



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD AZCAPOTZALCO

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

TESIS INDIVIDUAL.

TITULO DE LA TESIS:

Diseño de Sistema de Control con PLC y HMI para una Autoclave.

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ROBÓTICA INDUSTRIAL

PRESENTA:

LEONARDO QUIJAS RAMÍREZ

ASESORES:

M.C. Ramón Valdés Martínez.

Ing. Carlos Alberto Mendoza Agüero.

MÉXICO D.F. A 7 DE DICIEMBRE DE 2012.

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD AZCAPOTZALCO**

REPORTE TÉCNICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN ROBÓTICA INDUSTRIAL
DEBERÁ DESARROLLAR EL C. QUIJAS RAMIREZ LEONARDO

DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL CON PLC y HMI PARA UNA AUTOCLAVE

La implementación de sistemas electrónicos y de control se va haciendo día a día más común en la industria; en este caso el proyecto se enfoca a la industria alimenticia; ya que las autoclaves son utilizadas en procesos de esterilización de productos enlatados o embolsados como frijol, chiles, verduras entre otros; es de suma importancia tener un control del proceso de esterilización más confiable ya que son productos de consumo humano.

En base a esta necesidad se diseña un sistema de control con PLC y HMI para una Autoclave, con la cual se logra que el proceso sea seguro y libre de errores de operación; ya que anteriormente se dependía de la habilidad de la persona que opera las autoclaves para que el proceso se desarrolle correctamente.

EL TEMA COMPRENDERÁ LOS SIGUIENTES PUNTOS:

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
3. DESARROLLO DEL PROYECTO
4. EVALUACIÓN ECONÓMICA
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

México, D. F., a 27 de Noviembre de 2012.

ASESOR


M. EN C. RAMÓN VALDÉS MARTÍNEZ

ASESOR


ING. CARLOS ALBERTO MENDOZA AGÜERO

IPN
Departamento de Trayectorias
y Servicios Académicos

Vo. Bo.
E.S.I.M.E.
UNIDAD AZCAPOTZALCO
EL DIRECTOR


DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ

NOTA: Se deberá utilizar el Sistema Internacional de Unidades.

AT-255 //2012

P.S. 99-04

EAMC/AMG/MEB/mro




A Dios:

Por permitirme tener salud para poder llegar a esta instancia tan importante de mi vida y haberme dado a mi familia que me ha acompañado en todo momento de mi vida y el día de hoy se encuentra conmigo.

A Mis Padres:

Leonardo Quijas Ortiz; que siempre ha sido mi ejemplo he inspiración para salir adelante con trabajo y responsabilidad, el ejemplo de cómo ser un padre y que me demuestra incondicionalmente su apoyo en cada momento que se lo he pedido.

Gracias Papá.

Georgina Ramírez Romero; que en cada etapa de mi vida me brinda su apoyo y me ha sabido guiar en la casa como hijo, demostrándome que siempre está presente en mis necesidades y triunfos.

Gracias Mamá.

A Mis Hermanos;

Luis y Jorge; que cuando hay un logro en la familia es para que todos lo podamos aprovechar y que a pesar de ser más chicos siempre han estado conmigo.

A Mi Esposa:

Adriana; que en esta etapa de mi vida me ha dado lo más hermoso que son mis hijos y que me ha apoyado para poder sacar este trabajo adelante; gracias te amo.

A mis Asesores Ingeniero Carlos Mendoza Agüero y Maestro en Ciencias Ramón Valdés; por brindarme su apoyo para poder presentar y dar forma a este proyecto; además gracias por sus enseñanzas en el aula de clases.

Y por último hacer la dedicatoria de este trabajo a mi toda mi familia y en especial a mis hijos Leoncito, Faty y Santy, que son mi mayor inspiración en esta vida; es para ustedes los amo.



ÍNDICE GENERAL.

CONTENIDO	PÁGINA
Portada	I
Reporte Técnico	II
Agradecimientos	III
Índice de Contenidos.	IV
Índice de Tablas	VII
Índice de Figuras	VIII
Lista de Abreviaturas.	X
Resumen	XI
Objetivos	XII
Justificación	XII
Introducción.	XIII
CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Contexto	1
1.2 Definición del problema.	1
1.3 Clasificación del problema.	2
1.4 Beneficios Esperados.	2
1.5 Delimitación y limitación del trabajo a realizar.	4
CAPITULO 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1 La Autoclave.	6
2.1.1 Autoclaves de Agitación de Inmersión en Agua.	6
2.1.2 Componentes Generales de la Autoclave	7
2.1.3 Fases Principales de Proceso de la Autoclave.	8
2.2 Transmisión Mecánica.	8
2.3 Bombas	9
2.4 Torre de enfriamiento.	10
2.5 Provisión de Vapor.	11
2.6 Neumática	12
2.6.1 Elementos de un Circuito Neumático.	13
2.7 Válvulas de la Autoclave.	14
2.7.1 Válvula de Puerta.	14
2.7.2 Válvula Globo.	15
2.7.3 Válvula Mariposa	15
2.7.4 Válvula de Diafragma.	15
2.7.5 Válvulas de Seguridad.	16
2.8 Elementos Hidráulicos.	16
2.9 Instrumentación.	17
2.9.1 Termómetro de Mercurio en Vidrio.	17
2.9.2 Manómetro.	18
2.9.3 Presostato.	18
2.10 Elementos Eléctricos.	19
2.10.1 Guardamotor.	19
2.10.2 Contactor.	19
2.10.3 Fuente de Alimentación	20
2.10.4 Transformador.	20
2.10.5 Variador de Frecuencia.	20
2.10.6 Botón o Pulsador.	23



CONTENIDO	PÁGINA
2.10.7 Baliza.	24
2.11 Controlador Lógico Programable PLC.	24
2.11.1 Estructura de un PLC.	25
2.11.2 Entradas y salidas del PLC.	26
2.11.3 Funcionamiento del PLC.	26
2.12 Interface Hombre Maquina (HMI).	27
2.13 Redes Industriales.	27
2.14 Dispositivo Registrador.	27
2.15 Tacómetro.	28
2.16 Sensor.	28
2.16.1 Características y Tipos.	29
2.16.2 Sensor de Temperatura Pt100.	30
2.17 Transductor.	31
CAPITULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO.	32
3.1 Metodología.	32
3.2 Desarrollo del Proyecto.	33
3.2.1 Fase 1 Visita a la Empresa y Recolección de Datos.	33
3.2.2 Fase 2 Selección de Componentes de Control y Programación.	34
3.2.2.1 Selección del PLC.	34
3.2.2.1.1 Lógica de Funcionamiento de la Autoclave.	36
3.2.2.1.2 Diagramas del flujo del proceso de la autoclave y del PLC.	37
3.2.2.1.3 Software de Programación del PLC.	44
3.2.2.1.4 Programación del PLC.	45
3.2.2.2 Selección de la HMI.	50
3.2.3 Fase 3 Presentación del Proyecto de la autoclave.	51
3.2.4 Fase 4 Diseño y Elaboración del Tablero de Control.	52
3.2.5 Fase 5 Instalación y Pruebas de la Autoclave.	53
3.2.5.1 Instalación Autoclave.	53
3.2.5.2 Pruebas Autoclave.	53
3.2.6 Sistema de recirculación de agua caliente-fría a la autoclave.	54
3.2.6.1 Modo de Trabajo de Sistema de la Cisterna y Torre de Enfriamiento.	54
Fase 6 Capacitación para la operación de autoclave.	55
3.3 Operación de la Autoclave	56
3.3.1 Procedimiento de Operación para la Autoclave Según Ciclo.	56
3.3.1.1 Llenar de Agua Caldera de Almacenamiento.	56
3.3.1.2 Encender tablero eléctrico, abrir válvulas de vapor y purgar.	57
3.3.1.3 Borrar alarmas.	58
3.3.1.4 Selección de Recta.	59
3.3.1.5 Descripción de la Pantalla de Proceso.	61
3.3.1.6 Calentamiento de Caldera de Almacenamiento.	62
3.3.1.7 Introducir las Canastillas de Producto en la Autoclave.	63
3.3.1.8 Esterilización 1.	64
3.3.1.9 Esterilización 2.	65
3.3.1.10 Esterilización 3.	67
3.3.1.11 Enfriamiento 1.	67
3.3.1.12 Enfriamiento 2.	68
3.3.1.13 Drenaje.	68
3.3.2 Pantallas para Mantenimiento.	70
3.3.2.1 Pantalla de Estatus I/O.	70



CONTENIDO	PAGINA
3.3.2.2 Pantalla Horas de Trabajo Motores.	70
3.3.2.3 Pantalla Recomendaciones de Mantenimiento.	71
3.3.3 Operación Video Registrador.	71
3.3.4 Descripción de Fallas.	72
CAPITULO 4 EVALUACIÓN ECONÓMICA	74
4.1 Evaluación de Costo de Ingeniería de Diseño.	74
4.2 Costo Elaboración de Tablero de Control Instalación del Sistema en la Autoclave.	75
4.3 Costo Puesta en Marcha.	76
4.4 Costo de Materiales Usados.	76
CAPITULO 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS	79
CONCLUSIONES	79
PROPUESTAS DE MEJORAS	79
REFERENCIAS	80
ANEXOS	81
GLOSARIO	216



ÍNDICE DE TABLAS.

TITULO	Página
Tabla 3.1 Cantidad de Entradas y Salidas en PLC	34
Tabla 3.2 Secuencia de Activación de Válvulas de la Autoclave.	37
Tabla 3.3 Parámetros de Recetas para Autoclave.	51
Tabla 3.4 Usuarios Autoclave San Luis Potosí	59
Tabla 3.5 Causa y Solución de Fallas en HMI de la Autoclave	72
Tabla 4.1 Costos de Ingeniería de Diseño.	74
Tabla 4.2 Costo de elaboración e Instalación del Sistema de Control en la Autoclave.	75
Tabla 4.3 Costo de puesta en Marcha.	76
Tabla 4.4 Costo de Materiales Usados.	77
Tabla 4.5 Costo Total.	78



ÍNDICE DE FIGURAS.

TITULO	PÁGINA
Fig. 1.1 Tablero Eléctrico de la Autoclave antes de la Automatización.	3
Fig. 1.2 Tablero Eléctrico con HMI y PLC	4
Fig. 2.1 Esquema Autoclave de Inmersión Tipo Rotativa.	7
Fig. 2.2 Recipientes de Autoclave Rotativa.	7
Fig. 2.3 La transmisión de la Autoclave para Mover el Tambor.	9
Fig. 2.4 Bombas en la Autoclave.	10
Fig. 2.5 Calderas.	11
Fig. 2.6 Elementos Principales de un Circuito Neumático.	12
Fig. 2.7 Clasificación de Válvulas.	13
Fig. 2.8 Elementos neumáticos de la autoclave.	14
Fig. 2.9 Válvulas de la autoclave.	15
Fig. 2.10 Elementos Hidráulicos de la Autoclave	17
Fig. 2.11 Pistón Hidráulico de la Autoclave	17
Fig. 2.12 Instrumentación en la Caldera de Proceso de la Autoclave.	18
Fig. 2.13 Componentes Eléctricos Tablero Autoclave	20
Fig. 2.14 Diagrama interno variador de frecuencia Danfoss.	21
Fig. 2.15 Transformadores y variador de frecuencia.	23
Fig. 2.16 Baliza.	24
Fig. 2.17 Video Registrador.	28
Fig. 2.18 Sensor Capacitivo.	29
Fig. 2.19 Sensor Inductivo en la autoclave	30
Fig. 2.20 Sensor Magnético en pistón.	30
Fig. 2.21 Instrumentación Caldera de Proceso.	31
Fig. 3.1 Diagrama forma de planeación del proyecto.	32
Fig. 3.2 PLC utilizado en el tablero de control Autoclave.	35
Fig. 3.3 Diagrama de Flujo Proceso de la autoclave	38
Fig. 3.4 Diagrama de flujo programa del PLC Autoclave Calentamiento de Caldera de Almacenamiento	40
Fig. 3.5 Diagrama de flujo programa del PLC entrada de Producto a la Autoclave.	40
Fig. 3.6 Diagrama de flujo programa del PLC en Esterilización 1.	41
Fig. 3.7 Diagrama de flujo programa del PLC en Esterilización 2.	41
Fig. 3.8 Diagrama de flujo programa del PLC en Esterilización 3.	42
Fig. 3.9 Diagrama de flujo programa del PLC en Enfriamiento 1.	42
Fig. 3.10 Diagramas de flujo programa del PLC en Enfriamiento 2.	43
Fig. 3.11 Diagrama de flujo programa del PLC en Drenaje.	43
Fig. 3.12 Diagrama de flujo programa del PLC Salida de Productos de Autoclave	44
Fig. 3.13 Pantalla software RsLinx.	44
Fig. 3.14 Pantalla software de programación RSLogix 500.	45
Fig. 3.15 LAD 2	46
Fig. 3.16 Parte del programa LAD 2	47
Fig. 3.17 Programa PLC instrucción SCP.	48
Fig. 3.18 Programa PLC LAD 5.	48
Fig. 3.19 Programa del PLC, LAD 6	49
Fig. 3.20 Software Factory View Studio-Machine Edition	50
Fig. 3.21 Cableado del tablero de control.	52
Fig. 3.22 Circuito de drenaje de agua de las autoclaves hacia las cisternas.	54
Fig. 3.23 Circuito de agua fría que viene de las torres de enfriamiento hacia las autoclaves.	55



TITULO	PÁGINA
Fig. 3.24 Tablero de control sistema de bombeo de agua caliente en la cisterna.	55
Fig. 3.25 Equipo de radiofrecuencia comunicación Torre de enfriamiento y cisterna.	55
Fig. 3.26 Caldera de almacenamiento y sensor de nivel.	56
Fig. 3.27 Pantalla principal en HMI de la Autoclave.	57
Fig. 3.28 Pantalla de HMI accionamiento manual valvulas de la autoclave.	57
Fig. 3.29 Cabezal de Alimentación de Vapor a la Autoclave.	58
Fig. 3.30 Pantalla de HMI de Alarmas de la Autoclave.	58
Fig. 3.31 Pantalla de HMI ingreso de Usuarios.	59
Fig. 3.32 Pantalla de HMI Selección de Recetas Autoclave.	60
Fig. 3.33 Pantalla de HMI Selección Parámetros de Recetas Autoclave.	60
Fig. 3.34 Pantalla de HMI de Proceso de la Autoclave.	61
Fig. 3.35 Pantalla de HMI Manual/Automático de Procesos de la Autoclave.	62
Fig. 3.36 Canastillas con producto.	63
Fig. 3.37 Botones para Cerrar Compuerta de Autoclave.	64
Fig. 3.38 Válvula Y8.	64
Fig. 3.39 Principales Componentes de Esterilización 1.	65
Fig. 3.40 Válvula Y10, Y5 y Bomba de Recirculación.	65
Fig. 3.41 Válvulas Y7, Y11 y Y6.	66
Fig. 3.42 Motor del Rotor Autoclave.	66
Fig. 3.43 Principales Componentes en Enfriamiento 1.	67
Fig. 3.44 Válvula Y3 de Drenaje.	68
Fig. 3.45 Bloqueo Válvula Y4.	69
Fig. 3.46 Pantalla Estatus I/O del PLC de la Autoclave.	70
Fig. 3.47 Pantalla de HMI Horas de Trabajo de Motores de la Autoclave.	70
Fig. 3.48 Pantalla de HMI Recomendaciones de Mantenimiento.	71
Fig. 3.49 Software Observer I.	71



LISTA DE ABREVIATURAS

PLC- Controlador Lógico Programable.

HMI-Human Machine Interface-Interface Hombre Maquina.

FDA- Food and Drug Administration-Agencia de Drogas y Alimentos-Agencia de Medicamentos y Alimentos.

CFR-Código Federal de Regulación.

°C- Grados Centígrados.

°F- Grados Fahrenheit.

F.A.-Fuerza de Atracción.

C.A.- Corriente Alterna.

VCA.-Voltaje de Corriente Alterna.

Hz.- Hertz-Hercio.

DC.-Corriente Directa

Hp.-Horsepower-Caballo de Fuerza.

Psi.- Pounds per square inch-Libras por pulgada cuadrada.

mA.- miliamperios.

CPU.-Central Processing Unit-Unidad Central de Procesamiento.

SCADA-Control de Supervisión y Adquisición de Datos.

RTD.-Dispositivo Termo Resistivo.

KVA.- Kilovolt Amperes.

JSR.-Jump to Subroutine-Saltar la Subrutina.

RPM.-Revoluciones por minuto.



RESUMEN.

Este trabajo se comienza en base a las necesidades de una empresa ubicada en San Luis Potosí, dedicada a las conservas alimenticias; en la cual se tienen autoclaves con sistemas muy viejos; con defectos de producción y con procedimientos de operación muy rústicos.

De aquí surge la idea de hacer la actualización del sistema de control de las autoclaves; para esto se propone implementar un sistema de control con PLC y HMI; cubriendo las necesidades primarias de la empresa.

Se inició con los fundamentos teóricos de ingeniería que la autoclave contiene, después se hace el levantamiento de necesidades de los usuarios de las autoclaves, se propone e instala el sistema de control con PLC y HMI en la autoclave y por último se capacita a personal de la planta de San Luis Potosí para su operación y mantenimiento.

Como logro de este proyecto se instalan en la empresa de San Luis Potosí 13 autoclaves con el nuevo sistema de control con PLC y HMI y 2 más en otra empresa en el Estado de México.



OBJETIVOS

Objetivo general.

Desarrollar, implementar y poner en marcha una autoclave rotativa haciendo uso sistemas electrónicos y de control como lo son el PLC (controlador lógico programable) y HMI (interface maquina hombre).

Objetivos específicos.

- 1 Desarrollar programación en el PLC y HMI para controlar el proceso de la autoclave.
- 2 Hacer más eficiente el proceso de producción de la autoclave.
- 3 Facilitar la operación de la autoclave.
- 4 Reducir tiempos muertos por fallas.

JUSTIFICACIÓN

La implementación de sistemas electrónicos y de control se va haciendo día a día más común en la industria; en este caso el proyecto se enfoca a la industria alimenticia; ya que las autoclaves son utilizadas en procesos de esterilización de productos enlatados o embolsados como frijol, chiles, verduras entre otros; es por eso que es de suma importancia tener un control del proceso de esterilización más confiable ya que son productos de consumo humano.

En base a esta necesidad se diseña un sistema de control con PLC y HMI para una Autoclave, con lo cual se logra que el proceso sea seguro y libre de errores de operación; ya que anteriormente se dependía de la habilidad de la persona que opera las autoclaves para que el proceso se desarrollara correctamente. Con la implementación de estos sistemas el operador solo selecciona una receta; la cual ya tiene predeterminados los valores según el producto que se vaya a esterilizar; el PLC cuenta con el programa el cual según la fase en que se encuentre nuestra autoclave manda la orden de abrir o cerrar válvulas, mantener temperaturas, regular presión y activar o parar bombas que contiene el equipo.



INTRODUCCIÓN

En este trabajo estaremos hablando de la importancia que tiene el ingeniero en robótica en diferentes ramas industriales; particularmente en el ramo de procesos alimenticios; donde hay máquinas que requieren ser actualizadas, en caso particular las autoclaves.

Una autoclave es un recipiente metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción industrial, una cocción o una esterilización con vapor de agua. Su construcción debe ser tal que resista la presión y temperatura desarrollada en su interior. La presión elevada permite que el agua alcance temperaturas superiores a su punto de ebullición. La temperatura y el vapor actuando conjuntamente producen la coagulación de las proteínas de los microorganismos, entre ellas las esenciales para la vida y la reproducción de estos, llevando así a su destrucción.

Este trabajo se divide en capítulos; en el capítulo 1 manejaremos las necesidades y problemas que presentaban los usuarios de las autoclaves en sus procesos; así como los beneficios que se obtendrán al realizar la automatización de la autoclave.

En el capítulo 2 se hace la fundamentación teórica de los elementos de ingeniería que utilizamos para concretar el desarrollo de este proyecto.

En el capítulo 3; se hace el desarrollo del proyecto con los elementos y herramientas de ingeniería mencionados en el capítulo 2, llevándolo de lo teórico a lo práctico y haciendo una descripción general del funcionamiento y operación de la autoclave en la cual basamos nuestro proyecto.

En el capítulo 4 se hace una breve descripción económica del costo de este proyecto, para finalmente en el capítulo 5 se hará una evaluación de los resultados de nuestro proyecto.



CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.

1.1 CONTEXTO.

La necesidad de integrar sistemas de control con PLC y HMI en las autoclaves surge al conocer una empresa dedicada a las conservas alimenticias; ya sea en bolsa o en lata; se ubicada en San Luis Potosí.

En esta empresa se tenían instaladas 8 autoclaves rotativas en inmersión de agua, las cuales tenían sistemas de control muy viejos los cuales a comentario de personal de control de calidad, operadores, personal de producción y gerencial estaban dando constantemente problemas; haciendo perder producción, teniendo procesos inseguros en alimentos, gastando tiempo y dinero en desperdicio de servicios como electricidad, agua, gas natural y vapor.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La autoclave estaba teniendo problemas de funcionamiento y de operación, a lo cual se comienza haciendo el estudio de las necesidades que se tenían desde los diferentes puntos de vista como producción, operación, aseguramiento de calidad y mantenimiento; se comienza respondiéndonos las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las necesidades básicas de los usuarios?; clasificando los usuarios de la autoclave encontramos lo siguiente:

1 Producción; su necesidad era no tener tantos tiempos muertos por paros y evitar tener lotes de producción salidos de las autoclaves rechazados por mal proceso, con esto amentar el volumen de producción buena.

2 Operación; las necesidades fueron tener un sistema automático de proceso, en los cuales ellos no tengan que estar pegados en la maquina verificando parámetros de proceso como temperaturas y presiones; además no estar interviniendo en operación de manipulación de apertura y cierre de válvulas y manipulación periódica de parámetros de proceso; ya que cuando se tenía algún problema de mal proceso el primero que era sospechoso de culpa era el operador por no estar pendiente de su autoclave; cabe mencionar que solo hay 2 operadores para 8 autoclaves.

3 Aseguramiento de calidad; con este departamento su necesidad básica fue tener seguridad que el proceso se lleve a acabo conforme sus parámetros de temperatura, presión y tiempos; además de tener instrumentos de registro de proceso confiables.

4 Mantenimiento; para ellos el tener dispositivos como la HMI para poder monitorear el proceso, tener un listado de fallas presentes en la autoclave para poder hacer el diagnóstico de la autoclave y poder atacar los problemas de manera más eficiente, tener elementos de control actuales como el PLC en el cual se puede monitorear el funcionamiento de la autoclave en cada etapa de proceso; esto para reducir tiempos muertos por fallas y mejor entendimiento de la autoclave desde el punto de vista de control de proceso.

¿Cuál debería ser la solución?; la solución con para estas necesidades era integrar a la autoclave el sistema de control compuesto con por un PLC y una HMI para poder cubrir las necesidades antes mencionadas; además de actualizar los elementos mecánicos y eléctricos de la autoclave, por lo cual se decide a plantear soluciones a cada necesidad.



1.3 CLASIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Como primer punto se determinó cual sería la mejora primordial en la autoclave, en base a las necesidades; determinando que esta sería el funcionamiento operacional de la autoclave; ya que estaban involucradas la mayoría de las necesidades del personal de la empresa.

Los usuarios de la autoclave; ya sea operadores, personal de producción, aseguramiento de calidad o mantenimiento; requerían tener participación directa o indirecta en la autoclave por lo cual para poder tener un amplio panorama de nuestro proyecto se deberían de involucrar a cada uno de ellos para poder entender ampliamente los problemas a los cuales nos podríamos enfrentar en el desarrollo del proyecto.

Parte operacional; ya se conocían las necesidades de los operadores, pero ahora tuve que hacer del entero conocimiento la operación de la autoclave ya que esta máquina era la primera que conocía y no tenía experiencia de operación y funcionamiento.

Aseguramiento de calidad; para nuestro proyecto se platicó y pregunto cómo era el proceso de los alimentos en la autoclave que puntos eran los más delicados que deberíamos de cuidar en el proceso; cabe mencionar que esta parte fue muy interesante ya que se aprendieron cosas nuevas sobre otra áreas de la ingeniería.

Mantenimiento; con esta área se perfeccionan las ideas de ingeniería y los componentes de control que para ellos les es más fácil manejar y que conocen para que así no sean cosas tan nuevas para ellos lo que se pretende instalar en la autoclave.

La parte más complicada para manejar en nuestro proyecto fue en un inicio el desconocimiento del funcionamiento al 100% de las autoclaves; así como el del conocimiento de los procesos térmicos como esterilización que en ella se realizaban; por lo cual se contemplaron las visitas a la planta para poder ver trabajar las autoclaves con los sistemas manuales, acercarse a los operadores de estas y tener familiarización con personal de aseguramiento de calidad para poder entender el proceso que los alimentos deberían de cumplir dentro de las autoclaves.

1.4 BENEFICIOS ESPERADOS.

Una vez fijados los puntos en los cuales tenemos que trabajar para cubrir las necesidades se plantean los beneficios que se pretenden realizar con este trabajo según el área que debe de interactuar con la autoclave; entre ellos los siguientes:

Para aseguramiento de calidad; tener los registros de cada proceso que se lleve a cabo en las autoclaves, instalar instrumentos de control seguros para monitoreo de temperatura y tiempos para asegurar que el producto que se encuentra en proceso en la autoclave sea seguro para su consumo.

Operación; instalar HMI para que ellos puedan visualizar las fases de procesos en que se encuentra la autoclave y hacer la automatización del proceso para que ellos solo introduzcan el producto a procesar den inicio al proceso y al final saquen de la autoclave el producto procesado sin tener que interactuar ni manipular este proceso.

Producción; asegurar producto en condiciones para consumo y venta, ampliar el nivel de producción en las autoclaves, minimizar tiempos muertos y ahorrar en consumo de servicios; agua, gas, electricidad y vapor.



Mantenimiento; tener mejor panorama del funcionamiento de la autoclave, hacer automático el proceso, tener fallas programadas, tener mantenimiento de motores que la HMI lanza por horas de trabajo, actualizar componentes de control eléctricos y válvulas de operación; y otro muy importante tener un estándar en refacciones para 8 autoclaves con los mismos componentes y poder tener acceso a refacciones de manera sencilla.

Además tomar en cuenta en general tener sistema moderno en la empresa seguro para la operación y seguro para producir alimentos incluso de exportación.

La autoclave contaba con 3 controladores individuales; uno para temperatura, otro para presión y otro para velocidad; en ellos los operadores tenían que poner los valores a cada uno según el producto que fueran a procesa; además de un registrador de papel que registraba datos de temperatura, presión y velocidad de la autoclave.



Fig. 1.1 Tablero eléctrico de la autoclave antes de la automatización.

Con la implementación de este proyecto conseguimos lo siguiente:

1 Con el PLC en el programa que se realizó; se integró el control de las principales variables que intervienen en el proceso como lo son temperatura, presión, tiempos y velocidad; además de sustituir la operación manual de válvulas que tenía que llevar a cabo el operador eliminando los errores por mala operación, se integraron sensores de fallos en el programa para poder dar aviso a el operador y personal de mantenimiento.

2 Con la instalación del HMI; se logró hacer un esquema de la autoclave esto con el fin de que el operador tuviera una amplia perspectiva de los valores de proceso en una sola pantalla; además de tener de manera visible en qué etapa de proceso se encuentra la autoclave, tener historial de alarmas, tener historial de horas trabajadas del equipo y sobre de estas hacer la propuesta de mantenimiento, tener una pantalla en la cual tiene la selección de recetas y solo con hacer la selección los parámetros de tiempos, temperaturas, presión y velocidad quedan listos para trabajar; cabe mencionar que se realizaron 5 recetas para diferentes productos, se cuenta con niveles de acceso para hacer cambios en parámetros de la maquina según el grado de responsabilidad

3 La instalación de un registrador electrónico el cual sustituye al de papel y nos da la facilidad de llevar un mejor historial de nuestro proceso y de nuestra producción; ya que este quedo conectado a la red de la empresa y el personal de control de calidad puede estar monitoreando.



Fig. 1.2 Tablero eléctrico con HMI y PLC

Como beneficio que se llevó a cabo después de la puesta en marcha de la primera autoclave fue el de habilitar en lugar de solo 8 autoclaves otras 5 más que estaban en total abandono, por lo cual el beneficio para la planta de San Luis Potosí fue mayor ya que incremento el nivel de producción de 8 autoclaves a 13 que están trabajando actualmente.

1.5 DELIMITACIÓN Y LIMITACIONES DEL TRABAJO A REALIZAR.

Para nuestro proyecto implementar el sistema de control PLC y HMI en la autoclave se analizó si era factible hacer este tipo de implementación para satisfacer las necesidades; a lo cual desde un principio se delimito el trabajo de la siguiente manera.

¿Sería factible implementar este sistema en la autoclave?; a esta pregunta se llegó a la respuesta absoluta que sí; ya que la cooperación con las áreas involucradas en la autoclave; por parte de la empresa; nos daban un amplio margen de conocimientos para poder sacar dudas y mejoras en nuestro proyecto; por otra parte el dominio de los temas aprendidos en la como pasante de la carrera de robótica en los sistemas de control, áreas de mecánica, neumática, electricidad y experiencia en el trabajo con estos equipos por más de 6 años hicieron dar marcha al proyecto.

Otra pregunta que nos hicimos en el principio del proyecto fue ¿podremos utilizar recursos existentes de la autoclave?; la respuesta no fue del todo buena ya que el estado de elementos mecánicos como válvulas y electroválvulas eran demasiado viejos y unos ya no funcionaban de manera óptima, elementos de control eléctrico solo se ocuparon motores, ya que los controles que estaban el tablero de control eran viejo y obsoletos y otros estaban dañados; por lo que se realizó nuevamente el tablero de control con los componentes nuevos y la instalación eléctrica

Para ser exactos de la autoclave actual solo se conservó la tubería de interconexión de las válvulas y los tanques de metal que constituyen la autoclave.



CAPITULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO



El impacto que tendrá el proyecto de la autoclave en la empresa será positivo al hacer seguro sus procesos de esterilización de productos alimenticios en bolsa o lata, cumplir con las normas para poder exportar a otros países y tener tecnología de la más reciente en su planta y así poder actualizar más autoclaves que tenían paradas por falta de componentes que ya eran viejos; se llagaron a instalar en la planta de San Luis Potosí 13 Autoclaves con el sistema PLC y HMI automatizadas.

La única limitante del proyecto fue la distancia entre el lugar donde se radica y el lugar donde se puso en marcha nuestro proyecto.



CAPITULO 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

La ingeniería desde siempre ha estado presente; los pilares la ingeniería mecánica y eléctrica, al paso del tiempo estas dos ramas se fueron ampliando hasta que en conjunto y con una serie de derivaciones forman las bases de la ingeniería en robótica industrial.

La ingeniería robótica no solo está enfocada a los robots si no que a todo en lo que la automatización de procesos podamos hacer con las diferentes ramas de la ingeniería que ha esta la conforman.

A continuación trataremos los temas de manera teórica de los distintos componentes que involucra la autoclave y que tocaremos en el desarrollo de nuestro proyecto.

2.1 LA AUTOCLAVE.

Una autoclave es un recipiente metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción industrial, una cocción o una esterilización con vapor de agua. Su construcción debe ser tal que resista la presión y temperatura desarrollada en su interior. La presión elevada permite que el agua alcance temperaturas superiores a su punto de ebullición. La temperatura y el vapor actuando conjuntamente producen la coagulación de las proteínas de los microorganismos, entre ellas las esenciales para la vida y la reproducción de estos, llevando así a su destrucción.

Del punto de vista industrial, equipos que funcionan por el mismo principio tienen otros usos aunque varios se relacionan con la destrucción de los microorganismos con fines de conservación de alimentos, medicamentos, y otros productos.

Las autoclaves funcionan permitiendo la entrada o generación de vapor de agua pero restringiendo su salida, hasta obtener una presión interna, lo cual provoca que el vapor alcance una temperatura de 121 grados centígrados. El hecho de contener fluido a alta presión implica que las autoclaves deben ser de manufactura sólida, usualmente en metal, y que se procure construir las totalmente herméticas.

Las autoclaves suelen estar provistas de medidores de presión y temperatura, que permiten verificar el óptimo desarrollo del proceso.

2.1.1 Autoclaves de Agitación de Inmersión en Agua.

Los equipos y procedimientos para el procesamiento en autoclaves de agitación continua de inmersión en agua están cubiertos por 21CFR 113.40 (e) de la FDA.

Estos son sistemas de autoclave por lotes que permiten la agitación continua del producto mediante el movimiento de la burbuja de espacio libre durante el procesamiento térmico. La agitación en estos sistemas es inducida normalmente mediante la rotación extremo a extremo del recipiente.

Las autoclaves de agitación de inmersión en agua pueden ser usados para procesar numerosos tipos de recipientes, incluyendo: latas metálicas, frascos de vidrio y recipientes de plástico y formas de recipientes inusuales como botellas de plástico semirrígidas, bolsas flexibles y bandejas de mesa de medio vapor.

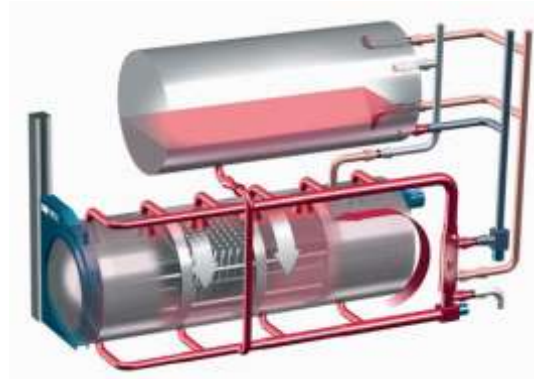


Fig. 2.1 Esquema autoclave de inmersión tipo rotativa.

El sistema de procesamiento consiste de dos tanques de presión, uno apoyado sobre el otro. El tambor superior es usado para almacenar y precalentar el agua de procesamiento.

Los recipientes se cargan en cajas o sistemas de apilado diseñados especialmente, dependiendo del tipo de recipiente. Las cajas son cargadas entonces en un carrito dentro del almacén inferior de la autoclave y fijados en su sitio durante el procesamiento.



Fig. 2.2 recipientes de autoclave rotativa.

El agua en el tambor superior se calienta por vapor antes del procesamiento. La temperatura del agua almacenada depende del tipo de recipiente a ser procesado y puede oscilar entre varios grados por encima de la temperatura de procesamiento térmico, para las latas metálicas, hasta sólo unos pocos grados por encima de la temperatura inicial de los recipientes de vidrio, la temperatura del tambor de almacenamiento puede ser crítica para lograr una distribución de temperatura adecuada.

2.1.2 Componentes Generales de la Autoclave.

La autoclave consta de 2 tanques; el primero en la parte superior al cual llamamos caldera de almacenamiento y otro que es la caldera de proceso.

Caldera de almacenamiento; en este tanque solo se almacena agua para iniciar el proceso de esterilización; en este tanque se calienta el agua por medio de inyección de vapor hasta la temperatura que sea necesario según el producto a procesar.



Además esta caldera se llena cuando la caldera de proceso está en ciclo de enfriamiento recuperando al 100 % su nivel pero ahora con agua caliente; que sube de la caldera de proceso y queda lista para un nuevo ciclo.

Caldera de proceso; en esta caldera se introducen las canastillas con el producto que se va a esterilizar; calentando el agua que proviene de la caldera de almacenamiento hasta la temperatura de esterilización según el producto a procesar; por medio de vapor.

En esta caldera se le dan los tiempos de esterilización; además que esta caldera es rotatoria ya que los procesos de esterilización lo piden para una mejor penetración de calor.

2.1.3 Fases Principales de Proceso de la Autoclave.

El procesamiento en el sistema de autoclave está diseñado para proceder por una serie de fases programadas que pueden consistir de varios pasos dentro de cada fase. Los pasos que suelen encontrarse incluyen:

1. Calentamiento de la caldera de almacenamiento superior
2. Esterilización I; incluye dejar caer el agua de la caldera de almacenamiento ya caliente hacia la caldera de proceso hasta el nivel máximo.
3. Esterilización II; en esta fase se inyecta vapor para alcanzar la temperatura en la caldera de proceso.
4. Esterilización III; en ella se mantiene la temperatura en la caldera de proceso por un determinado periodo de tiempo.
5. Enfriamiento I – esta es la fase de enfriamiento inicial donde se recaptura el agua del proceso y se hace llegar a la caldera superior o de almacenamiento.
6. Enfriamiento por presión II – esta es la fase de enfriamiento final en la cual se le inyecta agua fría a la caldera de proceso por un determinado tiempo.
7. Fin de ciclo – la autoclave está lista para ser descargada

La esterilización es el proceso de eliminación de toda forma de vida, incluidas las esporas. Es un término absoluto que implica pérdida de la viabilidad o eliminación de todos los microorganismos contenidos en un objeto o sustancia, acondicionado de tal modo que impida su posterior contaminación.

2.2 TRANSMISIÓN MECÁNICA.

Se le denomina un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces se clasifican como uno de los dos subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción.

En la gran mayoría de los casos, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por traslación.

Una transmisión mecánica es una forma de intercambiar energía mecánica distinta a las transmisiones neumáticas o hidráulicas, ya que para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas de transmisión.

En general, las transmisiones reducen una rotación inadecuada, de alta velocidad y bajo par motor del eje de salida del impulsor primario a una velocidad más baja con par de giro más alto.

Típicamente, la transmisión cambia la velocidad de rotación de un eje de entrada, lo que resulta en una velocidad de salida diferente. En la vida diaria se asocian habitualmente las transmisiones con los automóviles.

Sin embargo, las transmisiones se emplean en una gran variedad de aplicaciones, algunas de ellas estacionarias. Las transmisiones primitivas comprenden, por ejemplo, reductores y engranajes en ángulo recto en molinos de viento o agua y máquinas de vapor, especialmente para tareas de bombeo, molienda o elevación.

Transmisión de movimiento por engranes: la autoclave lleva un par de engranes los cuales nos proporcionan la transmisión de movimiento entre el reductor y la caldera de almacenamiento.



Fig. 2.3 La transmisión de la autoclave para mover el tambor.

2.3 BOMBAS

Una bomba máquina generadora para líquidos. La bomba se usa para transformar la energía mecánica en energía hidráulica. Las bombas se emplean para bombear toda clase de líquidos, (agua, aceites de lubricación, combustibles ácidos, líquidos alimenticios, cerveza, leche, etc.), éste grupo constituyen el grupo importante de las bombas sanitarias. También se emplean las bombas para bombear los líquidos espesos con sólidos en suspensión, como pastas de papel, melazas, fangos, desperdicios, etc.

3.2.1 Bombas Centrífugas.

En este tipo de bombas la energía es comunicada al fluido por un elemento rotativo que imprime al líquido el mismo movimiento de rotación, transformándose luego, parte en energía y parte en presión. El caudal a una determinada velocidad de rotación depende de la resistencia al movimiento en la línea de descarga.

Las bombas centrífugas tienen un rotor de paletas giratorio sumergido en el líquido. El líquido entra en la bomba cerca del eje del rotor, y las paletas lo arrastran hacia sus extremos a alta presión. El rotor también proporciona al líquido una velocidad relativamente alta que puede transformarse en presión en una parte estacionaria de la bomba, conocida como difusor.

El sistema cuenta con una bomba de tipo centrífuga y su potencia es de 10 Hp. La cual bombea agua fría a la autoclave cuando está en ciclo de enfriamiento.

2.2.2 Bombas Rotatorias.

Las bombas rotatorias que generalmente son unidades de desplazamiento positivo, consisten de una caja fija que contiene engranes, aspas, pistones, levas, segmentos, tornillos, etc., que operan con un claro mínimo. La bomba rotatoria descarga un flujo continuo. Aunque generalmente se les considera como bombas para líquidos viscosos, las bombas rotatorias no se limitan a este servicio sólo. Pueden manejar casi cualquier líquido.



Fig. 2.4 Bombas en la autoclave.

2.4 TORRE DE ENFRIAMIENTO.

Una torre de refrigeración es una instalación que extrae calor del agua mediante evaporación o conducción.

Las industrias utilizan agua de refrigeración para varios procesos. Como resultado, existen distintos tipos de torres de enfriamiento. Existen torres de enfriamiento para la producción de agua de proceso que solo se puede utilizar una vez, antes de su descarga. También hay torres de enfriamiento de agua que puede reutilizarse en el proceso.

Cuando el agua es reutilizada, se bombea a través de la instalación en la torre de enfriamiento. Después de que el agua se enfría, se reintroduce como agua de proceso. El agua que tiene que enfriarse generalmente tiene temperaturas entre 40 y 60 °C. El agua se bombea a la parte superior de la torre de enfriamiento y de ahí fluye hacia abajo a través de tubos de plástico o madera. Esto genera la formación de gotas. Cuando el agua fluye hacia abajo, emite calor que se mezcla con el aire de arriba, provocando un enfriamiento de 10 a 20°C.

Parte del agua se evapora, causando la emisión de más calor. Por eso se puede observar vapor de agua encima de las torres de refrigeración.

Para crear flujo hacia arriba, algunas torres de enfriamiento contienen aspas en la parte superior, las cuales son similares a las de un ventilador. Estas aspas generan un flujo de aire ascendente hacia la parte interior de la torre de enfriamiento. El agua cae en un recipiente y se retraerá desde ahí para al proceso de producción.

2.5 PROVISIÓN DE VAPOR

Si bien se están desarrollando otros métodos de calentamiento, el vapor es el medio de calentamiento predominante usado para procesar alimentos. El vapor podrá ser usado para calentar directamente o indirectamente los productos o recipientes. El vapor en conserverías modernas suele ser producido en calderas de vapor remotas.

Dos tipos comunes de calderas o generadores de vapor que se encuentran en la industria de conservas y son los de tubo de fuego y de tubo de agua. Las calderas más pequeñas del tipo “empacado” son casi siempre calderas de tubo de fuego, y en apariencia física son inusualmente largas y relativamente bajas.

Este tipo de calderas suelen ser referidas como calderas del tipo “marino escocés” o “marino”. Las calderas más grandes que se han construido en el lugar casi siempre son calderas de tubo de agua y suelen ser casi cuadradas y bastante altas, a veces 4 ó 5 pisos de alto. La caldera de tubo de fuego es operada bajo presiones normalmente debajo de 150 psi. Una ventaja de la caldera de tubo de fuego es la mayor capacidad de almacenaje de agua. Debido a esta característica, los cambios de demanda de calor amplio y repentino provocan pocos cambios en la presión. Las unidades de tubo de agua, por otra parte, son capaces de sobrecargas considerablemente mayores.

El fuego de las calderas puede ser alimentado por una diversidad de combustibles, incluyendo gas natural, gas propano líquido, petróleo, carbón y madera.

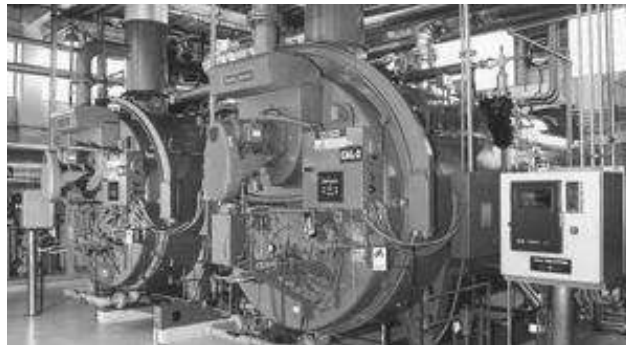


Fig. 2.5 Calderas.

2.6 NEUMÁTICA

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, mantiene esta compresión y devuelve la energía acumulada cuando se le permite expandirse.

2.6.1 Elementos de un Circuito Neumático.

A continuación se describen los principales elementos que contiene un circuito neumático.

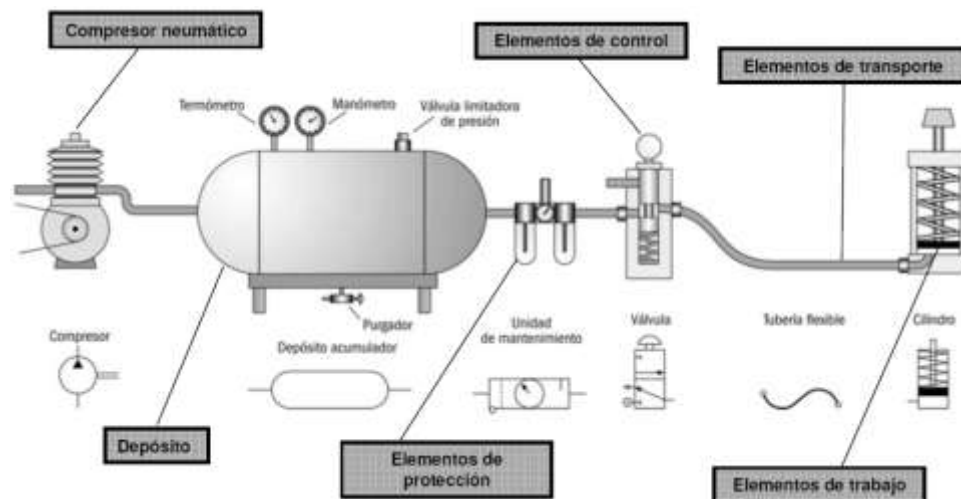


Fig. 2.6 Elementos Principales de un Circuito Neumático.

1.- Compresores

Es el elemento de circuito encargado de convertir la energía mecánica aplicada a su eje en energía de presión. Normalmente llevan incorporado un filtro, un elemento refrigerador (la compresión supone aumento de la temperatura) y un depósito donde almacenar el aire a presión.

2.- Unidad de mantenimiento

Es la encargada de mantener en buen estado el aire que proviene del compresor consta de:

Filtro Regulador de presión Lubricador con manómetro

Filtro: encargado de depurar el aire comprimido; puede ser con purga manual o automática.

Regulador de presión: encargado de mantener constante la presión en el circuito (permite el paso del aire del compresor al circuito siempre que en el circuito la presión se encuentre por debajo del valor prefijado).

Lubricador: encargado de aportar el lubricante necesario para evitar el desgaste por rozamiento de los diversos componentes del circuito.

3 Elementos de mando y distribución.

En los circuitos neumáticos el movimiento y la presión de aire se controla mediante válvulas; estas están constituidas por un cuerpo fijo donde se sitúan las tomas de aire externas y los orificios de purga o salida de aire.

En su interior se encuentra un elemento móvil que cierra o abre diferentes ductos para permitir o bloquear el paso de aire.

Las válvulas se clasifican según el número de posiciones y vías; como se muestra en la imagen:

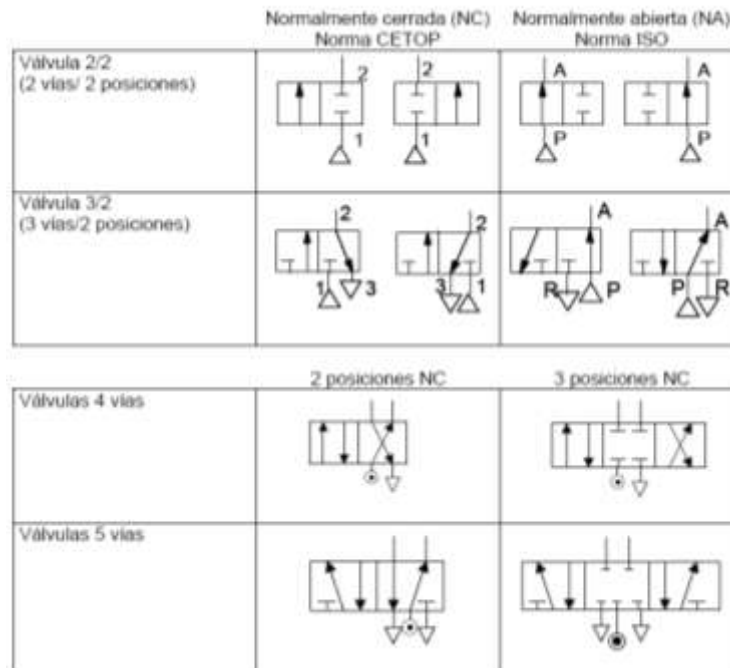


Fig. 2.7 Clasificación de válvulas.

4 Actuadores.

Son los encargados de realizar el trabajo o movimiento impulsados por el aire comprimido; entre ellos están los cilindros que se encargan de realizar el movimiento de tipo lineal; otros actuadores son los que producen el movimiento rotativo como motores neumáticos que se encargan de hacer el giro de un eje.

5 Elementos de transporte o distribución.

Las instalaciones neumáticas distribuyen el aire a través de una red de tuberías que parten del equipo de producción de aire comprimido y llegan a cada puesto de trabajo; entre las cuales encontramos tuberías de cobre y acero, además de mangueras hechas de polietileno.



Fig. 2.8 Elementos neumáticos de la autoclave

2.7 VÁLVULAS DE LA AUTOCLAVE

Las válvulas de flujo libre como la válvula de puerta o de bola suelen usarse en líneas de ventilación de autoclaves a vapor. El uso de válvulas globo de otro tipo en líneas de ventilación de autoclaves a vapor no está prohibido por la reglamentación FDA. Si se usan estos tipos de válvulas, se requieren estudios de distribución de temperatura para documentar la distribución adecuada de la temperatura en la autoclave antes del inicio del proceso térmico.

Las válvulas que brindan un sello firme, como la válvula de globo o de bola, deben ser usadas en líneas de aire y agua para impedir las pérdidas dentro de la autoclave durante el procesamiento térmico. Los asientos y sellos de las válvulas deben ser mantenidos para impedir que las válvulas pierdan. Durante una inspección la autoclave deberá ser examinada en busca de evidencia de válvulas de agua y de aire con pérdidas. Algunas compañías podrán emplear el uso de válvulas dobles en líneas de aire y de agua para asegurarse de que no hay ninguna pérdida de aire o de agua hacia la autoclave durante el procesamiento.

Pueden usarse varios tipos de válvulas en sistemas de autoclave para paso de líquidos o en su defecto de seguridad.

2.7.1 Válvula de Puerta.

Las válvulas de puerta son válvulas de flujo completo que suelen usarse para comenzar o finalizar el flujo. Una puerta (una cuña de cierre deslizante) dentro del cuerpo de la válvula se levanta y baja mediante una serie de roscas en el vástago de la válvula. La válvula es operada girando el vástago de la válvula en sentido anti horario para abrir la válvula y en sentido horario para cerrar la válvula. Estas válvulas suelen estar plenamente abiertas o plenamente cerradas durante el servicio. Cuando están plenamente abiertas estas, el gas o el fluido fluye por la válvula en línea recta con muy poca resistencia al flujo. Esta característica hace que la válvula sea ideal para usar en las líneas de ventilación de las autoclaves a vapor donde la rápida remoción del aire puede ser importante para la distribución correcta de la temperatura.



2.7.1 Válvula Globo.

Las válvulas globo se usan extensamente para el control del flujo y donde se requiere un cierre positivo. Una válvula globo emplea un asiento interno dentro del cuerpo de la válvula. Las válvulas globo operadas a mano son operadas girando el vástago de la válvula en sentido anti-horario para abrir la válvula y en sentido horario para cerrar la válvula. Una rosca en el vástago de la válvula hace que el sello en el vástago de la célula se una o se aleje del asiento de la válvula. Se logra un buen control del flujo fácilmente. Al moverse el fluido o el gas por este tipo de válvula debe cambiar de dirección. Esto produce una mayor resistencia al flujo. Por esta razón este tipo de válvula no es ideal para la ventilación de autoclaves a vapor. Las válvulas globo son ideales para ser usadas en líneas de agua y aire donde se requiere un estrecho control de del flujo. Las válvulas globo tienen una característica de cierre positivo que puede impedir la filtración de aire y agua hacia las autoclaves durante el procesamiento.

2.7.2 Válvula Tipo Bola.

Las válvulas de bola son válvulas de rápida apertura y de pleno flujo que requieren sólo un giro de un cuarto de vuelta para estar plenamente abiertas. Una bola con una puerta no restrictiva viaja en un cuerpo de válvula sobre asientos de plástico que no se pegan.

Las válvulas de bola pueden brindar un sello hermético. La válvula de bola puede ser usada para funciones de pleno flujo (ventilación) y control (provisión de agua y aire) en autoclaves.

2.7.3 Válvula Mariposa.

Las válvulas mariposa son válvulas de rápida abertura y pleno flujo que emplean un disco metálico que, al ser rotado sobre un vástago, hace un sello contra asientos en el cuerpo de la válvula. Las válvulas mariposa se usan normalmente como válvulas de estrangulamiento para controlar el flujo. Pueden encontrarse válvulas mariposa en algunos de los sistemas de autoclave más nuevos.

2.7.4 Válvula de Diafragma.

Las válvulas de diafragma contienen un diafragma móvil dentro del cuerpo de la válvula que encaja contra el asiento del cuerpo de la válvula. Cuando el vástago de la válvula levanta o baja el diafragma, el flujo en el vástago es aumentado o reducido mediante la válvula. Las válvulas de diafragma pueden encontrarse en algunos de los sistemas de autoclave más nuevos.



Fig. 2.9 Válvulas de la autoclave.

2.7.5 Válvulas de Seguridad.

Las válvulas de alivio de presión, también llamadas válvulas de seguridad o válvulas de alivio, están diseñadas para liberar fluido cuando la presión interna supera el umbral establecido. Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión. Existen también las válvulas de alivio que liberan el fluido cuando la temperatura supera un límite establecido. Estas válvulas son llamadas válvulas de alivio de presión y temperatura.



Fig.2.10 Válvulas de seguridad en la autoclave.

La autoclave tiene 4 válvulas; 2 en la caldera de proceso y 2 en la caldera de almacenamiento; están calibradas para abrir a 4 bares.

2.8 ELEMENTOS HIDRÁULICOS.

Hidráulica, aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas. Su fundamento es el principio de Pascal, que establece que la presión aplicada en un punto de un fluido se transmite con la misma intensidad a cada punto del mismo. El filósofo y científico Blaise Pascal formuló en 1647 el principio que lleva su nombre, con aplicaciones muy importantes en hidráulica.

La autoclave tiene instalada una bomba hidráulica y electroválvulas; las cuales mueven un pistón hidráulico el cual abre y cierra la compuerta de la autoclave.



Fig. 2.10



Fig. 2.11

En la figura 2.10 podemos observar la bomba, el depósito de aceite y las electroválvulas del sistema hidráulico; en la figura 2.11 observamos el pistón hidráulico que abre y cierra la compuerta de la autoclave.

2.9 INSTRUMENTACIÓN.

En esta sección hablaremos de los componentes de medición que contiene la autoclave; principalmente nos dan lecturas para poder comparar las mediciones de tipo físico con las de los dispositivos electrónicos.

2.9.1 Termómetro de Mercurio en Vidrio

Todo sistema de autoclave usado para el procesamiento térmico de alimentos deberá estar equipado con un termómetro MIG según 21 CFR (*Código FEDERAL DE REGULACIÓN*) 113.40. Esto está enfatizado en la reglamentación de FDA (Food and Drug Administration: Agencia de Alimentos y Medicamentos o Agencia de Drogas y Alimentos); es la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos (tanto para seres humanos como para animales), suplementos alimenticios, medicamentos (humanos y veterinarios), cosméticos, aparatos médicos (humanos y animales), productos biológicos y derivados sanguíneos; al repetirse para cada sistema de autoclave específico.

El termómetro MIG (termómetro de vidrio y mercurio); es el instrumento de referencia para todas las lecturas de temperatura, incluyendo las temperaturas de respiraderos y la temperatura de proceso durante el procesamiento de alimentos.

La reglamentación exige que el termómetro MIG esté graduado en divisiones que sean fácilmente legibles hasta 1 °F (1/2° C) y cuyo rango de temperatura no exceda 17 °F (8 °C) por pulgada (2.54 cm). El termómetro podrá estar graduado en divisiones de 2 °F (1 °C), ya que es posible leer un termómetro MIG graduado de esta forma al 1° F (1/2° C) más cercano. La reglamentación de la FDA exige que los termómetros MIG sean verificados en su precisión al momento de la instalación y al menos una vez por año posteriormente.

Es importante que el termómetro MIG sea verificado/calibrado a la temperatura de operación del sistema de autoclave (ejemplo: 240 °F, 250 °F, 260 °F etc.) y, de ser posible, en el medio de calentamiento usado en el autoclave.

2.9.2 Manómetro.

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. En la autoclave que se automatizo se colocaron Manómetros con lectura de 0-6 bar para verificar las presiones internas.

2.9.3 Presostato.

Interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. En la autoclave nos indican la presencia de presión interna y su principal función es la de asegurar que no exista presión para poder abrir la compuerta de la autoclave con seguridad.



Fig. 2.12 Instrumentación en la caldera de proceso de la autoclave.



2.10 ELEMENTOS ELÉCTRICOS.

La autoclave cuenta con un tablero de control eléctrico el cual es el encargado de mover y controlar los diferentes dispositivos electrónicos y eléctricos que se encuentran en la autoclave; a continuación se describen los componentes del tablero eléctrico y los componentes periféricos instalados en la autoclave.

2.10.1 Guardamotor.

Son interruptores automáticos para motor, utilizan el mismo principio de protección que los interruptores termo-magnéticos. Son aparatos diseñados para ejercer hasta 4 funciones:

- 1.- Protección contra sobrecargas.
- 2.- Protección contra cortocircuitos.
- 3.- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
- 4.- Señalización.

Este tipo de interruptores, en combinación con un contactor, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección.

Estos se seleccionan acorde a la potencia del motor y al voltaje de conexión.

2.10.2 Contactor.

Un contactor es un dispositivo eléctrico con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando y otra inestable cuando actúa dicha acción.

Constitución de un contactor electromagnético.

Contactos principales. Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están abiertos en reposo.

Contactos auxiliares. Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados.

Bobina. Elemento que produce una fuerza de atracción (FA) al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de, 24, 110 y 220V de corriente alterna y 24 en corriente directa.

Armadura. Parte móvil del contactor. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA) de la bobina.

Núcleo. Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.

Resorte. Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza FA.

Los contactores también se seleccionan en base al motor o carga que va estar controlando.

2.10.3 Fuente de Alimentación.

En electrónica, una fuente de alimentación es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta.

La alimentación en corriente alterna puede ser trifásica o monofásica; los voltajes más comunes son 440, 220 y 110 volts de corriente alterna. La salida más común es de 24 volts de corriente directa; y esta se selecciona en base a la corriente de salida.



Fig. 2.13 Componentes eléctricos tablero autoclave.

2.10.4 Transformador.

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.

Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente y por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferro magnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

Por lo general en los tableros eléctricos para las maquinas industriales se utilizan de voltajes de entrada de 440 volts y salida de 110 volts; esto para bajar el voltaje para conexión de elementos de control.

2.10.5 Variador de Frecuencia.

Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

Esquema del variador de frecuencia Danfoss 2800.

Un convertidor de frecuencia rectifica tensión de CA de la fuente de alimentación en tensión continua, después de lo cual cambia este voltaje a un voltaje de CA con una amplitud y frecuencia variables.

El motor recibe así una tensión y frecuencia variables, lo que permite un control de velocidad infinitamente variable de tres fases, los motores de CA estándar.

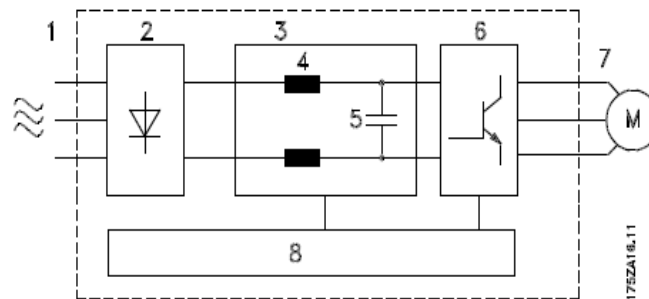


Fig. 2.14 Diagrama interno variador de frecuencia Danfoss.

1. Voltaje principal de Alimentación.

Trifásico 3 x 380 - 480 V AC, 50 / 60 Hz para nuestro proyecto.

2. Rectificador

Puente de alimentación trifásica que rectifica la tensión de alimentación de corriente alterna en tensión de corriente continua.

3. Circuito intermedio.

En esta parte se reciben ya las 2 líneas rectificadas.

4. Bobinas del circuito intermedio.

Unifica el circuito intermedio actual y limita la carga a red y componentes de red (transformador, cables, fusibles y contactores).

5. Capacitor del circuito intermedio.

Es el encargado de unifica la tensión del circuito intermedio.

6. Inversor

Convierte la tensión DC en una tensión alterna con una frecuencia variable.



Las características del motor CA requieren la variación proporcional del voltaje cada vez que la frecuencia es variada. Por ejemplo, si un motor está diseñado para trabajar a 460 voltios a 60 Hz, el voltaje aplicado debe reducirse a 230 volts cuando la frecuencia es reducida a 30 Hz. Así la relación voltios/hertzios deben ser regulados en un valor constante ($460/60 = 7.67$ V/Hz en este caso). Para un funcionamiento óptimo, otros ajustes de voltaje son necesarios, pero nominalmente la constante es V/Hz es la regla general.

La Autoclave tiene instalado un variador Danfoss VLT2800 Alimentación 440 volts de C.A. salida para un motor de motor 5 Hp; el cual se utiliza para obtener diferentes velocidades de rotación en la caldera de proceso de la autoclave; se integró en la automatización asignándole una salida analógica de 4-20 mA la cual es generada por la tarjeta del PLC y nos proporciona diferentes valores de mA los cuales nosotros asignamos una referencia máxima y una mínima.

Se toma en cuenta los siguientes parámetros del variador VLT2800 Danfoss para el control de los referencias de frecuencia desde el PLC:

204 Referencia mínima, en este parámetro se programó 0 Hz valor mínimo de frecuencia para nuestro variador.

205 Referencia máxima, en este parámetro se programó el valor máximo que corresponde a 110 Hz valor máximo de velocidad para nuestro variador.

314 Terminal 60, intensidad de entrada analógica; se programó el numero 1 según el manual del variador Danfoss este valor es para indicarle al equipo que va a trabajar como referencia externa.

315 Terminal 60, mínimo escalado; los valores pueden ser de 0-20 mA, en nuestro caso es nuestro valor mínimo que es de 4 mA; que corresponderá a 0 Hz según parámetro 204 antes mencionado.

316 Terminal 60, máximo escalado, los valores pueden ser de 0-20 mA, en nuestro caso es nuestro valor máximo que es de 20 mA. que corresponderá a 110 Hz según parámetro 205 antes mencionado.

Con estos parámetros controlamos velocidad en nuestro variador el cual se ve reflejada en el motor de nuestra autoclave; por lo que si el PLC le da de referencia 10 mA con estas escalas el variador dará de salida 55 Hz; la mitad de nuestra referencia mínima y máxima.

En el ANEXO G. se puede verificar como lo hace el programa del PLC.



Fig. 2.15

En la figura 2.15 se observa 2 transformadores; uno de alimentación 440 dos fases salida 127 volts de A.C. de 2 KVA; el otro de alimentación 440 salida 220 volts de C.A. y el variador de frecuencia marca Danfoss del tablero de control de la autoclave.

2.10.6 Botón o Pulsador.

Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para activar alguna función. Los botones son de diversa forma y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos; los botones industriales constan de elementos como contactos auxiliares; estos pueden ser normalmente abiertos y normalmente cerrados, led o lámpara indicadora y cabeza de operación.

Hay diferentes tipos de botones pero en la autoclave ocupamos los siguientes:

Botón tipo Momentáneo; este tipo de botón como su nombre lo indica solo va activar o dejar pasar voltaje cuando se encuentre oprimido y va dejar de activar cuando se deje de oprimir; según el contacto que tenga activando el botón.

Botón de tipo Mantenido; este botón se oprime y se queda en la activado aunque se le deje de oprimir y se desactiva cuando se vuelve a oprimir.

Botón de Paro de emergencia; al oprimirlo su función principal es mandar una señal de paro total a la autoclave interrumpiendo los ciclos y movimientos; además nos indica que hay un problema en el funcionamiento de la autoclave o un problema de seguridad en el personal de operación.

Este botón es de tipo sostenido o enclavado y normalmente se desactiva girándolo o jalándolo; cuando se desactiva este botón se debe de tener otro botón para restablecer el sistema.

2.10.7 Baliza.

Una baliza es un objeto señalizador, que puede ser de diferentes colores según la aplicación o uso.

En este caso el tablero eléctrico cuenta con una baliza de 3 módulos; el primero es de tipo indicativo en color rojo la cual se va a encender cuando en la operación de la autoclave existe alguna falla, el segundo igual de modo indicativo en color verde; la cual enciende cuando la autoclave está trabajando correctamente y por ultimo un módulo de alarma sonora; la cual enciende cuando existe algún problema en el proceso de la autoclave.



Fig. 2.16

En la figura 2.16, podemos observar los botones y la baliza de señalización que se encuentran en el tablero de control eléctrico de la autoclave.

2.11 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC.

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) continúan evolucionando a medida que las nuevas tecnologías se añaden a sus capacidades. El PLC se inició como un reemplazo para los bancos de relevadores. Poco a poco, las matemáticas y la manipulación de funciones lógicas se añadieron. Hoy en día son los cerebros de la inmensa mayoría de la automatización, procesos y máquinas especiales en la industria. Los PLCs incorporan ahora más pequeños tamaños, más velocidad de las CPU y redes y tecnologías de comunicación diferentes.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960, cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relevadores, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógicos.

Hoy en día, los PLC's no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores PID (Proporcional Integral y Derivativo).



Su estructura básica son dos o más planos de puertas lógicas, normalmente AND y OR, que el programador debe conectar de forma adecuada para que hagan la función lógica requerida. Suelen programarse con lenguaje en escalera, también con bloques de funciones y lista de instrucciones; dependiendo la marca. Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Se puede pensar en un PLC como un pequeño computador industrial que ha sido altamente especializado para prestar la máxima confianza y máximo rendimiento en un ambiente industrial. En su esencia, un PLC puede distinguir sensores digitales y analógicos y switches (entradas), lee su programa de control, hace cálculos matemáticos y como resultado controla diferentes tipos de hardware (salidas) tales como válvulas, luces, relés, servomotores, etc. en un marco de tiempo de milisegundos.

Mientras los PLCs son muy buenos con el control rápido de información, no comparten los datos y las señales con facilidad. Comúnmente los PLCs intercambian información con paquetes de software en el nivel de planta como interfaces maquina operador (HMI) o Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA). Todo intercambio de datos con el nivel de negocios de la empresa (servicios de información, programación, sistemas de contabilidad y análisis) tiene que ser recogido, convertido y transmitido a través de un paquete SCADA.

Típicamente en la mayoría de PLCs, las redes de comunicación son exclusivas de la marca y con velocidad limitada. Con la aceptación de Ethernet, las velocidades de comunicación de la red han aumentado, pero todavía a veces usan se usan protocolos de propiedad de cada marca.

En general, los PLC son cada vez más rápidos y más pequeños y como resultado de esto, están ganando capacidades que solían ser dominio exclusivo de la computadora personal (PC) y de las estaciones de trabajo. Esto se traduce en manejo datos críticos de manera rápida que se comparte entre el PLC en el piso de la fábrica y el nivel de negocios de la empresa. Ya no se trata de los PLCs antiguos que únicamente controlaban salidas a partir de una lógica y de unas entradas.

2.11.1 Estructura de un PLC.

Un PLC se puede definir como un sistema basado en un microprocesador. Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S). La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas. La memoria se divide en dos, la memoria de solo lectura o ROM y la memoria de lectura y escritura o RAM.

La memoria ROM almacena programas para el buen funcionamiento del sistema.

La memoria RAM está conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas y salidas y de variables internas y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica del PLC.



El sistema de Entradas y Salidas recopila la información del proceso (Entradas) y genera las acciones de control del mismo (salidas). Los dispositivos conectados a las entradas pueden ser Pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, presostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares, etc. Al igual, los dispositivos de salida son también muy variados: pilotos, relés, contactores, Drives o variadores de frecuencia, válvulas, etc.

2.11.2 Entradas y salidas del PLC.

Las entradas y salidas de un PLC son digitales, analógicas o especiales. Las entradas y salidas digitales se identifican por presentar dos estados diferentes: on u off, presencia o ausencia de tensión, contacto abierto o cerrado, etc. Los niveles de tensión de las entradas más comunes son 5 VDC, 24 VDC, 48 VDC y 220 VAC. Los dispositivos de salida más frecuentes son los relés.

Las entradas y salidas análogas se encargan de convertir una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, flujo, presión, etc.) en una expresión binaria. Esto se realiza mediante convertidores analógico-digitales.

Por último, las entradas y salidas especiales se utilizan en procesos en los que con las anteriores entradas y salidas vistas son poco efectivas, bien porque es necesario un gran número de elementos adicionales, bien porque el programa necesita de muchas instrucciones o por protocolos especiales de comunicación que se necesitan para poder obtener el dato requerido por el PLC (Salidas de trenes de impulso, motores paso a paso).

2.11.3 Funcionamiento del PLC.

Cuando se pone en marcha el PLC lo primero que este realiza es una lista de chequeos internos para dar y permitir que todo desde el inicio este en buenas condiciones y todo esté debidamente conectado (fuente de alimentación, conexiones de entradas y salidas).

Una vez efectuadas estas comprobaciones y son aprobadas, la CPU inicia la exploración del programa y reinicializa. Esto último si el autómatas se encuentra en modo RUN (marcha), ya que de estar en modo STOP (paro) aguardaría, sin explorar el programa, hasta la puesta en RUN.

Al producirse el paso al modo STOP o si se interrumpe la tensión de alimentación durante un tiempo lo suficientemente largo, la CPU detiene la exploración del programa y luego pone a cero, es decir, desactiva todas las salidas. Mientras se está ejecutando el programa, la CPU realiza en intervalos continuos de tiempo distintas funciones de diagnóstico (*watch-dog*). Cualquier singularidad que se detecte se mostrará en los indicadores de diagnóstico del procesador y dependiendo de su importancia se generará un código de error o se parará totalmente el sistema.

El tiempo total del ciclo de ejecución viene determinado por los tiempos empleados en las distintas operaciones. El tiempo de exploración del programa es variable en función de la cantidad y tipo de las instrucciones así como de la ejecución de subrutinas. El tiempo de exploración es uno de los parámetros que caracteriza a un PLC y generalmente se suele expresar en milisegundos por cada mil instrucciones. Para reducir los tiempos de ejecución, algunas CPU's constan de dos o más procesadores que operan simultáneamente y están dedicados a funciones específicas.



2.12 INTERFACE HOMBRE MAQUINA HMI.

HMI significa "Human Machine Interface", es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas.

En esta pantalla se realizó la programación de alarmas, botones, monitoreo de variables como presión, tiempos, temperaturas; programación de recetas según producto a procesar, se definieron niveles de operación y monitoreo directo de entradas y salidas del PLC.

2.13 REDES INDUSTRIALES

Este tema es parte principal de la automatización donde se encuentran los llamados dispositivos de campo que actúan directamente sobre el proceso productivo. Las comunicaciones a este nivel deben de presentar una característica primordial que es la intercomunicación en tiempo real y que debe de resistir algunas veces al ambiente hostil; donde existe gran cantidad de ruido electromagnético y condiciones de ambiente como temperaturas elevadas y humedad.

Las redes industriales están enfocadas a 2 primordiales ramas las cuales son el área de campo y a sistemas SCADA, en ambos casos la comunicación de ser en tiempo real o con una pequeña demora que no afecte a parámetros del proceso.

En esta ocasión nos enfocamos a las redes de campo; las cuales sustituyen los grandes cableados en instalaciones eléctricas haciendo instalaciones remotas de sensores y transductores; además de tener la ventaja de con un solo controlador lógica programable controlar diferentes zonas de proceso.

Entre otras ventajas es la de los costos y tiempos de instalación ya que con las redes industriales nos ahorramos tiempo de instalación y materiales de instalación.

Las principales redes industriales de campo son: Profibus, DeviceNet, ControlNet, Ethernet Modbus; entre las más comunes en la industria.

2.14 DISPOSITIVO REGISTRADOR.

La reglamentación de CFR 113.40 FDA; requiere que cada sistema de autoclave esté equipado con un dispositivo registrador de la temperatura preciso. Se interpreta que esto indica que el dispositivo registrador brinda un registro continuo de la temperatura en el sistema de autoclave durante el procesamiento térmico.

La reglamentación exige que las graduaciones en los gráficos de los dispositivos registradores de la temperatura no deben exceder 2 °F (1 °C) dentro de un rango de 10 ° F (5.5 °C) de la temperatura de procesamiento. Una escala de trabajo de no más de 55°F por pulgada (12 °C por cm) se requiere dentro de 20 °F (10 °C) de la temperatura de procesamiento. Puede usarse una regla durante la inspección para determinar si la compañía cumple con esta parte de la reglamentación. El objetivo de las especificaciones del gráfico es brindar un gráfico que pueda ser leído fácilmente por el operador y el revisor del registro.



La reglamentación exige que el gráfico registrador de la temperatura sea ajustado lo más posible con referencia al termómetro; pero que en ningún caso deberá ser superior al termómetro de referencia preciso conocido. La precisión de trabajo de la mayoría de los dispositivos de registro es de al menos 1 °F (1-1/2°C). En la mayoría de los casos el gráfico de registro puede ser ajustado para que concuerde con el termómetro hasta dentro de 1 °F (1-1/2°C).

El registrador de temperatura deberá brindar una línea de registro de temperatura fina que pueda ser leída fácilmente hasta el 1 °F (1/2 °C) más cercano. Siempre deberá tomarse un enfoque conservador al leer una línea gruesa en una curva o línea de registro de la temperatura. La temperatura registrada siempre deberá ser determinada leyendo la parte inferior de la línea registrada en el gráfico de temperatura.

En la autoclave que se automatiza se implementa un video registrador que ya no utiliza papel como los registradores viejos; este va monitoreando parámetros como lo son Temperatura de Proceso, Presión del sistema y Velocidad de rotación.



Fig. 2.17 Video Registrador.

2.15 TACÓMETRO.

Un tacómetro es un dispositivo mecánico que mide la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro de un motor. Se mide en revoluciones por minuto (RPM).

En la autoclave es necesario medir las revoluciones por minuto del rotor de la caldera de proceso; que es donde se encuentra el producto a esterilizar; por lo cual en el eje del rotor se instaló un tacómetro; el cual le da al registrador las revoluciones por minuto a las que está girando la caldera de proceso.

2.16 SENSOR.

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

2.16.1 Características y Tipos.

Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.

Precisión: es el error de medida máximo esperado.

Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el *offset*.

Linealidad o correlación lineal.

Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.

Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.

Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.

Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

En la autoclave tenemos sensores capacitivo con programación de distancia de censado; estos están mentados en las mirillas de cristal y nos sirven para detectar el nivel de agua en las calderas de la autoclave.



Fig. 2.18 sensor capacitivo.

También tenemos sensores de tipo inductivo; el cual ocupamos para detectar una leva; la cual nos indica que la caldera de proceso de la autoclave está en posición horizontal. Esto para poder abrir la caldera y sacar las canastillas con producto; además otro que detecta otra leva metálica que nos indica que la compuerta de la autoclave está cerrada o abierta.



Fig. 2.19 Sensor inductivo en la autoclave.

Sensores magnéticos; estos están montados directamente en el pistón; que es el seguro de la compuerta de la autoclave; y la señal del sensor nos sirve para saber si el pistón está adentro o afuera.



Fig. 2.20 Sensor Magnético en pistón.

2.16.2 Sensor de Temperatura Pt100.

Un Pt 100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 0 ohm y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo); normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegidos dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal); por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas (-100 a 200 °).

Los Pt 100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidos detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Este comportamiento es de gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podrá producir algún daño grave.

Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

En la autoclave se instaló uno en la caldera de almacenamiento el cual va conectado a la tarjeta del PLC y nos está monitoreando la temperatura de la caldera, otros dos se instalaron en la caldera de proceso; uno está conectado directamente al registrador para registros de temperatura y el otro está conectado a la tarjeta de entradas del PLC monitorea la temperatura de esterilización de la caldera; normalmente en la zona que se instalan los PT100 se instala un termómetro para comprobar la lectura del PT100.

2.17 TRANSDUCTOR.

Es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra de diferente a la salida. El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza (ejemplo; electromecánica, transforma una señal eléctrica en mecánica o viceversa), aunque no necesariamente en esa dirección. Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc. para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa.

En la autoclave tenemos instalados 2 transductores de presión uno en la caldera de proceso que va conectado al PLC y nos indica la presión del sistema y otro en la caldera de proceso; el cual va conectado al registrador el cual lleva el registro de presión de los productos procesados; por cada transductor de presión instalado se debe de instalar un manómetro para hacer la comparación de lecturas de presión.



Fig. 2.21

En la figura 2.21, podemos observar dos Pt100, el termómetro y el transductor de presión de la caldera de proceso de la autoclave.



CAPITULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO.

La implementación de PLC y HMI en la autoclave fue un proyecto que se realizó por fases para aprovechar las visitas a la planta y tener un amplio panorama de los problemas que se podrían tener al desarrollar el proyecto.

Los principales puntos que se pretenden con este proyecto es el satisfacer las necesidades de los usuarios de la autoclave, hacer el proyecto en tiempo y forma además de por cada fase de avance tener contacto con los usuarios para saber si lo que se está haciendo es lo que se espera o requiere algunas modificaciones o mejoras.

3.1 METODOLOGÍA.

Se utiliza la fases de para llevar a cabo el proyecto en la autoclave; a continuación se presenta el diagrama que se utilizó en forma general para desarrollar el proyecto.

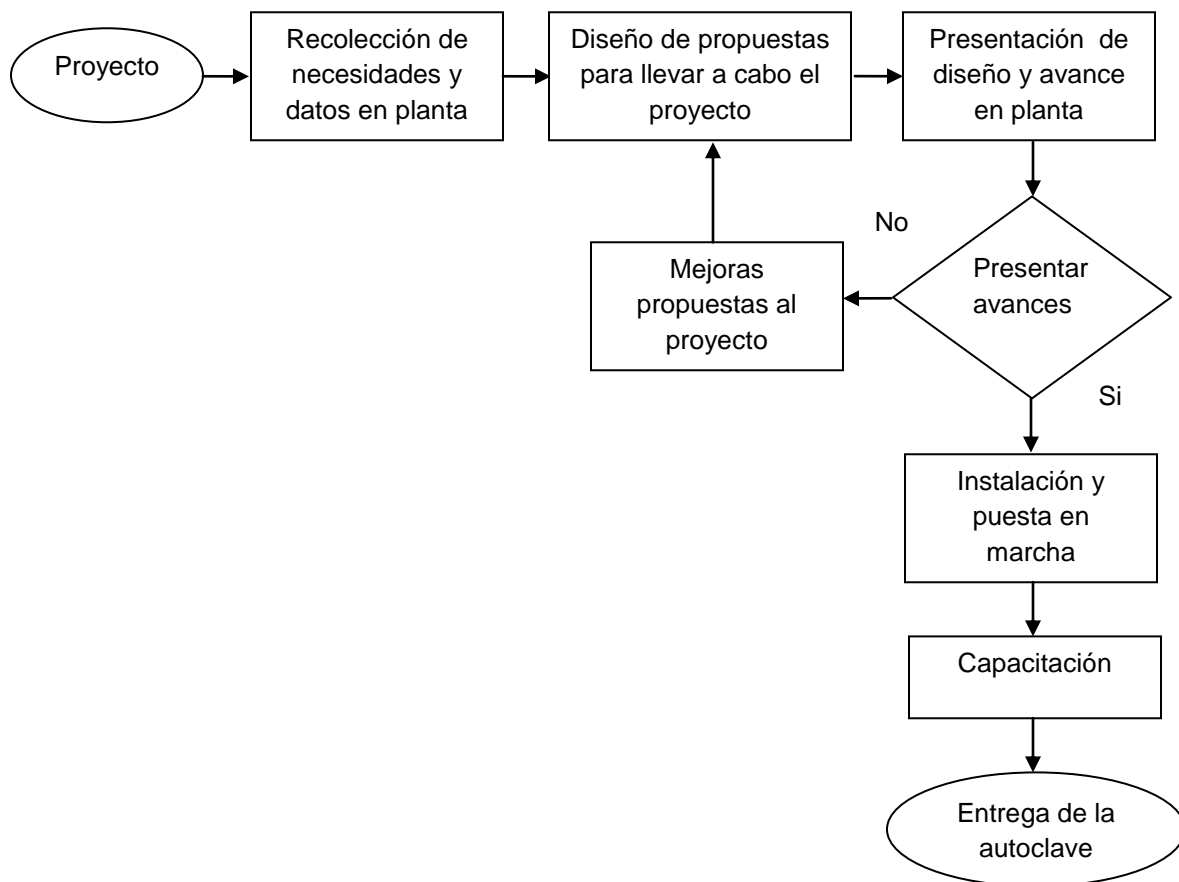


Fig. 3.1 Diagrama forma de planeación del proyecto.

En forma general en la fase 1, se hace la recolección de necesidades de los usuarios en la planta y se recopilan datos de la autoclave; en la fase 2 se seleccionan los componentes de control y automatización para la autoclave, en la fase 3 se presenta el proyecto de automatización de la autoclave, en la Fase 4 se diseña y elaboración del tablero de control eléctrico, en la fase 5 se realiza la instalación y pruebas de la autoclave y por último la fase 6 se hace la capacitación de operación de autoclave.



3.2 DESARROLLO DEL PROYECTO.

En este punto se desarrollaron las diferentes fases que llevamos a cabo para el desarrollo de la implementación de sistema de control con PLC y HMI para la autoclave.

3.2.1 Fase 1 Visita a la Empresa y Recolección de Datos.

En esta fase se conoce la empresa donde va ser instalada la autoclave; la cual está en San Luis Potosí; se realiza una visita de 2 días en los cuales tenemos pláticas con los diferentes departamentos de la empresa que están involucrados en el conocimiento y funcionamiento de las autoclaves; cabe mencionar que en esta empresa tenían trabajando 8 equipos; solo que ninguno era 100 % automático y el estado de los componentes tanto mecánicos, eléctricos y de control estaban muy deteriorados y eran en gran parte muy viejos.

Se hace un reconocimiento de operación y funcionamiento de la maquina teniendo pláticas con las personas involucradas en las autoclaves; por ejemplo:

Operadores; estas personas fueron de gran ayuda para comprender el trabajo de las autoclaves ya que ellos son los que a diario tenían contacto directo con el funcionamiento, a los que se les presentaban los problemas y sabían cómo poderlos solucionar o que era lo que podía causarlos,

Además que viendo como ellos manipulaban la maquina; me fui dando un panorama de que es lo que se debería de mejorar para facilitar el trabajo y hacer una operación con mayor seguridad. De forma manual abriendo la válvula de vapor y cerrándola según lo requiriera el sistema; por lo que ellos eran los que controlaban la temperatura de la autoclave, abriendo la válvula de calentamiento cuando observaban que la temperatura de proceso bajaba.

Aseguramiento de calidad; El personal de aseguramiento de calidad es la que se encarga de revisar que los productos que se esterilizan en las autoclaves estén cumpliendo con los requisitos de tiempos de proceso, temperaturas, sabor, textura según el producto a esterilizar.

Con la encargada del laboratorio de calidad se tuvo una plática de funcionamiento desde el punto de vista de proceso; ya que los equipos esterilizan productos alimenticios; por lo cual fue interesante aprender sobre aspectos de microbiología, esterilización, temperaturas, presiones, tiempos de esterilización, y lo más importante el funcionamiento de la autoclave en sus diferentes ciclos pero ahora con las condiciones de temperatura, presión, flujo de agua caliente y fría.

También me comento que habían estado teniendo problemas con las autoclaves ya que estas dependían mucho del operador; por lo que una falla de operación podía echar a perder todo un lote de producción; ya que ellos eran los que abrían las válvulas para calentar, para inyectar presión y para inyectar agua caliente; inspectores de calidad tenían que estar muy metidos en las máquinas para no dejar pasar este tipo de detalles.

Producción; con el encargado de producción se platica de los detalles de tiempos entre cada carga a esterilizar, sus necesidades de mejorar los tiempos muertos de las autoclaves, la cantidad de lotes de producción buenos y rechazados.



Mantenimiento; con los encargados de darle mantenimiento a las autoclaves; platicamos de los componentes de la autoclave; nos explicaron el funcionamiento de las válvulas; en qué momento deben abrir y cerrar, nos explicaron que voltaje de alimentación tenían los tableros de las autoclaves que existían en la planta, nos proporcionaron diagramas eléctricos y de flujo de la máquina, nos explicaron los principales equipos que se les dañaban por el trabajo de la máquina y cuáles eran sus recomendaciones acerca de marcas de equipos eléctricos, neumáticos y mecánicos.

En estos dos días que se estuvo de visita en la planta se revisaron físicamente las autoclaves que ya tenían, su funcionamiento, los ciclos que realiza cada una de ellas, su operación y sus deficiencia que para mí eran oportunidades para mejorar el funcionamiento.

3.2.2 Fase 2 Selección de Componentes de Control y Programación.

Se comienza el trabajo de formulación de proyecto comenzando por decidir el sistema de control PLC y panel de operación HMI que se va a usar en el proyecto; con los datos obtenidos de la autoclave se hace un cálculo de entradas digitales y analógicas, salidas digitales y analógicas; con lo cual obtenemos la siguiente información:

Tipo de señal	Cantidad	Elementos a Conectar
Entradas digitales 24 Vcd.	25	Sensores, presostatos, termomagnético, botones
Entradas analógicas 4-20 mA	1	Lectura transductor de presión caldera de almacenamiento
Salidas Digitales a Relevador	18	Activación de motores, focos de señalización, relevadores, y electroválvulas.
Salidas Analógicas 4-20 mA.	5	Salidas movimiento proporcional de válvulas y salida proporcional a variador de velocidad del rotor caldera de proceso

Tabla 3.1 cantidad de entradas y salidas en PLC

3.2.2.1 Selección del PLC.

El PLC todo es de marca Allen Bradley y consta de lo siguiente:

Chasis Modular SLC 500; portador de todas las tarjetas que comprende el PLC; además de hace la comunicación entre la CPU y las tarjetas de entradas y salidas e interconecta el voltaje entre ellas. Consta de 10 slots u orificios de montaje. El código de este dispositivo es 1746-A10.

Fuente de Alimentación SLC 500; es la encargada de proporcionar alimentación a los componentes del PLC como la CPU, tarjetas de entradas, tarjetas de salidas, tarjetas analógicas y chasis modular.

El código del Fuente es 1746-P2 alimentación 220/120 VAC salida a 24 Vcd 5 amperes.

La unidad central de procesamiento CPU SLC 500 5/05; como ya se dijo anteriormente se encarga de almacenar el programa, recopilar datos de las tarjetas conectadas en chasis, administrar secuencias de programación, comunicarse con dispositivos como paneles de control.

La CPU usada en la autoclave es de la familia SLC 500 5/05; código 1747-L551, 16K de memoria, puerto de comunicación RS232 y puerto de comunicación Ethernet.



Tarjeta de entradas digitales a 24 volts corriente directa; en esta tarjeta están conectados los elementos de la periferia de la máquina que son entradas como lo son sensores, señales de botones, señales de estado de motores.

La autoclave cuenta con 2 tarjetas con 16 entradas digitales a 24 volts cada una y su código es 1746-IB16 de la familia SLC 500

Tarjeta de entradas de RTD o resistencia modular; esta tarjeta es especial para conectar los sensores de temperatura PT100 y su función es dar a la CPU la lectura de estos dispositivos.

La autoclave tiene una tarjeta con 4 entradas código 1746-NR4.

Tarjeta de salidas tipo relevador; esta tarjeta es la que se encarga de conectar los dispositivos de salida como lo son focos indicadores, activación de contactores para los motores, activación de relevadores y activación de electroválvulas. Consta cada tarjeta de 16 salidas y cada tarjeta se divide en 2 secciones de ocho relevadores; su código de Allen Bradley es 1746-OW16.

Tarjeta de salidas analógicas; esta tarjeta nos da una salida proporcional de tipo analógico de 4-20 mA; esto se utiliza para dar referencia de posición a las válvulas de tipo modulantes y de tipo motorizada; además de dar referencia de velocidad al variador de motor.

La autoclave cuenta con una con 4 salidas y su código es 1746-NO4I.

Tarjeta combinada 2 entradas y 2 salidas Analógicas; las entradas son de 4-20 mA. se ocupa solo una la cual la proporciona el transductor de presión; el sistema la interpreta en miliamperios y la procesa para obtener la presión del sistema; por otro lado tiene 2 salidas analógicas que trabajan como la tarjeta que se describió antes.

La autoclave cuenta con una tarjeta y su código es 1746-NIO4I.

Los espacios vacíos que sobran en el chasis se tapan con tapas falsas de tarjetas y su código es 1746-N2.



Fig. 3.2 PLC utilizado en el tablero de control Autoclave.



CAPITULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO.



3.2.2.1.1 Lógica de Funcionamiento de la Autoclave.

Se comienza a trabajar con el programa en el PLC; haciendo una tabla con cada secuencia de la autoclave y poniendo las válvulas que deben de abrir y los motores que deben de activar dependiendo del ciclo que este la autoclave.

NOMBRE		Calentamiento caldera de almacenamiento	EST 1	EST 2	EST 3	ENF 1	ENF 2	DRENAJE
Bomba de Recirculación	M1	0	1	1	1	1	1	1
Bomba de Agua Fría	M2	0	0	0	0	1	1	0
Bomba Hidráulica.	M3	SOLO SI SE REQUIERE ABRIR O CIERRA LA PUERTA						
*ROTOR	M4	0	0	1	1	1	1	0
Válvula General de Vapor	Y1	1	1	1	1	1	1	1
Válvula Agua fría	Y2	0%	0%	0%	0%	100%	50%	0%
Válvula Drenaje	Y3	0	0	0	0	0	0	1
Válvula Calentamiento de Caldera de Almacenamiento	Y4	1	0	0	0	0	0	1
Válvula. Calentamiento Caldera Proceso	Y5	0%	0%	MODULAR 0-100%	MODULAR 0-100%	0%	0%	0%
**Válvula Presión del Sistema	Y6	0%	0%	MODULAR 0-100%	MODULAR 0-100%	0%	0%	0%
Válvula de evacuación Caldera de almacenamiento	Y7	0/1 SI HAY SOBRE PRESIÓN	0	1/0 SI HAY SOBRE PRESIÓN	1/0 SI HAY SOBRE PRESIÓN	1/0	1/0	0
Válvula de Comunicación	Y8	0	1	1	1	1	0	0
válvula de evacuación de Caldera de Proceso	Y9	0	1	0	0	0	1	1
Válvula Mariposa	Y10	0 %	100%	100%	100%	100%	100%	0 %
Válvula descenso de Presión	Y11	0	0	0	0	1	1	0
Válvula Cerrar Puerta	Y26	SOLO SI SE REQUIERE ABRIR Y CERRAR LA PUERTA						
Válvula abrir Puerta	Y27							
Válvula Cerrar Bloqueo	Y28	0/1	1	1	1	1	1	1



NOMBRE		Calentamiento caldera de almacenamiento	EST 1	EST 2	EST 3	ENF 1	ENF 2	DRENAJE
Válvula Abrir Bloqueo	Y29	1/0	0	0	0	0	0	0
Válvula Junta de Sello Puerta	Y30	0	1	1	1	1	1	1

Tabla 3.2 Secuencia de Activación de Válvulas de la Autoclave.

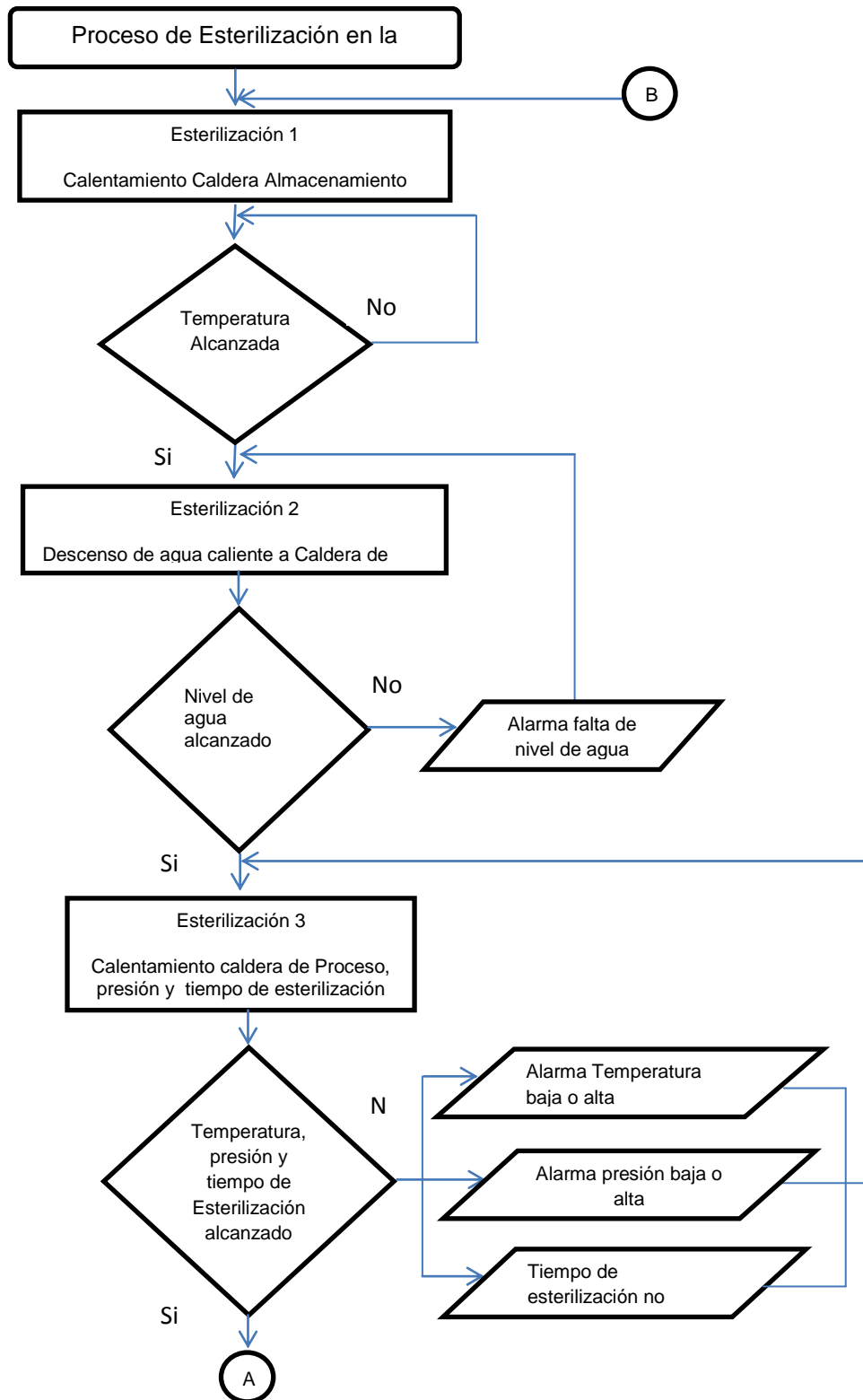
3.2.2.1.2 Diagramas del flujo del proceso de la autoclave y del PLC

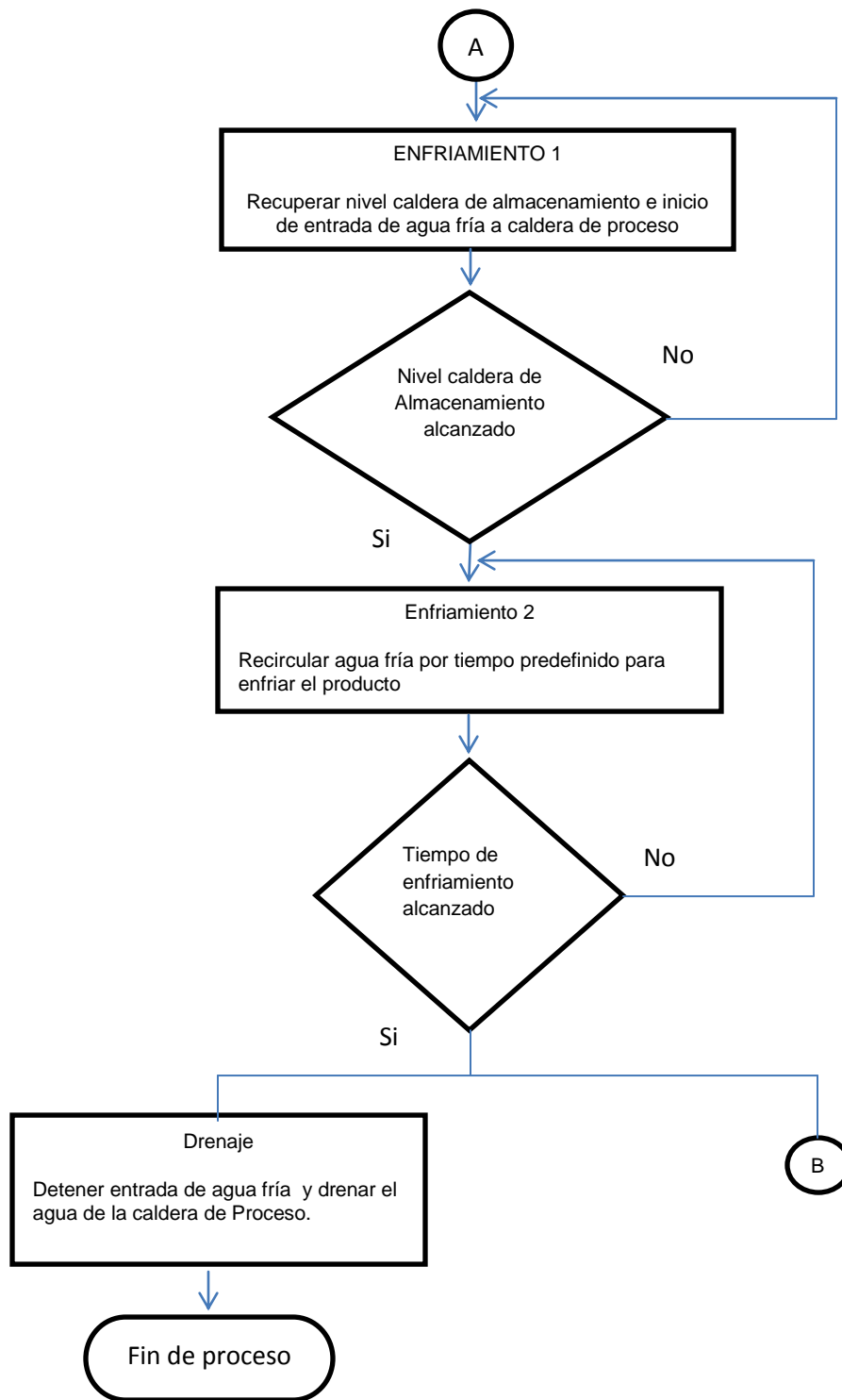
Para realizar el programa se toma en cuenta los diferentes ciclos que involucra el trabajo de esterilización que realiza la autoclave, por lo cual se hace de manera gráfica la representación; primero de las fases o ciclos de todo el proceso de esterilización; y después de igual forma en cada ciclo de trabajo con los elementos que actúan directamente en el programa de control del PLC como entradas, salidas y alarmas.

En las hojas siguientes tenemos el diagrama de flujo de los procesos por los cuales pasa un producto que ingresa a la autoclave; además de tener de manera individual por cada ciclo de la autoclave el diagrama de flujo de las acciones que realizara el programa del PLC.



Fig. 3.3 Diagrama de Flujo Proceso de la autoclave





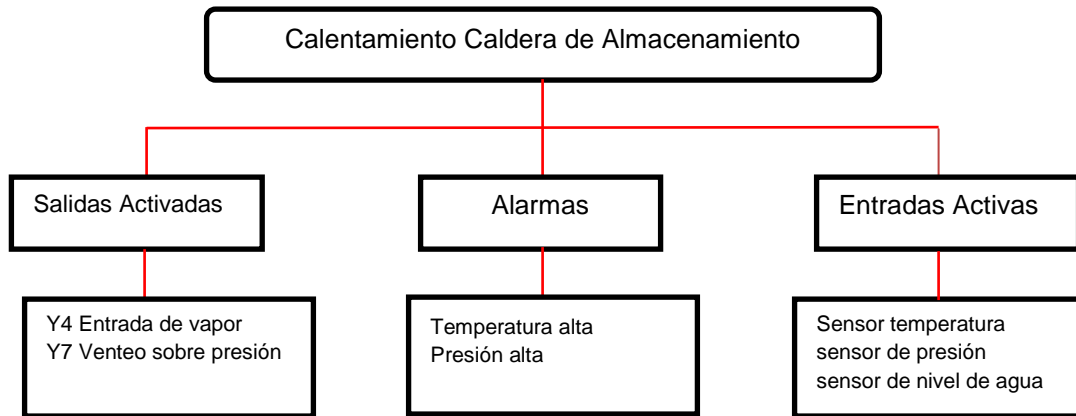


Fig. 3.4 Diagrama de flujo programa del PLC Autoclave Calentamiento de Caldera de Almacenamiento

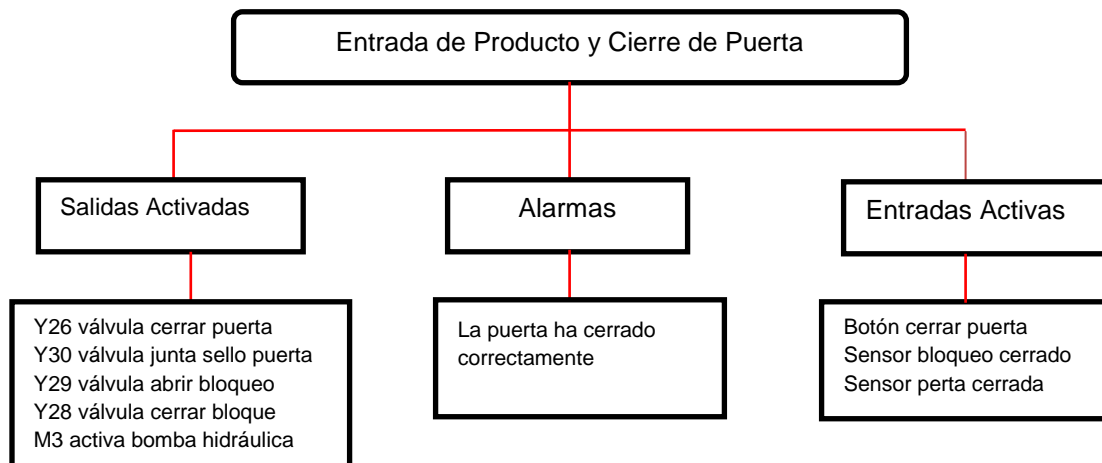


Fig. 3.5 Diagrama de flujo programa del PLC entrada de Producto a la Autoclave

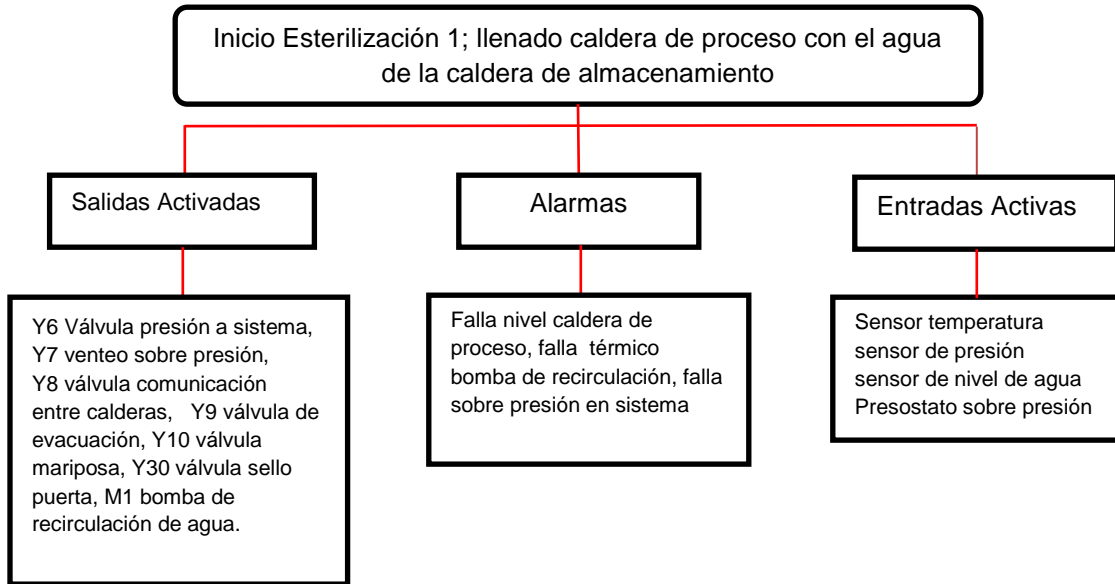


Fig. 3.6 Diagrama de flujo programa del PLC en Esterilización 1.

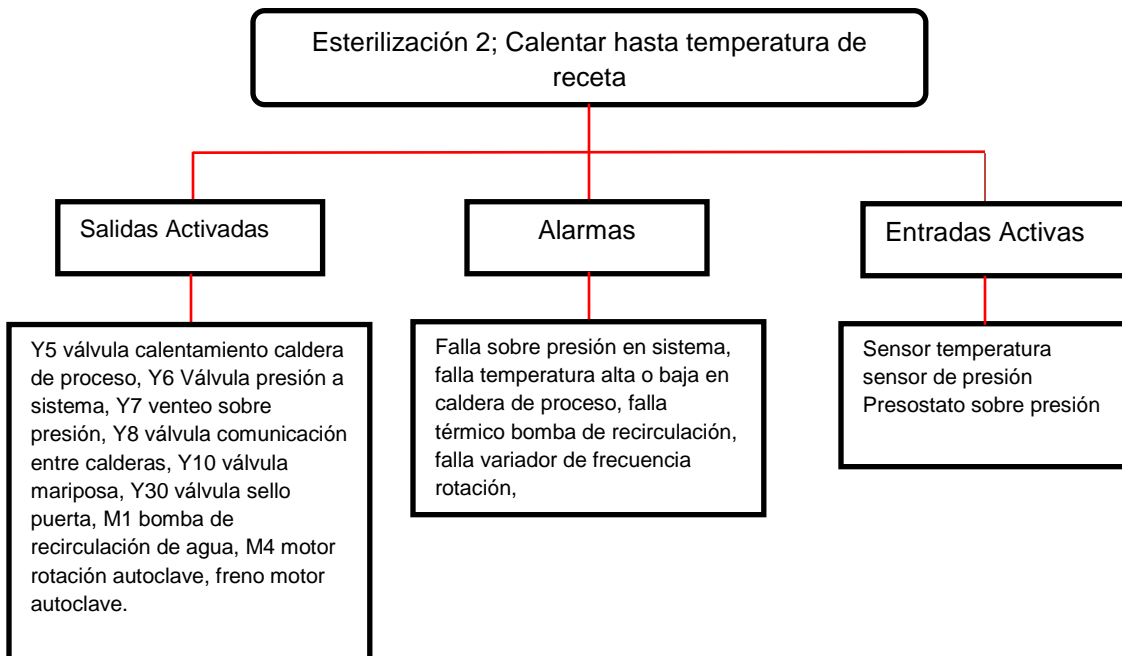


Fig. 3.7 Diagrama de flujo programa del PLC en Esterilización 2.

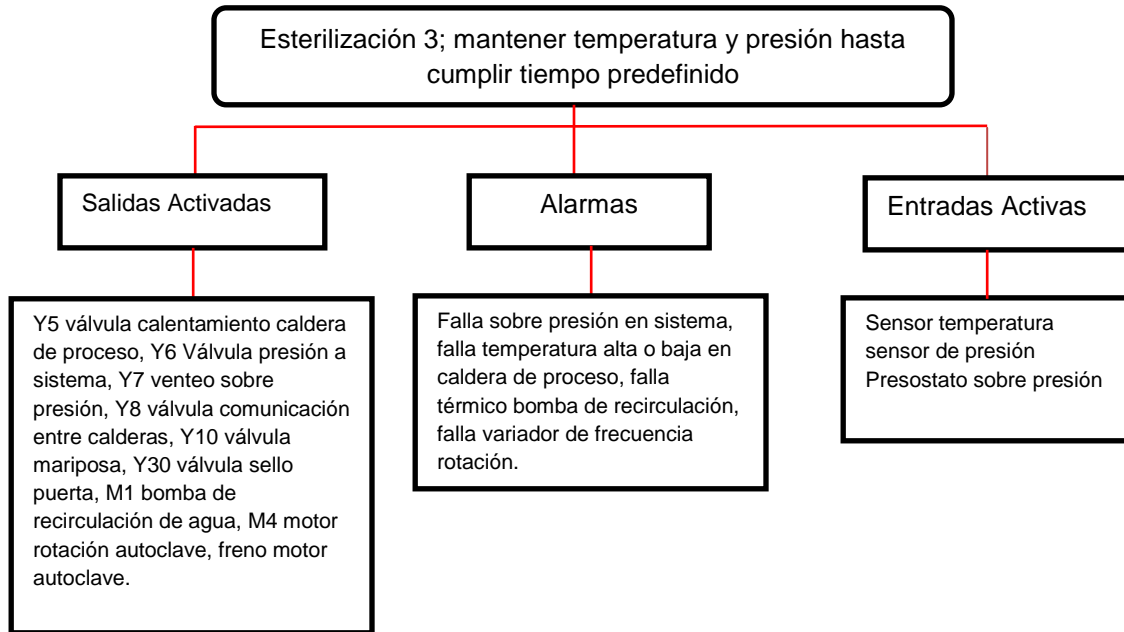


Fig. 3.8 Diagrama de flujo programa del PLC en Esterilización 3.

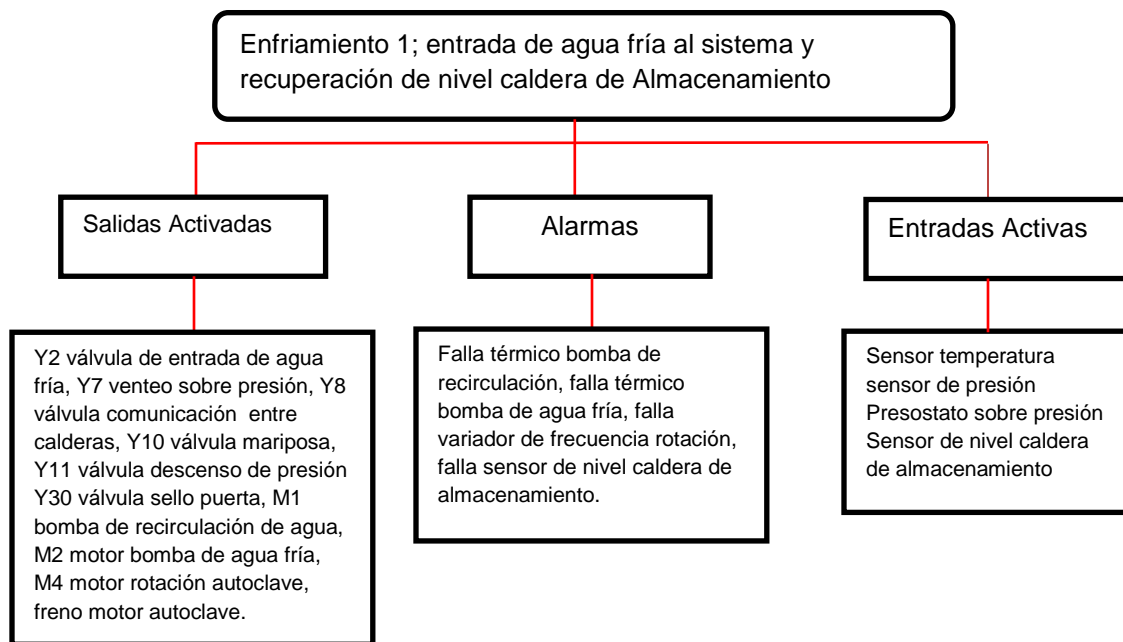


Fig. 3.9 Diagrama de flujo programa del PLC en Enfriamiento 1.

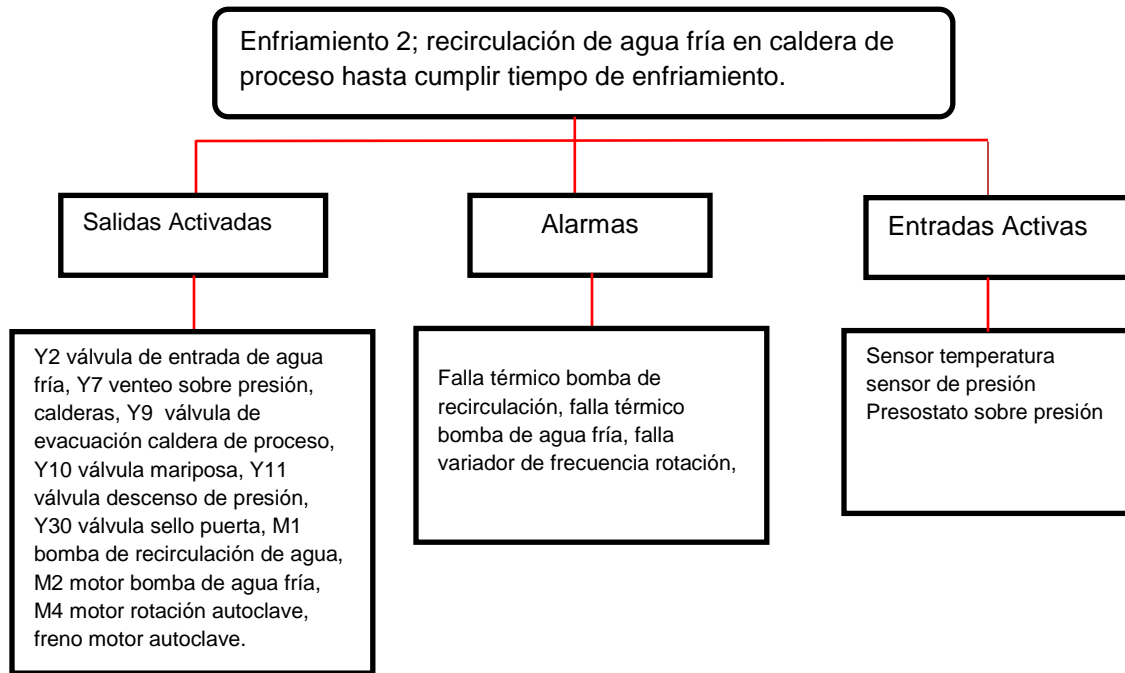


Fig. 3.10 Diagramas de flujo programa del PLC en Enfriamiento 2.

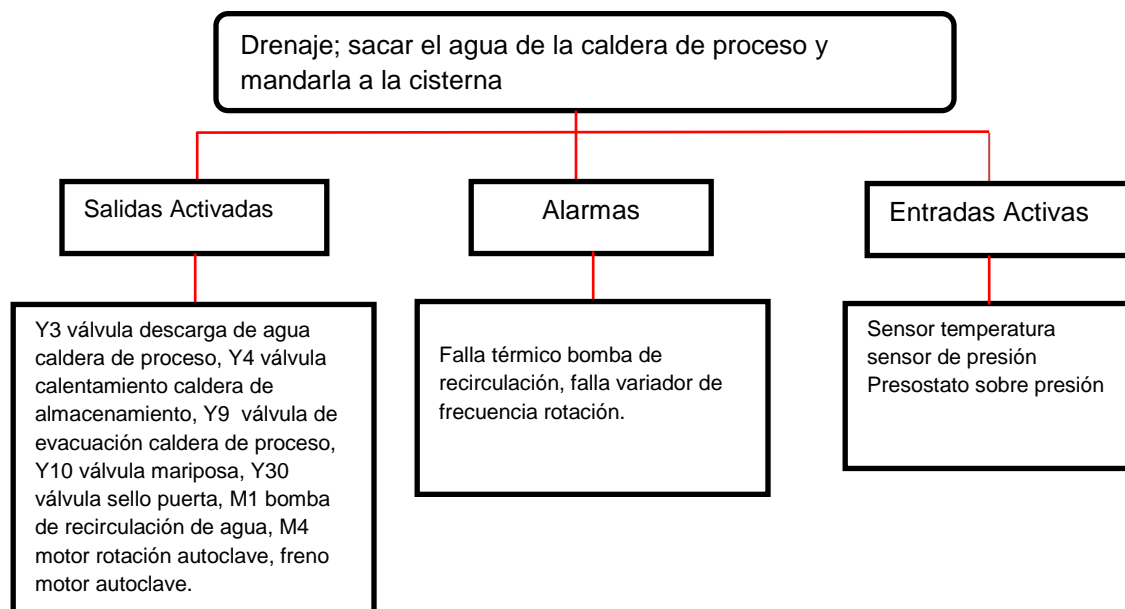


Fig. 3.11 Diagrama de flujo programa del PLC en Drenaje.

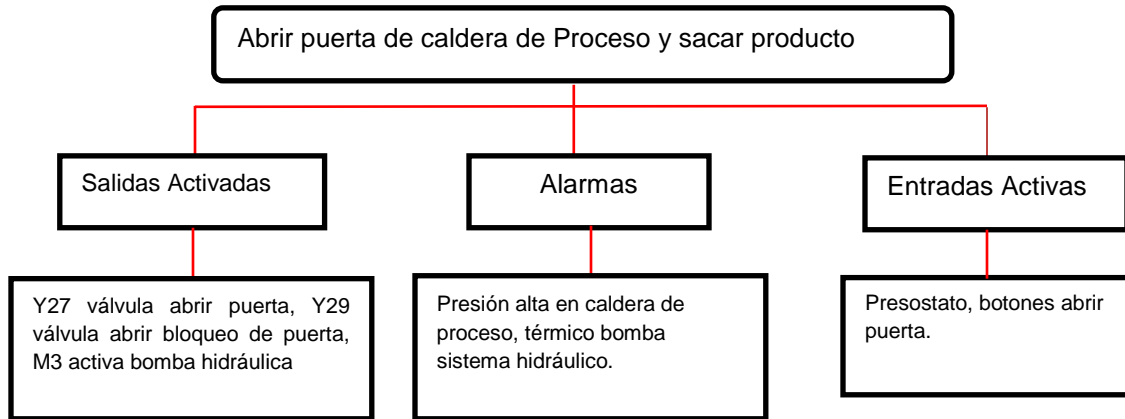


Fig. 3.12 Diagrama de flujo programa del PLC Salida de Productos de Autoclave

3.2.2.1.3 Software de Programación del PLC.

El software de programación es de la marca Allen Bradley; se usaron 2 uno para comunicar el PLC con la computadora de programación y otro para realizar la programación del PLC.

El software de comunicación computadora de programación y PLC es RsLinx Classic; en este software damos de alta la interface de comunicación y el puerto del PLC que vamos a ocupar como enlace entre PLC y computadora de programación.

El Puerto de programación para el CPU que se utilizó en la autoclave es RS232.



Fig. 3.13 Pantalla software RsLinx.

El software de programación utilizado para hacer la programación del PLC es Allen Bradley, su nombre Rslogix 500, versión 7.10.00.

Este software está instalado en la computadora de programación, es para programar la familia de PLC Allen Bradley SLC y Micrologix.

El lenguaje de programación que se utilizó fue tipo escalera de contactos; en este se configuró la comunicación entre pantalla HMI y PLC.

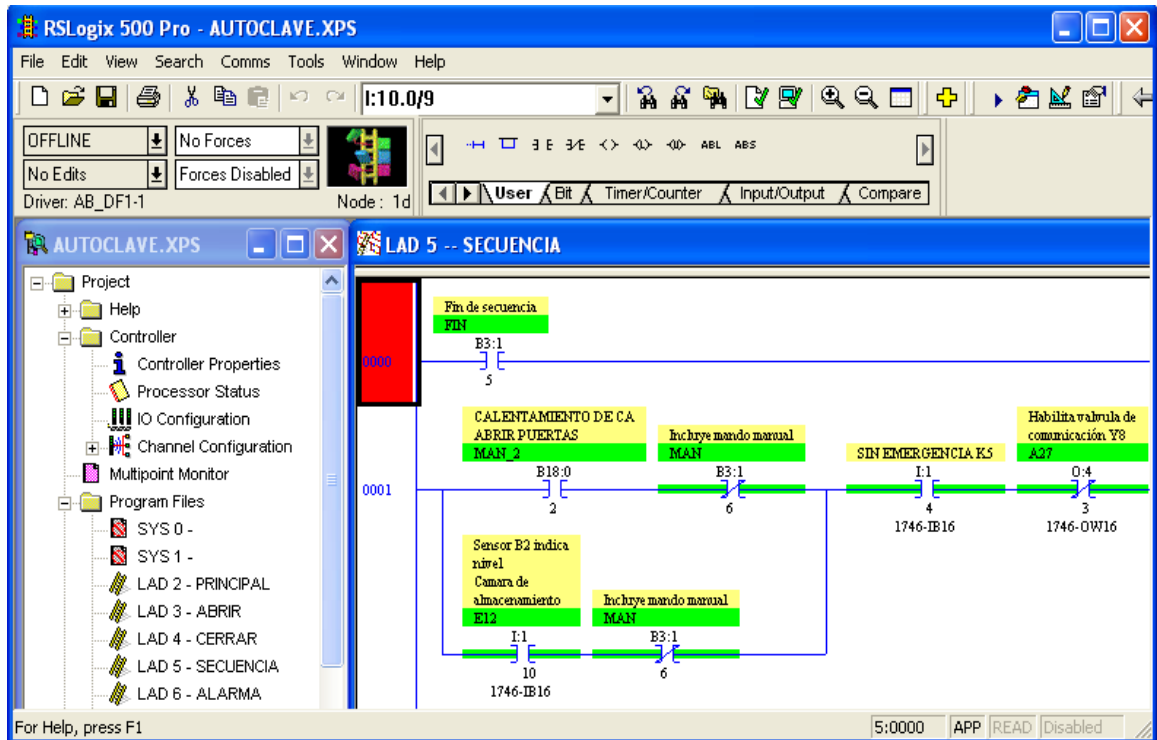


Fig. 3.14 Pantalla software de programación RSLogix 500.

3.2.2.1.4 Programación del PLC.

La programación del PLC es parte esencial del muy funcionamiento de las máquinas y buena realización de los procesos.

En el caso de esta autoclave el PLC marca Allen Bradley comunicación Ethernet y RS232 se programó en forma de Ladder; que es en lenguaje grafico de programación de contactos o denominado de escalera; consta de 9 LAD o bloques de programación los cuales contienen distintas funciones de la autoclave con el fin de poder tener una mejor organización del programa; estos son los siguientes:

LAD 2 PRINCIPAL; Este bloque de programa el software lo crea de manera automática para de ahí comenzar a realizar la programación; este bloque es el primero que manda a llamar el PLC en su escaneo; por lo cual en este bloque se pone lo más importante de nuestro programa y de este mismo se mandan a llamar a los demás LAD o bloques.

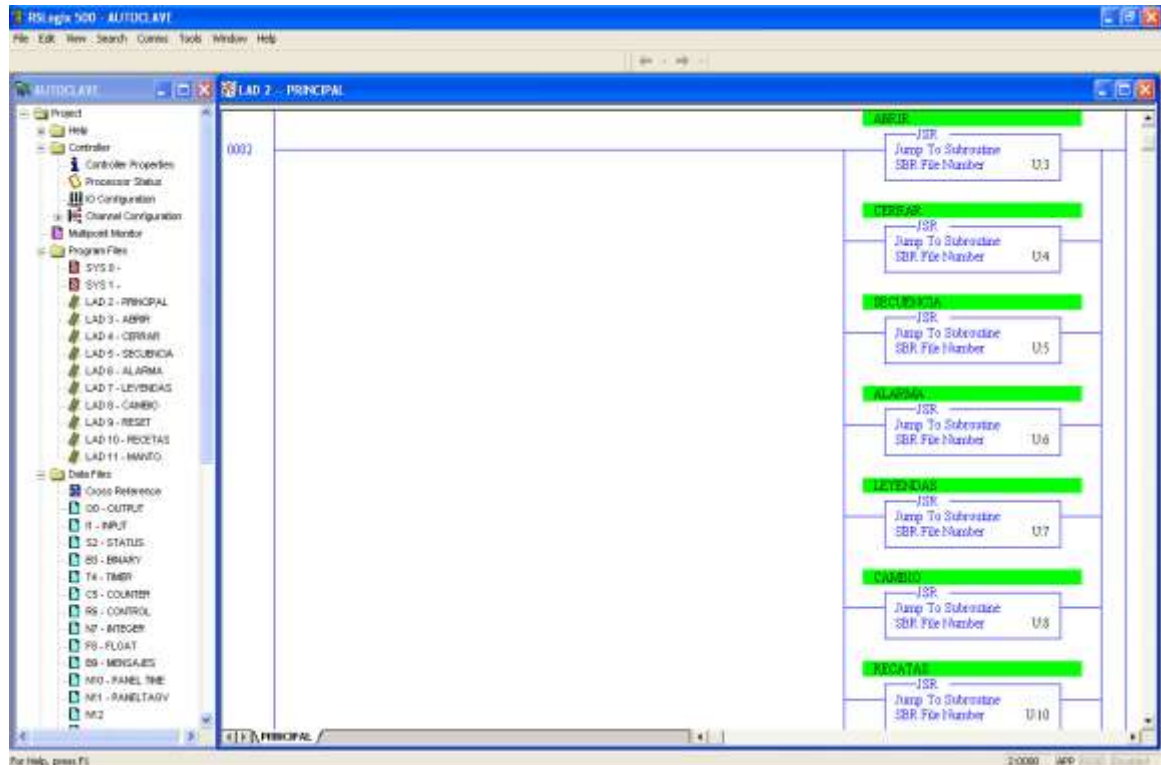


Fig. 3.15 LAD 2

En la figura 3.14 observamos parte de la programación del LAD 2 con los saltos a las subrutinas con la instrucción JSR (Jump to Subroutine); saltar a la subrutina que en este se irán describiendo una a una.

En este Bloque de programa también encontramos activación de las salidas digitales; como son electrovalvulas, motores y señalizaciones.

En la figura 3.15 del programa podemos observar la activación del motor M1 de la bomba de recirculación. Este motor es activado según la fase del proceso en el que se encuentra la autoclave; por ejemplo se activa cuando esta en esterilización 1, esterilización 2, esterilización 3, enfriamiento 1, enfriamiento 2 y el ciclo de drenaje.

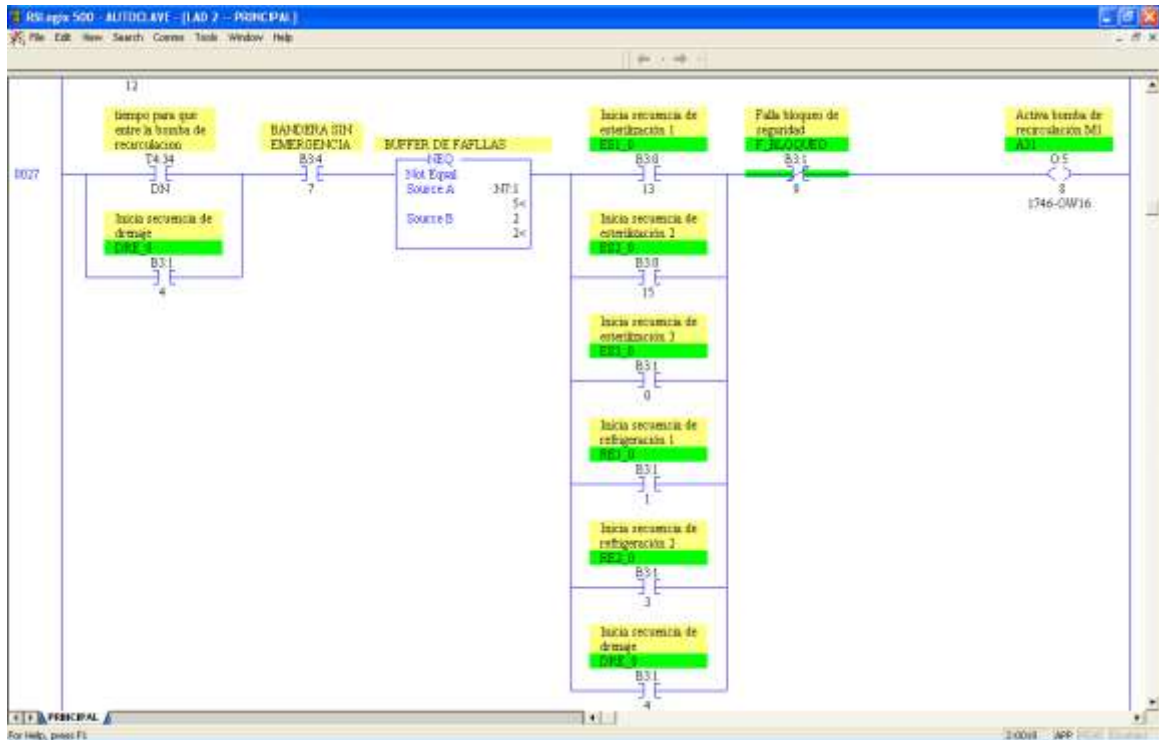


Fig. 3.16 Parte del programa LAD 2

En el bloque 2 se encuentran escalamientos con la instrucción SCP (Scale with Parameters) escalamiento con parametros; la cual nos ayuda a interpretar de manera rael los valores analogicos, en caso concreto el valor de la lectura de temperatura que esta manejando la entrada analogica I:3.0; ya que el PLC lo toma como un conteo que va desde -32750 hasta 32750; por lo cula nosotros para poder mandar la lectura de temperatura real a pantalla de operación la tenemos que interpretar en valores de grados centrigrados; para lo cual la instrucción la completamos poniendo el rango de temperatura que va desde -200 hasta 630.

Con estos valores ya se puede leer la temperatura real que en este caso seria la de la caldera de proceso y ponerla en nuestra HMI para que el operador la pueda visualizar.

En la figura 3.17 se observa el inicio de esterilización 2 y después el fin de esta e inicio de la esterilización 3.

LAD 6 ALARMAS; en este bloque se genera la programación para mostrar las alarmas que se pueden presentar en el proceso de la autoclave.

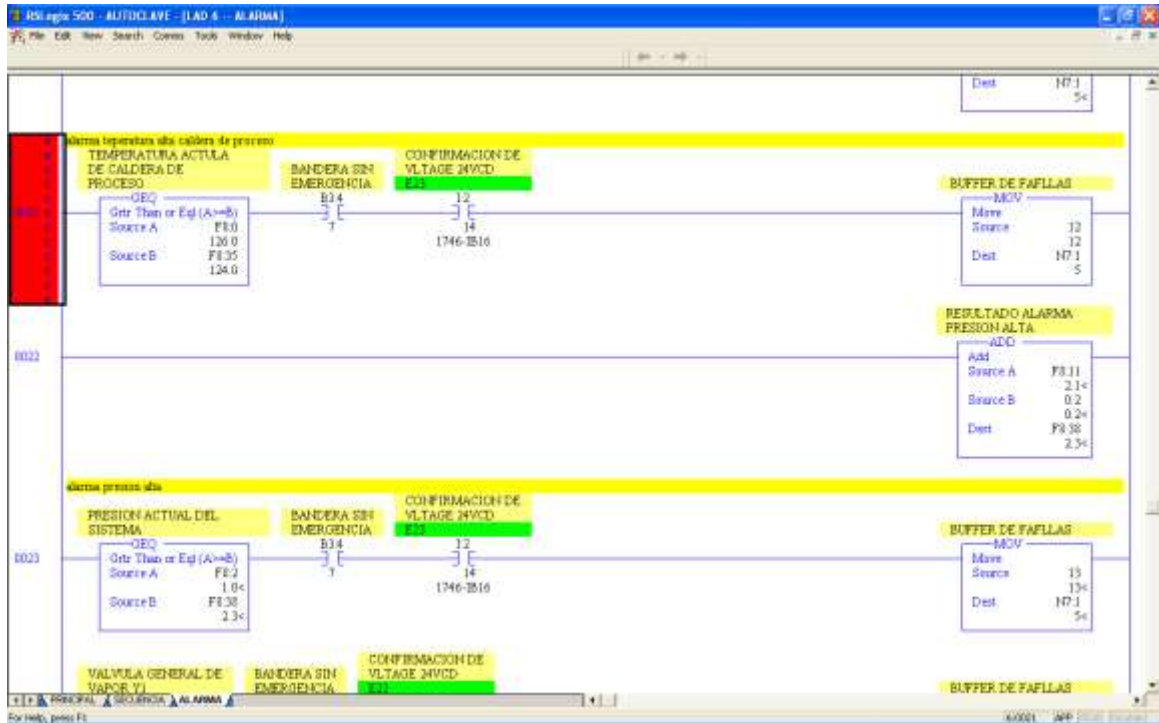


Fig. 3.19 Programa del PLC, LAD 6

En la figura 3.18, reglón de programación 21 muestra la secuencia de activación de la alarma de temperatura alta de la caldera de proceso; esta se está generando por medio de un comparador instrucción GEQ (Greater Than or Equal To) “mayor o igual a” por lo que comparamos una temperatura máxima en este caso memoria F8:0=126 con la temperatura actual de la caldera de proceso en este caso memoria F8:35=124; si la temperatura de la caldera de proceso es mayor o igual a la temperatura de F8:0; antes predefinida por seguridad del proceso; se activara la alarma de temperatura mandando este mensaje por medio de la instrucción MOV (mover) a la pantalla de operación.

Con los ejemplos antes mencionados se realiza la programación del PLC para la autoclave; el programa completo se encuentra en el ANEXO G.

3.2.2.2 Selección de la HMI.

Como se utilizó la marca Allen Bardley para el controlador se elige una pantalla de operación de la misma marca; ya que los protocolos de comunicación y la programación de variables entre PLC y Panel de operación son más claros y fáciles de programar.

En la autoclave se instaló un panel de operación marca Allen Bradley modelo Panel View Plus 1000 a color; tipo Touch Screen, comunicación Ethernet; el software de programación utilizado es Factory View Studio-Machine Edition versión 5.10.00.

En esta pantalla se realizó la programación de alarmas, botones, monitoreo de variables como presión, tiempos, temperaturas; programación de recetas según producto a procesar, se definieron niveles de operación y monitoreo directo de entradas y salidas del PLC.

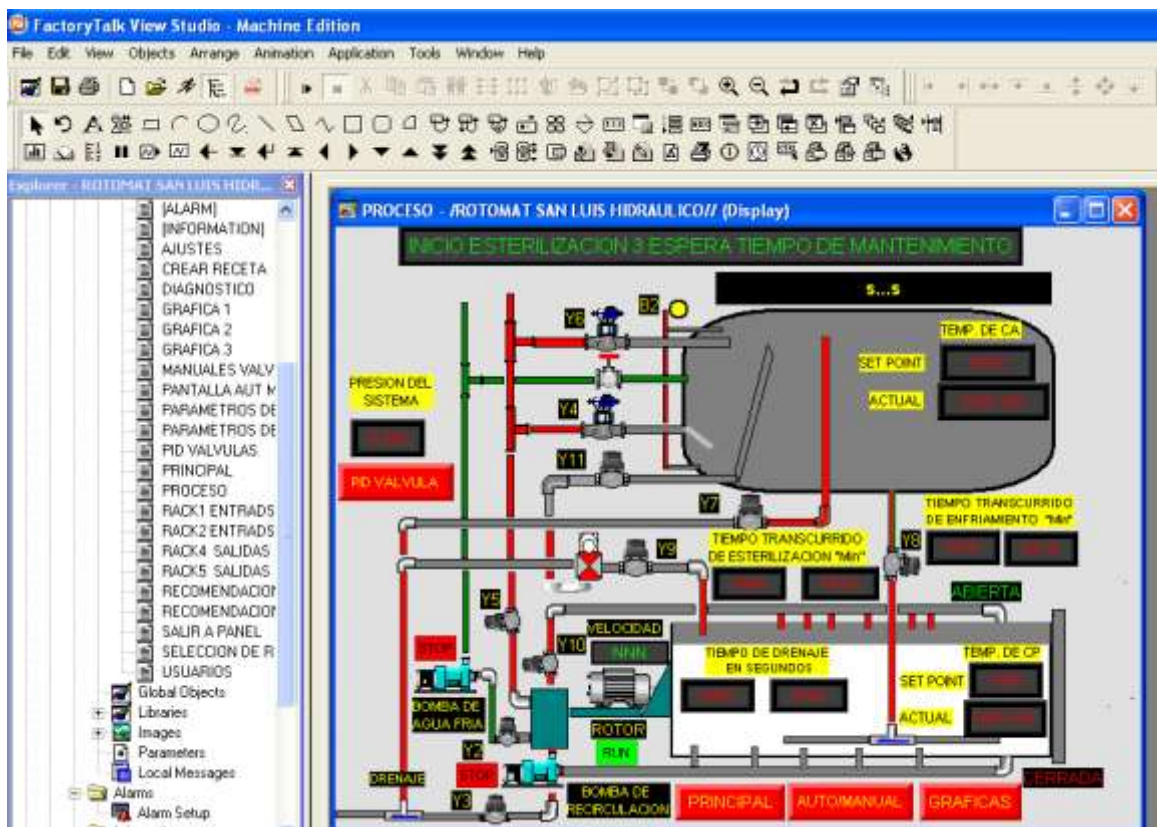


Fig. 3.20 Software Factory View Studio-Machine Edition.



3.2.3 Fase 3 Presentación del Proyecto de la autoclave.

Se tiene una presentación del avance del proyecto al personal de San Luis Potosí; gerencia, producción, aseguramiento de calidad y mantenimiento; se hace la presentación de las pantallas de operación de la autoclave de manera demostrativa y con ayuda del simulador RSVIEW Me Station de Allen Bradley; este programa es un simulador virtual el cual se puede correr desde la computadora la aplicación que se va a programar en la pantalla de operación.

Se les muestra las pantallas que se diseñaron para la operación de la autoclave para conocer su opinión y saber si con las pantallas diseñadas era suficiente para abarcar las necesidades de la autoclave o si se tenía que aumentar o quitar alguna.

Aquí el personal de aseguramiento de calidad me proporciono el número de recetas; según el producto a procesar; como se muestra en la siguiente tabla.

NOMBRE RECETA	TEMP CA °C	TEMP CP °C	TIEMPO ESTERILIZACIÓN MINUTOS	TIEMPO ENFRIAMIENTO MINUTOS	PRESIÓN SISTEMA BAR	ROTACIÓN RPM
FRIJOL 3 Kg. EN LATA	128	126	90	30	2.2	12
FRIJOL 310 EN LATA	128	126	60	40	2	8
BOLSA FRIJOL ENTERO 3.1 Kg	122	122	40	50	2.8	SIN ROTACIÓN
NACHOS EN BOLSA 3 Kg	90	90	4	17	1.2	SIN ROTACIÓN
LIBRE						
LIBRE						

CA= Caldera de Almacenamiento.

CP= Caldera de Proceso.

Tabla 3.3 Parámetros de recetas para autoclave.

Se detallaron algunas dudas de las pantallas; dando una explicación de cada una de ellas; para que fueran conociendo el sistema que se estaba proponiendo; a lo cual fue satisfactorio y convincente; por lo cual se continuó trabajando en el proyecto de automatización de la autoclave.

3.2.4 Fase 4 Diseño y Elaboración del Tablero de Control.

Una vez aceptado el proyecto se comienza el diseño del tablero de control eléctrico.

El primer paso es la selección de los dispositivos eléctricos como guardamotores, contactores, interruptores termomagnéticos, bornes de conexión, fuentes de poder para control, transformador, variador de frecuencia, relevadores, video registrador, etc.

Después de este paso se diseña el diagrama eléctrico; utilizando el software Electric CAD; poniendo todos los elementos del tablero eléctrico y de la periferia de la autoclave; válvulas, sensores de temperatura, motores, transductores, etc.

El diagrama eléctrico de la autoclave se encuentra en ANEXO B.

También se diseña el gabinete eléctrico se realizaron dibujos de la distribución de los equipos eléctricos que iban a ser instalados.

Se comienza a colocar los dispositivos eléctricos en el tablero; se hace la conexión de voltajes de fuerza y control, conexión de entradas y salidas del PLC; según el diagrama eléctrico.

El dibujo de distribución eléctrico se encuentra en el ANEXO C.



Fig. 3.21 Cableado del tablero de control

Se realizaron las siguientes pruebas eléctricas en el tablero:

Se hizo la conexión de voltaje al tablero de control eléctrico 440 Vac.

Se realizó la prueba del transformador de control el cual se alimentó a 440 Vac; y se verifico que en la salida tuviera 110 Vac para alimentar los dispositivos de control PLC, Panel de Operación y fuente.

Se energizo la Fuente para alimentar el control y se verifico que en salida existieran 24 Vcd; para energizar los dispositivos de la periferia; sensores y botones.



Una vez teniendo energizado de manera correcta los dispositivos eléctricos y de control; se hace la descarga del programa al PLC y a la Pantalla de operación; se prueba la comunicación entre ellos y se comienza a realizar pruebas en el programa con el tablero eléctrico.

Verificado el tablero eléctrico y habiendo cargado el programa se realiza la conexión entre el tablero de control y los elementos de la periferia de la autoclave.

Instalación y conexión de elementos de periferia de la autoclave; la instalación de válvulas, arreglo de tuberías e instalación de motores y elementos mecánicos lo realizó el área de proyectos; ya con los elementos mecánicos puestos se hizo la instalación eléctrica; la cual comprendió la instalación de charola eléctrica, conexión y cableado de elementos eléctricos hacia el tablero de control, colocación y conexión del sistema neumático como electroválvulas unidad de servicio y conexión de mangueras.

3.2.5 Fase 5 Instalación y Pruebas de la Autoclave.

3.2.5.1 Instalación Autoclave.

En esta fase se hace la instalación de la autoclave en la planta de San Luis Potosí; la autoclave requiere de instalación de servicios como Vapor suministrado por una caldera, Agua fría suministrada por una torre de enfriamiento, Aire comprimido generado por un compresor y una cisterna de descarga; la cual recibe el agua caliente, la almacena para mandarla a la torre de enfriamiento y alimentación trifásica de voltaje 440 Vac. 25 Kw.

Se coloca en posición según el plano proporcionado la Autoclave; el personal de proyectos conecta los servicios necesarios; el personal de ingeniería eléctrica realiza la conexión del alimentador del tablero

3.2.5.2 Pruebas Autoclave.

La primera prueba al equipo ya conectado se realiza comprobando que todos los elementos de entrada; sensores botones paros de emergencia estén conectados correctamente según el diagrama eléctrico y la señal que mandan llegue al PLC.

Después se comprueban las señales analógicas de entrada en la pantalla de operación; comprobando lectura de temperatura y presión principalmente.

Se verifica la conexión y funcionamiento de los elementos de salida; desde el PLC se activa los motores; checando que su sentido de giro sea el correcto; electroválvulas verificando que se active y mande activar la válvula según el diagrama eléctrico, verificando físicamente que abran y cierren; lampas de señalización ejemplo cuando exista alguna falla que encienda la correspondiente a ellas.

Ya comprobado la conexión y que todas las señales eléctricas y que mecánicamente la autoclave todo esté conectado se procede a realizar pruebas ya simulando proceso con agua, temperatura y vapor.

Las primeras pruebas se realizan con botes llenos de agua simulando la producción; esto con el fin de que no exista desperdicio de producto por si algo llega a salir mal en el funcionamiento de la autoclave.

3.2.6 Sistema de recirculación de agua caliente-fría a la autoclave

Como se mencionó anteriormente; la autoclave debe de tener una cisterna a la cual va a descargar el agua caliente cuando termine su ciclo de esterilización y este en proceso de enfriamiento; por lo cual se diseñó el control para bombear de manera automática el agua caliente de la cisterna a la torre de enfriamiento.

Lo interesante de este sistema es que se instaló un equipo de control de radiofrecuencia ya que la distancia entre la torre de enfriamiento y la cisterna es demasiada aproximadamente 200 metros; por lo que no era conveniente hacer una ruta de charola y tender cable de cobre para realizar la comunicación entre torre de enfriamiento y cisterna.

Son 4 cisternas las cuales cuentan cada una con una bomba, un control de nivel electrónico y señal de comunicación con la torre de enfriamiento; por lo cual son 4 torres de enfriamiento las cuales cuentan cada una con un control de nivel electrónico y comunicación a la cisterna.

El dibujo de ubicación aparece en el ANEXO A.

3.2.6.1 Modo de Trabajo de Sistema de la Cisterna y Torre de Enfriamiento.

La cisterna recibe el agua caliente la cual la va acumulando, por otra parte la torre de enfriamiento cuenta con una tina donde va acumulando el agua fría; el electro nivel de la tina monitorea el nivel actual de agua; cuando este nivel baja; esto por consumo de agua fría en las autoclaves; el control de nivel manda una señal por radio frecuencia hacia el equipo de radiofrecuencia de la cisterna la cual la procesa; la cisterna verifica que su exista nivel de agua caliente para poder bombear; si hay nivel comienza a bombear agua caliente; si no lo hay activa una alarma auditiva.

Al tener nivel de agua caliente la cisterna activa la bomba; la cual suministra agua caliente a la torre de enfriamiento; esta la enfría y la deposita en la tina. Al recuperar su nivel la tina de agua fría manda una señal de paro; vía radio frecuencia al tablero de la cisterna la cual interrumpe el bombeo de agua caliente. Así se hace un ciclo cerrado para que este circulando y enfriando el agua a las autoclaves; el diagrama eléctrico aparece en el ANEXO D y E.



Fig. 3.22 Circuito de drenaje de agua de las autoclaves hacia las cisternas



Fig. 3.23 Circuito de agua fría que viene de las torres de enfriamiento hacia las autoclaves.



Fig. 3.24 Tablero de control sistema de bombeo de agua caliente en la cisterna.

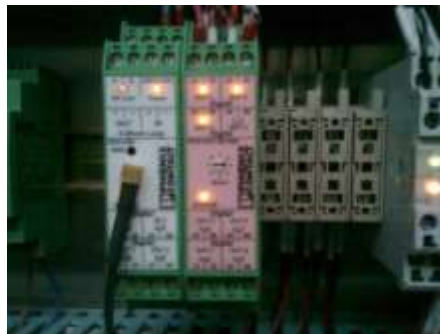


Fig. 3.25 Equipo de radiofrecuencia comunicación Torre de enfriamiento y cisterna.

3.2.7 Fase 6 Capacitación para la operación de autoclave.

El ingeniero además de diseñar, automatizar, resolver problemas, mejorar proceso tiene la tarea de saber transmitir sus conocimientos a los demás; en este caso se realizó un pequeño curso de capacitación del nuevo funcionamiento y operación de loa autoclave automatizada; en este curso participaron: operadores, inspectores de aseguramiento de calidad, personal de mantenimiento y producción.

3.3 OPERACIÓN AUTOCLAVE.

La explicación de operación y funcionamiento se describe a continuación:

Descripción de la Autoclave

La autoclave consta de 2 tanques; el primero en la parte superior al cual llamamos caldera de almacenamiento y otro que es la caldera de proceso.

Caldera de almacenamiento; en este tanque solo se almacena agua para iniciar el proceso de esterilización; en este tanque se calienta el agua por medio de inyección de vapor hasta la temperatura que sea necesario según el producto a procesar.

Además esta caldera se llena cuando la caldera de proceso está en ciclo de enfriamiento recupera al 100 % su nivel; ahora con agua caliente; que sube de la caldera de proceso y queda lista para un nuevo ciclo.

Caldera de proceso; en esta caldera se introducen las canastillas con el producto que se va a esterilizar; calentando el agua que proviene de la caldera de almacenamiento hasta la temperatura de esterilización según el producto a procesar; por medio de vapor.

En esta caldera se le dan los tiempos de esterilización; además que esta caldera es rotatoria ya que los procesos de esterilización lo piden para una mejor penetración de calor.

3.3.1 Procedimiento de Operación para la Autoclave Según Ciclo.

3.3.1.1 Llenar de Agua Caldera de Almacenamiento

Se abre la llave manual de paso de agua y se llena hasta aproximadamente 10 cm. antes de llegar al sensor de nivel máximo que se encuentra en la mirilla de nivel; como se muestra en la imagen; este procedimiento solo se hace el primer día de la semana de producción, ya que el agua estará recirculando y no se desperdicia.



Fig. 3.26 Caldera de almacenamiento y sensor de nivel.

3.3.1.2 Encender tablero eléctrico, abrir válvulas de vapor y purgar.

El tablero eléctrico se enciende activando el interruptor que se encuentra en la puerta del tablero, al activarlo podemos verificar que la pantalla de operación enciende en la pantalla principal donde tenemos el menú de las pantallas que tiene la autoclave; en caso de que encienda reportar al personal de mantenimiento.



Fig. 3.27 Pantalla principal en HMI de la Autoclave.

Se procede a realizar la purga de condensados en la tubería de entrada de vapor a la autoclave; esto se hace de la siguiente manera:

Abrir la válvula manual de purga de la tubería de entrada de vapor; después abrir la válvula general manual de entrada de vapor que se encuentra en el cabezal de vapor, en el panel de operación ir a la página que tiene el accionamiento de válvulas manuales, buscar el botón que abre la válvula general de vapor y activarlo, ir a la válvula manual de purga y verificar que salga el condensado que se encuentra acumulado en la tubería; una vez que comienza a salir solo vapor cerrar la válvula de purga manual.



Fig. 3.28 Pantalla de HMI accionamiento manual valvulas de la autoclave.

La válvula automática de alimentación principal del cabezal de vapor tiene como funcionamiento dar paso al vapor para todo el sistema en la autoclave; por lo que también es de seguridad; la válvula se cierre automáticamente en los siguientes casos: si existe una sobre presión en la autoclave, cuando hay perdida de energía eléctrica, cuando hay un parada de emergencia por la activación del botón de emergencia y cuando el sistema registra una aumento excesivo de temperatura; y no vuelve activarse o abrir hasta que el operador vuelva a oprimir el botón en la pantalla de operación para abrirla.



Válvula automática alimentación de vapor a la

Fig. 3.29 Cabezal de Alimentación de Vapor a la Autoclave.

3.3.1.3 Borrar alarmas.

En el panel de operación se deben de borrar las alarmas que se encuentren en el sistema hasta que prenda el foco verde de la baliza que se encuentra en la parte superior del tablero; si la alarma no se puede borrar se procede a reportarlo con la persona encargada de mantenimiento.

Las alarmas aparecerán en un recuadro con la descripción de la alarma, la hora y la fecha en que se presentó.

Las alarmas se borran oprimiendo el botón de Reset que se encuentra en la pantalla de operación.

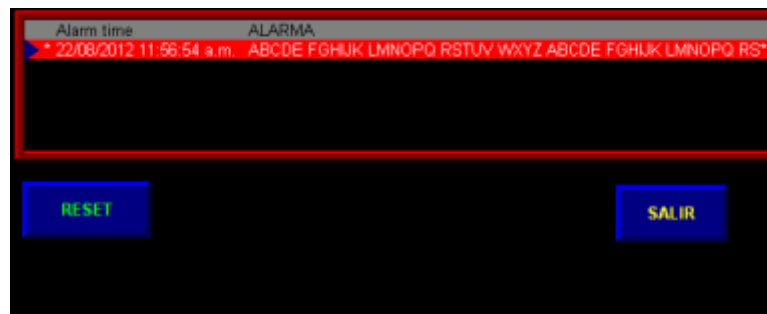


Fig. 3.30 Pantalla de HMI de Alarmas de la Autoclave.

3.3.1.4 Selección de Recta.

Una vez borradas las alarmas se procede a seleccionar la receta que se va a trabajar de la siguiente manera:

Ingresar el usuario y contraseña para poder acceder a la pantalla de recetas; en el menú principal de la lista seleccionar la opción de Usuarios; una vez estando dentro se oprime la tecla de entrada de usuario, posteriormente aparecerá otra pantalla que le pedirá que ingrese el nombre de usuario, después de haber ingresado su nombre de usuario debe de ingresar la clave de usuario; una vez hecho estas operaciones en la pantalla aparecerá la siguiente leyenda; "Bienvenido" y el usuario; si la clave o usuario nos son introducidos correctamente aparecerá la leyenda de accesos denegado.

Cabe recordar que a este menú solo pueden ingresar las personas autorizadas vía usuario y contraseña.



Fig. 3.31 Pantalla de HMI ingreso de Usuarios.

En este momento dependiendo del puesto y departamento que representaban se les proporciono los nombres de usuarios y las claves de acceso para la operación de la autoclave; de manera persona.

USUARIO	CLAVE
CALIDAD	3310234
GERENTE	1997
OPERADOR	1998
PRODUCCIÓN	1970
MANTENIMIENTO	1971
INGENIERIA	inge

Tabla 3.4 Usuarios Autoclave San Luis Potosí

Una vez ya ingresado el usuario se procede a realizar el cambio o selección de receta; en el menú principal del panel de control, seleccionar de la lista la opción de Recetas; una vez adentro se procede a seleccionar la receta con la que se va a trabajar y se oprime la tecla de Enter.



Fig. 3.32 Pantalla de HMI Selección de Recetas Autoclave.

Ya seleccionada la receta a trabajar; se pueden comprobar o cambiar los parámetros de la receta seleccionada; oprimiendo el botón de parámetros de esta misma pantalla; la pantalla muestra los parámetros que se requiere programar para el producto seleccionado como temperaturas presión revoluciones por minuto y tiempos de proceso.

En la pantalla se muestran los valores programados para la receta y estos se pueden cambiar oprimiendo la tecla cambio; que está por debajo de cada recuadro de valores; dependiendo de qué parámetro se requiera cambiar aparecerá una pantalla de teclado y después de teclear el valor necesario oprimir la tecla de enter; el valor que se cambio debe de aparecer en el cuadro del parámetro.



Fig. 3.33 Pantalla de HMI Selección Parámetros de Recetas Autoclave.

Temperatura de caldera de Almacenamiento; a este valor de temperatura calentamos el agua que contiene la caldera de almacenamiento; la cual se encuentra en la parte superior; esto con el fin de que el agua que contiene esta caldera llegue caliente al producto. Esta dada en grados centígrados.

Temperatura de caldera de Proceso; esta temperatura es con la cual el producto va a ser esterilizado y se debe de mantener constante según el producto que se esté procesando. La temperatura está dada en grados centígrados.

Tiempo de esterilización 3; este tiempo es el cual la autoclave mantendrá al producto bajo las especificaciones de temperatura y presión; todo acorde al tipo de producto a procesar. Este tiempo está dado en minutos.

Tiempo de Enfriamiento; este tiempo es el cual la autoclave circular agua fría para lograr que el producto baje la temperatura a la que fue esterilizado y pueda ser retirado de la autoclave. Está programado en minutos.

Presión del sistema; es el valor al cual el sistema inyecta vapor para presurizar el sistema; este valor es acorde al producto procesado y al tipo de envase del producto; la unidad de programación es el bar.

RPM del Rotor; es el valor de las revoluciones por minuto a la que debe de estar girando la caldera de proceso; esto según producto a procesar y el tipo de envase; se hace esto para que la penetración de calor en el producto sea uniforme. La unidad de programación son revoluciones por minuto.

3.3.1.5 Descripción de la Pantalla de Proceso.

Desde el menú Principal, seleccionar la opción Proceso y oprimir la tecla de Enter; nos llevara a la pantalla de proceso en la cual tenemos el esquema general de la autoclave y podemos encontrar lo siguiente:

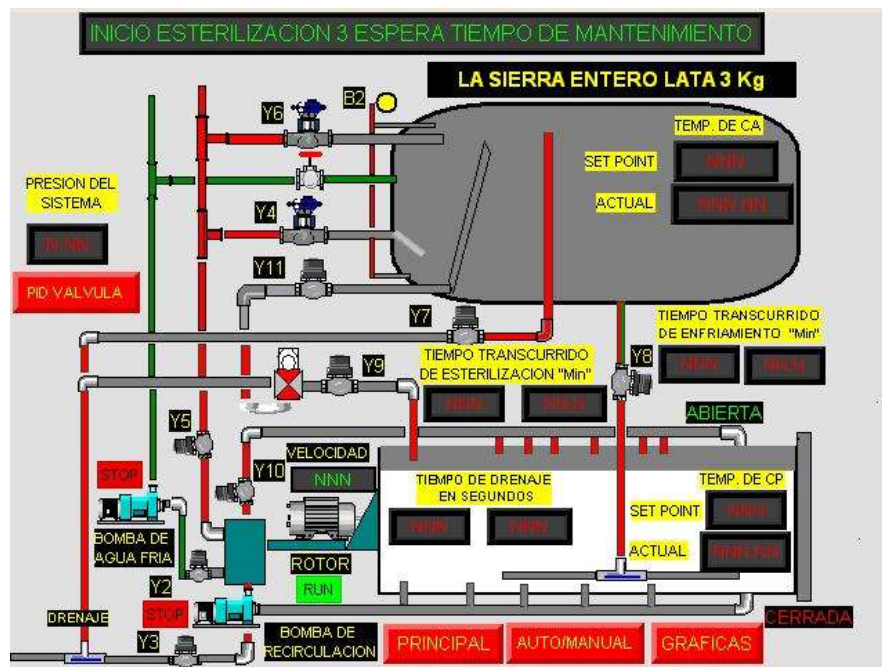


Fig. 3.34 Pantalla de HMI de Proceso de la Autoclave.



Recuadro de mensajes; en este recuadro veremos en qué ciclo esta la autoclave; en el dibujo se observa que la autoclave está en el ciclo de Esterilización 3.

Recuadro de receta; en el podemos observar la receta que se encuentra trabajando; en el esquema se muestra que tiene trabajando la receta de La Sierra Entero lata de 3Kg.

Caldera de almacenamiento; en el cual podemos observar la temperatura de setpoint programada en la receta y la temperatura actual a la que se encuentra el agua; el sensor de nivel de agua representado de forma gráfica.

Caldera de proceso; observamos los datos de la receta como lo son: valor del setpoint de temperatura y valor actual de temperatura, valor de setpoint de y tiempo de esterilización y tiempo transcurrido de esterilización, tiempo setpoint enfriamiento y tiempo transcurrido de enfriamiento, tiempo en segundos de drenaje de agua de la caldera de proceso, valor del setpoint de presión y presión actual del sistema, setpoint velocidad de rotación caldera de proceso.

Esquema general de válvulas; podemos observar de manera gráfica las válvulas con su respectivo numero las cuales contiene la autoclave; además de poder ver su estado; abierta o cerrada; representada por colores.

Por último algunos botones que nos desplazan a otras pantallas.

3.3.1.6 Calentamiento de Caldera de Almacenamiento

En este paso ya comenzamos a trabajar con la autoclave y sus parámetros.

El primer paso es hacer que el agua que contiene la caldera de proceso se caliente hasta la temperatura seleccionada en la receta; lo cual lo haremos de la siguiente manera:

En el tablero eléctrico ubicar el selector manual/automático, ir en el panel de operación a la pantalla de selección manual/automático, una vez dentro de esta pantalla poner el selector en la posición de manual; este selector se encuentra en el tablero de control; seleccionar del menú la opción de calentamiento de caldera de proceso, oprimir el botón de la pantalla de Enter y regresar el selector del tablero a la posición de automático; en este momento la válvula de entrada de vapor a la caldera de almacenamiento abrirá y comenzara a calentar el agua.



Fig. 3.35 Pantalla de HMI Manual/Automático de Procesos de la Autoclave.



Después de este procedimiento nos dirigimos a la pantalla de Proceso para observar el esquema de la máquina.

En la pantalla de proceso del panel de control podemos observar la temperatura de la receta de la caldera de almacenamiento y además la temperatura a la que se encuentra el agua; esta va ir subiendo hasta llegar a la programada.

Este paso finaliza cuando la temperatura del agua de la caldera de almacenamiento alcanzo la temperatura programada en el setpoint.

3.3.1.7 Introducir las Canastillas de Producto en la Autoclave.

Una vez lista la temperatura de la caldera de almacenamiento se introduce las canastillas llenas de producto en la caldera de proceso.



Fig. 3.36 Canastillas con producto.

Una vez llena de canastillas la caldera de proceso se les pone el seguro para que no se muevan y se procede a cerrar la puerta de la siguiente manera:

Si la autoclave tiene puerta con sistema hidráulico; se oprimen los botones de cerrar puerta que se encuentran en el tablero de control eléctrico y se mantienen oprimidos hasta que la puerta se encuentre cerrada; son 2 botones que por seguridad deben de permanecer oprimidos al mismo tiempo para que la puerta cierre; esto con el fin de que el operador tenga ocupadas ambas manos y no pueda meter las manos en la compuerta que está cerrando.

Si la puerta es manual solo se debe cerrar y girar el volante hasta que los seguros entren en la caldera.

Fig. 3.37 Botones para Cerrar Compuerta de Autoclave



Botones para cerrar compuerta de la autoclave

En la pantalla de proceso se observa cuando la puerta se encuentra cerrada y aparecerá el mensaje de Fin de calentamiento de C.A. oprima tecla de arranque.

3.3.1.8 Esterilización 1.

En este paso el operador oprimirá el botón de Start; el cual se encuentra en el tablero de control y es de color blanco; en ese momento la válvula Y8; que es la válvula que comunica la caldera de almacenamiento con la caldera de proceso; esta abrirá dejando pasar el agua caliente de la caldera de almacenamiento hacia la caldera de proceso inundando de agua el producto que se introdujo. En este paso inicia el ciclo automático de la autoclave el operador solo debe de estar atento a las alarmas si se presentan.



Fig. 3.38 Válvula Y8.

La válvula Y30 se encarga de inyectar presión a una junta que es la que hace el sello entre la caldera de proceso y la compuerta o tapa; esto para evitar fugas de agua y presión.

La esterilización 1 termina cuando el agua de la caldera de proceso llega hasta el sensor de nivel instalado en la mirilla; es importante que no se quede sin agua la caldera de almacenamiento ya que esta agua; junto con la presión que se le inyecte a la caldera; van a hacer un tapón para que el agua no se regrese a la caldera de almacenamiento.

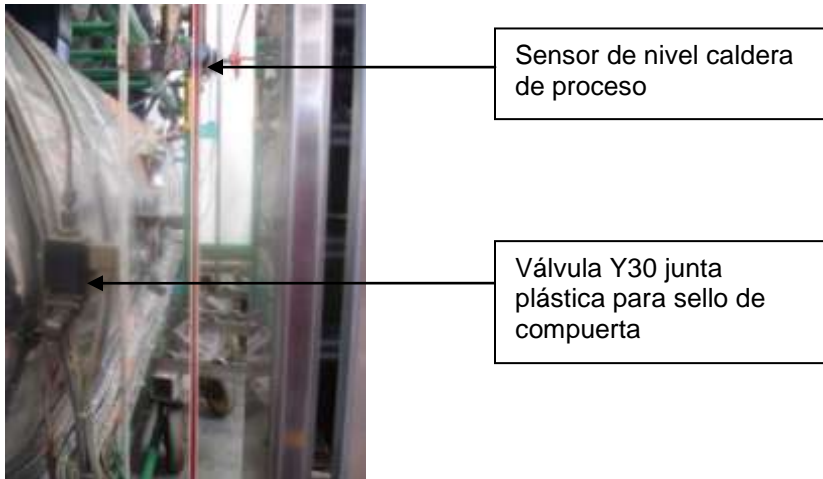


Fig. 3.39 Principales Componentes de Esterilización 1.

3.3.1.9 Esterilización 2.

En la esterilización 2 abre la válvula Y5 de es de tipo modulante comenzando a calentar; por medio de vapor; el agua que ya contiene la caldera de proceso hasta el setpoint seleccionado en la receta, la válvula Y10 tipo mariposa es de tipo modulante y abre para dar paso al agua caliente que va circular, la Bomba de Recirculación comienza a trabajar la cual recircula el agua para que pase por el intercambiador de calor y se caliente de manera uniforme.

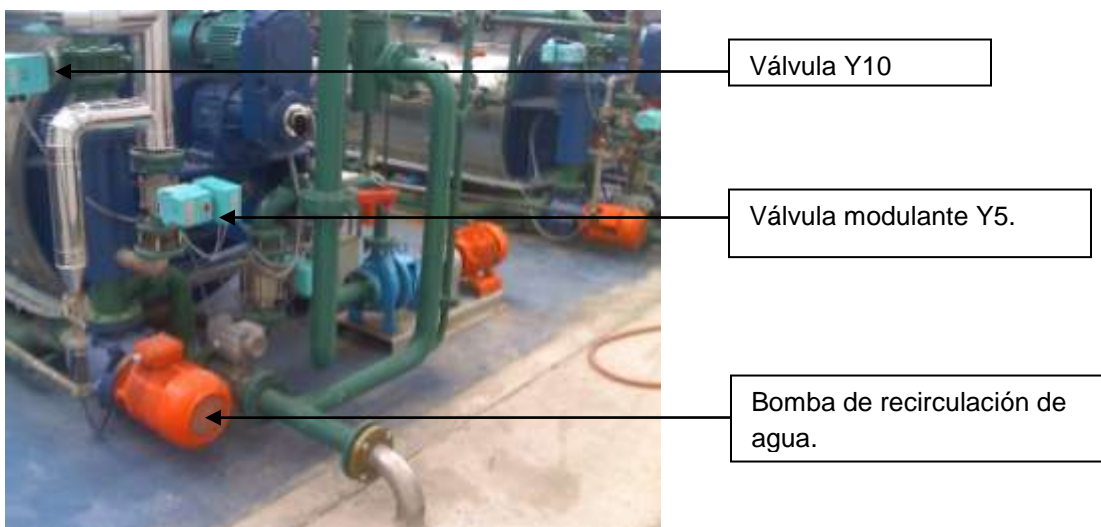


Fig. 3.40 Válvula Y10, Y5 y Bomba de Recirculación.

La válvula Y6 de la autoclave comienza a inyectar presión en la caldera de almacenamiento; es de tipo modulante y responde a el control del PID de presión; manteniendo la presión en el valor que se le puso en la receta.

La válvula Y7 es la encargada de liberar el exceso de presión en la cadera de almacenamiento; si el sistema se pasa por 0.2 bar de lo programado en la receta; esta válvula comienza a operar desde este momento de manera automática hasta que comienza el proceso de drenaje.

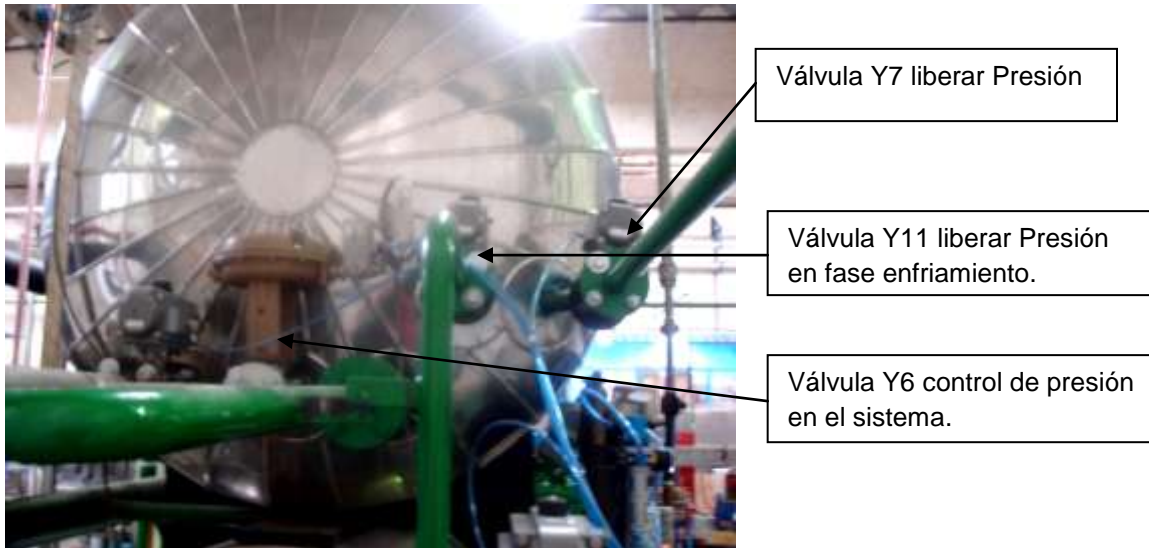


Fig. 3.41 Válvulas Y7, Y11 y Y6.

Motor rotor caldera de proceso; es el encargado de dar rotación a las canastillas que contienen el producto; esto para que el producto tenga una penetración de calor uniforme; el rotor comienza a girar en la esterilización 2 y para hasta el ciclo de drenaje; cabe mencionar que esto depende del producto que estamos procesando; si el producto esta envasado en bolsa no lleva rotación.

La velocidad de rotación debe de ser igual a la que se le programo en la receta.



Fig. 3.42 Motor del Rotor Autoclave.

La esterilización 2 termina cuando la temperatura del agua llega a la temperatura seleccionada en el parámetro temperatura de caldera de proceso.

En este ciclo el operador verificara que la temperatura del agua de la caldera de almacenamiento este subiendo y que la presión de proceso esté en lo que se programó la receta.

3.3.1.10 Esterilización 3.

En este ciclo la autoclave debe de mantener la temperatura y presión de la caldera de proceso a la que fue programada en un periodo de tiempo el cual esterilización el cual fue programado en la receta; en la pantalla de proceso se visualiza el tiempo programado y el tiempo transcurrido.

Por lo que la válvula Y5 trabaja de manera modulante según la variación de temperatura; si la temperatura baja la válvula debe de abrir para recuperarla; pero solo un porcentaje para no desestabilizar la presión y no hacer que la temperatura se eleve demasiado y debe de cerrar cuando la recupera; intentando mantenerla en lo programado.

La recirculación de agua y giro del rotor continúan; así como la regulación de presión por medio de la válvula Y6.

En este ciclo el operador verificara en la pantalla y comparara en los instrumentos de medición mecánicos de manera espontánea la temperatura y la presión; además de que el tiempo de esterilización este corriendo.

3.3.1.11 Enfriamiento 1.

El enfriamiento es el paso donde el vapor deja de calentar la caldera de proceso; al mismo tiempo el sistema comienza a meter agua fría a la caldera de proceso; lo cual hace que exista un exceso de agua que comienza a subir a la caldera de almacenamiento.

La válvula Y2 comienza a trabajar; esta es de tipo modulante y es la encargada de dejar pasar el agua fría a la caldera de almacenamiento y la bomba de agua fría comienza a trabajar alimentando de agua fría de las torres de enfriamiento a la autoclave; es importante en los ciclos de enfriamiento que el circuito de agua cisterna-torre se encuentre trabajando correctamente; esto para tener la suficiente agua para enfriar el producto.

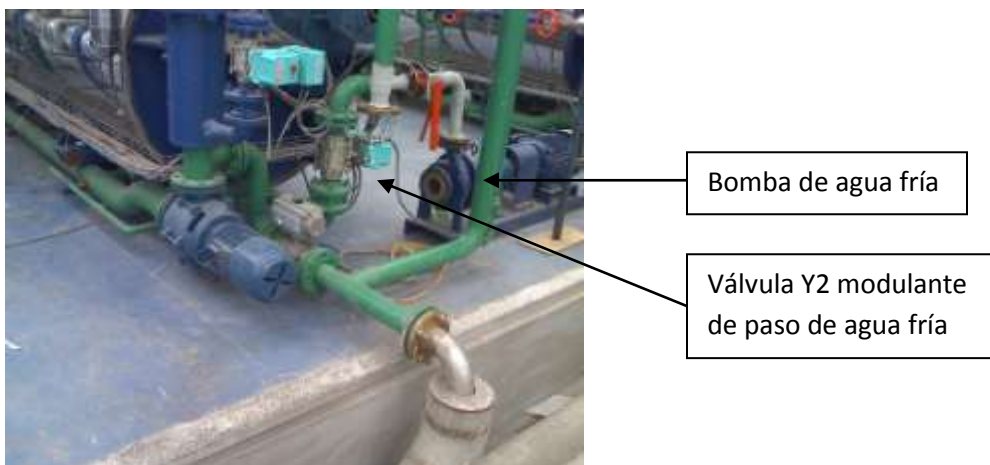


Fig. 3.43 Principales Componentes en Enfriamiento 1.

La Válvula Y11 se encarga de liberar la presión de la caldera de proceso de forma moderada.

Es importante controlar la presión en el cambio de esterilización; agua caliente; a enfriamiento ya que el choque térmico entre las dos temperaturas nos provoca presión lo cual si es en exceso puede colapsar si el envase es lata; de otra forma si la presión baja de manera precipitada los envases se puede inflarse si es lata o romperse si es bolsa; por lo cual debemos manejar el la presión de agua que introducimos y hacer que la presión del sistema disminuya paulatinamente.

El ciclo de enfriamiento 1 termina cuando el nivel de agua en la caldera de almacenamiento llega hasta el sensor de nivel instalado en la mirilla; al llegar aquí la válvula de comunicación Y8 cierra dejando independiente la caldera de almacenamiento y la caldera de proceso.

En este ciclo el operador solo observara los parámetros de presión ya que es lo más importante en este paso; además de verificar por la mirilla de nivel de la caldera de almacenamiento que el agua este subiendo.

3.3.1.12 Enfriamiento 2.

En este ciclo se continúa introduciendo agua fría a la caldera de proceso, se continúa rotando el producto; ahora para que se enfríe de manera uniforme; el exceso de agua lo saca la válvula Y9 y está cayendo en la cisterna.

Este ciclo dura el tiempo de Enfriamiento 2 programado en la receta del producto procesado.

En este paso el operador de la autoclave solo observara el parámetro de temperatura y que el tiempo de enfriamiento 2 comience a correr.

3.3.1.13 Drenaje.

Este es el último ciclo de la operación automática de la autoclave; en este ciclo el producto está listo; por lo cual el agua que contiene la caldera de proceso se drena hacia la cisterna.

La válvula Y2 de agua fría cierra y la bomba de agua fría deja de meter agua a la caldera de proceso y se detiene la rotación de la caldera de proceso, la bomba de recirculación de agua en la caldera de proceso continúa trabajando para ayudar a drenar más rápido y en su totalidad el agua y la válvula Y3 abre; esta es la encargada de drenar el agua que está en la caldera de proceso hacia la cisterna.

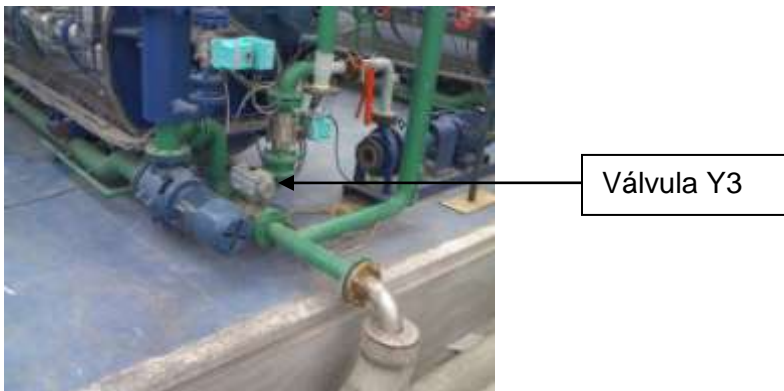


Fig. 3.44 Válvula Y3 de Drenaje.



En la pantalla de proceso se observa el tiempo que dura este último ciclo y es el necesario para drenar en su totalidad el agua; una vez cumplido el tiempo de drenaje las válvulas que continúan abiertas se cierran y la bomba de circulación de agua se detiene.

Cabe mencionar que cuando inicia este ciclo la autoclave automáticamente comienza a calentar el agua de la caldera de almacenamiento; esto para calentar el agua hasta el setpoint quedando lista para el próximo ciclo automático con producto en la autoclave.

Para el operador se le puso un botón en la pantalla; el cual si se oprime la válvula Y4 de calentamiento se bloquea para ya no calentar el agua de la caldera de almacenamiento nuevamente; esto se hace cuando sea la última carga de producto en el día; al oprimir nuevamente este botón; la válvula Y4 se libera quedando lista para trabajar de forma automática.

Para ir a esta pantalla estando en el menú Principal seleccione la opción Manual Válvulas y oprima enter.

Hasta este paso el operador solo tuvo que estar verificando que en la autoclave no se presentara ninguna alarma.



Fig. 3.45 Bloqueo Válvula Y4.

El siguiente paso es sacar las canastillas de producto de la autoclave; por lo cual la canasta que hace girar las canastillas de producto debe de quedar en posición correcta de manera horizontal para que los operadores puedan sacarlas; por lo cual se le instalo un botón al tablero de control eléctrico el cual es para poner de manera horizontal para salir las canastillas; el operador oprimirá el botón con el letrero de Posición horizontal; es de color ámbar; al oprimirlo la canastilla de la caldera de proceso gira a velocidad de 3 rpm hasta que detecta un sensor que la canastilla está en posición horizontal; en este momento se detiene y se iluminan los botones con la marca Abrir Puerta; los cuales se oprimen para sacar las canastillas de producto.

3.3.2 Pantallas para Mantenimiento

En la capacitación también pero solo con el personal de mantenimiento se explicaron las siguientes pantallas que contiene la autoclave:

3.3.2.1 Pantalla de Estatus I/O.

En estas pantallas se pueden monitorear las entradas y salidas del PLC que se encuentran activadas y desactivadas

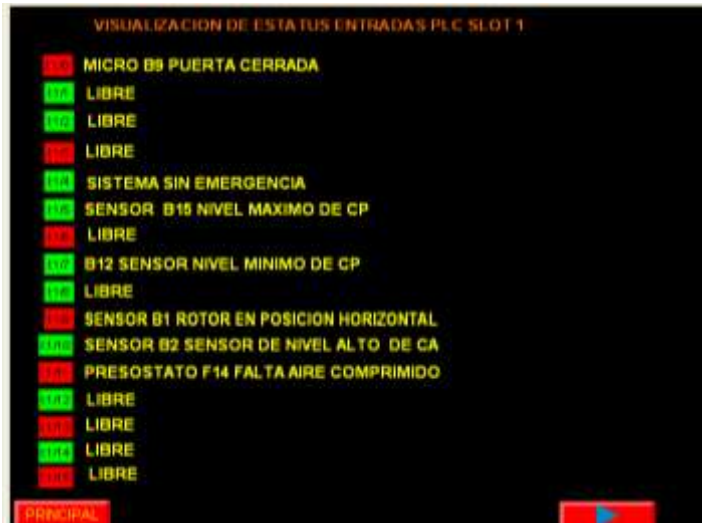


Fig. 3.46 Pantalla Estatus I/O del PLC de la Autoclave.

3.3.2.2 Pantalla Horas de Trabajo Motores

Pantallas Horas de trabajo de los motores, en ella podemos ver las horas de trabajo de cada uno de los motores de la Autoclave; demás tenemos los botones para restablecer el acumulado de horas.



Fig. 3.47 Pantalla de HMI Horas de Trabajo de Motores de la Autoclave.

3.3.2.3 Pantalla Recomendaciones de Mantenimiento.

En esta pantalla aparece de manera automática cuando algún motor de la autoclave llego a las horas de trabajo recomendadas para realizarle mantenimiento; el personal de mantenimiento tomara la decisión de llevar a cabo este trabajo.



Fig. 3.48 Pantalla de HMI Recomendaciones de Mantenimiento.

3.3.3 Operación Video Registrador

Para el personal de aseguramiento de calidad se les dio la capacitación de cómo funciona el video registrador; entre lo cual se tocaron los siguientes puntos:

Manejo del video registrador en el tablero de control; en este se les enseñó a operar, interpretar la lectura de variables, revisar las lecturas históricas y a bajar los datos en la computadora.

Se instaló el software del video registrador Observer 1; dando una explicación de cómo descargar de la memoria; en la cual bajamos los datos del video registrador; a la computadora; después se les explico cómo utilizar el software como y como hacer impresiones de las gráficas.



Fig. 3.49 Software Observer I.



3.3.4 Descripción de Fallas.

Cuando se realizó la capacitación se les dejó una lista de fallas y se les explicó que se debería de hacer cuando cada una de ellas se presentara en la pantalla de la autoclave.

Tabla 3.5 Causa y Solución de Fallas en HMI de la Autoclave

Texto de Falla	Causa	Solución
SOBRE CARGA Q1 BOMBA RECIRCULACIÓN	El motor está consumiendo más amperaje del normal y la protección se disparó.	Mida amperaje y verifique que no esté atorada mecánicamente, cheque fases motor, mida fases a tierra restablezca y guardamotor
FALLA BLOQUEO DE SEGURIDAD	El pistón que asegura la puerta está afuera o no entro correctamente	El pistón que asegura la puerta está afuera o no entro correctamente
FALTA AIRE COMPRIMIDO COMPROBAR PRESIÓN DE AIRE	La presión de aire bajo a menos de 0.5 MPa	Checar la presión en la línea o verificar señal presostato F14
PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO	Botón de paro de emergencia oprimido	Sacar botón de paro y restablecer siempre y cuando este seguro
SOBRE CARGA Q2 BOMBA AGUA FRÍA	El motor está consumiendo más amperaje del normal y la protección se disparó.	Mida amperaje y cheque que no esté atorada mecánicamente, cheque fases motor, mida fases a tierra restablezca y guardamotor
SOBRE CARGA Q3 BOMBA HIDRÁULICA	El motor está consumiendo más amperaje del normal y la protección se disparó.	Mida amperaje y cheque que no esté atorada mecánicamente, cheque fases motor, mida fases a tierra restablezca el guardamotor
SOBRE CARGA Q4 ROTOR	El motor está consumiendo más amperaje del normal y la protección se disparó.	Mida amperaje y cheque que no esté atorada mecánicamente, cheque fases motor, mida fases a tierra restablezca y guardamotor
FALLA VARIADOR DE FRECUENCIA	Variador en falla	Verificar el número de falla en el manual del variador
FUERA DE CIRCUITO OPRIMA TECLA EN CIRCUITO	Falla alimentación de 24vcd. O el botón de en circuito no está activado	Verifique en el diagrama los 24vcd. Oprima tecla de en circuito
PRECAUCIÓN TEMPERATURA ALTA	La temperatura subió más de 2 °c. De lo programado en la receta.	Checar válvula y4, y5, y6 esté trabajando correctamente según el proceso actual. Verificar el espejo de agua en caldera de proceso cuando empieza esterilización 2
PRECAUCIÓN PRESIÓN ALTA	La presión subió 0.3 bar más de lo programado en la receta	Verificar válvula y6 esté trabajando correctamente y la válvula y7 este venteando la sobre presión
FALLA CIERRE DE PUERTA CHECAR MICRO O SENSORES	La puerta no está bien cerrada o el seguro está afuera	Checar puerta bien cerrada, sensor que detecta puerta cerrada este dando señal.



CAPITULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO.



Texto de falla	Causa	Posible Solución
ROTOR CUMPLE HORAS DE MANTENIMIENTO	El motor cumple con las horas de mantenimiento programadas	Revisar motor y decidir si es necesario darle mantenimiento y restablecer contador de horas
FALTA VAPOR ABRIR VÁLVULA GENERAL DE VAPOR	La válvula general de vapor está cerrada o la temperatura subió más de 4 grados y la presión más de 0.5 bar cierra automáticamente	Abrir la válvula desde la pantalla manual de válvulas.
BOMBA DE RECIRCULACIÓN HORAS DE MANTO.	El motor cumple con las horas de mantenimiento programadas	Revisar motor y decidir si es necesario darle mantenimiento y restablecer contador de horas
BOMBA DE AGUA FRÍA HORAS DE MANTENIMIENTO	El motor cumple con las horas de mantenimiento programadas	Revisar motor y decidir si es necesario darle mantenimiento y restablecer contador de horas
BOMBA SISTEMA HIDRÁULICO HORAS MANT.	El motor cumple con las horas de mantenimiento programadas	Revisar motor y decidir si es necesario darle mantenimiento y restablecer contador de horas



CAPITULO 4 EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Es importante mencionar los costos que arrojo este proyecto por lo cual a continuación se describen los costos de ingeniería de diseño, elaboración e instalación del sistema en la autoclave y costo de puesta en marcha del sistema de control con PLC y HMI de la autoclave; cabe mencionar que estos costos son de mano de obra e ingeniería.

Los costos de materiales también se contemplan de manera independiente.

4.1 EVALUACIÓN DE COSTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO.

Los costos de diseño de ingeniería lo dividimos por tiempos y en base a un sueldo estimado de \$15,000 pesos mensuales; que es el sueldo que se percibía en la empresa cuando se llevó a cabo el proyecto; habla de un aproximado de 500 pesos diarios.

Lo podemos dividir en los siguientes puntos:

Recopilación de datos de las Autoclaves; para esto se visitó la planta de San Luis Potosí; esta actividad se realizó de 3 días.

Programación del PLC y HMI para realizar una presentación de la posibles solución del proyecto al personal de la Planta de San Luis Potosí; esto se realizó en 2 semanas.

Presentación de manera Virtual del proyecto de implementación del sistema de control con PLC y HMI al personal de la planta de San Luis Potosí; se llevó acabo en 1 día.

Investigación de materiales para construcción y diseño de los tableros de control de las autoclaves; este proceso se realizó en 1 semana.

Programación del PLC con todos las mejoras que se tuvieron en la reunión de presentación del proyecto; 2 semanas.

Programación de la HMI con mejoras para el control de la autoclave; 1 semana.

Con estos datos tenemos el costo de Ingeniería de diseño, el cual se pone en la siguiente tabla.

Tabla 4.1 Costos de Ingeniería de Diseño.

Actividad	Costo diario en pesos	Días empleados	Total en pesos
Recopilación de Datos	\$500.00	3	\$1,500.00
Presentación de forma Virtual del Proyecto	\$500.00	1	\$500.00
Programación del PLC y HMI	\$500.00	35	\$17,500.00
Selección de Material y diseño de tablero de control	\$500.00	7	\$3,500.00
	\$500.00	46	\$23,000.00



4.2 COSTO ELABORACIÓN DE TABLERO DE CONTROL E INSTALACIÓN DEL SISTEMA EN LA AUTOCLAVE.

En este punto consideramos al siguiente personal con los siguientes sueldos:

Un pailero con un sueldo diario de 150.00 pesos, 2 eléctricos cada uno con un sueldo de 200.00 pesos diarios; en base a este sueldo se realiza el cálculo del costo de las siguientes actividades:

Elaboración del Tablero eléctrico de Acero Inoxidable; un pailero realiza esta actividad en 5 días.

Colocación de componentes eléctricos en tablero de control, cableado de componentes eléctricos y pruebas; para esto laboro un eléctrico 5 días.

Colocación del tablero de control en la autoclave, elaboración de ruta con charola eléctrica para hacer el cableado externo de componentes como sensores, válvulas, motores, etc. se ocuparon 2 días con dos paileros.

Conexión sistema eléctrico de la autoclave, cableado de componentes externos al tablero eléctrico; se realizó el trabajo en 3 días con dos eléctrico.

Supervisión de trabajos de instalación de la autoclave; se hace el cálculo en 5 días con un el sueldo del ingeniero de diseño de 500.00 pesos diarios.

Con base en estos trabajos se hace la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Costo de elaboración e Instalación del Sistema de Control en la Autoclave.

Actividad	Personal que realizo la actividad	Costo diario en pesos por personal	Días empleados	Total en pesos
Elaboración tablero eléctrico	1 Pailero	\$150.00	5	\$750.00
Cableado del tablero eléctrico	1 Eléctrico	\$200.00	5	\$1,000.00
Colocación Tablero eléctrico en la autoclave	2 Paileros	\$300.00	3	\$900.00
Conexión sistema eléctrico de la autoclave	2 Eléctricos	\$400.00	3	\$1,200.00
Supervisión de trabajos de instalación.	1 Ingeniero	\$500.00	5	\$2,500.00
			TOTAL	\$6,350.00



4.3 COSTO PUESTA EN MARCHA.

Para poner en marcha la autoclave con el sistema nuevo se requiere del siguiente personal:

Eléctrico; para solucionar algún problema que se presente en el cableado o en los componentes del sistema eléctrico

Mecánico; solución de problemas con válvulas, transmisiones, electroválvulas y mecanismos.

Ingeniero; hacer pruebas del control en general paso a paso de cada ciclo que debe de realizar la autoclave con el sistema automático , para corregir errores o en su defecto para mejorar ya en campo el sistema desarrollado.

Se requiere además de operadores de las autoclaves, personal de aseguramiento de calidad y personal de producción; solo que estos no entran en los gastos ya que son personal de la empresa en donde se realizara la puesta en marcha de la autoclave.

Los costos de la puesta en marcha con los siguientes; considerando que el mecánico de apoyo tiene un sueldo diario de \$200.00 pesos; podemos desarrollar la siguiente tabla.

Tabla 4.3. Costo de puesta en Marcha.

Personal	Sueldo diario en pesos	Días Trabajados	Costo total en pesos
Ingeniero	\$500.00	10	\$5,000.00
Eléctrico	\$200.00	5	\$1,000.00
Mecánico	\$200.00	5	\$1,000.00
		Total	\$7,000.00

4.4 COSTOS DE MATERIALES USADOS.

En la siguiente tabla se pone el costo de los elementos del sistema de control, componentes eléctricos y del tablero de control que se generaron al hacer este proyecto en la planta de San Luis Potosí.



CAPITULO 4 EVALUACIÓN ECONOMICA.



Tabla 4.4. Costo de Materiales Usados.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	RACK 10 SLOT PARA TARJETAS SLC 500	\$6,084.34	\$6,084.34
1	FUENTE DE ALIMENTACIÓN P2 120VAC	\$5,561.55	\$5,561.55
1	CPU SLC 5/05 COMUNICACIÓN ETHERNET 16K	\$35,148.99	\$35,148.99
2	TARJETAS ENTRADAS DIGITALES 24VCD	\$2,747.40	\$5,494.80
1	TARJETA ENTRADAS ANALÓGICA DE RTD	\$11,568.02	\$11,568.02
2	TARJETA SALIDAS RELEVADOR 24VCD/110 VAC	\$3,681.75	\$7,363.49
1	TARJETA ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS	\$11,568.02	\$11,568.02
1	TARJETA DE SALIDAS ANALÓGICAS DE 0-20 mA	\$10,889.51	\$10,889.51
2	TAPAS PARA ,MODULO VACÍO EN CHASIS DEL PLC	\$191.93	\$383.86
1	PANEL VIEW 1000 COMUNICACIÓN ETHERNET	\$53,605.49	\$53,605.49
1	GRAFICADOR DIGITAL BRAIN CHILD	\$26,454.66	\$26,454.66
1	VARIADOR DE FRECUENCIA DANFOSS DE 5HP	\$7758.68	\$7758.68
1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO ABB 56-80 AMP.	\$929.19	\$929.19
3	GUARDAMOTOR ABB 6.3-10 A.	\$241.44	\$724.32
1	GUARDAMOTOR ABB 2.5-4 A.	\$259.01	\$259.01
1	GUARDAMOTOR ABB 1-1.6 A.	\$259.01	\$259.01
5	CONTACTO AUXILIAR FRONTAL HKF1-11	\$87.55	\$437.75
3	CONTACTOR A9-30-10 ABB	\$166.66	\$499.68
1	TRANSFORMADOR 440/110 VAC 1.5KVA	\$2948.96	\$2948.96
1	TRANSFORMADOR 440/220 VAC 300VA	\$909.92	\$909.92
1	TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 4 AMP. ABB	\$154.59	\$154.59
4	TERMOMAGNÉTICO 2 AMPERS UNIPOLAR ABB	\$67.48	\$269.92
3	TERMOMAGNÉTICO 1 AMPERS UNIPOLAR ABB	\$67.48	\$202.44
3	TERMOMAGNÉTICO 2 AMPERS BIPOLAR ABB	\$181.17	\$543.51
1	BOTÓN ILUMINADO SOSTENIDO CON LED 24VCD MICA VERDE Y CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	\$204.25	\$204.25
2	BOTÓN ILUMINADO MOMENTARIO CON LED 110VAC CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO ABB	\$188.58	\$377.16
1	SELECTOR 2 POSICIONES ILUMINADO CON LED 110VAC CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO ABB	\$153.50	\$153.50
1	BOTÓN DE HONGO PARO DE EMERGENCIA 1 CONTACTO N.C. Y 1 NORMALMENTE ABIERTO ABB	\$119.00	\$119.00
1	BARRA CONEXIÓN DE TIERRA LEGRAND	\$128.38	\$128.38
1	CONVERTIDOR DE CA/DC PARA GRAFICADOR RPM	\$500.00	\$500.00
1	TORRETA DE ALARMA CON FOCO ROJO Y VERDE MARCA ABB VOLTAJE 110 VAC	\$1481.62	\$1481.62
40	CLEMAS DE CONEXIÓN DE TRES NIVELES	\$34.88	\$1395.20
16	CLEMAS DE CONEXIÓN CON PORTA FUSIBLE TIPO AMERICANO	\$48.99	\$783.84
27	CLEMAS DE CONEXIÓN SENCILLAS	\$6.48	\$174.96
11	CLEMAS DE CONEXIÓN DOS NIVELES	\$17.94	\$197.34
10	CLEMAS DE CONEXIÓN PARA TIERRAS	\$36.00	\$360.00
16	FUSIBLES TIPO AMERICANO DE 1 AMPER	\$16.00	\$16.00
3	CANALETA DE 6 cm. BASE X 8 cm. DE ALTURA	\$163.21	\$489.63
3	CANALETA DE 3 METROS DE LARGO 4 cm. BASE X 8 cm. DE ALTURA	\$144.25	\$432.75
2	RIEL DIN DE 3 METROS	\$46.50	\$93.00
	SUBTOTAL 1 MATERIAL ELÉCTRICO Y DE CONTROL		\$196,926.34



CAPITULO 4 EVALUACIÓN ECONOMICA.



CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
5	PUNTES DE TORNILLOS PARA CLEMAS TRIPLES	\$52.29	\$261.45
1	CAJA FS DE MONTAJE PARA CONTACTO DÚPLEX	\$90.77	\$90.77
1	CONTACTO DÚPLEX POLARIZADO	\$28.78	\$28.78
1	CONECTOR DE GLÁNDULA 13.5	\$12.00	\$12.00
600	PUNTERAS DE CONEXIÓN PARA CABLE CALIBRE 18	\$0.15	\$90.00
10	ZAPATAS AZULES PARA CABLE CALIBRE 12 AWG OJILLO 3/16	\$0.88	\$8.80
2	CONECTORES RJ45 PARA CABLE DE RED ETHERNET	\$6.00	\$12.00
2	RELEVADOR OMRON BOBINA 120 VAC	\$135.66	\$271.32
2	BASE PARA RELEVADOR MARCA OMRON	\$94.36	\$188.72
1	FUENTE OMRON ALIMENTACIÓN 120VAC SALIDA 24VCD 4 AMP.	\$1336.54	\$1336.54
20 m.	CABLE UNIPOLAR DE POTENCIA COLOR NEGRO CALIBRE 12 AWG	\$4.70	\$94.00
50 m.	CABLE UNIPOLAR DE CONTROL COLOR AZUL CALIBRE 18 AWG	\$1.70	\$85.00
30 m.	CABLE UNIPOLAR DE CONTROL COLOR NARANJA CALIBRE 20 AWG	\$1.10	\$33.00
20 m.	CABLE UNIPOLAR COLOR ROJO CALIBRE 18 AWG	\$2.23	\$44.60
20 m.	CABLE UNIPOLAR BLANCO CALIBRE 18 AWG	\$2.23	\$44.60
7 m.	CABLE PARA TIERRA COLOR VERDE/AMARILLO CALIBRE 14 AWG	\$4.18	\$29.26
15 m.	EXTENSIÓN DE CONTROL 3X20 AWG CON MALLA	\$15.81	\$237.15
10 m	EXTENSIÓN DE FUERZA 4X16 AWG	\$22.00	\$220.00
6	CABLE COMUNICACIÓN RJ45	\$11.25	\$67.50
	SUB TOTAL2 MATERIAL ELÉCTRICO		\$3155.49
	SUB TOTAL1 MATERIAL ELÉCTRICO		\$196,926.34
	COSTO TOTAL MATERIAL ELÉCTRICO Y DE CONTROL		\$200,081.83

Estos precios son en base al año 2010 en el que se llevó a cabo el proyecto.

Con base a los datos obtenidos tenemos un costo total de:

Tabla 4.5 Costo Total.

Trabajo.	Costo en Pesos
Diseño.	\$23,000.00
Elaboración e Instalación.	\$6,350.00
Puesta en marcha.	\$7,000.00
Material Eléctrico.	\$200,082.00
Total.	\$236,432.00

El costo total fue de \$236,432.00 pesos.



CAPITULO 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES.

Las automatizaciones utilizando tecnología como el PLC y las HMI hacen que las maquinas en general sean más eficientes y seguras; en este caso la autoclave en la que se instalaron estos dispositivos tuvo gran resultado ya que se aseguró el proceso tomando en cuenta que se están procesando alimentos, se hizo más eficiente reduciendo tiempo de paros, se disminuyeron las fallas por error humano, la misma automatización del sistema arroja tiempos de mantenimiento para prevenir paros inesperados, se hace la operación más amigable para el usuario y lo más importante garantiza que la operación sea segura para el personal que esta día a día está usando estas máquinas.

Como ingeniero el trabajo presentado expone diferentes facetas que se puede tener; ya que se puedo diseñar, mejorar, capacitar, aprender y poner en la industria todas estas facetas que a lo largo de nuestra carrera profesional fuimos aprendiendo; quedando claro que el ingeniero en robótica no solo tiene campo de operación donde existen robots si no hay un gran campo de oportunidades en todo tipo de industria; en caso particular de mi proyecto la alimenticia.

Es de gran satisfacción este proyecto ya que se lograron instalar con este sistema 15 autoclaves en diferentes empresas.

PROPUESTA DE MEJORAS.

La principal propuesta de mejora es poner los equipos; PLC, HMI y Video Registrador; conectados en red ya que la plata de San Luis Potosí cuenta con 13 autoclaves conectadas, las cuales contienen cada uno de estos equipos que cuentan con conexión Ethernet.

Ya conectados en red el personal de producción podría tener monitoreo de cada una de las autoclaves, el personal de mantenimiento tendría el monitoreo de fallas y programa del PLC a nivel remoto y por último el personal de control de calidad tendría los datos del video registrador en su computadora de cada autoclave si necesidad de descargarlos en el equipo con la memoria.



REFERENCIAS

1.- Publicaciones Rockwell International Corporation.

1746-IN027B-EN-P MODULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

1747-IN009B-EN-P PROCESADORES MODULARES.

1746-IN012B-EN-P MODULO DE ENTRADAS RTD/RESISTENCIA.

1746-IN008C-EN-P MÓDULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALÓGICAS.

1746-IN016C-MU-P CHASIS MODULAR.

1747-SO001B-ES-P

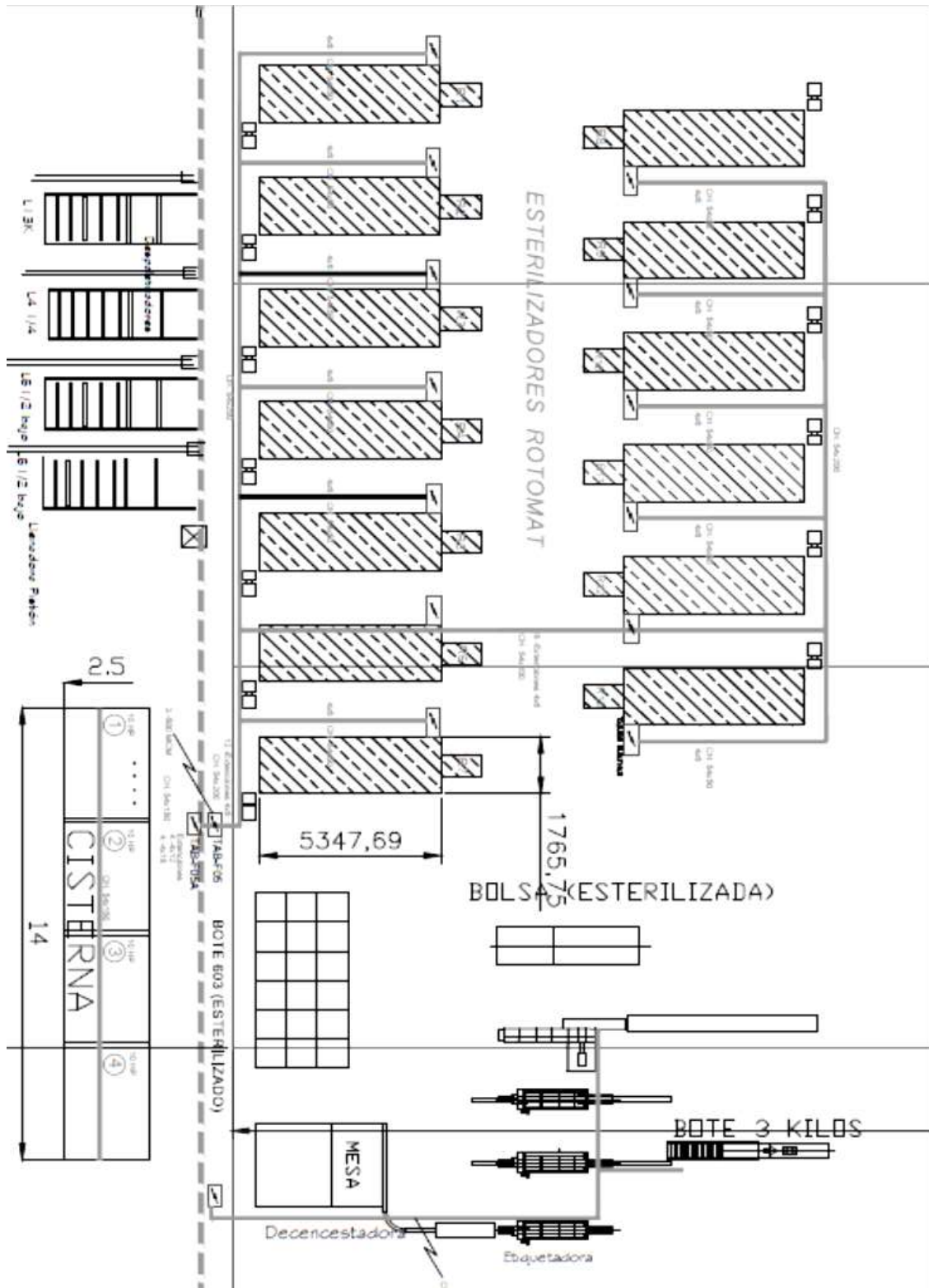
2.- Instalaciones eléctricas Conceptos Básicos y Diseño, 2da. Edición, *Neagu Bratu y Eduardo Campero*, Editorial Alfaomega.

3.-Manual de datos para Ingeniería en Alimentos, *Autor.- G.D. Hayes*, Editorial.- Acribia, S.A.

4- VLT 2800 Design Guide SW3.1 Danfoss.

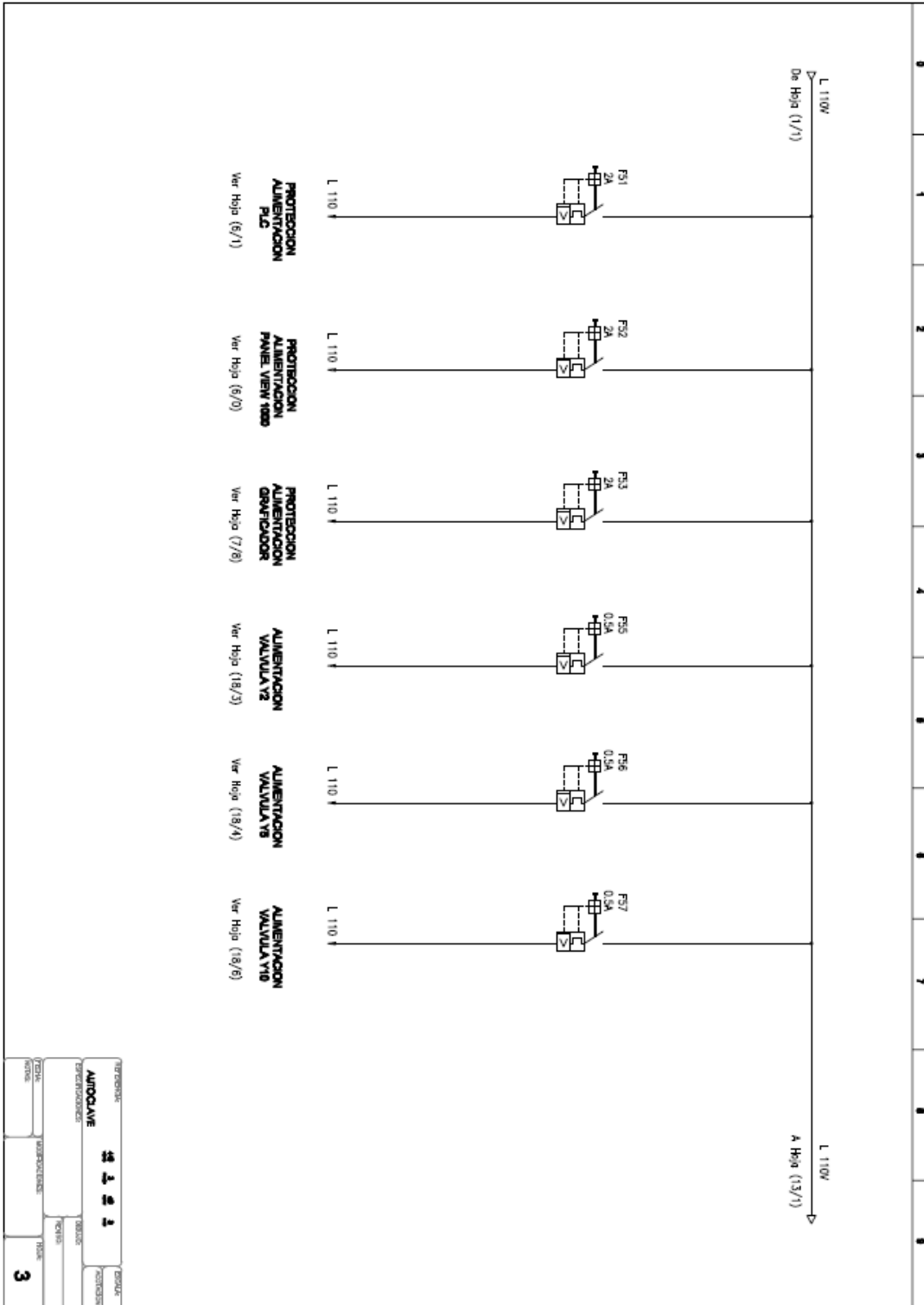
5.-Manual del Ingeniero Mecánico, *Autor.- Edward H. Smith*, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.

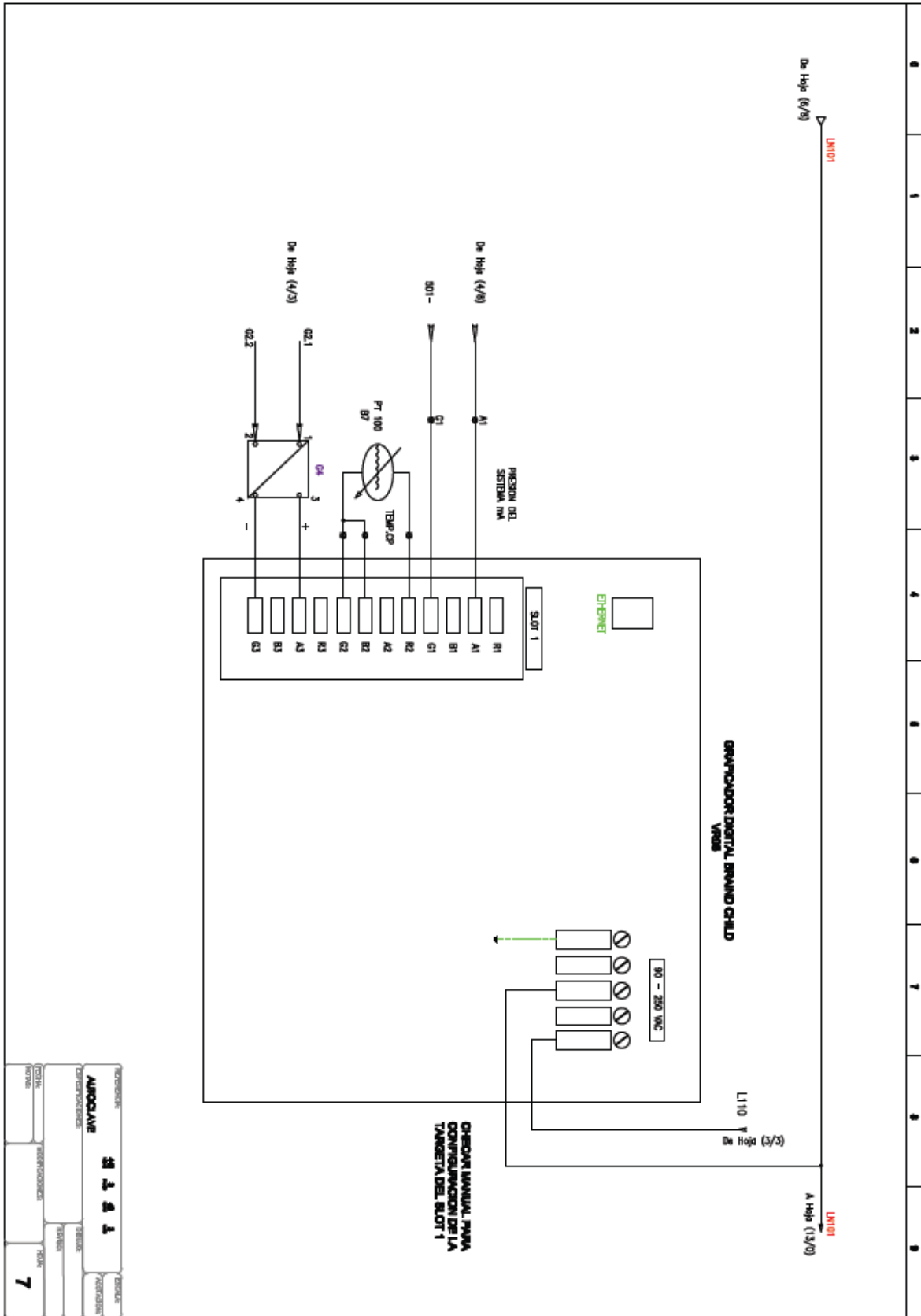
ANEXO A PLANO DE UBICACIÓN AUTOCLAVES Y CISTERNAS EN LA PLANTA.





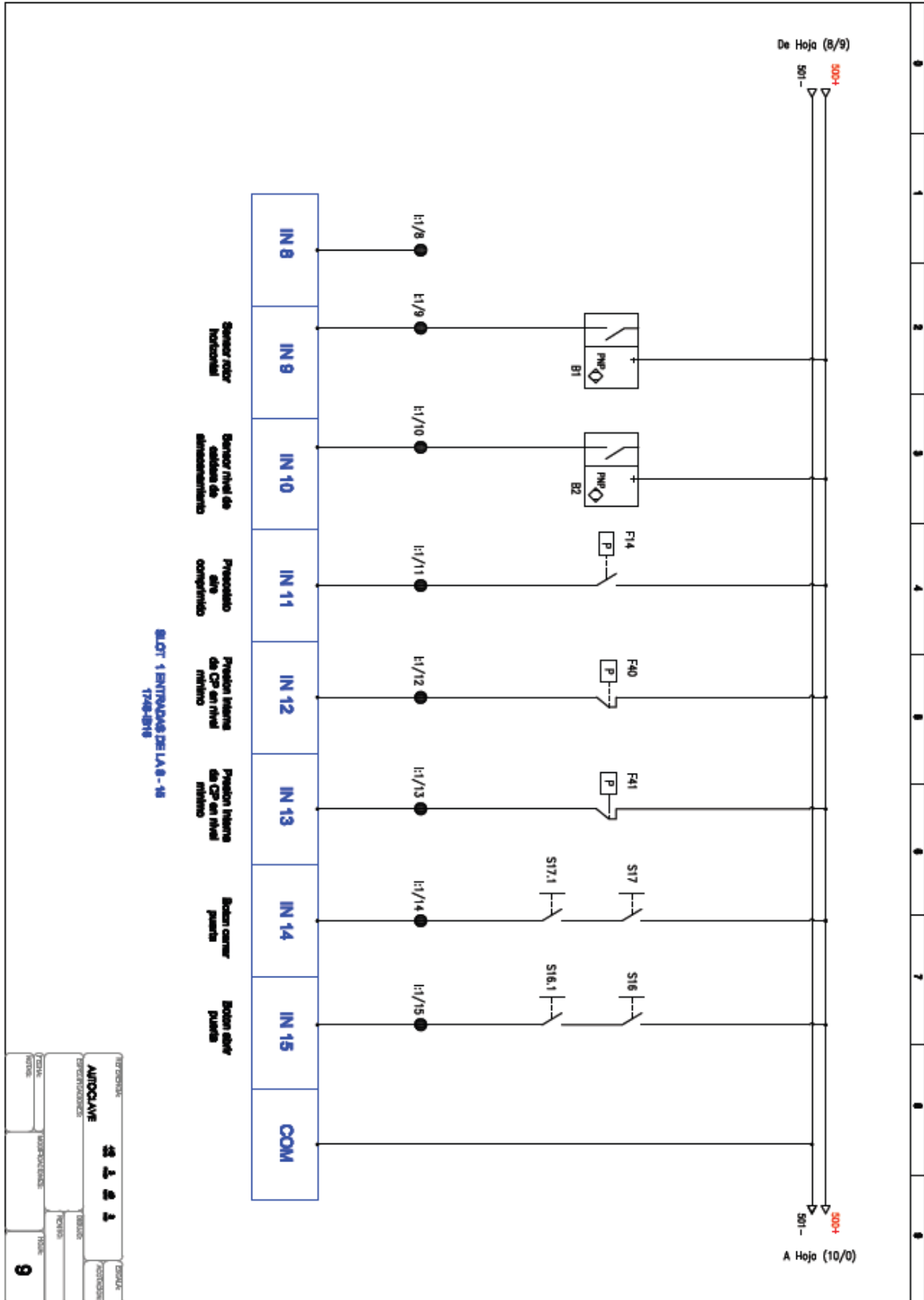
ANEXOS





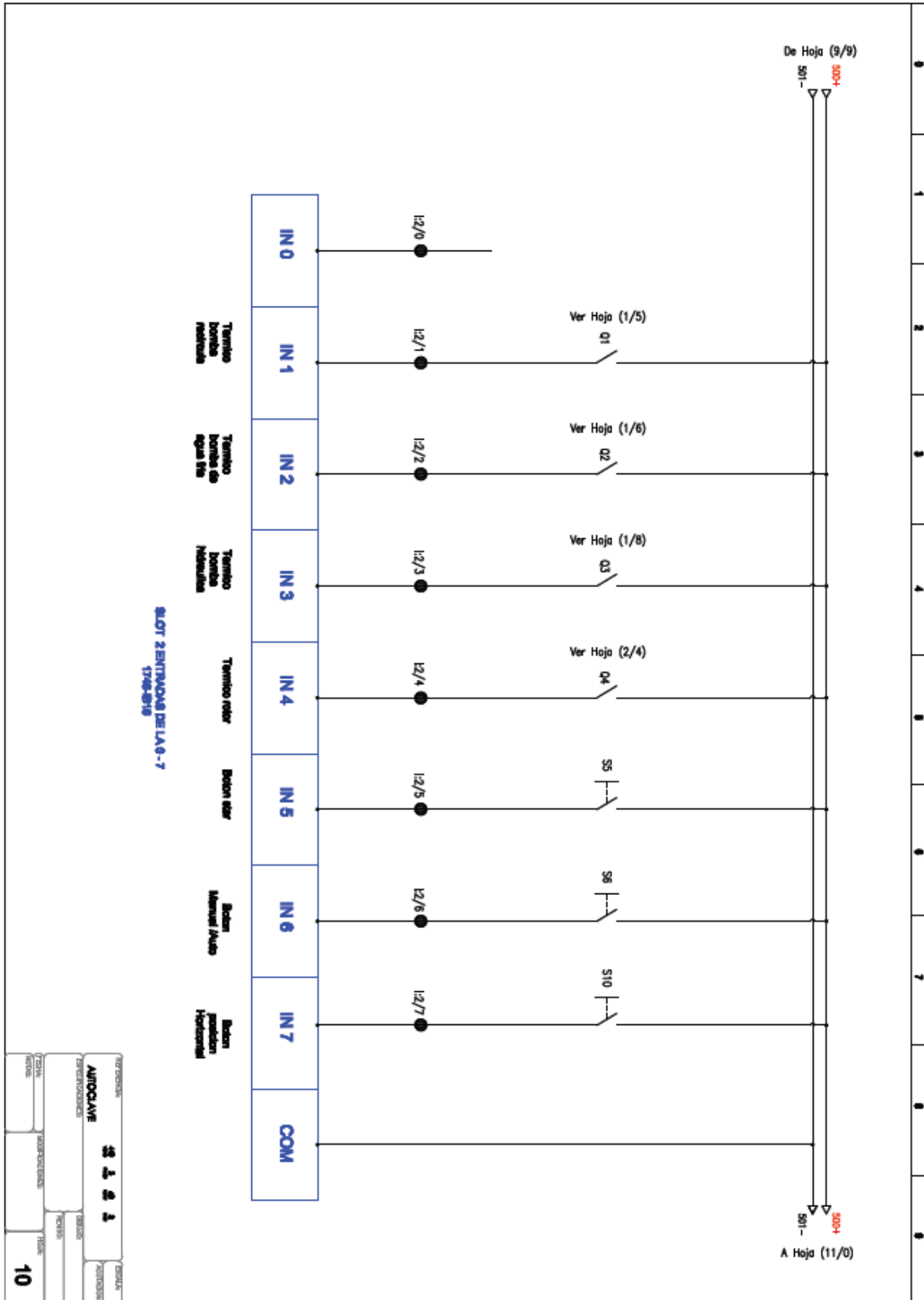


ANEXOS



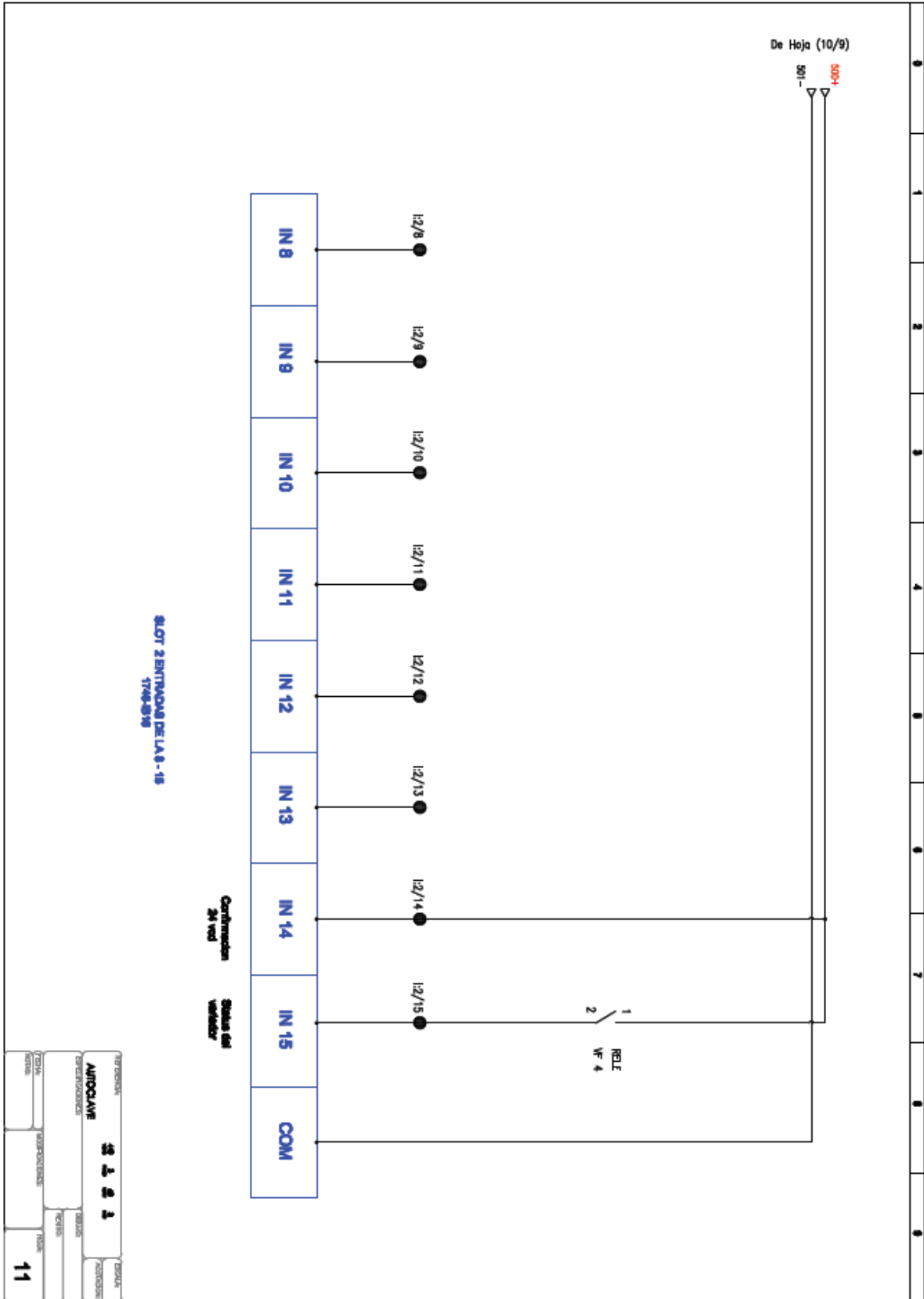


ANEXOS



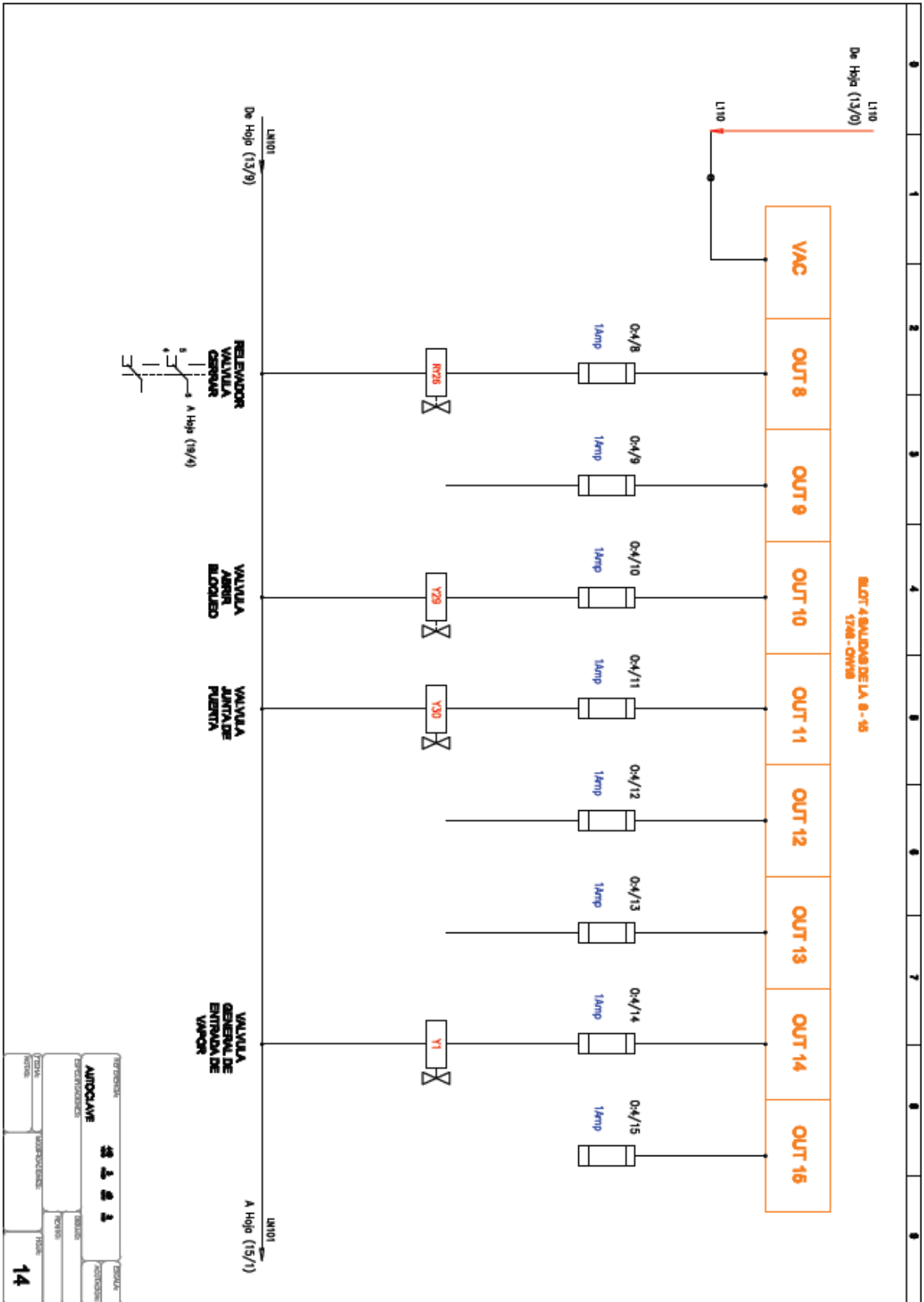


ANEXOS



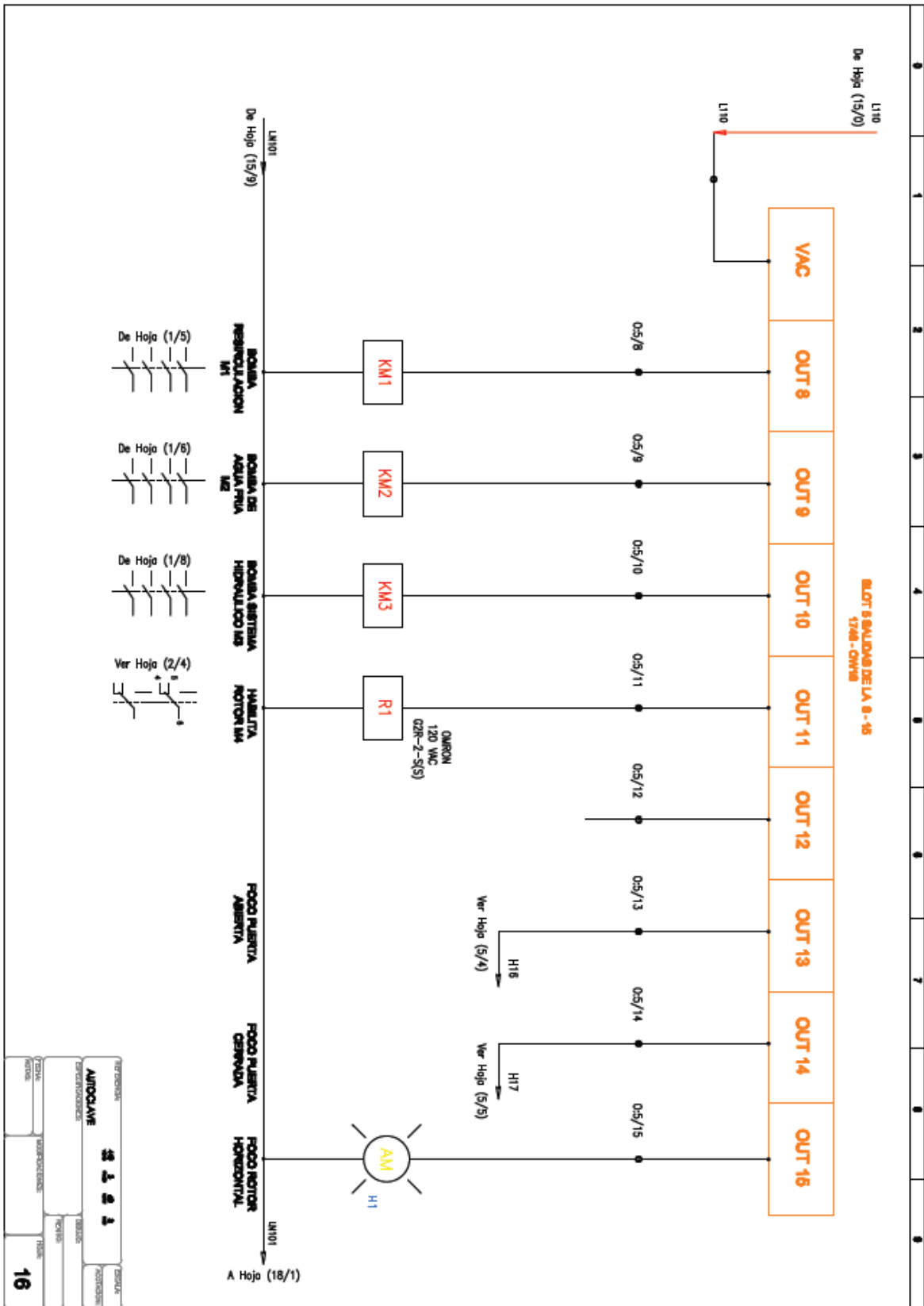


ANEXOS



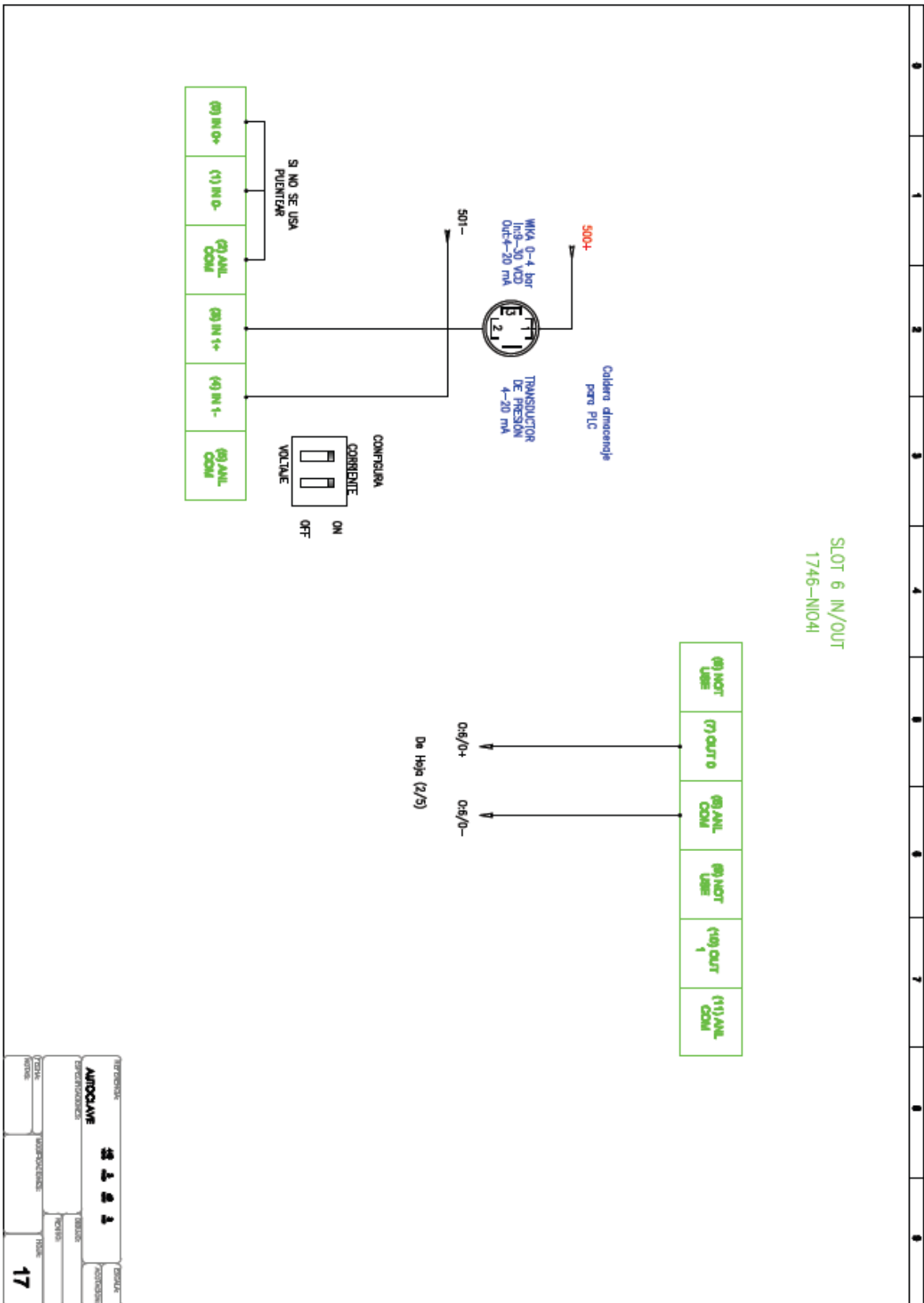


ANEXOS



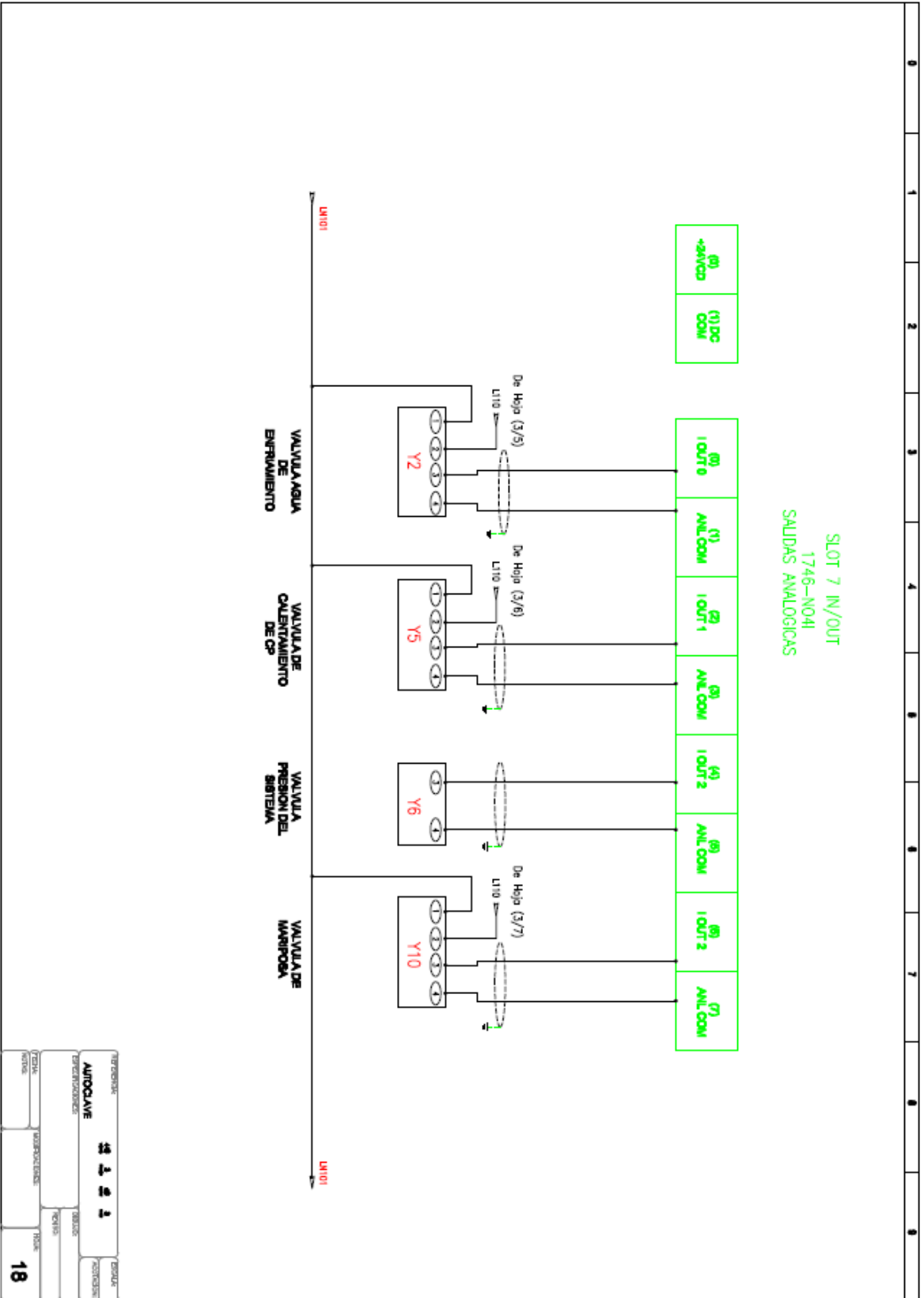


ANEXOS



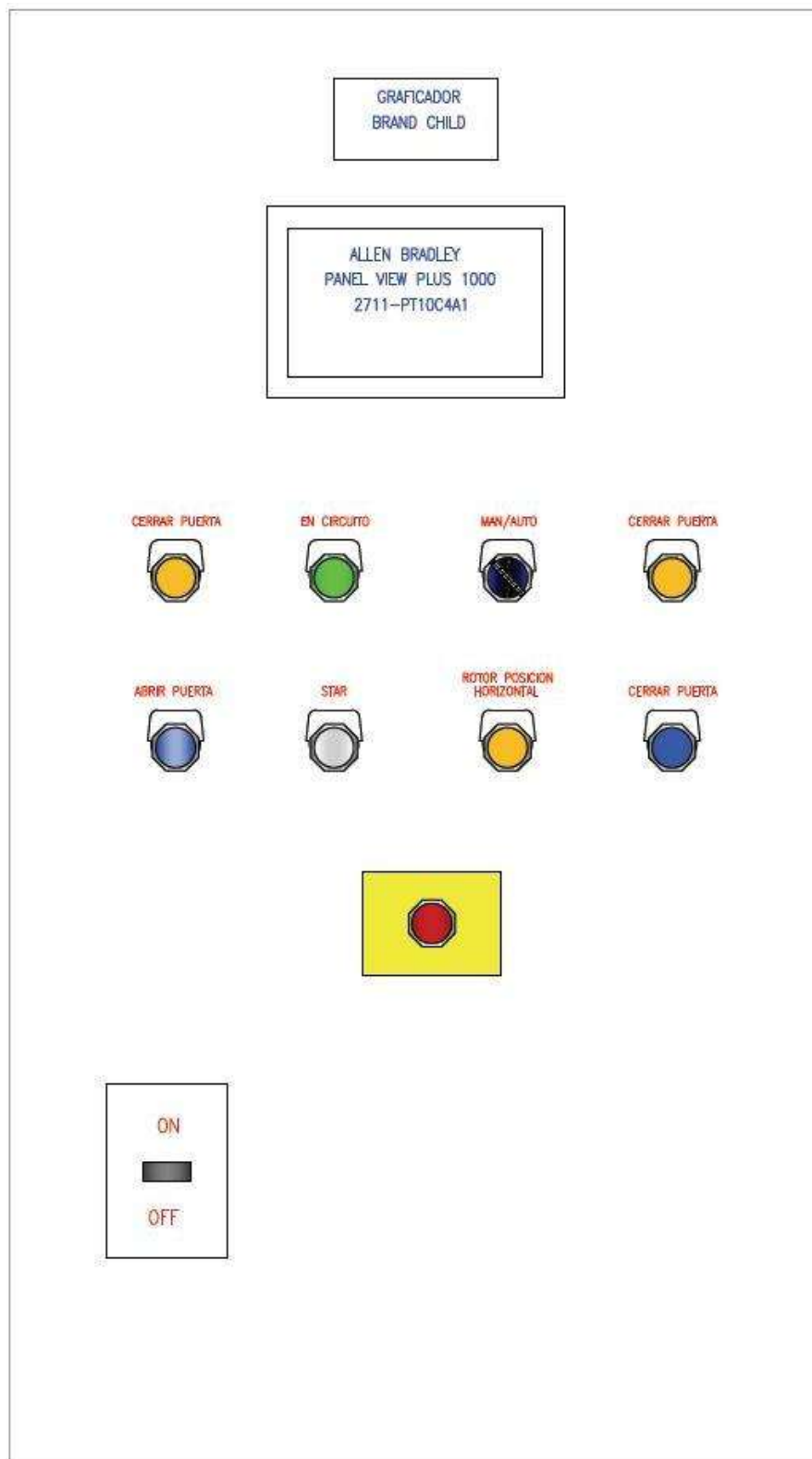


ANEXOS



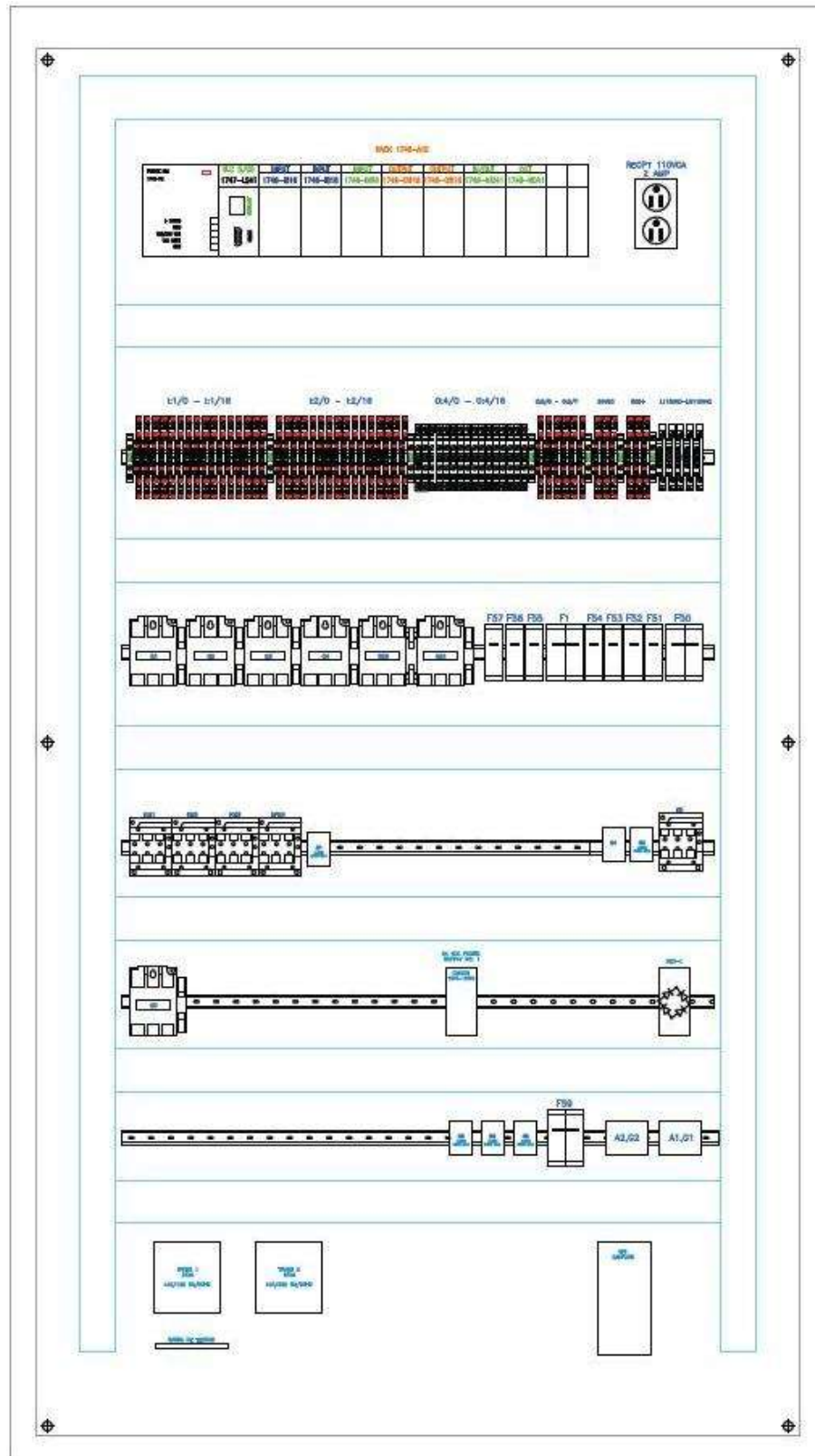


ANEXO C DISTRIBUCIÓN TABLERO ELÉCTRICO AUTOCLAVE



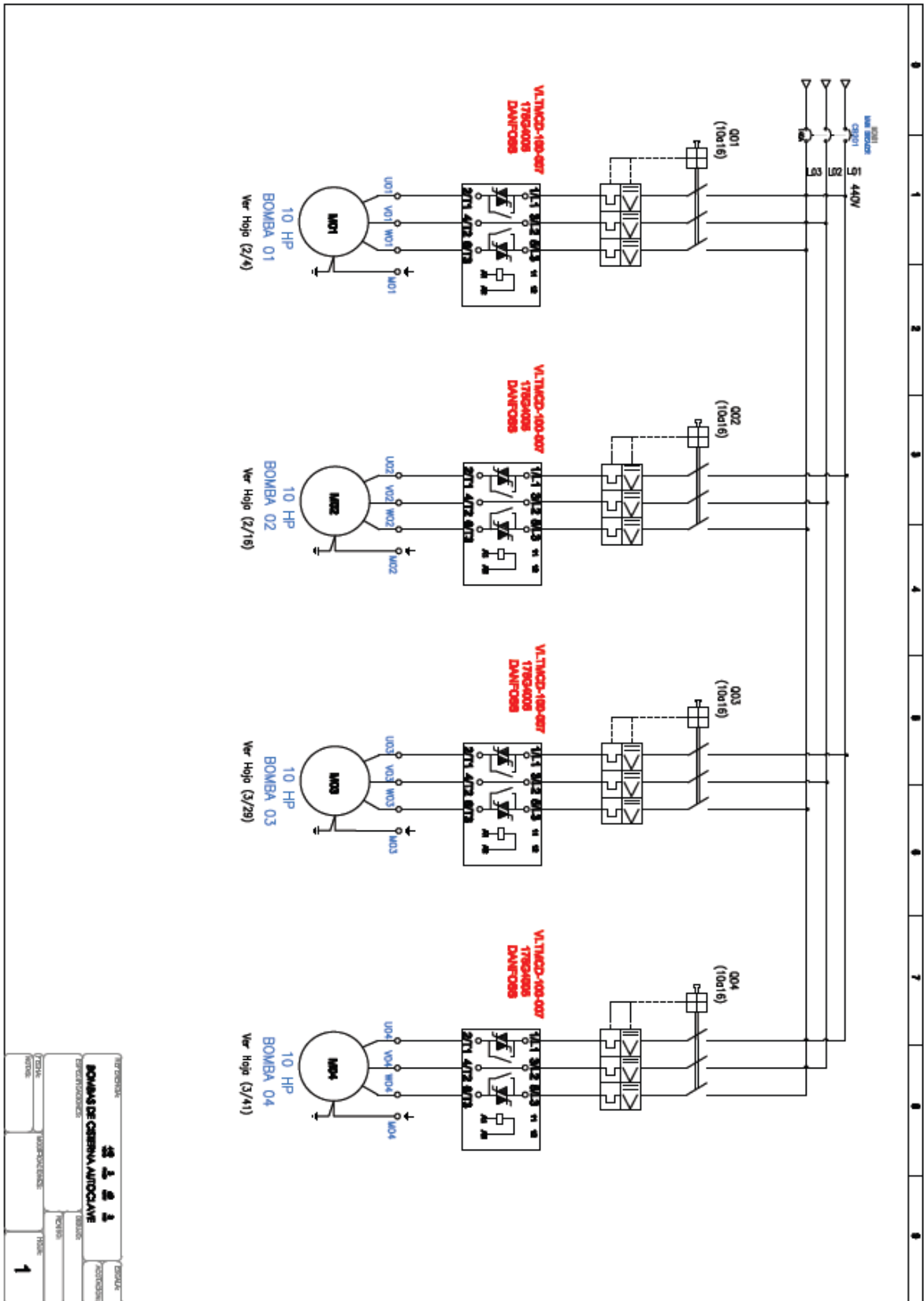


ANEXOS



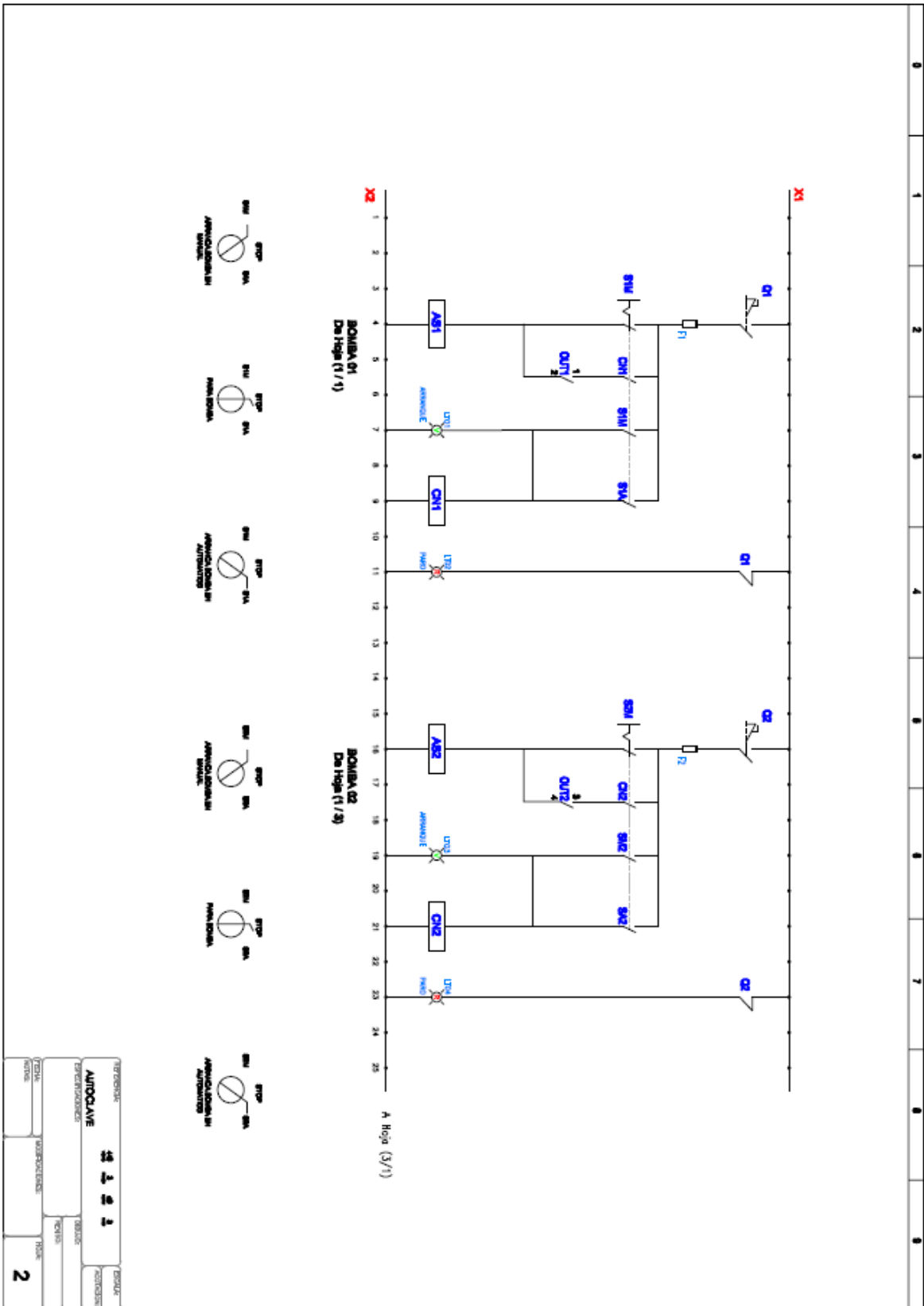


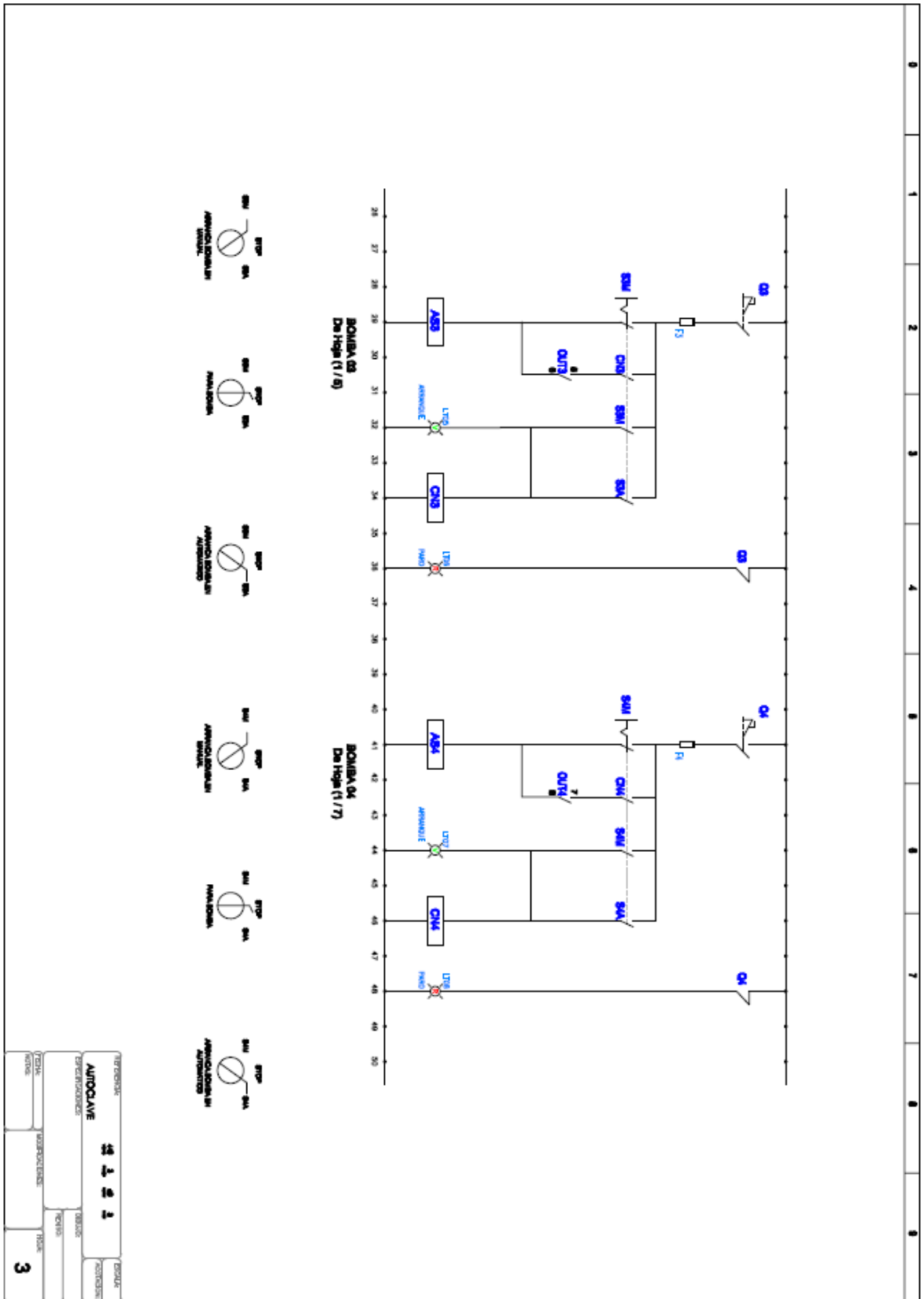
ANEXO D DIAGRAMA ELÉCTRICO CISTERNA AUTOCLAVE.





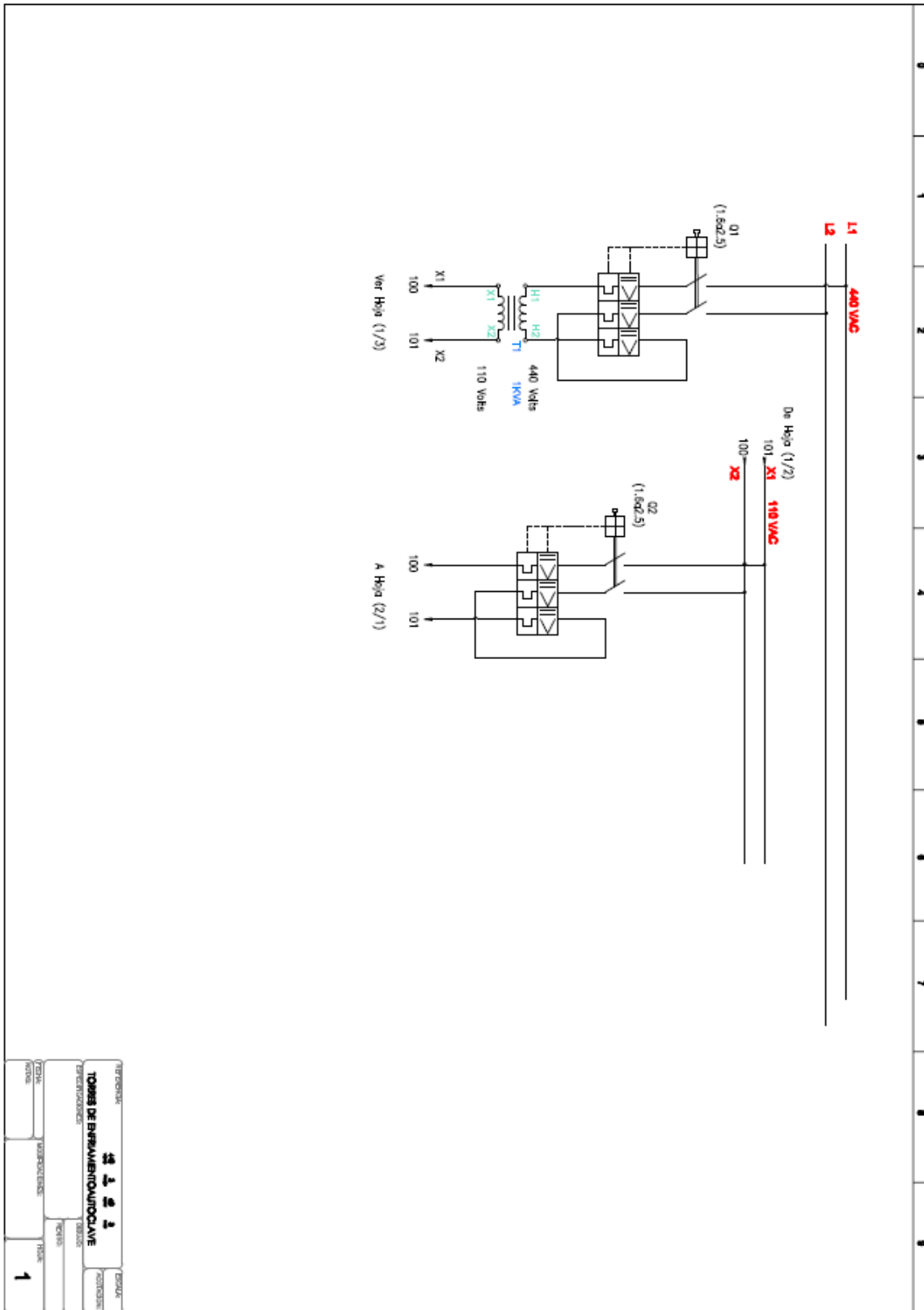
ANEXOS





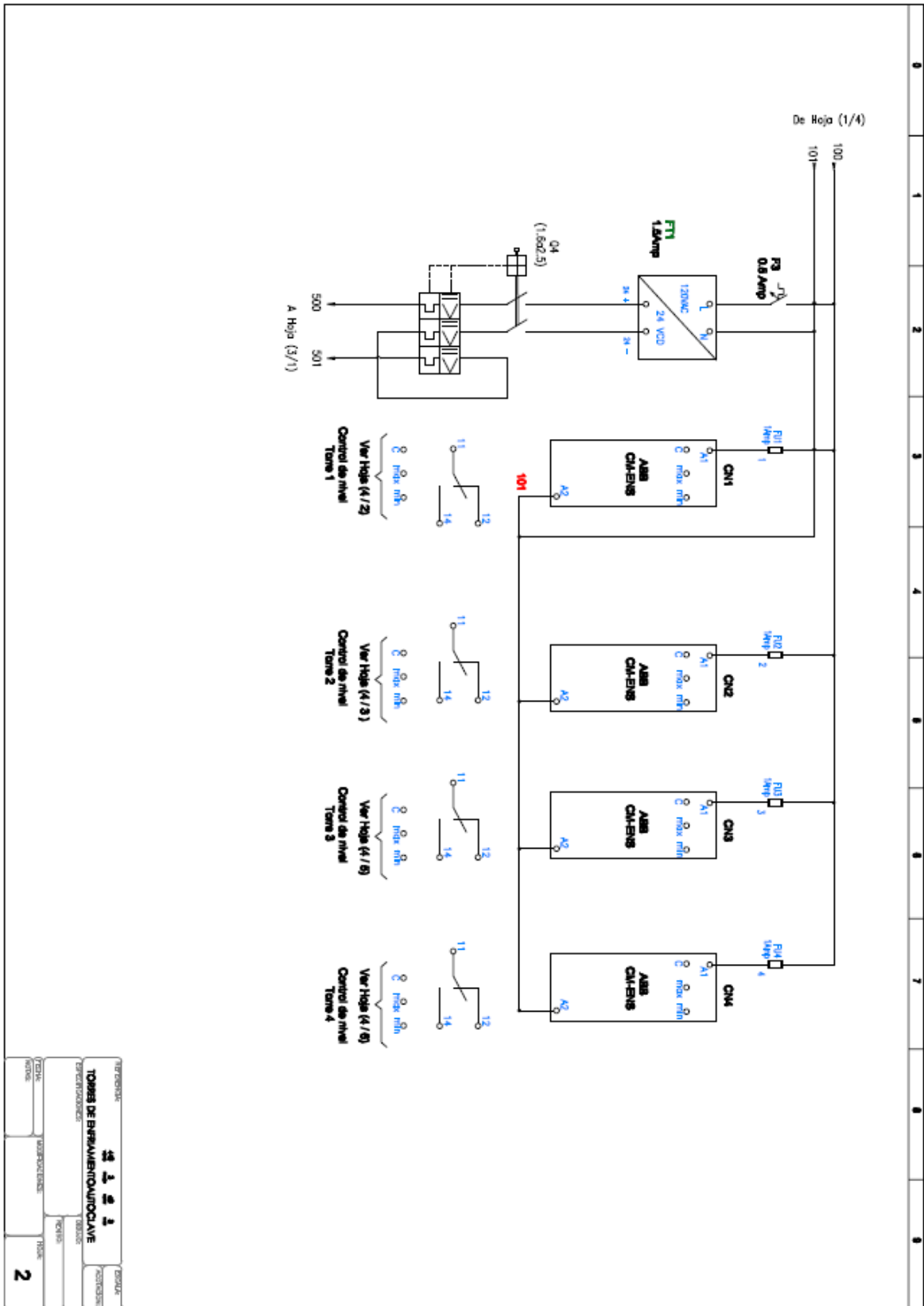


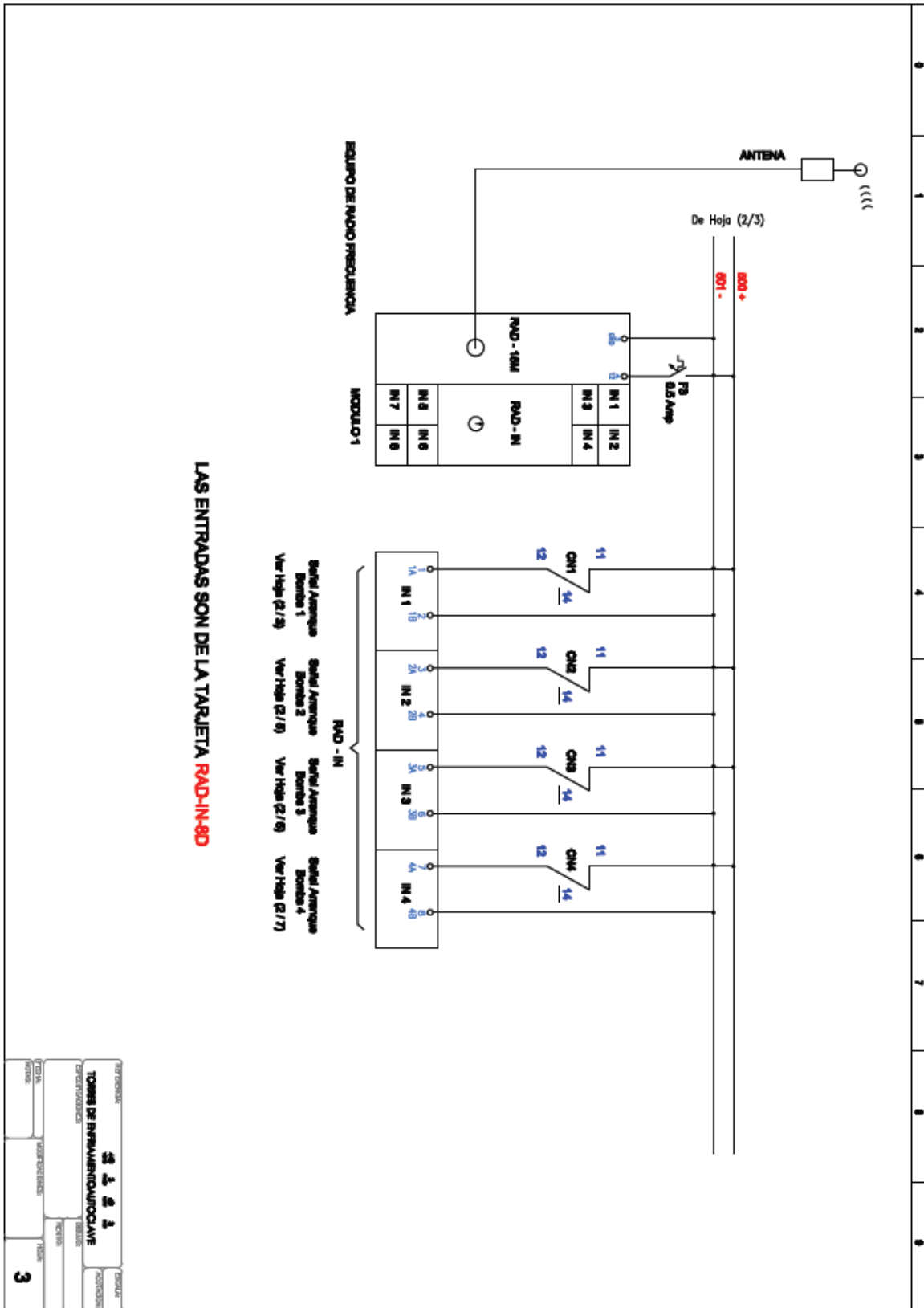
ANEXO E. DIAGRAMA ELÉCTRICO RADIOFRECUENCIA TORRE DE ENFRIAMIENTO AUTOCLAVE.





ANEXOS





LAS ENTRADAS SON DE LA TARJETA RAD-IN-80

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 SECRETARÍA DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESEMPEÑO TECNOLÓGICO
 ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
 LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
 PROYECTO: **3**

	1	2	3	4	5	6	7	8
		<p>OH1</p> <p>Control de nivel Torno 1 De Hija (2 / 2)</p>	<p>OH2</p> <p>Control de nivel Torno 2 De Hija (2 / 2)</p>	<p>OH3</p> <p>Control de nivel Torno 3 De Hija (2 / 2)</p>	<p>OH4</p> <p>Control de nivel Torno 4 De Hija (2 / 2)</p>			
<p>IDENTIFICACION:</p> <p>TORNOS DE BISMAMENTOQUICIAVE</p> <p>IDENTIFICACION:</p> <p>FECHA:</p> <p>INDICACION:</p> <p>FECHA:</p> <p>INDICACION:</p> <p>FECHA:</p> <p>INDICACION:</p> <p>FECHA:</p> <p>INDICACION:</p> <p>FECHA:</p> <p>INDICACION:</p>								



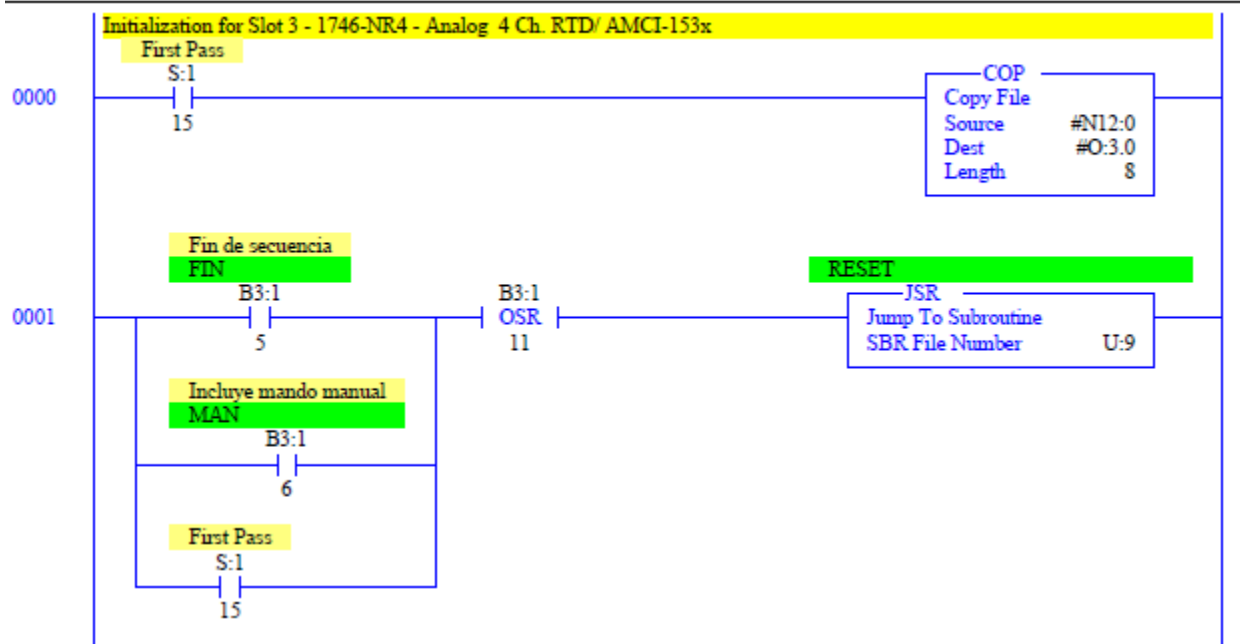
ANEXO F. DESCRIPCIÓN VÁLVULAS INSTALADAS EN LA AUTOCLAVE.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
1	Y2 VÁLVULA TIPO BOLA PARA CONTROL MODELO Tamaño 2 1/2" CUERPO Y BOLA CON ACERO INOXIDABLE DE 316, ASIENTOS TFM 1600, CONEXIÓN ROSCADA, CUERPO DE 3 PIEZAS TEMPERATURA DE OPERACIÓN 10 A 200°C; INCLUYE ACTUADOR ELECTRÓNICO A 110 VAC CON CONTROL PROPORCIONAL DE 0 A 20 mA HQ-006-PCU	JV-3M-2.5"
1	Y3 VÁLVULA TIPO BOLA PARA CONTROL ON/OFF TAMAÑO 3" CUERPO Y BOLA CON ACERO INOXIDABLE DE 316 ASIENTOS DE TFM1600, CONEXIÓN ROSCADA TEMPERATURA DA OPERACIÓN DE -10 A 200 °C CON ACTUADOR NEUMÁTICO DE SIMPLE ACCIÓN MODELO PT300S12 MARCA AIR TORQUE	JV-3M-3
1	Y4 VÁLVULA TIPO BOLA PARA CONTROL ON/OFF TAMAÑO 1 1/2" CUERPO Y BOLA CON ACERO INOXIDABLE DE 316 ASIENTOS DE TFM1600, CONEXIÓN ROSCADA TEMPERATURA DA OPERACIÓN DE -10 A 200 °C CON ACTUADOR NEUMÁTICO DE SIMPLE ACCIÓN MODELO PT200S12 MARCA AIR TORQUE	JV-3M-1.5"
1	Y5 VÁLVULA TIPO BOLA PARA CONTROL TAMAÑO 2" CUERPO Y BOLA CON ACERO INOXIDABLE DE 316, ASIENTOS TFM 1600, CONEXIÓN ROSCADA, CUERPO DE 3 PIEZAS TEMPERATURA DE OPERACIÓN -10 A 200°C; INCLUYE ACTUADOR ELECTRÓNICO A 110 VAC CON CONTROL PROPORCIONAL DE 0 A 20 mA. HQ-006-PCU	JV-3M-2"
1	Y6 VÁLVULA TIPO GLOBO PARA CONTROL TAMAÑO 1" CUERPO EN SS316 TRIM S1 CARACTERÍSTICAS ROSCADA, CUERPO DE 3 PIEZAS TEMPERATURA DE OPERACIÓN -10 A 200 °C CON UN CONVERTIDOR DE CORRIENTE A PRESIÓN	CASHCO 2296
1	Y7 VÁLVULA TIPO BOLA PARA CONTROL ON/OFF TAMAÑO 1" CUERPO Y BOLA CON ACERO INOXIDABLE DE 316 ASIENTOS DE TFM1600, CONEXIÓN ROSCADA TEMPERATURA DA OPERACIÓN DE -10 A 200 °C CON ACTUADOR NEUMÁTICO DE SIMPLE ACCIÓN MODELO PT100S12 MARCA AIR TORQUE	JV-3M-1
1	Y8 VÁLVULA TIPO BOLA PARA CONTROL TAMAÑO 4" CUERPO Y BOLA CON ACERO INOXIDABLE DE 316 (CF8M), ASIENTOS DE TEFLÓN CONEXIÓN BRIDADA ANSI 150#, CUERPO DE 1 PIEZAS TEMPERATURA DE OPERACIÓN DE -10 A 200 °C INCLUYE ACTUADOR NEUMÁTICO TIPO PIÑÓN Y CREMALLERA DE SIMPLE ACCIÓN MODELO PT350S12 MARCA AIR TORQUE	JV-9108-4"
1	Y9 VÁLVULA TIPO BOLA PARA CONTROL ON/OFF TAMAÑO 3" CUERPO Y BOLA CON ACERO INOXIDABLE DE 316 ASIENTOS DE TFM1600, CONEXIÓN ROSCADA TEMPERATURA DA OPERACIÓN DE -10 A 200 °C CON ACTUADOR NEUMÁTICO DE SIMPLE ACCIÓN MODELO PT300S12 MARCA AIR TORQUE	JV-3M-3"
1	Y10 VÁLVULA TIPO MARIPOSA PARA CONTROL TAMAÑO 1 CUERPO Y MARIPOSA SS316 ASIENTOS METAL, CONEXIONES WAFER ANSI 150 INCLUYE ACTUADOR ELECTRÓNICO A 110 VAC CON CONTROL PROPORCIONAL DE 4-20 mA HQ-006-PCU	VF 940HP150#1"
1	Y1 VÁLVULA TIPO BOLA PARA CONTROL ON/OFF TAMAÑO 2" CUERPO Y BOLA CON ACERO INOXIDABLE DE 316 ASIENTOS DE TFM1600, CONEXIÓN ROSCADA TEMPERATURA DA OPERACIÓN DE -10 A 200 °C CON ACTUADOR NEUMÁTICO DE SIMPLE ACCIÓN MODELO PT200S12 MARCA AIR TORQUE	JV-3M-2"



ANEXO G. PROGRAMA DEL PLC.

LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

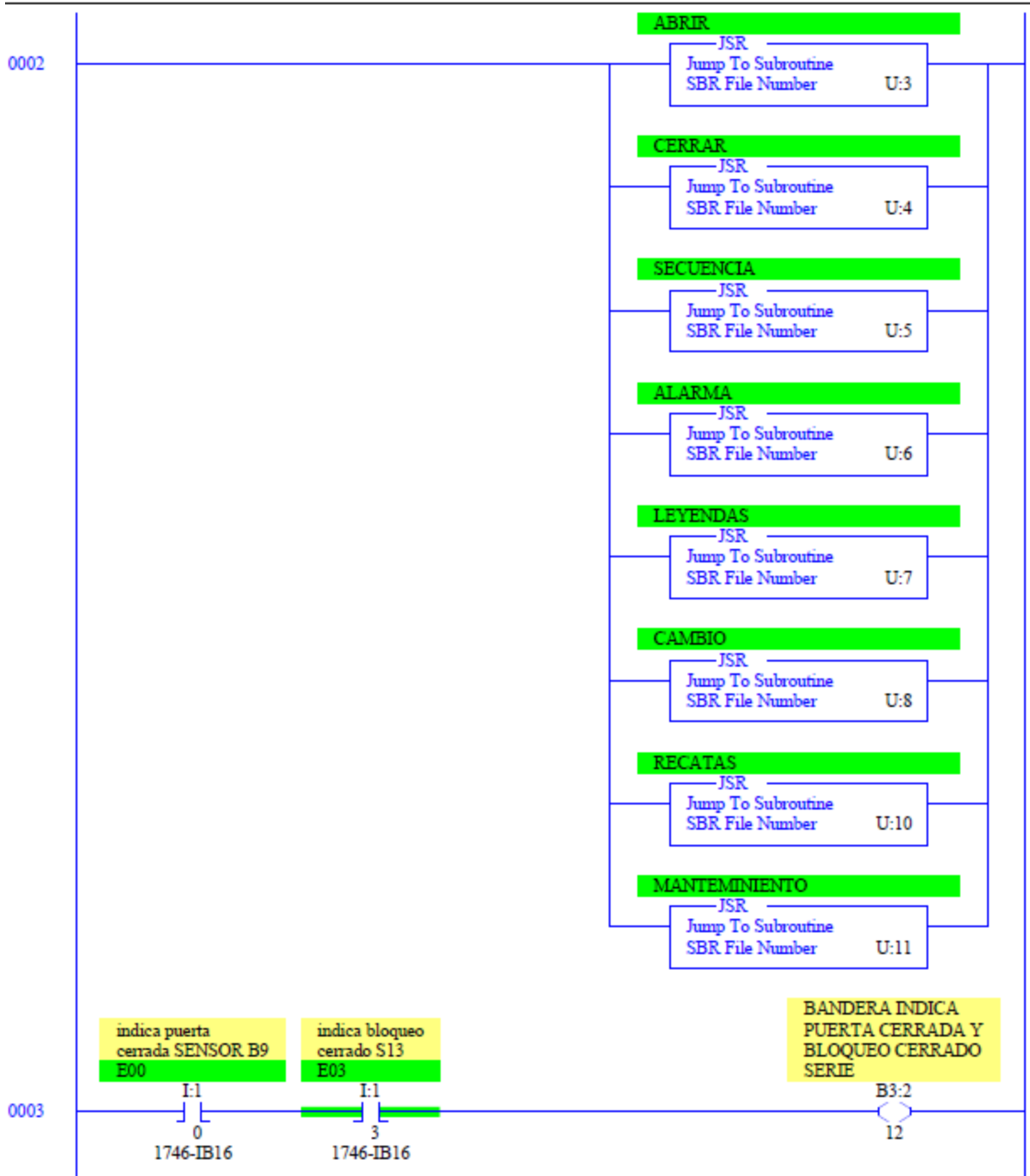




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

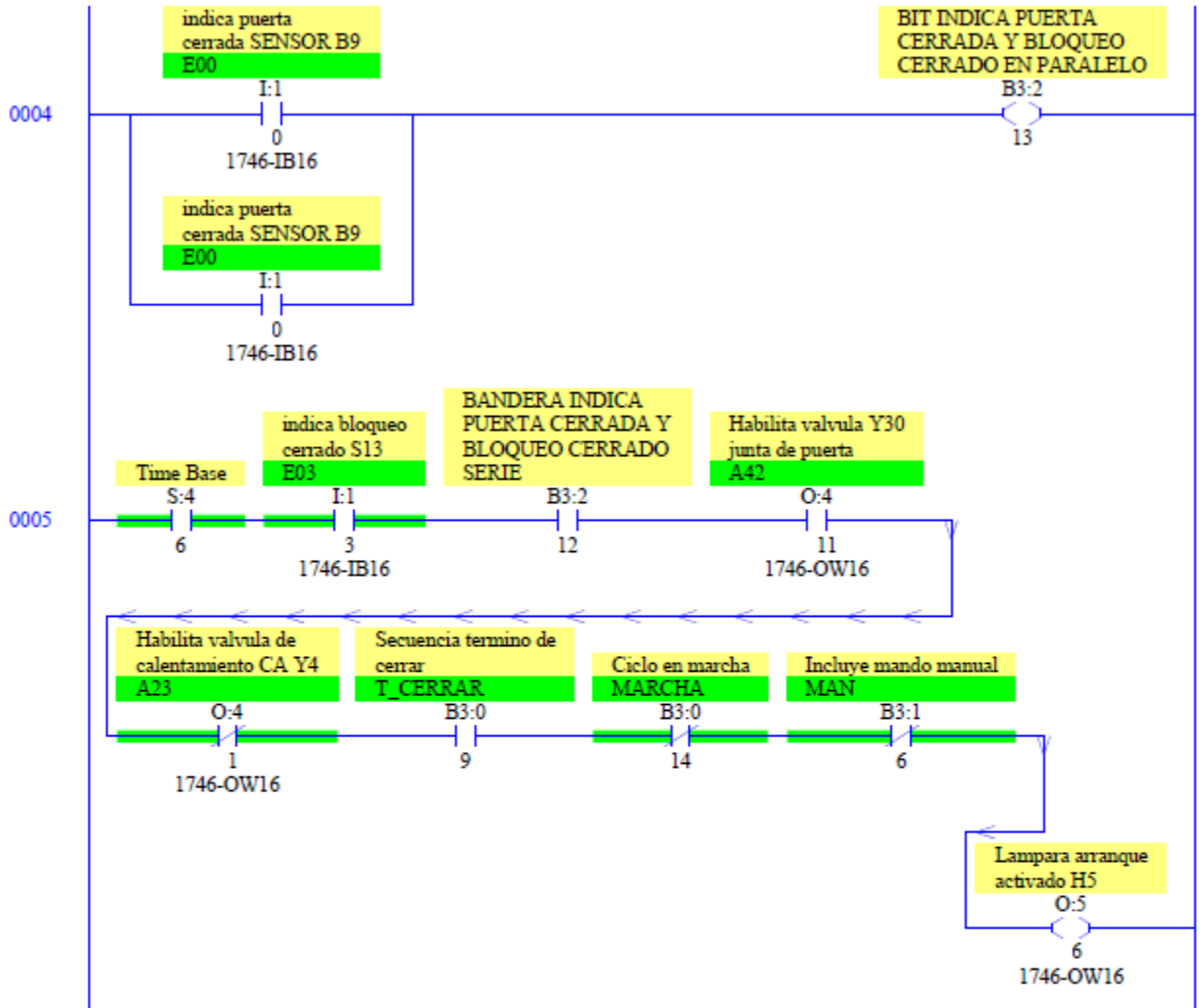




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

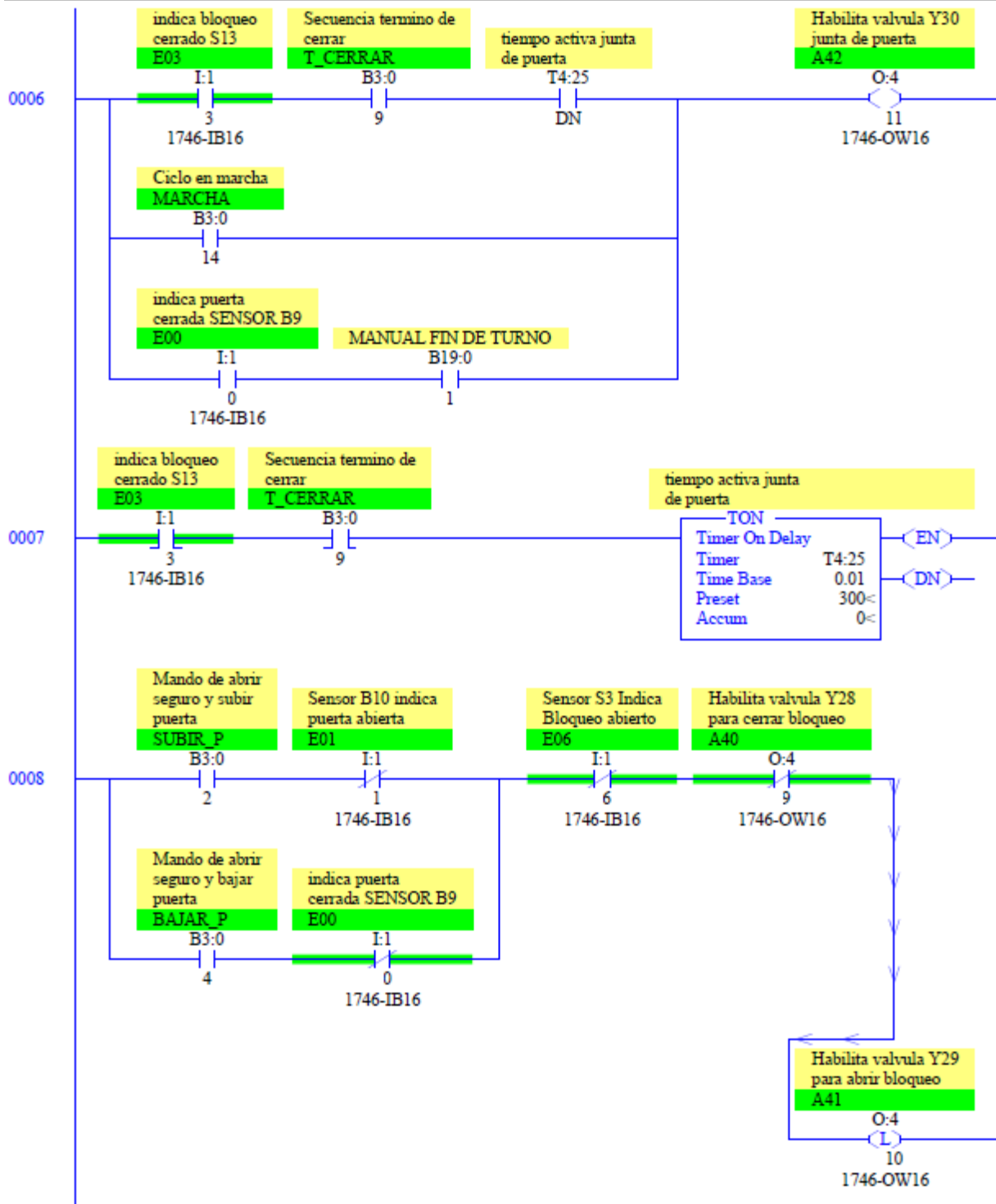




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

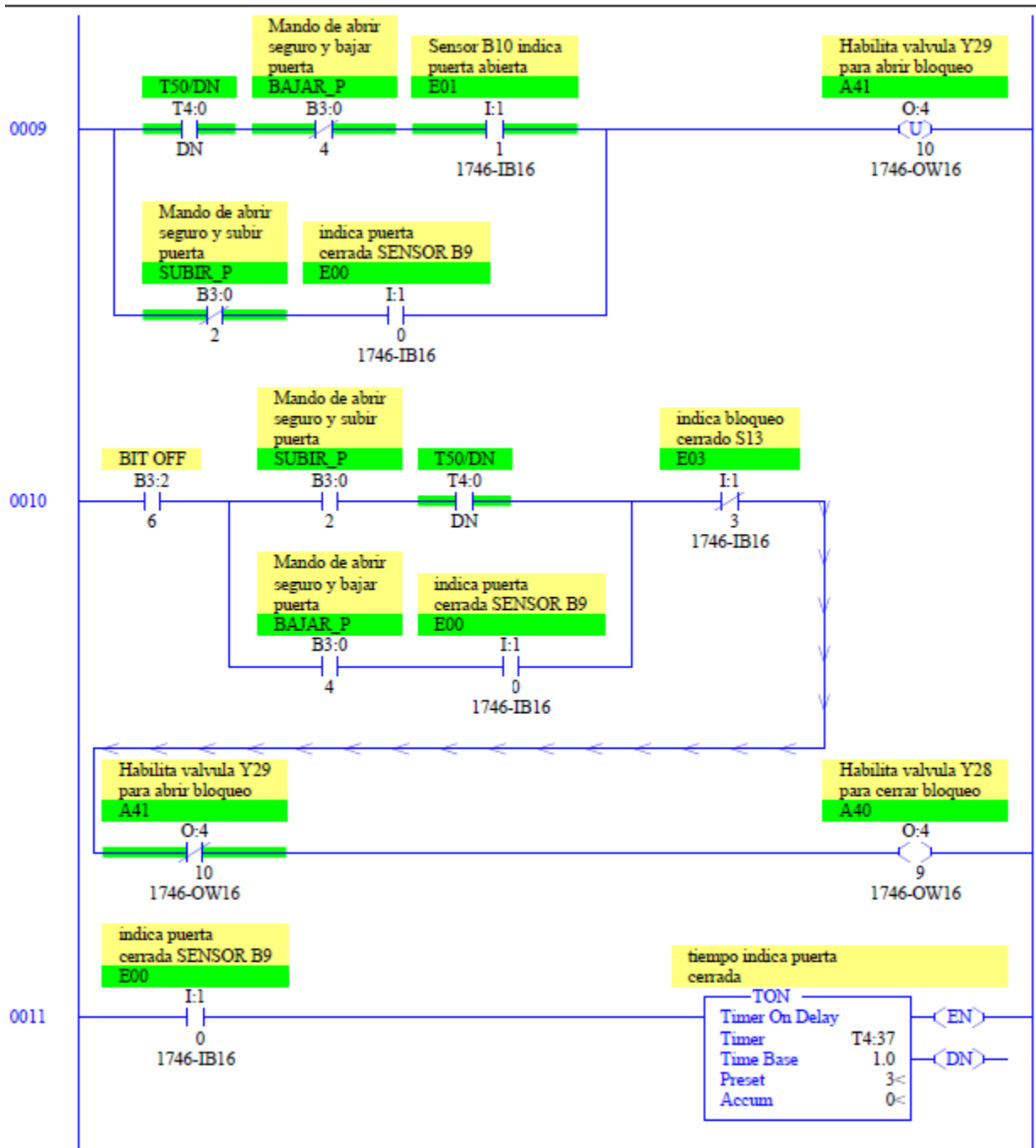




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

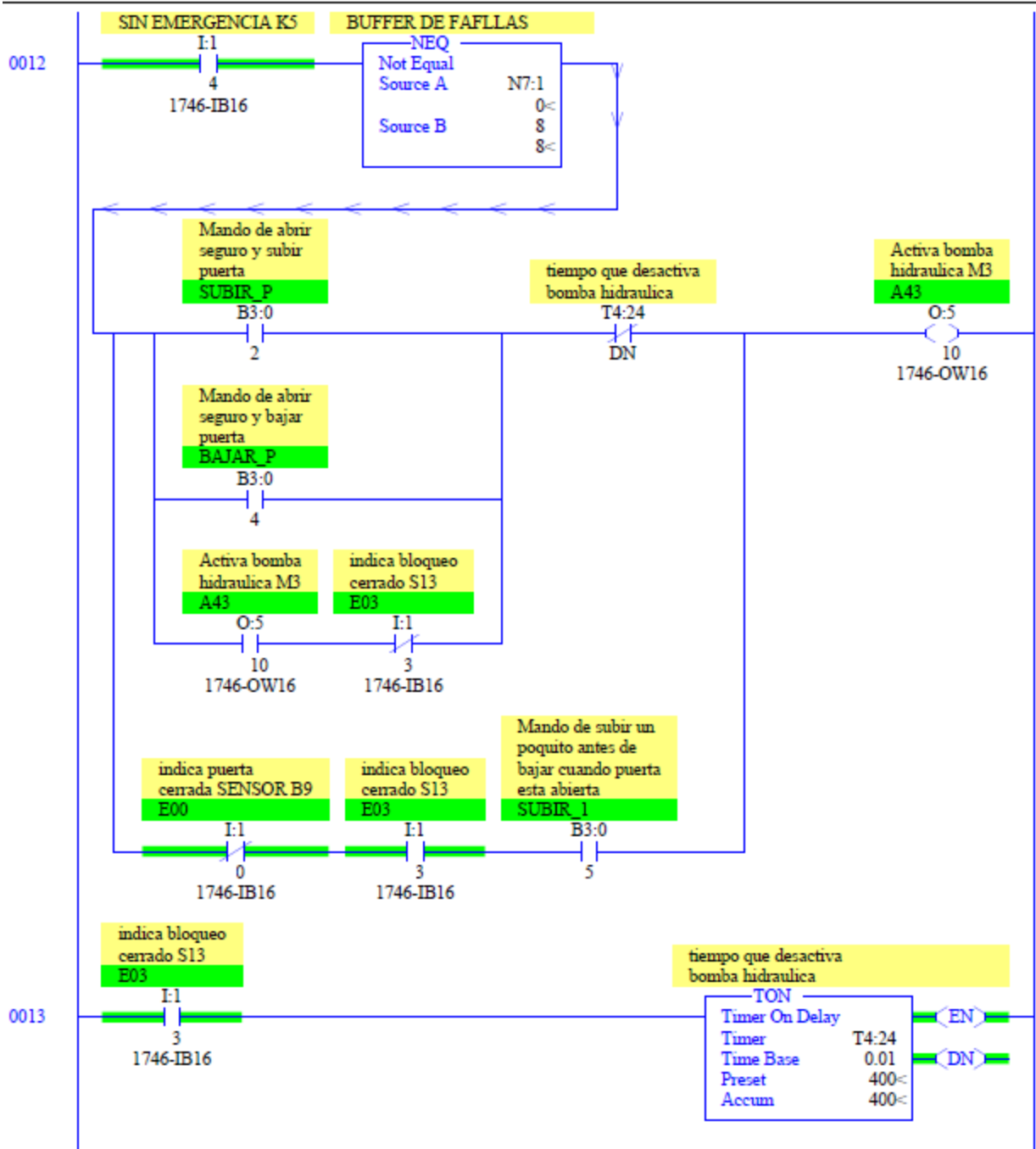




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

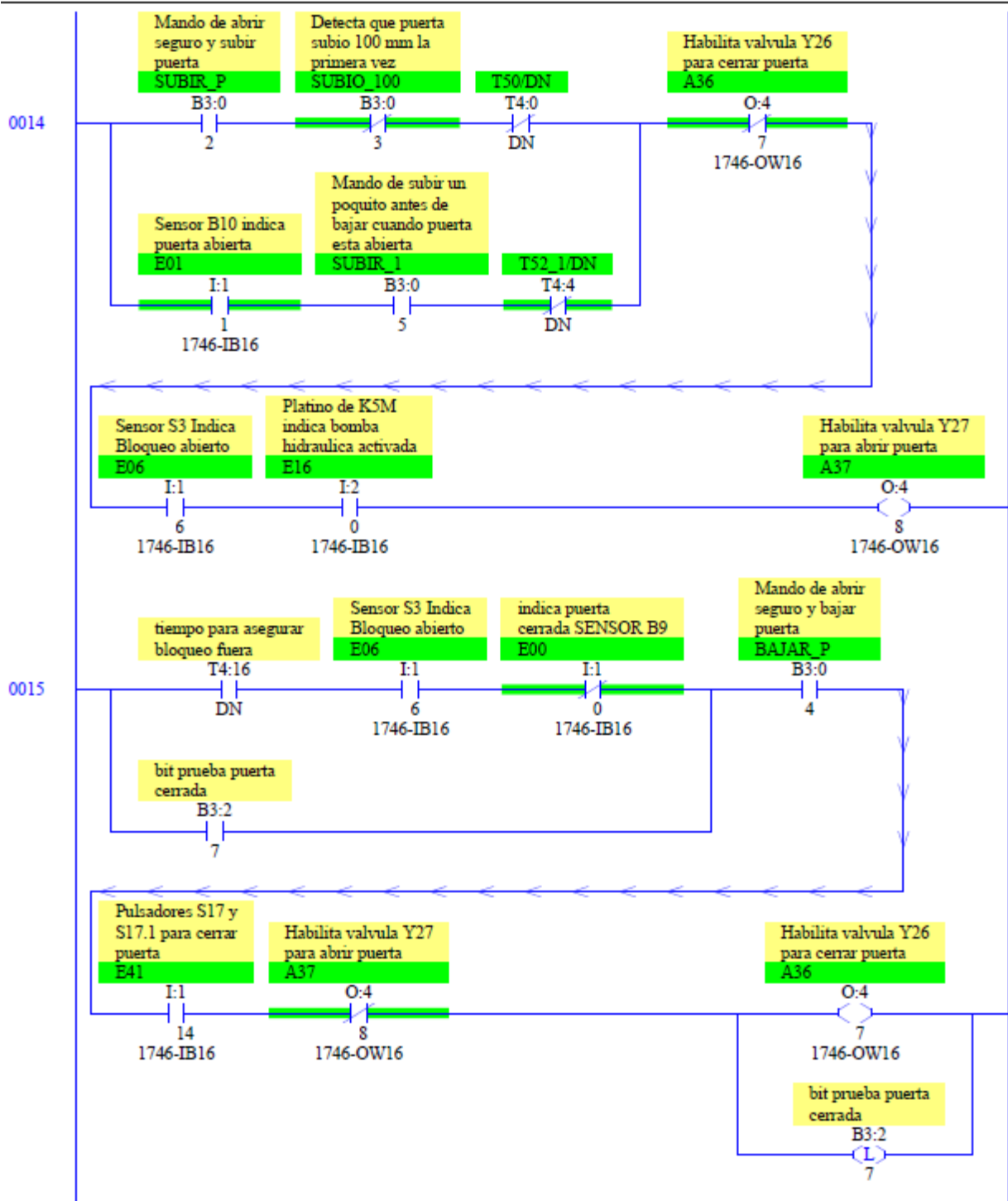




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

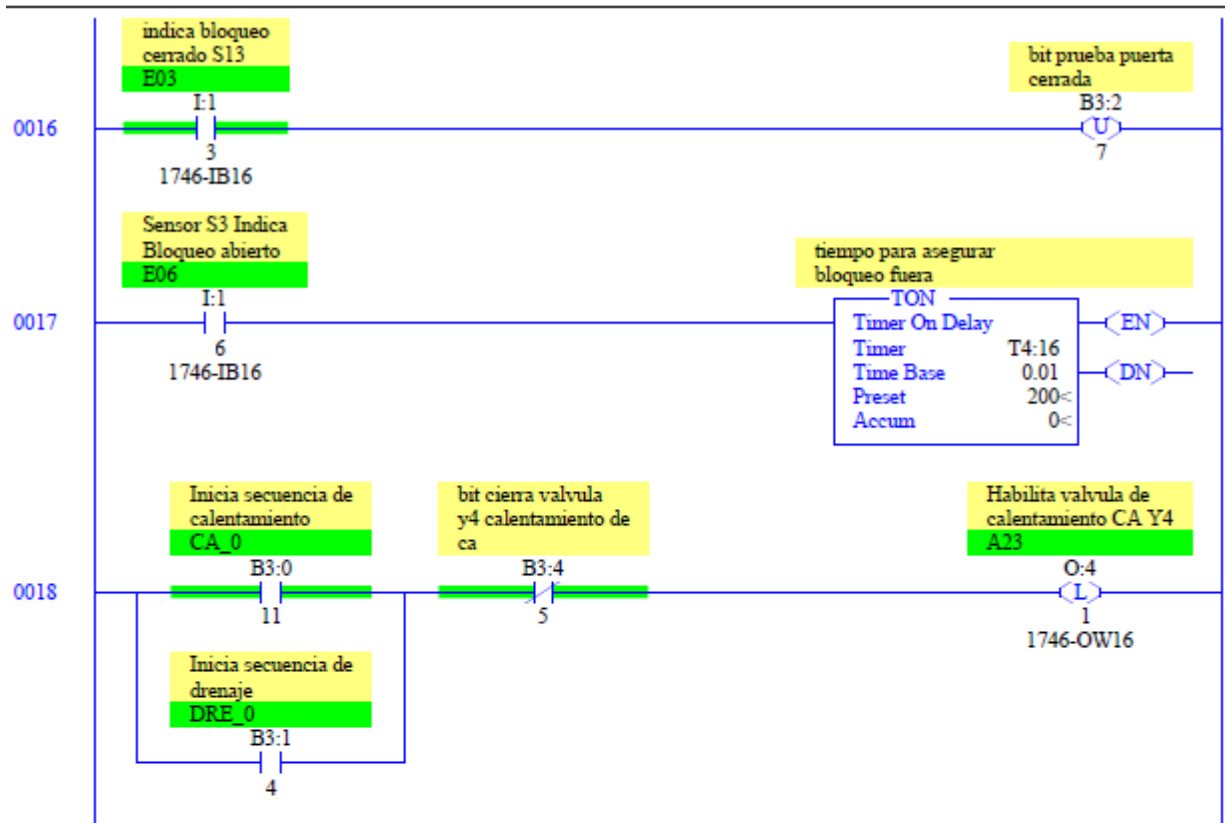




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

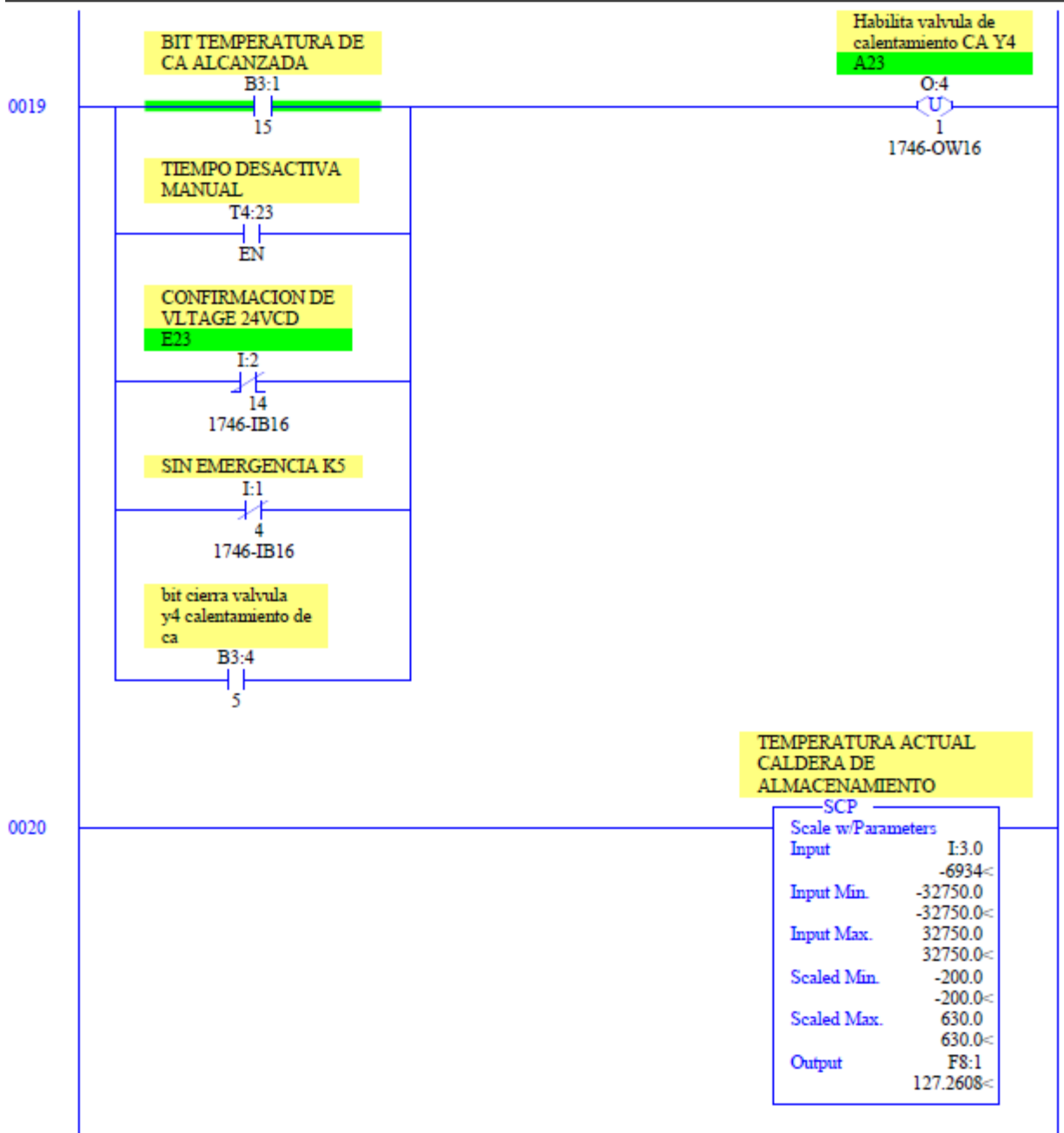




ANEXOS

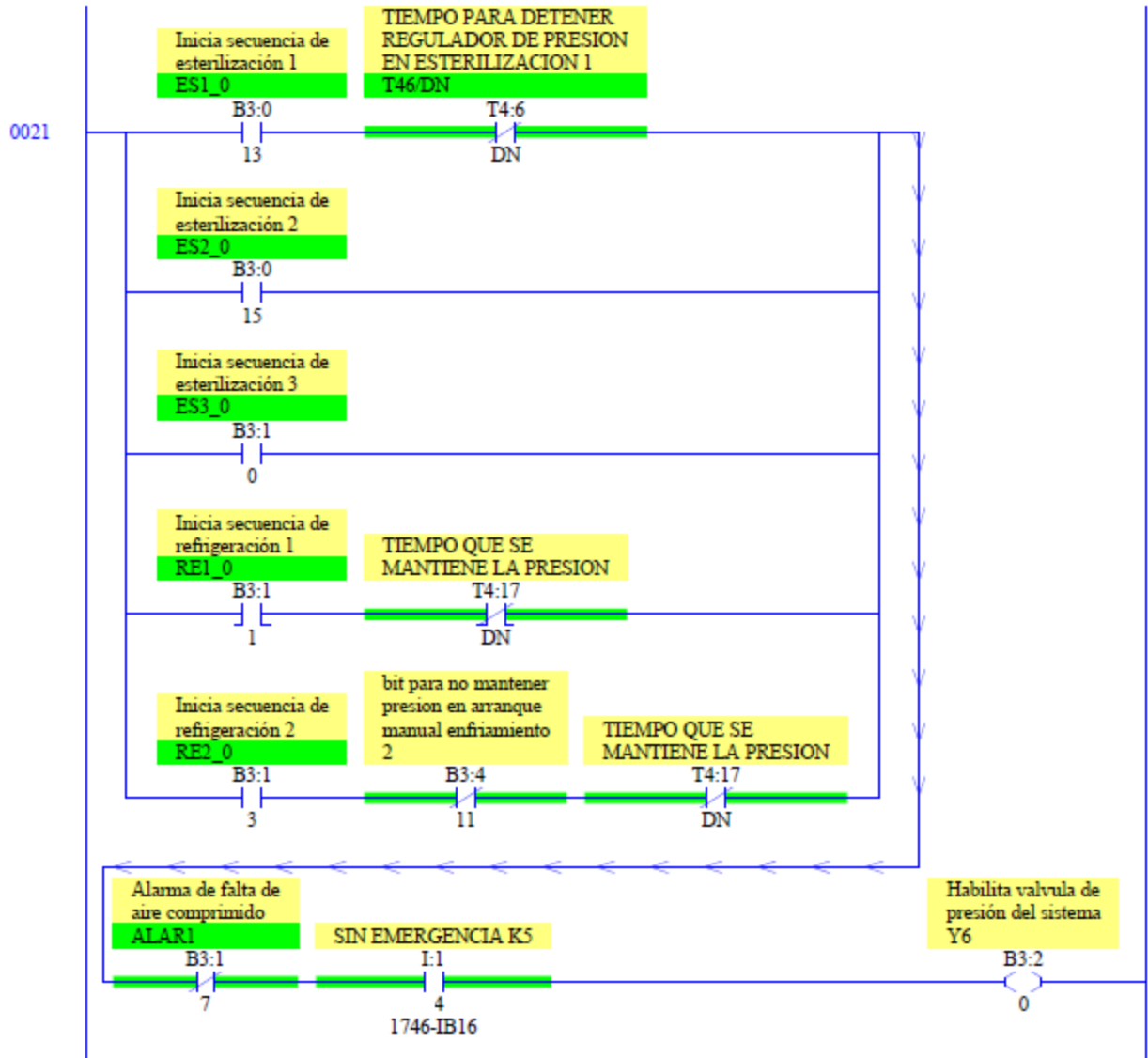


LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144





LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

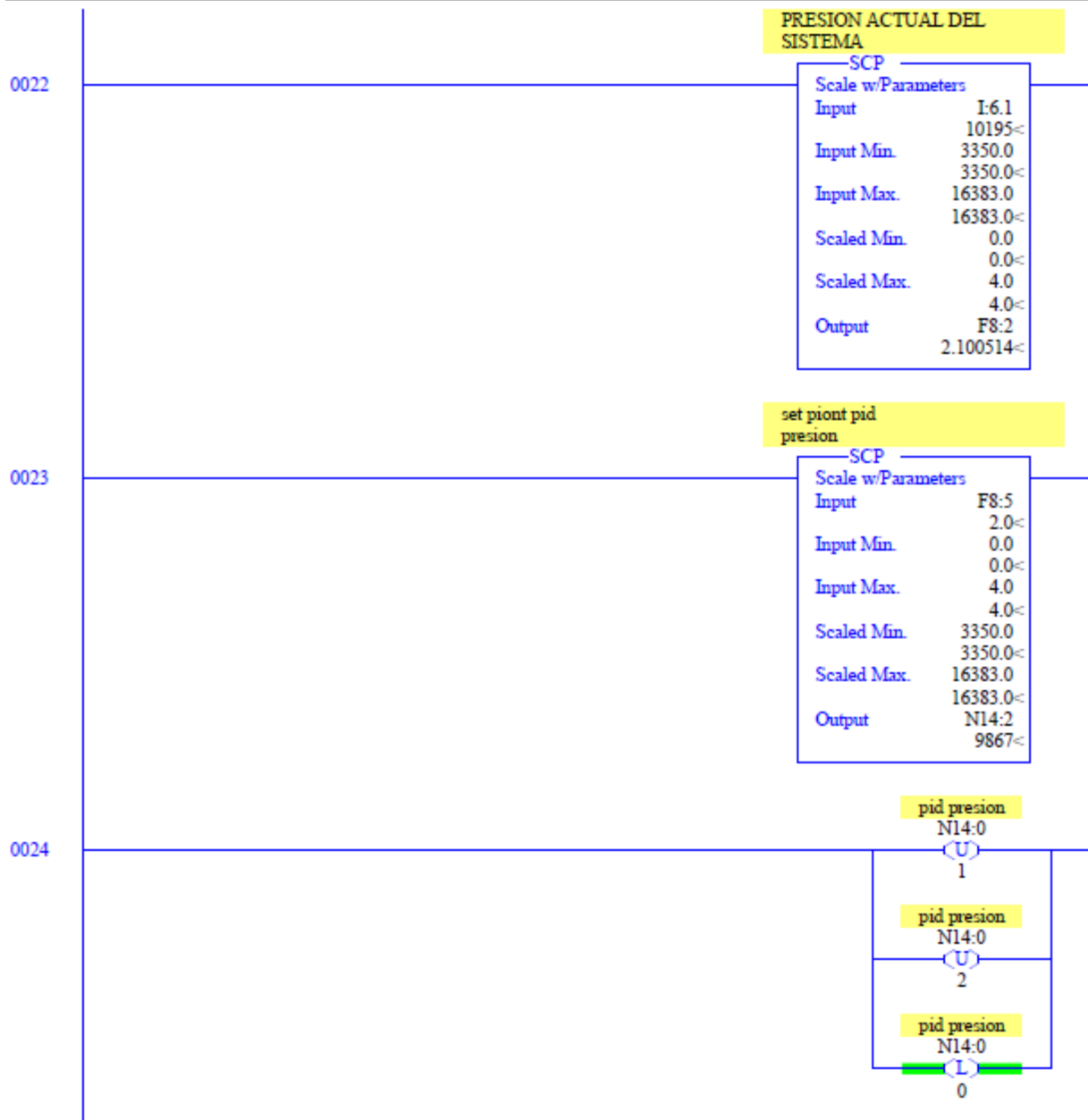




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

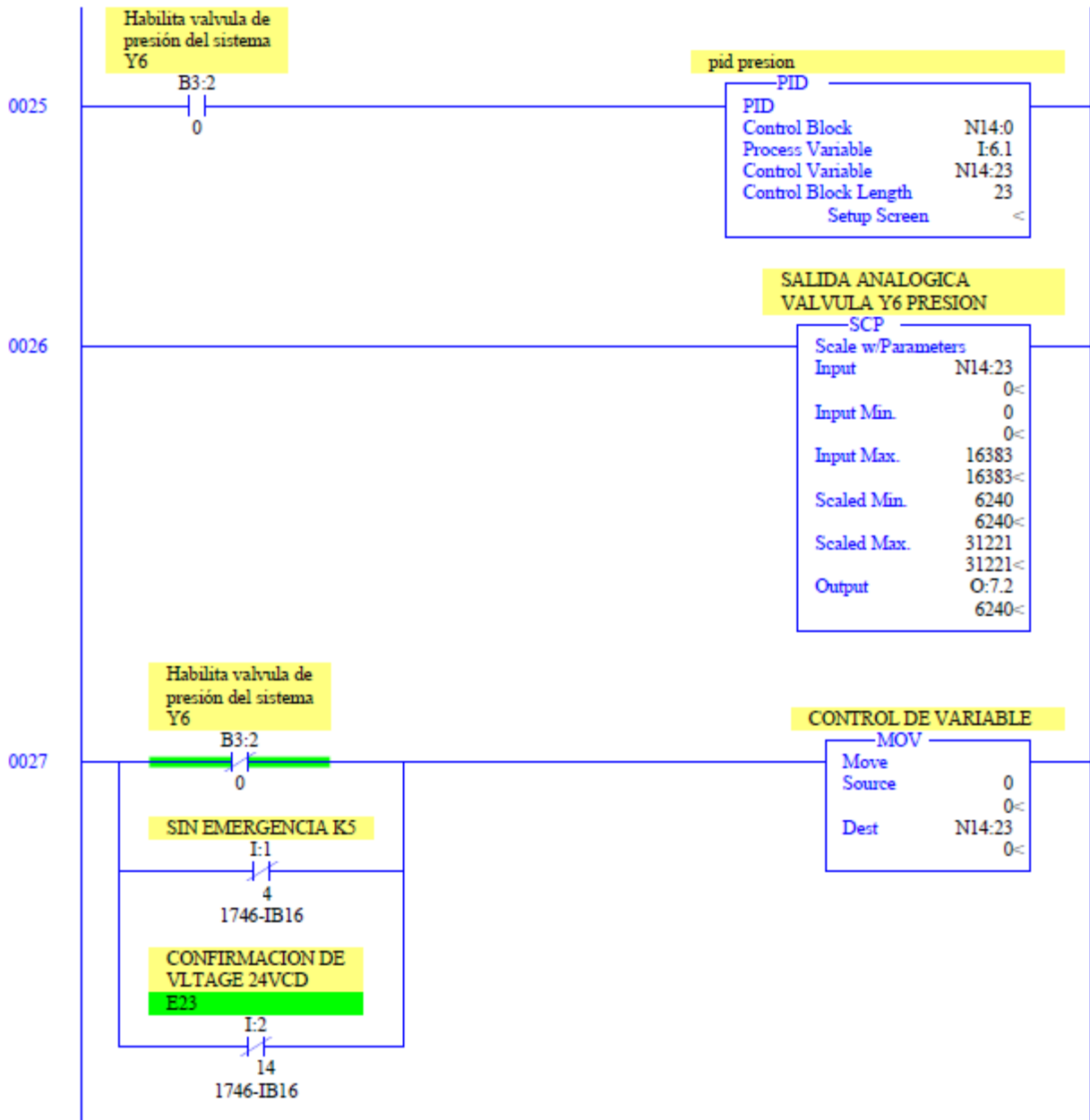




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

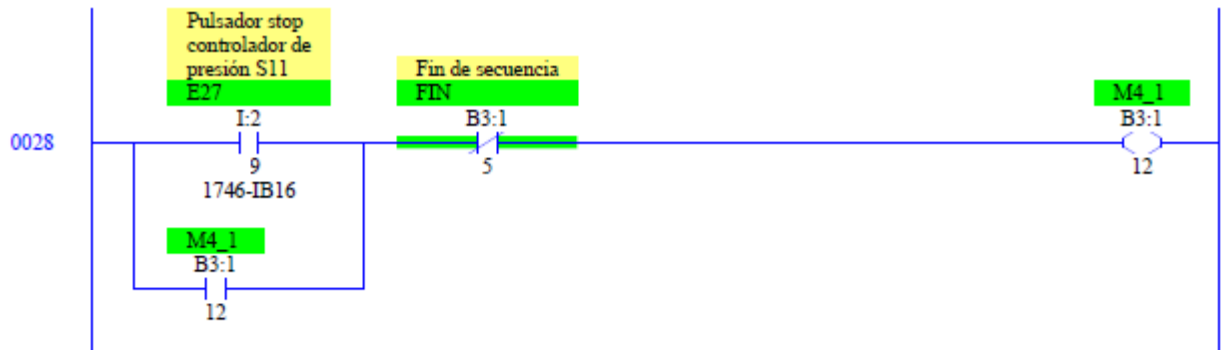




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

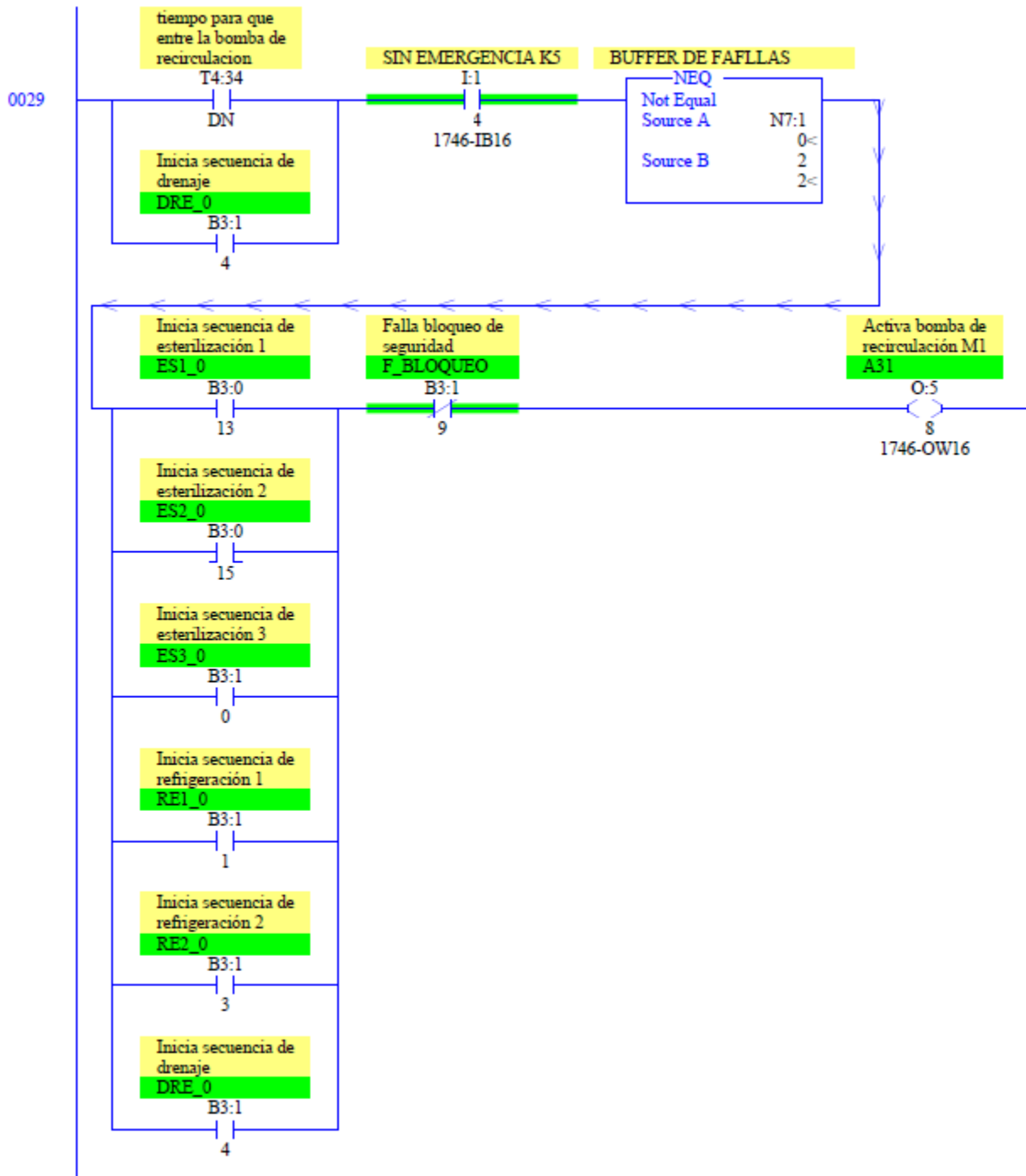




ANEXOS

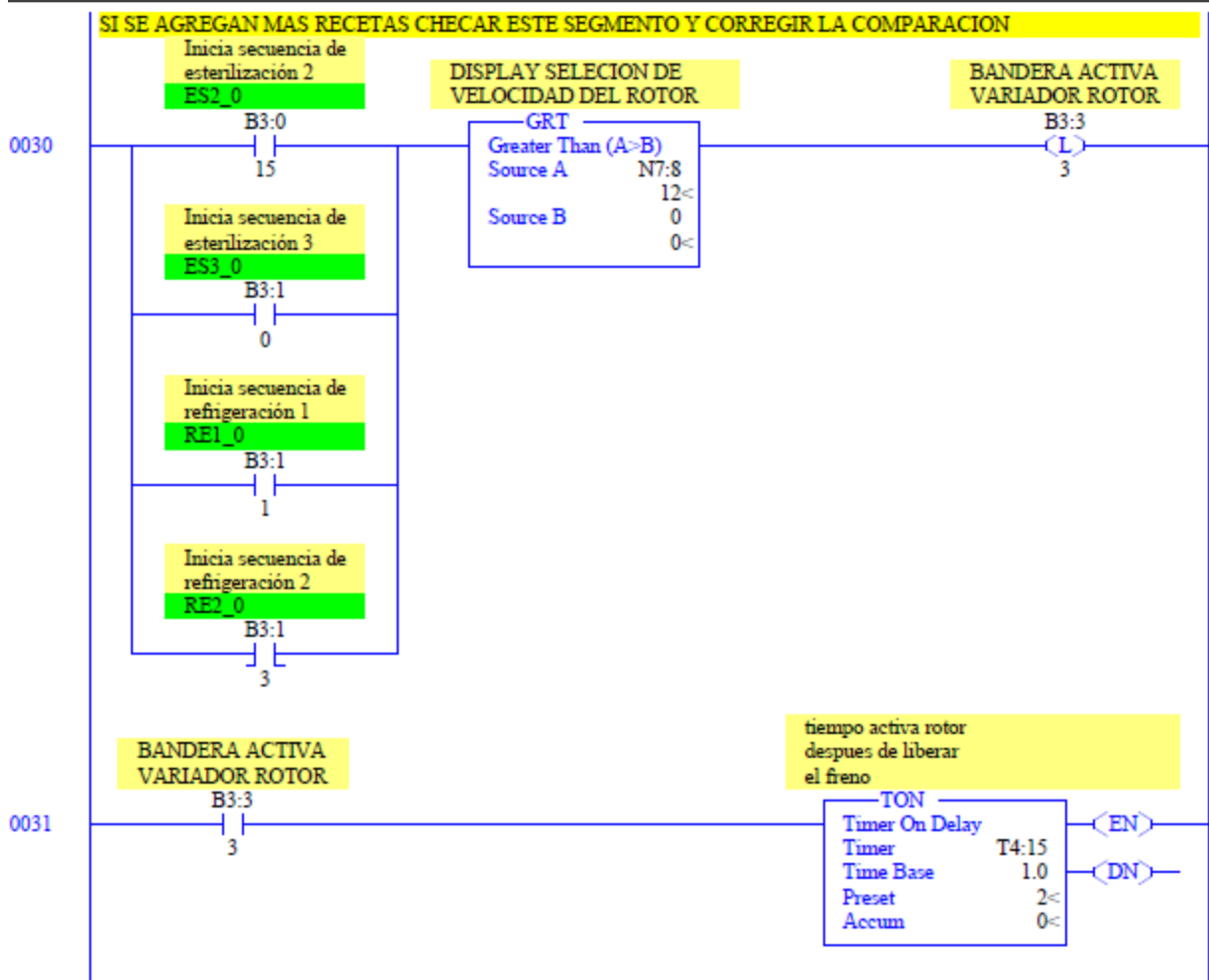


LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144





LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

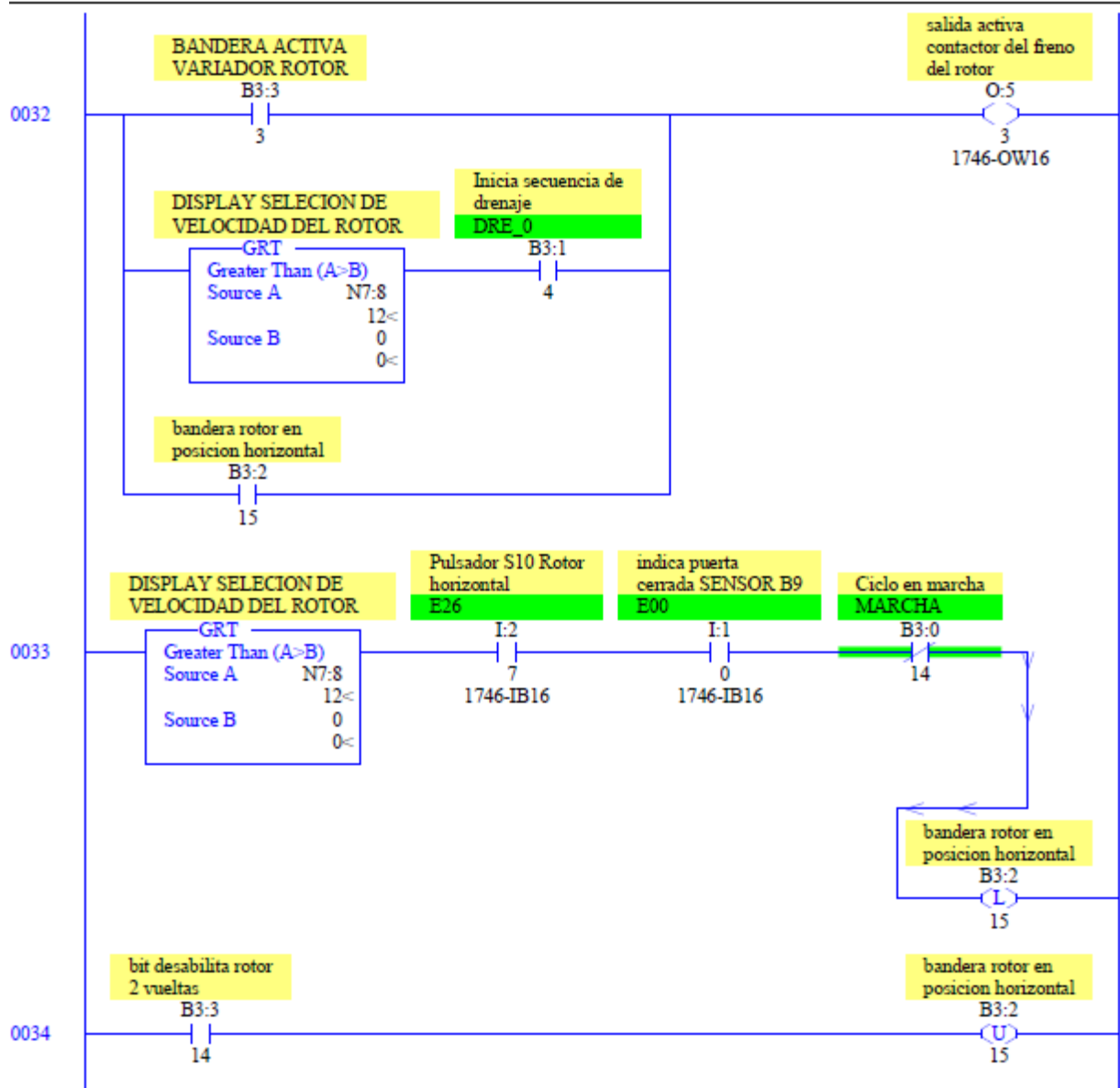




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

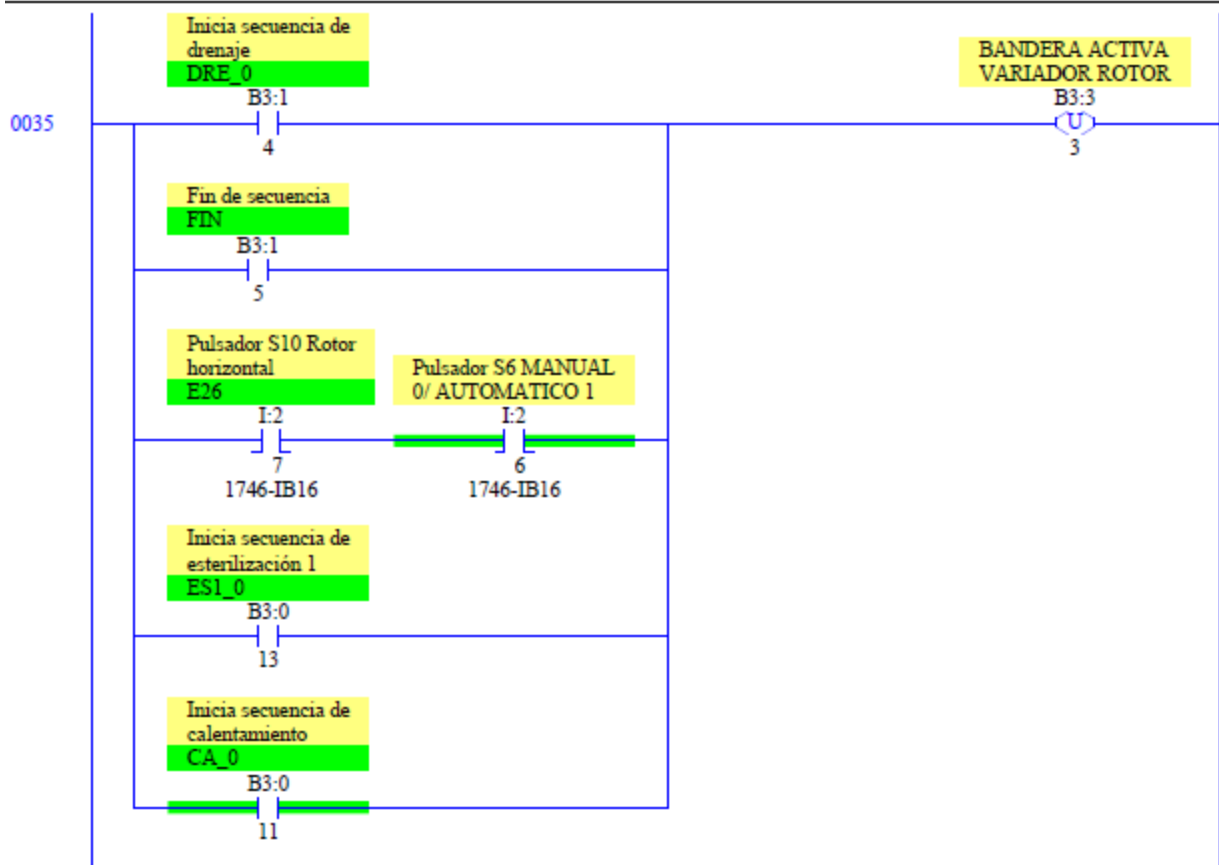




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

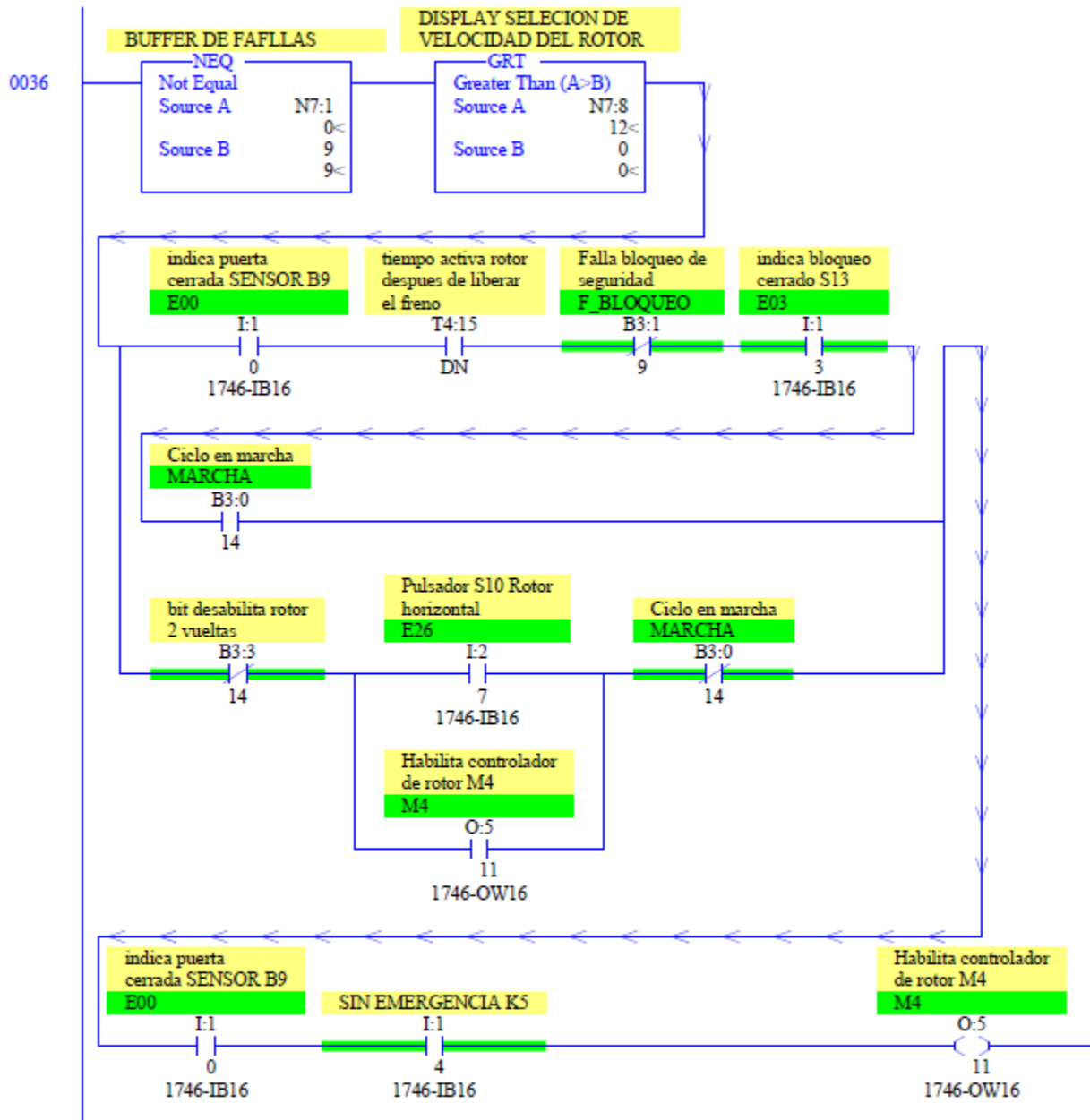




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

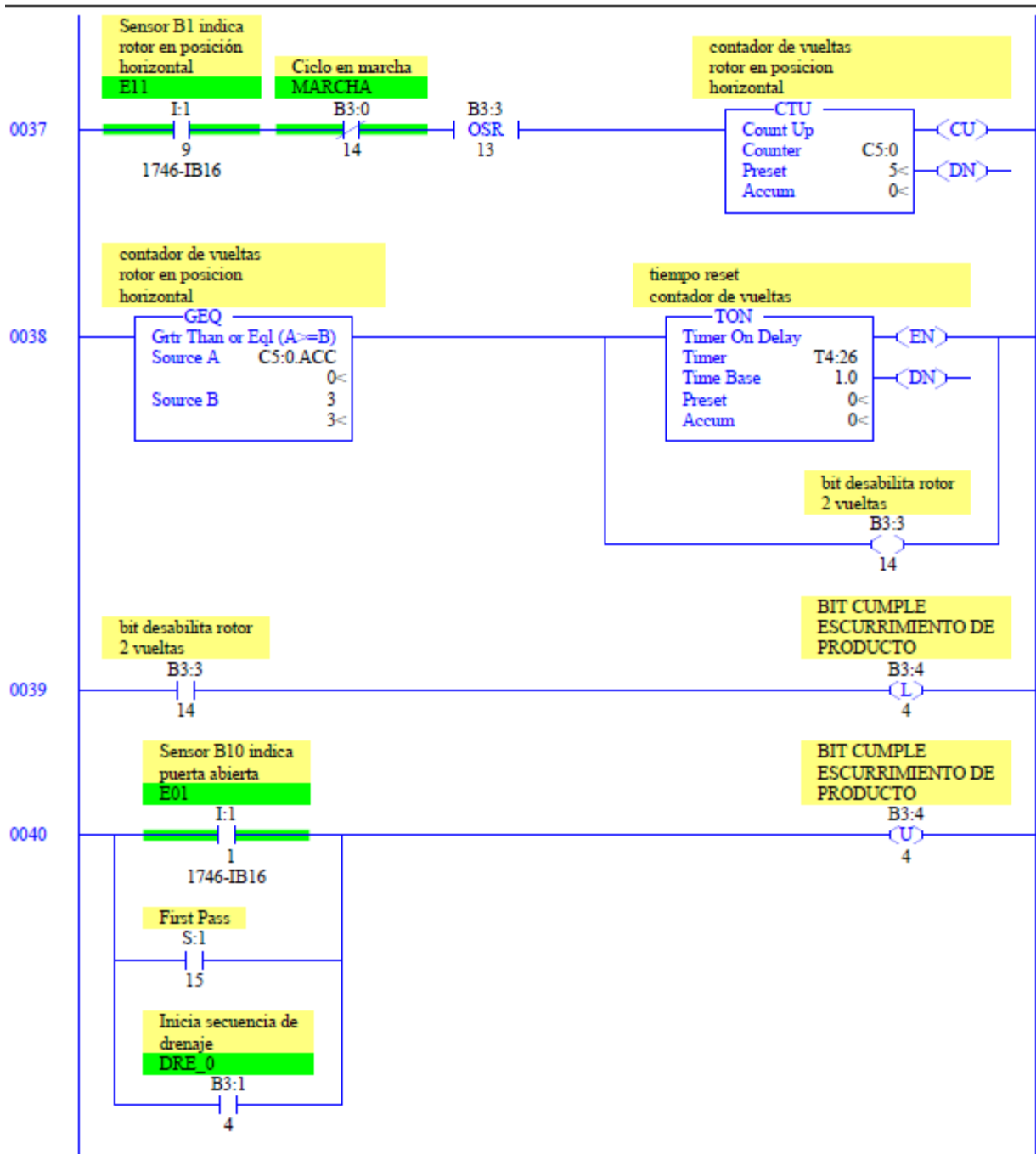




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

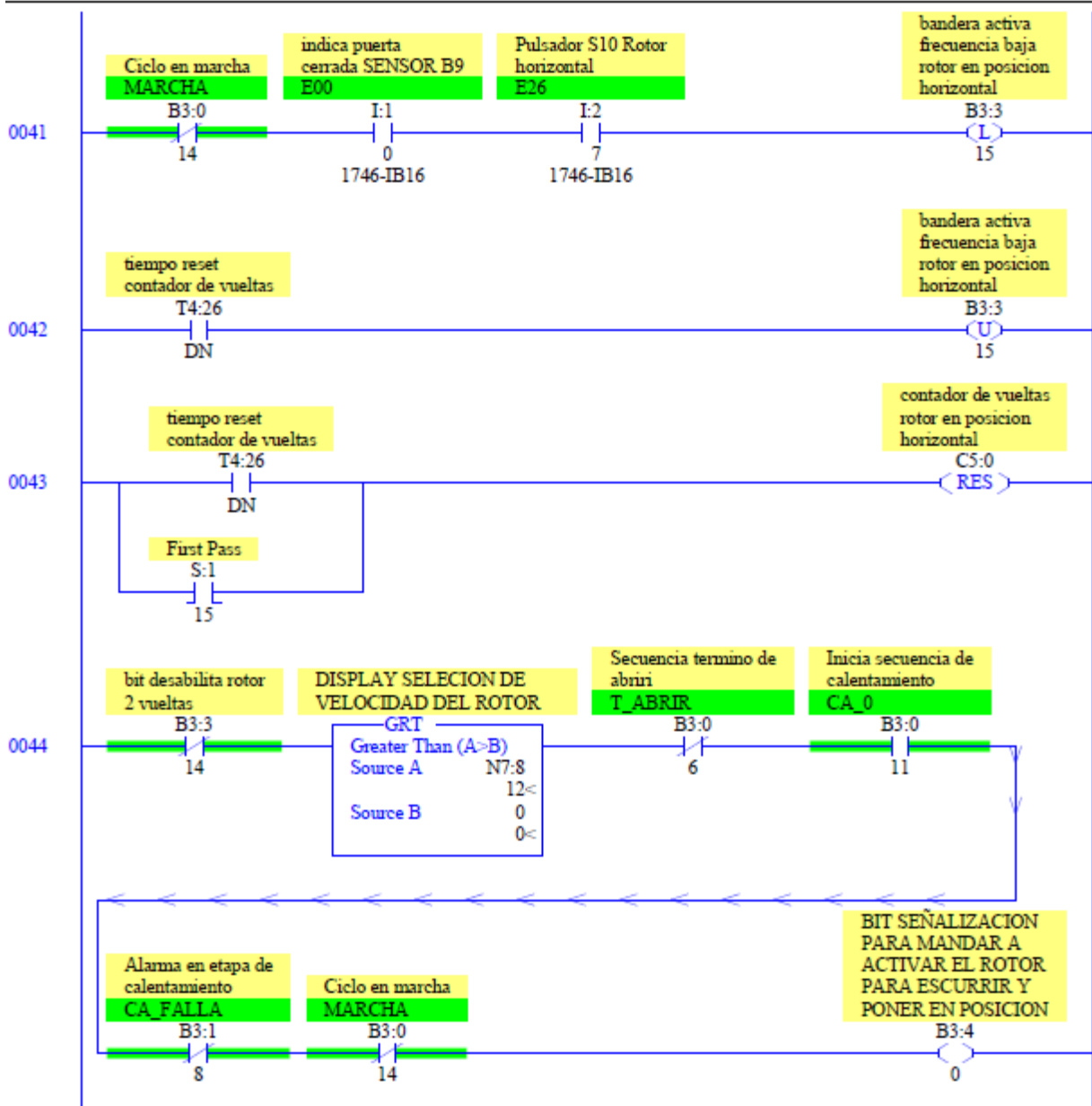




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

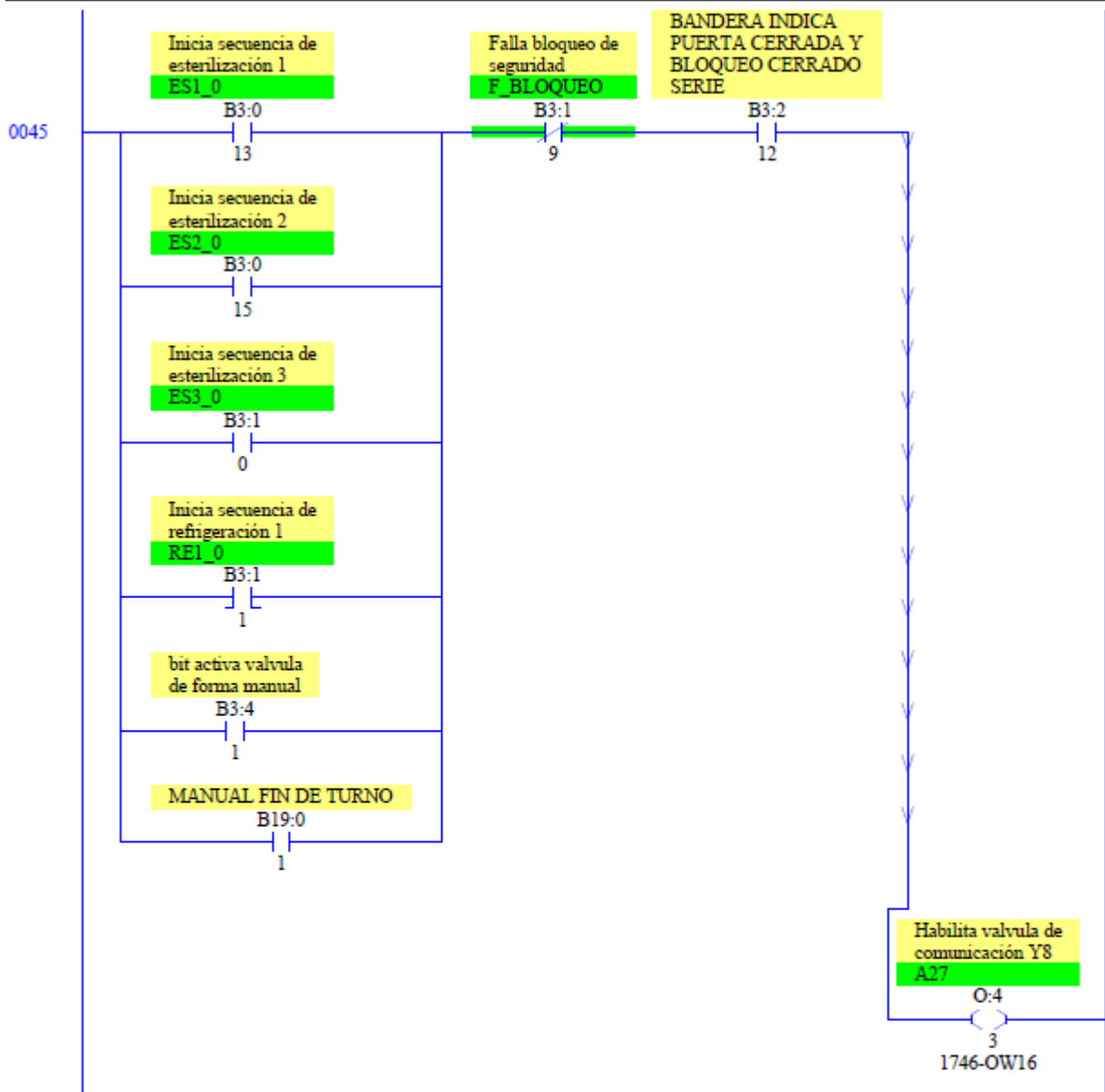




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

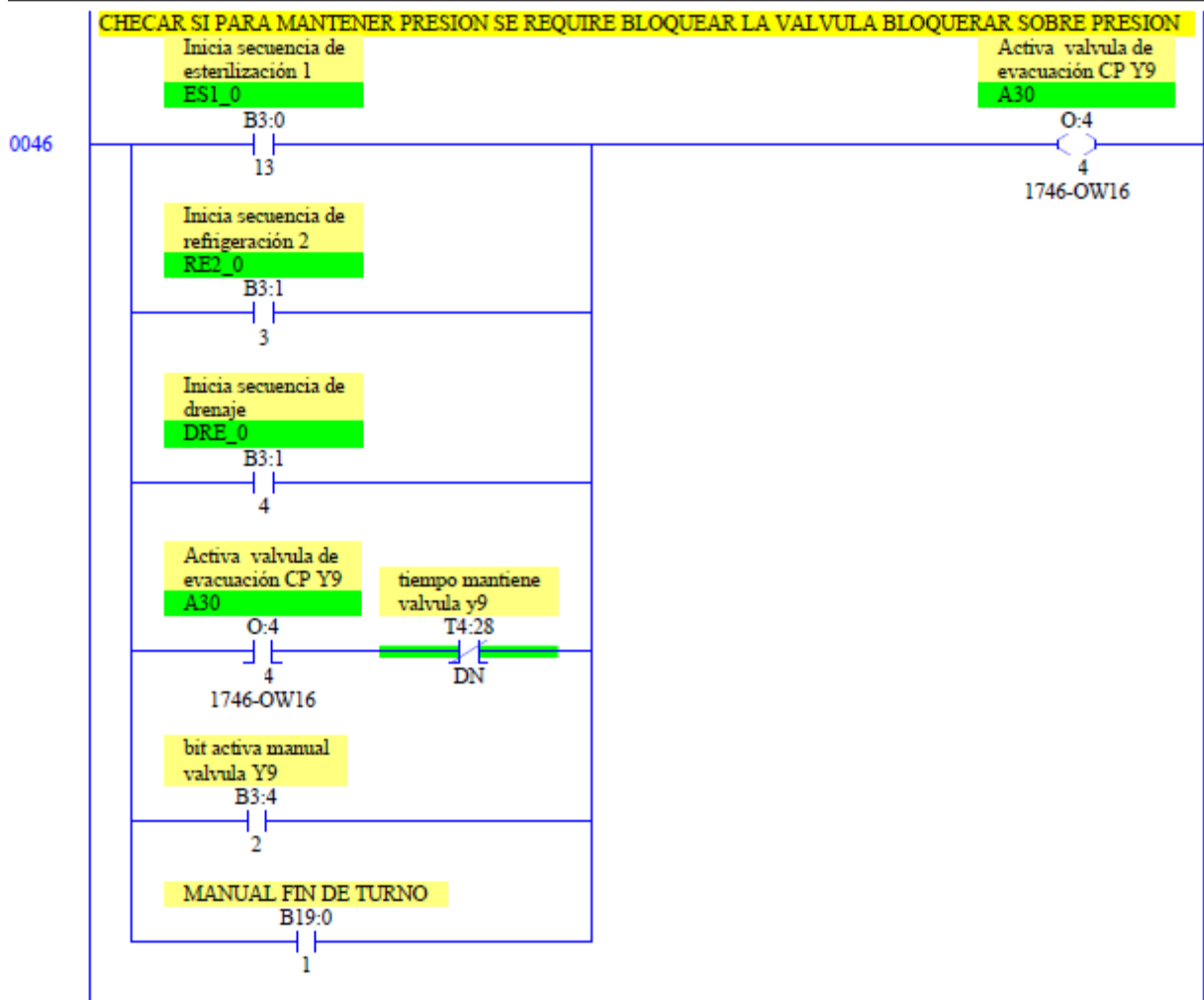




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

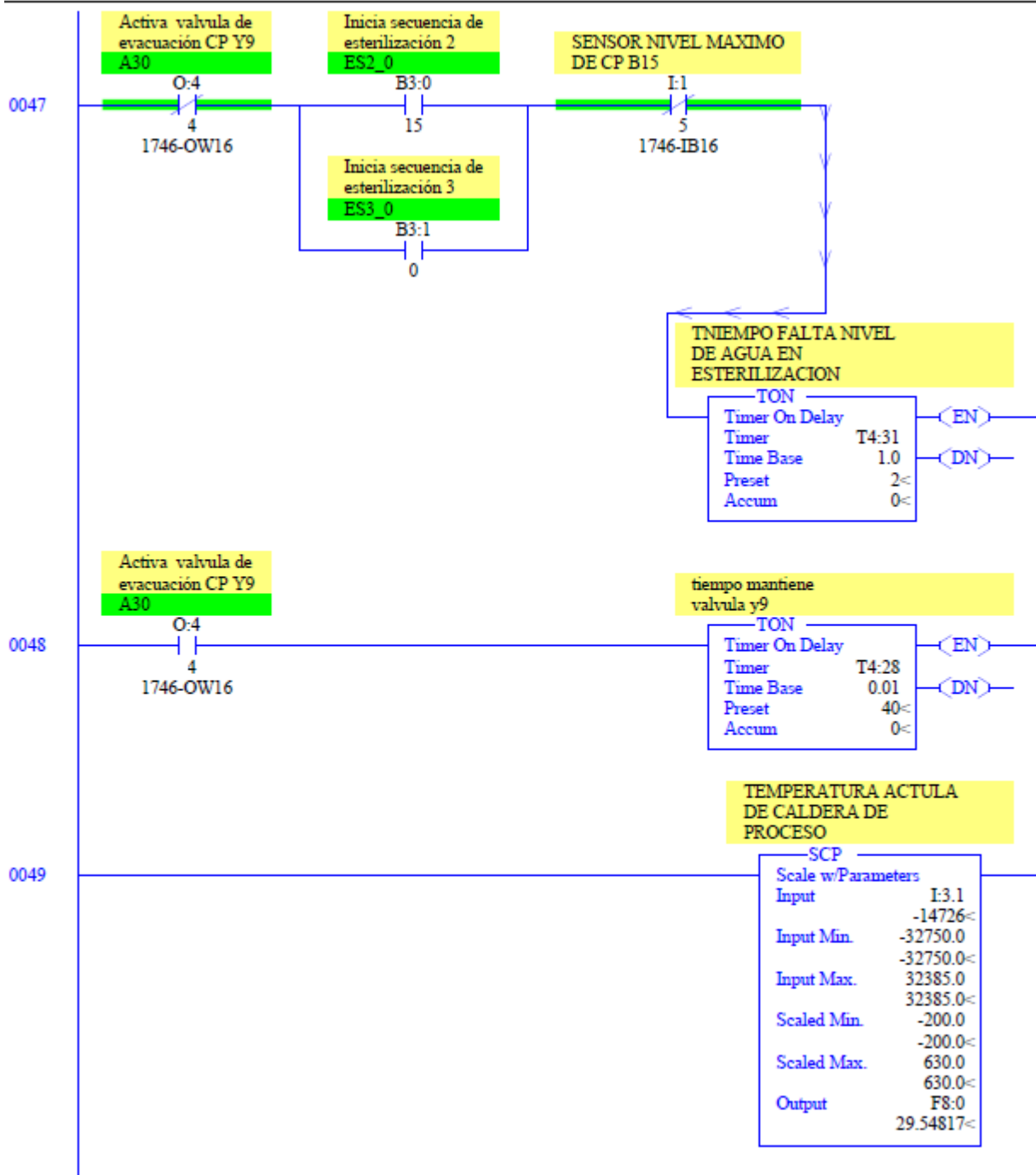




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

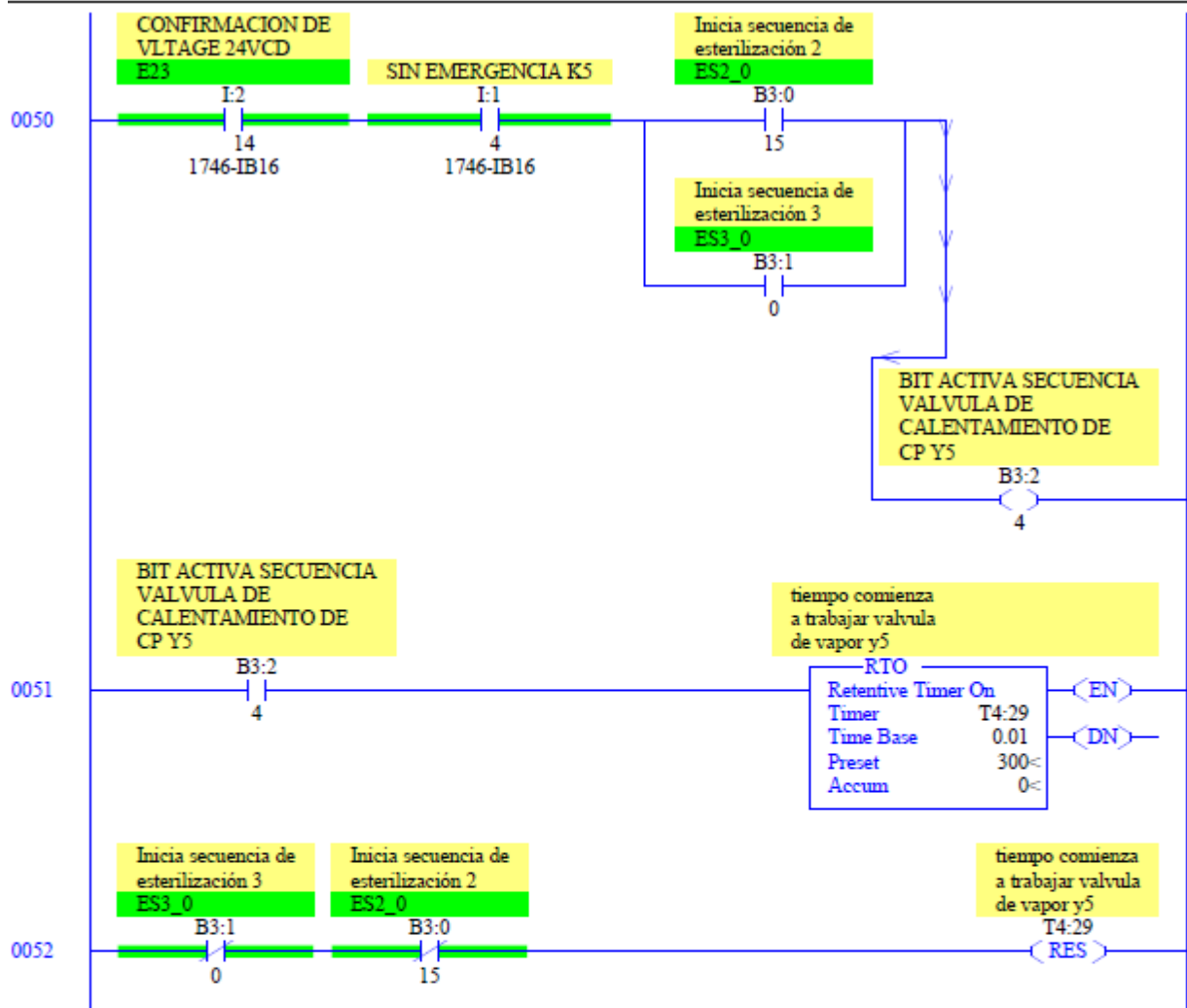




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144





ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

0053

TEMPERATURA HASTA
DONDE LA VALVULA
DEBERA ABRIR AL 100%

---SUB	
Subtract	
Source A	F8:8 126.0<
Source B	25.0 25.0<
Dest	F8:6 101.0<

TEMPERATURA HASTA
DONDE LA VALVULA
DEBERA ABRIR AL 75%

---SUB	
Subtract	
Source A	F8:8 126.0<
Source B	25.0 25.0<
Dest	F8:16 101.0<

TEMPERATURA HASTA
DONDE LA VALVULA
DEBERA ABRIR AL 50%

---SUB	
Subtract	
Source A	F8:8 126.0<
Source B	20.0 20.0<
Dest	F8:31 106.0<

TEMPERATURA HASTA
DONDE LA VALVULA
DEBERA ABRIR AL 25%

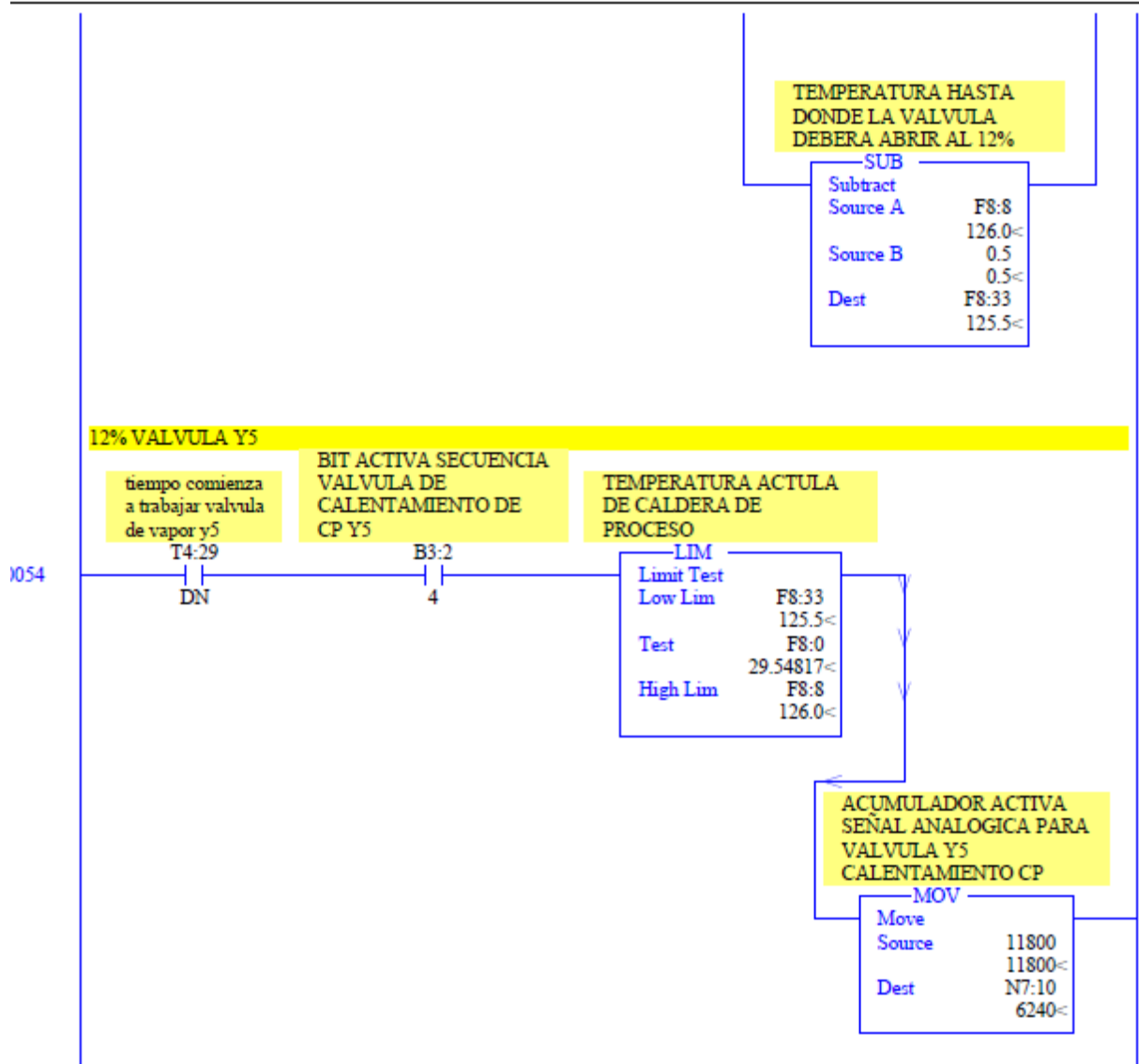
---SUB	
Subtract	
Source A	F8:8 126.0<
Source B	5.0 5.0<
Dest	F8:32 121.0<



ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

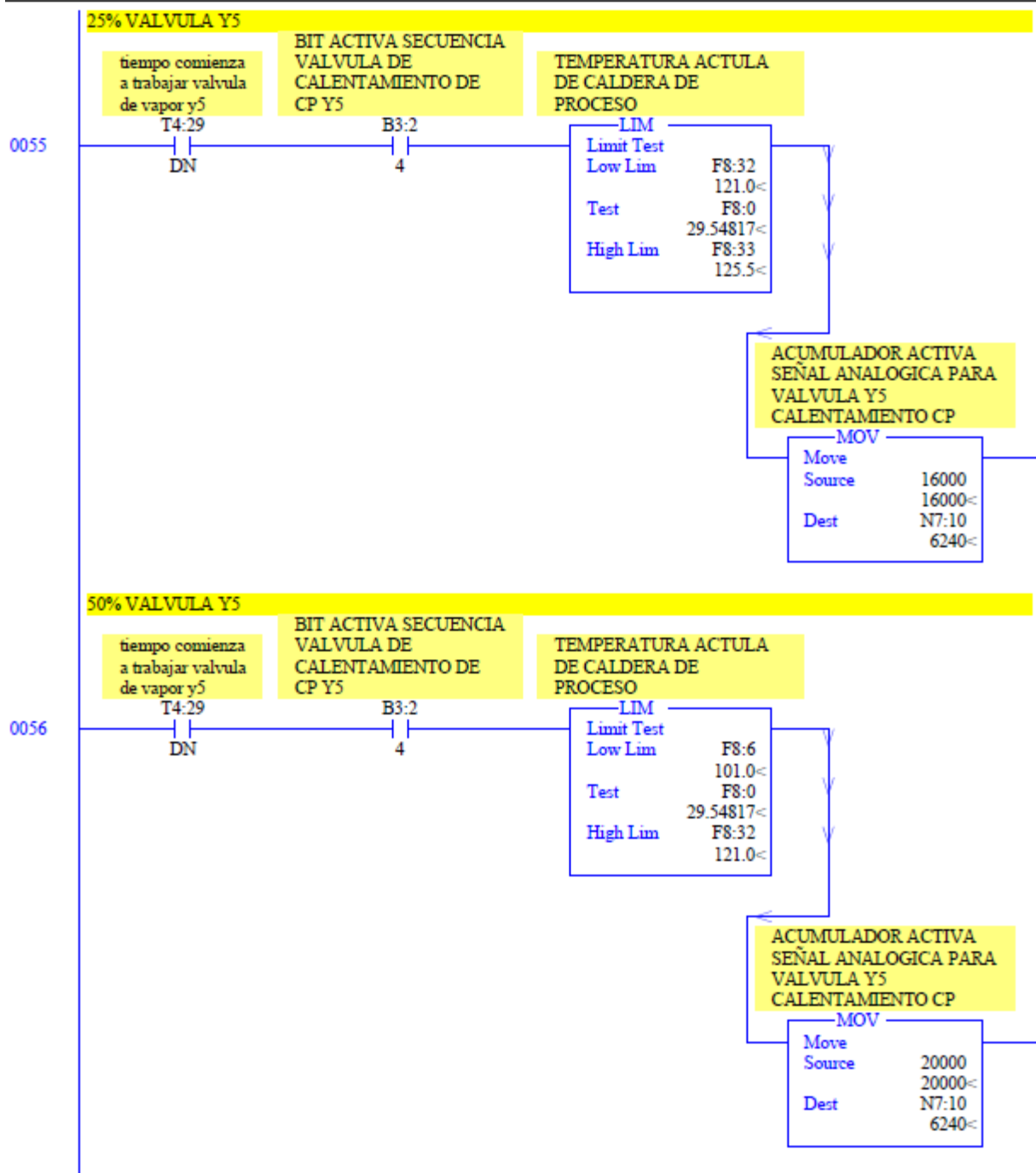




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

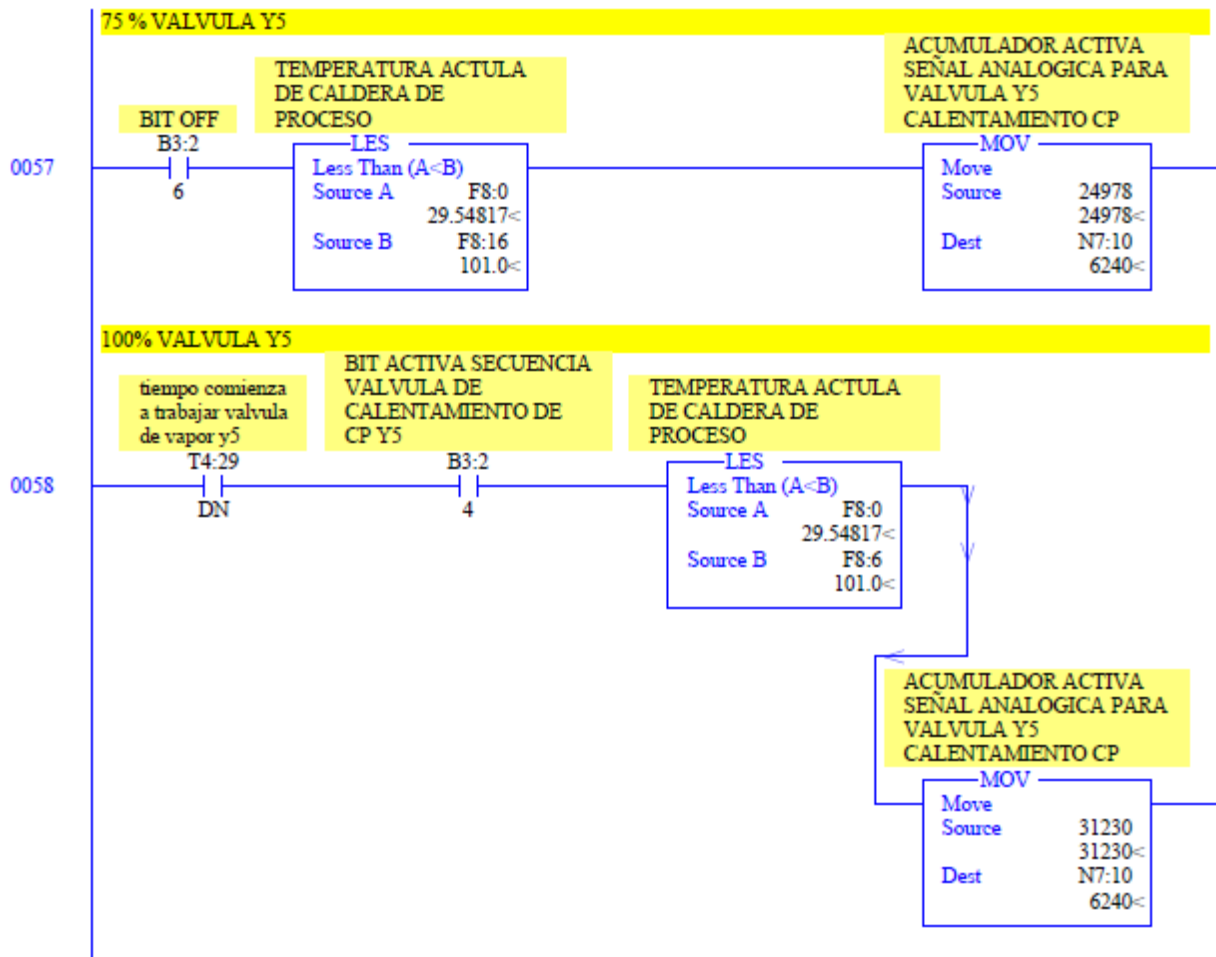




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

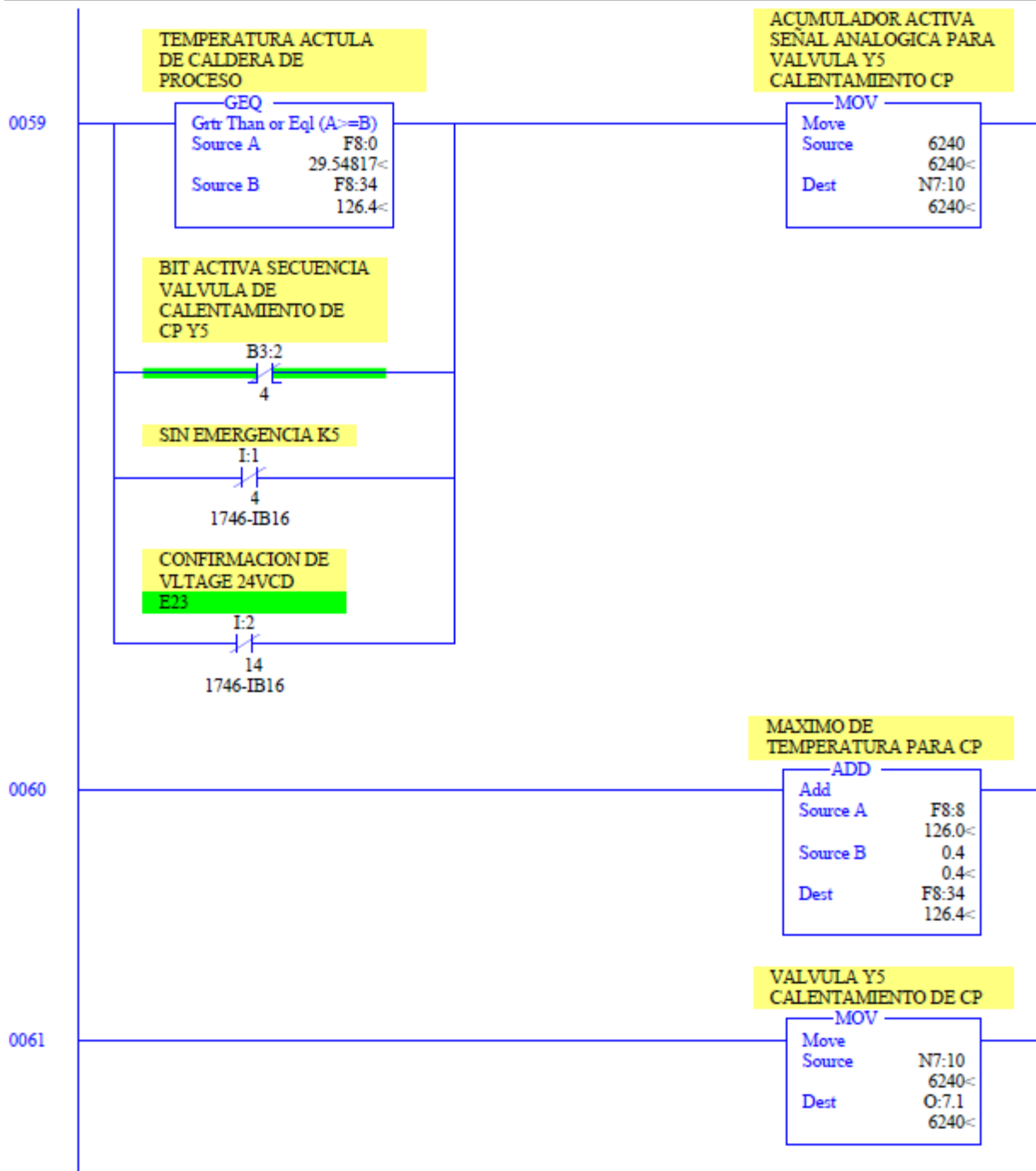




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

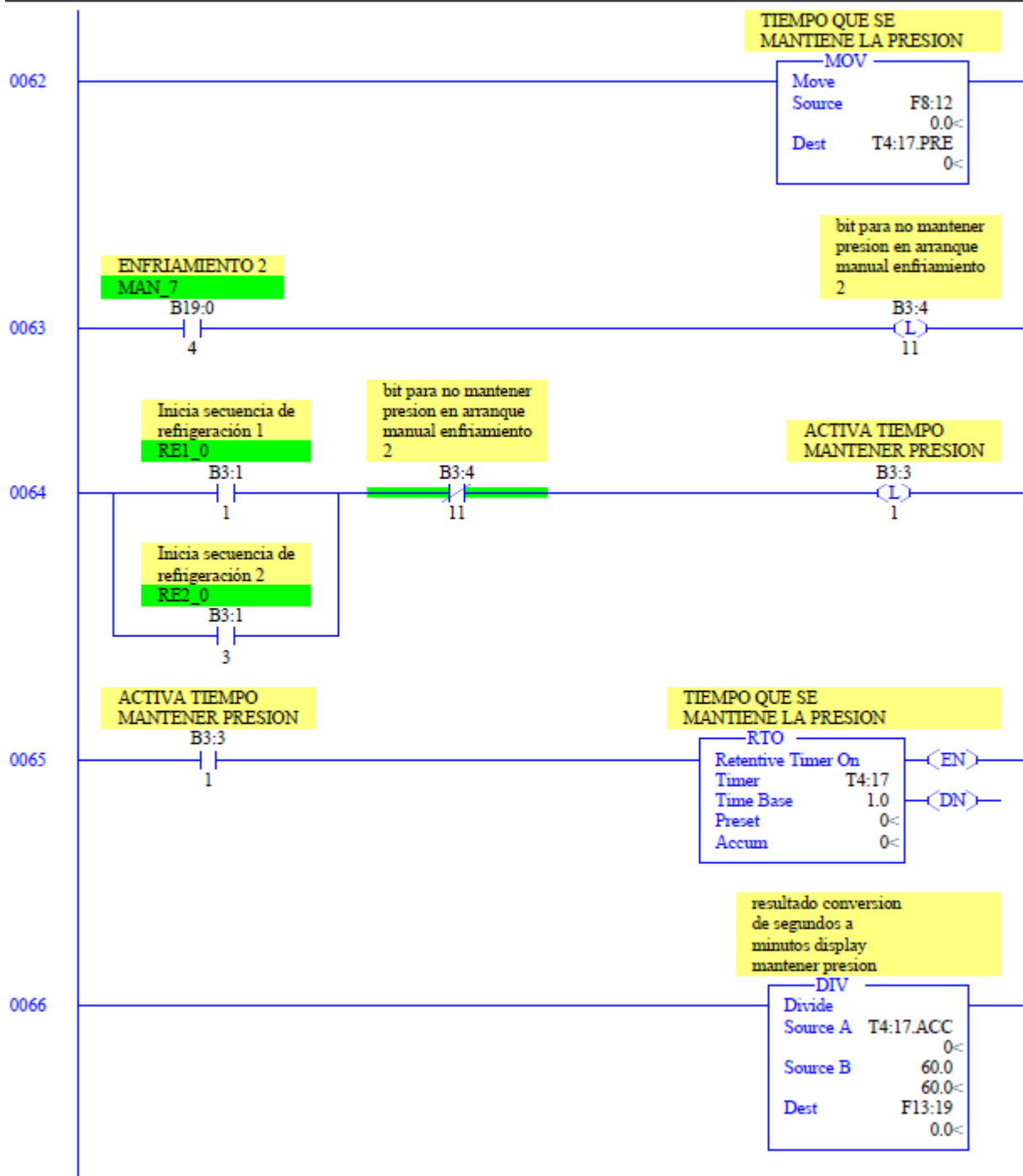




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

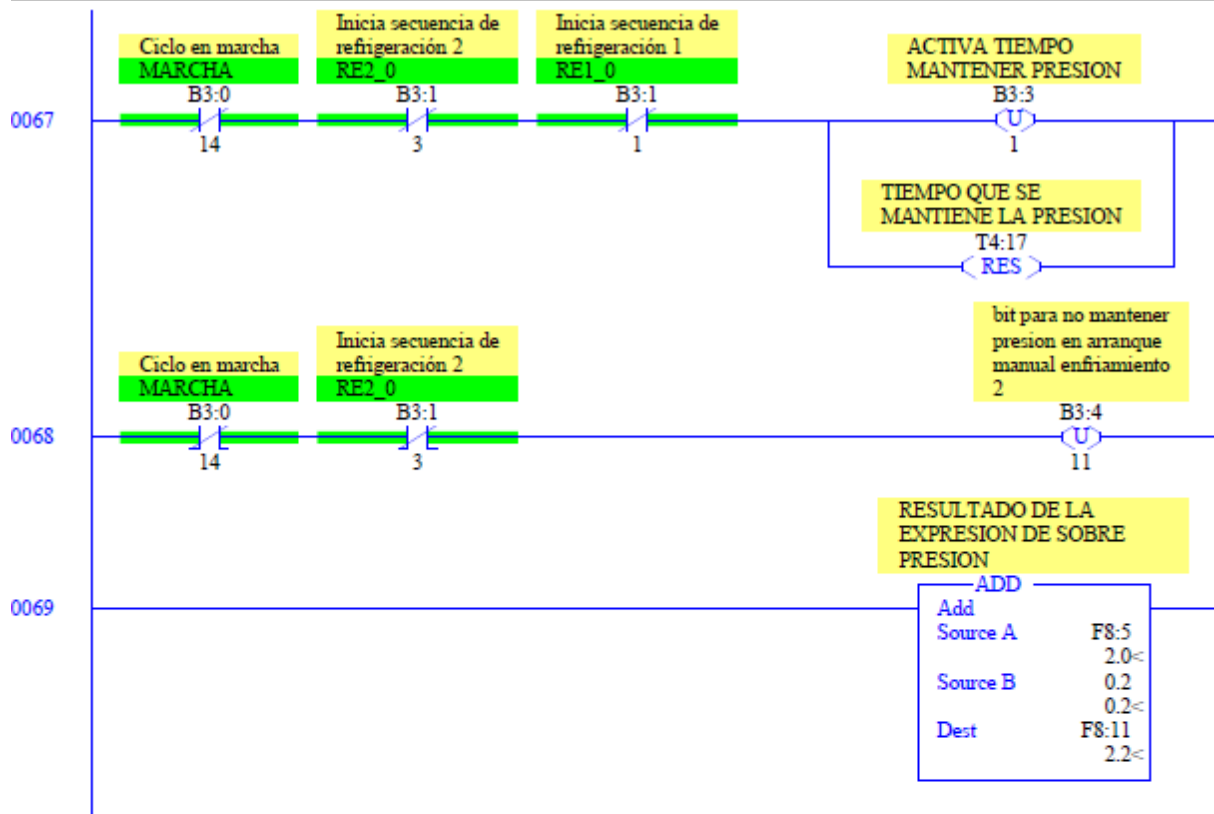




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

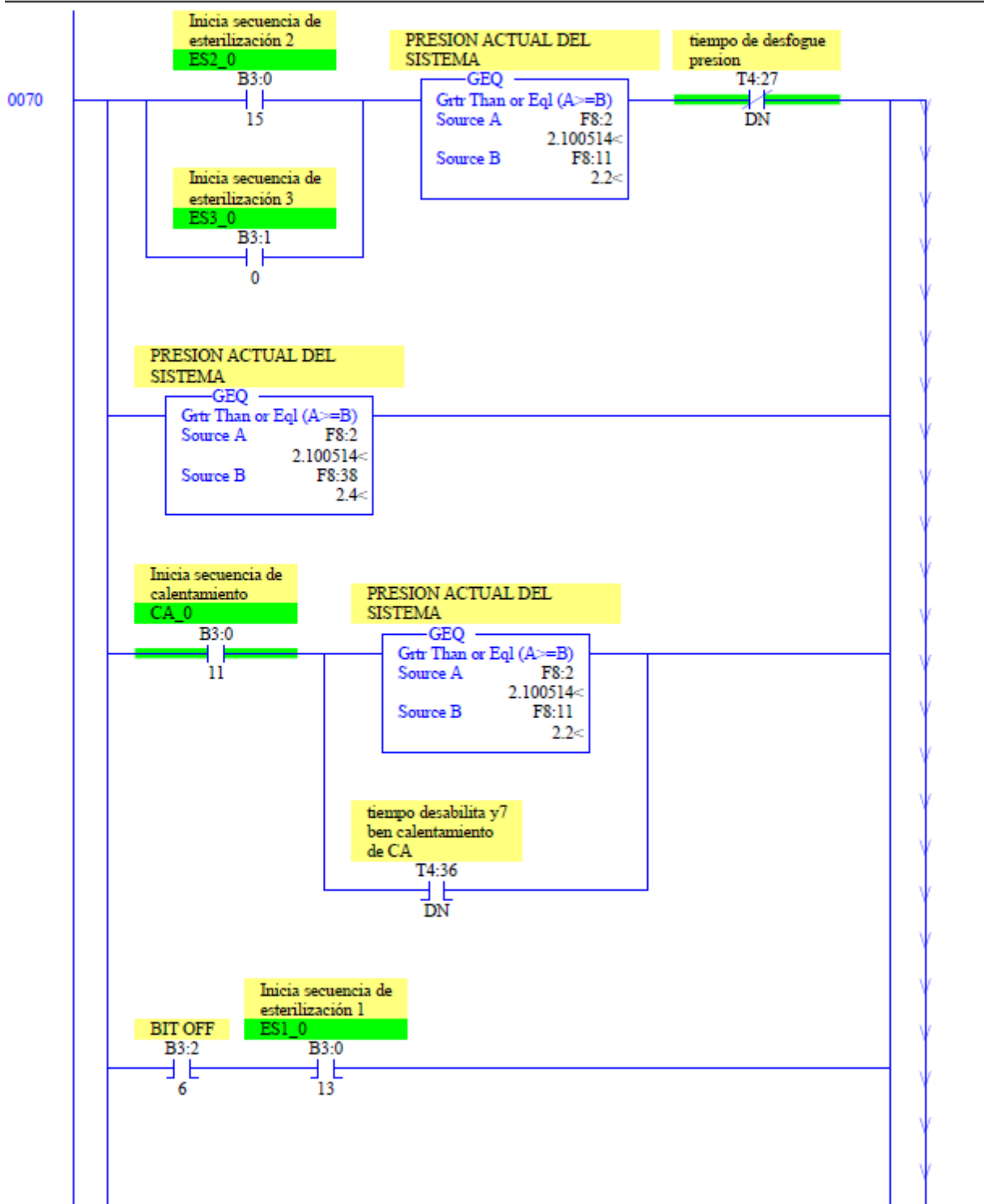




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

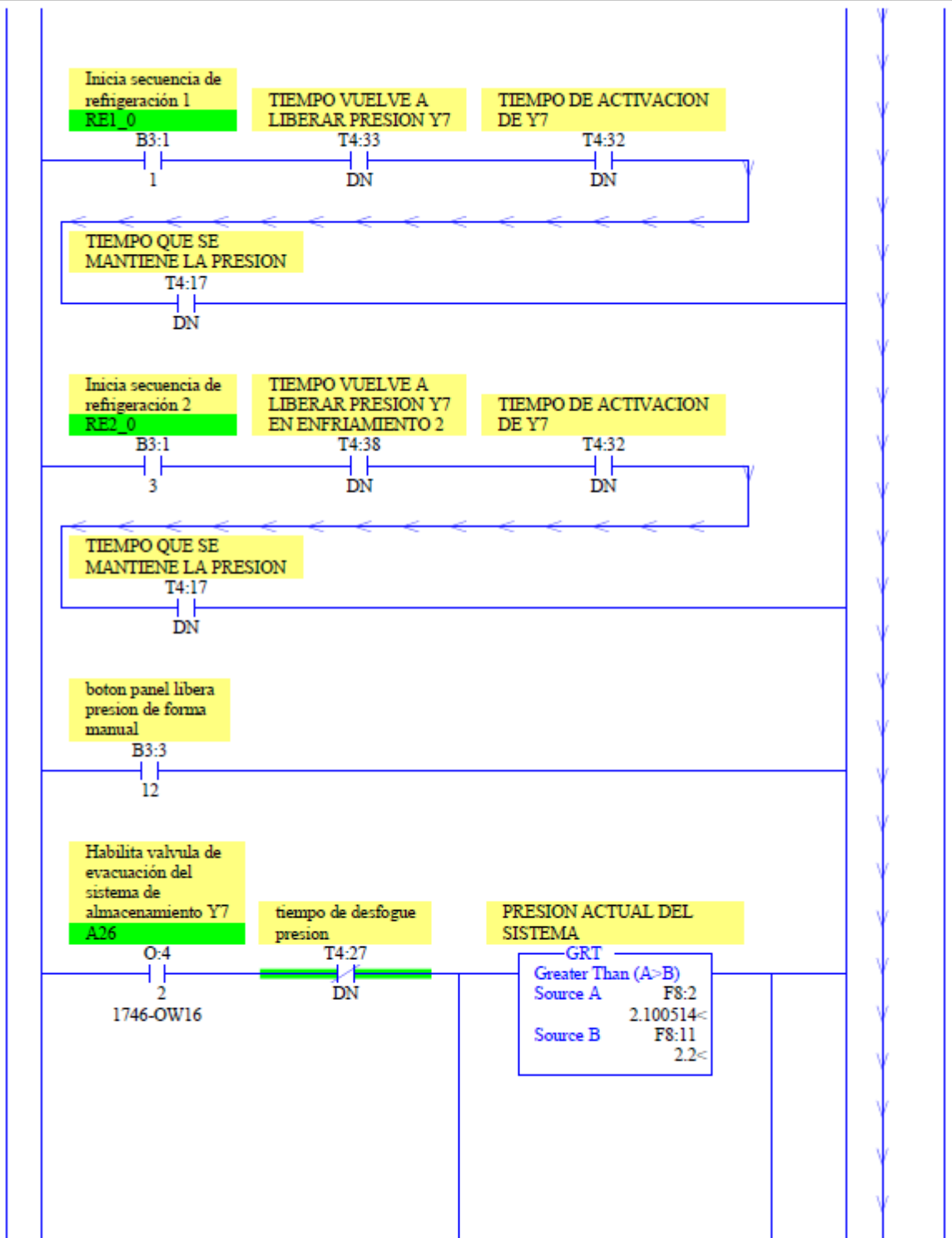




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

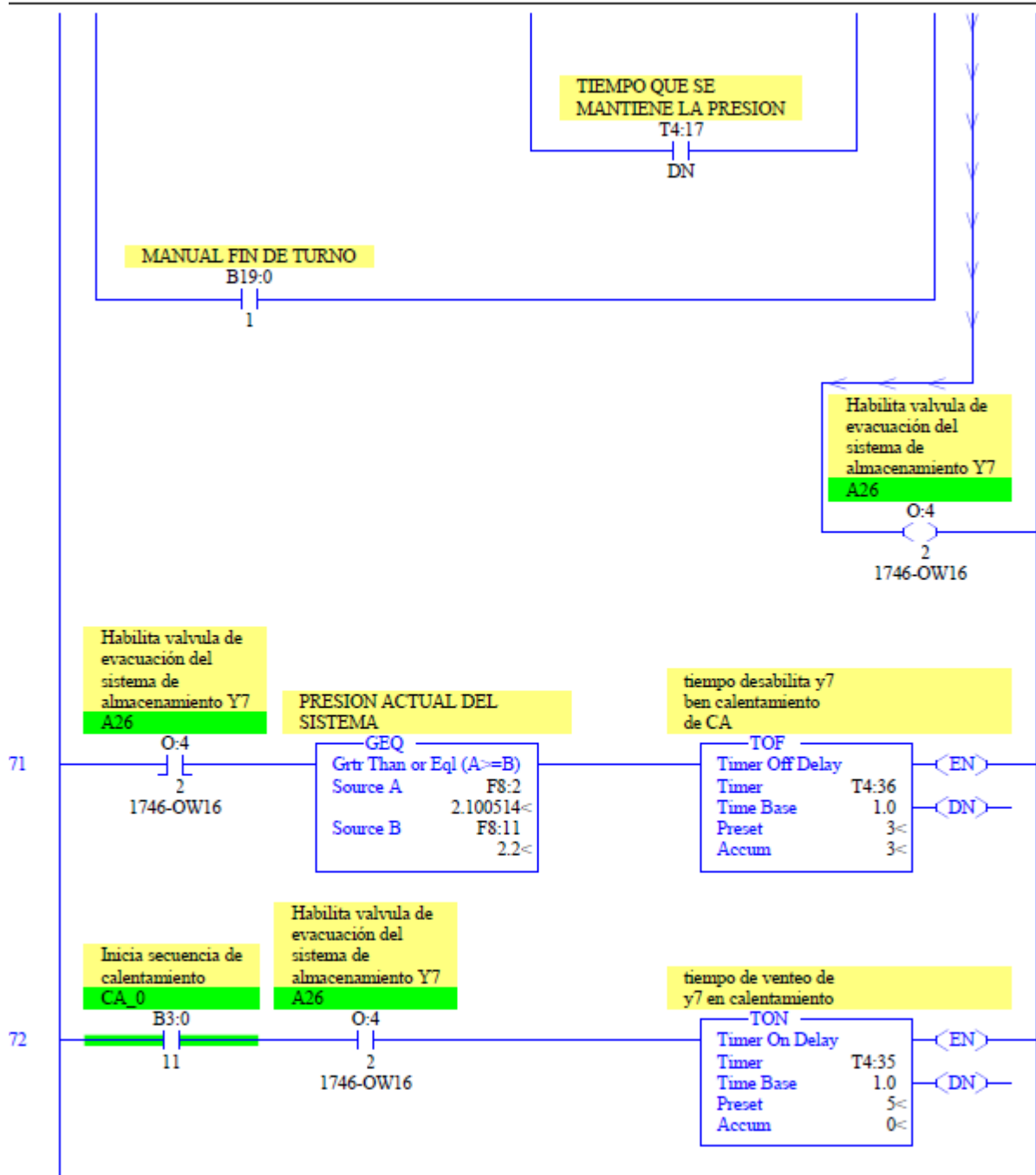




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

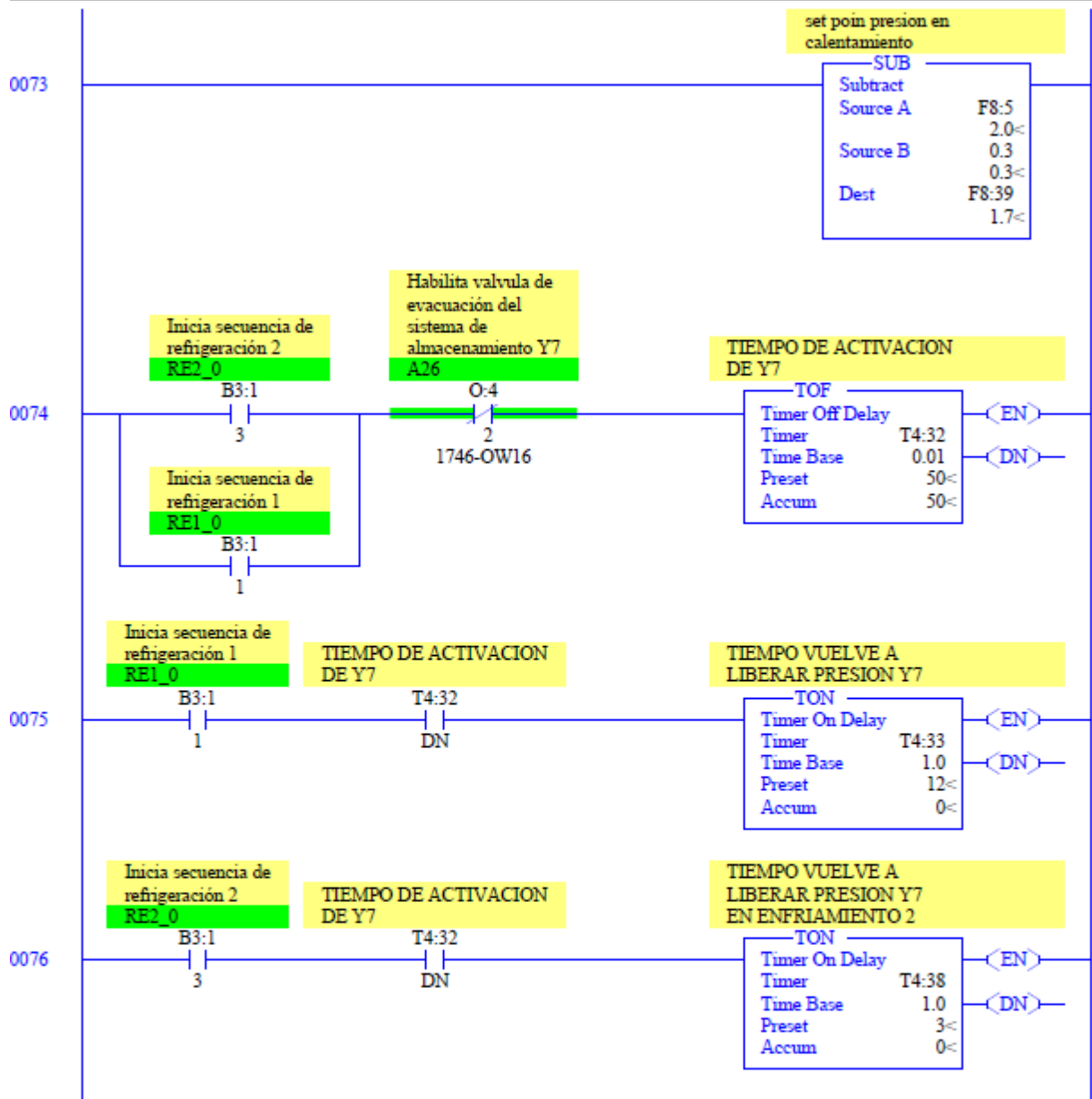




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

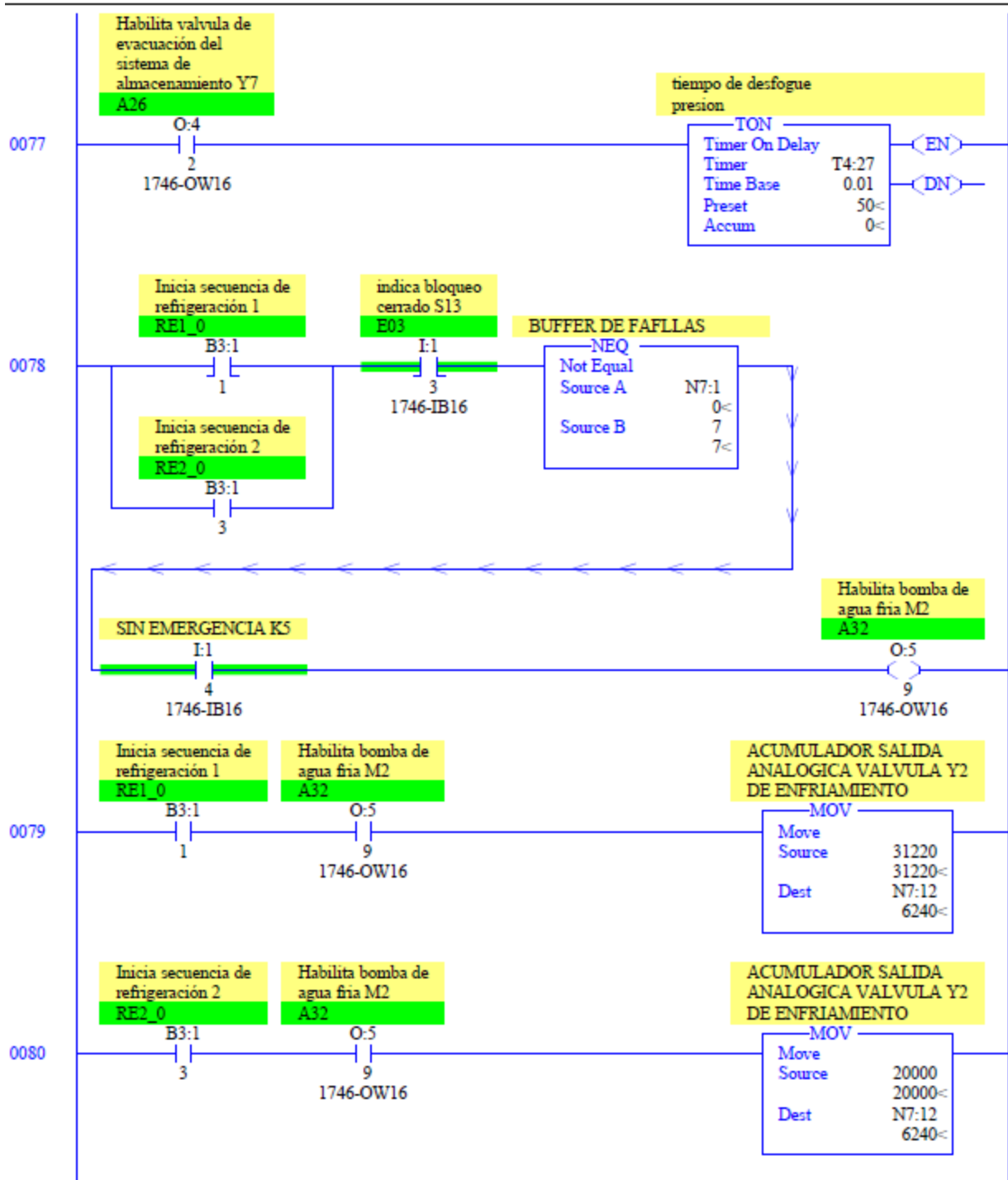




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

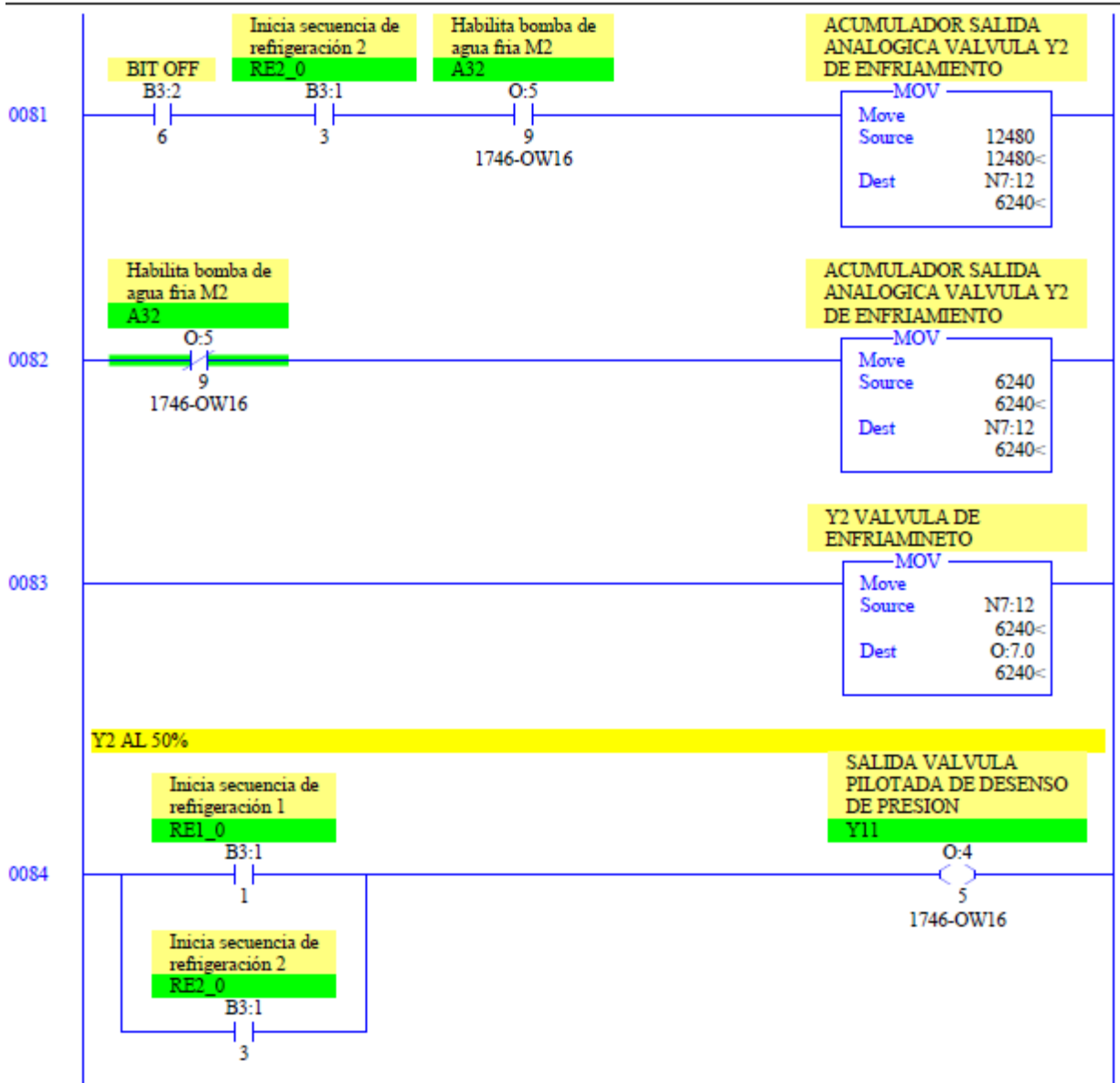




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

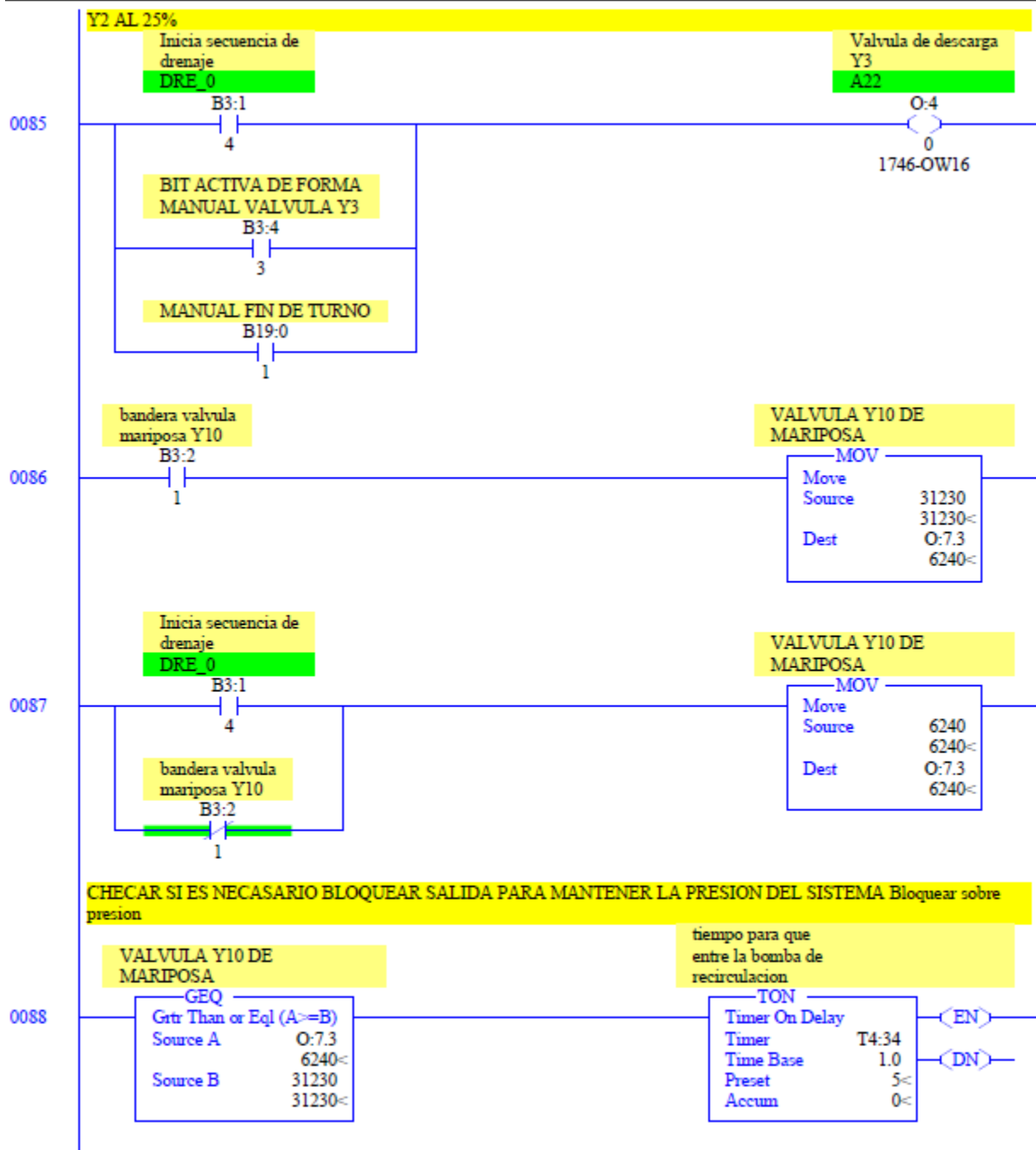




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

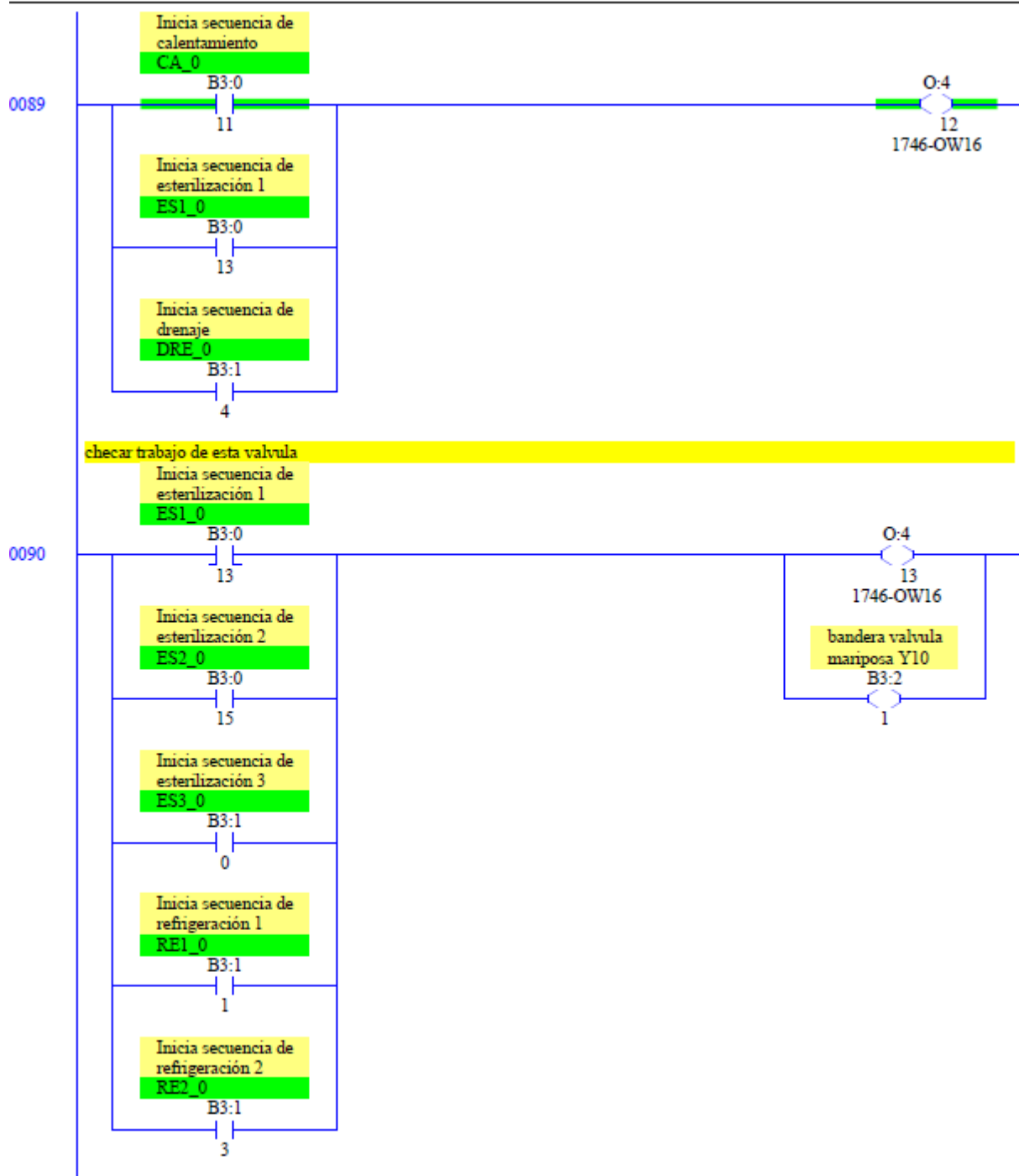




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

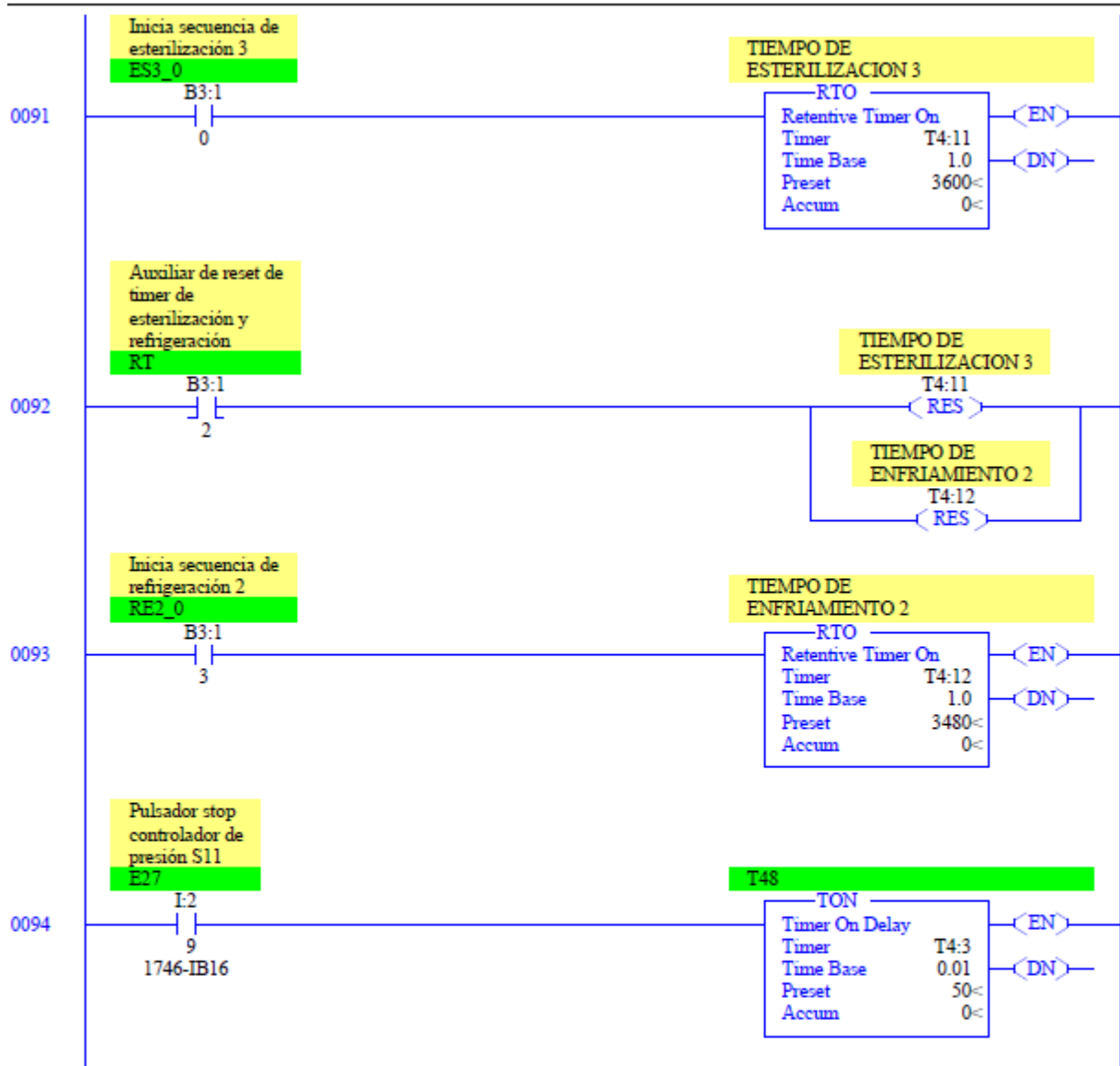




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

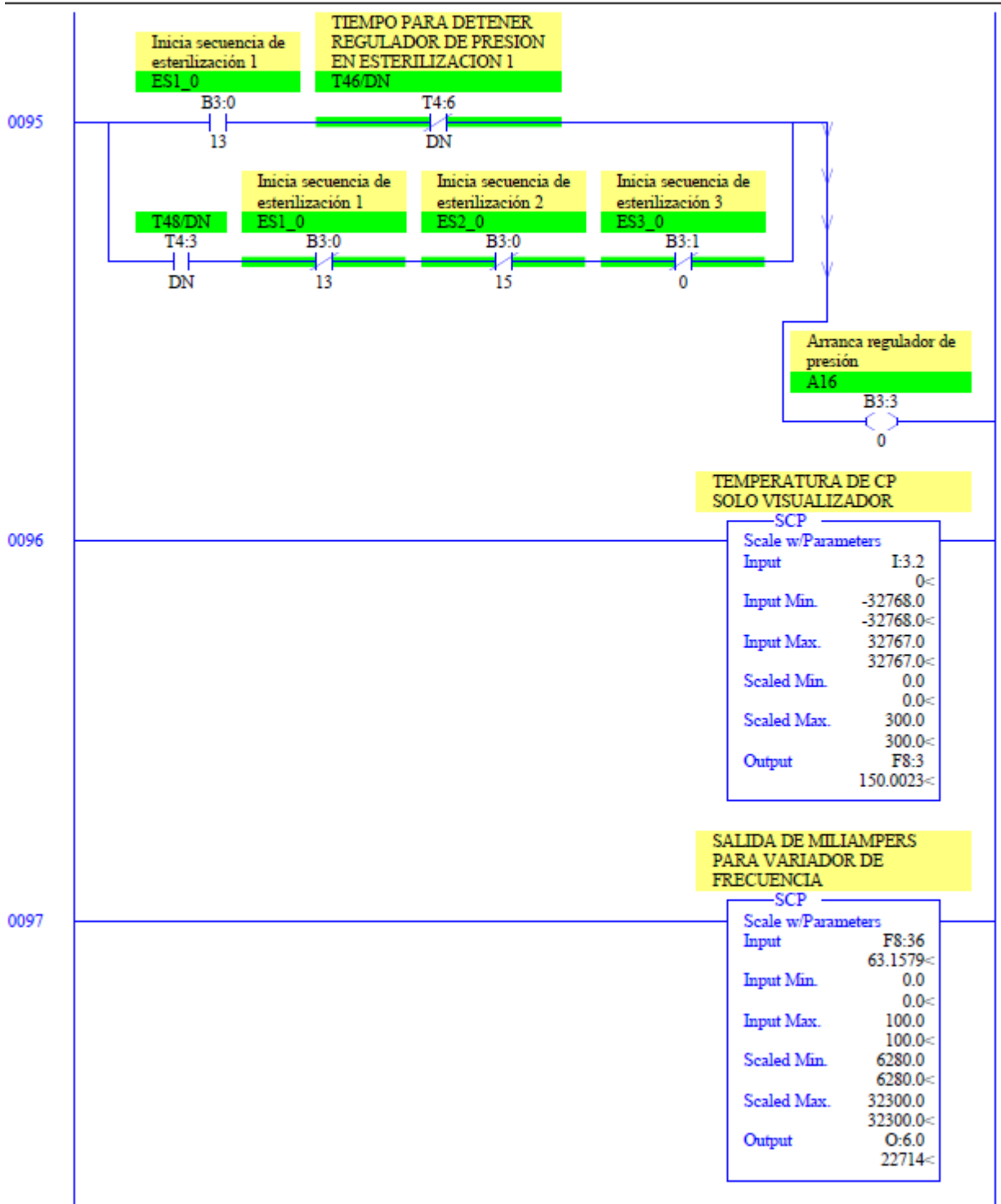




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

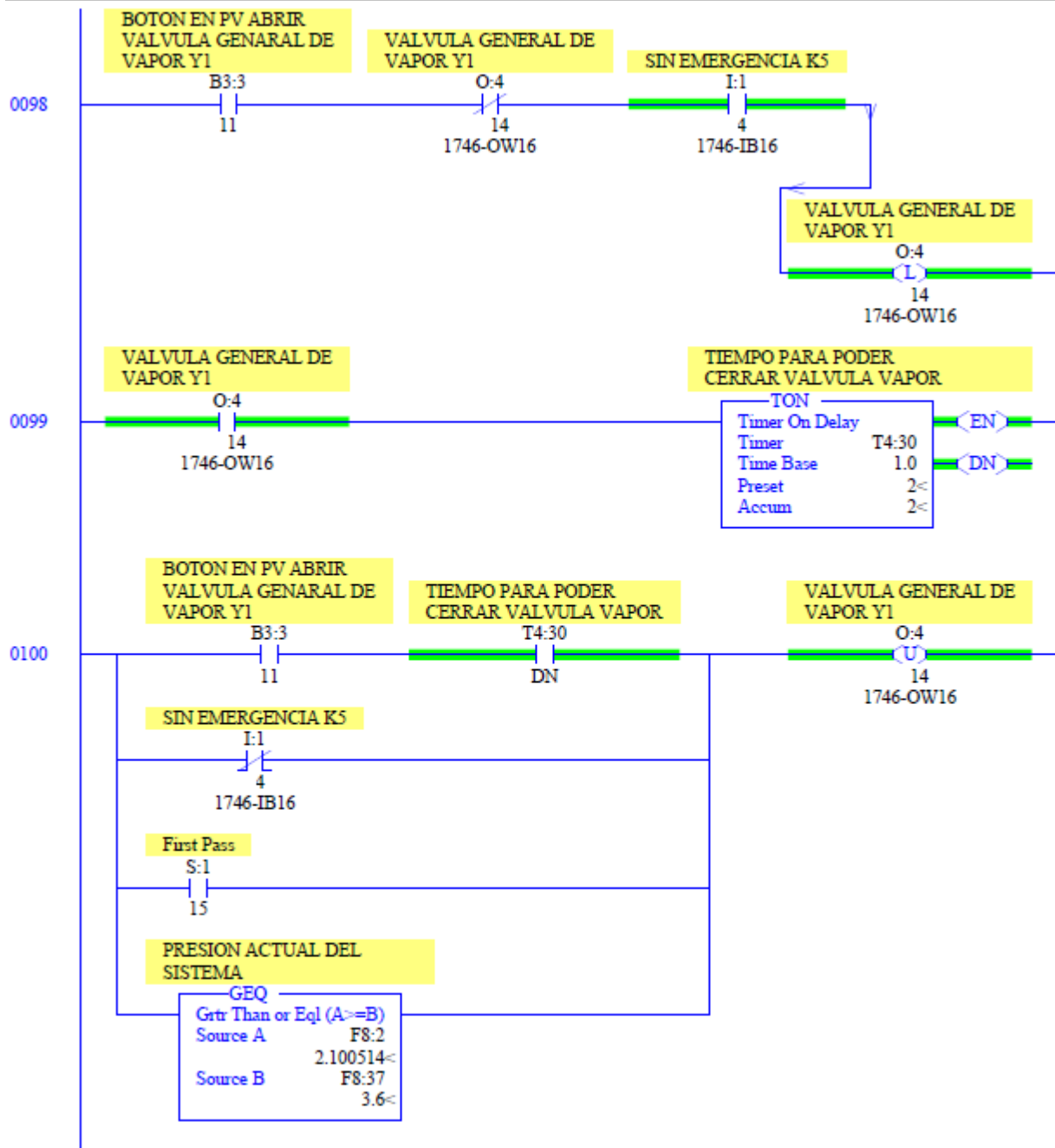




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

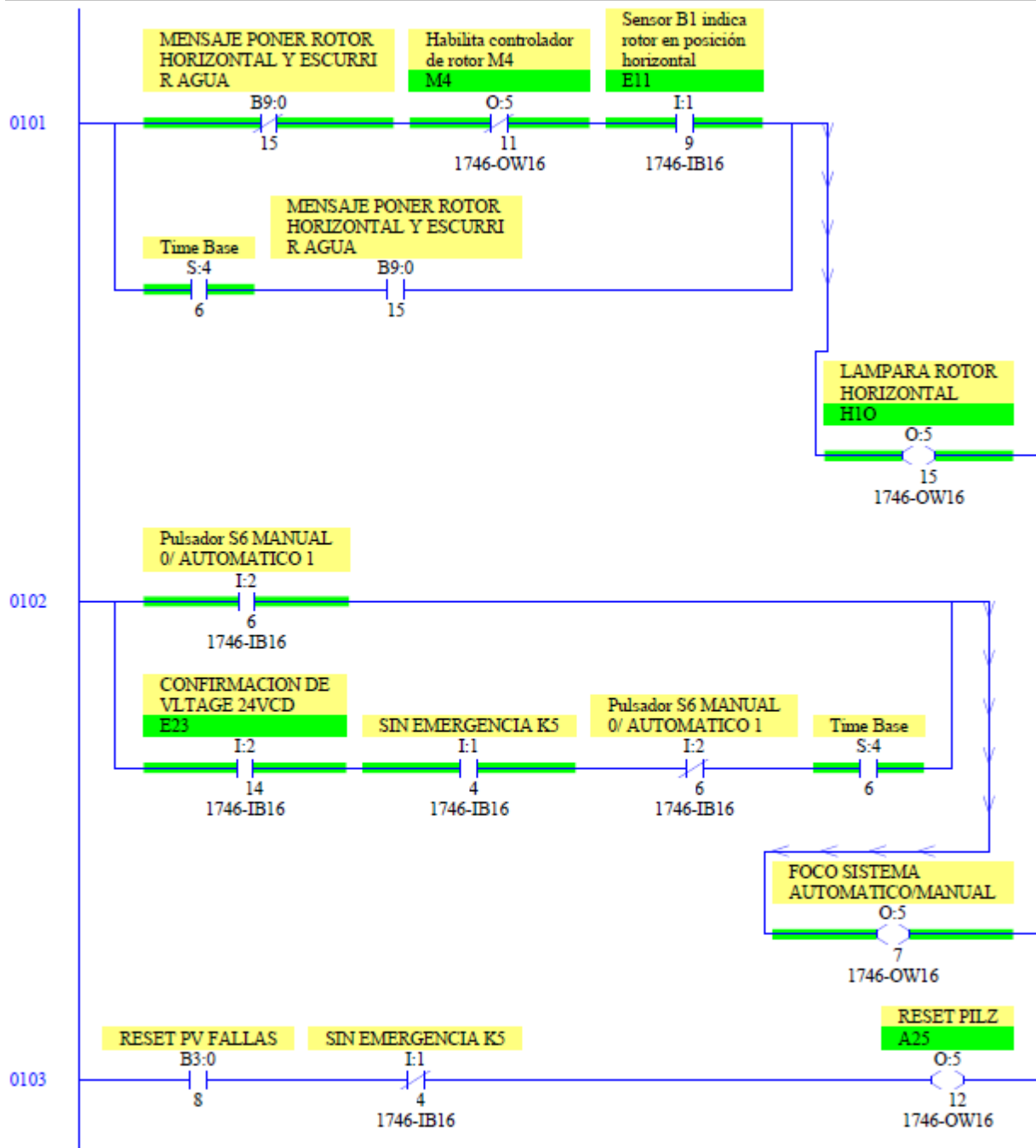




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

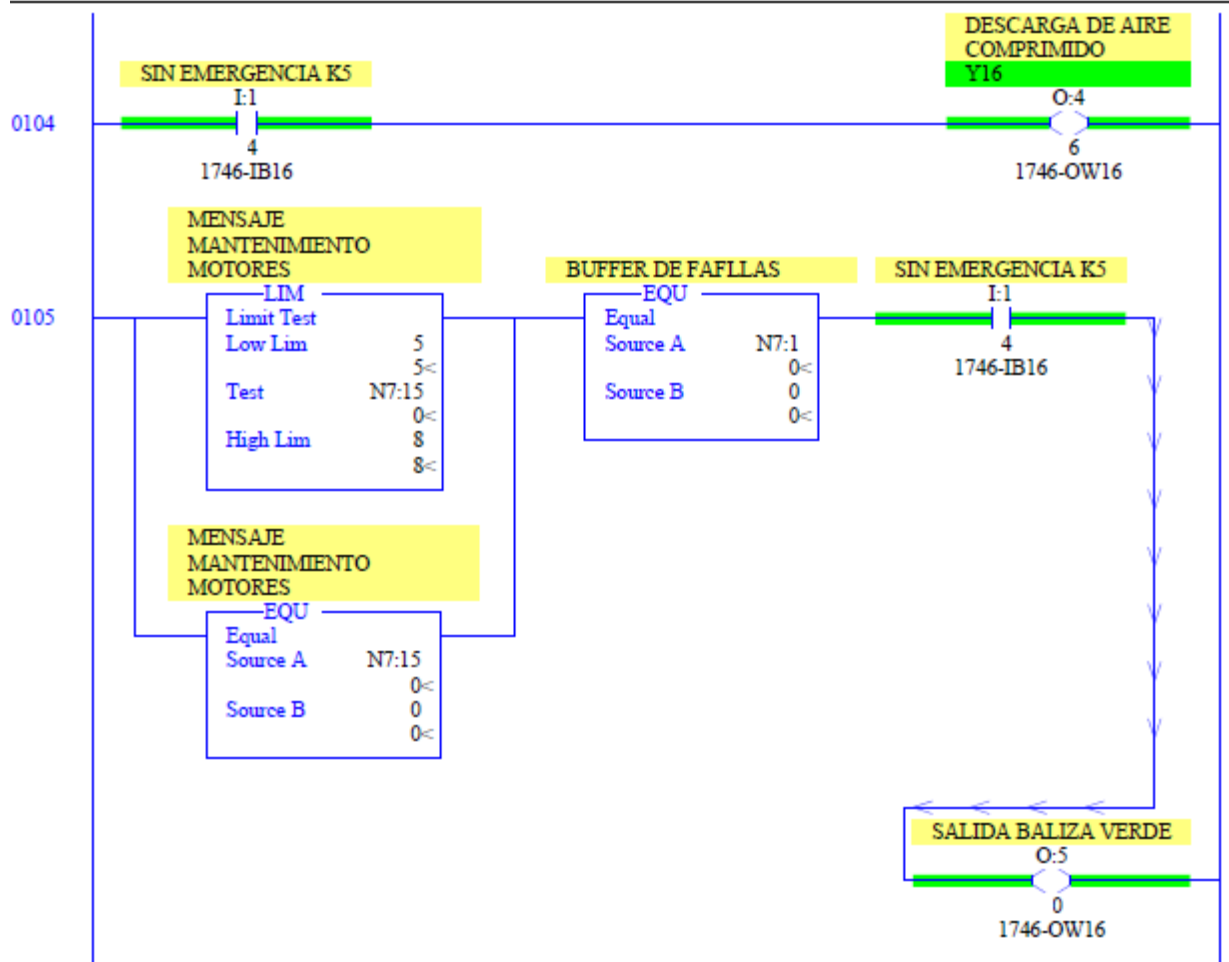




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

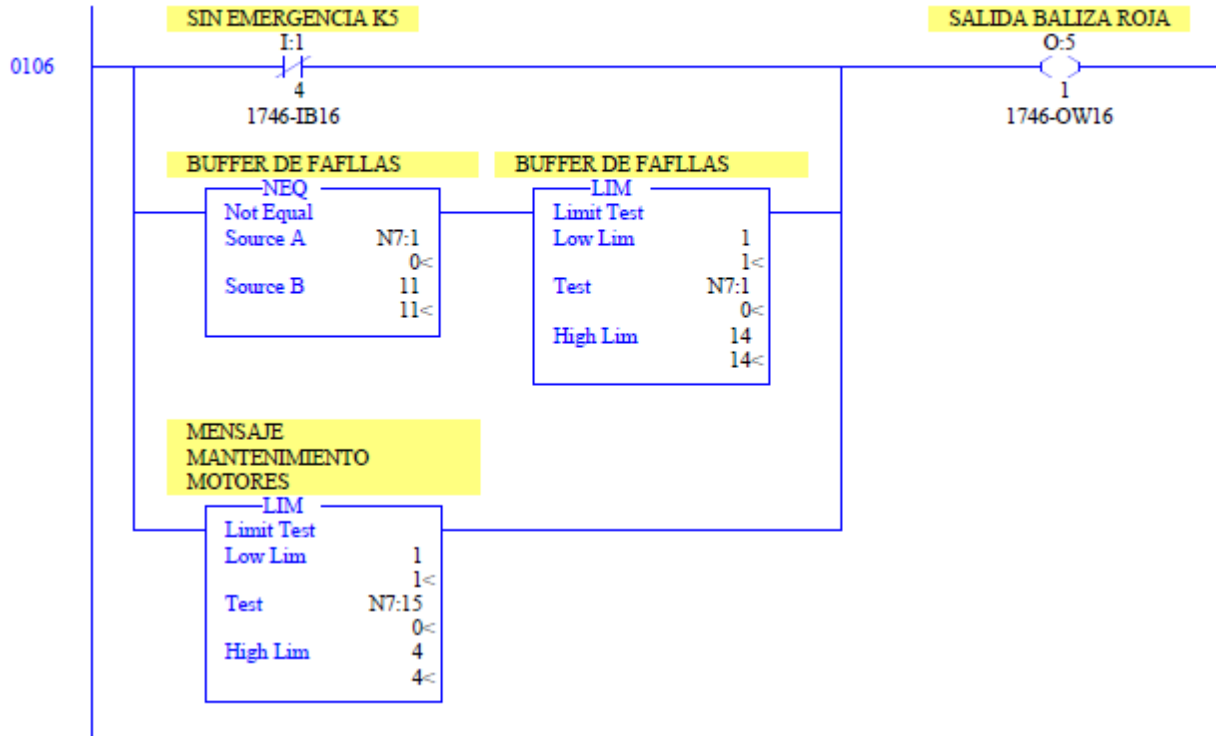




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

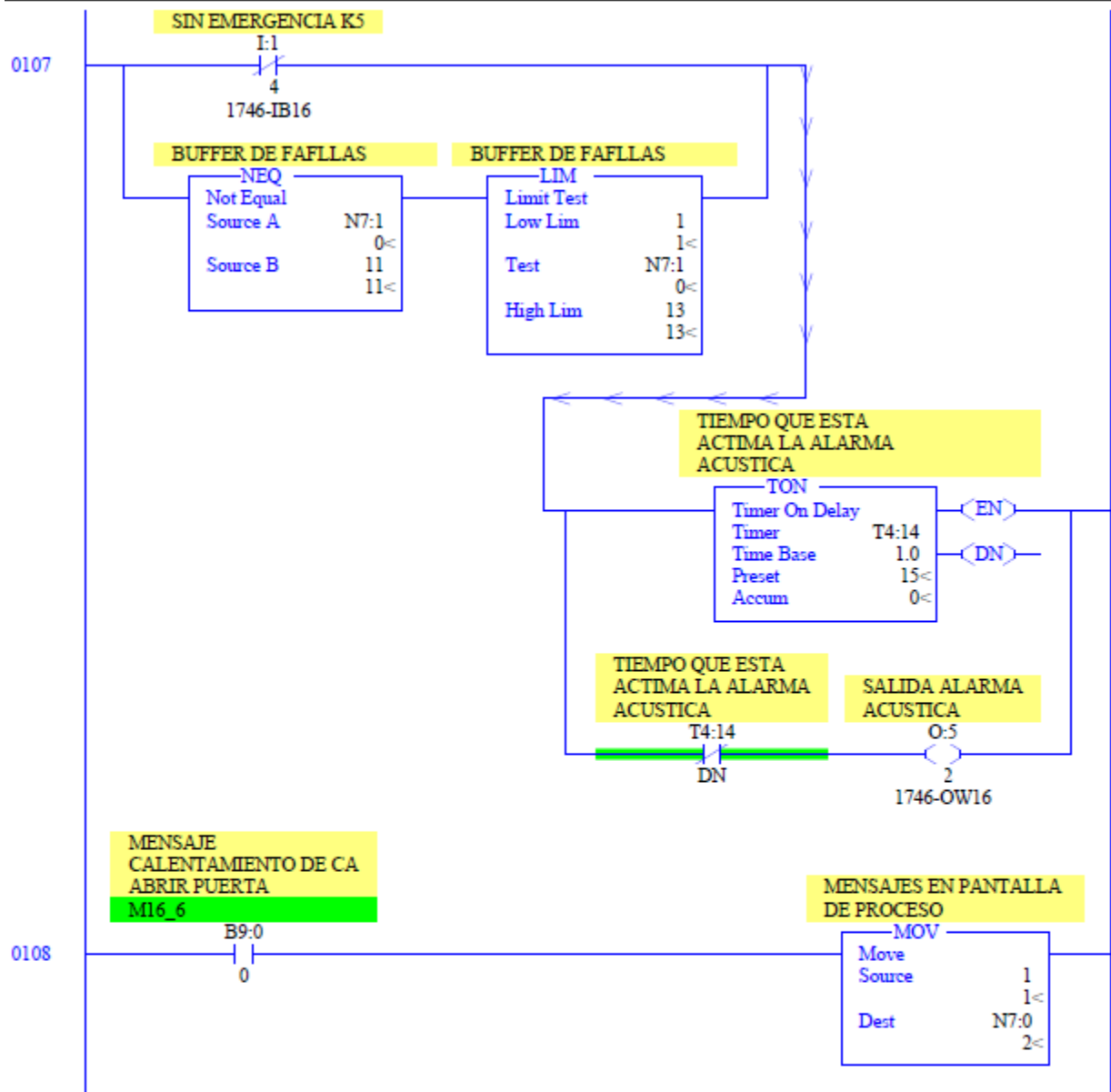




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

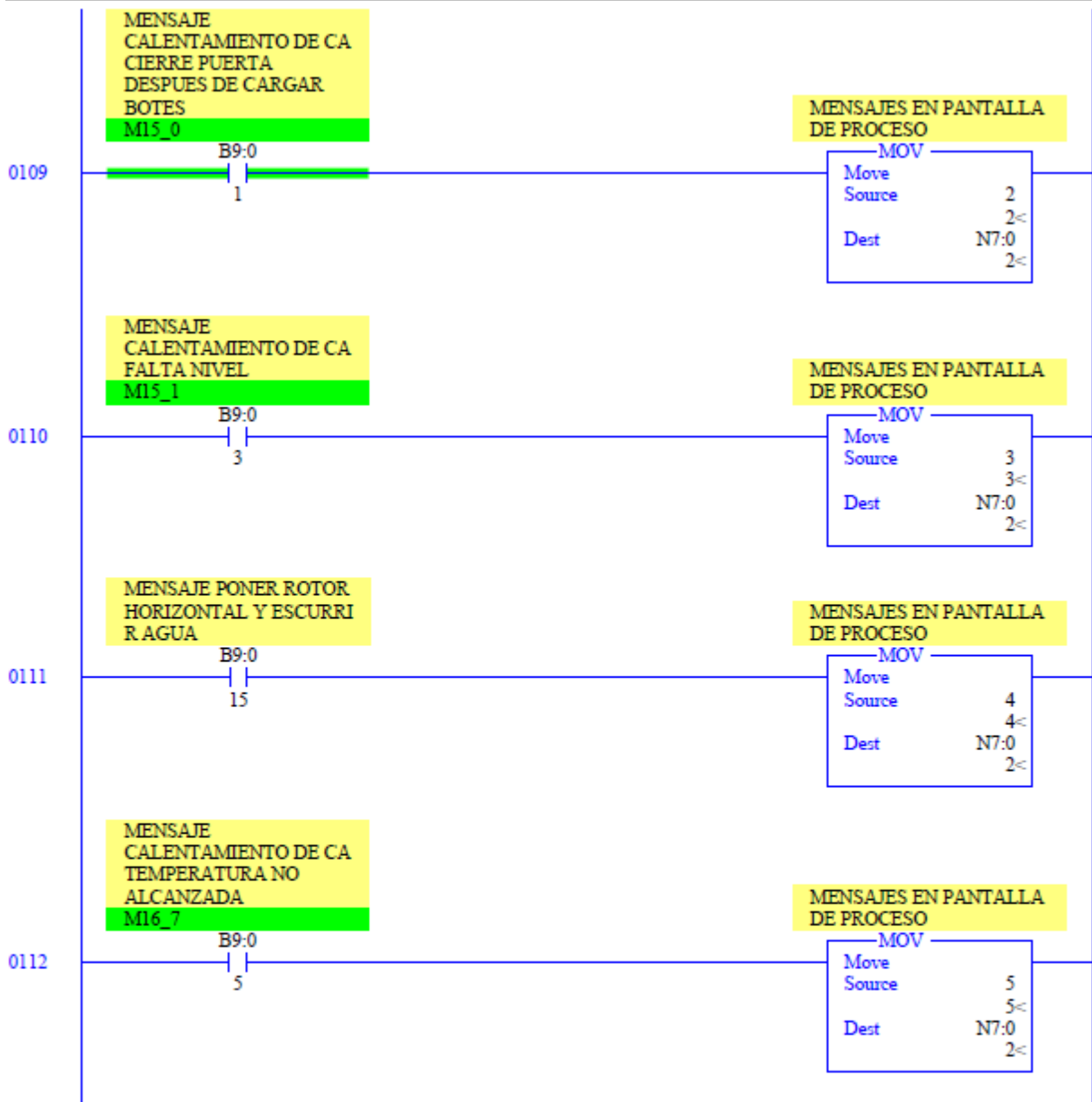




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

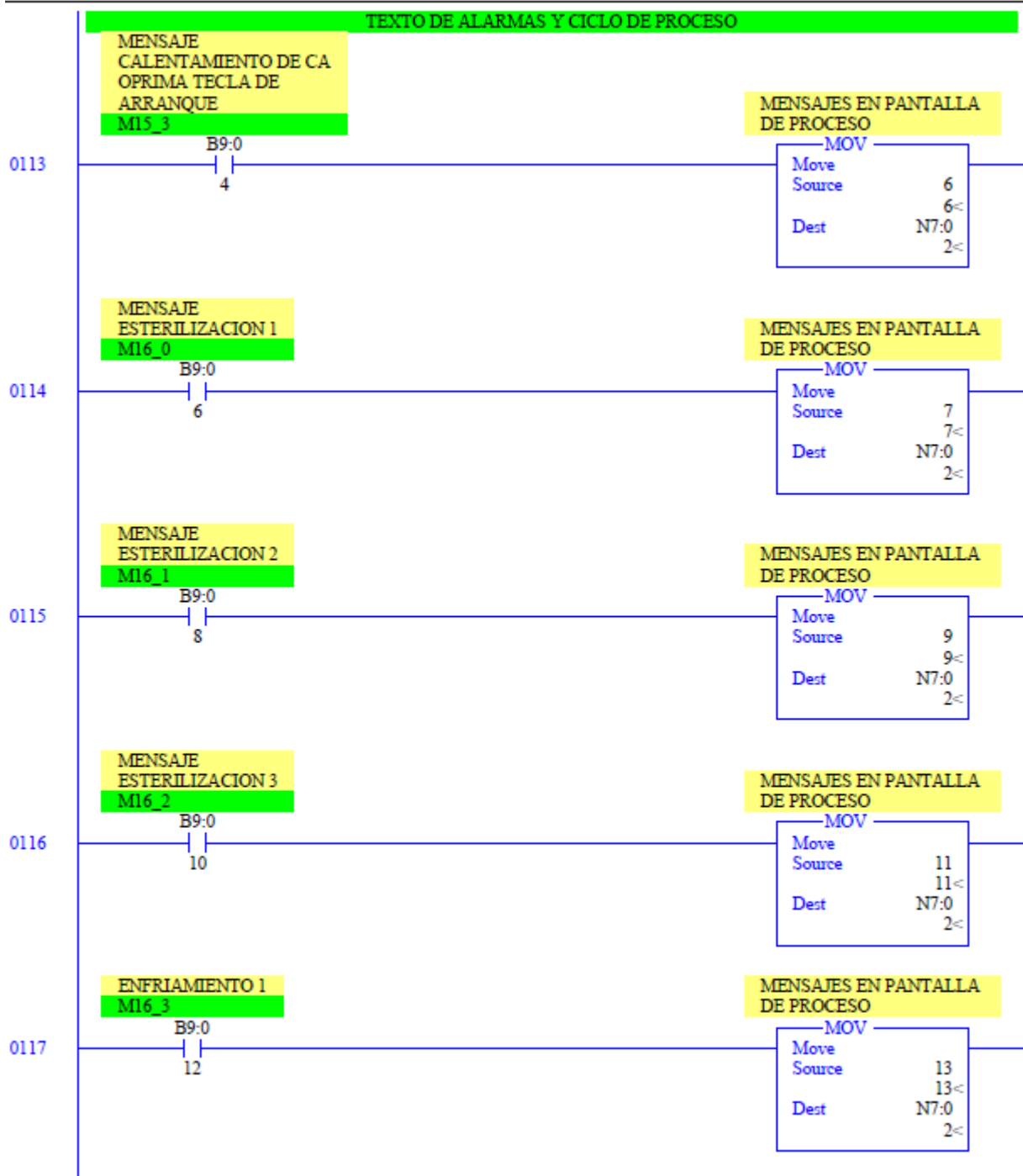




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

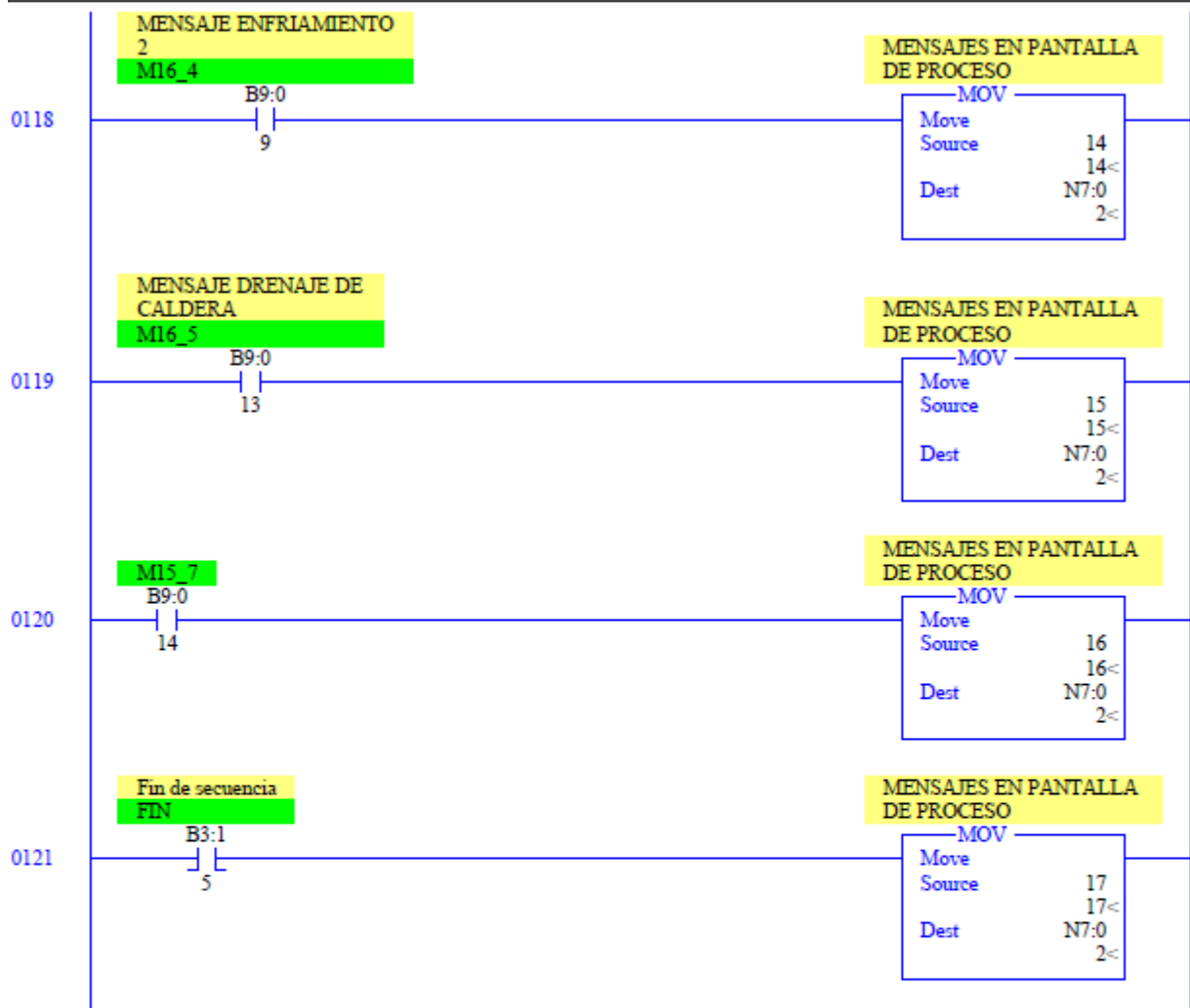




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

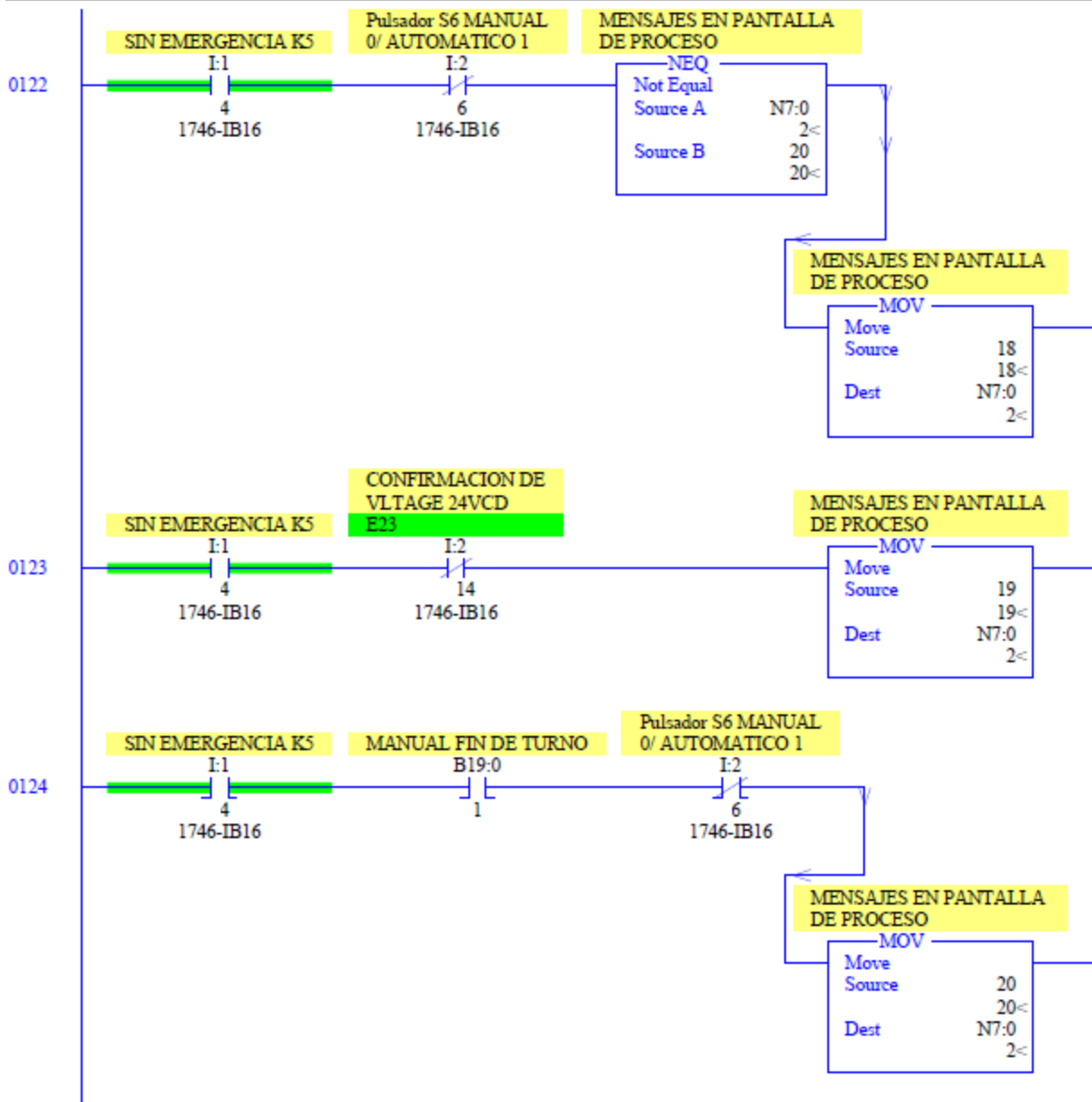




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

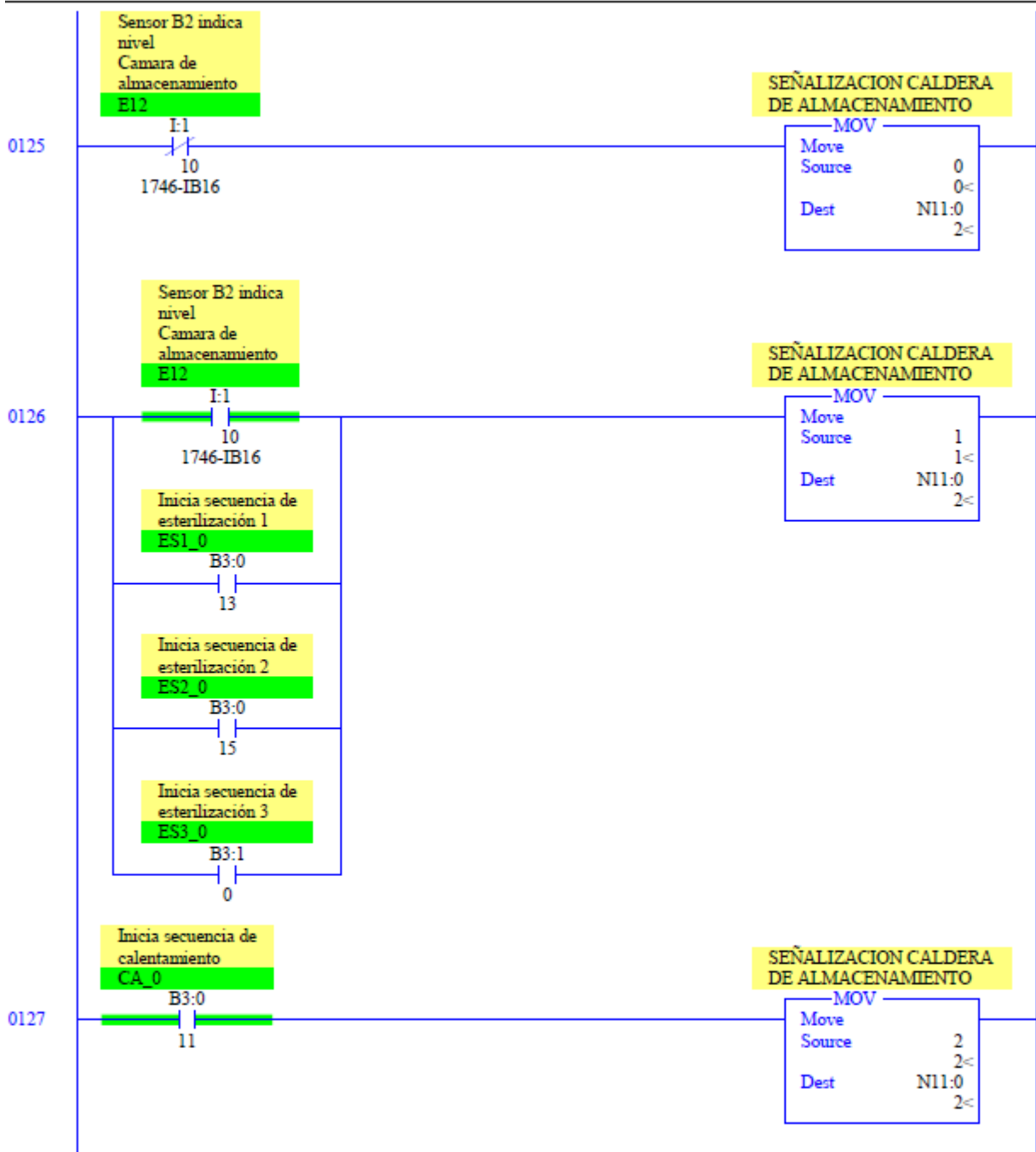




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

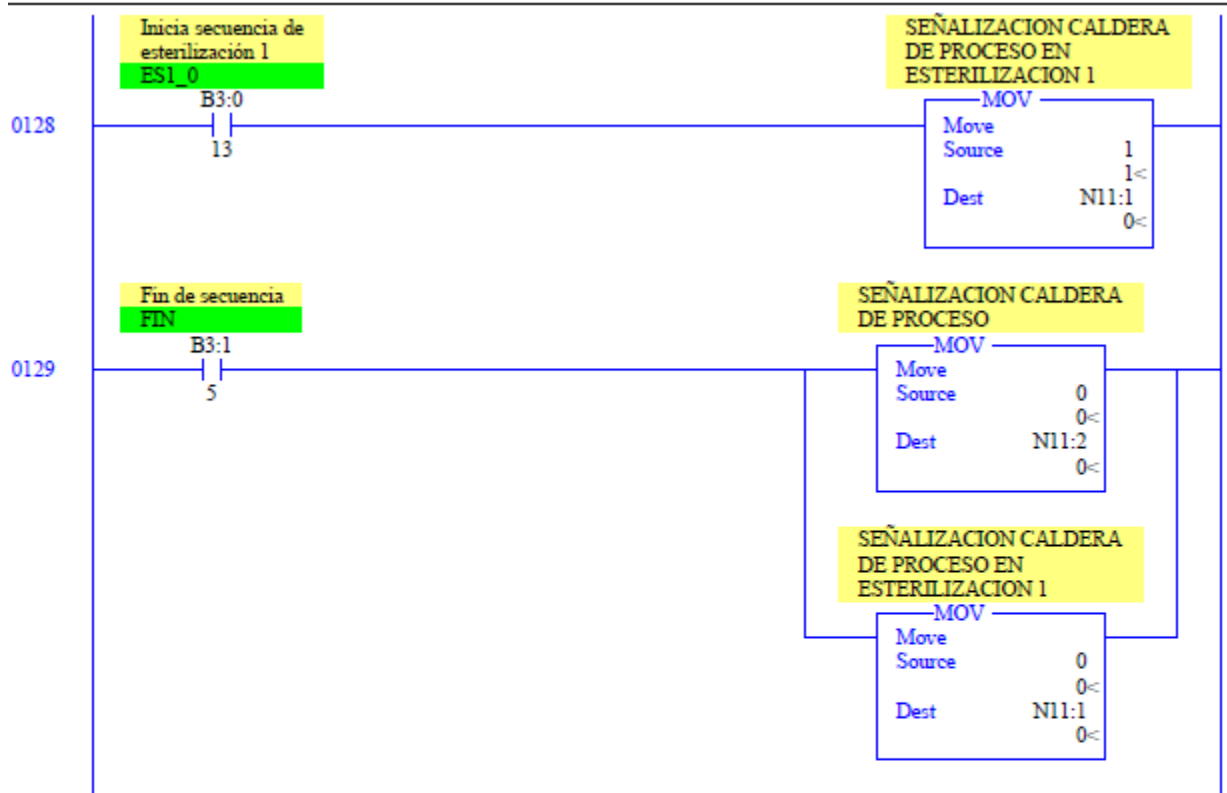




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

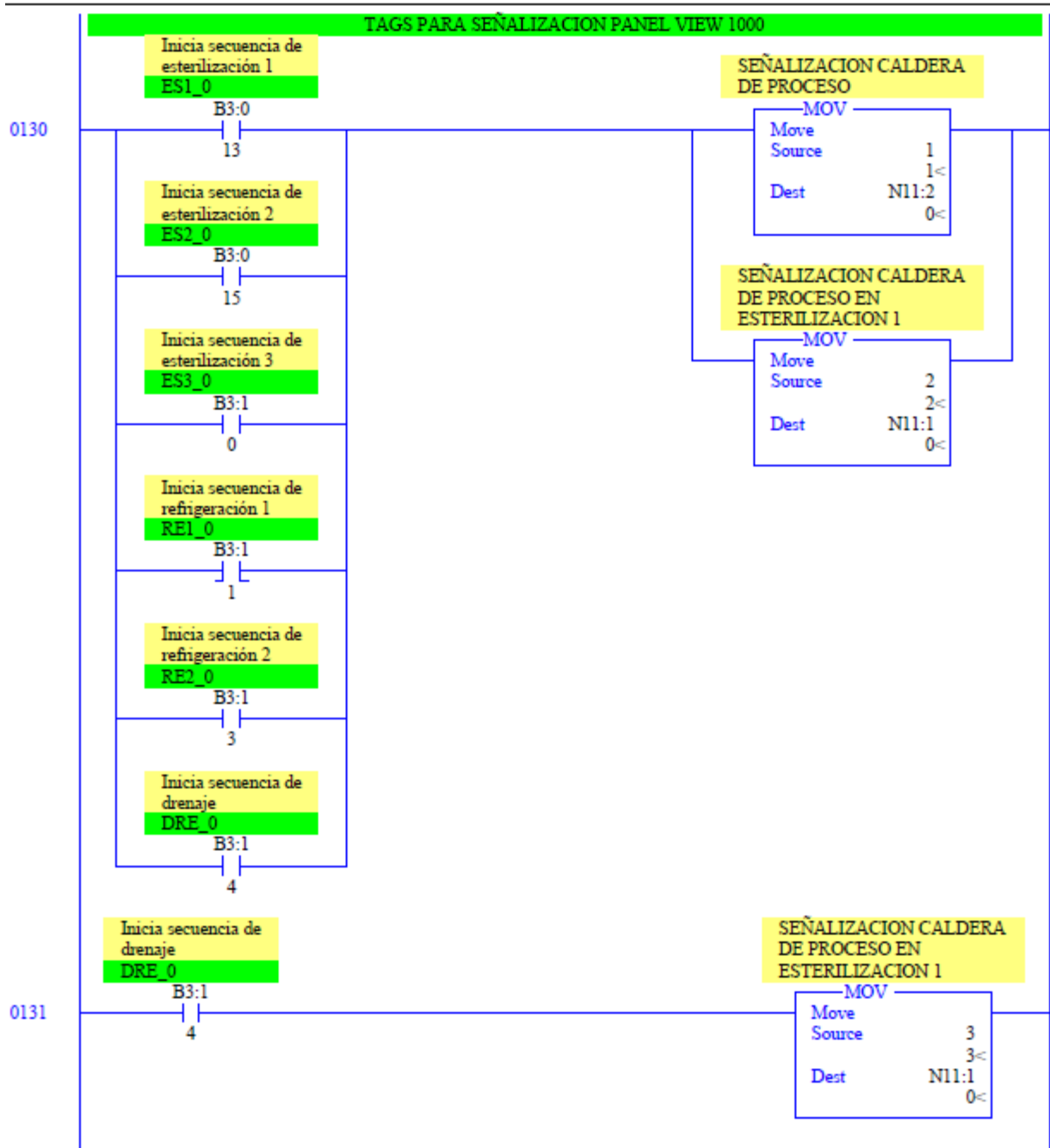




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

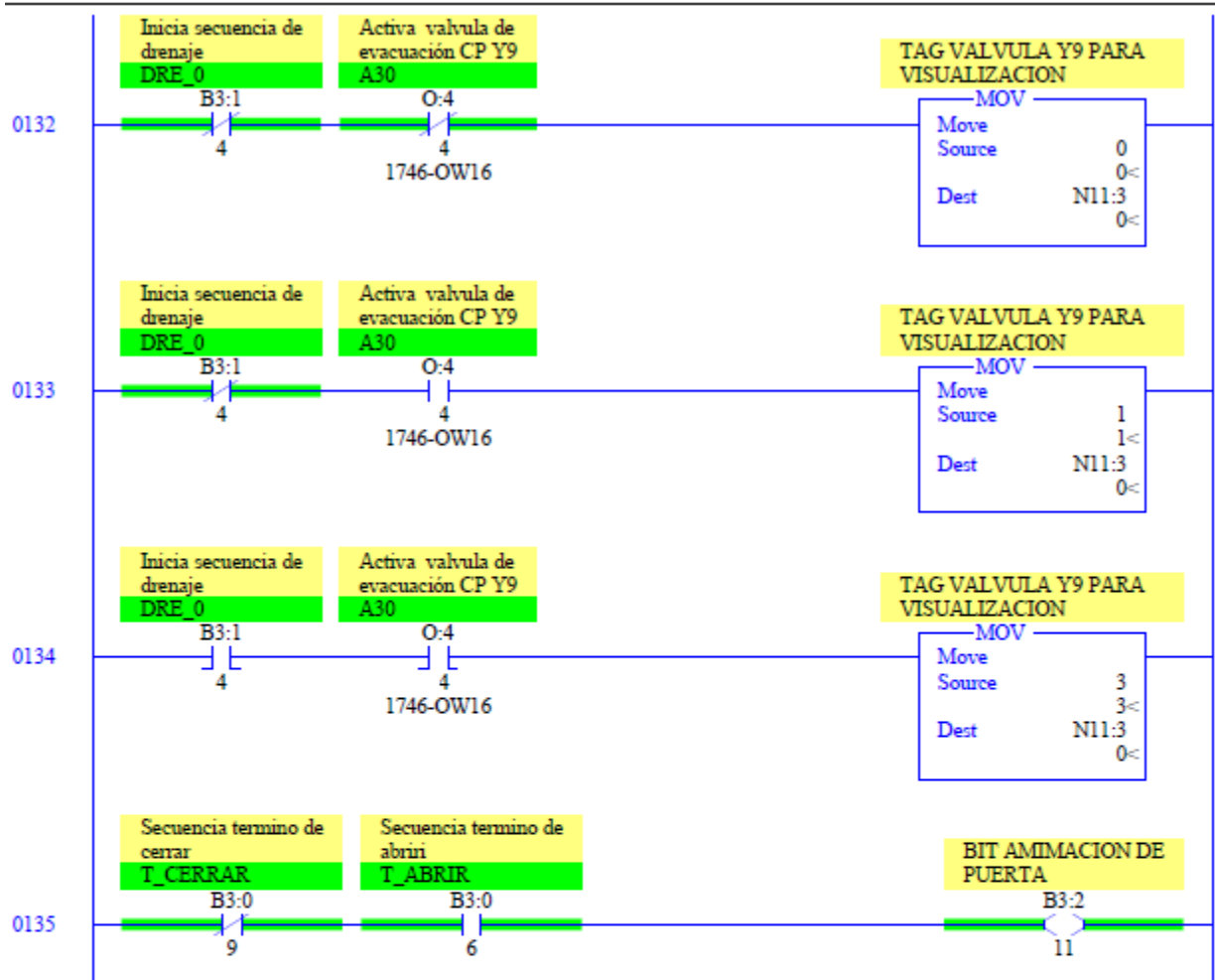




ANEXOS



LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144

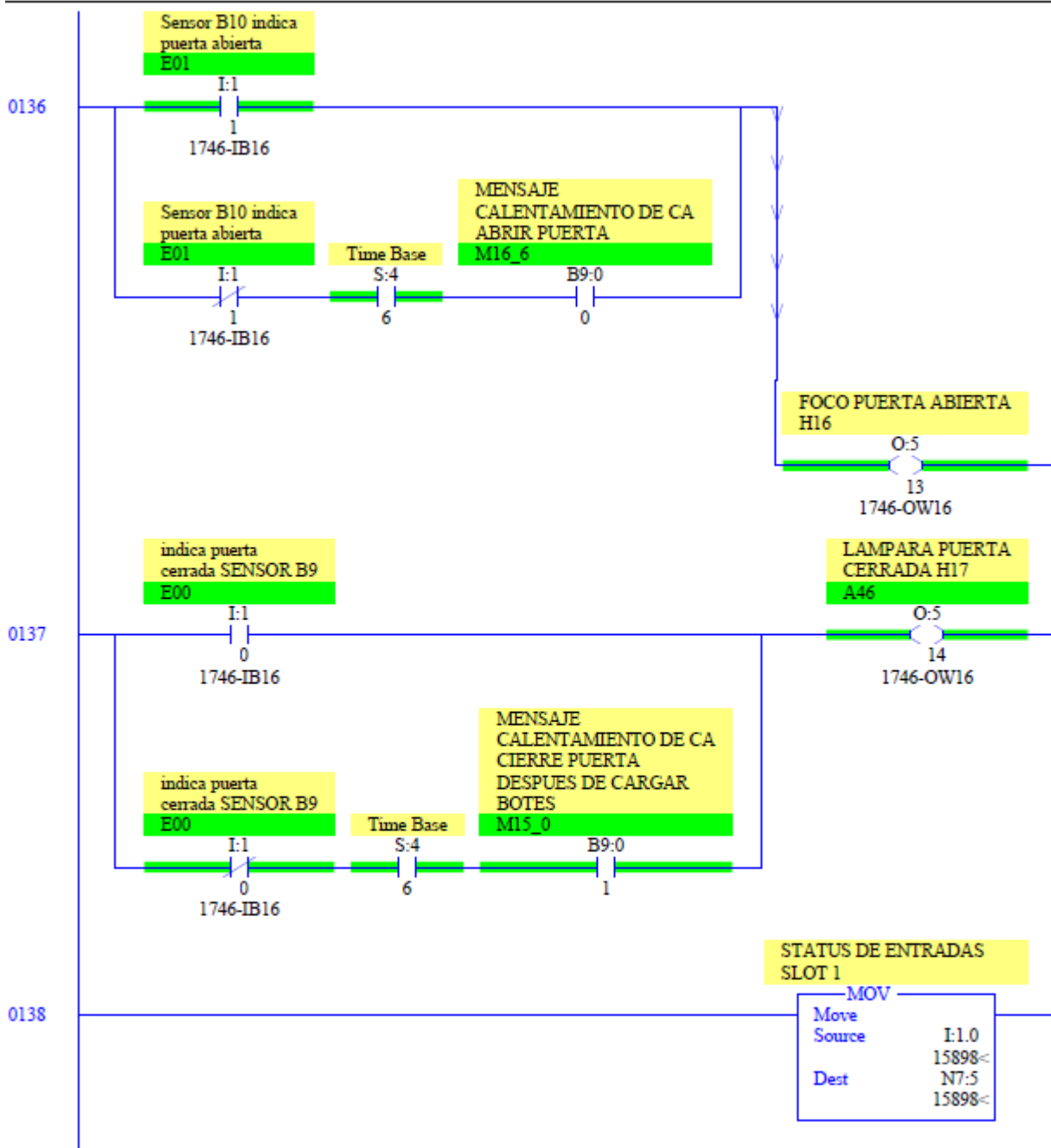




ANEXOS

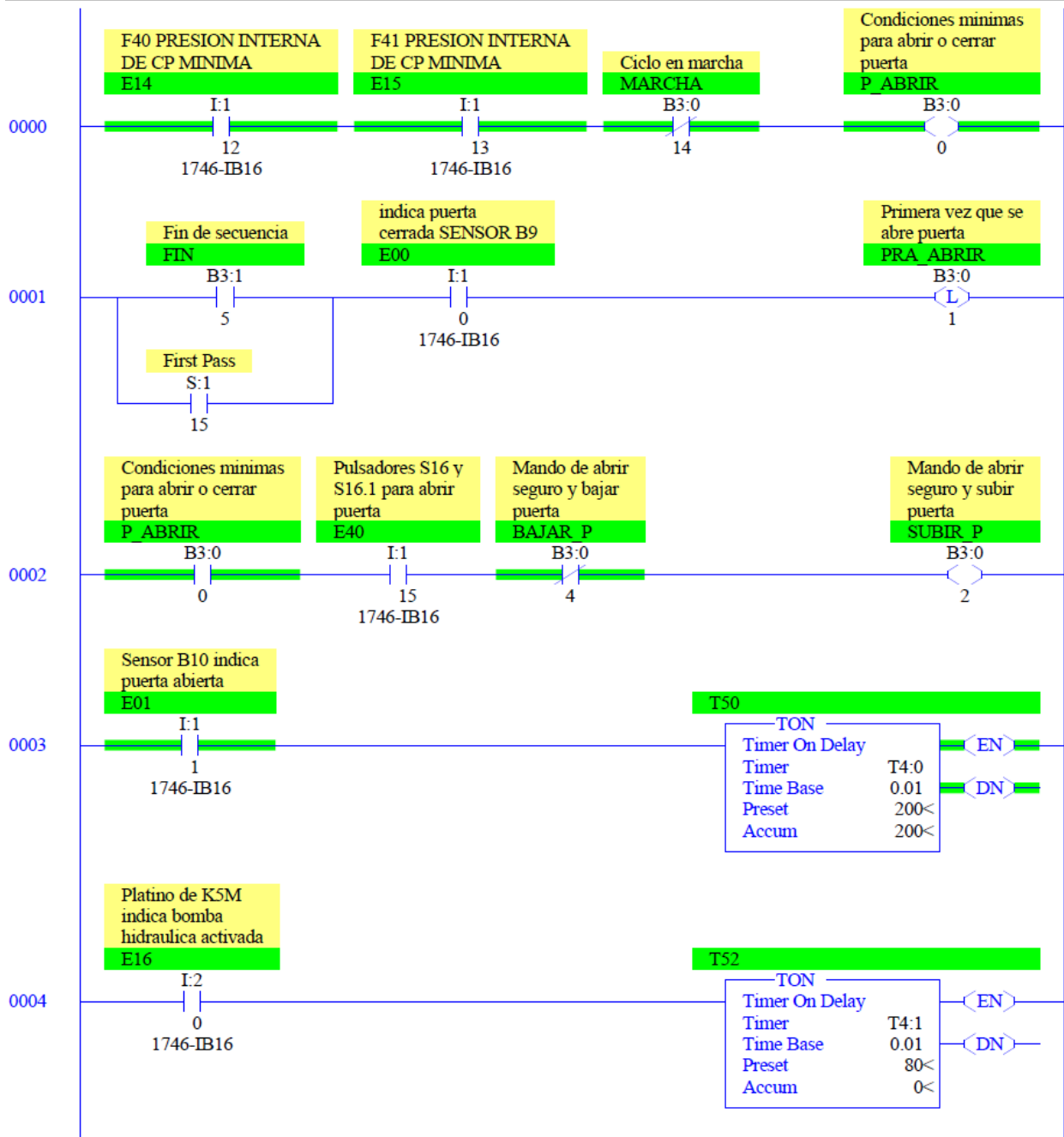


LAD 2 - PRINCIPAL --- Total Rungs in File = 144





ANEXOS

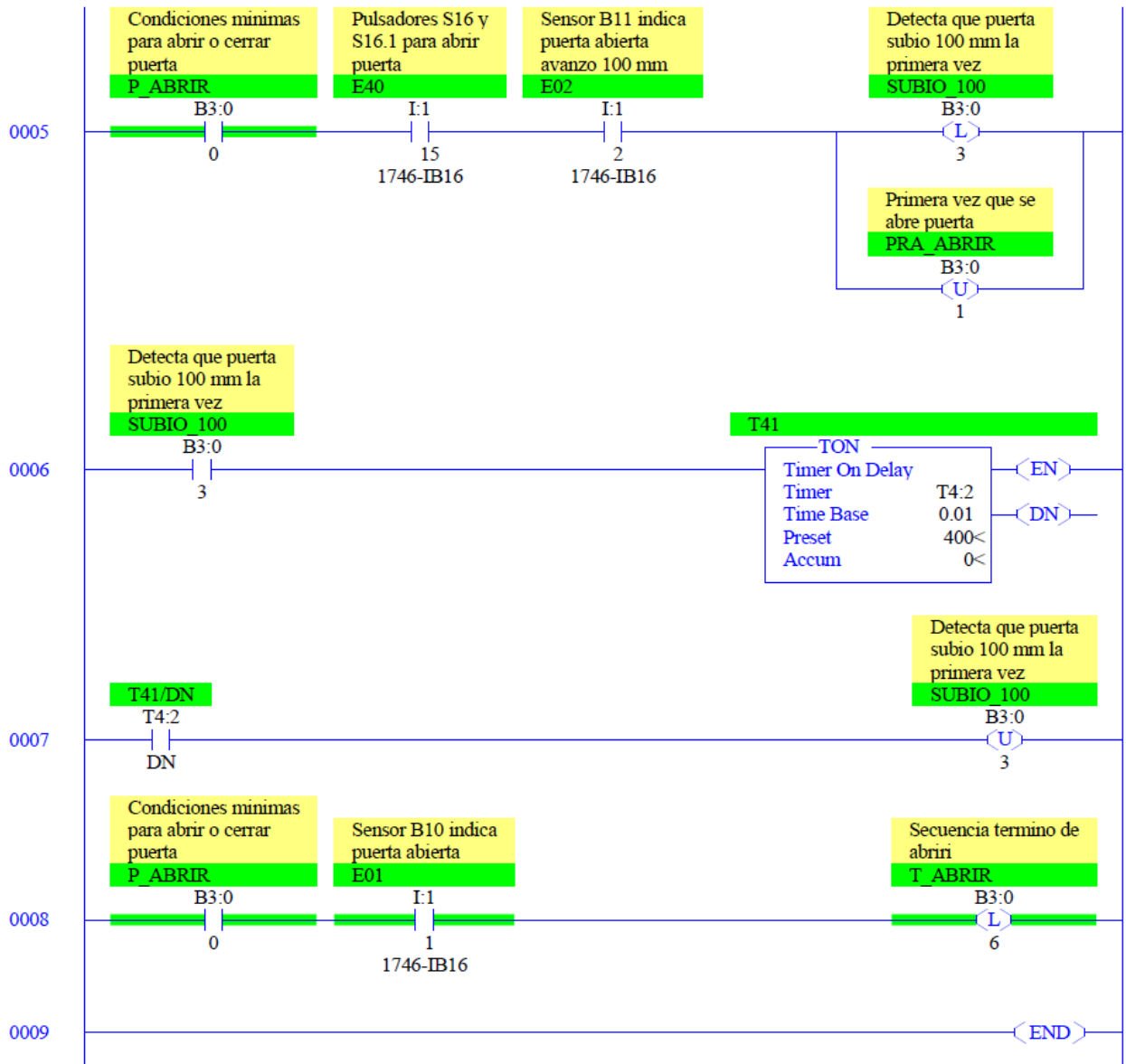




ANEXOS



LAD 3 - ABRIR --- Total Rungs in File = 10

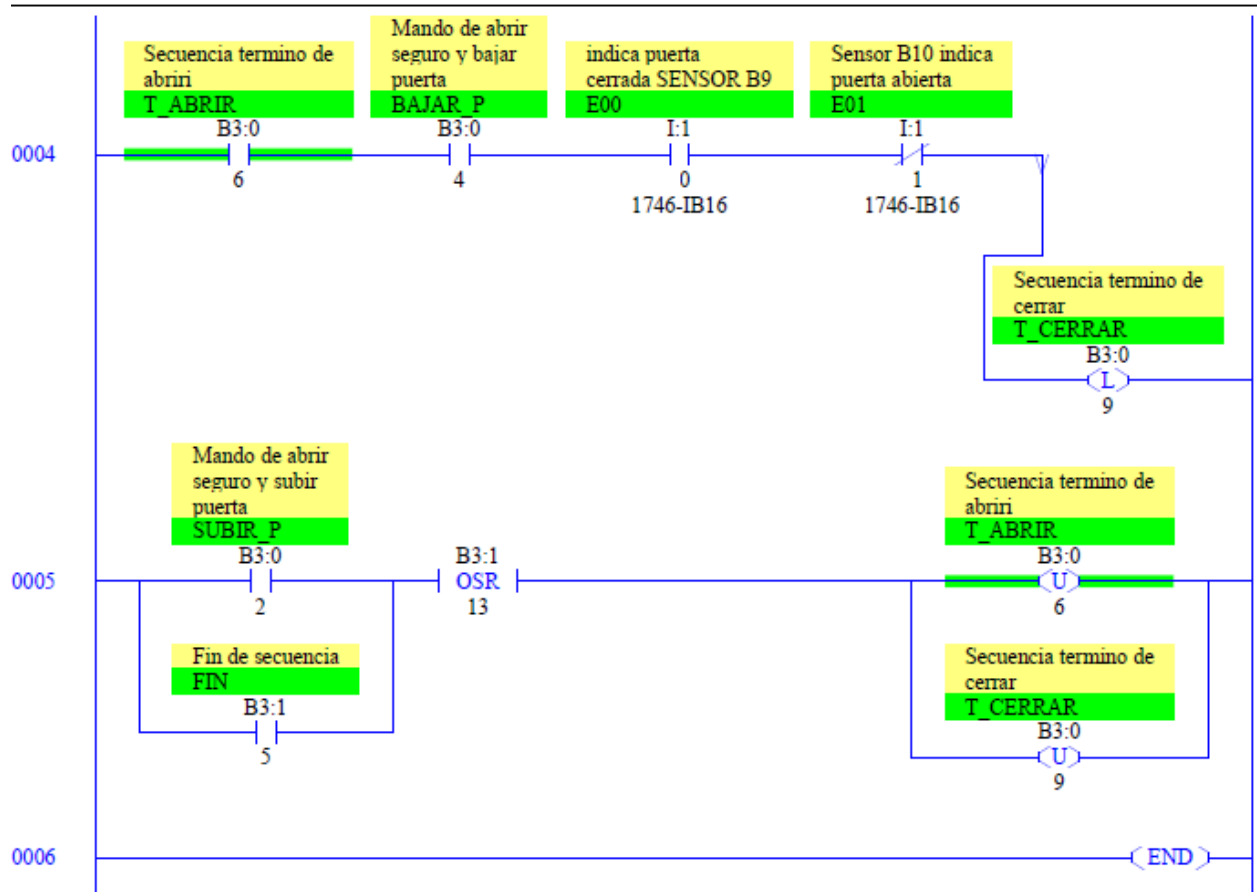




ANEXOS



LAD 4 - CERRAR --- Total Rungs in File = 7

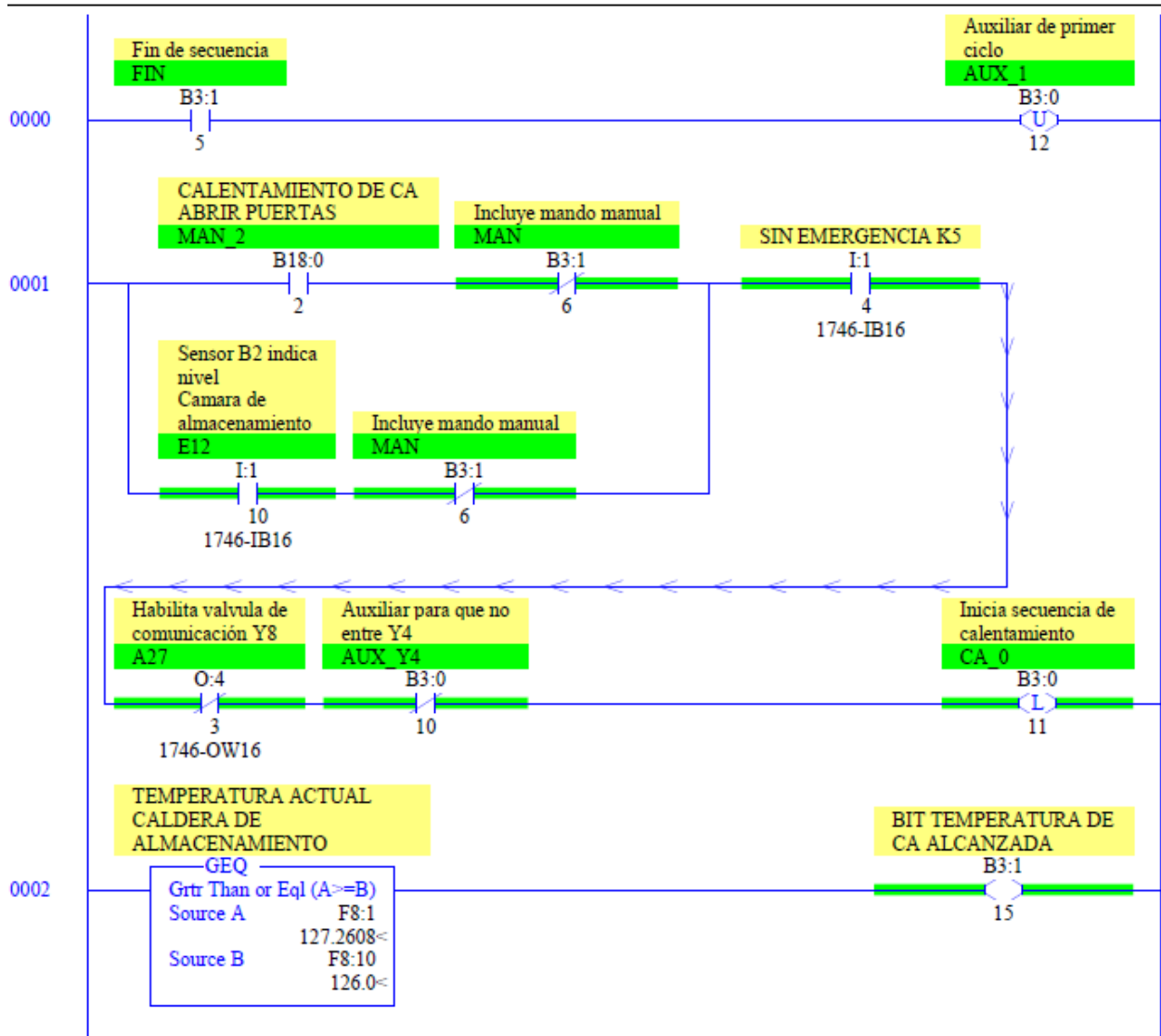




ANEXOS

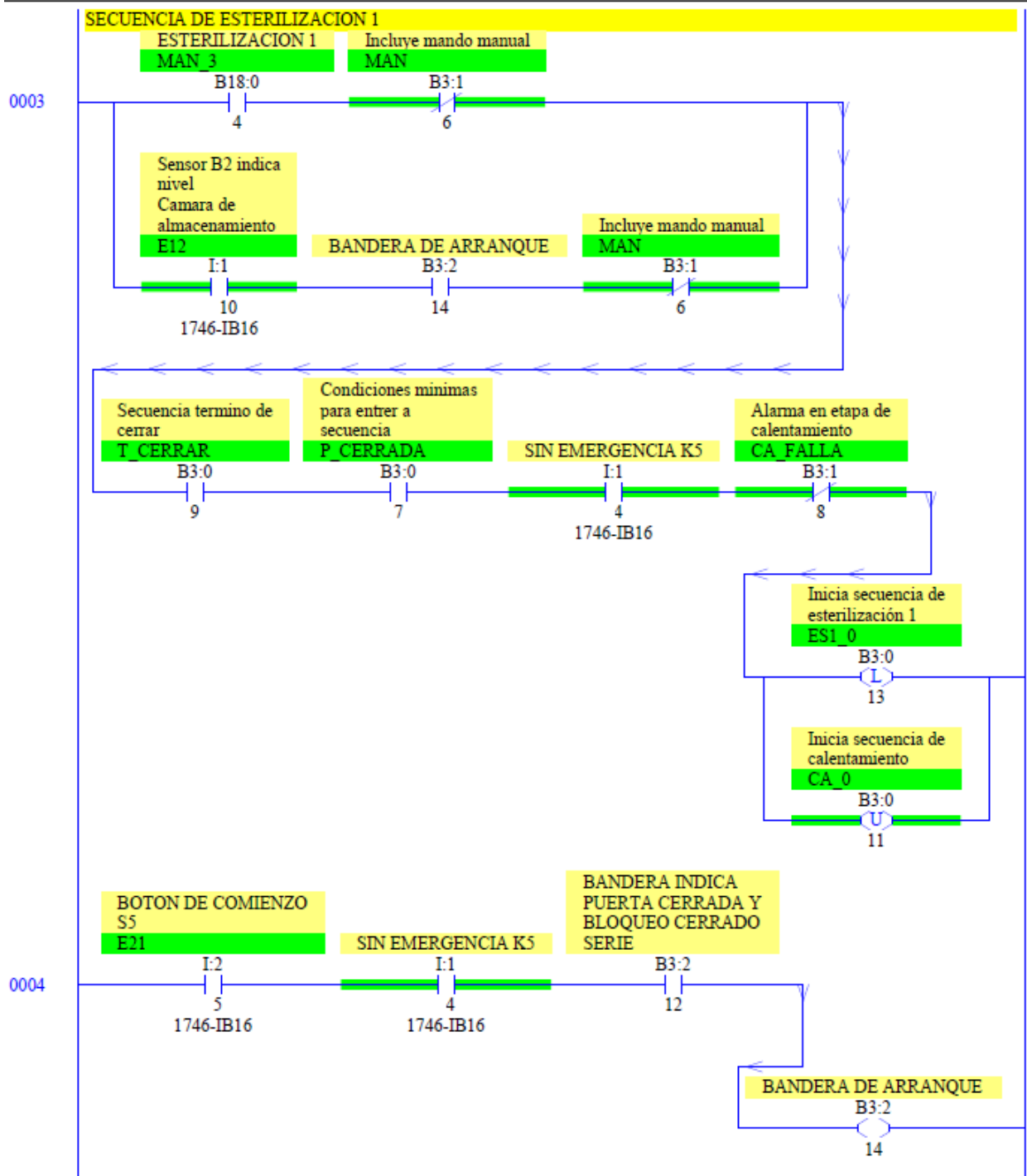


LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30



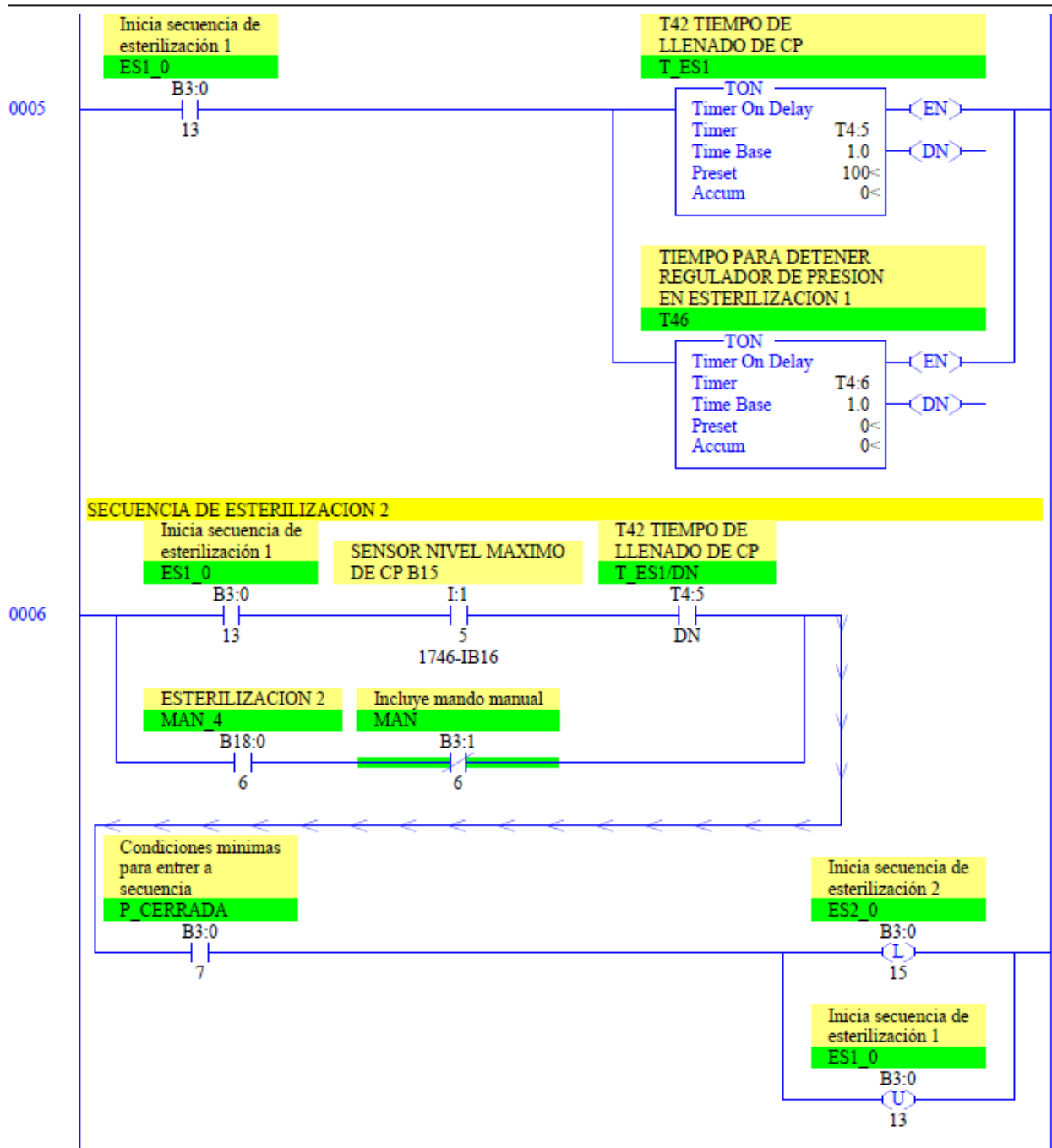


LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30





LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30

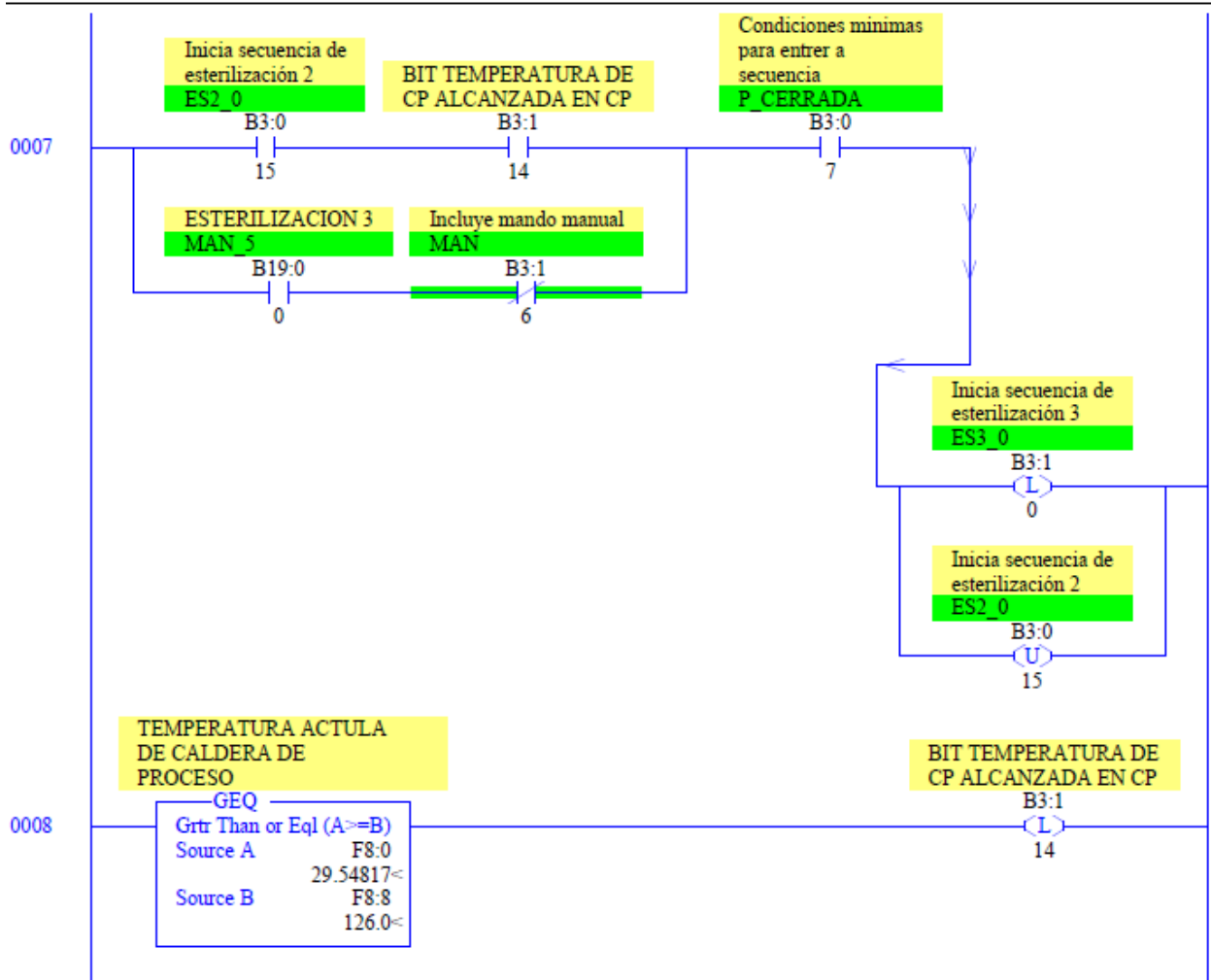




ANEXOS



LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30

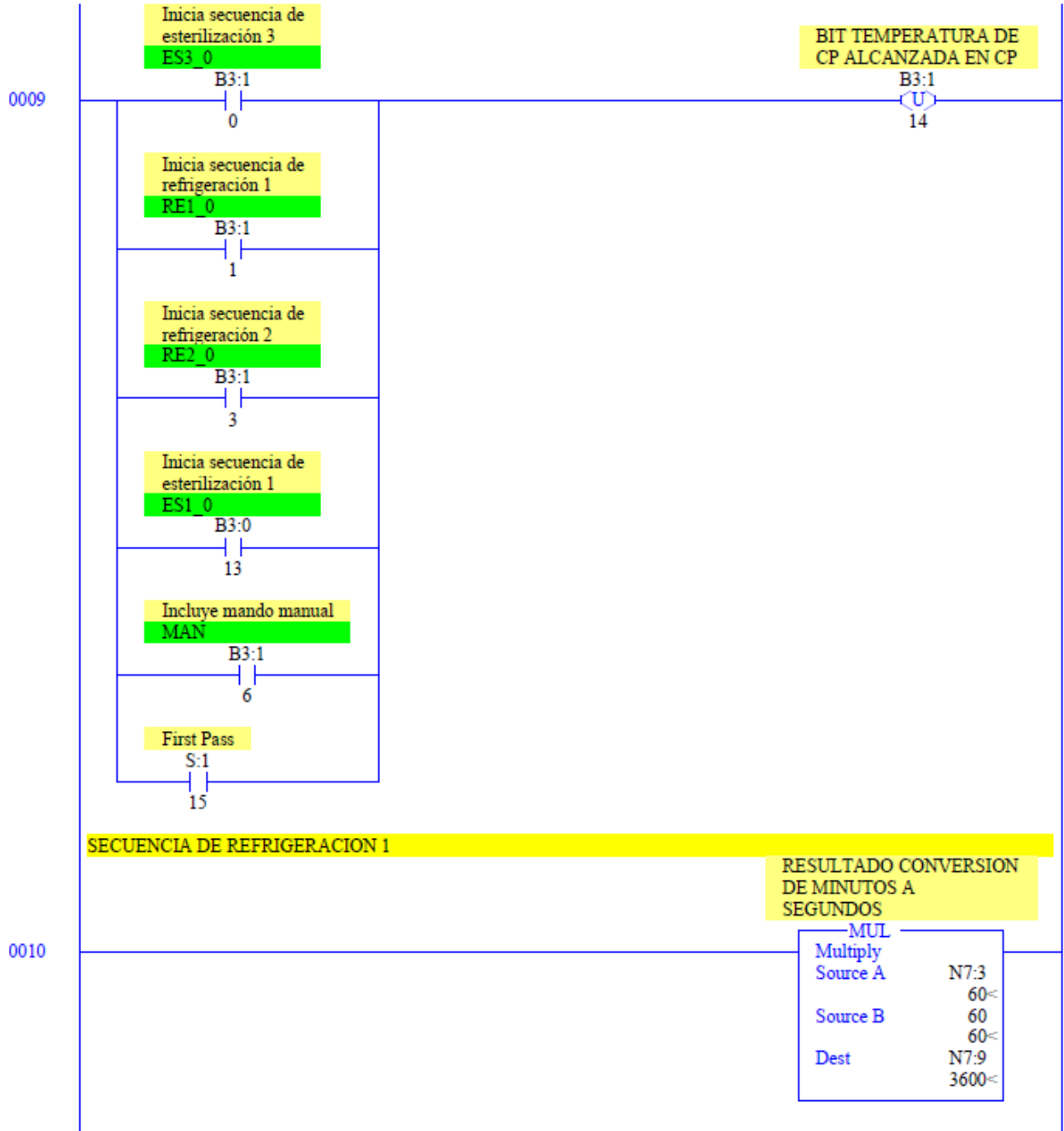




ANEXOS



LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30

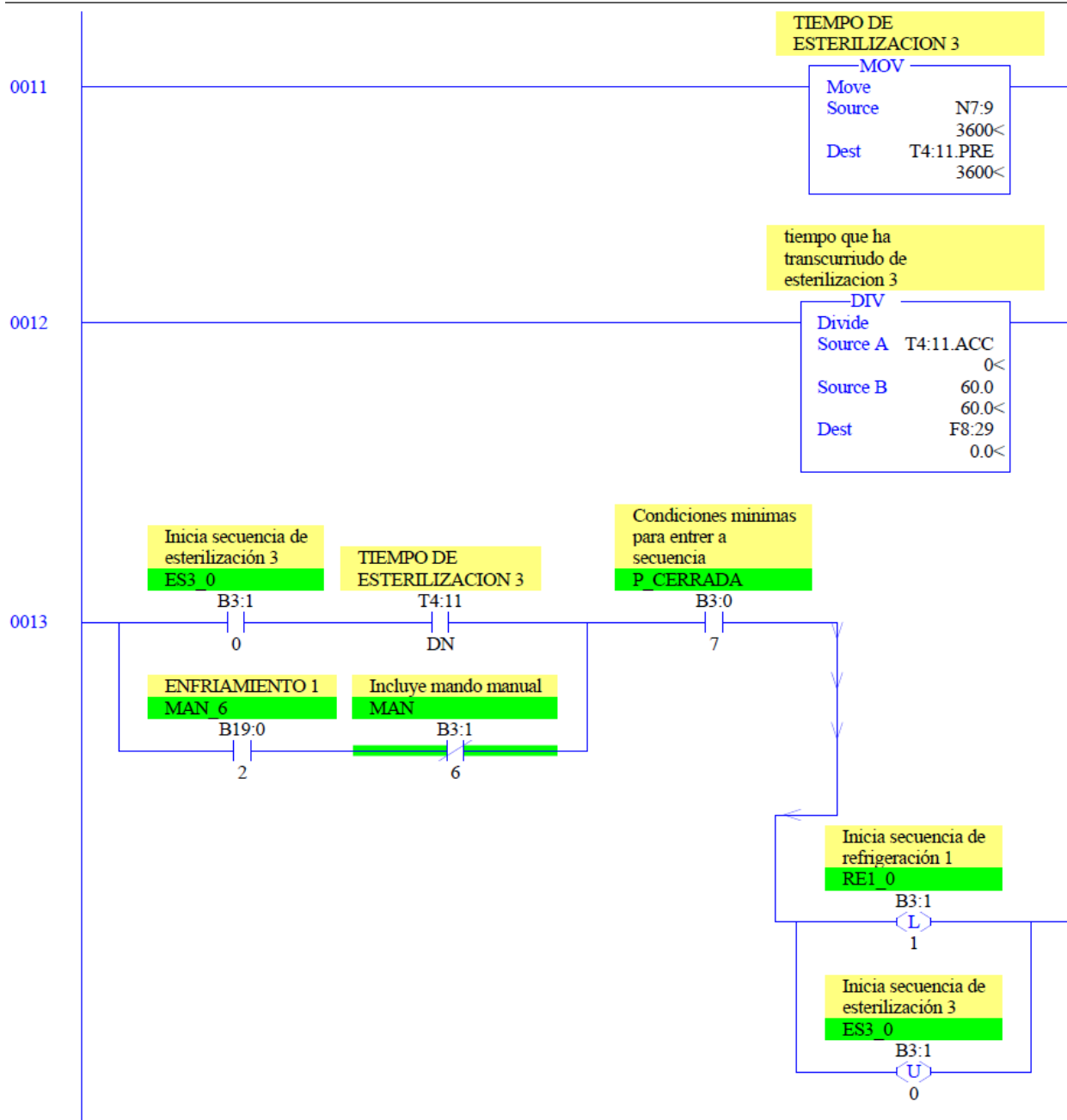




ANEXOS



LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30

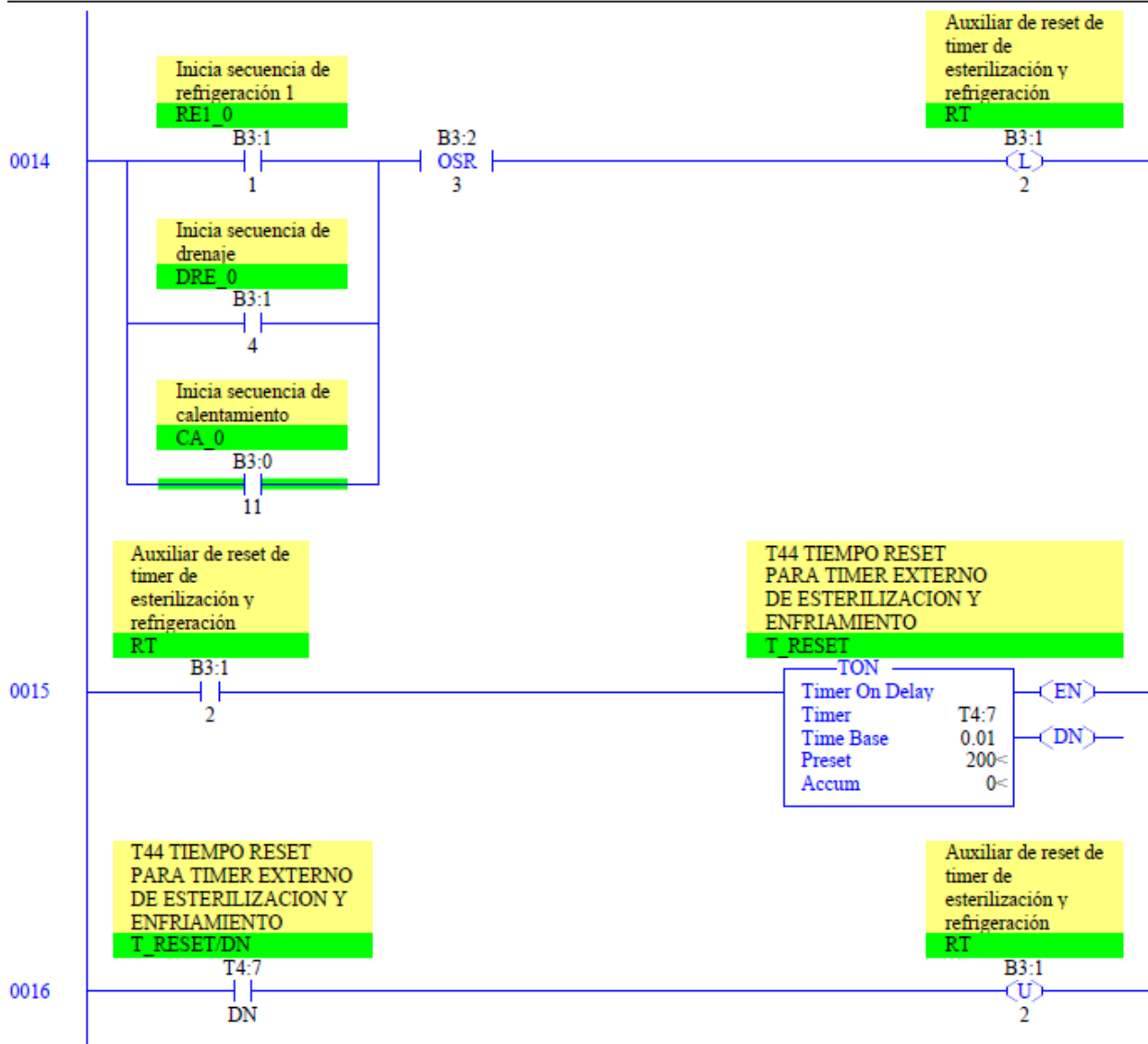




ANEXOS

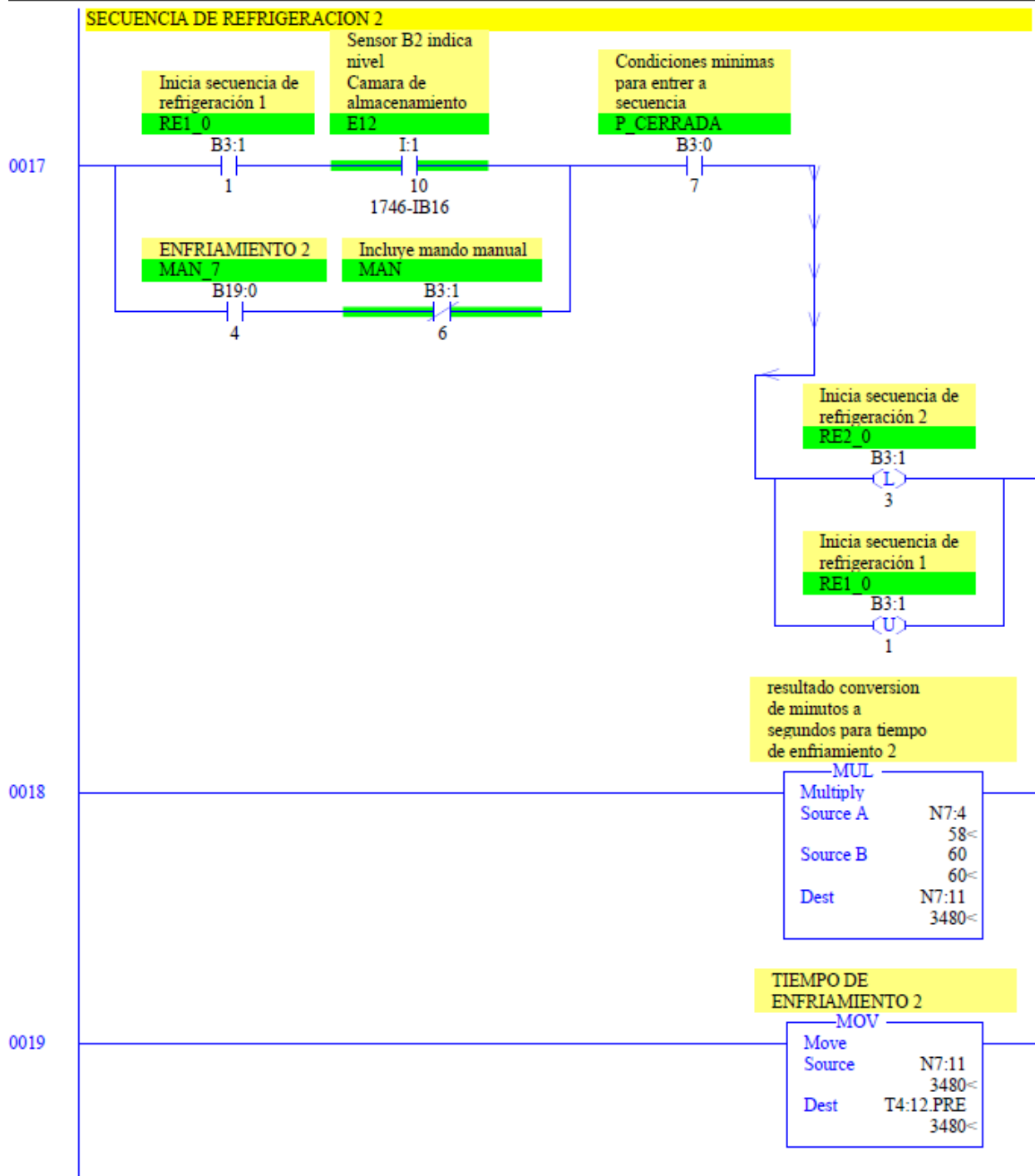


LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30





LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30

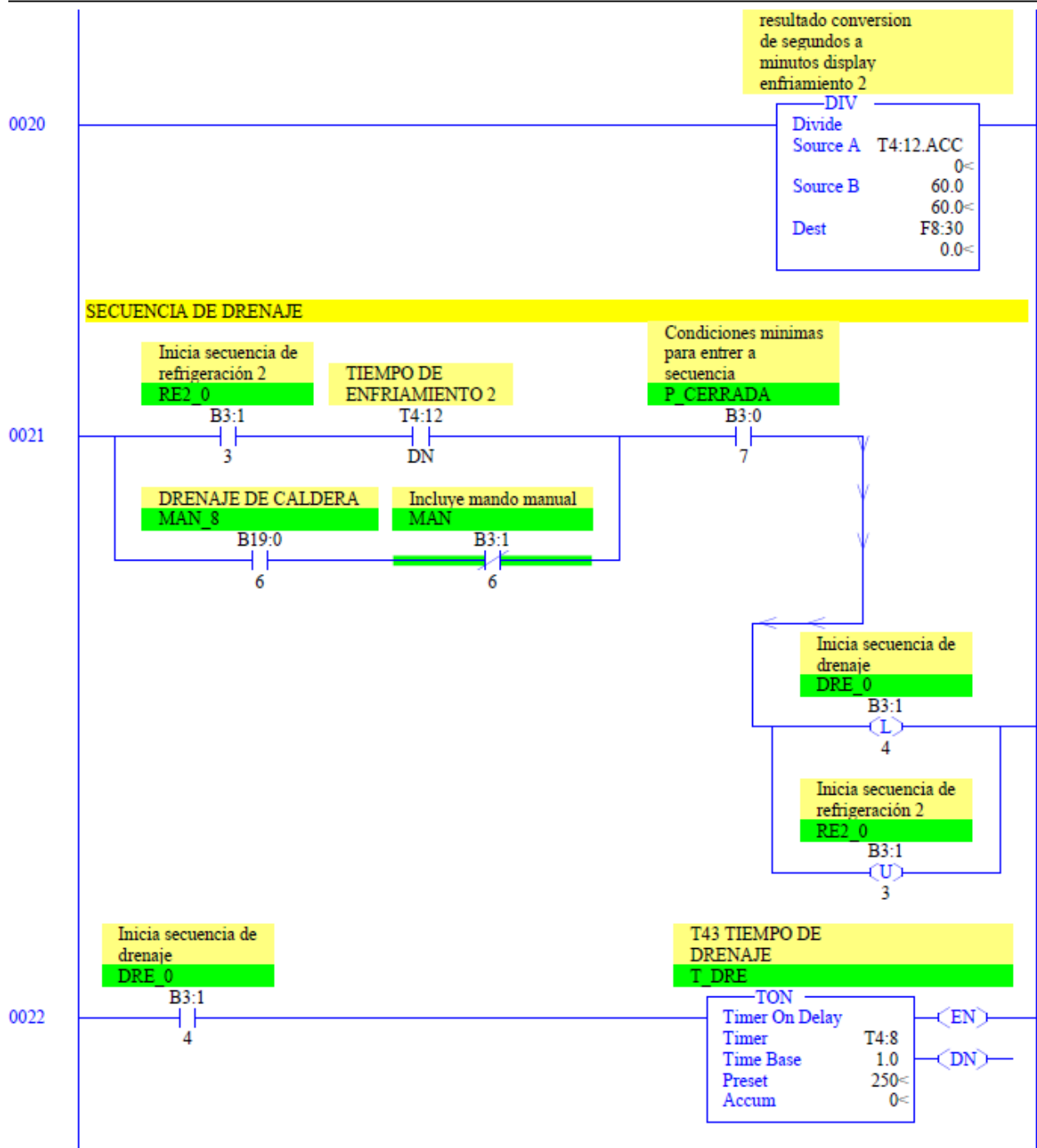




ANEXOS



LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30

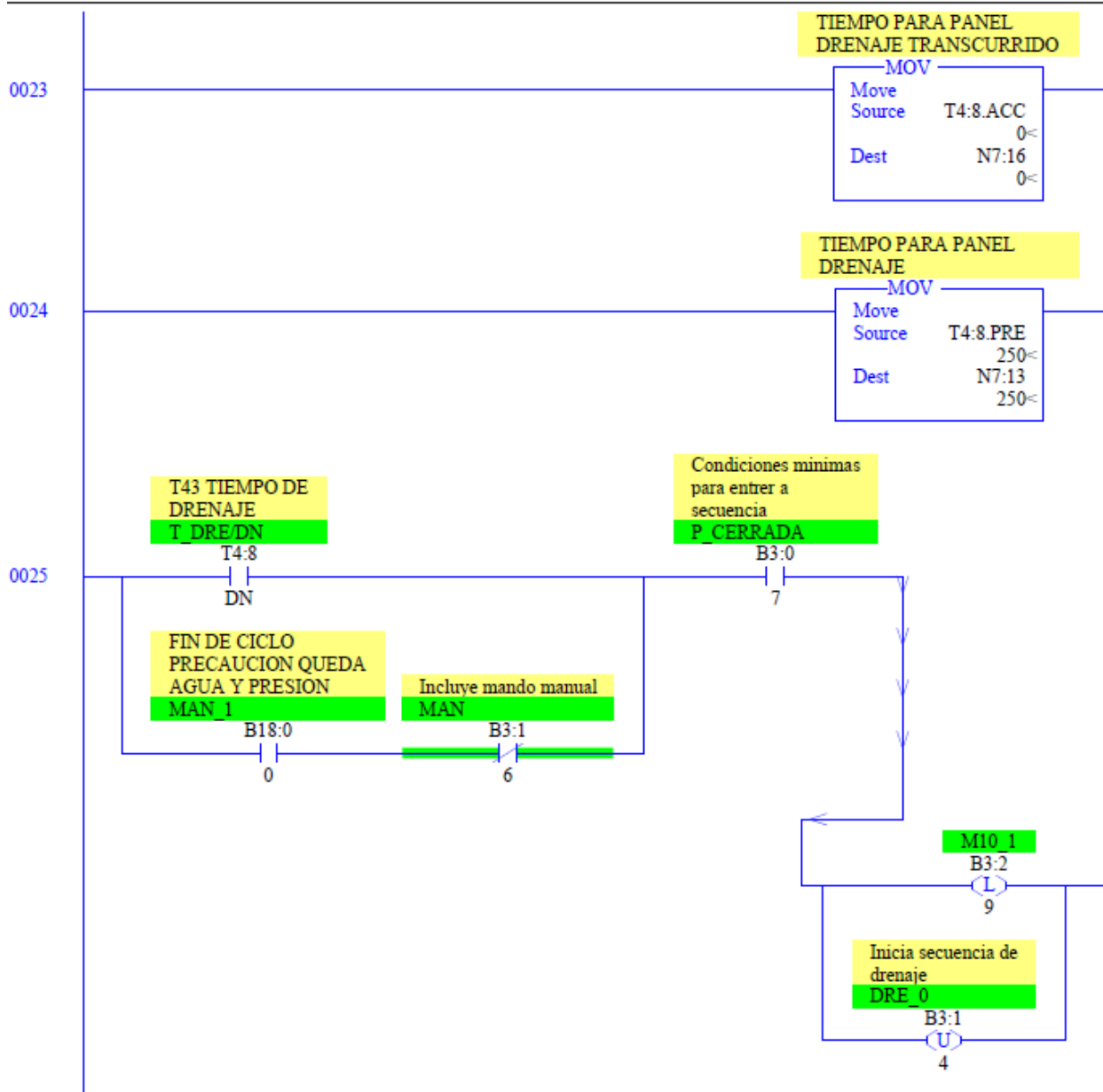




ANEXOS



LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30

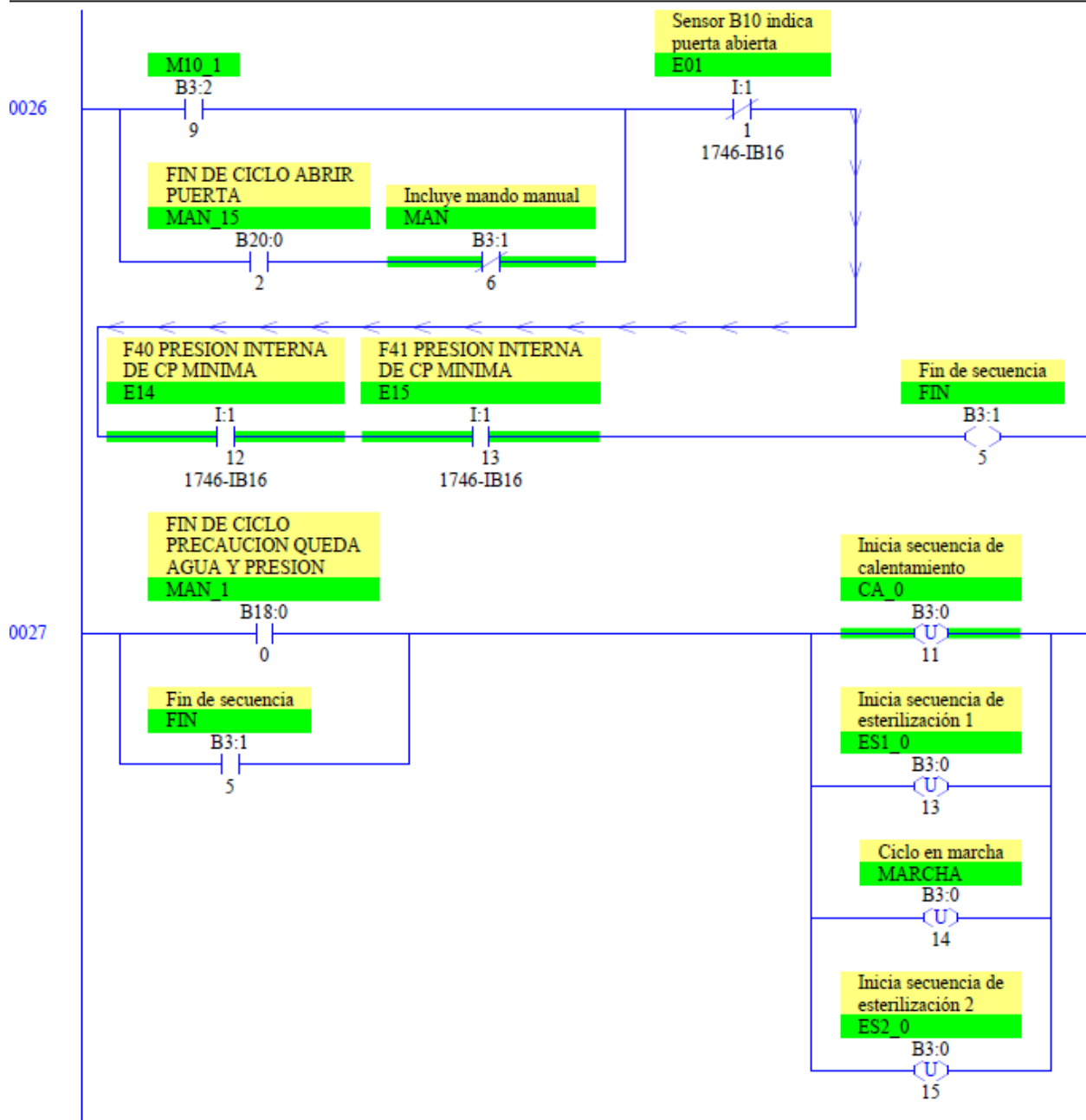




ANEXOS



LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30

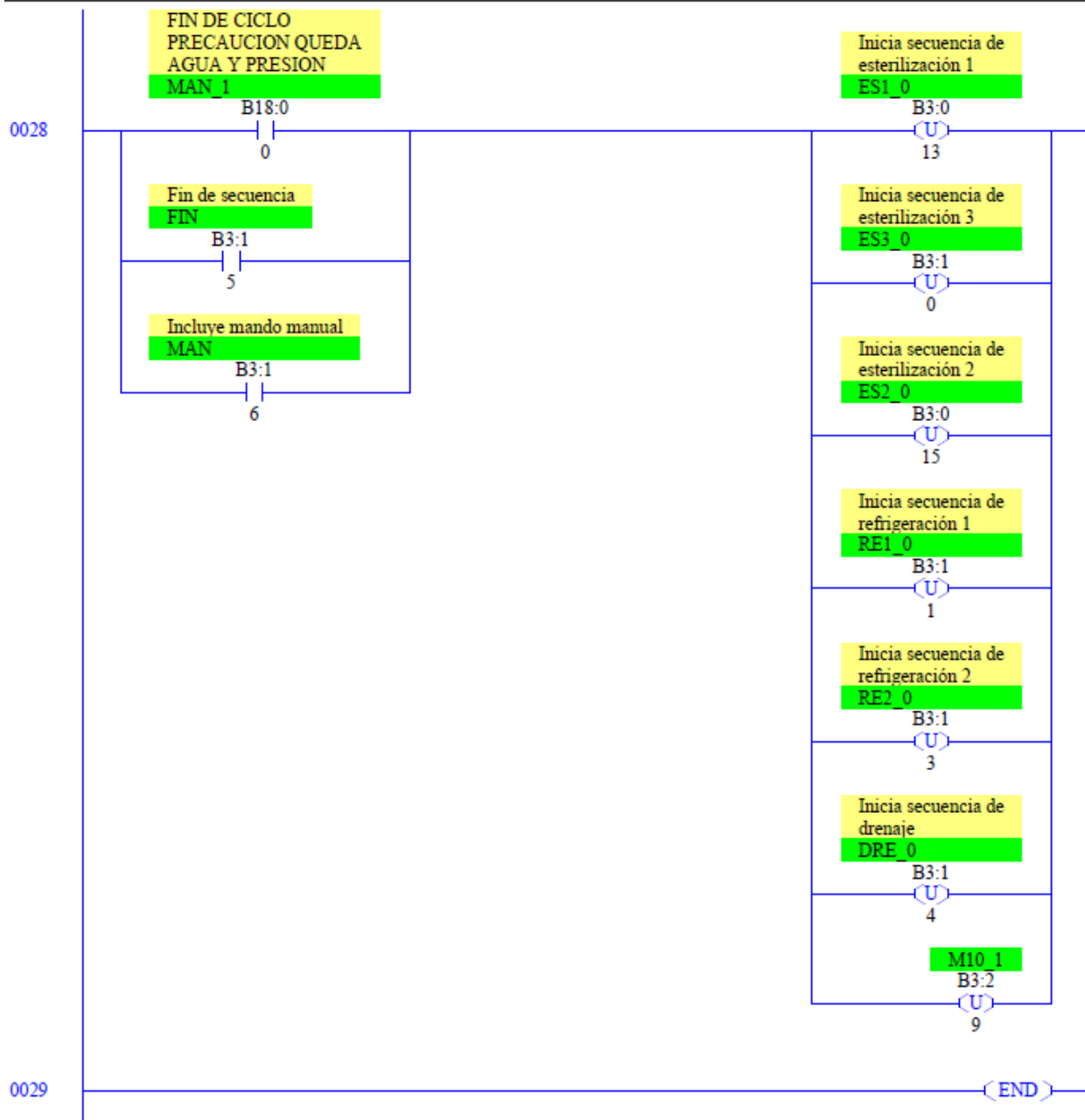




ANEXOS



LAD 5 - SECUENCIA --- Total Rungs in File = 30

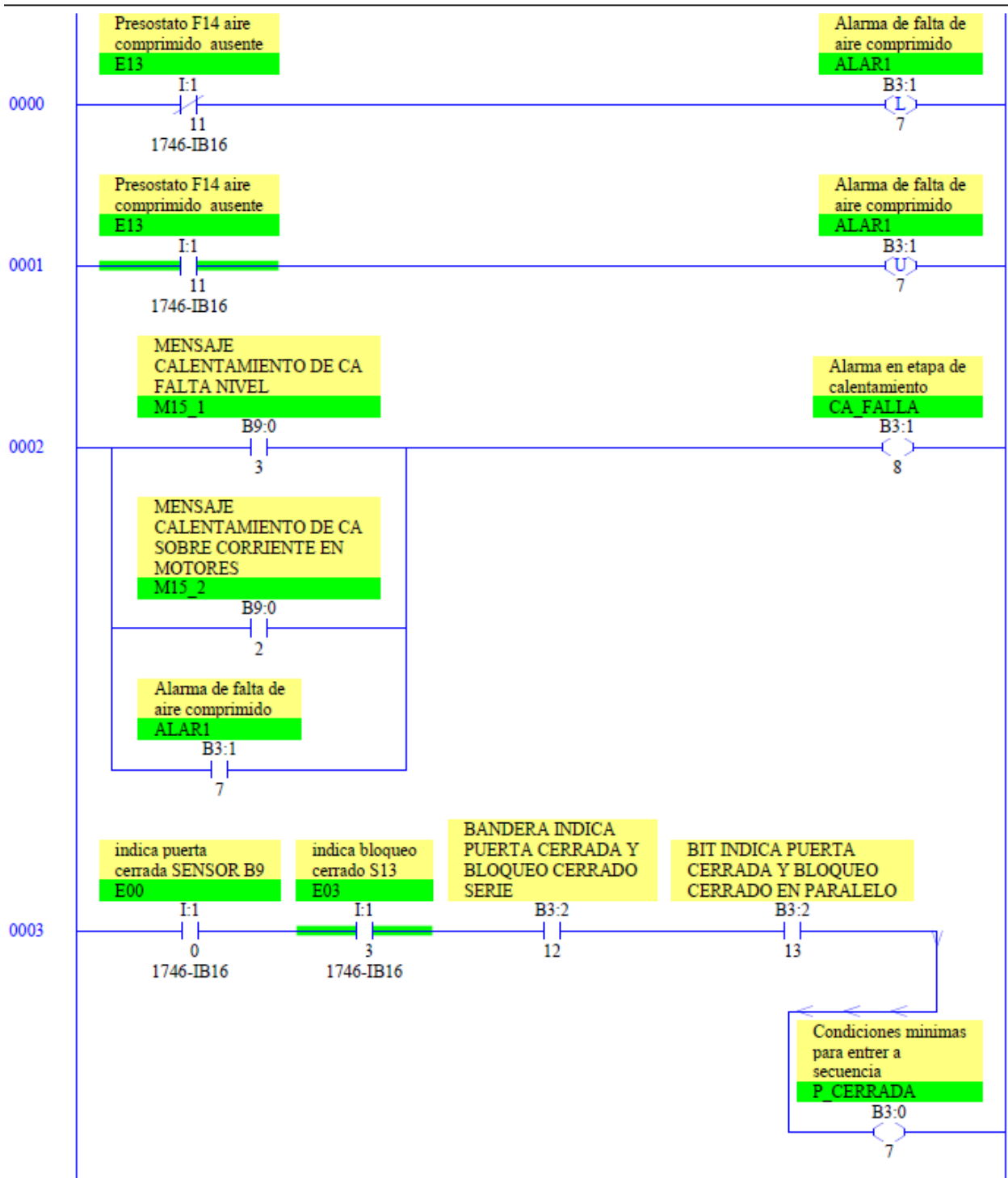




ANEXOS

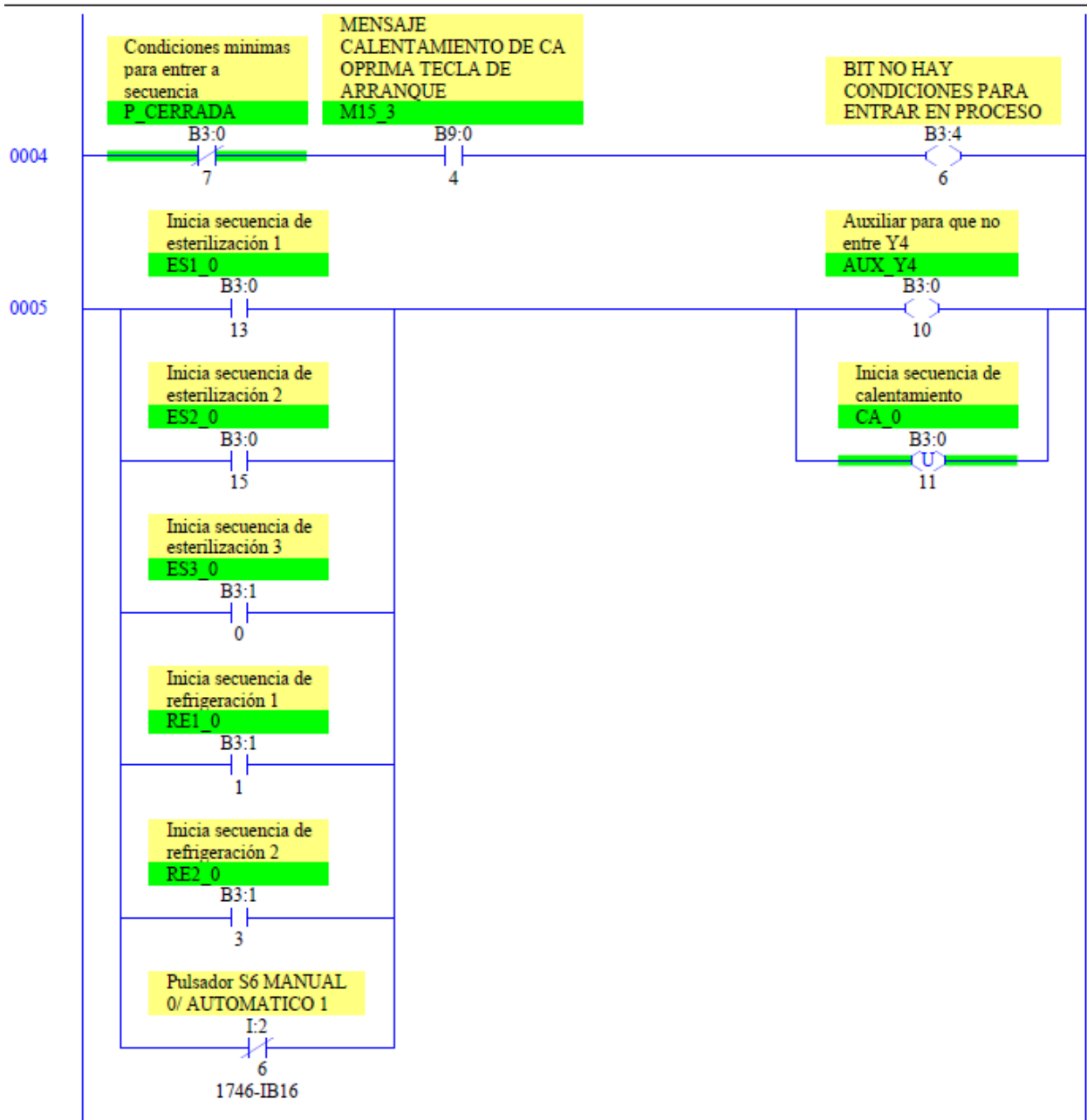


LAD 6 - ALARMA --- Total Rungs in File = 28





LAD 6 - ALARMA --- Total Rungs in File = 28

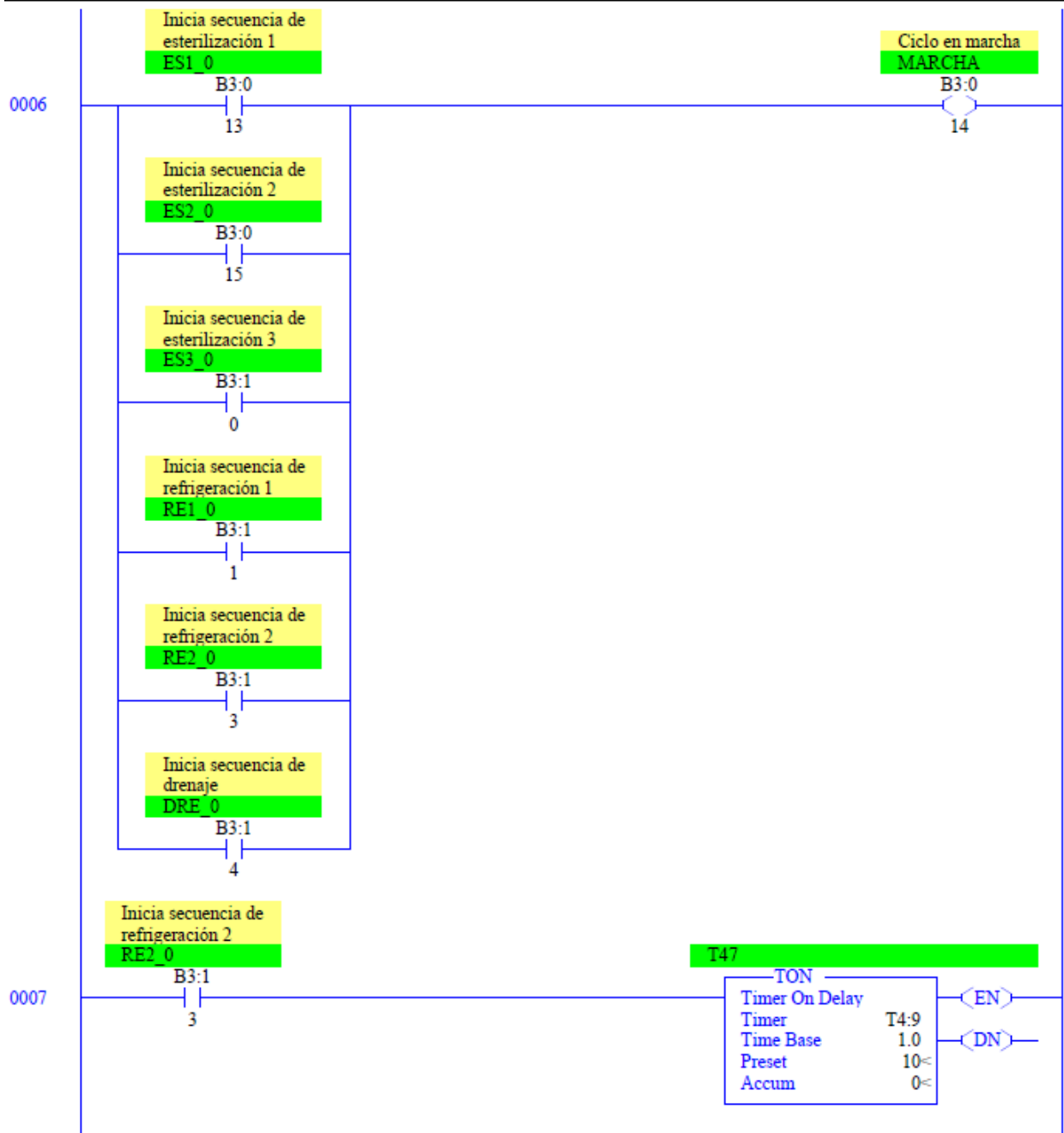




ANEXOS



LAD 6 - ALARMA --- Total Rungs in File = 28

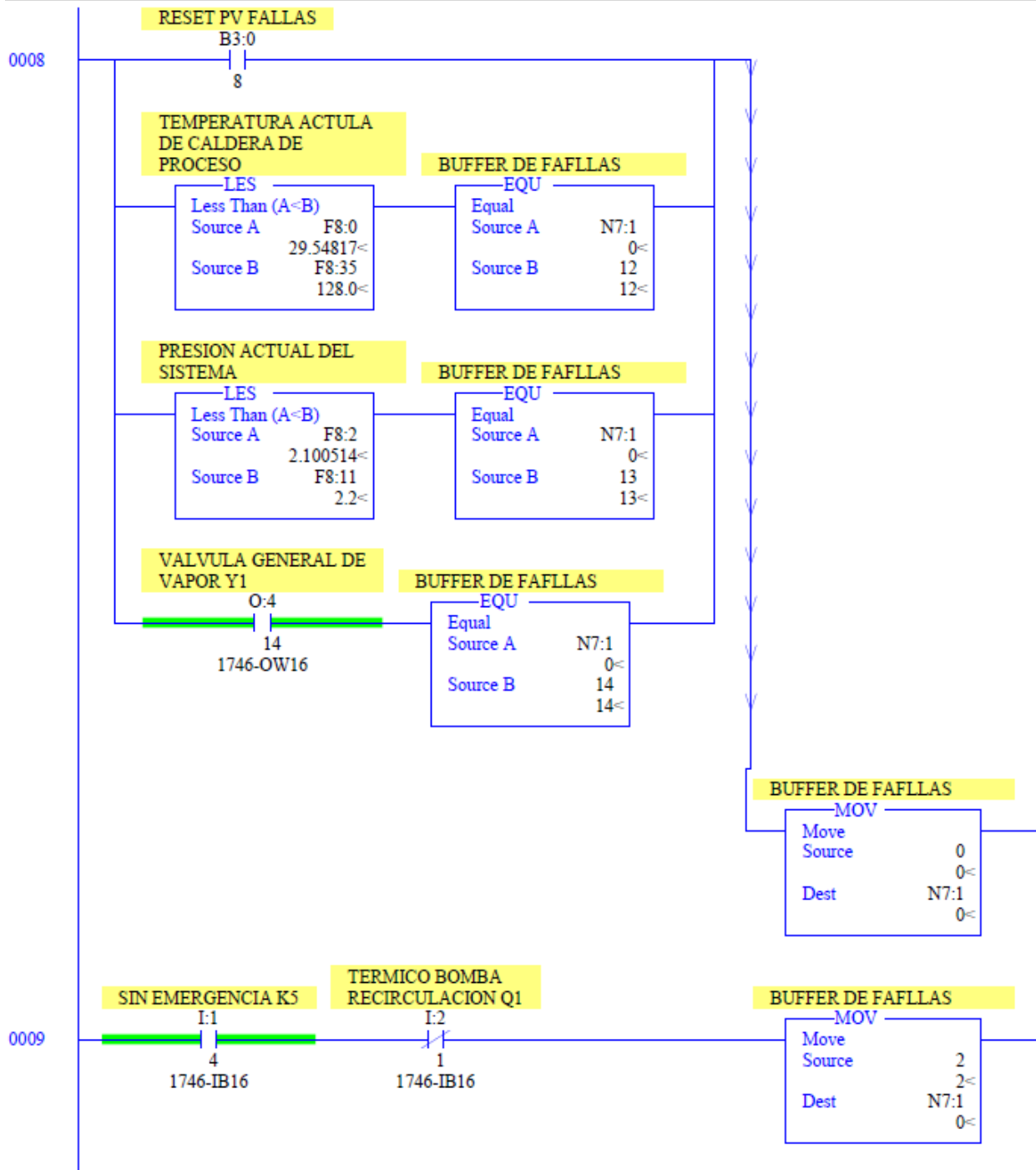




ANEXOS



LAD 6 - ALARMA --- Total Rungs in File = 28

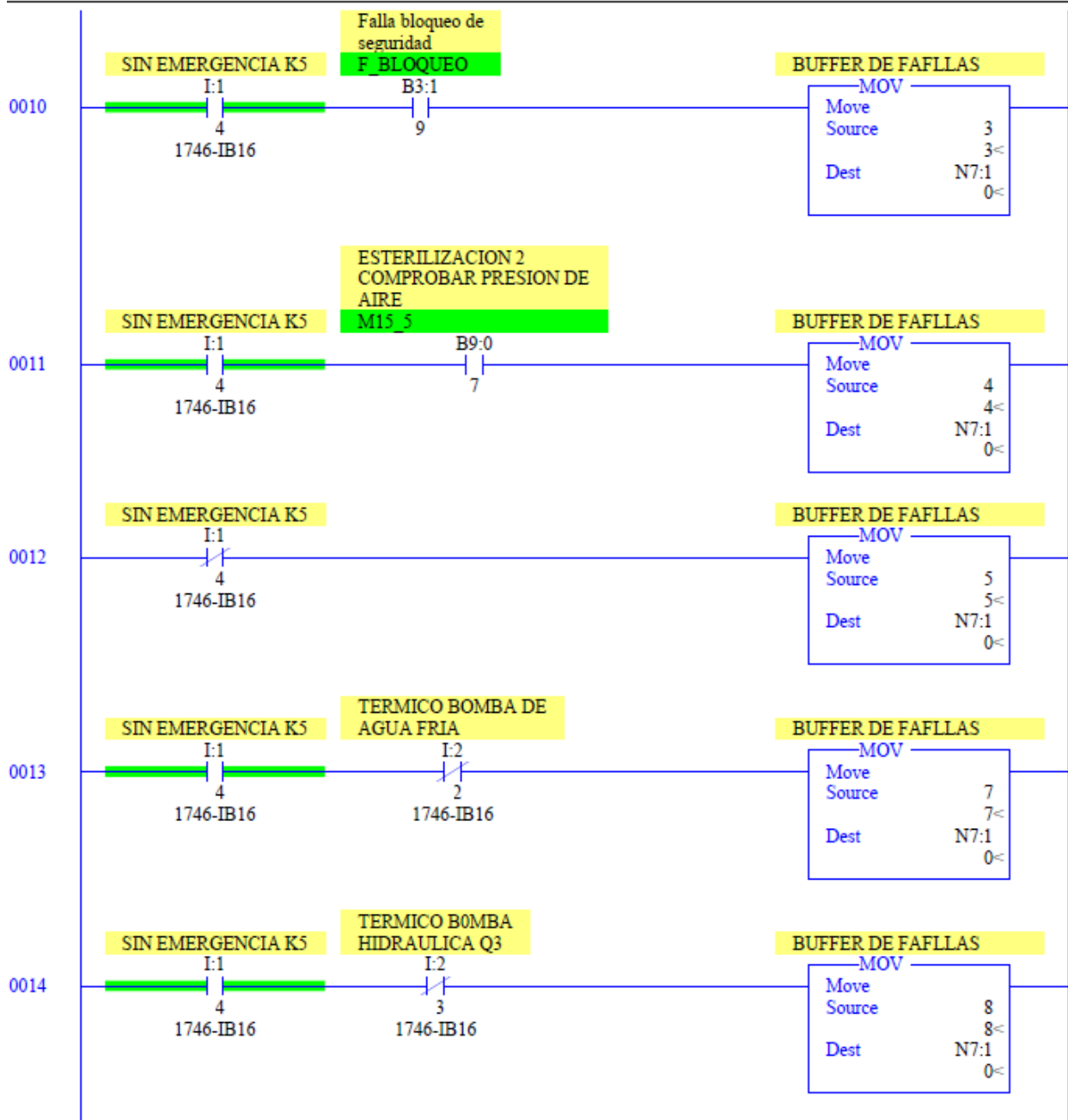




ANEXOS



LAD 6 - ALARMA --- Total Rungs in File = 28

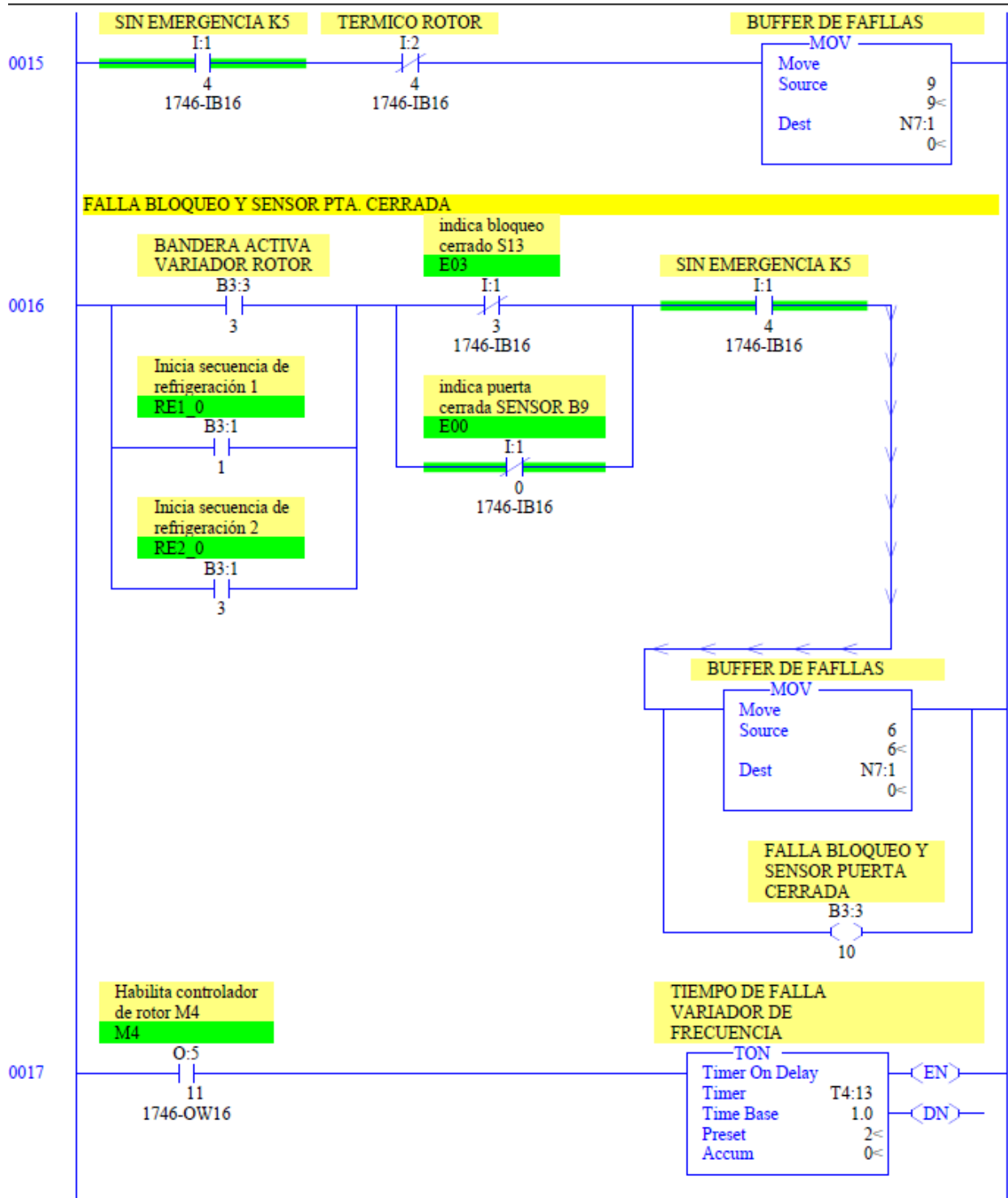




ANEXOS



LAD 6 - ALARMA --- Total Rungs in File = 28

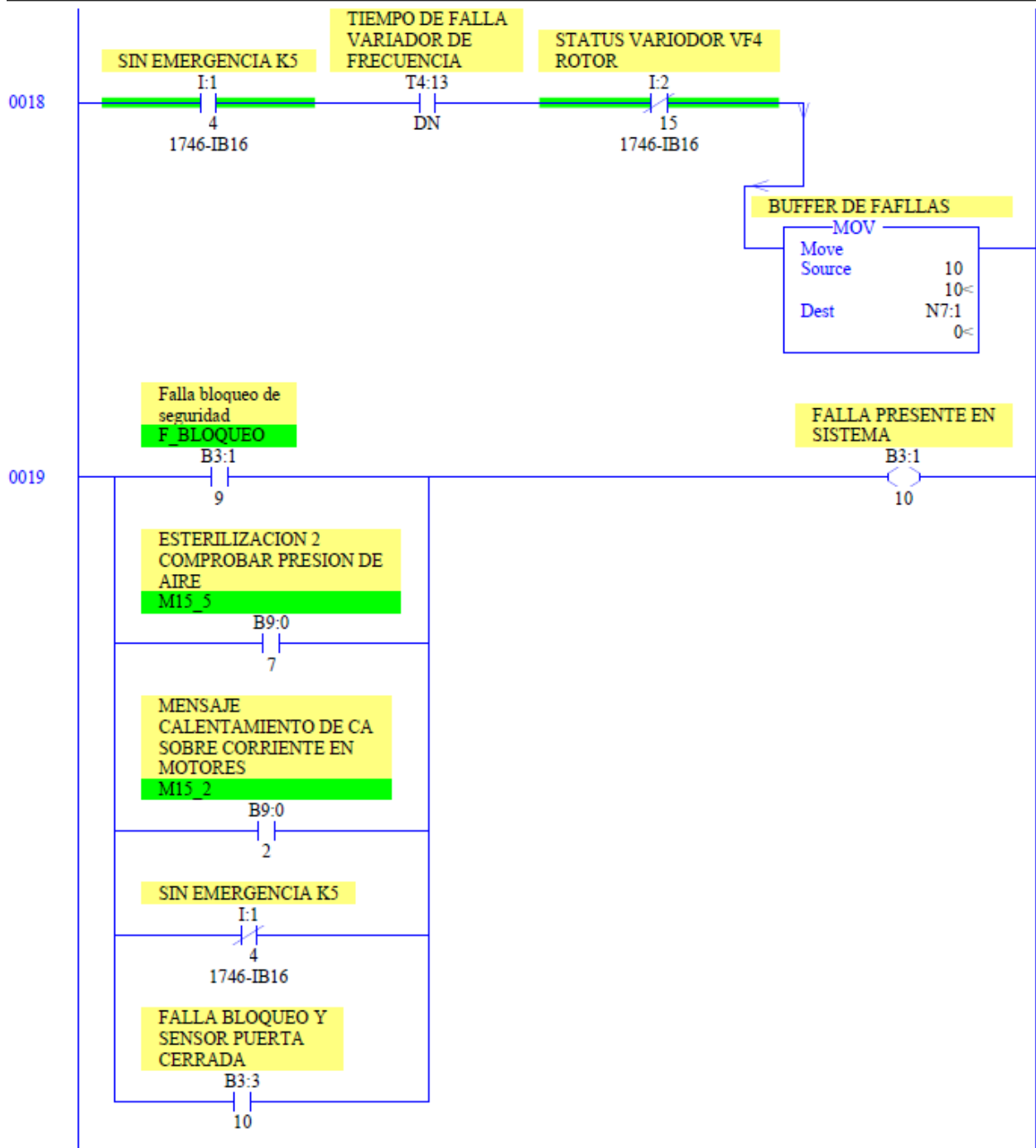




ANEXOS



LAD 6 - ALARMA --- Total Rungs in File = 28

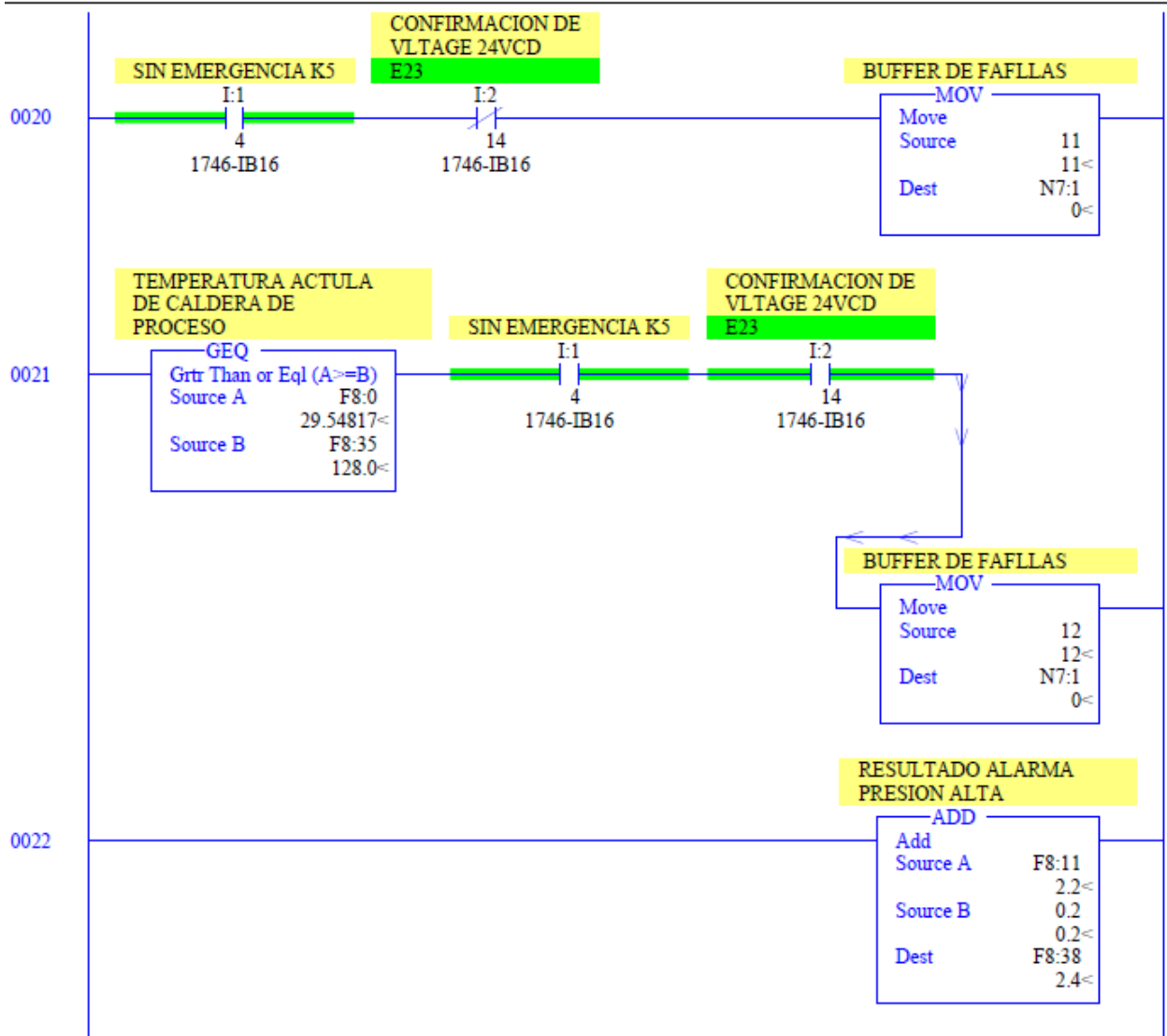




ANEXOS



LAD 6 - ALARMA --- Total Rungs in File = 28

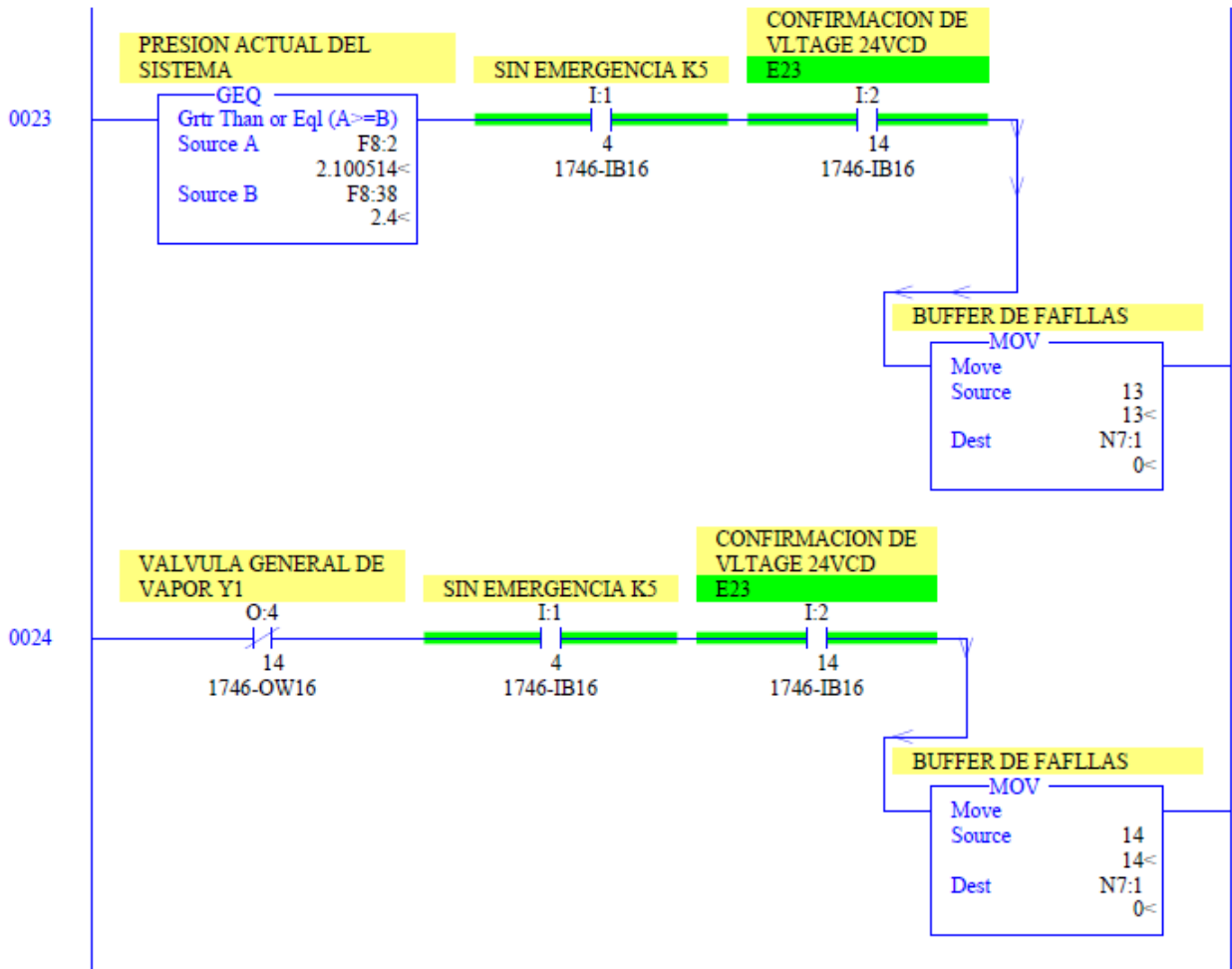




ANEXOS

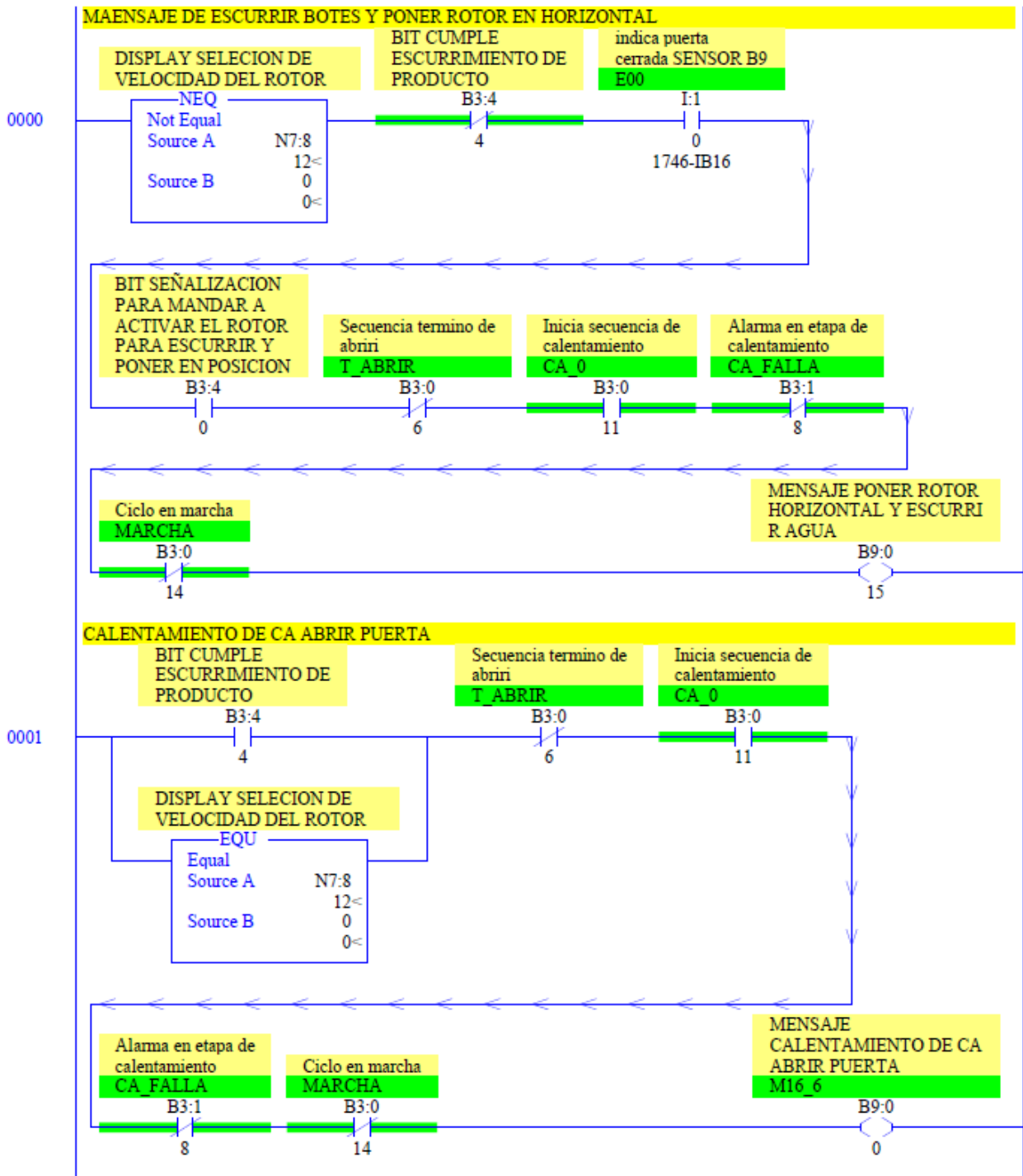


LAD 6 - ALARMA --- Total Rungs in File = 28



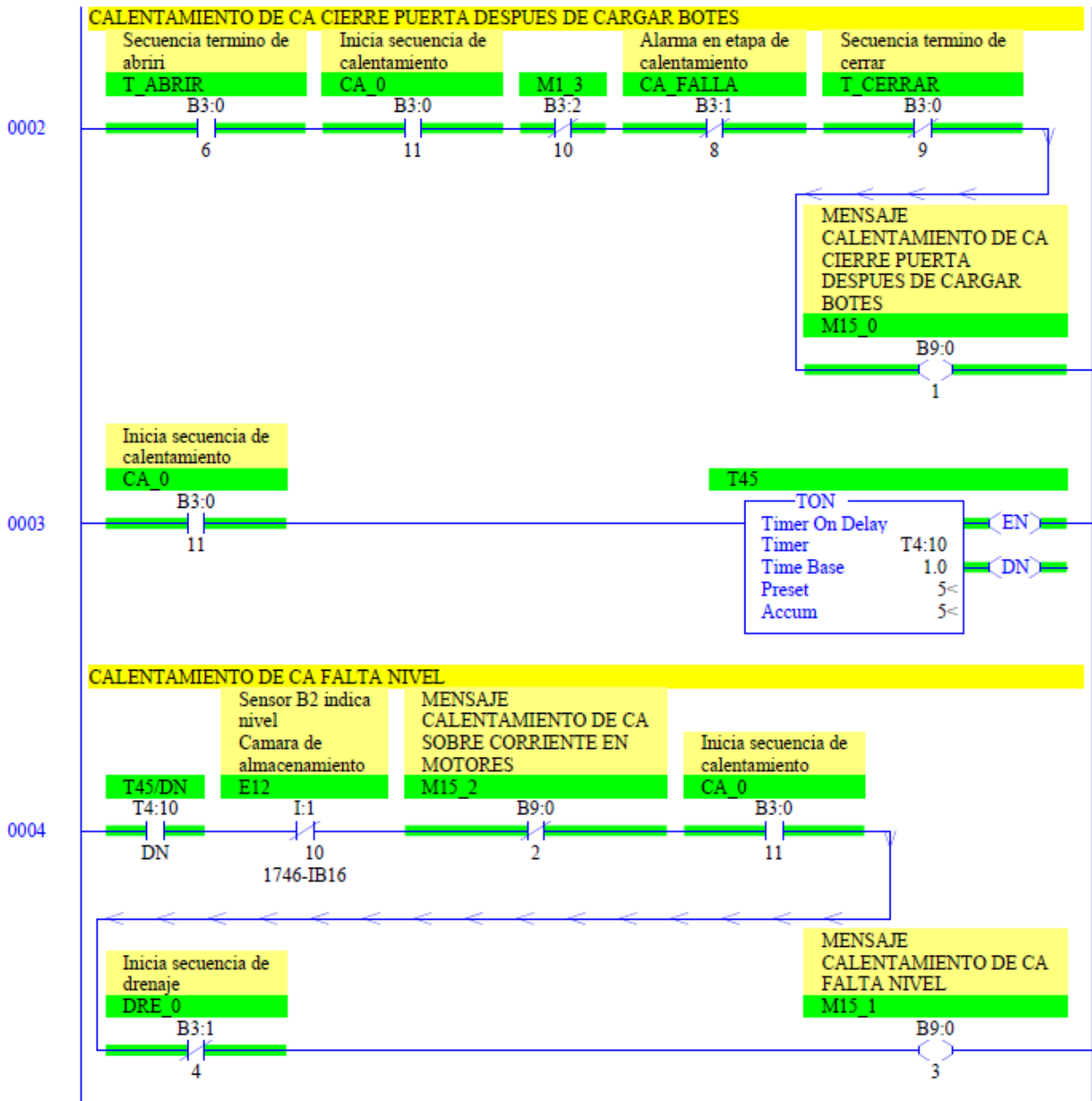


LAD 7 - LEYENDAS --- Total Rungs in File = 19



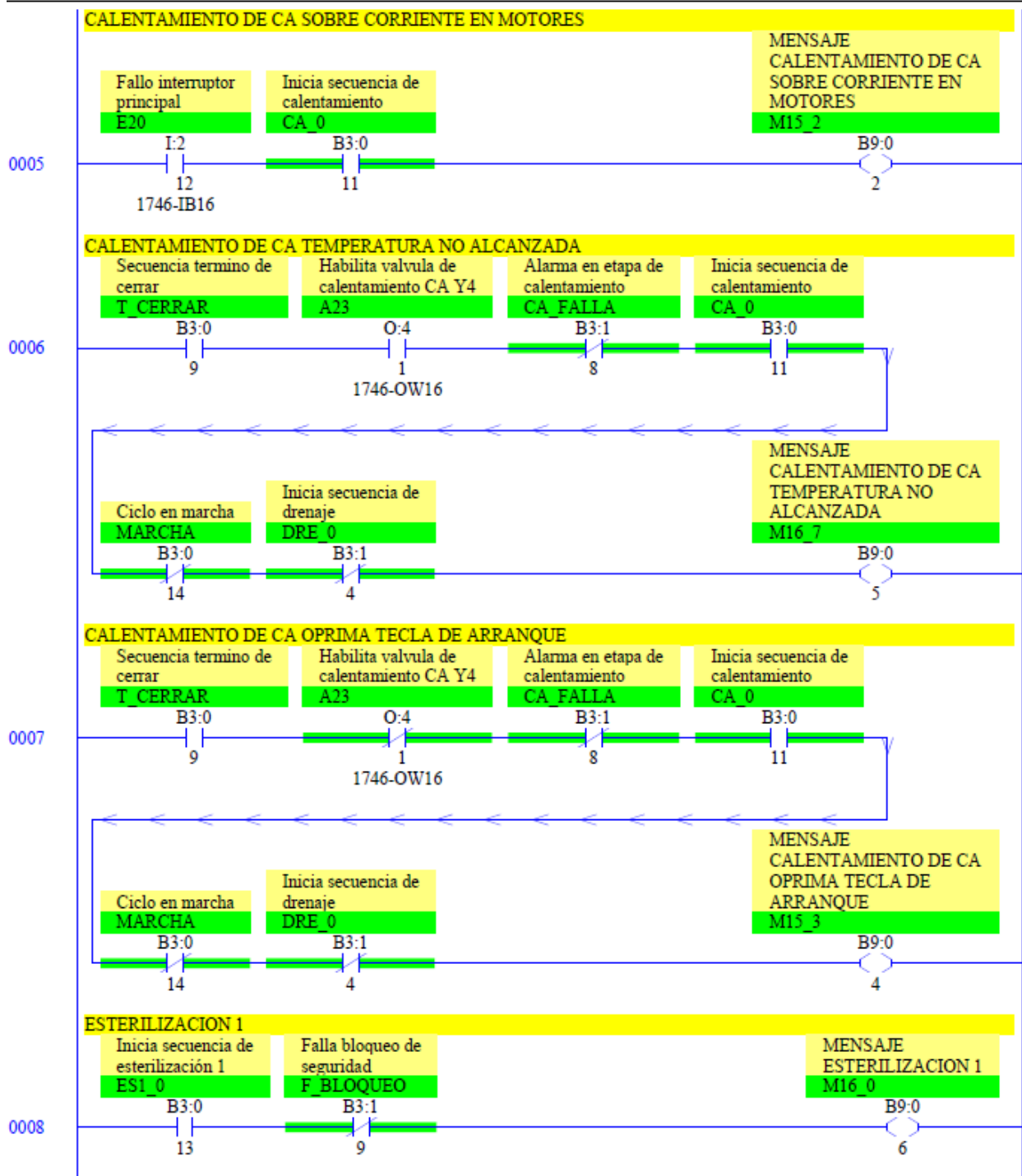


LAD 7 - LEYENDAS --- Total Rungs in File = 19





LAD 7 - LEYENDAS --- Total Rungs in File = 19

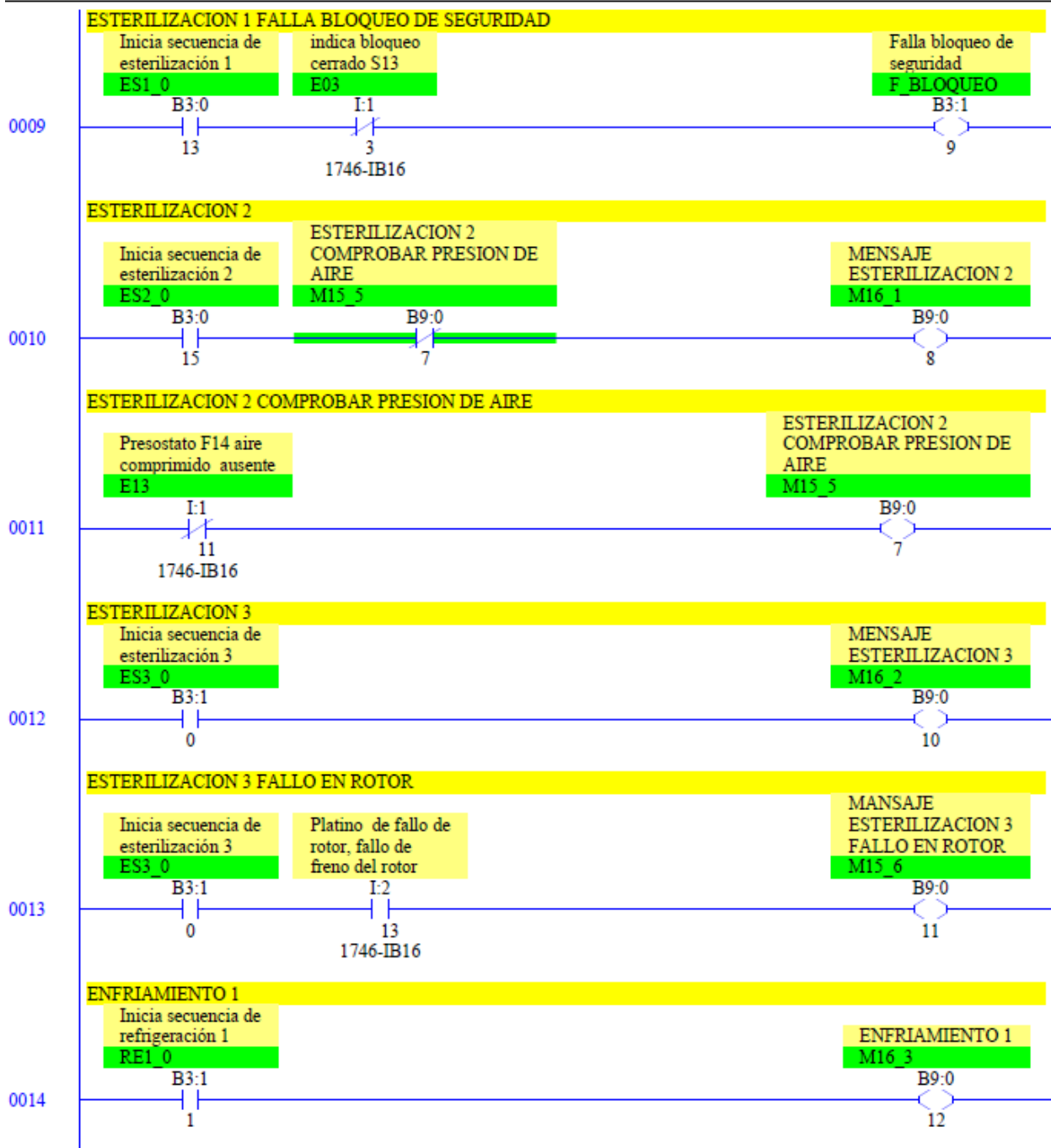




ANEXOS



LAD 7 - LEYENDAS --- Total Rungs in File = 19

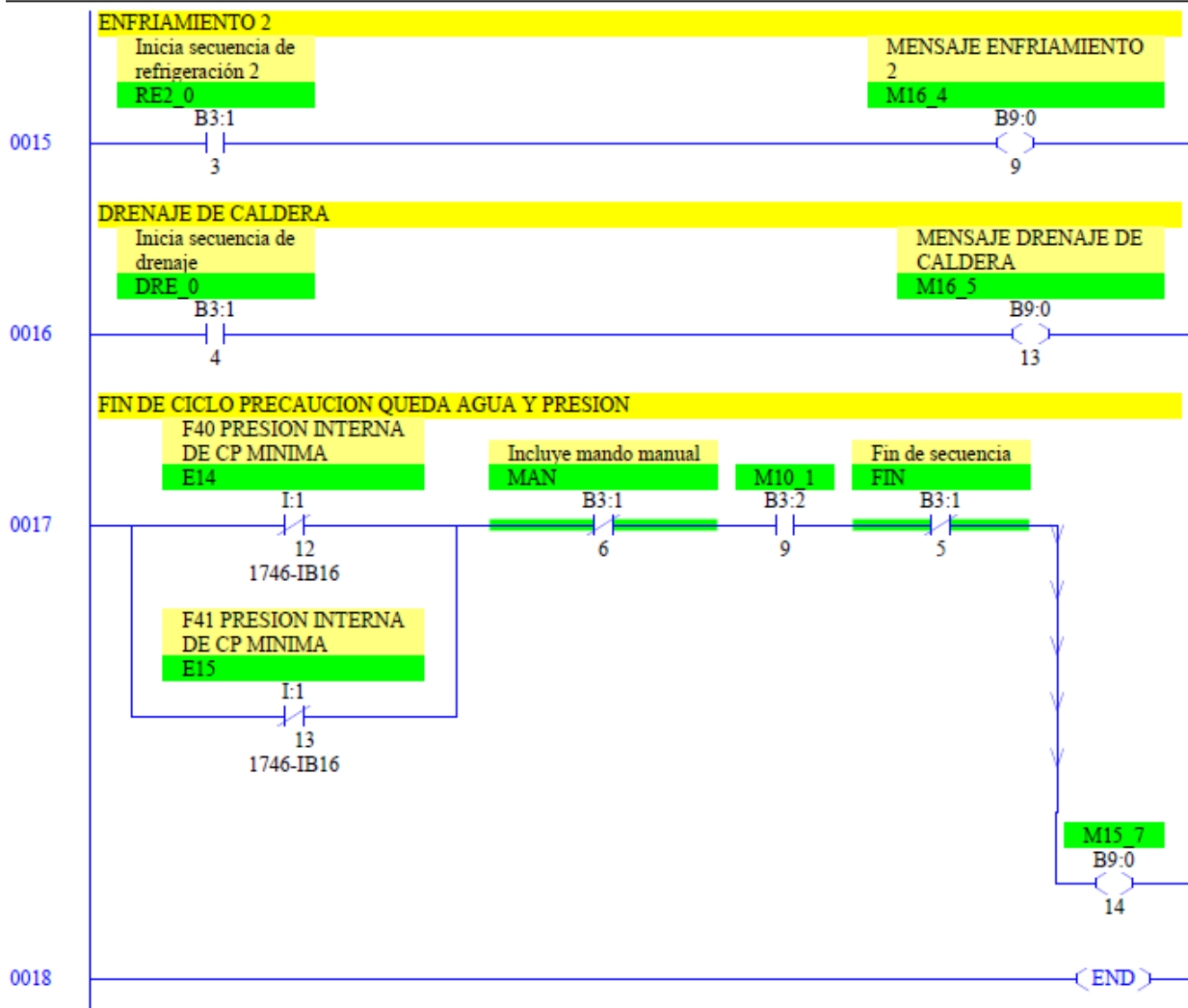




ANEXOS



LAD 7 - LEYENDAS --- Total Rungs in File = 19

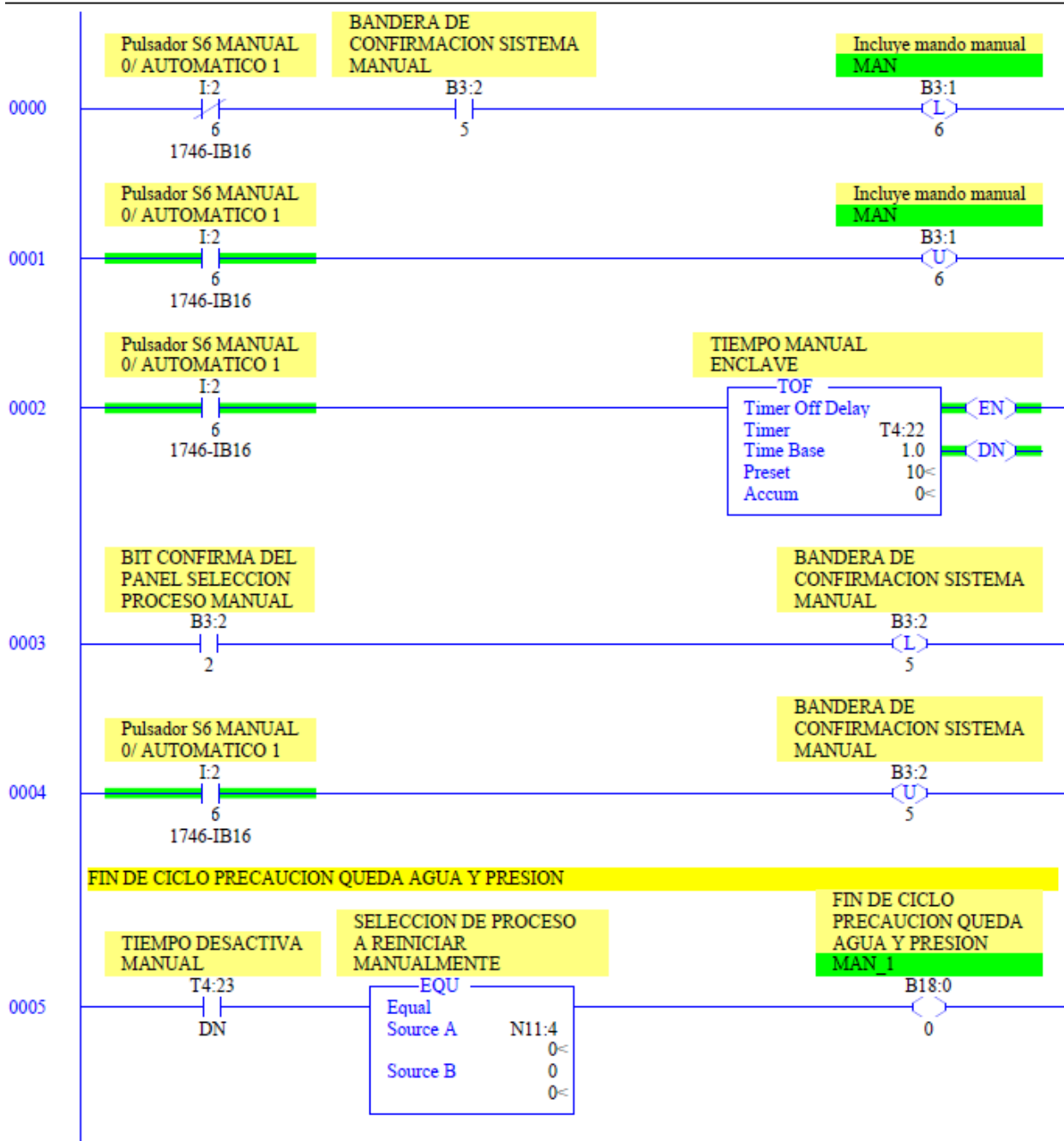




ANEXOS



LAD 8 - CAMBIO --- Total Rungs in File = 18

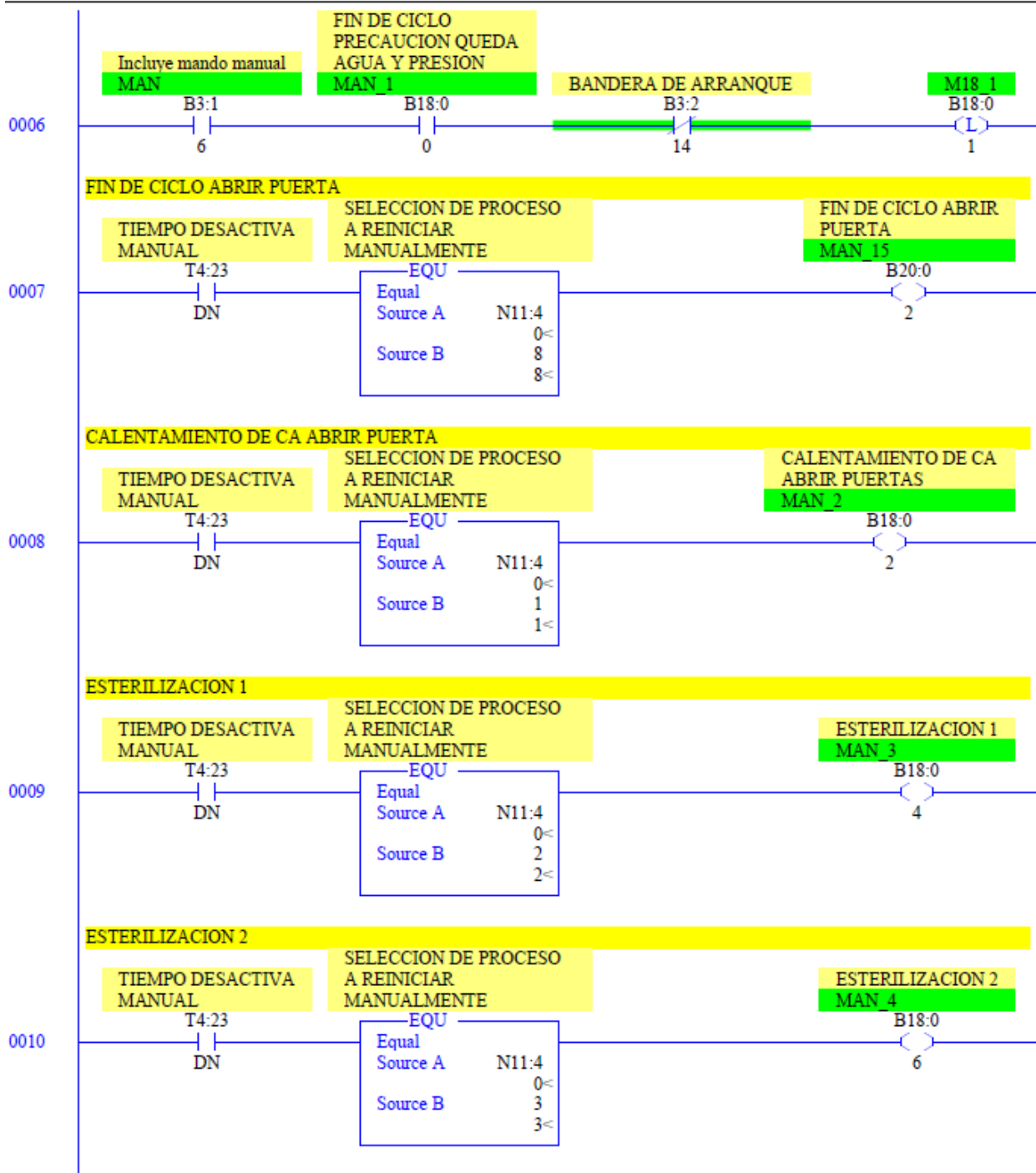




ANEXOS



LAD 8 - CAMBIO --- Total Rungs in File = 18

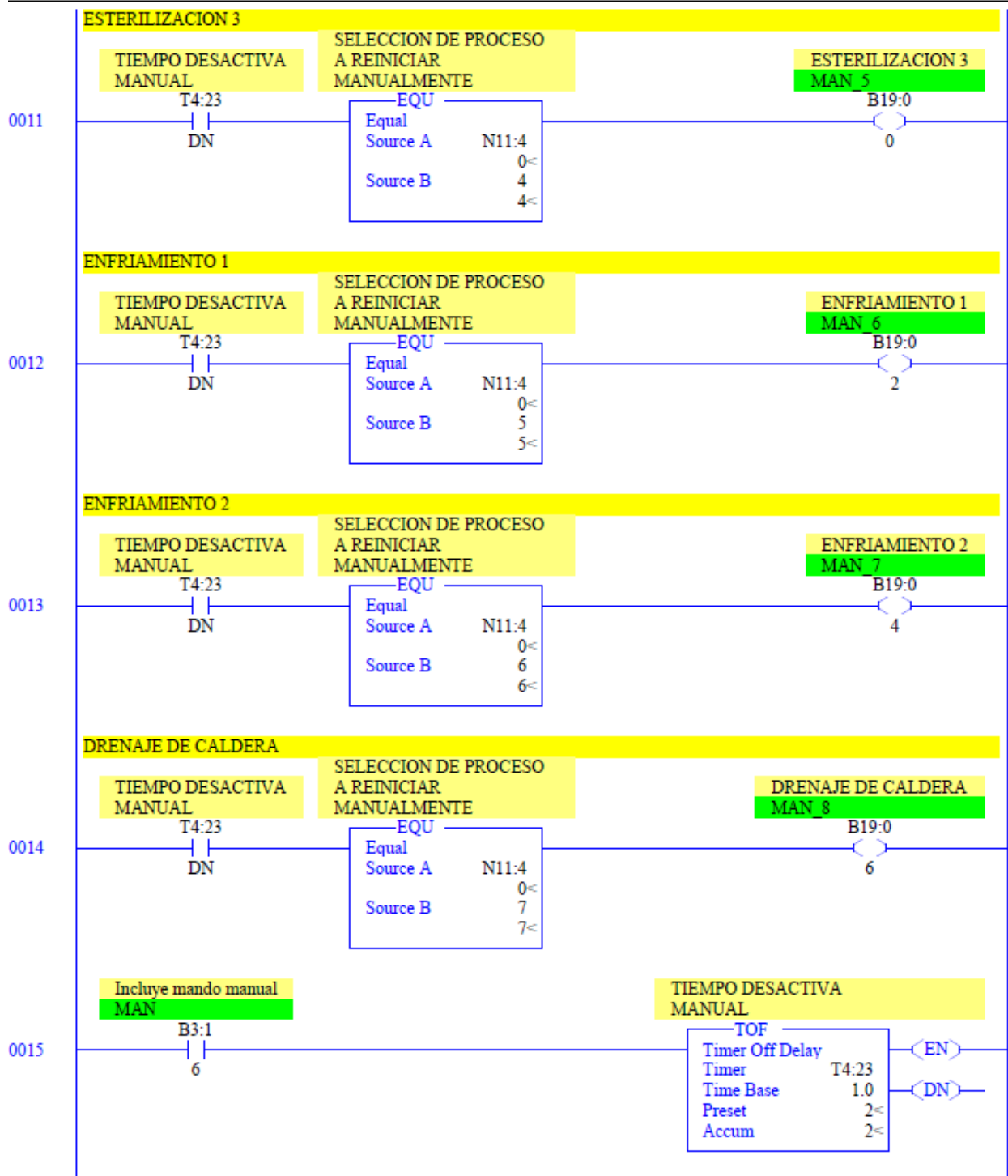




ANEXOS



LAD 8 - CAMBIO --- Total Rungs in File = 18

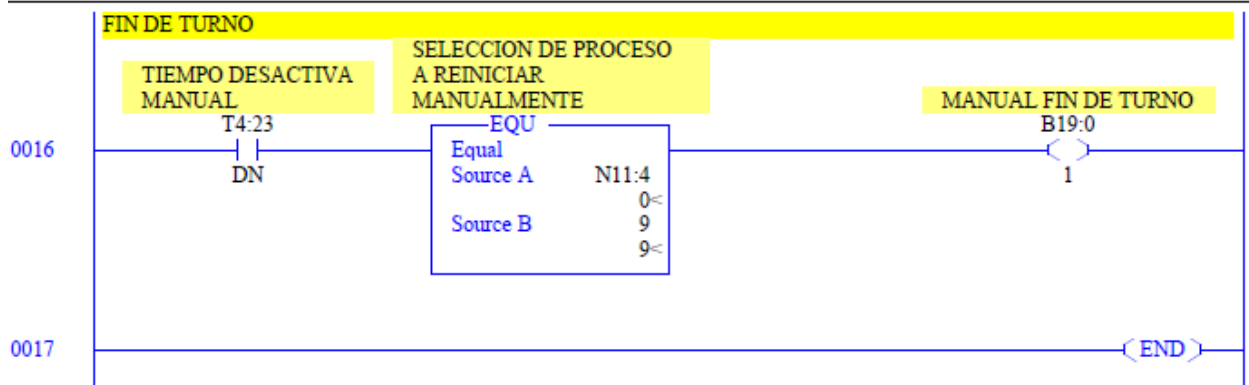




ANEXOS



LAD 8 - CAMBIO --- Total Rungs in File = 18

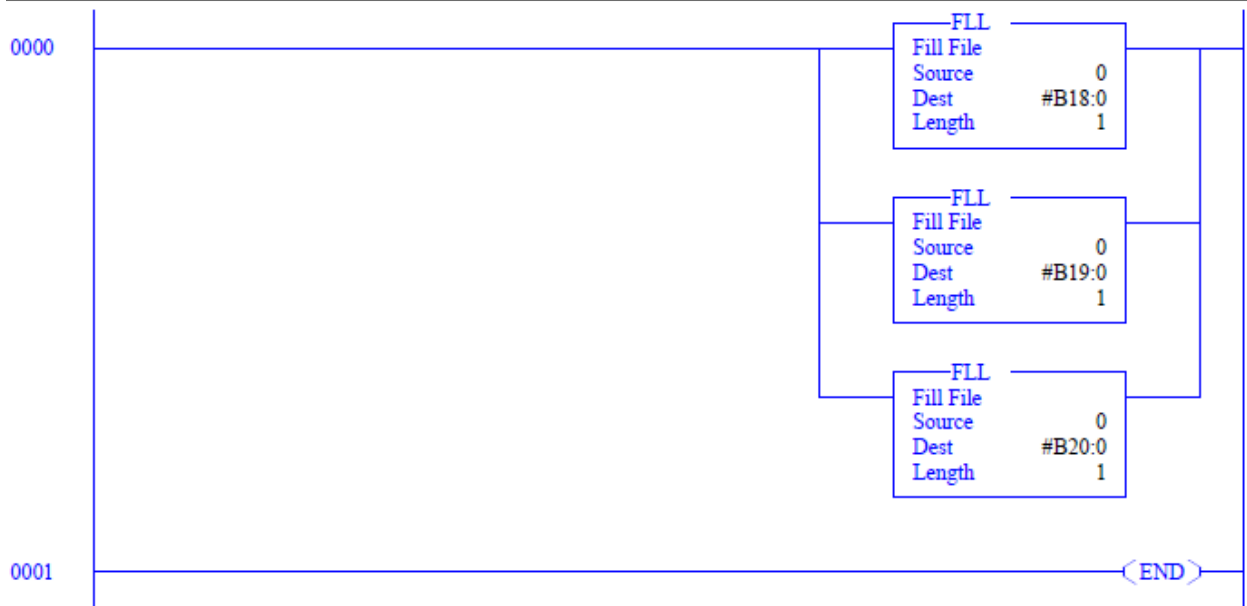




ANEXOS

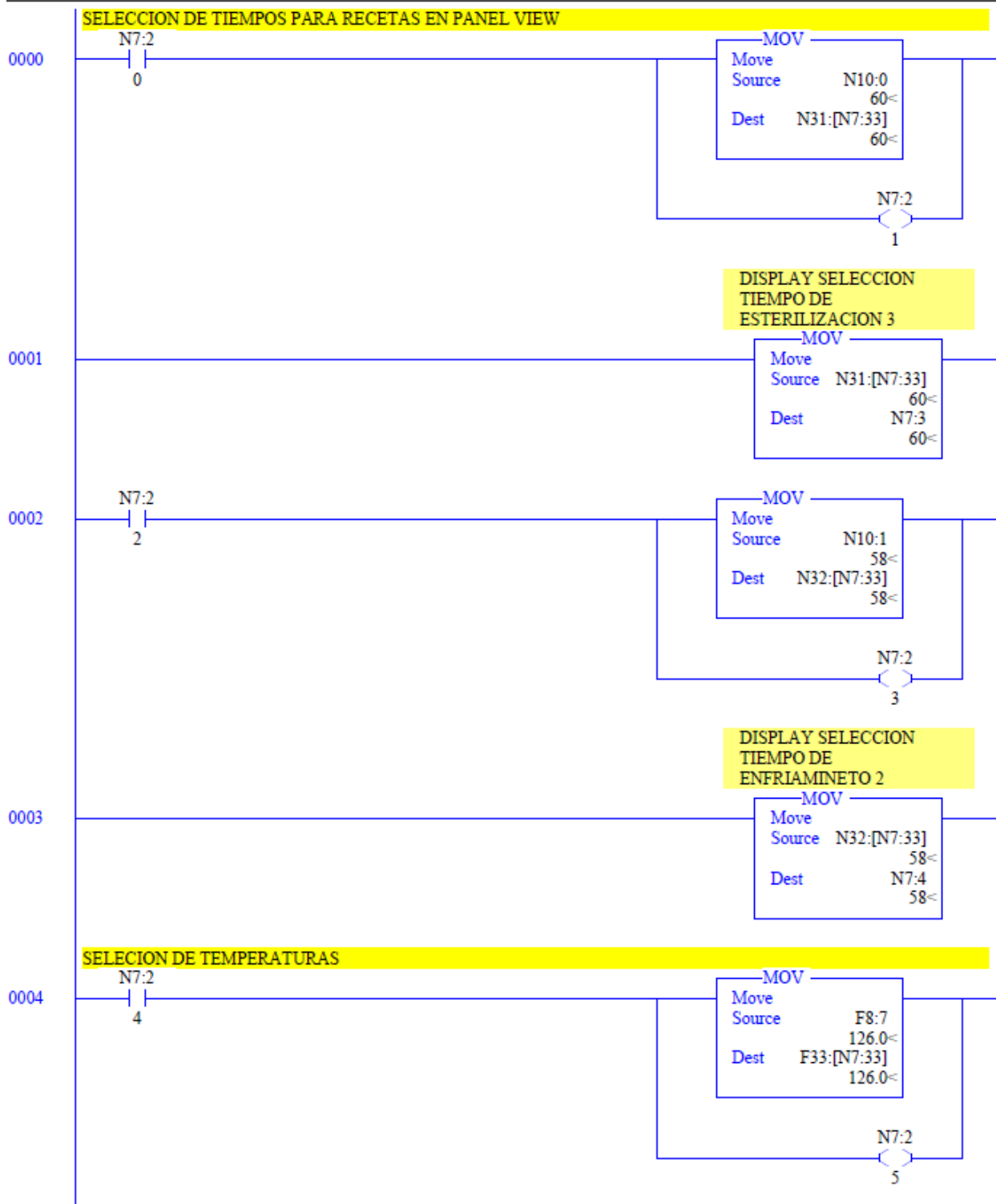


LAD 9 - RESET --- Total Rungs in File = 2





LAD 10 - RECETAS --- Total Rungs in File = 20

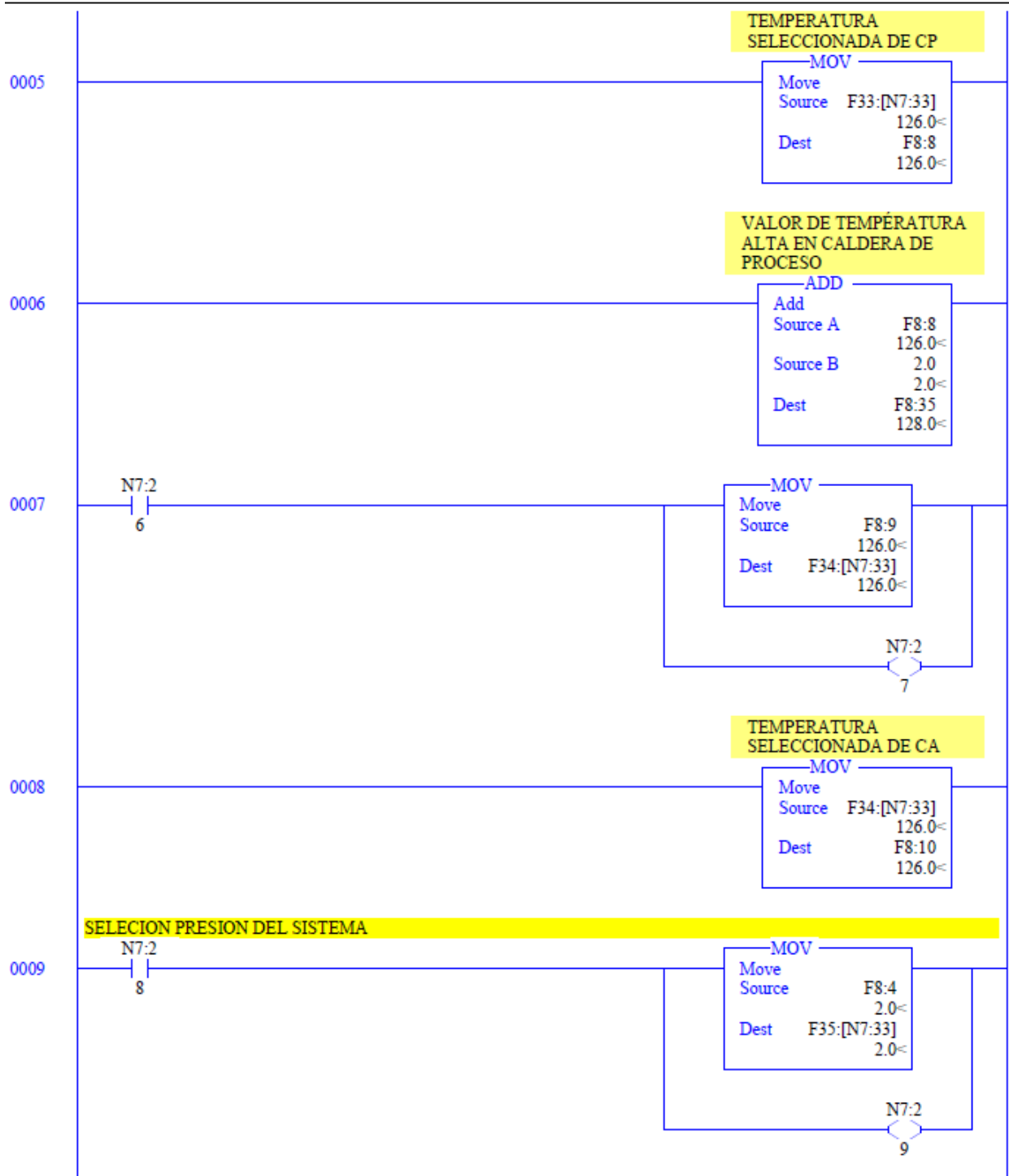




ANEXOS



LAD 10 - RECETAS --- Total Rungs in File = 20

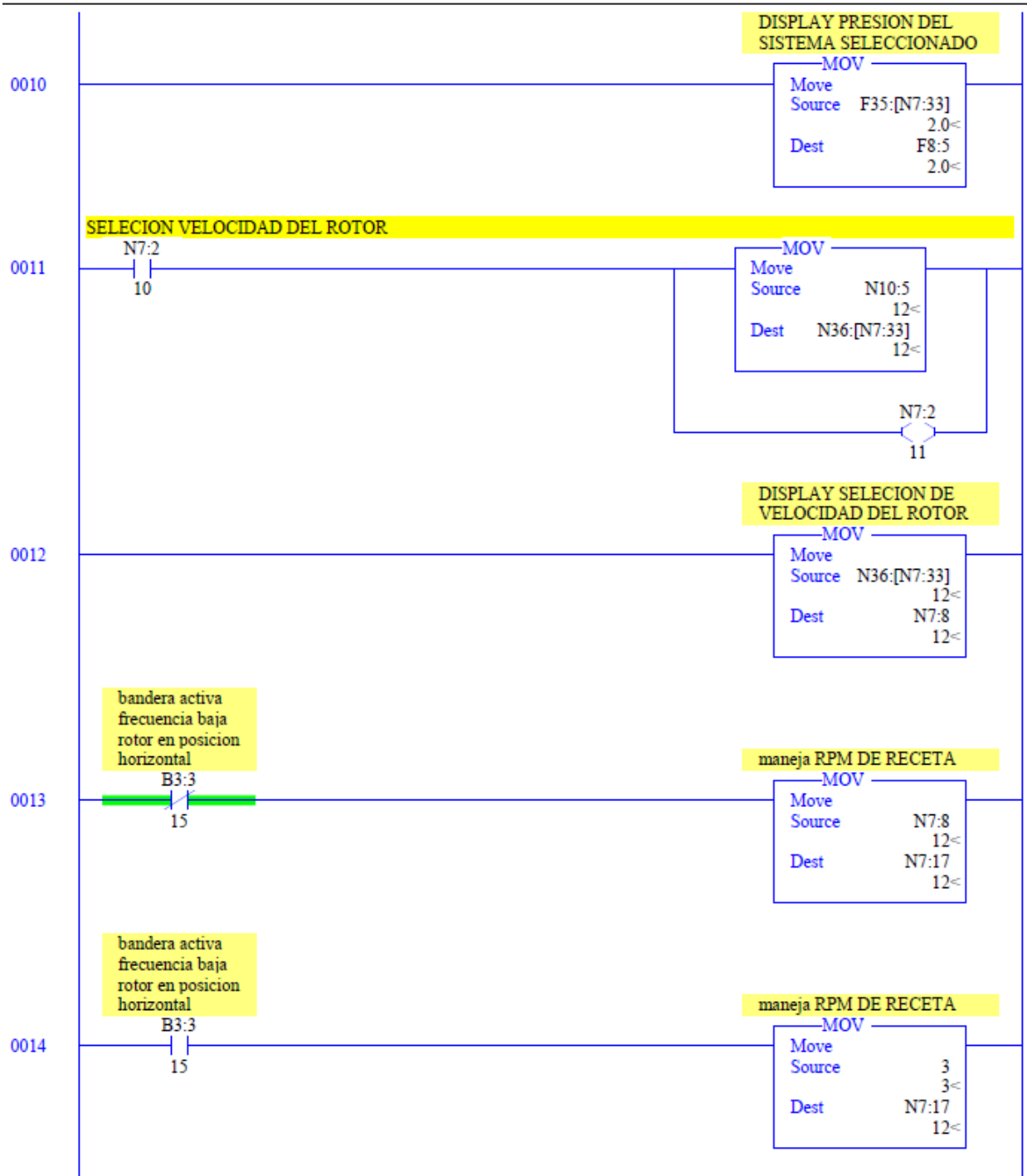




ANEXOS



LAD 10 - RECETAS --- Total Rungs in File = 20

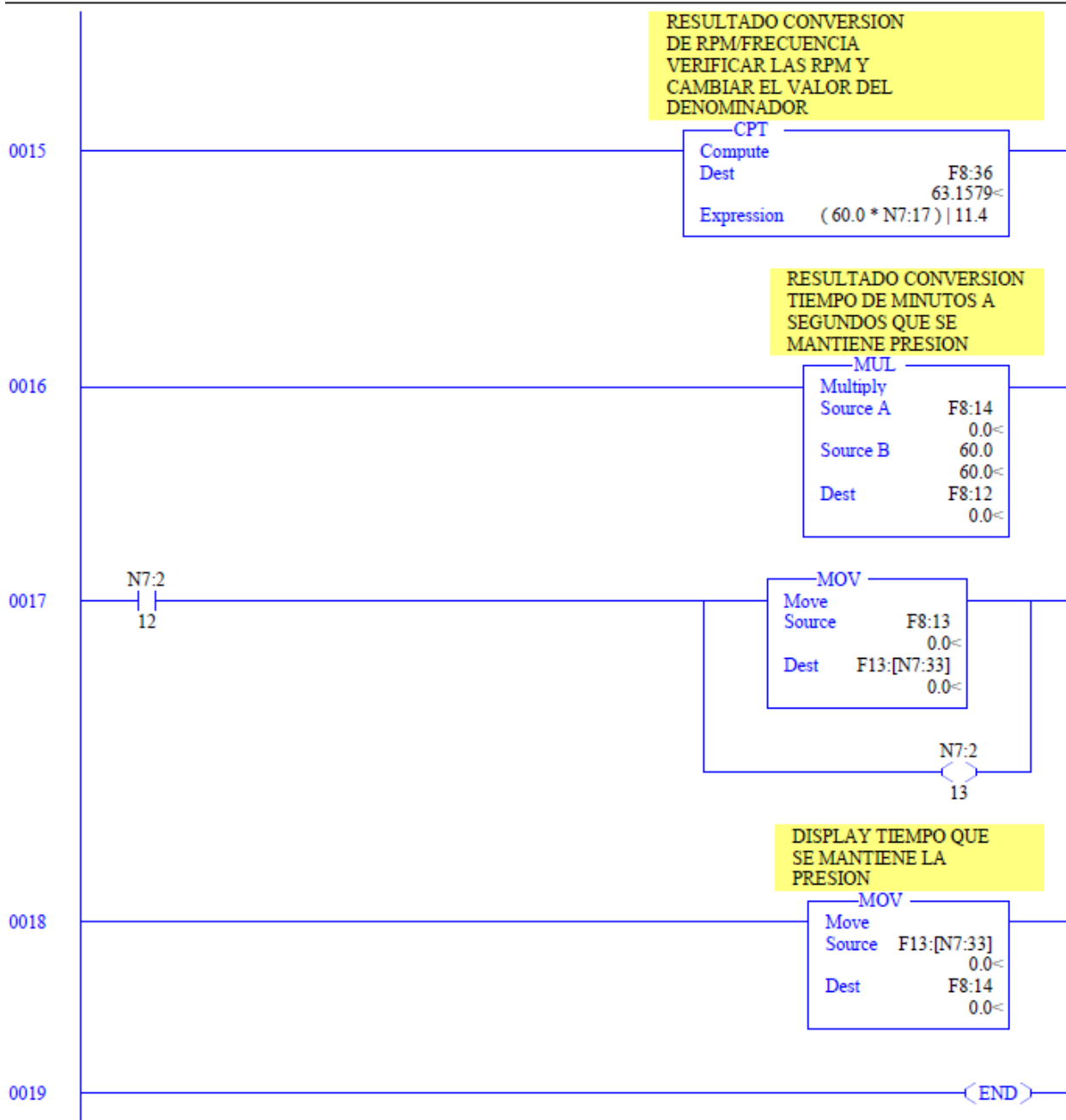




ANEXOS



LAD 10 - RECETAS --- Total Rungs in File = 20

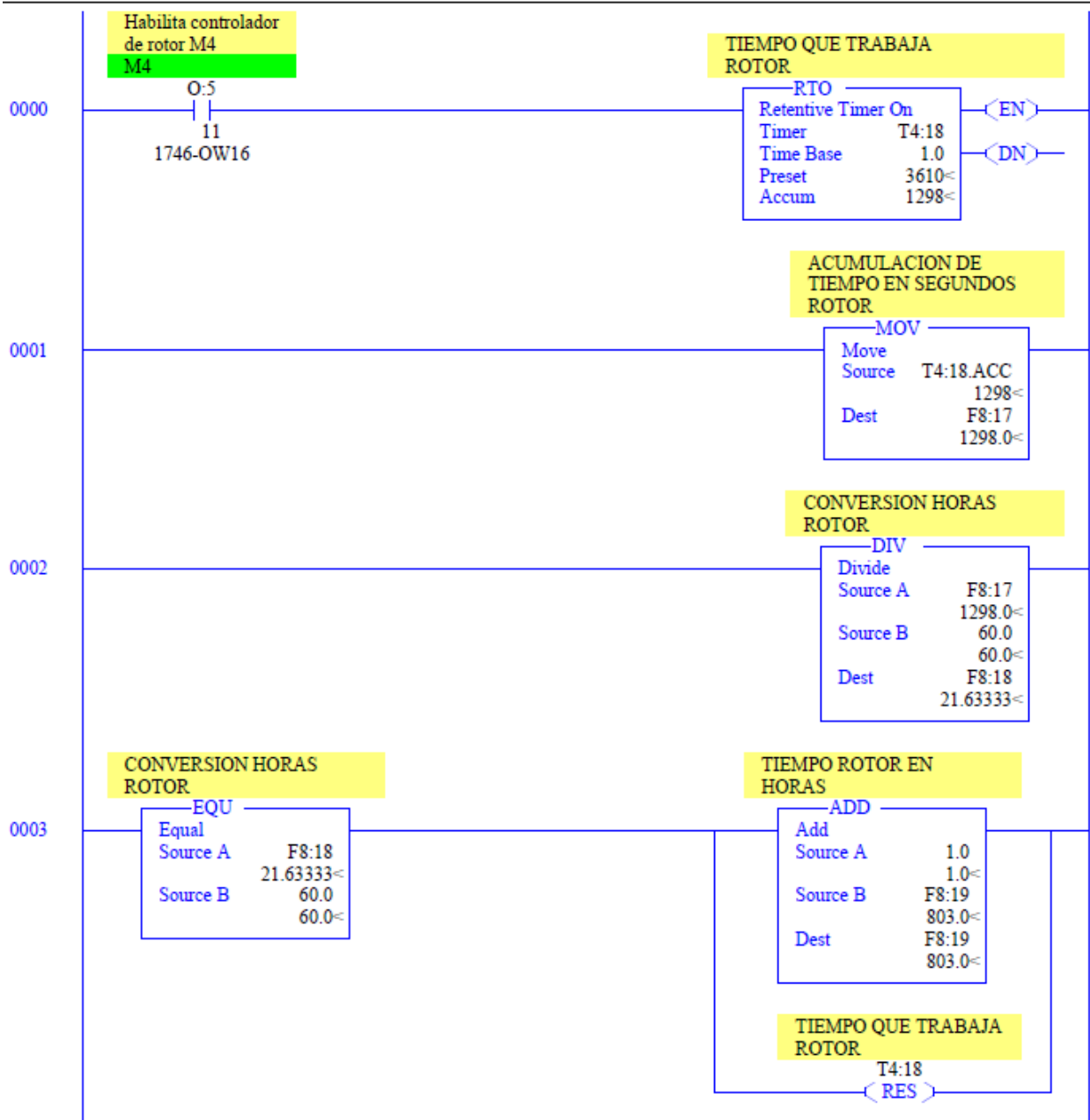




ANEXOS



LAD 11 - MANTO. --- Total Rungs in File = 26

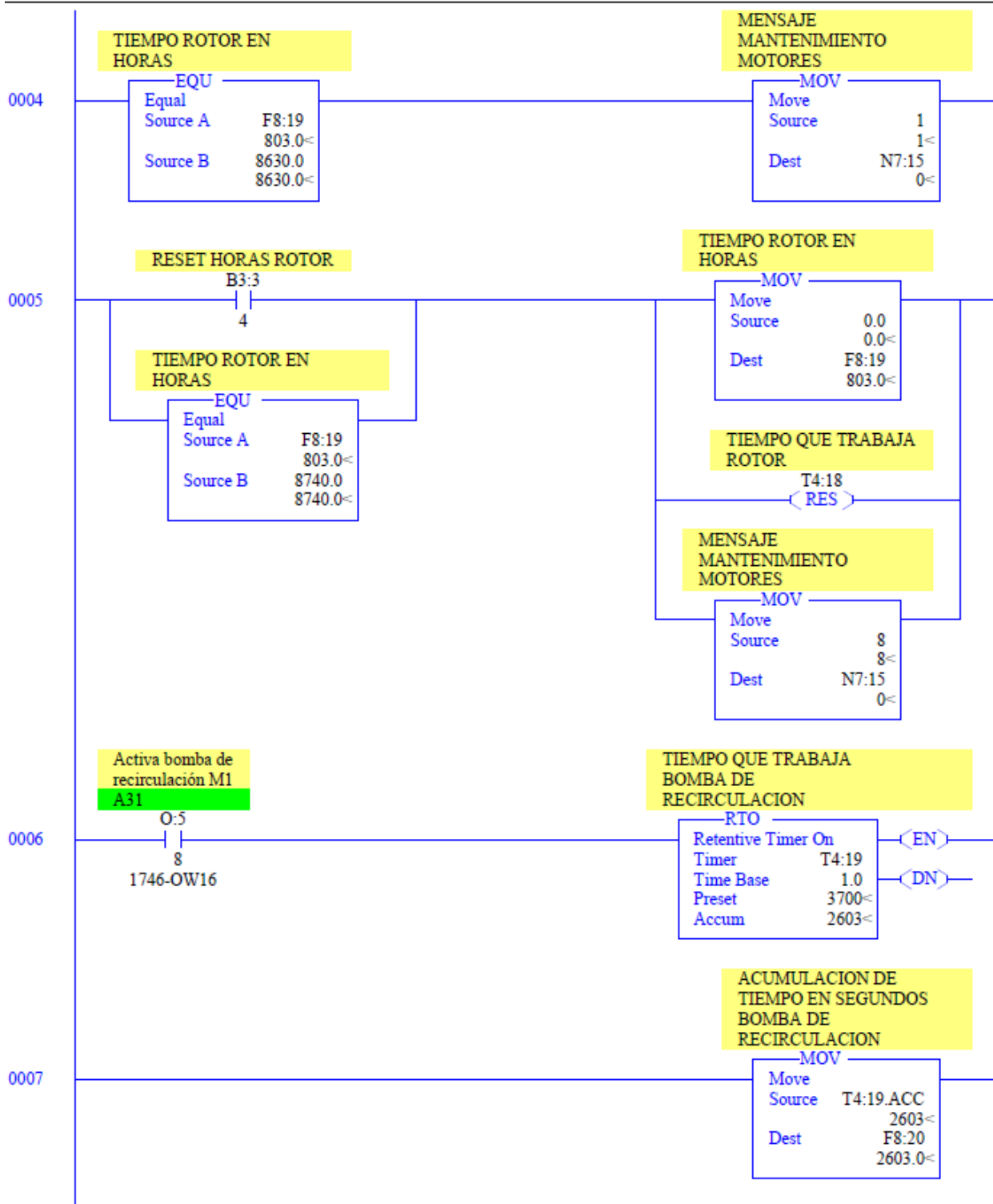




ANEXOS



LAD 11 - MANTO. --- Total Rungs in File = 26

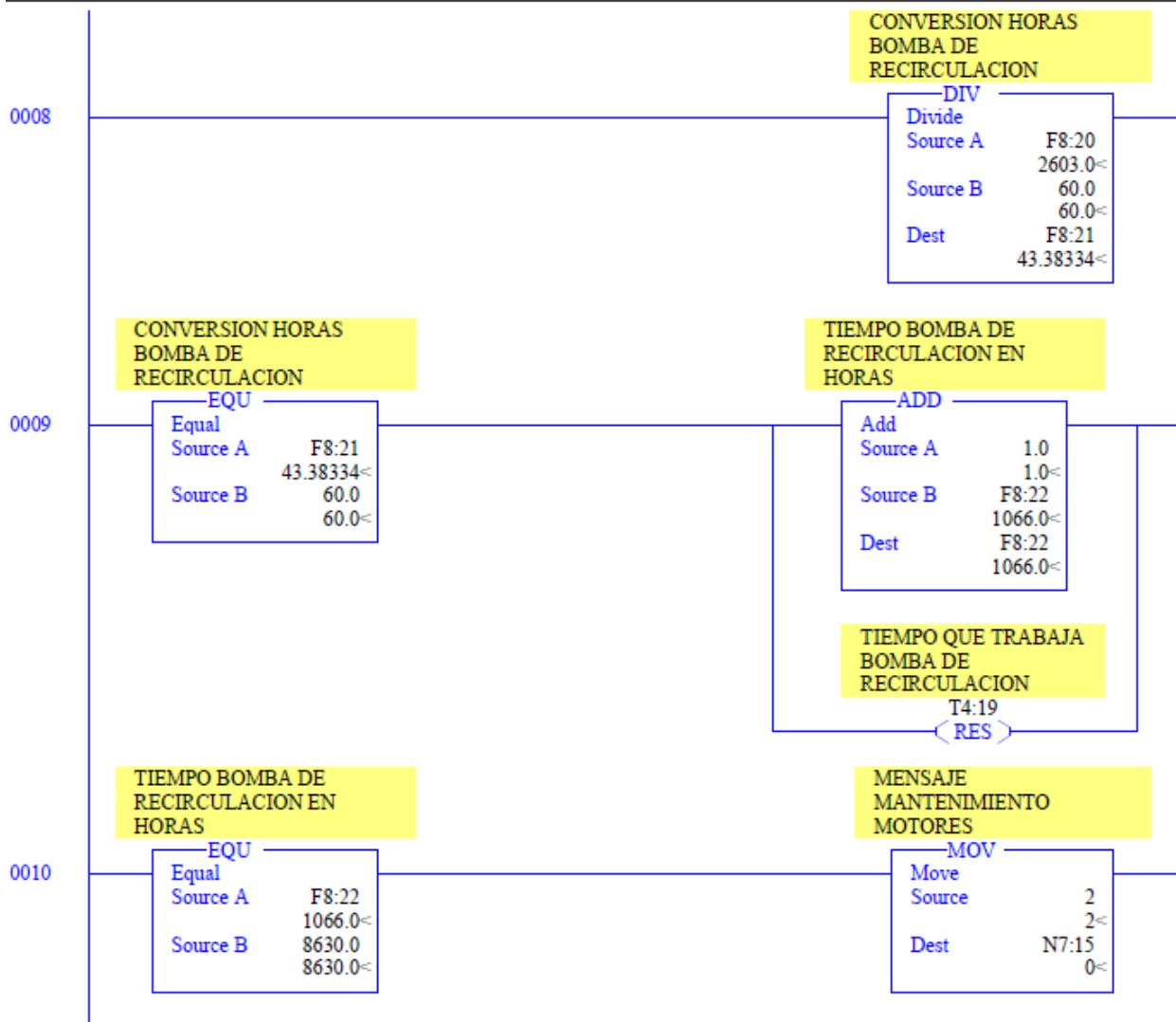




ANEXOS



LAD 11 - MANTO. --- Total Rungs in File = 26

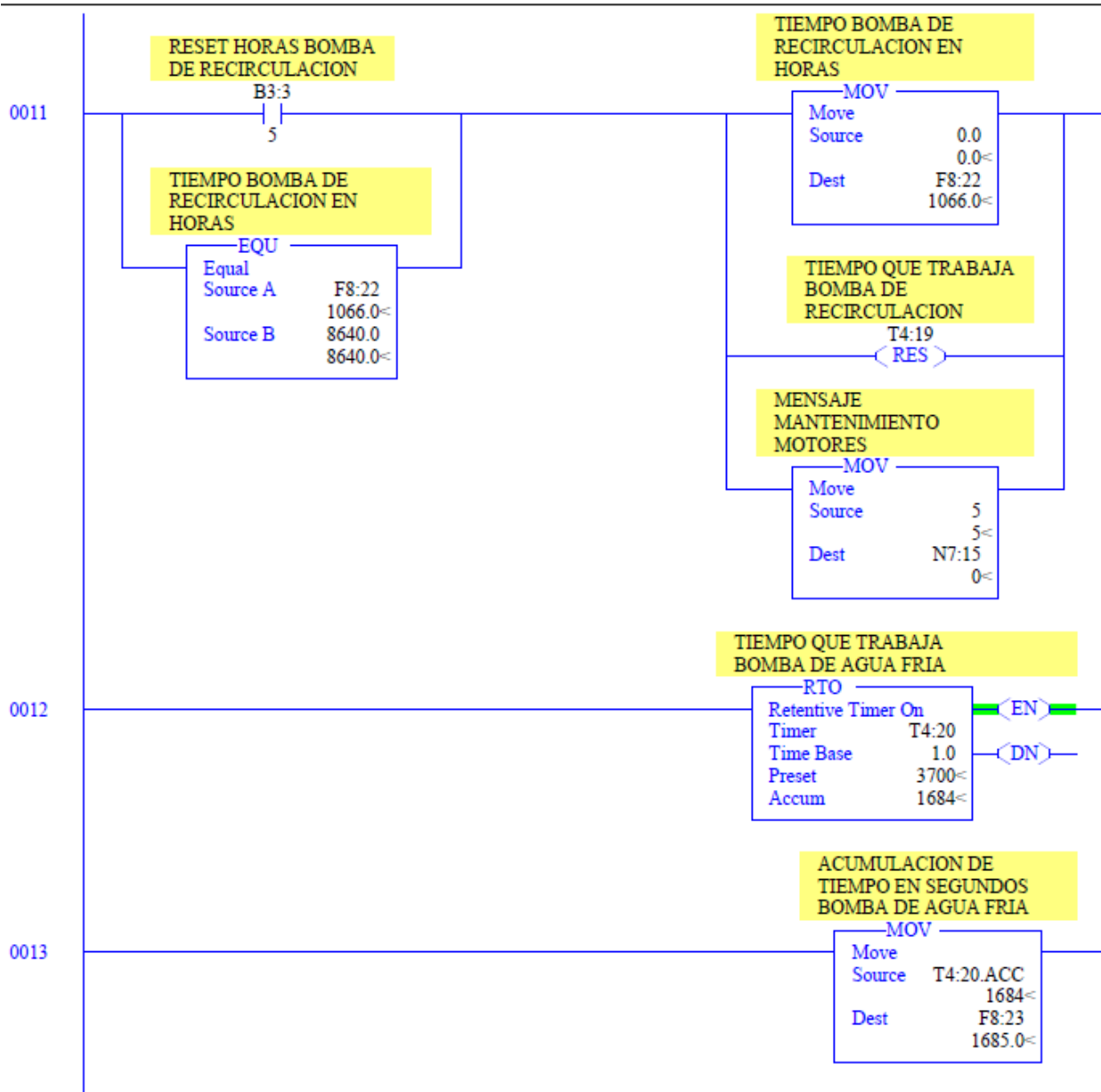




ANEXOS



LAD 11 - MANTO. --- Total Rungs in File = 26

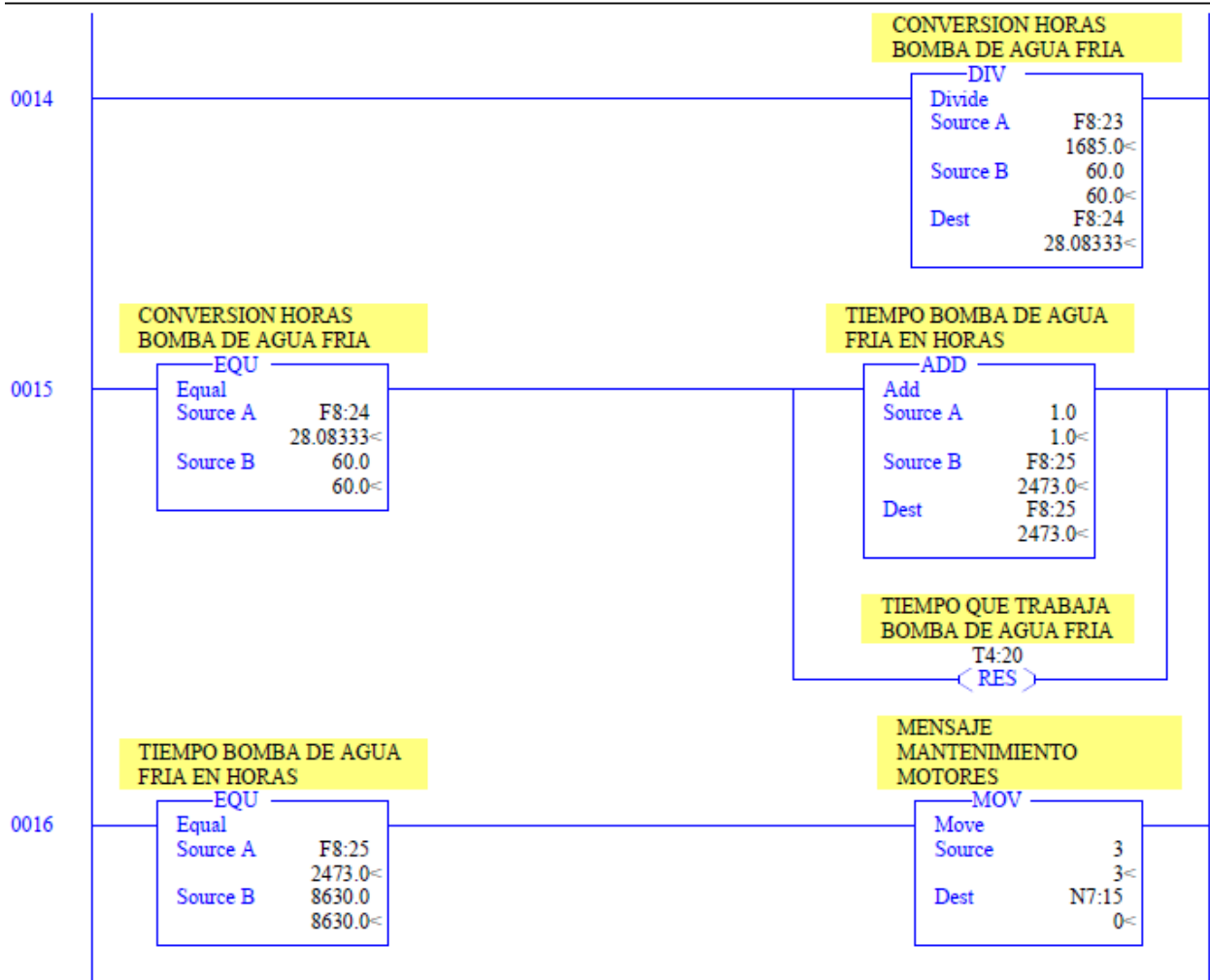




ANEXOS



LAD 11 - MANTO. --- Total Rungs in File = 26

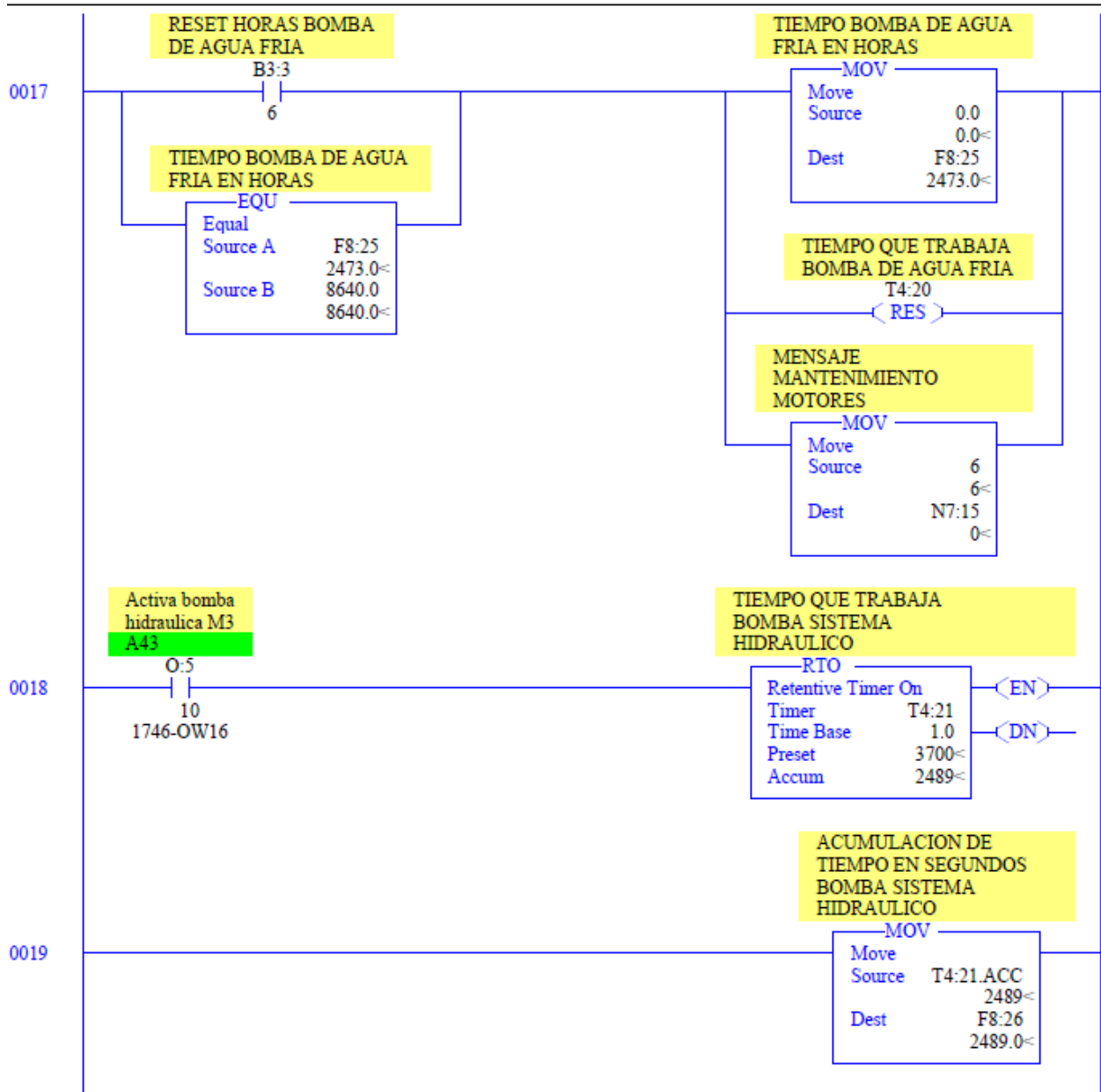




ANEXOS



LAD 11 - MANTO. --- Total Rungs in File = 26

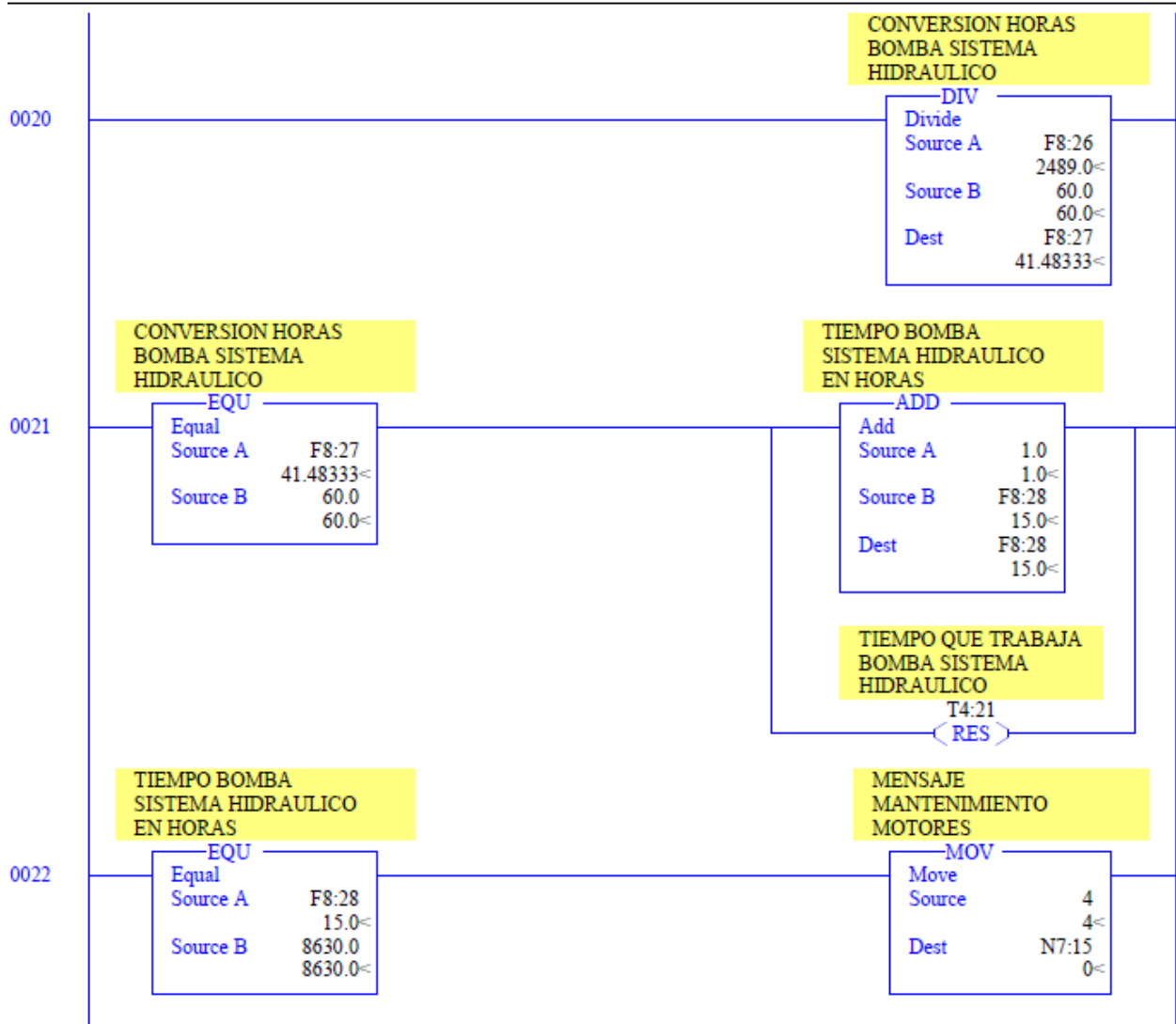




ANEXOS



LAD 11 - MANTO. --- Total Rungs in File = 26

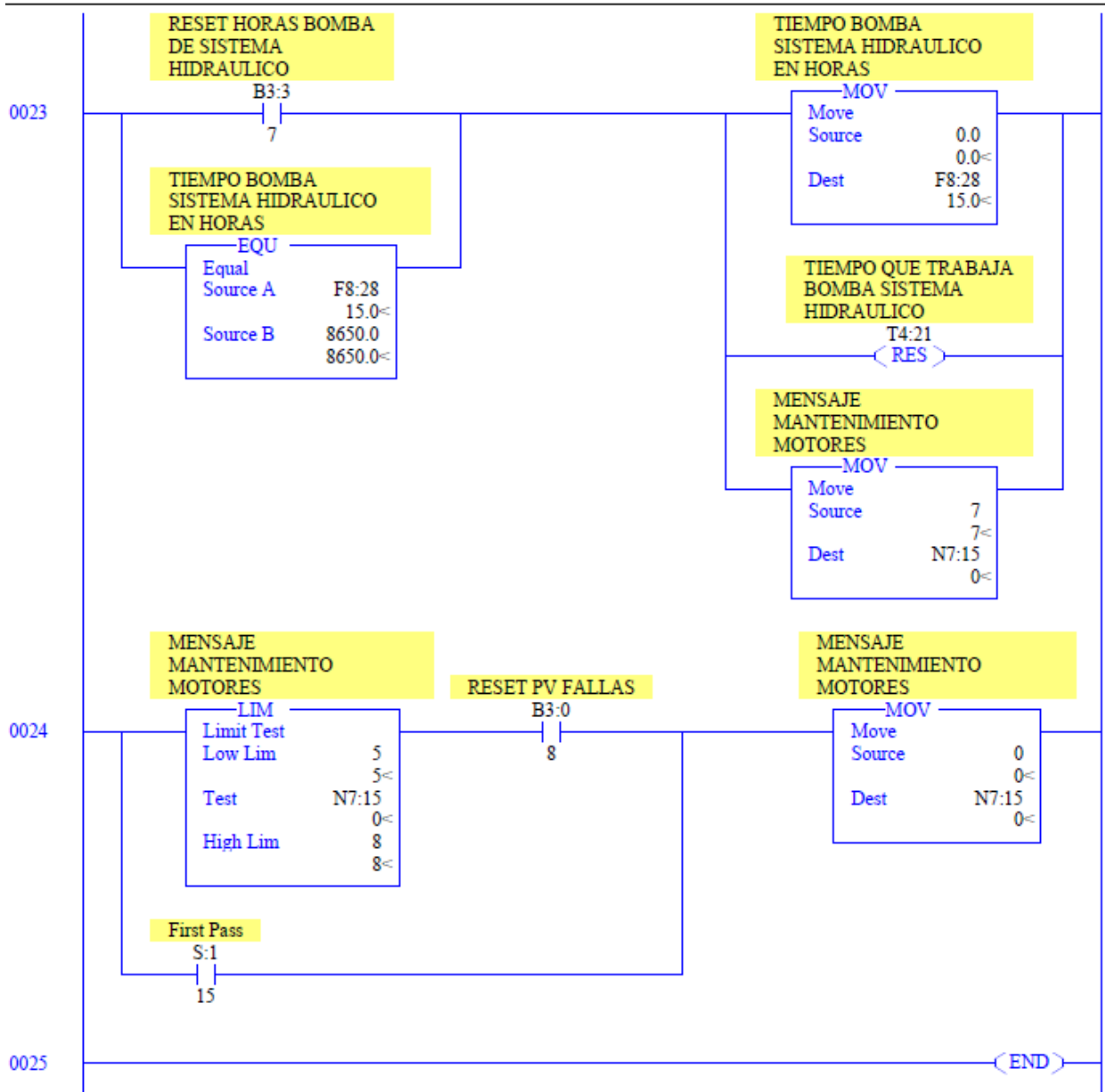




ANEXOS



LAD 11 - MANTO. --- Total Rungs in File = 26





GLOSARIO.

Autoclave.- recipiente metálico de paredes gruesas con un cierre hermético que permite trabajar a alta presión para realizar una reacción industrial, una cocción o una esterilización con vapor de agua.

Bar.- Unidad de medida de presión utilizada de procesos de alimentos.

Esterilización.- es un método de control del crecimiento microbiano que involucra la eliminación de todas las formas de vida microscópicas, incluidos virus y esporas, la temperatura utilizada para la destrucción de los mismos, es de 100 °C en adelante.

Setpoint.-punto o valor de referencia que utilizan los controladores para manejar un dato.

Rectificador.- es el elemento o circuito que permite convertir la corriente alterna en corriente continua

Hertz unidad de frecuencia representa un ciclo por cada segundo.

Capacitor.- es un dispositivo pasivo o mejor dicho que no necesita fuente de energía para su óptimo funcionamiento; utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico.