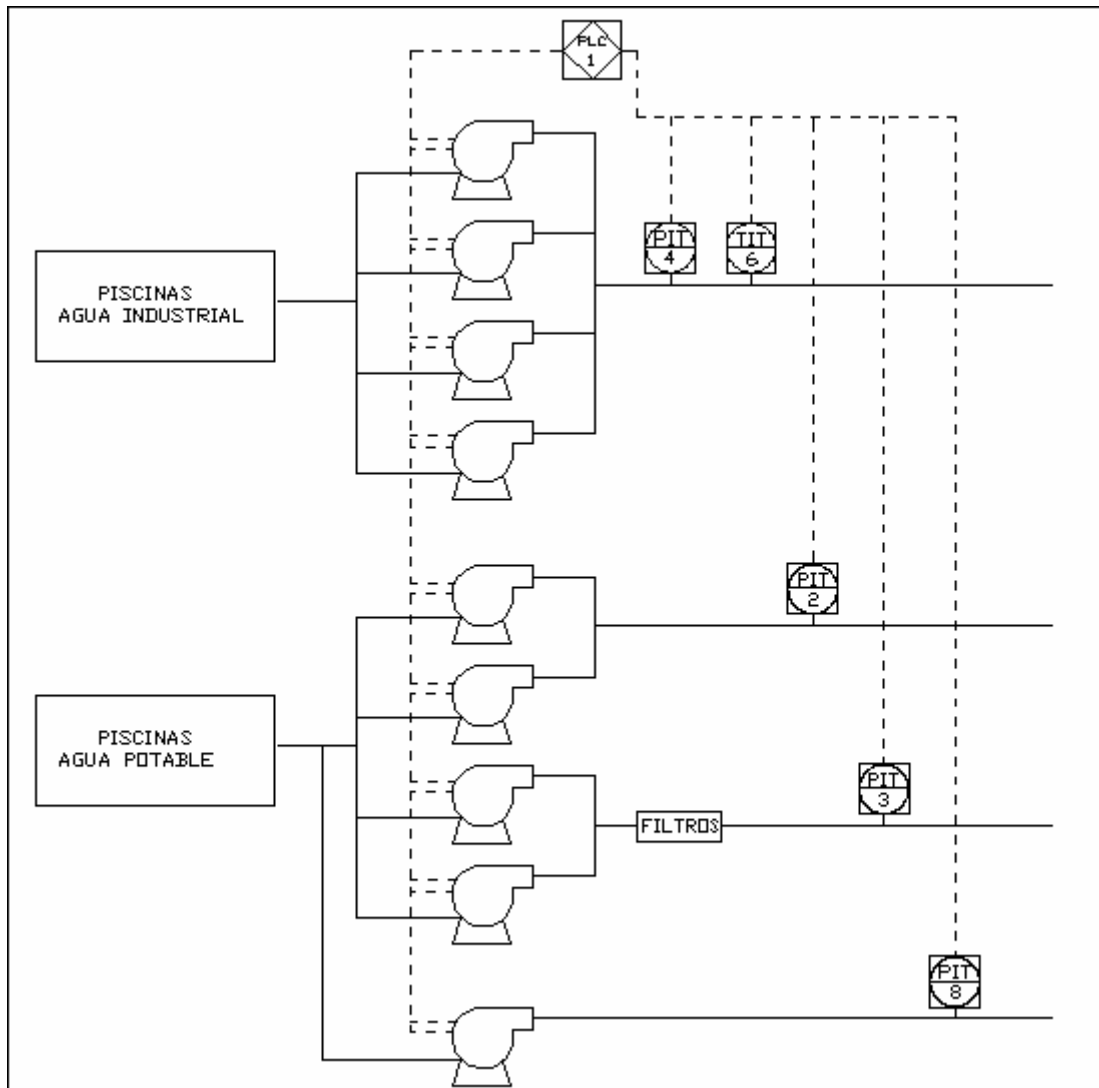


Figura. 3.4. Plano de área Agua

En la tabla 3.4 se muestra la lista de señales con una descripción, tipo o rango, en caso de tratarse de una señal analógica y la etiqueta (tag) con la que se identificará en el programa del controlador.

Tabla. 3.4. Señales para PLC de Área Agua

	Descripción Señal	Rango / Tipo	Tag
ENTRADAS	Presión Agua Potable [PSI]	0 - 100	PIT_02
	Presión Agua Osmosis [PSI]	0 - 100	PIT_03

	Presión Agua Industrial [PSI]	0 - 100	PIT_04
	Presión S. Contra Incendios [PSI]	0 - 110	PIT_08
	Temperatura Agua Industrial [°C]	0 - 100	TIT_06
	Térmico Bomba 1	Digital	EM_05
	Térmico Bomba 2	Digital	EM_06
	Térmico Bomba 3	Digital	EM_07
	Térmico Bomba 4	Digital	EM_08
	Térmico Bomba 5	Digital	EM_09
	Térmico Bomba 6	Digital	EM_10
	Térmico Bomba 7	Digital	EM_11
	Térmico Bomba 8	Digital	EM_12
	Térmico Bomba 9	Digital	EM_13
	Conf. Arranque Bomba 1	Digital	RM_05
	Conf. Arranque Bomba 2	Digital	RM_06
	Conf. Arranque Bomba 3	Digital	RM_07
	Conf. Arranque Bomba 4	Digital	RM_08
	Conf. Arranque Bomba 5	Digital	RM_09
	Conf. Arranque Bomba 6	Digital	RM_10
	Conf. Arranque Bomba 7	Digital	RM_11
	Conf. Arranque Bomba 8	Digital	RM_12
	Conf. Arranque Bomba 9	Digital	RM_13
SALIDAS	Contactador Bomba 1	Digital	CM_05
	Contactador Bomba 2	Digital	CM_06
	Contactador Bomba 3	Digital	CM_07
	Contactador Bomba 4	Digital	CM_08
	Contactador Bomba 5	Digital	CM_09
	Contactador Bomba 6	Digital	CM_10
	Contactador Bomba 7	Digital	CM_11
	Contactador Bomba 8	Digital	CM_12
	Contactador Bomba 9	Digital	CM_13

3.1.5 Vapor y Calderas

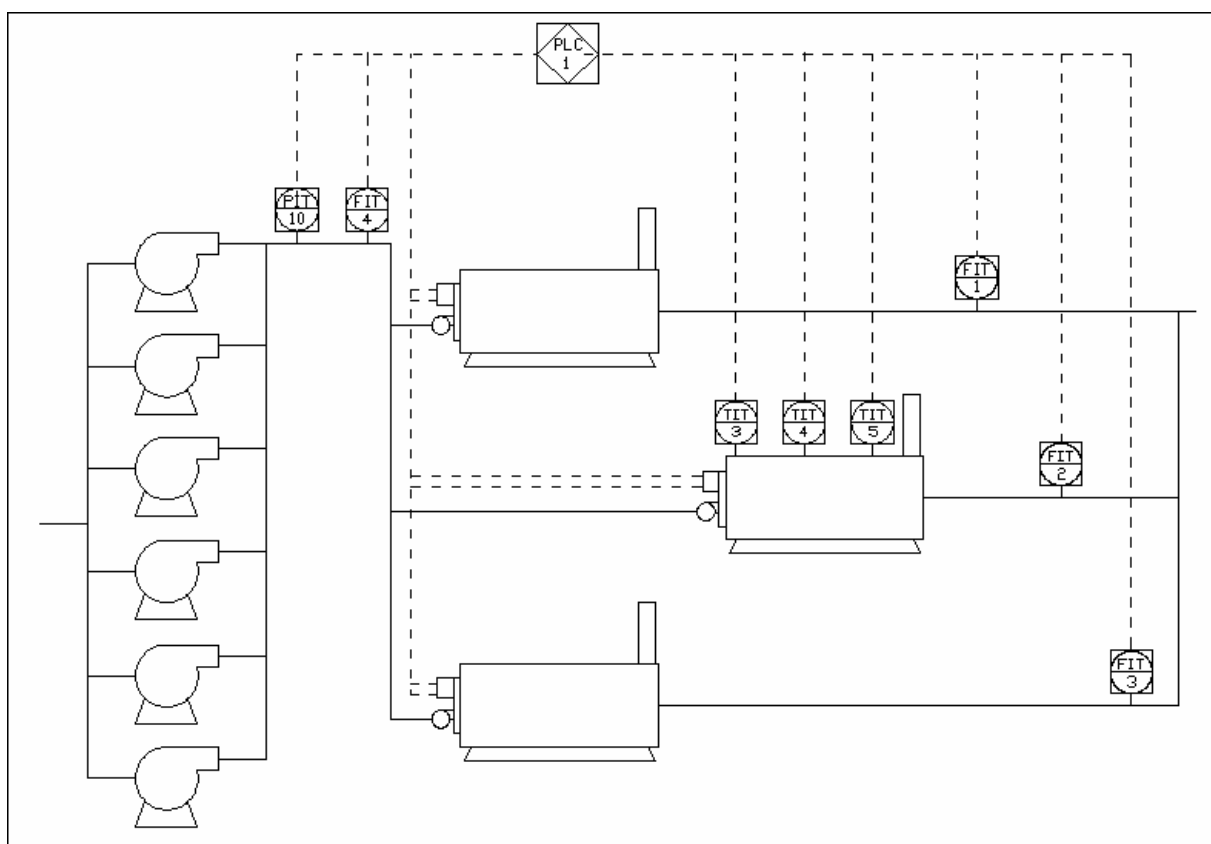


Figura. 3.5. Plano de área Vapor y Calderas

En la figura 3.5 se presenta la distribución de los sensores y maquinaria del área Vapor y Calderas. No se realizará control sobre ninguna bomba sino solamente monitoreo del estado: encendido, apagado o falla de las tres calderas de la planta. Además, se visualizará la presión del agua que va a las calderas, el flujo de vapor que sale de cada una, y las temperaturas de entrada y salida del economizador además de la temperatura del humo de la segunda caldera.

Las señales análogas y digitales a utilizar, se describen en la tabla 3.5 junto con sus tipos o rangos y tags.

Tabla. 3.5. Señales para PLC de Área Vapor y Calderas

	Descripción Señal	Rango / Tipo	Tag
ENTRADAS	Presión Línea [PSI]	0 - 350	PIT_10
	Presión Caldera 1 [PSI]	0 - 200	PIT_05
	Presión Caldera 2 [PSI]	0 - 200	PIT_06
	Presión Caldera 3 [PSI]	0 - 200	PIT_07
	Flujo Caldera 1 [Kg/h]	0 - 15000	FIT_01
	Flujo Caldera 2 [Kg/h]	0 - 10000	FIT_02
	Flujo Caldera 3 [Kg/h]	0 - 5000	FIT_03
	Flujo Agua a Calderas [Gl/min]	0 - 100	FIT_04
	Temperatura Salida Ec. [°C]	0 - 300	TIT_03
	Temperatura Entrada Ec. [°C]	0 - 300	TIT_04
	Temperatura Humo Cal. [°C]	0 - 400	TIT_05
	Encendido Caldero 1	Digital	ON_C1
	Encendido Caldero 2	Digital	ON_C2
	Encendido Caldero 3	Digital	ON_C3
	Falla Caldero 1	Digital	FLT_C1
Falla Caldero 2	Digital	FLT_C2	
Falla Caldero 3	Digital	FLT_C3	

3.1.6 Pozos

En el área de pozos, mostrada en la figura 3.6, existen dos bombas que, a diferencia de las áreas de los tanques de diesel y de bunker, pueden trabajar las dos al mismo tiempo en modo automático, siendo su forma de operación la llamada “lead and lag” que será explicada posteriormente. Por lo tanto, las señales utilizadas en esta área serán para control y detección de fallas de las bombas y para monitoreo de nivel de agua en la piscina.

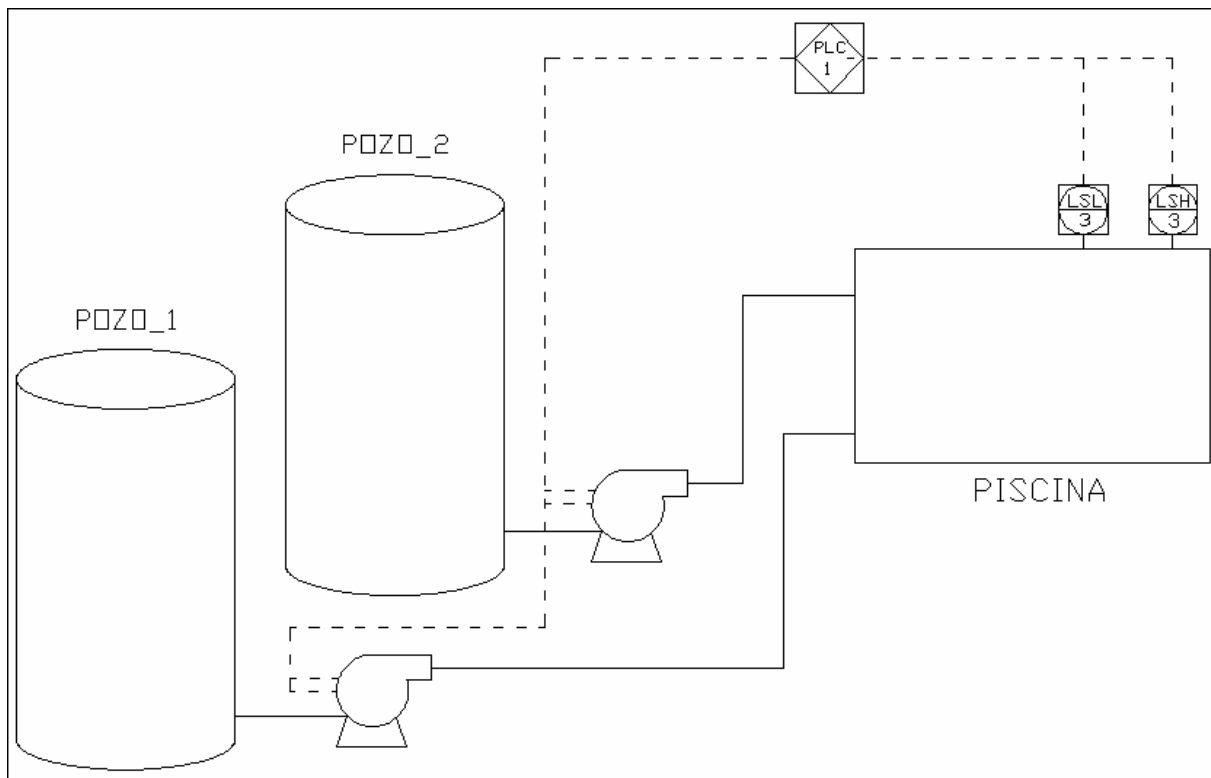


Figura. 3.6. Plano de área Pozos

En la tabla 3.6 se presenta la lista de señales empleadas en esta área.

Tabla. 3.6. Señales para PLC de Área Pozos

	Descripción Señal	Rango / Tipo	Tag
ENTRADAS	Switch Nivel Alto	Digital	HLS_03
	Switch Nivel Bajo	Digital	LLS_03
	Térmico de Bomba 1	Digital	EM_14
	Térmico de Bomba 2	Digital	EM_15
	Conf. Arranque Bmb 1	Digital	RM_14
	Conf. Arranque Bmb 2	Digital	RM_15
SALIDAS	Contactador Bomba 1	Digital	CM_14
	Contactador Bomba 2	Digital	CM_15

3.1.7 Aire Comprimido

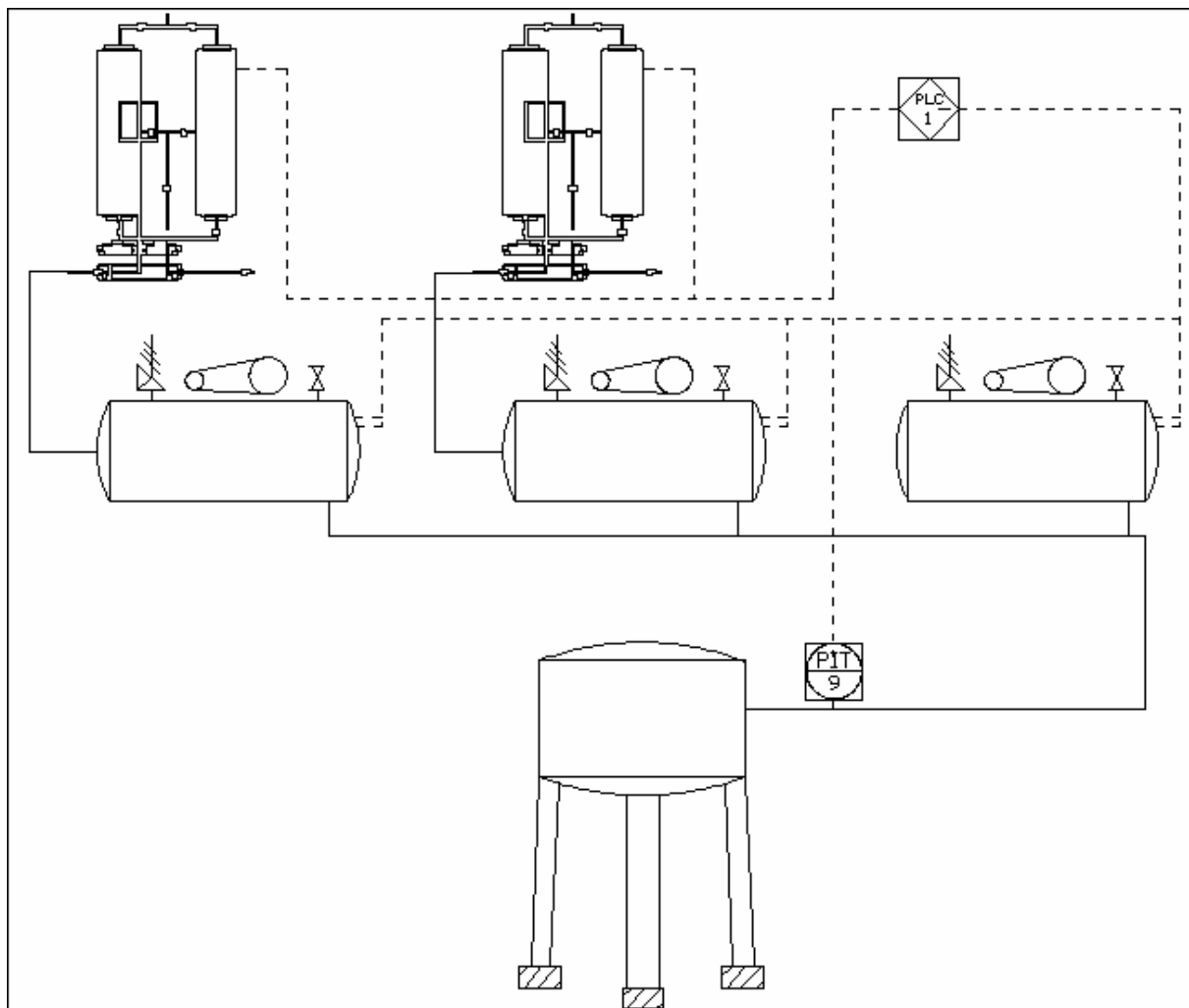


Figura. 3.7. Plano de área Aire Comprimido

Como se presenta en la figura 3.7, están contemplados tres compresores y dos secadores, en cuanto a maquinaria. De éstos equipos es necesario visualizar su estado; si están encendidos, apagados o en falla para el caso de los compresores, y si están encendidos o no en el caso de los secadores. Además, se monitoreará la presión de la línea de aire comprimido.

En la tabla 3.7 se muestra la lista de señales para esta área.

Tabla. 3.7. Señales para PLC de Área Aire Comprimido

	Descripción Señal	Rango / Tipo	Tag
ENTRADAS	Presión Línea [PSI]	0 - 125	PIT_09
	Encendido Compresor 1	Digital	ON_CMP1
	Encendido Compresor 2	Digital	ON_CMP2
	Encendido Compresor 3	Digital	ON_CMP3
	Falla Compresor 1	Digital	FLT_CMP1
	Falla Compresor 2	Digital	FLT_CMP2
	Falla Compresor 3	Digital	FLT_CMP3
	Encendido Secador 1	Digital	ON_S1
	Encendido Secador 2	Digital	ON_S2

3.1.8 Sistema

Además de las señales para cada área, es necesario aumentar dos entradas de control para el sistema en general. La primera entrada es para detectar falla general ocasionada por la apertura del MCR²¹ o por que fue presionado el pulsante de paro de emergencia, mientras que la segunda entrada es para detectar cuando el pulsante de reset ha sido presionado. Entonces, la lista de estas señales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla. 3.8. Señales para PLC del Sistema

	Descripción Señal	Rango / Tipo	Tag
ENTRADAS	MCR del Tablero	Digital	MCR
	Reset del Tablero	Digital	RESET

En el siguiente ítem se analizan los requisitos que deben cumplir el controlador lógico programable y el panel de operador.

²¹ Main Circuit Relay (Relé de Control Maestro)

3.2 REQUERIMIENTOS EN HARDWARE

3.2.1 Requerimientos para el Controlador Lógico Programable

Los puntos principales que se deben tener en cuenta para escoger un PLC son: periféricos de entrada/salida, memoria del procesador, y el tipo de comunicación requerido en base a la red instalada en la planta.

3.2.1.1 Entradas. De acuerdo al análisis de señales realizado anteriormente, se necesitan:

- Entradas Digitales: 58
- Entradas Análogas: 22

3.2.1.2 Salidas. En este proyecto solo se utilizarán salidas digitales que se emplearán para el arranque de bombas. Según lo analizado se necesitan:

- Salidas Digitales: 15

3.2.1.3 Memoria del Procesador. Para escoger el tamaño de memoria del procesador se debe tener en cuenta el tipo de instrucciones que se utilizará en la lógica de programación, el número de entradas/salidas que se están empleando actualmente y futuras ampliaciones del proyecto. En este caso, la aplicación del controlador es sencilla y no se maneja un número importante de entradas/salidas por lo que 16K de memoria de programa sería más que suficiente.

3.2.1.4 Comunicaciones. Debido a que la planta utiliza Ethernet para su red de comunicación entre controladores, es fundamental que el PLC empleado en el proyecto soporte este protocolo de comunicación.

3.2.2 Requerimientos del Panel de Operador.

Entre los principales puntos de referencia que deben ser considerados al momento de escoger un panel de operador se tiene: tamaño de pantalla, memoria, comunicación, alimentación y el manejo del panel.

3.2.2.1 Tamaño de Pantalla. Debido al tipo de aplicación que va a correr en el panel de operador y por exigencia de la planta, se necesita que la pantalla sea de un tamaño mínimo de 10 pulgadas.

3.2.2.2 Características Especiales. Al ser un sistema principalmente de monitoreo, se ha visto la necesidad de presentar y almacenar el comportamiento en tiempo real de todas las señales análogas visualizadas en las diferentes áreas. Por lo tanto, uno de los requisitos primordiales del panel de operador es que ofrezca la opción de realizar y almacenar históricos.

3.2.2.3 Memoria. La aplicación actual de HMI ocupa aproximadamente 1 MB de memoria, por lo que no es un factor clave al elegir el panel; sin embargo, en vista de la necesidad de tener históricos, es fundamental que el panel ofrezca alternativas para el almacenamiento de estos datos.

3.2.2.4 Comunicación. Otro requisito importante que debe cumplir el panel de operador es que tenga opción de comunicación Ethernet, ya que como se dijo anteriormente, es la red que utiliza actualmente esta planta.

3.2.2.5 Manejo del Panel. En la actualidad se ofrecen paneles con teclado incorporado, de pantalla táctil, o una combinación de ambas; sin embargo, para esta aplicación es suficiente con la primera opción.

3.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL TABLERO DE CONTROL

Al momento de diseñar el tablero de control se deben considerar elementos como un transformador de aislamiento y un relé de control maestro que se encargarán de la protección del controlador y seguridad del sistema; además, se requiere de una fuente para la conexión de entradas/salidas, y finalmente, borneras para conexión de los dispositivos de campo con los módulos del PLC.

3.3.1 Transformador de Aislamiento

En este proyecto se debe utilizar un transformador que cumplirá con dos roles importantes; el de reducir la alimentación que llega al tablero, de 440 Vac a 110 Vac que se necesita para energizar al PLC y el de proporcionar aislamiento al sistema de control, del ruido o interferencia electromagnética existente en las líneas de potencia.

3.3.2 Fuente de Alimentación

Para los módulos de entrada y salida se recomienda utilizar una fuente a parte de la del PLC.

3.3.3 Distribución de Breakers

Al diseñar los circuitos de alimentación de los diferentes elementos que intervienen en el sistema, es importante distribuir la carga en varios breakers por varias razones: proteger a los equipos, dar facilidad para mantenimiento y agilizar la detección de fallas. Además se deberá tener un breaker bipolar que controlará el paso de energía desde la planta al tablero de control.

3.3.4 Relé de Control Maestro

Un relé de control maestro, o MCR por sus siglas en inglés, es un instrumento conveniente para evitar condiciones anormales en las paradas de emergencia del controlador. Con este relé se asegura que cuando se presione el pulsador de emergencia se desenergizen inmediatamente las salidas digitales del PLC que activan las bombas. El MCR deberá ser activado nuevamente cuando se desenchave el pulsador de emergencia y se presione el pulsador de reset.

3.3.5 Bloques Terminales

Por motivos de orden y facilidad en la detección de fallas, cada uno de los puntos o canales de cada módulo, sea este digital o análogo, será cableado a una bornera y a ella llegará o se enviará la señal de campo.

3.3.6 Distribución del Tablero

En la figura 3.8 se muestra la distribución, en el tablero, de los elementos ya descritos:

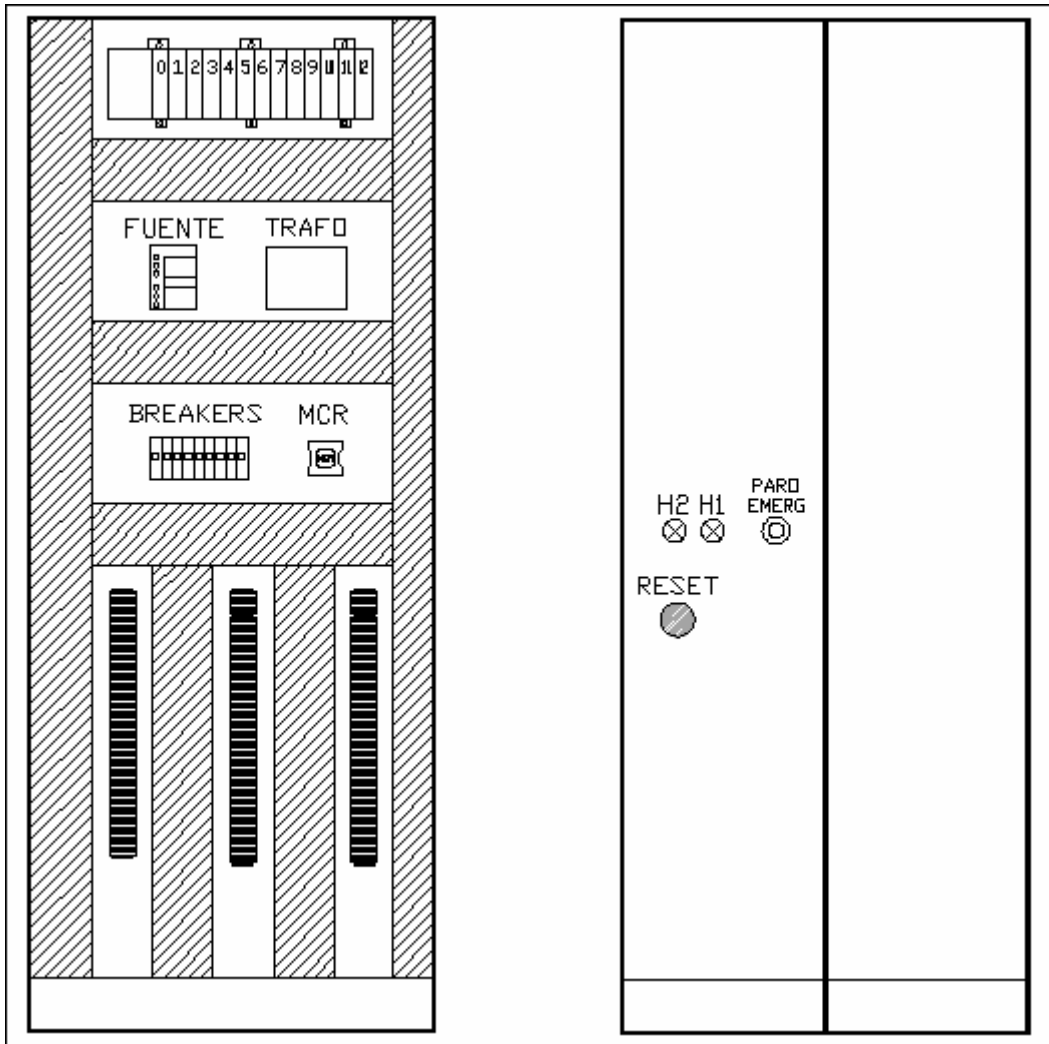


Figura. 3.8. Distribución de los Elementos en el Tablero

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se tratarán los principales aspectos que describen la selección de equipos en cuanto a marca y modelo, su implementación, conexión de las señales de campo y distribución de elementos en el tablero de control.

4.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

4.1.1 Selección del PLC

En la actualidad, se ofrece una gran variedad de controladores lógico programables para satisfacer todo tipo de necesidades; desde pequeñas automatizaciones, como la de un proceso simple en una casa, hasta la automatización de procesos industriales completos. En el caso de una planta ya establecida, al seleccionar equipos para nuevos proyectos se debe tomar en cuenta un punto clave que es la optimización de recursos. Por ejemplo, en el caso de este proyecto, la planta trabaja con PLC Allen Bradley, que es la primera opción de marca puesto que la planta ya cuenta, no solo con licencias para software de desarrollo, sino que también posee módulos y repuestos en stock para esta marca de controladores.

Allen Bradley ofrece algunas familias de controladores para ajustarse a diferentes tipos de necesidades. Entre ellas se tiene: controladores Pico, MicroLogix, SLC 500, PLC-5 y ahora la nueva familia ControlLogix.

Tomando en cuenta el número de entradas y salidas análogas y digitales, y el tipo de comunicación requerido, que en este caso es Ethernet ya que toda la planta utiliza esta red, se determinó que el controlador a utilizar en este proyecto debe ser de la familia SLC 500 que tienen la flexibilidad y potencia de un controlador grande pero con el tamaño y simplicidad de un controlador pequeño.

En el siguiente punto se describen brevemente a los integrantes de la familia SLC 500 y se selecciona el que se utilizará.

4.1.2 Requerimientos para el Controlador Lógico Programable

En la familia SLC 500 existen dos opciones de hardware: controladores compactos y controladores modulares. Debido a la necesidad de varias entradas y salidas análogas y digitales, definitivamente es recomendable utilizar un controlador modular como el que se muestra en la figura 4.1.



Figura. 4.1. Controlador Modular de la familia SLC 500

En el PLC Modular se pueden distinguir cuatro componentes principales que son:

- Chasis o Rack
- Procesador (CPU)
- Módulos de Entrada / Salida
- Fuente de Alimentación

En los siguientes ítems se realiza una breve descripción y selección de cada uno de los componentes.

4.1.2.1 Módulos de Entrada/Salida. Con el objetivo de dar mayor versatilidad, la línea de productos SLC ofrece más de 60 módulos de entradas y salidas tanto análogos como digitales, además de módulos especiales. Como se analizó anteriormente, en este proyecto se necesitarán módulos de entrada análogos y digitales y módulos de salida digitales; por lo tanto a continuación se describirán brevemente algunos de los modelos.

En cuanto a módulos digitales, los módulos de entrada son utilizados para monitorear condiciones de activación o desactivación de equipos físicos mientras que los módulos de salida los activan o desactivan. También existen módulos combinados que soportan conexiones para entradas y salidas, sin embargo no son muy utilizados. Los módulos de entradas digitales disponibles tienen 4, 8, 16 o 32 canales y ofrecen una gran variedad de voltaje, AC, DC y TTL. De igual forma, los módulos de salida digital tienen 4, 8, 16 o 32 canales.

Por otro lado, los módulos de entradas análogas son los encargados de realizar las conversiones de señales análogas a digitales para que el procesador pueda leer e interpretar este tipo de datos. Las señales análogas son utilizadas para representar valores cambiantes como temperatura, flujo, presión, nivel o conductividad que constituyen la principal información a monitorear en este proyecto.

Existen módulos de entrada de 4, 8, o 16 canales. En cada módulo se tiene un dip switch que permite configurar a sus canales independientemente para aceptar entradas de corriente o voltaje. Los rangos son escogidos de acuerdo a la configuración, por software, de los módulos. Entre los rangos disponibles en voltaje se tiene: $\pm 10 V_{dc}$, $1-5 V_{dc}$, $0-5 V_{dc}$, $0-10 V_{dc}$ y entre los disponibles de corriente están: $0-20 \text{ mA}$, $4-20 \text{ mA}$, $\pm 20 \text{ mA}$ o de $0-1 \text{ mA}$.

De acuerdo al capítulo tres se necesitan 58 entradas digitales, 22 entradas análogas y 15 salidas digitales. En base a estos números y considerando una futura expansión del proyecto se utilizará los módulos mostrados en la tabla 4.1.

Tabla. 4.1. Módulos E/S Requeridos para el Proyecto

Cant.	Código	Descripción
4	1746-NI8	Módulo de 8 Entradas Análogas
3	1746-NO4I	Módulo de 4 Salidas Análogas
2	1746-IB16	Módulo de 16 Entradas Digitales
1	1746-IB32	Módulo de 32 Entradas Digitales
2	1746-OW16	Módulo de 16 Salidas Digitales a relé

4.1.2.2 Chasis. En él se aloja al procesador y a los módulos de Entrada/Salida. Todos los componentes se deslizan fácilmente a lo largo de las guías formadas en el chasis por lo que no se requiere de herramientas para colocar o sacar un módulo. En un sistema SLC se pueden conectar hasta tres chasis o 30 slots. Existen cuatro tamaños de chasis, de cuatro, siete, diez o trece ranuras que se escoge dependiendo de la cantidad de módulos que se utilizarán. Para el caso de este proyecto se seleccionó un chasis de 13 ranuras en el que conectarán el procesador y los 12 módulos de E/S especificados.

4.1.2.3 Procesador. Con el afán de dar mayor flexibilidad, en la familia SLC 500 se cuenta con cinco tipos de procesadores 5/01, 5/02, 5/03, 5/04, 5/05 que

brindan una variedad de opciones en cuanto a memoria, protocolos de comunicación, set de instrucciones y capacidad para manejar módulos de entrada/salida.



Figura. 4.2. 5/01

- Procesador 5/01: ofrece un set básico de 51 instrucciones con la opción de 1K o 4K de memoria en configuración modular. Este procesador tiene capacidad para manejar de 4 a 3940 Entradas/Salidas. Además tiene un canal de comunicación para DH-485 que le permite conectarse en red (32 nodos).



Figura. 4.3. 5/02

- Procesador 5/02: ofrece instrucciones complejas adicionales, 4K de memoria de programa, comunicación mejorada, menor tiempo de escán, mayor capacidad de diagnóstico, lo que le permite trabajar en aplicaciones más complejas y puede manejar de 4 a 4096 Entradas/Salidas. También ofrece un canal para DH-485.



Figura. 4.4. 5/03

- Procesador 5/03: ofrece dos opciones, 8K o 16K de memoria de programa, permite programación en línea y realización de cambios en runtime, además ofrece una matemática con punto decimal y la construcción de un reloj y calendario en tiempo real. Tiene capacidad para manejar de 4 a 4096 Entradas/Salidas. En cuanto a comunicación, este procesador tiene dos canales, un serial y un DH-485.



Figura. 4.5. 5/04

- Procesador 5/04: Tiene las mismas características que el procesador 5/03 con cambios como el reemplazo del puerto DH-485 por el puerto DH+ logrando una comunicación de alta velocidad entre procesadores 5/04. Las opciones de memoria disponibles son: 16K, 32K o 64K. Tiene capacidad para manejar de 4 a 4096 E/S.



Figura. 4.6. 5/05

- Procesador 5/05: Ofrece la misma funcionalidad del procesador 5/04 pero con comunicación Ethernet estándar en lugar de DH+. La comunicación Ethernet ocurre a 10 o 100 Mbps, logrando un alto rendimiento de la red para cargar programas, realización de cambios online, y envío de mensajes punto a punto. Este procesador también tiene puerto serial y capacidad para manejar de 4 a 4096 E/S.

En este proyecto se ha decidido utilizar el procesador 5/05, con 64K de memoria de programa, debido a la gran funcionalidad que ofrece y sobre todo por la opción de comunicación en Ethernet ya que es la red utilizada en la planta.

4.1.2.4 Fuente de Alimentación. Cada chasis, en un sistema SLC 500, requiere de una fuente de alimentación para energizar al procesador y a los módulos de Entrada/Salida conectados en dicho chasis. La serie SLC ofrece tres fuentes de alimentación de corriente alterna y cuatro de corriente continua como se muestra en la tabla 4.2.

Tabla. 4.2. Características de Fuentes de Alimentación

Modelo	Voltaje	Capacidad de I a 5 V	Capacidad de I a 24 V
1746-P1	120 o 220 Vac	2 A	0.46 A
1746-P2	120 o 220 Vac	5 A	0.96 A
1746-P3	24 Vdc	3.6 A	0.87 A
1746-P4	120 o 220 Vac	10 A	2.88 A
1746-P5	125 Vdc	5 A	0.96 A
1746-P6	48 Vdc	5 A	0.96 A
1746-P7	10 a 30 Vdc	12 Vdc: 2 A 24 Vdc: 3.6 A	12 Vdc: 0.46 A 24 Vdc: 0.87 A

Para escoger la fuente de alimentación se debe tomar en cuenta el voltaje para energizarla y el consumo del controlador; es decir, el modelo del procesador y la cantidad y tipo de los módulos de Entrada/Salida conectados en el chasis. Además, es importante considerar una futura expansión del sistema.

Las fuentes de alimentación están diseñadas para soportar breves pérdidas de poder. Es decir, que no se tendrán efectos en la operación del sistema con una pérdida de energía que dure entre 20 milisegundos a 3 segundos, dependiendo de la carga de la fuente.

En la tabla 4.3 se realiza el cálculo de consumo de los módulos y el procesador que se utilizarán en este proyecto para escoger la fuente de alimentación adecuada.

Tabla. 4.3. Consumo de Corriente de Módulos

Número Ranuras	Descripción	Catálogo	Fuente a 5 Vdc (Amps)	Fuente a 24 Vdc (Amps)
0	Unidad de Procesador	1747-L553	1	0
1	Módulo de 8 Entradas Análogas	1746-NI8	0.2	0.1

2	Módulo de 8 Entradas Análogas	1746-NI8	0.2	0.1
3	Módulo de 8 Entradas Análogas	1746-NI8	0.2	0.1
4	Módulo de 8 Entradas Análogas	1746-NI8	0.2	0.1
5	Módulo de 4 Salidas Análogas	1746-NO4I	0.055	0.195
6	Módulo de 4 Salidas Análogas	1746-NO4I	0.055	0.195
7	Módulo de 4 Salidas Análogas	1746-NO4I	0.055	0.195
8	Módulo de 16 Entradas Digitales	1746-IB16	0.085	0.0
9	Módulo de 16 Entradas Digitales	1746-IB16	0.085	0.0
10	Módulo de 32 Entradas Digitales	1746-IB32	0.106	0.0
11	Módulo de 16 Salidas Digitales	1746-OW16	0.170	0.180
12	Módulo de 16 Salidas Digitales	1746-OW16	0.170	0.180
Total de Corriente requerida:			2.581	1.345

En la tabla 4.4 se muestra la capacidad de corriente interna de cada fuente.

Tabla. 4.4. Capacidad de Corriente Interna de Fuentes

	Capacidad de Corriente [A]	
	5 Vdc	24 Vdc
1746-P1 / P7	2	0.46
1746-P2 / P5 / P6	5	0.96
1746-P3	3.6	0.87
1746-P4	10	2.88

Al analizar estas dos tablas se puede concluir que la fuente requerida para este proyecto es la 1746-P4. Este análisis también puede ser realizado desde el software de programación del controlador, RSLogix 500 como se muestra en la figura 4.7:

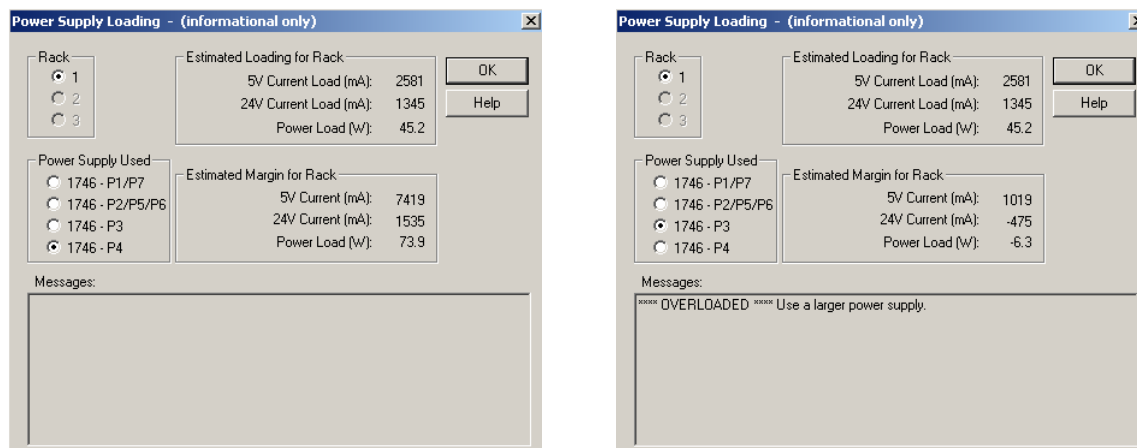


Figura. 4.7. Análisis de Fuentes desde RSLogix 500

Con esto concluimos la selección de todos los componentes del controlador lógico programable.

4.1.3 Instalación del PLC

En el caso de la familia SLC 500, el procesador y la fuente de alimentación tienen lugares específicos en el chasis. El procesador, por ejemplo, siempre ocupa la primera ranura del primer chasis, la fuente de alimentación es montada al lado izquierdo del chasis y los módulos de entrada/salida en el resto de slots disponibles tal como se muestra en la figura 4.8.

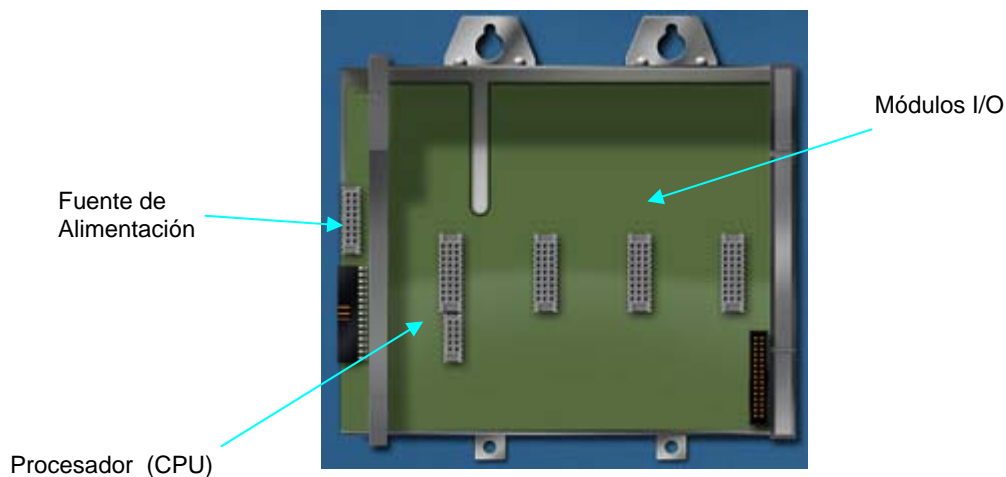


Figura. 4.8. Distribución de Módulos en el Chasis

Primero se instala el chasis en el panel posterior del tablero usando sus lengüetas y tornillos # 10 y # 12. Luego se instala la fuente de alimentación, el procesador y los módulos de entrada/salida simplemente deslizando cada módulo por la guía de la tarjeta en el chasis hasta que los sujetadores de retención superior e inferior estén asegurados, tal como se muestra en la figura 4.9.

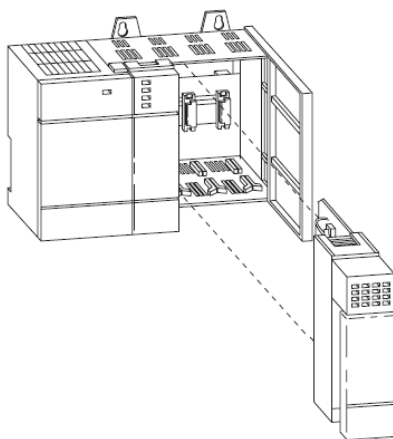


Figura. 4.9. Instalación de Módulos

El controlador modular se alojará en un solo chasis de 13 ranuras. Por lo tanto, las medidas totales del PLC serían 586 mm de ancho, 171 mm de alto y 145 mm de profundidad, tal como se muestra en la figura 4.10.

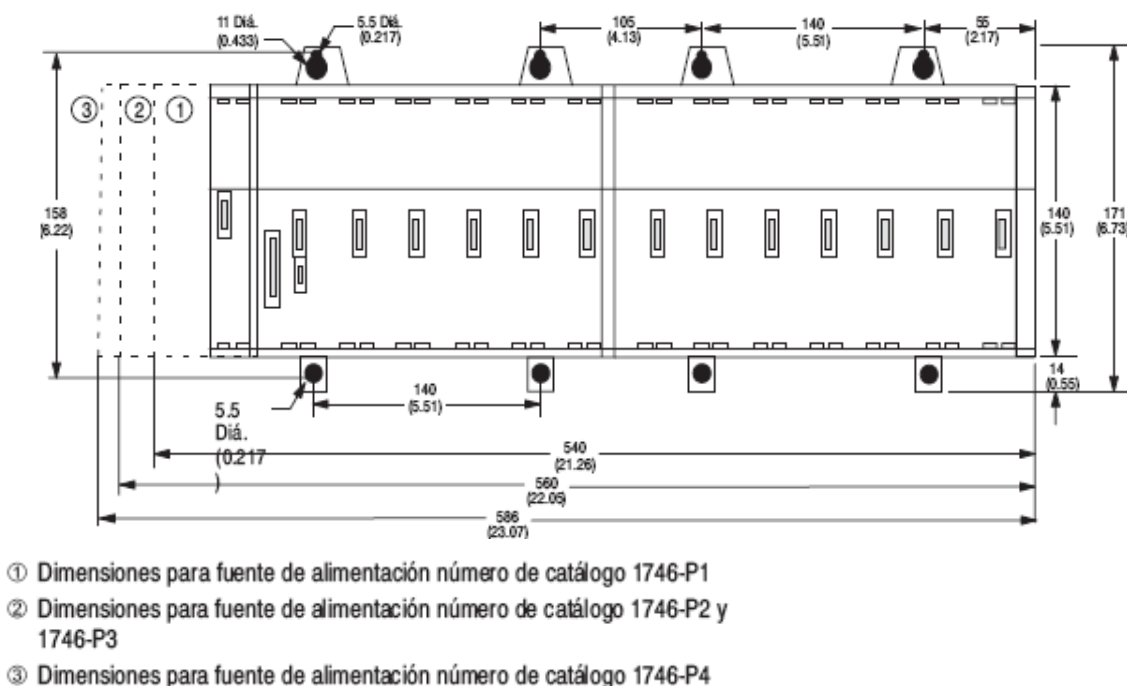


Figura. 4.10. Dimensiones del Chasis para 13 Slots

Finalmente, se cablean todas las entradas o salidas a borneras de paso o de sensor según sea el caso utilizando cable # 14 AWG.

4.2 PANEL DE OPERADOR

4.2.1 Selección del Panel de Operador

Al igual que el controlador, el panel de operador también será de marca Allen Bradley para tomar ventaja de los precios preferenciales que concede el fabricante a esta planta.

El panel de operador PanelView Plus 1000 de Allen Bradley satisface con todos los requerimientos analizados en el capítulo tres. Este modelo pertenece a una de las nuevas familias de paneles de operador que ha sacado Rockwell Automation al mercado.

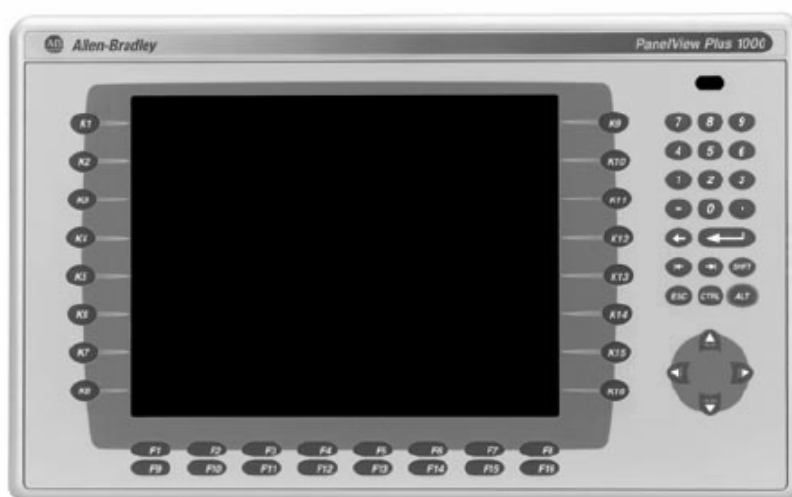


Figura. 4.11. PanelView Plus 1000 Allen Bradley

Entre las principales características del PanelView Plus 1000 se tiene:

- Módulo de Pantalla a Color de 10.4 pulgadas.
- Manejo del Panel a través del teclado propio del panel.
- Dos puertos USB para conectar un teclado, Mouse o impresora.
- Comunicación Serial y por Ethernet.
- Alimentación DC (24 V).
- 64 MB de Memoria Flash y 64 MB de Memoria RAM.
- Módulos para expansión de memoria para actualizaciones, hasta 265 MB en RAM y 512 MB en Compact Flash.
- Fácil migración de aplicaciones desde PanelView Standard y plataformas e

La familia de paneles PanelView Plus tiene una estructura modular lo que permite una configuración, instalación y actualización flexible. Es decir, que conforme la arquitectura del sistema evoluciona, se puede añadir o cambiar un módulo de comunicación, por ejemplo. Las terminales PanelView Plus soportan múltiples comunicaciones; los que tienen puertos Ethernet y Serial, soportan Ethernet/IP, DF1 serial, DH-485 serial y otros al utilizar drivers KEPServer. También existen módulos para DeviceNet y ControlNet.

En la figura 4.12 se representa la estructura modular de este panel:

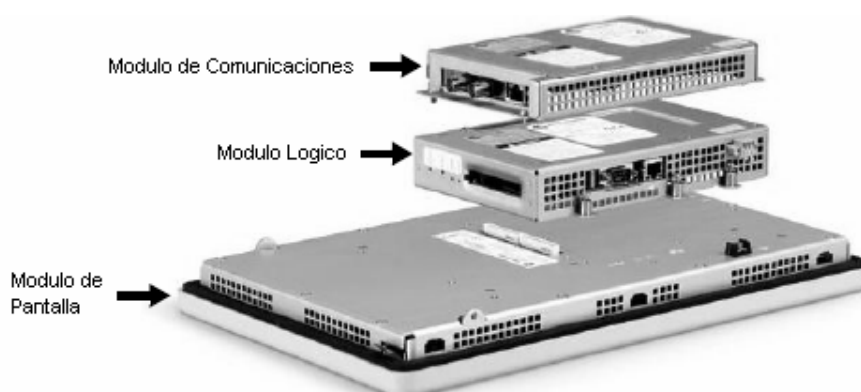


Figura. 4.12. Estructura Modular del PanelView Plus 1000

El módulo lógico contiene: la entrada para alimentación que puede estar entre 18 y 32 V_{dc}, las memorias SDRAM y flash, el puerto Ethernet, el puerto serial para transmisión de archivos, impresiones y comunicación directa con el controlador, dos puertos USB y un slot para una tarjeta de memoria flash adicional. El módulo de pantalla es donde se visualizará la aplicación y el módulo de comunicaciones es opcional para añadir otros tipos de comunicación.

Para desarrollar las aplicaciones de HMI que se ejecutarán en los paneles de la familia PanelView Plus se utiliza el software RSView Studio, mientras que RSView Machine Edition, embebido en el anterior programa, es el encargado para correr la aplicación creada en el panel. Éste software ofrece una funcionalidad potente puesto que permite la creación de históricos, programación con

expresiones utilizando If/Then/Else y funciones matemáticas como seno y logaritmos, almacenamiento de datos, gráficos avanzados y un direccionamiento referenciado a tags del programa del controlador.

4.2.2 Instalación del Panel de Operador

Las consideraciones ambientales para la instalación del panel de operador PanelView Plus 1000, dictadas por el fabricante son: en el ambiente del panel se debe tener una contaminación no conductiva normalmente; sin embargo, se puede permitir una conductividad temporal ocasionalmente debido a la condensación. Además, se debe evitar la cercanía de circuitos que provoquen sobre voltajes, Norma IEC 60664-1. Finalmente, la temperatura ambiente alrededor de los terminales debe estar entre 0 y 55 °C.

Tomando en cuenta estas consideraciones y la necesidad de la planta, se convino con el departamento técnico el instalar el panel en una armazón metálica dentro de una cabina de operador existente en el área de vapor y calderas.

Las medidas del PanelView Plus 1000 se presentan en la figura 4.13.

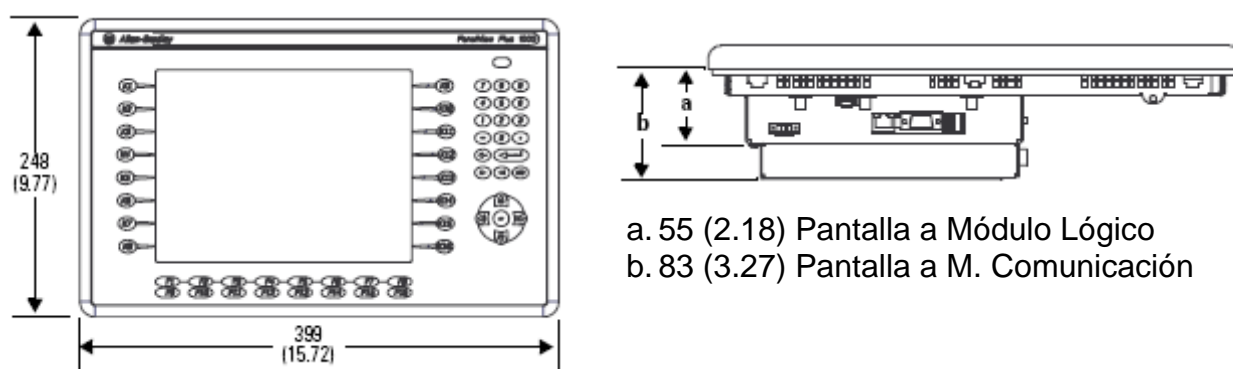



Figura. 4.13. Dimensiones del PanelView Plus 1000

4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

4.3.1 Código de Colores

El código de colores es muy importante y debe ser considerado a la hora de armar el tablero de control, puesto que permite al operador reconocer fácilmente si es un cable de alimentación o un cable para tierra del sistema, por ejemplo. En el caso de este proyecto, se siguió el siguiente estándar, dado por la planta:

Tabla. 4.5. Código de Colores para Cableado del Tablero

Color	Significado
 Rojo	24 Vdc
 Negro	0 Vdc
 Naranja	Voltaje de Línea (110 Vac)
 Azul	Neutro
 Verde	Tierra

4.3.2 Dimensiones

Para definir las dimensiones del tablero se consideró principalmente el tamaño del controlador, recomendaciones para su enfriamiento y el espacio designado por la planta para su ubicación. Según las recomendaciones del fabricante, figura 4.14, se debe dejar un espacio libre alrededor del controlador para permitir su enfriamiento.

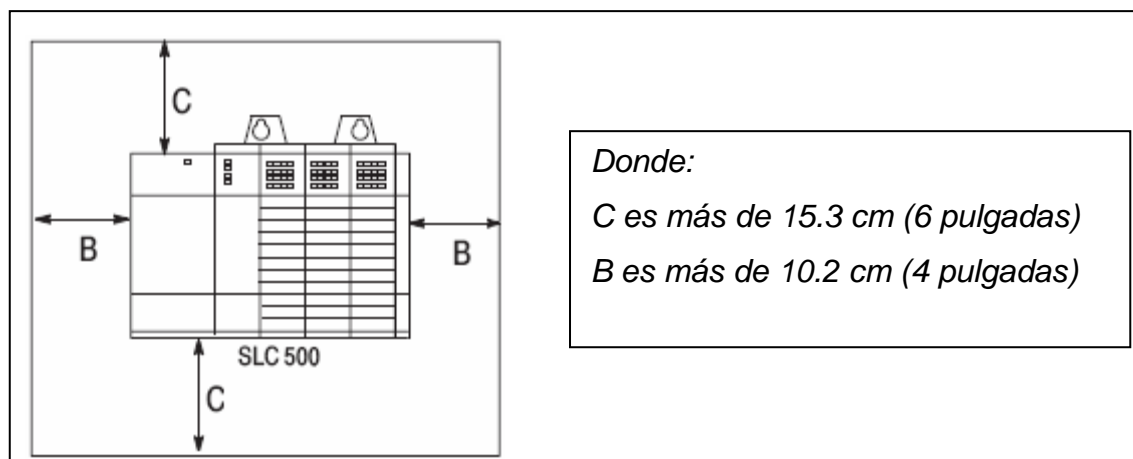


Figura. 4.14. Dimensiones de Espacio Libre alrededor del Controlador

En consecuencia, el tablero de control para este proyecto tiene 800 mm de ancho por 2000 mm de altura.

4.3.3 Fuente de Alimentación

Se colocó una fuente de alimentación CITOP de 24 Vdc, 10 A para la alimentación de entradas y salidas.

4.3.4 Distribución de Breakers

Se utilizaron seis breakers unipolares entre el secundario del transformador y:

- MCR (2 [A])
- Cabina donde se ubicará al panel de operador (10 [A])
- PLC (4 [A])
- Fuente de 24 Vdc (4 [A])
- Reserva (4 [A])
- Reserva (4 [A])

Además se utilizaron cinco breakers más entre la fuente de 24 Vdc y los siguientes grupos de señales:

- Entradas Analógicas (2 [A])
- Entradas Digitales (2 [A])
- Salidas Digitales (4 [A])
- Salidas Analógicas (2 [A])
- Reserva (4 [A])

Finalmente, se instaló un breaker bipolar de 10 [A] para controlar el paso de energía de la planta al transformador.

La distribución descrita se muestra gráficamente en la figura 4.15.

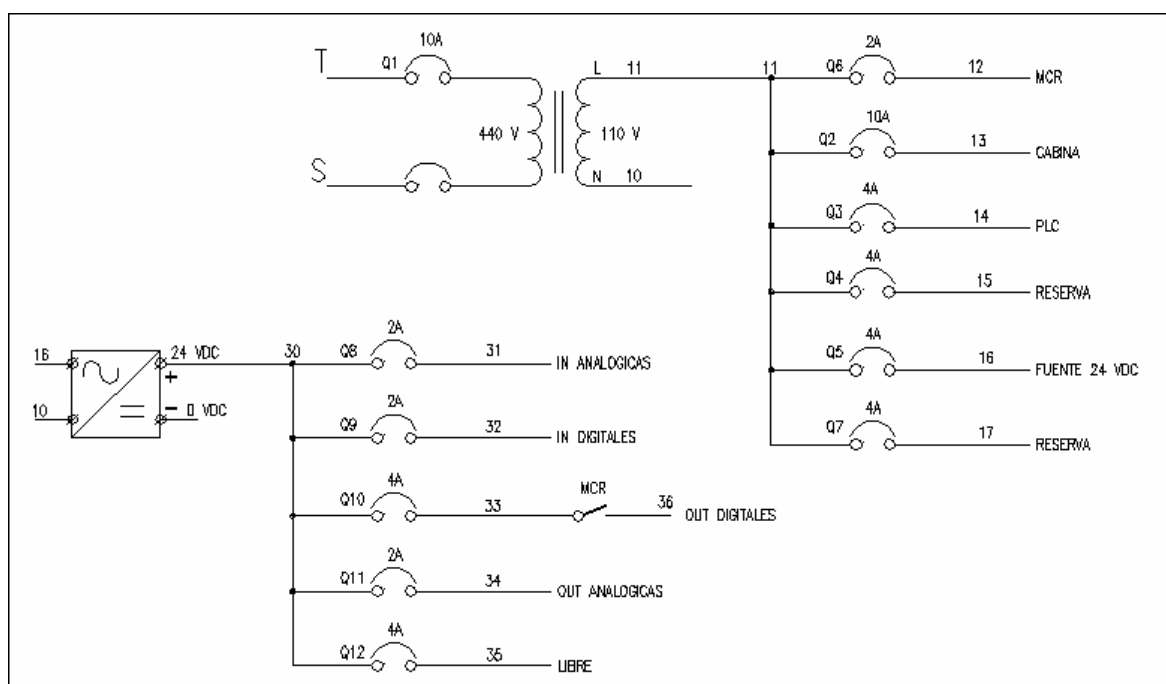


Figura. 4.15. Distribución de Breakers

4.3.5 Transformador de Aislamiento

El transformador utilizado es un transformador reductor de 440 V_{ac}, entregado por el sistema de distribución de alimentación eléctrica, a 110 V_{ac} que es el voltaje requerido para energizar la fuente de alimentación del PLC. Debido a que las potencias de las tres cargas principales que soporta el transformador son: PLC 240 VA, Panel de Operador 120 VA y fuente de alimentación 240 VA, el transformador implementado tiene una potencia de 1 KVA.

4.3.6 Relé de Control Maestro

La bobina del relé de control maestro se activa en 110 V_{ac} y sus contactos deben soportar 24 V. En la figura 4.16 se presenta su circuito de conexión.

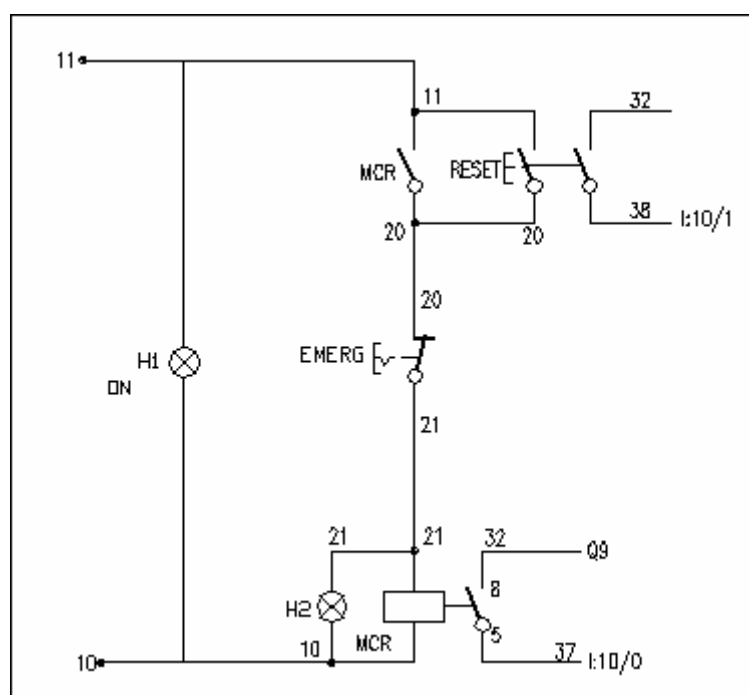


Figura. 4.16. Circuito MCR

4.4 PLANOS DE INTERCONEXIÓN

Los planos de tablero, circuitos de alimentación, MCR, y de conexión de todos los módulos se encuentran en la sección de ANEXOS.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE APLICACIONES DE SOFTWARE

5.1 PROGRAMA DEL CONTROLADOR

5.1.1 Descripción del Programa

El software utilizado para la programación del Controlador fue RSLogix500 que se emplea para toda la familia SLC 500 de Allen Bradley. Este programa da la opción a los usuarios de crear subrutinas²² con la finalidad de tener un programa más ordenado y comprensible. Para este proyecto específicamente, se crearon ocho subrutinas que serán explicadas una por una en los siguientes ítems. Además, se presentará un diagrama de flujo sencillo que explica la secuencia de ejecución del programa total.

5.1.1.1 Subrutina PRINCIPAL. Esta es la subrutina principal del programa; es decir, que es ejecutada por el PLC sin ser llamada. En el proyecto se utilizó esta subrutina para programar los comandos generales del sistema como, el reset ejecutado desde el HMI o desde el tablero, el paro de emergencia y la generación de falla general. Además, desde aquí se realizan las llamadas a ejecución de las demás subrutinas.

²² Archivos independientes de programa que son llamados a ejecución desde una rutina principal.

- Reset General:

El reset de un sistema permite quitar la condición de falla general o del paro de emergencia producidos por una falla crítica en el proceso o por un operador al presionar el pulsador de hardware para detenerlo.

- Falla General del Sistema:

La condición de falla general del sistema reúne las condiciones críticas que impedirían el correcto funcionamiento del proceso; por lo tanto, al producirse esta señal, se cumple una condición de software que manda a apagar todas las bombas. En este proyecto, solo existen dos señales que deberán detener el proceso por seguridad. La primera es el paro de emergencia provocado por un operador en situaciones de riesgo y la segunda es la apertura del MCR (Relé de Control Maestro) cuando el tablero pierde alimentación. Sin embargo; de acuerdo al plano de conexión del tablero descrito en el capítulo cuatro, el Relé de Control Maestro está en serie con el pulsador de paro de emergencia, por lo que se tiene una sola entrada digital en el PLC, tomada de un contacto auxiliar normalmente abierto del MCR. En consecuencia, una sola señal da lugar a la activación de falla general.

- Llamado a Subrutinas:

La última parte de la subrutina principal es la encargada de llamar a ejecución al resto de subrutinas, para esto se utiliza la lógica mostrada en la figura 5.1.

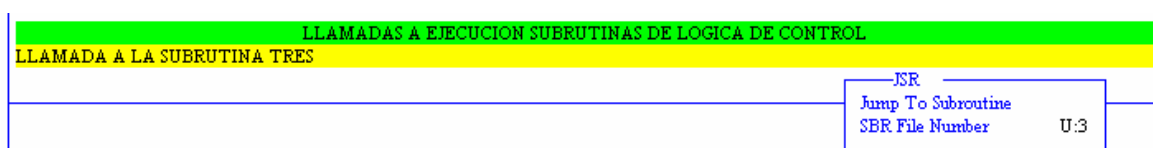


Figura. 5.1. Llamado a Subrutina

5.1.1.2 Subrutina ALIAS_IN. En este archivo de programación se crea imágenes de las entradas del PLC. Es decir que el valor de cada entrada, sea analógica o digital, se lo mueve a un registro o a un bit respectivamente, tal como se muestra en la figura 5.2.



Figura. 5.2. Imagen de Entrada Digital

5.1.1.3 Subrutina ALIAS_OUT. En esta subrutina se crean imágenes de las salidas del controlador, tal como se presenta en la figura 5.3.

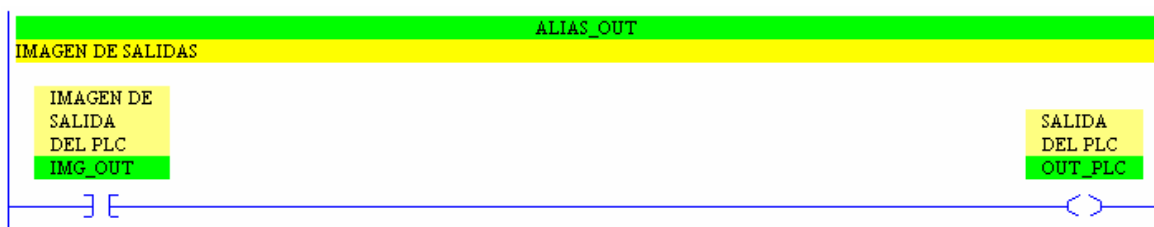


Figura. 5.3. Imagen de Salida Digital

5.1.1.4 Subrutina MOTORES. La lógica de programación para bombas se dividió en tres subrutinas. MOTORES es la primera en ser llamada desde la subrutina PRINCIPAL y se encarga de su manejo en los modos manual y automático, además de detectar el estado: encendido, apagado o falla para notificar al operador por medio del HMI. En este archivo se encuentra toda la lógica de programación que, cumpliendo varias condiciones, activa a los bits utilizados en la

subrutina AM_MOTOR donde finalmente se manda a activar las bombas en cualquiera de los dos modos.

Son quince bombas las que pueden ser operadas por medio del PLC y se encuentran divididas de dos en dos en las áreas: Tanque Diario de Diesel, Tanque Diario de Bunker y Pozos, mientras que las nueve restantes pertenecen al área Agua y solo pueden ser operadas en modo manual.

Todas las bombas funcionan de la misma forma en modo manual. Es decir, que pueden ser prendidas o apagadas indistintamente sin cumplir más condición que no exista una falla general de la bomba o una falla general del sistema.

En modo automático, en cambio, existen algunas diferencias. En las áreas Tanque Diario de Diesel y Tanque Diario de Bunker solo se puede operar una bomba a la vez. En el área de pozos las bombas siguen la secuencia conocida como “Lead and Lag” en la que se define a una bomba como primaria para que se encienda cuando se detecte un nivel bajo de la piscina; sin embargo, si después de un tiempo definido, el nivel sigue siendo bajo, entonces se prende la segunda bomba hasta que se llegue al nivel alto.

La lógica de programación general para el modo manual de las bombas se presenta en la figura 5.4.

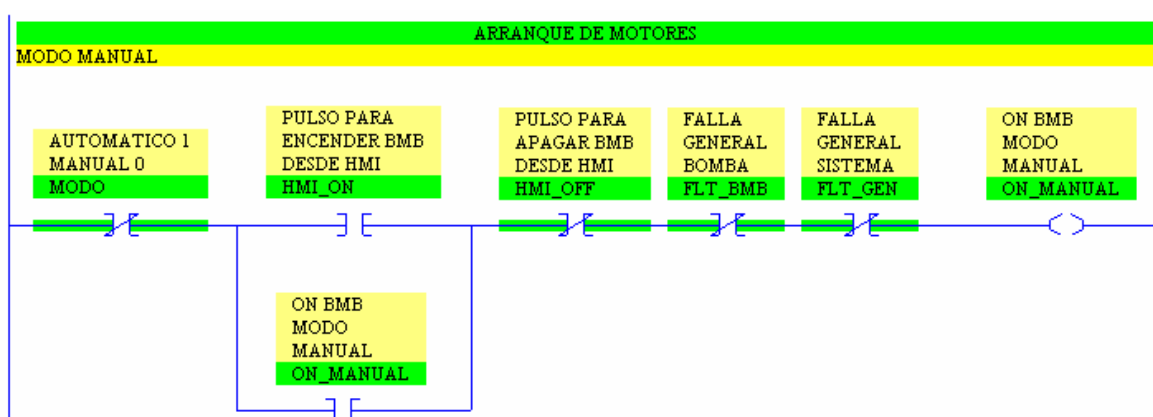


Figura. 5.4. Arranque General de Bomba en Modo Manual

La lógica de programación general para el modo automático de las bombas se presenta en la figura 5.5.

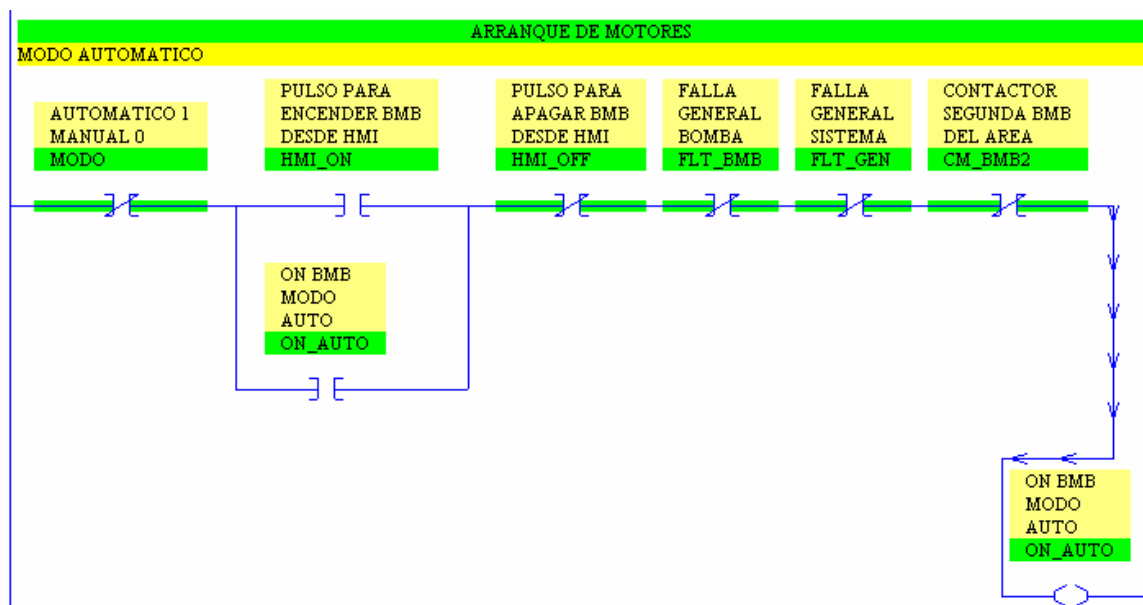


Figura. 5.5. Arranque General de Bomba en Modo Automático

5.1.1.5 Subrutina FLT_MOTOR. Es la segunda subrutina dedicada al manejo de las bombas. En este archivo se encuentra la lógica de programación que determina o identifica si existe falla en una bomba y de que tipo es. Actualmente se tienen dos entradas por bomba, confirmación de arranque y térmico, que permiten definir dos causas por las que una bomba no arranque o simplemente deje de funcionar. Estas causas son, que no cierre el contactor o que se abra el térmico. Para notificación a los operadores en el HMI, cada una de estas señales se mantendrá activada por medio de un circuito típico de enclavamiento, mostrado en la figura 5.6, hasta que se elimine el problema y se haga un reset general del sistema.

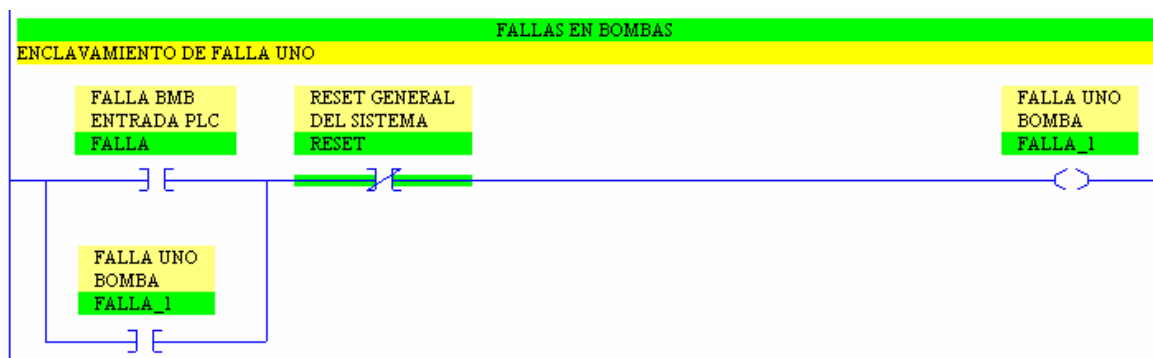


Figura. 5.6. Circuito Típico de Enclavamiento

Finalmente, por facilidad y orden en la programación del PLC, se realizó una lógica paralela entre las dos fallas para tener un solo bit general de falla de cada bomba, tal como se muestra en la figura 5.7.

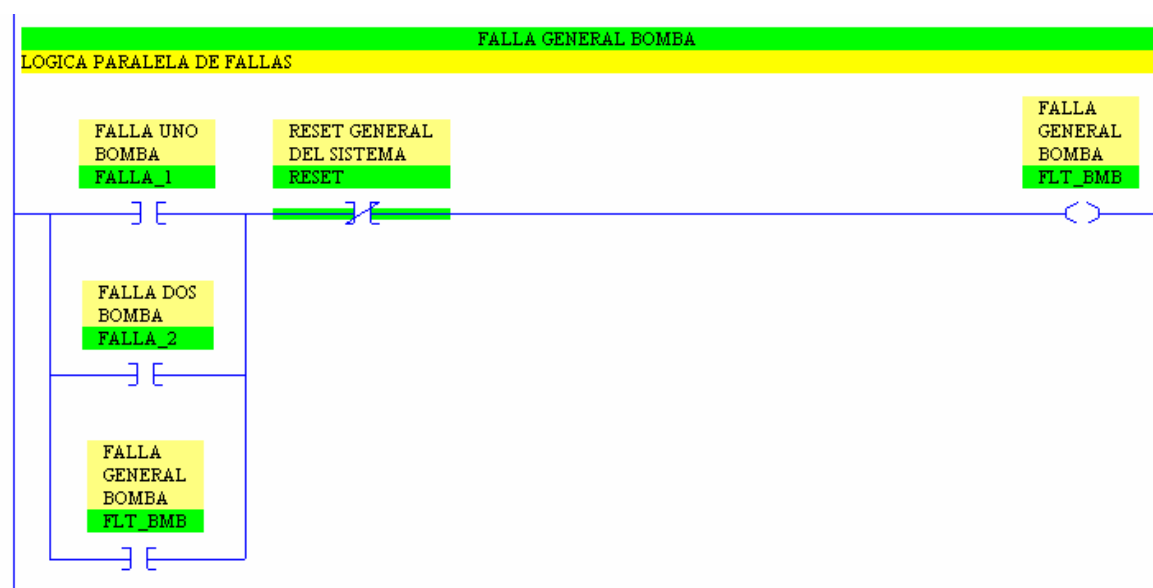


Figura. 5.7. Falla General de la Bomba

5.1.1.6 Subrutina AM_MOTOR. Esta es la última subrutina dedicada a las bombas, donde finalmente se activan los bits imagen de las salidas que las arrancan. Para esto intervienen los bits de encendido manual o automático obtenidos en la subrutina MOTORES.

5.1.1.7 Subrutina SENSOR. En esta subrutina se cumplen básicamente dos tareas principales relacionadas con las entradas análogas. En la primera parte, se configuran los módulos 1746-NI8 de acuerdo a los sensores que se tienen en campo, mientras que en la segunda tarea se hace un escalamiento de estas entradas.

Para la configuración de cada canal, se deben ingresar los valores adecuados en los bits de la palabra de configuración y establecer así su forma de operación. La palabra de configuración del canal se define en direcciones creadas por el módulo y conocidas como imagen de salida del módulo. En la siguiente tabla se muestran las direcciones de la palabra de configuración para cada canal:

Tabla. 5.1. Direcciones de Palabras de Configuración

1746-NI8 Module Output Image - Channel Configuration			Class 1
O:e.0	channel 0 configuration word	bit mapped field	•
O:e.1	channel 1 configuration word	bit mapped field	•
O:e.2	channel 2 configuration word	bit mapped field	•
O:e.3	channel 3 configuration word	bit mapped field	•
O:e.4	channel 4 configuration word	bit mapped field	•
O:e.5	channel 5 configuration word	bit mapped field	•
O:e.6	channel 6 configuration word	bit mapped field	•
O:e.7	channel 7 configuration word	bit mapped field	•

Fuente: Allen – Bradley. SLC 500 Analog Input Module (Cat. No. 1746-NI8)

En la palabra de configuración de los canales se define el tipo de entrada, (voltaje o corriente), formato, estado en circuito abierto, frecuencia del filtro, y la habilitación del canal. Cada uno de estos parámetros se explicará posteriormente.

La tabla 5.2 es la que guía al usuario en llenar la palabra de configuración dependiendo de lo que se necesite.

Tabla. 5.2. Definiciones de Bits para las Palabras de Configuración

Channel Configuration Word (O:e.0 through O:e.11) – Bit Definitions

Bit(s)	Define	To Select ^①	Make these bit settings in the Channel Configuration Word																	
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
0-2	Input Type	SET DIP SWITCH TO "OFF" FOR VOLTAGE INPUT	±10V dc														0	0	0	
			1-5V dc															0	0	1
			0-5V dc															0	1	0
			0-10V dc															0	1	1
		SET DIP SWITCH TO "ON" FOR CURRENT INPUT	0-20 mA															1	0	0
			4-20 mA															1	0	1
			±20 mA															1	1	0
			0-1 mA															1	1	1
3-5	Data Format	Engineering Units														0	0	0		
		Scaled-for-PID														0	0	1		
		Proportional Counts														0	1	0		
		1746-NI4 Data Format														0	1	1		
		User Defined (Class 3)														1	0	0		
		User Defined (Class 3)														1	0	1		
		Illegal (configuration error)																		
		Illegal (configuration error)																		
6 and 7	Open Circuit	Zero														0	0			
		Upscale														0	1			
		Downscale														1	0			
		Illegal																		
8-10	Filter Frequency	No Filter							0	0	0									
		75 Hz							0	0	1									
		50 Hz							0	1	0									
		20 Hz							0	1	1									
		10 Hz							1	0	0									
		5 Hz							1	0	1									
		2 Hz							1	1	0									
		1 Hz							1	1	1									
11	Channel Enable	Channel Disabled					0													
		Channel Enabled					1													
12-15	Unused	Unused ^②	0	0	0	0														

① In addition to programming the configuration word, you must also use the DIP switches to select voltage or current.

② Ensure unused bits 12-15 are always be set to zeros.

Fuente: Allen – Bradley. SLC 500 Analog Input Module (Cat. No. 1746-NI8)

A continuación se presenta una breve descripción de cada parámetro configurable en el módulo:

Tipo de Entrada (Bits 0-2): En este campo se configura el canal de acuerdo al tipo de dispositivo de entrada que está conectado al módulo. Una entrada válida es una señal de voltaje o corriente dentro de los rangos especificados. En este proyecto, todos los sensores están configurados para entregar corriente de 4

a 20 [mA], por lo tanto, el canal debe estar configurado para el mismo rango. Entonces, según la tabla 5.2 el valor de estos bits es 101.

Formato (Bits 3-5): En este campo se determina el formato en el que el valor de la entrada análoga será expresado en la palabra de dato "data Word". Los tipos de dato son unidades de ingeniería, escalado para PID, cuentas proporcionales, formato de 1746-NI4, y escalamientos definidos por el usuario para módulos clase 3 solamente. En este caso se escogió el formato escalado para PID por lo que el valor de estos bits es 001. Con este formato los datos de entrada estarán en el rango de 0 a 16384.

Estado de Circuito Abierto (Bits 6 y 7): Este parámetro determina el estado que se presentará en la palabra de datos si se detecta una condición de circuito abierto. Vale notar que estos errores solo se detectan para entradas de 4 a 20 [mA], mientras que en los otros casos estos bits son ignorados. Existen tres opciones:

- Zero: la palabra de datos del canal es forzada a cero durante una condición de circuito abierto.
- Upscale: la palabra de datos del canal toma el valor máximo de la escala durante una condición de circuito abierto.
- Downscale: la palabra de datos del canal es forzada al valor mínimo de la escala durante una condición de circuito abierto.

En este proyecto se decidió trabajar con la opción Zero, por lo tanto el valor de los bits, de acuerdo a la tabla 5.2 es 00.

Frecuencia del Filtro (Bits 8-10): En este campo se selecciona uno de los ocho filtros disponibles para el canal. La frecuencia del filtro influye en las características de rechazo al ruido. Un filtro de frecuencia baja aumenta el rechazo al ruido mientras que uno de frecuencias altas aminora este rechazo. En este caso se decidió trabajar sin filtro por lo que el valor de los bits es 000.

Habilitación del Canal (Bit 11): En este campo se determina que canales son utilizados en el programa y los habilita. El módulo 1746-NI8 solo trabaja con los canales que han sido habilitados. Para optimizar la operación del módulo y minimizar tiempos se debe deshabilitar el canal no utilizado colocando un cero en este campo. En este caso, los canales utilizados tienen el valor de 1 de este bit.

Bits no utilizados (Bits 12-15): Estos bits no están definidos. El usuario debe asegurarse de que estos bits estén seteados en cero.

Al reunir los 16 bits de la palabra de configuración para los canales se obtiene:

Tabla. 5.3. Palabra de Configuración Utilizada

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1

Una vez obtenida la palabra de configuración en binario se la transforma a decimal (2061), y durante condiciones iniciales del PLC se copia este valor en las direcciones correspondientes para la configuración de cada uno de los canales de todos los módulos de entradas análogas, tal como se presenta en la figura 5.8.

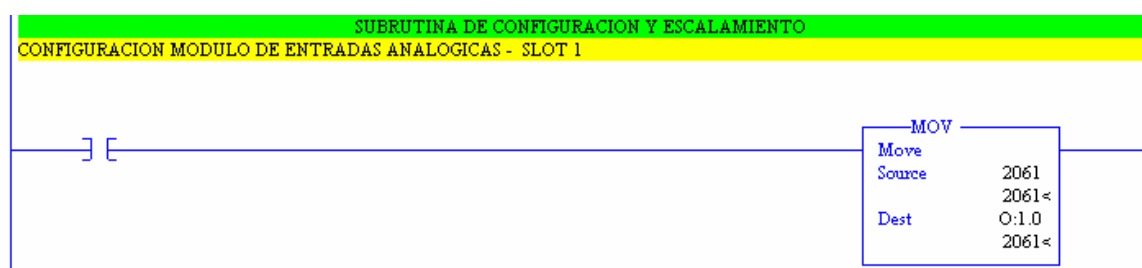


Figura. 5.8. Configuración de una Entrada Análoga

En la segunda tarea se realiza el escalamiento lineal de cada canal utilizando la instrucción SCP (Scale with Parameters). Para esto se toma en cuenta que por el formato configurado, 4 mA estarán representados por el valor decimal 0 y 20 mA por el valor de 16384.

5.1.1.8 Subrutina FALLAS. En esta subrutina se programa el banner de fallas que se presenta en la interfaz humano-máquina para dar información permanente al operador sobre las fallas que ocurren en el sistema. En el banner se presentan, cíclicamente, todas las fallas activas; esto es, una por una durante dos segundos. Para esto se utiliza un temporizador infinito, mostrado en la figura 5.9, con el que se regula el orden y tiempo de presentación de cada falla, moviendo diferentes códigos numéricos a un registro dependiendo de la que se encuentre activa.

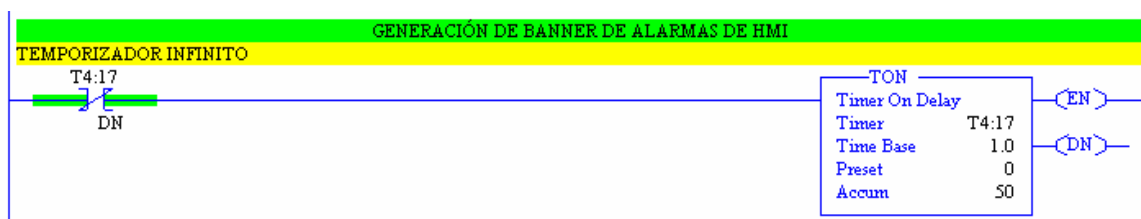


Figura. 5.9. Temporizador Infinito

Los códigos numéricos utilizados para cada falla se presentan en la tabla 5.4.

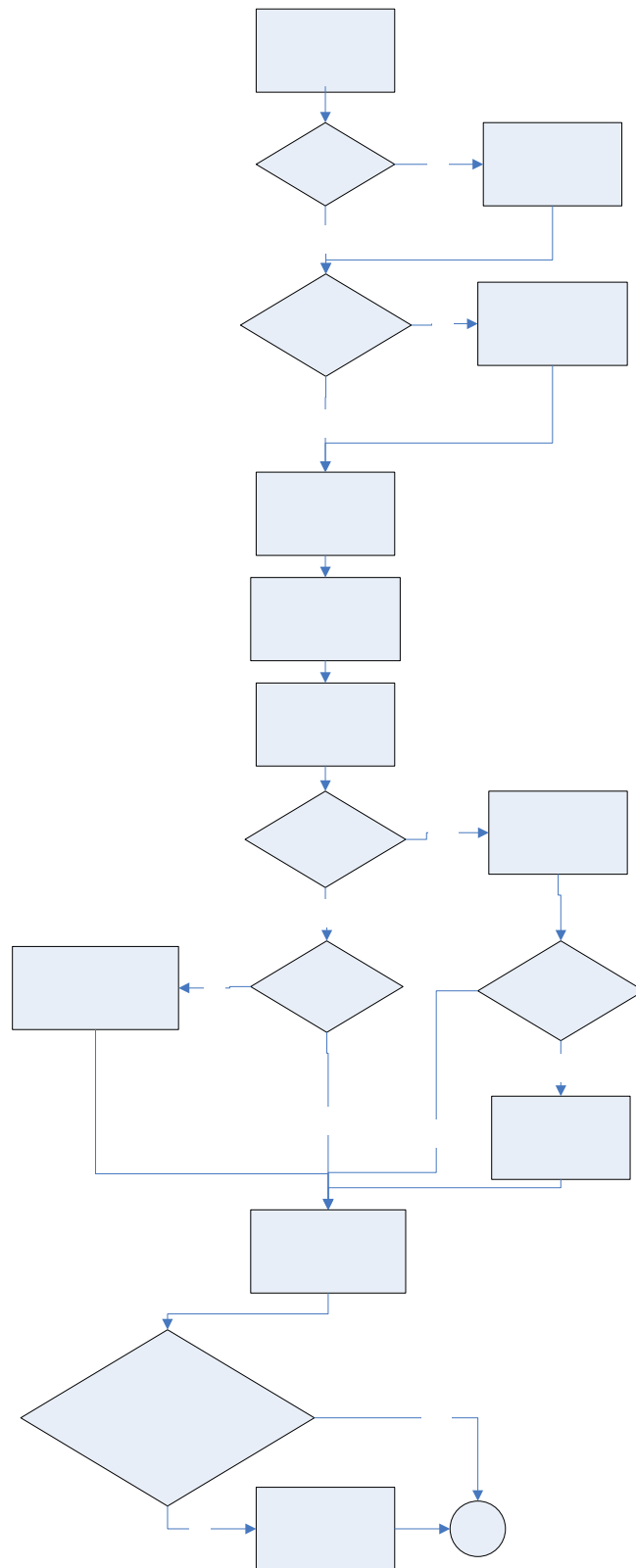
Tabla. 5.4. Códigos de Alarmas para HMI

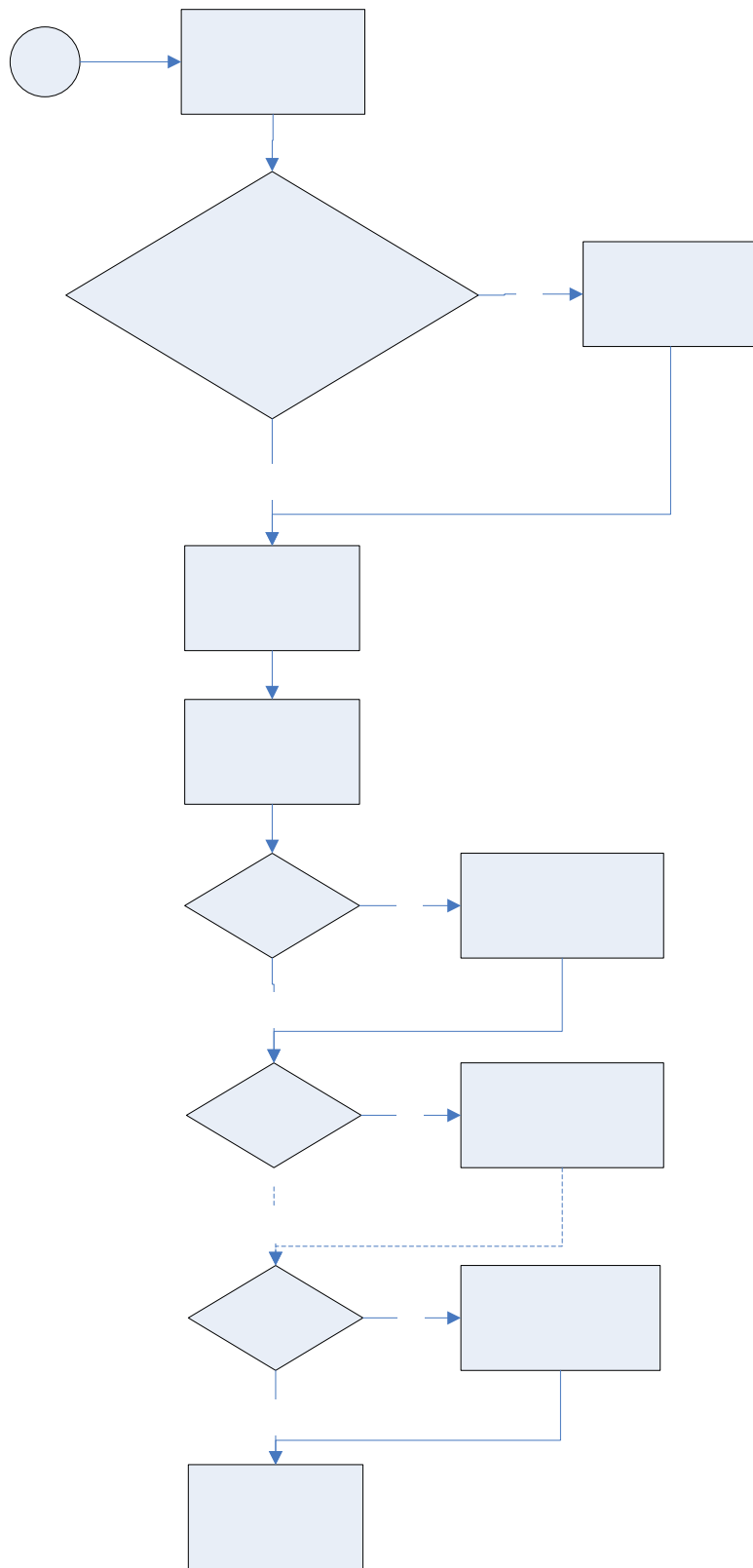
Código Numérico	Tipo de Falla
1	Falla MCR (Main Circuit Relay)
2	Falla General del Sistema

3	Falla Bomba M01 de Tanque Diario de Diesel
4	Falla Bomba M02 de Tanque Diario de Diesel
5	Falla Bomba M03 de Tanque Diario de Bunker
6	Falla Bomba M04 de Tanque Diario de Bunker
7	Falla Bomba M05 de Agua
8	Falla Bomba M06 de Agua
9	Falla Bomba M07 de Agua
10	Falla Bomba M08 de Agua
11	Falla Bomba M09 de Agua
12	Falla Bomba M10 de Agua
13	Falla Bomba M11 de Agua
14	Falla Bomba M12 de Agua
15	Falla Bomba Sistema Contra Incendios
16	Falla Bomba M14 de Pozos
17	Falla Bomba M15 de Pozos
18	Falla Caldera 1 en Área Vapor y Calderas
19	Falla Caldera 2 en Área Vapor y Calderas
20	Falla Caldera 3 en Área Vapor y Calderas
21	Falla Compresor 1 en Área Aire Comprimido
22	Falla Compresor 2 en Área Aire Comprimido
23	Falla Compresor 3 en Área Aire Comprimido
24	Falla Nivel Alto en Tanque Desaireador
25	Falla Nivel Bajo en Tanque Desaireador
26	Falla Nivel Alto en Tanque Diario de Diesel
27	Falla Nivel Bajo en Tanque Diario de Diesel
28	Falla Nivel Alto en Tanque Diario de Bunker
29	Falla Nivel Bajo en Tanque Diario de Bunker
30	Falla Nivel Alto en Piscina de Pozos
31	Falla Nivel Bajo en Piscina de Pozos

Con esta subrutina se concluye el análisis de las ocho subrutinas programadas. Para ver el código total del controlador referirse a la sección ANEXOS.

5.1.2. Diagrama de Flujo





1

Figura. 5.10. Diagrama de Flujo del Programa del PLC

5.2 SOFTWARE DEL PANEL DE OPERADOR

El software utilizado para desarrollar la interfaz humano-máquina de este sistema de monitoreo, fue RSView Studio, puesto que es el software propio de los paneles PanelView Plus de Allen Bradley.

Para iniciar con el desarrollo del HMI es primordial considerar las características del equipo en el que correrá esta aplicación y más aún si se trata de un panel de operador con teclado incorporado, puesto que se debe definir como se realizará la toma de decisiones por parte de los operadores. Además, es importante conocer el código propio de la planta para identificar ciertos elementos como por ejemplo las tuberías que llevan diferentes sustancias como agua, vapor, o químicos.

En los siguientes puntos se tratarán los temas importantes a la hora de diseñar este HMI como convenios de visualización de elementos del proceso y la distribución de los elementos en pantalla.

5.2.1 Convenios de Visualización del Estado del Sistema

Con el fin de facilitar la visualización, tanto de los elementos de cada área, como del estado general del sistema; la interfaz humano-máquina cumplirá varios estándares con respecto a la navegación, señalización y distribución de las pantallas de la aplicación. Estos parámetros se detallan a continuación:

5.2.1.1 Distribución de Elementos en la Pantalla. Cada pantalla de supervisión del proyecto estará constituida por tres elementos generales cuya distribución se presenta en la figura 5.11.



Figura. 5.11. Distribución de Elementos en la Pantalla

Donde:

1. Barra de Estado
2. Pantallas de Proceso
3. Barra de Navegación

- Barra de Estado:

Se encuentra presente en absolutamente todas las pantallas del proceso. Es la más importante debido a que en ella se puede visualizar no solo el nombre del área que está abierta o la fecha y hora actuales, sino que su importancia radica en que en esta barra el operador se informa de si todas las áreas están operando con normalidad o si existe alguna falla, de que tipo es y en que área sucedió. Sus elementos, mostrados en la figura 5.12, así como su comportamiento son enumerados a continuación.



Figura. 5.12. Distribución de Elementos en Barra de Estado

- a. Logo de la planta DPA.
- b. Título de Área Actual, presenta el nombre del área que se está visualizando.
- c. Estado de Áreas, es un conjunto de indicadores, individuales por área, del estado de las mismas. Es decir, que cambian de color dependiendo de si están operando normalmente o si existe alguna falla, como se muestra en la figura 5.13.

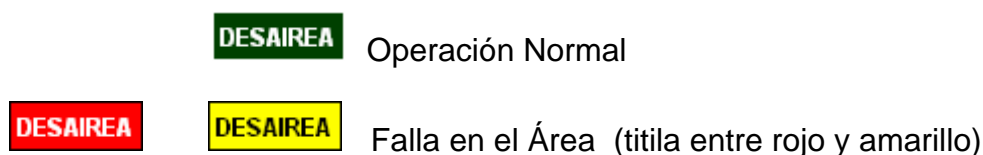


Figura. 5.13. Significado de Colores en Estado de Áreas

- d. Hora / Fecha, indica la hora y fecha actuales.
 - e. Eventos del Sistema, describe al operador el tipo de eventualidad que puede estar ocurriendo en el sistema, Falla del Térmico de una bomba, Falla General, etc.
- Pantalla de Proceso:

Describen gráficamente todo lo que está ocurriendo en cada una de las áreas; esto es, animación del estado encendido, apagado o falla, de máquinas como bombas, calderas, compresores, entre otros. Además se tiene lectura de las señales críticas, definidas en el tercer capítulo, tales como temperatura, presión,

flujo, nivel, etc. Las pantallas de proceso de cada área serán analizadas más adelante en el presente capítulo.

- Barra de Navegación:

Es la barra inferior que se muestra en todas las pantallas de proceso. En ella existe un botón para cada pantalla a la que se puede acceder desde la pantalla en la que se encuentra el operador, tal como se muestra en la figura 5.14. Por ejemplo, para activar la pantalla de MENÚ, se debe presionar la tecla función F1.




Figura. 5.14. Barra de Navegación

5.2.1.2 Convenios de Visualización de Elementos del Proceso. Como se dijo anteriormente, al realizar un HMI para una planta en particular, es muy importante conocer los estándares utilizados en otras interfaces humano-máquina de la planta para diferenciar producto de tuberías o animar un equipo dependiendo de su estado. Esto permitirá al operador una rápida familiarización con el sistema.


Los convenios estipulados para la visualización de elementos del proceso son:


- **Para Líneas de Tubería:**

- Color Blanco para paso de Químicos (combustibles).
- Color Verde para paso de Agua.
- Color Rojo para paso de Vapor.

 - Color Azul para paso de Aire.


- **Para Bombas:**


 - Color Gris para Bomba Apagada


 - Color Verde para Bomba Encendida

 - Color Rojo para Falla de Contactor o Térmico.


- **Para Calderas:**


 - Color Gris para Caldera Apagada


 - Color Verde para Caldera Encendida

 - Color Rojo para Caldera en Falla

- **Para Compresores:**

 - Color Gris para Compresor Apagado

 - Color Verde para Compresor Encendido

 - Color Rojo para Compresor en Falla

5.2.2 Descripción del Programa

5.2.2.1 Esquema General de Visualización del Proceso. El Sistema de Monitoreo de Servicios Industriales está formado por catorce pantallas en total, las cuales están divididas en 3 clases según su función:

1. Pantallas de Comando.
2. Pantallas de Proceso.
3. Pantallas de Información.

Las pantallas son las siguientes, de acuerdo al tipo al que pertenecen:

1. Pantallas de Comando:
 - a. Menú Principal
 - b. Comando de Bombas
2. Pantallas de Monitoreo:
 - a. Tanque Desaireador
 - b. Tanque Diario de Diesel
 - c. Tanque Diario de Bunker
 - d. Agua
 - e. Vapor y Calderas
 - f. Pozos
 - g. Aire Comprimido
3. Pantallas de Información:
 - a. Históricos de Parámetros
 - b. Fallas del Sistema
 - c. Pantalla Emergente de Alarmas

A continuación se revisarán las diferentes pantallas, una por una, detallando sus componentes, animaciones y parámetros visualizados.

- **Pantallas de Comando**

a. MENÚ PRINCIPAL

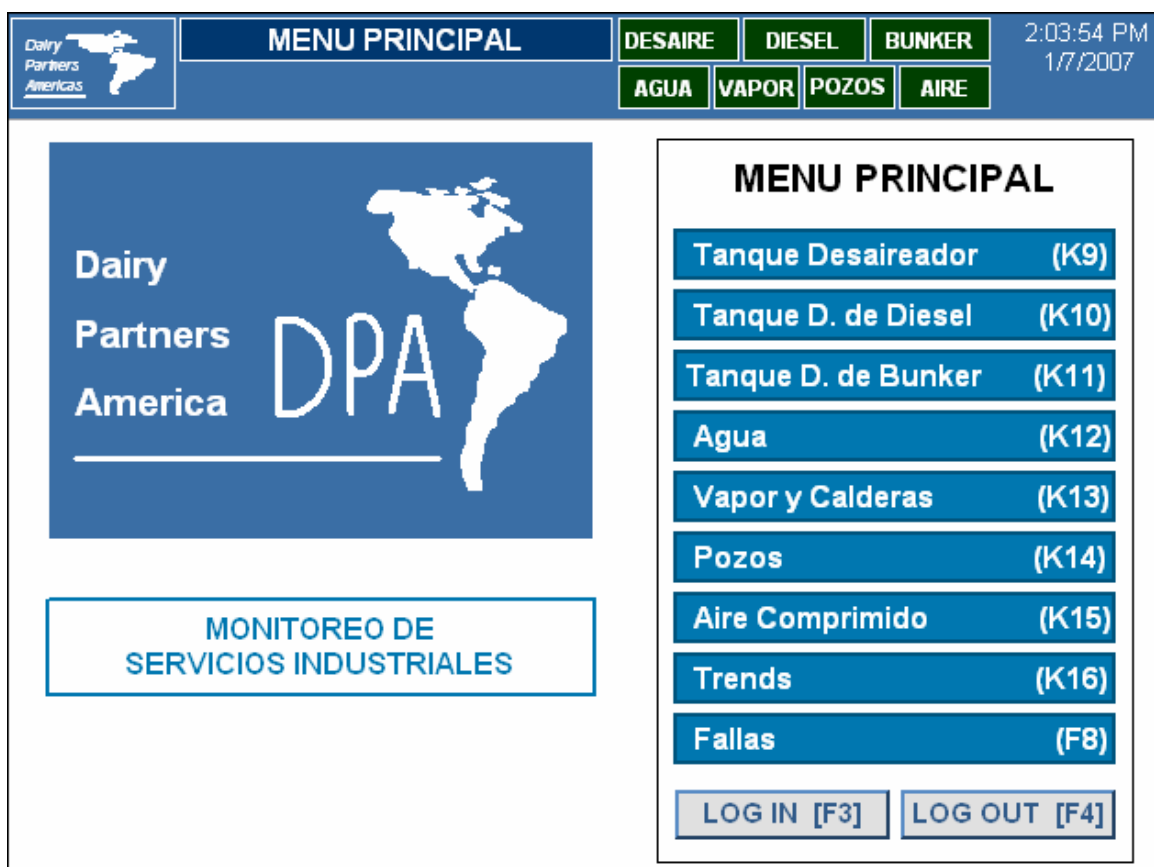


Figura. 5.15. Menú Principal

La pantalla de Menú Principal, mostrada en la figura 5.15, es siempre la primera pantalla en aparecer al encender el sistema. Esta pantalla es el principal centro de comando de la aplicación, puesto que desde ella se puede acceder a todas las áreas de servicios industriales. Además, solo desde aquí es posible iniciar o cerrar una cuenta de usuario, lo que permite definir diferentes niveles de seguridad entre los operadores y supervisores que tengan acceso a este sistema.

b. COMANDO DE BOMBAS

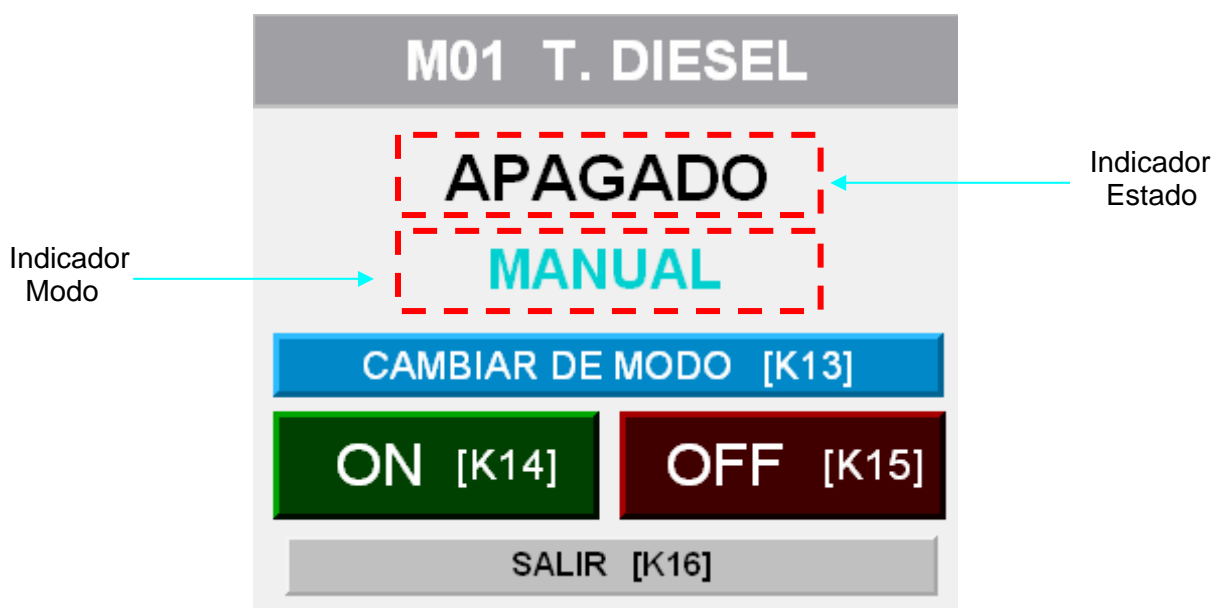


Figura. 5.16. Comando de Bombas

La pantalla de Comando de Bombas, mostrada en la figura 5.16, es una pantalla emergente que se despliega cuando el operador ha presionado el botón o la tecla función correspondiente a una bomba de cualquiera de las áreas: Tanque Diario de Diesel, Tanque Diario de Bunker, Pozos o Agua. Esta pantalla permite activar, desactivar o cambiar el modo (automático / manual) de una bomba, en el caso de las tres primeras áreas, ya que como se dijo anteriormente, las bombas del Área Agua solo trabajarán en modo manual. Es por esto que la pantalla de comando para bombas de esta área, presentada en la figura 5.18, tendrá dos diferencias puesto que no hará falta un indicador de modo ni un botón para cambio del mismo. Sin embargo, su funcionamiento es básicamente igual y se describe a continuación:

- Para activar la bomba se debe presionar la tecla de función [K14]. Luego de un momento el indicador de estado de la bomba mostrará la palabra “ENCENDIDO”, si se concreto la acción o “FALLA”, si hubo algún problema y esta no se prendió.

- Para desactivar la bomba se debe presionar la tecla de función [K15]. Luego de un momento el indicador de estado de la bomba mostrará la palabra “APAGADO”.
- Para cambiar de Modo (Automático / Manual) se debe presionar la tecla de función [K13]. Inmediatamente aparecerá una ventana, mostrada en la figura 5.17, que notificará al operador que al cambiar de modo a una bomba se cambiará automáticamente el modo de todas las bombas del área y dará la opción de continuar o cancelar la acción.

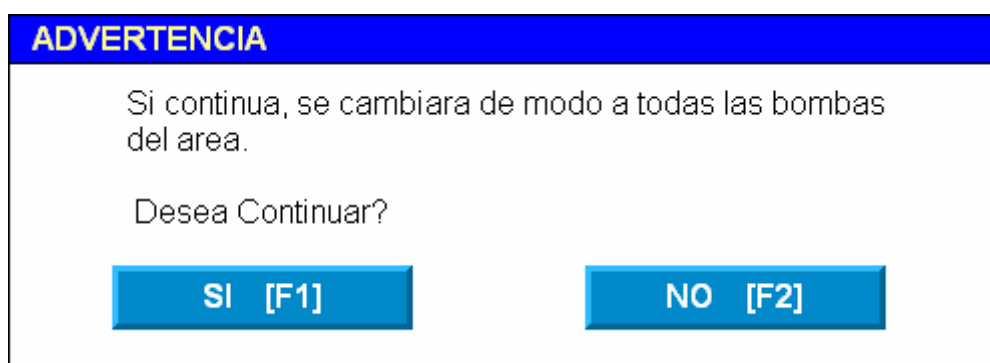


Figura. 5.17. Confirmación de Cambio de Modo para Bombas

- Para seguir se debe presionar la tecla función [F1] y para cancelar [F2]. Si el operador sigue con la acción, regresará a la ventana anterior, pero esta vez en lugar del botón “CAMBIAR DE MODO” estará un botón “AUTOMATICO” o “MANUAL” dependiendo del modo al que se va a cambiar. En este punto, el operador selecciona la tecla función correspondiente: Automático [K12] o Manual [K11].
- Para salir después de haber o no realizado cambios, se debe presionar la tecla función [K16]. Con esta acción se cerrará la pantalla de comando y se regresará a la pantalla de proceso de la bomba.

En la figura 5.18. se presenta la pantalla de comando para las bombas del área Agua:

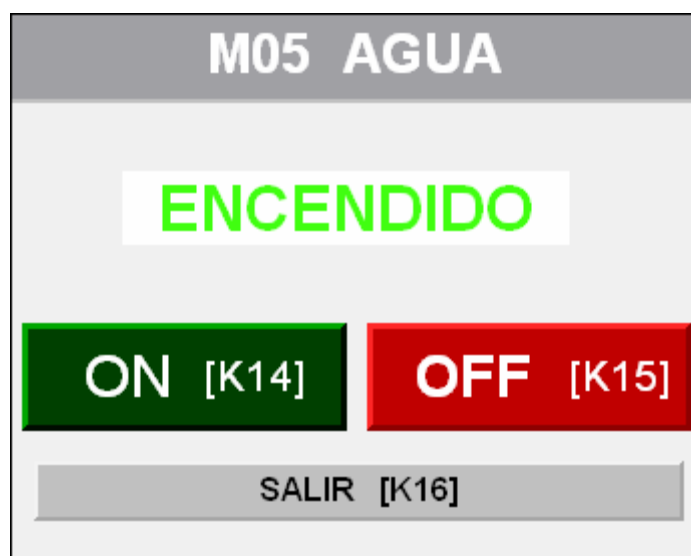


Figura. 5.18. Comando de Bombas para Área Agua

En las figuras 5.19 y 5.20, mostradas al final de éste capítulo, se presentan dos diagramas de flujo que esquematizan el proceso revisado, para activar o desactivar una bomba, respectivamente.

- **Pantallas de Proceso**

Las pantallas de proceso presentan el estado en tiempo real de cada una de las áreas anteriormente definidas. Es decir, que se tiene visualización permanente de parámetros como temperatura, flujo, presión, nivel, entre otras de las señales críticas analizadas en el tercer capítulo. Además, por medio de la simbología antes descrita, el operador estará en capacidad de ver el estado: encendido, apagado o falla de bombas, calderos y compresores. Es importante aclarar que se ha creado una pantalla por área y cada una de ellas fue diseñada y aprobada con la ayuda de operadores y técnicos, quienes describieron la distribución de equipos y definieron las señales de mayor importancia para ser monitoreadas constantemente.

a. TANQUE DESAIREADOR

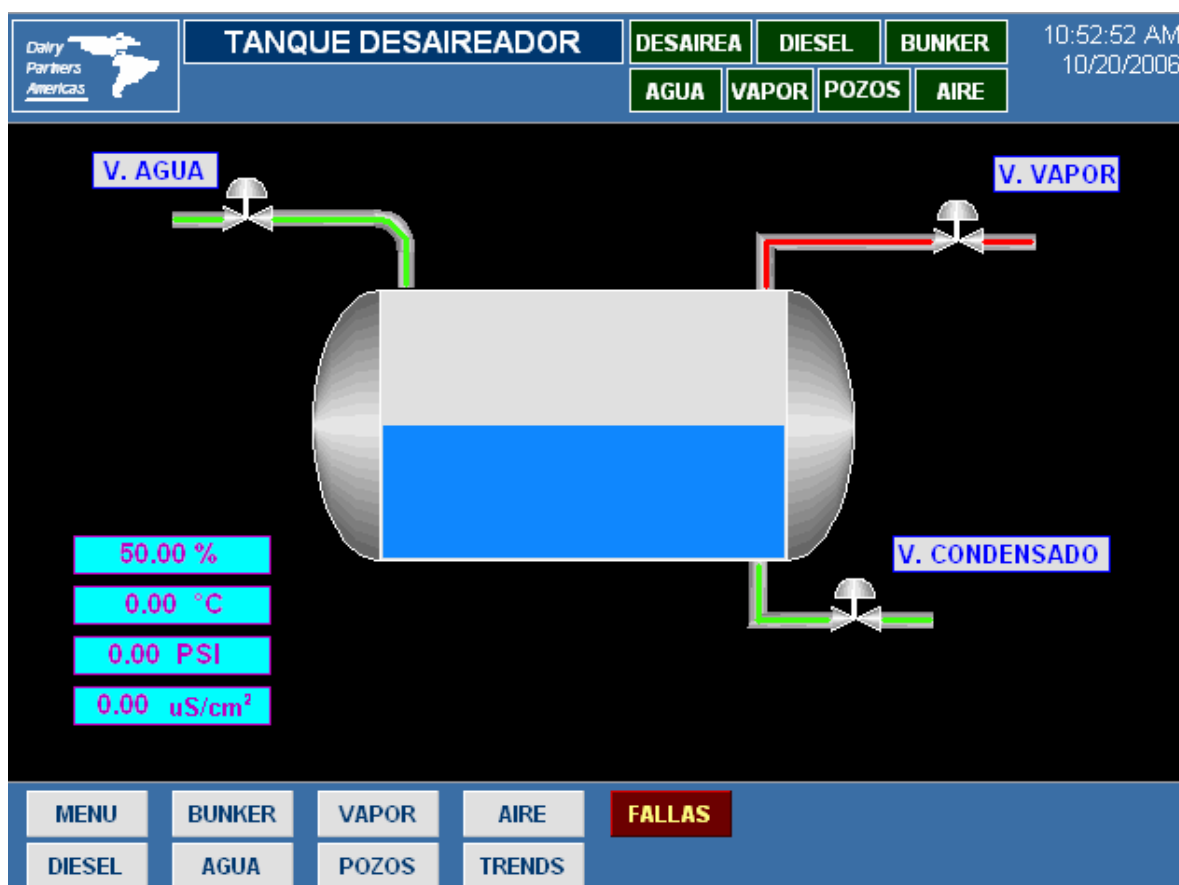


Figura. 5.21. Pantalla de Tanque Desaireador

En la figura 5.21 se presenta la pantalla referente al área Tanque Desaireador, donde se convino, según las necesidades del cliente, visualizar parámetros como nivel, temperatura, presión y conductividad del agua en forma digital. Además, se realizó una animación real del nivel del tanque tomando ventaja del sensor análogo utilizado. Finalmente, existen dos condiciones de falla en esta área que son: falla de nivel bajo en el tanque cuando se encuentre por debajo o igual al 10%, y falla de nivel alto cuando se encuentre sobre o igual al 95% de la capacidad del tanque.

b. TANQUE DIARIO DE DIESEL

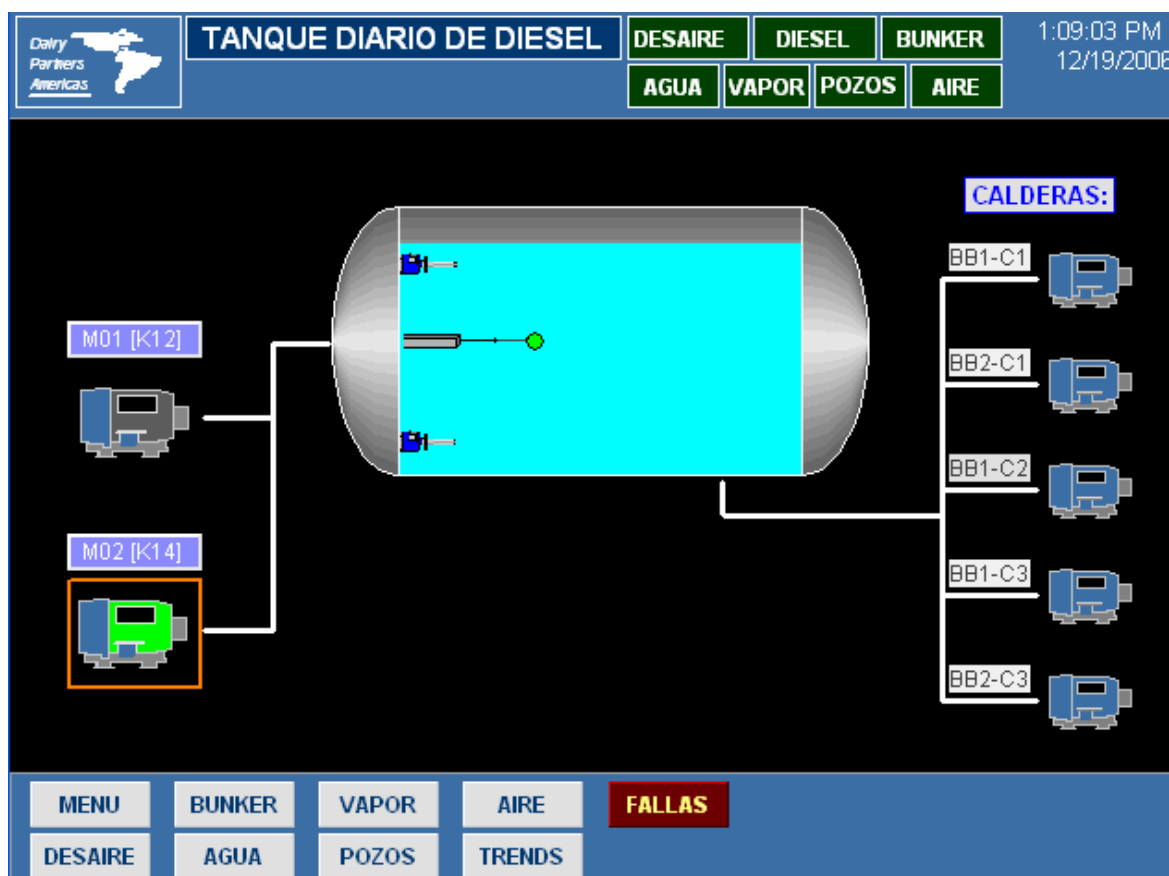


Figura. 5.22. Pantalla de Tanque Diario de Diesel

En la pantalla referente al área Tanque Diario de Diesel, mostrada en la figura 5.22, no se visualiza ningún parámetro digitalmente Sin embargo, se puede tener una idea del nivel del tanque por medio de la animación creada en base a los sensores digitales. Además se tiene el control sobre dos bombas dispuestas para el llenado del tanque cuyo funcionamiento en modo manual o automático ya fue descrito en el desarrollo del programa para el controlador. La animación de las bombas se programó conforme al convenio de visualización de elementos del proceso. Finalmente, existen fallas por contactor o térmico de las bombas y por nivel bajo o alto del tanque que se dispararán con los sensores de nivel.

c. TANQUE DIARIO DE BUNKER

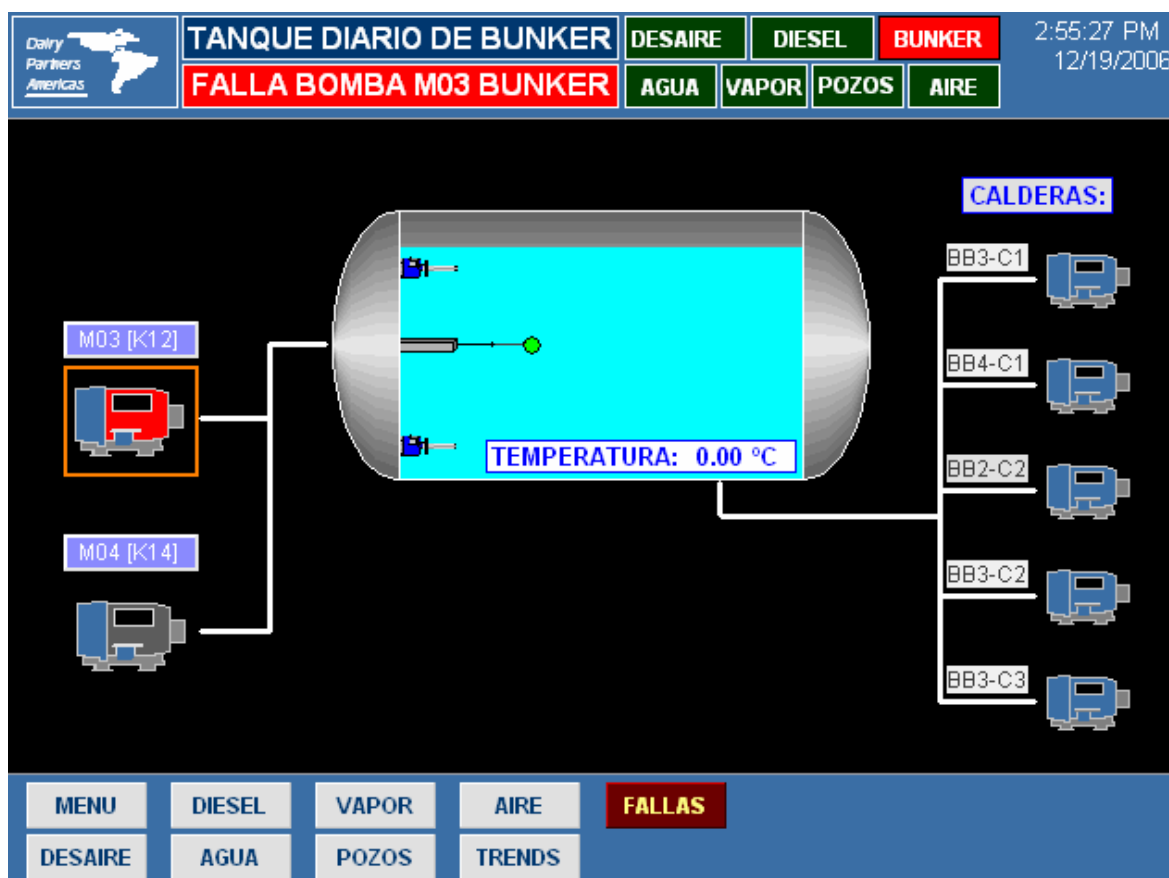


Figura. 5.23. Pantalla de Tanque Diario de Bunker

La figura 5.23 representa la pantalla del área Tanque Diario de Bunker. Es muy parecida a la de Tanque Diario de Diesel en cuanto a la animación del nivel del tanque, manejo de dos bombas para llenado y fallas; sin embargo, en ésta área se aumenta el monitoreo de Temperatura que se visualiza en un indicador numérico.

d. AGUA

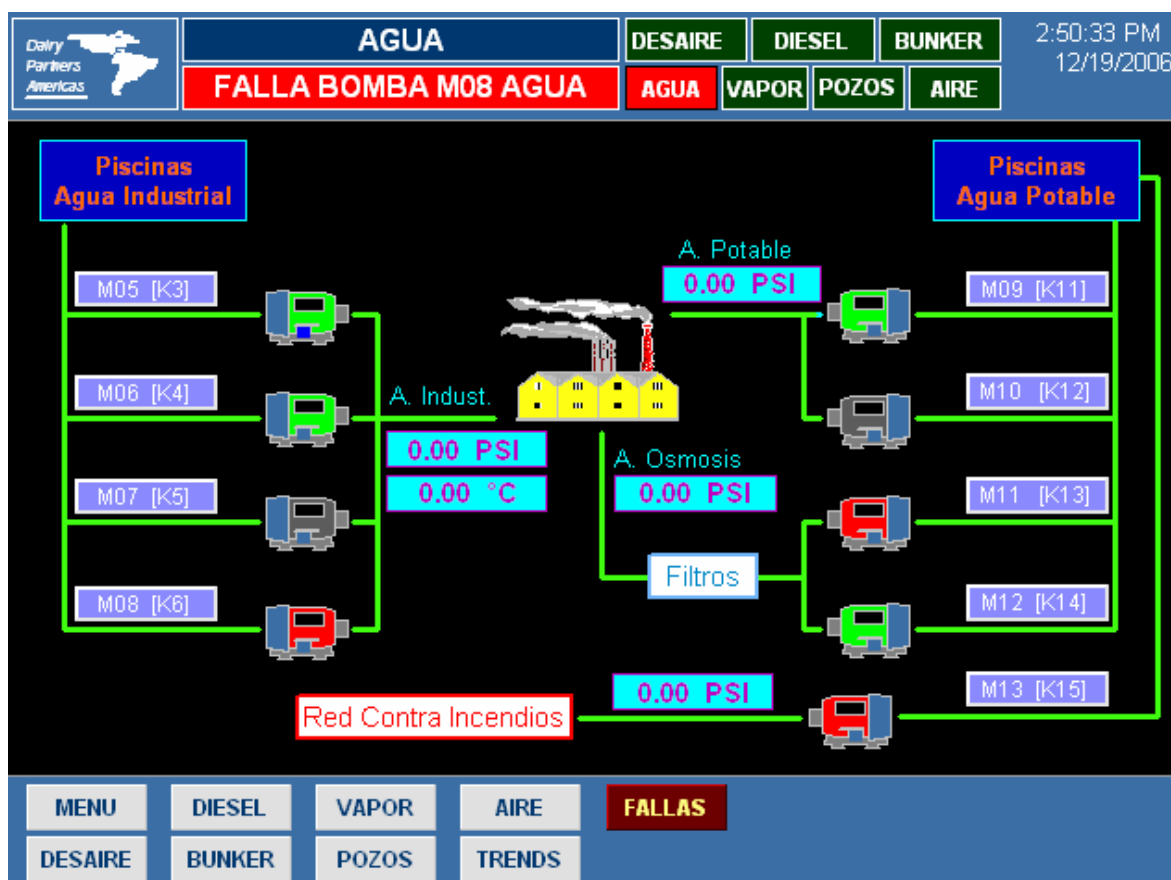


Figura. 5.24. Pantalla de Agua

En la pantalla referente al área Agua, mostrada en la figura 5.24, se visualizan las presiones de las cuatro líneas: agua potable, industrial, de osmosis y de la línea del sistema contra incendios. También se muestra la temperatura de la línea de agua industrial. En ésta área se maneja el mayor número de bombas (nueve) como se dijo anteriormente; sin embargo, solo se las operará en modo manual. Las animaciones de esta pantalla muestran el estado de cada una de las bombas como se habló en el convenio de visualización de elementos del proceso. Finalmente, solo se tendrán fallas por causa de contactores o térmicos de las bombas.

e. VAPOR Y CALDERAS

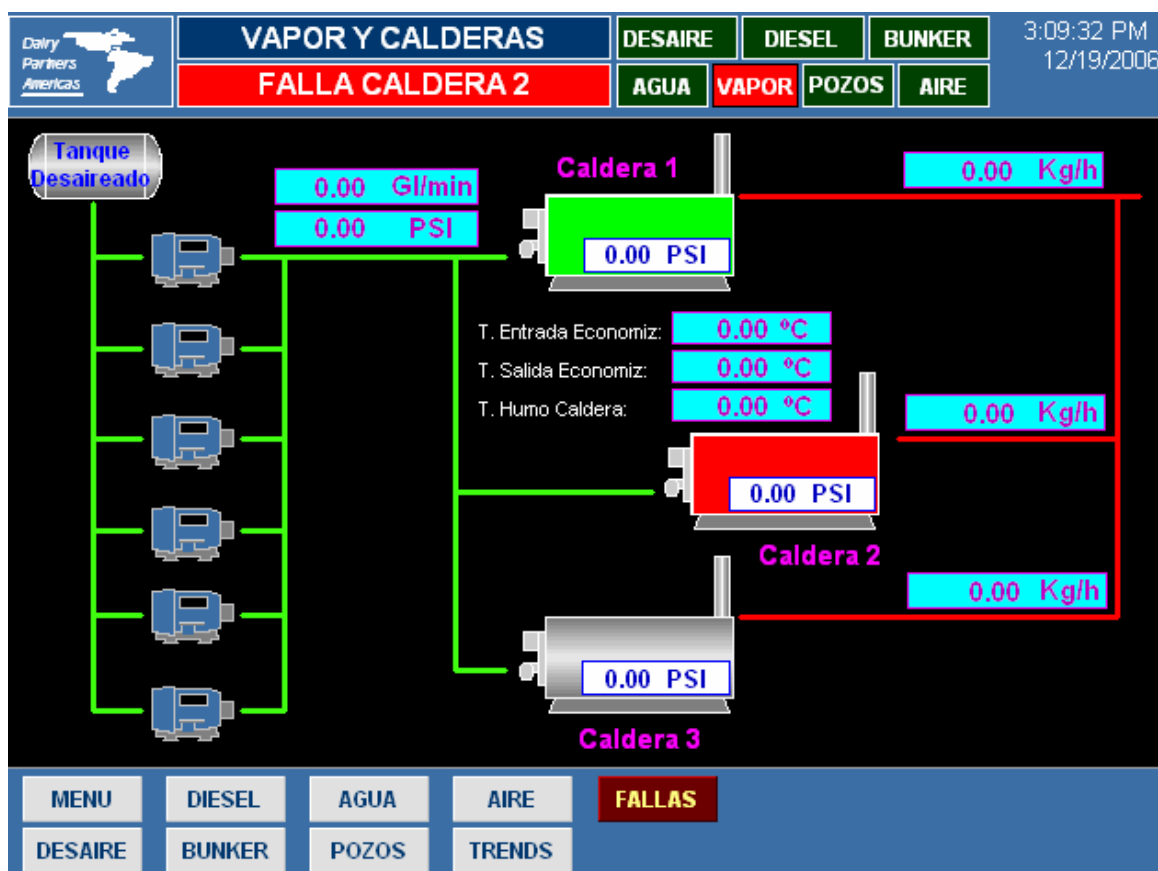


Figura. 5.25. Pantalla de Vapor y Calderas

En la pantalla dedicada al área vapor y calderas, presentada en la figura 5.25, se monitorean las temperaturas de humo de la segunda caldera, y de la salida y entrada del economizador. Además, se visualizan los flujos de vapor de línea de cada caldera, y el flujo y presión en la línea de alimentación de agua a calderas. En ésta área se visualiza también la animación del estado de las calderas según el convenio de visualización de elementos del proceso. Con respecto a fallas, se definieron tres, una por cada caldera, que se disparan con la lógica programada en el PLC utilizando las entradas de falla de caldera.

f. POZOS

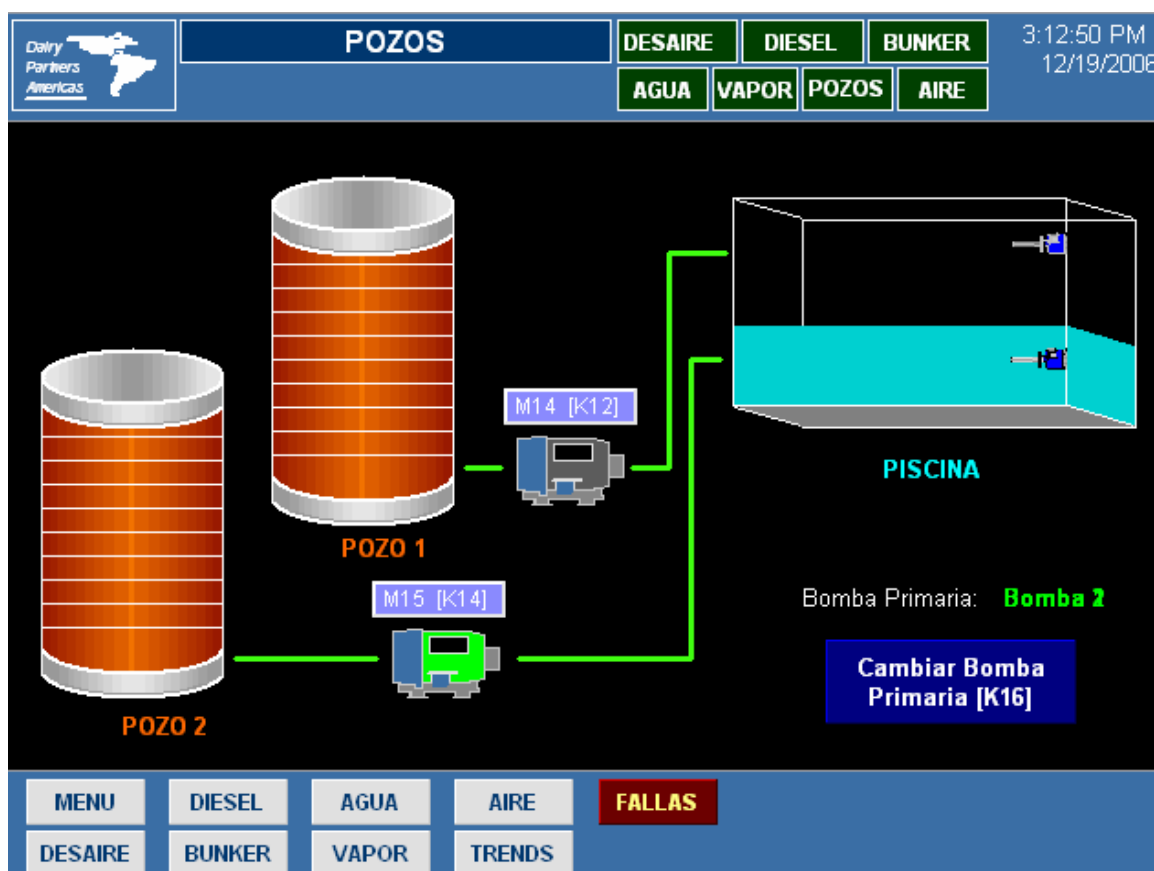


Figura. 5.26. Pantalla de Pozos

Como se habló anteriormente, las bombas de esta área trabajan de forma “lead and lag” en modo automático por lo que en esta pantalla, mostrada en la figura 5.26, se dispone de un botón que permite cambiar de bomba primaria. Además, se presenta una animación del nivel de la piscina por medio de los dos sensores digitales y se tiene la animación del estado de las bombas de acuerdo al convenio de visualización anteriormente detallado. En el área de pozos se tendrán alarmas por fallas en térmicos o contactores de las bombas, o por nivel alto o bajo en la piscina.

g. AIRE COMPRIMIDO

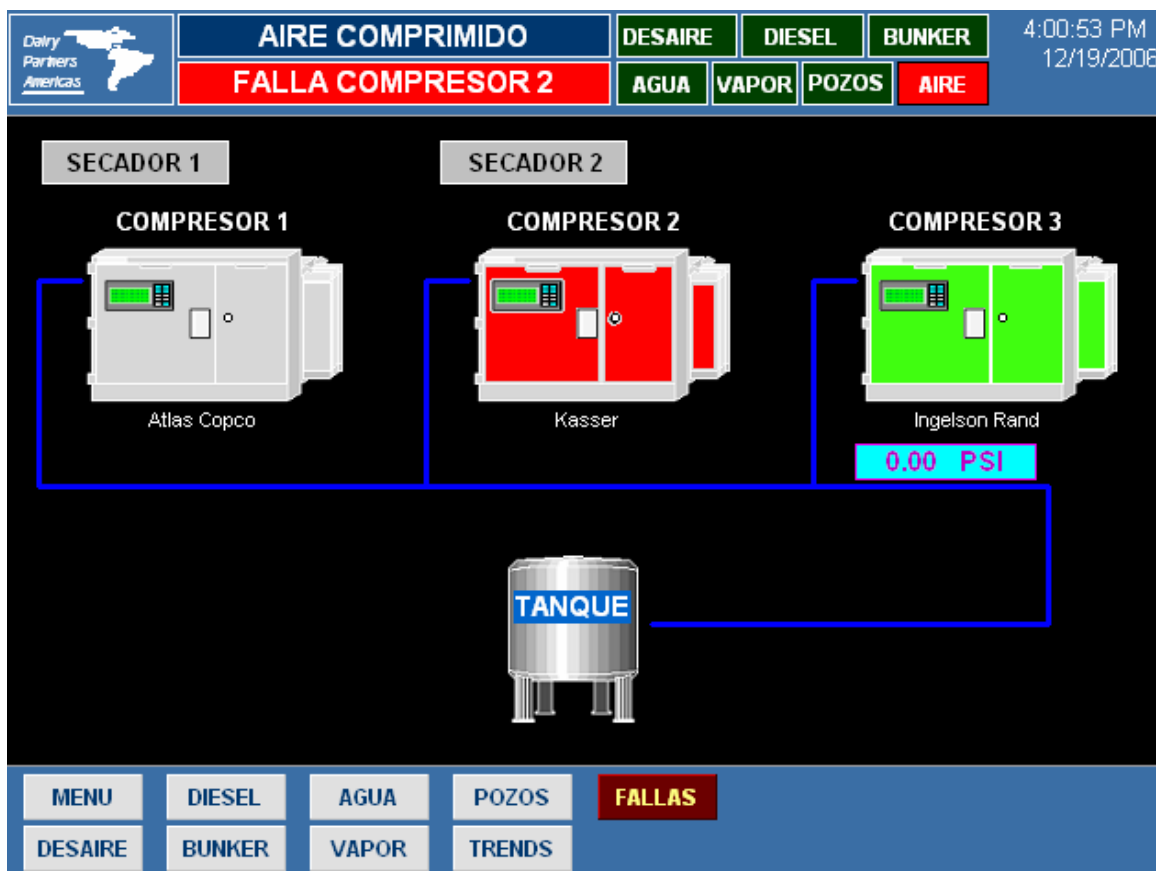


Figura. 5.27. Pantalla de Aire Comprimido

En la pantalla referente al área de aire comprimido, mostrada en la figura 5.27, se monitorea la presión de línea de Aire Comprimido y el estado de dos secadores y tres compresores, a través de la animación programada en base al convenio de visualización de elementos del proceso. Las alarmas definidas en esta área son por fallas de los compresores.

- **Pantallas de Información**

- a. HISTÓRICOS DE PARÁMETROS

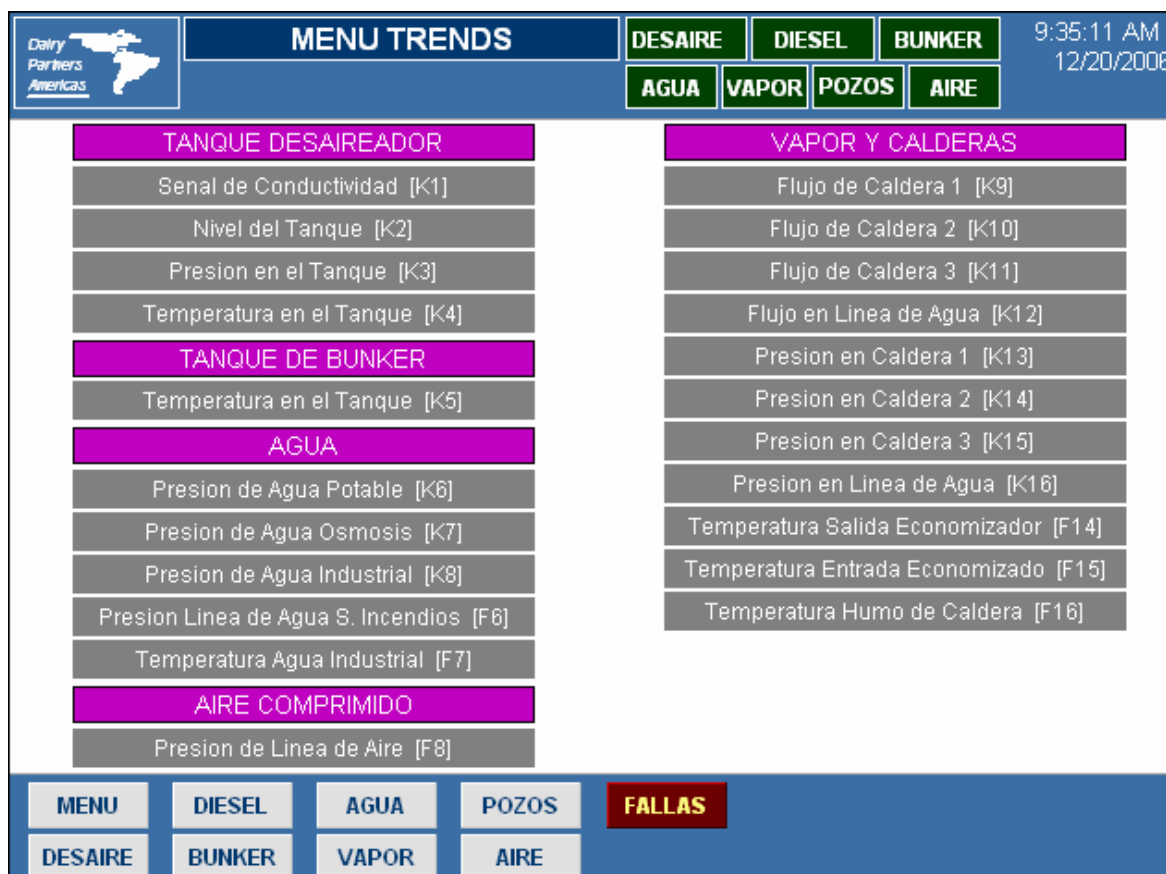


Figura. 5.28. Pantalla Menú de Históricos

En este proyecto se han definido 22 variables que pueden ser monitoreadas no solo a través de indicadores numéricos sino que también pueden ser visualizadas en gráficas que representan su comportamiento en tiempo real. En la pantalla “Menú de Históricos”, mostrada en la figura 5.28, el operador escoge el histórico del parámetro que quiere monitorear. Para esto se debe presionar la tecla función correspondiente a la variable deseada. Por ejemplo, se debe presionar [K4] para acceder al Histórico del parámetro Temperatura del Tanque

Desaireador. A continuación se desplegará el histórico de dicha variable como se muestra en la figura 5.29.

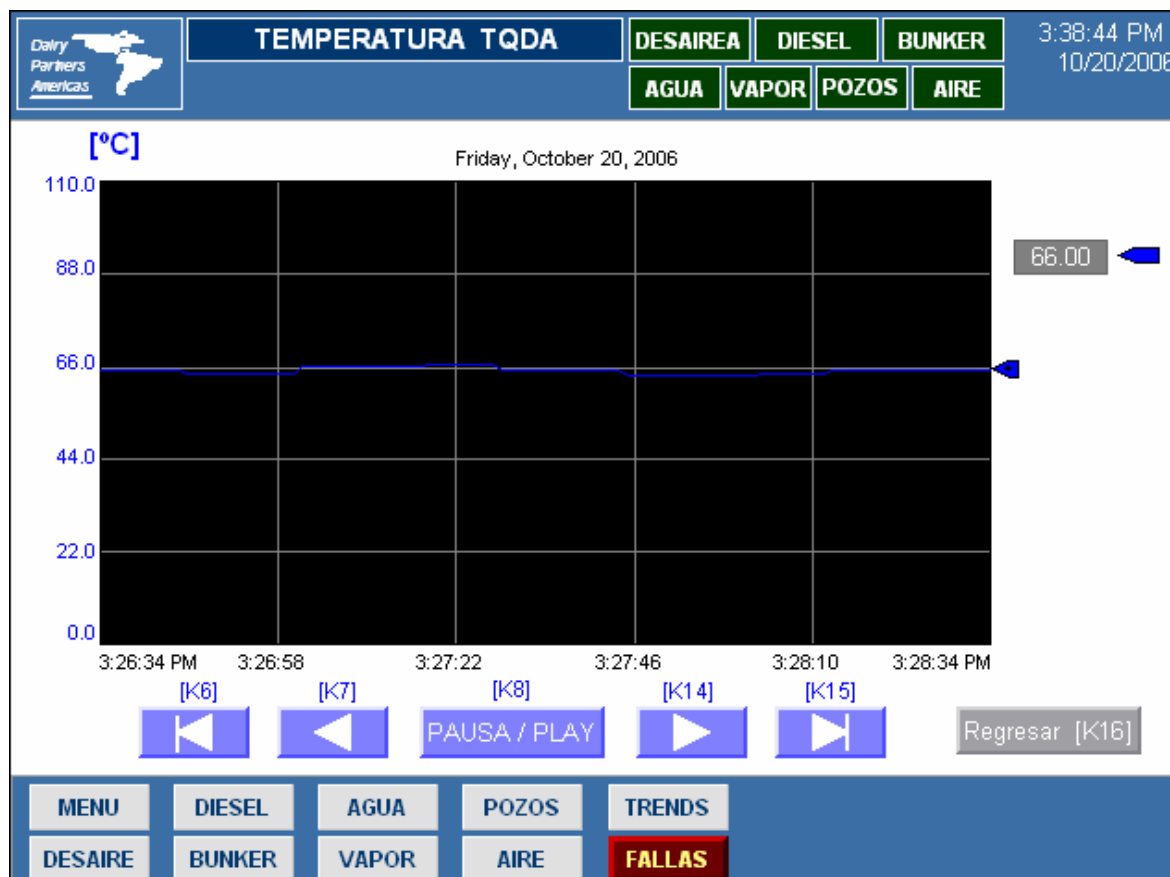


Figura. 5.29. Pantalla Histórico de Temperatura del Tanque Desaireador

En la pantalla TREND, presentada en la figura 5.29, se puede visualizar no solo el histórico de la variable, sino también un indicador numérico que proporciona su valor digital con dos decimales. Con los botones de manejo del histórico se puede congelar y actualizar la pantalla, adelantar o retroceder unos minutos o ir al inicio o fin de la gráfica. El objeto trend está configurado para tomar puntos cada 0.001 segundos y de esta manera revelar el comportamiento de la variable registrada con mayor exactitud. Sin embargo, los valores serán almacenados cada dos segundos para disponer de la unidad de memoria del computador un mayor tiempo antes de descargar la información a otro dispositivo.

b. FALLAS DEL SISTEMA

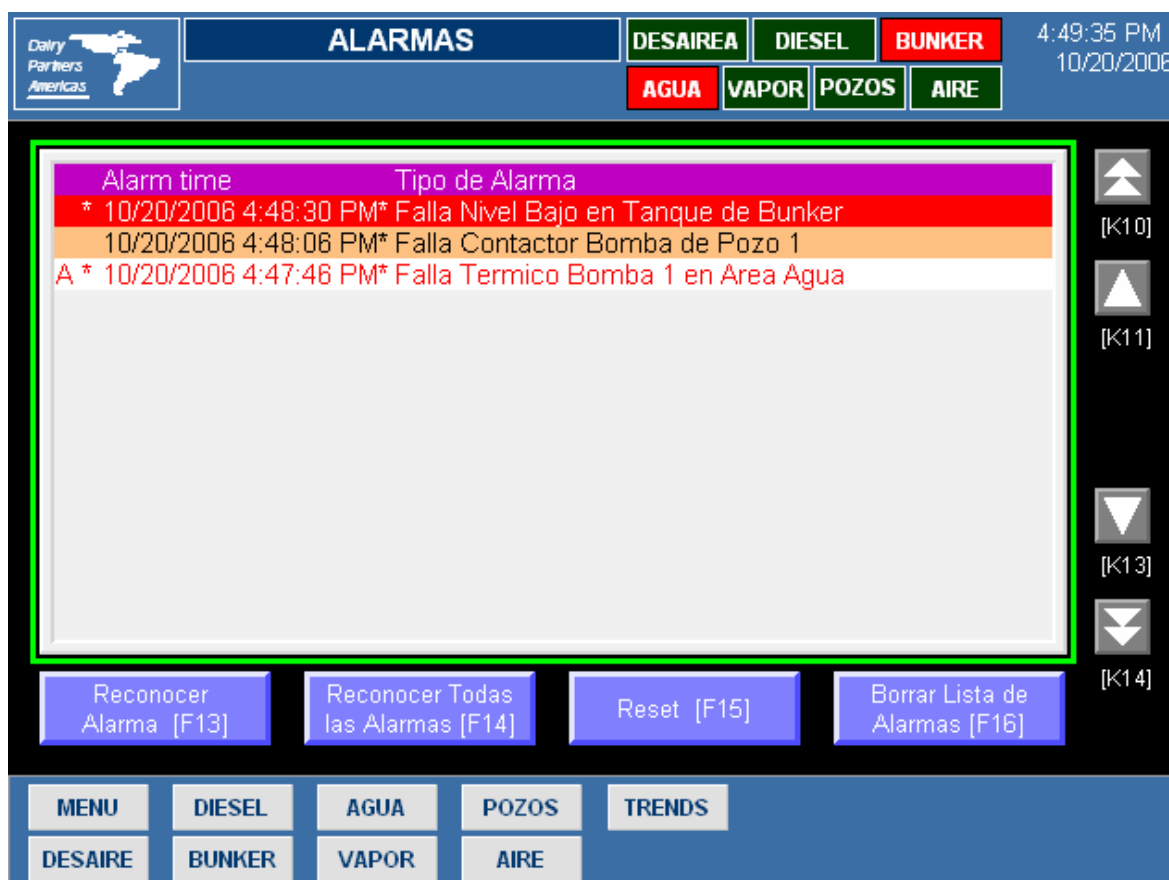


Figura. 5.30. Pantalla de Fallas del Sistema

La pantalla de Fallas del Sistema, mostrada en la figura 5.30, es el centro de supervisión de alarmas. Aquí se describe el tipo de falla, la hora en que ocurrió y si ha sido reconocida o no por el operador. Para esto existen símbolos como (A) que indica si la alarma ha sido reconocida y (*) que indica si la alarma sigue activa.

El operador está en capacidad de reconocer alarmas, una por una o todas a la vez utilizando los respectivos botones. Una vez reconocidas las alarmas y eliminados los motivos de falla se puede dar un reset general del sistema para quitar el estado de falla. Finalmente, el operador puede borrar el listado de fallas

para facilitar la visualización de alarmas posteriores. Además se han incluido varios botones que permiten la navegación adelantando o retrocediendo la lista.

c. PANTALLA EMERGENTE DE ALARMAS

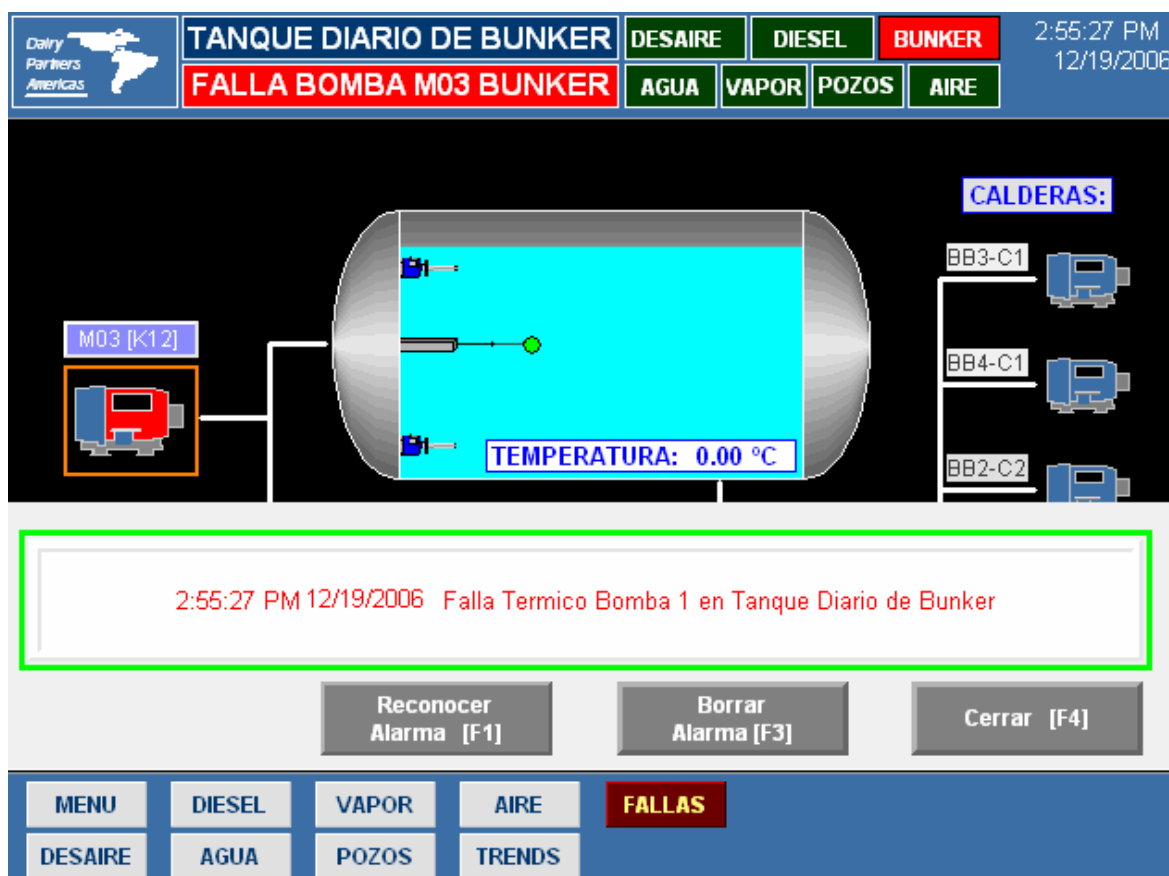


Figura. 5.31. Pantalla Emergente de Alarmas

Esta pantalla, presentada en la figura 5.31, se mostrará automáticamente en el momento en que ocurra una falla programada. De esta manera se notificará al operador con información precisa y de manera llamativa, acerca de las alarmas que se van presentando en la planta. Además, en esta pantalla, el operador puede reconocer o borrar la alarma. Cualquiera de las acciones que se realicen aquí se verán reflejados en la pantalla de fallas.

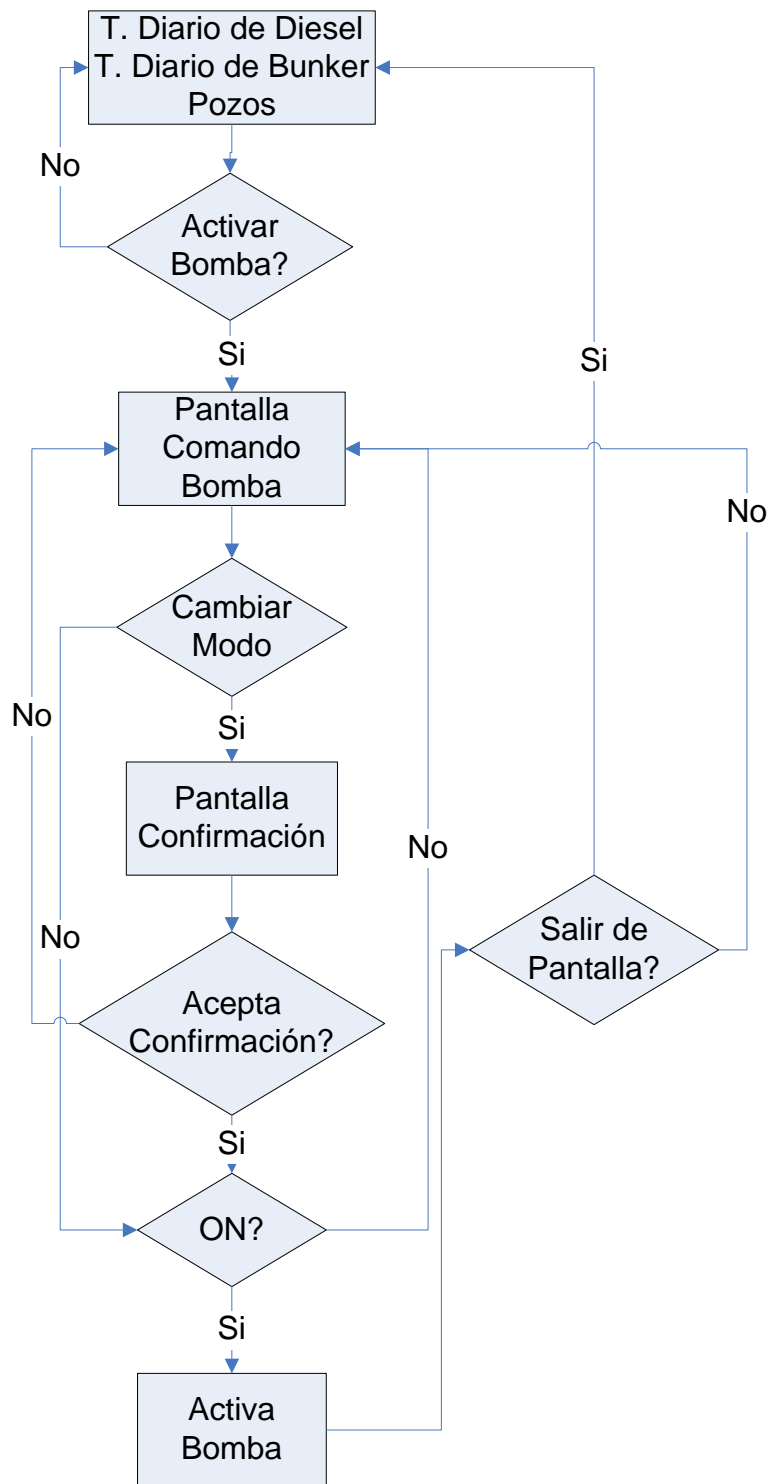


Figura. 5.19. Diagrama de Flujo para Activar una Bomba

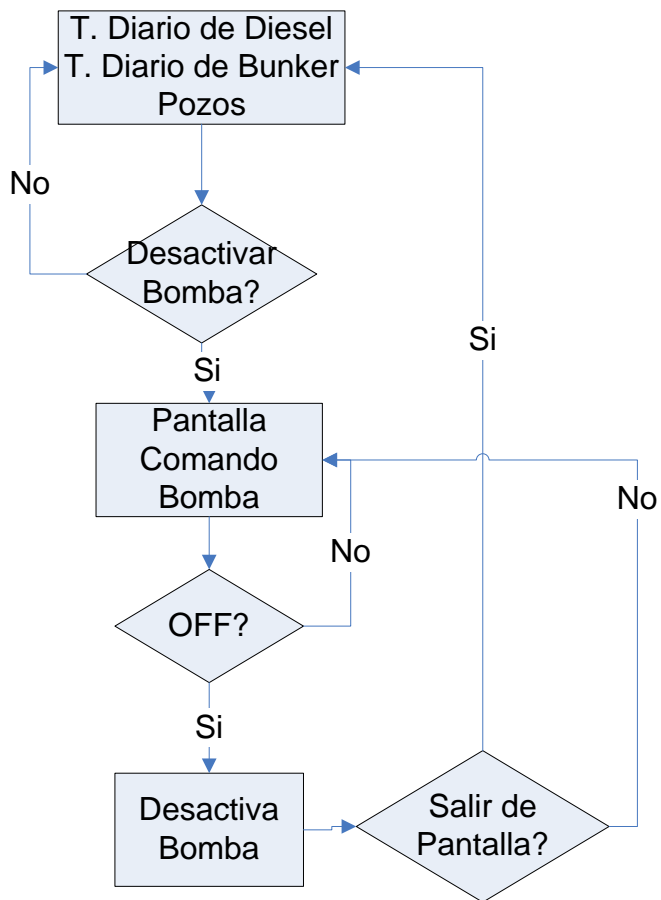


Figura. 5.20. Diagrama de Flujo para Desactivar una Bomba

CAPÍTULO 6

PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez terminadas las aplicaciones, tanto del controlador lógico programable como de la interfaz humano-máquina, se realizaron varias pruebas antes y durante la puesta en marcha de todo el sistema, para verificar su correcto funcionamiento y corregir errores que pudieron haberse cometido en su desarrollo. En los siguientes ítems se describen las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

6.1 PRUEBAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

Para la realización de las pruebas de la aplicación de HMI, se utilizó una de las bondades del programa RSView Studio que incluye un emulador de estación RSView ME, con el que se puede correr la aplicación desde la computadora de desarrollo.

En un inicio, todos los tags de la aplicación de la interfaz humano-máquina, se declararon como tipo memoria, para comprobar que las animaciones de nivel de los tanques y las de estado de maquinaria como bombas, calderos y compresores funcionen de la manera esperada. Además, se generaron las señales programadas en el PLC para activar los mensajes de alarma del banner de fallas, de la pantalla emergente y de la lista ubicada en la pantalla FALLAS de la interfaz humano-máquina.

Una vez probadas todas las animaciones, se procedió a verificar, pantalla por pantalla, que cada *tecla función* este correctamente asignada a la pantalla que debía desplegar y en ciertos casos como en la activación de históricos, se comprobó que los archivos de parámetros ejecutados tengan la información correcta.

Este trabajo incluyó la verificación de los más de 250 tags que intervienen en animaciones y alrededor de 40 archivos de parámetros utilizados para históricos y para comando de bombas.

Finalmente, se procedió a activar cada una de las pantallas para observar si la velocidad de ejecución del sistema era adecuada, debido a la cantidad de gráficos utilizados.

Por otro lado, se procedió a realizar las pruebas pertinentes para revisar el cableado y correcto funcionamiento de los diferentes elementos del tablero de control como: MCR, breakers, luces indicadoras, pulsadores de emergencia y reset, fuente de alimentación y transformador de aislamiento. Además, se realizaron las pruebas conocidas como I/O Test que comprueban que cada entrada y cada salida hayan sido cableadas correctamente a la bornera respectiva.

6.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

Al probar las animaciones se realizaron algunos cambios pequeños en cuanto a intensidad de colores y tiempos de intermitencia en algunos casos. Asimismo, se mejoraron las animaciones de los indicadores generales de área ubicados en la barra superior, programando un cambio de color de texto sincronizado con el cambio de color del recuadro, para que sean más llamativos y así el operador los note inmediatamente cuando ocurra una falla.

De igual forma, cuando se probaron las alarmas se tuvo la necesidad de ajustar los mensajes utilizados en el banner de fallas, ya que algunos excedían el

espacio. Para esto se cortó algunas palabras o se utilizó siglas pero siempre procurando que sean entendibles para los operadores. En el caso de la pantalla emergente de alarmas solo se tuvo que mejorar su ubicación ya que sus mensajes tenían información concreta y precisa. Finalmente, en la pantalla de alarmas no hizo falta ningún cambio pues tanto la información presentada como la acción de sus botones trabajaban como se esperaba.

Posteriormente se corrigieron algunas asignaciones equivocadas de las teclas función, que desplegaban pantallas diferentes a las deseadas. Mientras que, con respecto a los archivos de parámetros, tanto históricos como pantallas de comando de bombas funcionaban bien.

Por otro lado, al probar la velocidad de ejecución del sistema, se encontró que al abrir una pantalla por primera vez tomaba un tiempo que podía considerarse dentro de lo tolerable; sin embargo, se analizó la posibilidad de disminuirlo. Es así que se utilizó la herramienta del RSView Studio, para transformar todos los objetos de las pantallas que no tenían interacción con el sistema, en “wallpaper”; es decir, como un papel tapiz de la pantalla. De esta manera no solo se mejoró significativamente el desempeño de la aplicación sino que también se redujo su tamaño en memoria.

Finalmente, al probar las pantallas de comando de bombas, se descubrió que la animación de los botones para cambiar modo, activar modo manual y activar modo automático era muy lenta y podía ocasionar confusiones a los operadores. Este problema se solucionó utilizando las propiedades de la pantalla para disminuir el tiempo de actualización de ésta a 0.5 segundos.

Con respecto al tablero, se encontró y corrigió un par de entradas que estaban cambiadas de borneras. También se cambió los breakers LG colocados por breakers de marca Merlin Gerin por pedido de la planta.

Una vez corregidas todas estas pequeñas falencias del sistema, se determinó que la aplicación estaba operando perfectamente y estaba lista para ser puesta en marcha.

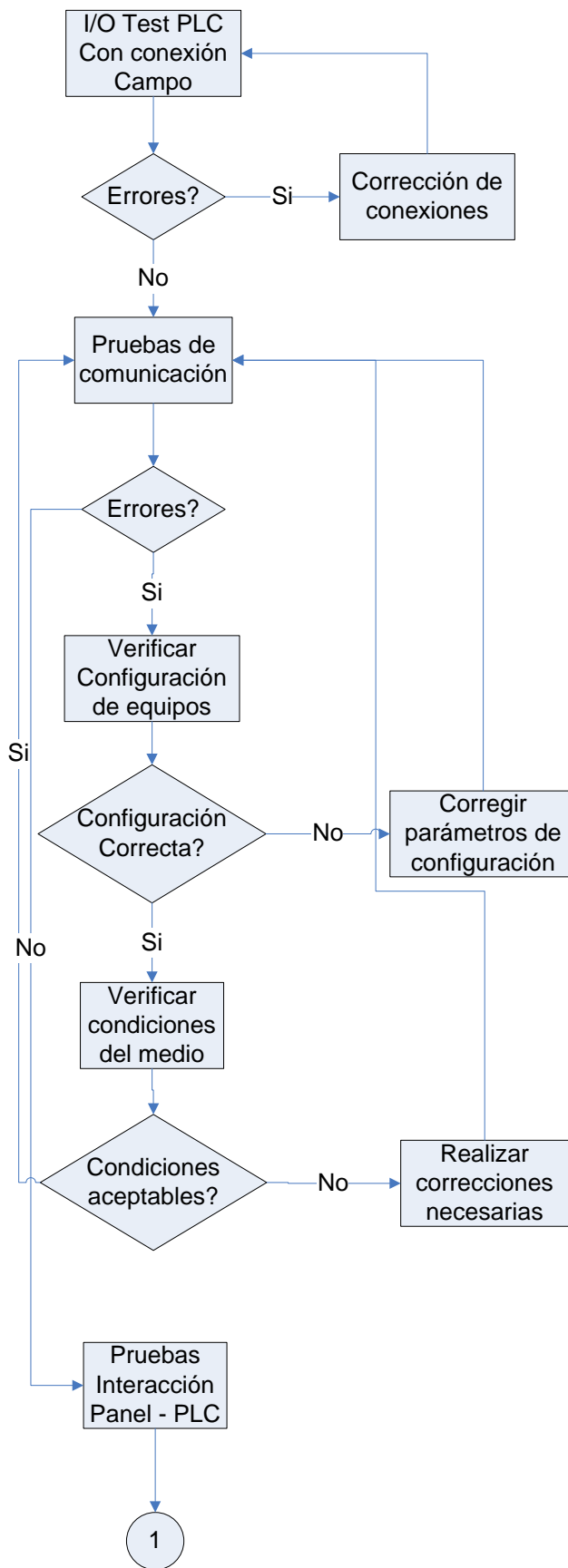
6.3 PRUEBAS DURANTE PUESTA EN MARCHA

La realización de las pruebas durante la puesta en marcha del sistema requirió de la acción en conjunto con operadores y personal del departamento técnico de la planta.

Entre las principales pruebas realizadas al poner en marcha al sistema se tiene:

- Pruebas I/O test del PLC con conexión a los elementos de campo.
- Pruebas de Comunicación: para esto se asignó direcciones IP tanto al controlador como al panel de operador y se estableció comunicación entre ambos equipos.
- Interacción Panel-PLC: se descargó la aplicación al panel de operador desde la computadora de desarrollo y se experimentó con animaciones, comandos y visualización de datos, al forzar bits y modificar valores de registros en el PLC.
- Verificación de la integridad de la aplicación de HMI: nuevamente se revisó pantalla por pantalla el tamaño de objetos, colores de animaciones, texto de títulos y claridad de imágenes.
- Chequeo del funcionamiento de históricos.
- Constatación de usuarios: Finalmente, se inició la sesión con cada uno de los dos usuarios creados con sus respectivas cuentas y claves.

En la figura 6.1 se presenta un diagrama de flujo que esquematiza las pruebas explicadas.



6.4 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DURANTE PUESTA EN MARCHA

Una vez definidas las direcciones IP en el panel de operador y en el controlador lógico programable, no se presentó ninguna dificultad de comunicación entre los equipos.

A continuación se examinó la aplicación del HMI con las señales provenientes del PLC y se encontraron unos pocos tags mal direccionados que fueron corregidos inmediatamente.

Tanto animaciones como comandos de bombas funcionaron de la manera esperada; sin embargo, aunque los datos visualizados en las pantallas eran acordes con los que indicaban los sensores localmente, se tuvo que realizar ajustes con las medidas de flujo puesto que, al ser una variable rápida, sus valores cambiaban velozmente y los operadores requerían de mayor estabilidad para sus anotaciones. Por lo tanto, se realizó un muestreo de esta variable cada dos segundos.

Al revisar la aplicación, esta vez ya desde el panel de operador, se encontró unos ligeros cambios en los textos utilizados con negrilla. Al estudiar el manual del panel se encontró que este equipo soportaba la fuente utilizada (Arial), pero no con la propiedad de negrilla, sino que lo generaba a través de un algoritmo. Es por esto que se podía apreciar diferente desde la computadora de desarrollo. En consecuencia, se realizaron unos pocos cambios variando el tamaño del texto o de los objetos para ajustarlo y centrarlo.

Los históricos de cada variable trabajaban perfectamente; sin embargo, para no tener problemas de saturación de memoria en el panel, por almacenamiento de datos, se tomó ventaja de una de las bondades de este equipo para direccionar esta información, a través de Ethernet, a una computadora designada.

Finalmente, las dos cuentas de usuario creadas para en un futuro poder establecer niveles de seguridad, funcionaron correctamente.

Luego de la realización de estas pruebas y de los cambios explicados, el departamento técnico de la planta aprobó al sistema para que quede en permanente funcionamiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En conjunto con el departamento técnico de la planta se escogieron las señales de mayor importancia para ser visualizadas permanentemente, llegando a monitorear, entre las señales análogas, diez de presión, seis de temperatura, cuatro de flujo, una de nivel y una de conductividad de agua.
- Frente a la necesidad de no solo monitorear ciertas señales para tomar acciones ante situaciones de riesgo, sino también de llevar un registro de su comportamiento para un estudio en busca de mejoras al proceso, se realizaron históricos que se irán almacenando en una computadora.
- Se realizó animaciones para indicar al operador de una manera sencilla pero llamativa, a través del código de colores de la planta, el estado de maquinaria como calderas, compresores y bombas. Considerando como fallas, en el caso de las bombas, una apertura en el térmico o algún problema en el contactor.
- La elección del controlador lógico programable y del panel de operador fue la apropiada puesto que ambos equipos satisficieron ampliamente las necesidades de todo el sistema de monitoreo, permitiendo además futuras expansiones.

-
- En cuanto a la instrumentación se decidió utilizar los sensores y transmisores preexistentes en la planta tomando ventaja de sus características.
 - Se diseñó y programó un sistema supervisorio que centraliza todas las señales críticas de las siete áreas de servicios industriales y permite además tomar acción sobre quince bombas de la planta desde un lugar seguro.
 - Debido al trabajo en conjunto con técnicos y operadores y al cumplimiento de los convenios de visualización de estado de elementos, se obtuvo una interfaz humano-máquina clara, ordenada y sobre todo amigable; es decir, fácil de usar y entender por operadores, sin mayor capacitación.
 - Fue importante realizar un estudio previo del software RSView Studio y RSLogix500 para aprovechar y utilizar de manera óptima sus herramientas y bondades.
 - La mayoría de los entornos industriales son sensibles a fenómenos transitorios de la alimentación eléctrica o picos de tensión. Para ayudar a asegurar una operación libre de fallos y para proteger el equipo se utilizó un transformador de aislamiento.
 - Se realizó de manera satisfactoria, tanto la implementación de hardware formada por el tablero de control, PLC y panel de operador, como la descarga de las aplicaciones en el controlador y en el terminal del HMI.
 - Se realizaron una serie de pruebas antes y durante la puesta en marcha del sistema para comprobar su correcto funcionamiento.
 - Este sistema de monitoreo minimizará el riesgo de paradas no previstas por falla de uno o varios de los servicios industriales de la planta. En

consecuencia, se evitarán tiempos muertos en los que la producción se encontrará paralizada hasta realizar el re-arranque de la maquinaria.

RECOMENDACIONES

- Para dar mayor facilidad a los operadores en el manejo del panel de operador, especialmente para el ingreso de usuarios o claves, es recomendable que se instale un teclado y un mouse de puerto USB.
- En el proyecto realizado se pueden operar 15 bombas de las diferentes áreas; sin embargo, se puede ampliar este sistema para tener control sobre las 15 bombas mostradas solo como imágenes en las áreas de Tanque Diario de Diesel, Tanque Diario de Bunker, y Calderas.
- Debido a que el sistema de monitoreo seguirá creciendo conforme evolucione la planta, se deberá reconfigurar el módulo libre de entradas análogas para habilitarlo. De igual forma, se deberá redefinir la palabra de configuración del módulo en el caso de que los nuevos transmisores envíen un tipo de señal diferente al utilizado actualmente (4 – 20 mA).
- En el caso de aumentar pantallas para acciones restringidas como la de configuración del panel de operador, se recomienda utilizar las cuentas de usuario creadas con diferentes niveles de seguridad; *operador* y *técnico*.
- Es importante tener en cuenta que al volver a cargar la aplicación de HMI desde una computadora diferente a la de desarrollo, se debe volver a crear en esta, las cuentas de usuario con las claves respectivas.
- Es primordial cumplir con las consideraciones ambientales y de instalación recomendadas por el fabricante de los equipos, PLC y Panel de Operador, para su óptimo desempeño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PanelView Plus Terminals User Manual, 2711P-UM001D-EN-P, website de Rockwell, Septiembre 2005, 192
- Hardware de estilo modular SLC 500, 1747-62ES, website de Rockwell, Diciembre 1996
- Procesadores Modulares SLC 500 1747-239ES, website de Rockwell, Agosto 1994
- RSTrainer 2000 for RSLogix 500
- RSTrainer for RSView Machine Edition Software
- RSTrainer 2000 for SLC 500 Fundamentals
- CARRION, Francisco, **“Diseño E Implementación Del Sistema De Control Supervisorio (Hmi) Del Molino De Harina De Trigo En Mopasa”**, 2002
- <http://www.monografias.com/trabajos13/genair/genair.shtml>, Generación, Tratamiento y Distribución del Aire
- <http://www.monografias.com/trabajos/elaire/elaire.shtml>, El aire
- http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_l/contenido_menu/Unidad_II/Contenido/pagina2/pagina2.htm, Producción, Tratamiento Y Distribución De Aire Comprimido
- <http://www.monografias.com/trabajos31/aire-comprimido/aire-comprimido.shtml>, Aire Comprimido
- http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/la_revolucion_industrial.htm, La Revolución Industrial
- http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_de_vapor, Máquina de Vapor

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Vapor>, Vapor
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n>, Presión
- http://es.wikipedia.org/wiki/Caldera_%28artefacto%29, Caldera
- http://www.infoforhealth.org/pr/prs/sm14/sm14chap6_2.shtml, Saving Water in Industry
- <http://es.epa.gov/cooperative/other/andean/lechweb.html>, Informe De La Visita A Una Planta Industrial De Elaboración De Productos Lacteos En Quito, Ecuador
- http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_5.php?WL_Session=9cf4cb6ea1e06a9ca2404e6209c3b1ed, Purificación del Agua por Ósmosis Inversa
- <http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93smosis>, Ósmosis
- <http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/origen-clasificacion>, Los Combustibles. Origen y Clasificación
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Combustible>, Combustible
- <http://www.fing.edu.uy/~danielg/repart/desair1.doc>, Eliminación de Gases Disueltos, Desaireadores
- <http://www.monografias.com/trabajos11/presi/presi.shtml#medidas>, Presión
- <http://www.aep-usaspain.org/tratamiento-y-purificacion-de-aguas-contaminadas/SUAVIZADORES.htm>, Tratamiento y Purificación de Aguas Contaminadas
- <http://www.lenntech.com/espanol/conductividad-agua.htm>, Conductividad del Agua
- <http://www.infojardin.net/glosario/concentracion/conductividad-electrica.htm>, Conductividad del Agua
- <http://www.lenntech.com/espanol/agua-de-alimentacion-de-la-caldera.htm>, Agua de Alimentacion de la Caldera
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Caudal>, Caudal
- <http://www.simet.gob.mx/patrones/mecanica/1997/flujogas50710.htm>, Patrones Nacionales – Mecanica
- <http://www.monografias.com/trabajos15/mecanica-fluidos/mecanica-fluidos.shtml>, Mecánica de Fluidos. Flujo compresible y flujo incompresible
- http://www.ifmefector.com/ifmmx/web/padv0!2_30_10_10.html, Medicion Continua y de nivel de punto

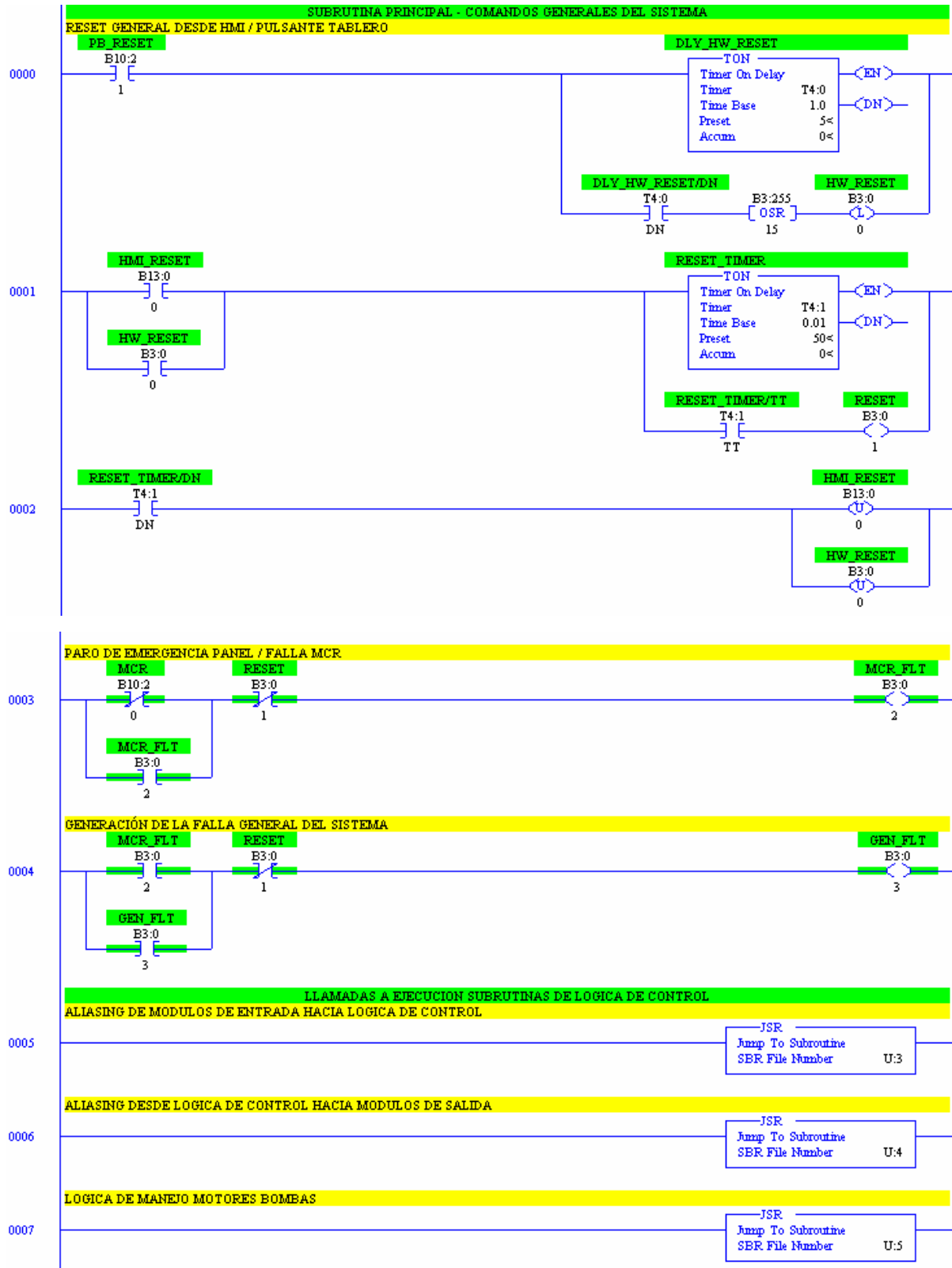
-
- <http://www.ate.uniovi.es/5809/Trabajos/Sensores%20de%20nivel.pdf>,
Sensores de Nivel
 - <http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura>, Temperatura
 - http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/measure_sp_06sep01.html, Como Medimos la Temperatura?
 - <http://www.maloka.org/f2000/bec/temperature.html>, Temperatura y el Cero Absoluto
 - <http://mx.encarta.msn.com/encnet/refpages/RefArticle.aspx?refid=761562117&vv=410>, Temperatura
 - <http://www.azc.uam.mx/publicaciones/miscelanea/num2/termome.htm>, Como se mide la temperatura?
 - <http://fing.uncu.edu.ar/catedras/archivos/control/unidad7.pdf>, Automatismos con Controladores Lógicos Programables (PLC)
 - http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable, Controlador Lógico Programable
 - http://www.unicrom.com/art_historia_PLC.asp, Historia del controlador logico programable (PLC)
 - <http://www.control-systems-principles.co.uk/whitepapers/spanishwp/14ProgLogicSP.pdf>, Control Lógico Programable
 - http://www.geocities.com/ingenieria_control/control1.htm, Introducción
 - http://es.wikipedia.org/wiki/Revoluci%C3%B3n_industrial, Revolución Industrial

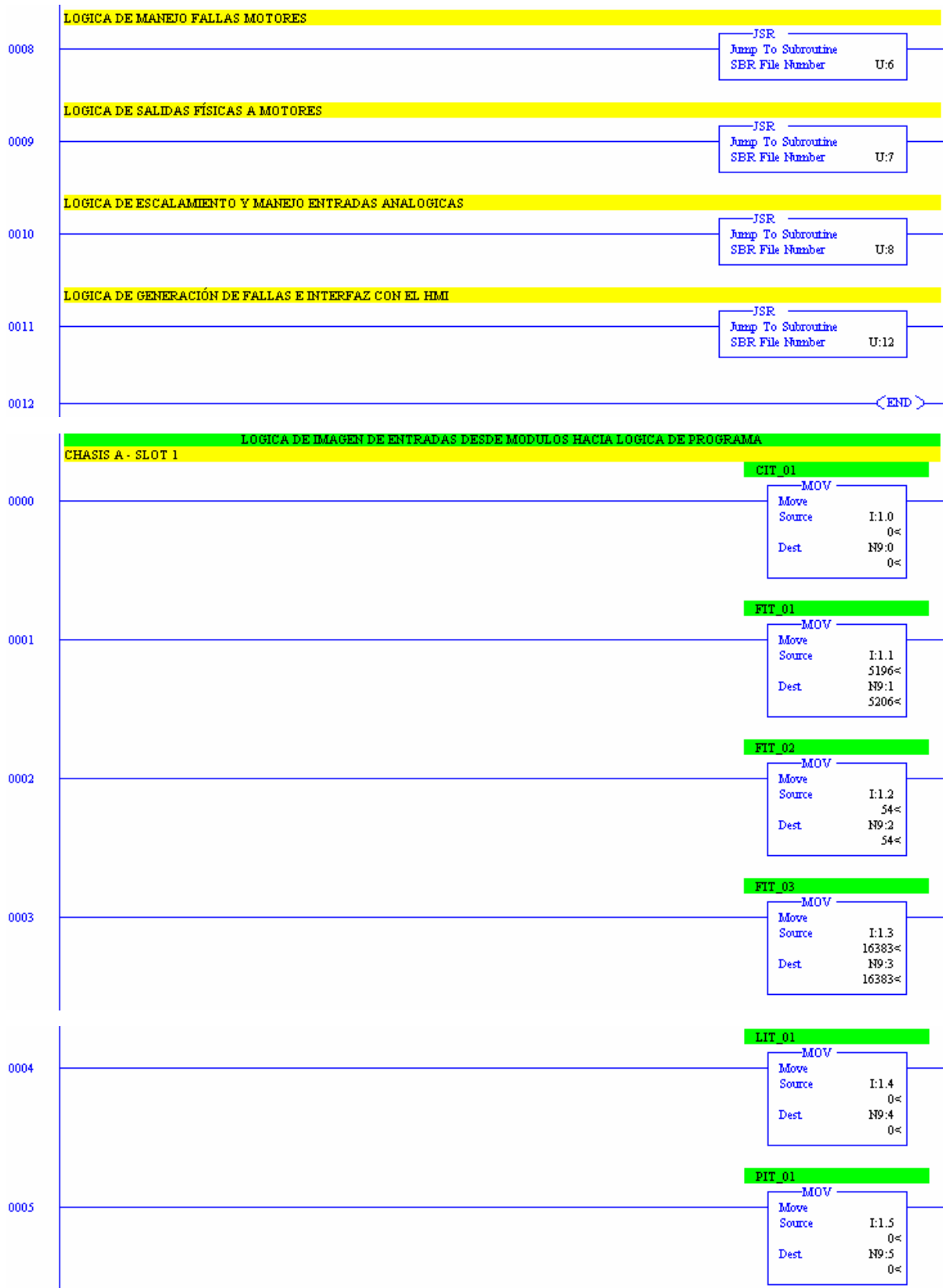
ANEXOS

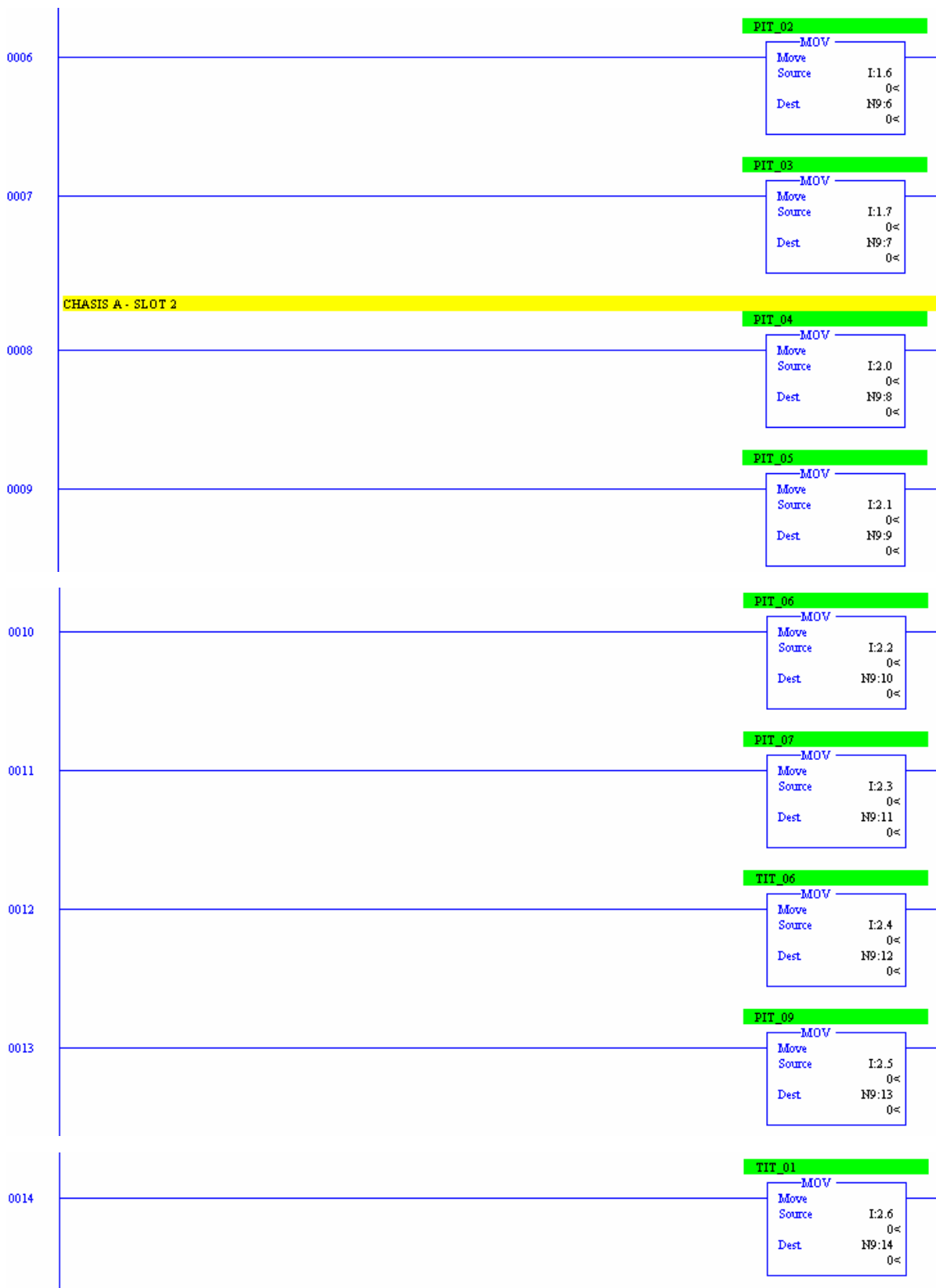
ANEXO 1. PROGRAMA DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	141
ANEXO 2. MANUAL DE USUARIO PARA EL HMI	189
ANEXO 3. PLANOS DE INTERCONEXIÓN	222

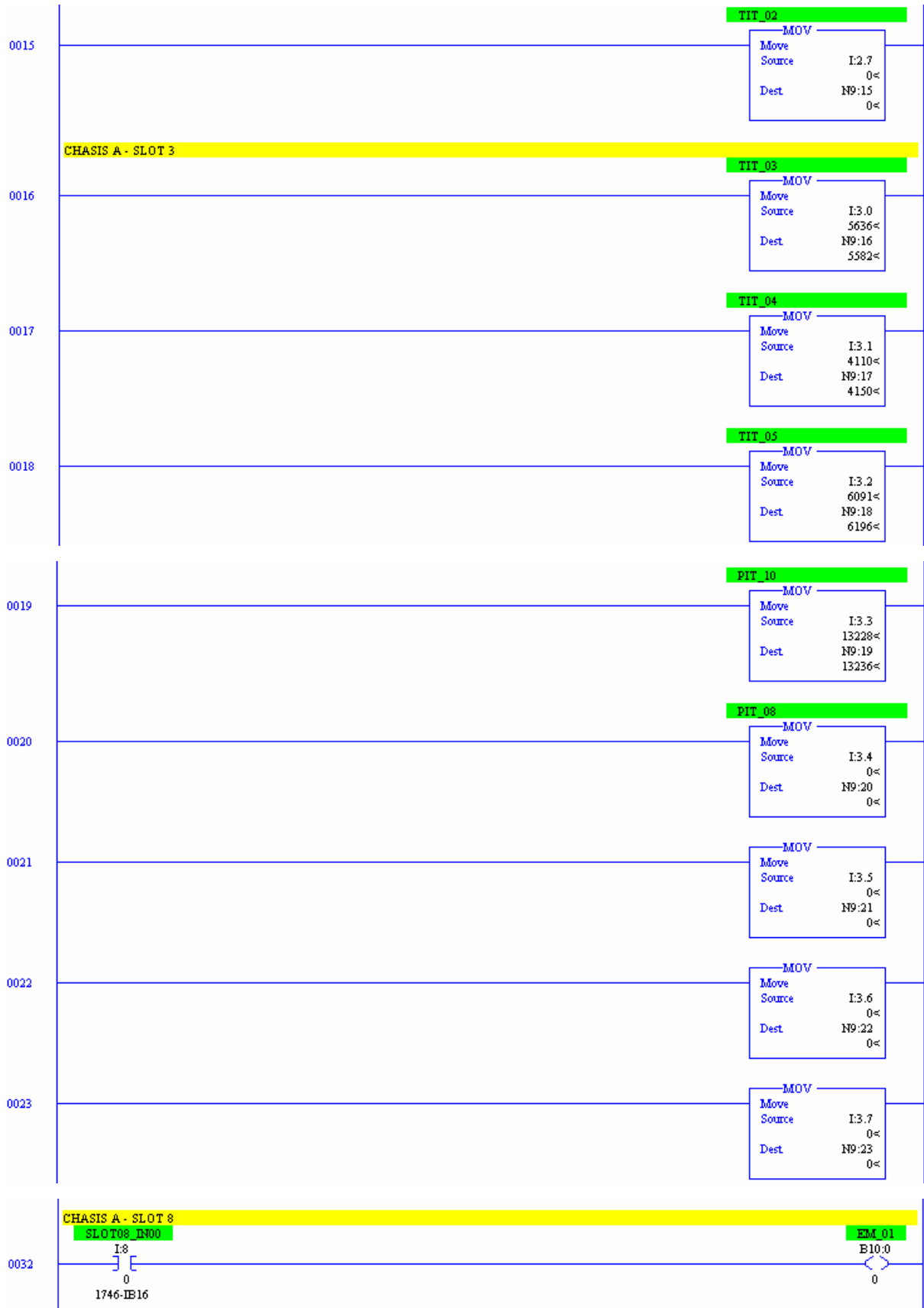
ANEXO 1

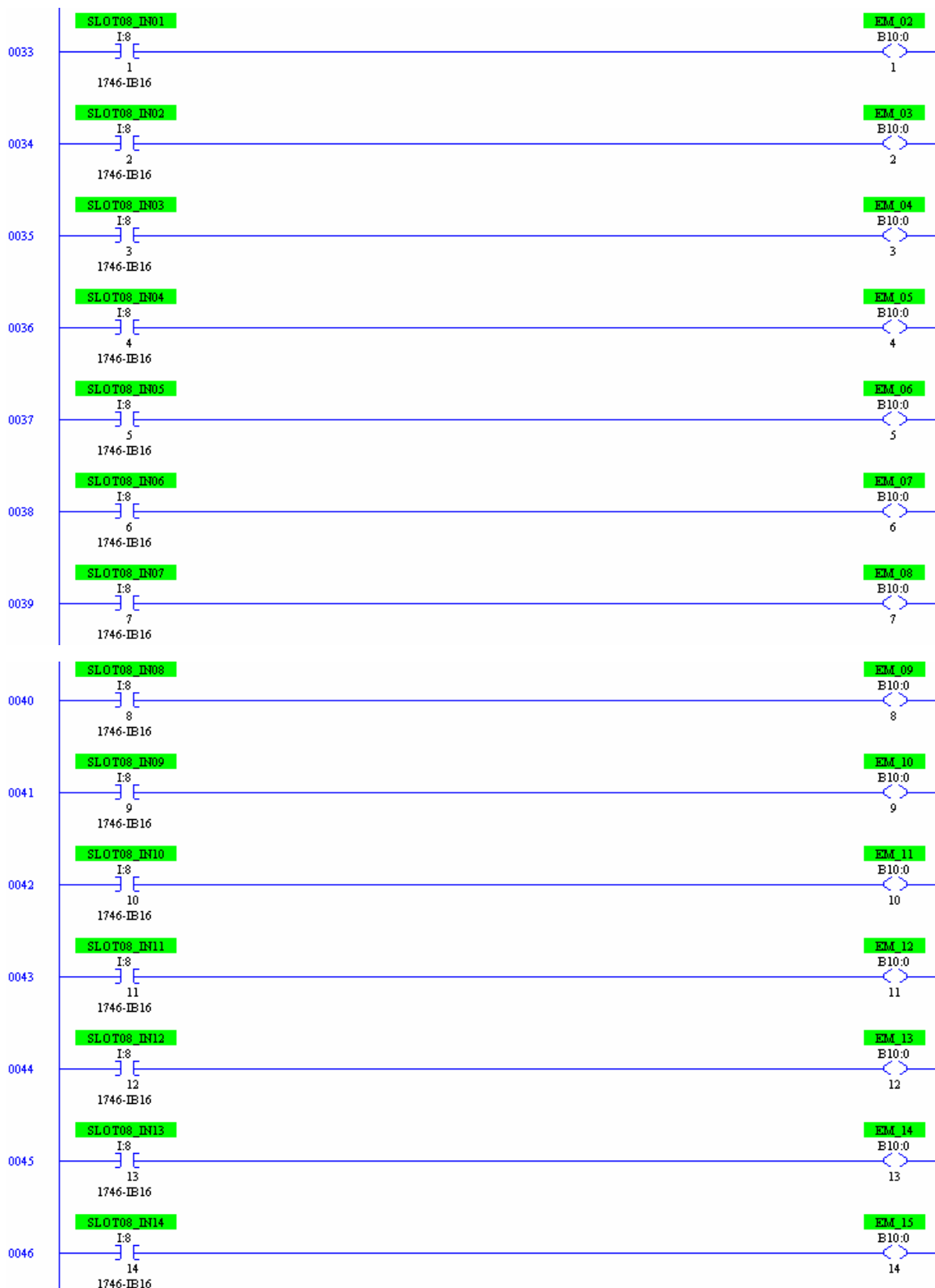
PROGRAMA DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

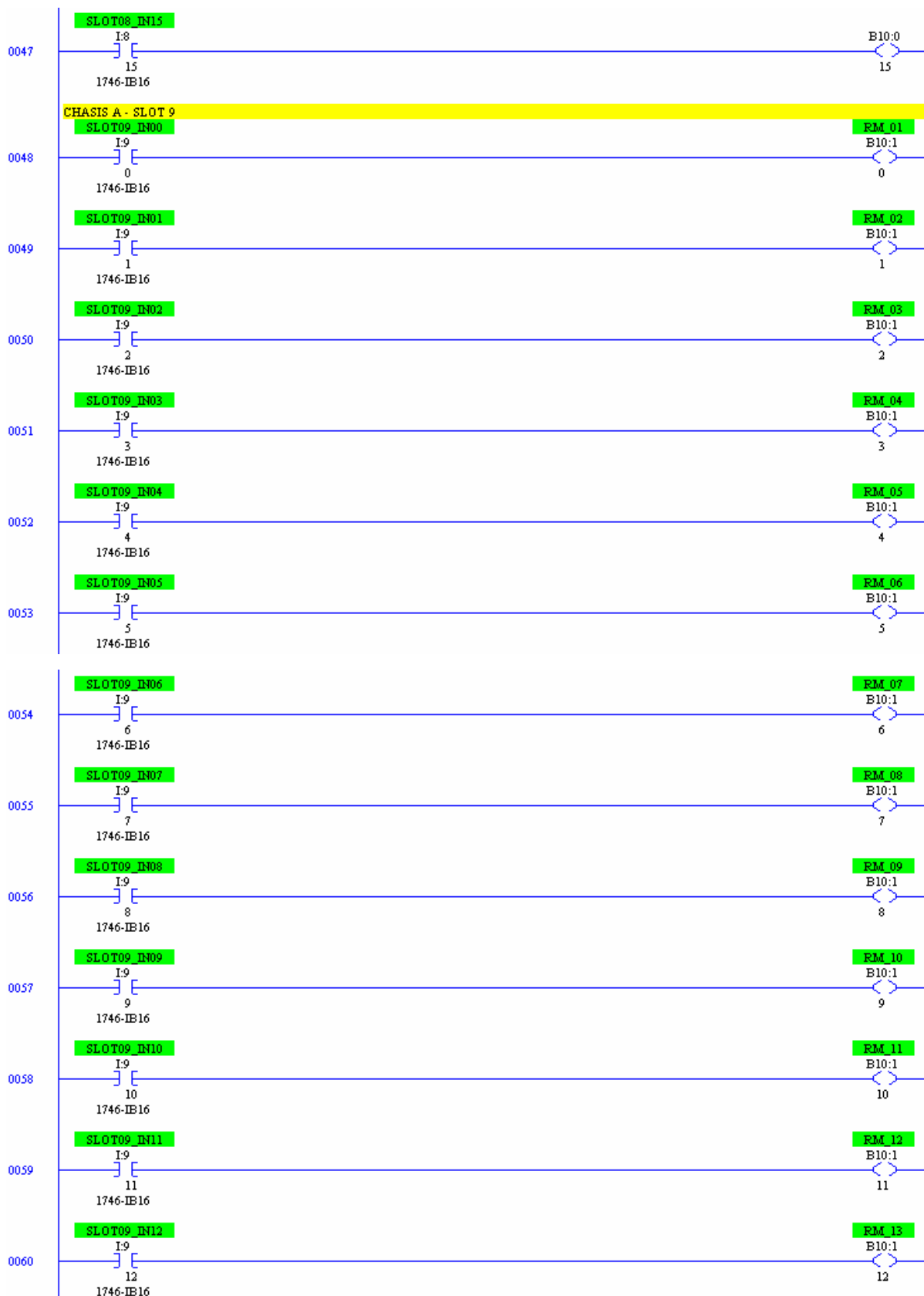


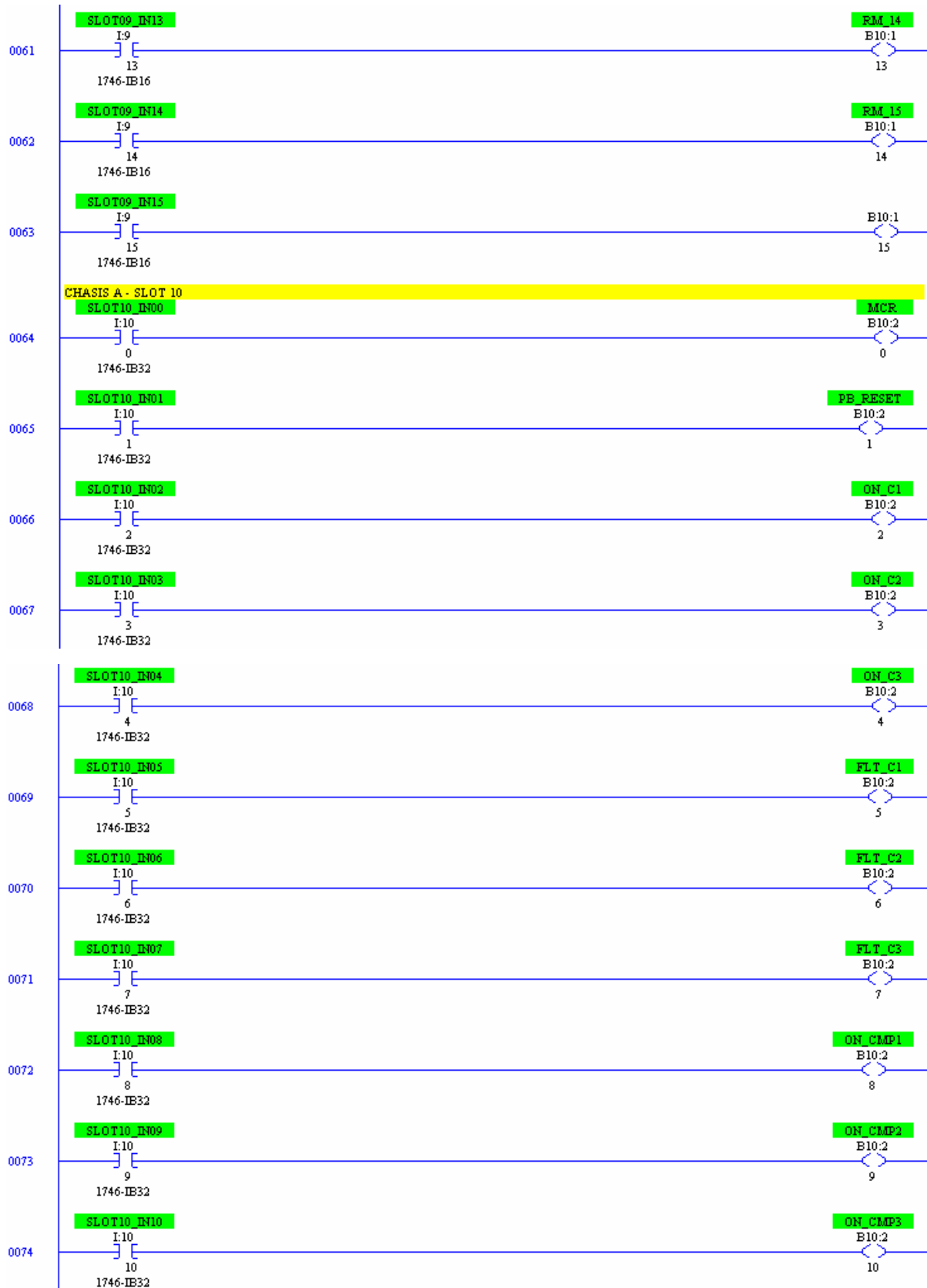


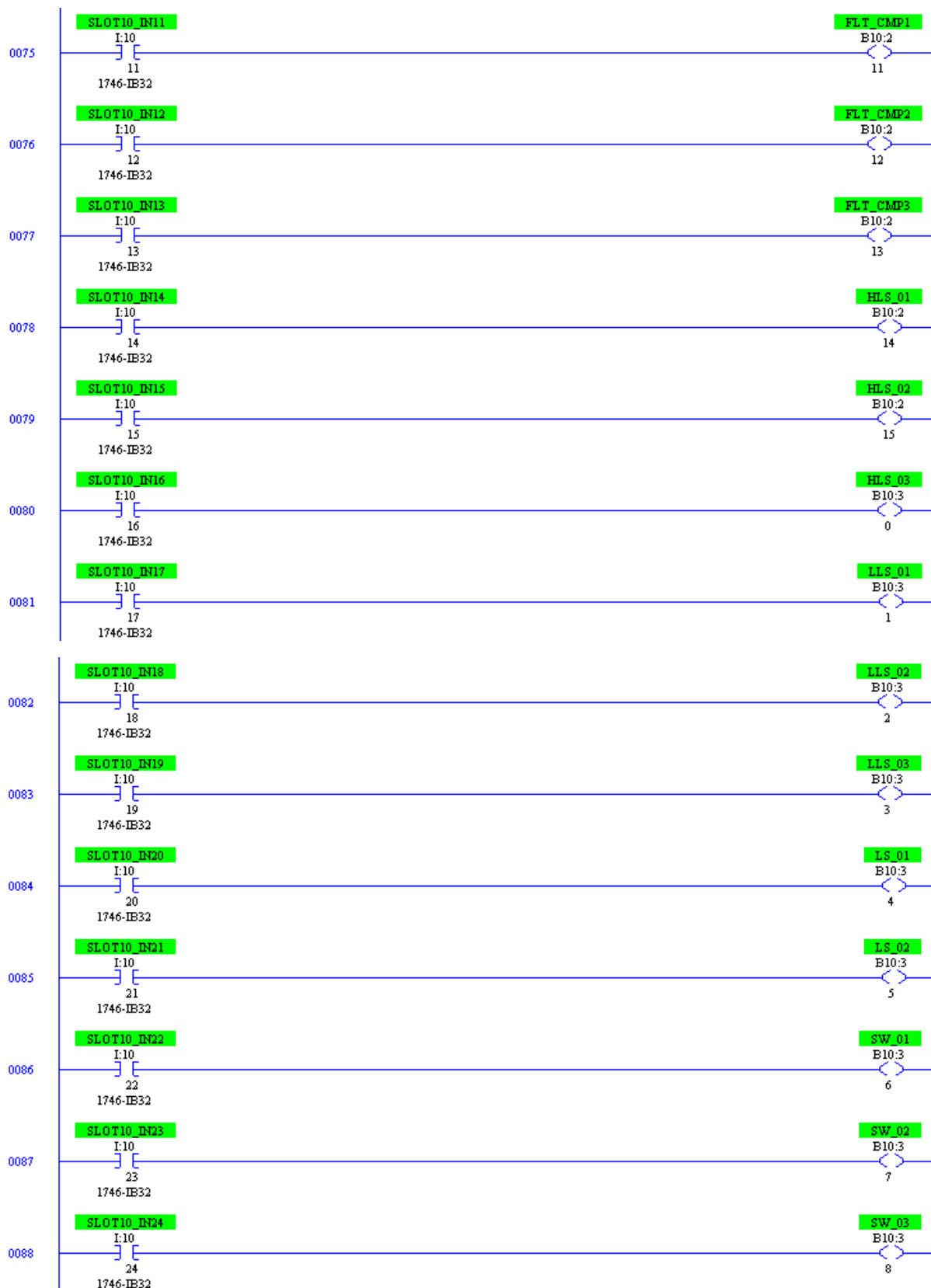


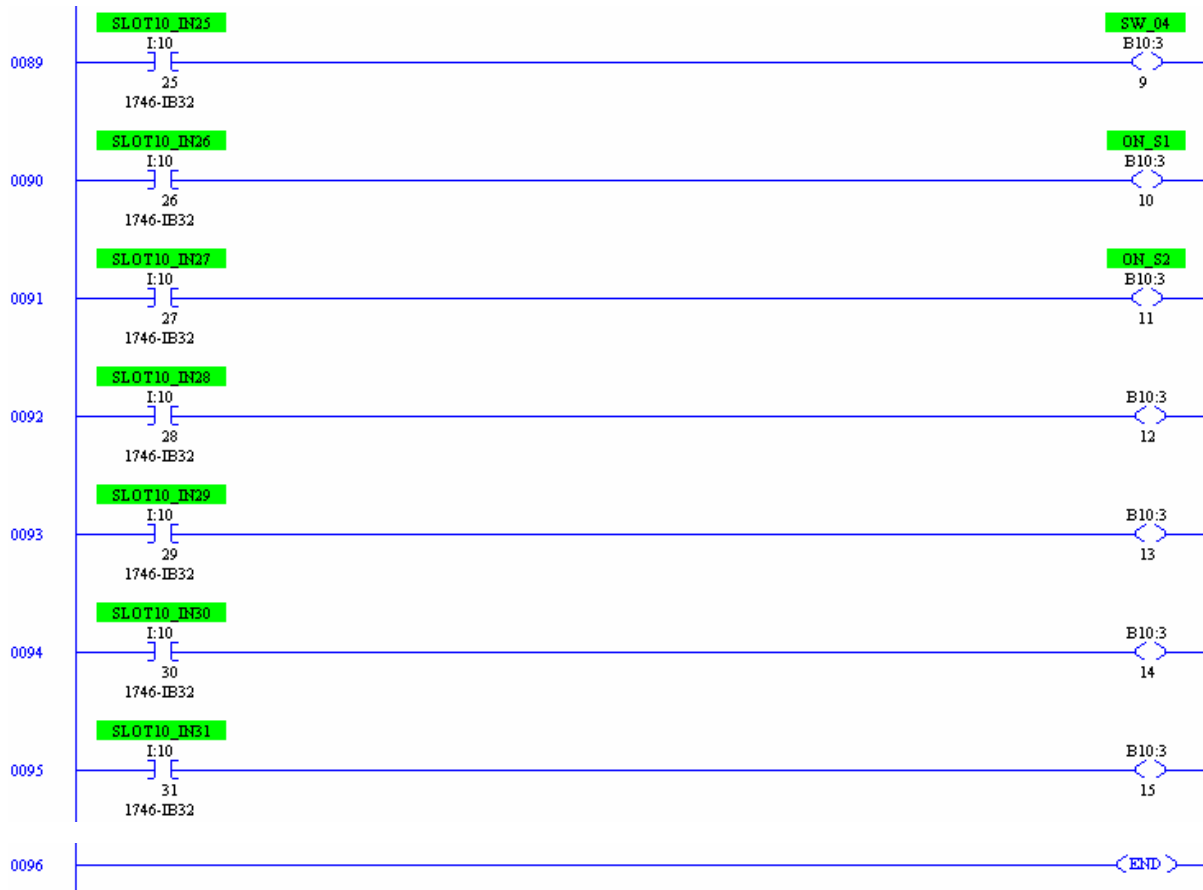


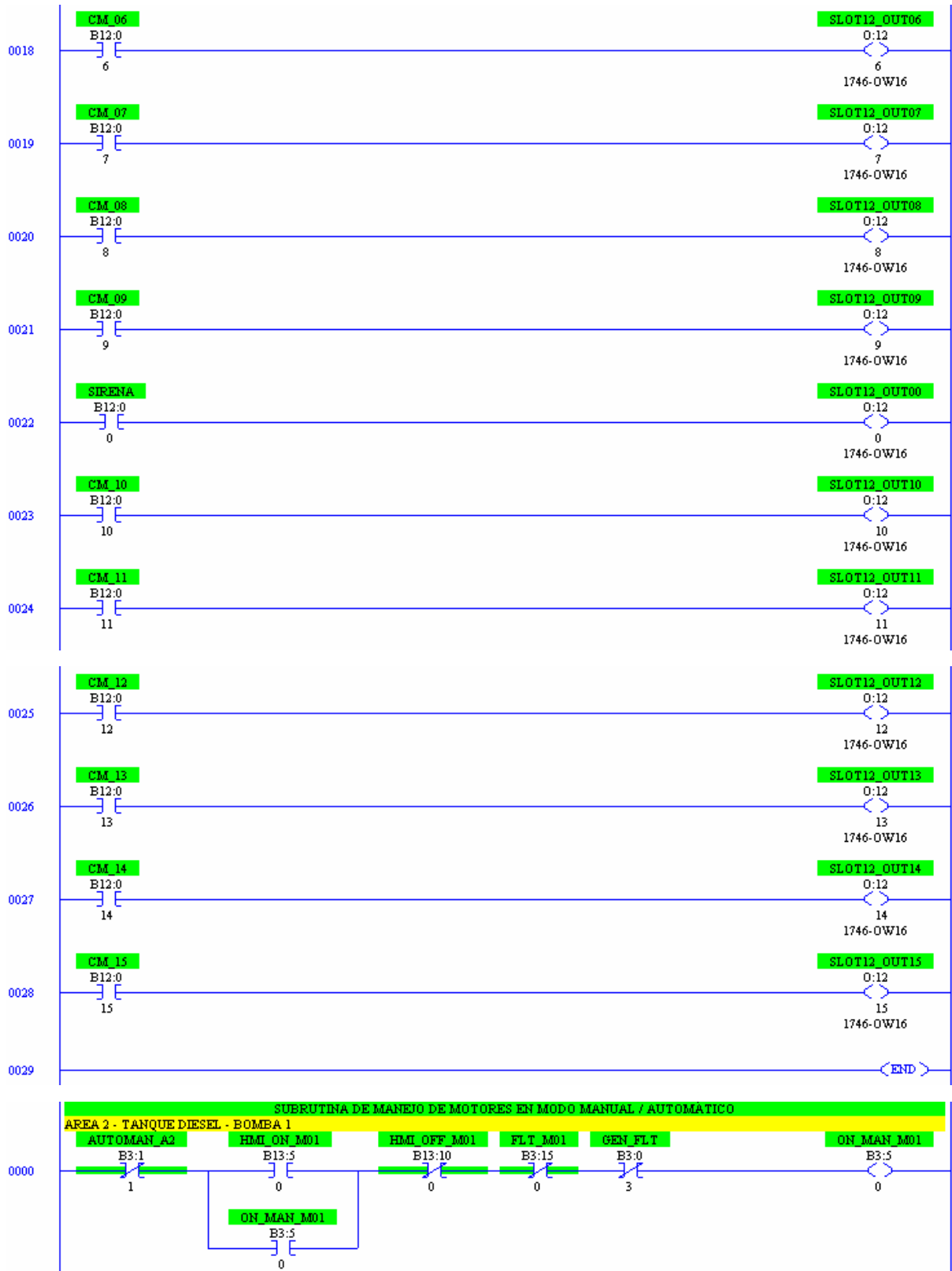


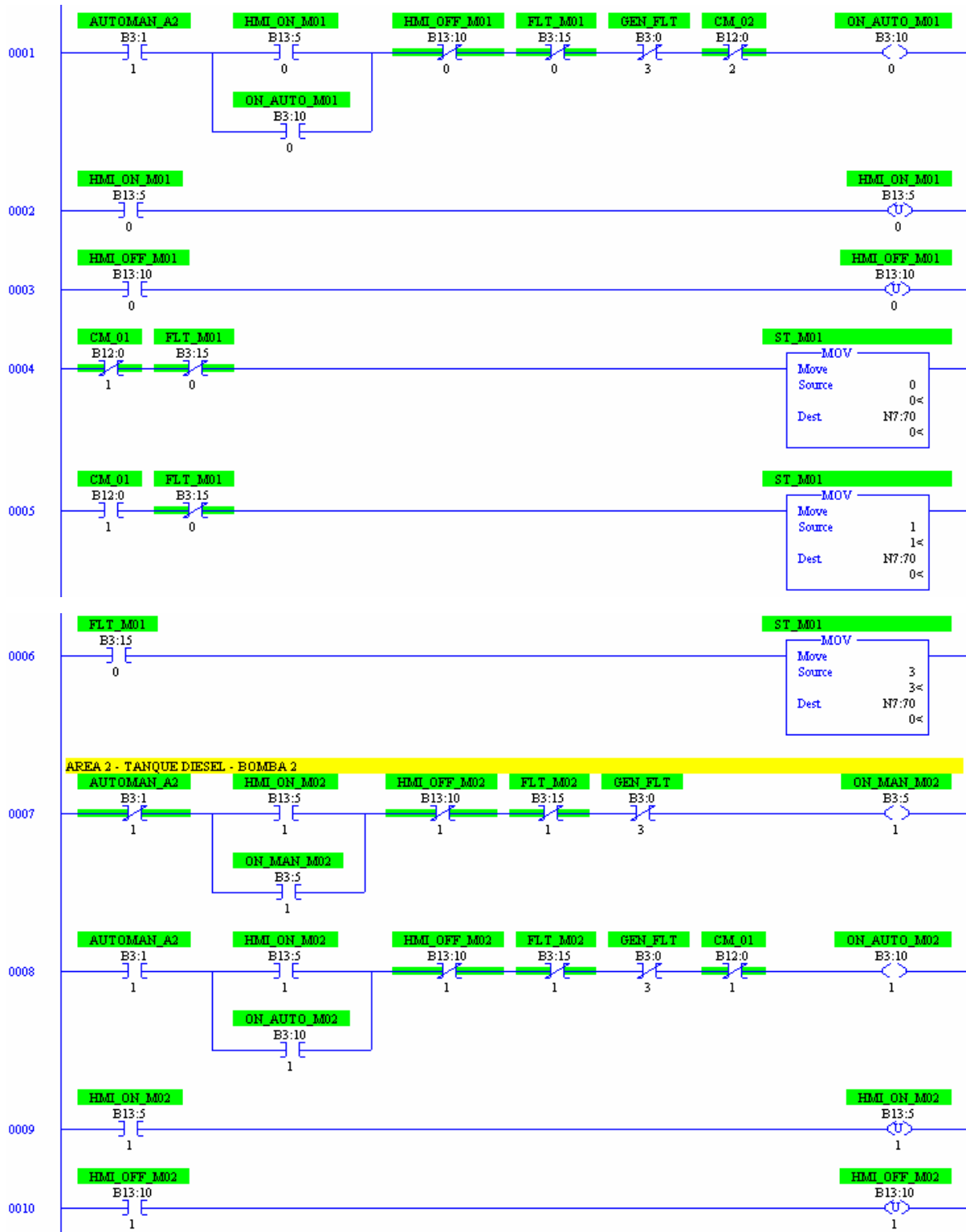


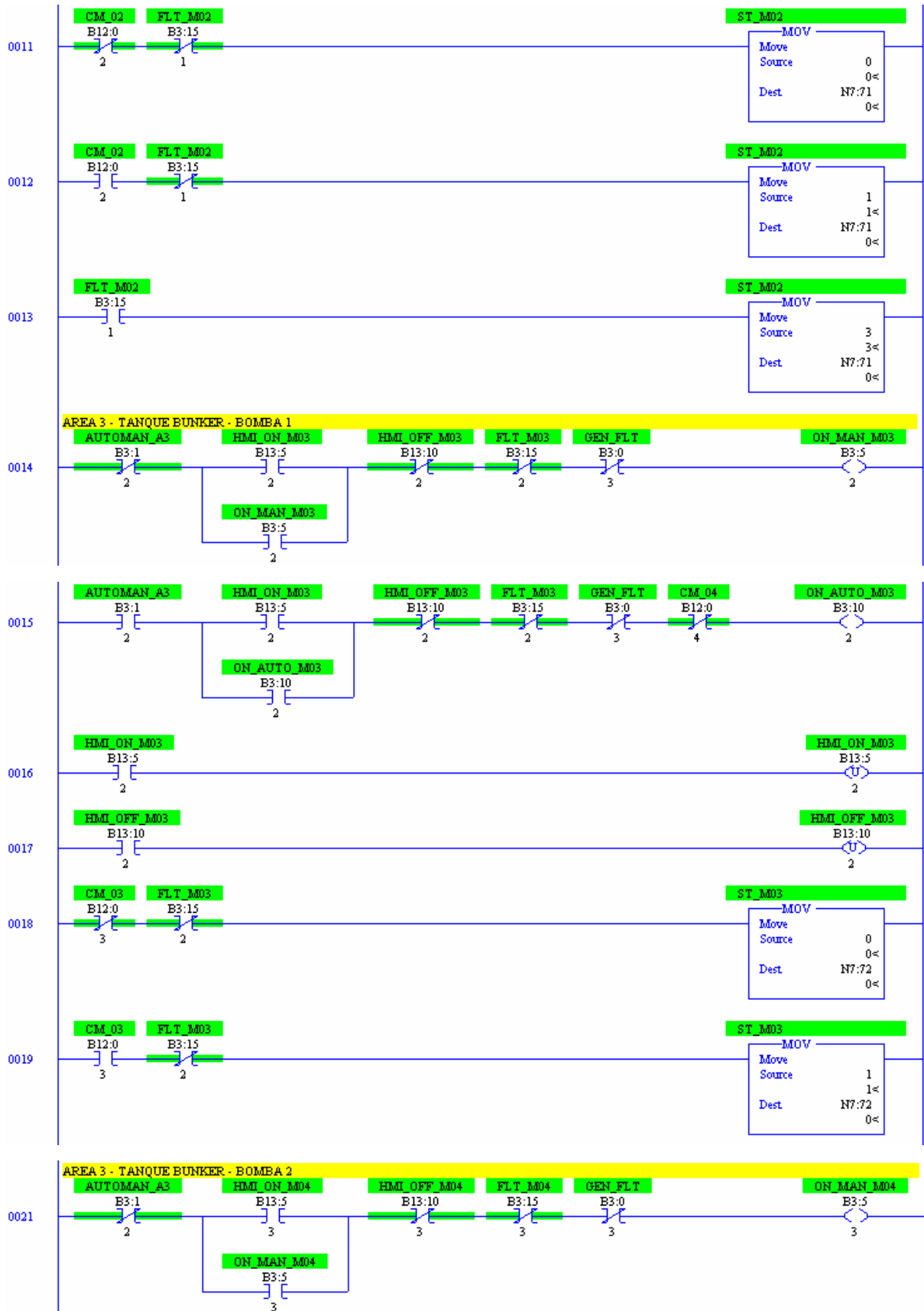


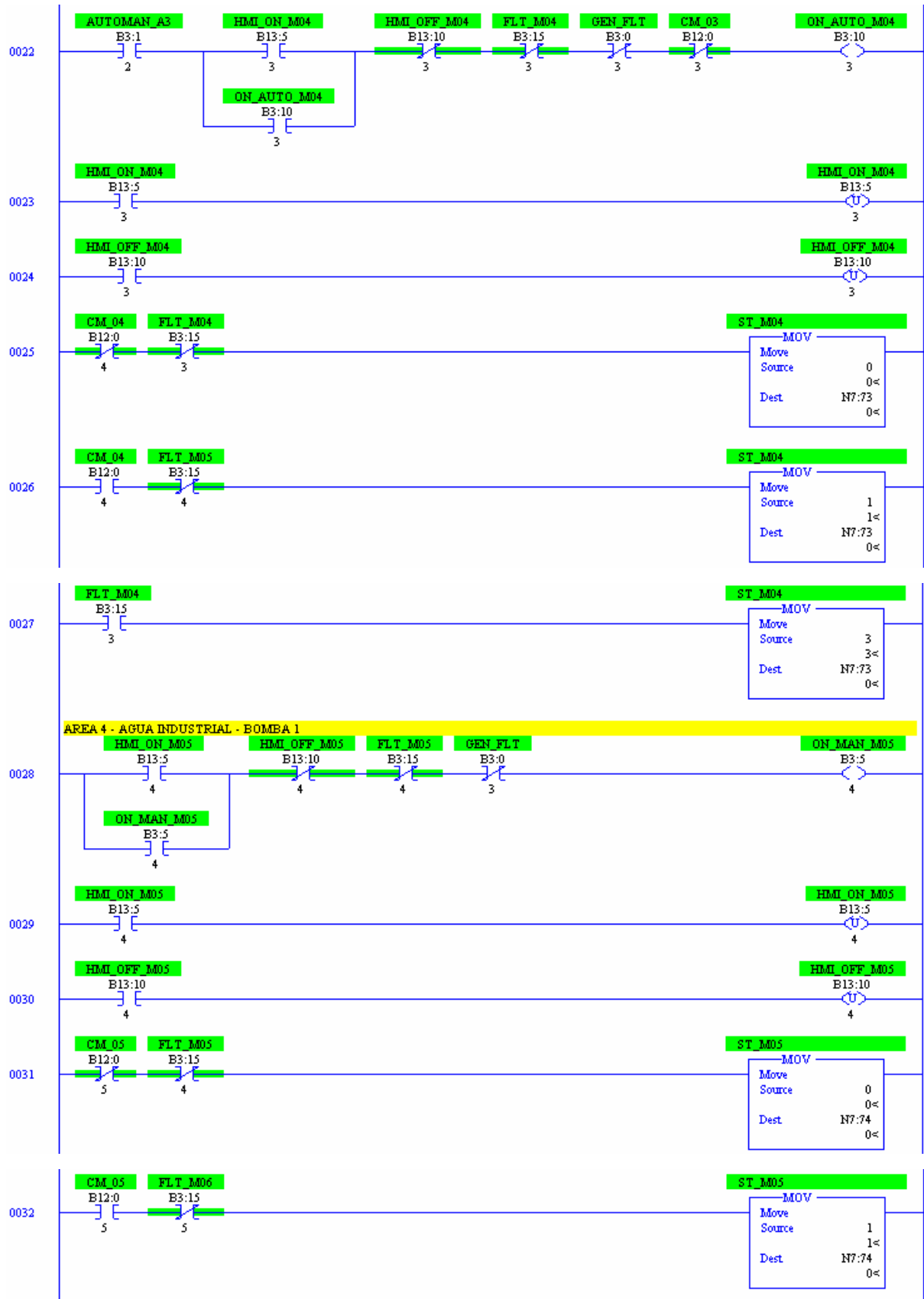


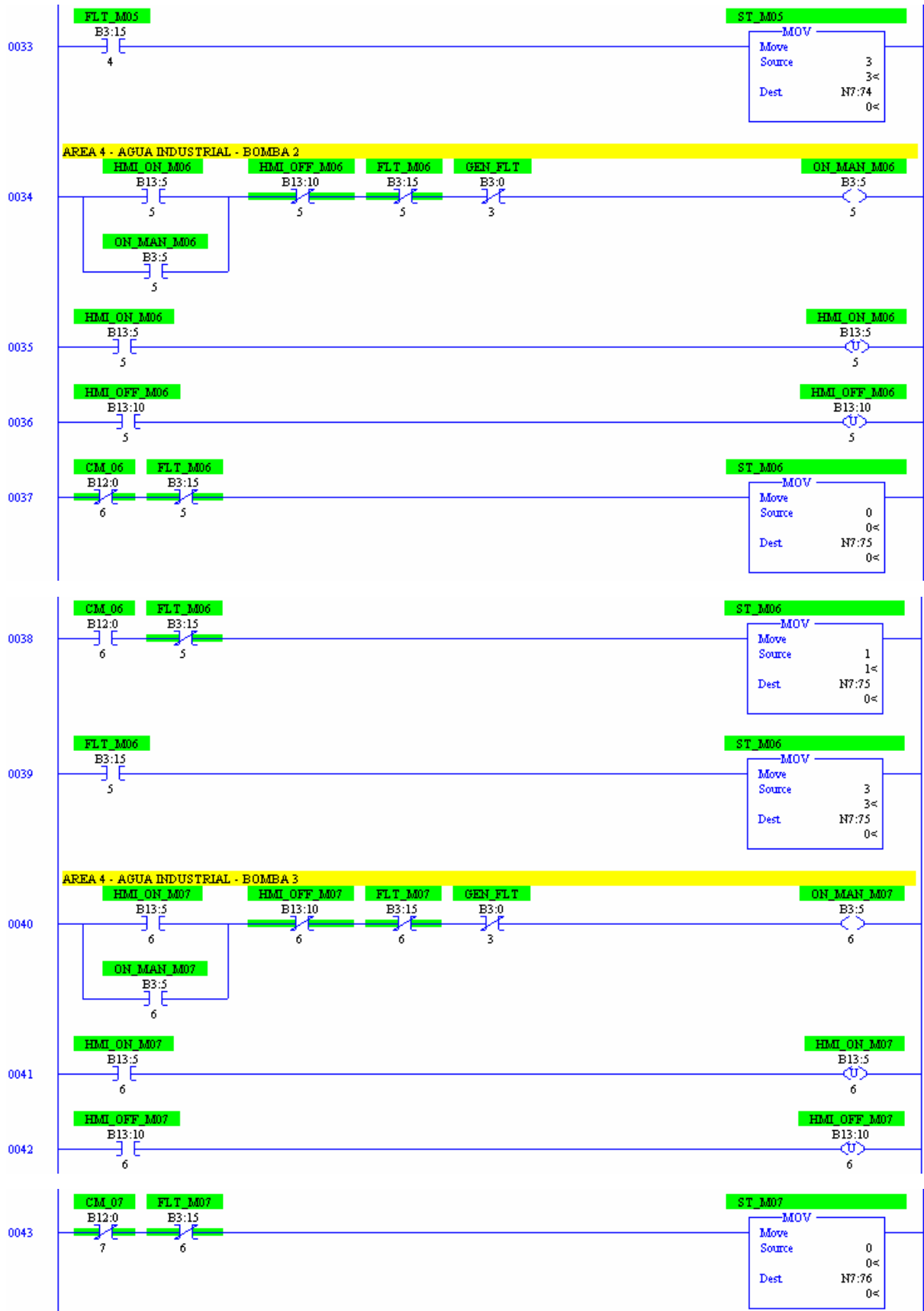


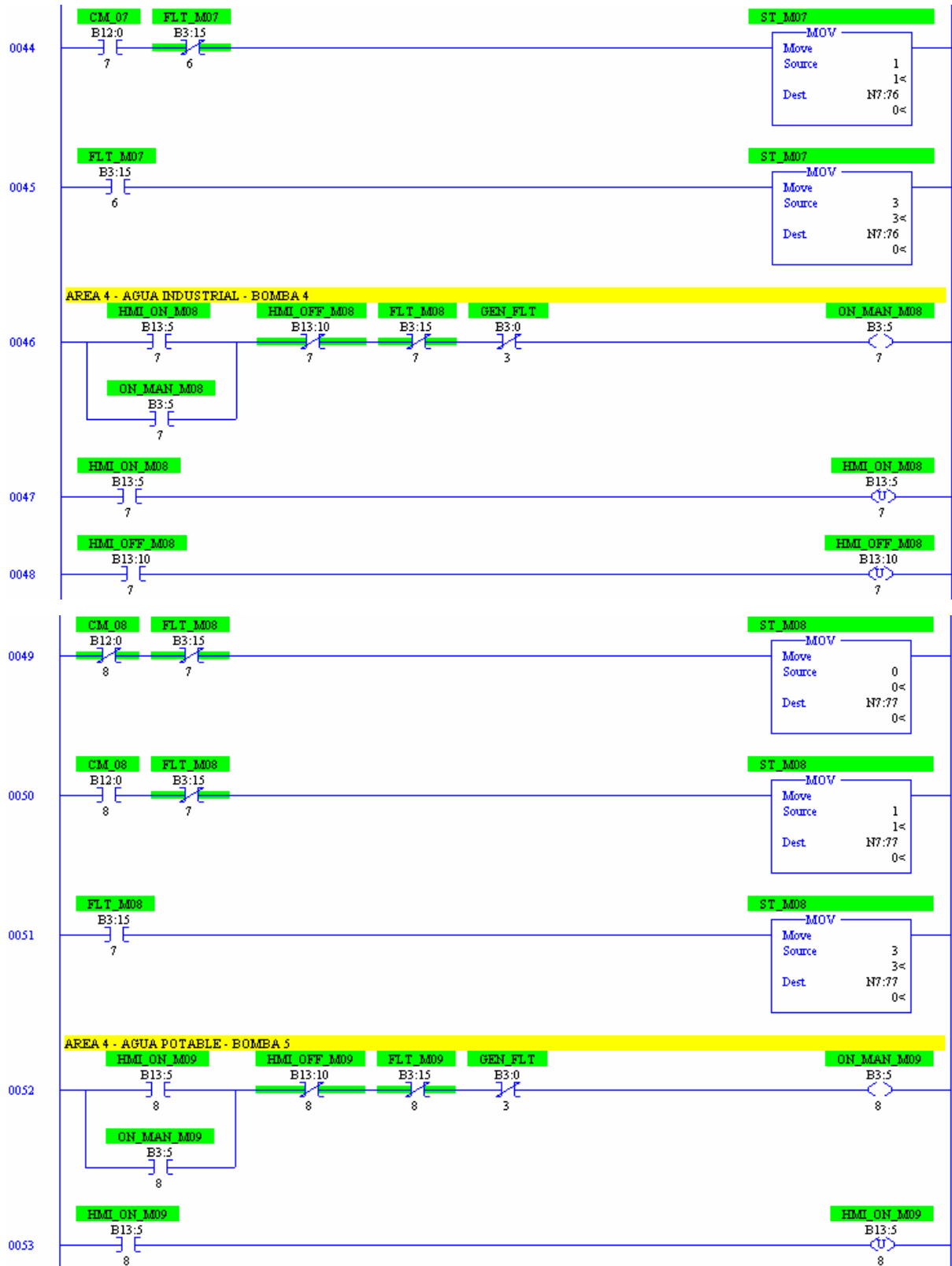


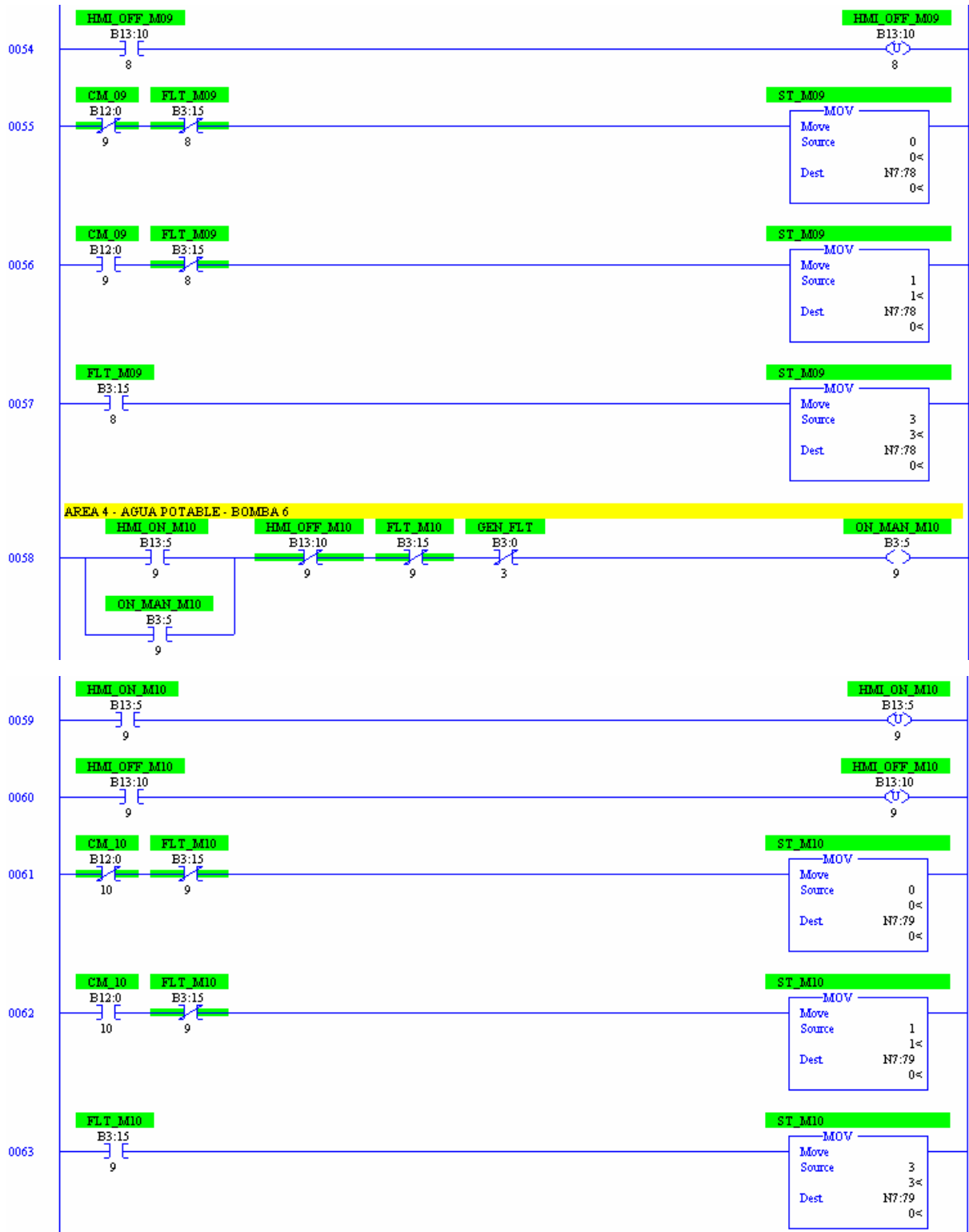


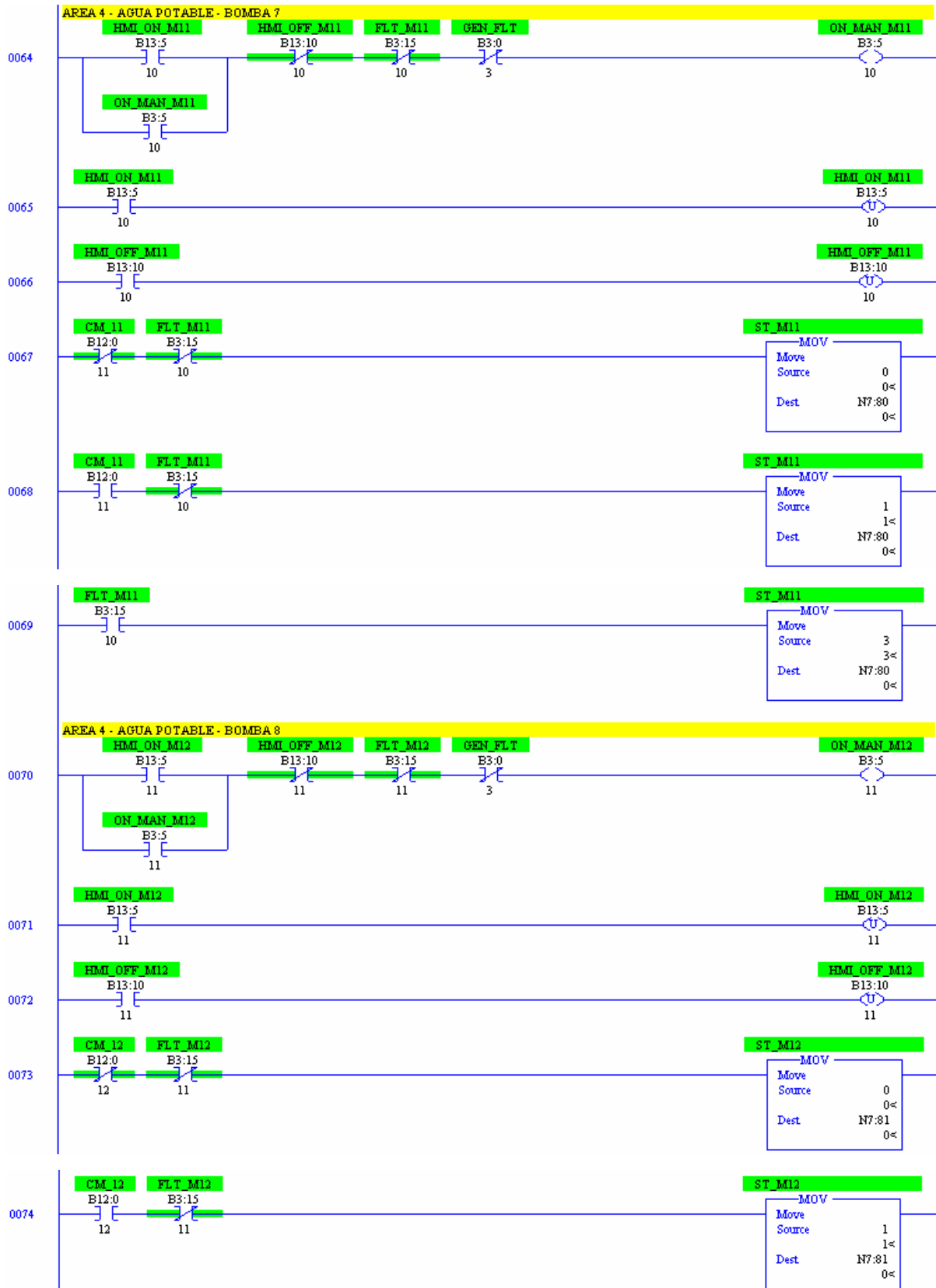


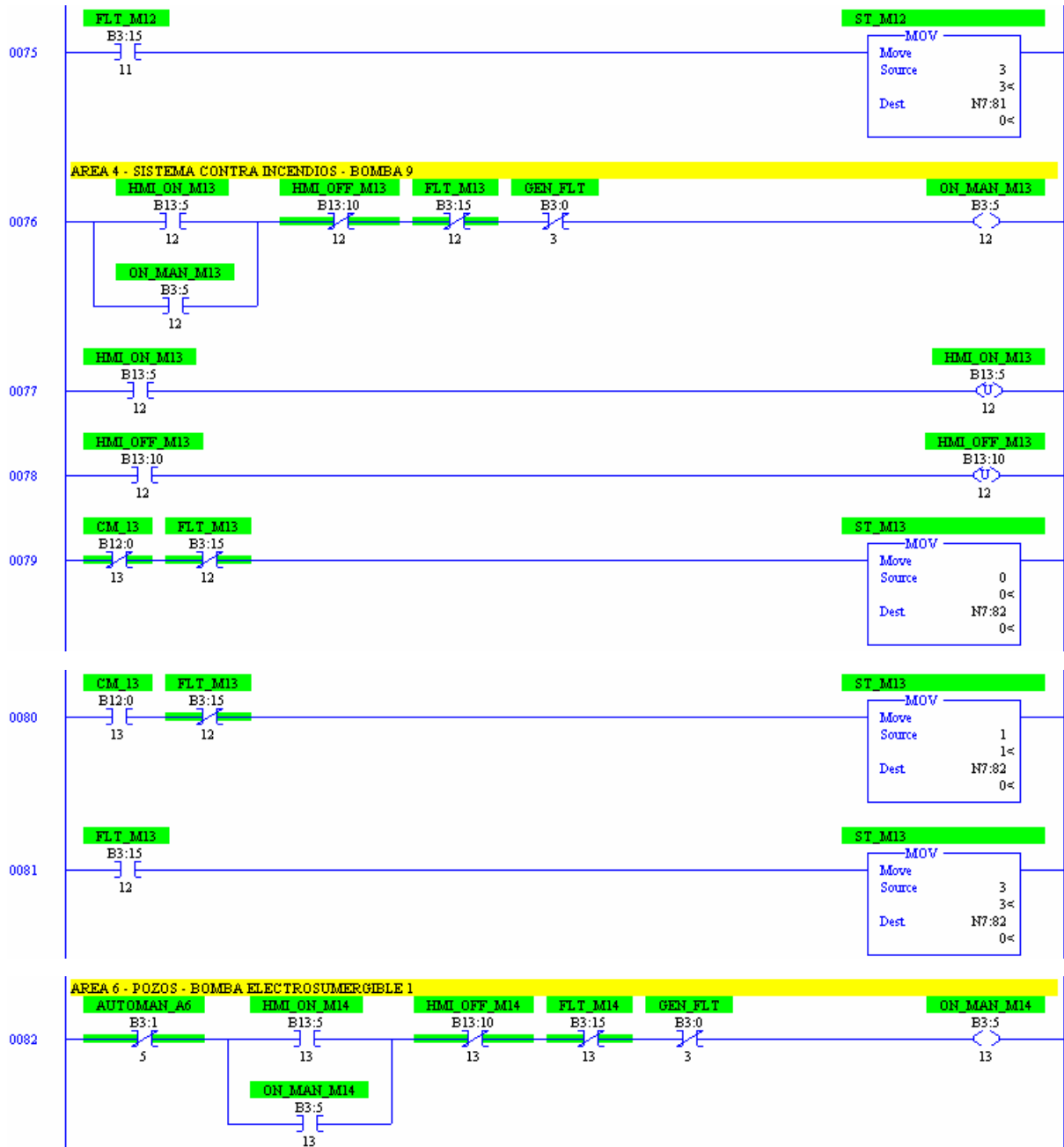


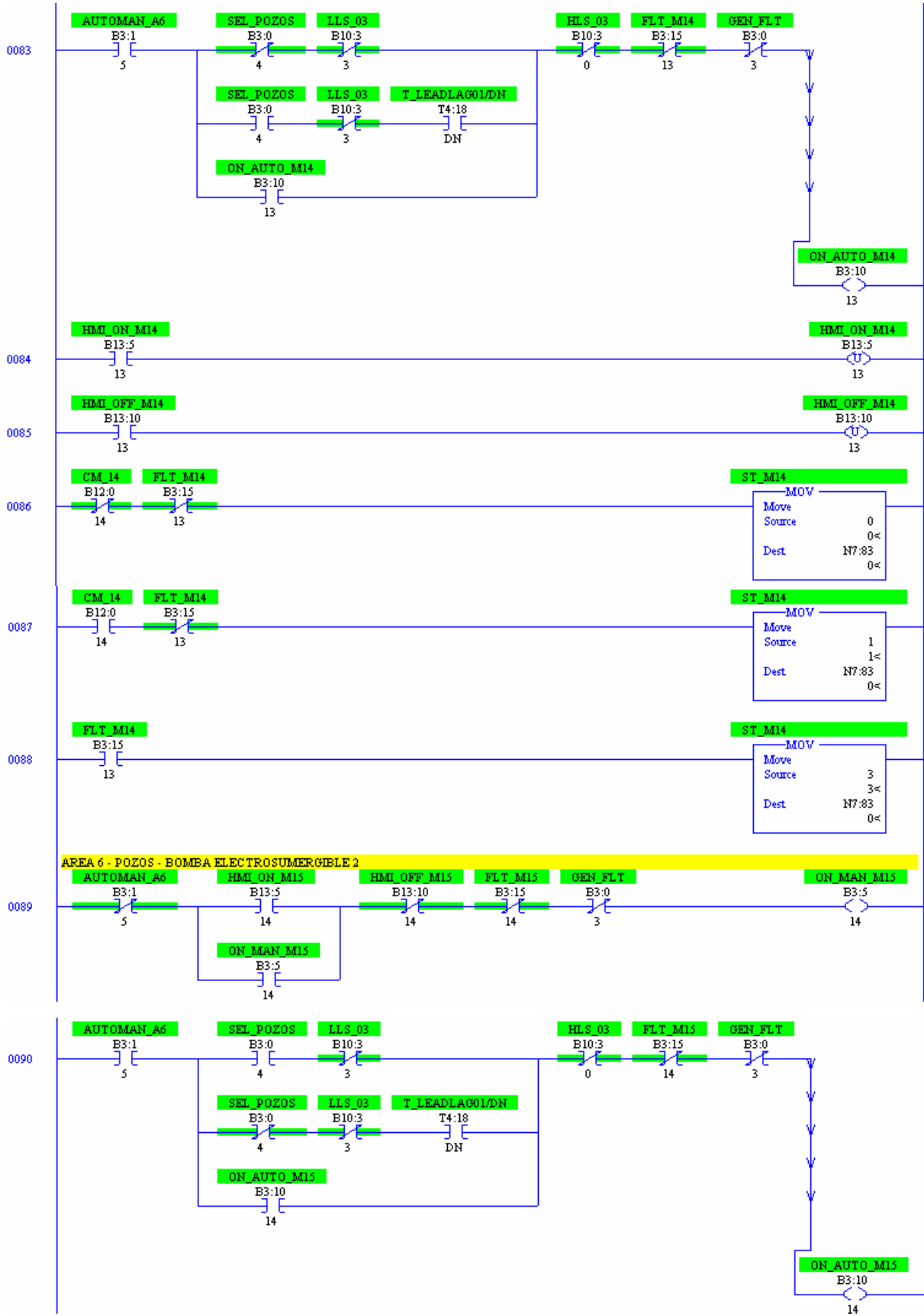


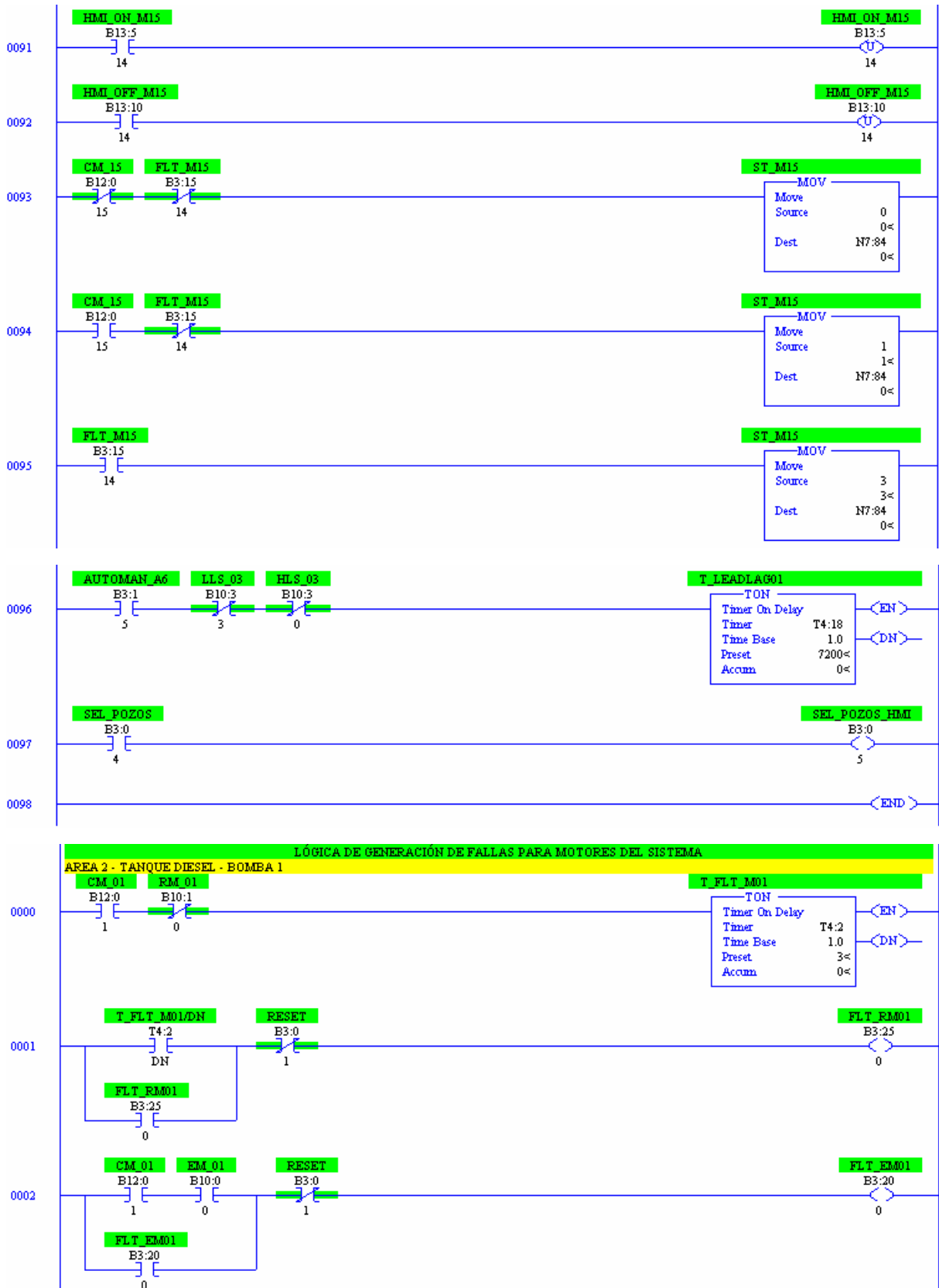


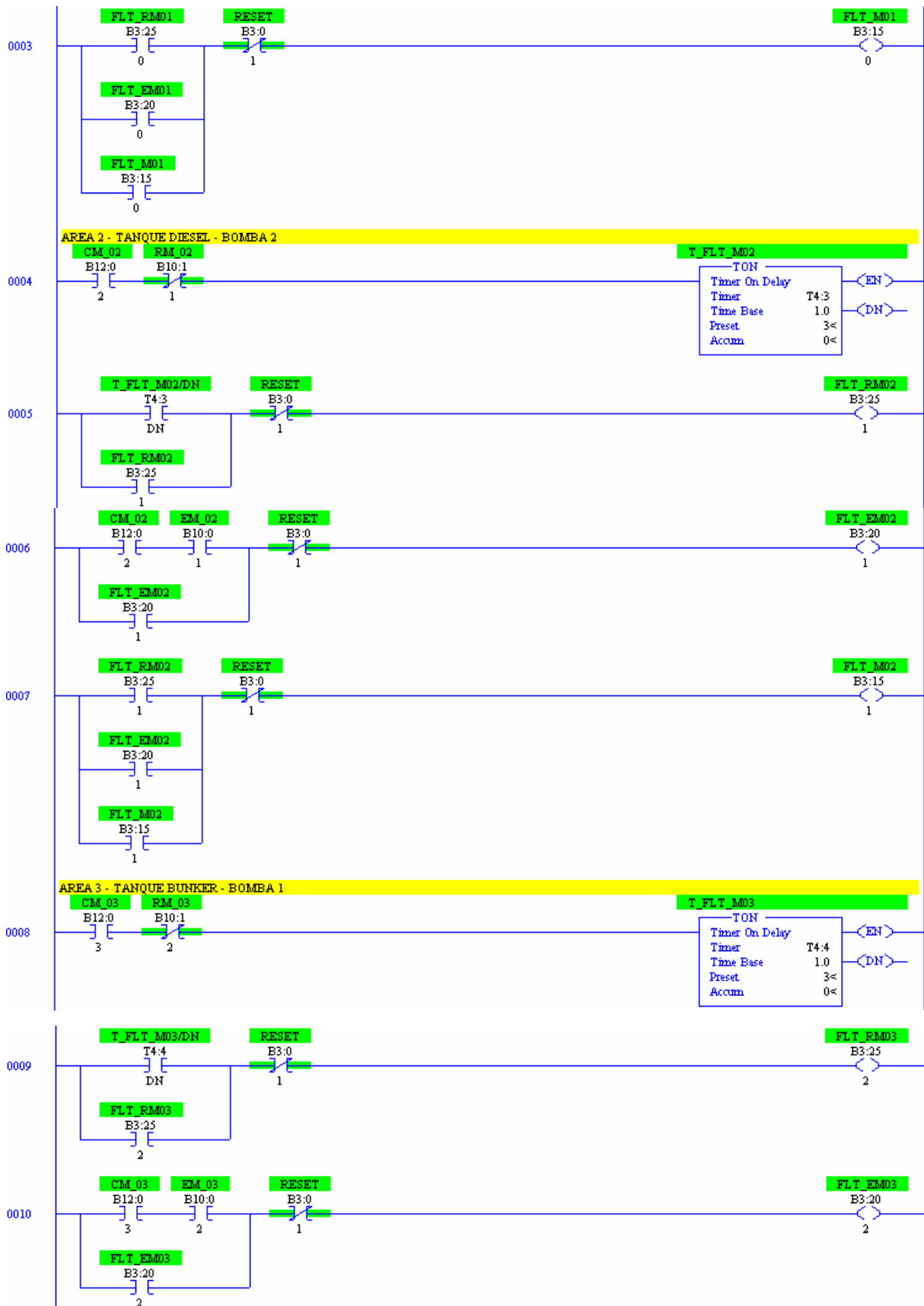


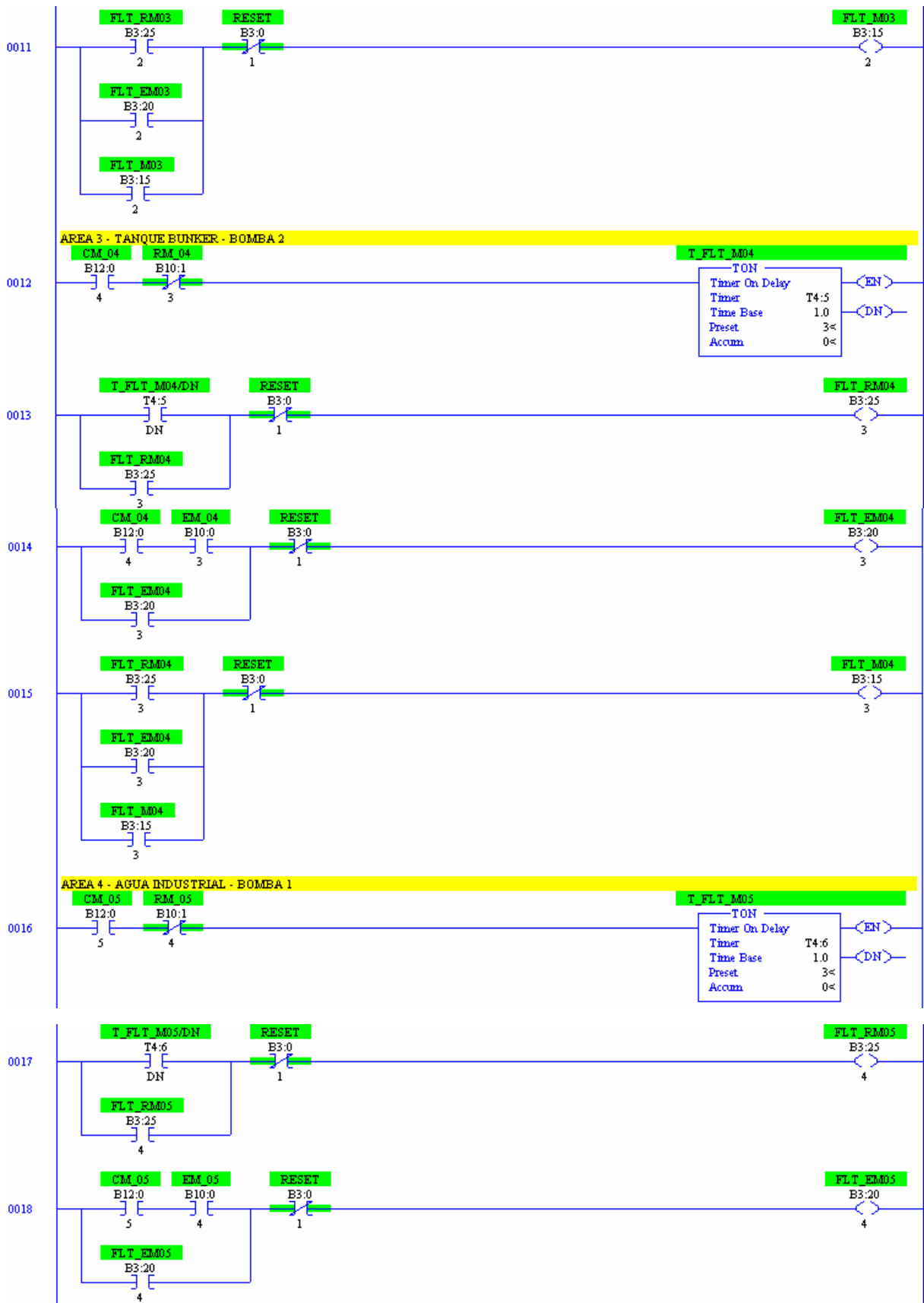


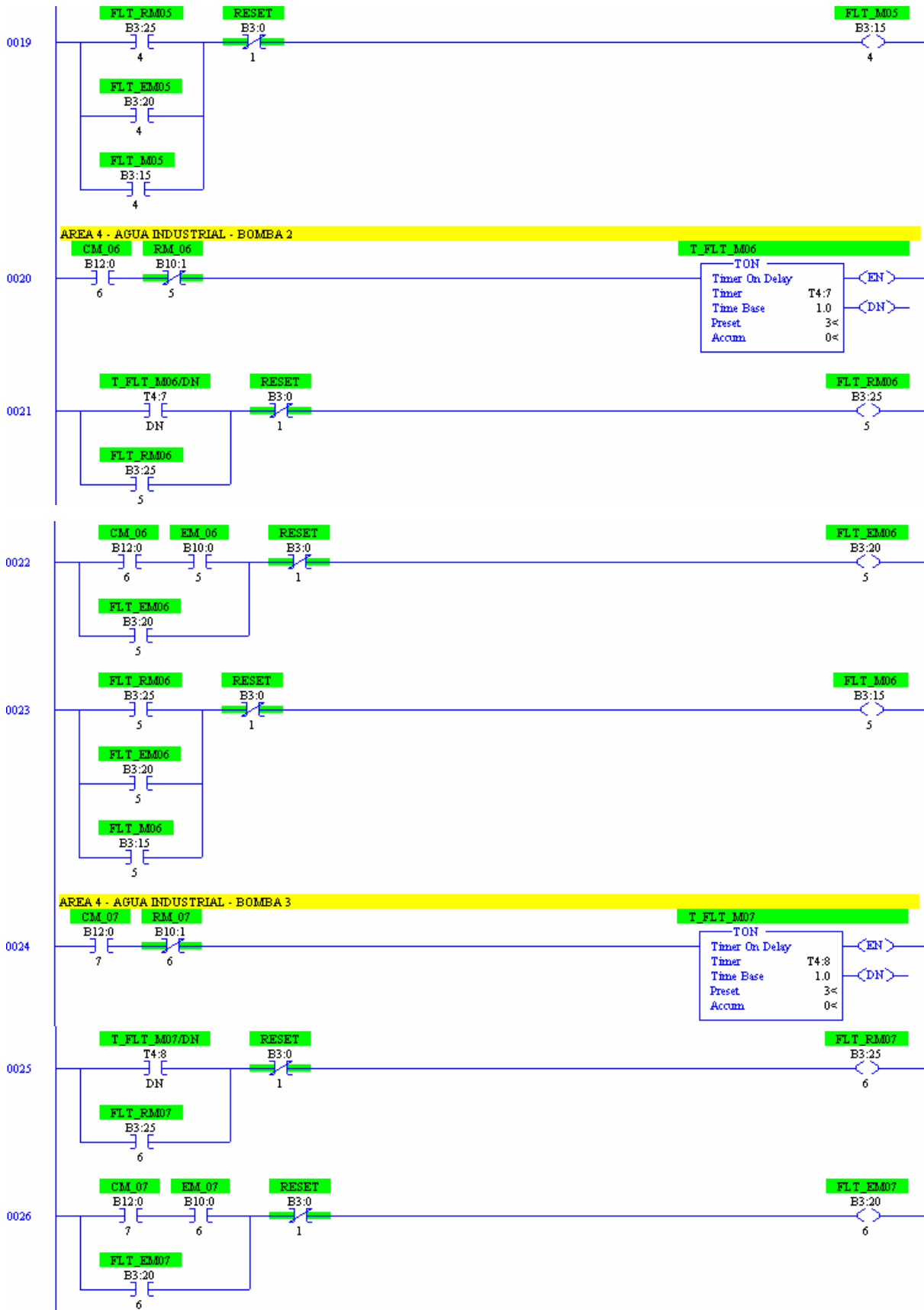


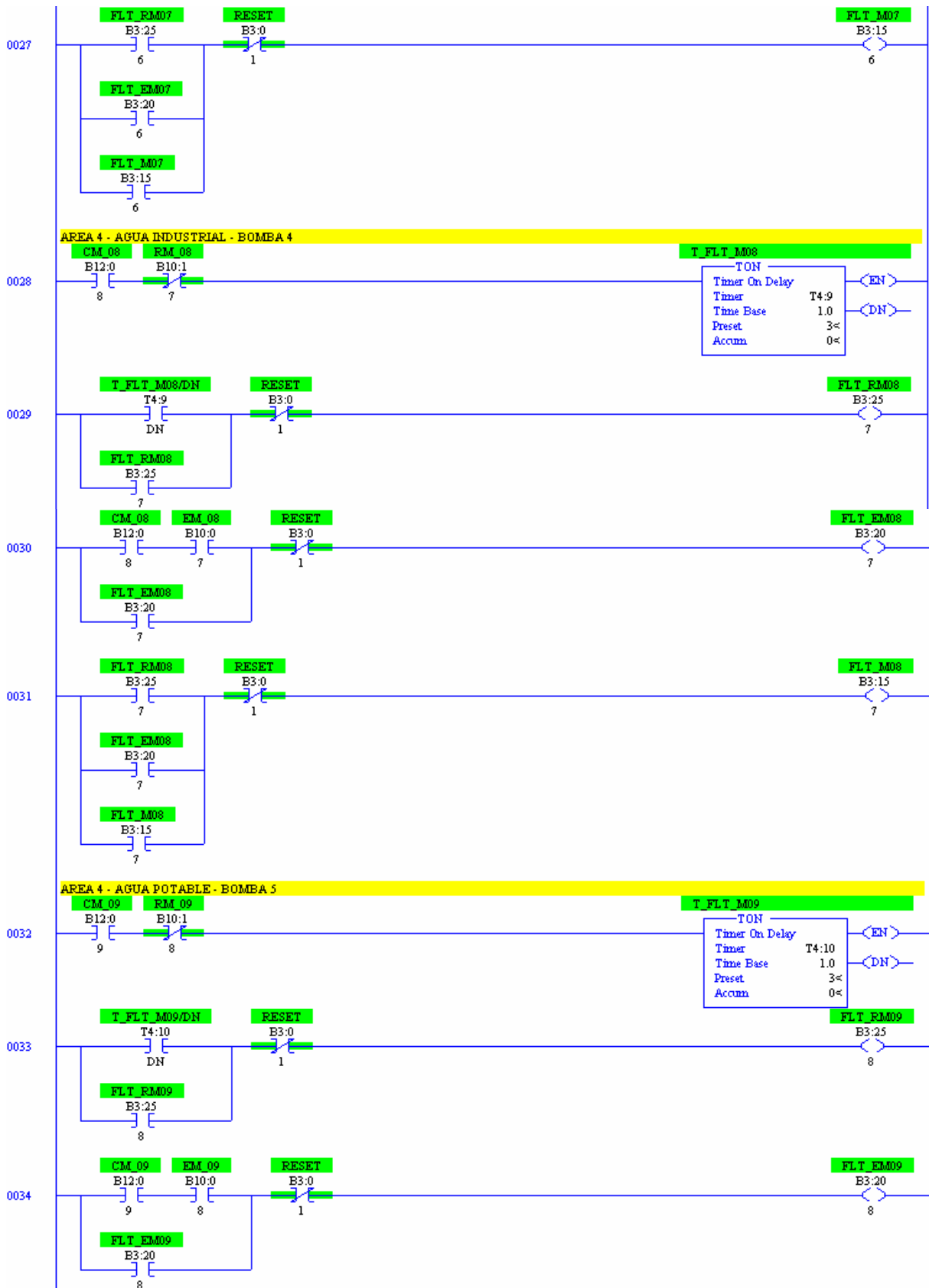


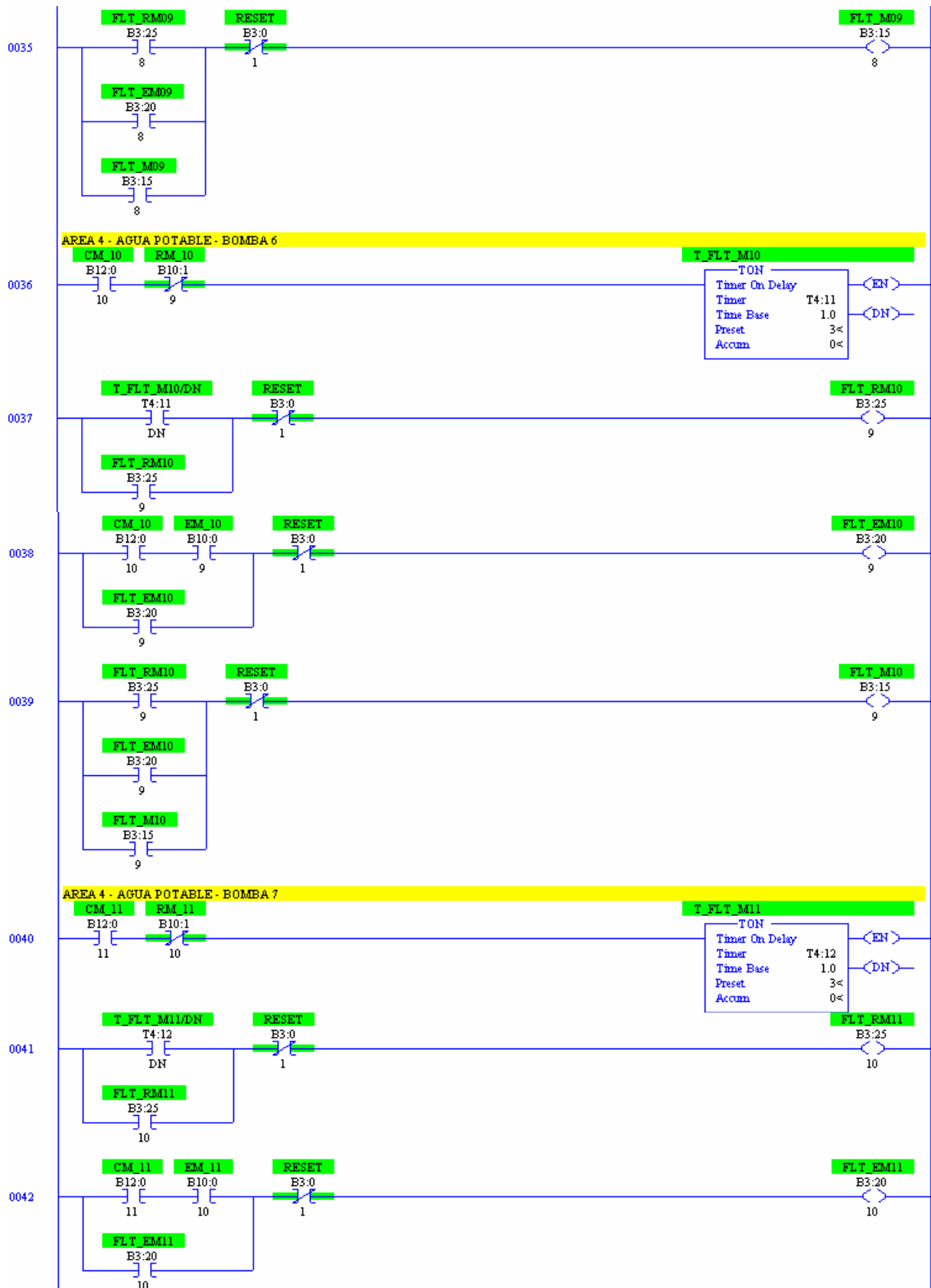


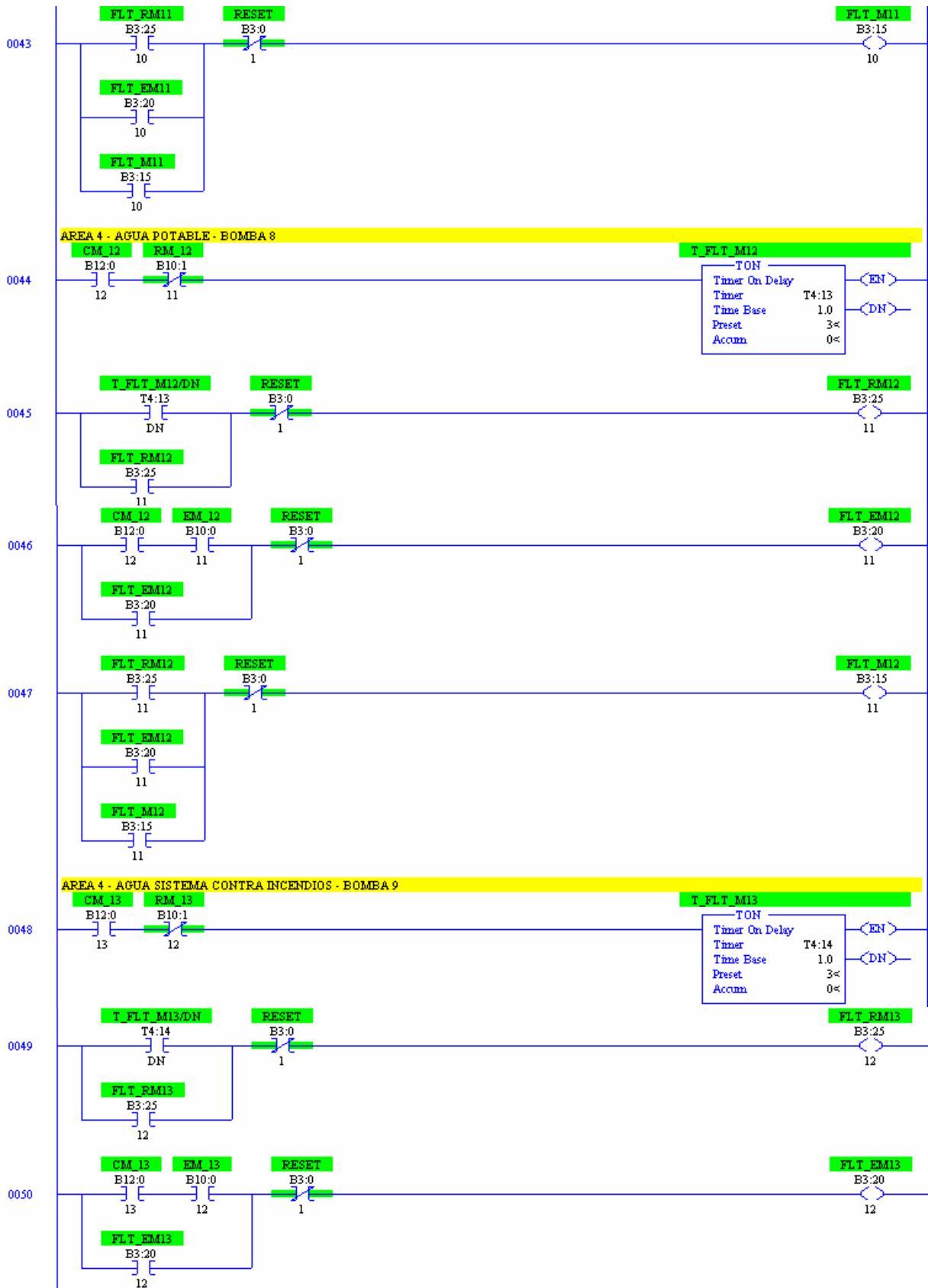


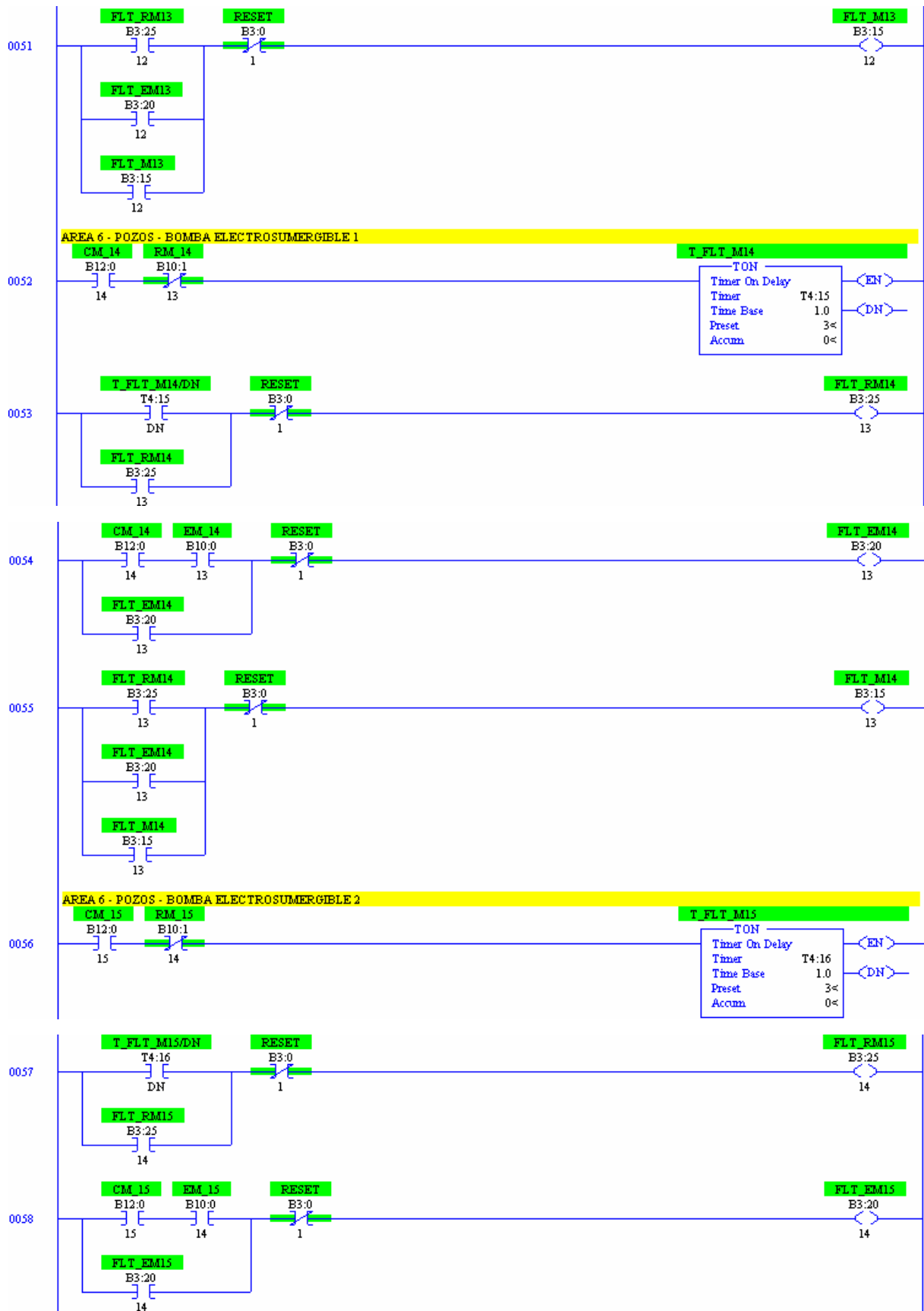


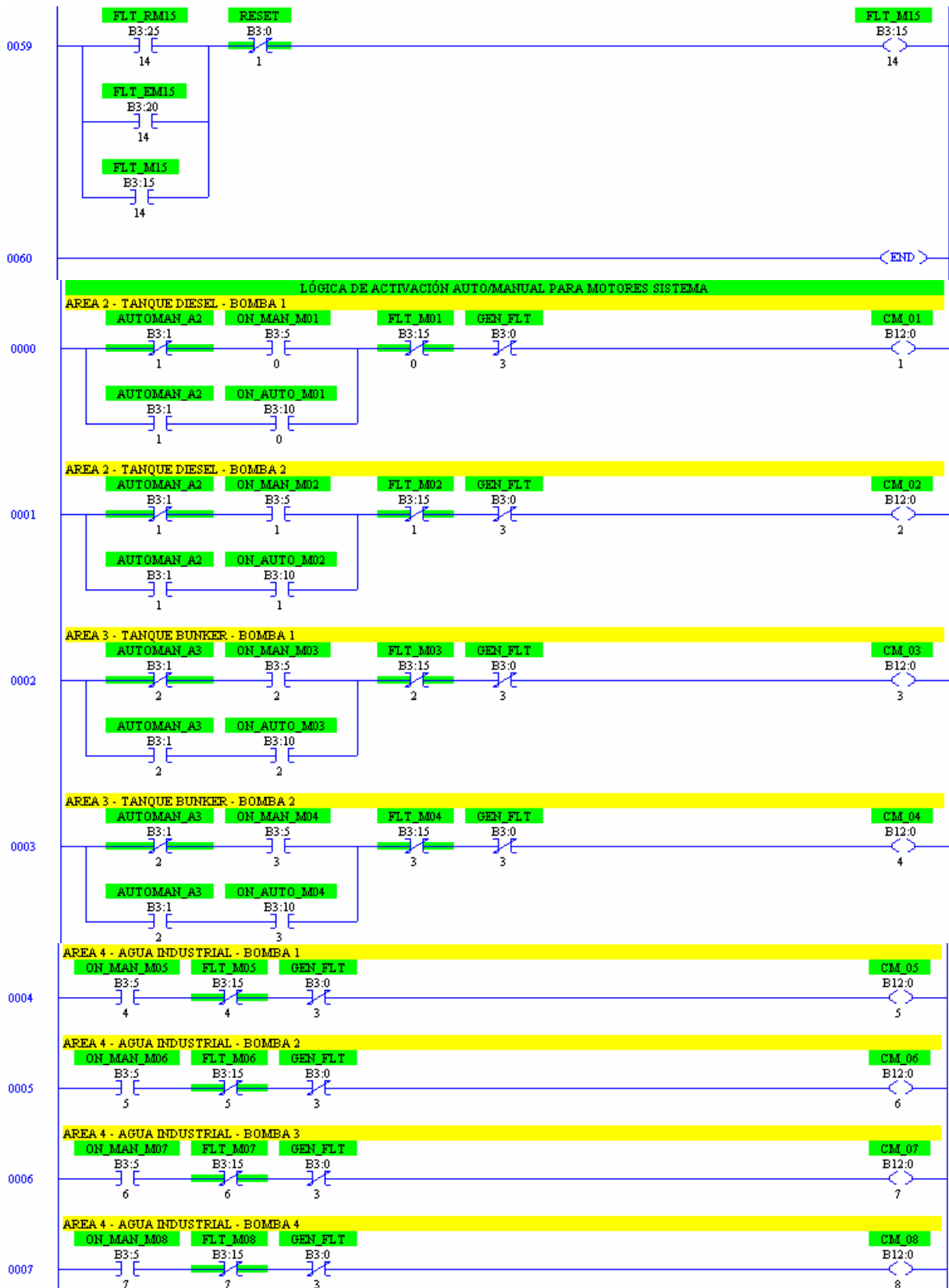


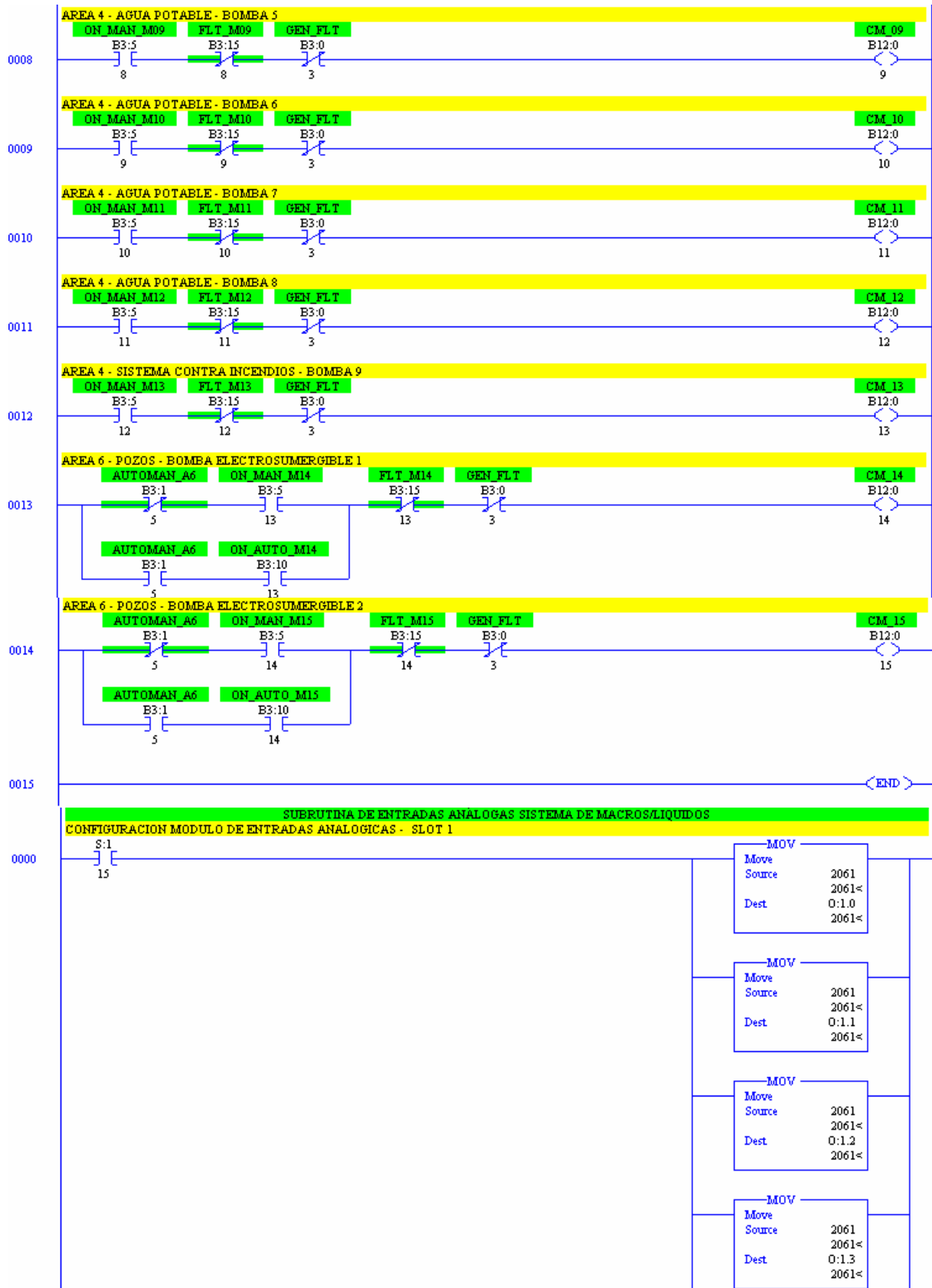


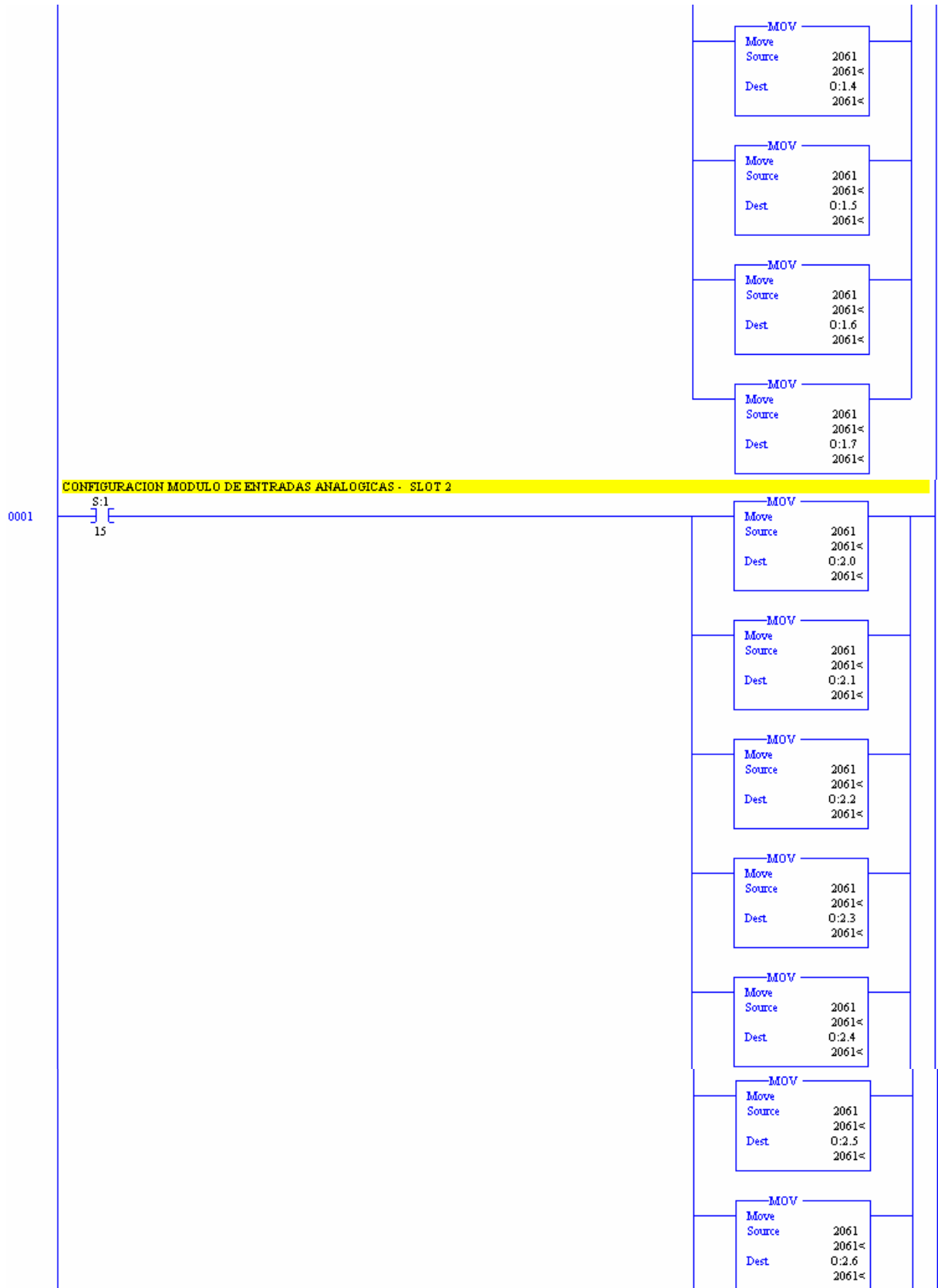


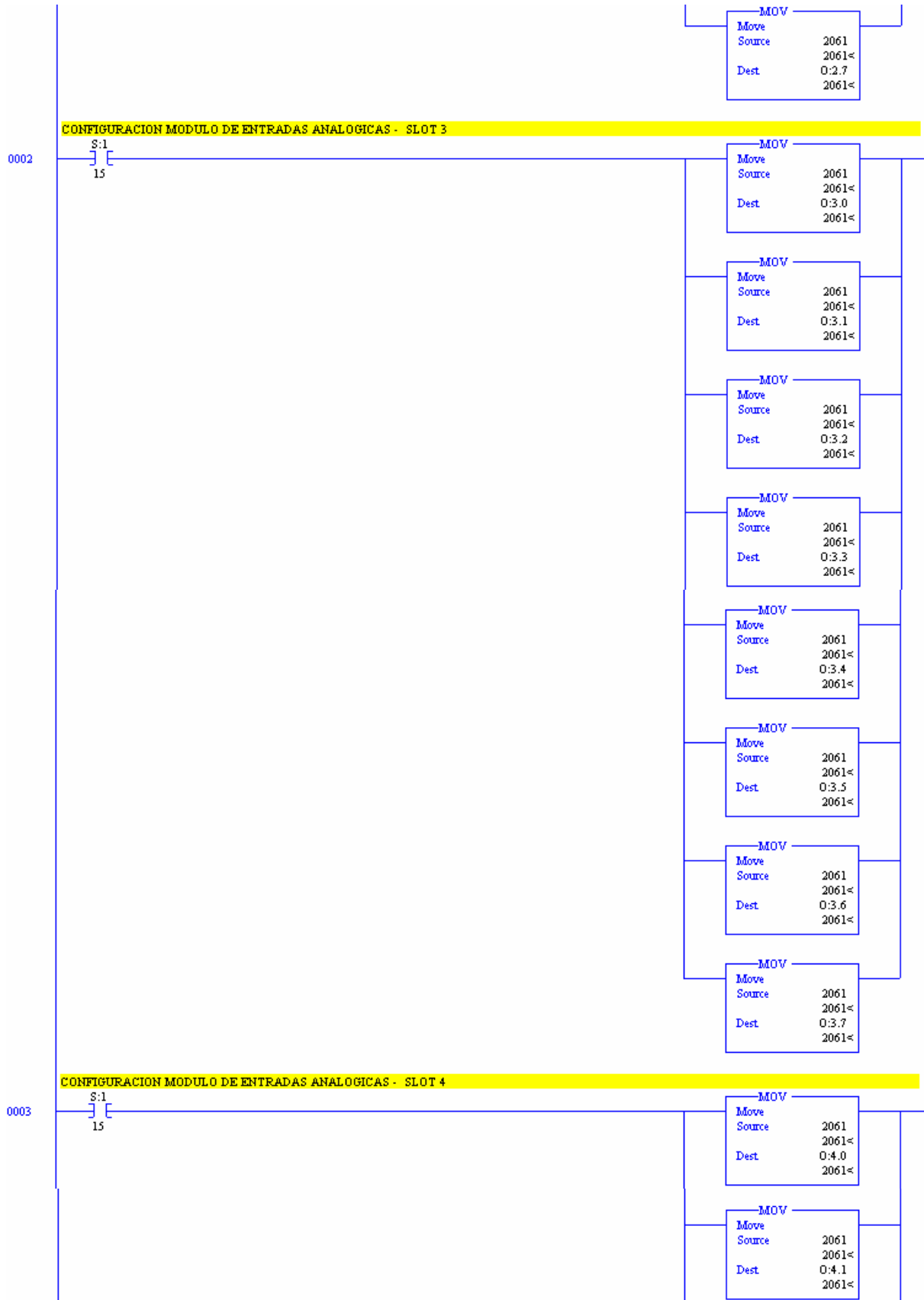


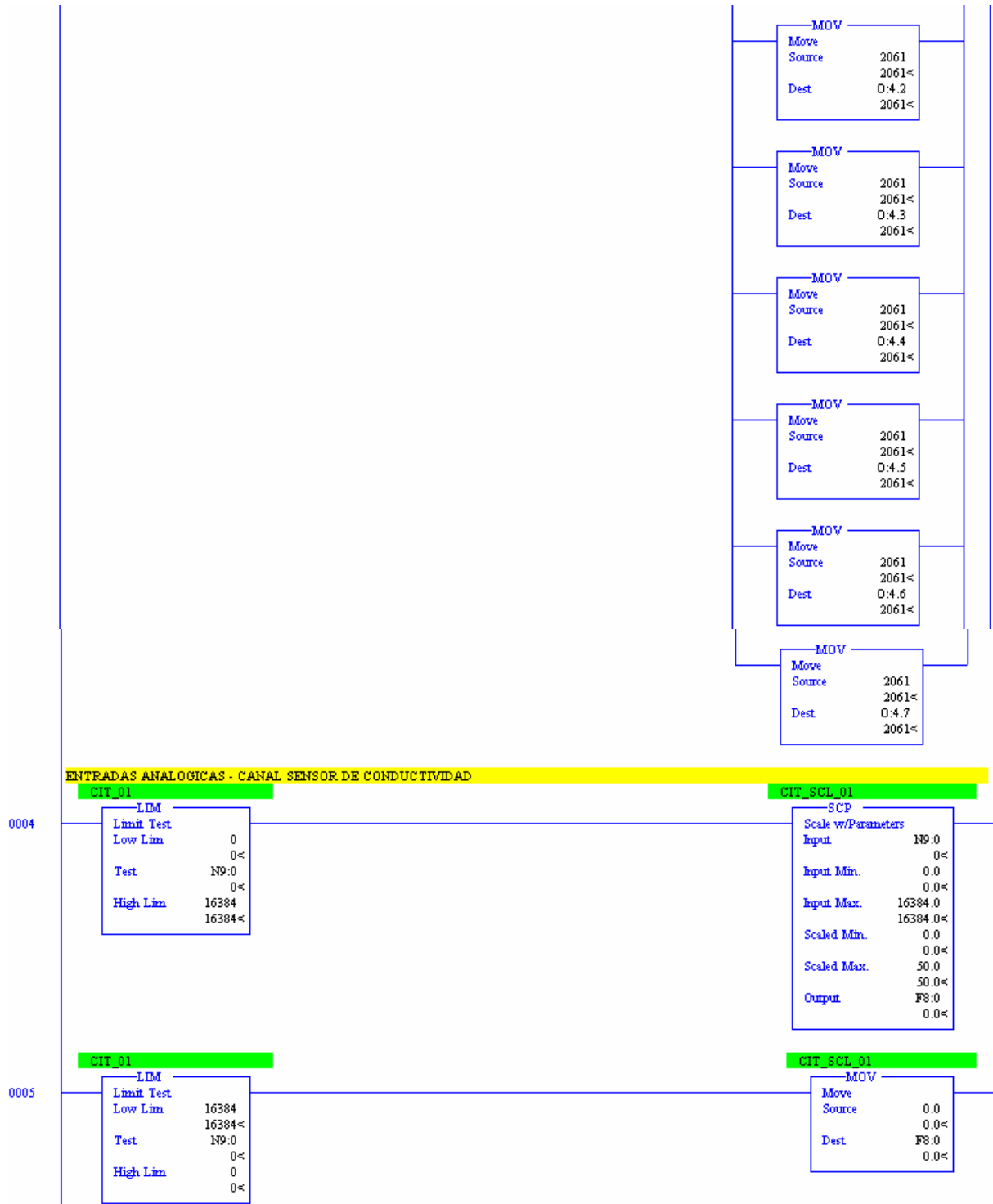


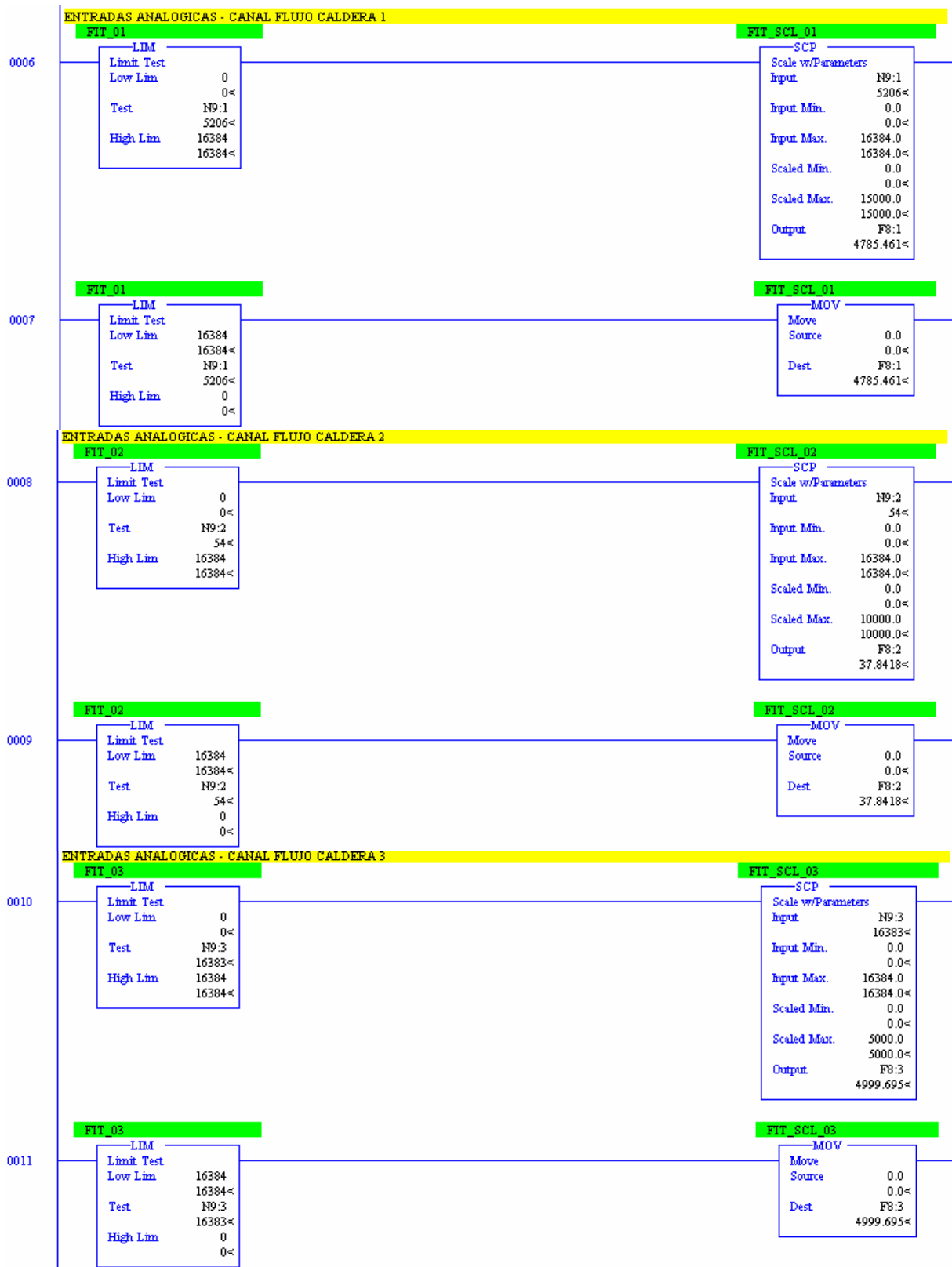


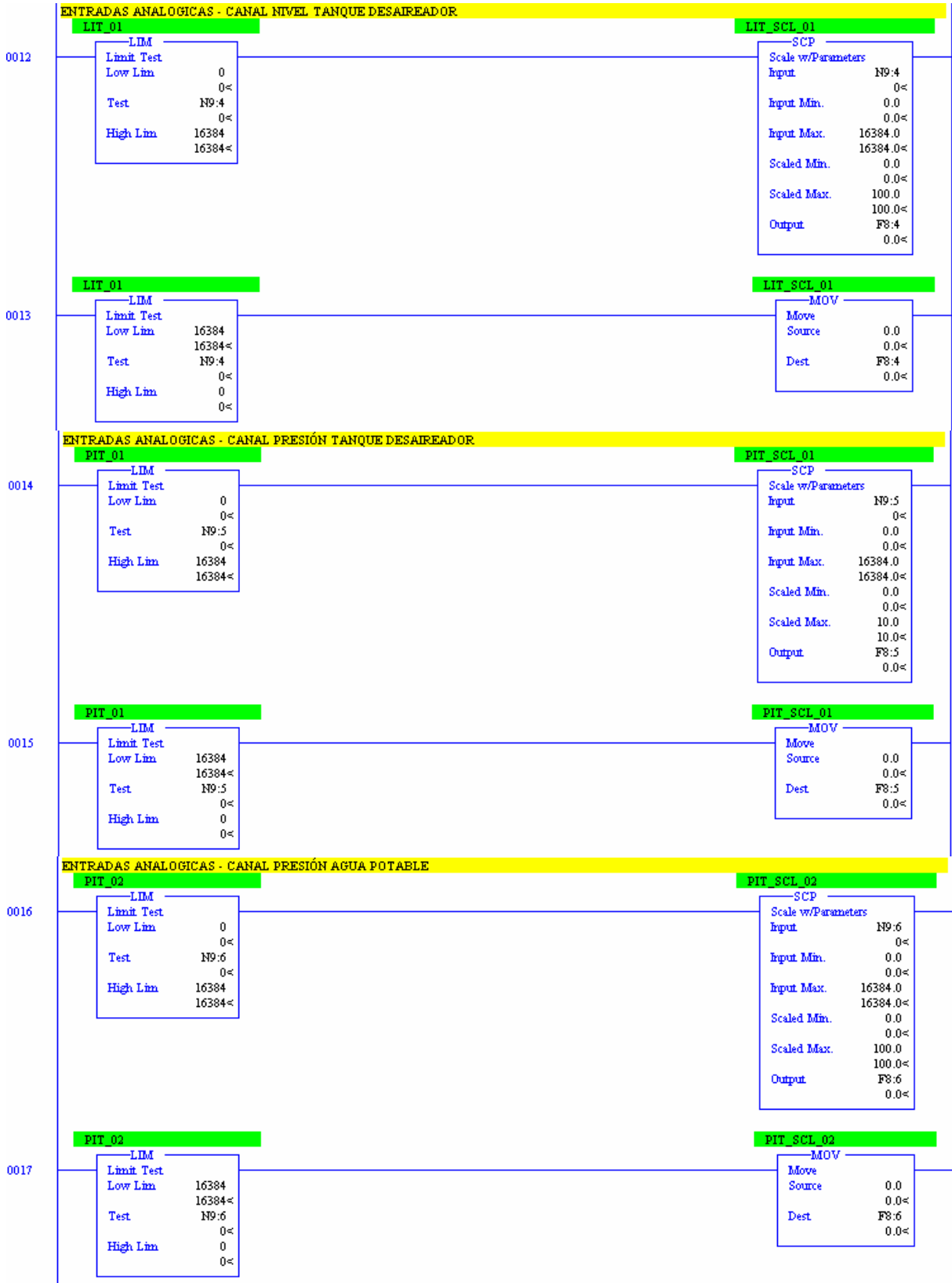


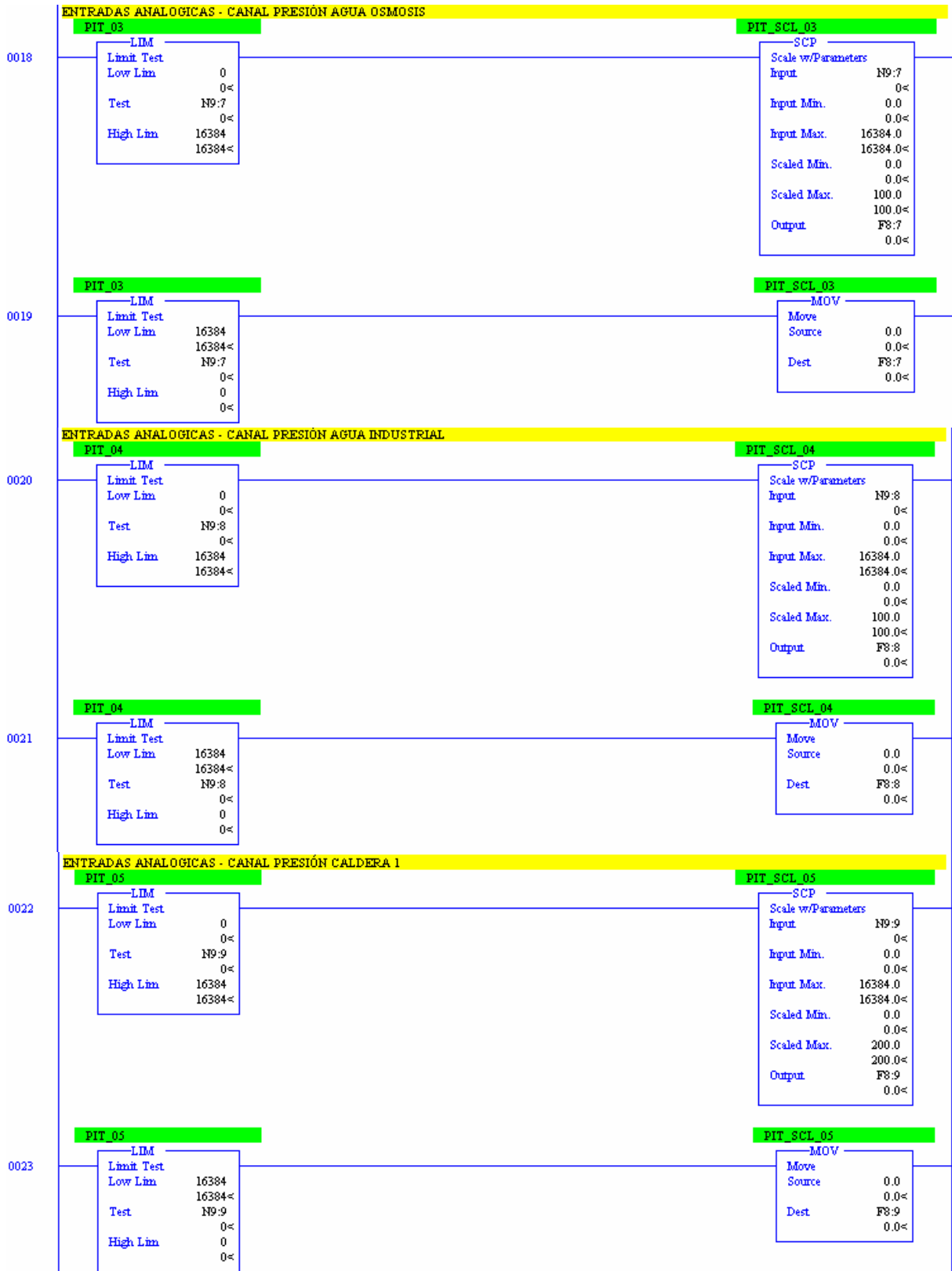


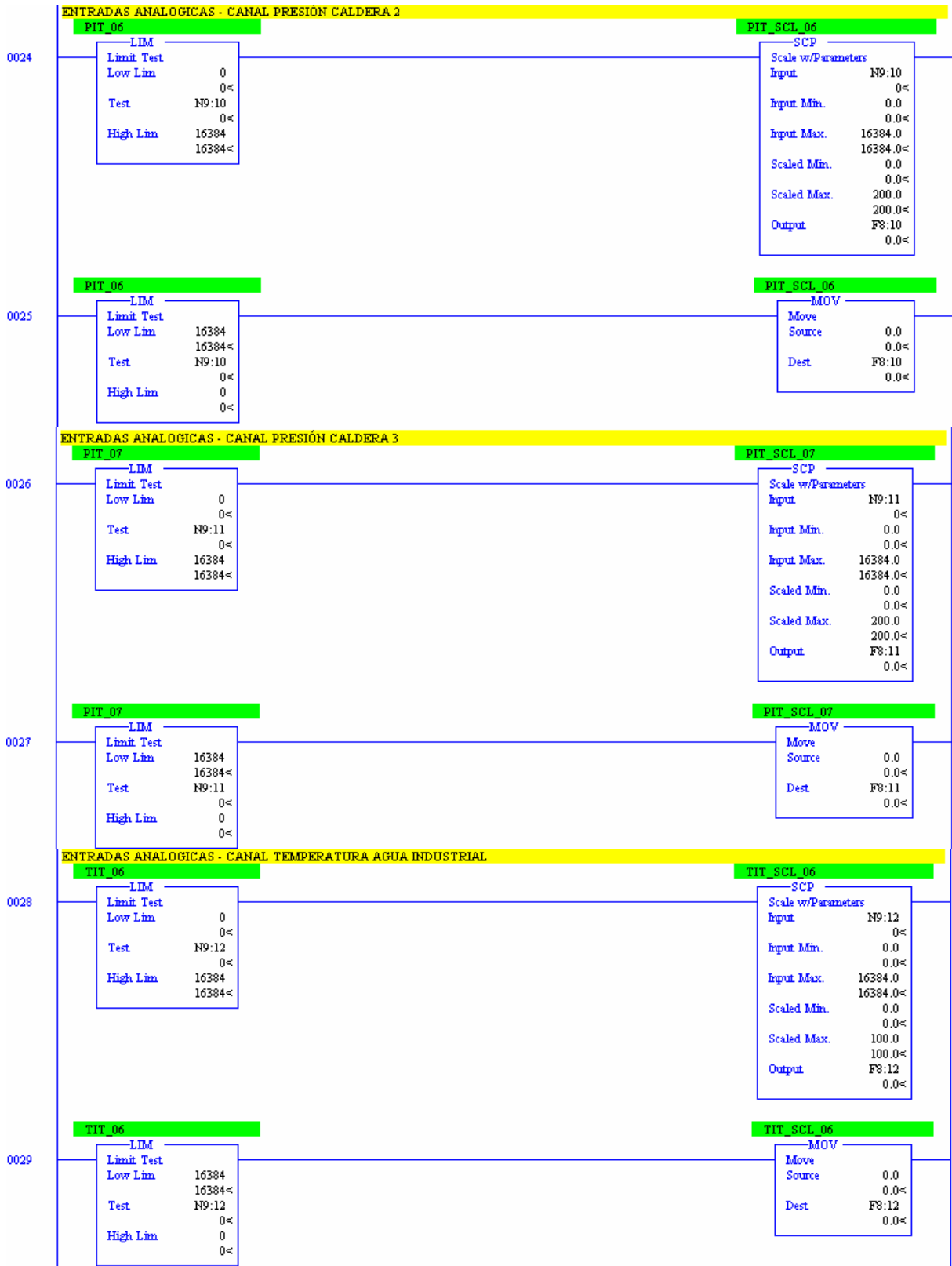


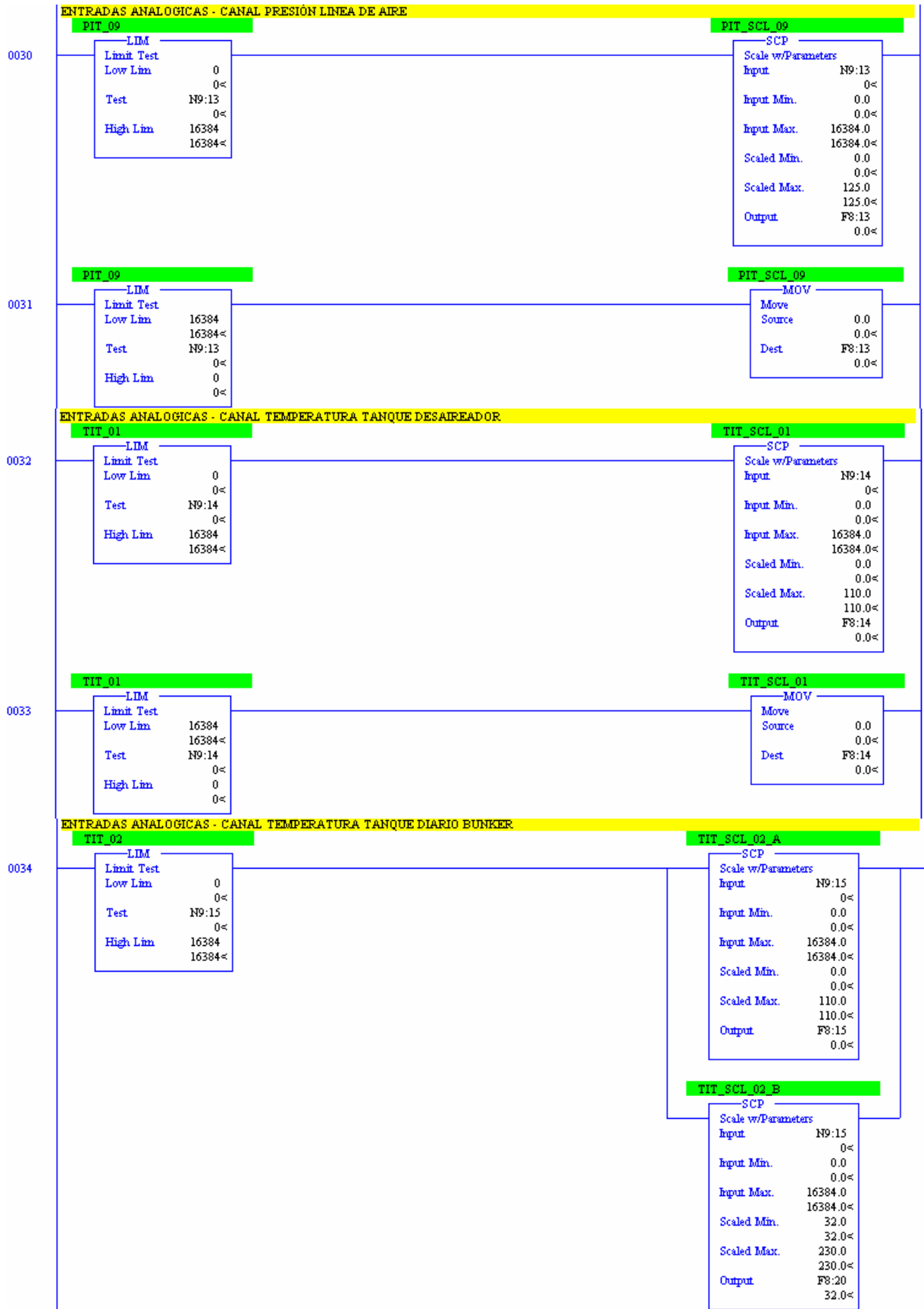


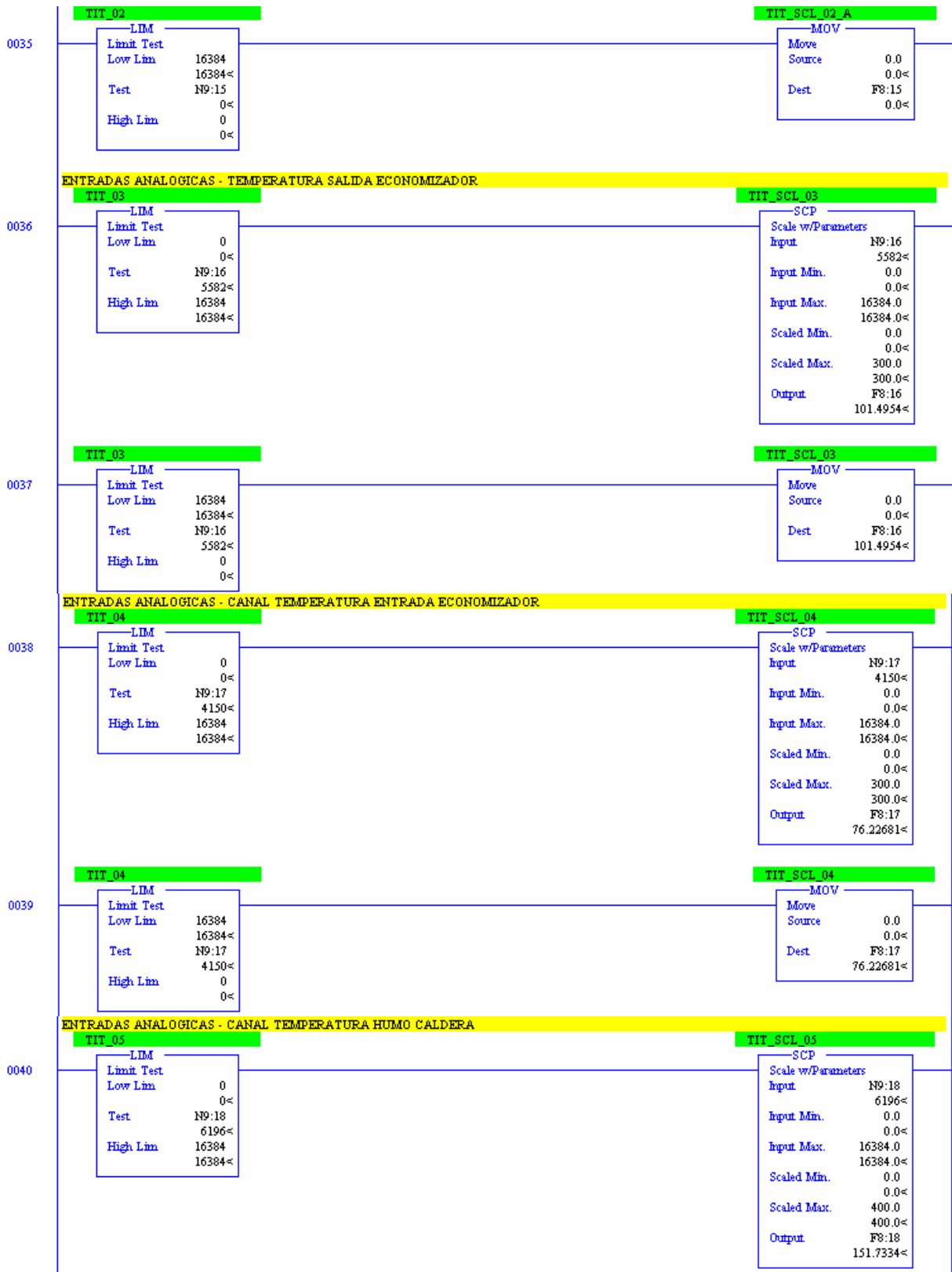


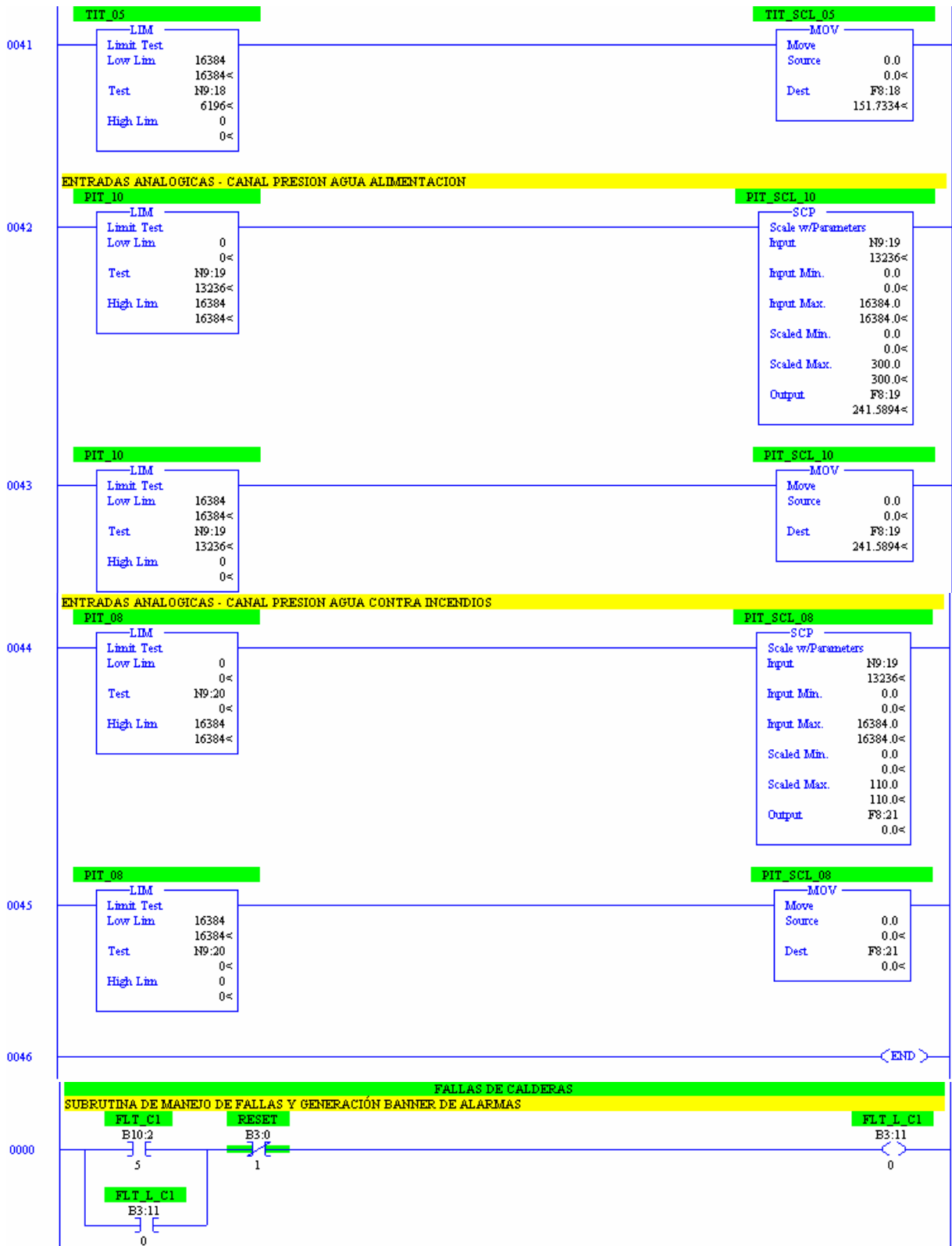


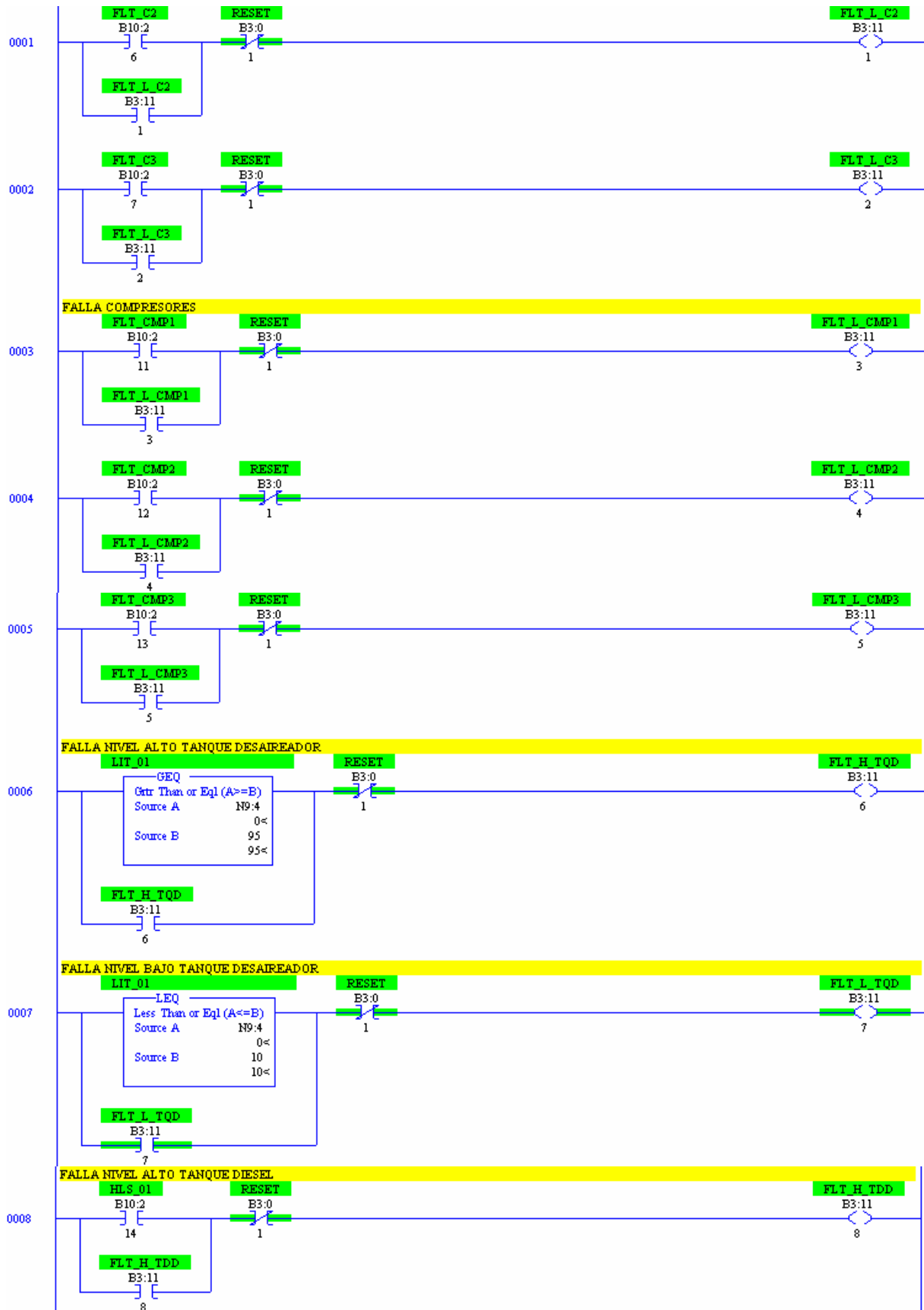


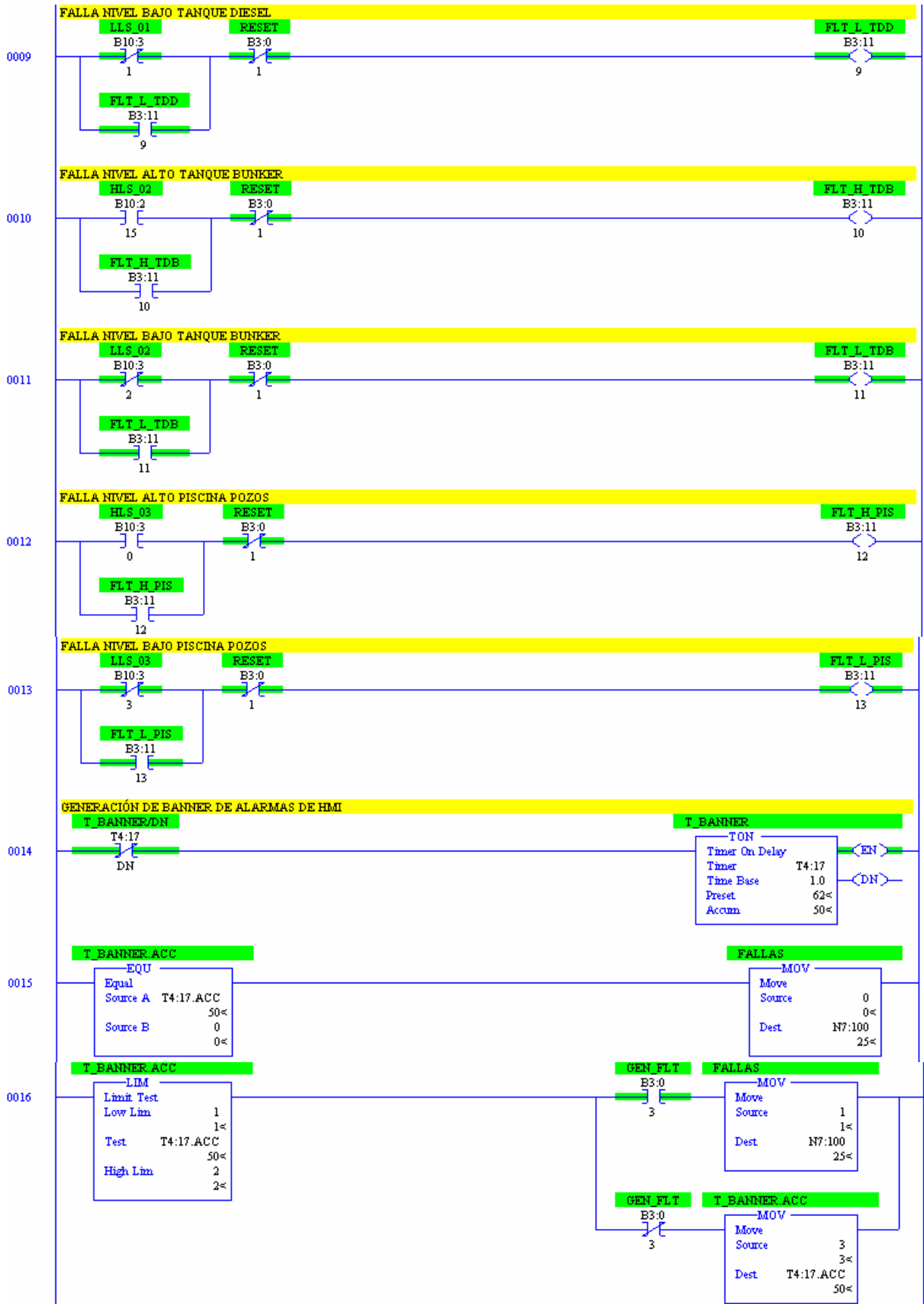


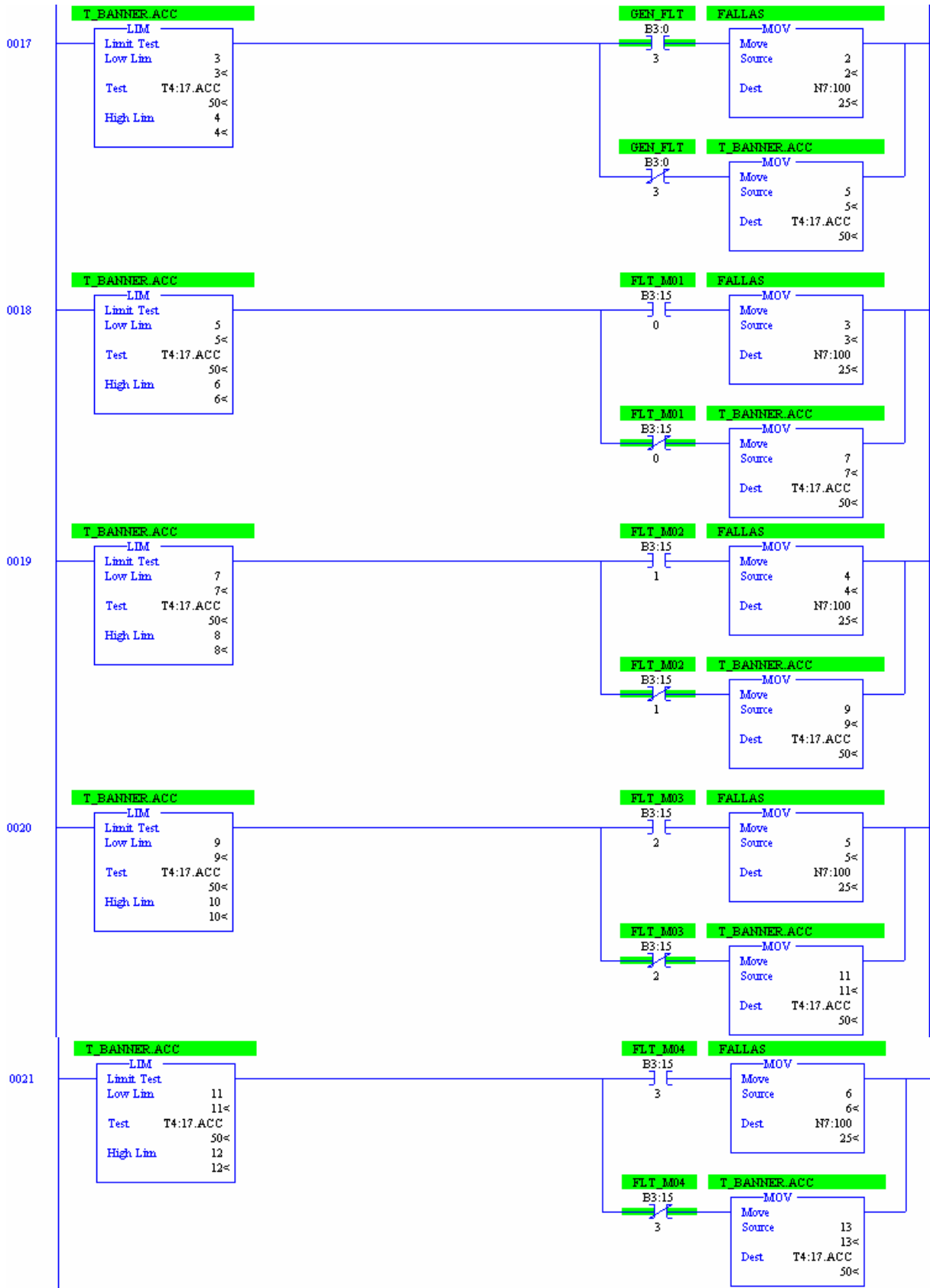


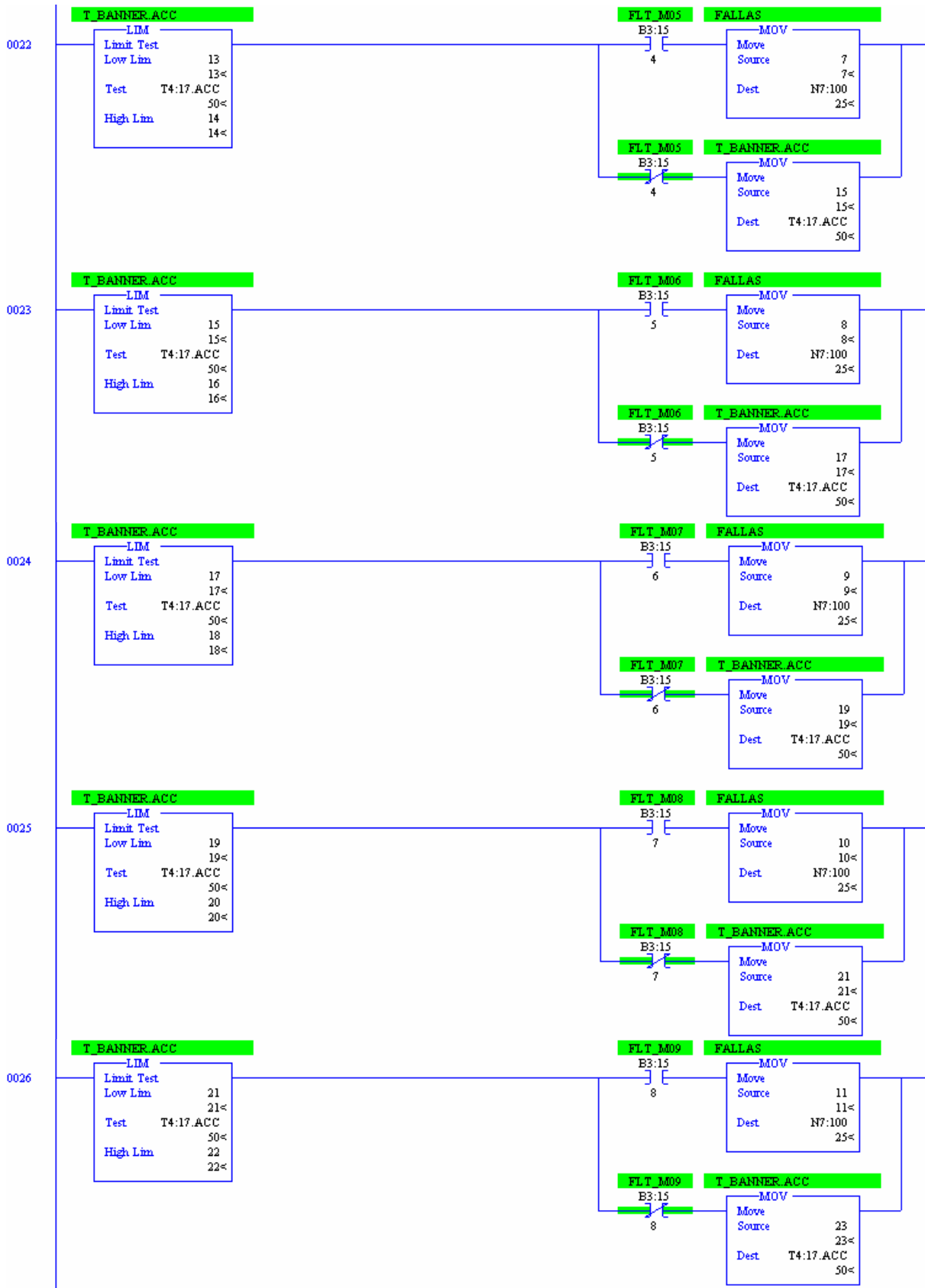


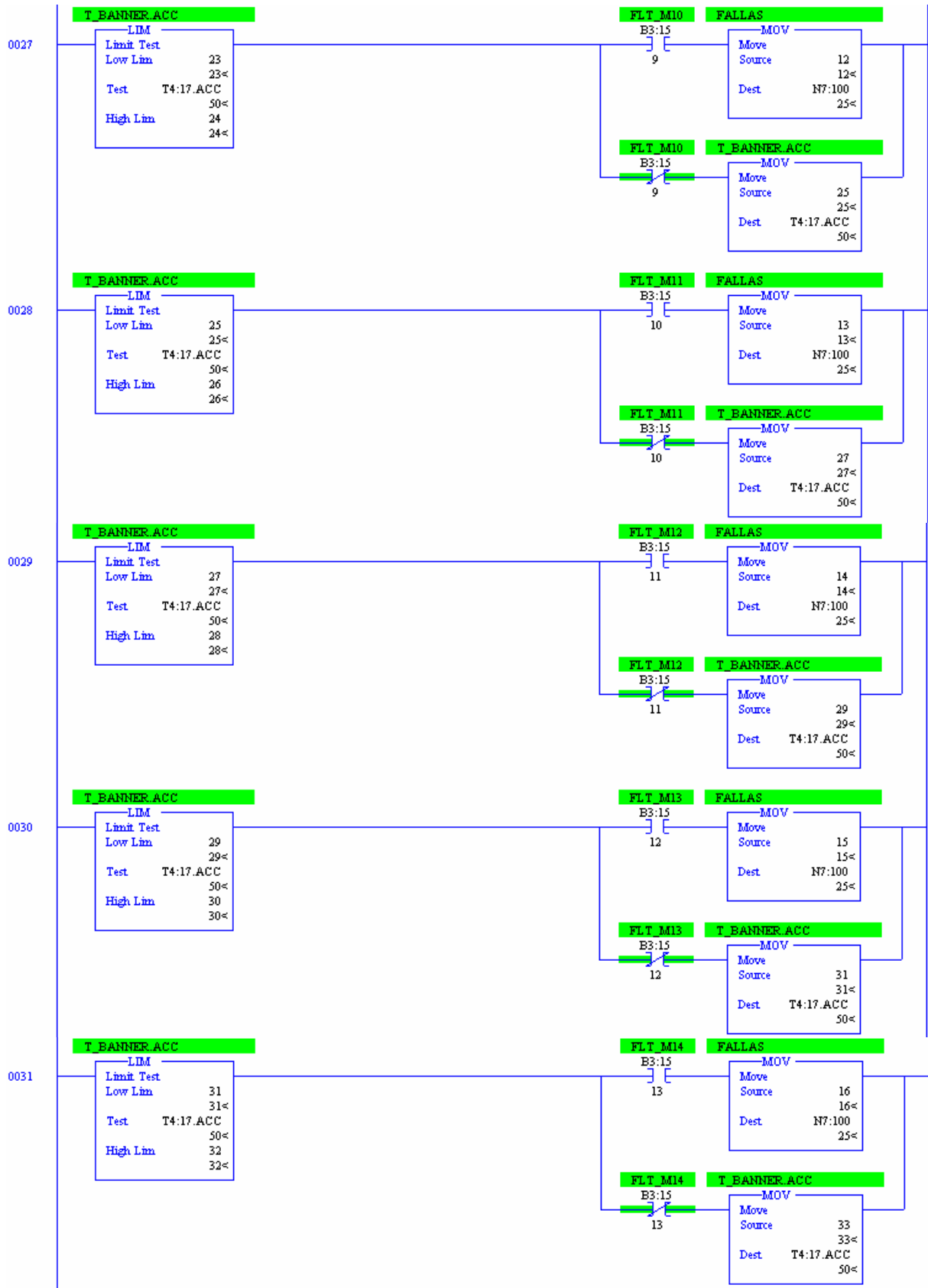


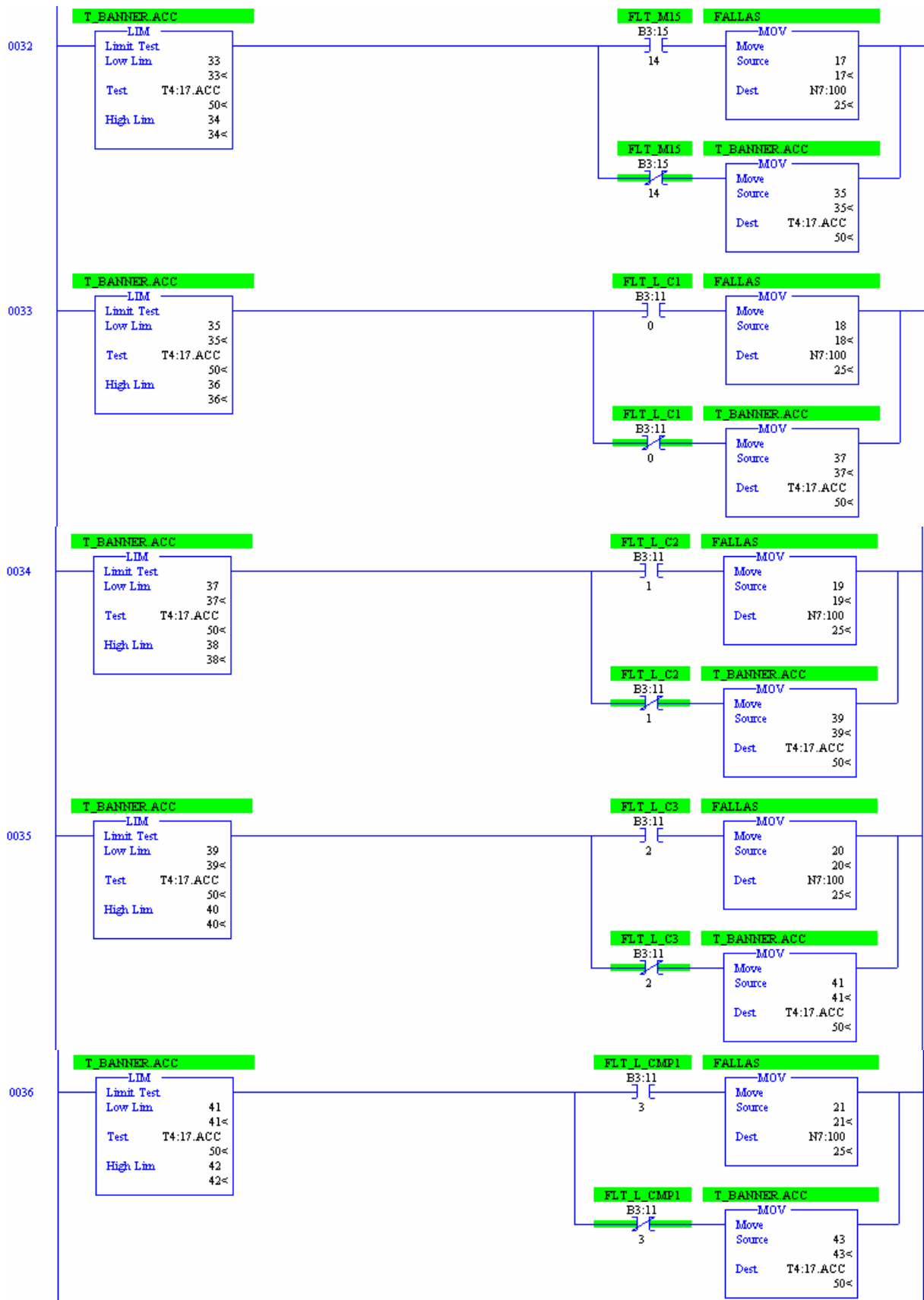


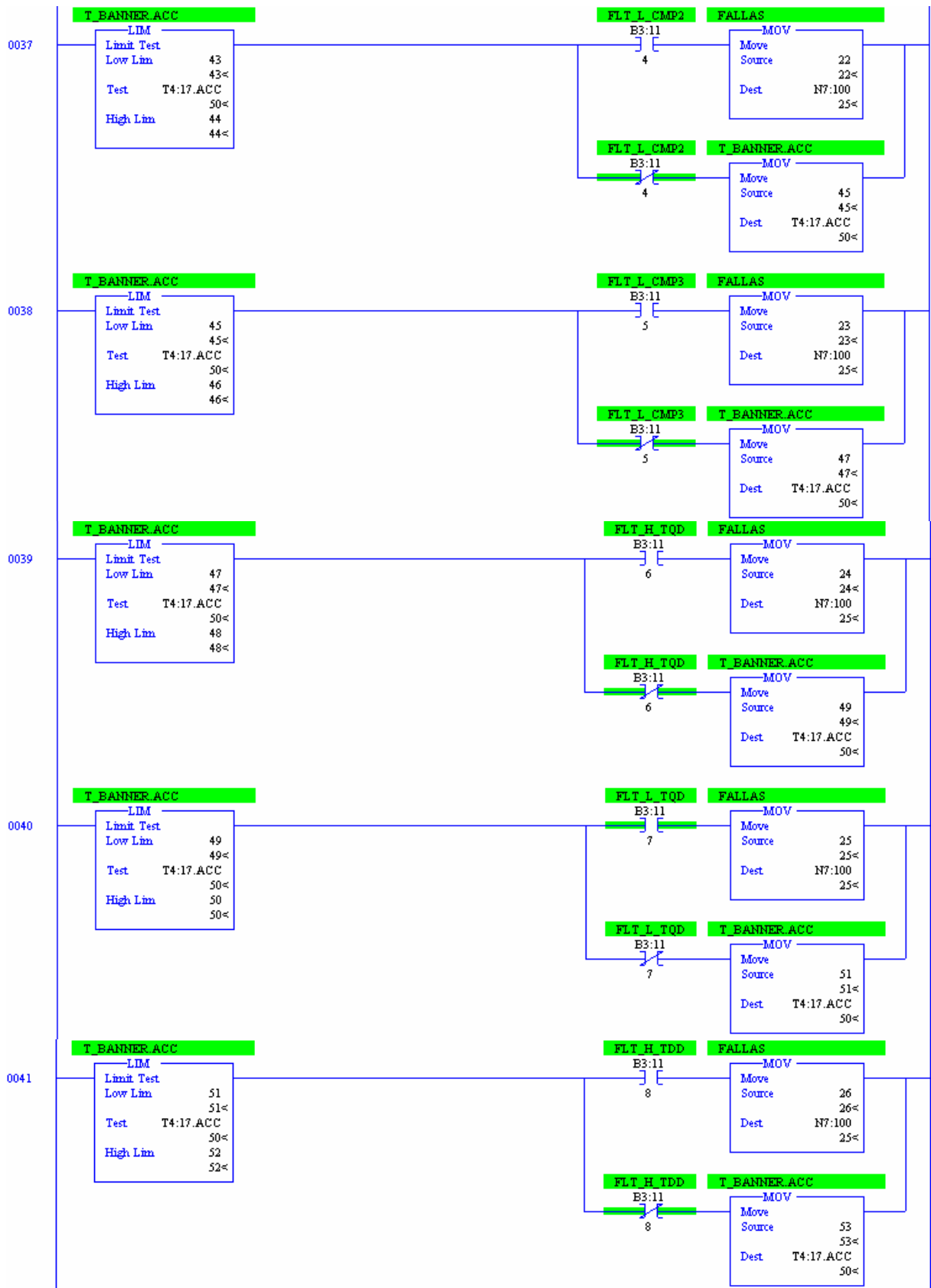


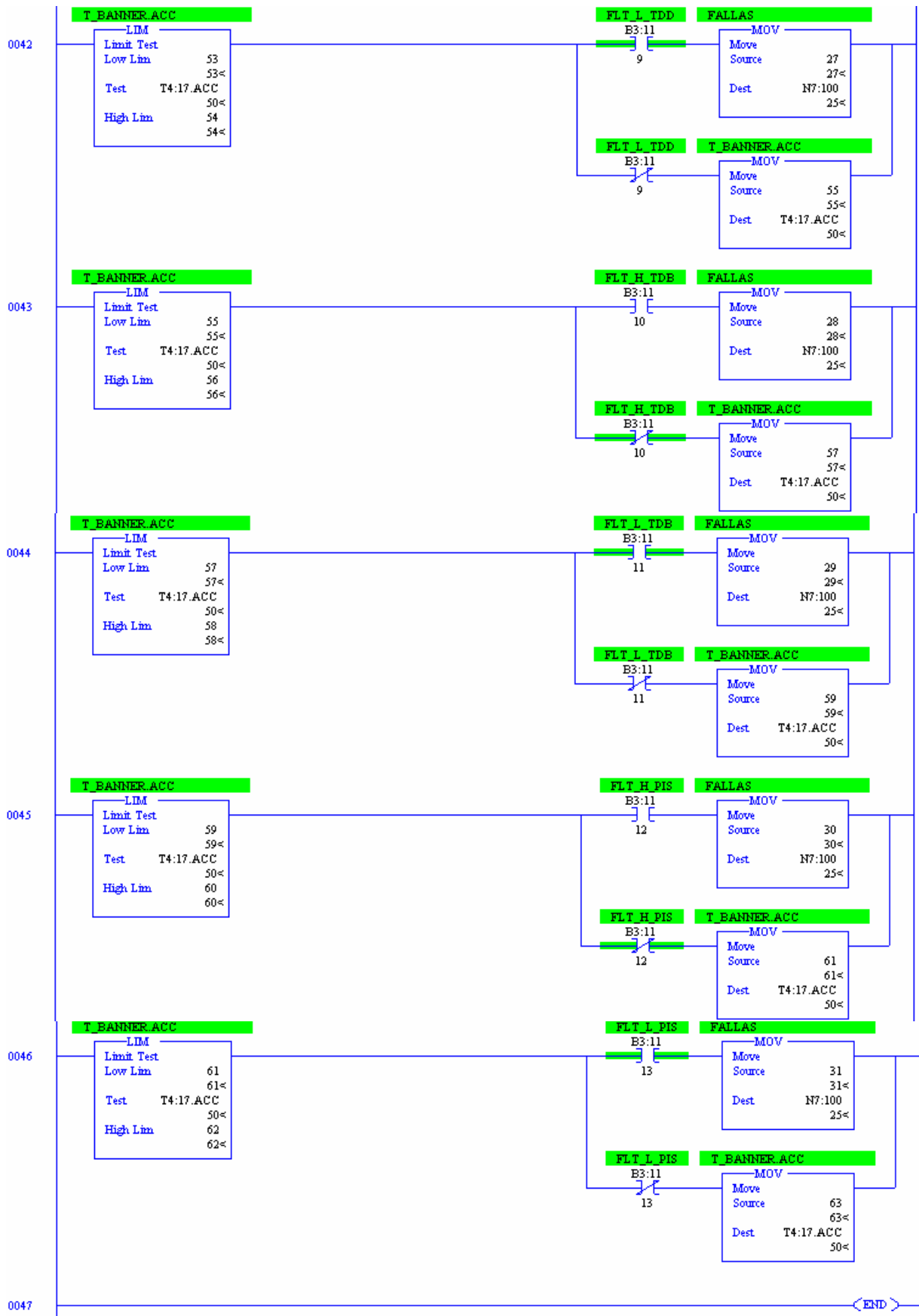












ANEXO 2

MANUAL DE USUARIO PARA EL HMI

SISTEMA DE MONITOREO DE SERVICIOS INDUSTRIALES



MANUAL DE OPERACIÓN SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO

CONTENIDO

PREFACIO

CAPÍTULO 1:

1.1. Ambiente General de la Aplicación

1.2. Convenios de Visualización de Estado del Sistema

1.2.1. Distribución de Elementos en las Pantallas de Visualización

1.2.2. Convenios de visualización de elementos del proceso

1.3. Procedimientos para toma de decisiones

CAPÍTULO 2:

2.1. Esquema General de Visualización del Proceso

2.1.1. Pantallas de Comando y Configuración

a. Menú Principal

b. Comando de Bombas

2.1.2. Pantallas de Monitoreo

a. Tanque Desaireador

b. Tanque Diario de Diesel

c. Tanque Diario de Bunker

d. Agua

e. Vapor y Calderas

f. Pozos

g. Aire Comprimido

2.1.3. Pantallas de Información

a. Menú de Históricos

b. Fallas del Sistema

CAPÍTULO 3:

3.1. Pasos previos al uso del sistema

3.2. Procedimientos para arranque en modo manual

3.2.1. Bombas

3.3. Procedimientos para el arranque en modo automático

3.3.1. Bombas

3.4. Detalle de las Fallas del Sistema

Prefacio

Este Manual de Operación contiene la información necesaria para el manejo de la aplicación del Panel de Operador Allen-Bradley PanelView Plus 1000, a cargo de la interfaz humano máquina del Sistema de Monitoreo de Servicios Industriales.

Así mismo, se detallan los pasos pertinentes al manejo de procedimientos normales y eventuales, siendo enfocado su contenido hacia las personas en contacto directo e indirecto con la maquinaria controlada.

1 *Generalidades del Sistema*

En este capítulo se describe:

- Ambiente General de la Aplicación.
- Convenios de Visualización de Estado del Sistema
- Formas de toma de comandos.

1.1. Ambiente General de la Aplicación.-

Antes de proceder a la descripción operativa del sistema, hace falta que exista una familiarización con el hardware (PanelView Plus 1000), sus partes, y la función general de los grupos de teclas. Una vista general del panel de operador se puede apreciar en la figura siguiente:

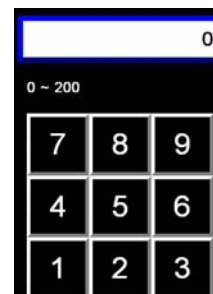


1. Pantalla de Visualización
2. Teclas de Navegación / Comando
3. Teclado Numérico para Ingreso de Valores.
4. Flechas de Posicionamiento

En la Pantalla de Visualización, es donde el operador tiene acceso al estado de cada una de las áreas monitoreadas por el sistema, refiriéndose por estado a la condición en la que se encuentren. Es decir, se presentan valores de parámetros como nivel, presión, flujo, temperatura, entre otros. Además, se muestra el estado; encendido, modo de trabajo, apagado y falla de bombas, compresores o calderos. Todos estos puntos van a ser cubiertos en secciones posteriores en este manual.

Las teclas de Navegación/Comando, son todas aquellas que están nombradas por un número antecedido de una F o una K (por ejemplo: F1, K2, etc). Estas tienen la propiedad de cambiar de función de acuerdo a la pantalla en la que el operador se encuentre. Es decir, que según la pantalla, cada una de estas teclas realizará funciones tales como el cambio entre pantallas (navegación), encendido/ apagado de bombas, cambio de modo (automático/manual), etc.

El teclado numérico, en cambio, es aquel que permite el ingreso de valores numéricos al sistema, en este caso si las claves de usuario son definidas en base a números, se puede utilizar este teclado.



Es importante que siempre, tras el ingreso de un valor numérico se presione ↵ (ENTER) debido a que de lo contrario, no se garantizará que el número se haya escrito en el controlador.

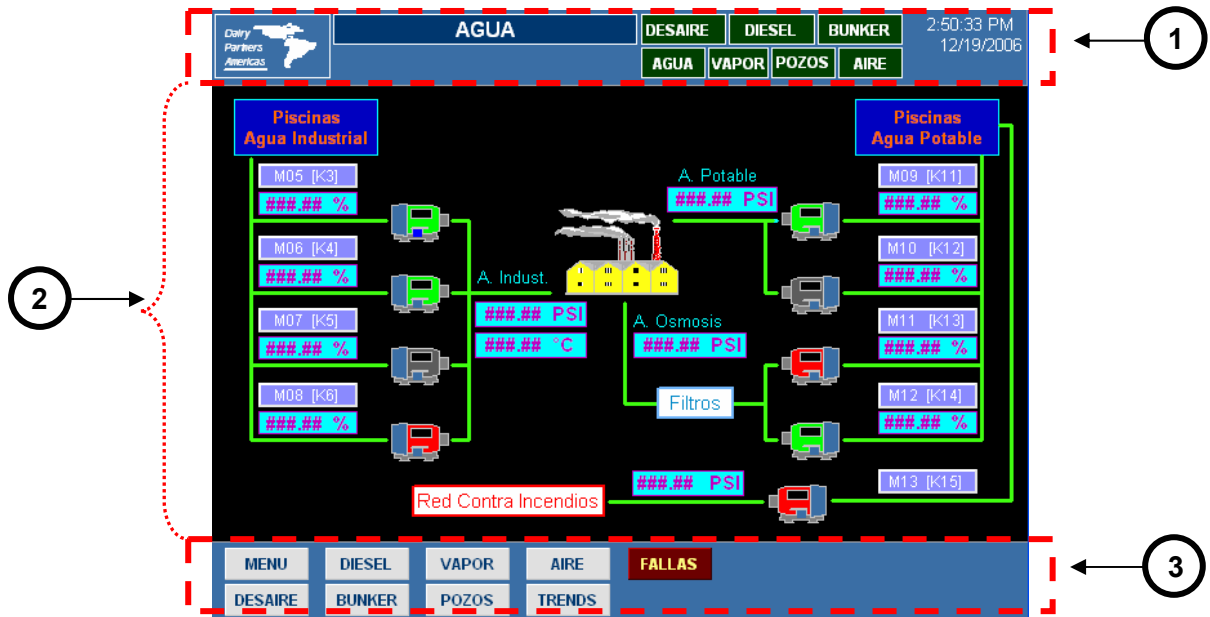
Finalmente, las teclas de posicionamiento funcionan en la pantalla de fallas para navegar en la lista de alarmas y poderlas ir reconociendo individualmente.

1.2. Convenios de Visualización de Estado del Sistema.-

Con el fin de facilitar la visualización, tanto de los elementos de cada área, como del estado general del sistema; el panel de operador cuenta con varios estándares con respecto a la navegación, señalización y distribución de las pantallas de la aplicación. Estos parámetros se detallan a continuación:

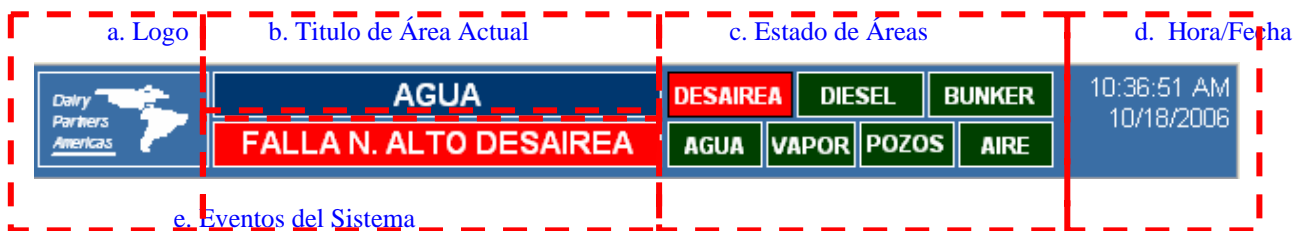
1.2.1. Distribución de Elementos en la Pantalla de Visualización.-

La distribución de elementos en la pantalla de visualización se muestra en la figura siguiente; los casos más específicos se tratarán con profundidad en el Capítulo 2, sección Descripción de las Pantallas de Proceso.

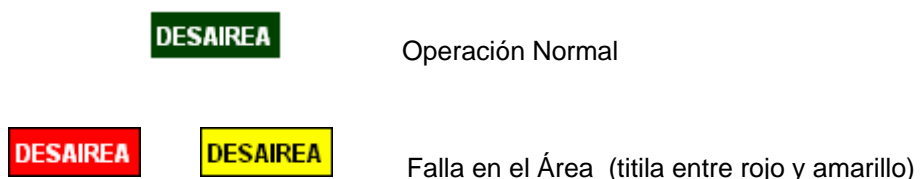


- 4. Barra de Estado
- 5. Pantallas de Proceso
- 6. Navegación / Función

La Barra de Estado, se encuentra presente en absolutamente TODAS las pantallas del proceso. Es la más importante debido a que en ella se puede visualizar si las áreas están operando con normalidad o si existe alguna falla y que tipo de falla está presente. Sus elementos, así como su comportamiento son enumerados a continuación:



- a. Logo de DPA.
- b. Título de Área Actual, presenta el nombre del área que está visualizando.
- c. Estado de Áreas, es un conjunto de indicadores, individuales por área, del estado de las mismas. Es decir, que cambian de color dependiendo si están operando normalmente o si existe alguna falla, de la siguiente manera:



- d. Hora / Fecha, indica la hora y fecha actuales.
- e. Eventos del Sistema, describe al operador, el tipo de eventualidad que puede estar ocurriendo en el sistema, Falla del Térmico de una bomba, Falla General, etc.





Las Pantallas de Proceso, abarcan todo lo que es información detallada del proceso. Describen gráficamente todo lo que está ocurriendo en cada una de las áreas, esto es, animación del estado de máquinas como bombas, calderas, compresores, entre otros, además se tiene la lectura de variables tales como temperatura, presión, flujo, nivel, etc. De estas pantallas se hablará con mayor detenimiento en el Capítulo 2.

La Sección de Navegación/Función, es la barra inferior que se muestra en las pantallas de proceso. Para acceder a los botones que están dispuestos en esta barra se utilizan las teclas de función (precedidas por la letra F) que se encuentran en la parte inferior del panel de operador. Esta es esencialmente la barra de comando, y será detallada en la sección 1.3.




1.2.2. Convenios de visualización de elementos del proceso.-

Los convenios estipulados para la visualización de elementos del proceso son:

- **Para Líneas de Tubería:**

-  - Color Blanco para paso de Químicos (combustibles).
-  - Color Verde para paso de Agua.
-  - Color Rojo para paso de Vapor.
-  - Color Azul para paso de Aire.

- **Para Bombas:**

-  - Color Gris para Bomba Apagada
-  - Color Verde para Bomba Encendida
-  - Color Rojo Intermitente para Falla de Contactador o Térmico.

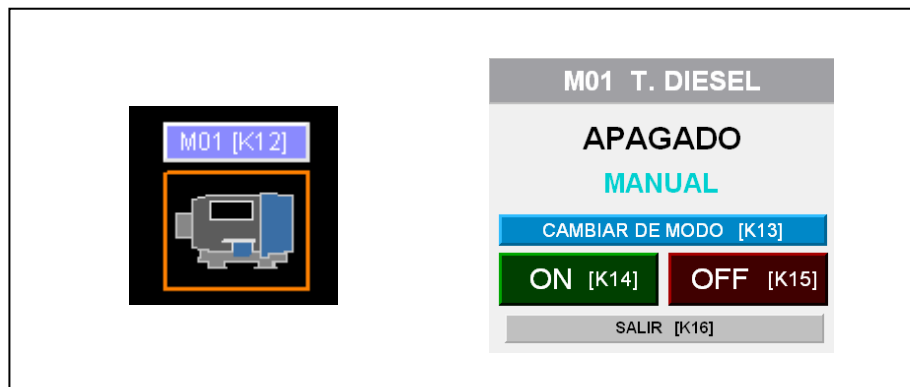
1.3. Procedimientos para Toma de Decisiones.-

Para la toma de **decisiones de navegación**, se debe presionar la tecla de función (Fn), cuya descripción en la barra inferior tenga el nombre de la pantalla a la que se desea ir, o si se tiene disponible un Mouse, simplemente se da doble clic sobre dicho botón. Por ejemplo, en la

figura a continuación, para volver al menú principal se debe presionar la tecla F1, para ir a la pantalla de Tanque de Diesel se debe presionar la tecla F2, etc.

MENU	DIESEL	VAPOR	AIRE	FALLAS			
DESAIRE	BUNKER	POZOS	TRENDS				
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16

Para la toma de **decisiones de comando**, como son el encendido y apagado de bombas, se debe primero escoger la tecla de función (Fn) indicada en el botón correspondiente (cercano al objeto). Esta tecla función abrirá una pantalla que ofrece opciones para prender, apagar o cambiar de modo (automático/manual), al presionar la tecla función correspondiente de esta nueva pantalla. Por ejemplo, en la figura a continuación, para cambiar la configuración actual de la bomba M01 se utiliza la tecla función [K12] que abrirá la pantalla mostrada a la derecha. Si se quiere prender la bomba la tecla función a utilizar sería la [K14].



2 *Pantallas de Proceso*

En este capítulo se describe:

- Esquema General de Visualización del Proceso
- Detalle de las Pantallas de Proceso

2.1. Esquema General de Visualización del Proceso.-

El Sistema de Monitoreo de Servicios Industriales posee trece pantallas en total, las cuales están divididas en 3 tipos diferentes que son:

1. Pantallas de Comando y Configuración.
2. Pantallas de Monitoreo.
3. Pantallas de Información

Las pantallas son las siguientes, de acuerdo al tipo al que pertenecen:

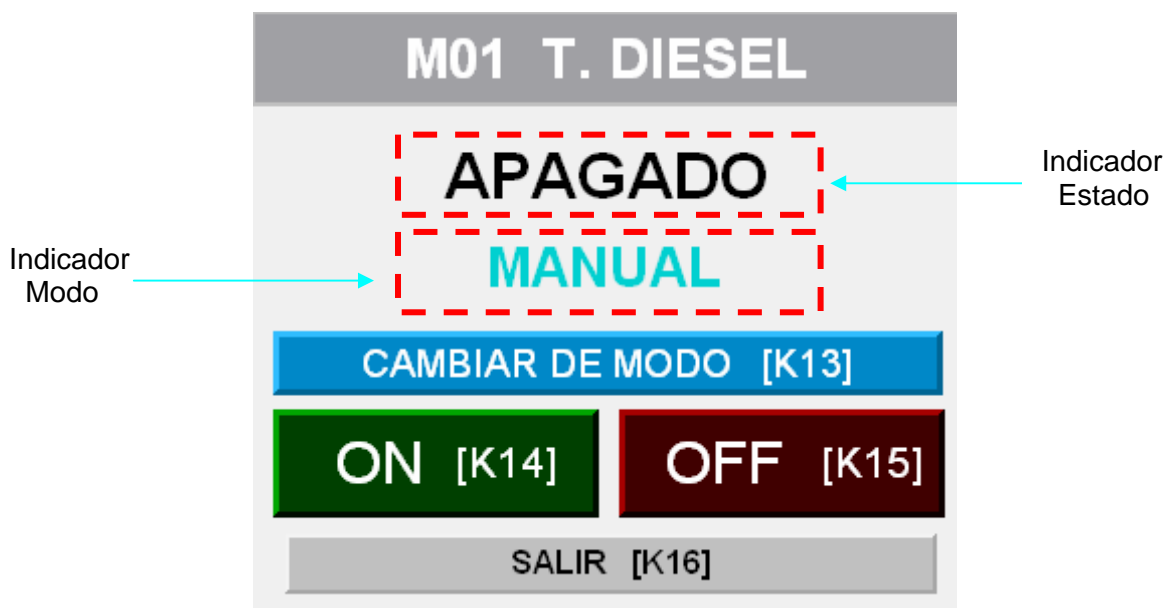
1. Pantallas de Comando y Configuración:
 - a. Menú Principal
 - b. Comando de Bombas
2. Pantallas de Monitoreo:
 - a. Tanque Desaireador
 - b. Tanque Diario de Diesel
 - c. Tanque Diario de Bunker
 - d. Agua
 - e. Vapor y Calderas
 - f. Pozos
 - g. Aire Comprimido
3. Pantallas de Información:
 - a. Históricos de Parámetros
 - b. Fallas del Sistema

Revisando las diferentes pantallas, una por una, se tendrá, al final del presente capítulo y una vez revisado en el Capítulo 1, las formas de manejo y toma de decisiones del sistema que constituyen el conocimiento suficiente para estudiar los procedimientos de trabajo y eventualidades, a ser descritos en el Capítulo 3.

2.1.1. Pantallas de Comando y Configuración.-a. **MENÚ PRINCIPAL**

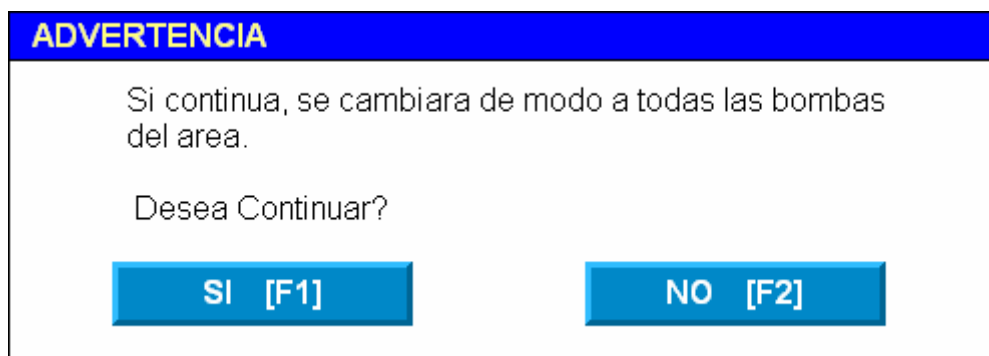
En la pantalla de Menú Principal se pueden tomar las siguientes decisiones de operación:

TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
K9	Acceso a la pantalla Tanque Desaireador
K10	Acceso a la pantalla Tanque Diario de Diesel.
K11	Acceso a la pantalla Tanque Diario de Bunker.
K12	Acceso a la Pantalla Agua.
K13	Acceso a la Pantalla Vapor y Calderas.
K14	Acceso a la Pantalla Pozos.
K15	Acceso a la Pantalla Aire Comprimido.
K16	Acceso a la Pantalla Menú de Trends
F8	Acceso a la Pantalla Fallas.
F3	Inicio de Sesión
F4	Cierre de Sesión, restringe el acceso al modo normal de funcionamiento.

b. COMANDO DE BOMBAS

La pantalla de Comando de Bombas se despliega cuando el operador ha presionado el botón o la tecla función correspondiente a una bomba de cualquiera de las áreas, Tanque Diario de Diesel, Tanque Diario de Bunker o Pozos; pero en el caso del área agua se tiene una modificación que se revisará más adelante. Esta pantalla permite encender, apagar o cambiar el modo (automático / manual) de una bomba.

- Para encender la bomba se debe presionar la tecla de función [K14]. Luego de un momento el indicador de estado de la bomba mostrará la palabra “ENCENDIDO” si se concreto la acción o “FALLA” si hubo algún problema y esta no se prendió.
- Para apagar la bomba se debe presionar la tecla de función [K15]. Luego de un momento el indicador de estado de la bomba mostrará la palabra “APAGADO”.
- Para cambiar de Modo (Automático / Manual) se debe presionar la tecla de función [K13]. Inmediatamente aparecerá una ventana notificando al operador que al cambiar de modo a una bomba se cambiará automáticamente el modo de todas las bombas del área. La ventana es la siguiente:



Para seguir se debe presionar la tecla función [F1] y para cancelar [F2]. Si el operador sigue con la acción, regresará a la ventana anterior, pero esta vez en lugar del botón “CAMBIAR DE MODO” estará un botón “AUTOMATICO” o “MANUAL” dependiendo del modo al que se va a cambiar. En este punto, el operador selecciona la tecla función correspondiente: Automático [K12] y Manual [K11].

- Para salir después de, haber o no, realizado cambios escoger la tecla función [K16]. Con esta acción se cerrará la pantalla de comando y se regresará a la pantalla de proceso.



¡ADVERTENCIA! ES DE EXTREMA IMPORTANCIA QUE NO SE REALICEN CAMBIOS POR PERSONAL NO CALIFICADO PARA EL EFECTO, PUES EN CASO DE SER ERRÓNEAMENTE MANIPULADOS, EL SISTEMA PODRÍA TENER RESULTADOS INESPERADOS.

TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
K11	Activa modo Manual. (Disponible si modo actual es Automático)
K12	Activa modo Automático. (Disponible si modo actual es Manual)
K13	Inicia cambio de Modo (Automático/Manual).
K14	Enciende Bomba.
K15	Apaga Bomba.
K16	Cierra Pantalla con o sin haber realizado cambios.
F1	Confirma que se quiere continuar con cambio de Modo de TODAS las Bombas del área.
F2	NO acepta cambio de modo en bombas del Área.

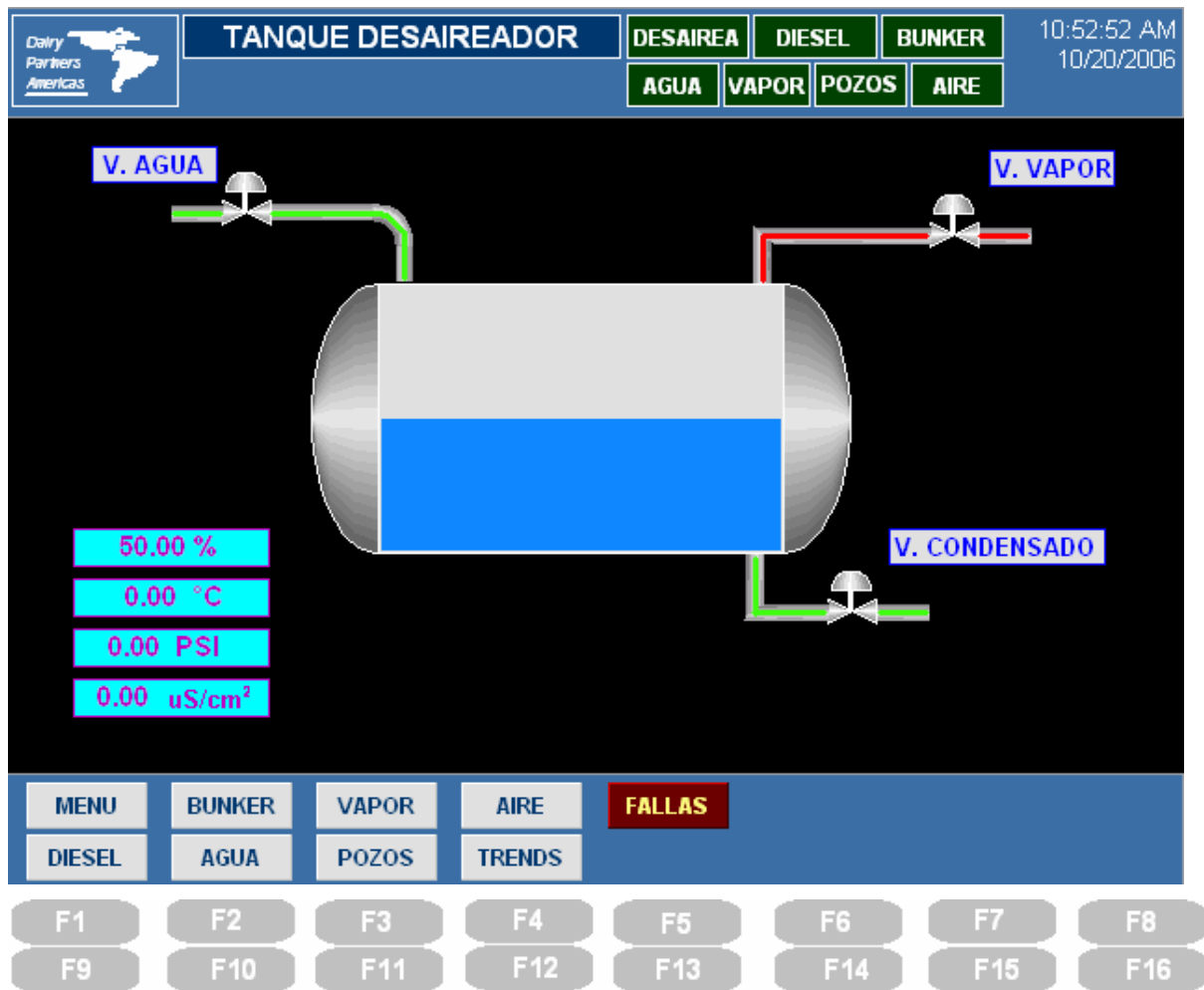
En el caso del área Agua, las bombas solo serán operadas en modo manual, por lo que la pantalla de comando es:



2.1.2. Pantallas de Monitoreo.-

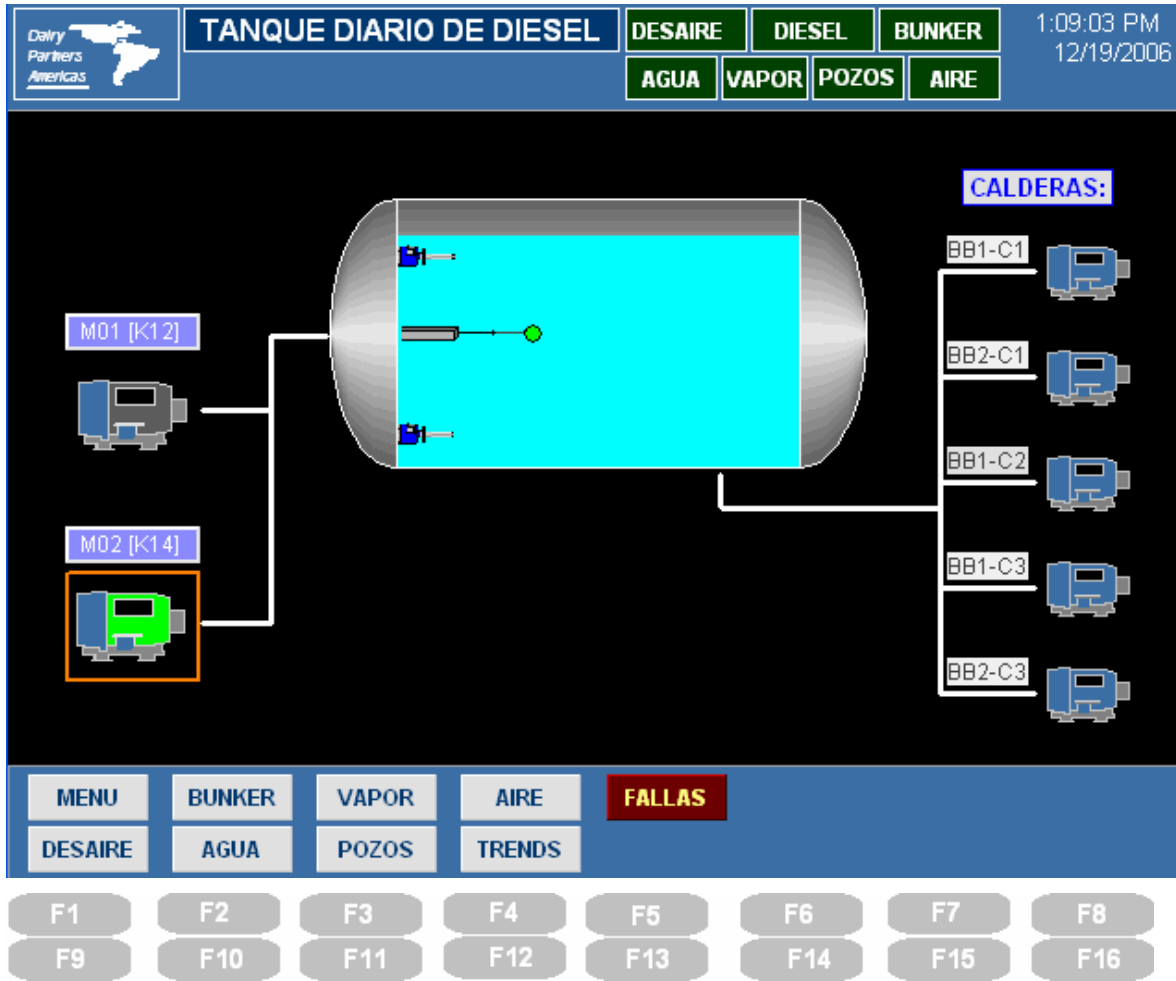
Las pantallas de monitoreo presentan el estado actual; es decir, parámetros como temperatura, flujo, presión, nivel, entre otros, de cada una de las siete áreas de servicios industriales de la planta. Además, por medio de la simbología antes descrita, el operador estará en capacidad de ver el estado, encendido, apagado o falla de bombas. Estas áreas han sido divididas en:

- a. Tanque Desaireador
- b. Tanque Diario de Diesel
- c. Tanque Diario de Bunker
- d. Agua
- e. Vapor y Calderas
- f. Pozos
- g. Aire Comprimido

a. TANQUE DESAIREADOR

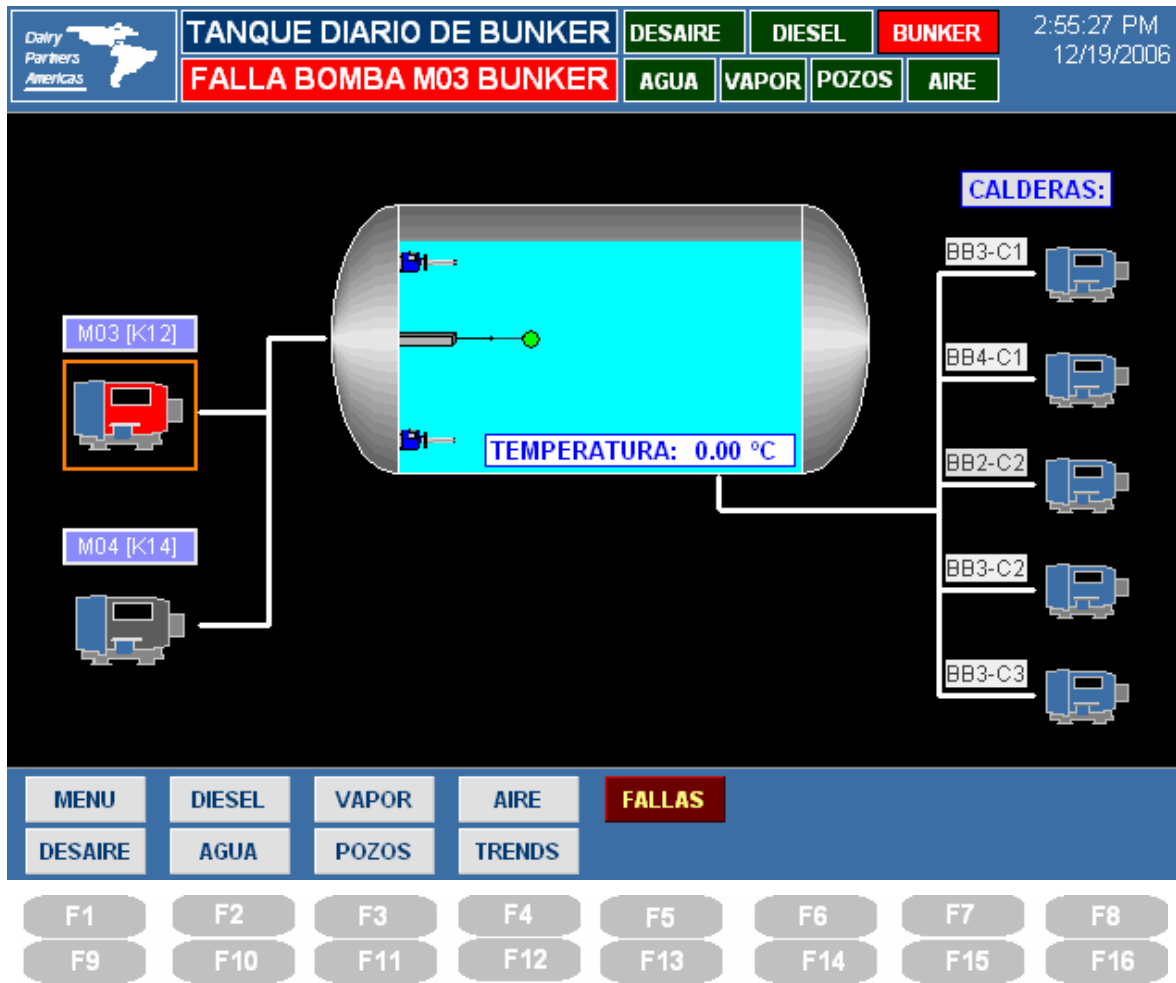
TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
F1	Acceso al Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Bunker.
F3	Acceso a la pantalla Vapor y Calderas.
F4	Acceso a la pantalla Aire Comprimido.
F5	Acceso a la pantalla Fallas del Sistema.
F9	Acceso a la pantalla T. de Diesel.
F10	Acceso a la Pantalla Agua.
F11	Acceso a la pantalla Pozos.
F12	Acceso a la pantalla de Menú de Históricos.

b. TANQUE DIARIO DE DIESEL



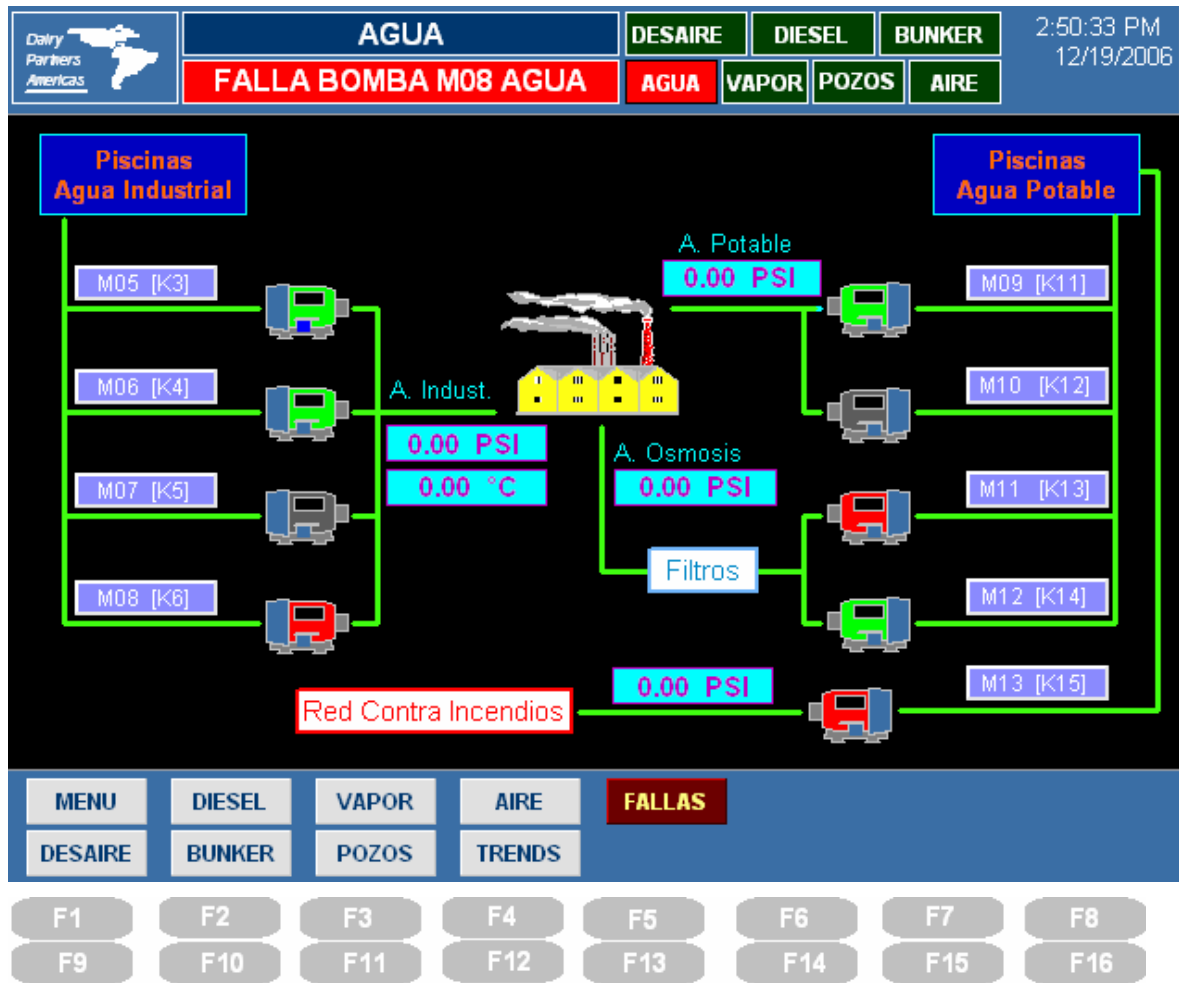
TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
K12	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M01.
K14	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M02.
F1	Acceso al Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Bunker.
F3	Acceso a la pantalla Vapor y Calderas.
F4	Acceso a la pantalla Aire Comprimido.
F5	Acceso a la pantalla Fallas del Sistema.
F9	Acceso a la pantalla T. Desaireador.
F10	Acceso a la pantalla Agua.
F11	Acceso a la pantalla Pozos.
F12	Acceso a la pantalla Menú de Históricos.

c. TANQUE DIARIO DE BUNKER



TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
K12	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M03.
K14	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M04.
F1	Acceso al Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Diesel.
F3	Acceso a la pantalla Vapor y Calderas.
F4	Acceso a la pantalla Aire Comprimido.
F5	Acceso a la pantalla Fallas del Sistema.
F9	Acceso a la pantalla T. Desaireador.
F10	Acceso a la pantalla Agua.
F11	Acceso a la pantalla Pozos.
F12	Acceso a la pantalla Menú de Históricos.

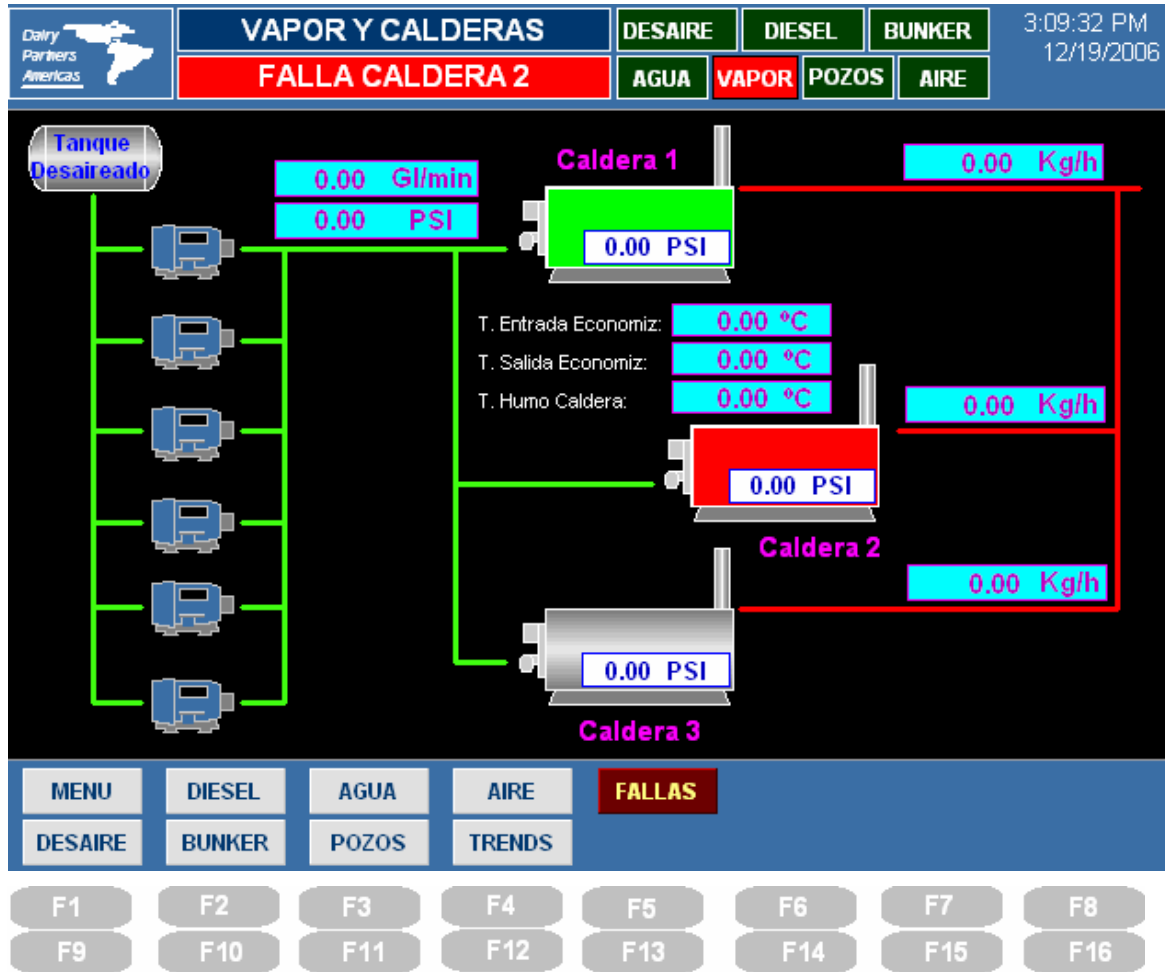
d. **AGUA**



TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
K3	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M05.
K4	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M06.
K5	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M07.
K6	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M08.
K11	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M09.
K12	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M10.
K13	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M11.
K14	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M12.
K15	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M13.
F1	Acceso al Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Diesel.
F3	Acceso a la pantalla Vapor y Calderas.
F4	Acceso a la pantalla Aire Comprimido.

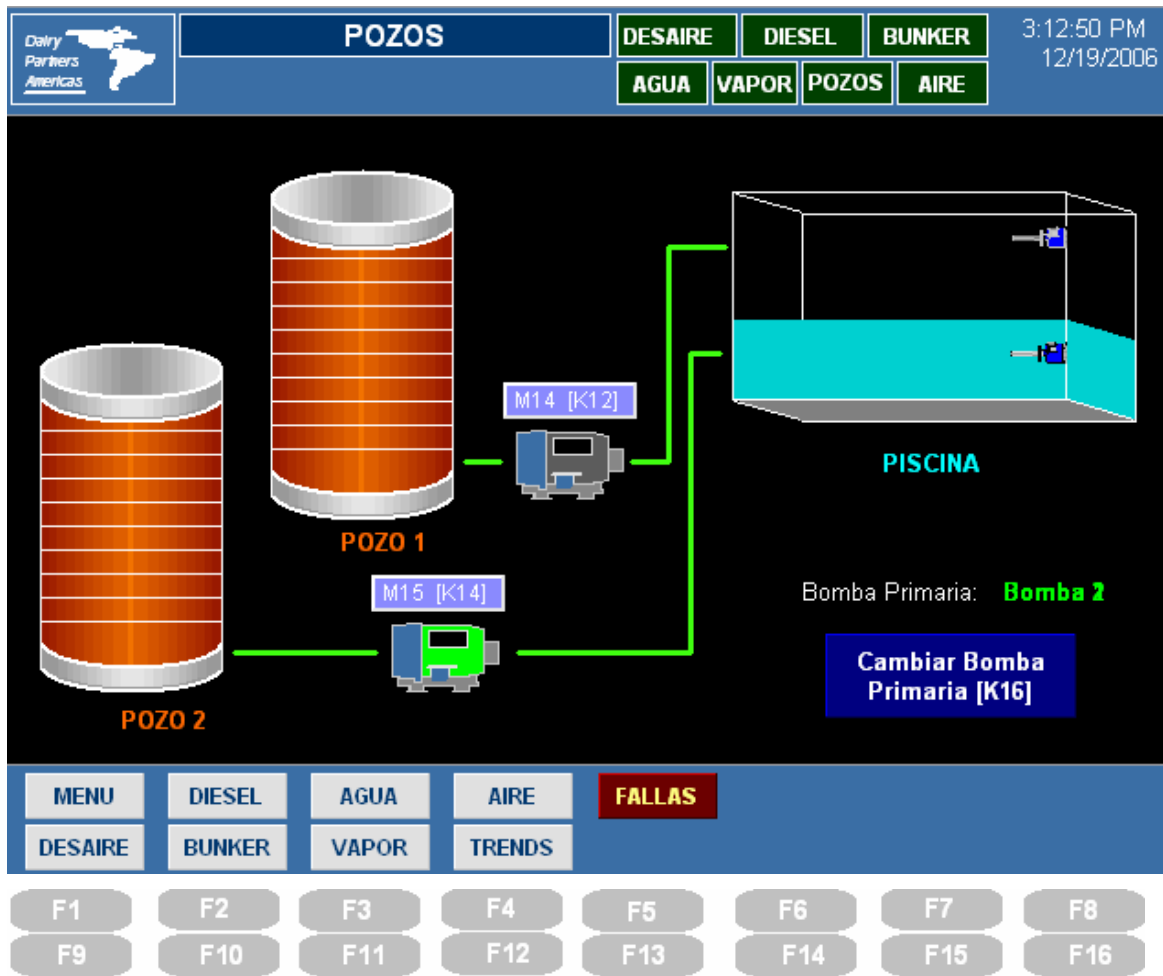
F5	Acceso a la pantalla Fallas del Sistema.
F9	Acceso a la pantalla T. Desaireador.
F10	Acceso a la pantalla T. de Bunker.
F11	Acceso a la pantalla Pozos.
F12	Acceso a la pantalla Menú de Históricos.

e. VAPOR Y CALDERAS



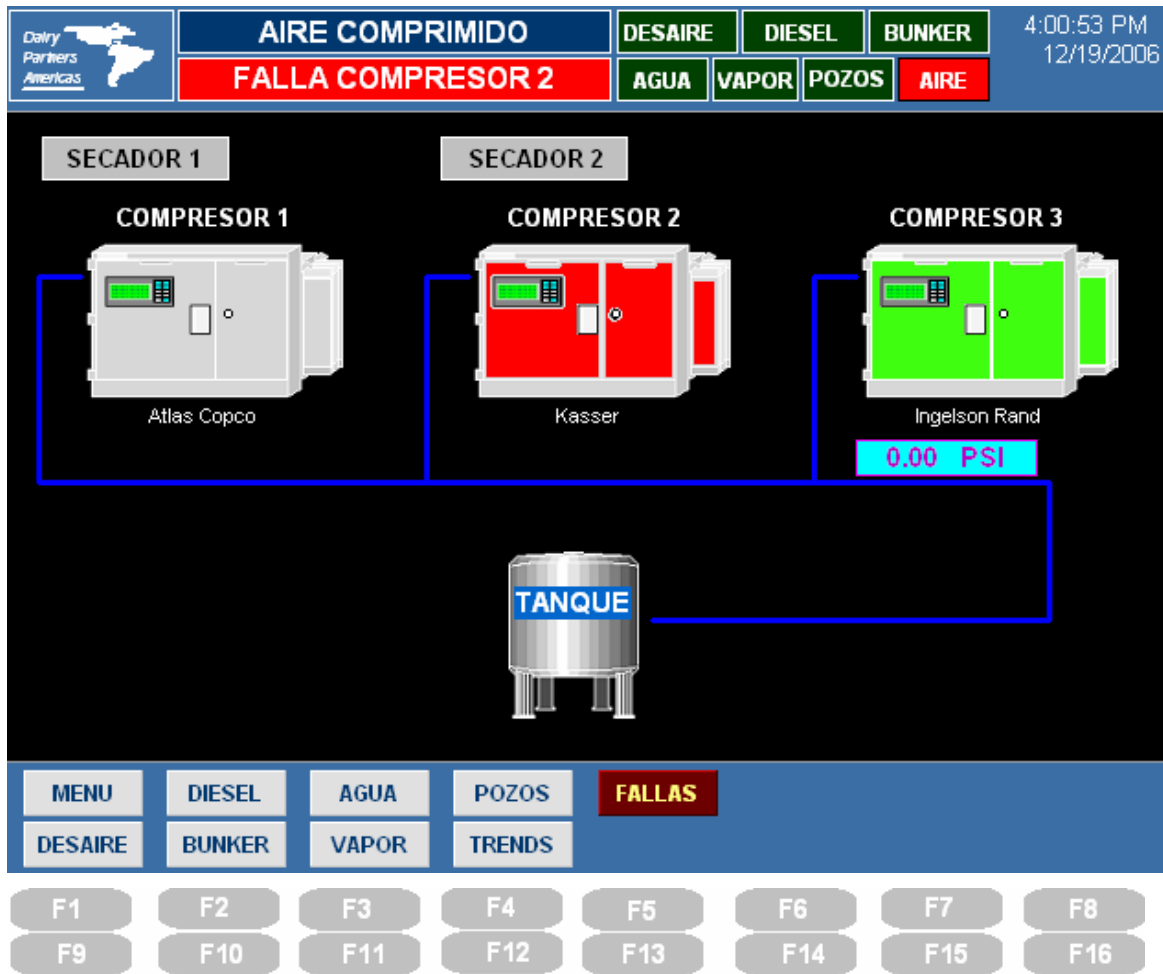
TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
F1	Acceso al Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Diesel.
F3	Acceso a la pantalla Agua.
F4	Acceso a la pantalla Aire Comprimido.
F5	Acceso a la pantalla Fallas del Sistema.
F9	Acceso a la pantalla T. Desaireador.
F10	Acceso a la pantalla Bunker.
F11	Acceso a la pantalla Pozos.
F12	Acceso a la pantalla Menú de Históricos.

f. **POZOS**



TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
K12	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M14.
K14	Muestra Pantalla de Comando de Bomba M15.
F1	Acceso al Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Diesel.
F3	Acceso a la pantalla Agua.
F4	Acceso a la pantalla Aire Comprimido.
F5	Acceso a la pantalla Fallas del Sistema.
F9	Acceso a la pantalla T. Desaireador.
F10	Acceso a la pantalla T. Bunker.
F11	Acceso a la pantalla Vapor y Calderas.
F12	Acceso a la pantalla Menú de Históricos.

g. AIRE COMPRIMIDO



TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
F1	Acceso al Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Diesel.
F3	Acceso a la pantalla Agua.
F4	Acceso a la pantalla Pozos.
F5	Acceso a la pantalla Fallas del Sistema.
F9	Acceso a la pantalla T. Desaireador.
F10	Acceso a la pantalla Bunker.
F11	Acceso a la pantalla Vapor y Calderas.
F12	Acceso a la pantalla Menú de Históricos.

2.1.3. Pantallas de Información.-a. **MENU DE HISTORICOS**

MENU TRENDS 9:35:11 AM 12/20/2006

DESAIRE DIESEL BUNKER
AGUA VAPOR POZOS AIRE

TANQUE DESAIREADOR
 Senal de Conductividad [K1]
 Nivel del Tanque [K2]
 Presion en el Tanque [K3]
 Temperatura en el Tanque [K4]

TANQUE DE BUNKER
 Temperatura en el Tanque [K5]

AGUA
 Presion de Agua Potable [K6]
 Presion de Agua Osmosis [K7]
 Presion de Agua Industrial [K8]
 Presion Linea de Agua S. Incendios [F6]
 Temperatura Agua Industrial [F7]

AIRE COMPRIMIDO
 Presion de Linea de Aire [F8]

VAPOR Y CALDERAS
 Flujo de Caldera 1 [K9]
 Flujo de Caldera 2 [K10]
 Flujo de Caldera 3 [K11]
 Flujo en Linea de Agua [K12]
 Presion en Caldera 1 [K13]
 Presion en Caldera 2 [K14]
 Presion en Caldera 3 [K15]
 Presion en Linea de Agua [K16]
 Temperatura Salida Economizador [F14]
 Temperatura Entrada Economizado [F15]
 Temperatura Humo de Caldera [F16]

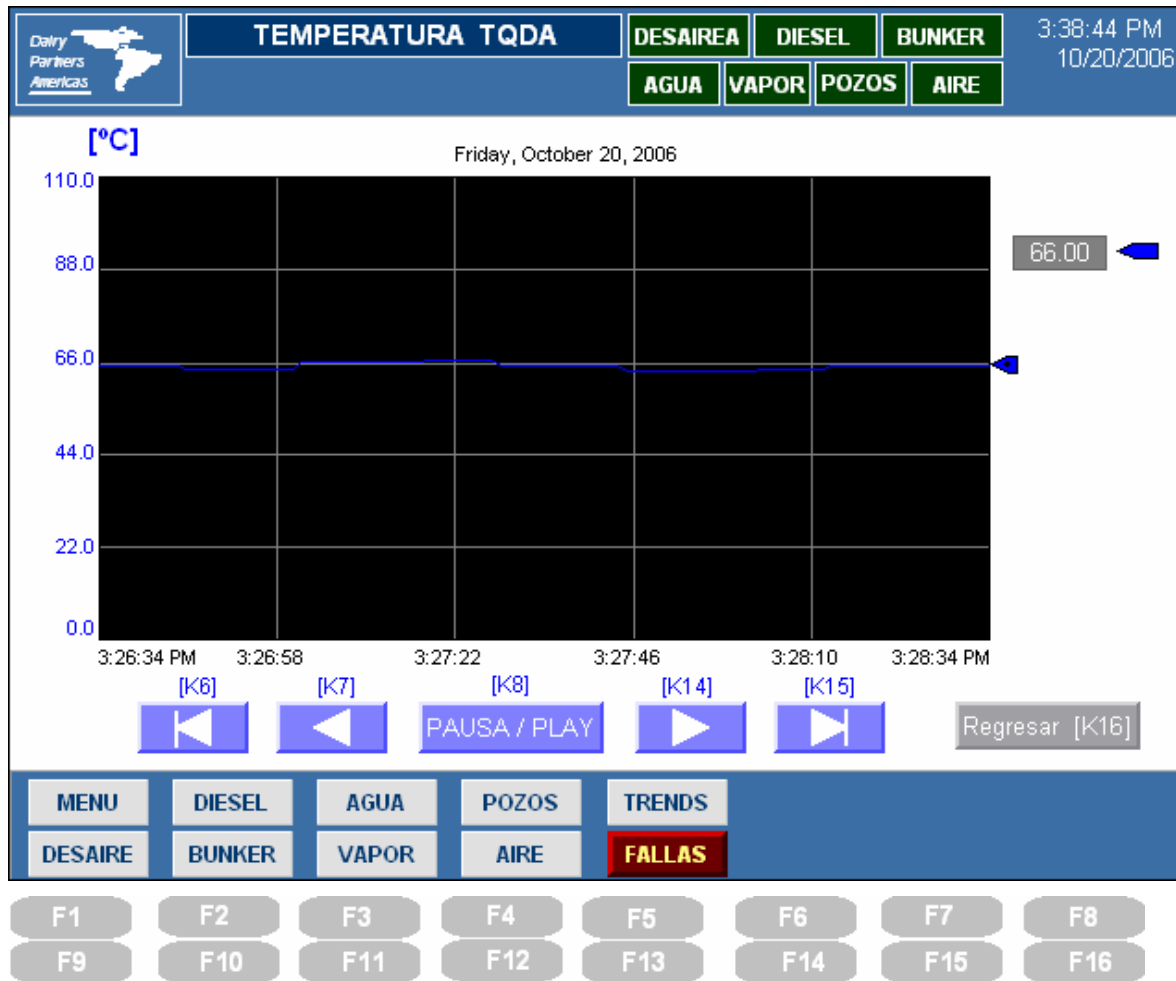
MENU DIESEL AGUA POZOS **FALLAS**
 DESAIRE BUNKER VAPOR AIRE

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8
 F9 F10 F11 F12 F13 F14 F15 F16

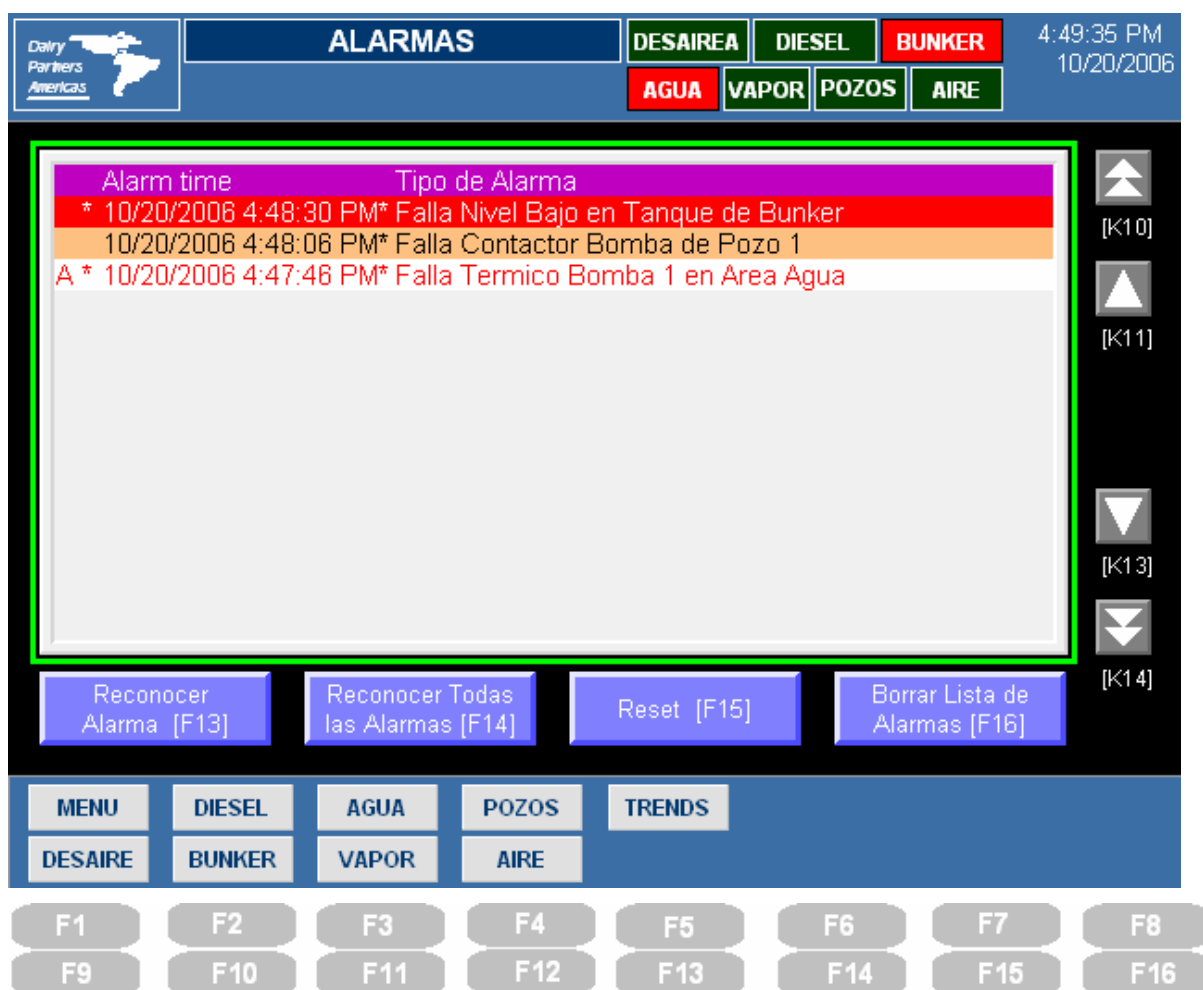
TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
K1	Presenta Histórico de Conductividad de T. Desaireador.
K2	Presenta Histórico de Nivel de T. Desaireador.
K3	Presenta Histórico de Presión de T. Desaireador.
K4	Presenta Histórico de Temperatura de T. Desaireador.
K5	Presenta Histórico de Temperatura de T. de Bunker.
K6	Presenta Histórico de presión de Agua Potable de Área Agua.
K7	Presenta Histórico de presión de Agua Osmosis de Área Agua.
K8	Presenta Histórico de presión de Agua Industrial de Área Agua.
F6	Presenta Histórico de presión de Línea del S. Contra Incendios
F7	Presenta Histórico de temperatura de Agua Industrial Área Agua
F8	Presenta Histórico de presión de Línea de Aire Comprimido

K9	Presenta Histórico de Flujo de Caldera 1 de Vapor y Calderas.
K10	Presenta Histórico de Flujo de Caldera 2 de Vapor y Calderas.
K11	Presenta Histórico de Flujo de Caldera 3 de Vapor y Calderas.
K12	Presenta Histórico de Flujo de Línea de Agua en Vapor y Cal.
K13	Presenta Histórico de Presión de Caldera 1 de Vapor y Caldera.
K14	Presenta Histórico de Presión de Caldera 2 de Vapor y Caldera.
K15	Presenta Histórico de Presión de Caldera 3 de Vapor y Caldera.
K16	Presenta Histórico de Presión de Línea de Agua en Vapor y Cal.
F14	Presenta Histórico de Temperatura de Salida de Economizador.
F15	Presenta Histórico de Temperatura de Entrada de Economizador.
F16	Presenta Histórico de Temperatura de Humo de Caldera.
F1	Acceso al Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Diesel.
F3	Acceso a la pantalla Agua.
F4	Acceso a la pantalla Pozos.
F5	Acceso a la pantalla Fallas del Sistema.
F9	Acceso a la pantalla T. Desaireador.
F10	Acceso a la pantalla Bunker.
F11	Acceso a la pantalla Vapor y Calderas.
F12	Acceso a la pantalla Aire Comprimido.

En la pantalla "Menú de Históricos" el operador escoge el parámetro del que quiere ver el comportamiento. Para esto se debe presionar la tecla función correspondiente a la variable deseada. Por ejemplo, como se muestra en la figura anterior, se debe presionar [K4] para acceder al Histórico del parámetro Temperatura del Tanque Desaireador. El Histórico se presentará así:



TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
K6	Mueve el Histórico al Inicio de la Señal.
K7	Mueve el Histórico hacia la Izquierda.
K8	Congela la imagen si esta en Play o la Activa si esta en Pausa .
K14	Mueve el Histórico hacia la Derecha.
K15	Mueve el Histórico al Final de la Señal.
K16	Regresa a la Pantalla Menú de Trends.
F1	Acceso al Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Diesel.
F3	Acceso a la pantalla Agua.
F4	Acceso a la pantalla Pozos.
F5	Acceso a la pantalla Menú de Históricos.
F9	Acceso a la pantalla T. Desaireador.
F10	Acceso a la pantalla Bunker.
F11	Acceso a la pantalla Vapor y Calderas.
F12	Acceso a la pantalla Aire Comprimido.
F13	Acceso a la pantalla Fallas del Sistema.

b. **FALLAS DEL SISTEMA**

La pantalla de Fallas del Sistema es el centro de supervisión de alarmas. La parte más importante de la pantalla es el display. Aquí se describe el tipo de falla, la hora en que ocurrió y si ha sido reconocida o no por el operador. Para esto existen símbolos como (A) que indica si la alarma ha sido reconocida y (*) que indica que la alarma sigue activa. Se han incluido varias funciones para visualización como los desplazamientos de K10, K11, K13 y K14 así como también las funciones de reconocimiento, borrado de lista de fallas y reset en el PLC. Estas funciones se detallan a continuación:

TECLA DE FUNCIÓN / NAVEGACIÓN	COMANDO
K10	Retrocede una página completa en el display de alarmas.
K11	Retrocede una línea en el display de alarmas.
K13	Avanza una línea en el display de alarmas.
K14	Avanza una página completa en el display de alarmas.

F13	Reconocimiento de la ocurrencia de la alarma señalada.
F14	Reconocimiento de la ocurrencia de todas las alarmas.
F15	Envía un pulso de reset de Alarmas al PLC.
F16	Borra toda la lista de Alarmas.
F1	Acceso a la pantalla Menú Principal.
F2	Acceso a la pantalla T. de Diesel.
F3	Acceso a la pantalla Agua.
F4	Acceso a la pantalla Pozos.
F5	Acceso a la pantalla Menú de Históricos.
F9	Acceso a la pantalla T. Desaireador.
F10	Acceso a la pantalla T. Bunker.
F11	Acceso a la pantalla Vapor y Calderas.
F12	Acceso a la pantalla Aire Comprimido.

3 *Procedimientos*

Esta sección esta orientada al uso del sistema en los modos Normal y Automático, ya que en el modo Mantenimiento, toda operación es de carácter manual. En éste capítulo se describe:

- Pasos previos al uso del sistema.
- Procedimientos para arranque en modo manual.
- Procedimientos para arranque en modo automático.
- Detalle de las Fallas, cómo reconocerlas y como actuar ante ellas.

3.1 Pasos previos al uso del sistema.-

Una vez familiarizados con todos los elementos del sistema, tanto en ubicación, navegación y en funcionamiento, cabe el determinar ciertos pasos previos para el manejo del Sistema de Monitoreo de Servicios Industriales, cuando se trabaja bajo circunstancias normales.

Para el *arranque de una bomba*, es siempre necesario que el operador haya realizado todos los chequeos de rigor previo al arranque de la maquinaria, es decir, debe verificarse que no exista falla en la bomba del grupo a utilizarse.

Posteriormente a esto se debe verificar en el display de comando de la bomba que este seleccionado el modo de operación apropiado, ya sea Manual o Automático. Para cambiar el modo de trabajo debe accederse al botón Cambiar Modo del display.

De requerirse una parada inmediata del sistema, puede recurrirse a la parada de emergencia, esta desactiva todo el sistema por hardware y software al momento de producirse la emergencia.

3.2. Procedimientos para arranque en modo manual.-

3.2.1 Bombas:-

Para arrancar las bombas en modo manual se debe acceder primero a la pantalla comando de la misma presionando la tecla función correspondiente. Luego, si el modo actual de la bomba (presentado en el indicador de modo) es automático, presionar el botón “Cambio de Modo” y si se desea cambiar de modo a todas las bombas del área, aceptar el mensaje de confirmación. Entonces, se presentará el botón “Manual”, que al presionarlo activa ya el modo manual de dicha bomba. En este punto, la bomba sigue apagada por lo que a continuación se debe presionar el botón “ON” y arrancará en modo manual.

3.3. Procedimientos para arranque en modo automático.-

3.3.1 Bombas:-

Para arrancar las bombas en modo automático se debe acceder primero a la pantalla comando de la misma presionando la tecla función correspondiente. Luego, si el modo actual de la bomba (presentado en el indicador de modo) es manual, presionar el botón “Cambio de Modo” y si se desea cambiar de modo a todas las bombas del área, aceptar el mensaje de confirmación. Entonces, se presentará el botón “Automático”, que al presionarlo activa ya el

modo automático de dicha bomba. En este punto, la bomba sigue apagada por lo que a continuación se debe presionar el botón “ON” y arrancará en modo automático.

3.4. Detalle de las Fallas del Sistema.-

Son múltiples las fallas que el panel de operador reporta al momento que éstas ocurren en el proceso. Es muy importante saber con exactitud qué fallas reporta el panel, por ello, se las enumera en la siguiente lista:

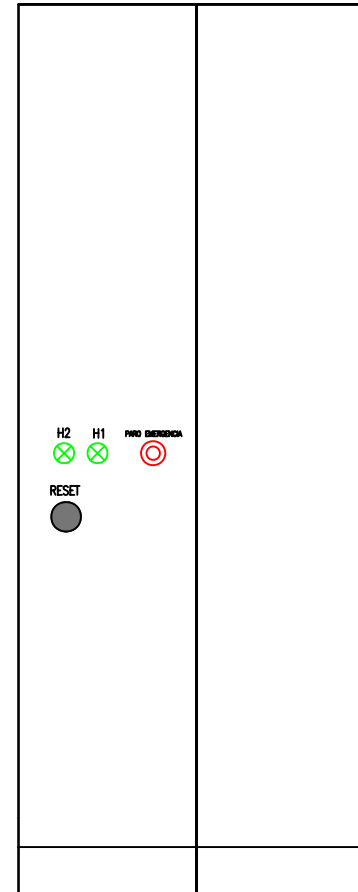
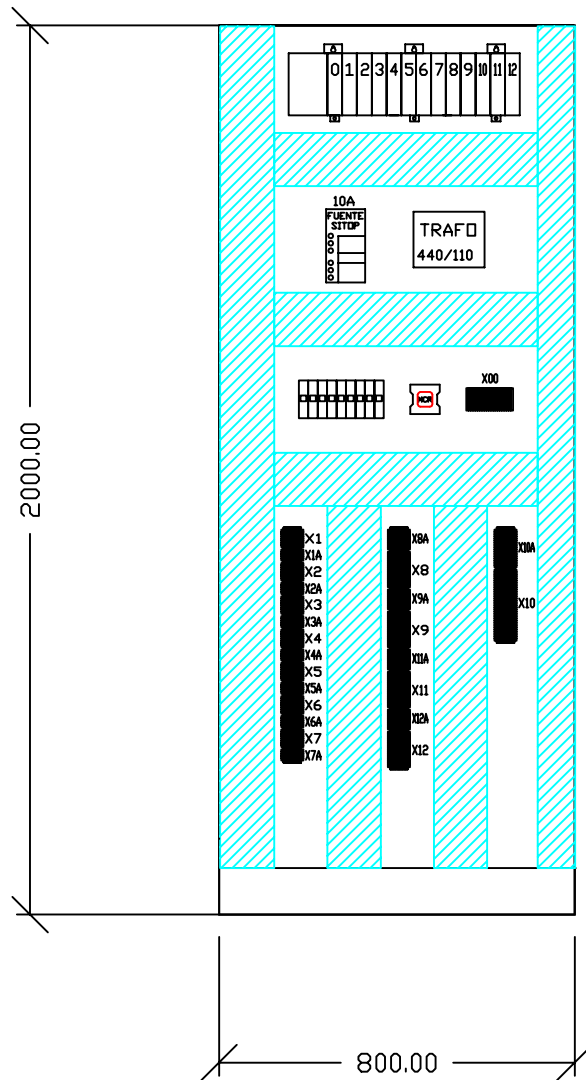
- a. Falla General.
- b. Falla de Main Circuit Relay.
- c. Fallas de Relés Térmicos de todas las bombas del sistema.
- d. Fallas de Contactores de todas las bombas del sistema.
- e. Falla de Compresores.
- f. Falla de Calderas.
- g. Fallas de Nivel Alto en Tanques y Piscina.
- h. Fallas de Nivel Bajo en Tanques y Piscina.

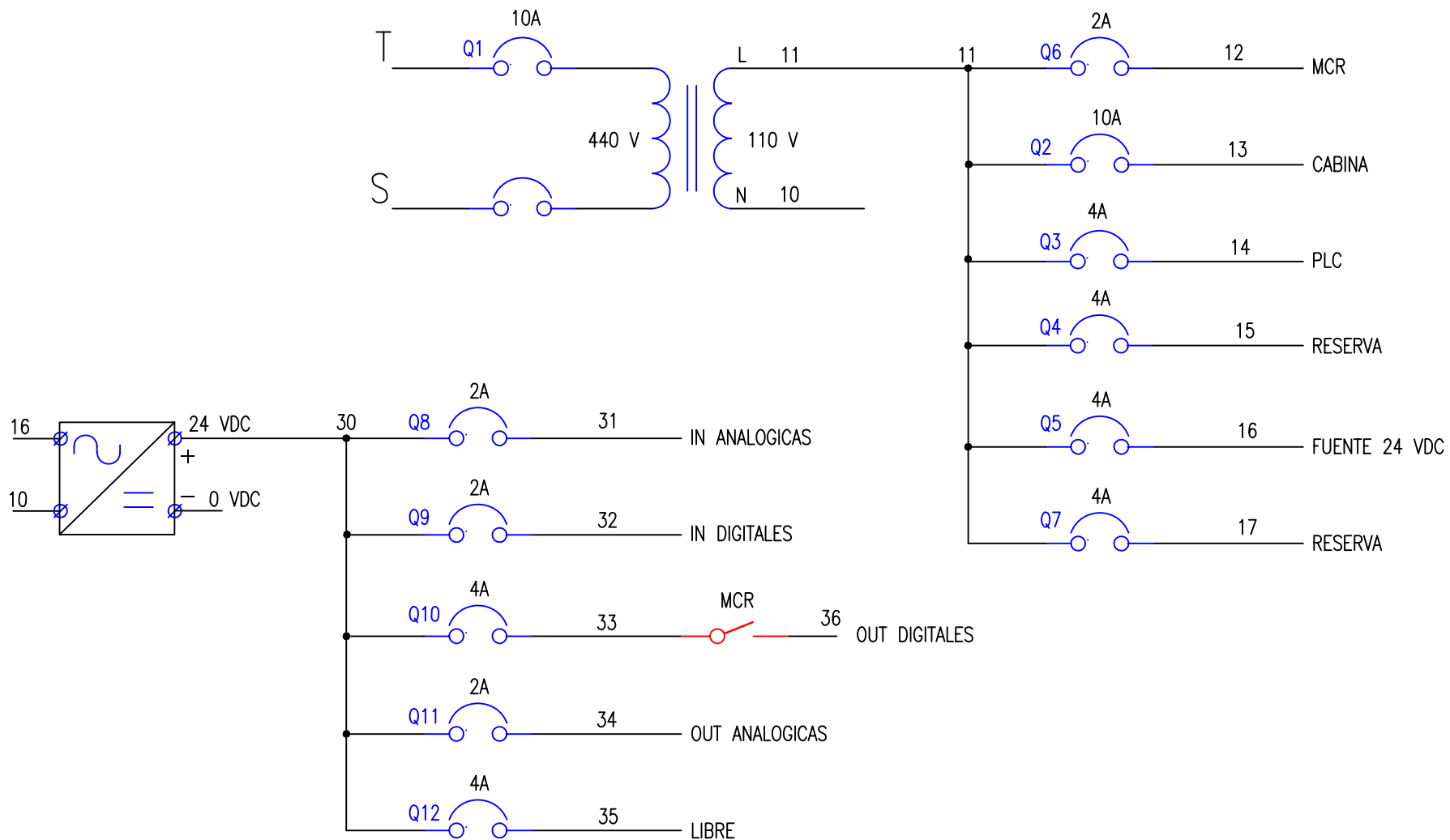
La forma correcta de afrontar una falla se basa principalmente en reconocerla lo más pronto posible tras su ocurrencia, para esto, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos y pasos a seguir:

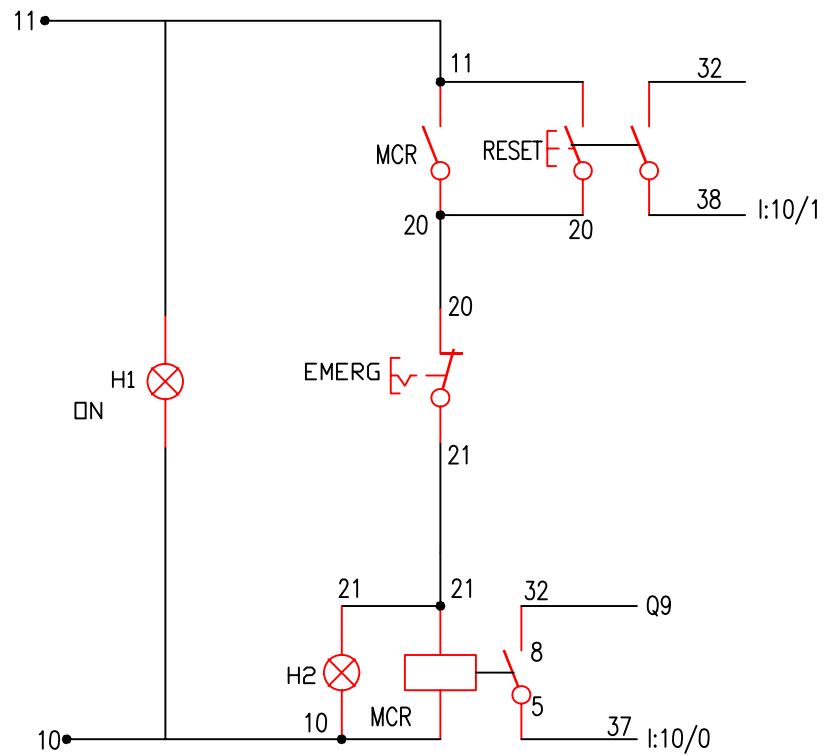
- Chequear visual y periódicamente la barra de estado del sistema (barra superior), para en el caso de presentarse una falla, reconocerla y dirigirse al Área en la cual se ha presentado la falla y determinar su causa y tratamiento.
- Atender lo más pronto posible a la presencia del “cartel de alarmas”, el cual se despliega en la parte inferior de la pantalla de visualización, por encima de cualquier pantalla del sistema, sea ésta la que sea, y provee información al operador de la falla presente y lo obliga a reconocerla con rapidez.
- Al momento de presentarse una falla, debe actuarse con serenidad y calma ante todo, pues de esta forma se pueden prevenir accidentes de aún mayor magnitud a la falla original, provocados por negligencia o apresuramientos del personal.
- Una vez superada la falla debe acudir a la pantalla de Fallas del Sistema, y borrar las alarmas ya superadas, de forma que el operador no sea susceptible de confusiones entre alarmas pasadas y presentes.

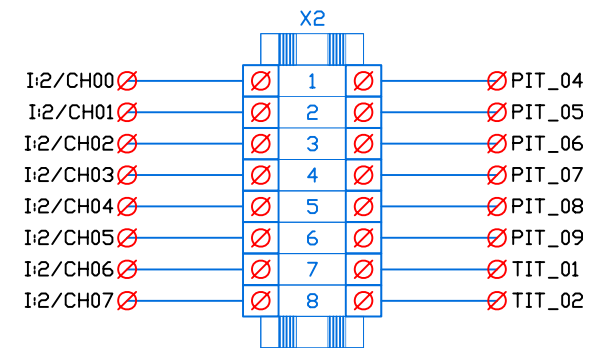
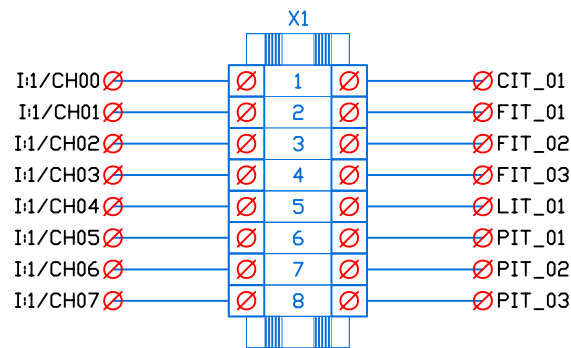
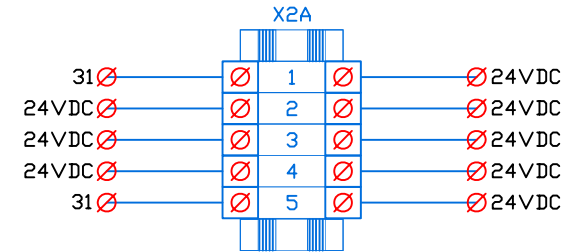
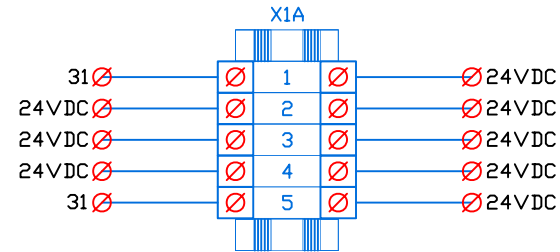
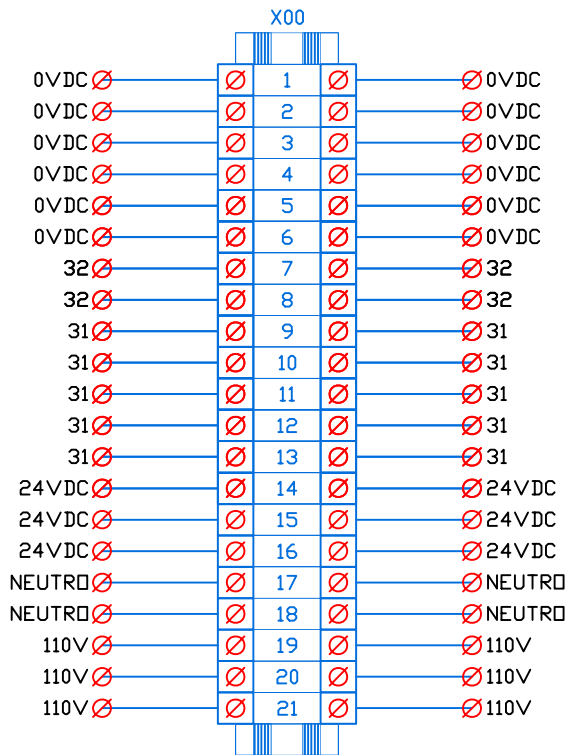
ANEXO 3

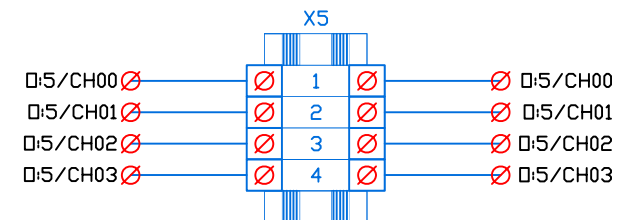
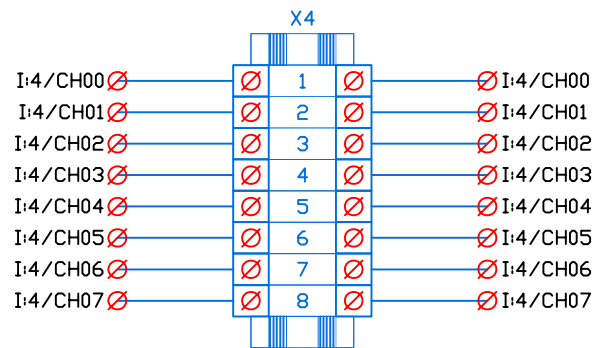
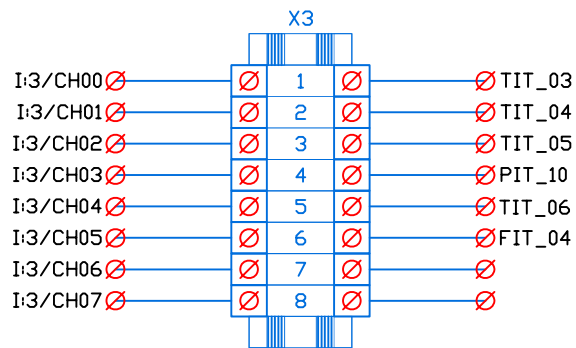
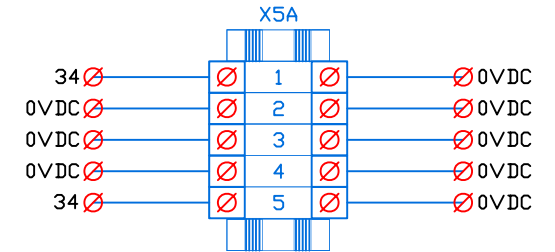
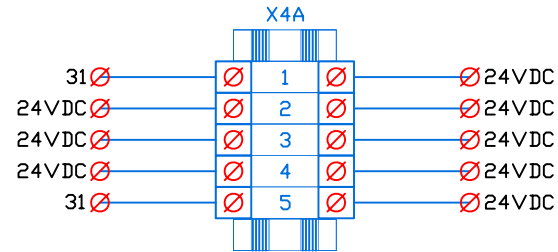
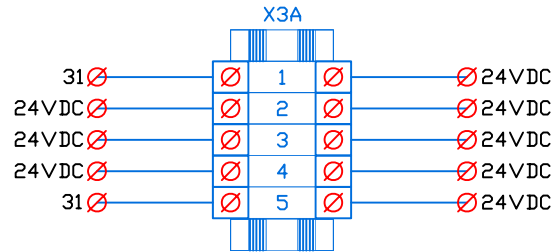
PLANOS DE INTERCONEXIÓN

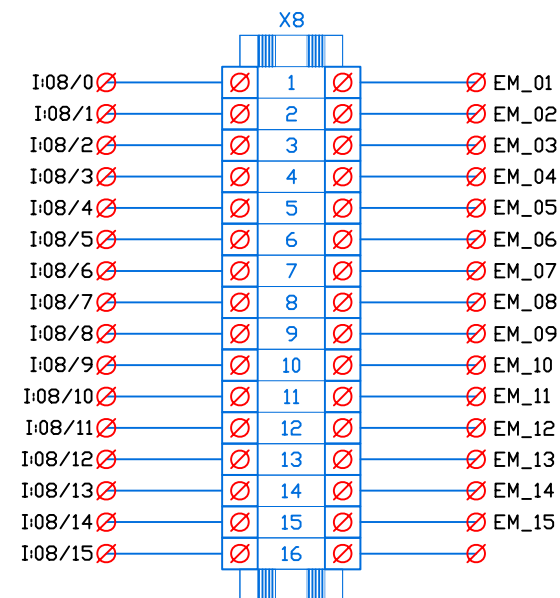
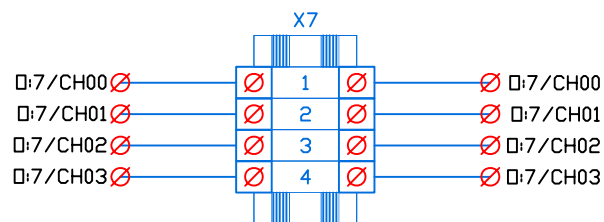
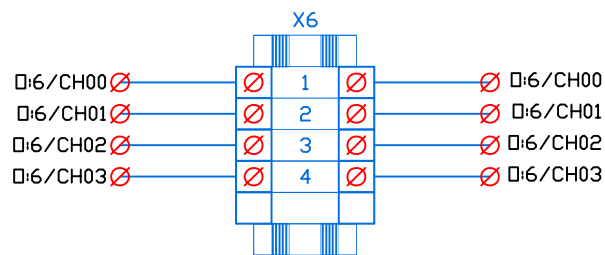
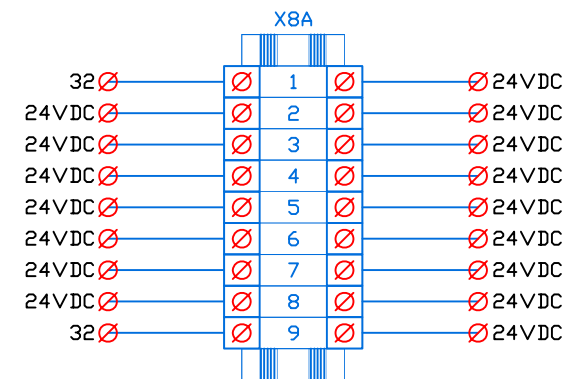
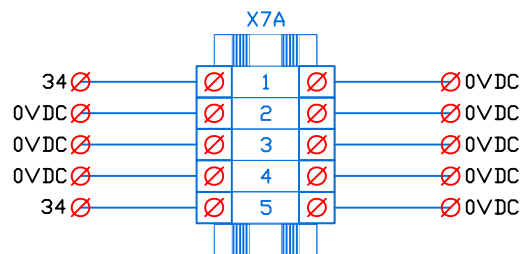
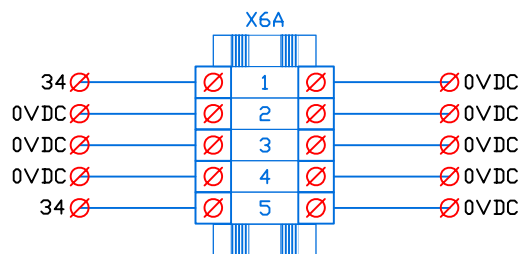


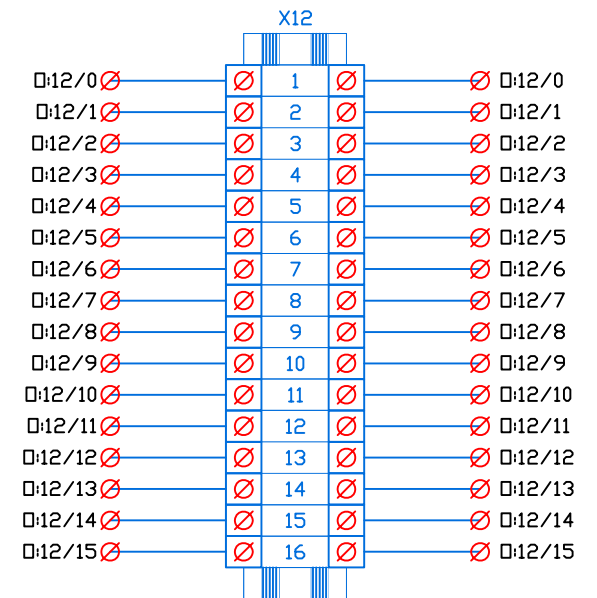
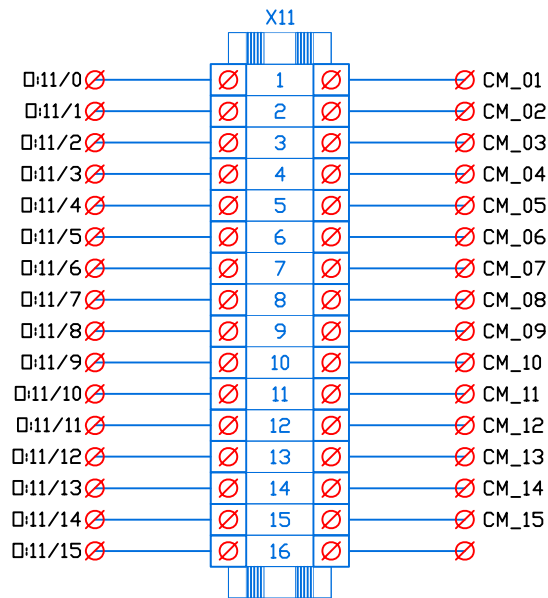
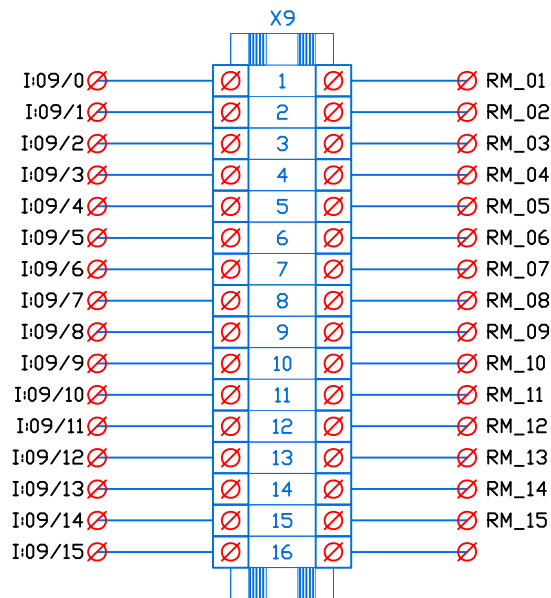
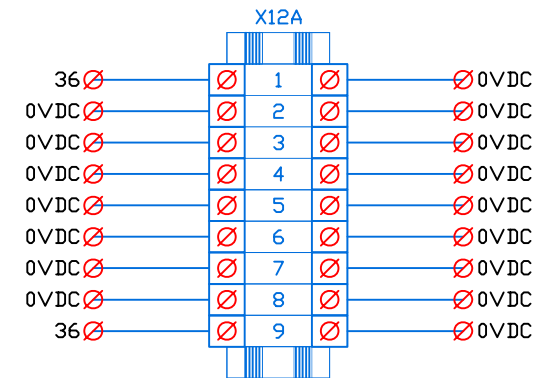
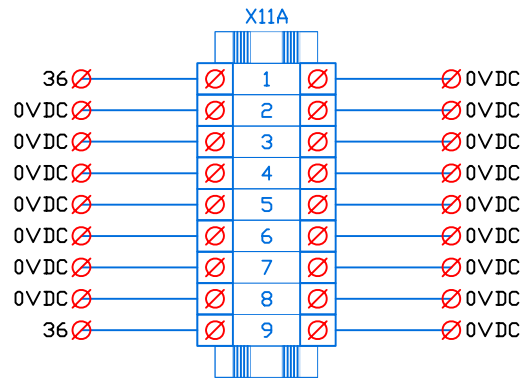
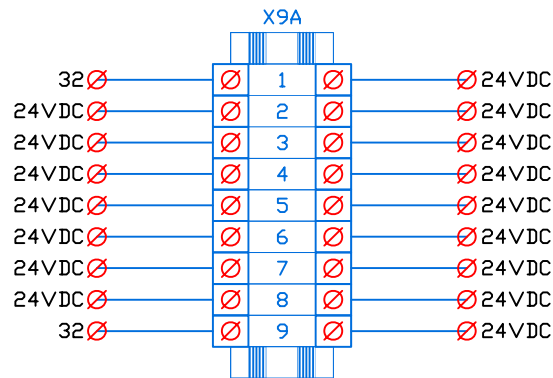


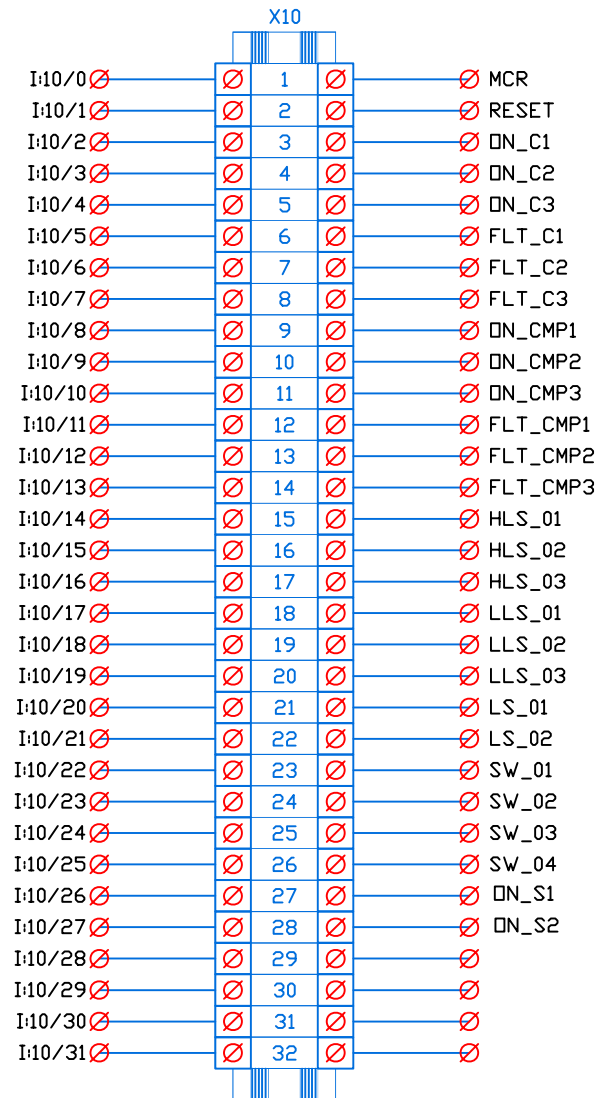
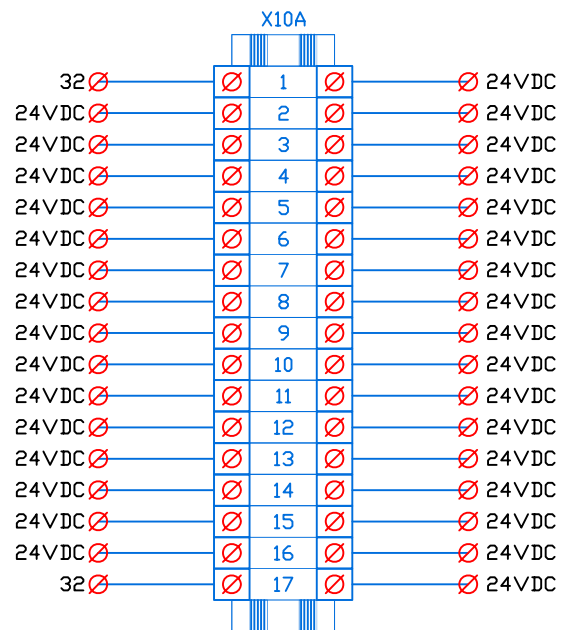












Cliente:
ECUAJUGOS

Título:
DISTRIBUCIÓN BORNERAS TABLERO PLC
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC

Aprobado por:
FJCC

Modificación:

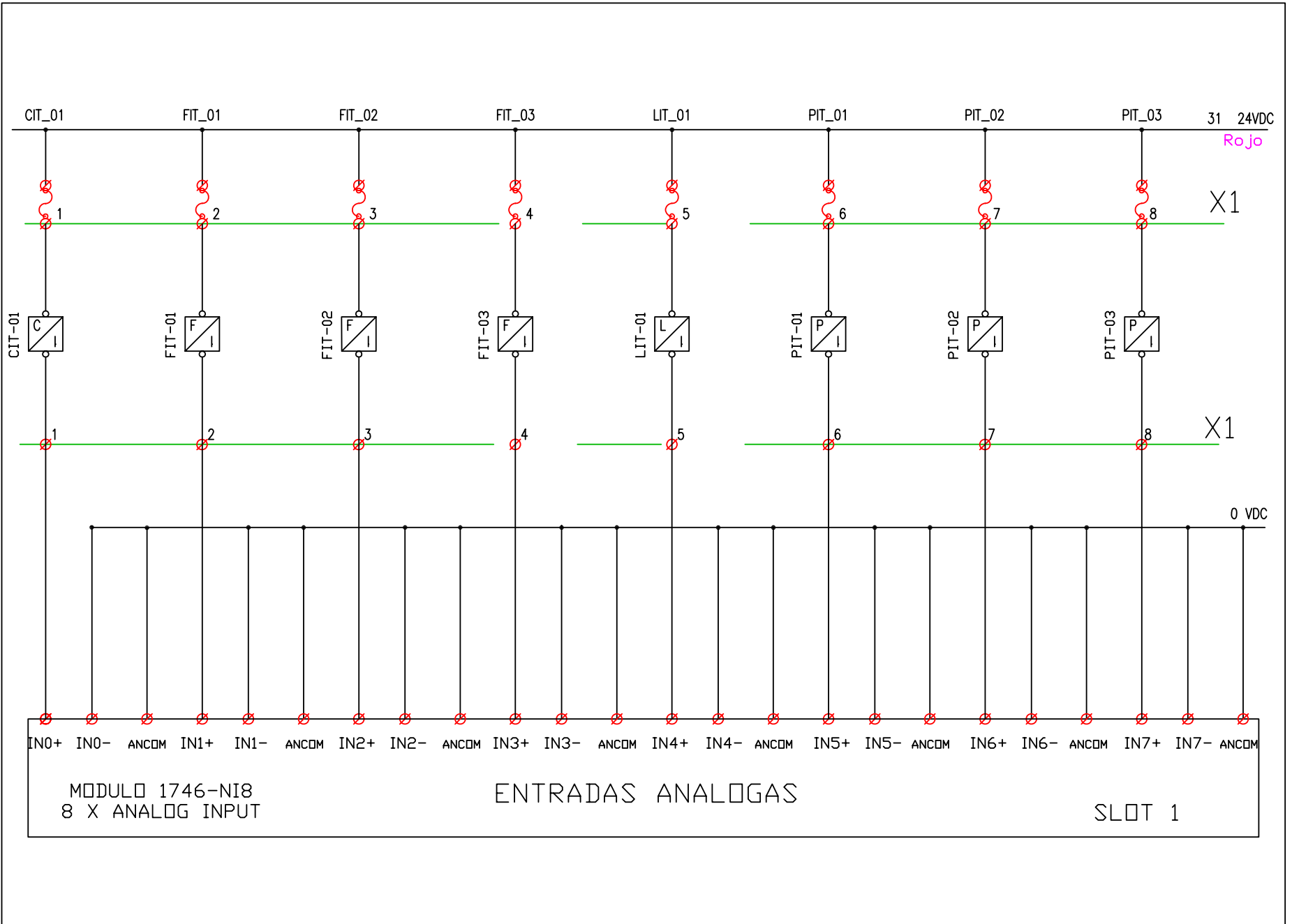
Plano
08

Escala:
S/E

Fecha:
08/AGO/06

Archivo:
DPA35PF08.DWG

Hoja:
08/21



Cliente:
EUAJUGOS

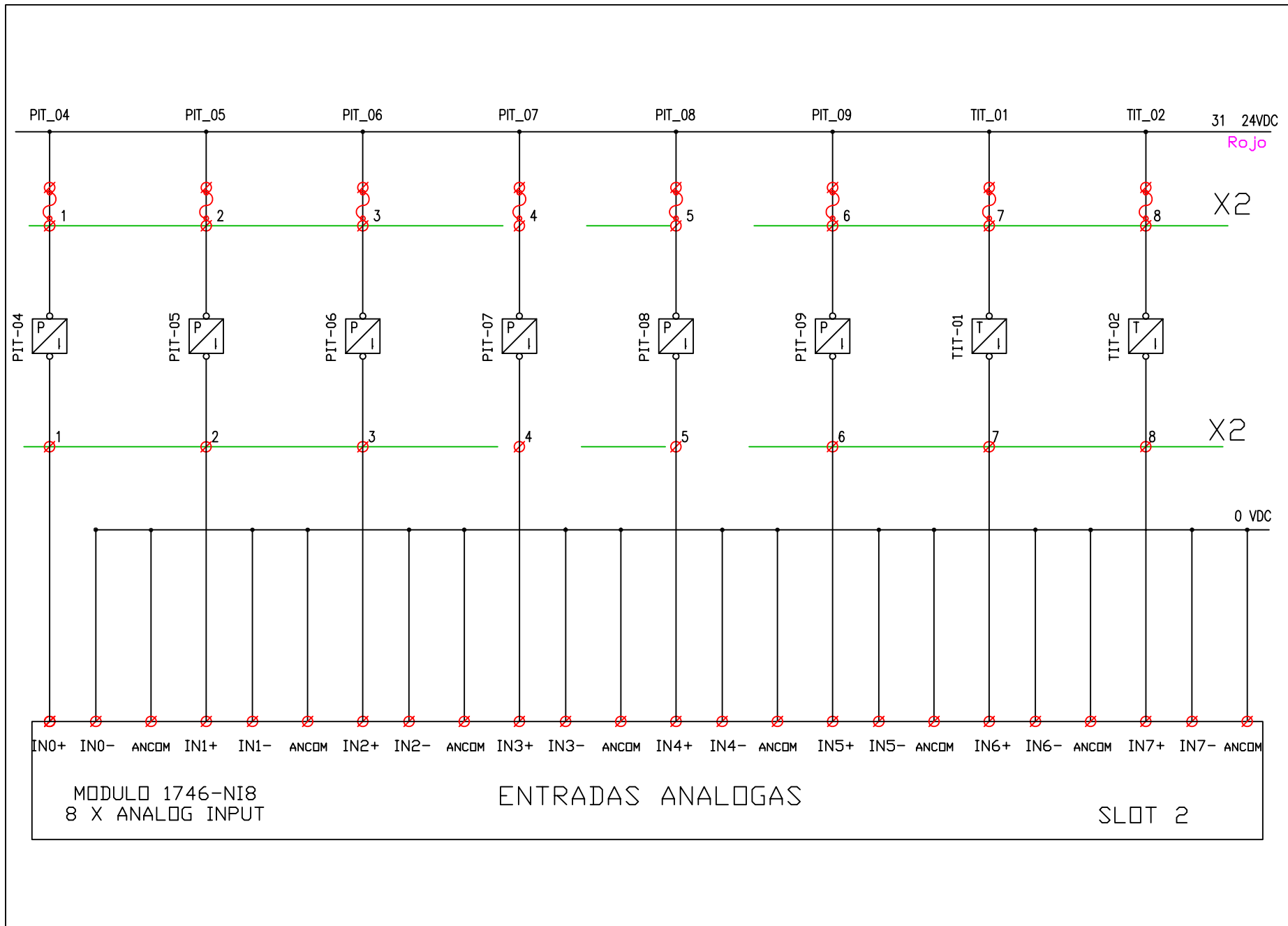
Título:
ENTRADAS ANALOGICAS PLC/SLOT 1
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

Aprobado por:
FJCC
Fecha:
08/AGO/06

Modificacion:
Archivo:
DAP35PF09.DWG

Plano:
09
Hoja:
09/21



Cliente:
ECUAJUGOS

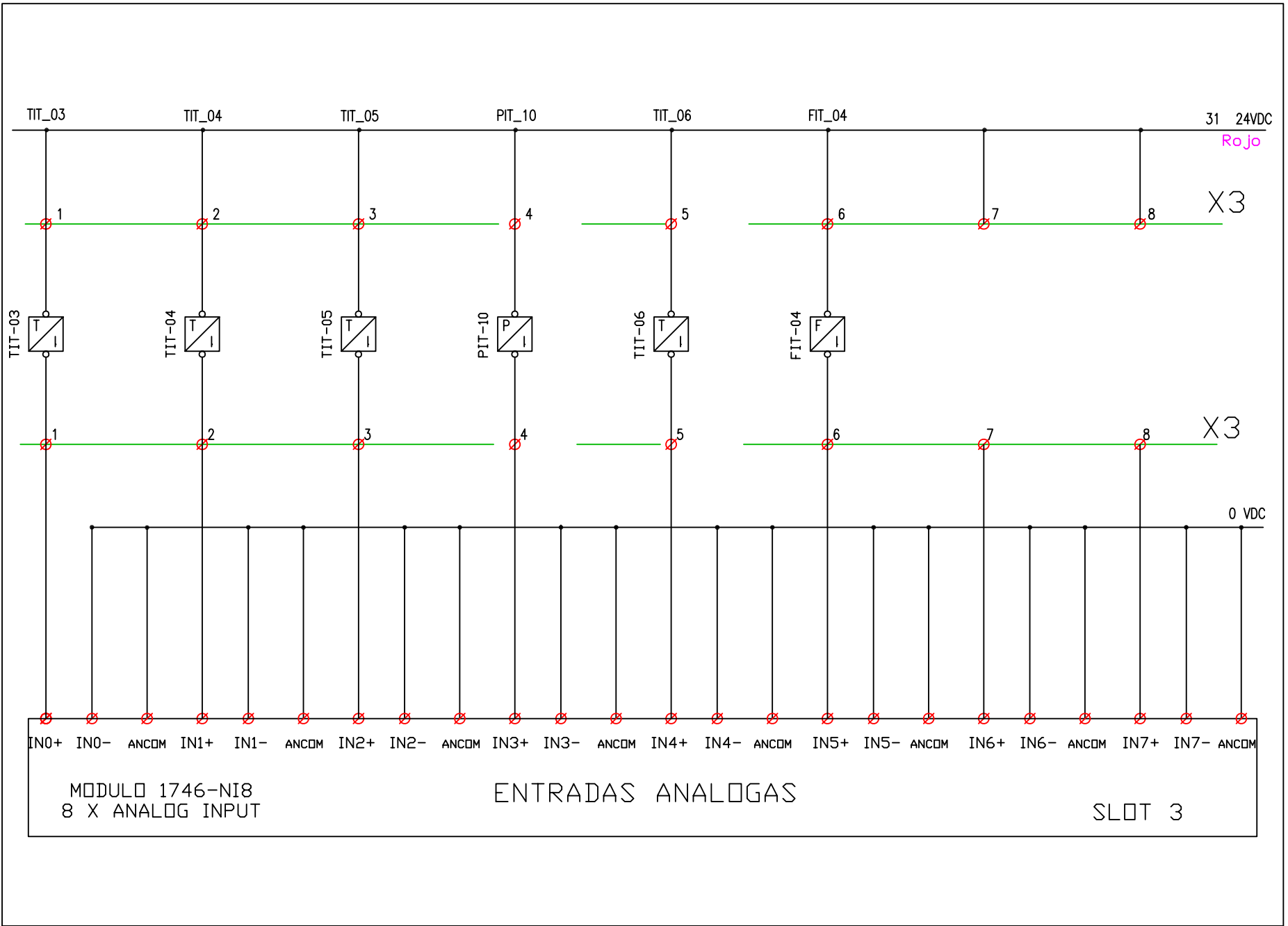
Titulo:
ENTRADAS ANALOGICAS PLC/SLOT 2
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

Aprobado por:
FJCC
Fecha:
08/AGO/06

Modificacion:
Archivo:
DAP35PF10.DWG

Plano
10
Hoja:
10/21



Cliente:

ECUAJUGOS

Título:

ENTRADAS ANALOGICAS PLC/SLOT 3
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:

GDUC

Escala:

S/E

Aprobado por:

F JCC

Fecha:

08/AGO/06

Modificacion:

Archivo:

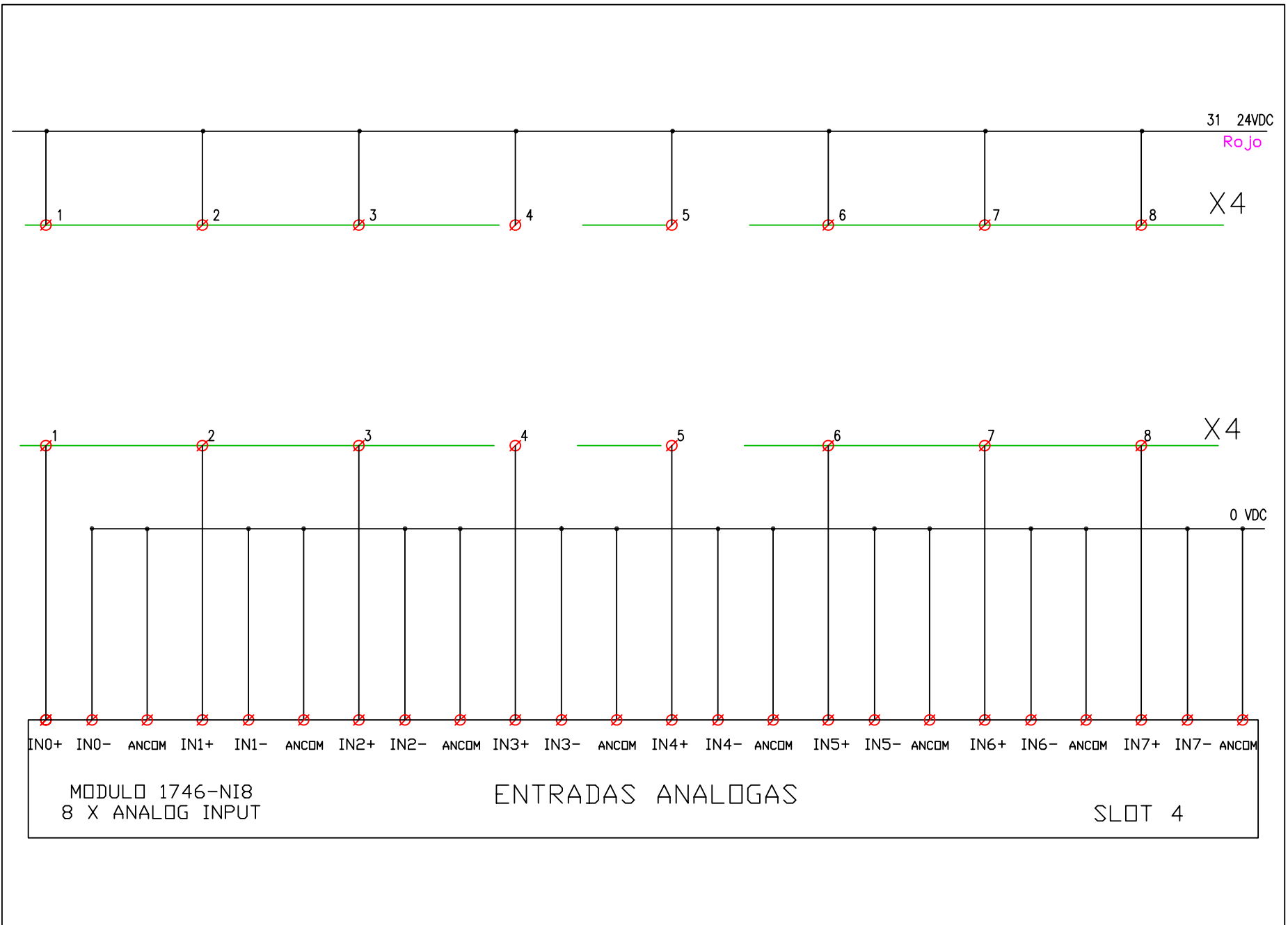
DAP35PF11.DWG

Plano

11

Hoja:

11/21



Cliente:
ECUAJUGOS

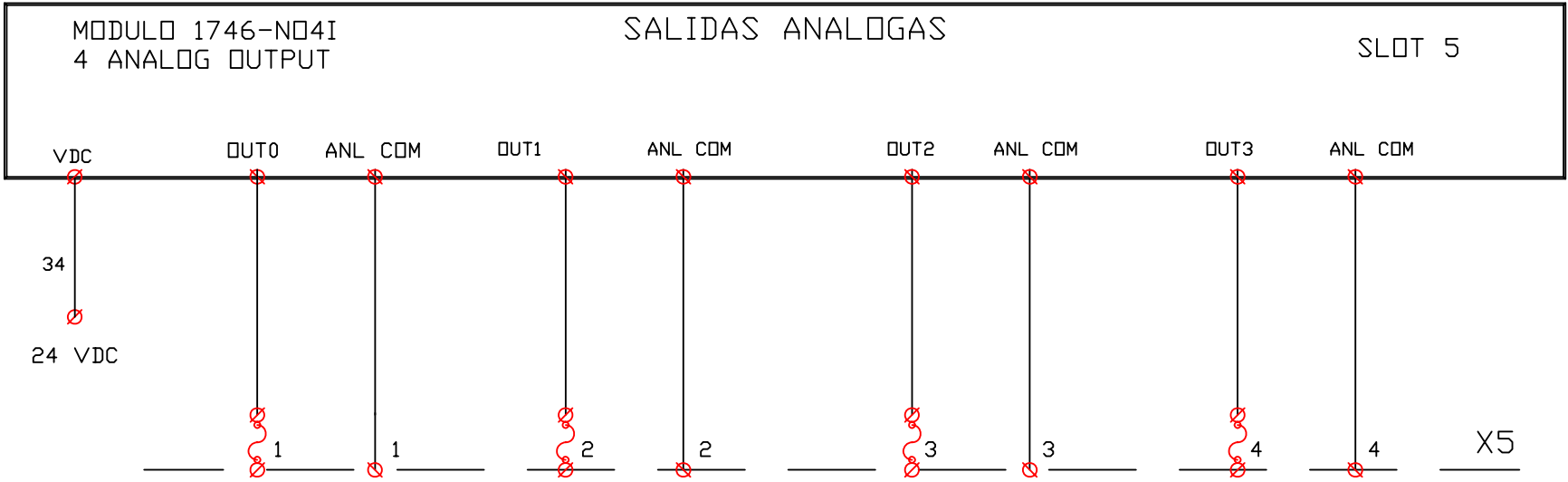
Titulo:
ENTRADAS ANALOGICAS PLC/SLOT 4
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

Aprobado por:
FJCC
Fecha:
08/AGO/06

Modificacion:
Archivo:
DAP35PF12.DWG

Plano
12
Hoja:
12/21



Cliete:
ECUAJUGOS

Titulo:
SALIDAS ANALOGICAS PLC/SLOT 5
SIGMA UHT – MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

Aprobado por:
FJCC
Fecha:
08/AGO/06

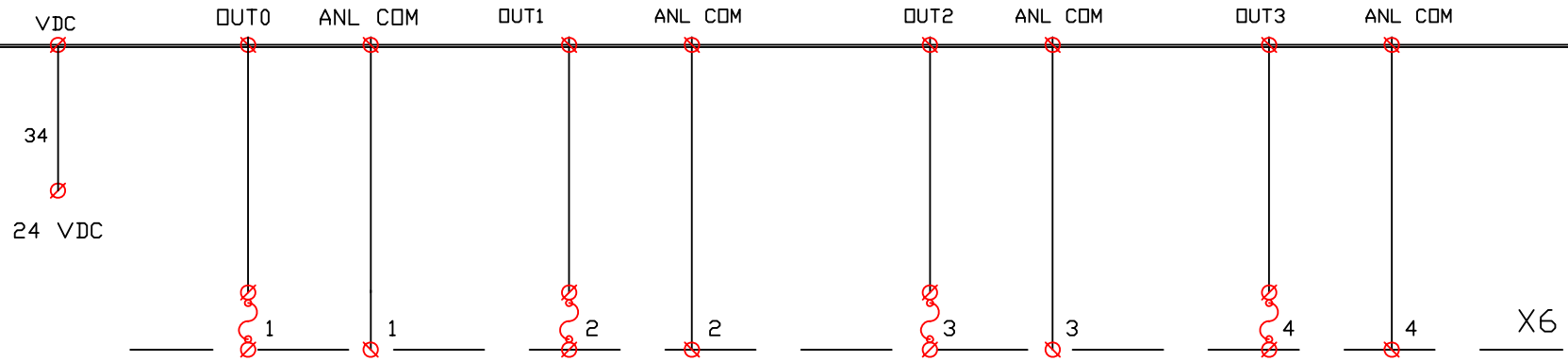
Modificacion:
Archivo:
DAP35PF13.DWG

Plano
13
Hoja:
13/21

MODULO 1746-NO4I
4 ANALOG OUTPUT

SALIDAS ANALOGAS

SLOT 6



Cliete:
ECUAJUGOS

Titulo:
SALIDAS ANALOGICAS PLC/SLOT 6
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

Aprobado por:
FJCC
Fecha:
08/AGO/06

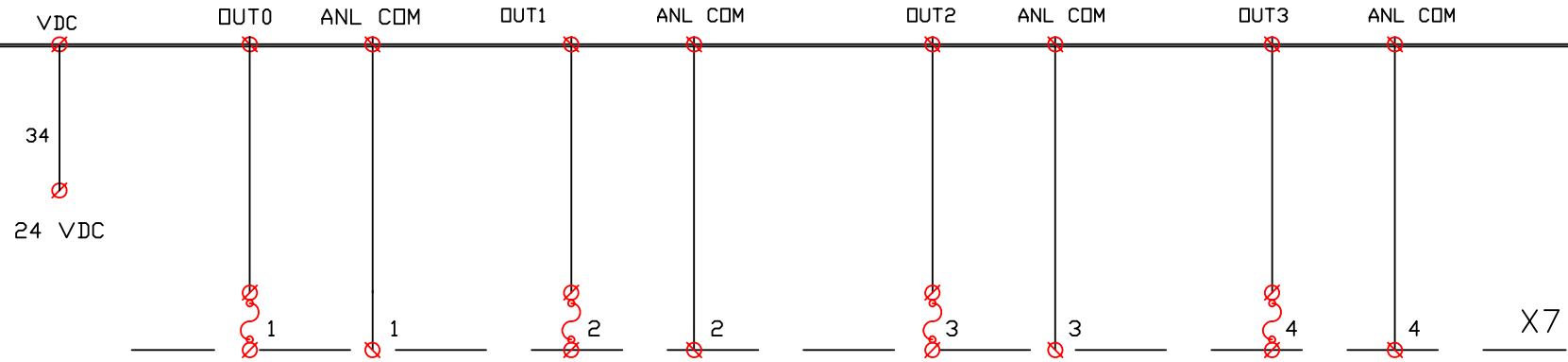
Modificacion:
Archivo:
DAP35PF14.DWG

Plano
14
Hoja:
14/21

MODULO 1746-NO4I
4 ANALOG OUTPUT

SALIDAS ANALOGAS

SLOT 7



Cliente:
ECUAJUGOS

Titulo:
SALIDAS ANALOGICAS PLC/SLOT 7
SIGMA UHT – MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

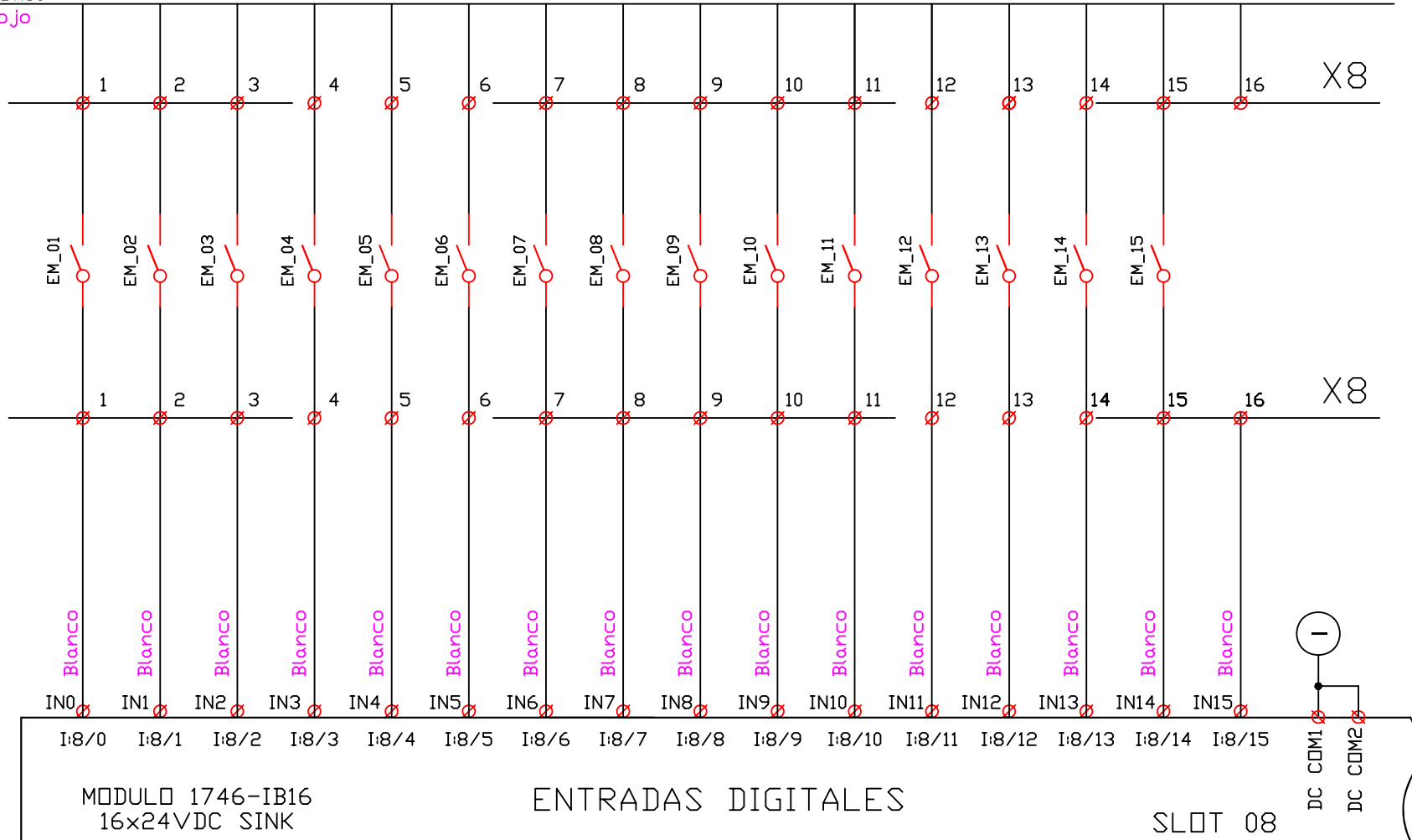
Aprobado por:
FJCC
Fecha:
08/AGO/06

Modificacion:
Archivo:
DAP35PF15.DWG

Plano
15
Hoja:
15/21

32 24VDC

Rojo



Ciente:
ECUAJUGOS

Titulo:
ENTRADAS AL PLC / SLOT 08
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

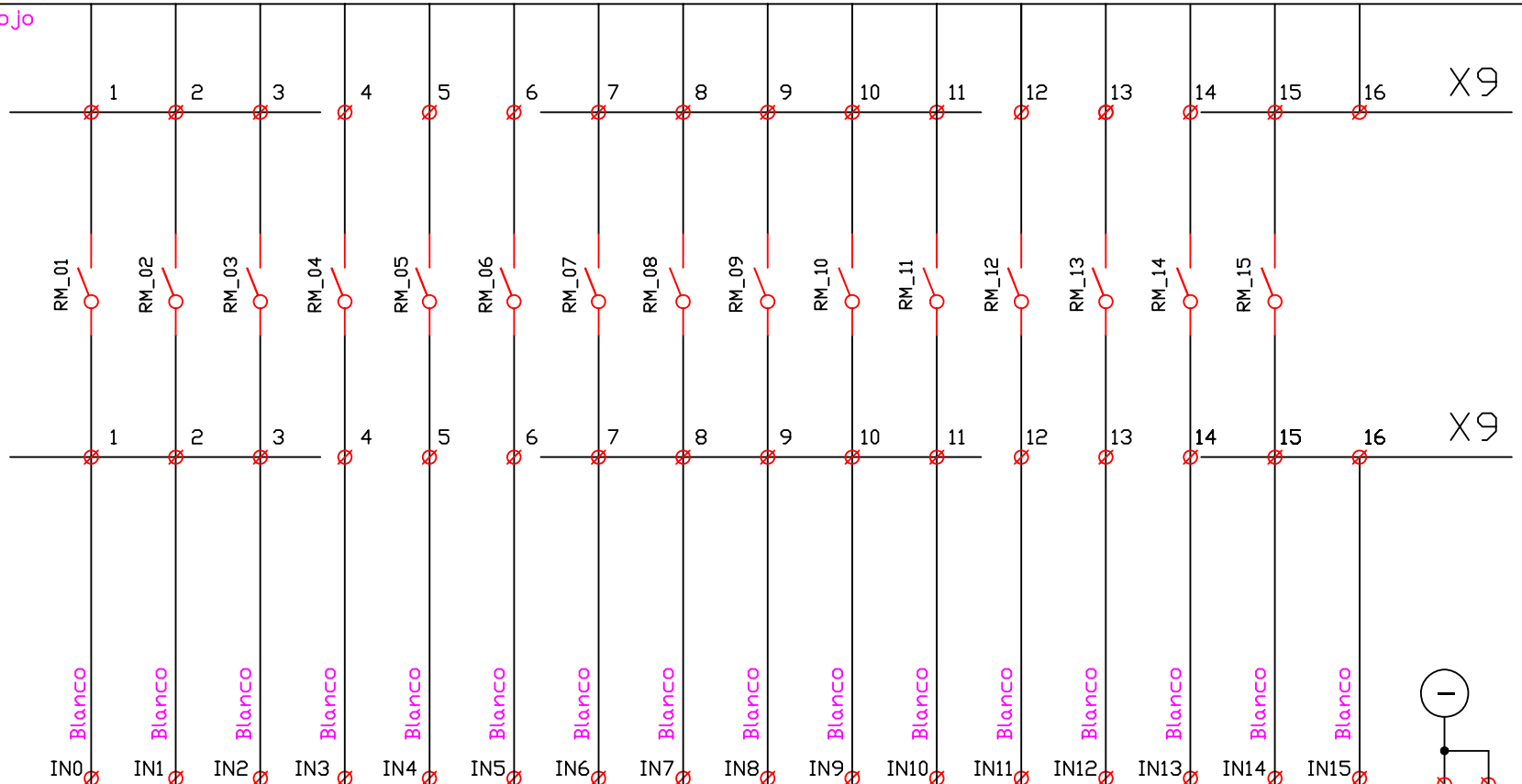
Aprobado por:
FJCC
Fecha:
08/AGO/06

Modificacion:
Archivo:
DAP35PF16.DWG

Plano
16
Hoja:
16/21

32 24VDC

Rojo



MODULO 1746-IB16
16x24VDC SINK

ENTRADAS DIGITALES

SLOT 09

DC COM1
DC COM2



Ciente:
ECUAJUGOS

Titulo:
ENTRADAS AL PLC / SLOT 09
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

Aprobado por:
FJCC
Fecha:
08/AGO/06

Modificacion:
Archivo:
DAP35PF17.DWG

Plano
17
Hoja:
17/21

32 24VDC

Rojo



MODULO 1746-IB32
32x24VDC SINK

ENTRADAS DIGITALES

SLOT 10A

DC COM1
DC COM2



Cliete:
ECUAJUGOS

Titulo:
ENTRADAS AL PLC / SLOT 10A
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

Aprobado por:
F JCC
Fecha:
08/AGO/06

Modificacion:
Archivo:
DAP35PF18.DWG

Plano
18
Hoja:
18/21

32 24VDC
Rojo



Ciente:
EUAJUGOS

Título:
ENTRADAS AL PLC / SLOT 10B
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC
Escala:
S/E

Aprobado por:
FJCC
Fecha:
08/AGO/06

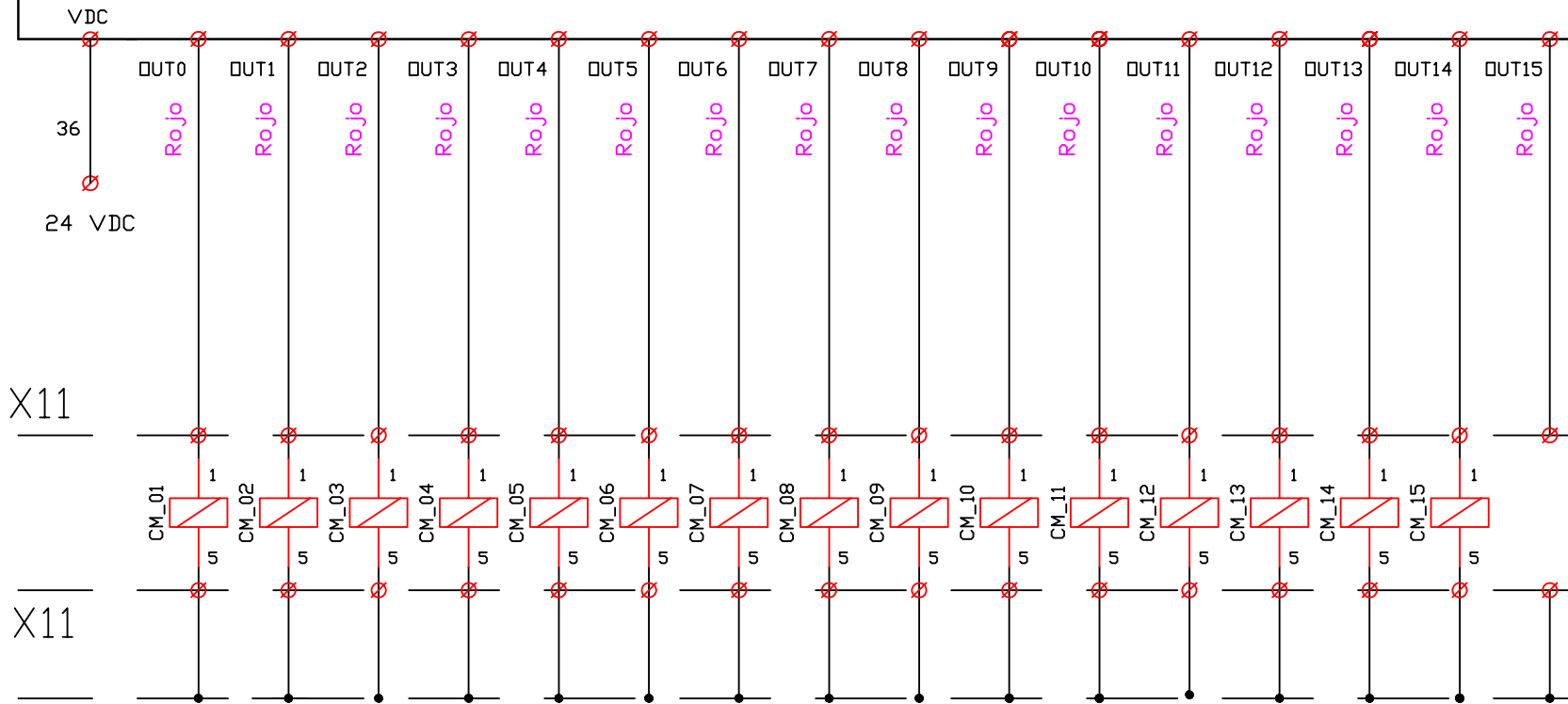
Modificacion:
Archivo:
DAP35PF19.DWG

Plano
19
Hoja:
19/21

MODULO 1746-DW16
16 x 24VDC

SALIDAS DIGITALES

SLOT 11



Ciente:
ECUAJUGOS

Titulo:
SALIDAS PLC / SLOT 11
SIGMA UHT - MONITOREO SERV. INDUSTRIALES

Dibujado por:
GDUC

Escala:
S/E

Aprobado por:
F JCC

Fecha:
08/AGO/06

Modificacion:

Archivo:
DAP35PF20.DWG

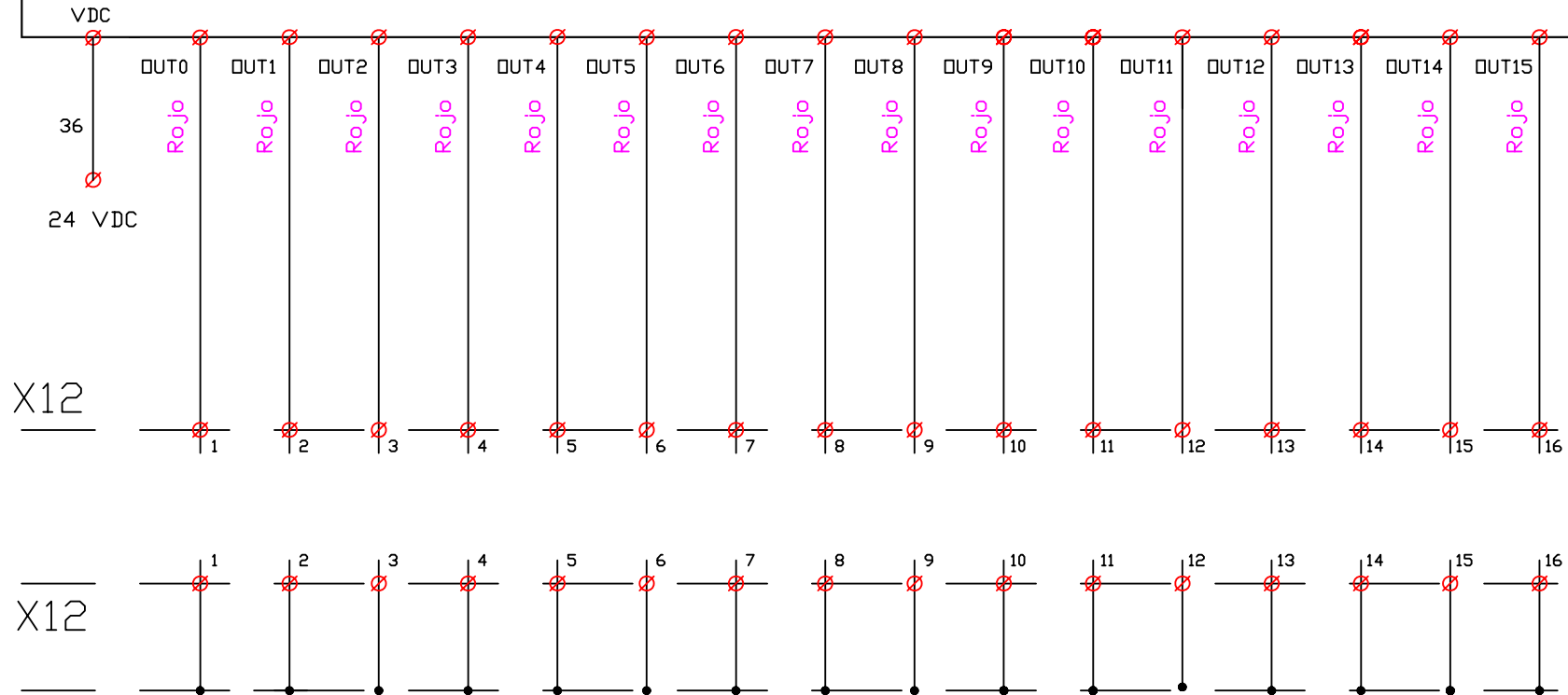
Plano:
20

Hoja:
20/21

MODULO 1746-OW16
16 x 24VDC

SALIDAS DIGITALES

SLOT 12



Cliete:
ECUAJUGOS

Titulo:
SALIDAS PLC / SLOT 12

Dibujado por:
GDUC

Aprobado por:
FJCC

Modificacion:

Plano:
21

Escala:
S/E

Fecha:
08/AGD/06

Archivo:
DAP35PF21.DWG

Hoja:
21/21

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura. 1.1	<i>Clases de Presiones</i>	13
-------------	----------------------------------	----

CAPÍTULO 2

Figura. 2.1	<i>Uno de los Primeros PLC</i>	20
Figura. 2.2	<i>Concepto Gráfico del PLC</i>	21
Figura. 2.3	<i>Arquitectura del PLC</i>	22
Figura. 2.4	<i>Ciclo de Trabajo del PLC</i>	24
Figura. 2.5	<i>Paneles de Operador</i>	27
Figura. 2.6	<i>Partes de un Panel de Operador</i>	28
Figura. 2.7	<i>Partes de la Pantalla en RSLogix500</i>	30
Figura. 2.8	<i>Archivos del Proyecto</i>	31
Figura. 2.9	<i>Selección de Procesador</i>	33
Figura. 2.10	<i>Configuración Módulos Entrada-Salida</i>	34
Figura. 2.11	<i>Barra de Instrucciones</i>	35
Figura. 2.12	<i>Paleta de Instrucciones</i>	36
Figura. 2.13	<i>Partes de la Pantalla en RSView Studio</i>	38
Figura. 2.14	<i>Creación de un Nuevo Proyecto en RSView Studio</i>	40
Figura. 2.15	<i>Configuración del "Startup Editor"</i>	42
Figura. 2.16	<i>Configuración de las Propiedades del Proyecto "Project Settings" ...</i>	43
Figura. 2.17	<i>Configuración de las Propiedades del Proyecto "Project Settings"2 ..</i>	44
Figura. 2.18	<i>Configuración de Cuentas de Usuario</i>	45
Figura. 2.19	<i>Configuración de una Pantalla</i>	47
Figura. 2.20	<i>Creación de Tags</i>	48

CAPÍTULO 3

Figura. 3.1	<i>Plano de área Tanque Desaireador</i>	52
Figura. 3.2	<i>Plano de área Tanque Diario de Diesel</i>	53
Figura. 3.3	<i>Plano de área Tanque Diario de Bunker</i>	55
Figura. 3.4	<i>Plano de área Agua</i>	57
Figura. 3.5	<i>Plano de área Vapor y Calderas</i>	59
Figura. 3.6	<i>Plano de área Pozos</i>	61
Figura. 3.7	<i>Plano de área Aire Comprimido</i>	62
Figura. 3.8	<i>Distribución de los Elementos en el Tablero</i>	68

CAPÍTULO 4

Figura. 4.1	<i>Controlador Modular de la Familia SLC 500</i>	70
Figura. 4.2	<i>Procesador 5/01</i>	73
Figura. 4.3	<i>Procesador 5/02</i>	73
Figura. 4.4	<i>Procesador 5/03</i>	73
Figura. 4.5	<i>Procesador 5/04</i>	74

Figura. 4.6	<i>Procesador 5/05</i>	74
Figura. 4.7	<i>Análisis de Fuentes desde RSLogix500</i>	77
Figura. 4.8	<i>Distribución de Módulos en el Chasis</i>	78
Figura. 4.9	<i>Instalación de Módulos</i>	78
Figura. 4.10	<i>Dimensiones del Chasis para 13 Slots</i>	79
Figura. 4.11	<i>PanelView Plus 1000 Allen Bradley</i>	80
Figura. 4.12	<i>Estructura Modular del PanelView Plus 1000</i>	81
Figura. 4.13	<i>Dimensiones del PanelView Plus 1000</i>	82
Figura. 4.14	<i>Dimensiones de Espacio Libre alrededor del Controlador</i>	84
Figura. 4.15	<i>Distribución de Breakers</i>	85
Figura. 4.16	<i>Circuito MCR</i>	86
Figura. 4.17	<i>Distribución de los Elementos en el Tablero</i>	87

CAPÍTULO 5

Figura. 5.1	<i>Llamado a Subrutina</i>	90
Figura. 5.2	<i>Imágen de Entrada Digital</i>	91
Figura. 5.3	<i>Imágen de Salida Digital</i>	91
Figura. 5.4	<i>Arranque General de Bomba en Modo Manual</i>	92
Figura. 5.5	<i>Arranque General de Bomba en Modo Automático</i>	93
Figura. 5.6	<i>Circuito Típico de Enclavamiento</i>	94
Figura. 5.7	<i>Falla General de la Bomba</i>	94
Figura. 5.8	<i>Configuración de una Entrada Análoga</i>	98
Figura. 5.9	<i>Temporizador Infinito</i>	99
Figura. 5.10	<i>Diagrama de Flujo del Programa del PLC</i>	102
Figura. 5.11	<i>Distribución de Elementos en la Pantalla</i>	104
Figura. 5.12	<i>Distribución de Elementos en Barra de Estado</i>	105
Figura. 5.13	<i>Significado de Colores en Estado de Áreas</i>	105
Figura. 5.14	<i>Barra de Navegación</i>	106
Figura. 5.15	<i>Menú Principal</i>	109
Figura. 5.16	<i>Comando de Bombas</i>	110
Figura. 5.17	<i>Confirmación de Cambio de Modo para Bombas</i>	111
Figura. 5.18	<i>Comando de Bombas para Área Agua</i>	112
Figura. 5.19	<i>Diagrama de Flujo para Activar una Bomba</i>	124
Figura. 5.20	<i>Diagrama de Flujo para Desactivar una Bomba</i>	125
Figura. 5.21	<i>Pantalla de Tanque Desaireador</i>	113
Figura. 5.22	<i>Pantalla de Tanque Diario de Diesel</i>	114
Figura. 5.23	<i>Pantalla de Tanque Diario de Bunker</i>	115
Figura. 5.24	<i>Pantalla de Agua</i>	116
Figura. 5.25	<i>Pantalla de Vapor y Calderas</i>	117
Figura. 5.26	<i>Pantalla de Pozos</i>	118
Figura. 5.27	<i>Pantalla de Aire Comprimido</i>	119
Figura. 5.28	<i>Pantalla Menú de Históricos</i>	120
Figura. 5.29	<i>Pantalla Histórico de Temperatura del Tanque Desaireador</i>	121
Figura. 5.30	<i>Pantalla de Fallas del Sistema</i>	122
Figura. 5.31	<i>Pantalla Emergente de Alarmas</i>	123

CAPÍTULO 6

Figura. 6.1	<i>Diagrama de Flujo de Pruebas Durante Puesta en Marcha</i>	130
-------------	--	-----

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 3

Tabla. 3.1	<i>Señales para PLC de Área Tanque Desaireador</i>	53
Tabla. 3.2	<i>Señales para PLC de Área Tanque Diario de Diesel</i>	54
Tabla. 3.3	<i>Señales para PLC de Área Tanque Diario de Bunker</i>	56
Tabla. 3.4	<i>Señales para PLC de Área Agua</i>	57
Tabla. 3.5	<i>Señales para PLC de Área Vapor y Calderas</i>	60
Tabla. 3.6	<i>Señales para PLC de Área Pozos</i>	61
Tabla. 3.7	<i>Señales para PLC de Área Aire Comprimido</i>	63
Tabla. 3.8	<i>Señales para PLC del Sistema</i>	63

CAPÍTULO 4

Tabla. 4.1	<i>Módulos E/S Requeridos para el Proyecto</i>	72
Tabla. 4.2	<i>Características de Fuentes de Alimentación</i>	75
Tabla. 4.3	<i>Consumo de Corriente de Módulos</i>	75
Tabla. 4.4	<i>Capacidad de Corriente Interna de Fuentes</i>	76
Tabla. 4.5	<i>Código de Colores para Cableado del Tablero</i>	83

CAPÍTULO 5

Tabla. 5.1	<i>Direcciones de Palabras de Configuración</i>	95
Tabla. 5.2	<i>Definiciones de Bits para las Palabras de Configuración</i>	96
Tabla. 5.3	<i>Palabra de Configuración Utilizada</i>	98
Tabla. 5.4	<i>Códigos de Alarmas para HMI</i>	99

GLOSARIO

TÉRMINOS

Bit.- Unidad de memoria más pequeña usado en lógica binaria o discreta, donde el valor 1 representa encendido y cero representa apagado.

Canal.- Puerto de comunicación en un módulo.

Chasis.- Un conjunto de hardware que aloja dispositivos tales como los módulos de E/S, módulos adaptadores, módulos procesadores y fuentes de alimentación.

Controlador.- Equipo, como un controlador programable, utilizado para controlar equipos de salida.

Data Server.- Servidor de datos.

DH+.- La red Data Highway Plus implementa comunicación entre dispositivos semejantes con un esquema de paso de testigo para rotar el maestro de la red entre los nodos conectados a esa red. La red Data Highway Plus tiene capacidad para programación en línea y está optimizada para redes con menos nodos (la red Data Highway Plus acepta hasta 64 nodos).

Dirección IP.- Una dirección de 32 bits asignada a equipo o computador que quieren participar en una red TCP/IP.

Dispositivo de entrada.- Un dispositivo, como por ejemplo un interruptor pulsador, o un interruptor, que suministra señales a través de circuitos de entrada a un controlador programable.

Dispositivo de salida.- Un dispositivo, como por ejemplo una luz piloto o una bobina de arrancador de motor, que es activada por el controlador programable.

Downtime.- Parada no prevista de maquinaria

EPROM Flash.- Módulo de memoria de sólo lectura programable y borrable Flash. Combina la versatilidad de programación de los EEPROM con las precauciones de seguridad de los UVPROM. Esto significa que usted tiene la opción de dejar sus programas EPROM con protección contra escritura o no.

EEPROM.- Módulo de memoria de sólo lectura programable y borrable eléctricamente usado par almacenar, hacer copias de respaldo o transferir programas SLC 500. El SLC 500 puede leer y escribir a un EEPROM.

Escalar.- El proceso de cambiar una cantidad de una notación a otra.

Ethernet.- Red de área local con tasa de comunicación de banda base de 10 – 100 Mbps.

Falso.- Estado de una instrucción que no provee de un camino lógico continuo en un *rug* de escalera.

Firmware.- En un procesador, es el que recibe las instrucciones de los programas y las ejecuta en la compleja circuitería del mismo emitiendo órdenes a otros dispositivos del sistema.

Housekeeping.- Una parte del escán donde el controlador realiza chequeos internos y servicios de comunicación.

Instrucción.- Un nemónico que define una operación a ser realizada por el procesador.

Lógica de escalera.- Un formato de programación gráfico parecido a un diagrama en forma de escalera.

Normalmente abierto.- Contacto de un relé o switch que están abiertos cuando el relé está desenergizado o el switch está desactivado.

Palabra de configuración.- Contiene información de configuración de canal necesitada por el módulo para configurar y operar cada canal.

Protocolo.- El “lenguaje” o paquete de información que es transmitido a través de una red.

Protocolo DF1.- Un protocolo a nivel de red para dispositivos iguales que combina características de ANSI X3.28-1976 subcategorías de especificación D1 (transparencia de datos) y F1 (transmisión bidireccional simultánea con respuestas incorporadas).

Red.- Una serie de estaciones (nodos) conectadas por algún tipo de medio de comunicación. Una red puede estar hecha de un vínculo simple o de varios vínculos.

RS-232.- Un estándar EIA que especifica características eléctricas, mecánicas y funcionales para circuitos de comunicación binaria en serie. Un interfaz de comunicación en serie simple.

Ruido eléctrico.- Interferencias o Parásitos a toda señal de origen eléctrico

Rung.- Línea de Programación Ladder

Runtime.- Tiempo de Ejecución de un Programa.

Slot.- Ranura del Chasis donde se conectará un módulo del PLC.

Subrutina.- Archivos independientes de programa que son llamados a ejecución desde una rutina principal.

Tag.- Referencia lógica para variables de un dispositivo o de una ubicación de memoria local.

UVPROM.- Un módulo de memoria de sólo lectura programable borrable de luz ultravioleta usado para hacer copias de respaldo, almacenar o transferir programas SLC 500. El SLC 5/01 y SLC 5/02 sólo pueden leer desde un UVPROM. Un programador PROM externo es usado para programar (escribir al) el dispositivo.

Verdadero.- El estado de una instrucción que provee de un camino lógico continuo en un *rug* de escalera.

ACRÓNIMOS

BTU British Thermal Unit

CPU Unidad de procesamiento central o procesador

DIN Deutsche Industrie Normen (Normas Industriales Alemanas)

E/S Entradas y salidas

ISA Internacional Standardization Association

MCR Main Circuit Relay (Relé de Control Maestro)

PLC Programmable Logic Controller