



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**INGENIERIA ELÉCTRICA**

**REPORTE DE RESIDENCIA**

**AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE ELECTROVALVULAS, DE SISTEMA  
DE SANEAMIENTO UTILIZANDO PLC CONTROL LOGIX EN LA PLANTA  
DE TORREON DE LA EMPRESA COCA COLA FEMSA.**

**ASESOR INTERNO**

**M. EN C. ALDO ESTEBAN AGUILAR CASTILLEJOS**

**ASESOR EXTERNO**

**ING. FRANCISCO JAVIER MATUS PINEDA**

**ALUMNO**

**ERNESTO RICARDO BALLINAS AGUILAR**

**NÚMERO DE CONTROL**

**12270607**

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, 15 DE DICIEMBRE DEL 2016**

# Contenido

1. CAPITULO I.....	4
1.1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.2. PROBLEMÁTICA.....	5
1.3. JUSTIFICACION.....	6
1.4. OBJETIVO.....	6
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	7
2. CAPITULO II.....	8
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA QUE SE PARTICIPÓ.....	8
2.1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	8
2.1.2. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.....	10
2.1.3. MISIÓN, VISIÓN Y VALORES.....	11
2.1.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO.....	12
3. CAPITULO III.....	13
3.1. FUNDAMENTO TEORICO.....	13
3.1.1. CONCEPTOS BASICOS.....	13
3.1.1.1. SISTEMA DE LIMPIEZA CIP (CLEAN EN PLACE).....	13
3.1.1.2. FASES DE LIMPIEZA DE CIP.....	15
3.1.1.3. SOLUCIONES LIMPIEZA CIP.....	16
3.1.2. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC).....	16
3.1.2.1. PLC ALLEN BRADLEY 1769 (L32E).....	18
3.1.2.1.1. DIMENSIONES.....	19
3.1.2.1.2. CONEXIONES ETHERNET AL CONTROLADOR.....	19
3.1.3. RED ETHERNET.....	20
3.1.3.1. CONMUTADOR ETHERNET.....	21
3.1.4. RED ASI-BUS.....	22
3.1.4.1. TOPOLOGIA DE LA RED AS-I.....	23
3.1.4.2. COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASI..	24
3.1.5. SISTEMA SCADA.....	28
3.1.5.1. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS SCADA.....	29
3.1.5.2. COMPONENTES EN UN SISTEMA SCADA.....	29
3.1.5.3. HMI.....	33
3.1.6. CABLES DE POTENCIA.....	34
3.1.6.1. ELEMENTOS COMPONENTES.....	34
3.1.7. CABLES DE CONTROL.....	35

3.1.8.	<b>CONTACTOR</b>	35
3.1.8.1.	<b>FUNCIONAMIENTO</b>	35
3.1.8.2.	<b>PARTES DE UN CONTACTOR</b>	36
3.1.8.3.	<b>SIMBOLOGIA DEL CONTACTOR</b>	37
3.1.9.	<b>RELEVADORES</b>	38
3.1.9.1.	<b>DESCRIPCIÓN DEL RELEVADOR</b>	38
3.1.10.	<b>SENSOR DE TEMPERATURA OMNIGRAD MTR10</b>	40
3.1.10.1.	<b>PRINCIPIO DE MEDICIÓN</b>	40
4.	<b>CAPITULO IV</b>	42
4.1.	<b>PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS</b>	42
4.1.1.	<b>ANÁLISIS DEL PROYECTO</b>	42
4.1.2.	<b>DISEÑO DE PLANOS</b>	43
4.1.3.	<b>DISEÑO DE PLANOS DE PROCESO</b>	45
4.1.4.	<b>FILOSOFIA DE OPERACIÓN</b>	47
4.2.	<b>IMPLEMENTACIÓN</b>	52
4.2.1.	<b>DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL</b>	52
4.2.2.	<b>DISTRIBUCION DE TABLERO DE CONTROL</b>	53
4.2.2.1.	<b>SLOT-01 1794-IE8</b>	53
4.2.2.2.	<b>SLOT-02 1794-IE8</b>	54
4.2.2.3.	<b>SLOT-03 1794-IB32</b>	54
4.2.2.4.	<b>SLOT-04 1794-OB32</b>	55
4.2.2.5.	<b>SLOT-05 1794-OB32</b>	56
4.2.3.	<b>ALTA DE VARIABLES</b>	57
4.2.4.	<b>INSTRUCCIONES DEL PROCESO</b>	57
4.2.5.	<b>MANUAL DE OPERACIÓN</b>	61
4.2.5.1.	<b>PANTALLA PRINCIPAL</b>	61
4.2.5.2.	<b>PANTALLA SISTEMA DE CIP</b>	63
4.2.5.3.	<b>PANTALLA PARAMETROS DE CIP</b>	66
4.2.5.4.	<b>PANTALLA MANUAL AUTOMATICO BOMBA</b>	68
4.2.5.5.	<b>PANTALLA MANUAL AUTOMATICO VALVULA</b>	69
5.	<b>CAPITULO V</b>	71
5.1.	<b>RESULTADOS</b>	71
5.2.	<b>CONCLUSION</b>	72
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	73

### 1.1. INTRODUCCIÓN

El trabajo que a continuación se presenta es de gran importancia para toda empresa del sector industrial, el cual lleva el nombre de automatización. Los proyectos de automatización deben ser el motor que impulse y motive a los directivos a invertir en tecnología que serán usadas en sus procesos de producción para que las empresas sean competitivas a nivel local, nacional, regional y mundial.

El tema de automatización puede ayudar a una empresa, para modificar y mejorar sus procesos industriales que son mecánicos y manuales cuya mejora permita reducir la mano de obra, simplificar el trabajo, donde las máquinas y elementos puedan realizar las operaciones de manera automática, haciendo el proceso más eficiente.

Debido a que la Automatización se compone de todas las teorías y tecnologías encaminadas de alguna forma a sustituir el trabajo del hombre por el de la máquina. En esta introducción se dará unas ideas muy generales sobre esta área, tan amplia y compleja.

Conceptualmente, la automatización se basa en una reiterada aplicación del mecanismo de feedback y, por ello, está en ese sentido relacionada con las Teorías de Control y de Sistemas. En cuanto a su aspecto tecnológico, puede decirse que siempre ha estado a la vanguardia, adoptando en cada momento histórico los más recientes avances.

Siendo nuestro objetivo automatizar ciertos procesos, parece claro que primero hemos saber cómo funcionan. Como veremos, el tipo de automatización a implantar depende del tipo de proceso a automatizar: no da lo mismo automatizar un proceso continuo que un proceso gobernado por eventos. Debido a la gran cantidad de procesos distintos que funcionan actualmente, consideraremos sólo los más importantes desde el punto de la automatización, y obtendremos modelos con sus características esenciales.

- Procesos continuos (tiempo continuo y/o discreto)
- Procesos comandados por eventos
- Procesos de fabricación

Pero no es suficiente con aprender a automatizar cada proceso. En una moderna factoría todos los procesos están conectados entre sí y desde la gestión de la empresa se pueden controlar y supervisar algunos o todos los procesos, a través

de redes locales y buses de comunicación. También pueden estar en conexión los diferentes departamentos de la empresa, e incluso empresas diferentes a través de redes propias o de Internet.

En este reporte se detalla el proceso de automatización de limpieza de los procesos que realizan en las líneas de llenadoras de la empresa COCA COLA FEMSA de la planta del estado de Torreón, logrando el proceso de limpieza más eficiente y rápido con la facilidad de manipulación para todos los operadores de dicha empresa.

## **1.2. PROBLEMÁTICA**

“La industria alimentaria requiere que los procesos de limpieza sean cada vez más confiables. En el marco de las normas aprobadas por el GFSI, la automatización es un paso clave para validar los procedimientos de higiene, ahorrar recursos, estandarizar consumos de servicios y productos químicos de limpieza”. (INGENIERIA ALIMENTARIA, s.f.)

Hasta el momento, al hablar de automatización de procesos de limpiezas, es un hecho que nos referíamos a un sistema CIP (Clean In Place), utilizado para la limpieza de cañerías y tanques con recirculación de productos químicos. Sin embargo, la tendencia mundial, es aplicar un proceso automático (fácilmente validable) a toda limpieza abierta que así lo permita.

Las razones para automatizar un proceso de limpieza son claras:

- La tecnología permite que el personal de limpieza se aboque a las tareas más especializadas.
- Los consumos de agua y energía son controlados, y minimizados.
- El gasto de productos químicos de limpieza es siempre el mismo y su concentración es estandarizada.
- La validación de estos métodos es fácil de conseguir y las empresas se aseguran que sea eficaz a lo largo del tiempo.

La limpieza abierta en planta ha sido, es y será, responsabilidad del personal de higiene. Lo que se intenta hacer al automatizar un sistema, es agilizar y dar repetitividad a distintos procesos de limpieza que, por su complejidad, requieren alta concentración del personal, trabajo en ambientes hostiles y resultados microbiológicos homogéneos.

### **1.3. JUSTIFICACION**

La empresa de automatización AIM Ingeniería es la encargada de la automatización del proceso de CIP (Clean in place) en la planta de Torreón de la empresa Coca Cola Femsa.

Con la automatización y el control que aquí se presenta se podrán realizar las tareas de saneamiento de forma eficiente y segura que solicita la empresa. Así mismo se mejoran el tiempo de producción y se disminuyen los errores dentro de la operación.

La implementación de este sistema trae varios beneficios tales como tiempos reducidos en la limpieza de los equipos, ahorro de gastos, así como una unificación en los mantenimientos realizados en los equipos y por ende pocos especialistas para llevarlo a cabo, lo que hace que el costo de mantenimiento sea menor, y el costo beneficio para la empresa mayor.

Es importante mencionar que con este control automático la seguridad e higiene de los procesos aumenta con el simple hecho de que ya no se tiene que realizar desmontajes de varias piezas y no se pone en riesgo la integridad de los operadores ni de los equipos, lo que refleja que cada vez existan menos accidentes de trabajo y menor daño a los equipos.

### **1.4. OBJETIVO**

Implementar un sistema de control y adquisición de datos que permita manipular de manera automática y manual electroválvulas de unidades de saneamiento, utilizando la red industrial ASI BUS y el controlador CONTROL LOGIX en la planta de Torreón de la Empresa Coca Cola Femsa.

## 1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

La Automatización de un proceso nos brinda muchas ventajas a nivel económico, social y tecnológico. Automatizar es ahora algo muy importante para poder ser competitivo en cualquier industria, muchas personas piensan que es algo que requiere inversiones fuertes y que están fuera de su alcance, esto depende del nivel de automatización ya que si se tienen máquinas se puede hacer en ellas automatización con PLC y control industrial con bajos costos y muy alta rentabilidad, asegurando una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado. Al automatizar se puede aumentar la capacidad de producción y a su vez dar respuesta más rápida a los clientes, entregando los productos de una manera más fácil y con un menor tiempo.

A continuación, se harán mención de algunos alcances y limitaciones que se presentan en la automatización.

### ALCANCES

- Una vez que un proceso de automatización se ha implementado y depurado, las operaciones se repiten de forma idéntica continuamente.
- Al alcanzarse la repetitividad es posible ajustar el proceso de manera que se logren niveles óptimos de calidad.
- Una vez ajustadas, las máquinas pueden trabajar día y noche sin necesidad de descansar.

### LIMITACIONES

- El proceso de implantación, desde el diseño de la línea y los equipos, hasta el mantenimiento regular y las modificaciones de mejora es muy caro y escaso y por ello solo las empresas con un capital alto lo logran hacer.
- Se requiere un capital para invertir en estos equipos muy elevado.
- En ocasiones de detiene el proyecto debido a que los instrumentos de medición tienen que mandarse pedir, y la entrega de estos mismo suele llegar a demorar hasta 30 días.

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA QUE SE PARTICIPÓ

#### 2.1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

AIM Ingeniería es una empresa creada en 2006; con el objetivo de ofrecer servicios integrales que satisfagan las necesidades de ingeniería, diseño, supervisión y ejecución de proyectos, con estándares de calidad.

AIM Ingeniería cuenta con la experiencia en Diseño de equipos y sistemas de proceso, así como en su Instalación; intercambio de calor, bombeo, cocimiento, concentración, destilación, dosificación, esterilización, filtración, pasteurización, homogeneización, tuberías y conexiones, manejo de fluidos y servicios de mantenimiento.

AIM Ingeniería para poder cumplir sus compromisos ha realizado alianzas estratégicas, con compañías vanguardistas tanto en equipos para la automatización, como en equipos de proceso. La empresa ha logrado el reconocimiento de ROCKWELL AUTOMATION para certificarse como compañía integradora. AIM Ingeniería para equipos especializados de proceso tiene el respaldo, certificación y asesoría técnica de TETRA-PAK de quien es distribuidor directo.

Así mismo cuentan con venta, reparación y refaccionamiento de:

- Intercambiadores de calor
- Homogenizadores
- Bombas y Válvulas tipo sanitario.
- Pasteurizadores.

Para ejecutar los servicios antes mencionados, el personal de AIM Ingeniería lo forman profesionales altamente calificados y con amplia experiencia en las siguientes disciplinas:

- Ingeniería de Proceso.
- Ingeniería de Instrumentación y control.
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Eléctrica.
- Automatización.



La empresa así también desarrolla actividades de ingeniería aplicada tales como:

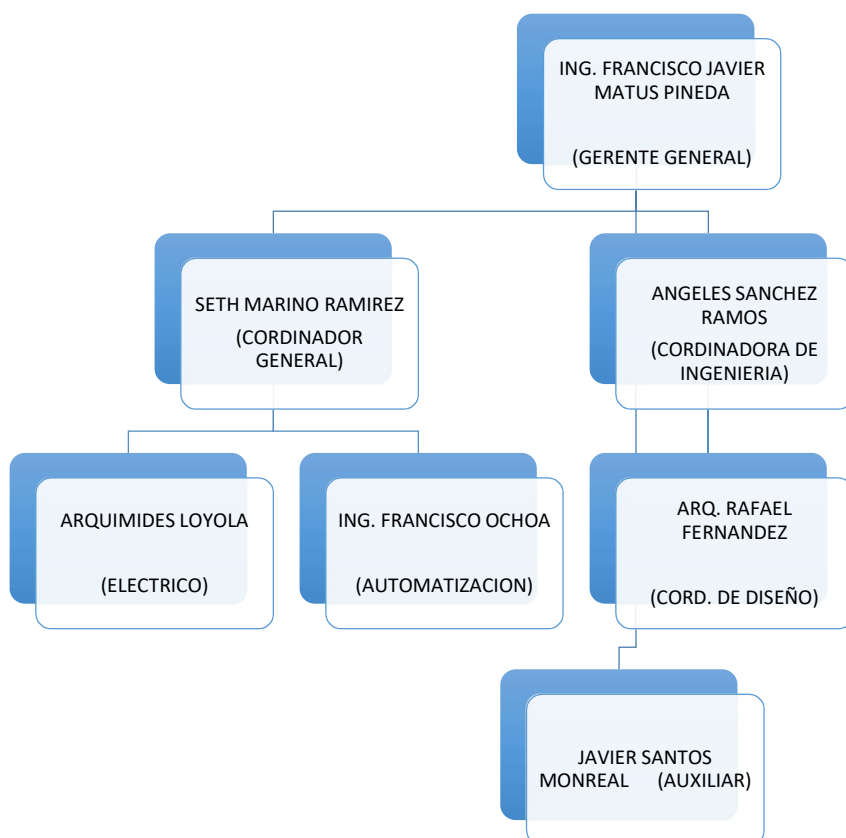
- Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle.
- Diseño de Proyectos e Ingeniería de Planta.
- Dirección de Proyectos.
- Ejecución y Supervisión de Proyectos.
- Selección y Designación de Equipos y Materiales.
- Instalación de Líneas Productivas (Mecánica y Eléctrica)
- Automatización de Procesos y Líneas Productivas.
- Puesta en marcha de Plantas Industriales.

La base operativa con la que AIM Ingeniería opera es una red multidisciplinaria matricial en la que los Ingenieros de Proyectos (Supervisores) atienden a los clientes en forma única e individual, reportando a la Gerencia de Proyectos.

Así también AIM Ingeniería tiene socios estratégicos como, por ejemplo: PIABSA, la cual genera los siguientes servicios:

- Selección de Tecnología.
- Diseño Conceptual y de Detalle.
- Planeación Maestra de Proyectos.
- Ingeniería de Proceso.
- Diseño.
- Instalaciones Sanitarias de Equipo y Red de Tuberías.
- Ingeniería de Instrumentación y control.
- Selección y Suministro de Equipos de Instrumentación.
- Integración de Equipos
- Automatización de Procesos y Maquinaria.
- Ingeniería Mecánica
- Montajes mecánicos.
- Tuberías y conexiones. (Sanitaria e Hidro-Sanitaria)
- Ingeniería Eléctrica.
- Instalaciones industriales
- Distribución de Fuerza.

## 2.1.2. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



### **2.1.3. MISIÓN, VISIÓN Y VALORES**

#### **Misión**

Lograr la completa satisfacción del cliente en proyectos de automatización e instalaciones de proceso, cerrando círculos de sinergia industrial y calidad, posicionándonos como una empresa innovadora, logrando el proceso de los empleados y de la industria mexicana.

#### **Visión**

Consolidar la posición estratégica del Grupo AIM Ingeniería, dentro del mercado de las instalaciones de proceso y la automatización como una empresa líder en México, cumpliendo con estándares de calidad mundial y satisfaciendo las necesidades de las empresas mexicanas en el ramo industrial alimenticio.

#### **Valores**

Para nuestra empresa son de lo más importantes ya que nos llevan a definir la imagen de una empresa profesional y de calidad mundial.

- Honestidad
- Respeto
- Responsabilidad
- Puntualidad
- Orden
- Confidencialidad
- Seguridad
- Disciplina
- Perseverancia
- Integridad

## 2.1.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO

El área donde se realizó el proyecto está ubicada en la planta de Torreón de la empresa COCA-COLA FEMSA, en la cual se realizó la instalación del tablero de control y las tuberías para lograr el sistema CIP planeado, en un área de 10x15 metros en el interior de la misma planta.

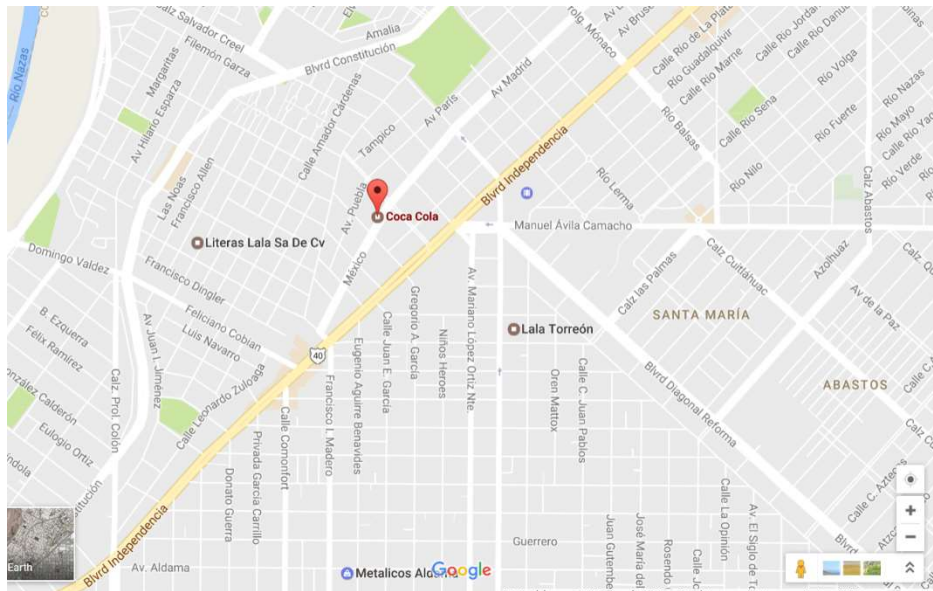


Fig. 2.1 Dirección planta Torreón

Los planos entregados fueron realizados en la oficina pues bien este contaba con una computadora con el software en el cual se elaboraron; en la misma área se elaboró la programación necesaria para el sistema CIP planeado al que posteriormente se le realizaron las pruebas en la planta para ser verificado y entregado.

La computadora en la cual se trabajó está diseñada para el uso constante en la planta ya que en ella se encuentran las pantallas para la manipulación del proceso de limpieza, las partes del cpu son: un procesador Intel i5, una memoria ram de 16gb un disco duro de 500gb además de portar una unidad de estado sólido de 120gb y por último la unidad de enfriamiento líquido. Esta computadora se encuentra ubicada en el cuarto de CIP en un gabinete, donde tienen acceso los operadores de la planta siempre que requieran utilizar el sistema de limpieza.

#### 3.1. FUNDAMENTO TEORICO

“La Automatización es un Sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi independiente del control humano. En comunicaciones, aviación y astronáutica, dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez o mejor de lo que podría hacerlo un ser humano” (EDUCATIVOS, s.f.).

##### 3.1.1. CONCEPTOS BASICOS

###### 3.1.1.1. SISTEMA DE LIMPIEZA CIP (CLEAN EN PLACE)

La intención del sistema CIP es la eliminación de los residuos orgánicos del sistema de procesamiento.



Fig. 3.1 Sistema de Limpieza

El sistema de limpieza CIP es un sistema de lavado automático in situ, es decir sin desmontaje del equipo de producción, que consiste en recircular la solución de limpieza a través de los componentes de la línea de proceso como tuberías, intercambiadores de calor, bombas, válvulas, etc. La solución de limpieza pasa a gran velocidad por la línea, generando la fricción requerida para eliminar la suciedad. Siempre hay que tener en cuenta que la solución sea adecuada para

todas las superficies por las que circulará y evitar que se acumule en el fondo de los equipos porque pierde su poder esterilizador.

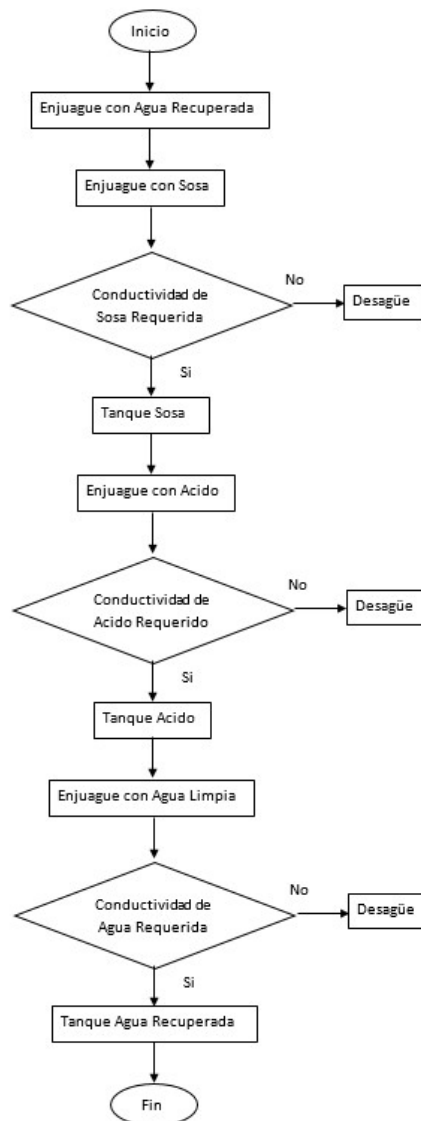


Fig. 3.2 Diagrama a Bloques CIP

“La limpieza de la línea de proceso es un requisito básico para la producción higiénica de alimentos de alta calidad. Los ciclos de limpieza se deben repetir inmediatamente después de terminar el ciclo productivo con el fin de eliminar los depósitos de compuestos orgánicos como las proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales y otros, que constituyen la base para el crecimiento bacteriano y que favorecen la biocorrosión. Los parámetros de los ciclos de lavado dependen del producto, de la línea de proceso y de los estándares de sanitización. El ciclo de la limpieza CIP empieza con preparación de la disolución con agua en el tanque de formulación, utilizando una bomba dosificadora para el reactivo” (Ilisara, 2010).

El sistema de control avisa cuando la concentración es la deseada. A continuación, se produce la recirculación de la disolución a través de la línea de proceso mediante una bomba centrífuga que se sitúa en paralelo a la bomba de producto.

El sistema de control permite configurar otros modos de limpieza alternativos: Aclarado con agua caliente, CIP solamente con sosa, CIP completo (ácido y sosa) y CIP sin fase de desinfección.

“La disolución C.I.P. se prepara añadiendo el reactivo al tanque de formulación y recirculando la disolución a través de la planta de proceso mediante la bomba centrífuga que se sitúa en paralelo a la bomba del producto. El reactivo se dosifica en un tanque mediante una bomba dosificadora y al mismo tiempo se va añadiendo agua para que se pueda conseguir la concentración deseada. Una vez que se haya conseguido la concentración necesaria del producto, el sistema de control lo detectará y dará aviso de que ha finalizado con el paso de preparación de la disolución” (Rivera, 2012).

### **3.1.1.2. FASES DE LIMPIEZA DE CIP**

- Aclarado Inicial: Utiliza agua limpia en el circuito y evacúa utilizando la bomba centrífuga durante el tiempo especificado.
- Circulación con Sosa: Se incrementa la temperatura de la disolución, utilizando un intercambiador de calor auxiliar, hasta el valor deseado. A continuación, se recircula durante el tiempo especificado a través de la línea.
- Aclarado Intermedio: La disolución CIP es evacuada de la línea.
- Circulación con Ácido: Se incrementa la temperatura de la disolución, utilizando un intercambiador de calor auxiliar, hasta el valor deseado. A continuación, se recircula durante el tiempo especificado a través de la línea.
- Vaciado de Tuberías: La disolución CIP es evacuada de la línea.
- Aclarado Final: Se introduce agua en el circuito durante el tiempo especificado. La duración debe ser la necesaria para eliminar cualquier resto de ácido en la línea de producción.
- Desinfección: Se introduce agua en el circuito y se añade desinfectante con una bomba dosificadora.

### 3.1.1.3. SOLUCIONES LIMPIEZA CIP

- **ALCALINAS:** Actúan disolviendo las proteínas y también tienen función bactericida. El agente empleado es sosa (NaOH) en concentraciones del 0.2% al 2%. La disolución reacciona con los depósitos de grasa y genera agentes tensoactivos que a su vez mejoran el proceso de lavado.
- **ÁCIDAS:** Los ácidos usados normalmente son el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) al 0.5% y el fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) al 2%. En caso de utilizar otros compuestos hay que verificar que no ocasionan problemas de corrosión. Estas disoluciones eliminan los depósitos de sales que se forman en las superficies calientes.

### 3.1.2. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC)

Los Controladores Lógicos Programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso. (EFN)



Fig. 3.3 Ejemplo PLC

La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales: Lectura de señales desde la interfaz de entradas. Procesado del programa para obtención de las señales de control. Escritura de señales en la interfaz de salidas.

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). A



esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

Los elementos que contiene un PLC son:

- Unidad central de proceso
- Módulos de entrada
- Módulos de salida
- Fuente de alimentación
- Dispositivos periféricos
- Interfaces

La unidad central es el “cerebro” del PLC. Esta toma las dediciones relacionadas al control de la maquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de censado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.

Los módulos de entradas y salidas son la sección del PLC en donde los sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitores y controla el proceso.

La fuente de alimentación convierte altos voltajes de corriente de línea (115V 230V CA) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V CD) requeridos por el CPU y los módulos de entradas y salidas.

El funcionamiento del PLC es un continuo ciclo cerrado, primero el sistema operativo inicia la vigilancia de tiempo de ciclo, después el CPU escribe los valores de imagen de proceso de las salidas en los módulos de salida, a continuación la CPU lee el estado de las entradas de los módulos de entrada y actualiza la imagen de proceso de las entradas, el CPU procesa el programa del usuario en segmentos de tiempo y ejecuta las operaciones indicadas en el programa, al final de un ciclo el sistema realiza las tareas pendientes por ejemplo carga y borrado de bloques.

### 3.1.2.1. PLC ALLEN BRADLEY 1769 (L32E)

El controlador CompactLogix 1769 ofrece control, comunicación y elementos de E/S avanzados en un paquete de control distribuido. El controlador CompactLogix, parte de la familia de controladores Logix, proporciona un sistema pequeño, eficiente y rentable que consta de lo siguiente:

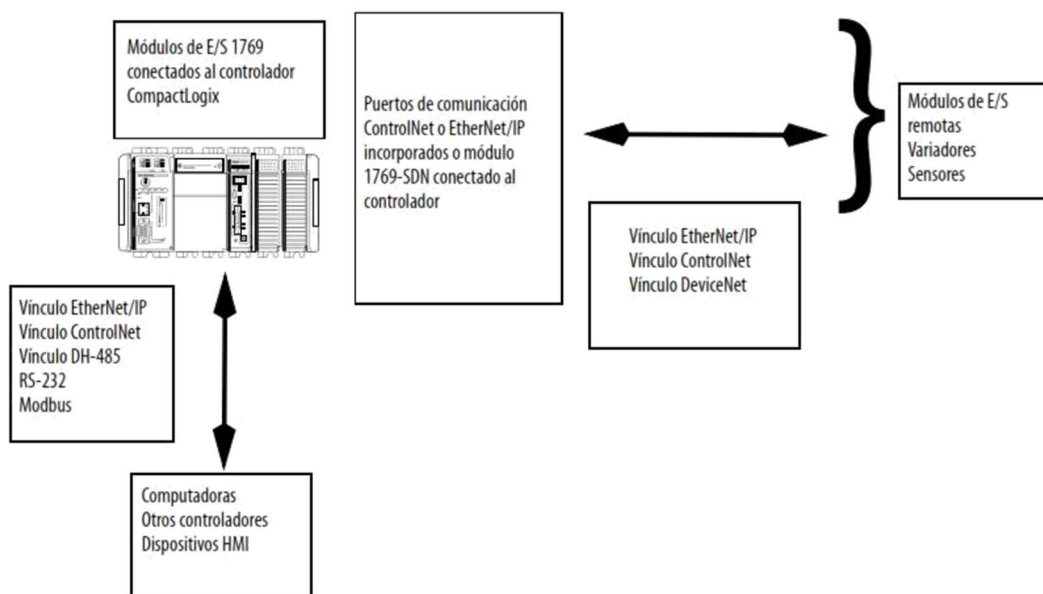


Fig. 3.4.- Descripción general del hardware

- Software de programación RSLogix™ 5000
- Puertos incorporados de comunicación para redes EtherNet/IP
- Un módulo de interface de comunicación 1769-SDN proporciona control de E/S y la configuración remota de los dispositivos a través de DeviceNet
- Un puerto serial incorporado en cada controlador CompactLogix
- Módulos Compact I/O que proporcionan un sistema de E/S compacto, montado en panel o riel DIN
- Funciona con un voltaje de alimentación a 24 VCD.

(Automation)

### 3.1.2.1.1. DIMENSIONES

Este producto está diseñado para montarse en una superficie con conexión a tierra, como un panel metálico. No se necesitan conexiones a tierra adicionales del riel DIN (si se utiliza) o las lengüetas de montaje del controlador a menos de que la superficie de montaje no se pueda conectar a tierra.

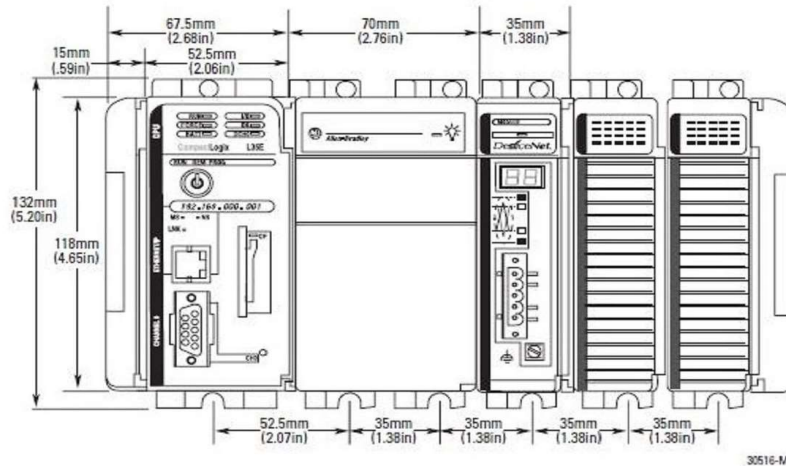


Fig.3.5.-Dimensiones PLC 1769-LE32

(Automation)

### 3.1.2.1.2. CONEXIONES ETHERNET AL CONTROLADOR

Los controladores 1769-L32E y 1769-L35E se suministran con la utilidad BOOTP habilitada. Debe asignar una dirección IP al puerto Ethernet para que el controlador se comunique a través de una red EtherNet/IP. (Automation)

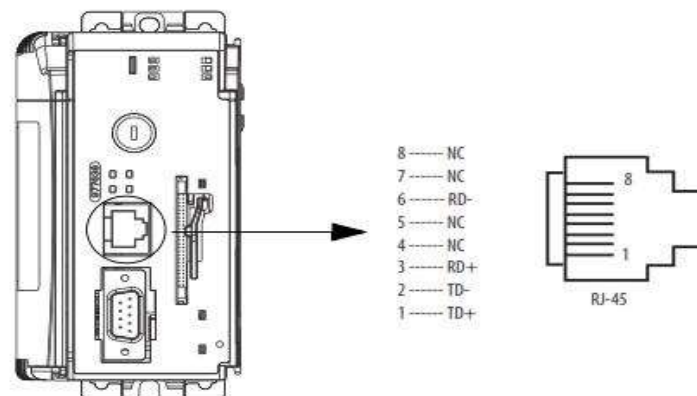


Fig. 3.6.- Conector Ethernet

### 3.1.3. RED ETHERNET

Una red LAN es una red de área local que permite que computadoras muy cercanas se comuniquen entre ellas. Estas computadoras pueden estar todas en un mismo edificio o en edificios adyacentes. El propósito de esta red es que los usuarios puedan compartir recursos como impresoras, programas, datos, etc. La diferencia entre estas es su topología.

La red Ethernet usa una topología de bus donde todos los computadores están conectados por un cable de alta velocidad (de hasta 100 Mbps). Ver diagrama.

Si más de una computadora envía información al mismo tiempo las señales colisionan y se pierde información. Para evitar esto, Ethernet utiliza una técnica de contención MAC, llamada: Carrier sense multiple access/collision detection (CSMA/CD).

Con esta técnica, cada computadora de la red, puede enviar información a la red en cualquier momento, pero antes de enviar los datos, deben de asegurarse de que la red no esté en uso. Los datos se envían sólo cuando se asegura de que ningún otro dato ha sido enviado.

Hay casos en que hay colisiones de datos y esto ocurre cuando en forma simultánea dos computadoras o más “observaron” que la red no estaba en uso. Para corregir este problema el hardware está equipado con sensores que avisan de la colisión, deteniendo la transmisión de todos los computadores. Entonces los datos que causaron la colisión se ignoran y se vuelven a transmitir.

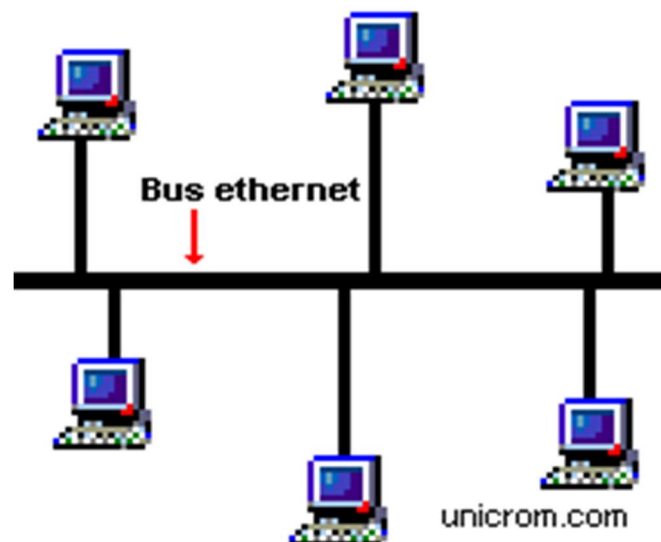


Fig. 3.7.- Red local Ethernet

(Electronica Unicrom, 2016)

### 3.1.3.1. CONMUTADOR ETHERNET

Un switch o conmutador es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red formando lo que se conoce como una red de área local (LAN) y cuyas especificaciones técnicas siguen el estándar conocido como Ethernet (o técnicamente IEEE 802.3).

En la actualidad las redes locales cableadas siguen el estándar Ethernet (prácticamente el 100 %) donde se utiliza una topología en estrella y donde el switch es el elemento central de dicha topología.

La función básica de un switch es la de unir o conectar dispositivos en red. Es importante tener claro que un switch no proporciona por si solo conectividad con otras redes, y obviamente, tampoco proporciona conectividad con Internet. Para ello es necesario un router.

El conmutador nos brinda las siguientes características:

- **Compartir archivos.** Un equipo de la red habilita la compartición de archivos y el resto de equipos pueden acceder a dichos archivos a través de la red.
- **Compartir impresoras.** Todos los equipos de la red pueden utilizar la misma impresora.
- **Compartir la conexión a Internet.** Todos los equipos pueden acceder a Internet a través de router de acceso, que está conectado en la red.

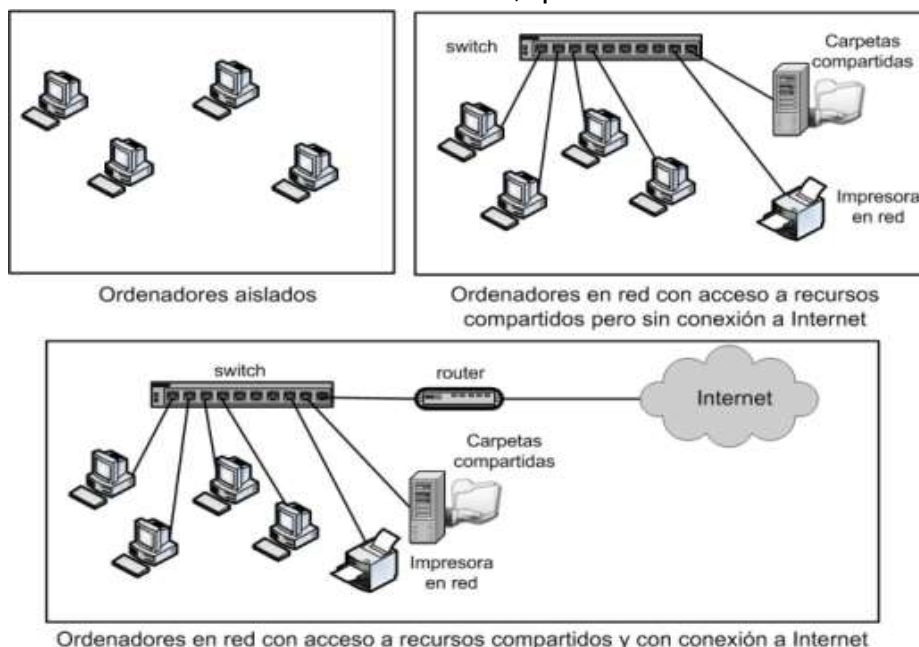


Fig. 3.8.-Tipos de Ordenadores

(Gonzalez, s.f.)

### 3.1.4. RED ASI-BUS

El bus AS-Interface (la abreviatura del término inglés Actuator-Sensor-Interface) es un bus de campo (nivel 0) que se emplea para realizar interconexiones de sensores/accionadores. Permite ejecutar información de tipo «binario» o analógico entre un equipo «master» de bus y equipos «Slave» de tipo sensores/accionadores.

El Bus “Actuador – Sensor – Interface” (AS-i) sirve como medio de transmisión de información en el nivel de campo y, como PROFIBUS, es un estándar abierto. Existen multitud de fabricantes que ofrecen productos e interfaces AS-i, entre ellos Omron, dispone de la unidad maestra ARM21 para conectar a un PLC.

El AS-interface posibilita una simple y extremadamente eficiente integración de sensores y actuadores en la comunicación industrial, transmitiendo los estados de estos sensores/actuadores y tensión auxiliar mediante un simple cable de dos hilos. A través de un diseño robusto y un grado de protección IP65 o IP67, el bus AS-i se aplica en el nivel más bajo del área de campo, el cual se encuentra sometido a condiciones de trabajo extremas.

AS-i se sitúa en la parte más baja de la pirámide de control, conectando los sensores y actuadores con el maestro del nivel de campo. Los maestros pueden ser autómatas o PCs situados en los niveles bajos de control, o pasarelas que comuniquen la red AS-Interface con otras redes de nivel superior, como Profibus o DeviceNet.

Principales características técnicas del bus AS-i:

- Max. 31 nodos AS-i con 4 Bit E/S de datos de usuario
- Max. 124 sensores/actuadores de E/S que pueden ser duplicados con direccionamiento ampliado A/B, incluyendo componentes analógicos.
- Empleando el nuevo perfil de la revisión v3.0 del estándar AS-i, S-7.A.A, se pueden conectar hasta 496 entradas y salidas binarias.
- Proceso de acceso con sondeo cíclico en el proceso maestro/esclavo
- Tiempo ciclo máximo 5ms
- Identificación segura de errores e iteración de marcos de fallos.
- Medio de transmisión a través de un cable de dos hilos (2 x 1,5 mm) para datos y un máximo de 2ª de alimentación auxiliar para AS-I. La fuente de alimentación es de 30 V DC. La señal de la transmisión de datos es modulada. Es posible utilizar una fuente de alimentación adicional de 24V
- Sensores y actuadores AS-i directamente integrados con los chips AS-i.
- Posibilidad de configuración flexible, como el diseño de estructuras DC (fuente auxiliar) para alimentación suplementaria de los componentes.

- Conexión y ensamblaje de los componentes AS-i con cable específico amarillo autocatrizante y codificado mecánicamente para evitar su polarización incorrecta.
- Módulo esclavo AS-i con un circuito integrado (AS-i chip) que no requiere procesador ni software. Esto conlleva a un proceso aproximadamente libre de retardos en el proceso de los módulos esclavos.
- lineales, en estrella o en árbol.
- Longitud máxima de cable de 100m o 300m (con repetidores)

### 3.1.4.1. TOPOLOGIA DE LA RED AS-I

La red AS-Interface se puede montar como una instalación eléctrica estándar. Gracias al robusto principio de funcionamiento sobre el que se asienta, no hay limitaciones en cuanto a la estructura (topología de red). La red AS-Interface se puede montar en árbol, línea o estrella, como se puede observar en la figura 3.9.

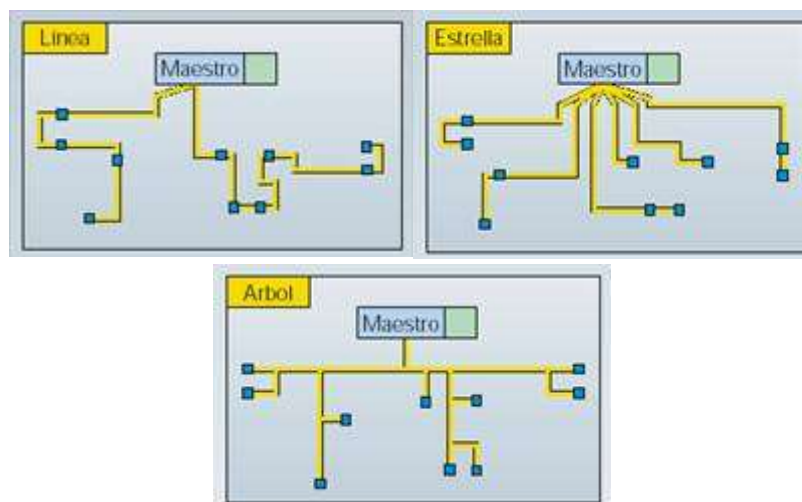


Fig. 3.9 Topología en línea, estrella o árbol.

(López, s.f.)

### 3.1.4.2. COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASi.

Los componentes básicos de la red ASi son:

1. Maestro ASi
  2. Esclavos
  3. Cable ASi
  4. Fuente de alimentación
- El maestro ASi: El maestro de AS-Interface es el que se encarga de recoger los datos de la red y enviárselos al PLC correspondiente, y viceversa. Él mismo organiza el tráfico de datos en el cable AS-Interface y, en caso necesario, pone los datos de los sensores y actuadores a disposición del PLC o de un sistema de bus superior (por ejemplo, PROFIBUS), a través de las denominadas pasarelas DP/AS-Interface. También transmite parámetros de configuración a los esclavos, supervisa la red constantemente y suministrar datos de diagnóstico. El maestro ejecuta todas sus funciones de manera automática. Además, se encarga de realizar el diagnóstico de todo el sistema, reconoce las fallas en cualquier punto de la red, indica el tipo de fallo y determina qué esclavo lo originó.



Fig. 3.10. Ejemplo de un maestro de AS-Interface: CP342-2 para SIMATIC S7-300



- Esclavos: Los esclavos pueden ser módulos de E/S descentralizados, conectados con el programa de control del PLC. El esclavo de AS-Interface reconoce los bits de datos enviados por el maestro y le devuelve sus propios datos. Hay esclavos de AS-Interface de todos los tipos posibles: Módulos normales (módulos digitales, módulos analógicos, módulos neumáticos, etc.) o módulos inteligentes (arranadores de motor, columnas de señalización, botoneras, etc.). En la figura 3.11 se muestra un arranador de motor. Es interesante notar que los motores se pueden arrancar y proteger dentro de la red, directamente en campo; este ejemplo permite conocer la versatilidad de los esclavos en la red ASi.



Fig. 3.11. El arranador de motor dentro la red AS-Interface.

- Cable ASi: El cable AS-i se ha diseñado como cable bifilar engomado, el perfil especial impide que se puedan conectar estaciones con la polaridad incorrecta. El cable plano amarillo es el estándar, su geometría es fija y asimétrica, se encarga de transmitir los datos de toda la red y la alimentación a los sensores conectados en la misma. Para los actuadores se necesita una alimentación auxiliar (tensión auxiliar de 24 V DC o 230 V AC), para el cable de alimentación auxiliar a 24 V DC se utiliza un cable de color negro, y para el cable de alimentación auxiliar a 230 V AC se utiliza el mismo cable, pero en color rojo [27].

No es necesario cortar, pelar ni atornillar el cable. Para este tipo de conexión se dispone de módulos de acoplamiento en técnica de perforación de aislamiento. El cable ASi es auto cicatrizante. Esto significa que los agujeros producidos por las cuchillas de contacto en el revestimiento de goma del cable se cierran por sí mismos, restableciendo el grado de protección IP67, en el que IP significa Internal Protección, y el 6 se refiere a la protección contra partículas sólidas y el 7 a la protección contra fluidos. En caso de montaje del cable en un módulo ASi, el propio cable hermetiza el orificio de entrada.



Fig. 3.12. Cable ASi

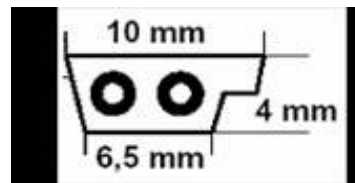


Fig. 3.13. Perfil del cable ASi

- Fuente de alimentación: La fuente de alimentación para la red AS-Interface suministra una tensión entre 29,5 V DC y 31,6 V DC. Utiliza el acoplamiento integrado de datos y alimentación, es decir, permite transmitir datos y suministra energía a los sensores conectados en la red. Para ello, los datos transmitidos en la red AS-Interface se envían en forma de impulsos, también se encarga de modular la tensión continua en la red. Las salidas de la red se alimentan a través del cable negro perfilado. Para este cable se puede utilizar una fuente de alimentación normal de 24 V DC que cumpla con la especificación PELV (cable de protección a tierra).



Fig. 3.14. Fuente de Alimentación

Las cuatro tareas de la fuente de alimentación AS-i:

- Proveer 24 Vcc para la red
- Operación segura.
- Balanceamiento de la red.
- Desacoplamiento de datos

- Fuente de energía: La fuente de alimentación está especificada para una tensión de 30Vcc, para garantizar la alimentación de 24 Vcc aun en el final de la red. Esta especificación permite una caída de tensión de 3 Vcc a lo largo del cable de red y 3 Vcc adicionales en los esclavos donde la alimentación y la señal están separadas. La potencia de alimentación en la red AS-I puede ser generalmente elegida con libertad. 8ª representa el límite práctico debido a la sección transversal del cable.
- Balanceamiento: AS-I es usado como un sistema flotante y simétrico. Para obtener una buena inmunidad contra ruidos simétricos es necesario tener una red simétrica. Esto puede ser alcanzado usando un circuito como el mostrado a la izquierda. El protector del conector debe ser puesto a tierra en alguna parte conveniente de la máquina o instalación.  
Para la red AS-i solo este punto puede ser conectado a la tierra de la máquina. Por la simetría no es necesario blindar o trenzar el cable.
- Aislamiento de datos: El aislamiento de datos en la red AS-I está integrado usualmente en la fuente de alimentación. Consiste en dos inductores de 50μH en paralelo cada uno con una resistencia de 39 Ohms. Este desarrollo previene un cortocircuito del cable por la transferencia de datos. Por otro lado, cambia el pulso de potencia creados por la transmisión AS-i en pulsos de tensión que pueden ser detectados por el receptor.

(López, s.f.)

### 3.1.5. SISTEMA SCADA

SCADA son las siglas de Supervisión Control y Adquisición de Datos. También algunos autores lo definen como la tecnología que habilita la colección de datos de locaciones remotas, así como el envío de información a estas locaciones.

Scada permite que se omita la necesidad de tener operadores en estas locaciones remotas, que a partir de ahora serán conocidas como estaciones remotas. Durante este capítulo se presentará algunos procesos que se ven beneficiados con la instalación de un sistema Scada y dar a conocer los elementos básicos del sistema.

Un sistema Scada permite que un operador, ubicado en una estación central a grandes distancias de la ubicación de los procesos industriales, pueda hacer ajustes o cambios en los controladores locales de los procesos. Tal es el caso de abrir o cerrar válvulas a distancias, conocer el estado de los interruptores de seguridad de un sistema, monitorear el estado de las alarmas del proceso y obtener información de las variables del proceso involucradas.

Cuando la distancia de los procesos llega a ser muy grande: cientos o miles de kilómetros desde un punto a otro, los beneficios en reducir costos de visitas de rutinas pueden ser apreciadas. El valor de estos beneficios se incrementa si la zona a visitar es poco accesible. Los programas necesarios y en su caso, el hardware adicional que se necesite, se denomina, en general, sistema SCADA.

Un SCADA debe cumplir varios objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario.

(Instrumentacion y Control.net, s.f.)

### **3.1.5.1. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS SCADA**

Los sistemas SCADA se caracterizan por una gran diversidad, dependiendo del proceso que controlan, tecnología utilizada, localización geográfica, etc. A continuación, agruparemos los sistemas Scada según su distribución geográfica, ya que estos sistemas comparten ciertas características en común desde este punto de vista (Instrumentacion y Control.net, s.f.).

Las descripciones generales del hardware y el software básicos utilizados en cada sistema son en general válido encontrándose diferencias mayores en el software de aplicación, que se adapta a cada caso.

#### **SISTEMAS LINEALES**

Sistemas con desarrollo lineal

- Oleoductos.
- Gasoductos.
- Poliductos.
- Acueductos.
- Redes de ferrocarriles y subterráneo.
- Redes de distribución de energía eléctrica.

#### **SISTEMAS RAMIFICADOS**

En este caso el sistema abarca una superficie importante:

- Yacimientos.
- Redes de distribución de gas, agua o electricidad.
- Los sistemas asociados a estos procesos que dependen en forma importante de sus características particulares.

### **3.1.5.2. COMPONENTES EN UN SISTEMA SCADA**

#### **A) LA ESTACIÓN MAESTRA O MASTER**

Recibe datos de las condiciones de los equipos en campo que es enviada por las estaciones remotas (RTU). Procesa la información y envía comandos a las estaciones remotas para mantener las variables de los procesos dentro de los parámetros establecidos. La estación maestra dependiendo del tipo de sistema a Scada a implementar puede ser una PC con un software de supervisión y control. En muchos casos se opta por trabajar con un PLC con capacidad de

comunicación que realizaría la tarea de leer la información de las unidades remotas.

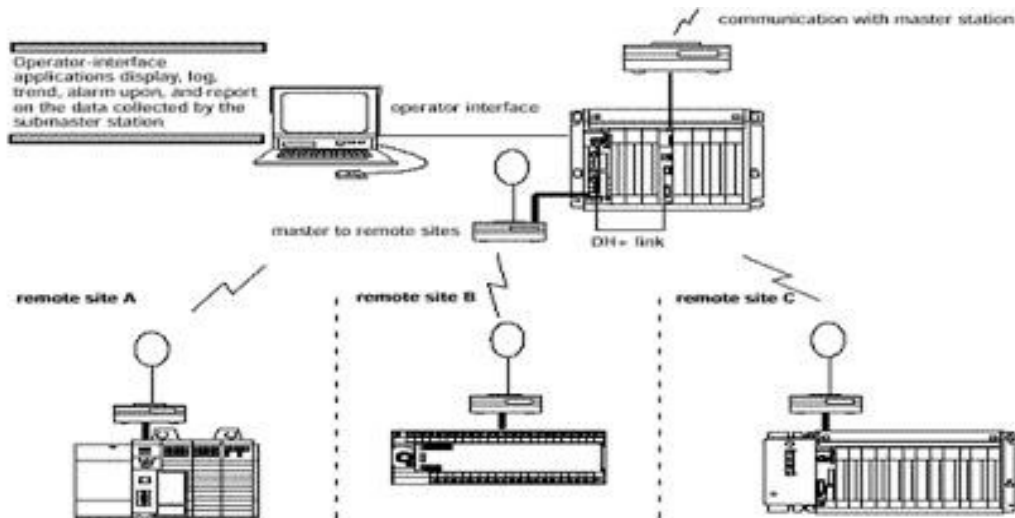


Fig. 3.15. - Estación Maestra o Máster

## B) LAS UNIDADES REMOTAS O RTU

Controlan todas las señales de entrada y salida del campo como válvulas, equipos de medición, motores, etc. Monitorean las condiciones de los dispositivos de campo y almacenan los estados de las alarmas. Envían los estados y alarmas de los equipos en campo y reciben comandos de la estación maestra.

Algunos autores clasifican a las RTU es unidades tontas y unidades inteligentes. A los inicios de los sistemas Scada era común instalar unidades tontas que sólo se encargaban de enviar información a la estación maestra y esta estación tomaba la decisión y se la transmitía al RTU.

En la actualidad las RTU tontas han sido reemplazados por los RTU inteligentes que básicamente son pequeños PLC's que tienen capacidad de comunicaciones y se encargan de hacer un control de procesos en forma local y posteriormente la estación maestra se informa de la acción tomada por la RTU a fin de actualizar su registro de los datos.

Otros autores clasifican a las RTU dependiendo del número de señales de entrada salida que maneja cada equipo. Se considera a un RTU con menos de 100 señales de I/O como pequeñas, hasta 500 I/O como medianas y mayores a 500 I/O como grande.

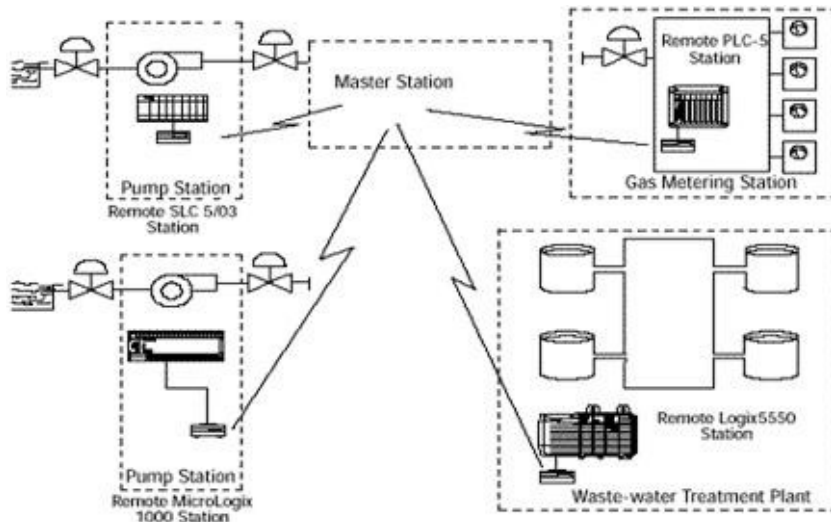


Fig. 3.16. La estación maestra interroga a las RTU por medio de un proceso de encuesta o Polling

### C) RED DE TELEMETRÍA

Permite establecer el intercambio de información entre la estación maestra y las unidades remotas. Cuando hablamos de telemetría nos referimos básicamente a tres componentes:

- La topología usada: Corresponde al arreglo geométrico de los nodos. Entre los principales se tiene el punto a punto, punto a multipunto, etc.
- Modo de transmisión: Es la forma como viaja la información entre los distintos nodos de la red. Se puede tener dos modos principales: Full Duplex y Half Duplex.
- El medio utilizado: Corresponde al tipo de medio utilizado para enviar y recibir la información. Puede ser una línea física dedicada, a través del medio atmosférico, a través de las líneas de alta tensión, etc.

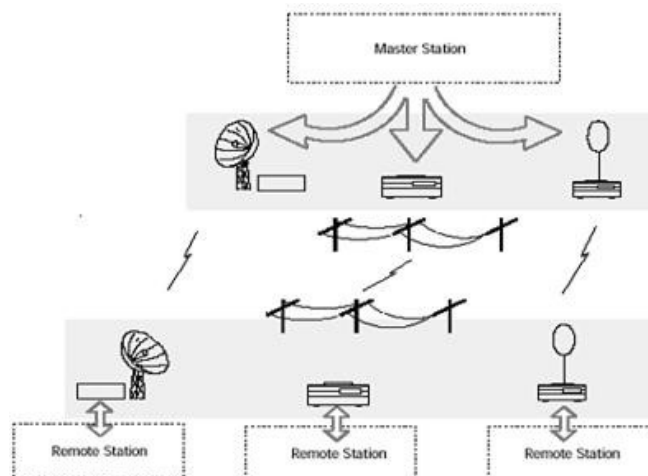


Fig. 3.17. - Red de Telemetría



## D) LA ESTACIÓN DE SUPERVISIÓN

Permite la visualización gráfica del estado del proceso, es decir proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.

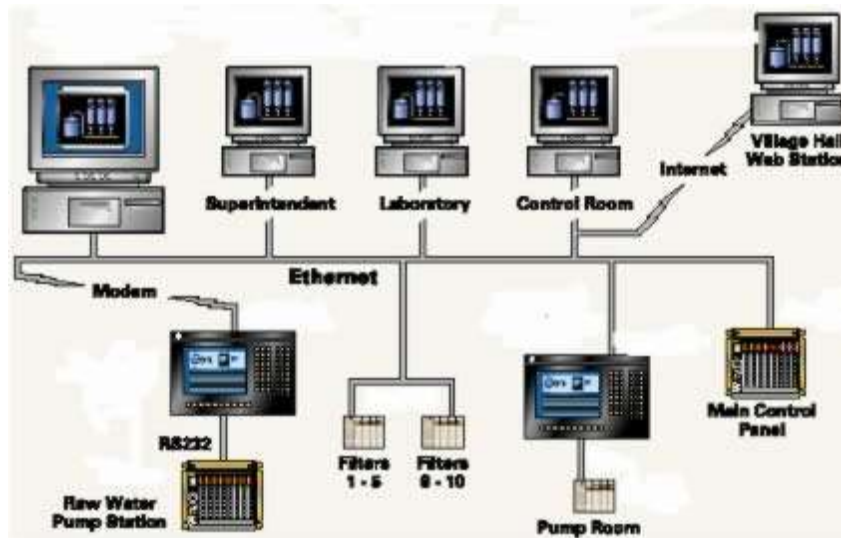


Fig. 3.18 - Estación de Supervisión

Algunos softwares de supervisión:

- RSVIEW32, de Rockwell Software.
- InTouch, de Wonderware.
- WinCC, de Siemens.
- Coros LS-B/Win, de Siemens.
- SYSMAC SCS, de Omron.
- FIXDMACS, de Omron-Intellution.

Un software de supervisión SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas que modifican la ley de control o incluso, el programa total sobre el autómatas, bajo ciertas condiciones.



- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador y no sobre la del autómatas, menos especializado, etc.

(Instrumentacion y Control.net, s.f.)

### 3.1.5.3. HMI

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como **interfaz hombre-máquina (IHM)**, forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como “todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo”.

La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una “máquina” (la lámpara), sino una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas, debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades. Por ejemplo, programar un robot para que encienda la luz sería demasiado complicado y un interruptor en el techo no sería práctico para una luz en un sótano.

La interfaz del usuario, además de una “**interfaz humano-máquina**” (HMI), también se denomina “**interfaz hombre-máquina**” (MMI) y permite que el operador, en ciertas circunstancias, vaya más allá del manejo de la máquina y observe el estado del equipo e intervenga en el proceso. La información (“comentarios”) se proporciona por medio de paneles de control con señales luminosas, campos de visualización o botones, o por medio de software que utiliza un sistema de visualización que se ejecuta en una terminal, por ejemplo. Con un interruptor de una lámpara, la información visual se proporciona a partir de la impresión de “luz” y la configuración del interruptor en “encendido” y “oscuridad” con el interruptor “apagado”. En la cabina del conductor de un vehículo también se encuentran múltiples interfaces de usuario, desde los controles (pedales, volante, interruptores y palancas de los intermitentes, etc.) a través de reconocimientos visuales de la “máquina”, el vehículo (pantalla de velocidad, marcha, canal de la radio, sistemas de navegación, etc.). (Copadata, s.f.)

### 3.1.6. CABLES DE POTENCIA

La función principal de los **cables de potencia** es la de transportar electricidad desde la fuente de generación hasta los puntos de consumo, donde puede ser transformada en luz y otras formas de energía.

Los cables de energía son utilizados en instalaciones subterráneas, ductos o charolas, y en tensiones mayores a 5 kV.

La tecnología de nuestros cables de energía está orientada hacia el uso de nuevos materiales, así como mejoras en los procesos de fabricación que garantizan seguridad y continuidad en el servicio, para obtener ahorro de operación y mantenimiento.

Nuestros cables de energía tienen un extraordinario comportamiento incluso bajo las más severas condiciones de instalación.

(Condumex , s.f.)

#### 3.1.6.1. ELEMENTOS COMPONENTES

Para un cable de potencia trifásica, los elementos componentes son los siguientes:

- **Conductores:** tienen la función de llevar la corriente hasta la carga. Se utilizan materiales de alta conductividad, fundamentalmente el cobre y aluminio. Para garantizar flexibilidad se fabrican de un solo hilo para secciones de 16 mm<sup>2</sup> o menores. El número de conductores dependen de la utilidad que se le dé y del tipo de carga, sea monofásica, trifásica con neutro o sin él.
- **Aislamientos:** se utilizan distintos tipos de aislamientos en la fabricación de cables de potencia. Estos recubren los conductores aislándolos entre sí. En ocasiones se emplea un recubrimiento adicional sobre el conjunto de todos los conductores para la mejora del aislamiento entre ellos y las otras capas protectoras del cable. En la actualidad se fabrican cables de potencia con aislamientos de plástico, de goma, de papel impregnado con aceite aislante.
- **Envolvente hermética:** es una capa impermeable que tiene la función de impedir la penetración de humedad al interior de los aislamientos del cable. Puede ser plástica, de goma, de aluminio o de plomo. Para los cables de baja tensión se utiliza la envolvente hermética de goma o plástico, para cables de hasta 6kv el material de la envolvente es de aluminio, mientras que los cables fabricados con papel impregnado para aislar altas tensiones poseen envoltentes herméticas de plomo.

### **3.1.7. CABLES DE CONTROL**

Los cables de control se usan para llevar señales entre aparatos en interface directa con el sistema eléctrico de fuerza, tal como transformadores de corriente, transformadores de potencial, relés e interruptores y equipos de medición. Son cables multiconductores que llevan señales eléctricas usadas generalmente para monitorear o controlar sistemas eléctricos de fuerza y sus procesos asociados.

### **3.1.8. CONTACTOR**

El contactor es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico.

Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos relacionados con instalaciones de motores. Excepto los pequeños motores individuales, que son accionados manualmente o por relés, el resto de motores se accionan por contactores.

Un contactor está formado por una bobina y unos contactos, que pueden estar abiertos o cerrados, y que hacen de interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito.

La bobina es un electroimán que acciona los contactos, abriendo los cerrados y cerrando los contactos abiertos. Cuando le deja de llegar corriente a la bobina los contactos vuelven a su estado de reposo.

(Tecnología, s.f.)

#### **3.1.8.1. FUNCIONAMIENTO**

Un contactor eléctrico es aquel que funciona básicamente como un interruptor, ya que deja pasar o no la corriente, pero con una peculiaridad, que tiene la capacidad de ser activado a distancia, mediante un mecanismo electromagnético.

El principal componente que posee, es un electro-imán con forma de una bobina, que genera un campo magnético tal que permite accionar elementos mecánicos en el dispositivo, y una carcasa que contiene el contactor como tal, con un elemento móvil que cierra y abre el circuito, que se llama armadura, cuyas características deben permitir un rápido accionar del mismo. (Martinez, 2013)

### 3.1.8.2. PARTES DE UN CONTACTOR

- **Contactos principales:** “1-2, 3-4, 5-6.” Tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia.
- **Contactos auxiliares:** “13-14 (NO)” Se emplean en el circuito de mando o maniobras. Por este motivo soportarán menos intensidad que los principales. El contactor de la figura solo tiene uno que es normalmente abierto, pero puede venir con ellos cerrados 11-12 (NC).
- **Carcasa:** Es el soporte fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor. además, es la presentación visual del contactor.
- **Electroimán:** Es el elemento principal del contactor, se encarga de transformar la energía eléctrica en magnetismo, provocando mediante un movimiento mecánico la apertura o cierre de los contactos.
  - A) **La bobina:** Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado con gran número de espiras, que al aplicar electricidad genera un campo electromagnético para vencer la resistencia del resorte de retorno y que atrae fuertemente la armadura móvil (martillo) y por consiguiente uniendo o separando los contactos.
  - B) **El núcleo:** Parte de material ferromagnético sólido, que va fijo en la carcasa y tiene una forma de “E”. Su función principal es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina para atraer con más eficiencia la Armadura móvil.
  - C) **Armadura:** Es un elemento muy similar al núcleo, con la diferencia que la armadura es móvil y el núcleo es fija, y que es separada inicialmente por el resorte de retorno.

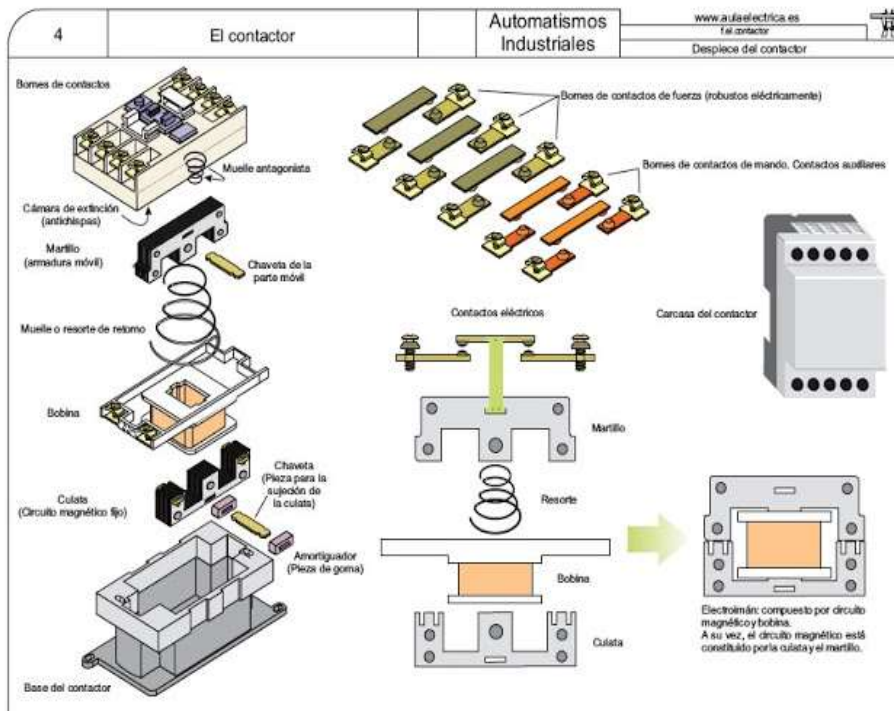


Fig. 3.19. Desmontaje de un contactor

(Martinez, 2013)

### 3.1.8.3. SIMBOLOGIA DEL CONTACTOR

Como se observa siempre recibe en las siglas KM, para contactor, A1 y A2 indica la entrada y salida de la bobina y los contactores auxiliares 55-56 y 67-68.

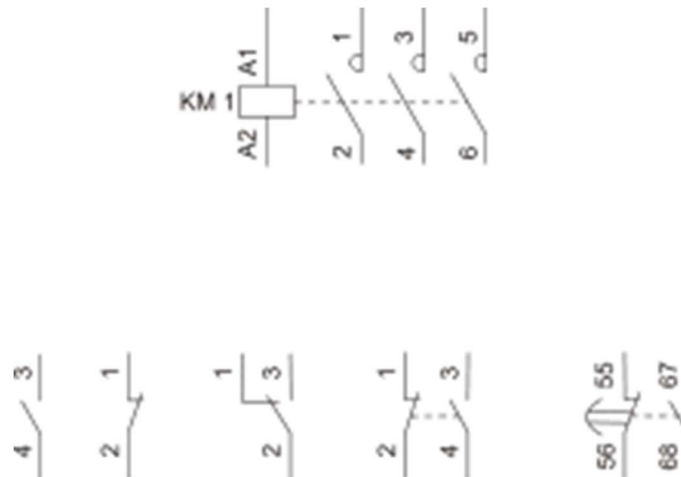


Fig. 3.20.- Simbología de Contactor

(Martinez, 2013)

### 3.1.9. RELEVADORES

Un relevador es un dispositivo electromagnético que permite que la corriente llegue en su totalidad a uno o más dispositivos utilizando cables más cortos para evitar caídas de tensión y separe las secciones de control y de potencia. Por norma internacional se considera el siguiente orden de conexión: en las terminales 85 y 86 es dirigida una corriente de mando a través de la bobina, actuando como imán y generando un campo magnético el cual atrae la armadura portadora del contacto (platino), cerrando o abriendo el circuito de servicio a través de las terminales 30 y 87.

Existen diferentes tipos de relevadores tales como:

- Conmutación (se conectan dos accesorios a la vez)
- Potencia
- De corriente de trabajo

#### 3.1.9.1. DESCRIPCIÓN DEL RELEVADOR

El relevador está formado por una bobina de control y un contacto de platino, que al energizarse la bobina actúa como un imán abriendo o cerrando el contacto de platino.

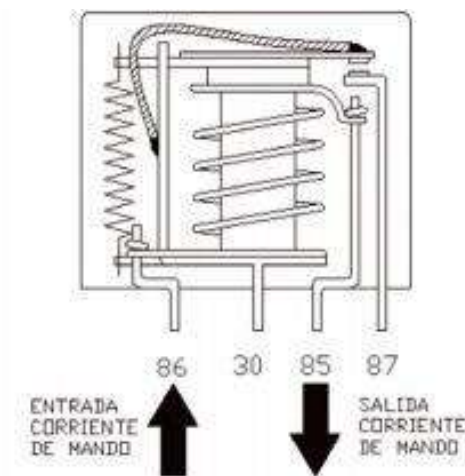


Fig. 3.21.- Relevador

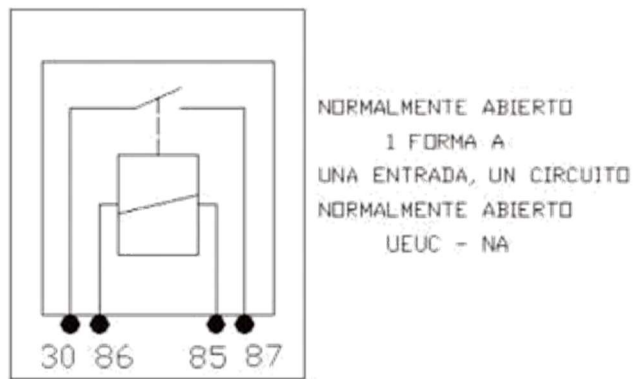


Fig. 3.22.- Diagrama de relevador normalmente abierto

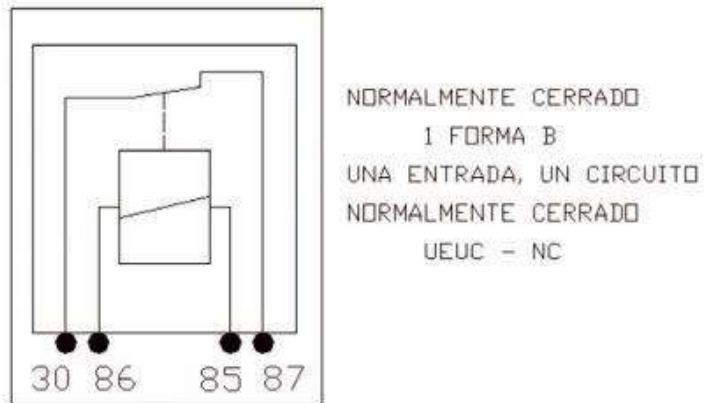


Fig. 3.23.- Diagrama de relevador normalmente cerrado

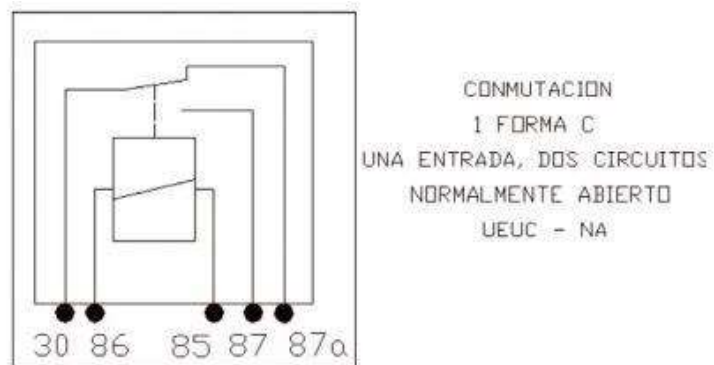


Fig. 3.24.- Diagrama de relevador de conmutación

### 3.1.10. SENSOR DE TEMPERATURA OMNIGRAD MTR10

OMNIGRAD MTR10 es un sensor que mide la temperatura, se caracteriza por sus aplicaciones:

- Rango Universal de aplicación
- Rango de medición: -200 ... 600 ° C (-328 ... 1112 ° F)
- Rango de hasta 75 bar (1088 psi)
- Grado de protección: IP 68
- Elementos sensores de vibración resistente hasta 60g



Fig. 3.25.- Sensor de temperatura OMNIGRAD MTR10

#### 3.1.10.1. PRINCIPIO DE MEDICIÓN

Estos termómetros de resistencia utilizan un sensor de temperatura Pt100 según IEC 60751. Esta temperatura sensor es una resistencia de platino sensible a la temperatura con una resistencia de 100  $\Omega$  a 0 ° C (32 ° F) y una temperatura de coeficiente  $\alpha = 0.003851$  ° C-1

En general, existen dos tipos de termómetros de resistencia de platino:

- **herida de alambre (WW):** Aquí, una doble bobina de alambre fino de platino, de alta pureza se encuentra en un soporte de cerámica. Esto entonces se sella la parte superior e inferior con una capa protectora de cerámica. Tal resistencia termómetros no sólo facilitar las mediciones muy reproducibles sino también ofrecer una buena estabilidad a largo plazo de la resistencia / característica de temperatura dentro de rangos de temperatura hasta 600 ° C (1112 ° F). Este tipo de sensor es relativamente de tamaño grande y es relativamente sensible a las vibraciones.



- **Los termómetros de resistencia de platino de película delgada (TF):**  
A, capa de platino ultrapura muy delgada, aprox. 1 micras de espesor, se vaporiza en el vacío sobre un sustrato cerámico y luego estructurado fotolitográficamente. Las pistas conductoras de platino formados de esta manera crear la resistencia de medición. Revestimiento adicional y capas de pasivación se aplican y se protegen de forma fiable la capa delgada de platino de la contaminación y la oxidación incluso a altas temperaturas.

Las principales ventajas de los sensores de temperatura de capa fina más de alambre enrolladas versiones son sus tamaños más pequeños y mejor resistencia a las vibraciones. Un relativamente baja desviación basado en principios de la resistencia / temperatura característica de la característica estándar de IEC 60751 con frecuencia se observa entre sensores TF en altas temperaturas. Como resultado, los valores límite ajustados de la categoría A de tolerancia según IEC 60751 sólo pueden ser observado con sensores de TF a temperaturas de hasta aprox. 300 ° C (572 ° F). Por esta razón, los sensores de película delgada son generalmente sólo se utiliza para mediciones de temperatura en rangos por debajo de 400 ° C (932 ° F).

(Endress + Hauser)

## 4. CAPITULO IV

### 4.1. PROCEDIMIENTOS Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

#### 4.1.1. ANÁLISIS DEL PROYECTO

La Planta de Torreón de la empresa COCA COLA FEMSA se dedica al proceso y embotellado de refrescos. Esta planta cuenta con diversas áreas como se muestra en la siguiente figura, donde el área encerrada en un cuadro color naranja es donde se encuentra el cuarto de control.

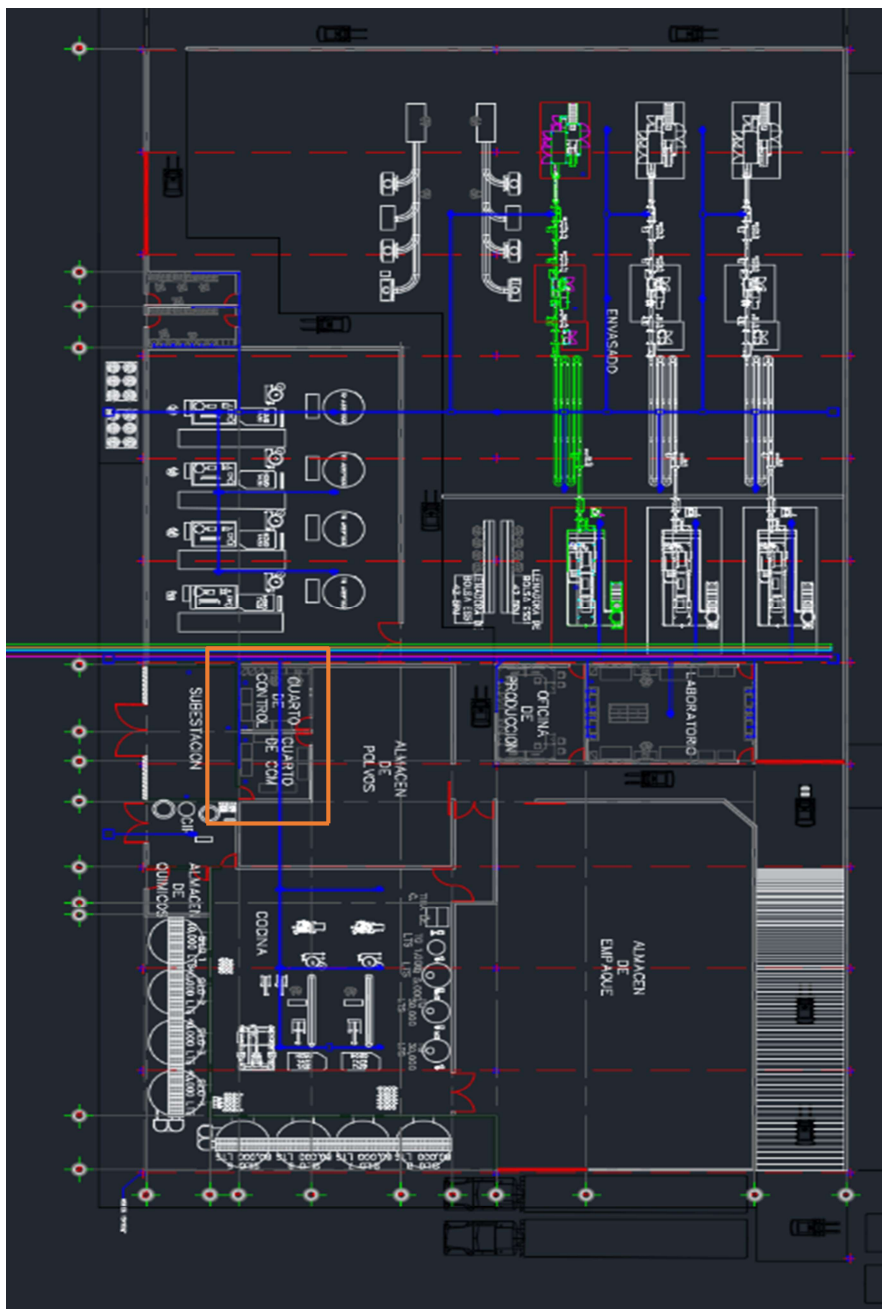


Fig. 4.1.- Layout de la planta

Debido a la demanda de producción la empresa decidió realizar una ampliación en el área de llenadoras, así como también la instalación del equipo necesario para el embotellado de dicho producto.

De acuerdo a las necesidades, de la planta contrató a una empresa de diseño mecánico para realizar las modificaciones de las tuberías y la elección de los equipos mecánicos necesarios para llevar a cabo los procesos. Así mismo en lo que respecta a la parte de automatización y control la empresa contrató a la empresa AIM Ingeniería, para la realización del diseño de control, desarrollo de software y puesta en marcha del proyecto. En dicho proyecto se desarrolla la presente residencia.

El rediseño de tuberías en las áreas sobre las que se desarrolla el proyecto es directamente el área de llenadoras, embotelladoras y CIP de tanques asépticos.

También en el área de llenadoras se cuenta con el equipo de bombeo y sistema de descarga. Por otro lado, en el área de embotellado se encuentra una máquina de etiquetado capaz de etiquetar 20 botellas/minuto.

#### 4.1.2. DISEÑO DE PLANOS

Para el diseño de los planos tanto eléctricos como de procesos se utilizó el software CAD utilizado para el dibujo 2D y 3D de planos, conocido como AutoCAD específicamente la versión 2016 ya que es el software más actualizado hasta ahora. Este programa de dibujo es un producto desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.



Fig. 4.2.-Autocad 2016

Debido a que la instalación mecánica de las tuberías y equipos mecánicos ya estaban realizados, el diseño de los planos se tuvo que adecuar a ello. Se instalaron nuevos equipos de acuerdo a las características de la instalación mecánica ya realizada. En base a las especificaciones de la planta y a la adecuación de los equipos ya instalados, se hizo el boceto conceptual de los planos tanto eléctricos como de proceso, para posteriormente realizar los dibujos en AutoCAD.

Los planos se crearon sobre una plantilla 2D y para lograr un mayor detalle se requirió de la utilización de una plantilla 3D de AutoCAD.

En base a los diseños realizados se dibujaron primero todos los equipos como tanques, recipientes y placas. Posteriormente se procedió a dibujar la instrumentación electrónica usada en este proceso.

En base a la norma ANSI / ISA S 5.1 - 1984 (R1992) se dibujaron todos los elementos a usar como válvulas, sensores y actuadores.

Una vez dibujados los equipos y la simbología de la instrumentación a utilizar en el proceso, se prosiguió a la unión de cada elemento de acuerdo al diseño establecido. Así mismo de acuerdo a la norma mencionada anteriormente se referencio la orientación de las líneas de proceso mediante flechas.

Una vez conectados todos los equipos y la instrumentación, se prosiguió al etiquetado de cada equipo y a la identificación de la instrumentación y tubería.

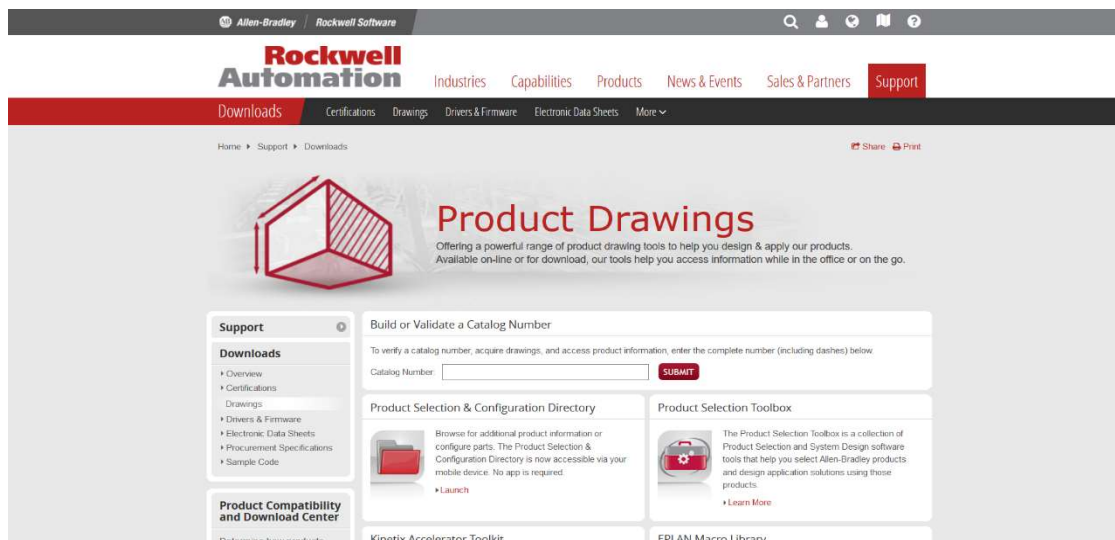


Fig.4.3.- Página oficial de Rockwell

(Rockwell, s.f.)

El dibujo de los diagramas eléctricos de control se realizó de la misma manera, primeramente, en una platilla 2D de AutoCAD se dibujaron todos los equipos a usar en base a la observación física de los mismos. En este caso se hizo uso de los dibujos ya existentes de los equipos de Allen Bradley pertenecientes a Rockwell Automation, descargados directamente de la página oficial con base al número de catálogo de los equipos de Allen Bradley.

#### **4.1.3. DISEÑO DE PLANOS DE PROCESO.**

El propósito de la norma ANSI /ISA S 5.1-1984 es establecer un medio uniforme de designación para los instrumentos y los sistemas de la instrumentación usados para la medición y control. Con este fin, el sistema de designación incluye los símbolos y presenta un código de identificación.

La norma anteriormente mencionada es la que rige la simbología y la nomenclatura empleada en el diseño de los planos, esta norma establece que todas las letras deben ser mayúsculas, no deben usarse más de 4 letras y estas letras deben expresar la identificación del instrumento y la identificación funcional.

De acuerdo a esta norma los símbolos y elementos empleados en los planos para los instrumentos de medición son alfanuméricos; los números representan la ubicación y establecen el lazo de identidad, y la codificación alfanumérica identifica al instrumento y las acciones a realizar.

Para las válvulas las letras identifican el tipo de válvula, el par de números que le siguen identifican el área donde se encuentra ubicado el equipo, los dos números siguientes al silo al que pertenecen y el último par de números el número del equipo. Para las bombas y los agitadores las letras identifican al equipo, el par de números siguientes el área donde se ubica y el último par de números el número de equipo.

Primeramente, en base a la observación de los equipos de la planta, datos proporcionados por el jefe de mantenimiento y de las necesidades del rediseño se dibujó en AutoCAD el plano DTI (Diagrama de tuberías e instrumentación).

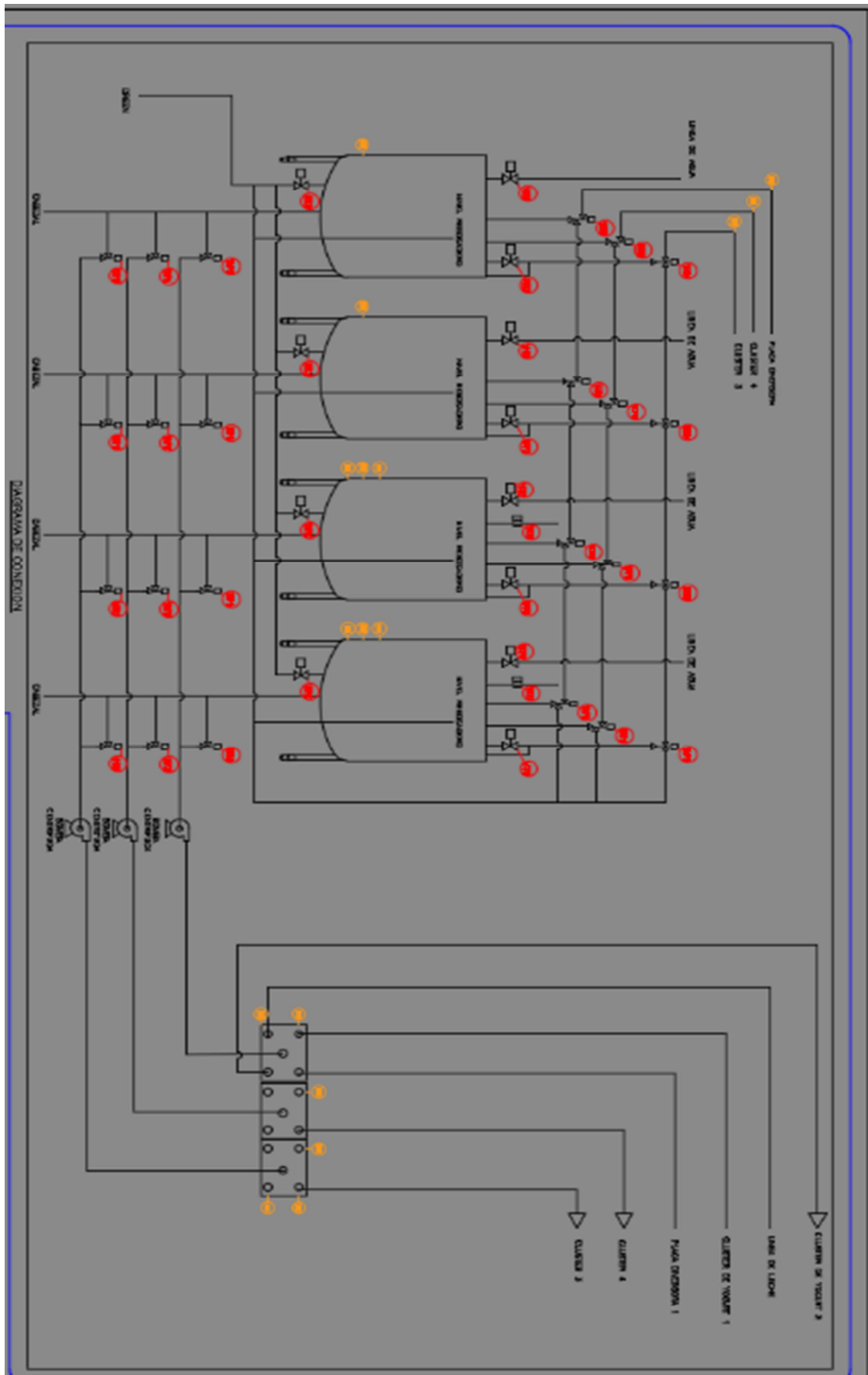


Fig. 4.4.- DTI del área de CIP

#### 4.1.4. FILOSOFIA DE OPERACIÓN

En base a las necesidades de la empresa y al DTI diseñado en AutoCAD se generan las filosofías de operación, es decir cada camino que pueden seguir los diferentes procesos. Analizando la secuencia de operación se encontró que para esta automatización existían 5 filosofías de operación para cada uno de los 3 circuitos:

La primera filosofía trabaja de la siguiente manera, enviando un enjuague a las tuberías del cluster de producción el cual parte del tanque de agua recuperada aperturando las válvulas correspondientes al circuito que vaya a tomar y de igual manera encendiendo la bomba para que haga su recorrido, una vez terminada la trayectoria del enjuague por el circuito se retorna al dren para continuar con el proceso de limpieza.

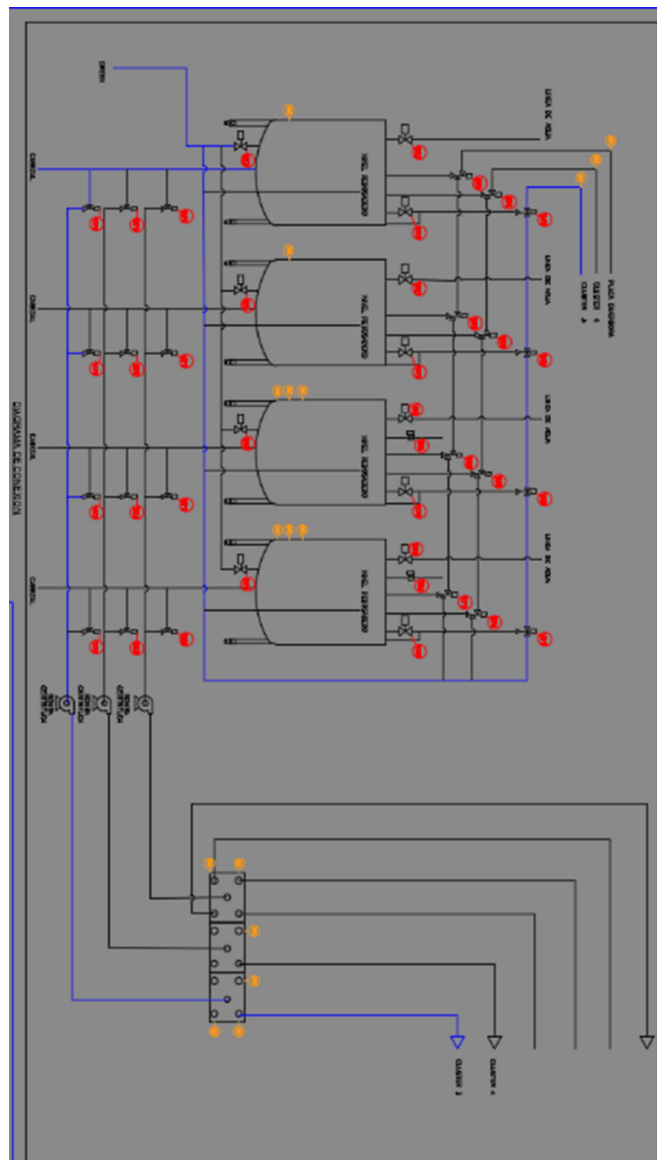


Fig. 4.5.- 1er Filosofía

La segunda filosofía es cuando se prepara el envío de sosa caustica por el circuito en el cual se realizó el primer enjuague, de igual manera se aperturan las válvulas correspondientes a la trayectoria encendiendo la bomba, una vez la sosa este retornando se dirige al dren siempre y cuando no cumpla con los valores de conductividad debido a que la solución se encuentra sucia, al cumplir el valor de la conductividad el líquido retorna al tanque de sosa para ser almacenado para otro circuito.

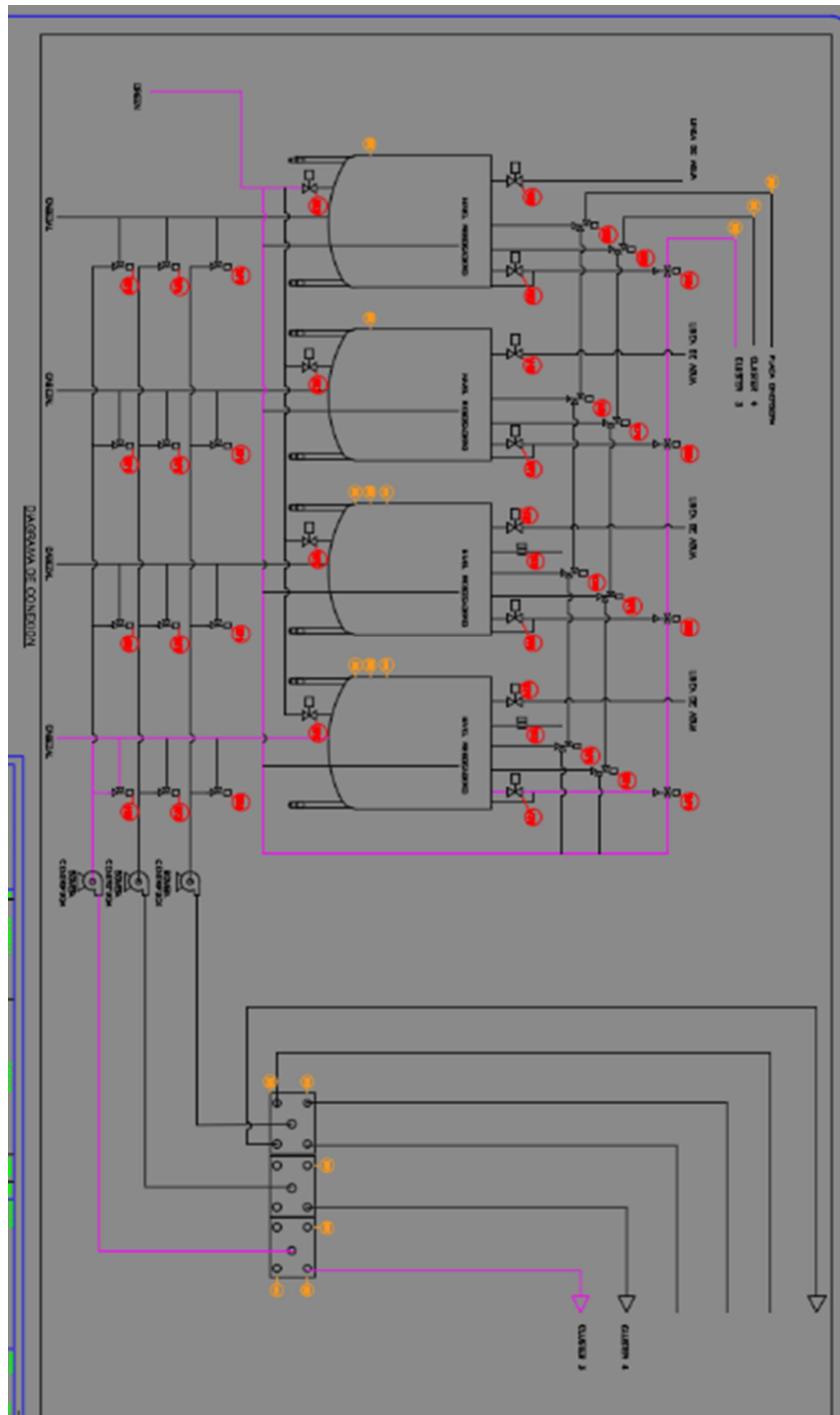


Fig. 4.6.- 2° Filosofía Filosofía



La tercera filosofía trabaja de la siguiente manera, enviando un enjuague una vez retornada toda la sosa, a las tuberías del cluster el cual parte del tanque de agua recuperada aperturando las válvulas correspondientes al circuito y de igual manera encendiendo la bomba para que comience su recorrido, una vez terminada la trayectoria del enjuague por el circuito se retorna al dren para continuar con el proceso de limpieza.

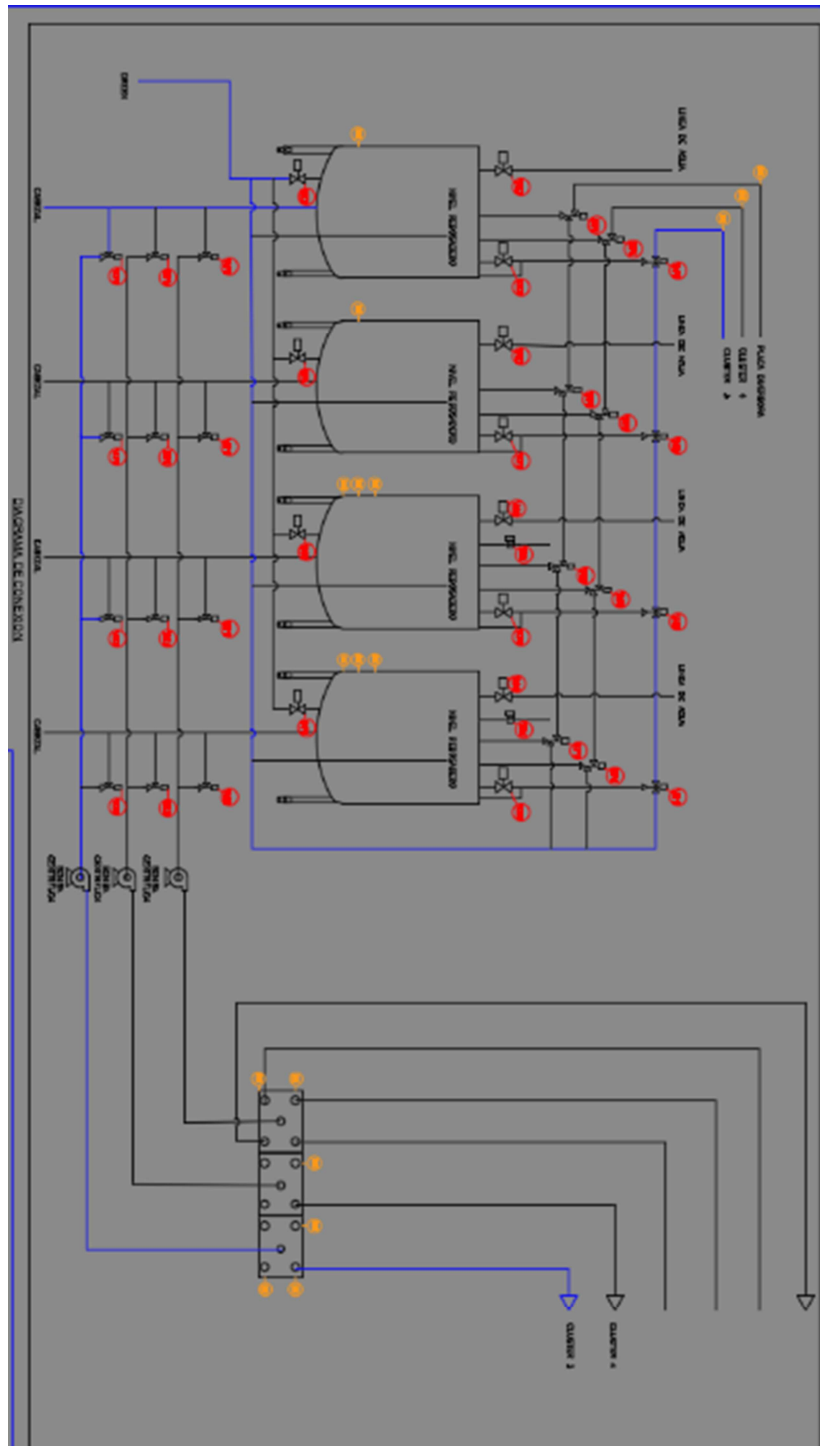


Fig. 4.7.- 3° Filosofía

La cuarta filosofía es la etapa encargada de enviar el ácido por la trayectoria con el fin de eliminar todos aquellos residuos de las tuberías, aperturando las válvulas correspondientes a la trayectoria y encendiendo la bomba para que comience el recorrido del ácido, una vez que el ácido este retornando se dirige al dren siempre que no alcance los valores de conductividad, una vez alcanzados el ácido es retornado al tanque de ácido para ser almacenado para el próximo circuito.

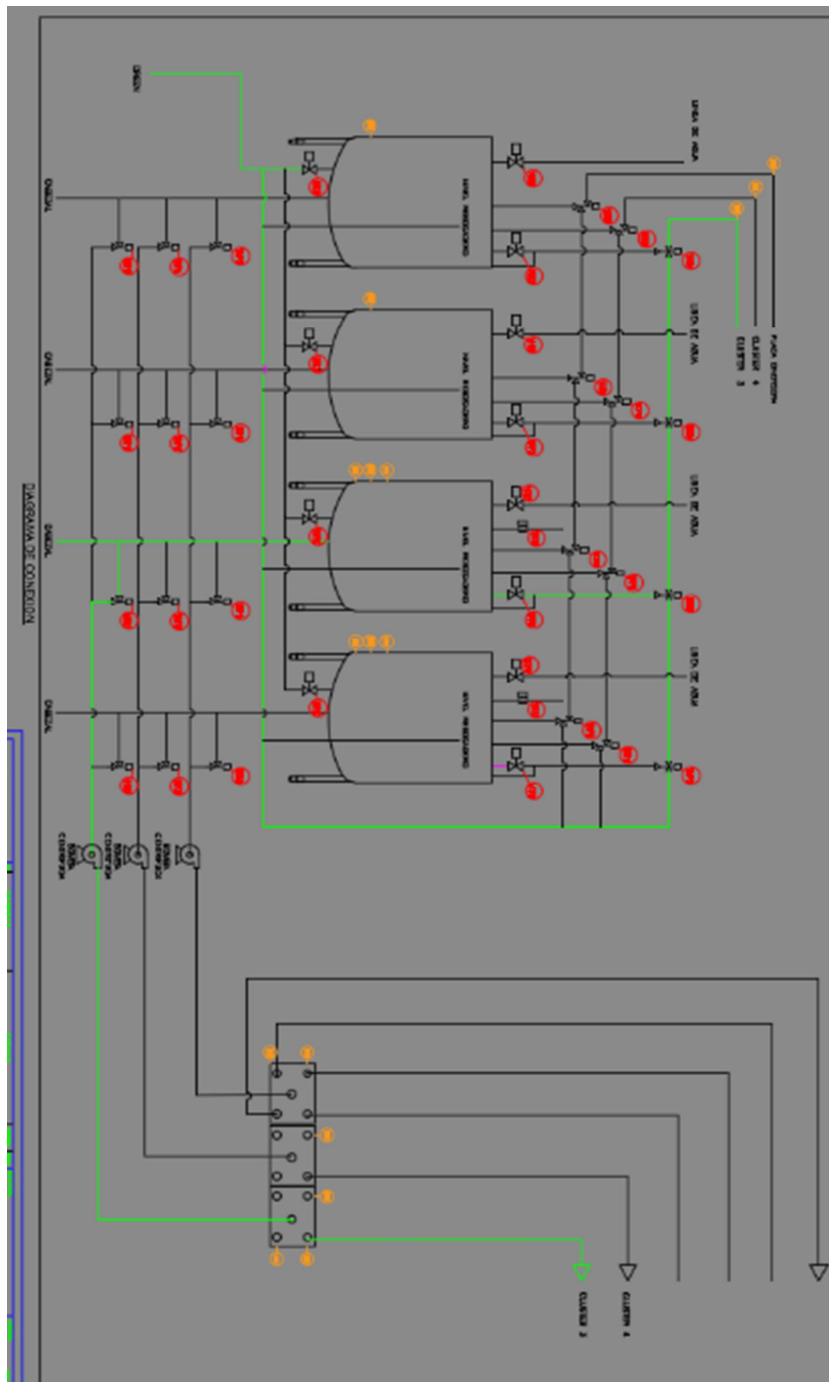


Fig. 4.8.- 4° Filosofía

La quinta filosofía es la última etapa en la cual se manda un enjuague de agua limpia a las tuberías para retirar el ácido, este se logra aperturando las válvulas correspondientes y encendiendo la bomba para que el agua realice el recorrido por toda la trayectoria, una vez termine el agua se retorna al tanque de agua recuperada teniendo como resultado la limpieza del circuito.

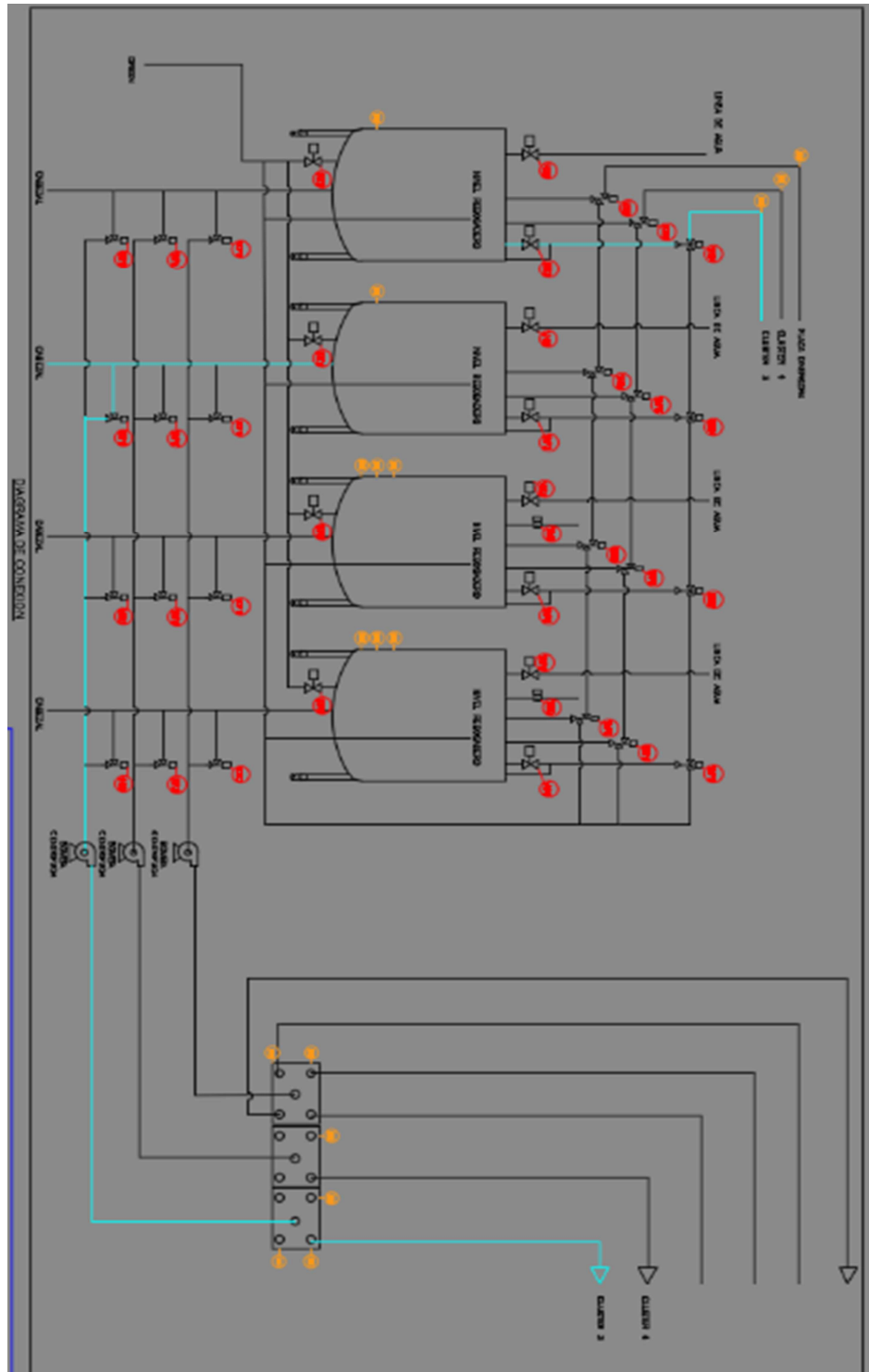


Fig. 4.9.- 5° Filosofía

## 4.2. IMPLEMENTACIÓN

### 4.2.1. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

Una vez analizados los diferentes procesos y reconocido todos los equipos que intervienen en el mismo se procedió a realizar el diseño y el dibujo en AutoCAD del tablero de control, los cuales son el diseño de la estructura del tablero.

Por otro lado, también se realizó la disposición de los elementos separando los elementos de control con los de potencia, esto para evitar disturbios a las señales de control. Del lado izquierdo del tablero se colocaron los elementos de control y de lado derecho los elementos de potencia. Las dimensiones del armario fueron de 1.20 m de ancho por 2 m de altura. De los cuales el espacio usado para la colocación de los elementos y cableado fue de 1.10 m de ancho por 1.86 m de altura.



Fig.4.10.- Tablero de Control

## 4.2.2. DISTRIBUCION DE TABLERO DE CONTROL

El tablero de control del área de saneamiento cuenta con las siguientes características:

Tabla 4.1 Descripción de las características de los componentes internos del tablero de control

<b>UBICACIÓN: CIP</b>					
<b>RED: Ethernet_IP01</b>		<b>NODO: 7</b>			
<b>TABLERO: TFC-01</b>		<b>DIR. IP: 192.168.1.-----</b>			
SLOT	TARJETA	TAG	DESCRIPCION	SEÑAL	DIR. FISICA
00	1794-ACNIS		Adaptador POINT I/O Ethernet 1 puerto		
01	1794-IE8		Tarjeta de 8 Entradas Analógicas 4-20 mA	4-20 mA	POINT_1:I.Data[1]
02	1794-IE8		Tarjeta de 8 Entradas Analógicas 4-20 mA	4-20 mA	POINT_1:I.Data[2]
03	1794-IB32		Tarjeta de 32 entradas digitales a 24 VDC	24VDC	POINT_1:I.Data[3]
04	1794-OB32		Tarjeta de 32 salidas digitales a 24 VDC	24VDC	POINT_1:O.Data[4]
05	1794-OB32		Tarjeta de 32 salidas digitales a 24 VDC	24VDC	POINT_1:O.Data[5]

### 4.2.2.1. SLOT-01 1794-IE8

Tabla 4.2 Descripción de Slot-01 entradas analógicas

<b>RED:</b>	<b>Ethernet_IP01</b>				
<b>NODO:</b>	<b>7</b>	<b>1734-IE8C</b>			
<b>SLOT:</b>	<b>1</b>				
CANAL	BORNES	TAG	DESCRIPCION		DIR. FISICA
00	IE070100	TTC1.IN_1	TRANSMISOR DE TEMPERATURA TANQUE SOSA		POINT_7:1:1.0
01	IE070101	TTC2.IN_1	TRANSMISOR DE NIVEL TANQUE ACIDO		POINT_7:1:1.1
02	IE070102	PTC1.IN_1	TRANSMISOR DE NIVEL TANQUE RECUPERADO		POINT_7:1:1.2
03	IE070103	PTC2.IN_1	TRANSMISOR DE NIVEL TANQUE AGUA LIMPIA		POINT_7:1:1.3
04	IE070104	PTC3.IN_1	TRANSMISOR DE NIVEL TANQUE SOSA		POINT_7:1:1.4
05	IE070105	PTC4.IN_1	TRANSMISOR DE NIVEL TANQUE ACIDO		POINT_7:1:1.5
06	IE070106	CTC1.IN_1	TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD LINEA 1		POINT_7:1:1.6
07	IE070107	CTC2.IN_1	TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD LINEA 2		POINT_7:1:1.7



#### 4.2.2.2. SLOT-02 1794-IE8

Tabla 4.3 Descripción de Slot-02 entradas analógicas

RED:	Ethernet_IP01						
NODO:	7		1734-IE8C				
SLOT:	2						
CANAL	BORNES	TAG	DESCRIPCION	DIR. FISICA			
00	IE070200	CTC3.IN_1	TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD LINEA 3	POINT_7:2:1.0			
01	IE070201	CTC4.IN_1	TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD SOSA	POINT_7:2:1.1			
02	IE070202	CTC5.IN_1	TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD ACIDO	POINT_7:2:1.2			
03	IE070203	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:2:1.3			
04	IE070204	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:2:1.4			
05	IE070205	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:2:1.5			
06	IE070206	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:2:1.6			
07	IE070207	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:2:1.7			

#### 4.2.2.3. SLOT-03 1794-IB32

Tabla 4.3 Descripción de Slot-03 entradas digitales

RED: Ethernet\_IP01  
 NODO: 7 1734-IB8  
 SLOT: 3

CANAL	BORNES	TAG	DESCRIPCION	DIR. FISICA
00	I070300	VCIP01.IN_1	Valvula Abierta VCIP01	POINT_7:3:1.0
01	I070301	VCIP02.IN_1	Valvula Abierta VCIP02	POINT_7:3:1.1
02	I070302	VCIP03.IN_1	Valvula Abierta VCIP03	POINT_7:3:1.2
03	I070303	VCIP04.IN_1	Valvula Abierta VCIP04	POINT_7:3:1.3
04	I070304	VCIP05.IN_1	Valvula Abierta VCIP05	POINT_7:3:1.4
05	I070305	VCIP06.IN_1	Valvula Abierta VCIP06	POINT_7:3:1.5
06	I070306	VCIP07.IN_1	Valvula Abierta VCIP07	POINT_7:3:1.6
07	I070307	VCIP08.IN_1	Valvula Abierta VCIP08	POINT_7:3:1.7
08	I070308	VCIP09.IN_1	Valvula Abierta VCIP09	POINT_7:3:1.8
09	I070309	VCIP10.IN_1	Valvula Abierta VCIP10	POINT_7:3:1.9
10	I070310	VCIP11.IN_1	Valvula Abierta VCIP11	POINT_7:3:1.10
11	I070311	VCIP12.IN_1	Valvula Abierta VCIP12	POINT_7:3:1.11
12	I070312	VCIP13.IN_1	Valvula Abierta VCIP13	POINT_7:3:1.12
13	I070313	VCIP14.IN_1	Valvula Abierta VCIP14	POINT_7:3:1.13
14	I070314	VCIP15.IN_1	Valvula Abierta VCIP15	POINT_7:3:1.14
15	I070315	VCIP16.IN_1	Valvula Abierta VCIP16	POINT_7:3:1.15
16	I070316	VCIP17.IN_1	Valvula Abierta VCIP17	POINT_7:3:1.16
17	I070317	VCIP18.IN_1	Valvula Abierta VCIP18	POINT_7:3:1.17
18	I070318	VCIP19.IN_1	Valvula Abierta VCIP19	POINT_7:3:1.18
19	I070319	VCIP20.IN_1	Valvula Abierta VCIP20	POINT_7:3:1.19
20	I070320	VCIP21.IN_1	Valvula Abierta VCIP21	POINT_7:3:1.20
21	I070321	VCIP22.IN_1	Valvula Abierta VCIP22	POINT_7:3:1.21
22	I070322	VCIP23.IN_1	Valvula Abierta VCIP23	POINT_7:3:1.22
23	I070323	VCIP24.IN_1	Valvula Abierta VCIP24	POINT_7:3:1.23
24	I070324	ITP01.IN_1	SENSOR INDUCTIVO PLACA 1	POINT_7:3:1.24
25	I070325	ITP02.IN_1	SENSOR INDUCTIVO PLACA 2	POINT_7:3:1.25
26	I070326	ITP03.IN_1	SENSOR INDUCTIVO PLACA 3	POINT_7:3:1.26
27	I070327	ITP04.IN_1	SENSOR INDUCTIVO PLACA 4	POINT_7:3:1.27
28	I070328	ITP05.IN_1	SENSOR INDUCTIVO PLACA 5	POINT_7:3:1.28
29	I070329	ITP06.IN_1	SENSOR INDUCTIVO PLACA 6	POINT_7:3:1.29
30	I070330	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:3:1.30
31	I070331	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:3:1.31

#### 4.2.2.4. SLOT-04 1794-OB32

Tabla 4.4 Descripción de Slot-04 entradas digitales

Ethernet\_IP01

7

1734-OB8

4

BORNES	TAG	DESCRIPCION	DIR. FISICA
O070400	VCIP01.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP01	POINT_7:4:0.0
O070401	VCIP02.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP02	POINT_7:4:0.1
O070402	VCIP03.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP03	POINT_7:4:0.2
O070403	VCIP04.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP04	POINT_7:4:0.3
O070404	VCIP05.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP05	POINT_7:4:0.4
O070405	VCIP06.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP06	POINT_7:4:0.5
O070406	VCIP07.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP07	POINT_7:4:0.6
O070407	VCIP08.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP08	POINT_7:4:0.7
O070408	VCIP09.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP09	POINT_7:4:0.8
O070409	VCIP10.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP10	POINT_7:4:0.9
O070410	VCIP11.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP11	POINT_7:4:0.10
O070411	VCIP12.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP12	POINT_7:4:0.11
O070412	VCIP13.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP13	POINT_7:4:0.12
O070413	VCIP14.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP14	POINT_7:4:0.13
O070414	VCIP15.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP15	POINT_7:4:0.14
O070415	VCIP16.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP16	POINT_7:4:0.15
O070416	VCIP17.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP17	POINT_7:4:0.16
O070417	VCIP18.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP18	POINT_7:4:0.17
O070418	VCIP19.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP19	POINT_7:4:0.18
O070419	VCIP20.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP20	POINT_7:4:0.19
O070420	VCIP21.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP21	POINT_7:4:0.20
O070421	VCIP22.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP22	POINT_7:4:0.21
O070422	VCIP23.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP23	POINT_7:4:0.22
O070423	VCIP24.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP24	POINT_7:4:0.23
O070424	VCIP25.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP25	POINT_7:4:0.24
O070425	VCIP26.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP26	POINT_7:4:0.25
O070426	VCIP27.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP27	POINT_7:4:0.26
O070427	VCIP28.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP28	POINT_7:4:0.27
O070428	VCIP29.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP29	POINT_7:4:0.28
O070429	VCIP30.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP30	POINT_7:4:0.29
O070430	VCIP31.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP31	POINT_7:4:0.30
O070431	VCIP32.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP32	POINT_7:4:0.31

#### 4.2.2.5. SLOT-05 1794-OB32

Tabla 4.4 Descripción de Slot-04 entradas digitales

Ethernet\_IP01

7

1734-OB8

5

BORNES	TAG	DESCRIPCION	DIR. FISICA
O070500	VCIP33.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP33	POINT_7:5:0.0
O070501	VCIP34.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP34	POINT_7:5:0.1
O070502	VCIP35.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP35	POINT_7:5:0.2
O070503	VCIP36.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VCIP36	POINT_7:5:0.3
O070504	VVC01.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VVC01.	POINT_7:5:0.4
O070505	VVC02.OUT_1	ELECTROVALVULA_1 PRINCIPAL VALVULA VVC02.	POINT_7:5:0.5
O070506	VBS01.OUT_1	ELECTROVALVULA BOMBA SOSA	POINT_7:5:0.6
O070507	VBA01.OUT_1	ELECTROVALVULA BOMBA ACIDO	POINT_7:5:0.7
O070508	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.8
O070509	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.9
O070510	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.10
O070511	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.11
O070512	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.12
O070513	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.13
O070514	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.14
O070515	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.15
O070516	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.16
O070517	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.17
O070518	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.18
O070519	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.19
O070520	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.20
O070521	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.21
O070522	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.22
O070523	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.23
O070524	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.24
O070525	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.25
O070526	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.26
O070527	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.27
O070528	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.28
O070529	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.29
O070530	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.30
O070531	DISPONIBLE	LIBRE	POINT_7:5:0.31



### 4.2.3. ALTA DE VARIABLES

Con los elencos terminados se prosigue a la elaboración del proceso en el programa RSLogix 5000 en el cual se debe de dar de alta todas las variables.

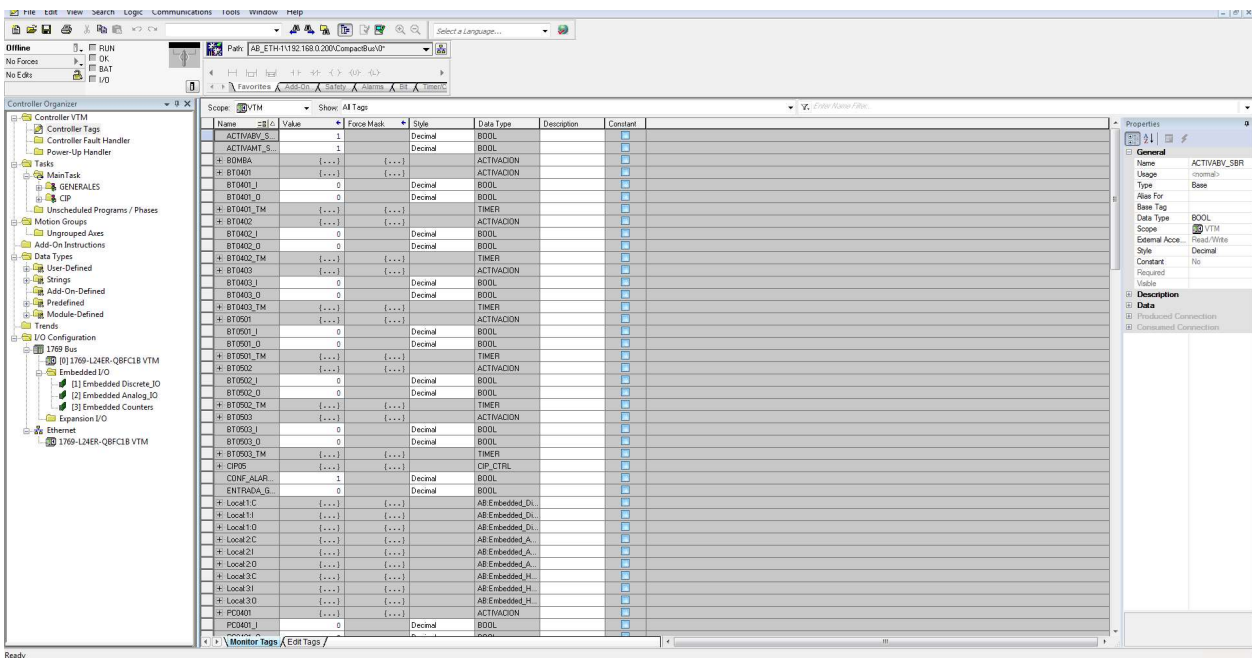


Fig.4.11.- Alta de las variables en el programa RSLogix 5000

### 4.2.4. INSTRUCCIONES DEL PROCESO

Se elaboran las rutinas para el proceso de saneamiento.

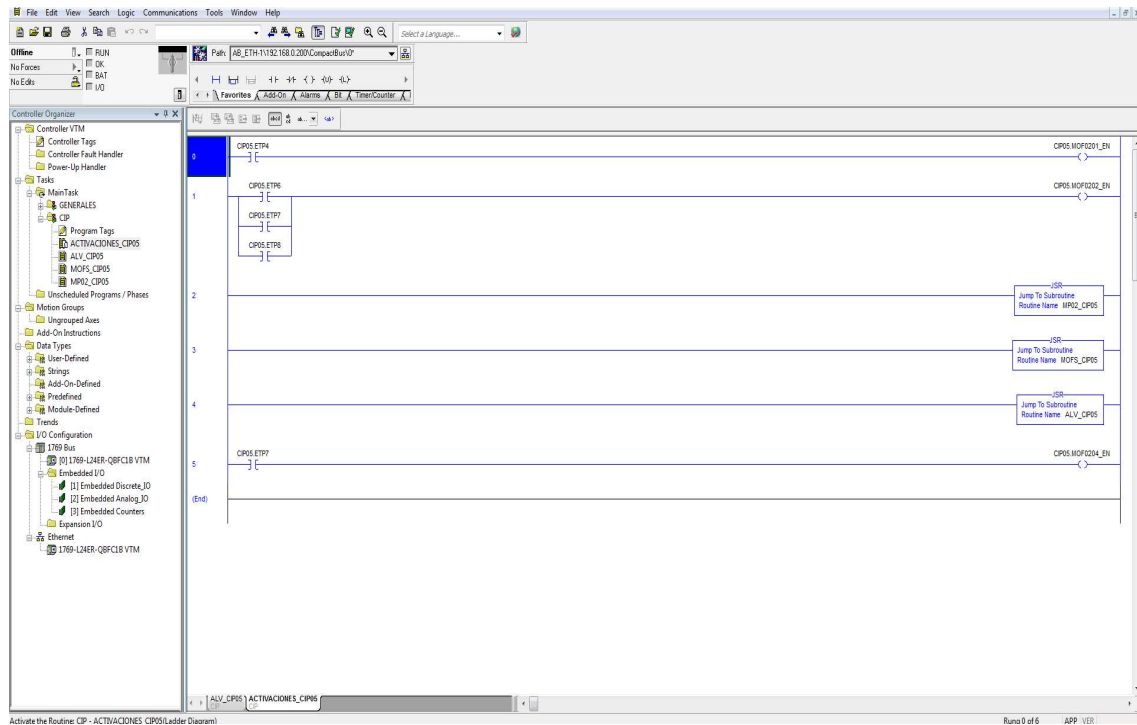


Fig.4.12.- Elaboración de rutinas en RSLogix

Se prosiguió a crear las instrucciones para generar las recetas para el proceso de saneamiento.

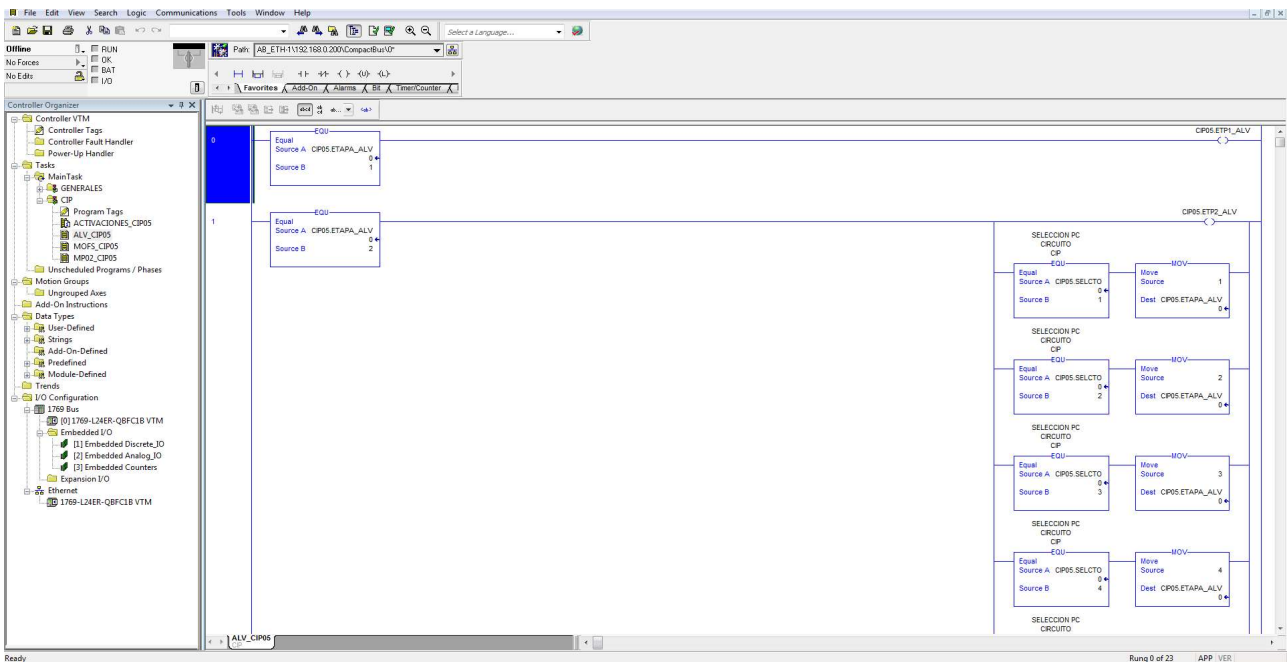


Fig.4.13.- Instrucción del proceso en el programa RSLogix 5000

Se crea el nodo de comunicación con PLC y el programa RSLogix 5000 para que la secuencia de trabajo previamente antes construida pueda ser manipulada virtualmente, todo esto posible a la aplicación RSLinx.

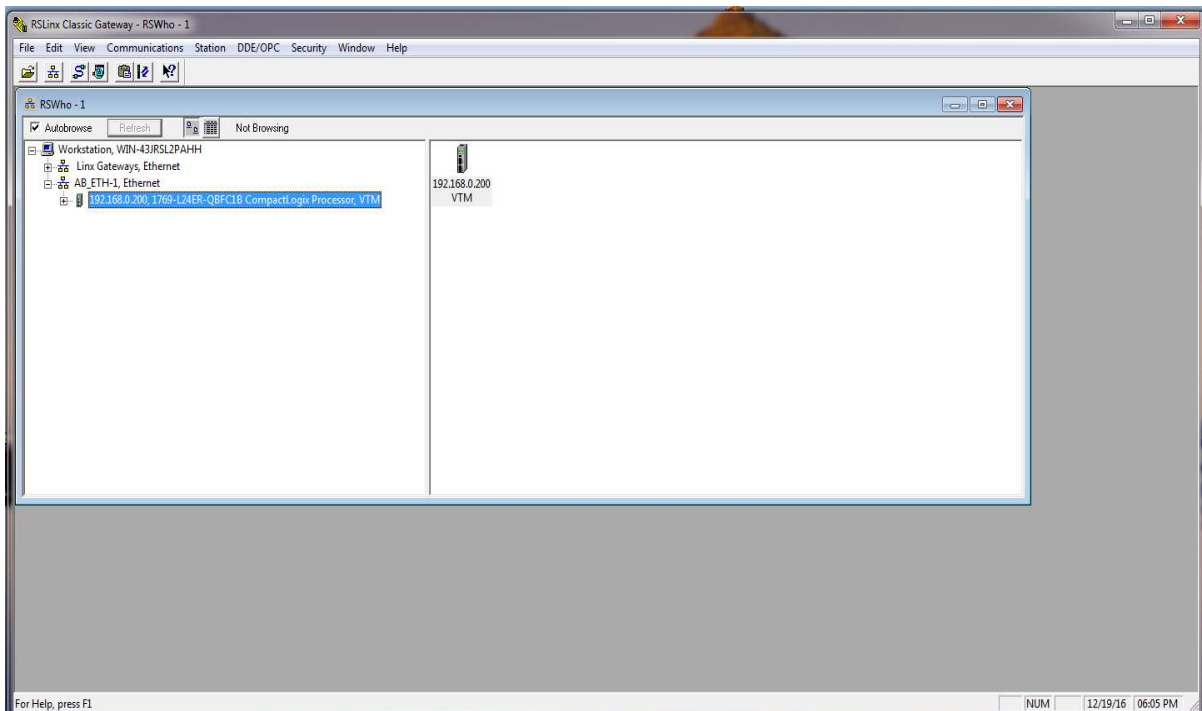


Fig.4.14.- Comunicación mediante RSLinx

Realización de pantallas mediante el programa RSView32

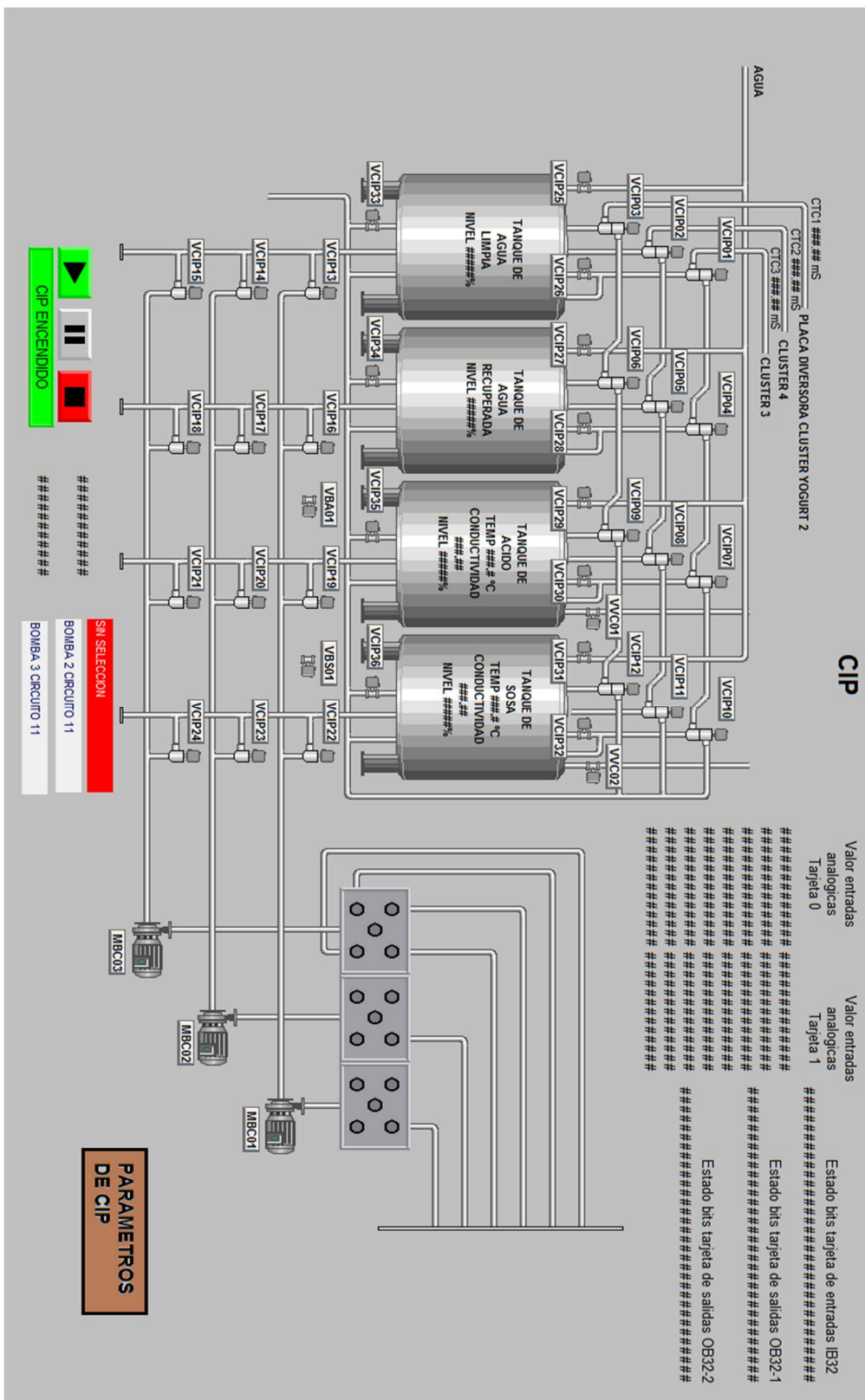


Fig.4.15.- Pantalla CIP



### PARAMETROS DE CIP

Tanque de agua limpia	Tanque de agua recuperada	Tanque de sosa	Tanque de ácido
Nivel máximo <input style="width: 50px;" type="text"/>	Nivel máximo <input style="width: 50px;" type="text"/>	Temperatura máxima <input style="width: 50px;" type="text"/>	Temperatura máxima <input style="width: 50px;" type="text"/>
Nivel mínimo <input style="width: 50px;" type="text"/>	Nivel mínimo <input style="width: 50px;" type="text"/>	Temperatura mínima <input style="width: 50px;" type="text"/>	Temperatura mínima <input style="width: 50px;" type="text"/>
		Conductividad máxima <input style="width: 50px;" type="text"/>	Conductividad máxima <input style="width: 50px;" type="text"/>
		Conductividad mínima <input style="width: 50px;" type="text"/>	Conductividad mínima <input style="width: 50px;" type="text"/>
		Nivel máximo <input style="width: 50px;" type="text"/>	Nivel máximo <input style="width: 50px;" type="text"/>
		Nivel mínimo <input style="width: 50px;" type="text"/>	Nivel mínimo <input style="width: 50px;" type="text"/>

Fig.4.16.- Pantallas utilería CIP

## 4.2.5. MANUAL DE OPERACIÓN

### 4.2.5.1. PANTALLA PRINCIPAL



Fig.4.17.- Pantalla principal

#	Descripción	#	Descripción
1	Botón para SALIR	3	Botón para ACCESAR
2	Indicador para insertar contraseña	4	Indicador de Fecha y Hora actual

Esta es la pantalla de presentación de la aplicación, en esta pantalla se puede visualizar la fecha y la hora actual (4), además de contar con sus botones de navegación que se explicaran a continuación.

## Teclas de Navegación:

**Botón para Salir (1):** Este botón elimina la contraseña de usuario y elimina los privilegios de sesión, para así poder ingresar como un nuevo usuario. Esto se recomienda realizar cada que se requiere cambiar de usuario.

**Indicador para insertar contraseña (2):** En este indicador se inserta la contraseña que se le ha asignado a cada usuario, cuando este es seleccionado se podrá ingresar la contraseña, para poder trabajar en el programa.

**Botón para ACCESAR (3):** Este botón ingresa a la aplicación, cuando ya se ha seleccionado el usuario e ingresando la contraseña correcta aparecer este botón para tener acceso al programa, donde como primera opción se visualizará la pantalla de CIP.

Autenticación de usuario.

Seleccionar el espacio asignado para la contraseña.

1. Ingrese la contraseña asignada para el tipo de usuario, tome en cuenta que la aplicación distingue entre mayúsculas y minúsculas. Al finalizar presione la tecla Enter para que la contraseña del usuario sea ingresada.
2. Al tener contraseña ingresada correctamente y el usuario asignado, emergerá el botón acceder, el cual permitirá ingresar a la aplicación de acuerdo al modo de usuario seleccionado.

El proceso anterior dará acceso al programa y a las funciones de la aplicación en su nivel de acceso.

### 4.2.5.2. PANTALLA SISTEMA DE CIP

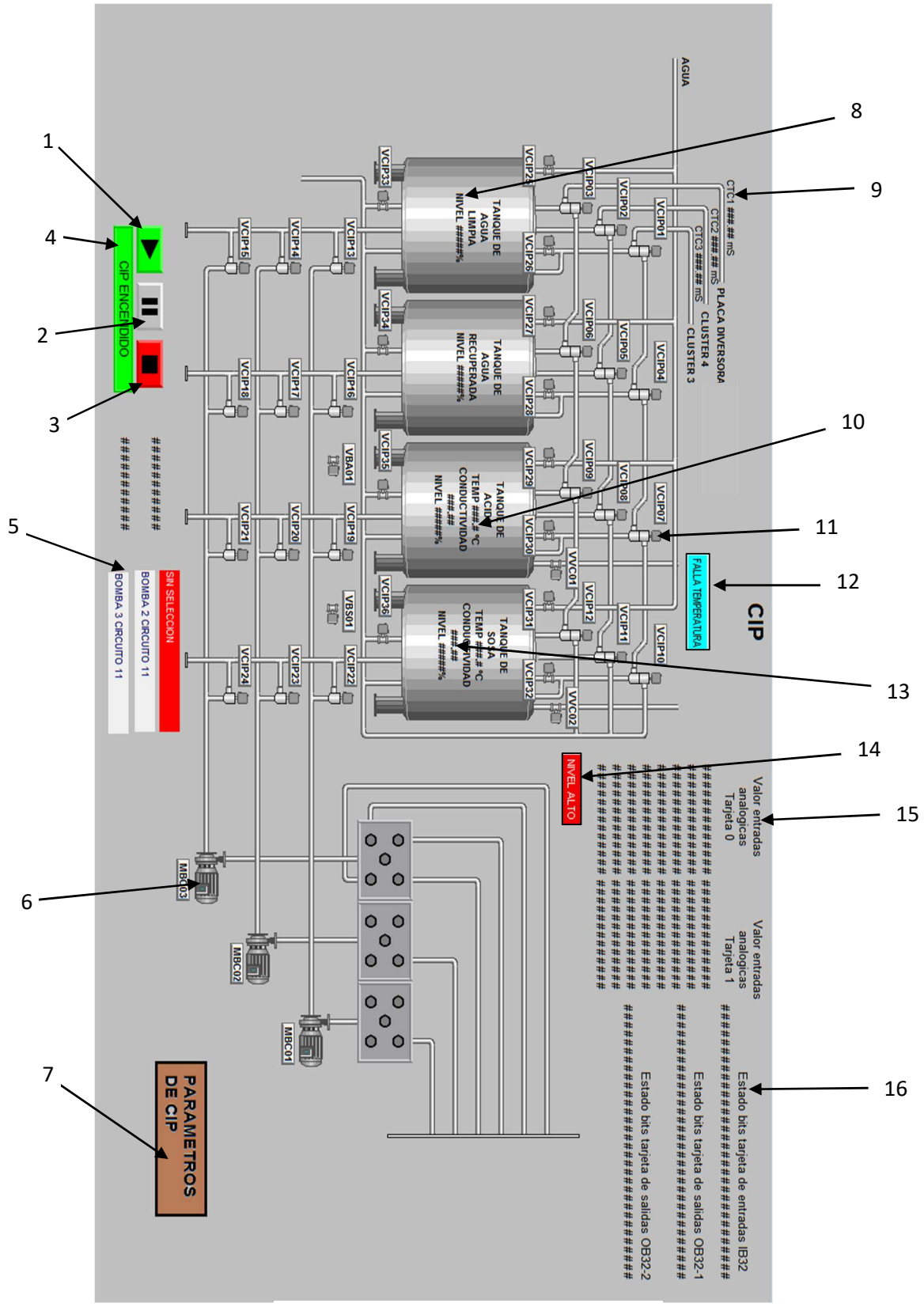


Fig.4.18.- Pantalla sistema CIP



#	Descripción	#	Descripción
1	Botón para ENCENDER CIP	9	Sensor de CONDUCTIVIDAD
2	Botón para PAUSAR CIP	10	TEMPERATURA DEL TANQUE
3	Botón para PARAR CIP	11	Botón Manual/Automático VALVULAS
4	Indicador de funcionamiento de CIP	12	Alarma FALLA TEMPERATURA
5	Botón para selección de BOMBA	13	CONDUCTIVIDAD DEL TANQUE
6	Botón Manual/Automático BOMBA	14	Alarma FALLA NIVEL
7	Botón para PARAMETROS DE CIP	15	Valor de las entradas
8	NIVEL DE TANQUE	16	Estados de bits de las tarjetas

Esta es la pantalla de sistema CIP, esta es la pantalla principal después de haber ingresado a la aplicación. En esta pantalla se puede visualizar los tanques de agua recuperada, agua limpia, sosa, ácido y los componentes que se encuentran en esta pantalla para monitorear y trabajar en el proceso.

En esta pantalla se puede observar indicadores, componentes y una serie de botones.

A continuación, se describe cada funcionamiento que puedes realizar en la pantalla de sistema CIP.

### TECLAS DE NAVEGACIÓN

**Botón para ENCENDER CIP (1):** Con este botón podrá dar encender al sistema de CIP de la planta de manera automática de acuerdo a la filosofía de operación.

**Botón para PAUSAR (2):** Con este botón podrá dar pausa al proceso de sistema de CIP de la planta de ser requerido.

**Botón para PARAR (3):** Con este botón podrá detener al proceso de sistema de CIP de la planta de ser requerido.

**Botón para selección de BOMBA (5):** Con este botón podrá decidir que circuito de bomba utilizar para la limpieza.

**Botón Manual/Automático BOMBA (6):** Con este botón podrá acciona la bomba de tal manera que su funcionamiento sea Manual o Automático.

**Botón parámetros de CIP (7):** Con este botón accederá a la pantalla donde se muestran con una mayor descripción los valores del CIP.

**Botón Manual/Automático VALVULAS (11):** Con este botón podrá acciona las válvulas de tal manera que su accionamiento sea Manual o Automático.



## INDICADORES DE ESTADO DEL TANQUE

**NIVEL DE TANQUE (8):** Este indicador muestra el nivel del tanque en porcentaje (teniendo como un mínimo 0% y máximo un 100%). Cada tanque cuenta con su respectivo indicador de nivel.

**TEMPERATURA DEL TANQUE (10):** Este indicador muestra como su nombre lo indica, la temperatura actual del tanque (temperatura dada en grados centígrados a través del medidor de temperatura ubicado en el tanque respectivo).

**CONDUCTIVIDAD DEL TANQUE (13):** Este indicador nos muestra la conductividad que tiene las sustancias depositadas en el tanque (la conductividad es dada en mili-siemens).

## INDICADORES DE ALARMA DEL TANQUE

Las alarmas son un punto clave en el proceso, ya que alerta de cualquier anomalía en el sistema, para ello se establecieron 2 tipos de alarmas. Si se encuentra presente alguna de estas alarmas es necesario revisar la alarma que indica y en caso de recurrirlo llamar al equipo

**Alarma Nivel alto (10):** Este indicador aparece cuando nuestro nivel de producto existente se ha vuelto crítico como se muestrea en la Fig.4.18, a que se refiere con esto, establecido por la empresa existe un nivel máximo de seguridad permitido, el cual no es el máximo total del tanque, pero esto ayuda a tener un control además de evitar algún tipo de derrame, esta alarma actúa en los tanques cada uno con su alarma respectiva por medio de un switch de nivel, este sensor está ubicado en la lateral del tanque en la parte más alta del mismo. En caso de presentar un nivel alto, parar el envío de producto a los tanques hasta revisar el nivel del producto o los equipos de control, en caso de no parar el producto el proceso se parará automáticamente, llamar a equipo de mantenimiento o revisar el manual de mantenimiento de equipo para detectar posibles fallas o revisar listado de alarmas anexado en este manual.



Fig.4.19

**Alarma falla de temperatura (11):** Este indicador aparece en el momento que exista alguna falla con respecto a la temperatura en alguno de los tanques, ya sea baja temperatura o alta temperatura, esta alarma actúa en los tanques. Si se presentara una falla de temperatura es necesario detener el proceso hasta que los niveles de temperatura se normalicen.



Fig.4.20

### Otros componentes de la pantalla:

**Indicador de funcionamiento de CIP (4):** Este indicador tiene la función de hacernos saber en qué estado se encuentra el proceso de CIP los cuales pueden ser CIP ENCENDIDO, CIP EN PAUSA, CIP DETENIDO.

**Sensor de CONDUCTIVIDAD (9):** Este indicador nos muestra la conductividad que tiene las sustancias una vez que regresa a los tanques (la conductividad es dada en mili-siemens).

**Valor de las entradas (15):** Estos indicadores muestran los valores arrojados por el sistema para poder ser monitoreados al instante.

**Estados de bits de las tarjetas (16):** Estos indicadores muestran los valores de los bits para poder apreciar un mejor funcionamiento de las válvulas.

#### 4.2.5.3. PANTALLA PARAMETROS DE CIP

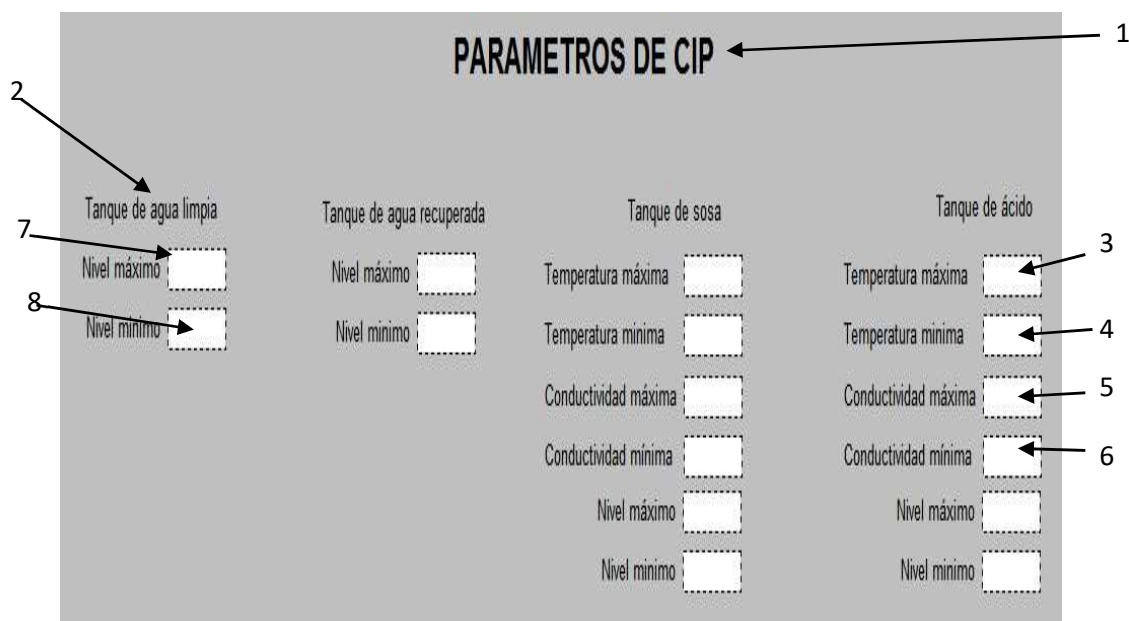


Fig.4.21. Parámetros de CIP

#	Descripción	#	Descripción
1	Pantalla de visualización (PARAMETROS DE CIP)	5	Valor conductividad máxima
2	Indicador de Tanque	6	Valor conductividad mínima
3	Valor Temperatura máxima	7	Valor nivel máximo
4	Valor Temperatura mínima	8	Valor nivel mínimo

Esta es la pantalla de PLACA DE PARAMETROS DE CIP, podremos manipular las variables de los sensores de cada tanque con lo cual tener un control más preciso del programa de limpieza para las cuales se dirige el sistema.

**Indicador de tanque (2):** Este indicador muestra el nombre del tanque en el cual las variables se modifican.

### Teclas de manipulación

Los indicadores de estado de los tanques sirven para observar lo que está sucediendo en el proceso al momento y poder variarlo de acuerdo a lo que se requiera. Los indicadores disponibles para cada tanque son los de:

- Nivel de tanque %
- Conductividad
- Temperatura

**Variable temperatura máxima (3):** Esta variable muestra la temperatura máxima que puede ser modificada de los tanques (temperatura dada en grados centígrados a través de medidores de temperatura ubicados en la parte inferior de los tanques).

**Variable temperatura mínima (4):** Esta variable muestra la temperatura mínima que puede ser modificada de los tanques (temperatura dada en grados centígrados a través de medidores de temperatura ubicados en la parte inferior de los tanques).

**Variable de conductividad máxima (5):** Esta variable muestra la conductibilidad máxima que puede ser modificada de los tanques (conductividad dada en mili-siemens a través de medidores de conductividad ubicados en la parte inferior de los tanques).

**Variable de conductividad mínima (6):** Esta variable muestra la conductibilidad mínima que puede ser modificada de los tanques (conductividad dada en mili-siemens a través de medidores de conductividad ubicados en la parte inferior de los tanques).

**Variable nivel máxima (7):** Esta variable muestra el nivel máximo que puede ser modificada de los tanques (el nivel dada en PSI a través de medidores de presión ubicados en la parte inferior de los tanques).

**Variable nivel mínima (8):** Esta variable muestra el nivel mínimo que puede ser modificada de los tanques (el nivel dada en PSI a través de medidores de presión ubicados en la parte inferior de los tanques).

#### 4.2.5.4. PANTALLA MANUAL AUTOMATICO BOMBA

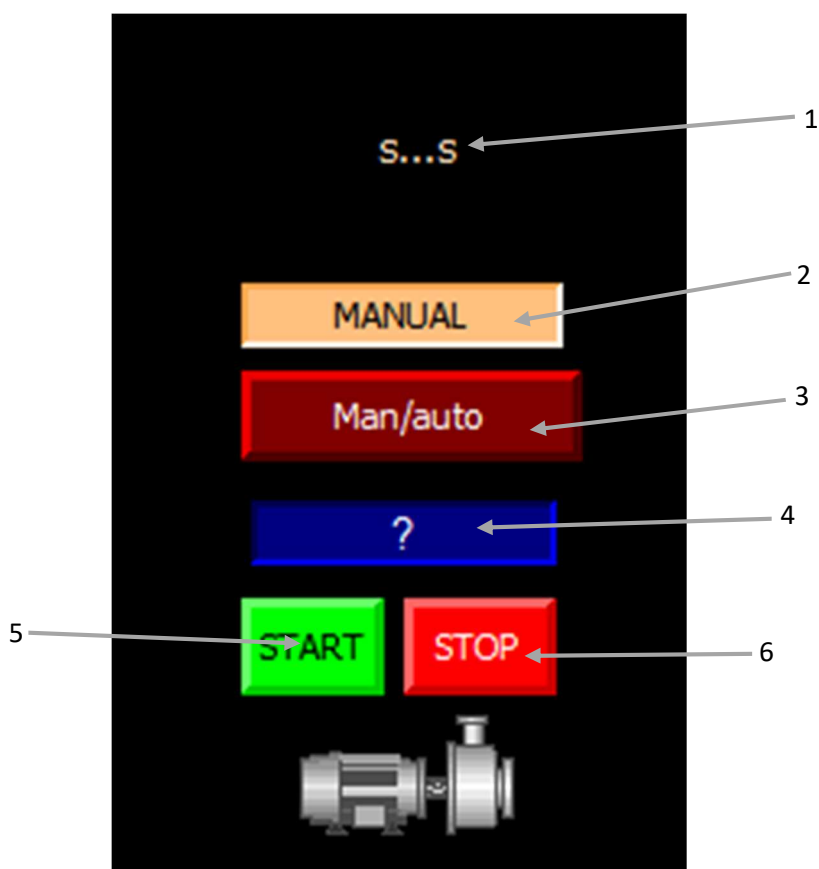


Fig.4.22. Pantalla manual automático bomba

#	Descripción	#	Descripción
1	Indicador de nombre de bomba	4	Indicador función
2	Indicador de estado	5	Botón START
3	Botón MAN/AUTO	6	Botón STOP

En la Fig.4.21 se observa la pantalla de MANUAL/AUTOMATICO BOMBAS, en esta pantalla se realizar la manipulación de las bombas como el encendido y el parado de la bomba.

#### Teclas de navegación

**Botón MAN/AUT (3):** Con este botón decide cómo utilizar a bomba si de manera manual o automática.

**Botón START (5):** Con el botón START podrá encender la bomba de manera manual.

**Botón STOP (6):** Con este botón STOP podrá detener la bomba de manera manual.

## Indicadores

**Indicador de estado (2):** Este indicador ayuda a saber en qué posición se encuentra la bomba ya sea manual o automática.

**Indicador de función (4):** Este indicador muestra si la bomba se encuentra en funcionamiento o está detenida.

### 4.2.5.5. PANTALLA MANUAL AUTOMATICO VALVULA

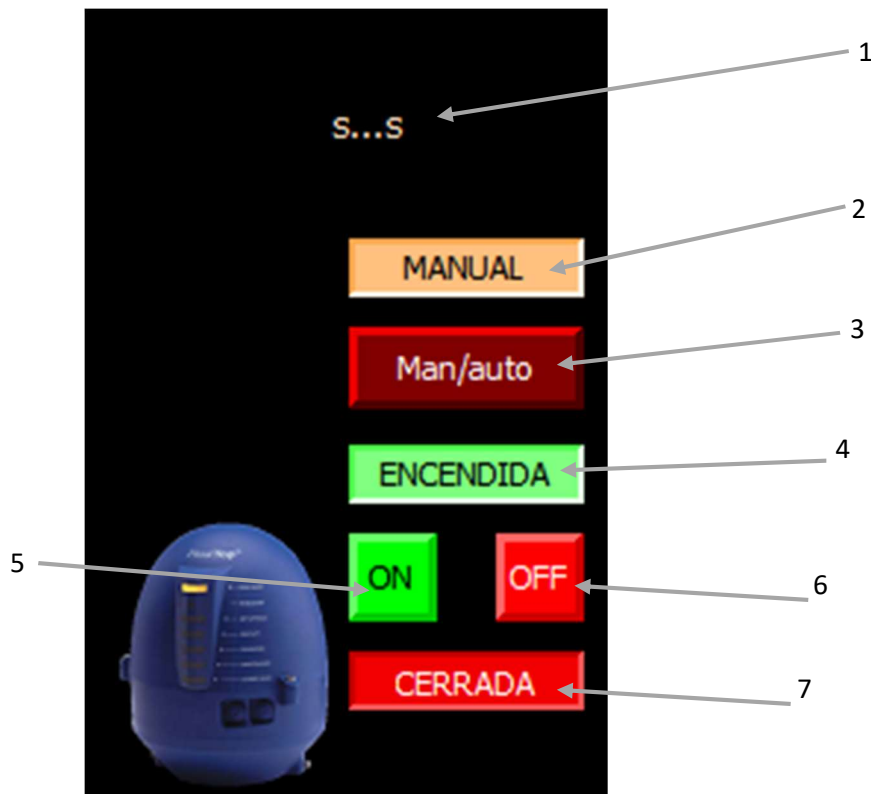


Fig.4.23. Pantalla manual automático válvula

#	Descripción	#	Descripción
1	Indicador de nombre de VALVULA	5	Botón ON
2	Indicador de estado	6	Botón OFF
3	Botón MAN/AUTO	7	Indicador de activación
4	Indicador función		

Esta es la ilustración 8 se observa la pantalla de MANUAL/AUTOMATICO VALVULAS, en esta pantalla se realiza la manipulación de las válvulas como el encendido y el apagado.

## Teclas de navegación

**Botón MAN/AUT (3):** Con este botón decide cómo utilizar la válvula si de manera manual o automática.

**Botón START (5):** Con el botón ON podrá encender la válvula de manera manual.

**Botón STOP (6):** Con este botón OFF podrá apagar la válvula de manera manual.

## Indicadores

**Indicador de estado (2):** Este indicador ayuda a saber en qué posición se encuentra la válvula ya sea manual o automática.

**Indicador de función (4):** Este indicador muestra si la válvula se encuentra encendida o apagada.

**Indicador de activación (7):** Este indicador muestra si la válvula se encuentra cerrada o abierta.

### 5.1. RESULTADOS

El proyecto realizado fue el desarrollo del diseño e implementación de tableros eléctricos de control realizado por la empresa de AIM Ingeniería con los que se realizó la automatización de las unidades de saneamiento de la planta Torreón de la empresa COCA COLA FEMSA, la cual se dedica al procesamiento y envasado de refresco, teniendo como resultado un funcionamiento satisfactorio pues este cumple con los requerimientos abordados por el cliente. Gracias a el trabajo, esfuerzo y dedicación de todo el personal de AIM Ingeniería se logró cumplir con cada uno de los objetivos del proyecto las cuales fueron entregados en tiempo y forma, así mismo la empresa COCA COLA FEMSA quedó satisfecha con el sistema instalado. El proyecto fue entregado funcionando y fue también supervisado por el gerente general de la empresa COCA COLA. Para la entrega final del proyecto se proporcionó un manual de operación del sistema, manual de configuración de equipos, así como toda la documentación de planos eléctricos y de procesos además se entregó un respaldo de toda la programación realizada.

A continuación, se muestran imágenes del proyecto terminado en la planta.



Fig.5.1. Cuarto de CIP

## 5.2. CONCLUSION

En la industria alimenticia, siempre se tendrá una gran preocupación por la higiene de equipos, esta necesidad nos lleva a los lavados en cada línea de producción, y qué mejor que optimizar el proceso de lavado para favorecer en tiempos y costos, y facilitar al operador su trabajo. Para cumplir con las Normas de Calidad de las empresas, así como el buen funcionamiento de CIP, necesitamos tener presente en todo instante los cálculos para una selección adecuada (cantidad, dimensiones y capacidades) de tanques, tuberías e instrumentos del sistema, que nos lleven a los 5 factores ( Tipo de Sistema, temperatura, tiempo, turbulencia y titulación) esenciales para una limpieza correcta Para la lógica de operación de los sistemas, siempre tener en cuenta la base de programas de lavado, mediante un PLC permitir una secuencia de lavado de acuerdo a las necesidades del cliente final.

Durante el desarrollo de este proyecto, comprendí el funcionamiento de los procesos de saneamiento que se deben realizar para mantener limpia el área de las tuberías y tanques, además de entender cómo se realizan los escalamientos de los sensores analógicos, el encendido manual y automático de las electroválvulas y el encendido de los motores mediante variadores de frecuencia.

Además, con todo esto he logrado entender de una mejor manera la lógica de programación que se emplea en las industrias para el control de los procesos tanto como de saneamiento y de procesos.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Automation, R. (n.d.). *Literature Rockwell*. Retrieved from [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011\\_-es-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011_-es-p.pdf)
- Condumex* . (n.d.). Retrieved from [http://www.condumex.com.mx/ES/energia/Paginas/cables\\_de\\_energia.aspx](http://www.condumex.com.mx/ES/energia/Paginas/cables_de_energia.aspx)
- Copadata*. (n.d.). Retrieved from <https://www.copadata.com/es-mx/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>
- EDUCATIVOS*. (n.d.). Retrieved from <http://www.edukativos.com/apuntes/archives/3096>
- EFN. (n.d.). Retrieved from [http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye\\_archivos/apuntes/a\\_practico/CAP%209%20Pco.pdf](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf)
- Electronica Unicrom*. (2016). Retrieved from Electronica Unicrom: <http://unicrom.com/redes-lan-red-ethernet/>
- Endress + Hauser*. (n.d.). Retrieved from <http://www.wenlok.com.mx/marcas/endress/catalogos/5mtemperatura.pdf>
- Gonzalez, M. S. (n.d.). *Redes Telematicas*. Retrieved from Redes Telematicas: <http://redestelematicas.com/el-switch-como-funciona-y-sus-principales-caracteristicas/>
- Ilisara, C. A. (2010). *Diseño de Sistema de Lavado de Estanques Automatizado CIP*. Valdivia, Chile.
- INGENIERIA ALIMENTARIA*. (n.d.). Retrieved from <http://www.ialimentaria.com/nota.asp?Id=3935>
- Instrumentacion y Control.net*. (n.d.). Retrieved from <http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/cursos-sistemas-scada/item/146-que-es-scada?.html>
- López, V. V. (n.d.). *AS-interface*. Retrieved from AS-interface: <http://homepage.cem.itesm.mx/vlopez/as-interface.htm>
- Martinez, E. (2013, Julio 22). *Como Funciona*. Retrieved from <http://dinoalatele.blogspot.mx/2013/07/como-funciona-el-contactor-electrico.html>
- Rivera, C. A. (2012). *Diseño de un Sistema de Limpieza en Sitio de tipo Sanitario* .

Rockwell. (n.d.). *Rockwell Automation*. Retrieved from Rockwell Automation:  
[www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)

*Tecnología*. (n.d.). Retrieved from  
<http://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>