

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones



## PROYECTO DE GRADO

“ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA ETAPA  
PARA LA MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA  
PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA DE LA UNIDAD DE  
NEGOCIOS TERMOESMERALDAS, DE LA COORPORACIÓN  
ELÉCTRICA DEL ECUADOR-CELEC EP”

Estudiante

Tenorio Drouet Alan Gabriel

Tutor

Ing. Wilmer Albarracín

Quito, Marzo del 2014

## **CERTIFICACIÓN**

Una vez que se ha concluido la elaboración del proyecto de tesis cuyo tema es: “ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA ETAPA PARA LA MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA DE LA UNIDAD DE NEGOCIOS TERMOESMERALDAS, DE LA COORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR-CELEC EP”, certifico que el mismo se encuentra habilitado para su defensa pública.

---

Ing. Fredy Alvarez

VICERECTOR ACADEMICO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA ISRAEL

## **CERTIFICACIÓN**

A través del presente, certifico que el Señor Alan Gabriel Tenorio Drouet ha realizado y concluido su proyecto de grado, cuyo tema es: “ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA ETAPA PARA LA MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA DE LA UNIDAD DE NEGOCIOS TERMOESMERALDAS, DE LA COORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR-CELEC EP”, para la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, bajo mi tutoría.

---

Ing. Wilmer Albarracin

DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADO

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a mis padres: María Elena Drouet, Fernando Tenorio, y a César Saavedra quienes han sido parte de mi vida y de este logro, por haberme brindado todo el apoyo incondicional durante el transcurso y culminación de esta carrera, también les agradezco por su infinita paciencia y amor, siendo los pilares fundamentales de mi vida.

A mi mami Amada Acosta y a mi papi Carlos Drouet, quienes han inculcado en mi valores y buenos principios.

A mis hermanos, tíos y amigos, gracias por formar y compartir parte de mi vida. Y por último y no menos importante, a mis maestros por haber compartido sus conocimientos y constructivos consejos conmigo a lo largo de mis estudios.

Alan Gabriel Tenorio Drouet

## **DEDICATORIA**

Vuela amigo vuela alto no seas gaviota en el mar, la gente tira a matar cuando volamos muy bajo. Quiero dedicar este importante logro a las personas que amo en ésta vida, a mis padres, mis hermanos, mis abuelitos y mis tutores, por su apoyo incondicional.

## RESUMEN

La Implementación del Sistema Modernizado para la Empresa Termoesmeraldas fue diseñada para controlar los procesos de Producción de Agua Desmineralizada y Regeneración de los Filtros Catiónicos, Aniónicos y Mixtos, con sus respectivas fases, que se detallan a continuación:

- Regeneración de los filtros catiónicos.
  - ✓ Lavado en contracorriente, Regeneración  $H_2SO_4$ , Lavado de regeneración, Lavado final, Producción.
- Regeneración de los filtros aniónicos.
  - ✓ Lavado en contra corriente, Regeneración NaOH, Lavado de regeneración, Lavado final, Producción.
- Regeneración de los filtros de lecho mixto.
  - ✓ Lavado en contracorriente, Regeneración aniónica, Lavado de regeneración, Lavado Final, Regeneración catiónica, Lavado de regeneración, Lavado final, Disminución de nivel, Mezcla resina, Producción.

Todas estas fases serán controladas y supervisadas desde la Estación de Control 900 por el operador de turno, en cuya pantalla encontrarán iconos de ayuda para las diferentes tareas a ejecutarse, tales como: Programación de Secuencias, Visualización del Proceso, Monitoreo de Bombas, Predisposición de Mandos etc.

Las órdenes predispuestas por los operadores serán almacenadas en la memoria de la Estación de Control 900 la misma que está conectada con el Controlador Lógico Programables vía Ethernet que procesa estas órdenes y las ejecuta.

## ABSTRACT

Modernized System Implementation for Enterprise Termoesmeraldas was designed to control production processes and Regeneration Demineralized Water Filters cationic, anionic and mixed with their respective phases, which are detailed below:

- Regeneration of cationic filters.

- Wash countercurrent regeneration  $H_2SO_4$ , washing of regeneration, final wash, Production.

- Regeneration of anionic filters.

- counter-current washing, Regeneration NaOH, washing of regeneration, final wash, Production.

- Regeneration of mixed bed filters.

- Wash countercurrent regeneration anionic washing of regeneration, Final Cleaning, Regeneration cationic washing of regeneration, final wash, demotion, Mix resin production.

All these phases are controlled and monitored from the control station 900 for the shift operator on whose screen you will find help icons for the various tasks to be executed, such as sequence programming, visualization of the process, monitoring of pumps, Bias controls and so on.

Orders biased by the operators will be stored in memory 900 Control Station the same which is connected to the Programmable Logic Controller via Ethernet that processes these commands and executes them.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción	17
1.2 Antecedentes	17
1.3 Problema Investigado	19
1.3.1. Problema Principal	20
1.3.2. Problemas Secundarios	20
1.4 Formulación del Problema	21
1.5 Justificación	21
1.6 Objetivos	22
1.6.1. Objetivo Principal	22
1.6.2. Objetivos Específicos	22
1.7 Metodología Científica	23
1.7.1. Investigativo	23
1.7.2. Observación y análisis	23
1.7.3. Deductivo e inductivo	23
1.7.4. Experimental	23



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	Introducción	24
2.2	Marco Teórico	24
2.2.1.	Automatización Industrial	24
2.2.2.	Sistema Automático de Control	25
2.2.3.	Tipos de Sistemas de Control	27
2.2.3.1.	Sistema de Control de Lazo Abierto	27
2.2.3.2.	Sistema de Control de Lazo Cerrado	27
2.2.4.	Los Autómatas Programables	28
2.2.4.1.	Estructura General del PLC	28
2.2.4.2.	Tipos de Autómatas Programables	33
2.2.4.3	Programación	34
2.2.4.4	Lenguaje de Programación	35
2.1.4.4.1.	Función Algebraica	35
2.1.4.4.2	Diagrama Lógico FBD	36
2.1.4.4.3	Esquemas de relés	36
2.2.4.4.4	Esquema de contactos (KOP)	37
2.2.4.4.5	Diagrama de flujo	37

	10
2.2.4.4.6 GRAFCET	38
2.2.5. Pantallas HMI	38
2.2.5.1 Funciones de Software HMI	39
2.2.5.2 Elementos de la Estructura General del Software HMI	40
2.2.6. Controlador HC 900	41
2.2.6.1 Software HC 900	44
2.2.7. Estación de Control HC 900	46
2.2.8. Válvulas	47
2.2.8.1 Definición	47
2.2.8.2 Componentes de una Válvula	48
2.2.8.3 Tipos de Válvulas	49
2.2.8.3.1 Válvula de Compuerta	49
2.2.8.3.2 Válvula de Macho	50
2.2.8.3.3 Válvula de globo	51
2.2.8.3.4 Válvula de Bola	53
2.2.8.3.5 Válvula de Diafragma	54
2.2.8.3.6 Válvula de Apriete	56
2.2.8.3.7 Válvula Mariposa	57
2.2.8.3.8 Válvula de Retención	59
2.2.8.3.9 Válvula de Aguja	60
2.2.8.3.10 Válvula de Cono	60

		11
2.2.8.3.11	Válvula de Camisa	61
2.2.8.3.12	Válvula Hidráulica	61
2.2.8.3.13	Válvula de Desahogo	62
2.2.9.	Electroválvulas	63
2.2.10.	El Relé	65
2.2.10.1	Estructura de un relé	66
2.2.10.2	Tipos de Relés	66
2.2.10.2.1	Relé electromecánico	66
2.2.10.2.2	Relé de Estado Sólido	69
2.2.10.2.3	Relé de Corriente Alterna	69
2.2.10.2.4	Relé de Lámina	70
2.2.10.3	Ventajas del uso del Relé	70
2.2.11.	Actuadores Eléctricos	71
2.2.11.1	Motores de Corriente Continua	71
2.2.11.2	Motores de Corriente Alterna	73
2.2.11.3	Motores Paso a Paso	74
2.2.12.	Sistema Delta V	74

## **CAPITULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN**

3.1. Introducción	75
3.2. Condiciones de la Planta Desmineralizadora de Agua	76
3.3. Funcionamiento de la Planta	78
3.3.1 Regeneración de los Filtros Catiónicos	78
3.3.2 Regeneración de los Filtros Aniónicos	80
3.3.3 Regeneración de los Filtros de Lecho Mixto	82
3.4. Diagrama de Flujo del Sistema	91
3.5. Diseño de Diagramas Lógicos	94
3.6. Diseño de las pantallas para la Estación 900	95
3.6.1 Introducción	96
3.7. Diagrama Eléctrico.	99
3.7.1 Introducción	100
3.8. Implementación del Sistema.	101

**CAPITULO IV: ANÁLISIS FINANCIERO.**

4.1 Introducción	109
4.2 Análisis FODA	109
4.3 Costos de Producción	111
4.3.1 Costos Variables (CV)	111
4.3.2 Cálculo de la Materia Prima	111
4.3.3 Cálculo de Mano de Obra Directa (MOD)	113
4.3.4 Costos Fijos	113

**CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

5.1 Conclusiones	119
5.2 Recomendaciones	120
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	122
<b>ANEXOS</b>	124

## ÍNDICE DE FIGURAS, DIAGRAMAS Y TABLAS

Figura 1 - Representación de un sistema automático.	25
Figura 2 – Sistema automático.	26
Figura 3 – Sistema de lazo abierto.	27
Figura 4. Sistema de Control de lazo cerrado.	28
Figura 5 - Estructura General de PLC.	29
Figura 6 - Módulo de entrada/salida.	31
Figura 7 – Diagrama lógico FBD.	36
Figura 8 – Esquema de relés.	36
Figura 9 – Esquema de contactos.	37
Figura 10 – Diagrama de flujo.	37
Figura 11 – Gráfico de Orden Etapa – Transición.	38
Figura 12 – Pantalla HMI.	39
Figura 13: Arquitectura del HC 900.	43
Figura 14 - SoftwareHybrid Control Designer.	45
Figura 15 - Estación de Control 900.	46
Figura 16 - Válvula de Compuerta.	49
Figura 17 - Válvulas de macho.	50
Figura 18 - Válvula de Globo.	51
Figura 19 - Válvula de Bola.	53

	15
Figura 20 - VÁLVULAS DIAFRAGMA.	54
Figura 21 - Válvula de apriete.	56
Figura 22 - Válvula Mariposa.	57
Figura 23 - Válvula de Retención.	59
Figura 24 - Válvula Aguja.	60
FIGURA 25 - Válvulas de Cono.	60
Figura 26 - Válvulas de camisa.	61
Figura 27 - Válvula Hidráulica.	62
Figura 28 - Válvula de Alivio.	62
Figura 29 - Electroválvula de 2 vías normalmente cerrada de acción directa	65
Figura 30 – Relé.	65
Figura 31 - Estructura de un Relé.	66
Figura 32 - Relé tipo Armadura.	67
Figura 33 - Relé tipo Núcleo.	67
Figura 34 - Relé tipo Lengueta.	68
Figura 35 - Relé tipo Polarizados.	68
Figura 36 - Estructura básica de un motor de corriente continúa.	72
Figura 37.- Pantalla de Visualización los Filtros Catiónicos.	97
Figura 38.- Pantalla de Visualización los Filtros Aniónicos.	97
Figura 39.- Pantalla de Visualización los Filtros Mixtos.	98
Figura 40.- Pantalla de Mando de las Bombas.	98

Figura 41.- Planta Desmineralizadora-Tren A.	101
Figura 42.- Planta Desmineralizadora Tren B.	101
Figura 43.- Cuarto de Control.	102
Figura 44.- Medición y Distribución del espacio.	103
Figura 45.- Conexión de los módulos.	103
Figura 46.- Implementación de los Relés de control.	104
Figura 47. Cableado de salidas.	105
Figura 48. Cableado de finales de carrera.	106
Figura 49. Cables de interface.	106
Figura 50. Borneras.	107
Figura 51. Instalación de PLC.	107
Figura 52. Cableado.	109
Figura53– Pantalla de selección de trenes de trabajo.	111
Figura 54- Pantalla de mando de bombas.	112
Figura 55- Filtro Catiónico cuando el sistema esta apagado.	112
Figura 56- Filtros Catiónicos cuando el sistema esta encendido.	113
Figura 57- Filtros Aniónicos cuando el sistema esta apagado.	114
Figura 58- Filtros Aniónicos cuando el sistema esta encendido.	114
Figura 59- Filtros Mixtos cuando el sistema esta apagado.	115
Figura 60- Filtros Mixtos cuando el sistema esta encendido.	115
Figura 61- Verificación del encendido de Bombas P1 y P4.	116



Figura 62- Verificación del encendido de las válvulas FV.07A- FV.08A y FV.14A.	116
Figura 63- Verificación del encendido de las válvulas FV.15A- FV.21A y FV.22A.	117
Figura 64- Verificación del encendido del ventilador P17 y de la señal de 117desenclavamiento.	
Figura 65- Panel Óptico cuando el sistema esta apagado.	118
Figura 66- Panel Óptico cuando el sistema esta encendido.	118
Diagrama 1- Esquema General de la Planta.	86
Diagrama 2-Filtro Catiónico por fases.	87
Diagrama 3-Filtro Aniónico por fases	.88
Diagrama 4.1- Filtro Mixto por fases.	89
Diagrama 4.2- Filtro Mixto por fases.	90
Diagrama 5.1- Diagrama de Flujo.	91
Diagrama 5.2- Diagrama de Flujo.	92
Diagrama 5.3- Diagrama de Flujo.	93
Tabla 1.- FODA.	110
Tabla 2.- Costo de la Materia Prima.	111
Tabla 3.- Mano de Obra Directa.	113
Tabla 4.- Activos Fijos.	114
Tabla 5.- Depreciación Anual.	115
Tabla 6.- Costo de Producción.	116

Tabla 7.- Costo Beneficio.	116
Tabla 8. Cálculo por mes de recuperación de la inversión.	118

# CAPITULO I

## 1.1 Introducción

En la actualidad existe gran competitividad entre las industrias por lo que se ven en la necesidad de implementar nuevas y modernas tecnologías con el fin de optimizar tiempos y recursos.

El presente capítulo se enfoca en la descripción de los antecedentes y del problema de investigación para la Modernización del Sistema de Control de la Planta Desmineralizadora de Agua de la Unidad de Negocios Termoesmeraldas, los mismos que permitieron determinar el estado actual del Sistema, así como los problema principales. Partiendo de los informes obtenidos se pudo establecer los objetivos principales y específicos.

Adicionalmente se encontrará la justificación del Estudio, Diseño e Implementación del Sistema de Control.

## 1.2 Antecedentes

El 22 de Enero de 1978 INECEL convocó a concurso interno de precios, de conformidad con el Acuerdo Ministerial #14100A del 20 de Enero de 1978 publicado en el Registro Oficial #520 del 3 de Febrero de 1978, para el diseño detallado, suministro, transporte al sitio, obras civiles, montaje, pruebas, puesta en marcha y operación experimental, bajo la modalidad "llave en mano" de una Central Térmica a vapor de 120 MW, incluyendo subestación y línea de transmisión Sto. Domingo-Esmeraldas.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <http://www.termoesmeraldas.net/institucional.aspx>

Luego del análisis de la documentación presentada para dicho concurso, INECEL consideró que la oferta de la firma GRUPPO INDUSTRIE ELETTRICO MECCANICHE PER IMPIANTI ALL. ESTEREO s.p.A,-GIE-; era la más conveniente y decidió adjudicarle el contrato, según decisión del Directorio de INECEL del 31 de Mayo de 1978. El plazo de ejecución del proyecto fue de 990 días calendario a partir del 18 de septiembre 1978 terminando el trabajo luego de 1411 días, el 30 de julio de 1982. Con un aumento en el plazo inicial del 42%.

La Central Térmica Esmeraldas dirigida por el Ing. Henry Cruz Cárdenas Gerente de Unidad de Negocios, se encuentra estratégicamente localizada en la Provincia de Esmeraldas, Cantón Esmeraldas, Parroquia Vuelta Larga, frente a la Refinería de Esmeraldas y a orillas del Río Teaone, lo que le permite el abastecimiento de combustible directamente de los tanques de almacenamiento de la Refinería, y de agua para los diferentes usos de la Central. Cuenta con una extensión aproximada de 205.617 m<sup>2</sup>).

Eléctricamente la Central Térmica Esmeraldas se encuentra conectada al Sistema Nacional Interconectado en los siguientes niveles de voltaje: 138kv-69kv-13.8 kv.

Termoesmeraldas S.A. es una empresa de Generación Termoeléctrica basada en la generación de potencia según el ciclo RANKINE, con una capacidad nominal de 132,5 MW, la central tiene como objetivo generar bienestar y desarrollo nacional mediante la producción de energía termoeléctrica con alta disponibilidad, costos competitivos, disminuyendo el impacto ambiental.

### 1.3 Problema investigado

Entre varias actividades que se desarrollan en las riberas del río Teaone se da la captación de agua por parte de TERMOESMERALDAS S.A., la cual posee una estación de bombeo, usada en las actividades propias de la generación de Energía Termoeléctrica por parte de la Central de Esmeraldas. La planta de tratamiento de agua de TERMOESMERALDAS S.A tiene como objetivo controlar una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia y reutilizable en el ambiente.

La producción o desmineralización del agua, se realiza mediante un conjunto de equipos eléctricos, neumáticos, mecánicos; que permite el control y medición de parámetros en la planta.

En la producción de agua desmineralizada, se cuenta con dos trenes, los mismos que pueden funcionar independiente o simultáneamente de acuerdo a los requerimientos de agua en el sistema de vapor. Cada tren puede producir hasta  $18 \text{ m}^3$  por hora.

El proceso de producción o desmineralización del agua, inicia con la compra de agua potable al Sistema Regional local, la misma que ingresa a los filtros de arena y carbón en donde se logra una mejor purificación, esto se lo realiza en la planta de filtración de agua por gravedad desde el tanque de almacenamiento.

Desde el tanque de almacenamiento es extraída el agua mediante bombas eléctricas para ser enviadas a los filtros catiónicos del proceso de desmineralización, terminado este proceso pasa al sistema descarbonador desde donde mediante la activación de otra bomba y el direccionamiento de

válvulas es dirigido hacia los aniónicos y mediante el mismo procedimiento hacia los mixtos para luego almacenarse en el tanque de agua desmineralizada.

Existe un tablero en donde se monitorea el proceso y contiene los elementos de control, mando, señalización y protección del sistema.

Una vez que los filtros catiónicos, aniónicos y mixtos se saturan, deben someterse a un ciclo de regeneración, todo este proceso de control y señalización, se lo realiza por un operador permanente que ejecute paso a paso cada actividad del proceso

### **1.3.1 Problema Principal**

La Central “Termoesmeraldas”, carece de un sistema de última tecnología que le permita el control remoto y monitoreo en tiempo real de los procesos de la Planta de Tratamiento de Agua.

### **1.3.2 Problemas secundarios**

- Desconocimiento en los procesos industriales de una planta de tratamiento de agua.
- Carece de un Controlador Lógico Programable que permita la supervisión de los parámetros más importantes dentro de los procesos en el tratamiento del agua.
- No cuenta con una supervisión en tiempo real desde la estación de control hacia la planta de proceso, haciendo difícil conocer la situación de la planta.

- Los esquemas eléctricos actuales sufrirán modificaciones en la instalación del controlador lógico programable.
- No se conoce la forma de implementar el diseño del sistema modernizado para la Planta Desmineralizadora de Agua.

#### **1.4 Formulación del problema.**

¿Con la Modernización del Sistema de Control de la Planta Desmineralizadora de Agua de la Unidad de Negocios Termoesmeraldas se logrará mejorar su funcionamiento, con el fin de optimizar tiempo, recursos, y adicionalmente mejorar la respuesta ante los eventos de fugas minimizando el impacto ambiental que genera la planta en el sector?

#### **1.5 Justificación**

La Planta Desmineralizadora de Agua de la Empresa Termoesmeraldas, requiere un sistema de control con la capacidad de combinar tanto señales analógicas como digitales con la finalidad de facilitar el control y monitoreo en tiempo real.

Este proyecto se lo realizará utilizando la tecnología híbrida del controlador HC900 de Honeywell con el objetivo de optimizar los procesos de regeneración de filtros y producción de agua desmineralizada sin dejar de cumplir con los estándares de seguridad para el personal y equipo de la planta.

Con el presente sistema se garantizará no sobrepasar los límites permisibles de alta conductividad en la producción de agua desmineralizada, certificando que el estado del agua sea el óptimo para la producción de energía eléctrica.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo Principal**

Estudiar, diseñar e implementar un Sistema Automatizado con tecnología híbrida que permita el control y monitoreo de la Planta Desmineralizadora de Agua de la Central Termoeléctrica “TERMOESMERALDAS”.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

- Investigar los tipos de tecnologías y procesos que se utilizan en las plantas industriales para el tratamiento de las aguas residuales.
- Investigar las características técnicas, posibles aplicaciones, software de programación y programación del PLC HC900 Honeywell.
- Desarrollar e implementar un sistema que permita un mejor control y supervisión en los procesos de forma automática desde una pantalla HMI.
- Estudiar los esquemas eléctricos existentes.
- Diseñar los nuevos esquemas eléctricos en los que se incluirán las modificaciones para la instalación del controlador lógico programable (PLC).



- Implementar el Sistema Modernizado para la Planta Desmineralizadora de agua con la tecnología híbrida del controlador HC900, realizando las pruebas necesarias.

### 1.7 Metodología Científica

Para la elaboración del presente proyecto se aplicaron los siguientes métodos de investigación:

- 1.7.1 **Investigativo.-** este método será utilizado con el fin de recopilar información valiosa que ayuden en la elaboración del proyecto para luego clasificarla y analizarla según las necesidades.
- 1.7.2 **Observación y análisis.-** mediante esta técnica observaremos el funcionamiento actual de la planta de tratamiento de agua y se analizarán los posibles problemas que presenta para luego atacarlos de la mejor manera.
- 1.7.3 **Deductivo e inductivo.-** mediante la utilización de esta técnica se establecerá las mejores alternativas de tecnología para diseñar e implementar un sistema de fácil uso.
- 1.7.4 **Experimental.-** mediante esta técnica se realizará la validación y autenticación del correcto funcionamiento de la planta mediante la realización de pruebas prácticas y simuladas para luego dar paso a su implementación

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Introducción**

El presente capítulo hace referencia al marco teórico, en donde se describen los conceptos básicos para la comprensión y desarrollo de un sistema automatizado para el proceso de tratamiento de agua de la empresa Termoesmeraldas.

En el capítulo encontraremos conceptos específicos de los elementos y equipos utilizados, como: válvulas, relés, motores, PLC's, pantallas HMI, etc; utilizados para la implementación del proyecto.

#### **2.2 Marco Teórico**

##### **2.2.1 Automatización Industrial**

Automatización es la utilización de sistemas de control y de tecnología informática con en el propósito de sustituir la intervención humana en algún proceso. Desde el punto de vista de las industrias, automatización esta un paso más allá de la mecanización en el cual los procesos industriales son ayudados por máquinas o sistemas mecánicos que sustituyen las funciones que antes las realizaba el hombre. Por otro lado en la mecanización los operadores están asistidos con maquinarias en los cuales el operador interviene, en la automatización se ve reducida ampliamente la necesidad mental y sensorial del operador. De esta manera se presenta grandes ventajas para una producción más eficiente y con disminución de riesgos al operador.

Las principales ventajas de aplicar automatización a un proceso son:

- Los operadores son reemplazados de tareas repetitivas y de alto riesgo.
- Se reemplaza al operador humano de ciertas tareas que están fuera del alcance de sus capacidades como levantar cargas pesadas, trabajos en ambientes extremos o tareas en la que se necesite de un manejo de alta precisión.
- Incremento de la producción. Al tener una línea de producción automatizada, la demora del proceso es mínima, no hay agotamiento o desconcentración en tareas repetitivas, el tiempo de ejecución se ve reducido considerablemente dependiendo del proceso.

### 2.2.2 Sistemas automáticos de control<sup>2</sup>

Un sistema automático de control son conjuntos de componentes físicos que están conectados o relacionados entre sí, con la finalidad de regular o dirigir su actuación por sí mismos, es decir sin la intervención de algún agente externo (incluido el factor humano), de esta manera se pueden corregir errores que se puedan presentar en su funcionamiento.

Una manera de representar los sistemas de control es en forma de diagramas de bloques, en estos se ofrece una expresión visual y simplificada de las relaciones que existe entre la entrada y la salida de un sistema físico.

A cada componente del sistema de control se le denomina elemento, y este es representado con un rectángulo.



---

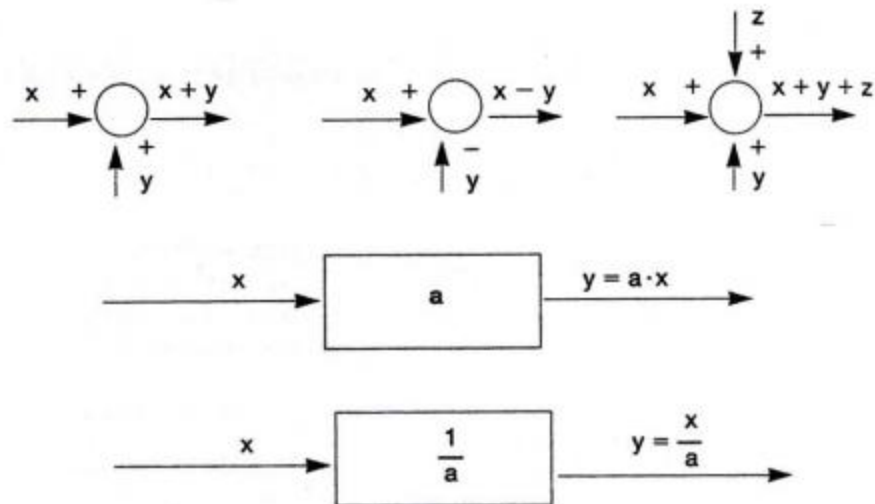
<sup>2</sup>[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies\\_sierra\\_magina/d\\_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf)

**Figura 1 - Representación de un sistema automático**

El diagrama de bloques más sencillo es el bloque simple, que tiene solo una entrada y una salida.

La comunicación entre los bloques está representada por flechas que indican en qué sentido está el flujo de la información.

Con estos diagramas son posible ciertas operaciones como adición y de sustracción, que están representan por un pequeño círculo en el que la suma algebraica de las entradas con sus signos es la salida. Operaciones de multiplicación y división también pueden ser representadas como se puede observar en la siguiente figura:



**Figura 2 – Sistema automático**

## 2.2.3 Tipos de sistemas de control

### 2.2.3.1 Sistemas de control en lazo abierto

Un sistema de control en lazo o también llamado bucle abierto en donde la señal de salida no tiene influencia en la señal de salida. En estos sistemas varía su exactitud dependiendo de su calibración, de tal manera que al calibrar se crea una relación entre la entrada y la salida con el propósito de obtener del sistema la exactitud deseada. Un control en lazo abierto solo se utiliza si se sabe la relación entre la entrada y la salida, y si no existen perturbaciones externas e internas.



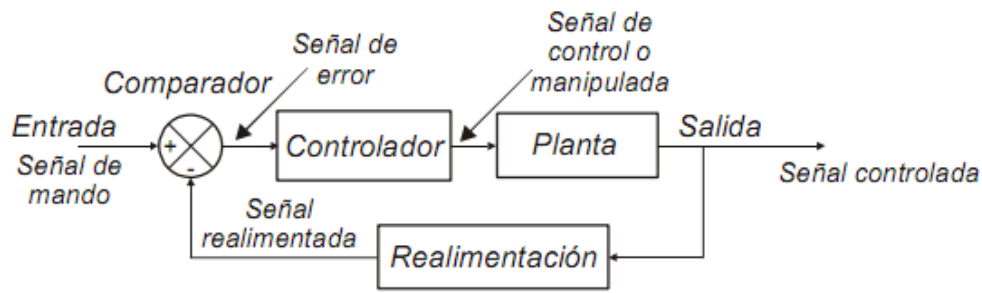
**Figura 3 – Sistema de lazo abierto**

### 2.2.3.2 Sistema de control en lazo cerrado.

Un sistema de control de lazo cerrado son aquellos en el que la acción de control es, de cierta manera, dependiente de la salida. La señal de salida sí tiene influencia en la entrada. Para esto se necesita que la entrada se modifique cada en cada instante en función de la salida. Esto es conseguido gracias a la realimentación o retroalimentación (feedback). La realimentación es la propiedad que tiene un sistema en lazo cerrado por la cual salida (u otra variable que esté controlada) se puede comparar con la entrada del sistema (o una de sus demás entradas), de manera que la acción de control se allí establecido como una función de ambas.

La realimentación también es llamada transductor de la señal de salida, porque mide en cada instante el valor que tiene la señal de salida y nos proporciona un valor proporcional a dicha señal.

Por lo tanto se puede definir también a los sistemas de control en lazo cerrado, como sistemas en los que hay una realimentación de la señal de salida, de tal manera que sobre la acción de control se ejerce un efecto.



**Figura 4. Sistema de Control de lazo cerrado<sup>3</sup>**

## 2.2.4 Los Automatas Programables

Un Controlador Lógico Programable (PLC), es cualquier máquina electrónica, que es constituida por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, que sobre estos están ubicados componentes electrónicos, que están diseñados para controlar procesos industriales en tiempo real.

### 2.2.4.1 Estructura general de un PLC.

El controlador programable tiene una estructura típica como muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora, por lo tanto su estructura básica está conformada por:

<sup>3</sup>[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies\\_sierra\\_magina/d\\_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SIS TEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SIS TEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf)

- a. Fuente de Alimentación
- b. CPU (Unidad Central de Proceso)
- c. Módulos de Entradas/Salidas
- d. Módulos Periféricos



Figura 5 - Estructura General de PLC<sup>4</sup>

### a) Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación permite proporcionar la energía que se requiere para alimentar al PLC y módulos.

Las fuentes de alimentación comercialmente que existen, son con alimentación de 90 VAC a 230 VAC, y una salida de 24 VCD.

<sup>4</sup>[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies\\_sierra\\_magina/d\\_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SIS TEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/ies_sierra_magina/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SIS TEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf)

Hay una gran variedad de PLC que se instalan en Racs de montaje a los que únicamente se los alimenta con 90 VAC a 230 VAC.

### **b) Unidad Central de Proceso (CPU)**

Es el cerebro del autómata, en el cual se programa la secuencia de control y dirige tanto las salidas digitales como analógicas del sistema según indiquen los estados de las entradas. La CPU es un conjunto de memorias, contadores y temporizadores que nos permiten realizar la secuencia de control que se almacena en una de las memorias. La estructura del PLC está constituida por:

- I. Procesador. El procesador nos deja efectuar operaciones lógicas, como aritméticas y de control, el procesador cuenta con una ALU (Unidad Aritmética Lógica), UC (Unidad de Control), el cual organiza las tareas del microprocesador.
- II. Memorias. Las memorias al igual que en una PC, sirven para almacenar información en ellas, el CPU cuenta tanto con memorias tanto volátiles como no volátiles.
  - a. Para el almacenamiento del programa son utilizadas memorias que son regrabables, los tipos de memoria que se usan son RAM, EPROM o EEPROM.
  - b. La CPU también cuenta con una memoria ROM en la cual está guardada el firmware, el sistema operativo, módulos integrados y los datos e instrucciones, todo esto es almacenado por el fabricante, y el usuario no tiene acceso a ella.



III. Registros. Son memorias en las que se almacena temporalmente datos, instrucciones, direcciones, acumuladores, contadores, entre otros.

### c) Módulos de Entrada/Salida<sup>5</sup>

Estos son los módulos que se encargan del trabajo de realizar la comunicación interna entre los dispositivos industriales exteriores al PLC y todos los circuitos electrónicos que sean de baja potencia que comprenden a la unidad central de proceso del PLC, que es en este donde se realiza el almacenamiento y ejecución del programa de control.

Los módulos de entrada y salida tienen como objetivo proteger y aislar la etapa de control la cual está conformada en primera instancia por el microcontrolador del PLC, de todos los demás elementos que no se encuentren en la unidad central de proceso ya sean sensores o actuadores.



**Figura 6 - Módulo de entrada/salida**

---

<sup>5</sup><http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-de-plcs/104-capitulo-32-modulos-de-entrada-y-salida-de-datos.html>

- **Módulos de Entradas**

Los módulos de entradas nos permiten introducir señales al PLC estas pueden ser analógica o digital. Estas señales que son permitidas como entradas son de corriente alterna o directa, de 4 a 20 mA o, mV.

Los módulos digitales se fabrican de 4, 8, 16 y 32 bits de entradas dependiendo del fabricante; por otro lado los módulos analógicos son fabricados de entradas a termopar, de RTD, o de propósito general.

Las entradas digitales se pueden configurar como fuente o sumidero, dependiendo del tipo de sensor del que se disponga.

- **Módulos de Salidas**

Los módulos de salidas que están disponibles son digitales y analógicos, los módulos de salidas digitales pueden ser con diferentes tipos de salida como: a relevador, a transistor o a triac, las salidas tanto a relevador como a triac son salidas de 90 a 230 VAC, por otro lado las salidas a transistor son de corriente directa y con salidas PNP y NPN.

Dentro de los módulos de salidas hay salidas analógicas que van en señales de 4 a 20 mA y señales en mV y V con rangos de -10 a 10 VCD. Este tipo de salidas se usa generalmente para controlar dispositivos que requieren movimientos graduales.

#### **d) Módulos Periféricos**

Un módulo periférico es una herramienta útil que sirve para realizar diversas operaciones como: de contaje, control de posición y comunicación.

1. Contadores de Alta Velocidad, estos elementos tienen la capacidad de dejarnos introducir señales digitales que son de alta frecuencia, como encoders, que están acoplados a motores y nos permiten realizar un control de posición.
2. Módulos de Control de Posición. Estos módulos nos permiten realizar el control de movimiento preciso de un sistema mecánico por medio de los servomotores, los cuales necesitan dos señales básicamente, cantidad de pulsos de movimiento y pulso dirección. El control de movimiento se lo realiza o bien con lazo abierto o con lazo cerrado.
3. Módulos de Comunicación. Estos módulos como su nombre lo indica pueden comunicarse de un autómatas con elementos externos con otro autómatas, una pantalla de operador, impresoras, scanners, o también un PC, a través de un protocolo de comunicación RS232, RS422, RS485, RIO, PROFIBUS, etc.

Existen otros módulos para realizar comunicaciones vía remota, Ethernet o comunicaciones propias de algún fabricante.

#### 2.2.4.2 Tipos de Autómatas Programables (PLC)<sup>6</sup>.

- **Compactos.** Estos Autómatas están formados por una fuente de alimentación, CPU, entradas y salidas digitales.
- **Semi modulares.** En estos autómatas podemos añadir módulos de entradas y salidas tanto digitales como analógicas.

---

<sup>6</sup>[http://www.mecatronicatip.com/e107\\_files/downloads/cursobasmtippaña.pdf](http://www.mecatronicatip.com/e107_files/downloads/cursobasmtippaña.pdf)

- **Modulares.** Son montados en Rack, y riel DIN, y su CPU no depende de la fuente de alimentación ni tampoco de las entradas y salidas tanto digitales como analógicas, estos Automatas se arman según las necesidades del cliente y gracias a la estructura que poseen tienen mayor flexibilidad que los otros.

### 2.2.4.3 Programación

Un autómata es una máquina electrónica que tiene elementos de hardware que pueden comunicarse de manera física con un proceso para: a) Recibir variables del proceso (analógicas o digitales) que dictan el estado y son llamadas señales de entrada, y b) Poder enviar otras variables para modificar el estado en un determinado sentido, y estas variables son llamadas señales de salida.

Por su condición de programable, debe intervenir un operador humano el cual debe indicar como quiere que avance el proceso y además también debe intercambiar información con el autómata con el propósito de: a) Indicar mediante programación, cuál será la ley general de mando. Al ejecutarse el programa obtendremos las señales de salida o de control; y b) Realizar intervenciones casuales o continuas en el proceso con la finalidad de informarse de su estado o para modificar su evolución. Al primer caso a) se le denomina programación del autómata y a la secuencia de instrucciones, programa de la aplicación. Al apartado b) se lo suele llamar explotación de la aplicación, por medio de esta se puede realizar modificaciones a ciertos parámetros (consignas, tiempos, módulos de cuenta, etc.), pero no se puede modificar el programa.

Intervenciones a la planta por lo general se realizan a través de los autómatas, si la situación es de caso mayor (parada de emergencia por motivos de seguridad), el operador puede actuar directamente sobre el proceso. Las interfaces de E/S

están a cargo del intercambio de información entre el autómatas y el proceso, por otro lado para la comunicación del operador con la programación (explotación) es necesario de un software que trabaje de intérprete entre el sistema y las necesidades del usuario.

El hacer la programación del autómatas, es decir, al indicar el programa que se introducirá en la unidad de programación se seguirán los siguientes pasos:

- Definir el sistema de control (qué se debe hacer, en qué orden debe hacerse, etc.): el diagrama de flujo, la descripción literal o también un grafo de estados.
- Se debe saber cuáles son las señales de entrada y salida.
- A través de un modelo representar el sistema de control, indicando todas las funciones que intervienen, qué relación existe entre ellas, y cuál es la secuencia que se debe seguir. Algebraica (son instrucciones literales) o gráfica (con símbolos gráficos).
- Realizar la asignación de las direcciones de entrada y salida o las direcciones internas del autómatas a las correspondientes del modelo.
- La representación del modelo se debe codificar. Lenguaje de programación.
- Desde la unidad programación del autómatas se debe cargar el programa.
- Realizar una depuración del programa y luego obtener una copia de seguridad.

#### **2.2.4.4 Lenguajes de programación<sup>7</sup>**

##### **2.2.4.4.1 Funciones algebraica:**

Para obtener las funciones algebraicas de cada una de las salidas:

---

<sup>7</sup>[http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT\\_LenguajesProgramacion.pdf](http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT_LenguajesProgramacion.pdf)

- O bien si son directamente de la descripción literal del proceso que se va a controlar.
- O bien si se aplican métodos de síntesis que están basados en el álgebra de Boole (como tablas de verdad, o el mapa de Karnaugh, etc.).

Es difícil de analizar y sintetizar sistemas secuenciales. Está limitado a la representación de combinaciones de variables que son independientes del tiempo (condiciones de alarma, las operaciones aritméticas que tienen variables analógicas, etc.)

$$Y = (BC + \bar{B}\bar{C}) \cdot A$$

#### 2.2.4.4.2 Diagramas lógicos FBD:

- Esta representación del sistema de control es utilizada para la documentación de las especificaciones y en la representación de los mismos.
- Esta representación es poco usada por los usuarios de los autómatas.

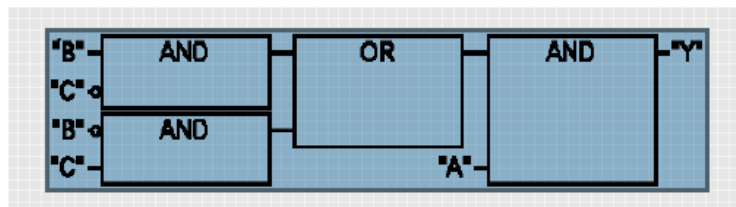


Figura 7 –Diagrama lógico FBD<sup>8</sup>

#### 2.2.4.4.3 Esquemas de relés:

- Origen: se origina en las representaciones electromecánicas de un sistema de mandos.

<sup>8</sup>[http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT\\_LenguajesProgramacion.pdf](http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT_LenguajesProgramacion.pdf)

- Representación de sistemas sencillos: las señales lógicas binarias toda-nada (digitales), o también con bloques predefinidos secuenciales, como los son los temporizadores y los contadores.
- Son utilizados ingenieros con alguna formación eléctrica o también por electricistas.

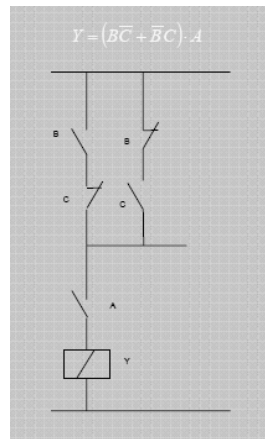


Figura 8 – Esquema de relés<sup>9</sup>

#### 2.2.4.4.4 Esquema de Contactos (KOP):

- Viene del lenguaje de relés y es considerado un lenguaje gráfico que usa símbolos para representar contactos, bloques funcionales, etc. Este esquema puede codificar la secuencia de control.

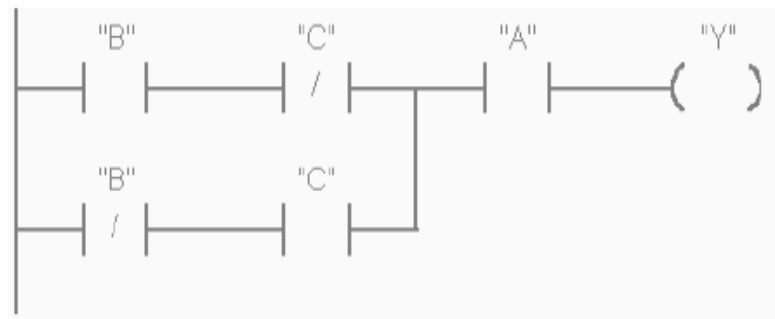


Figura 9 – Esquema de contactos<sup>10</sup>

<sup>9</sup> [http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT\\_LenguajesProgramacion.pdf](http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT_LenguajesProgramacion.pdf)

<sup>10</sup> [http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT\\_LenguajesProgramacion.pdf](http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT_LenguajesProgramacion.pdf)

#### 2.2.4.4.5 Diagramas de flujo

- Los organigramas y flujogramas, son un sistema que son utilizados para representar, este sistema está basado en una serie de símbolos que dependiendo del convenio establecido tiene un significado específico.

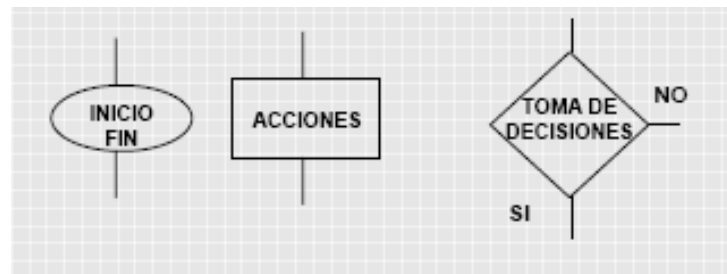


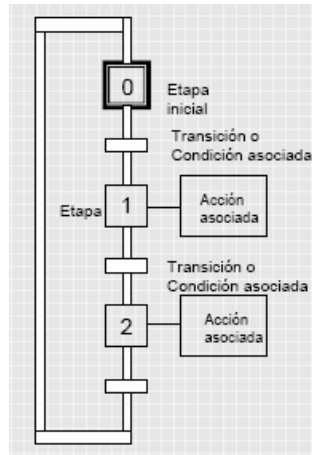
Figura 10 – Diagrama de flujo<sup>11</sup>

**2.2.4.4.6 GRAFCET (“*Graphe de Comande EtapeTransition*”):** Gráfico de OrdenEtapa –Transición.

- “Es una serie de fases que tienen determinadas acciones asociadas a realizar en un proceso y con algunas condiciones o transiciones que dan como resultado el avance de una fase a otra”.
- Normalizado: *International Electrotechnical Commission* IEC 848.
- Es una de las mejores herramientas que hay para hacer representaciones de automatismos secuenciales.

<sup>11</sup>[http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT\\_LenguajesProgramacion.pdf](http://isa.umh.es/asignaturas/asct/automatas/TranspASCT_LenguajesProgramacion.pdf)



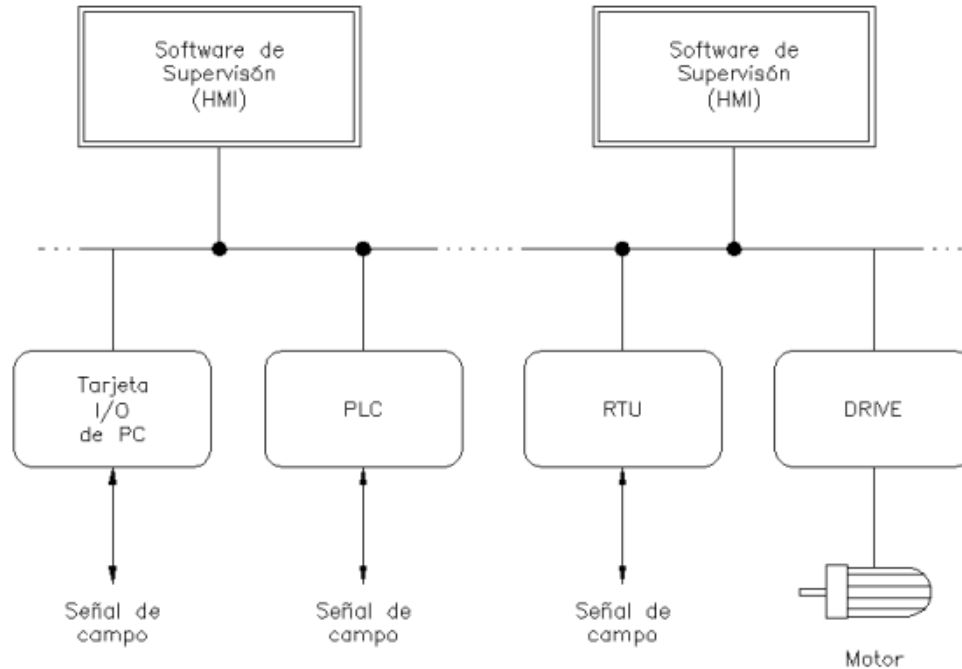


**Figura 11 – Gráfico de Orden Etapa – Transición**

### 2.2.5 Pantallas HMI<sup>12</sup>

Las siglas HMI son una abreviación en inglés de la frase Interfaz Hombre Máquina. Estos sistemas HMI se los puede ver como una “ventana” de un proceso. Tal ventana se puede encontraren dispositivos especiales como en los paneles de operador o en una computadora. Cuando un sistema HMI está en una computadora se lo conoce como software HMI (en adelante HMI) o también como de monitoreo y control de supervisión. Todas las señales de los procesos son conducidas al HMI a travésde algunos dispositivos como lo son las tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC’s (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE’s (Variadores de velocidad de los motores). En todos estos dispositivos debe existir una comunicación que el HMI entienda.

<sup>12</sup><http://www.ensode.net/pdf-crack.jsf>



**Figura 12 – Pantalla HMI<sup>13</sup>**

### 2.2.5.1 Funciones de un Software HMI

- **Monitoreo.** Es la capacidad para obtener y poder mostrar los datos de la planta en tiempo real. Para tener una interpretación más fácil de los datos se pueden mostrar en gráficos, textos o incluso en números
- **Supervisión.** Esta función acompañada con el monitoreo nos la posibilidad de realizar ajustes a las condiciones de trabajo del proceso, esto puede hacerse directamente desde la computadora.
- **Alarmas.** Es la habilidad de poder reconocer situaciones excepcionales dentro del proceso y poder reportar dichas situaciones. Una alarma se reporta basada en los límites de control preestablecidos.

<sup>13</sup><http://www.ensode.net/pdf-crack.jsf>

- **Control.** Esta habilidad nos permite realizar aplicaciones de algoritmos para reajustar los valores del proceso y así poder mantener dichos valores dentro de los límites. La habilidad de control está más allá de una simple supervisión descartando la necesidad de la interacción humana. Por otro lado la aplicación de esta función puede quedar limitada dependiendo de la confiabilidad que se necesite del sistema.

- **Históricos.** Es la capacidad de poder almacenar y mostrar en archivos, los datos del proceso a una frecuencia determinada. Realizar el almacenamiento de datos es una excelente herramienta para hacer optimización y corrección en los procesos.

#### 2.2.5.2 Elementos de la Estructura General del Software HMI

- **Interfaz Hombre:** Este programa tiene como finalidad refrescar las variables de la base de datos que están en la pantalla, y actualizarla, si corresponde, por las entradas del mouse o el teclado. Este programa muestra la interfaz entre la base de datos y el hombre. En el archivo de molde viene el diseño de la interfaz “Archivo de pantalla” que se debe crear previamente. Base de datos: La base de datos se encuentra en un espacio dentro de la memoria del computador en la cual se almacena los datos requeridos del proceso. Los datos que tiene la base de datos pueden variar según como cambien los datos del proceso, por esto se la llama “base de datos dinámica”. La base de datos tiene bloques que están interconectados. Para crear una base de datos con sus bloques y la relación entre ellos se utiliza la herramienta “editor de base de datos”.
- **Driver:** Los driver se encargan de hacer la conexión entre la base de datos y las señales del proceso. Los driver también manejan los protocolos

utilizados para la comunicación entre el HMI con los dispositivos de campo. Por esto podemos decir que los drivers son la interfaz hacia la máquina.

- **Bloques (tags):** Como ya se mencionó los bloques son los que forman la base de datos. Se utiliza el editor de base de datos para modificar o agregar alguna característica de los bloques. Los bloques tienen la capacidad de recibir información de los drivers o de otros bloques y también pueden enviar información hacia los drivers o a otros bloques.

Las principales funciones de los bloques son:

- Capacidad para recibir datos de otros bloques o también de los drivers.
- Pueden enviar datos tanto a otros bloques como a los drivers.
- Pueden establecer enlaces o links a la pantalla (visualización, teclado o mouse)
- Dadas las instrucciones del bloque pueden realizar cálculos.
- Se puede hacer comparaciones de valores con umbrales de alarmas
- Pueden escalar los datos que están en el driver a las unidades de ingeniería.

### 2.2.6 Controlador HC900<sup>14</sup>

Honeywell' HC900 es un controlador híbrido avanzado de lazo y lógica que tiene un diseño modular, tiene el tamaño adecuado para complacer las exigencias de control y adquisición de datos de muchos equipos de procesos. Cuando este seve combinado con las funciones completas de las interfaces delos operador opcionales 1042 ó 559, que son compatibles con la base de datos del controlador, el tiempo de configuración y definición se reduce al mínimo. Esta gran combinación, al lado de lo que Honeywell nos ha demostrado con su gran

---

<sup>14</sup> HC900 Hybrid Controller Technical Overview

tecnología en control de rendimiento les da a los usuarios la mejor solución para el control de procesos. Su conexión abierta a Ethernet nos permite, tener acceso a redes, a través de los diversos programas de software como HMI/SCADA.

El software Hybrid Control Designer es de fácil manejo y está basado en Windows, el cual puede ser utilizado a través de Internet, de un puerto RS232 o de una conexión de módem, esto nos simplifica la configuración del controlador y también nos permite configurar la interfaz del operador. Nos proporciona diversas funciones de supervisión avanzadas, también funciones para depuración, además nos da la facilidad de realizar cambios de configuración en modo de ejecución con una limitada interrupción de procesos, se puede cargar la configuración anotada y completa de la configuración del controlador y la interfaz del operador, y ofrece una amplia lista de informes que se pueden imprimir para obtener una documentación mejorada.

El controlador HC900 nos permite un control de lazos PID superior y además su procesamiento analógico es más robusto que en la mayoría de controladores de este tipo, esto lo hace sin comprometer el rendimiento de la lógica. Tiene un ciclo de exploración de lógica rápida el cual es independiente y está disponible para que ejecute una gran variedad de bloques de función tanto lógicos como de cálculo. Los bloques lógicos también se pueden ser ejecutados en sincronía con los bloques que son de función analógicos. Los bloques de función también pueden ser integrados plenamente en alguna estrategia de control analógica y también con lógica combinada con el fin de conseguir un control pleno.

Las características incluyen:<sup>15</sup>

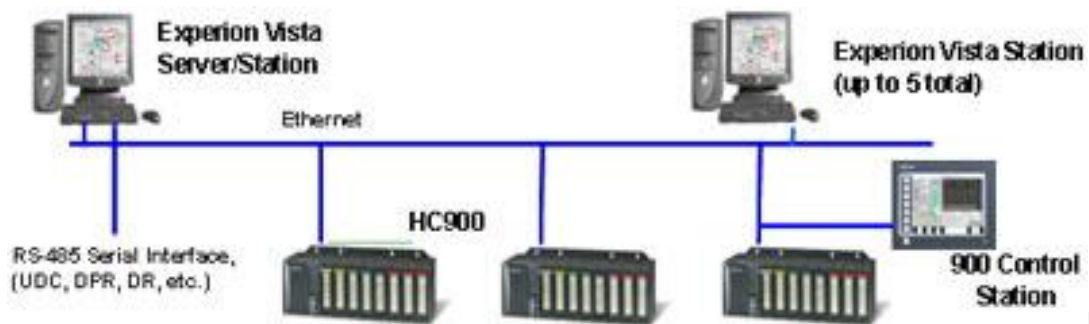
- 1.920 puntos I / O.

---

<sup>15</sup><http://hpsweb.honeywell.com/Cultures/en-US/Products/Instrumentation/hybrid/hc900/default.htm>

- Compacta de 4, 8 o 12 E / S de tamaño rack de ranura.
- Abrir Ethernet de conectividad de red.
- Punto a punto de intercambio de datos.
- Ajuste de lazo automatizado.
- Punto de ajuste programadores.
- Programadores de punto de ajuste con rampa múltiples / saturación salidas and multiple paso de 64 secuenciadores.

Combinado con una interfaz de operador táctil perfectamente integrando la pantalla (Estación de Control 900) que soporta una variedad de pantallas con formato, con tendencias y almacenamiento de datos, es fácil de aplicar en muchas industrias. El HC900 se configura mediante software basado en PC de configuración de Windows (Diseñador de Control Híbrido), que utiliza la gráfica de la función, las técnicas de configuración de bloques y soportes de ejecución en modo de edición. Capacidad para ayudar a minimizar las interrupciones en el proceso y proporciona funciones avanzadas de control.



Figura

13: Arquitectura del HC 900<sup>16</sup>

La capacidad de redundancia HC900 le permite ser utilizado en aplicaciones donde se necesita el tiempo de actividad máxima del proceso. La plataforma

<sup>16</sup>HC900 Hybrid Controller Technical Overview

redundante ofrece CPUs, fuentes de alimentación y redes de comunicaciones para la seguridad de proceso adicional.

El controlador HC900 y la plataforma de E / S, en conjunto con el Diseñador de control híbrido de software basado en PC, reduce el tiempo de diseño y simplifica el desarrollo de estrategias de control. Esto se traduce en una ventaja de costo total de instalación con la ingeniería y reduce el tiempo de inicio del proceso.

### **2.2.6.1 Software HC900 Hybrid Control Designer<sup>17</sup>**

El Diseñador de Control Híbrido de configuración de software es una aplicación para PC basado en Windows para la configuración de los controladores HC900. Sus métodos de colocación de arrastrar y soltar y suave cableado de bloques de funciones analógicas y digitales permiten una estrategia de control personalizado que se pueden crear fácilmente. Configuración del sistema para el intercambio de datos entre pares, la comunicación maestro a los dispositivos esclavos, y correo electrónico de alarmas y eventos directamente desde el controlador también se proporcionan. Varias hojas de cálculo permiten funciones de proceso para ser convenientemente dividida y tareas de seguridad únicas para cada partición de limitar el acceso a sólo el personal autorizado. Las características en línea de supervisión, como reloj de Windows, el flujo de potencia lógica, datos en tiempo real en el diagrama, la señal de rastreo, lo que obliga y bloquear el acceso de múltiples funciones de ayuda en las operaciones de depuración. Ejecutar la configuración en modo de edición capacidad de descarga evita el apagadoo inicializacióndel proceso o inicialización.

---

<sup>17</sup><http://hpsweb.honeywell.com/Cultures/enUS/Products/Instrumentation/hybrid/HC900Software/default.htm>

Una biblioteca de impresiones permite a los procesos de documentación más completa, incluyendo páginas de la hoja, recetas, perfiles, pantallas y listados de E / S. Uso directo Ethernet, un puerto RS485, RS 232 o conexión de módem para la carga completa y las operaciones de descarga. Utilidades de software de control híbrido es un producto relacionado que proporciona un subconjunto de las funciones de control híbrido de diseño para el personal de mantenimiento y los usuarios sin la autorización para modificar la configuración de un controlador. Este software permite a los usuarios desarrollar recetas, perfiles, secuencias y otras operaciones relacionadas con el proceso de carga en la base de datos de un controlador sin afectar a la estrategia de control. Funciones de mantenimiento, tales como calibraciones de E / S, de depuración de procesos

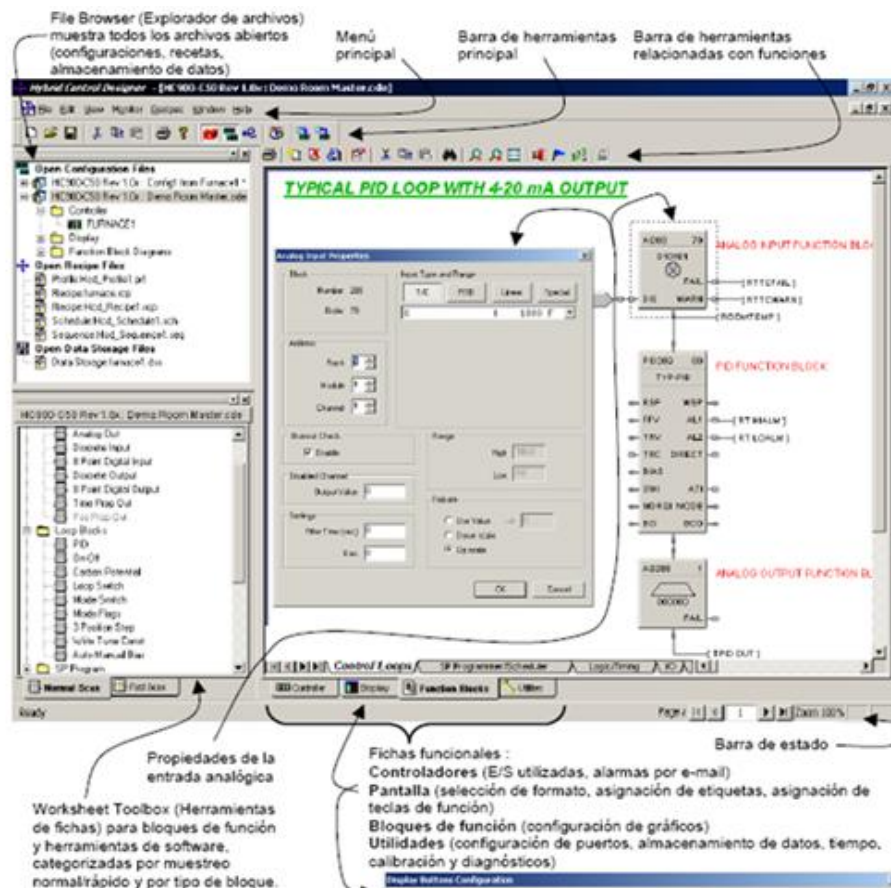


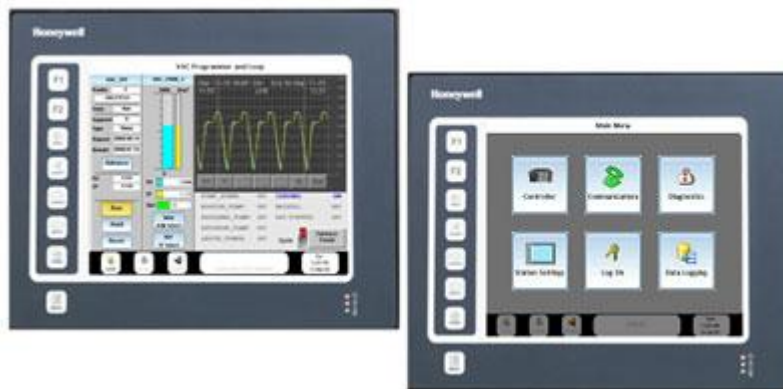
Figura14 -SoftwareHybrid Control Designer<sup>18</sup>

<sup>18</sup> HC900 Hybrid Controller Technical Overview



### 2.2.7 Estación de Control 900<sup>19</sup>

La Estación de Control 900 de pantalla táctil de interfaz del operador es la solución ideal para la gestión de procesos a nivel local que son controlados por los controladores HC900. La interfaz muestra la gestión de los procesos y la supervisión del funcionamiento de los controladores. Diseñados para trabajar juntos, esta combinación permite que los datos adquiridos por el controlador puedan ser vistos, analizados, almacenados y exportados por la estación. Pre-construidos widgets de la pantalla que coincide con los bloques de función del controlador, se incluyen para simplificar la configuración que permite ver y cambiar los valores del controlador, las funciones y acciones.



**Figura 15 - Estación de Control 900**

La configuración de la estación de control 900 se realiza mediante un software llamado Diseñador de la estación 900. Con este software, la tarea de configuración se simplifica a través de una instalación de importación que permite que el software lea directamente un archivo de configuración del controlador. El software asigna

<sup>19</sup><http://hpsweb.honeywell.com/Cultures/en-US/Products/Instrumentation/hybrid/HC900Interfaces/default.htm>

automáticamente el sistema al controlador y muestra los menús de la interfaz de los puertos de comunicación, I / O, CPU de rendimiento, el diagnóstico y calibraciones de E / S. Muestra también la creación de elementos y etiquetas que son llamadas desde un panel de los recursos, creados por la instalación de cuadros de diálogo con el objeto de visualizar para vincular el objeto de visualización a su origen de datos. No hay necesidad de buscar direcciones de los registros o lugares crípticos para identificar las fuentes de datos.

La Estación de Control 900 de la interfaz del operador proporciona una gran variedad de estándares de muestra con formatos y widgets para los bloques de función como los bucles PID, los programadores de consigna, secuenciadores y otros. El uso de pantallas con formato y widgets acorta el tiempo de diseño, reduce los costos de ingeniería y facilita la estandarización de la interacción del operador con el proceso.

## **2.2.8 Válvulas**

### **2.2.8.1 Definición<sup>20</sup>**

La válvula es un dispositivo mecánico que tiene varias funciones como iniciar, detener o regular el paso de fluidos o en otros casos también gases a través de una pieza móvil que se puede abrir, cerrar o también obstruir parcialmente uno o más orificios o también llamados conductos. Entre los instrumentos de control más esenciales de las industrias tenemos a las válvulas. Gracias a como están diseñados y sus materiales, las válvulas tienen la capacidad de abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una gran cantidad de fluidos y gases, desde los líquidos más simples hasta los más tóxicos o corrosivos. Las

---

<sup>20</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula>

válvulas tienen varios tamaños desde los más pequeños de una fracción de pulgada hasta las enormes válvulas de 300 ft (90 m) o más de diámetro. Las válvulas trabajan con enormes presiones de más de 20000 lb/in<sup>2</sup> (140 Mpa), o también con presiones muy bajas como el vacío y temperaturas desde las más bajas como las criogénicas hasta altas temperaturas como 1500 °F (815 °C). Dependiendo de las instalaciones las válvulas pueden requerir de un sellado absoluto; en otros casos, las fugas o pequeños escurrimientos no tienen gran importancia.

Entendemos por flujo al movimiento o desplazamiento de un fluido, pero también puede significar el total de fluido que pasa por una sección del conducto. Por otro lado el caudal es el flujo por unidad de tiempo; es decir, cuánto fluido ha circulado en una sección del conducto en la unidad de tiempo.

#### 2.2.8.2 Componentes de una válvula<sup>21</sup>

- **Cuerpo:** Es la parte a través de la cuál transcurre el fluido.
- **Obturador:** Es el elemento que hace que la sección de paso varíe, regulando el caudal y por tanto la pérdida de presión.
- **Accionamiento:** Es la parte de la válvula que hace de motor para que el obturador se sitúe en una posición concreta. Puede ser motorizado, mecánico, neumático, manual o electromagnético.
- **Cierre:** Une el cuerpo con el accionamiento. Hace que la cavidad del cuerpo y del obturador (donde hay fluido) sea estanco y no fugue.
- **Vástago:** Es el eje que transmite la fuerza del accionamiento al obturador para que este último se posicione.

---

<sup>21</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula\\_industrial](http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_industrial)

### 2.2.8.3 Tipos de válvulas

**2.2.8.4 2.2.8.3.1 Válvula de Compuerta<sup>22</sup>.**- Esta válvula tiene la característica de ser de vueltas múltiples, y el orificio es cerrado por un disco plano vertical el cual se desliza solo en ángulos rectos sobre el asiento.



**Figura 16 - Válvula de Compuerta<sup>23</sup>**

#### Recomendada para:

- Para un servicio que necesite de apertura total o de cierre total, sin estrangulación.
- Diseñada para un uso no muy frecuente.
- Para una mínima resistencia de circulación.
- Para pequeñas cantidades de líquido o también para fluidos atrapados en tuberías.

#### Aplicaciones:

Para un servicio general, también para fluidos como petróleo y aceites, para gases, vapores, pastas semilíquidas, y otros fluidos como líquidos no condensables, líquidos corrosivos y líquidos espesos.

<sup>22</sup><http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

<sup>23</sup><http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

**Ventajas:**

- Un costo bajo.
- Su resistencia a la circulación es poca.
- Tanto su diseño como su funcionamiento son muy sencillos.
- Gran capacidad.
- Tiene un cierre hermético.

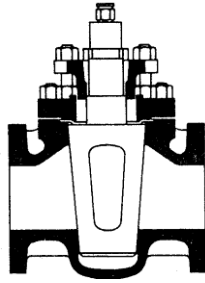
**Desventajas:**

- En la circulación los controles no son satisfactorios.
- La fuerza requerida para accionarla es excesiva.
- Se produce cavitación cuando hay una caída baja de presión.
- Necesita estar cubierta o en su defecto que este por completo cerrada.
- Al ubicarla para estrangulación producirá una erosión tanto del disco como del asiento.

**2.2.8.3.2 Válvulas de macho**<sup>24</sup>.- Una válvula de macho es solo de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, esta válvula controla la circulación a través de un macho cilíndrico o cónico el cual posee un agujero en el centro, el cual se puede desplazar de una ubicación abierta a una cerrada realizando un pequeño giro de  $90^\circ$ .

---

<sup>24</sup><http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>



**Figura 17 - Válvulas de macho<sup>25</sup>**

**Recomendada para:**

- Para un servicio que necesite de apertura total o de cierre total.
- Para uso habitual.
- Una caída baja de la presión mediante la válvula.
- Para una mínima resistencia de circulación.
- Para pequeñas cantidades de líquido o también para fluidos atrapados en tuberías.

**Aplicaciones:**

- Para un servicio general, algunos líquidos, vapores también para pastas semilíquidas y gases corrosivos.

**Ventajas:**

- Un bajo costo.
- Gran capacidad.
- Tiene un cierre hermético.
- El funcionamiento es ágil.

---

<sup>25</sup><http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

**Desventajas:**

- Su accionamiento se da solo con una gran torsión.
- Se produce cavitación cuando hay una caída baja de presión.
- Tiene un desgaste del asiento.

**2.2.8.3.3 Válvula de Globo (o de asiento)**<sup>26</sup>.-La válvula de globo es de varias vueltas, esta válvula se cierra mediante un tapón o disco que evita el paso del fluido en un asiento que se encuentra en paralela a la tubería.



**Figura 18 - Válvula de Globo**<sup>27</sup>

**Recomendada para:**

- Para uso habitual.
- Para regulación de circulación o estrangulación.
- Cuando la resistencia de la circulación es moderada.
- Para cortes positivos de los gases.

---

<sup>26</sup><http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

<sup>27</sup><http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

**Aplicaciones:**

Para un servicio general, algunos líquidos, vapores también para pastas semilíquidas y gases, corrosivos.

**Ventajas:**

- Tiene corta la carrera del disco y necesita de pocas vueltas para activarla, esto minimiza el tiempo y el deterioro en el vástago y el bonete.
- Se tiene un manejo preciso de la circulación.
- Disponible modelo con varios orificios.
- Tiene un eficiente estrangulamiento con una mínima erosión del disco o asiento.

**Desventajas:**

- Perdida de presión.
- Tiene un precio elevado.

**2.2.8.3.4 Válvula de Bola<sup>28</sup>.**-Es una válvula de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, en la que existe una bola taladrada que va a girar en asientos elásticos, lo que provoca que una circulación directa cuando esta abierta la válvula y el conducto se cierra cuando se gira la bola  $90^\circ$ .

---

<sup>2828</sup> <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>





**Figura 19 - Válvula de Bola<sup>29</sup>**

**Recomendada para:**

- Cuando se necesite de una apertura veloz.
- En temperaturas normales.
- Para una mínima resistencia de circulación.
- Cuando se requiera de corte y conducción, sin estrangulación.

**Aplicaciones:**

Para servicio general, también en pastas semilíquidas y temperaturas altas.

**Ventajas:**

- Un costo bajo.
- Gran capacidad.
- Circulación en línea recta.
- Las fugas son mínimas.
- Su limpieza es automática.
- Su mantenimiento es mínimo.
- Permite un bidireccional corte.
- La lubricación no es requerida.
- Tiene un compacto tamaño.

---

<sup>29</sup><http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

- Tiene un cierre hermético.

### Desventajas

- Su diseño no es eficiente para la estrangulación.
- Su accionamiento se da solo con una gran torsión.
- Susceptible al deterioro de sellos.
- Tiene tendencia a la cavitación.

**2.2.8.3.5 VÁLVULAS DIAFRAGMA<sup>30</sup>:** Este tipo de válvulas son de varias vueltas y su cierre se da mediante un diafragma flexible que se encuentra unido a un compresor. Cuando desciende el compresor mediante el vástago de la válvula, se produce el corte de la circulación del fluido.



**Figura 20 -VÁLVULAS DIAFRAGMA<sup>31</sup>**

### Recomendada para:

- Para un servicio que necesite de apertura total o de cierre total, sin estrangulación.

<sup>30</sup><http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

<sup>31</sup><http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

- Eficiente para estrangulación.
- Diseñada para un uso no muy frecuente.

**Aplicaciones:**

Para fluidos corrosivos, alimentos, productos farmacéuticos, pastas semilíquidas fibrosas, lodos, también materiales pegajosos o viscosos

**Ventajas:**

- Un costo bajo.
- No tienen empaquetaduras.
- Por su diseño no tiene fugas por el vástago.
- No tiene inconvenientes de obstrucción, tampoco de corrosión o formación de gomas.

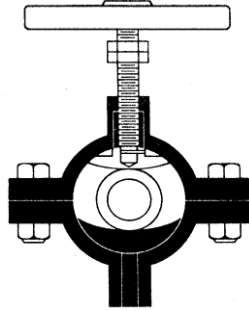
**Desventajas:**

- Su diafragma tiene tendencia al desgastarse.
- Cuando en conducto de la tubería se encuentra saturada se requiere de una mayor torsión.

**2.2.8.3.6 Válvulas de apriete**<sup>32</sup>.- Estas válvulas son de varias vueltas y su cierre se da mediante elementos flexibles, que pueden ser tubos de caucho o diafragmas los cuales se pueden apretar con el fin de obstruir la circulación.

---

<sup>32</sup><http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>



**Figura 21 - Válvula de apriete<sup>33</sup>**

**Recomendada para:**

- Para un servicio que necesite de apertura o cierre.
- Cuando se requiera de estrangulación.
- En temperaturas normales.
- Cuando la caída de presión de la válvula sea baja.
- Cuando el mantenimiento no es muy frecuente.

**Aplicaciones:**

Para servicio de alimentos, algunas pastas semilíquidas, pastas de minas y lodos, también para líquidos que tengan sólidos de suspensión, sistema para conducir sólidos.

**Ventajas:**

- Un costo bajo.
- No se producen obstrucciones.
- Tiene un sencillo diseño.
- Diseñada para resistir la abrasión y la corrosión.

---

<sup>33</sup> <http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

**Desventajas:**

- Su función se ve disminuida para el vacío.
- Su tamaño no se puede estimar fácilmente.

**2.2.8.3.7 VALVULA MARIPOSA**<sup>34</sup>.- Esta válvula es de ¼ de vuelta y su circulación se controla con un disco circular, el cual tiene su eje ubicado perpendicular a la circulación.



**Figura 22 -Válvula Mariposa**<sup>35</sup>

**Recomendada para:**

- Para un servicio que necesite de apertura total o de cierre total.
- Cuando se requiera estrangulación.
- Para uso habitual.
- Para cortes positivos de los gases.
- Para pequeñas cantidades de líquido o también para fluidos atrapados en tuberías.
- Cuando la caída de presión de la válvula sea baja.

<sup>34</sup><http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

<sup>35</sup><http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

**Aplicaciones:**

Para un servicio general, también diversos líquidos como, semilíquidos o líquidos con sólidos en suspensión, gases y pastas.

**Ventajas:**

- Un costo bajo, su peso es ligero y su tamaño es compacto.
- Su mantenimiento es mínimo.
- Tiene muy pocos elementos móviles.
- Carece de cavidades o bolsas.
- Tiene gran capacidad.
- La circulación se realiza en una línea recta.
- Su limpieza es automática.
- 

**Desventajas:**

- Requiere de una gran torsión para activarla.
- Su funcionamiento se ve reducido en caída de presión.
- Tiene tendencia a la cavitación.

**2.2.8.3.8 Válvula de Retención<sup>36</sup>.**-Esta válvula tiene semejanza con la válvula de globo con la diferencia que su disco se abre con una presión normal y para cerrarla simplemente caerá por la gravedad o por una circulación en sentido contrario.

---

<sup>36</sup><http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>



**Figura 23 -Válvula de Retención<sup>37</sup>**

**Recomendada para:**

- Cuando la resistencia de circulación es baja.
- Cuando en la tubería se producen cambios esporádicos en el sentido de la circulación.
- Cuando las tuberías poseen válvulas de compuerta.
- Cuando la tubería es vertical y la circulación es ascendente.

**Aplicaciones:**

Para un servicio con rapidez de líquidos baja

**Ventajas:**

- Por su diseño se puede observar completamente.
- Las presiones y perturbaciones dentro de la válvula son mínimas.
- Se puede esmerilar el disco de la válvula sin la necesidad de retirarla de la tubería.
- 

**2.2.8.3.9 Válvula Aguja<sup>38</sup>.**-Las válvulas de aguja son utilizadas para realizar estrangulación bastantes precisos, también se lo utiliza en tuberías con grandes

<sup>37</sup><http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

<sup>38</sup><http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

presiones y en aplicaciones con grandes temperaturas. En esta válvula el vástago se ajusta de forma precisa en el asiento, lo cual nos proporciona un cierre con poco esfuerzo.



**Figura 24 - Válvula Aguja<sup>39</sup>**

**2.2.8.3.10 Válvulas de Cono.**-Esta válvula es parecida a la válvula de aguja pero con una pequeña variación, el cono sellado gira hacia afuera del eje de la tubería.



**FIGURA 25 -Válvulas de Cono<sup>40</sup>**

**2.2.8.3.11 Válvula de camisa<sup>41</sup>.**- La válvula de camisa que también es llamada válvula de manga o para ser más precisos válvula de camisa corredera, esta válvula era usada en motores de pistones como reemplazo de las válvulas de asiento. Su mayor uso fue en vehículos de lujos y autos deportivos. Pero se dejó

<sup>39</sup> <http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

<sup>40</sup> <http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>

<sup>41</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula\\_de\\_camisa](http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_camisa)



de utilizar por varias razones: primero porque las válvulas de asiento fueron evolucionando y segundo las válvulas de camisa tenían predisposición a quemar grandes cantidades de aceite.



**Figura 26 - Válvulas de camisa.**

**2.2.8.3.12 Válvula hidráulica**<sup>42</sup>.- La válvula hidráulica está diseñada para controlar el flujo de fluidos. Cuando se habla de válvulas en las obras hidráulicas nos referimos a casos particulares de las válvulas industriales ya que esas válvulas poseen ciertas características especiales que no tiene las de uso industrial, por ello deben ser estudiadas de forma separada.



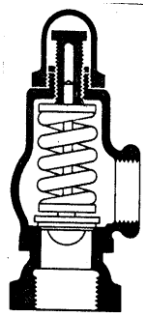
**Figura 27 - Válvula Hidráulica**

---

<sup>42</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula\\_hidr%C3%A1ulica](http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_hidr%C3%A1ulica)

**2.2.8.3.13 Válvulas de desahogo (alivio)**<sup>43</sup>.- Una válvula de desahogo o también llamada válvula actúa automáticamente para conseguir un control de la presión automáticamente. Esta válvula se usa principalmente en un servicio no comprimible y su apertura es lenta dependiendo de la presión, esto lo hace para poder regularla.

La válvula de seguridad en una variación de la de desahogo, esta se abre rápido con el fin de eliminar la presión excesiva la cual se produce para los gases o también por fluidos comprimibles. En las válvulas de desahogo su tamaño es calculado por fórmulas específicas.



**Figura 28 - Válvula de Alivio**

**Recomendada para:**

Cuando se desea tener una gran precisión del sistema.

**Aplicaciones:**

Se aplica normalmente para agua caliente, gases y vapores.

---

<sup>43</sup><http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

**Ventajas:**

- Tiene un costo bajo.
- No necesita de ayuda externa para su funcionamiento.

**2.2.9 Electroválvulas<sup>44</sup>**

Las electroválvulas están formadas principalmente por 2 partes, un solenoide y la estructura de la válvula que posea 2 o 3 vías las cuales permiten abrir o cortar el movimiento del líquido mediante una señal eléctrica, las electroválvulas se organizan dependiendo del el número de vías que tenga, también por su estado de reposo y funcionamiento, según esto se las llama electroválvulas de acción directa o servocomandadas.

Los puntos por los cuales se conecta la electroválvula y la instalación se las llama vías, tener 2 vías nos indica; una vía de entrada y la otra de salida, si son 3 vías indica; don son ocupadas para la entrada y salida y la tercera se puede utilizar como descarga o bien para realizar mezclas de fluidos.

Posición de reposo quiere decir, si la válvula se encuentra generalmente abierta, entonces se la denomina N.A. (normalmente abierta en posición de reposo). La electroválvula se cierra cuando la bobina de esta misma tiene tensión. Cuando la válvula está frecuentemente cerrada se la llama N.C. (normalmente cerrada). La electroválvula se abre cuando la bobina de esta misma tiene tensión.

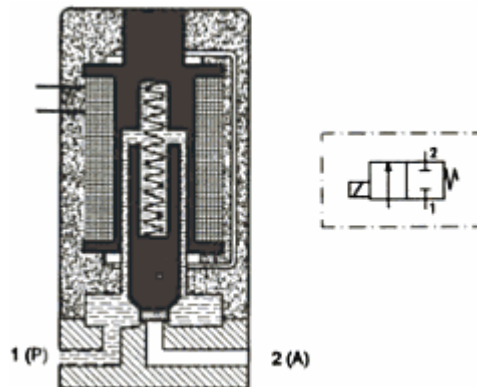
Dependiendo de la medida de la presión la cual es interceptada, hay dos familias, las de acción directa y las servocomandada.

---

<sup>44</sup> [http://www.sfcalefaccion.com/pdfcatalogos/DIVISION\\_5%20electrovalvulas%20ceme.pdf](http://www.sfcalefaccion.com/pdfcatalogos/DIVISION_5%20electrovalvulas%20ceme.pdf)

Electroválvula de acción directa quiere decir que la intercepción del fluido en el momento de abrir y cerrar la válvula se lo hace mediante una junta que se encuentra ubicada en el núcleo que acciona la bobina. La presión con la cual funciona la válvula se encuentra añadida al diámetro de la misma y también a la potencia de la bobina. La presión más pequeña con la que funciona es de 0 bar.

Electroválvula de acción servocomandada o también llamada de funcionamiento por diferencia de presión, nos indica que la válvula posee una abertura piloto y además de un conducto por el que circulará el fluido. La fuerza que se requiere para accionarla es provocada por la presión del fluido que tiene mas no de la potencia de la bobina. Gracias a esto, este tipo de electroválvulas funcionan con presiones mayores que las de las electroválvulas de acción directa.



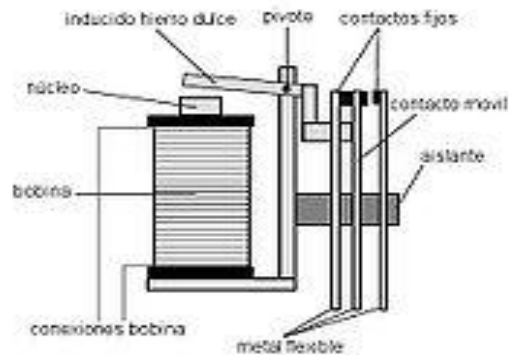
**Figura 29 - Electroválvula de 2 vías normalmente cerrada de acción directa<sup>45</sup>.**

### 2.2.10 El Relé

El relé o también llamado relevador es considerado un dispositivo electromecánico. Su funcionamiento es igual al de un interruptor el cual se controla a través de un circuito eléctrico conformado por una bobina y un

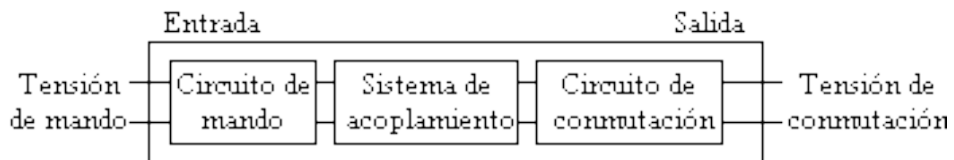
<sup>45</sup> Circuitos Básicos de Electroneumática, VicentLladonosa, Boixareu Editores, Pág. 54.

electroimán, activan un juego de uno o varios contactos los cuales nos dan la posibilidad de abrir o cerrar otros circuitos eléctricos que son independientes. Su inventor fue Joseph Henry en el año 1835.



**Figura 30 - Relé**

#### 2.2.10.1 Estructura de un relé <sup>46</sup>



**Figura 31 - Estructura de un Relé**

- Circuito de entrada.
- Circuito de acoplamiento.
- Circuito de salida.

<sup>46</sup> [http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo\\_potencia/relés.htm](http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/relés.htm)

### 2.2.10.2 Tipos de relés

Existe una gran variedad de relés, los cuales varían según el número de contactos, de la intensidad admisible, del tipo de corriente al accionarlo, de su tiempo de activación y también de su tiempo de desactivación, etc. Cuando un relé controla una gran cantidad de potencia son llamados contactores.

#### 2.2.10.2.1 Relés electromecánicos<sup>47</sup>

- Relés tipo armadura: aunque son los más antiguos este tipo de relés son los que más se utilizan para múltiples aplicaciones. Cuando se excita un electroimán provoca la basculación en una armadura, de esta forma cerrando o abriendo los contactos tomando en cuenta si es NA o NC.

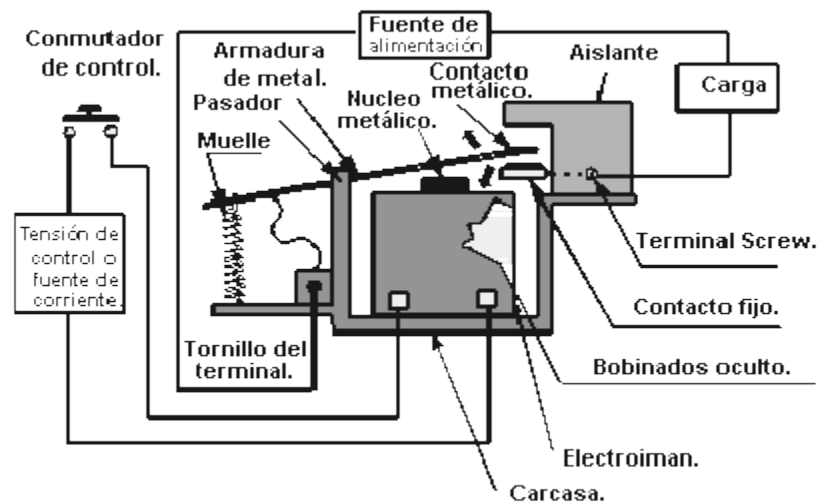
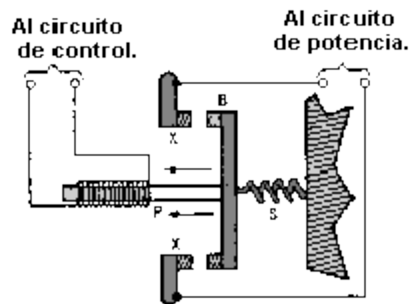


Figura 32 - Relé tipo Armadura.

- Relés con núcleo móvil: se diferencia de los anteriores ya que están constituidos por un émbolo en vez de una armadura. Ya que tiene una

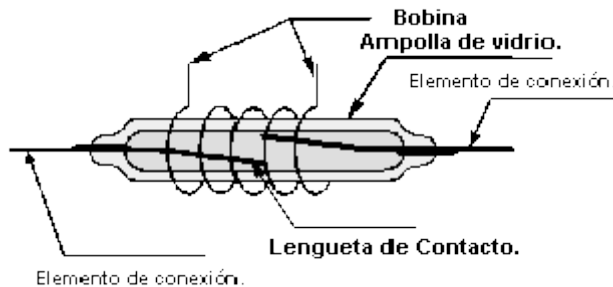
<sup>47</sup>[http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo\\_potencia/relés.htm](http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/relés.htm)

mayor fuerza de atracción, para cerrar sus contactos es utilizado un solenoide. Este relé se lo utiliza para tener control de las altas tensiones.



**Figura 33 - Relé tipo Núcleo.**

- Relé de tipo red o de lengüeta: están formados por una ampolla de vidrio, esta ampolla tiene contactos en su interior, que están montados sobre unas delgadas láminas de metal. Mediante la excitación de una bobina los contactos se conmutan, esta bobina se encuentra enrollada en la ampolla.



**Figura 34 - Relé tipo Lengüeta.**

- Relés polarizados o biestables: están formados de una pequeña armadura, sujeta a un imán permanente. Su parte inferior se mueve de manera circular dentro de los polos del electroimán, mientras que en su parte superior hay una cabeza de contacto. Cuando se excita el electroimán, los contactos se cierran producto del movimiento de la armadura. Si el relé es polarizado en sentido contrario, el movimiento también se hará en sentido contrario,

provocando que los contactos se abran o también puede producir el cierre de otro circuito.



**Figura 35 - Relé tipo Polarizados.**

#### **2.2.10.2.2 Relé de estado sólido<sup>48</sup>**

Un relé de estado sólido es un circuito híbrido, que por lo general está formado por un opto acoplador el cual debe aislar la entrada, también tiene un circuito de disparo, el cual localiza el paso por cero de la corriente de línea y también consta de un tirac o dispositivo parecido que hace el trabajo de interruptor de potencia. Este relé debe su nombre a su gran semejanza con los relés electromecánicos; el relé de estado sólido se usa normalmente en aplicaciones donde hay un uso frecuente de los contactos de relé, un relé convencional tendría un gran desgaste mecánico, también este relé tiene la capacidad de conmutar altos amperajes que destrozarían rápidamente los contactos de un relé electromecánico. Otra ventaja de estos relés es que permiten una velocidad de conmutación mucho mayor que la de los relés electromecánicos.

---

<sup>48</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>



### **2.2.10.2.3 Relé de corriente alterna**

Al excitar la bobina del relé con AC (corriente alterna), el flujo magnético del circuito magnético, igualmente es alterno, lo que provoca una fuerza pulsante que tiene una doble frecuencia en los contactos. Esto quiere decir que cuando conectamos los contactos de un relé a la red, en ciertos lugares de Europa los contactos van a oscilar a 50 Hz y en otros lugares, como en algunos países de Latinoamérica y Estados Unidos oscilara a 60 Hz. Este acontecimiento es aprovechado por ciertos zumbadores y timbres. En los relés que usan corriente alterna se les modifica la resonancia de los contactos para que no oscilen.

### **2.2.10.2.4 Relé de láminas**

Estos relés son utilizados para diferenciar las frecuencias. Está formado por un electroimán el cual es excitado con AC (corriente alterna) de entrada el cual va a atraer diversas varillas que estén sintonizadas. Solo resonara con una varilla la cual accionara el contacto, las otras no podrán. Estos relés se utilizan en algunos sistemas de telecontrol y en aeromodelismo.

### **2.2.10.3 Ventajas del uso de relés**

El principal beneficio de los relés electromagnéticos es que poseen una separación eléctrica entre los circuitos que están regulados por los contactos y la corriente de accionamiento, la cual pasa por toda la bobina del electroimán, esto nos permite controlar grandes voltajes o altas potencias con una mínima tensión en el control. Otra ventaja es la capacidad de manejar un dispositivo a control remoto a través de señales de control.

En el evento mostrado se puede observar un grupo de relés, los cuales son manejados por módulos digitales que se pueden programar para crear funciones como de contador o de temporizador como si fuera un pequeño PLC. Gracias a estos sistemas los relés tienen la capacidad de proceder de forma programada e independientes lo cual aumentaría sus campo de aplicación evitando el uso de otros controles tales como los PLC's.

### **2.2.11 Actuadores eléctricos**

Un actuador eléctrico posee una estructura sencilla comparándolo con los de las demás actuadores como los hidráulicos y los neumáticos, por el motivo que sólo necesita de energía eléctrica como fuente y además no hay limitaciones en la distancia a la que se encuentra el actuador de la fuente de poder<sup>49</sup>.

Los actuadores eléctricos son:

- Motores de corriente continua (DC).
- Motores de corriente alterna (AC).
- Motores de paso a paso.
- Servomotores.

#### **2.2.11.1 Motores de corriente continua (DC)**

Un motor de corriente continua o DC es una máquina que transforma la energía eléctrica en mecánica, mediante procesos electromagnéticos. El motor se basa en dos grandes principios; principio de inducción descubierto por Michael Faraday en el año de 1831, el cual nos muestra que si un conductor se desplaza a por medio de un campo magnético o está ubicado cerca de otro el cual tiene corriente de

---

<sup>49</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Actuador>

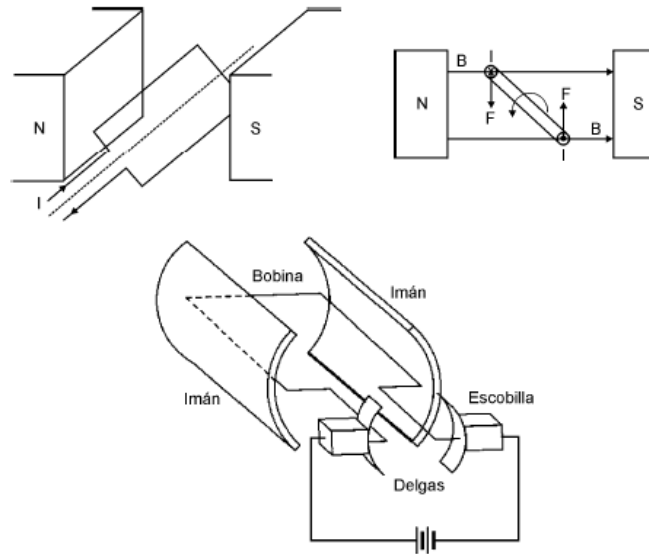
intensidad variable, se produce una corriente eléctrica en el primero. El segundo principio de André Ampère en 1820, el cual nos indica, que si una corriente cruza por un conductor el cual se encuentra en el interior de un campo magnético, el campo producirá una fuerza mecánica o también llamada f.e.m. (fuerza electromotriz), en dicho conductor. Para entenderlo mejor vamos a ver el magnetismo y notaremos que tiene dos polos, el norte y sur, a estos se le denomina regiones de los imanes, donde las líneas de fuerzas se encuentran en mayor concentración. Los motores utilizan la fuerza de atracción y repulsión que hay en los polos para su funcionamiento. Sabiendo esto, podemos entender que los motores están constituidos por polos alternados en el rotor y el estator, para producir el movimiento de rotación utiliza los polos iguales para repelerse y los polos diferentes para atraerse. En la figura 36 se puede observar el funcionamiento básico del motor.<sup>50</sup>

Las partes de un motor son:

- **Rotor:** También se lo conoce como armadura. En este se encuentran las bobinas
- **Escobillas:** Por lo general está formado por 2 tacos de grafito que se unen con las bobinas del rotor.
- **Colector:** La unión entre las bobinas del rotor y las escobillas se produce intercalando una corona partida de cobre. Esta parte del motor está formada por delgas y micas.
- **Estator:** Esta parte del motor es la encargada de crear el campo magnético. En el caso de los motores pequeños el magnetismo se lo logra con imanes.

---

<sup>50</sup> <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/motores-corriente-directa.shtml>



**Figura 36 - Estructura básica de un motor de corriente continua<sup>51</sup>.**

La manera en la que se conectan las bobinas del estator se le denomina tipo de excitación, el cual puede ser independiente, en serie y compound.

En la configuración independiente los devanados del estator están conectados aisladamente en la fuente AC. Por otro lado la configuración en serie es conectar los devanados del estator como su nombre lo indica en serie en la armadura. Realizar la configuración en paralelo es conectar tanto el estator como el rotor en la misma tensión, lo que da como resultado un excelente manejo de la rapidez y del par del motor<sup>52</sup>.

<sup>51</sup> <http://blog.artegijon.com/toni/files/2007/11/motores.pdf>

<sup>52</sup> <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa>

### **2.2.11.2 Motores de corriente alterna**

Con corriente alterna hay 2 motores que pueden funcionar, estos son motores síncronos o motores de inducción.

Un motor síncrono es en el que su velocidad de campo es idéntica a la del giro del motor. Básicamente este motor es un alternador trifásico pero funcionando a la inversa. Los imanes que crean el campo están unidos al rotor y estos son excitados a través de corriente continua, las bobinas que están en la armadura están seccionadas en 3 cada una de estas secciones está alimentada con corriente alterna trifásica. Las tres ondas que se producen en la armadura forman una variación en la reacción magnética con los polos de los imanes, lo que produce que el campo gire a velocidad constante, la cual está indicada por la frecuencia de la corriente.

En ciertos casos la velocidad de un motor síncrono es excelente. Por otro lado, no es recomendable utilizar este tipo de motor, cuando la carga mecánica hacia este sea demasiado grande, porque si su velocidad llegase a disminuir la carga podría quedar en fuera de fase con la frecuencia y esto provocaría que se detuviera.

### **2.2.11.3 Motores de paso a paso**

Los motores PaP son dispositivos electromecánicos que tienen como objetivo transformar pulsos eléctricos en movimientos angulares discretos, esto quiere decir que el motor puede progresar dependiendo de la entrada de control<sup>53</sup>.

---

<sup>53</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_paso\\_a\\_paso](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso)

### **2.2.12. Sistema Delta V**

El sistema delta V nos brinda un software y hardware de sencilla utilización para realizar un manejo moderno de plantas industriales. Este sistema tiene la posibilidad de implementarse en plantas analógicas como en plantas discretas, también puede manejar los elementos que estén bajo el protocolo Fieldbus.

El sistema delta V nos da la posibilidad de monitorear y manipular variables controlables. Tales variables pueden ser graficadas en la interfaz del operador.

## CAPITULO III

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

#### 3.1 Introducción

En la actualidad algunas resinas sintéticas modernas tienen el poder de permutar iones con las soluciones acuosas de sales con las cuales se ponen en contacto. Los desmineralizadores, con cambio de iones, utilizan esta propiedad.

Las resinas sintéticas, cuando se ponen en contacto con soluciones acuosas poco concentradas, como pueden ser consideradas las aguas crudas que deben tratarse, absorben, según su naturaleza, los iones metálicos o las radicales acidas en solución.

Las resinas utilizadas en las instalaciones de desmineralización se pueden dividir en cuatro grandes familias: resinas catiónicas débiles y fuertes y resinas aniónicas débiles y fuertes. Las resinas catiónicas tienen la finalidad de sustituir en el agua los cationes con iones hidrogeno, mientras que las resinas aniónicas tienen la finalidad de sustituir los aniones con oxidrilos. Es posible el forzar la desionización hasta hacer desaparecer prácticamente todos los iones en solución y el agua obtenida de esta forma posee las características que corresponden al agua destilada pura, casi exenta de sales.

La elección de los tipos de resina que deben emplear, depende de las características del agua a tratar y del grado de desionización hasta el cual se desea que llegue el tratamiento.

Los resultados descritos se obtienen prácticamente haciendo que el agua pase a través de un lecho de resina.

Mediante el paso del agua, la resina agota su capacidad desionizadora y a un cierto punto, la misma debe ser regenerada para restablecer sus prerrogativas de cambio.

Para la implementación del Sistema Modernizado en la Planta Desmineralizadora de Agua, la Empresa Termoesmeraldas consideró necesario trabajar con el Controlador Lógico HC900 Honeywell, por tal motivo no se realizó el estudio ni la justificación técnica del PLC mencionado.

### **3.2 Condiciones de la Planta Desmineralizadora de Agua**

La planta cuenta con cambiadores, tanto catiónico como aniónico, fabricado por la compañía FRANGO TOSI, estos cambiadores está constituido por una envoltura metálica cilíndrica, con los fondos convexos, instalado verticalmente. Para el acceso en su interior puede tener pasamanos o una tapa con bridas o un agujero de hombre, según las dimensiones del mismo. Todas las superficies internas en contacto con el agua están protegidas por un revestimiento resistente tanto contra los ácidos como contra los álcalis.

La figura 53 representa esquemáticamente la sección de un cambiador con las tuberías de entrada y de salida y las válvulas necesarias para la maniobra. El esquema sirve lo mismo para los filtros catiónicos como aniónicos.

Durante el servicio de desionización el agua llega al punto A, pasa a través de la válvula 1, y una vez distribuida uniformemente por toda la sección transversal del cambiador por el distribuidor de agua, pasa a través del estrato de resina, es



recogida por una serie de toberas distribuidas por toda una plancha que ocupa la sección entera del cambiador, para salir finalmente por la válvula 2 y ser enviada a los estados sucesivos de tratamiento o a los depósitos de almacenamiento o reserva del agua tratada.

El agua, (generalmente cruda para los cambiadores catiónicos pero siempre descationizada para los cambiadores aniónicos) debe ser completamente limpia, exenta de materias orgánicas y de aire mezclado. Si el agua transporta materias en suspensión, el lecho de resina del cambiador funciona como filtro pero poco tiempo después se atasca, hecho éste que se denota por la anormal caída de presión entre la entrada y la salida del cambiador, indicada para los manómetros.

La temperatura del agua puede alcanzar los 50°C. Temperaturas más altas dañifican los revestimientos protectores de las envolturas metálicas de los cambiadores y la resina aniónica. Durante el ejercicio deben ser evitados los cambios bruscos de temperatura dado que influyen sobre la resina. Los cambios de temperatura deben tener lugar con una velocidad máxima de 25°C por hora.

Es muy importante que el flujo sea regular en toda la sección del cambiador, porque si esta regularidad no existe se pueden originar en el estrato de resina canalizaciones que reducen la eficiencia del cambio iónico. Por esta razón también es necesario el evitar bruscas variaciones de la cantidad de agua durante las maniobras y, por lo tanto, se deben abrir y cerrar las válvulas gradualmente.

Cuando a través del cambiador ha pasado el número prescrito de metros cúbicos de agua, el mismo debe ser puesto fuera de servicio y regenerado.

Durante los periodos de inactividad, no dejar nunca que el lecho de resina se seque completamente, sino tenerlo siempre húmedo o, aún, dejarlo sumergido en agua. Si existe peligro de hielo, proveer a mantener la temperatura del agua por encima de 0°C.

Además se cuenta con 56 electroválvulas y 12 bombas controladas por el operador desde un panel óptico.

### **3.3 Proceso de la planta**

Después de escogido el filtro deseado, se comprobó la presencia de los consentimientos descritos anteriormente.

Una vez escogido el tipo de conducción del ciclo de regeneración (automático o semiautomático), el automatismo tendrá que realizar las operaciones siguientes.

#### **3.3.1 Regeneración de los filtros catiónicos**

Puesta en marcha manual de la bomba P1 (P2)

##### **FASE 1) Lavado en contracorriente.**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.09 – FV 10
- La válvula de regeneración FV.01 A/B regulará durante 15' el caudal de agua a los 32 m<sup>3</sup>/h.

El preóstato PS18 instalado aguas arriba de las válvulas FCV.01 A/B dará el consentimiento al arranque y a la prosecución de las fases 1 a 5.

**FASE 2) Regeneración H2 SO4.**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.11 – FV.12 – FV.31
- Arranque de la bomba P11 (P.12)
- La válvula de regulación FCV.03 regulan los caudales siguientes:
  - Por 20' regeneración H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1% - 21 m<sup>3</sup>/h
  - Por 20' regeneración H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>2% - 10.5 m<sup>3</sup>/h
  - Por 20' regeneración H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>4% - 5.5 m<sup>3</sup>/h

**FASE 3) Lavado de regeneración**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.11 – FV.12 – FV.31
- La válvula de regulación FCV.03 regulará durante 30' el caudal de agua a los 5,5 m<sup>3</sup>/h.

**FASE 4) Lavado final**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.07 – FV.11.
- La válvula de regulación FCV.01 regulará durante 60' el caudal de agua a los 18 m<sup>3</sup>/h.

Con el fin de la fase 4) se borran las memorias de fin de fase 1 a 4 y se activa la memoria de filtro T1 (T2) regenerado.

**FASE 5) Servicio**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.07 – FV.08.
- Arranque del ventilador P17.
- La válvula de regulación FCV.01 A/B regulará el caudal de agua a los 18 m<sup>3</sup>/h.

La intervención del contador para fin de ciclo T1 (T2) parará automáticamente el servicio.

**3.3.2 Regeneración de los filtros aniónicos**

Puesta en marcha manual de la bomba P1 (P2) – P3 (P4)

**FASE 1) Lavado en contra corriente**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.16 – FV.17.
- La válvula de regulación FCV.02 A/B regulará durante 10' el caudal de agua a los 7 m<sup>3</sup>/h.

El presóstato PS19, instalado aguas arriba de la válvula FCV.02 A/B dará el consentimiento al arranque y a la prosecución de las fases 1 a 5.

**FASE 2) Regeneración NaOH**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.13 – FV.18 – FV. 19 – FV.34.
- Arranque de las bombas P5 (P6)

- La válvula de regulación regulará durante 73' el caudal de agua a los 3,5 m<sup>3</sup>/h.

El termostato TE.01 regulará automáticamente mediante la válvula TCV.01, la temperatura.

### **FASE 3) Lavado de regeneración.**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.13 – FV.18 – FV.19 – FV.34.
- La válvula de regulación FCV.02 A/B regulará durante 30' el caudal de agua a los 3.5 m<sup>3</sup>/h.

El presóstato TE.01, mediante las válvulas TCV.01 regulará automáticamente la temperatura.

### **FASE 4) Lavado final.**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.14 – FV.18.
- La válvula de regulación FCV.02 A/B regulará durante 60' el caudal de agua a los 18 m<sup>3</sup>/h.

Con el fin de la fase 4), se borran las memorias de fin de fase 1 a 4 y se activa la memoria de filtro T3 (T4) regenerado.

**FASE 5) Servicio**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.14 – FV.15
- La válvula de regulación FCV.02 A/B regulará el caudal de agua a los 18 m<sup>3</sup>/h.

La intervención del contador por fin de ciclo T1 (T2) – T5 (T6) para automáticamente el servicio.

**3.3.3 Regeneración de los filtros de lecho mixto****FASE 1) Lavado en contracorriente**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.20 – FV.23 – FV.24
- Puesta en marcha de la bomba P9 (P10)
- La válvula de regulación FCV.04 regulará por 20' el caudal de agua a 3 m<sup>3</sup>/h.
- El presóstato PS20 ubicado antes de la válvula FCV.04 dará el consentimiento para el inicio y continuación de la fase 1 – 7.

**FASE 2) Regeneración aniónica**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.27 – FV.29 – FV.32 – FV.34
- Puesta en marcha de la bomba P5 (P6)
- Puesta en macha de la bomba P9 (P10)
- La válvula de regulación (FCV.04) regulará, por 25' el caudal de agua a 2,7 m<sup>3</sup>/h.

El termóstato TE.01 procederá, por intermedio de la válvula TCV.01, a regular automáticamente la temperatura.

**FASE 3) Lavado de regeneración.**

- Apertura de las válvulas de regulación VF.06 – VF.27 – VF.29 – VF.32 – VF.34.
- Puesta en marcha de la bomba P9 (P10).
- La válvula de regulación FCV.04 regulará por 40' el caudal de agua a 2,7 m<sup>3</sup>/h.

El termóstato TE.01 procederá, por intermedio de la válvula TCV.01, a regular automáticamente la temperatura.

**FASE 4) Lavado Final.**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.20 – FV.21 FV.25.
- Puesta en marcha de la bomba P9 (P10)
- La válvula de regulación FCV.04 regulará por 60' el caudal de agua a 5.3 m<sup>3</sup>/h.

**FASE 5) Regeneración catiónica.**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV25 – FV.28 – FV.33.
- Puesta en marcha de la bomba P9 (P10)
- Puesta en marcha de la bomba P11 (P12)
- La válvula de regulación FCV.04 regulará por 19' el caudal de agua a 4,8 m<sup>3</sup>/h.

**FASE 6) Lavado de regeneración.**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.25 – FV.28 – FV.33.
- Puesta en marcha de la bomba P9 (P10).
- La válvula de regulación FCV.04 regulará por 30' el caudal de agua a 4,8 m<sup>3</sup>/h.

**FASE 7) Lavado final.**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.20 – FV.21 – FV.25
- Puesta en marcha de la bomba P9 (P10)
- La válvula de regulación FCV.04 regulará por 60' el caudal de agua a 4 m<sup>3</sup>/h.

**FASE 8) Disminución de nivel.**

- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.25 – FV. 26 por 10'.

**FASE 9) Mezcla resina**

- Apertura por 15' de las válvulas FV.06 – FV.26 – FV.30
- Al terminar la fase 9 se anulan todas las memorias de final de fase 1 – 9 y se activa la memoria del filtro T5 (T6) regenerado.



**FASE 10) Servicio**

- Apertura por 10' de las válvulas FV.06 – FV.21 – FV.25 (servicio preliminar) desactivando el bloqueo para alta conductibilidad.
- Apertura de las válvulas FV.06 – FV.21 – FV.22 (servicio) con reactivación del bloqueo de alta conductibilidad.

El contador T5 (T6) de final de ciclo parará automáticamente el servicio.

El esquema general de la Planta Desmineralizadora de Agua (Ver diagrama 1) nos permitirá identificar las estaciones más relevantes en el sistema (ejemplo): Las válvulas de los filtros catiónicos, válvulas de los filtros aniónicos, válvulas de los filtros mixtos y bombas de regeneración. Las mismas que serán agrupas por fases y detalladas a continuación (Ver diagrama 2-3-4.1 y 4.2).

## ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA

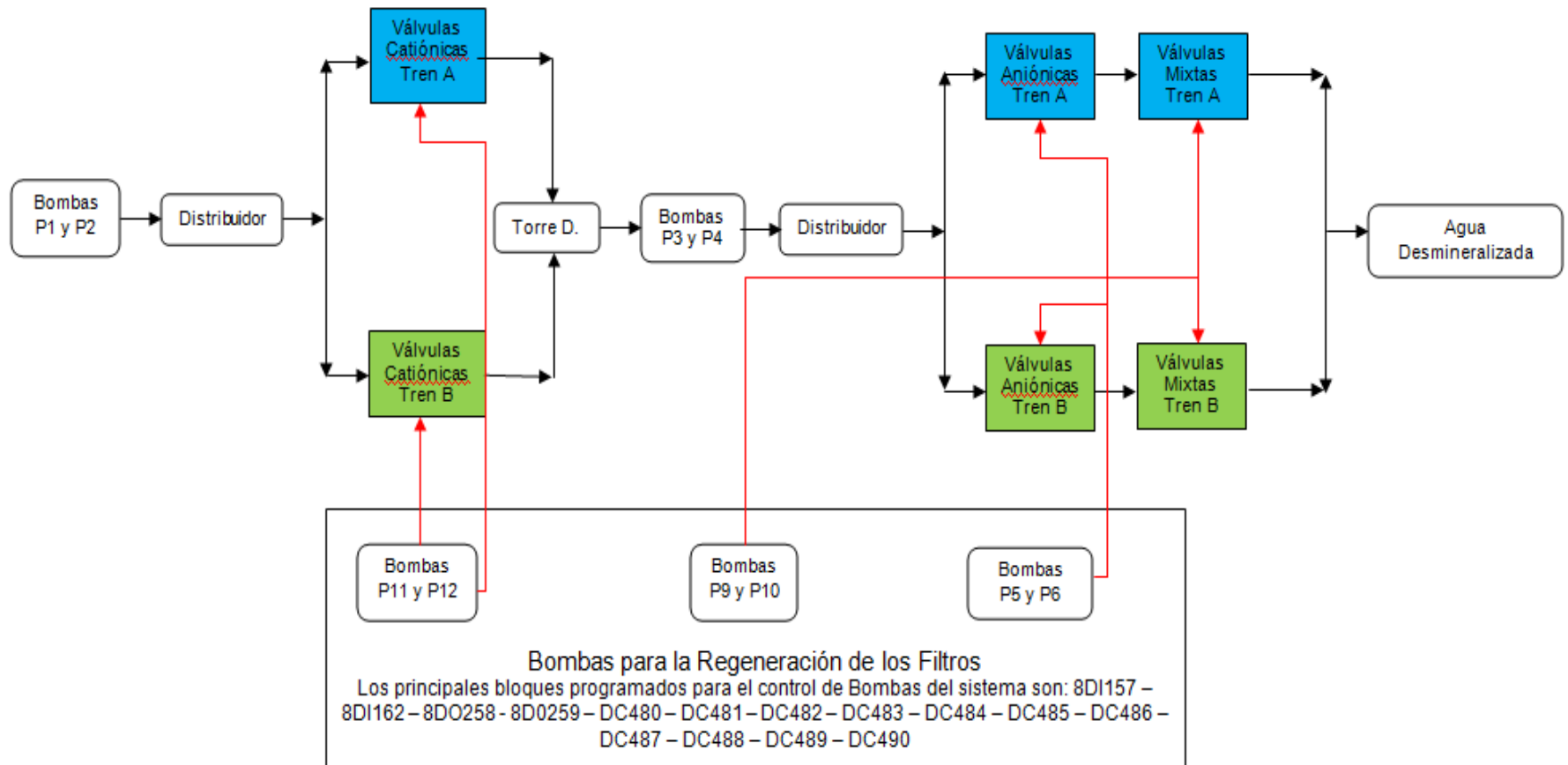


Diagrama 1- Esquema General de la Planta

## FASES DE LOS FILTROS CATIÓNICOS A Y B

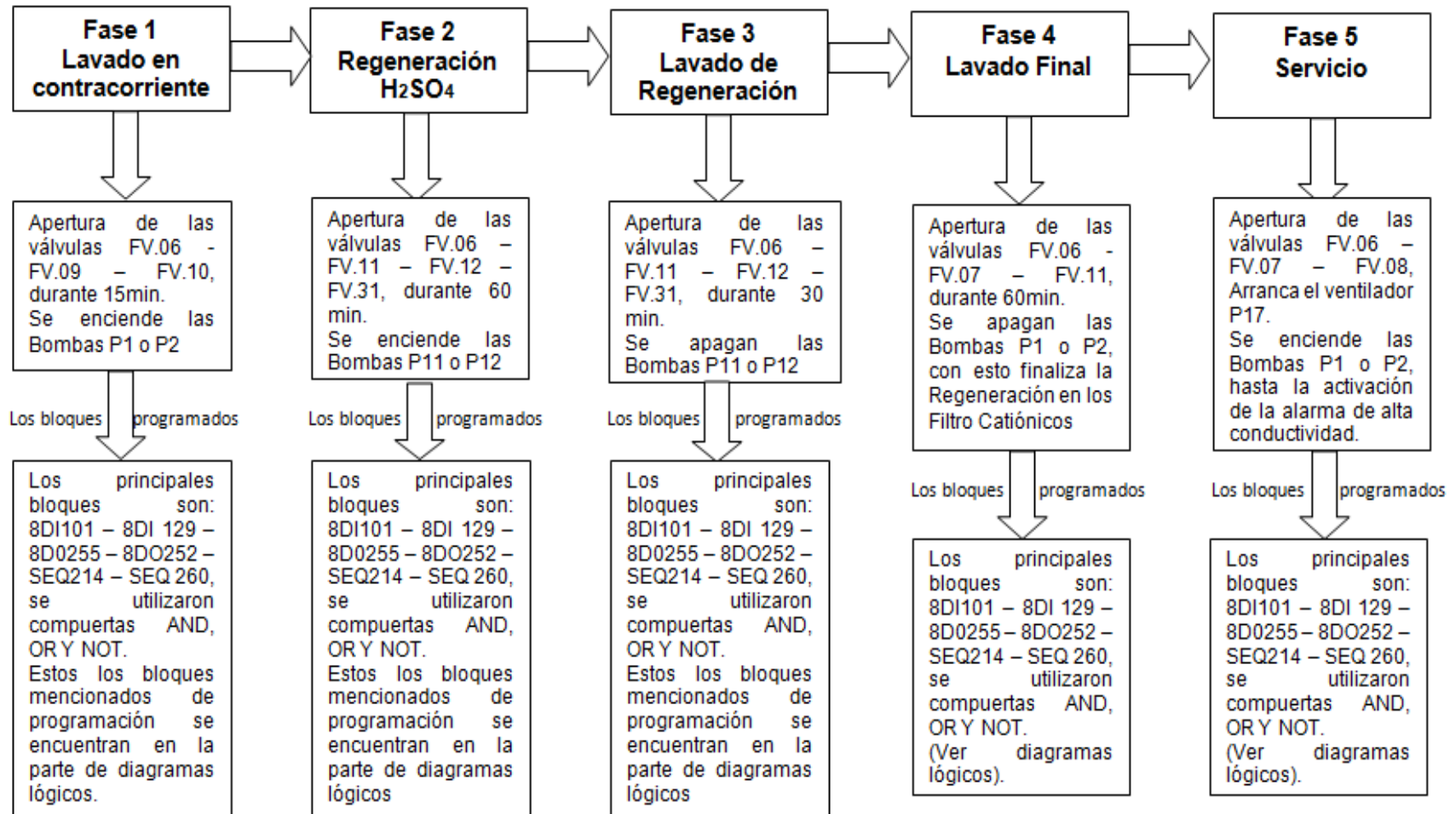


Diagrama 2- Filtro Catiónico por fases

## FASES DE LOS FILTROS ANIÓNICOS A Y B

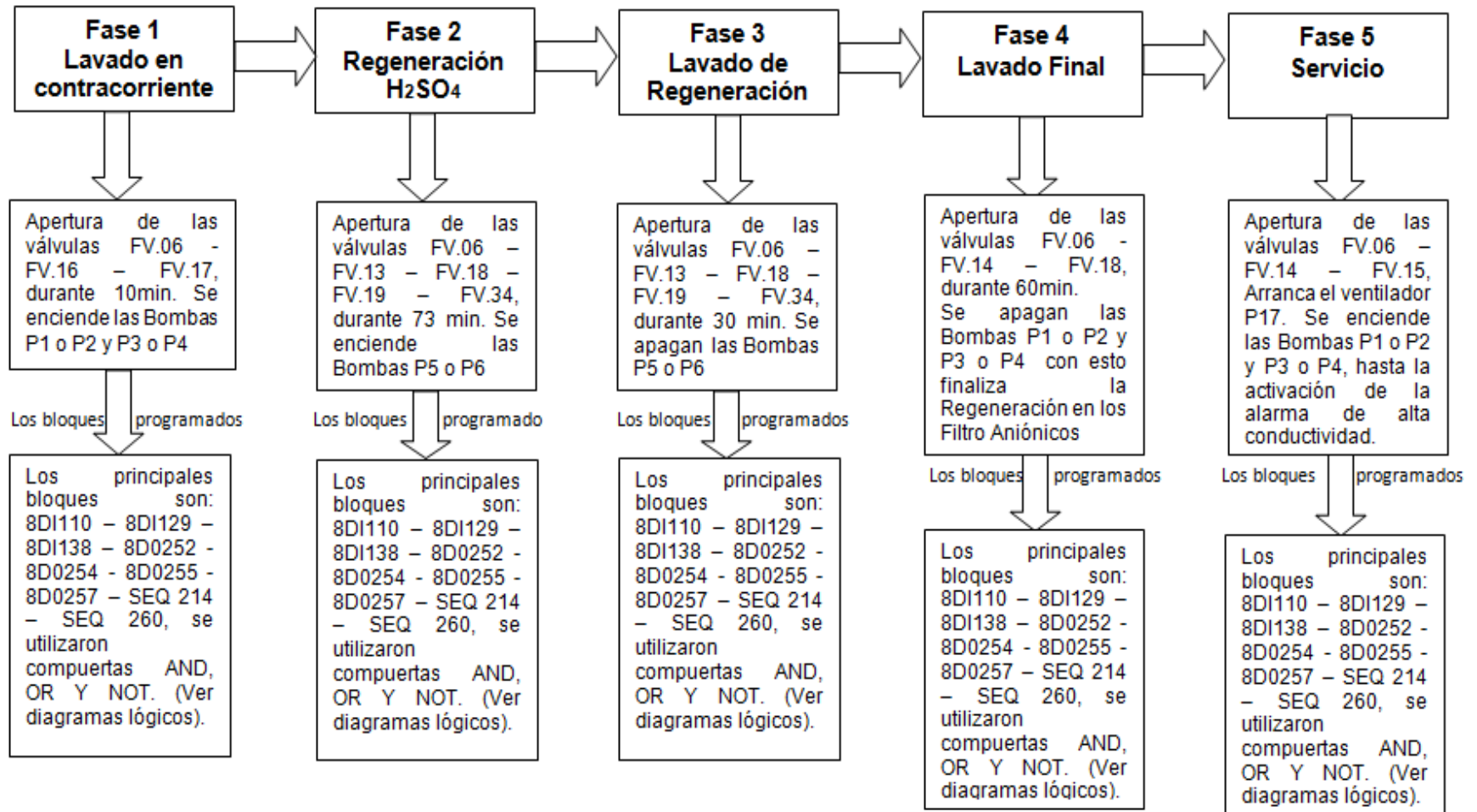


Diagrama 3- Filtro Aniónico por fases

## FASES DE LOS FILTROS MIXTOS A O B 1/2

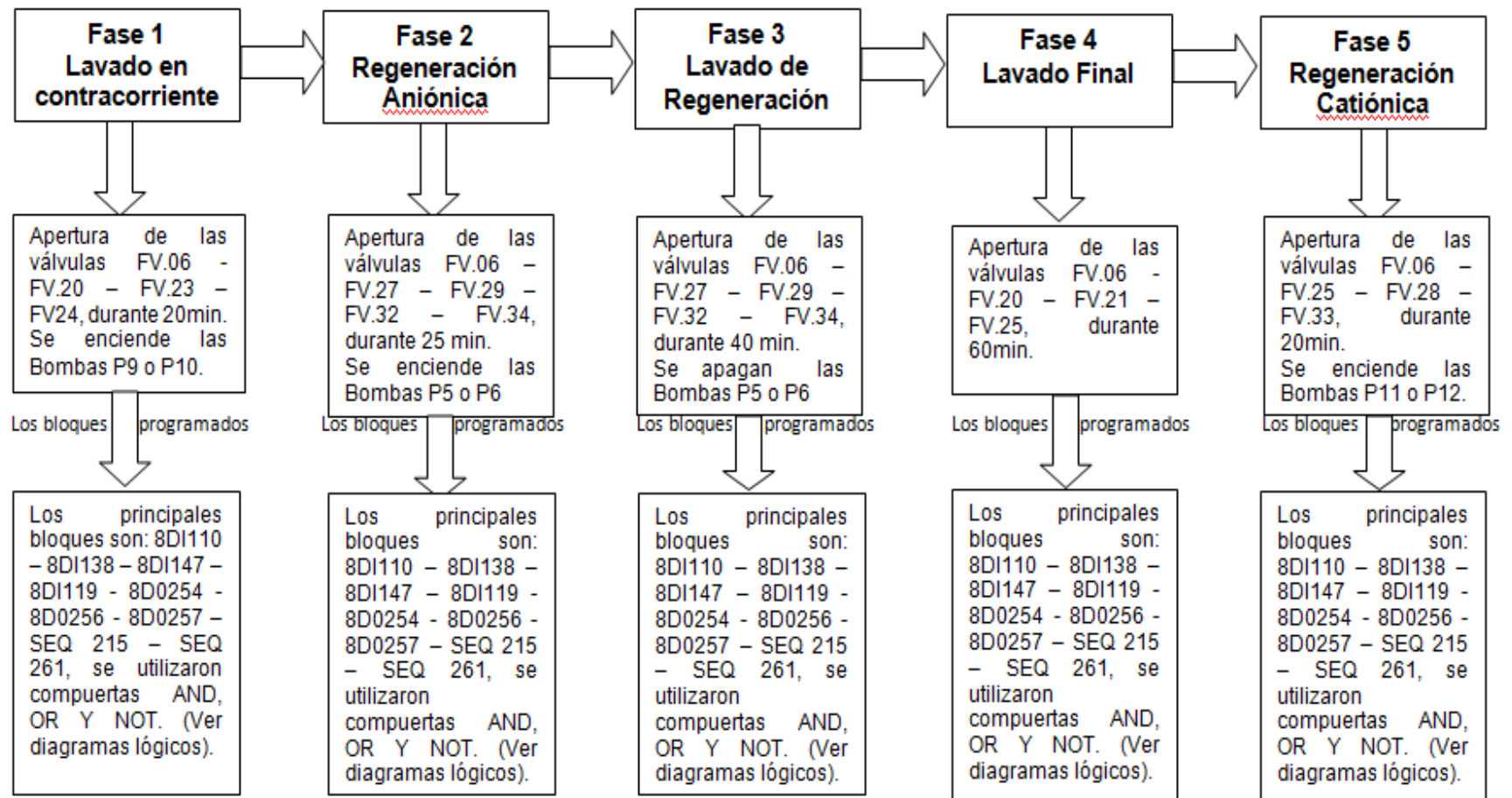


Diagrama 4.1- Filtro Mixto por fases

## FASES DE LOS FILTROS MIXTOS A O B 2/2

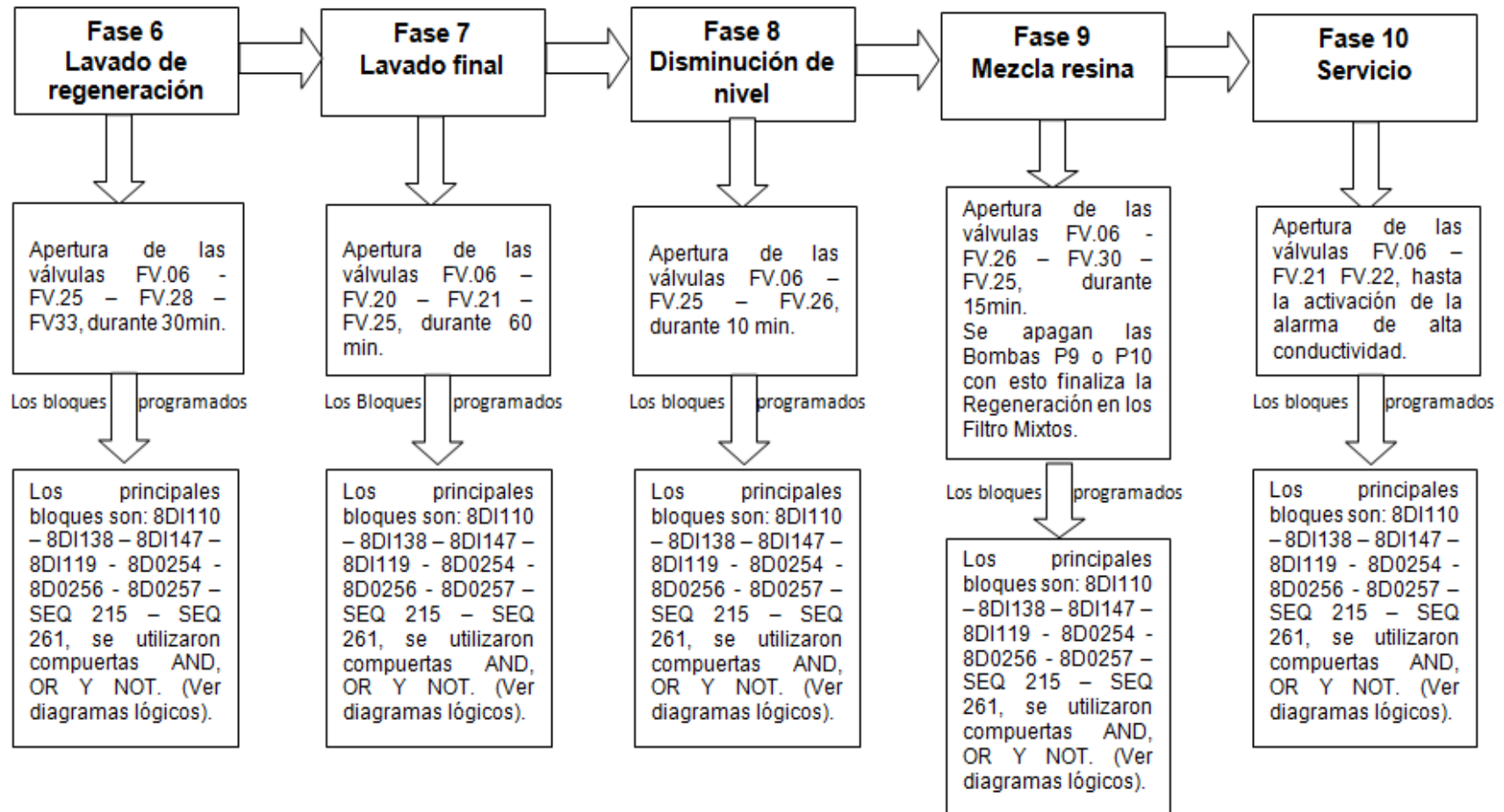


Diagrama 4.2- Filtro Mixto por fases

### 3.4 Diagrama de Flujo del Sistema

El diagrama de flujo de la Planta Desmineralizadora de Agua, permite acoplar dos tipos de operación en el sistema; la forma manual y la forma automática.

La operación de forma automática depende principalmente de la programación de la Estación de Control 900, desde la Estación se elige el proceso que estime necesario realizar el operador, los mismos que pueden ser de regeneración o de producción. Para la puesta en marcha de cualquier proceso de la planta, deben estar presentes varias condiciones iniciales descritas en el diagrama de flujo (Ver diagrama 5.1).

La predisposición de mandos es el segundo paso, y hace referencia a la elección de los filtros y bombas del sistema para luego pasar a la programación de la secuencia de trabajo, que consiste en ingresar las variables de las secuencias correctas en la Estación 900 para luego almacenarlas en el Controlador y ser ejecutadas (Ver diagrama 5.2).

Estos secuenciadores contienen pantallas predefinidas que permiten el control de la planta en tiempo real, permitiendo iniciar, parar y restablecer el sistema una vez terminado un proceso (Ver diagrama 5.3).

La operación manual es el método utilizado originalmente y consiste en la activación de todos los elementos manualmente por el operador.

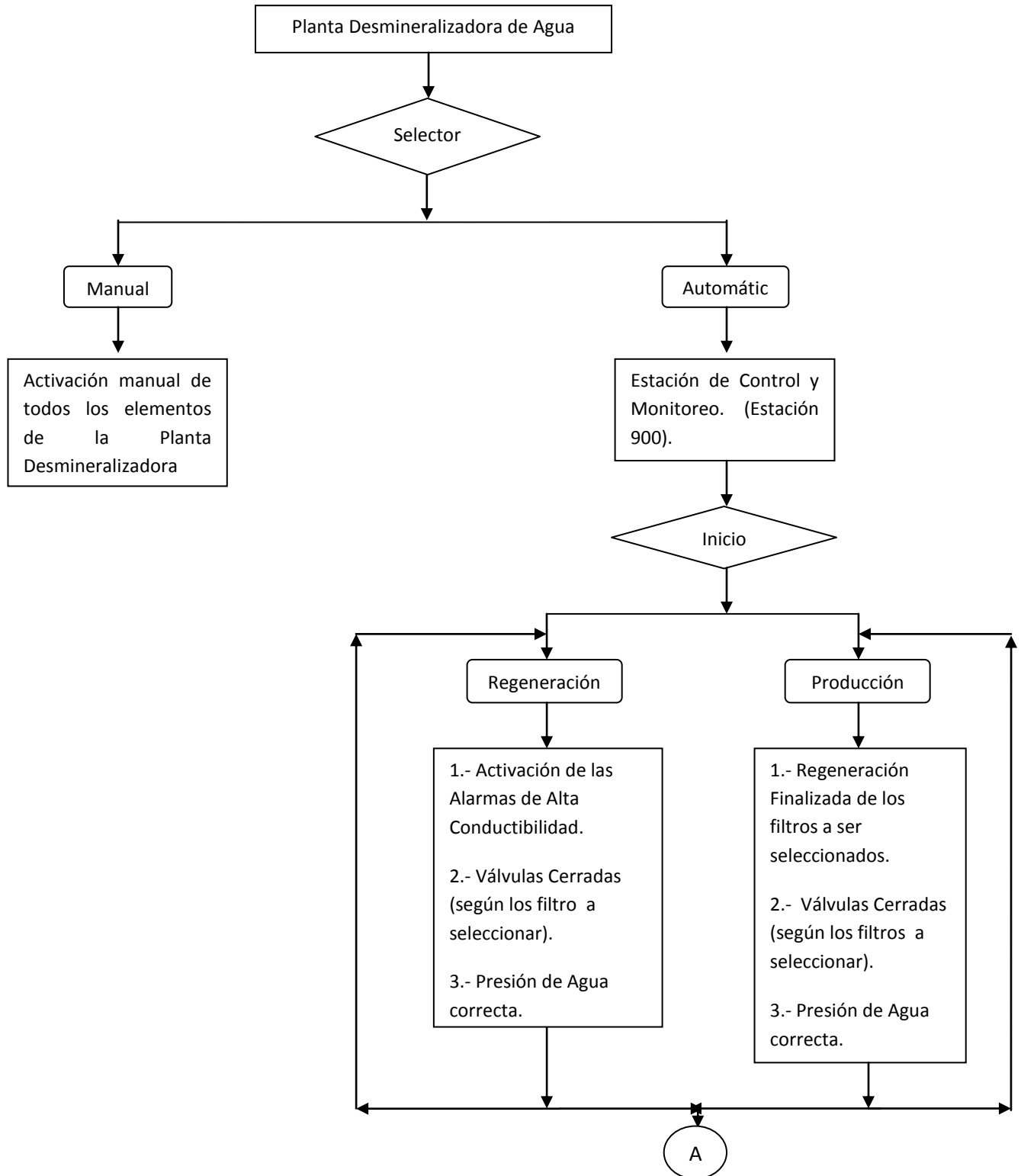


Diagrama 5.1- Diagrama de Flujo



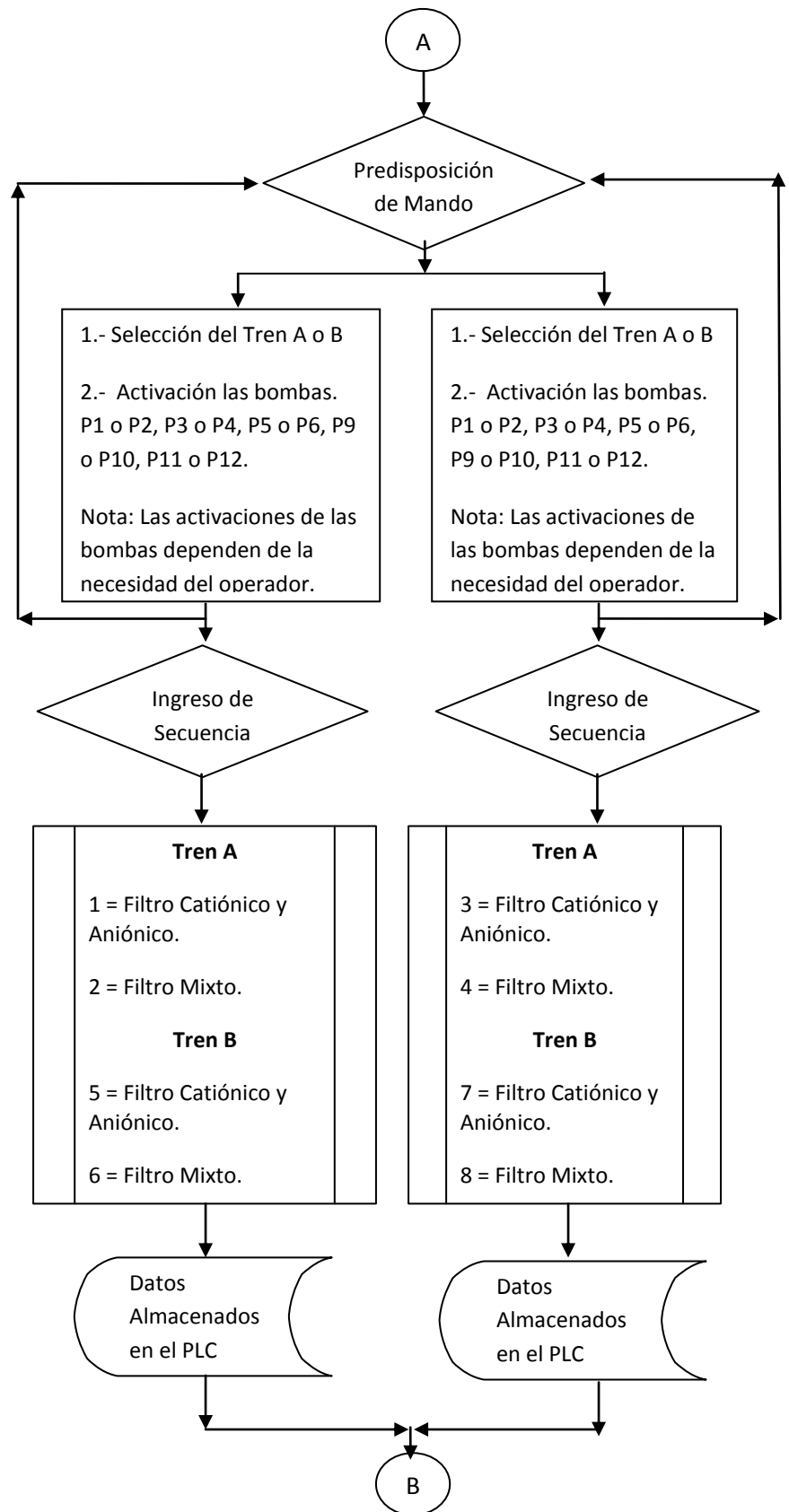


Diagrama 5.2- Diagrama de Flujo

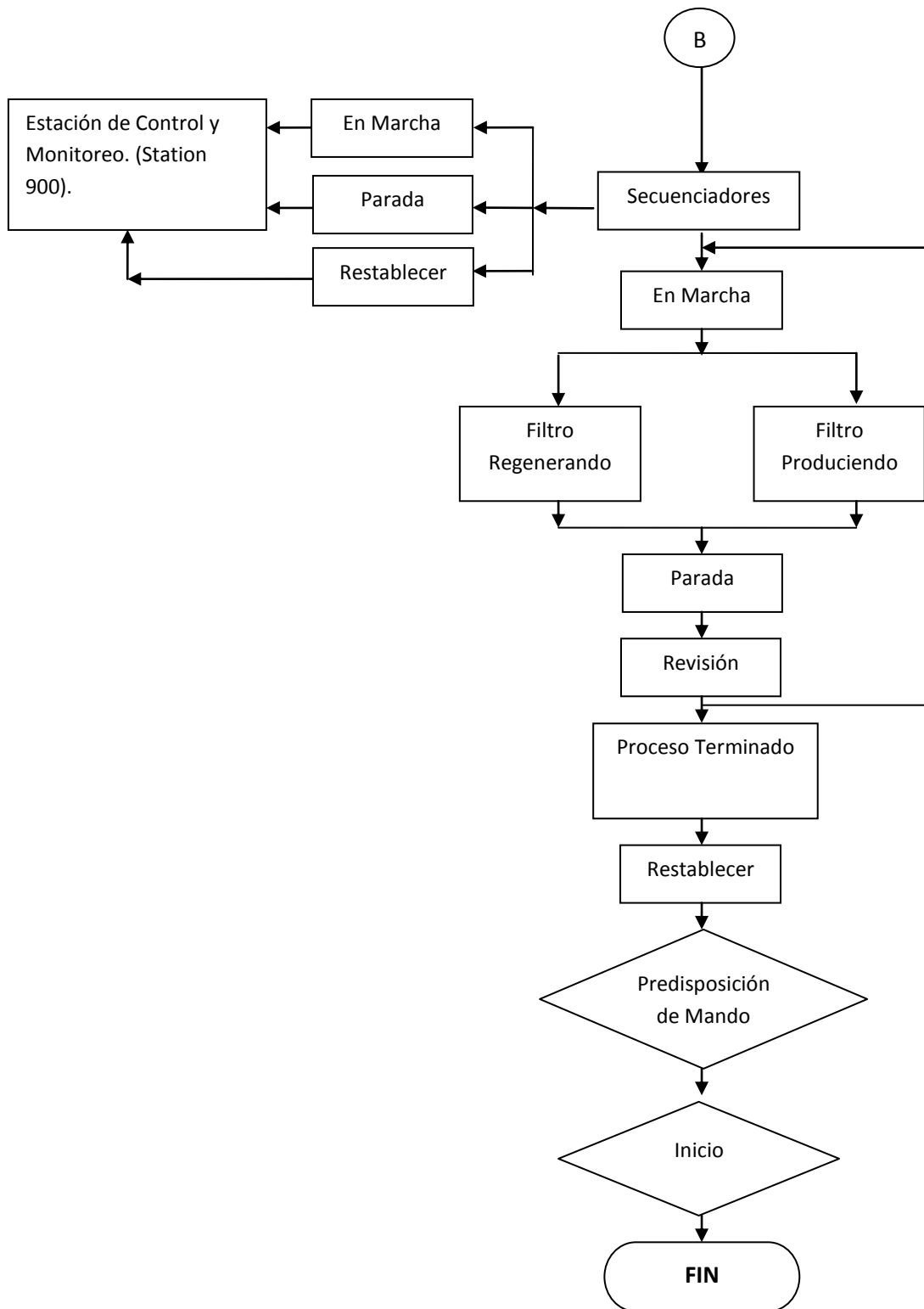


Diagrama 5.3- Diagrama de Flujo

## **3.5 Diseño de Diagramas Lógicos**

# **3.6 Diseño de las pantallas para la Estación 900**

## INTRODUCCIÓN

Para la Estación de Control 900 se diseñaron varias pantallas de visualización y de mando con el fin de facilitar el trabajo del operador, estas pantallas trabajan en combinación con el controlador permitiendo recibir y enviar información previa a la configuración con la base de datos del controlador lógico.

El diseño de la planta se observa en tres pantallas divididas por filtros (Ver figura 37,38 y 39) esto permite que el operador identifique de forma rápida y precisa la fase de ejecución.

Adicionalmente existen 2 pantallas de mando de bombas que permiten elegir con cual de ellas trabajar, esto permite tener la facilidad de cambiar de bombas si la principal sufre algún problema y no detener la producción (Ver figura 40).

Estas son las principales pantallas diseñadas, pero existen varias pantallas pre definidas que también ayudan al correcto funcionamiento de la Estación de Control 900.

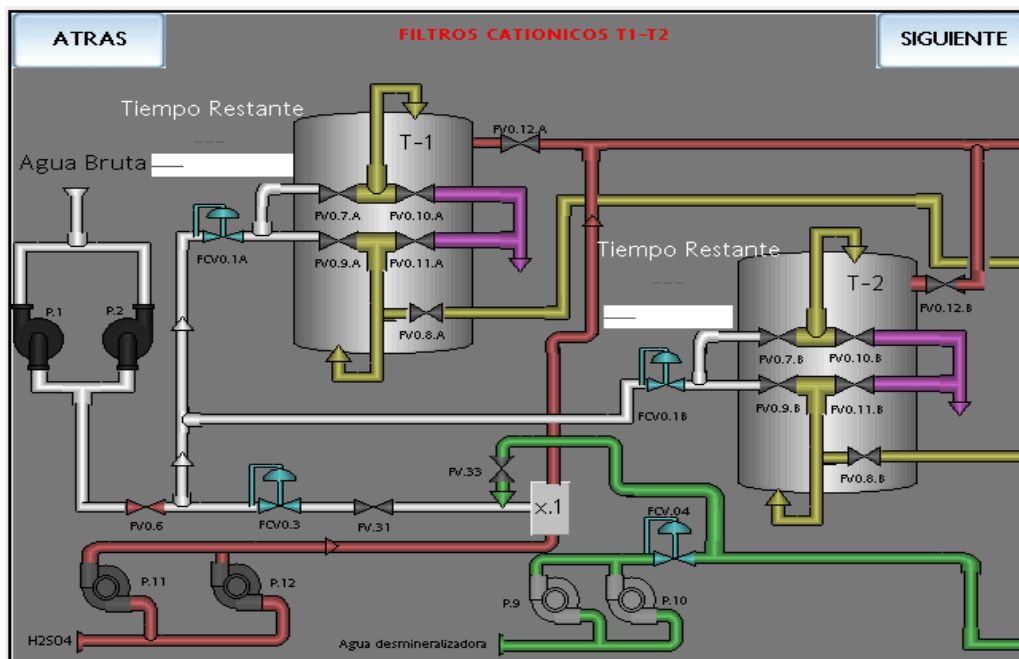


Figura 37.- Pantalla de Visualización los Filtros Cationicos

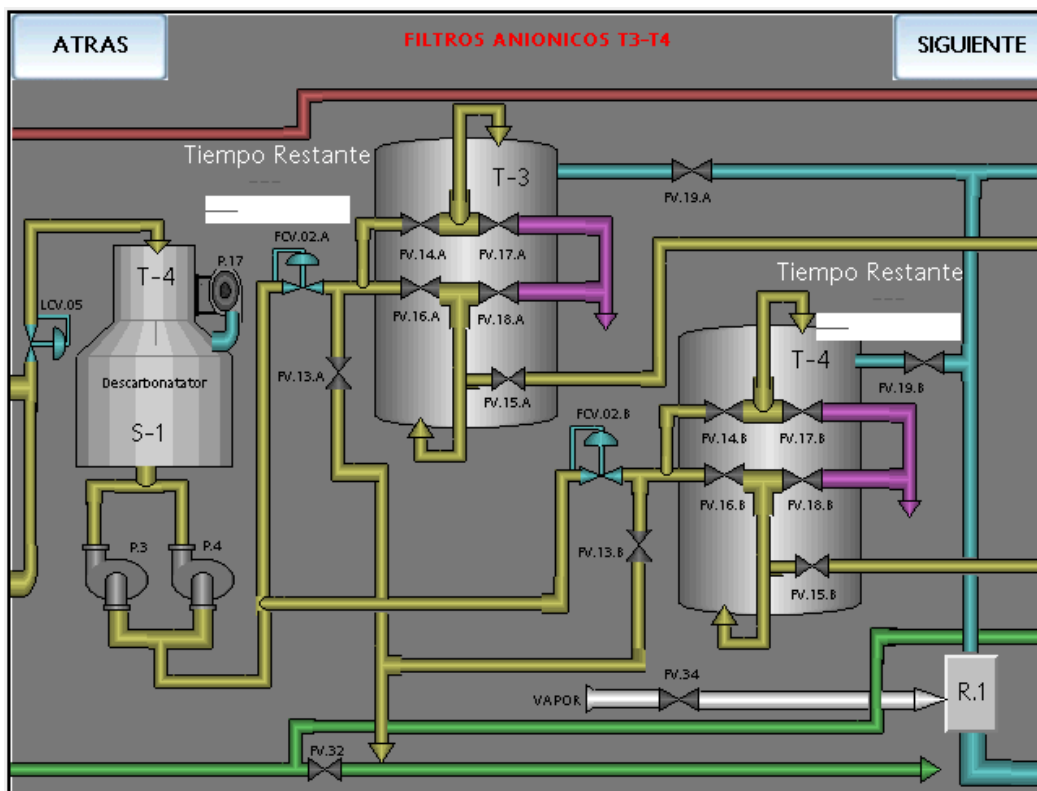


Figura 38.- Pantalla de Visualización los Filtros Aniónicos

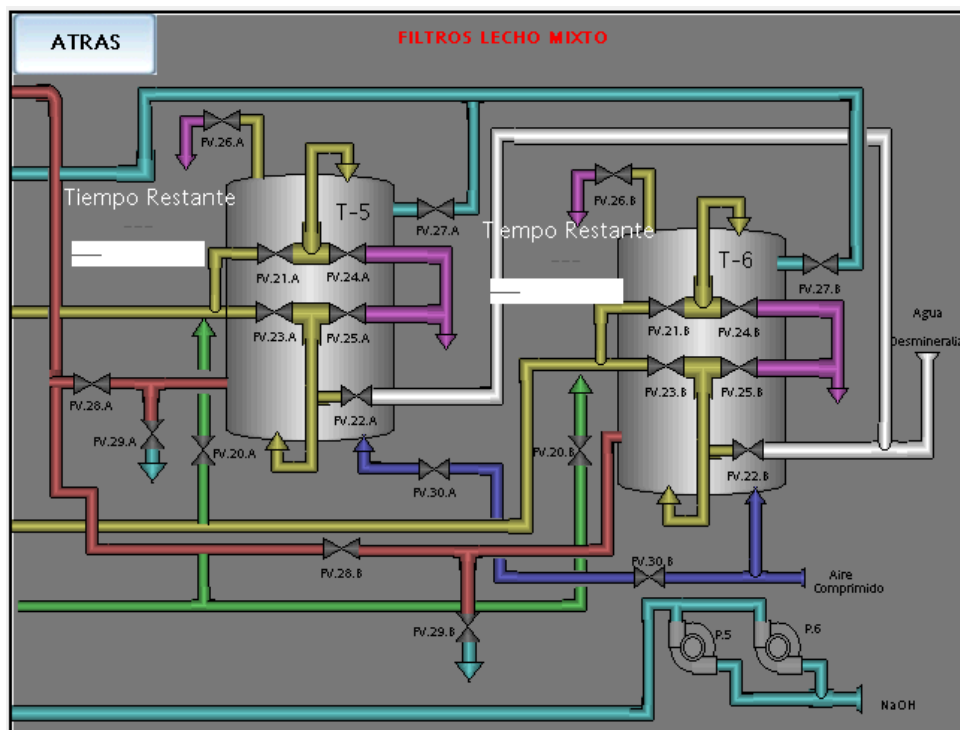


Figura 39.- Pantalla de Visualización los Filtros Mixtos



Figura 40.- Pantalla de Mando de las Bombas

# **3.7 DIAGRAMAS ELÉCTRICOS**



## INTRODUCCIÓN

Para poner en marcha el sistema debemos predisponer las órdenes de selección de bombas, selección de tren de trabajo y el tipo de operación a realizar mediante la estación de control 900, antes de enviar y guardar las órdenes en el controlador deben ser verificadas por el operador, el controlador procesará dichas órdenes y las ejecutará a través de los relés de control.

Para este proyecto se implementaron relés de control alimentados con 24V CC de una fuente externa para los módulos de salida del PLC (Ver plano C.665-SD 630), estas salidas alimentan a la bobina de dicho relé, que al ser excitada con los 24V cerrará un contacto normalmente abierto por donde circulará 125V CC de la fuente original del sistema (Ver plano C.665-SD 631), la que provocará la apertura de la electroválvula enviando una señal de confirmación desde su final de carrera. Si los 24V de salida del PLC son suspendidos provocará que el contacto regrese a su estado original induciendo el cierre de la electroválvula y enviando una señal de cierre desde su final de carrera. Todas las señales de los finales de carrera junto con las señales de encendido de la bomba serán enviadas a la estación de control 900, como señalización del sistema. (Ver plano C.665-SD 632)

Para la interpretación de los diagramas eléctricos debemos mencionar que la nomenclatura 1<sup>o</sup>\_\_\_<sup>o</sup> 3 631/1.05 hace referencia a:

631 = número de plano eléctrico en donde se encuentra un contacto entre los puntos 1 y 3 de un relé de control.

01 = página/tarjeta

05 = columna en donde se encuentra el contacto.

### 3.7 Implementación del Sistema

El Sistema de Modernización desarrollado tiene como fin controlar y monitorear los procesos de la Planta Desmineralizadora de Agua, la que se encuentra formada por filtros Catiónicos, Aniónicos y Mixtos separados en dos partes, Tren A y Tren B.



**Figura 41.- Planta Desmineralizadora-Tren A**



**Figura 42.- Planta Desmineralizadora Tren B**

La implementación del Sistema se lo realizó en el cuarto de control existente de la Planta por tal motivo se realizó un diseño apropiado y acorde a la ubicación de los dispositivos electrónicos utilizados.



**Figura 43.- Cuarto de Control**

**Pasos para la implementación del PLC en el cuarto de control:**

1. Primero se buscó una base de acero que soporte el peso del PLC y de los componentes que se utilizaron.
2. se realizó la distribución del espacio físico para la colocación de las canaletas, relés, fuente de alimentación y borneras con el fin de aprovechar al máximo el espacio disponible.



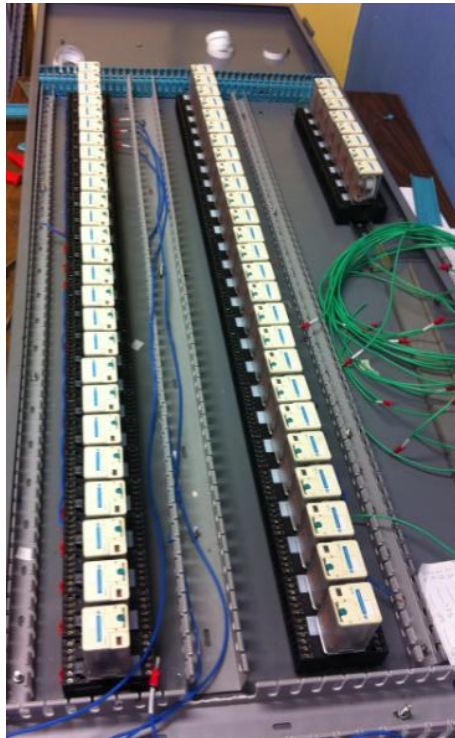
**Figura 44.- Medición y Distribución del espacio**

3. Se emperna el PLC por la parte frontal de la base de acero y se procede a conectar los módulos de salidas del controlador con las entradas de los relés utilizando cable UTP.



**Figura 45.- Conexión de los módulos**

4. Se empernaron las canaletas y los relés por la parte posterior de la base de acero según la distribución realizada. La distribución de los relés de mando de válvulas se las realizó según el tren al que pertenece cada válvula por lo tanto las válvulas que pertenecen al Tren A ocuparán la primera columna (izquierda a derecha), las válvulas del Tren B ocuparán la segunda columna y los relés que controlan el encendido y apagado de las bombas la tercera columna.



**Figura 46.- Implementación de los Relés de control**

5. Se toma la medida de longitud de los cables desde su punto inicial hasta su punto final, para luego ser cortado, ponchado con un terminal de punta y por último ser etiquetado correctamente.
6. Se procede a identificar los puntos de la alimentación de las bobinas para luego puentearlas entre sí teniendo en cuenta la polaridad de su alimentación. Estos relés son alimentados con una fuente de 24V externa que alimenta al módulo de salida del PLC.

7. Una vez identificado el circuito de excitación de la bobina se procede a escoger el contacto del relé con el que desea trabajar, en este caso se escogió el contacto 1 utilizando su salida normalmente abierta la cual será alimentada con 125V de corriente continua voltaje con el cual trabajan las válvulas ON/OFF.



**Figura 47. Cableado de salidas**

8. Una vez terminado el cableado de las salidas se procede a realizar el cableado a los finales de carreras de las válvulas de igual modo.

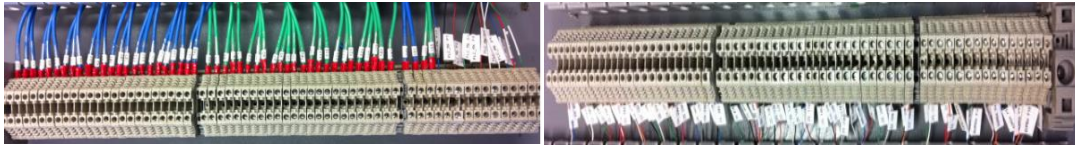


**Figura 48. Cableado de finales de carrera.**

9. Terminado todas las conexiones de los módulos del PLC se ordenan los cables de interface entre la planta y el PLC en sus respectivas borneras con su etiqueta correspondiente.



**Figura 49. Cables de interface.**

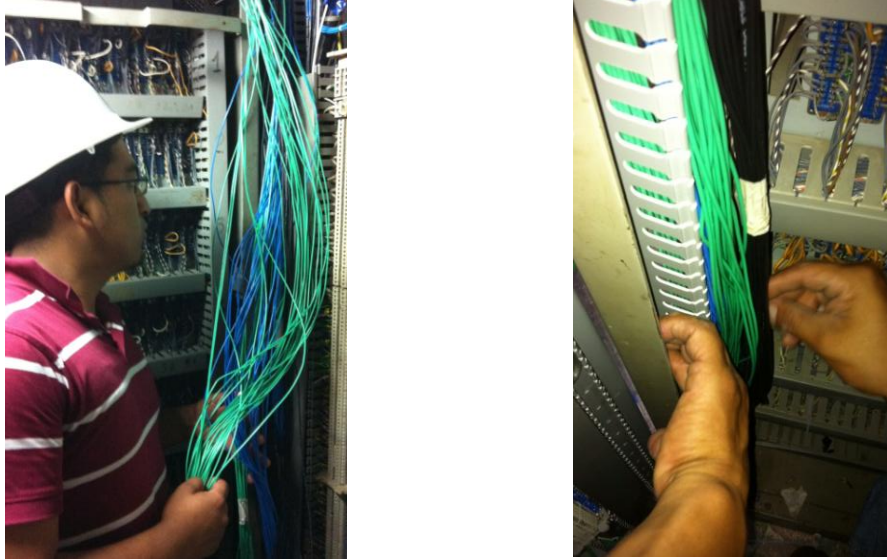
**Bornera de Salida****Bornera de Entrada****Figura 50. Borneras**

10. Se instala el PLC en el cuarto de maquinas.

**Cara posterior****Cara frontal****Figura 51. Instalación de PLC**

11. Se procede a realizar el tendido del cableado desde los puntos de las borneras de interface hasta los puntos específicos de acción del sistema mediante canaletas.





**Figura 52. Cableado**

## CAPITULO IV

### PRUEBAS

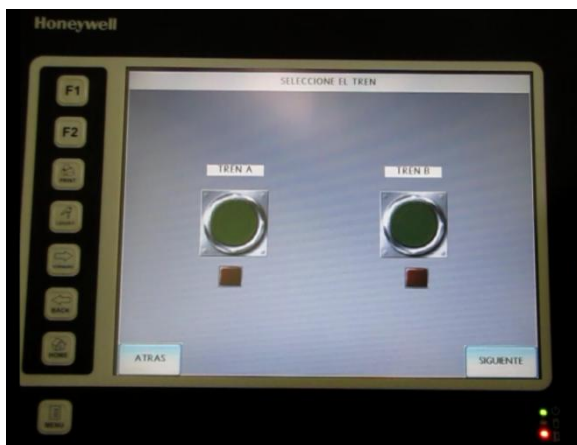
#### Introducción

El Controlador Lógico HC900 utilizado en la Planta Desmineralizadora de Agua no proporciona resultados técnicos que validen las pruebas realizadas durante la implementación, por lo que se recomienda realizar una visita técnica para respaldar el correcto funcionamiento de la planta o ver el video de prueba (Ver anexo video).

Las pruebas que se pudieron realizar durante el funcionamiento del sistema son de visualización del encendido y apagado de las bombas, y apertura y cierre de las válvulas. Las pruebas realizadas se visualizan en las siguientes figuras:

Las figuras 53 y 54 presentan dos pantallas cada una, donde:

- Muestra la pantalla cuando el sistema esta apagado.
- Muestra la pantalla cuando el sistema esta encendido.



a).



b).

Figura53– Pantalla de selección de trenes de trabajo



a) b).  
 Figura 54- Pantalla de mando de bombas

Las figura 55y 56 muestran la pantalla de visualización del los filtros catiónicos del tren A (T-1) y tren B (T-2). La prueba realizada consiste en el encendido de la bomba P1 y en la apertura de las válvulas FV.07A – FV.08A desde la Estación de Control 900 para la producción de agua desmineralizada.

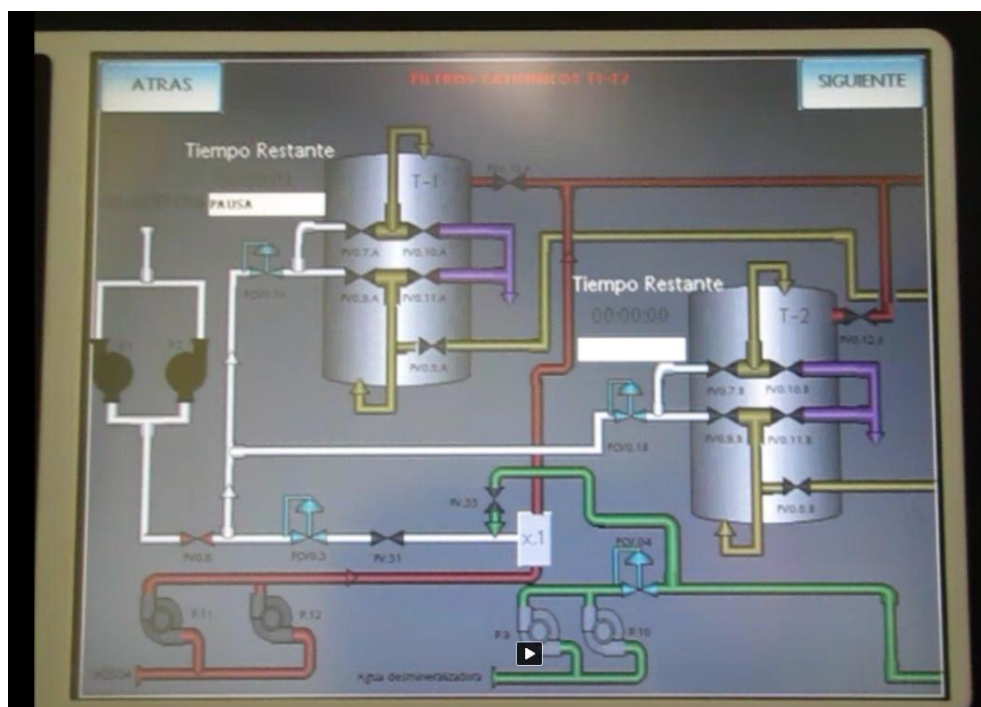


Figura 55- Filtro Catiónico cuando el sistema esta apagado.

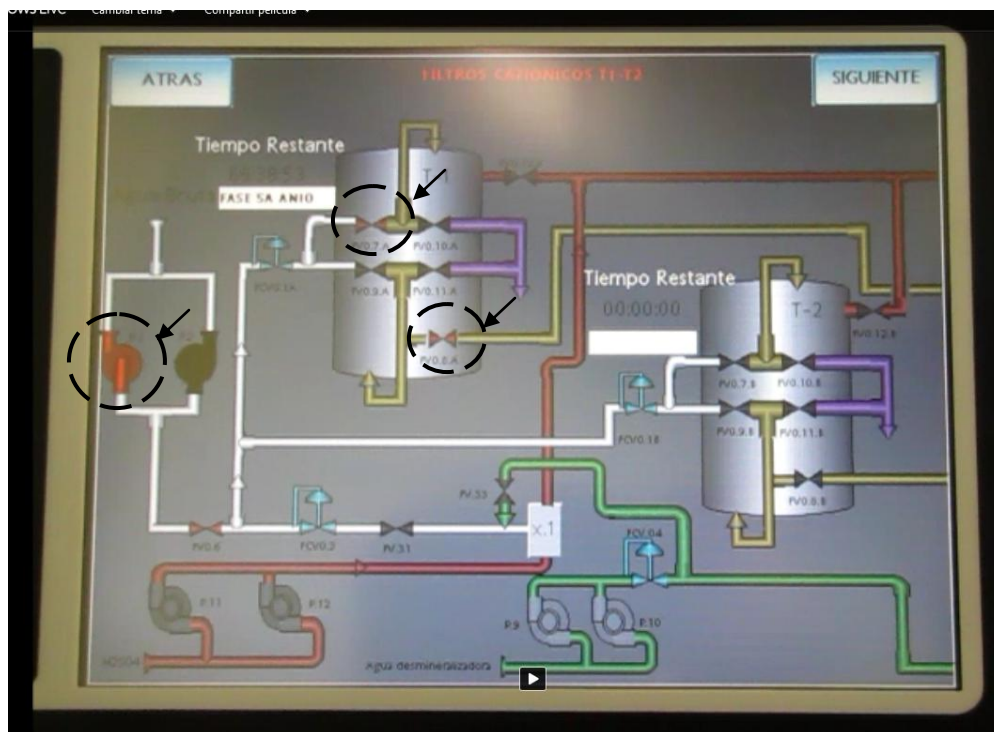


Figura 56- Filtrros Catiónicos cuando el sistema esta encendido.

Las figura 57y 58 muestran la pantalla de visualización del los filtros aniónicos del tren A (T-3) y tren B (T-4). La prueba realizadaconsiste en el encendido de la bomba P4 y en la apertura de las válvulas FV.14A – FV.15A desde la Estación de Control 900para la producción de agua desmineralizada.

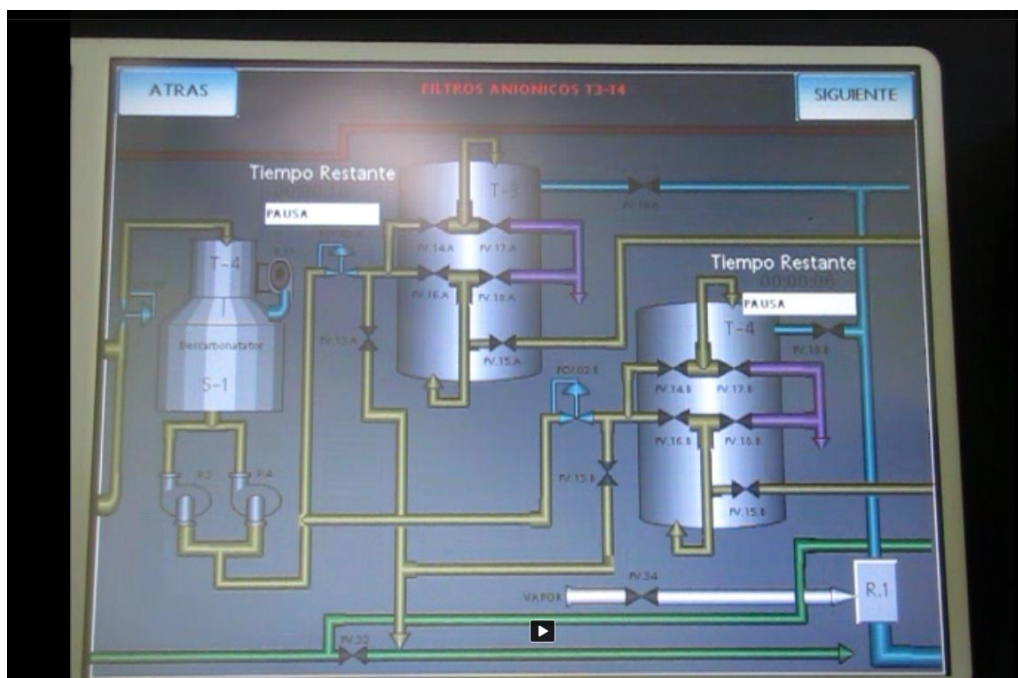


Figura 57- Filtros Aniónicos cuando el sistema esta apagado

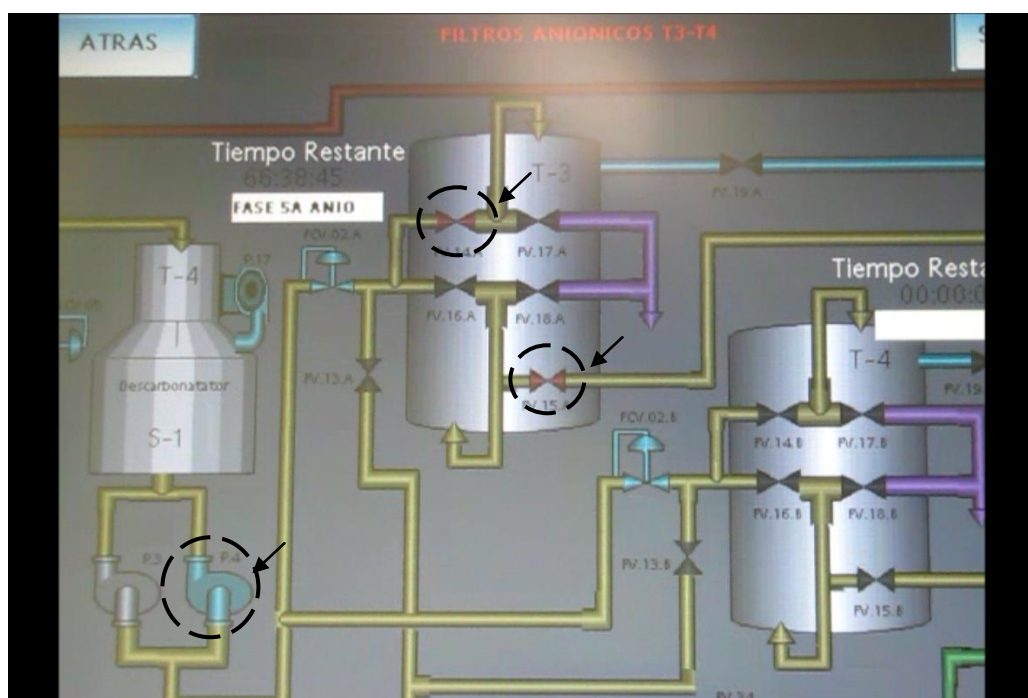


Figura 58- Filtros Aniónicos cuando el sistema esta encendido

Las figura 59y 60 muestran la pantalla de visualización del los filtros mixtos del tren A (T-5) y tren B (T-6). La prueba realizada consiste en la apertura de las válvulas FV.21A – FV.22A desde la Estación de Control 900 para la producción de agua desmineralizada.

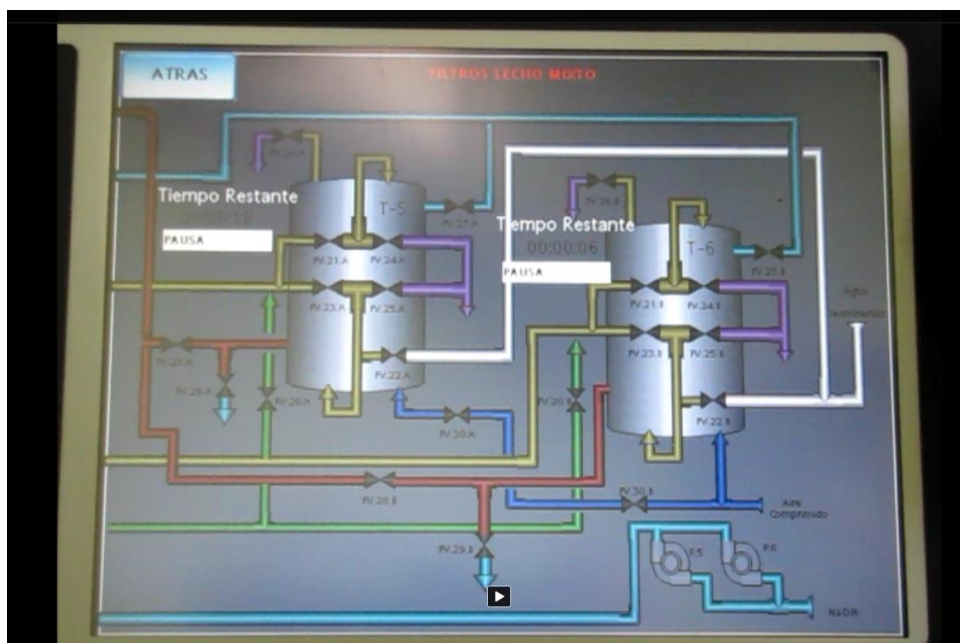


Figura 59- Filtros Mixtos cuando el sistema esta apagado

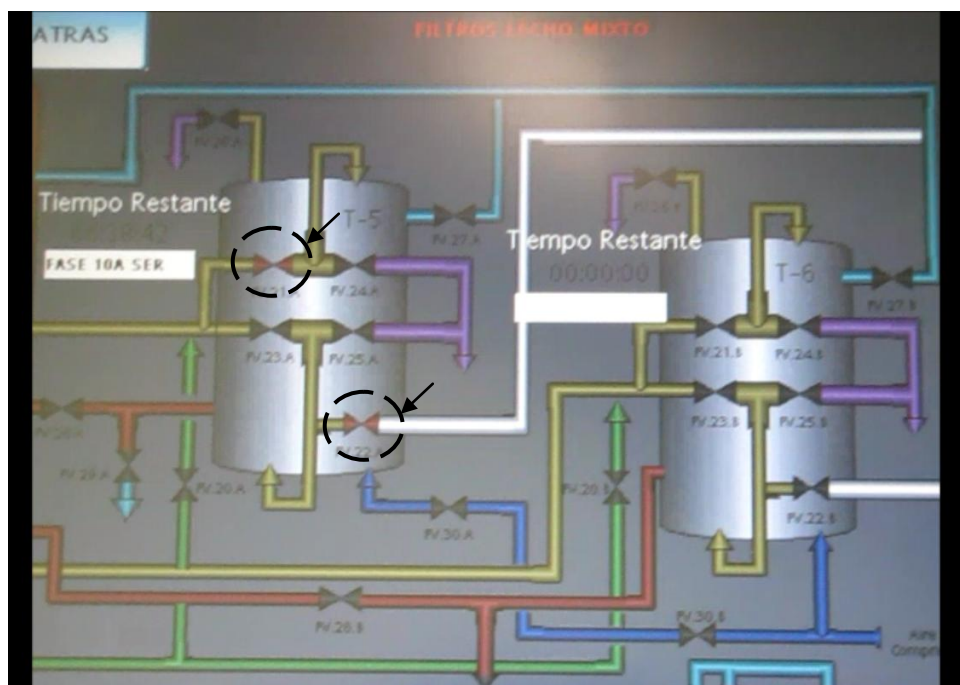


Figura 60- Filtros Mixtos cuando el sistema esta encendido.

En las figuras 61, 62, 63 y 64 se comprobó el correcto funcionamiento de la planta durante las pruebas realizadas en la producción de agua desmineralizada utilizando el monitoreo en tiempo real del software Hybrid Control Designer.

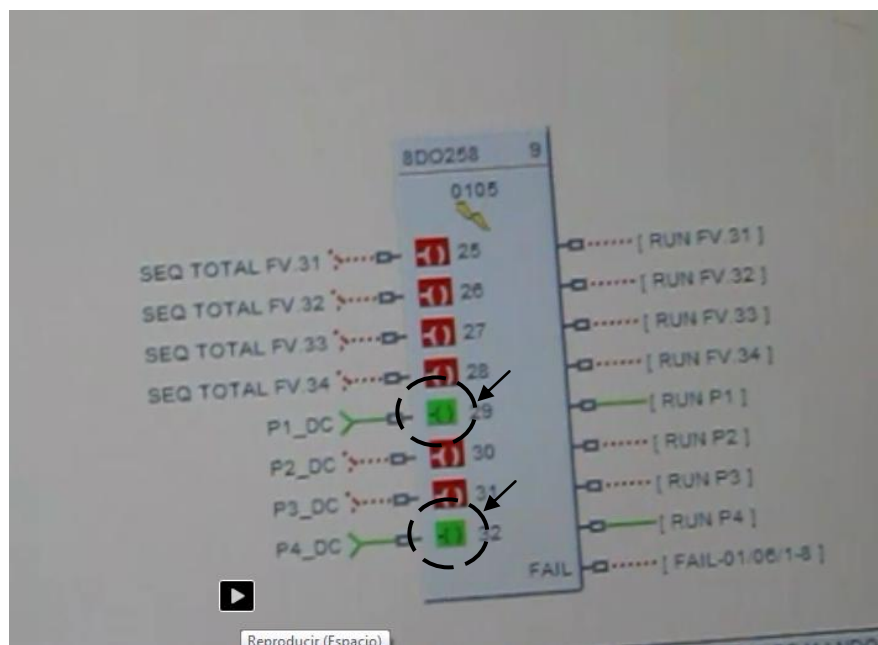


Figura 61- Verificación del encendido de Bombas P1 y P4

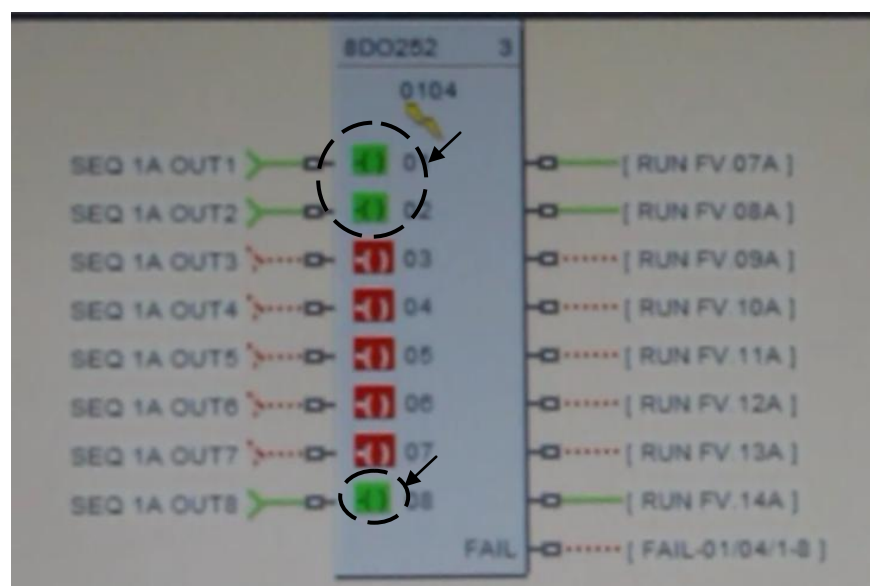


Figura 62- Verificación del encendido de las válvulas FV.07A- FV.08A y FV.14A

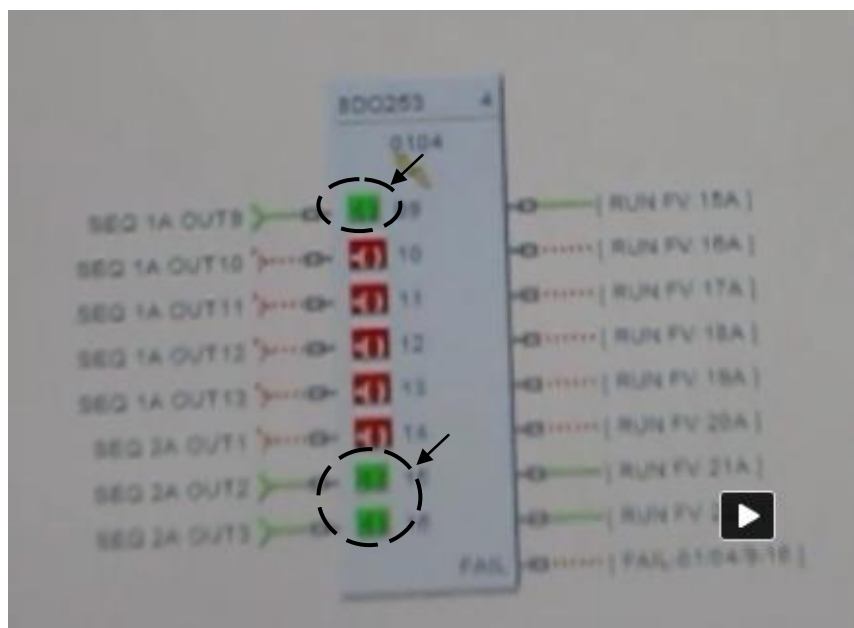


Figura 63- Verificación del encendido de las válvulas FV.15A- FV.21A y FV.22A

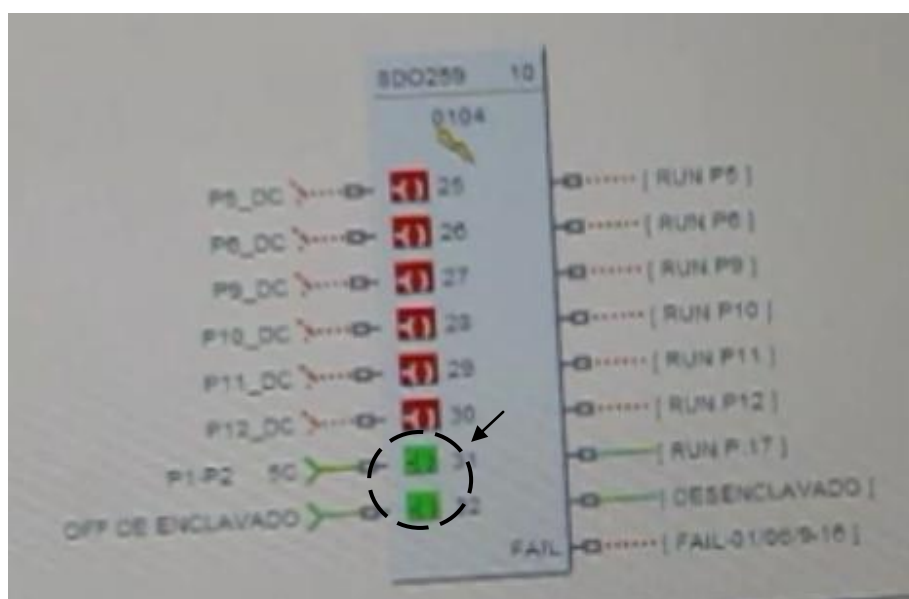


Figura 64- Verificación del encendido del ventilador P17 y de la señal de desenclavamiento.

**Nota:** El monitoreo mediante el software Hybrid Control solo se lo puede realizar cuando el controlador se encuentran en **Modo Run**, por lo tanto, las pruebas realizadas son validas. (Ver manual del controlador anexo).



Debido al estudio y diseño realizado la visualización del Sistema Automatizado también se lo puede apreciar desde el panel óptico original (Ver figura 65 y 66). En donde podemos observar el encendido de los elementos programados desde la Estación de Control 900 durante la producción de agua desmineralizada.

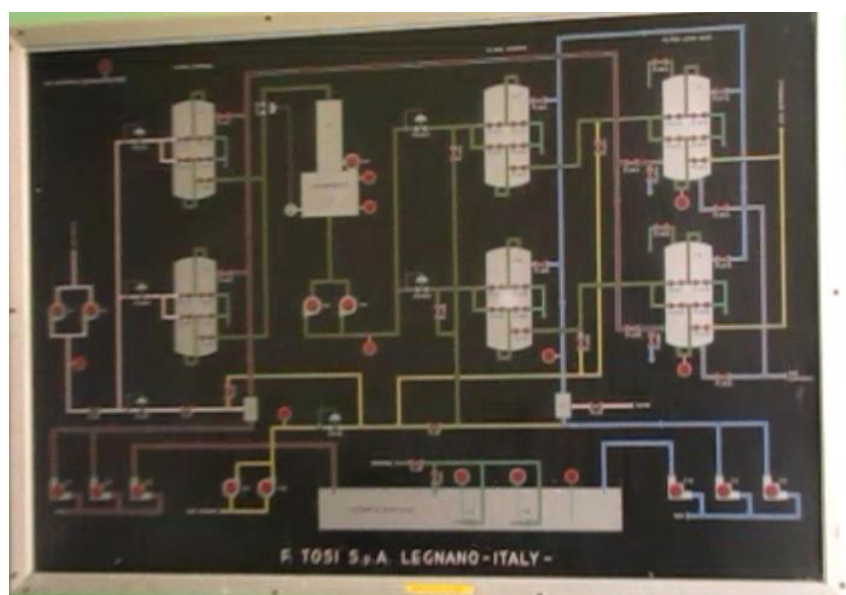


Figura 65- Panel Óptico cuando el sistema esta apagado

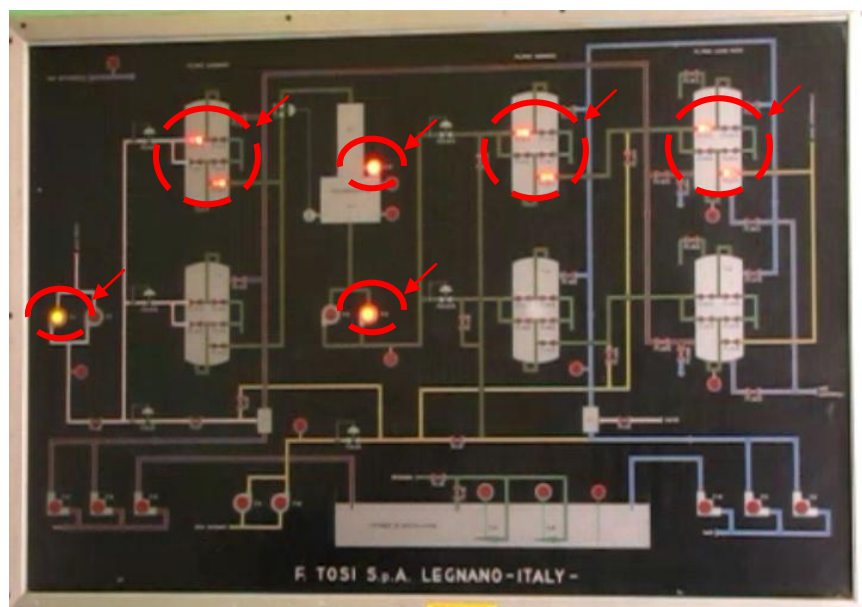


Figura 66- Panel Óptico cuando el sistema esta encendido

## **CAPITULO V**

### **ANÁLISIS FINANCIERO**

#### **5.1 Introducción**

En el presente capítulo se efectúa un análisis económico, de la implementación del proyecto con la finalidad de obtener datos reales que ayuden a determinar la factibilidad del Sistema.

#### **5.2 Análisis del FODA**

El análisis FODA tiene múltiples aplicaciones y puede ser usado en diferentes unidades de análisis, tales como producto, mercado, producto-mercado, línea de productos, empresa, estratégica de negocios, etc. El análisis FODA debe enfocarse solamente hacia los factores claves para el éxito del negocio. Debe resaltar las fortalezas y las debilidades diferenciales internas al compararlo de manera objetiva y realista con la competencia y con las oportunidades y amenazas claves del entorno, que a continuación se dividen en la siguiente tabla 5.1, para el caso del sistema.

<p>➤ Fortalezas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El sistema cumple con las necesidades de la Empresa Termoesmeraldas.</li> <li>✓ El sistema permite monitorear, supervisar y controlar la Planta Remotamente.</li> <li>✓ Reduce el tiempo de respuesta en casos de emergencias.</li> <li>✓ El sistema es compatible con el Sistema Delta V.</li> <li>✓ Se reducen las pérdidas de la materia prima (agua, ácido, resina etc.)</li> </ul>	<p>➤ Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Permitirá modernizar la Planta Industrial con futuras tecnologías.</li> <li>✓ Permitirá el crecimiento profesional de los operadores mediante capacitaciones permanentes.</li> </ul>
<p>➤ Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Depende de señales del sistema original.</li> <li>✓ Requiere de otro Controlador para el respaldo de información (Recomendación).</li> </ul>	<p>➤ Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alza de los impuestos en los dispositivos electrónicos.</li> <li>✓ Cambio de tecnología no compatible con la utilizada.</li> </ul>

**Tabla 1.- FODA**

### 5.3. Costos de Producción

Los costos de producción de este proyecto incluyen la materia prima, mano de obra directa, depreciación y activos fijos, los cuales se detallan en la tabla 6.

#### 5.3.1. Costos Variables (CV)

Son los costos de materia prima y mano de obra, los mismos que se detallan en la tabla 2 y tabla 3 respectivamente.

#### 5.3.2. Calculo de la Materia Prima.

<b>COSTOS DE MATERIA PRIMA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Pantalla HMI	1	3500.00	3500.00
Licencia de software Hybrid Control Design	2	1850.00	3700.00
PLC HC900 Honeywell	1	5350.00	5350.00
Módulos de entrada para el PLC	3	535.00	1605.00
Módulos de salidas para el PLC	3	610.00	1830.00
Relés Telemecanique	75	22.00	1650.00
Rieles	5	3.50	17.50
Breakers Honeywell	4	26.00	104.00

Canaletas	6	15.00	90.00
Borneras	120	0.68	81.60
Tornillos	60	0.03	1.80
Cable flexible industrial rojo (rollos)	4	35.80	143.20
Cable flexible industrial azul (rollos)	4	35.80	143.20
Cable flexible industrial negro (rollos)	2	35.80	71.60
Papel de maquillado	3	22.10	66.30
Terminal punta	200	0.03	6.00
Terminal Plano	100	0.03	3.00
Amarras plásticas	100	0.05	5.00
Cable UTP categoría 5	100	0.50	50.00
Conector RS 232	1	10.20	10.20
<b>TOTAL</b>			<b>18428.40</b>

**Tabla 2.- Costo de la Materia Prima**

### 5.3.3. Cálculo de Mano de Obra Directa (MOD)

<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Diseño electrónico y eléctrico del sistema modernizado.	1	1000.00	1000.00
Implementación del sistema.	1	600.00	600.00
Capacitación a operadores	1	200.00	200.00
Trabajos en la base de acero para pantalla HMI	1	25.00	25.00
<b>TOTAL:</b>			<b>1825.00</b>

**Tabla 3.- Mano de Obra Directa**

### 5.3.4. Costos Fijos

Los costos fijos de este proyecto son las depreciaciones de cada uno de los activos fijos detallados en la tabla 4.

<b>ACTIVOS FIJOS</b>			
<b>MUEBLES Y ENSERES</b>			
<b>Activo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Mesa	1	70.00	70.00
Silla	1	50.00	50.00
<b>Maquinaria y Equipos</b>			
<b>Activo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Multímetro	1	1200.00	1200.00
Cautín	1	60.00	60.00
Destornillador	2	8.00	16.00
Pinzas	2	8.00	16.00
Cortadora	1	7.00	7.00
Taladro	1	230.00	230.00
Pistola de silicona	1	25.00	25.00
Maquilladora	1	75.00	75.00
<b>Sistemas Computacionales y Similares</b>			
<b>Activo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Laptop HP	1.00	800.00	800.00
Mouse óptico	1.00	8.00	8.00
<b>TOTAL</b>			<b>2557.00</b>

**Tabla 4.- Activos Fijos**

<b>Depreciación Anual <sup>54</sup></b>		
<b>Activo</b>	<b>Precio inicial</b>	<b>Valor de depreciación</b>
Mesa	70.00	7.00
Silla	50.00	5.00
<b>Maquinaria y Equipos</b>	<b>Tiempo de vida útil: 10 años</b>	
<b>Activo</b>	<b>Precio inicial</b>	<b>Valor de depreciación</b>
Multímetro	1200.00	120.00
Cautín	60.00	6.00
Destornillador	16.00	1.60
Pinzas	16.00	1.60
Cortadora	7.00	0.70
Taladro	230.00	23.00
Pistola de silicona	25.00	2.50
Maquilladora	75.00	7.50
<b>Sistemas Computacionales</b>	<b>Tiempo de vida útil: 6 años</b>	
<b>Activo</b>	<b>Precio inicial</b>	<b>Valor de depreciación</b>
Laptop HP	800.00	133.33
Mouse óptico	8.00	1.33
<b>TOTAL:</b>		<b>309.57</b>

**Tabla 5.- Depreciación Anual**

<sup>54</sup><http://www.gerencie.com/depreciacion.html>



<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Costo Variable (CV)</b>	<b>Costo Fijo (CF)</b>	<b>Costo Total (CT)</b>
Materia prima directa (MPD)	\$18,428.40		\$18,428.40
Mano de obra directa (MOD)	\$1,825.00		\$1,825.00
Depreciación		\$309.57	\$309.57
Activos Fijos		\$2,557.00	\$2,557.00
<b>TOTAL (\$)</b>	<b>\$20,253.40</b>	<b>\$2,866.57</b>	<b>\$23,119.97</b>

**Tabla 6.- Costo de Producción**

<b>BENEFICIOS</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor Mensual</b>	<b>Valor Anual</b>
Ahorro en Materia Prima (Agua)	350.00	4200.00
Ahorro en Materia Prima (Resina)	200.00	2400.00
Ahorro en Materia Prima (Ácido)	150.00	1800.00
Incremento en de Producción de Agua Desmineralizada para la Generación de EnergíaEléctrica	1000.00	12000.00
Ahorro de Sueldo de 2 Operadores	1200.00	14400.00
<b>TOTAL</b>	<b>2900.00</b>	<b>34800.00</b>

**Tabla 7.- Costo Beneficio**

**Nota:** Los valores de la tabla costo beneficio, fueron proporcionados por el departamento químico de la planta.

Para encontrar el tiempo estimado para recuperar la inversión del sistema modernizado, se dividió el valor de costo de producción para el valor del costo beneficio estimado.

NOTA:

Tomamos como referencia el valor 1 que equivale a los 12 meses del año, por lo tanto cada mes equivale a 0.083.

$$K = \frac{1}{12} = 0.083$$

$$\text{ValordeCB} = \frac{\text{CostodeProducción}}{\text{CostoBeneficio}}$$

$$\text{ValordeCB} = \frac{23119.97}{34800} = 0.66$$

El valor de la constante K, debe multiplicarse por el número de meses hasta igualar el valor encontrado del tiempo estimado

MESES DEL AÑO	TIEMPO
1	0.083
2	0.166
3	0.249
4	0.332
5	0.415
6	0.498
7	0.581
8	0.664
9	0.747
10	0.83
11	0.913
12	0.996

**Tabla 8. Cálculo por mes de recuperación de la inversión**

Mediante este cálculo podemos concluir que el tiempo estimado de recuperación de la inversión hecha en el Sistema Modernizado de la Planta Termoemeraldas, será aproximadamente en 8 meses.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 6.1 CONCLUSIONES OBTENIDAS.

##### **Sobre el estudio:**

- Mediante el estudio de los diagramas eléctricos se encontraron los puntos factibles en donde se conectarán los relés de control del sistema automatizado de la Planta Desmineralizadora de Agua de la Empresa Termoesmeraldas. (Ver planos eléctricos originales en los anexos).
- Mediante el estudio del proceso de tratamiento de agua en la empresa Termoesmeraldas, se logró identificar las fases de operación del sistema permitiendo entender el funcionamiento de la planta para desarrollar con éxito el proyecto.

##### **Sobre el diseño:**

- El software Estación de Control 900 proporciona al programador, pantallas predefinidas, las cuales permiten controlar y supervisar de manera fácil el funcionamiento de la planta.
- Con el diseño de las pantallas de la Estación de Control 900 se logró facilitar el entorno de trabajo del operador, identificando de manera fácil la fase de trabajo en cual se encuentra.

**Sobre la implementación:**

- Con la utilización de la pantalla HMI Touchimplementada se logró un mejor control y supervisión de los procesos de la Planta Desmineralizadora de Agua.
- Con la implementación del sistema la empresa Termoesmeraldas se ahorrará en materia prima un 6% e incrementará su eficiencia 9%aproximadamente en la producción de agua desmineralizada para la dotación de energía eléctrica para el país.
- Durante el período de prueba se presentaron inconvenientes eléctricos, electrónicos y de comunicación, los mismos que fueron solucionados para lograr el correcto funcionamiento del Sistema.

Podemos concluir que el controlador lógico programable PLC HC900 cumplió las expectativas de automatización, monitoreo y control de la Planta Desmineralizadora de Agua de Termoesmeraldas.

**6.2 RECOMENDACIONES.**

- Para la adecuada operación y control del sistema es recomendable capacitar continuamente al personal.
- Se recomienda trabajar con una sola marca de PLC para futuras adecuaciones del sistema y optimizar los recursos técnicos de la planta.

- Se recomienda a los operadores y personal técnico que en caso de fallas del sistema, llamar al personal capacitado en la programación del sistema.
- Se recomienda que la carga del sistema principal sea tomada desde la barra segura de la planta, para asegurar que la alimentación no sufra ningún tipo de caída de voltaje.
- Durante el ensamblaje de los módulos del PLC al bastidor se recomienda utilizar guantes o pulseras antiestáticas, para evitar que los módulos sufran algún tipo de daño.
- Es recomendable manipular de forma correcta y responsable la pantalla táctil, con el fin de alargar la vida útil del sistema.
- Se recomienda la revisión de forma periódica de los instrumentos y partes mecánicas de la planta.
- Se recomienda integrar un PLC de respaldo de información de las mismas características, en caso de que el PLC principal sufra algún daño debido a sobre cargas de corriente.
- Se recomienda que cualquier tipo de modificaciones o nuevas implementaciones tenga su correspondiente respaldo en planos y memorias técnicas.

## Bibliografía

- Caroli, E. J. (n.f.). *Monografías*. Recuperado el 5 de Enero de 2012, de <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>
- Creus Sole, A. (2006). *Instrumentacion Industrial*. México: Alfa y Omega.
- Honeywell. (Enero de 2008). Recuperado el 10 de Enero de 2012, de <https://www.honeywellprocess.com/library/support/Public/Documents/51-52-25-107-SP.pdf>
- Honeywell. (Septiembre de 2009). Recuperado el 9 de Enero de 2012, de [http://www.ais-pl.com/hw\\_spects/hc900.pdf](http://www.ais-pl.com/hw_spects/hc900.pdf)
- Peña, J. D. (n.f.). *Electronica y Automatas*. Recuperado el 18 de Enero de 2012, de [http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo\\_potencia/reles.htm](http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm)
- Potermic. (2007). Recuperado el 20 de Enero de 2012, de [http://www.sfcalefaccion.com/pdfcatalogos/DIVISION\\_5%20electrovalvulas%20ceme.pdf](http://www.sfcalefaccion.com/pdfcatalogos/DIVISION_5%20electrovalvulas%20ceme.pdf)
- Tirado, S. (Agosto de 2009). *Monografías*. Recuperado el 13 de Enero de 2012, de <http://www.monografias.com/trabajos74/motores-corriente-directa/motores-corriente-directa2.shtml>
- Válvulas Industriales . (n.f.). Recuperado el 5 de Enero de 2012, de <http://www.valvulasindustriales.com/product.php?categoryID=71>
- Wikipedia. (n.f.). Recuperado el 10 de Enero de 2012, de <http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula>
- Wikipedia. (n.f.). Recuperado el 7 de Enero de 2012, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Actuador>

# ANEXOS