

**REPOTENCIACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE  
EXTRACCIÓN DE LÍQUIDO-LÍQUIDO DEL CENTRO INDUSTRIAL Y DEL  
DESARROLLO TECNOLÓGICO SENA DE BARRANCABERMEJA**

**MOISÉS LÓPEZ QUINTANA**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
SECCIONAL BUCARAMANGA**

**2012**

**REPOTENCIACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE  
EXTRACCIÓN DE LÍQUIDO-LÍQUIDO DEL CENTRO INDUSTRIAL Y DEL  
DESARROLLO TECNOLÓGICO SENA DE BARRANCABERMEJA**

**MOISÉS LÓPEZ QUINTANA**

**Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Electrónico**

**Esp. MANUEL ANDRÉS REYES BAUTISTA  
DIRECTOR DEL PROYECTO**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
SECCIONAL BUCARAMANGA**

**2012**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bucaramanga, mayo de 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero Manuel Andrés Reyes Bautista por el apoyo, la coordinación, el esfuerzo y la perseverancia en la realización de este proyecto.

Al Centro Industrial y Del Desarrollo Tecnológico por brindarme la oportunidad de desarrollar mí proyecto de grado en sus instalaciones.

Al tecnólogo Víctor Mauricio Velásquez Oliveros por su apoyo en el mantenimiento de las plantas y su valioso aporte en la instrumentación.

Al ingeniero Fabio Alonso Guzmán Serna por su apoyo y su preocupación por la realización de este proyecto.

## DEDICATORIA

A Dios nuestro señor que por su infinita misericordia nos perdona todos los pecados y derrama toda su gracia sobre nosotros.

A mis padres Moisés y Olga por brindarme su apoyo incondicional y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr todas las metas propuestas.

A mis hermanos Alejandro, Sandra y Margareth porque siempre sentí el apoyo aun en los momentos más difíciles.

Al ingeniero Manuel Andrés Reyes Bautista, que me dio la oportunidad de desarrollar el proyecto y fue un aporte fundamental en el desarrollo del mismo.

A mi novia Wendy Andrea que es mi bastón y siempre está presente para darme su amor, dulzura y apoyo

A mi hija Natalia que es el regalo más hermoso que Dios ha puesto en mi camino, te amo mi vida.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>Introducción .....</b>	<b>18</b>
<b>1. Objetivos .....</b>	<b>19</b>
1.1. Objetivo general.....	19
1.2. Objetivos específicos.....	19
<b>2. Generalidades de la planta .....</b>	<b>20</b>
2.1. El proceso de extracción.....	20
2.1.1. Métodos de Extracción Líquido-Líquido .....	21
2.1.2. Equipos Utilizados para la Extracción Líquido-Líquido.....	24
2.1.3. Factores para una Buena Extracción Líquida .....	26
2.1.4. Fundamentos Teóricos del Proceso de Extracción .....	27
2.1.4.1. Extracción de una Etapa .....	29
2.1.4.2. Extracción en Etapas Múltiples a Contracorriente .....	31
2.1.5. Planta de Extracción Líquido-Líquido.....	34
2.2. Dispositivos de Mando Básicos .....	36
2.2.1. Elementos de Mando Manuales.....	36
2.2.2. Detectores Automáticos y Sensores .....	36
2.2.3. Dispositivos de Regulación y los Actuadores.....	37
2.3. Componentes de la planta .....	38
2.3.1. Estados de los Componentes .....	39

2.4.	Características de los equipos de la planta .....	39
2.4.1.	Agitador AG301.....	40
2.4.2.	Separador SE 302 y SE 303 .....	40
2.4.3.	Tanque de Solvente, Extracto, Refinado, Alimentación TA 304, TA 305, TA 306, TA 307.....	41
2.4.4.	Extractor E 308.....	42
2.4.5.	Bombas de Alimentación y de Solvente M 309 y M 310 .....	43
2.5.	Instrumentación de la planta.....	44
2.5.1.	Tanque de Solvente TA 304.....	44
2.5.2.	Tanque de Extracto TA 305 .....	44
2.5.3.	Tanque de Refinado TA 306 .....	44
2.5.4.	Tanque de Alimentación TA 307 .....	44
2.5.5.	Línea de Retorno al Separador SE 302 .....	44
2.5.6.	Línea de Retorno al Separador SE303 .....	44
2.5.7.	Extractor E 308.....	44
2.6.	actuadores.....	47
2.6.1.	Válvula Reguladora.....	47
2.6.2.	Bomba Dosificadora.....	48
2.6.3.	Controlador de RPM y Torque .....	49
<b>3.</b>	<b>Circuito eléctrico y sistema de control de la planta .....</b>	<b>50</b>
3.1	Sistema eléctrico .....	50
3.1.1	Acometida Eléctrica.....	50
3.1.2	Tablero de Control.....	51

3.1.3	Sistema de Control.....	52
3.1.4	Sistema de Instrumentación.....	52
3.2	Instrumentación de la planta.....	53
3.2.1.	Transmisor de Presión Diferencial .....	53
3.2.2.	Trasmisor de Nivel .....	58
3.2.2.1.	Conexión Eléctrica .....	59
3.2.2.2.	Ajuste a Cero .....	59
3.2.3.	Trasmisor de Flujo.....	61
3.2.4.	Trasmisor de Temperatura .....	62
3.2.5.	Válvula Reguladora.....	64
3.2.6.	Bomba Dosificadora.....	65
3.2.7.	Controlador de RPM y Torque .....	68
<b>4.</b>	<b>Automatización de la planta de extracción líquido-líquido.....</b>	<b>73</b>
4.1.	descripción del proceso a automatizar.....	73
4.2.	Sistema de control automático .....	74
4.3.	Etapas del proceso de extracción.....	74
4.3.1.	Etapa 1. Cargue Solvente y Alimento.....	74
4.3.2.	Etapa 2. Llenado de Columna.....	75
4.3.3.	Etapa 3. Extracción .....	75
4.3.4.	Etapa 4. Drenaje de la Planta .....	76
4.4.	controlador lógico programable .....	76
4.4.1.	La Estructura Interna.....	77



4.4.2.	La Memoria de los Autómatas.....	79
4.4.3.	Las Entradas y Salidas.....	80
4.4.3.1.	Entradas Digitales.....	80
4.4.3.2.	Entradas Analógicas.....	82
4.4.3.3.	Salidas Digitales.....	82
4.4.3.4.	Salidas Analógicas.....	83
4.5.	Pantalla grafica.....	85
<b>5.</b>	<b>Software de programación Fpwin pro 6.....</b>	<b>86</b>
5.1.	Entradas Digitales.....	89
5.2.	Salidas Digitales.....	89
5.3.	Entradas Analógicas.....	90
5.4.	Salidas Analógicas.....	90
5.5.	Estrategia de control.....	91
5.6.	Librerías del FPWIN pro 6.....	92
<b>6.</b>	<b>Creación de la interfaz Hombre-Máquina (HMI).....</b>	<b>95</b>
6.1.	Software de programación GTWIN.....	95
6.1.1.	Pantalla de Inicio.....	96
6.1.2.	Ventana de Menú.....	98
6.1.3.	Ventana de Tendencias.....	99
6.1.4.	Ventana de Actuadores.....	100
6.1.5.	Ventana de Set Point.....	100
6.1.6.	Ventana de Nivel de la Columna.....	102

6.1.7. Ventana de Flujo de Solvente y Alimento.....	102
Conclusiones.....	105
Recomendaciones.....	106
Bibliografía.....	108
Anexo A.....	111
Anexo B.....	115
Anexo C .....	118
Anexo D .....	122

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Clasificación para Equipos de Mezclado y Sedimentación. [8] .....	27
Tabla 2. Clasificación para Equipos de Contacto Continuo. [8] .....	27
Tabla 3. Equipos de la Planta de Extracción Líquido-Líquido. [8].....	38
Tabla 4. Instrumentación de la Planta de Extracción Líquido-Líquido. [8] .....	45
Tabla 5. Especificaciones del tablero de control. [8] .....	52
Tabla 6. Característica de la Válvula Reguladora. [18] .....	65
Tabla 7. Características Nominales de la Bomba Milton Roy. [19] .....	68
Tabla 8. Entradas Digitales. [14].....	89
Tabla 9. Salidas Digitales. [14].....	89
Tabla 10. Entradas Analógicas. [14] .....	90
Tabla 11. Salidas Analógicas. [14].....	90

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Extracción Líquido-Líquido ideal. [4].....	20
Figura 2. Método por Contacto Sencillo. [5].....	21
Figura 3. Método por Contacto Múltiple. [5].....	22
Figura 4. Método por Contacto Múltiple en Contracorriente. [5] .....	22
Figura 5. Método por Contacto Diferencial en Contracorriente. [5] .....	23
Figura 6. Método con Extracción por Reflujo. [5] .....	23
Figura 7. Extractor Anular Rotatorio. [6].....	25
Figura 8. Extractor de Disco Rotatorio. [7] .....	26
Figura 9. Extracción en una Etapa. [10].....	30
Figura 10. Grafica de la Extracción en una Etapa. [10].....	30
Figura 11. Extracción en varias Etapas. [10] .....	31
Figura 12. Gráfico de Extracción en varias Etapas. [10] .....	32
Figura 13. Gráfico de Extracción en Varias Etapas. Cálculo por Tanteo 1. [11] ...	33
Figura 14. Gráfico de Extracción en Varias Etapas. Cálculo por Tanteo 2. [11] ....	34
Figura 15. Diagrama de Flujo del Proceso de Extracción. [8] .....	35
Figura 16. Agitador de la Columna de Extracción. [14].....	40
Figura 17. Separador Tipo Embudo. [14].....	41
Figura 18. Tanque de Almacenamiento. [14] .....	42
Figura 19. Bombas Dosificadoras Marca Milton Roy. [14] .....	43
Figura 20. Válvula Reguladora. [14].....	47

Figura 21. Bomba Dosificadora de Alimento. [14].....	48
Figura 22. Controlador RPM y Torque. [14].....	49
Figura 23. Ubicación de los Componentes Eléctricos en el Tablero de Control. [8] .....	50
Figura 24. Gabinete de Control [14].....	51
Figura 25. Transmisor de Presión Diferencial Marca ABB. [14].....	53
Figura 26. Transmisor de Presión Diferencial. [15].....	54
Figura 27. Principio de Operación del Transmisor de Presión. [15].....	55
Figura 28. Diagrama de bloques del Transmisor. [15].....	55
Figura 29. Diagramas de Conexión Eléctrica. [15].....	56
Figura 30. Diagrama de Calibración del Transmisor. [15].....	57
Figura 31. Desensamble del Transmisor. [15].....	58
Figura 32. Transmisor de Nivel Serie 25. [16].....	58
Figura 33. Conexión General del Transmisor de Presión. [16].....	59
Figura 34. Potenciómetro del Transmisor. [16].....	60
Figura 35. Transmisor de Flujo. [17].....	61
Figura 36. Diagrama de Conexión del Transmisor de 2 hilos. [17].....	61
Figura 37. Trasmisor de Temperatura. [8].....	63
Figura 38. Válvula Reguladora de Flujo. [18].....	64
Figura 39. Partes de la Bomba Milton Roy M309 y M310. [19].....	66
Figura 40. Mezclador Servodyne. [20].....	69
Figura 41. Consola de Programación. [20].....	70

Figura 42. Parte Posterior de la Consola de Programación. [20].....	72
Figura 43. Estructura Interna de un Autómata. [21] .....	76
Figura 44. Memoria de un autómata. [22] .....	79
Figura 45. Entrada Digital de un Autómata. [23] .....	81
Figura 46. Diagrama de Bloque de un Módulo de Entrada Analógica. [23] .....	82
Figura 47. Salida Digital a Relé Electromagnético. [23] .....	83
Figura 48. Diagrama de Bloques de un Módulo de salidas Analógicas. [23] .....	84
Figura 49. Pantalla Grafica Modelo GT30, NAIS. [25] .....	85
Figura 50. Creación de un Proyecto. [14] .....	87
Figura 51. Elegir tipo de PLC y Lenguaje de Programación. [14] .....	88
Figura 52. Estrategia de control. [14] .....	91
Figura 53. Control de las bombas y del agitador. [14].....	92
Figura 54. Funciones de Entrada y Salidas Análogas. [14] .....	92
Figura 55. Compilar el Proyecto. [14].....	93
Figura 56. Parámetros de Comunicación. [14].....	94
Figura 57. Crear un Archivo en el GTWIN. [14] .....	95
Figura 58. Modelo de la Pantalla y de PLC. [14].....	96
Figura 59. Pantalla de Inicio. [14].....	96
Figura 60. Configuración del Interruptor. [14] .....	97
Figura 61. Configuración del Indicador Luminoso. [14].....	98
Figura 62. Ventana de Menú. [14].....	99
Figura 63. Ventana de Tendencias. [14] .....	99

Figura 64. Ventana de Actuadores. [14] .....	100
Figura 65. Ventana de Set Point. [14].....	101
Figura 66. Configuración de los Registros de Datos. [14].....	101
Figura 67. Nivel de Columna de Extracción. [14].....	102
Figura 68. Flujo de Solvente y Alimento. [14] .....	102
Figura 69. Transferencia de Datos a la Pantalla Táctil. [14] .....	103
Figura 70. Configuración de los Parámetros de Comunicación. [14] .....	104

## **RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:**            **REPOTENCIACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE LÍQUIDO-LÍQUIDO DEL CENTRO INDUSTRIAL Y DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO SENA BARRANCABERMEJA.**

**AUTOR(ES):**       **MOISÉS LÓPEZ QUINTANA**

**FACULTAD(ES):**   **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DIRECTOR(A):**    **MANUEL ANDRÉS REYES BAUTISTA**

Con el avance de la tecnología, los procesos industriales han sufrido grandes cambios en la producción, con los sistemas automatizados se logra aumentar la eficiencia del proceso, incrementando la velocidad, la calidad, la precisión, y disminuyendo los riesgos que se tendrían si la tarea fuera hecha de forma manual.

Cada vez y con mayor frecuencia, estos sistemas se encuentran en cualquier proceso industrial, y en la vida cotidiana también, de allí parte la necesidad de conocer más sobre estos sistemas y la importancia de darles un buen uso.

Con este proyecto se pretende recuperar la planta de extracción líquido-líquido, la cual cuenta con tecnología de punta pero no se está aprovechando. Una vez terminado el proyecto, el Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico contará con una planta piloto de extracción automatizada, con la que se podrá impartir formación técnica a los aprendices del laboratorio de procesos químicos industriales.

La planta está a disposición del instructor y de los aprendices del área de automatización del CIDT, por lo que también se benefician, ya que tienen a la mano un proceso automatizado y pueden emplear sus conocimientos para el mantenimiento de la misma.

Palabras clave: Instrumentación, Pantalla táctil, Controlador Lógico Programable, HMI.



## **GENERAL SUMMARY OF THE THESIS**

**TITLE: RECONDITIONING AND COMMISSIONING OF THE PLANT LIQUID-LIQUID EXTRACTION AND INDUSTRIAL CENTER OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT SENA BARRANCABERMEJA**

**AUTHOR(S): MOISÉS LÓPEZ QUINTANA**

**DEPARTAMENT: ELECTRONIC ENGINEERING**

**DIRECTOR: MANUEL ANDRÉS REYES BAUTISTA**

With the advance of technology, the industrial processes have undergone major changes in production, with automated systems is achieved by increasing process efficiency, increasing the speed quality, accuracy, and reducing the risk would have if the task was done manually

Each time and more often, these systems are in any industrial process and in everyday life too, there part of the need to know more about these systems and the importance of them to good use.

This project seeks to recover the plan of liquid-liquid extraction, which has cutting edge technology but this is not being used properly. Upon completion of the project, the Center of Industrial and Technological Development counted with a pilot plan for automated extraction, with which it may impart technical training to apprentices in the industrial chemical laboratory processes.

The plant is' disposal of the instructor and learners CIDT area of automation, so they also benefit, as they have at hand an automated process and can use their knowledge to maintain it.

Key words: Instrumentation, Touch Screen, Logical Programmable Controller, HMI.

## INTRODUCCIÓN

La automatización se conoce como el proceso donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, está constituida por dos partes principales, la primera conocida como parte de mando que suele ser un autómata programable (PLC) instalado a su vez con un acondicionamiento de señales y la segunda denominada parte operativa (actuadores) es la que actúa directamente sobre la máquina, constituida por motores, cilindros, compresores, finales de carrera, etc. [1]

En la actualidad, es común encontrar todo tipo de plantas e industrias donde sus procesos son automatizados, ya que ofrecen mejor confiabilidad, aumento de la productividad, eficiencia y control de calidad.

La planta piloto de extracción líquido-líquido del Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico (CIDT) SENA, permite la separación de uno o más componentes de una mezcla líquida, poniendo en contacto la mezcla líquida con un solvente, uno de los líquidos presentes en la mezcla migra hacia el solvente, produciéndose la separación. La extracción líquido – líquido utiliza como principio la diferencia de solubilidad de los componentes en lugar de las diferencias en presiones de vapor, en que se fundamenta la extracción sólido – líquido [2].

Con este proyecto se pretende repotencializar y reprogramar la planta de extracción líquido-líquido del Laboratorio de Procesos Químicos Industriales que se encuentra en el Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico SENA Barrancabermeja, debido a que actualmente dicha planta está operando de forma manual más no de forma automatizada, esto contribuye a mejorar la formación de los aprendices tanto del laboratorio de Procesos Químicos Industriales como los aprendices de la tecnología de automatización del CIDT.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Optimizar el sistema de control de la planta de extracción líquido-líquido implementando un sistema automatizado con un Controlador Lógico Programable (PLC), con una interfaz hombre-máquina (HMI), controlando el estado de los instrumentos de medición y los actuadores.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Valorizar el estado del circuito eléctrico, del sistema de control PLC y la instrumentación asociada de la planta de extracción líquido-líquido.

Realizar la calibración de los instrumentos de medición de las diferentes variables de la planta, de acuerdo a las magnitudes de las variables a medir dentro del proceso.

Adecuar el sistema de control con PLC para la automatización de la planta de acuerdo a los parámetros de funcionamiento requeridos por el proceso de extracción líquido-líquido.

Elaborar una Interfaz grafica Hombre Maquina (HMI) que permita el control de las variables del proceso, adquisición y visualización de datos.

## 2. GENERALIDADES DE LA PLANTA

### 2.1. EL PROCESO DE EXTRACCIÓN

La extracción líquida, llamada algunas veces extracción con disolventes, es la separación de los componentes de una solución líquida por contacto con otro líquido insoluble. Si las sustancias que componen la solución original se distribuyen de manera distinta entre las dos fases líquidas, se puede lograr cierto grado de separación, que puede incrementarse mediante el uso de contactos múltiples o su equivalente en la forma de la absorción de gases y la destilación. [3]

En el caso más sencillo participan tres componentes:

- El soluto A
- El disolvente B
- El líquido portador C

El soluto A forma parte de la mezcla de partida junto con el líquido portador C (alimento). Si la mezcla de partida y el disolvente B se mezclan entre sí, el soluto A pasa al disolvente B. Ha de cumplirse la condición de que la solubilidad del componente A en el disolvente B sea mayor que la del líquido portador C. A su vez, el líquido portador C debería ser prácticamente insoluble en el disolvente B.

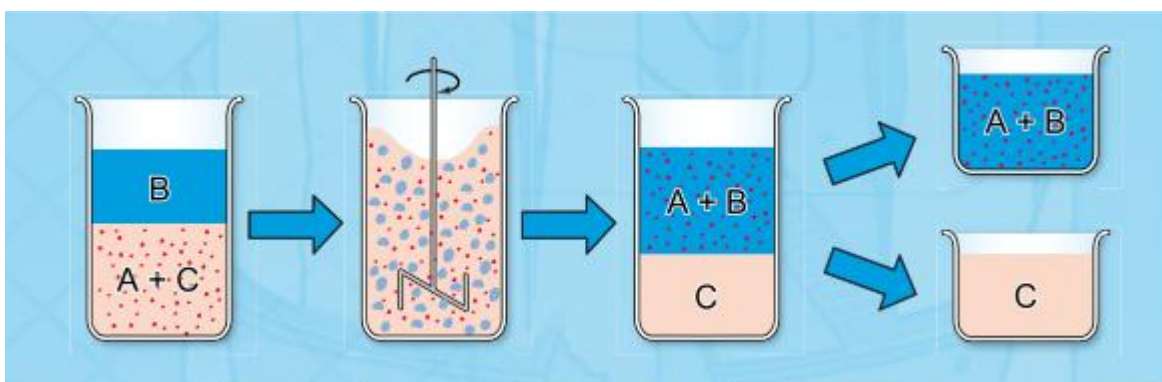


Figura 1. Extracción Líquido-Líquido ideal. [4]

La ilustración representada como ejemplo parte del planteamiento ideal en el que el soluto A es absorbido en su totalidad por el disolvente. En realidad queda siempre una pequeña cantidad del soluto en el líquido portador. Además, se

admite la insolubilidad total del líquido portador en el disolvente. En la práctica, siempre se encontrarán partes de cada una de las sustancias en la otra fase.

El resultado es que en el proceso de separación real se forman dos fases después de la decantación:

- La fase de extracto (principalmente A y B, restos de C)
- La fase refino (principalmente C, restos de A y B)

### 2.1.1. Métodos de Extracción Líquido-Líquido

La extracción puede ser llevada a cabo por algunos de los métodos que se presentan a continuación:

Contacto Sencillo: Está formado por una unidad de extracción. En él, el disolvente y la alimentación se ponen juntos en las cantidades que se estimen convenientes y se separan las dos fases formadas. En la figura 2 se da un esquema de este método para el caso en que la capa del extracto tiene una densidad inferior a la del refinado. [5]

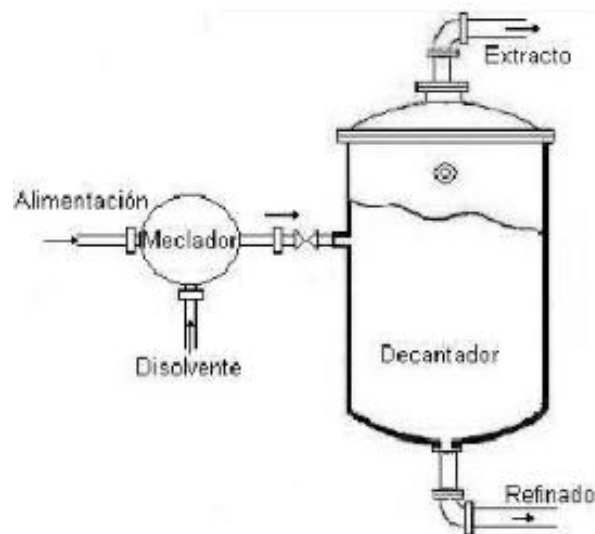
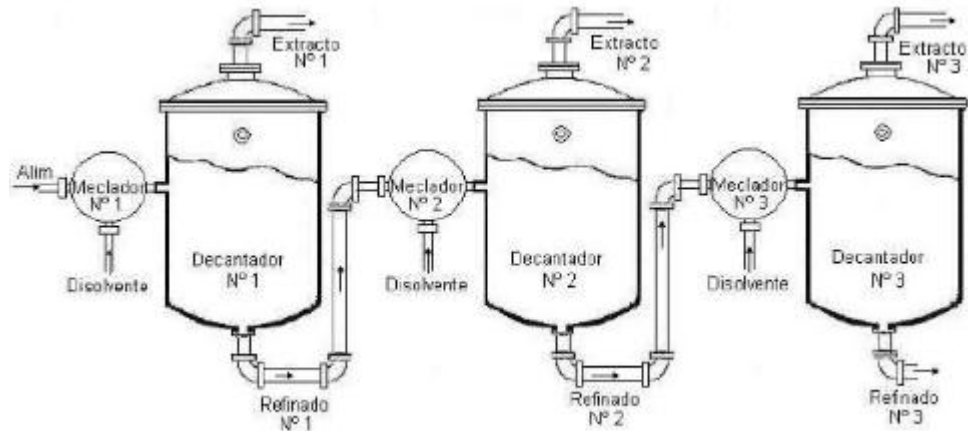


Figura 2. Método por Contacto Sencillo. [5]

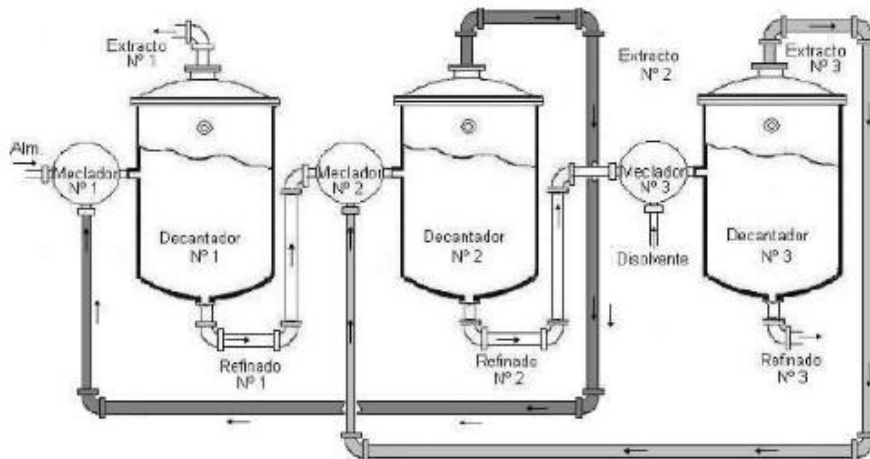
Este sistema es poco usado en la práctica.

Contacto Múltiple: Una mejora del proceso anterior consiste en dividir el disolvente en varias partes y tratar la alimentación sucesivamente con cada una de ellas. En la figura 5 se representa un sistema de tres unidades. La extracción del soluto es más completa que el caso anterior.



**Figura 3.** Método por Contacto Múltiple. [5]

Contacto Múltiple en Contracorriente: El método está basado en poner la alimentación, rica en soluto, en contacto con una solución concentrada de este, y el refinado, en contacto con disoluciones de menor concentración. Para esto, la alimentación y el solvente puro, deben entrar en el sistema por extremos opuestos para que su eficacia sea mayor que la de los métodos anteriores.



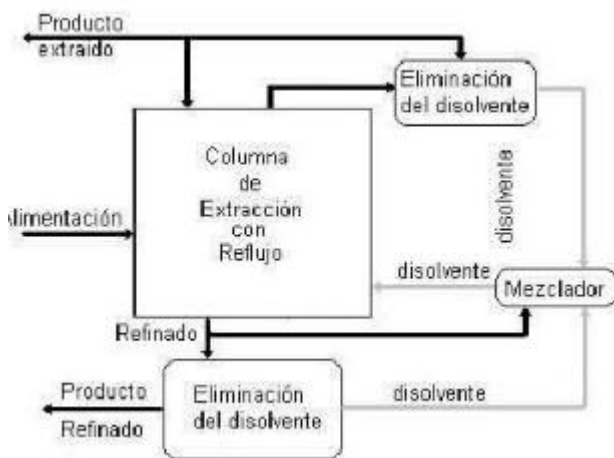
**Figura 4.** Método por Contacto Múltiple en Contracorriente. [5]

Contacto Diferencial en Contracorriente: El método está basado en la diferencia de las dos fases que se forman para conseguir la marcha en contracorriente, la fase menos densa se introduce por la sección inferior de la columna de torre y la más pesada por la parte superior.



**Figura 5.** Método por Contacto Diferencial en Contracorriente. [5]

Extracción con Reflujo: Cuando uno de los componentes de la alimentación es parcialmente miscible con el disolvente, solamente él puede ser obtenido puro, apareciendo en la otra fase una mezcla de los dos componentes. El reflujo, puede ser aplicado a una fase o a las dos simultáneamente y tiene como objeto colocar a la fase que se trate en las condiciones más favorables para una mejor separación del componente a extraer.



**Figura 6.** Método con Extracción por Reflujo. [5]

### **2.1.2. Equipos Utilizados para la Extracción Líquido-Líquido**

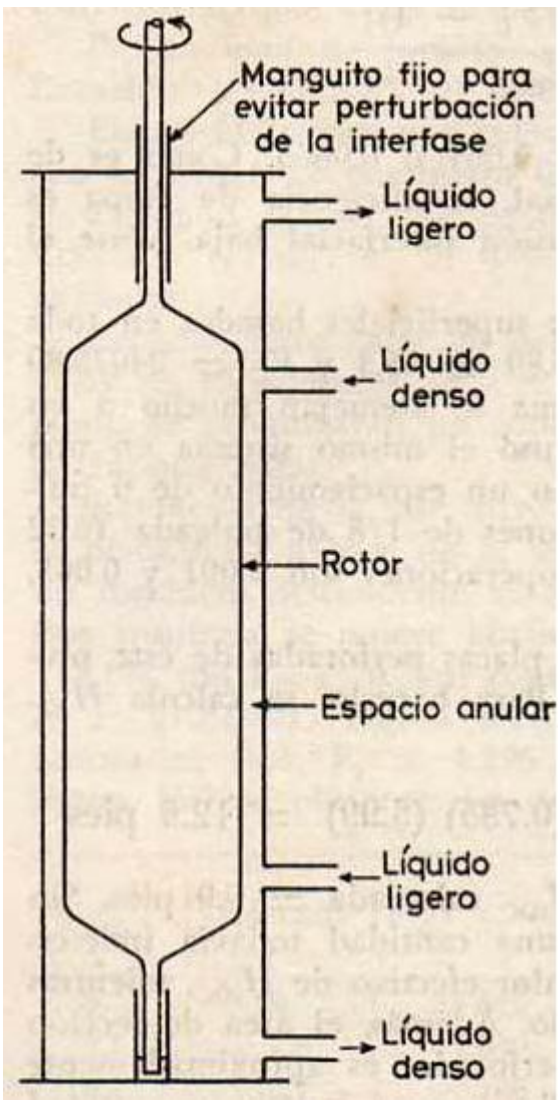
El equipo para la extracción líquido-líquido depende de la forma en que se realice el proceso. Cuando el sistema está formado por estadios, hay dos fases bien diferenciadas: mezcla íntima y separación posterior que a su vez presentan aspectos diferentes según el proceso sea continuo o discontinuo.

Los aparatos mezcladores, que consisten generalmente en tanques con dispositivos apropiados de agitación, deben proporcionar suficiente superficie de contacto durante un tiempo adecuado para que tenga lugar la transferencia de soluto.

De los diversos tipos de aparatos empleados en la mezcla de materiales, los más utilizados en la extracción líquido-líquido son los agitadores y los mezcladores.

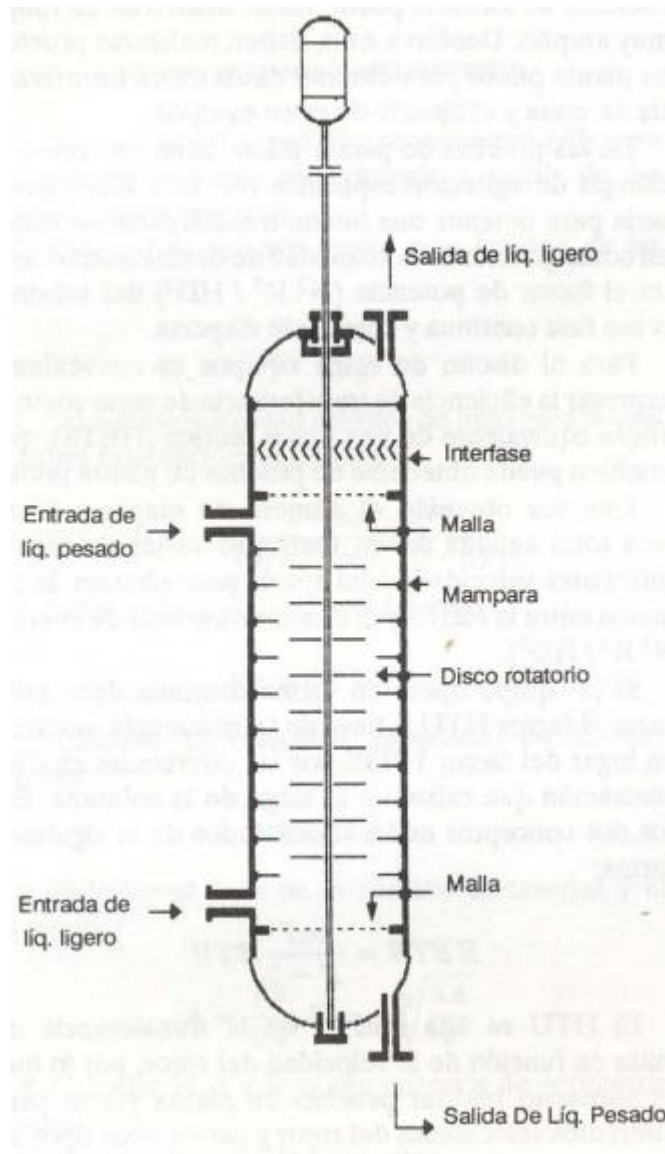
Extractores Anulares Rotatorios: Estos extractores, de los que se muestra esquemáticamente en la figura 7, constan de un cilindro exterior estacionario, dentro del cual gira un cilindro concéntrico. El contacto líquido-líquido ocurre en el espacio anular entre los dos. Este es probablemente el tipo más simple de los extractores agitadores y ha despertado interés en el campo de los procesos con energía atómica por su sencillez y porque promete corto tiempo de residencia por etapa. Esto es necesario en la extracción de soluciones muy radioactivas para reducir al mínimo daños al disolvente. [6]





**Figura 7.** Extractor Anular Rotatorio. [6]

Extractores de Disco Rotatorio: Estos extractores consisten de un recipiente vertical con mamparas con aberturas circulares centradas, entre las que se encuentran discos unidos a una flecha central conectada a un rotor. En la parte superior e inferior hay compartimientos para el asentamiento de las fases, divididos de la sección agitada por medio de una malla.



**Figura 8.** Extractor de Disco Rotatorio. [7]

### 2.1.3. Factores para una Buena Extracción Líquida

- Relación entre corrientes líquidas
- Tiempo de contacto
- Agitación
- Selectividad del Solvente

En las tablas 1 y 2 se presenta un resumen de los principales procesos de extracción líquido-líquido, utilizados a escala industrial:

**Tabla 1.** Clasificación para Equipos de Mezclado y Sedimentación. [8]

Mezcladores	Mezcladoras en línea o de flujo	Con agitación mecánica
		Sin agitación mecánica
	Recipientes agitados	Con agitación mecánica
		Con agitación de gas
Sedimentadores	No mecánicos	Por gravedad
		Centrífugos (ciclones)
	Mecánicos	
	Accesorios para sedimentación	Coalescedores
		Membranas separadoras
Equipos electrostáticos		

**Tabla 2.** Clasificación para Equipos de Contacto Continuo. [8]

<b>Extractores Centrífugos</b>			
Extractores que funcionan por gravedad	Sin agitación mecánica	Torres de aspersion	
		Torres empacadas	
		Torres de platos perforados	
	Con agitación mecánica	Torres con agitación	
		Torres pulsadas	Contenido de líquido sujeto a pulsaciones
			Platos con movimiento de vaivén

#### 2.1.4. Fundamentos Teóricos del Proceso de Extracción

Para determinar las etapas de extracción, por simplificación, se utilizan cálculos gráficos. Es más sencillo utilizar las condiciones prácticas en el equilibrio, las cuales consideran la eficiencia de las etapas, similar a como se hace con los cálculos de absorción de gases y de destilación. En los casos más sencillos, se

trabajan con sistemas de tres componentes: (A) es la alimentación, (B) es el solvente y (C) es el soluto presente en la alimentación.

Se utilizará la misma letra para indicar la cantidad de una mezcla, así como su posición en el diagrama de fases. Se trabajará, tanto en base másica como molar. Así, pues, las unidades de las distintas mezclas implicadas serán kg o mol para las operaciones en discontinuo y kg/h o mol/h para los caudales en operaciones en continuo. [9]

Para las composiciones, se utilizará la siguiente nomenclatura:

$x$  = fracción másica o molar de C en la fase rica en A, pobre en B, o fase refinado.

$y$  = fracción másica o molar de C en la fase rica en B, pobre en A, o fase extracto.

$X = x/(1 - x)$  = razón másica o molar de C (kg o moles de C/(kg o moles de A+B) en el refinado.

$Y = y/(1 - y)$  = razón másica o molar de C (kg o moles de C/ (kg o moles de A+B) en el extracto.

$N$  = fracción másica o molar de B en base libre de B (kg o mol de B/(kg o mol de A+C).

Los subíndices corresponden con la mezcla en cuestión y los subíndices numéricos hacen referencia a la etapa de donde sale una corriente dada. Así,  $x_{C3}$  es la fracción másica de C en el refinado que sale de la etapa 3;  $x_M$  representa composición de soluto en la mezcla global.

Los caudales y composiciones en base libre de disolvente B se indicarán con la misma letra con "prima". Así pues,  $E'$  indicará los kg de fase E libre de B.  $E = E' (1 + N)$ . [9]

En estas circunstancias, conviene representar los datos de equilibrio en diagramas en base libre de soluto en cada fase, es decir, en razones molares o másicas. Para un sistema de dos fases (E, R en el caso de dos líquidos o L, G en el caso de

líquido-gas) formados por los disolventes A y B, y un soluto C que se transfiere, la razón molar o másica se define en cada fase como:

$$\text{Fase ligera: } Y = y/(1 - y) = (\text{mol o kg de C})/(\text{mol o kg de B}) \quad (1)$$

$$\text{Fase pesada: } X = x/(1 - x) = (\text{mol o kg de C})/(\text{mol o kg de A}) \quad (2)$$

Dado que los líquidos A y B son insolubles, sus caudales (de cada disolvente) se mantendrán constantes, al no transferirse entre las fases. Así, pues, todas las corrientes de refinado tendrán A mol o kg de disolvente A, y todos los extractos tendrán B mol o kg de disolvente B. En estas condiciones, resulta ventajoso utilizar diagramas de equilibrio Y/X ya que, en esta representación, las operativas se hacen rectas. [9]

#### 2.1.4.1. Extracción de una Etapa

La figura 9, muestra el esquema de esta operación:

$E'_0$  y  $R'_0$  son caudales de inerte, del componente que no se transfiere, con lo que permanecen constantes en todo el proceso.

Un balance de soluto proporciona:

$$R'_0 X_0 + E'_0 Y_0 = E'_0 Y_1 + R'_0 X_1 \quad (3)$$

Que se puede escribir como:

$$- R'_0 / E'_0 = (Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_2) \quad (4)$$

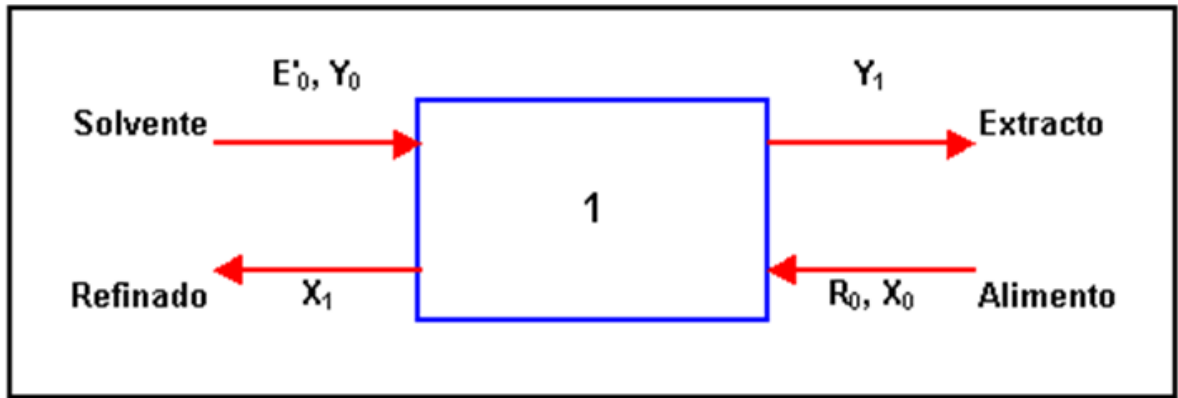


Figura 9. Extracción en una Etapa. [10]

En efecto, la ecuación 4 representa una recta en el diagrama Y-X, que pasa por los puntos  $(X_1, Y_1)$  y  $(X_0, Y_0)$  y tiene de pendiente  $-R'_0/E'_0$ . Por otra parte, las corrientes de salida de la etapa deben estar en equilibrio, por lo que el punto  $(X_1, Y_1)$  debe estar sobre la curva de equilibrio. Así, pues, se podría determinar las corrientes de salida de una etapa de equilibrio conocidas las de entrada, bien en términos analíticos, resolviendo el sistema formado por (4) y la ecuación representativa del equilibrio, bien por gráficos, obteniendo el punto de corte de la recta indicada por la ecuación (4) con la curva de equilibrio. Para ello se sitúa en el diagrama la posición del punto  $(X_0, Y_0)$  y se traza la recta (operativa) de pendiente  $(-R'_0/E'_0)$ . La intersección de esta recta con la curva de equilibrio resuelve el problema planteado (ver figura 10).

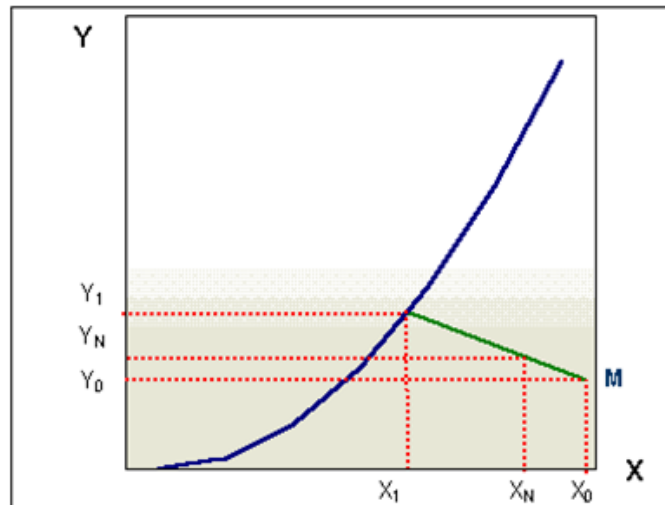


Figura 10. Grafica de la Extracción en una Etapa. [10]

Si en lugar de tratarse de una etapa ideal, se tratara de una etapa real con un determinada eficacia, el punto representativo de las corrientes de salida no sería el N ( $X_1, Y_1$ ), sino el N' ( $X_{N'}, Y_{N'}$ ). Se define la eficacia como:

$$e_i = \text{segmento MN}' / \text{segmento MN}$$

$$= (Y_0 - Y_{N'}) / (Y_0 - Y_1) = (X_0 - X_{N'}) / (X_0 - X_1) \quad (5)$$

Así, pues, si se conoce la eficacia se puede determinar la composición de las corrientes de salida. [10]

### 2.1.4.2. Extracción en Etapas Múltiples a Contracorriente

Este tipo de operación vendría representado por un esquema como el de la figura 11:

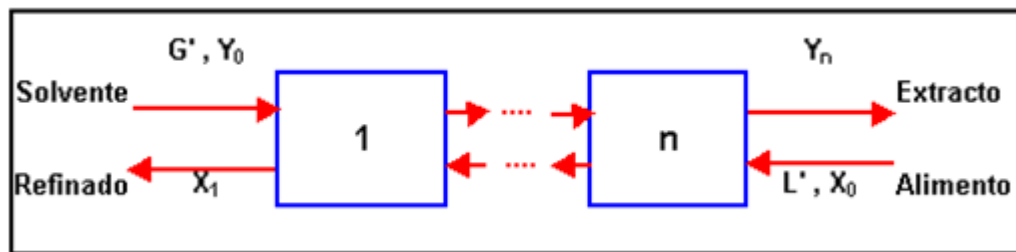


Figura 11. Extracción en varias Etapas. [10]

Si se hace un balance de soluto entre las primeras  $i$  etapas, suponiendo que se ha alcanzado el régimen estacionario, se podría escribir:

$$G' (Y_0 - Y_i) = L' (X_i - X_{i+1}) \quad (6)$$

Que se puede escribir como:

$$L' / G' = (Y_0 - Y_i) / (X_i - X_{i+1}) \quad (7a)$$

Que representa una recta (recta operativa) en el diagrama Y-X, que pasa por los puntos ( $X_1, Y_0$ ) y ( $X_{i+1}, Y_i$ ) representativo de las corrientes que se cruzan entre dos etapas, y que tiene de pendiente  $L'/G'$ . Si el balance se realizara en todo el sistema se obtendría:

$$L' / G' = (Y_0 - Y_n) / (X_1 - X_0) \quad (7b)$$

Que permite situar con facilidad dicha recta operativa (ver figura 12).

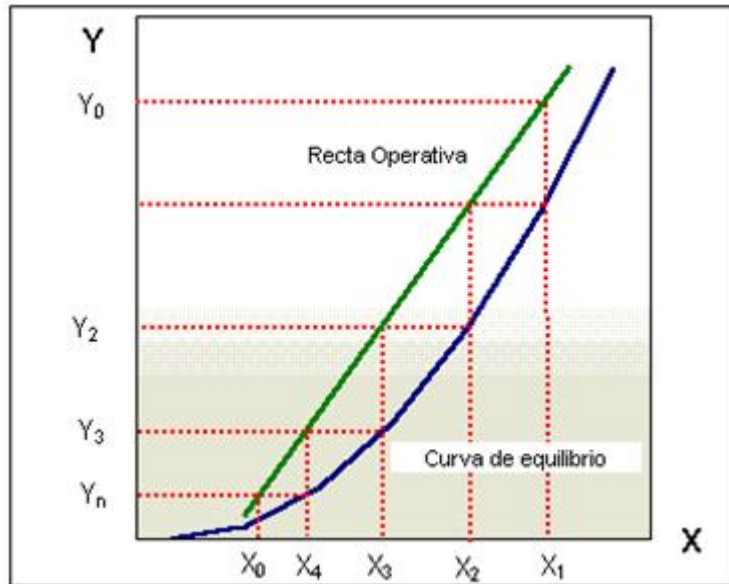


Figura 12. Gráfico de Extracción en varias Etapas. [10]

Se pueden plantear distintos tipos de problemas:

**Diseño:** se conoce  $G'$ ,  $L'$ ,  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Y_n$ , y es preciso determinar el número de etapas necesarias. En este caso, se sitúa en el diagrama de equilibrio el punto  $(X_0, Y_n)$  y se traza una recta de pendiente  $L'/G'$  hasta alcanzar un valor de la ordenada de  $Y$ . El valor de la abscisa de este punto, es por lógica,  $X_1$ . Si se trata de etapas ideales (eficacia=100 %, en otro caso se podría determinar la curva eficaz entre la recta operativa y la curva de equilibrio; empezando por el punto  $(X_0, Y_n)$  se determina la composición de la corriente en equilibrio con  $Y_n$  ( $X_n$ ), sobre la curva de equilibrio.

A continuación, se determina la composición de la corriente que se cruza con  $X_n$ , ( $Y_{n-1}$ ), sobre la recta operativa, y así se van trazando etapas hasta rebasar la composición  $X_1$ . La fracción de piso se calcula como  $(X_f - X_2)/(X_1 - X_2)$ .

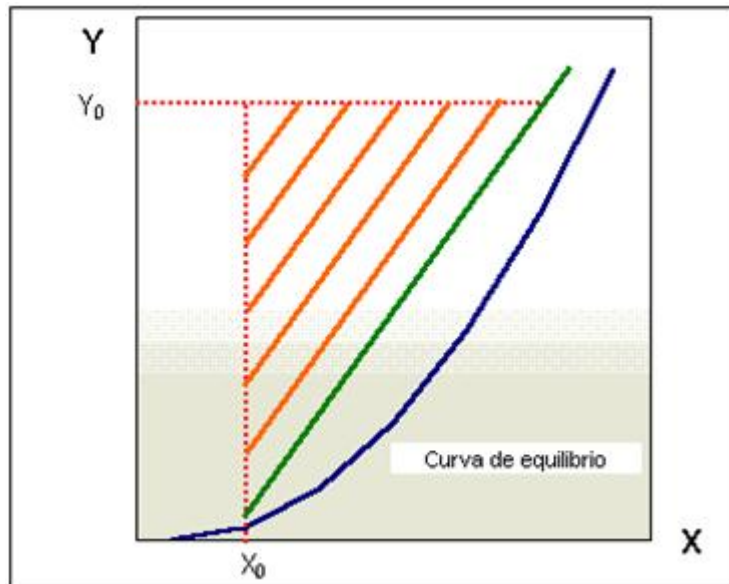
La construcción se podría haber empezado por el otro extremo. La recta operativa puede situarse a cualquier lado de la curva de equilibrio, dependiendo de en qué sentido tenga lugar la transferencia de materia. [11]



Simulación: en este caso, se conoce el número de etapas y el problema se puede plantear en:

- Determinar la separación alcanzable, para el resto de las variables especificadas (no se conoce  $Y_n, X_1$ )
- Calcular la relación de caudales, para el resto de las variables especificadas (no se conoce  $L'/G', Y_n$ ).

Ambos casos se resuelven por tanteos. El primero de ellos requiere suponer una composición de producto. En estas circunstancias, se puede resolver el problema por gráficos. La iteración termina cuando el número de etapas calculado coincide con el especificado. Como  $L'/G'$  es un dato, todas las rectas operativas a tantear son paralelas y, en efecto, deben partir de un punto de ordenada  $Y_0$  y terminar en un punto de abscisa  $X_0$ . Estas circunstancias pueden facilitar el proceso de cálculo, tal como se esquematiza en la figura 13:



**Figura 13.** Gráfico de Extracción en Varias Etapas. Cálculo por Tanteo 1. [11]

El segundo de los casos se resuelve partiendo del punto  $(Y_0, X_1)$  y trazando rectas de distinta pendiente hasta la abscisa  $X_0$ , de forma que, al final, se obtenga el número etapas especificado. La figura 14 esquematiza este proceso de cálculo:

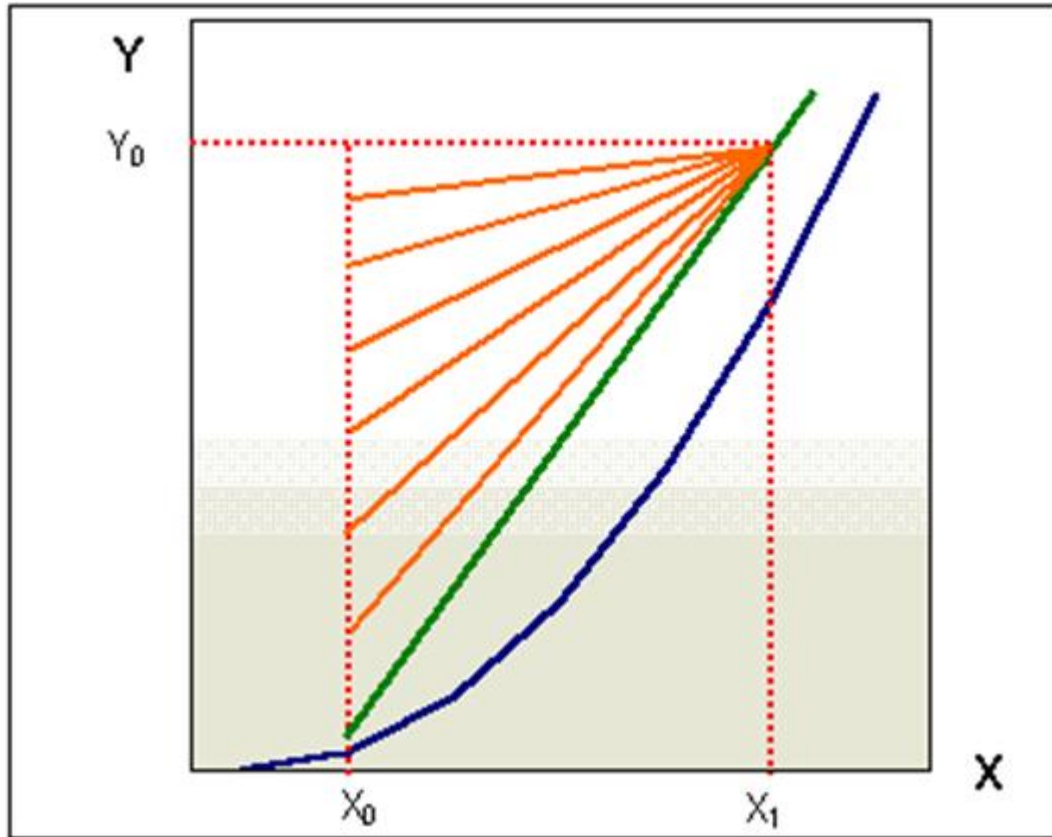


Figura 14. Gráfico de Extracción en Varias Etapas. Cálculo por Tanteo 2. [11]

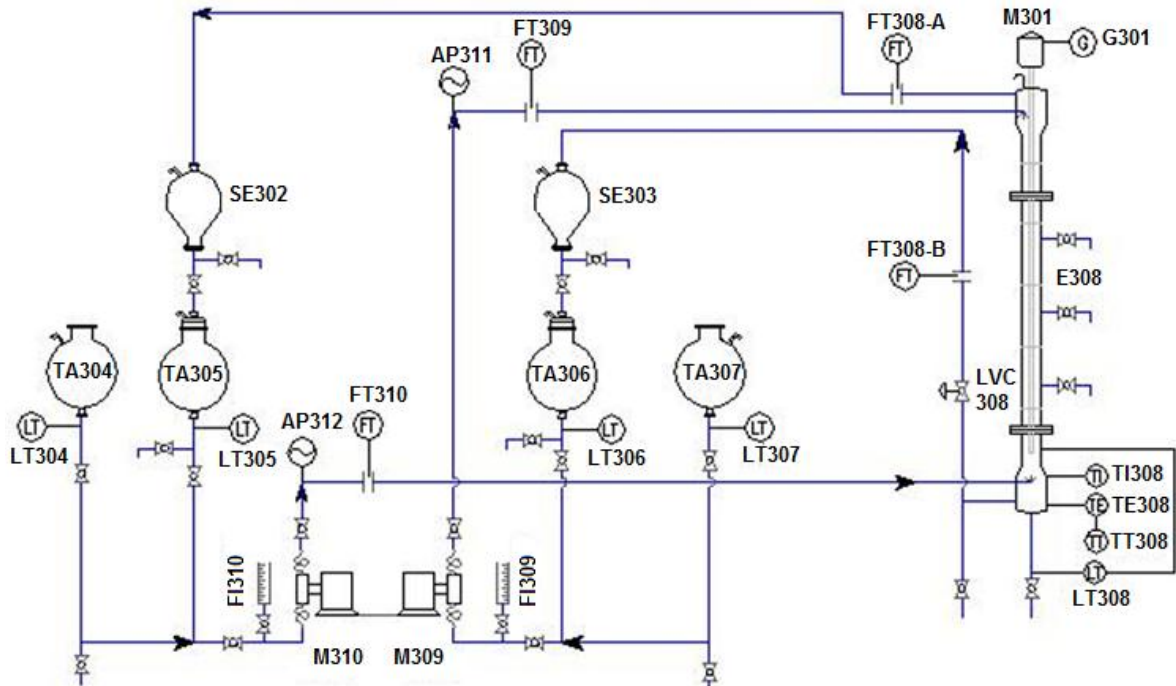
### 2.1.5. Planta de Extracción Líquido-Líquido

La función de la planta de extracción líquido-líquido es la de separar uno o más componentes de una mezcla líquida, la cual es puesta en contacto con un solvente, uno de los componentes de la mezcla migra hacia el solvente permitiendo la separación de la mezcla.

La solución con la cual se va a poner en contacto el solvente se conoce como alimentación, cuando se logra la separación, el producto de la separación rico en solvente se le denomina “extracto” y el líquido residual como “refinado”.

La planta posee una columna de extracción, tipo agitada, de varias etapas, con alimentación continua y control de los flujos de los líquidos. En ella, los

practicantes pueden comprender los fundamentos de esta importante operación unitaria.



**Figura 15.** Diagrama de Flujo del Proceso de Extracción. [8]

En la Planta los practicantes podrán:

- Estudiar la hidrodinámica y la transferencia de masa de los sistemas líquido – líquido.
- Realizar la observación de la dispersión de las fases ligeras y pesadas.
- Determinar las unidades de transferencia de masa y la altura de una unidad de transferencia.
- Establecer la influencia de los flujos de los líquidos en la eficiencia de la extracción.
- Correlacionar la influencia de la agitación de la columna con la eficiencia de la extracción.
- Realizar balances de masa.

## **2.2. DISPOSITIVOS DE MANDO BÁSICOS**

Estos componentes permiten al operario ordenar la ejecución de operaciones tales como el arranque, la parada, el cambio de velocidad, etc., de diferentes maquinas eléctricas, por ejemplo, los motores.

Aunque los dispositivos de mando son variados actualmente se pueden dividir en dos grandes bloques.

### **2.2.1. Elementos de Mando Manuales**

Los elementos de mando manuales son aquellos que el operador acciona para conectar, desconectar, gobernar las instalaciones eléctricas.

Pulsadores: Son elementos que conectan y desconectan instalaciones y maquinas eléctricas mediante una simple pulsación sobre ellos. Vuelven a su posición inicial mediante un muelle o resorte interno. Existen dos clases: los normalmente abiertos (NA) y los normalmente cerrados (NC).

Interruptores y conmutadores: Son elementos que conectan o desconectan instalaciones y maquinas eléctricas mediante el posicionado de una palanca. A diferencia de los pulsadores, al ser accionados, se mantiene en la posición seleccionada hasta que se actué de nuevo sobre ellos. [12]

Selectores: son similares a los interruptores en cuanto a funcionamiento, aunque para su actuación suele llevar un botón, palanca o llave giratoria. Estos elementos de mando manual se alojan por regla general en cajas metálicas que puedan contener más de un elemento.

### **2.2.2. Detectores Automáticos y Sensores**

Los detectores automáticos permiten la conexión, desconexión y mando en general de instalaciones eléctricas sin intervención de un operario.

Existen diversos grupos de selectores y sensores pero se enfocará en los más utilizados.

Finales de Carrera: Permite controlar la posición de piezas, brazos u órganos móviles de maquinas y establecen el límite hasta donde dichas piezas pueden llegar. Internamente están formados por pulsadores que son accionados mecánicamente a través de una palanca por la pieza móvil que hay que controlar, también permiten la puesta en marcha, parada, cambio de velocidad de diversas maquinas. [13]

Detectores de Temperatura: Son dispositivos que permite medir la temperatura de un recinto, deposito o para detectar si ésta excede un cierto valor de umbral. Generalmente se utilizan en sistemas de control que permiten realizar una regulación de dicha temperatura.

Detectores de Presión: Se utilizan para detectar las alteraciones de la presión en un depósito o en una tubería, por encima o por debajo de cierto valor de referencia. Se incluyen en sistemas de control de presión para circuitos hidráulicos o neumáticos.

Detectores de Nivel: Detectan si el nivel de líquido en un deposito está por debajo de un nivel de referencia mínimo o por encima de un nivel de referencia máximo. [13]

### **2.2.3. Dispositivos de Regulación y los Actuadores**

Los reguladores son elementos que permiten que la variable o magnitud física que se desee controlar permanezca siempre en ciertos valores admisibles, sin intervención directa de un operador humano.

Un actuador es un dispositivo que permite transformar una magnitud eléctrica en otra no eléctrica o bien permite la amplificación de un mismo tipo de energía, es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”

### 2.3. COMPONENTES DE LA PLANTA

La planta de extracción está constituida por un grupo de equipos interconectados por medio de tubería de acero inoxidable instalado sobre una estructura metálica tubular también de acero inoxidable.

La siguiente tabla muestra los elementos que componen la planta de extracción y las características más importantes.

**Tabla 3.** Equipos de la Planta de Extracción Líquido-Líquido. [8]

EQUIPO	CÓDIGO	VOLUMEN TOTAL (l)	PESO EQUIPO VACÍO (kg)	PESO EQUIPO TRABAJO (kg)	MATERIAL	MARCA	MODELO
Agitador	AG 301	-	14	14	Acero Inoxidable	BARNANT SEVODYN E	A-50003- 22
Separador	SE 302	5	1	10	Vidrio borosilicato	SCHOTT (1)	Embudo
Separador	SE 303	5	1	10	Vidrio borosilicato	SCHOTT (1)	Embudo
Tanque de solvente	TA 304	20	2,8	38,8	Vidrio borosilicato	SCHOTT (1)	Balón fondo redondo
Tanque de extracto	TA 305	20	2,8	38,8	Vidrio borosilicato	SCHOTT (1)	Balón fondo redondo

EQUIPO	CÓDIGO	VOLUMEN TOTAL (l)	PESO EQUIPO VACÍO (kg)	PESO EQUIPO TRABAJO (kg)	MATERIAL	MARCA	MODELO
Tanque de refinado	TA 306	20	2,8	38,8	Vidrio borosilicato	SCHOTT (1)	Balón fondo redondo
Tanque de alimentación	TA 307	20	2,8	38,8	Vidrio borosilicato	SCHOTT (1)	Balón fondo redondo
Extractor	E 308	7	7	19,6	Vidrio borosilicato	SCHOTT (1)	Columna
Bomba de alimentación	M 309	-	19	19	-	MILTON ROY	C731-27
Bomba de solvente	M 310	-	19	19	-	MILTON ROY	C731-27

### 2.3.1. Estados de los Componentes

Tanto el agitador AG 301 como las bombas dosificadoras de flujo variable M 309 Y M 310 se encuentran en buen estado y en pleno funcionamiento, además todos los tanques de almacenamiento no presentan fisuras ni grietas.

### 2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA

A continuación se presenta en detalle las características de cada componente de la planta de extracción Líquido-líquido.

### 2.4.1. Agitador AG301

Es un controlador electrónico de velocidad entre 0 y 1000 revoluciones por minuto, con un display de indicación local, ajuste local de velocidad mediante perilla, eje del agitador en varilla de 5/16" con diez propelas de 25 mm de diámetro. Potencia 70 W, trabajo a 115 V.



Figura 16. Agitador de la Columna de Extracción. [14]

### 2.4.2. Separador SE 302 y SE 303

Tanto el extracto como el refinado, antes de ser depositados en sus respectivos tanques, se depositan en tanques separadores. En estos recipientes se les da un tiempo de residencia a los productos, para permitir la separación de elementos que hayan sido arrastrados, en el SE 302 es posible separar trazas del alimento que se hayan ido con el extracto, y en el SE 303, las de solvente que se hayan ido con el refinado. Estos separadores tienen forma de embudo y una capacidad de 5 litros.





Figura 17. Separador Tipo Embudo. [14]

#### **2.4.3. Tanque de Solvente, Extracto, Refinado, Alimentación TA 304, TA 305, TA 306, TA 307**

Estos tanques tienen forma de balón y una capacidad de 20 litros, en el tanque TA 304 se deposita el solvente requerido para el proceso, y en el tanque TA 307 se deposita el producto, al cual se le va a realizar la extracción, en el tanque TA 305, se deposita el extracto, y en el tanque TA 306, el refinado.



**Figura 18.** Tanque de Almacenamiento. [14]

#### **2.4.4. Extractor E 308**

Es del tipo columna agitada. Tiene una capacidad aproximada de 6 litros, una altura de 1,9 m y diámetro interno de 5,5 cm. La torre posee un cabezal y un fondo de diámetro interno de 9 cm y una altura de 17,5 cm. El agitador vertical está acoplado a un motor que es regulado por un variador de velocidad electrónico. El mecanismo de agitación es de tipo disco y cuenta con 10 discos planos de diámetro 2,5 cm soldados al eje. En la columna se ha dispuesto de tres tomas de muestras, ubicados a diferentes alturas, para medir eficiencias de separación dentro del extractor.

#### 2.4.5. Bombas de Alimentación y de Solvente M 309 y M 310

Las bombas dosificadoras M 309 (alimento) y M 310 (solvente) son de tipo diafragma con actuador electromagnético. Para la regulación del flujo, cuentan con convertidor de señal 4 – 20 mA, los cuales, al ser enviados por el PLC, los convierte en pulsos. Estas bombas trabajan con un flujo máximo de 30 l/h.



Figura 19. Bombas Dosificadoras Marca Milton Roy. [14]



## **2.5. INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA**

Los elementos nombrados a continuación hacen parte de la instrumentación de la planta de extracción líquido-líquido.

### **2.5.1. Tanque de Solvente TA 304**

- Transmisores: LT 304. Mide el nivel de solvente en el Tanque TA 304.

### **2.5.2. Tanque de Extracto TA 305**

- Transmisores: LT 305. Mide el nivel de extracto en el Tanque TA 305.

### **2.5.3. Tanque de Refinado TA 306**

- Transmisores: LT 306. Mide el nivel de refinado en el Tanque TA 306.

### **2.5.4. Tanque de Alimentación TA 307**

- Transmisores: LT 307. Mide el nivel de alimentación en el Tanque TA 307

### **2.5.5. Línea de Retorno al Separador SE 302**

- Transmisores: FT 308A. Mide el flujo de retorno de extracto al SE 302.

### **2.5.6. Línea de Retorno al Separador SE303**

- Transmisores: FT 308B. Mide el flujo de retorno de refinado al SE 303.

### **2.5.7. Extractor E 308**

- Indicadores: TI 308. Indica la temperatura en el fondo del E 308.
- Sensores: TE 308. Sensa la temperatura en el fondo del E 308.
- Transmisores:

TT 308. Mide la temperatura en el fondo del E 308.

LT 308. Mide el nivel en la columna del E 308.

- Actuadores:

LCV 308. Regula el nivel en la columna del E 308.

M 301. Regula la velocidad de agitación en el Extractor.

M 310. Regula el flujo de Solvente o Extracto en la línea.

M 309. Regula el flujo de Refinado o Alimento en la línea.

**Tabla 4.** Instrumentación de la Planta de Extracción Líquido-Líquido. [8]

VARIABLE MEDIDA	CÓDIGO	RANGO VS.	MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
Nivel del extractor	LT 308	2 – 75 Pulgada	ABB	2600T	Tipo: Presión diferencial Sensor: Capacitivo Rango: 4 a 40 kPa, Voltaje: 24 V Señal: 4 – 20 mA
Flujo extracto	FT 308 <sup>a</sup>	0 – 0,8 l/min	KOBOLD	DRH-1105	Tipo: Turbina Voltaje: 24 V Señal: 4 – 20 mA Exactitud: 2,5%
Flujo refinado	FT 308B	0 – 0,4 l/min	KOBOLD	DRH-1105	Tipo: Turbina Voltaje: 24 V Señal 4 – 20 mA Exactitud: 2,5%
Velocidad del agitador	G 301	0-1000 rpm	COLE-PALMER	Servodyne	Voltaje: 120 V 60 Hz Potencia: 1 PH 2,3 A

VARIABLE MEDIDA	CÓDIGO	RANGO VS.	MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
Temperatura columna	TE 308	0 – 100 °C	WINTERS	EIA 11040 Tipo: RTD	Señal salida: 4 – 20 mA Rango: 0 – 100 °C
	TT 308	0 – 100 °C	KOBOLD	TUM KW	T Trabajo: 50 – 550 °C Señal entrada: PT100 Señal salida: 4 – 20 mA 3 Hilos Rango: -180 – 200 °C
Nivel tanque de solvente	LT 304	0-40 In H <sub>2</sub> O	KELLER	Serie 25	Sensor: piezo resistivo Precisión: 0,5 % FS Rango: 0 – 40 In H <sub>2</sub> O Voltaje: 24 V Señal: 4 – 20 mA
Nivel tanque de extracto	LT 305	0-40 In H <sub>2</sub> O	KELLER	Serie 25	Sensor: piezo resistivo Precisión: 0,5 % FS Voltaje: 24 V Señal: 4 – 20 mA
Nivel tanque de refinado	LT 306	0-40 In H <sub>2</sub> O	KELLER	Serie 25	Sensor: piezo resistivo Precisión: 0,5 % FS Rango: 0 – 40 In H <sub>2</sub> O Voltaje: 24 V Señal: 4 – 20 mA
Nivel tanque de Alimentación	LT 307	0-40 In H <sub>2</sub> O	KELLER	Serie 25	Sensor: piezo resistivo Precisión: 0,5 % FS Rango: 0 – 40 In H <sub>2</sub> O Voltaje: 24 V Señal: 4 – 20 mA

## 2.6. ACTUADORES

El diseño de la Planta considera la operación de los actuadores en forma manual y automática. La selección de uno u otro modo de operación deberá ser realizada por el practicante según el modo de operación de la Planta.

### 2.6.1. Válvula Reguladora

Esta válvula cuenta con un actuador eléctrico giratorio que mueve un tapón de bola y tiene reposición por resorte. Su cuerpo es de bronce y la regulación de flujo se realiza mediante el cambio de posición la bola.



Figura 20. Válvula Reguladora. [14]

## 2.6.2. Bomba Dosificadora

La Planta líquido-líquido dispone, para el bombeo de los productos desde los Tanques a la Columna de Extracción, de un par de bombas dosificadoras de la marca Milton Roy, modelo C 731-27. Las bombas poseen buenas prestaciones constructivas y excelentes características funcionales que permiten hacer una dosificación precisa de los productos e insumos de la Planta.



Figura 21. Bomba Dosificadora de Alimento. [14]



### 2.6.3. Controlador de RPM y Torque

El mezclador Servodyne, es un regulador electrónico de velocidad. Mediante el uso de la consola, se pueden ajustar variables como tiempo de funcionamiento, revoluciones por minuto (rpm) y el torque máximo para protección del mezclador.



Figura 22. Controlador RPM y Torque. [14]

### 3. CIRCUITO ELÉCTRICO Y SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA

#### 3.1 SISTEMA ELÉCTRICO

##### 3.1.1 Acometida Eléctrica

El Tablero de Control de la Planta se halla conectado a través de una acometida trifásica pentafilear (3 fases, neutro y tierra) de 220 V, el cual tiene una demanda de 1 KW de potencia y es controlada por medio de un breaker tripolar. La acometida trifásica controlada es enviada, a través de una bandeja metálica tipo escalera, en un cable encauchetado, y de ésta al Tablero de Control de la Planta.

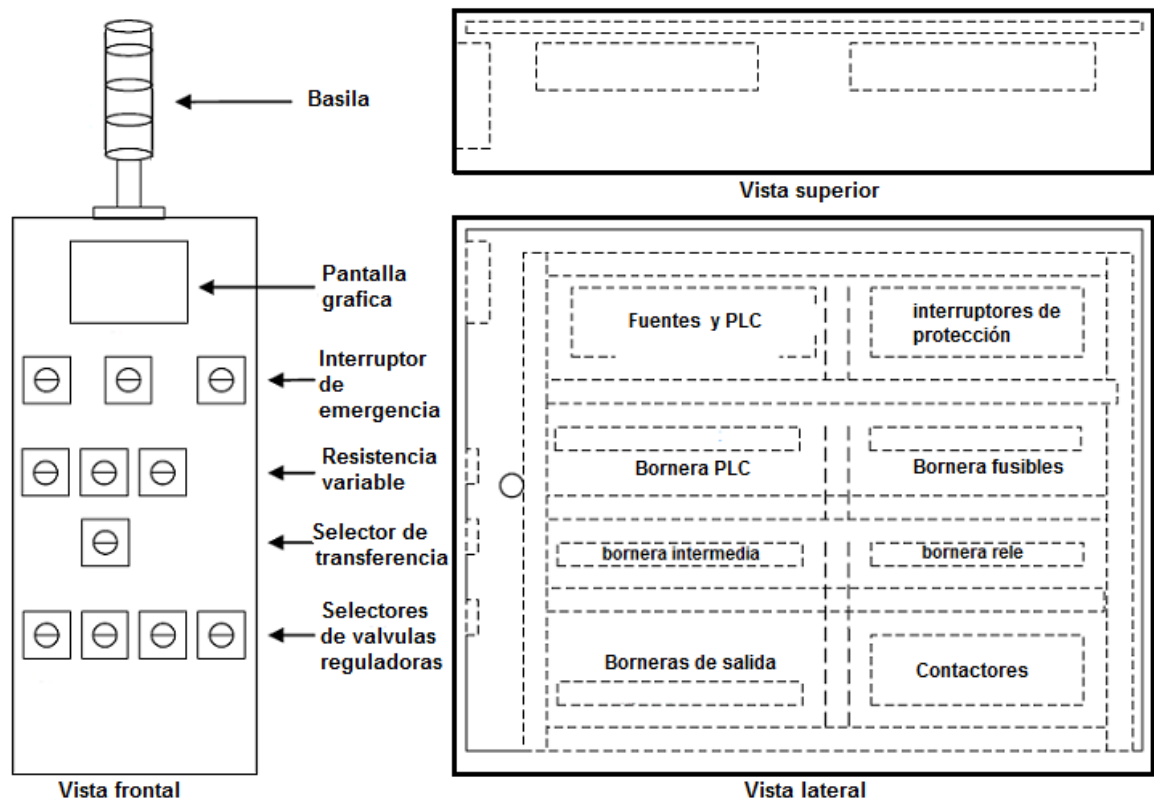
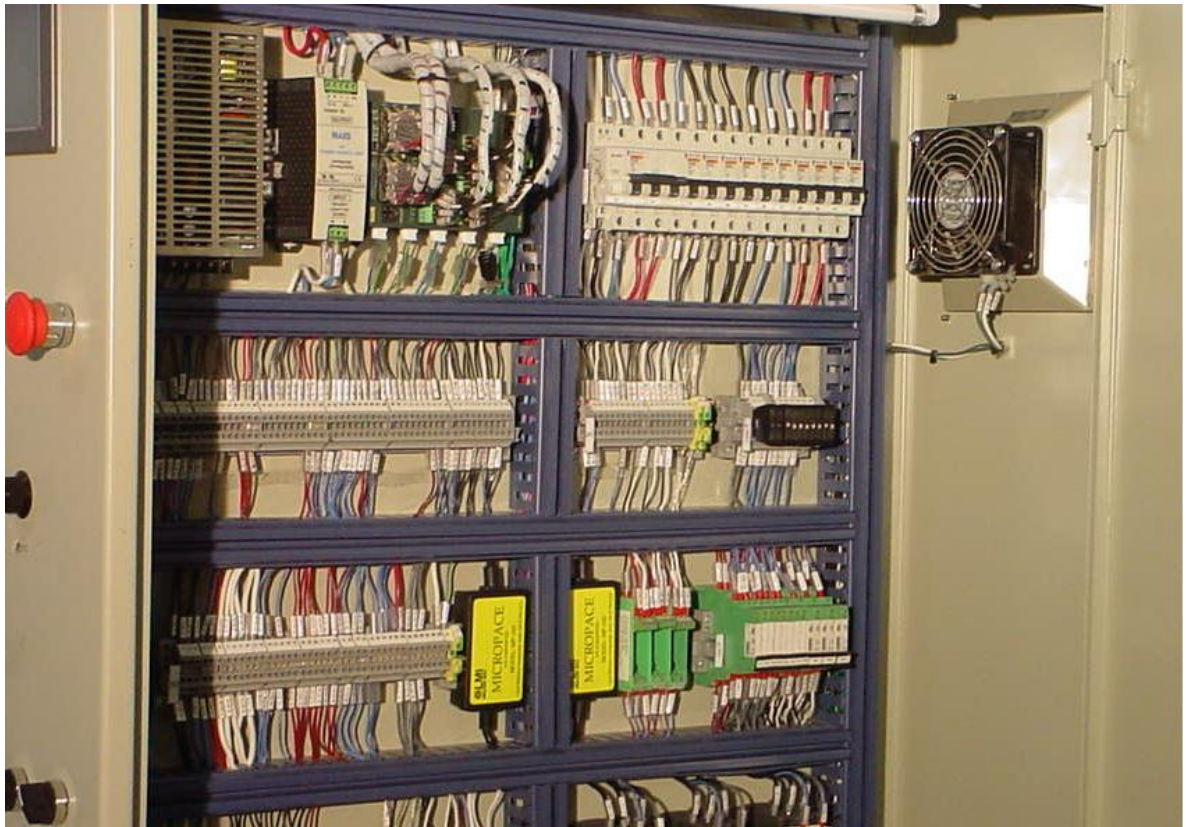


Figura 23. Ubicación de los Componentes Eléctricos en el Tablero de Control. [8]

### 3.1.2 Tablero de Control

El Tablero de Control está diseñado y fabricado con un conjunto de aparatos eléctricos para el control y la regulación como son selectores y potenciómetros. Los anteriores son utilizados para la actuación de las válvulas de regulación y de las bombas dosificadoras que se encuentran en la planta.



**Figura 24.** Gabinete de Control [14].

En el tablero de control de la planta, la acometida proveniente de la caja de breaker y se conecta a un interruptor, el cual se encuentra ubicado en el interior del mismo y es utilizado para energizarlo o desenergizarlo. A continuación de este se halla el interruptor termomagnético y seguidamente se encuentran los diferentes componentes conectados a la acometida trifásica como son: circuito auxiliar, extractor, lámpara, fuentes de voltaje y reguladores.

Las especificaciones del tablero del control se visualizan en la siguiente tabla.

**Tabla 5.** Especificaciones del tablero de control. [8]

<b>Parámetro</b>	<b>valor</b>
voltaje	220 V AC
potencia	1 KW
frecuencia	60 HZ
fases	3
sistema	Pentafilar,3 fases, neutro y tierra

### **3.1.3 Sistema de Control**

El sistema de control eléctrico de la planta se basa en el uso de aparatos eléctricos para el arranque, la parada, el reconocimiento de fallas, y de un Controlador Lógico Programable, para el control de los eventos y las variables de proceso.

### **3.1.4 Sistema de Instrumentación**

El sistema de instrumentación se basa en el uso de sensores conectados a los transmisores y desde éstos a los módulos de entrada análogos del PLC. Los módulos análogos de salida del PLC se hallan conectados a los actuadores eléctricos proporcionales como bombas dosificadoras y válvula de regulación (proporcional). Además se dispone de instrumentos indicadores que son la base

para obtener la información necesaria para realizar la operación manual de la planta.

## 3.2 INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA

### 3.2.1. Transmisor de Presión Diferencial

La planta dispone de un transmisor de presión diferencial de marca ABB, del modelo 264DS y la serie 2600T y se encuentra ubicado en la columna de extracción E308.

El transmisor de presión diferencial es un dispositivo electrónico de tecnología HART que cuenta con un sensor inductivo ideal para el uso en la medida de nivel. Su tecnología hace posible que la configuración y diagnóstico se realice de acuerdo al protocolo HART; en la cual se utiliza una comunicación digital bidireccional. A su vez, la señal del estándar 4 – 20 mA se utiliza para la conexión a los dispositivos análogos de los sistemas de medida o lazos de control. [15]



Figura 25. Transmisor de Presión Diferencial Marca ABB. [14]



Según su construcción el transmisor consta de dos partes fundamentales. El sensor que se halla, a través de un diafragma, en contacto con el producto líquido para la medida de la variable y el transmisor que se comunica con el lazo de control. Por las características del sensor, el mismo debe ser usado y mantenido de acuerdo a las observaciones del fabricante que manifiesta acerca de los aspectos de operación, técnicos y de seguridad como son montaje, conexión y limpieza.

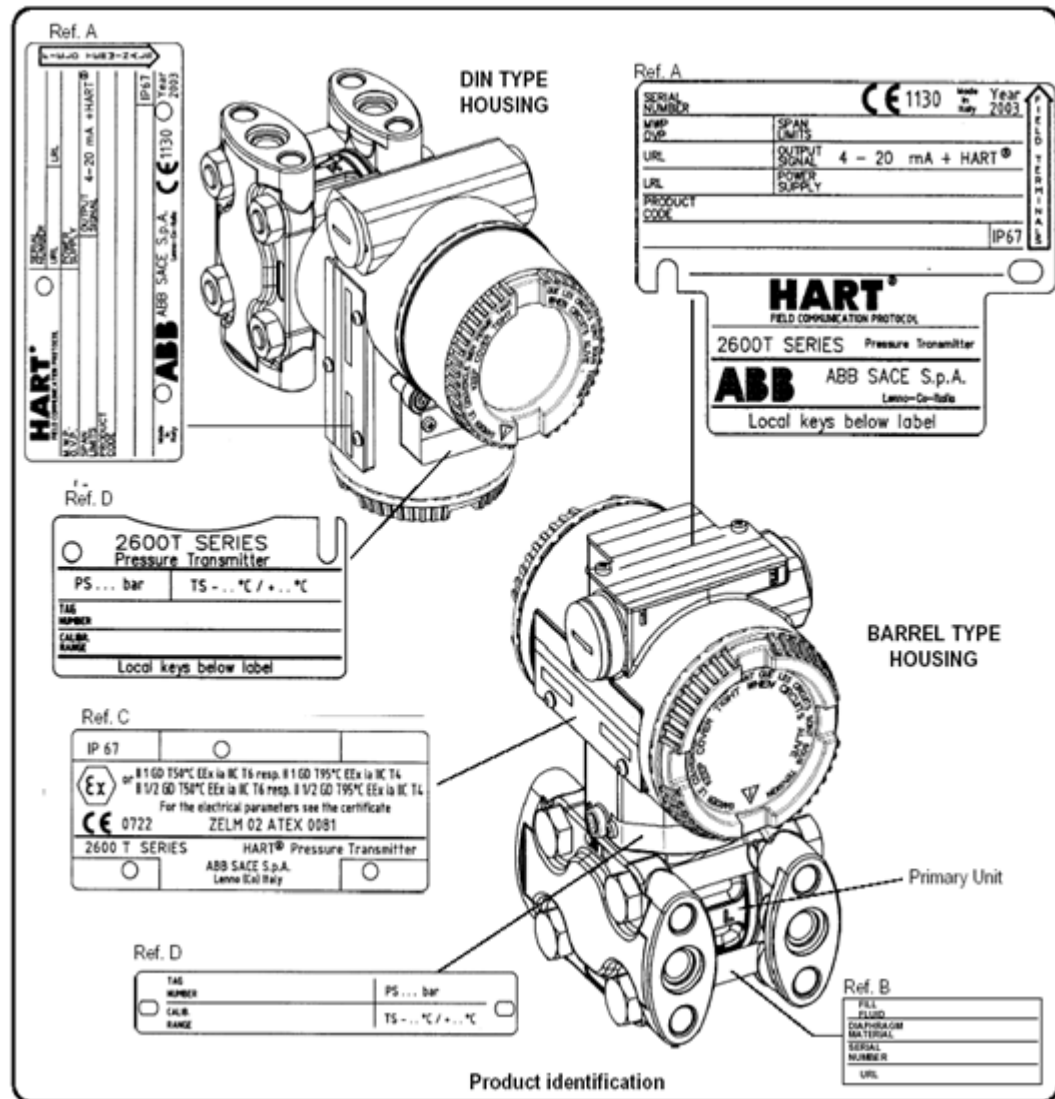


Figura 26. Transmisor de Presión Diferencial. [15]

La unidad electrónica está compuesta por las unidades de acondicionamiento de señal, conversión analógica-digital, memoria, microcontrolador, conversión digital

análoga, drive de corriente y módem. Esta arquitectura hace posible la funcionalidad del transmisor en la tecnología HART, en la que hace posible la configuración y el diagnóstico por medios digitales y la conexión al lazo de control análogo con señal de 4-20 mA. [15]

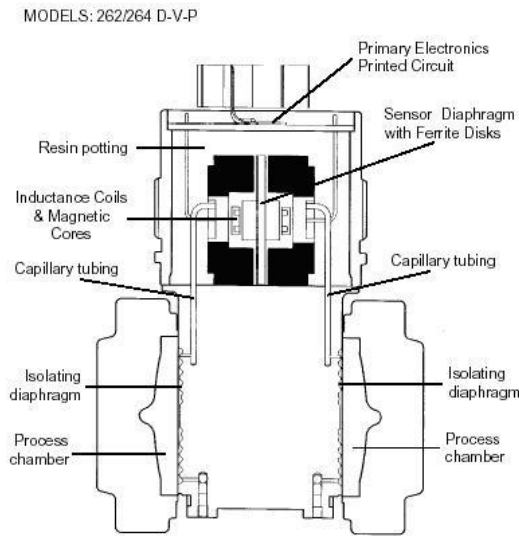


Figura 27. Principio de Operación del Transmisor de Presión. [15]

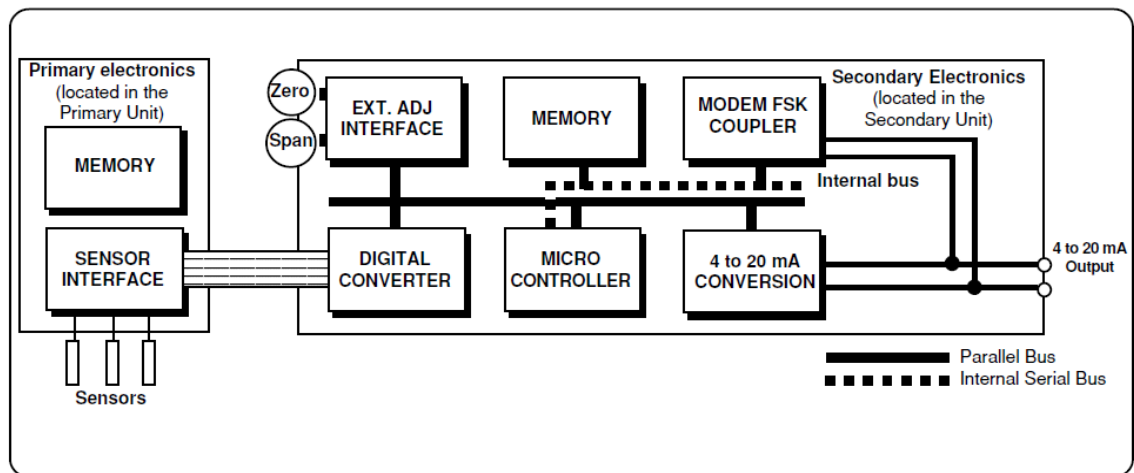


Figura 28. Diagrama de bloques del Transmisor. [15]

La conexión eléctrica de los transmisores se realiza en forma general, para el caso de los de presión diferencial que trabajan por protocolo HART, se realiza conectando el terminal positivo de la fuente al terminal positivo de la resistencia, el terminal negativo de la anterior al terminal positivo del transmisor y del terminal negativo de este al terminal negativo de la fuente. En el circuito se debe conectar el programador en paralelo con la resistencia o con el transmisor y ejecutar el menú de funciones necesario para realizar, la configuración, calibración o diagnóstico del instrumento.

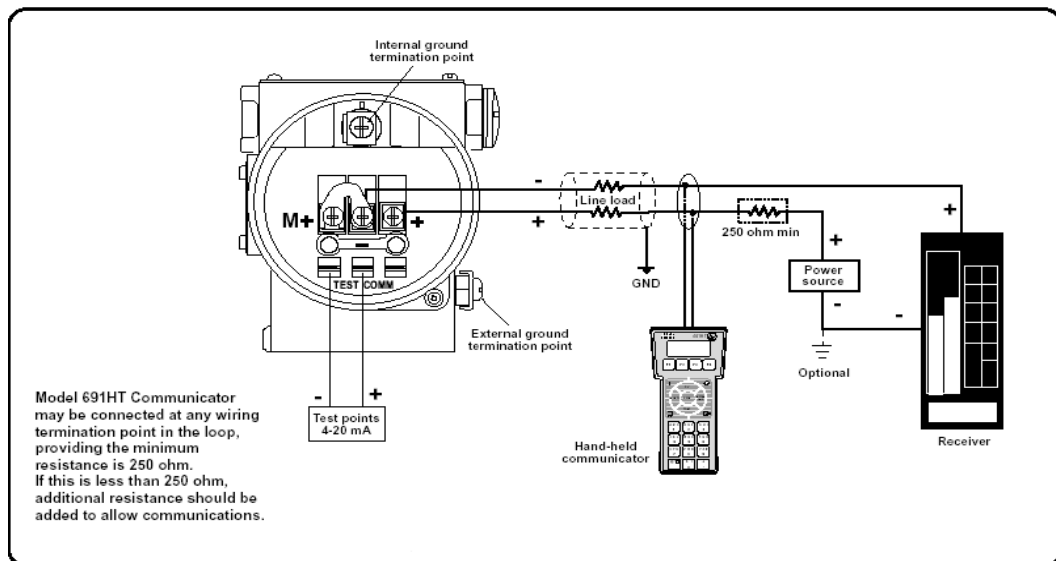
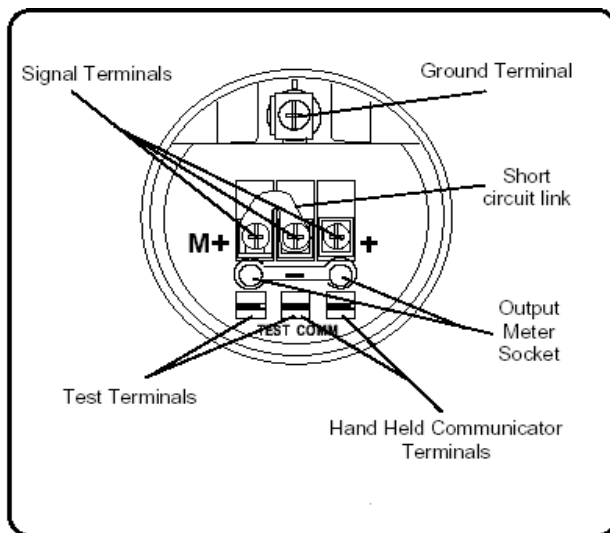


Figura 29. Diagramas de Conexión Eléctrica. [15]



Las actividades de servicio al transmisor consideran la posibilidad de calibración y mantenimiento. En el primer caso, las prestaciones de la tecnología de instrumentos HART no requieren de calibración y por lo tanto no debe ser realizado en forma indiscriminada. En caso de ser necesaria, siga las instrucciones hechas por el fabricante, previa disposición del sistema como lo muestra la figura siguiente.

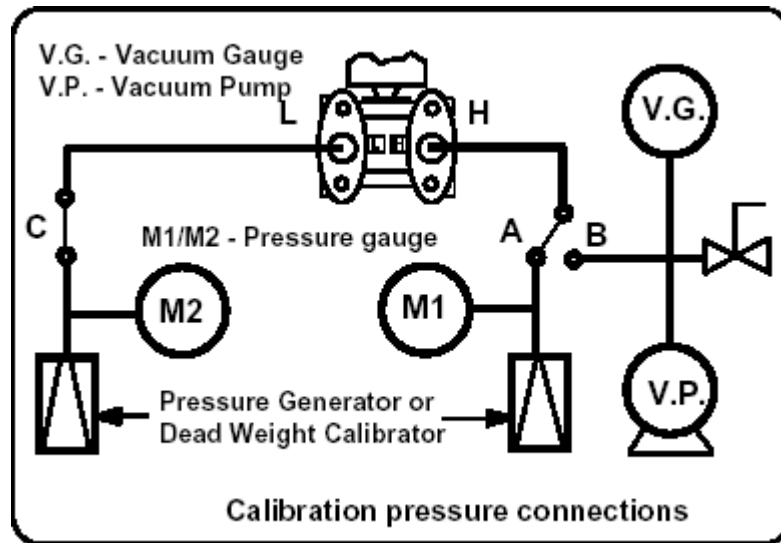
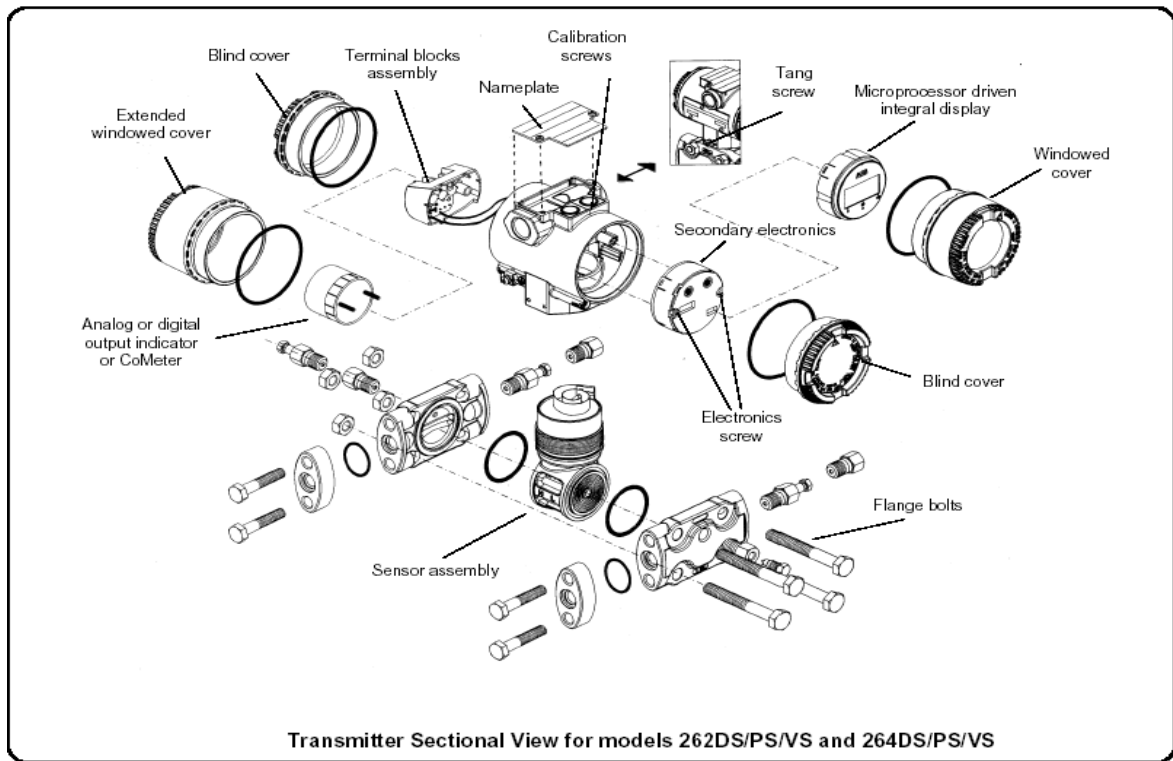


Figura 30. Diagrama de Calibración del Transmisor. [15]

Con relación al mantenimiento del transmisor de presión diferencial, se debe tener en cuenta que su diseño minimiza las necesidades de revisión periódica. En tal sentido, el programa de mantenimiento debe considerar la revisión de su ajuste, el buen estado de su conexión y en forma especial, debe garantizar el perfecto estado del diafragma. En el evento de diagnóstico o reparación, se debe usar los instrumentos, las herramientas y los materiales adecuados. [15]

Para cualquier mantenimiento o reparación del transmisor se debe tener en cuenta el desensamble que proporciona el fabricante, ya que es de gran ayuda y permite observar todos los componentes que posee dicho transmisor. A continuación se presenta el esquema de las partes del transmisor de presión diferencial.



**Figura 31.** Desensamble del Transmisor. [15]

### 3.2.2. Trasmisor de Nivel

La planta de extracción está dotada con 4 transmisores de nivel marca keller de la serie 25 los cuales se encuentran ubicados en los tanques de solvente, alimentación, extracto y refinado.



**Figura 32.** Transmisor de Nivel Serie 25. [16]

### 3.2.2.1. Conexión Eléctrica

El transmisor de presión manométrica, utilizado para la medida de nivel, debe tener una alimentación de 24V DC y tiene salida análoga de 4 – 20 mA, y su conexión general es como se muestra en la figura 10

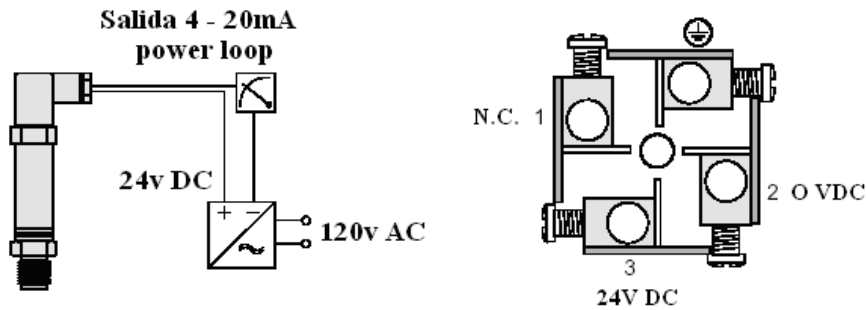


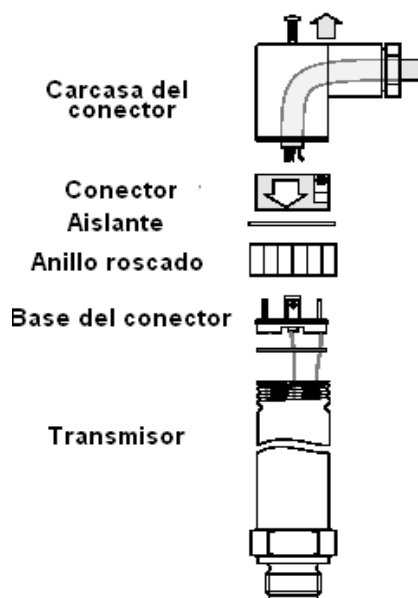
Figura 33. Conexión General del Transmisor de Presión. [16]

El transmisor dispone de un conector DIN 43650 el cual consta de cuatro bornes; el borne número 1 no tiene ninguna clase de conexión, el borne numero 2 debe ir conectado a los 0 V DC de la fuente de alimentación, el borne 3 debe ir conectado a los + 24 V DC de la misma fuente de alimentación y por último se encuentra el borne de conexión a tierra.

### 3.2.2.2. Ajuste a Cero

El transmisor tiene la opción de poder ajustar el cero de su rango de medición, el cual puede variar  $\pm 5\%$ . El potenciómetro usado para esto, está localizado en la parte interna del transmisor por debajo de la base del conector.

En la figura 33 se puede visualizar el modo de desmantelar el trasmisor para poder efectuar el ajuste a cero y prevenir posibles daños a la hora de desensamblar el dispositivo. [16]



**Figura 34.** Potenciómetro del Transmisor. [16]

Para acceder a este potenciómetro se debe seguir los siguientes pasos:

- Remueva la carcasa del conector y el conector.
- Afloje el anillo roscado pero trate de que la base del conector no gire, ya que se pueden dañar las conexiones internas del transmisor.
- Una vez que el anillo ha sido retirado, retire cuidadosamente la base del conector y el o'ring, y quedará al descubierto el potenciómetro de ajuste de cero, como el resto de la parte electrónica del transmisor.
- Gírelo; ya sea en sentido horario u antihorario para ajustar el offset del transmisor.
- Una vez se haya ajustado el nivel de offset vuelva a insertar la base del conector y el anillo roscado teniendo en cuenta de que la base del conector no gire y vuelva a instalar el conector.

Para su mantenimiento se debe tener en cuenta la alta delicadeza con que se debe manipular el transmisor y principalmente el diafragma del sensor, ya que cualquier alteración en este puede causar un error de medición considerable.

### 3.2.3. Transmisor de Flujo

Los transmisores con que cuenta la planta para la medida de flujo a la carga y descarga del Extractor, los intercambiadores de calor son del tipo de paleta rotatoria. Los instrumentos, modelo DRH de KOBOLD, han sido seleccionados por sus características de precisión, por lo que son aptos para uso en ambiente industrial y son usados para la medición del flujo de líquidos ligeramente viscosos. Los rangos de presión caudal en las líneas son de 0,05 – 0,2 galones por minuto.



Figura 35. Transmisor de Flujo. [17]

Estos tipos de medidores de caudal trabajan, basado en un principio de paleta rotatoria; un imán acoplado en la paleta y herméticamente sellado del medio, transmite sin contacto el movimiento rotatorio a un sensor de “efecto Hall” montado en la cubierta. El sensor convierte el efecto rotatorio, que es proporcional al caudal, en una señal de frecuencia. Una unidad electrónica conectada en serie envía la señal a una salida analógica.

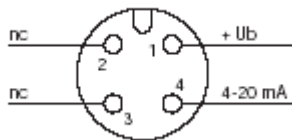


Figura 36. Diagrama de Conexión del Transmisor de 2 hilos. [17]

En la figura anterior se muestra el conector DIN 43650 y su diagrama de conexión de pines, el cual consta de cuatro bornes; los bornes número 2 y 3 no se conectan, el número 1 se conecta a los + 24 V DC de la fuente de alimentación y el número 4 como retorno de la señal de 4 – 20 mA. [17]

Las características del Transmisor son:

<b>Presión máxima:</b>	230 psi
<b>Rango de temperatura:</b>	0 a 100 ° C
<b>Precisión:</b>	± 3,0% escala máxima
<b>Resistencia Max:</b>	500 $\Omega$

En el uso de estos transmisores es recomendable, que siempre las instalaciones del proceso, tanto las tuberías, como el flujo a medir estén siempre libre de impurezas, tales como sólidos y residuos. Para su mantenimiento se debe tener en cuenta la alta delicadeza con que se debe manipular el transmisor y especialmente el mecanismo de paleta rotatoria, ya que cualquier deformación de la paleta puede causar un error de medición considerable. [17]

### **3.2.4. Trasmisor de Temperatura**

La planta de líquido-líquido dispone para la medida de temperatura en el extractor, de un sensor y un transmisor de temperatura, integrados. El sensor de temperatura (TE 308) utilizado en la planta, crea cambios de resistencia, a partir de los cambios de temperatura y el transmisor, crea cambios de señal de 4 – 20 mA, ante los cambios de resistencia anteriores. Como se observa en la figura 36, el transmisor es del tipo miniatura y se encuentra ubicado dentro del cabezote del elemento de temperatura.



**Figura 37.** Trasmisor de Temperatura. [8]

Las características de los elementos son:

- Material del elemento: Platino
- Resistencia: 100 Ohm a 0 °C
- Precisión: 0,1 % a 0 °C
- Rango de temperatura: - 180 a 800 °C
- Coeficiente de Temperatura: 0,00385
- $T_{ao}$ : < 7 s
- Estabilidad: menor de 0,25 °C a 0 °C
- Repetibilidad: 0,1 °C del span de temperatura
- Resistencia de aislamiento: 100 megaOhm a 50 V DC
- Autocalentamiento: menor de 50 mW/°C
- Máxima corriente: 5 mA

El sensor RTD se verifica montándolo en un baño de calibración termostático y comprobando que los valores de resistencia entregadas por él, correspondan a las temperaturas del producto en el baño. El transmisor de resistencia a 4 – 20 mA se verifica cuando, al usar un calibrador de señales de resistencia en la entrada del sensor, se obtienen señales de 4–20 mA.

### 3.2.5. Válvula Reguladora

La válvula reguladora marca DELTA, cuenta con un actuador eléctrico giratorio que mueve un tapón de bola y tiene reposición por resorte. Su cuerpo es de bronce y la regulación de flujo se realiza mediante el cambio de posición del delta port que está ubicado en la bola.

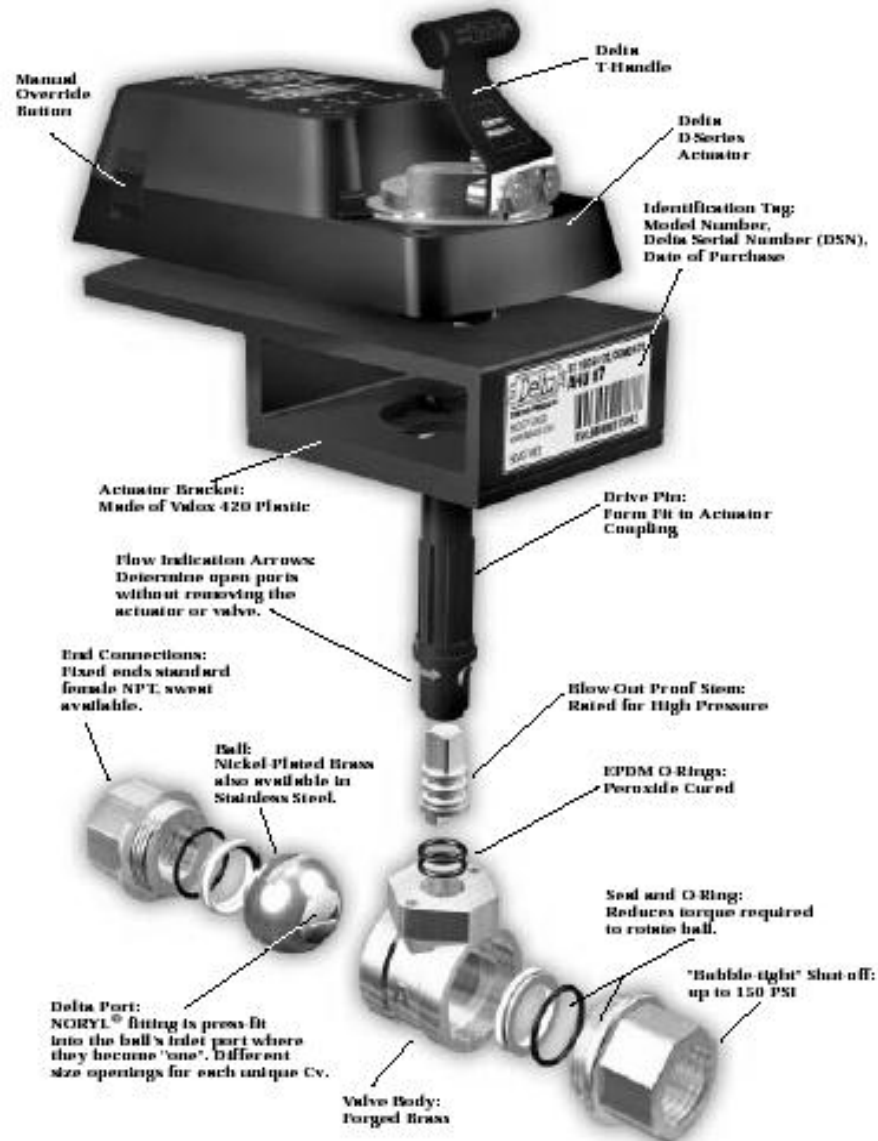


Figura 38. Válvula Reguladora de Flujo. [18]

El cuerpo y el actuador de la válvula LCV308 corresponden, respectivamente, a los modelos ST 05 - 2 - 004 y DMS 2453. En la tabla 6, se aprecian alguna de las



características de diseño de la válvula. Según el modelo indicado, se debe tener en cuenta la válvula de ½”, la cual corresponde a un Cv de 0,38 PSI.

**Tabla 6.** Característica de la Válvula Reguladora. [18]

VAIVE SIZE	MODEL NO.	FULL PORT	0.5	Cv* 1.0	DIFFERENTIAL PRESSURE (PSI)									
					1.5	2.0	2.5	3.0 Δ	3.5 Δ	4.0 Δ	4.5 Δ	5.0 Δ	7.0	10.0
1/2"	ST 05-2-004		0.3	0.38	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	1.0	1.2
	ST 05-2-007		0.5	0.68	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.8	2.2
	ST 05-2-01		0.9	1.3	1.6	1.8	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.4	4.1
	ST 05-2-03		1.8	2.6	3.2	3.7	4.1	4.5	4.9	5.2	5.5	5.8	6.9	8.2
	ST 05-2-05		3.3	4.7	5.8	6.6	7.4	8.1	8.8	9.4	10.0	10.5	12.4	14.9
	ST 05-2-08		5.7	8.0	9.8	11.3	12.6	13.9	15.0	16.0	17.0	17.9	21.2	25.3
	ST 05-2-12	⊙	8.3	11.7	14.3	16.5	18.5	20.3	21.9	23.4	24.8	26.2	31.0	37.0

Por la característica constructiva y de funcionamiento de la Válvula, se requiere que sea mantenida en buen estado de limpieza y conexión. En períodos regulares de funcionamiento y efectuar las inspecciones y correctivos necesarios para mantener los actuadores electrónicos y el mecanismo de regulación de flujo funcionando en buen estado. En el mantenimiento de las válvulas, hay que disponer de la herramienta adecuada; destornilladores, multímetro y limpiadores, así como de las partes de reemplazo necesarias. [18]

### 3.2.6. Bomba Dosificadora

La planta líquido-líquido dispone, para el bombeo de los productos desde los tanques a la columna de extracción, de un par de bombas dosificadoras de la marca Milton Roy, modelo C 731-27. Las bombas poseen buenas prestaciones constructivas y excelentes características funcionales que permiten hacer una dosificación precisa de los productos e insumos de la planta.

Su construcción se basa en el uso de polímeros, los cuales aseguran buena resistencia mecánica y compatibilidad con los componentes químicos de los productos. El diafragma está formado de un compuesto conocido como fluorofilm con el cual se asegura su buen desempeño. [19]

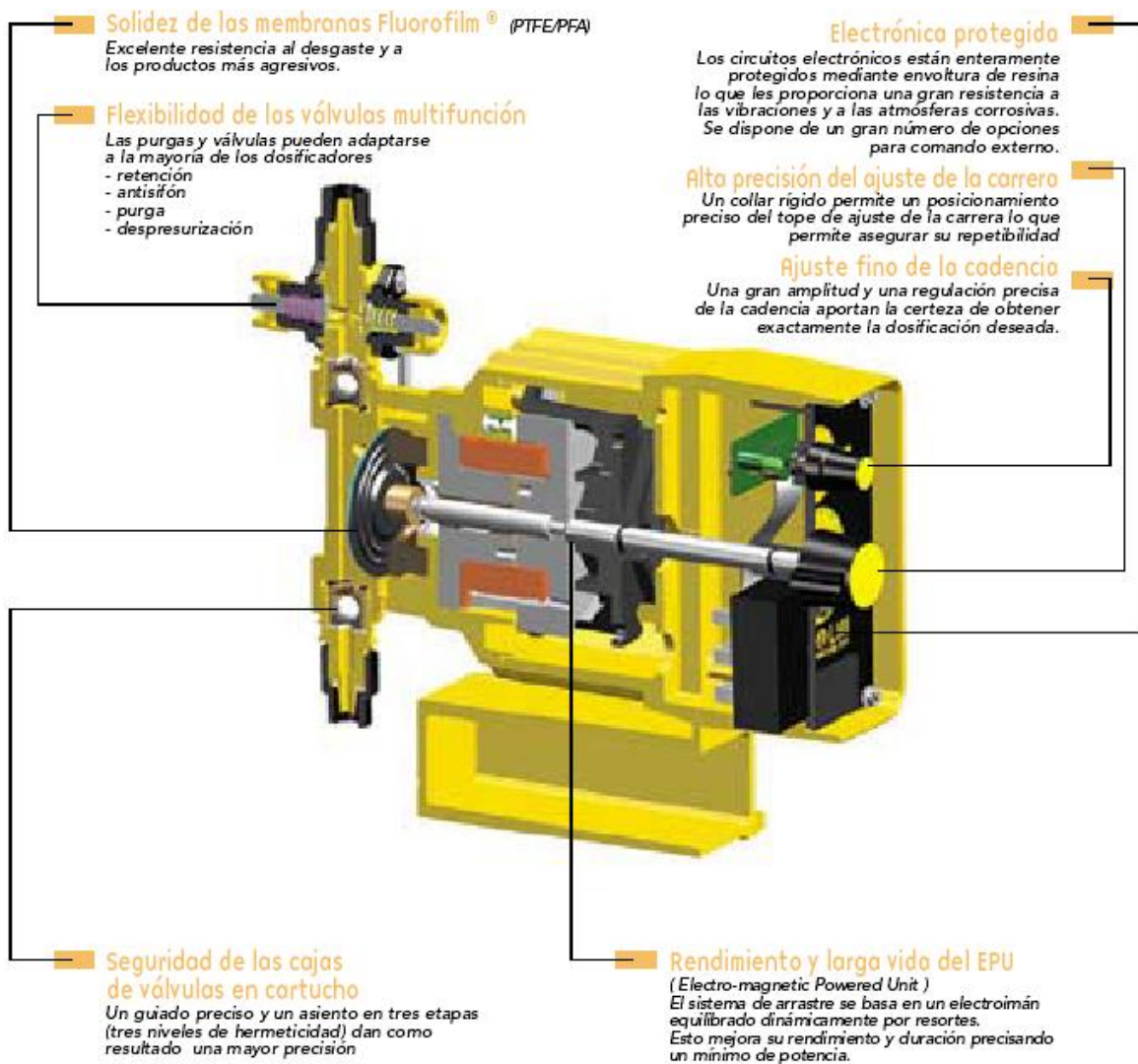


Figura 39. Partes de la Bomba Milton Roy M309 y M310. [19]

#### Características técnicas:

- Bomba tipo: Electromagnética de membrana seca
- Temperatura máxima de fluidos: 50 ° C
- Altura de cebado: 1,5 m
- Precisión: 2 %
- Carter: Reforzado con fibra de vidrio
- Protección: IP 65
- Dosificadores: PVC; PVDF, PGC
- Voltaje: 120 V
- Corriente: 3 A
- Q máx: 30 l/h

En la figura 38 se aprecia el modelo constructivo de las bombas dosificadoras M 309 y M 310. Se observan los controles que posee para la operación manual y automática, y la perilla de ajuste de dosificación. En la parte interior, se encuentra el mecanismo de diafragma dispuesto para la dosificación de flujo, en el cual, el vástago se halla acoplado al electroimán. La pulsación se presenta de acuerdo con la duración del pulso de voltaje entregado a la bobina por la unidad electrónica de la bomba, a partir de la señal de 4-20 mA convertida a pulsos.

En el mantenimiento de la bomba se requiere que esté bien ajustada y que, posterior a su desinstalación, sus conexiones queden seguras; teniendo en cuenta que trabaja con niveles de tensión que pueden afectar la operación de los equipos y la integridad de las personas, y con señales que pueden afectar su funcionamiento. Como se ha especificado, el diseño de la bomba tiene un alto grado de protección que hace que la bomba soporte condiciones de uso exigentes. En catálogos adicionales, elaborados por el fabricante, podrá encontrar información complementaria. [19]

La tabla 7, muestra las características nominales de funcionamiento de la bomba dosificadora electromagnética Milton Roy. En la búsqueda se debe tener presente la referencia C731-27.

**Tabla 7.** Características Nominales de la Bomba Milton Roy. [19]

Modelo	Modo de operación posible					Caudal <i>maxi</i> l/h	Presión <i>maxi</i> bares	Cilindrada <i>mini</i> cm	Cilindrada <i>maxi</i> cm	Potencia <i>instantánea</i> W	Consumo <i>maxi</i> Wh
	0	1	5	7	9						
	Versión Membrana										
Px2*	x	x				0.75	10.3	0.07	0.22	75	11
Px3*	x	x				1.6	7.6	0.13	0.44	75	11
Px7*			x			1.6	9.7	0.08	0.27	75	11
Px4*	x	x	x			2.2	17.3	0.07	0.37	150	22
Px5*	x	x	x			3.8	7.6	0.13	0.63	150	22
Px6*	x	x	x			7.6	3.5	0.25	1.26	150	22
Px8*	x	x	x			12	1.5	0.4	2.00	150	22
Ax7*				x	x	1.6	9.7	0.08	0.27	75	11
Ax4*				x	x	2.2	17.3	0.07	0.37	150	22
Ax5*				x	x	3.8	7.6	0.13	0.63	150	22
Ax6*				x	x	7.6	3.5	0.25	1.26	150	22
Bx1*		x		x	x	6	10.3	0.1	1.00	248	29
Bx2*		x		x	x	9.5	6.9	0.16	1.58	248	29
Bx3*		x		x	x	17	3.4	0.28	2.83	248	29
Bx4*		x		x	x	26	2	0.44	4.42	248	29
Cx0*		x		x	x	4.9	20.7	0.08	0.81	420	56
Cx1*		x		x	x	9.5	10.3	0.16	1.58	420	56
Cx2*		x		x	x	15	6.9	0.25	2.52	420	56
Cx3*		x		x	x	30.4	4.1	0.51	5.05	420	56
Cx4*		x		x	x	76	1.7	1.26	12.60	420	56
Jx4L			x			1.6	9.7	0.08	0.27	110	19
Jx5L			x			3.8	4.1	0.13	0.63	110	19
Jx6L			x			7.6	1.4	0.25	1.26	110	19
Versión Pistón											
Hx4*-NBP				x		0.28	80	0.01	0.05	150	18
Hx4*-N10P				x		0.45	50	0.02	0.075	150	18
Hx4*-N12P				x		0.65	35	0.03	0.11	150	18
x El segundo carácter define el modo de operación posible * El cuarto carácter define la tensión de alimentación y el tipo de conector 1=115 V - ficha US                      5=230 V - ficha UK 2=230 V - ficha US                    7=230 V - ficha CH 3=230 V - ficha DIN                    L=12 V						El tipo y los materiales del dosificador se definen en función del producto bombeado Ejemplo: A953 - 392SM bomba - dosificador.					

### 3.2.7. Controlador de RPM y Torque

La planta dispone del motor agitador, con control electrónico de RPM y torque, código G 301. El agitador consta de tres partes fundamentales; (1) la consola de programación, (2) la cabeza del mezclador, (3) el eje y la propela.



**Figura 40.** Mezclador Servodyne. [20]

El mezclador servodyne es un regulador electrónico de velocidad. Mediante el uso de la consola, se pueden ajustar variables como tiempo de funcionamiento, revoluciones por minuto (rpm) y el torque máximo para protección del mezclador (oz-in). La unidad de control se puede comunicar con un computador personal por medio de una interfase RS-232 obteniendo así la opción de monitorear y modificar los parámetros de funcionamiento del mezclador. En el diseño de la planta de líquido-líquido, la configuración y operación del mezclador se hará por medio de la consola.

La consola de programación es una unidad de control microprocesada que cuenta con una memoria EPROM, con la cual los parámetros de una sesión anterior pueden utilizarse posteriormente.



Figura 41. Consola de Programación. [20]

La función de las partes que conforma la consola son:

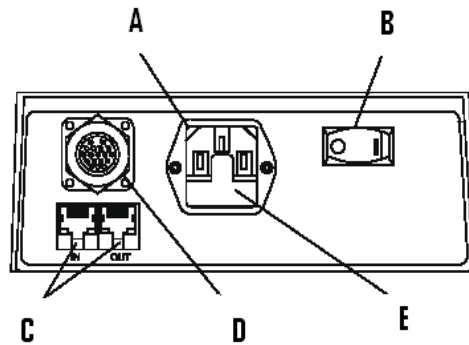
1. **DISPLAY:** consta de cuatro dígitos, su función mostrar el tiempo de mezclado seleccionado, el tiempo restante de mezclado, las revoluciones por minuto del motor (rpm) y los valores de torque.

2. **TIME:** el uso del botón TIME en conjunto con los botones de incremento o decremento permite la configuración de un tiempo de mezclado deseado. Al presionar una vez el botón TIME, el “display” estará listo para programar el tiempo de funcionamiento, el dígito de la parte izquierda empezará a resplandecer indicando que está listo para ser modificado con la teclas de incremento o decremento; ese dígito nos indica los minutos. Al presionar el botón TIME una segunda vez, el dígito de la parte derecha empezará a titilar y se modificara con los botones de incremento o decremento. Al presionar el botón TIME por tercera vez, si el motor está en funcionamiento empezará el conteo regresivo hasta parar el motor con el tiempo que se ha programado, pero si el motor está apagado simplemente se almacena el tiempo programado hasta que se encienda el motor.

El tiempo máximo que podemos programar es de 99 minutos y 59 segundos. Si se programa un tiempo de cero minutos cero segundos se tendrá un funcionamiento continuo del motor.

3. **RPM:** presionando el botón RPM, el “display” destella indicando que el valor de la velocidad del motor puede ser programado con los botones de incremento o decremento.
  
4. **TORQUE:** el torque límite consta de un torque máximo (HI) y mínimo (LO), al presionar el botón TORQUE en el primer dígito aparecerá una H o una L indicando los límites máximo y mínimo, y los otros tres últimos dígitos mostrarán el valor actual. Presionando nuevamente, los parámetros estarán listos para ser modificados con los botones de incremento o decremento. Para almacenar el cambio de configuración simplemente se oprime el botón TORQUE nuevamente. Este parámetro sirve como protección al elemento mezclador, ya que si en algún caso el mezclador llegara a hacer una fuerza excesiva, con límite de torque el motor se detendría y aparecería una alarma en el “display” destellando el anuncio “HI”.
  
5. **TORQUE ZERO:** este botón debe ser accionado cuando la propela esté en funcionamiento, en el aire libre o en un fluido de referencia, este parámetro es para un valor cero de referencia al mezclador.
  
6. **START:** inicia el funcionamiento del mezclador.
  
7. **STOP:** para el funcionamiento del motor en cualquier momento.
  
8. **TECLAS DE INCREMENTO Y DECREMENTO:** sirven para modificar los valores de los parámetros del mezclador (TIME, TORQUE, RPM).
  
9. **LEDs:** indican en que parámetro o función se está visualizando.

En la parte posterior de la consola se encuentra:



**Figura 42.** Parte Posterior de la Consola de Programación. [20]

- A.** IEC 320, módulo de entrada de alimentación (120 V AC).
- B.** Switch de encendido y apagado.
- C.** Entrada RS-232C (IN), entrada del cable conector desde el computador maestro o del anterior mezclador. Salida RS-232C (OUT), salida del cable conector al siguiente mezclador.
- D.** Conector de la cabeza del mezclador, conector multipin que habilita al microprocesador para identificar la cabeza del mezclador conectada y las propiedades de control de velocidad y torque.
- E.** Fusible, T3.15A (115V AC), T1.6A (230V AC).



## **4. AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA DE EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO**

La planta de extracción líquido-líquido, está diseñada con un sistema de control basado en un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual permite la adquisición de las señales provenientes del proceso y, previo procesamiento, genera las acciones correctivas de las variables reguladas y controladas de la planta. El PLC se halla conectado a una pantalla gráfica que está dispuesta como interfaz para la operación local de la Planta.

La interfaz sirve para ajustar las referencias y manipular los estados de los parámetros y las variables que, en el programa de control, se asocian al proceso. El diseño del entorno de operación es similar a los existentes en las plantas de procesos industriales, en donde los operadores pueden realizar la visualización y operación de la planta en ambientes virtuales.

El sistema automático de control integra un conjunto de elementos sensores, transmisores, aparatos e instrumentos de control y regulación conectados a un PLC de la marca NAIS. El software de configuración del PLC es el FPWIN Pro 6 y el software de configuración de la pantalla grafica el GTWIN versión 2.2.

### **4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A AUTOMATIZAR**

En esta planta, la extracción se lleva a cabo alimentando la fase pesada de líquido por la parte superior de la columna de extracción (E 308) y, por el fondo la liviana. La operación de transferencia de masa se realiza al poner en contacto estas dos fases. En este tipo de operación, la solución que se va a extraer se llama “alimentación”, y el líquido con el cual se pone en contacto, “solvente”. El producto de la operación rico en solvente se le denomina “extracto” y el líquido residual de donde se separó el soluto, “refinado”.

La columna está equipada con un agitador de discos en toda su longitud, al cual se le puede variar la velocidad de manera electrónica.

Para la alimentación de las fases, se dispone de dos bombas dosificadoras de flujo variable, M 309 y M 310. Se cuenta con dos tanques para los productos que ingresan a la columna (alimentación y solvente) y dos para los de salida (extracto

y refinado). Además, se cuenta con dos separadores tipo embudo, para facilitar la separación, en caso de arrastre de alguno de los productos.

Las bombas dosificadoras tienen instaladas, en la línea de succión, unas probetas graduadas para determinar el flujo de las bombas (FI 309 y FI 310), en caso que haya falla en el transmisor de flujo o cuando se quiera trabajar la Planta de manera manual.

#### **4.2. SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO**

En el sistema de control automático, los transmisores de nivel y flujo envían la señal correspondiente, a las variables de proceso medidas, a los canales de entrada en el PLC. La comparación entre el valor medido y el valor de referencia da lugar a un error que será procesado para activar la señal de manipulación de los actuadores (bombas dosificadoras y válvula reguladora) que corresponden a los lazos de control de flujo y nivel.

#### **4.3. ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN**

El proceso comprende cuatro etapas: cargue de solvente y alimento, llenado de la columna, extracción y drenaje de la Planta. La primera y última etapa se ejecuta de manera manual por parte del practicante y las otras dos, el PLC.

##### **4.3.1. Etapa 1. Cargue Solvente y Alimento**

- Cierre todas las válvulas de drenajes de los equipos, las tuberías y los toma muestras.
- Deposite la cantidad requerida de solvente (fase liviana) en el tanque TA 304 y de alimentación (fase pesada) en el tanque TA 307.
- Cierre las válvulas de salida de los tanques TA 305 y TA 306.
- Cierre las válvulas que comunican los Separadores SE 302 y SE 303 con los Tanques TA 305 y TA 306.
- Abra las válvulas de salida de los tanques TA 304 y TA 307 y las válvulas de succión y descarga de las bombas M 310 (fase liviana) y M 309 (fase pesada) respectivamente.

#### **4.3.2. Etapa 2. Llenado de Columna**

- Prenda las bombas dosificadoras M309 y M310 hasta llenar completamente la columna de extracción y una vez en el tope de la columna apague las bombas de solvente y alimento.
- Prenda el agitador a baja velocidad hasta alcanzar la velocidad especificada en la consola de programación.
- Mantenga en agitación la Columna por el tiempo de espera especificado en la consola de programación del agitador.

#### **4.3.3. Etapa 3. Extracción**

- Una vez cumplido este tiempo, prenda de modo simultáneo las bombas de alimento y de solvente.
- Se Inicia el ciclo de control de nivel en la columna, con la apertura de la válvula automática LCV 308.
- Tome las muestras de productos, de acuerdo con lo que requiera el instructor a cargo del proceso.
- Al inicio el extracto y el refinado se depositan en los separadores SE 302 y SE 303 en su orden. Observe la apariencia de los líquidos. Estos no deben formar dos fases de líquidos inmiscibles. Si se considera que la apariencia es adecuada, se puede proceder a abrir las válvulas que comunican los separadores con los respectivos tanques de almacenamiento. En caso que los líquidos no presenten una apariencia adecuada, déjelos un tiempo en los separadores y, luego, retire la fracción líquida que esté contaminando. Una vez descontaminados, páselos a los tanques de almacenamiento. Los líquidos retirados se pueden reprocesar, ingresándolos a los tanques de alimento o solvente, según sea el caso.
- Cuando se haya terminado el solvente y el alimento, apague las bombas dosificadoras de solvente y alimento.
- Apague el agitador.

#### 4.3.4. Etapa 4. Drenaje de la Planta

- Drene equipos y tuberías de manera manual para realizar los balances de materia correspondientes.

#### 4.4. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Los autómatas programables poseen una estructura interna muy similar entre ellos y aunque su aspecto externo pueda ser diferente, se puede decir que son bastante parecidos.

Aunque el autómata puede verse como una caja negra con entradas y salidas para interactuar con el mundo exterior, conviene acercarnos a su estructura interna, lo que nos permite entender mejor sus prestaciones para controlar procesos y maquinas.

Todos los autómatas llevan en su interior los siguientes bloques funcionales que están interconectados a través del microprocesador.

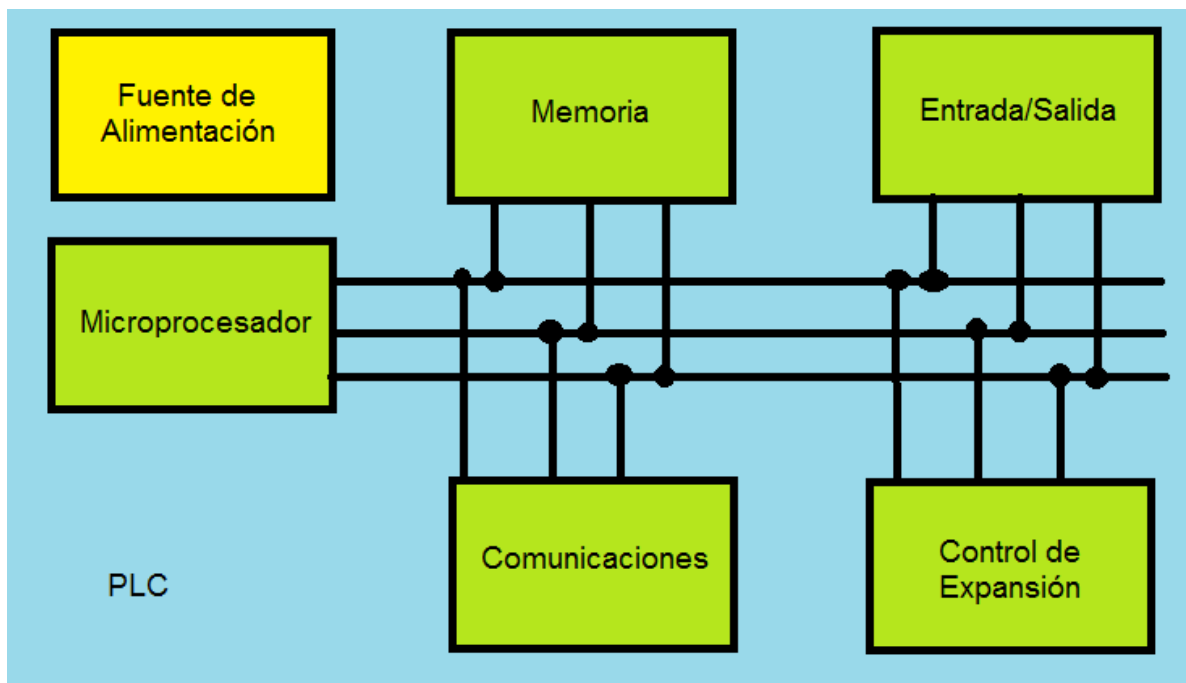


Figura 43. Estructura Interna de un Autómata. [21]

Microprocesador: Constituye el cerebro del autómata. Este lee y ejecuta las secuencias del programa que reside en la memoria, de forma que, en función de los valores de las entradas, calcula los valores de salida. Además, permite operaciones adicionales. Como la actualización continua de temporizadores y contadores internos, el autodiagnóstico de todo el sistema para detectar posibles fallos de funcionamiento, etc.

Memoria: Está formada por distintos componentes que constituyen un único bloque; que permite almacenar el programa de usuario mediante algún sistema de programación.

Desde el punto de vista de retención de datos grabados, la memoria puede ser volátil o no volátil. La primera pierde información en ausencia de tensión de alimentación, mientras que la segunda no.

Bloque de Comunicaciones: Permite comunicar al autómata con el mundo exterior para programarlo, para acceder a sus datos internos (Valores de memoria, valores de contadores y temporizadores, etc.) o bien para intercomunicar diferentes autómatas entre sí.

Bloque Entrada/Salida: La forman el conjunto de elementos que permiten al autómata conectarse con el proceso que hay que controlar. Existen diferentes tipos de entradas/salidas, pero siempre con aislamiento óptico. Este tipo de aislamiento es necesario porque permite proteger la electrónica interior del autómata del proceso al cual debe conectarse.

Control de Expansión: Permite la conexión del autómata con otros módulos para ampliar sus prestaciones. Es el interlocutor entre el autómata y el módulo o módulos añadidos. Los microautómatas y algunos autómatas compactos pequeños no disponen de control de expansión.

Aparte de estos bloques todo autómata necesita una fuente de alimentación que le suministre energía para su funcionamiento, adecuando la tensión de red a las condiciones de tensión y corrientes necesarias. [21]

#### **4.4.1. La Estructura Interna**

Los autómatas pueden clasificarse en dos grupos: los compactos y los modulares.

Autómatas Compactos: Son aquellos en que todos los elementos de su estructura interna están alojados en un único habitáculo o caja.

Los autómatas compactos corresponden a las gamas bajas de los distintos fabricantes y se caracterizan por:

- Un coste relativamente económico.
- La mayoría de los modelos compactos disponen únicamente de entradas y salidas digitales en un número no superior a 16 entradas y 16 salidas. Excepcionalmente, algunos modelos pueden tener una o dos entradas analógicas.
- Disponen de la fuente de alimentación integrada, lo que permite conectarlos directamente a la red eléctrica.
- También disponen de un conjunto suficiente de instrucciones, temporizadores y contadores internos, que permiten la programación del autómata para el control de instalación y/o máquinas de poca complejidad.

Autómatas Modulares: son aquellos en que todos los elementos de su estructura interna están distribuidos en diferentes habitáculos o cajas, llamadas módulos.

Los autómatas modulares corresponden a las gamas medias y altas de los distintos fabricantes y aportan una mayor flexibilidad en el control de procesos, máquinas e instalaciones, ya que son configurables tanto en tamaño como en prestaciones. Se caracterizan por los siguientes aspectos:

- Son más costosos y voluminosos que los compactos.
- Permiten adaptarse al tamaño de la instalación o al proceso que controlan mediante el acoplamiento de más módulos de entradas y salidas. Esto facilita posibles ampliaciones o modificaciones de las instalaciones.
- Dispone de un gran número de entradas y salidas digitales y analógicas si son necesarias.

- Los módulos se interconectan unos con otros y forman un sistema conjunto que se sustenta sobre un carril DIN normalizado. La conexión entre módulos puede ser modulo a modulo o sobre un bastidor común (llamado rack).

#### 4.4.2. La Memoria de los Automatas

En los autómatas, la memoria la forman un conjunto de circuitos integrados de tipo RAM, ROM, flash u otros, y cumple básicamente dos objetivos:

- Contener el programa básico de gestión del propio autómata, lo que se podría denominar el sistema operativo o gestor de recursos básicos del autómata, que ocupa muy poco espacio (a diferencia del sistema operativo de los ordenadores de tipo PC).
- Contener el programa que le ha introducido el usuario, con la secuencia de operaciones que el autómata debe realizar para controlar el proceso al que está conectado.

	Sistema operativo
Datos del proceso	Palabras de configuración del autómata
	Programa del usuario
Datos de control	Bits internos, marcas, área de datos, contadores, etc.
	Tabla con la imagen de entradas
	Tabla con la imagen de salida

Figura 44. Memoria de un autómata. [22]

Además de almacenar en la memoria el sistema operativo y el programa de usuario, debe disponerse de una parte de la memoria para poder guardar en ella la información necesaria para el correcto funcionamiento del autómata y del sistema bajo control.

La información en memoria contiene básicamente dos tipos de datos:

Datos del Proceso: Son las señales procedentes del proceso o que van hacia él, es decir las entradas y salidas del autómata, las variables internas de tipo bit y de tipo palabra y los datos alfanuméricos y constantes, así como contadores, registros y temporizadores.

Datos de Control: Son las instrucciones de usuario y los datos de configuración del propio autómata (modo de funcionamiento, número de entradas y salidas conectadas, parámetros de configuración de las comunicaciones, etc.). [22]

#### **4.4.3. Las Entradas y Salidas**

El autómata se comunica con el mundo exterior mediante las entradas y salidas. Estas entradas y salidas tienen unos bornes para la conexión de los cables que transportan la información procedente del sistema controlado y para el transporte de la información hacia el mismo.

Tanto las entradas como las salidas se consideran interfaces del autómata encargadas de varias funciones:

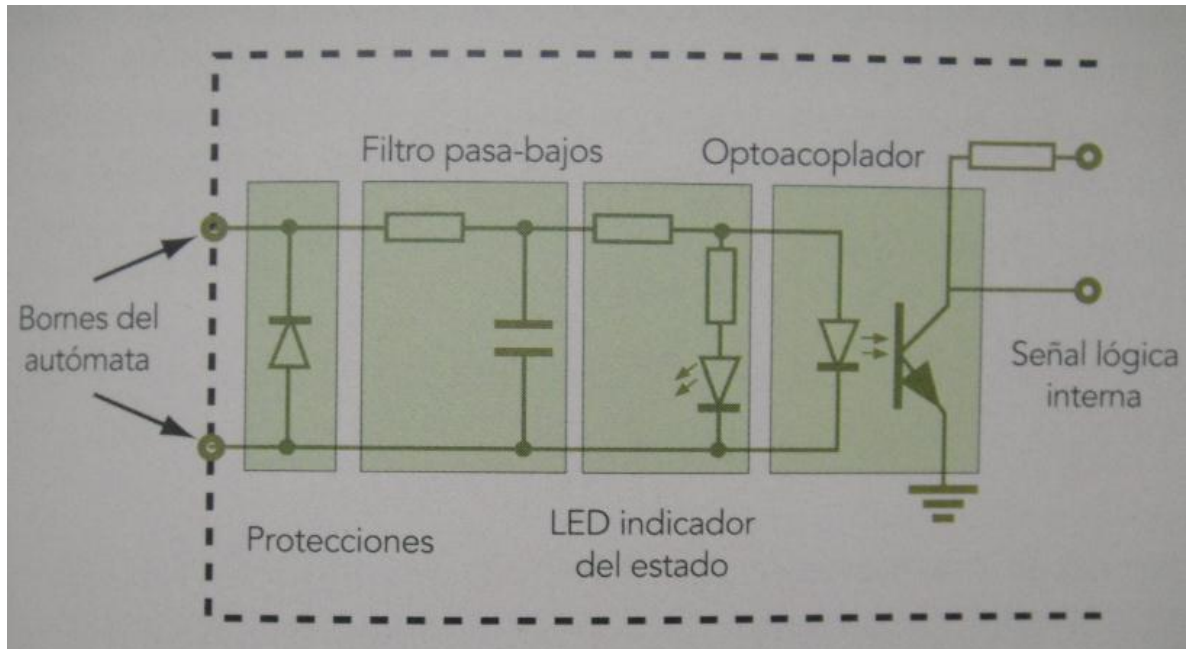
- Adaptan los niveles de tensión o corriente de la señal de entrada, procedente de los captadores, a los niveles internos de trabajo del autómata. Esta adaptación incluye el filtrado del posible ruido eléctrico que puedan contener las señales.
- Codifican esta señal para que la CPU la pueda procesar correctamente.
- Decodificar la información que proviene de la memoria de salida.
- Adaptar los niveles de tensión o corriente de dicha señal.

##### **4.4.3.1. Entradas Digitales**

Las entradas digitales son aquellas por las que el autómata se conecta al mundo exterior para recoger información digital.



En la figura 42 se puede observar la estructura interna de una entrada digital. Todas disponen de los siguientes bloques.



**Figura 45.** Entrada Digital de un Autómata. [23]

Protecciones: un diodo, para este ejemplo.

Filtros: Eliminan el ruido eléctrico que la señal conectada a la entrada puede contener.

Indicador de estado de la entrada: Un LED permite visualizar el estado de la entrada.

Optoacopladores: Se traspa la información o señal de forma óptica mediante el conjunto emisor (LED) y receptor (fototransistor). Al otro lado del optoacoplador, el fototransistor entrega la señal lógica a la parte interna del autómata para que sea almacenada en la tabla de imagen de las entradas. [23]

#### 4.4.3.2. Entradas Analógicas

Se denominan entradas digitales aquellas por las que el autómata, logra conectarse al exterior para recolectar información analógica. Su valor debe convertirse en una palabra binaria para que el autómata lo pueda procesar.

Un convertidor analógico-digital sirve para expresar en código binario un valor de tensión analógica en un tiempo de conversión relativamente rápido.

Las entradas analógicas son más propias de los autómatas modulares que de los compactos, de modo que existen módulos dedicados a dichas magnitudes que incorporan, normalmente dos o cuatro entradas analógicas en forma de tensión o corriente con diferentes rangos: en tensión continua es habitual poder operar en los rangos de 0V a 5V, de 0V a 10V o de -5V a +5V, mientras que en corriente se acostumbra a operar entre 0 a 20mA o 4 a 20mA.

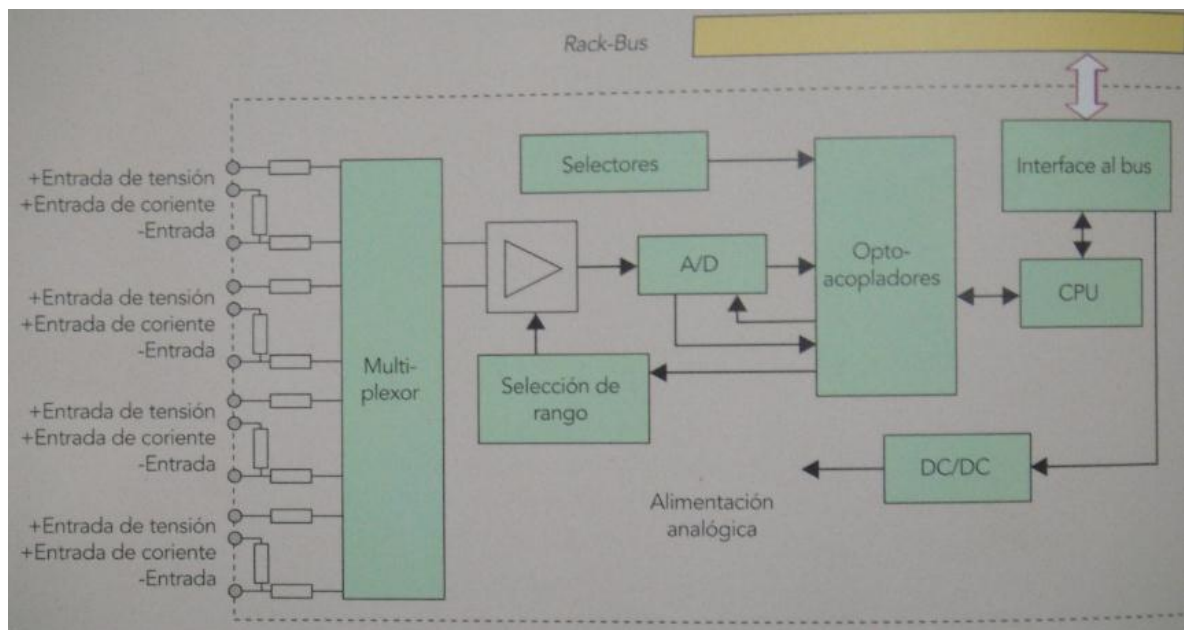


Figura 46. Diagrama de Bloque de un Módulo de Entrada Analógica. [23]

#### 4.4.3.3. Salidas Digitales

Las salidas digitales permiten al autómata conectarse al proceso para entregar información en forma digital.

En los modelos compactos se acostumbra a ser las que están conectadas a los bornes externos del autómata y las que permiten conectarlo al mundo exterior. Las salidas digitales pueden estar construidas mediante:

- Relés electromagnéticos.
- Transistores.
- Relés de estado sólido (tiristores o triacs).

Si se trata de salidas a relé, se acostumbra a ser contactos libres de tensión con una corriente nominal máxima de 1A y 250V de tensión alterna. Las cargas que se pueden conectar a estas salidas son de cualquier tipo y su alimentación es externa al autómata.

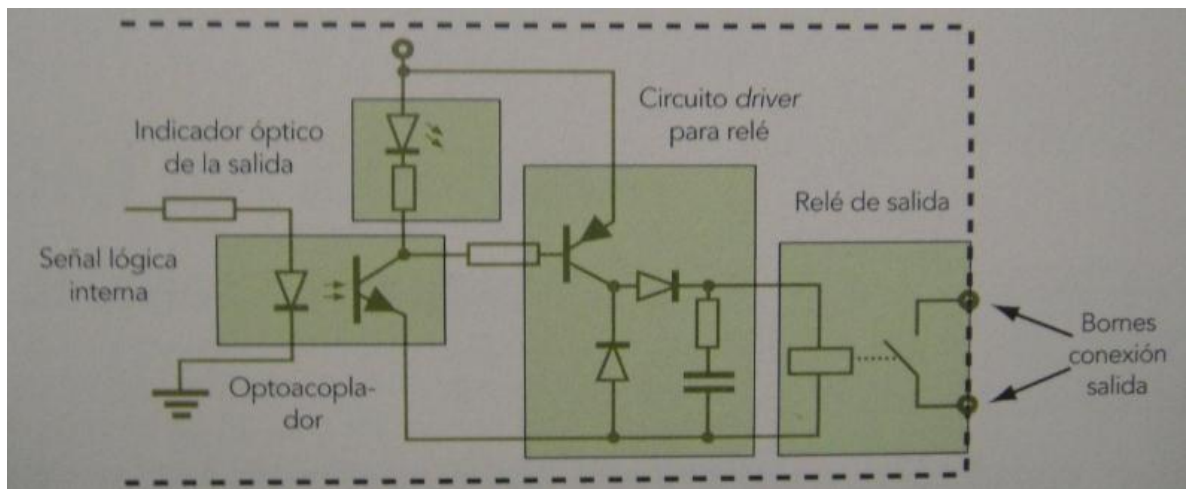


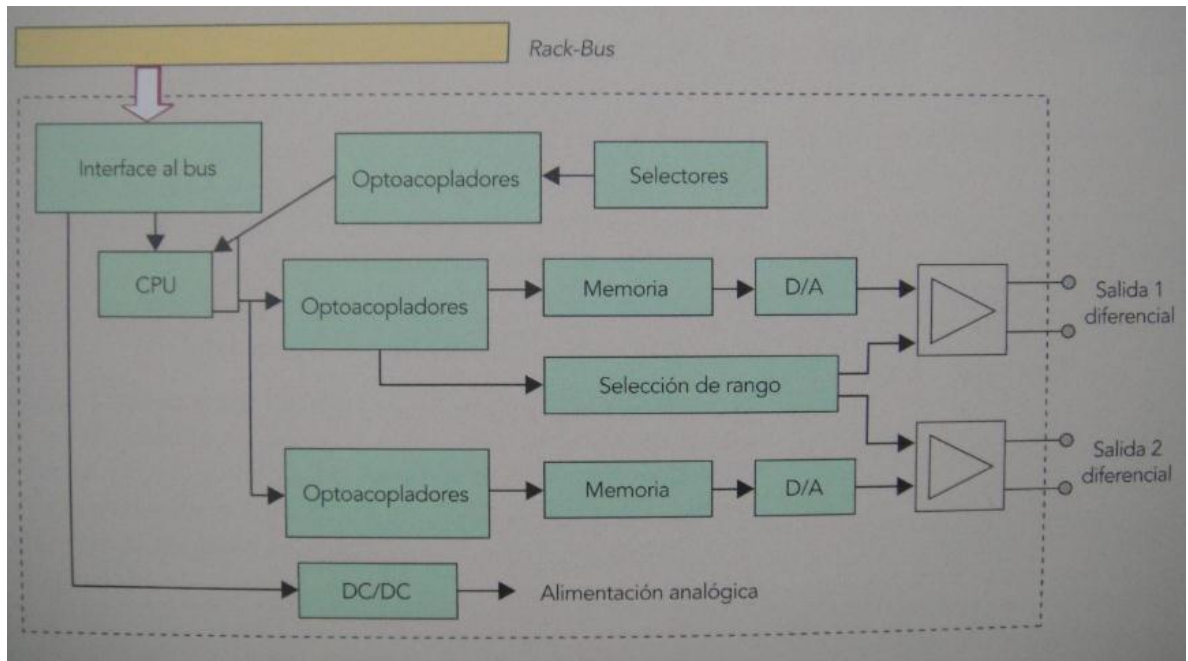
Figura 47. Salida Digital a Relé Electromagnético. [23]

#### 4.4.3.4. Salidas Analógicas

Los valores analógicos que los autómatas presentan a sus salidas suelen ser consignas para reguladores externos, tensiones o corrientes para controlar válvulas, motores, etc.

Las salidas analógicas son más propias de los autómatas modulares que de los compactos; de hecho, existen módulos dedicados a estas magnitudes que incorporan, normalmente, dos o cuatro salidas digitales en forma de tensión, de corriente o de ambas, según se configure el módulo en cuestión.

A continuación se muestra el diagrama de bloques de un módulo de dos salidas analógicas el cual contiene un convertidor digital-analógico para cada salida y también hay una separación óptica entre el interior del autómata y las salidas físicas que se conectan al exterior. [23]



**Figura 48.** Diagrama de Bloques de un Módulo de salidas Analógicas. [23]

En la planta de extracción el autómata utilizado para controlar el proceso es una CPU FP0 C32T de NAIS, la cual incluye las unidades de entrada y salida digital.

Esta CPU FP0 C32T es la parte principal del procesamiento en el PLC y se encarga de ejecutar el programa que tenga previamente cargado y de almacenar todos los datos adquiridos.

En el anexo llamado controlador lógico programable se puede apreciar todo lo referente a este autómata y sus diferentes módulos de entradas y salidas.

#### 4.5. PANTALLA GRAFICA

El PLC se halla conectado a una pantalla gráfica modelo GT30 de NAIS, la cual es utilizada como un medio para acceder a la operación local de la planta. La pantalla, tiene una serie de ventanas que se utilizan para el monitoreo de los valores y el estatus de las variables de control asociadas, y para la manipulación local de los actuadores del tipo control y regulación que posee la planta.

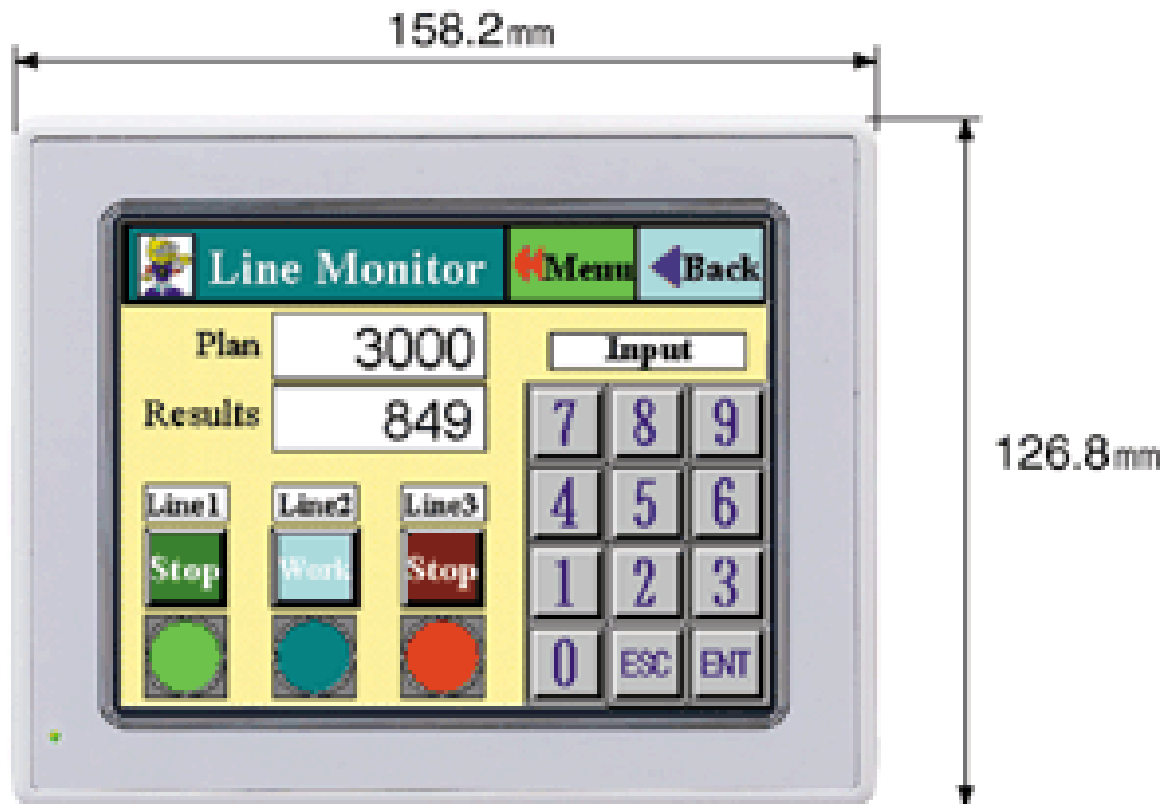


Figura 49. Pantalla Grafica Modelo GT30, NAIS. [25]

La configuración de la pantalla grafica se realiza por medio del software de programación GTWIN versión 2.2.

Esta pantalla tiene múltiples ventajas, ya que permite conectarse con diferentes gamas de PLC por medio del protocolo de comunicación RS232 o RS422. [25]

En el anexo pantalla táctil se puede encontrar toda la información necesaria de la pantalla grafica GT30 de Panasonic.

## 5. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN FPWIN PRO 6

El FPWIN pro 6 es un software de programación de Panasonic desarrollado según el estándar IEC 61131-3, Panasonic es uno de los primeros fabricantes de PLC en ofrecer un software de programación basado en dicho estándar. En el anexo IEC 61131-3 se encuentra la información referente a este estándar.

Sus características principales son:

- Un único software para todos los PLCs de Panasonic.
- 5 lenguajes de programación: IL (Lista de instrucciones), LD (Diagrama de contactos), FBD (Bloques de función), SFC (Diagrama secuencial), ST (Texto estructurado).
- Entorno de programación en 6 idiomas diferentes: español, inglés, alemán, francés, italiano y japonés.
- Estructuración del proyecto mediante explorador de proyecto, diferentes unidades de programa (POUs) y tareas.
- Programación remota, mantenimiento y monitorización de estado vía Ethernet.
- Amplios comentarios y documentación online.
- Potente compilador para minimizar al máximo el tamaño del programa.
- Potentes herramientas de depuración y monitorización del estado actual del PLC.
- La nítida y clara impresión de la documentación del proyecto, así como el uso de bloques de funciones y de librerías de funciones, hacen que se reduzca enormemente el tiempo de programación y puesta en marcha de la aplicación.
- Simplifica la comprensión del proyecto gracias a la reutilización de funciones y bloques de funciones. [24]

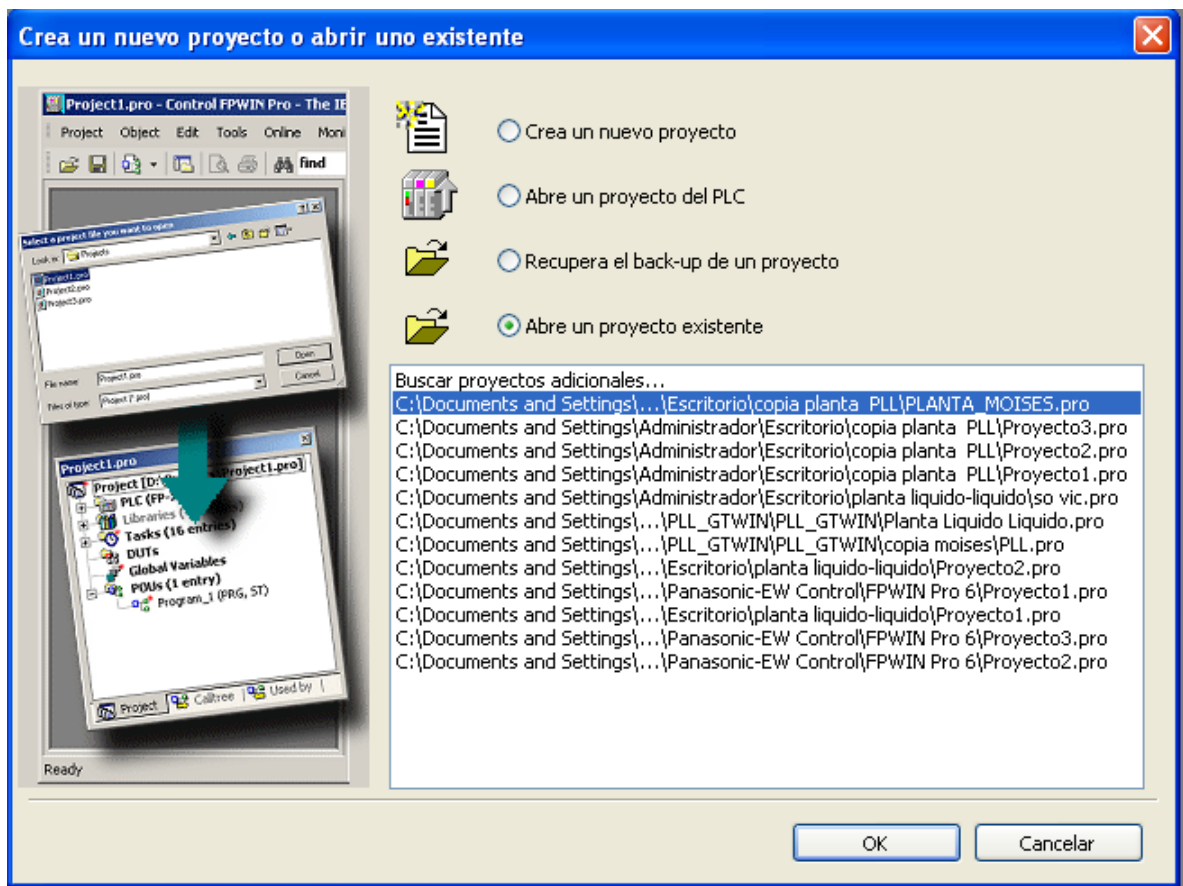


Figura 50. Creación de un Proyecto. [14]

La configuración de la estrategia de control de la planta de extracción líquido-líquido se realizó a través de este software, una vez el programa este cargado en el PLC, el PC ya no es requerido y la visualización del proceso queda a cargo de la pantalla grafica, el PLC corre el programa sin asistencia de un PC y queda como un Stand Alone (se soporta solo). En la figura 49 se puede observar la página de inicio del programador, la cual permite crear un nuevo proyecto o abrir un proyecto ya existente.

Al comenzar un nuevo proyecto se debe tener en cuenta el nombre que se le quiere asignar al proyecto, con que PLC se trabajará y el lenguaje de programación que se quiera utilizar, para nuestro caso se elige el de diagrama de contactos

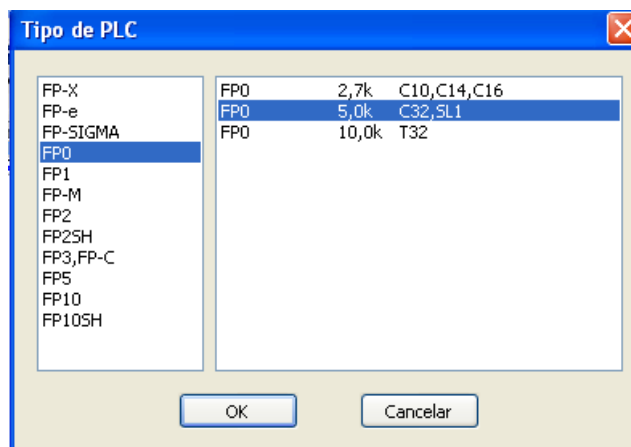
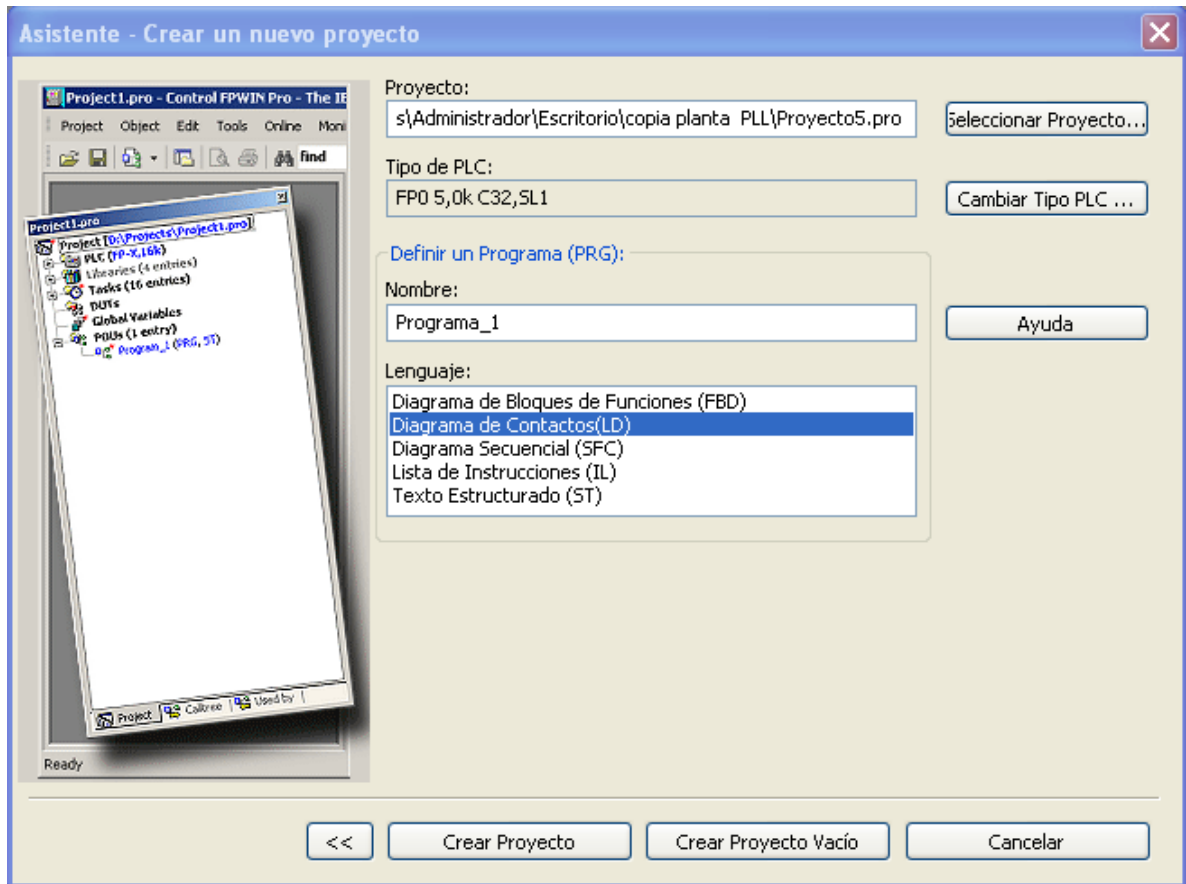


Figura 51. Elegir tipo de PLC y Lenguaje de Programación. [14]



Una vez creado el nuevo proyecto se asignan las variables del proceso de las entradas y salidas de la estrategia de control.

## 5.1. ENTRADAS DIGITALES

Tabla 8. Entradas Digitales. [14]

<b>Entrada del PLC</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
X0	SW2_HMI_M309	Contacto Auxiliar M309
X1	SW3_HMI_M310	Contacto Auxiliar M310
X2	SW4_HMI_G301	Contacto Auxiliar M301

## 5.2. SALIDAS DIGITALES

Tabla 9. Salidas Digitales. [14]

<b>Salida del PLC</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
Y0	LCV308	Relé a válvula LCV308
Y1	M309	Relé a contacto M309
Y2	M310	Relé a contacto M310
Y3	M301	Relé a motor M301
Y4	K1	Relé a luz naranja
Y5	K2	Relé a luz verde
Y6	K3	Relé a luz roja

### 5.3. ENTRADAS ANALÓGICAS

Tabla 10. Entradas Analógicas. [14]

Canal del PLC	Registro	Código	Descripción
0	DT100	LT304_SOL	Nivel tanque Solvente
1	DT102	LT305_EXT	Nivel Tanque Extracto
2	DT104	LT306_REF	Nivel Tanque Refinado
3	DT106	LT307_ALI	Nivel Tanque Alimento
4	DT108	LT308	Nivel Columna Extractor
5	DT110	FT308A	Flujo Extracto
6	DT112	FT308B	Flujo Refinado
7	DT114	FT309_ALI	Flujo Alimento
8	DT116	FT310_SOL	Flujo Solvente

### 5.4. SALIDAS ANALÓGICAS

Tabla 11. Salidas Analógicas. [14]

Canal del PLC	Registro	Código	Descripción
0	DT204	LCV308	Válvula reguladora de Nivel
1	DT200	MV_P309_ALI	Señal regulación M309
2	DT202	MV_P310_SOL	Señal regulación M310

## 5.5. ESTRATEGIA DE CONTROL

Para iniciar la estrategia de control se debe tener en cuenta las etapas que contienen el proceso y las variables que se deben controlar o sensar.

En la figura 51 se puede observar que por medio de contactos y salidas se comienza la estrategia de control, también se observa un bloque que realiza una comparación de menor o igual, en este caso está comparando el nivel actual del tanque de solvente con el nivel mínimo para realizar el control sobre la bomba de solvente, de ser el mismo o menor cualquiera sea el caso, se debe apagar la bomba de solvente.

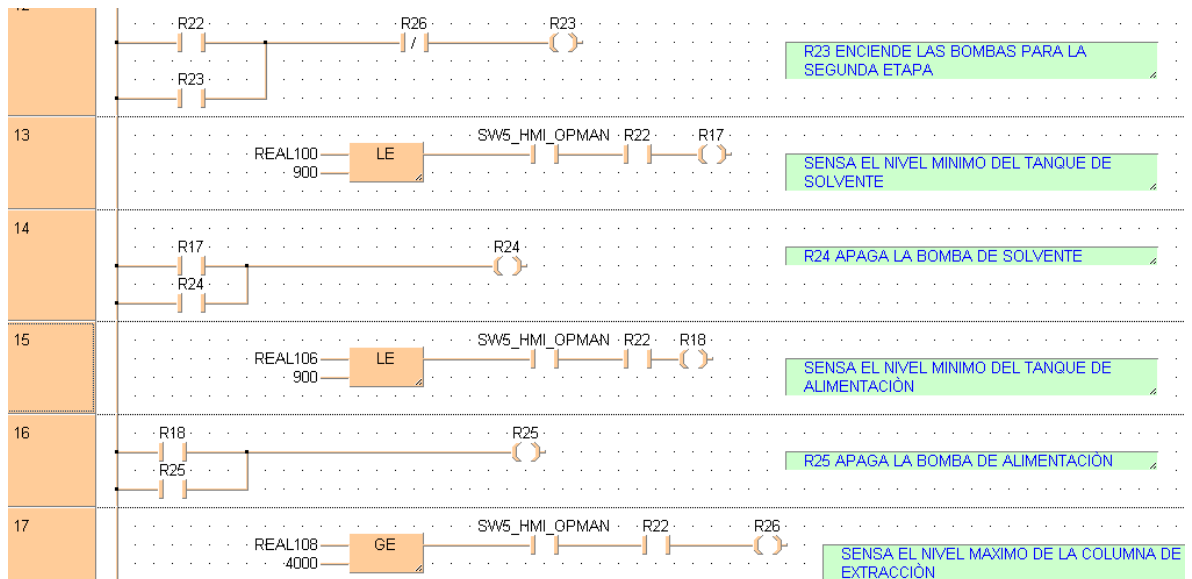


Figura 52. Estrategia de control. [14]

Simultáneamente, el nivel del tanque de alimentación también se está comparando con el nivel mínimo del mismo, y en caso de ser igual o menor la bomba de alimentación debe apagarse, ya que no contiene más del producto que se había suministrado al principio del proceso.

A continuación, en la figura 52 se muestra la forma en que se controla las bombas de solvente y de alimento además del control que se ejerce sobre el agitador.

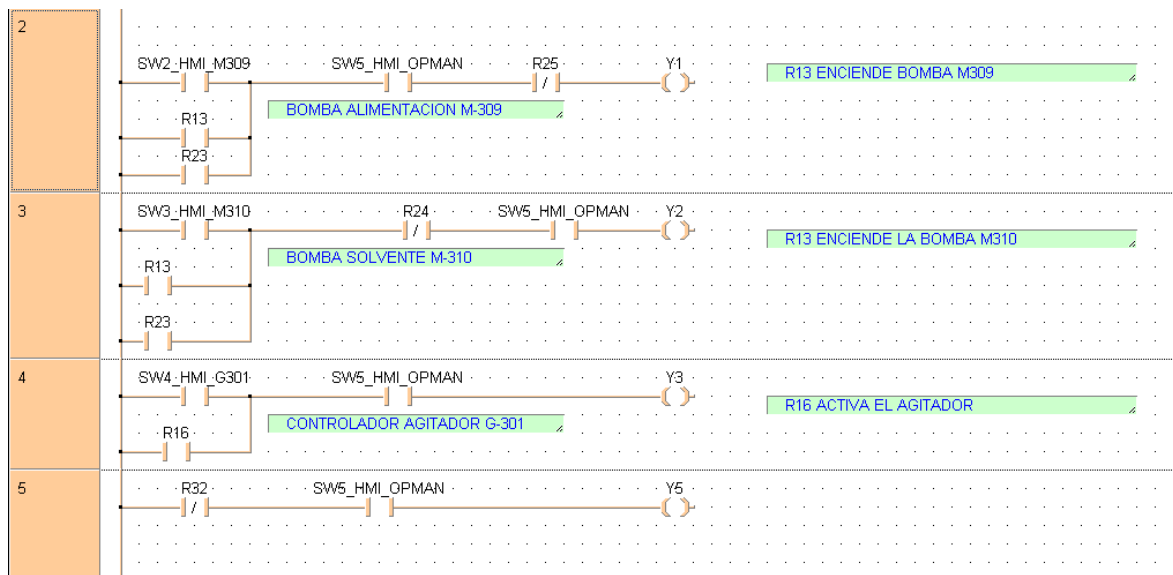


Figura 53. Control de las bombas y del agitador. [14]

## 5.6. LIBRERÍAS DEL FPWIN PRO 6

La librería del FPWIN pro 6 contiene funciones avanzadas disponibles para todos los PLC.

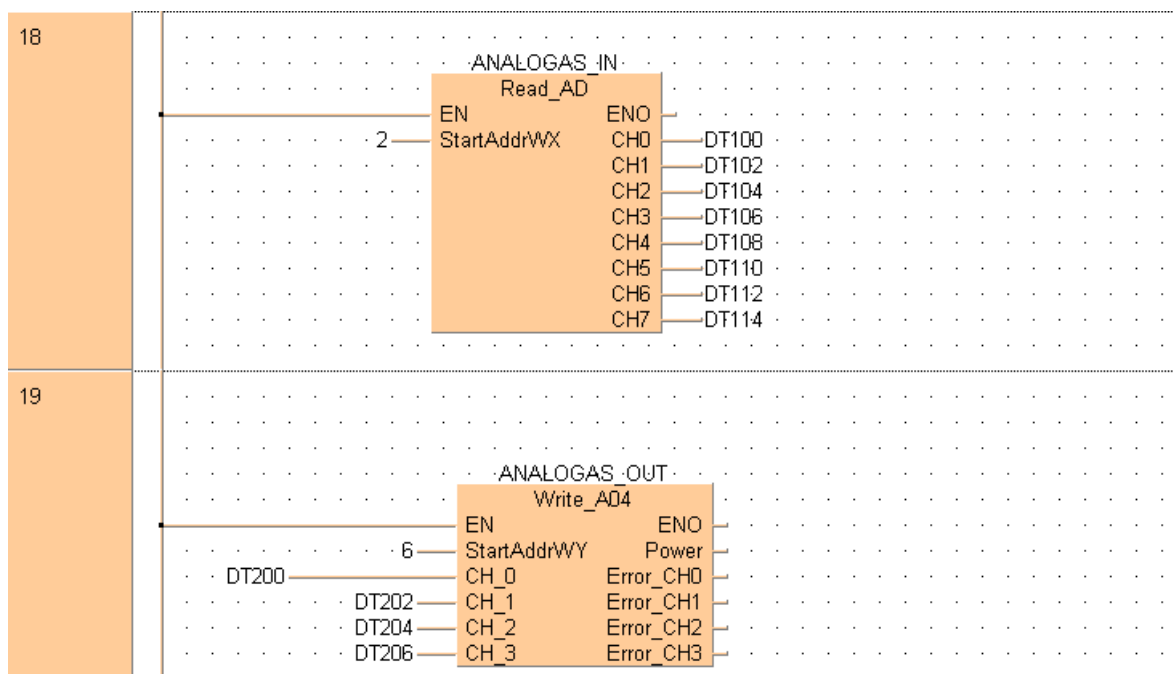
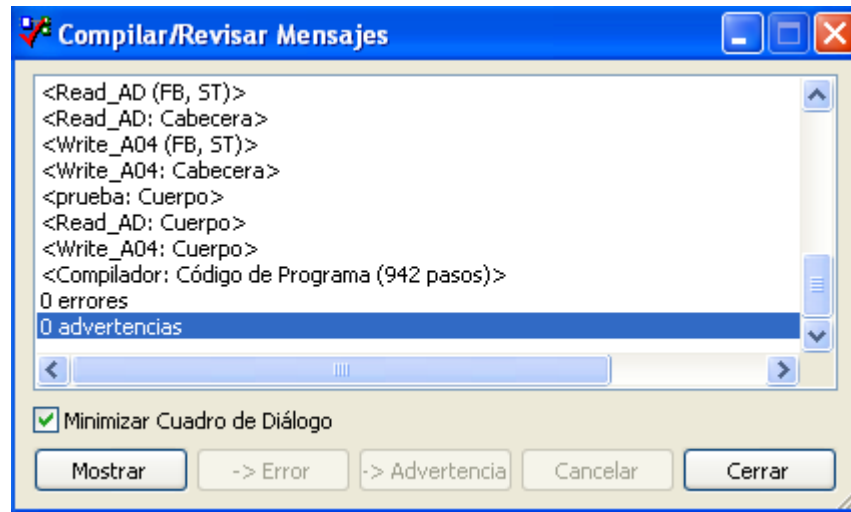


Figura 54. Funciones de Entrada y Salidas Análogas. [14]

Estas funciones facilitan enormemente la programación y contribuyen al ahorro de tiempo y de líneas de programación.

Cada vez que se termine de programar una etapa se puede compilar el programa para saber que no se estén cometiendo errores, de existir algún error, el cuadro de texto indica que clase de error se cometió y lo guía hasta donde está el error para solucionarlo.

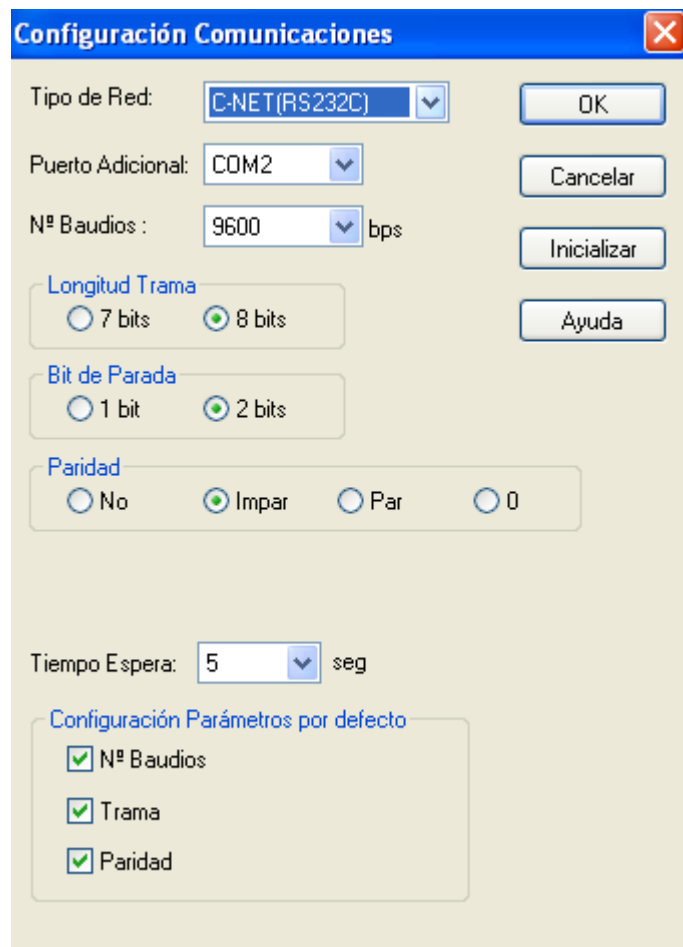


**Figura 55.** Compilar el Proyecto. [14]

Una vez terminada la estrategia de control se procede a cargar el programa en el PLC. Para esto se debe tener en cuenta los parámetros de comunicación establecidos para hacer contacto con el PLC que se esté trabajando.

En la figura 55 se muestra el cuadro de dialogo que permite configurar todos los parámetros necesarios para establecer conexión con el PLC, para nuestro caso, el tipo de red que se utiliza es el protocolo RS232.

Cuando todos los parámetros de comunicación estén configurados para el PLC FP0 C32T de NAIS, se puede operar el programador en modo online y así empezar las pruebas y corroborar que el programa se ejecute de manera adecuada y cumpla con los parámetros establecidos en las etapas del proceso.



**Figura 56.** Parámetros de Comunicación. [14]

Cualquier modificación que se requiera el programa se sobre escribe y se repiten las pruebas para comprobar que las modificaciones son correctas.

Cuando se termina de programar el PLC, se comienza a programar la pantalla grafica para crear el interfaz hombre-Máquina que permita visualizar las variables del proceso y controlar los actuadores.

## 6. CREACIÓN DE LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI)

La interfaz hombre-máquina es muy importante puesto que permite al operador de un sistema interactuar con el proceso, y llevar a cabo tareas de supervisión, control y adquisición los datos de las variables que contiene el proceso.

En la planta de extracción líquido-líquido se cuenta con una pantalla grafica de referencia GT30 de NAIS, la cual se utilizó para desarrollar el sistema HMI mediante el software de programación GTWIN versión 2,2.

### 6.1. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN GTWIN

El GTWIN es un software de creación de pantallas para la serie GT. Utilizando GTWIN se pueden diseñar y descargar pantallas en una pantalla táctil GT, cargar datos desde una pantalla GT o imprimir. Se pueden crear mensajes o gráficos. GTWIN se suministra con un conjunto de objetos predefinidos, como por ejemplo, interruptores, lámparas, reloj, teclado, etc., que facilitan el diseño de pantallas. Simplemente arrastrar y soltar los elementos en la pantalla. [25]

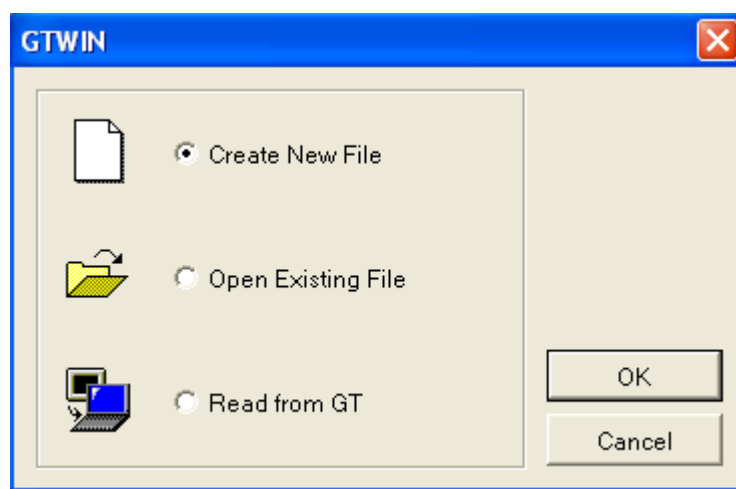


Figura 57. Crear un Archivo en el GTWIN. [14]

El cuadro de diálogo de la figura 56, muestra la pantalla de inicio del GTWIN en la cual se puede seleccionar y crear un nuevo proyecto, o abrir un proyecto ya existente o leer desde la GT.

Cuando se crea un nuevo proyecto se debe elegir qué tipo de pantalla se va a utilizar, así como la clase de PLC que se trabajará.

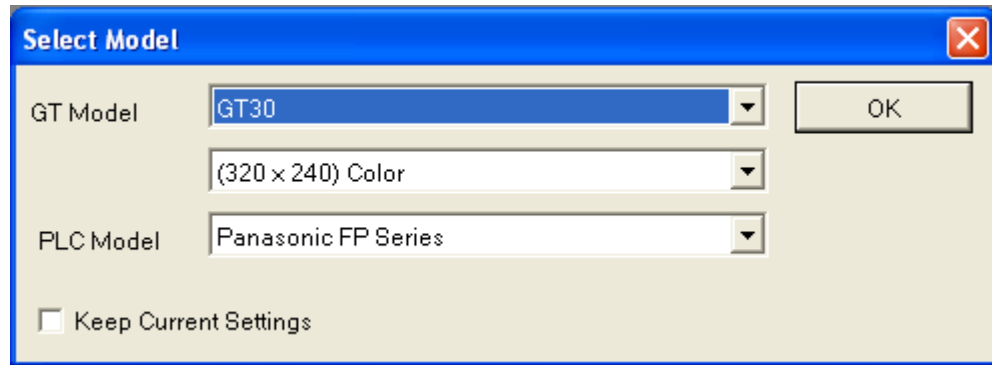


Figura 58. Modelo de la Pantalla y de PLC. [14]

Es importante tener en cuenta que todos los contactos, salidas y registros que se utilizaron en el FPWIN pro 6 deben llamarse en el GTWIN de igual forma, para que pueda establecerse una conexión entre la pantalla grafica y el PLC.

### 6.1.1. Pantalla de Inicio

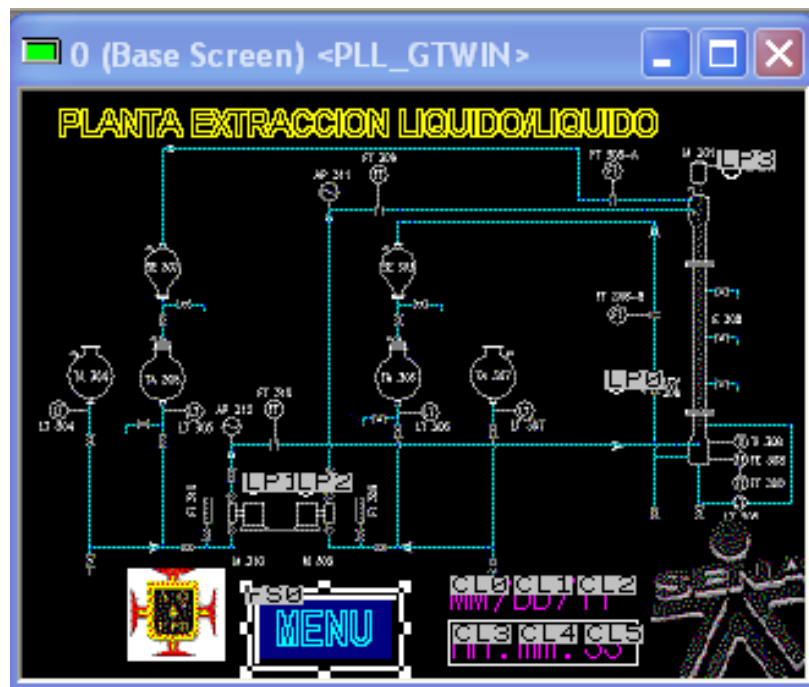
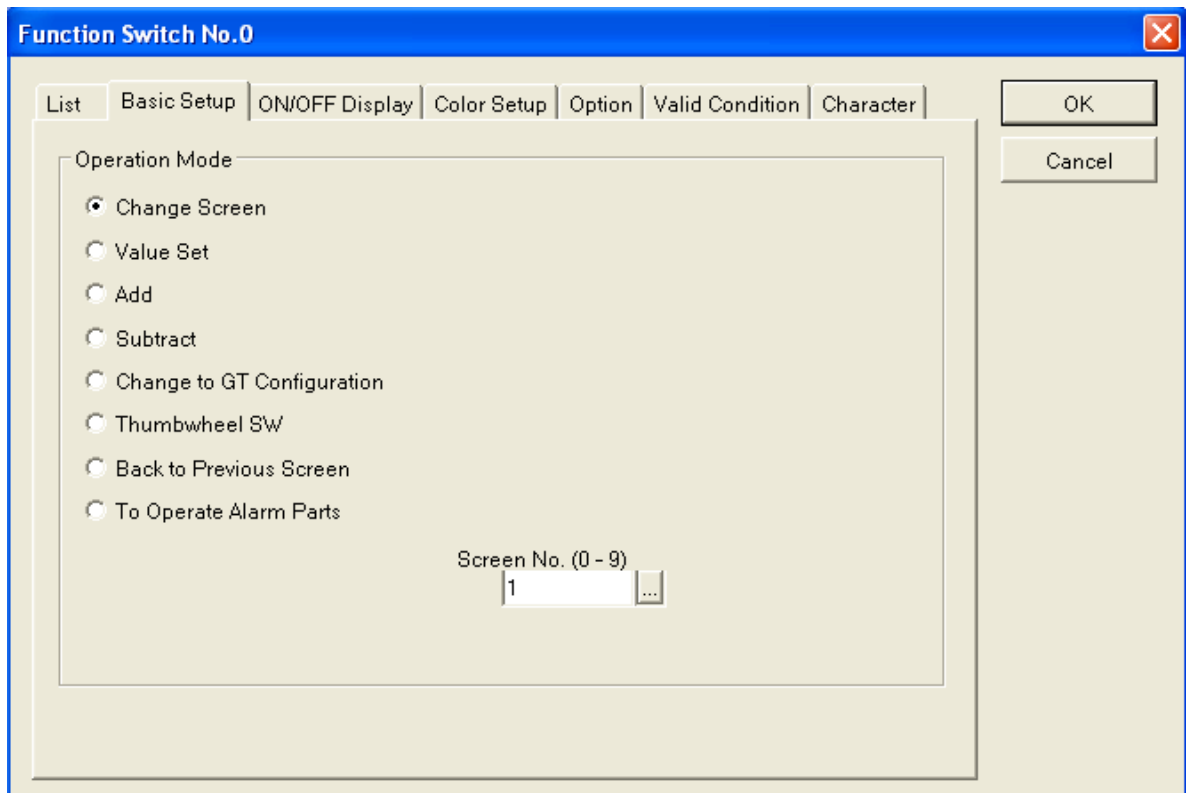


Figura 59. Pantalla de Inicio. [14]



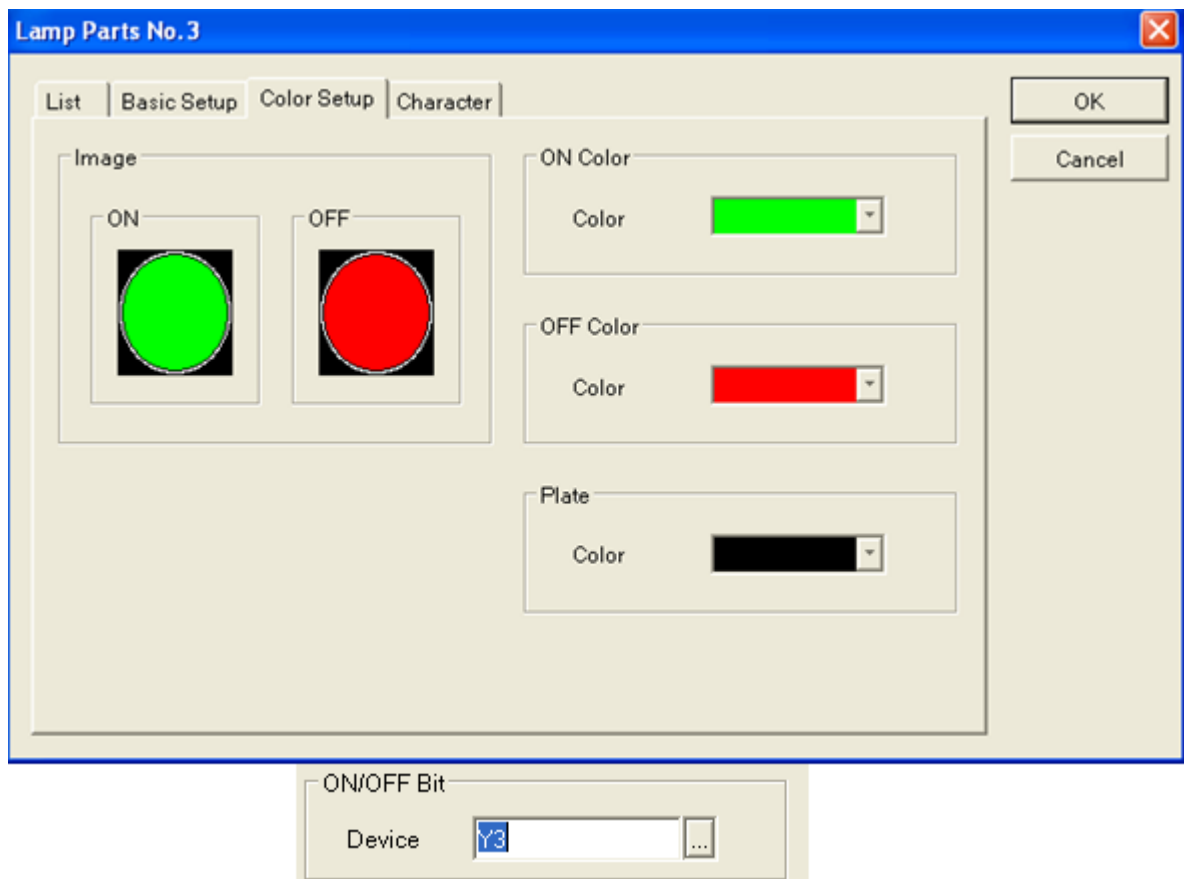
En la pantalla de inicio se puede observar un bosquejo general de la planta de extracción líquido-líquido, esta pantalla cuenta con un interruptor el cual dirige la pantalla de menú para empezar con nuestro proceso.



**Figura 60.** Configuración del Interruptor. [14]

Los interruptores de función se usan para conmutar entre pantallas, para ejecutar operaciones aritméticas cuando se presiona el interruptor, etc. Estos interruptores ejecutan varias funciones dependiendo del modo de operación.

A lo largo de la programación a menudo se encontraran con diversos indicadores luminosos los cuales cambian de color cuando el elemento bit (por ejemplo, una dirección) del PLC referenciado pasa a ON o a OFF.



**Figura 61.** Configuración del Indicador Luminoso. [14]

### 6.1.2. Ventana de Menú

La ventana menú muestra todas las operaciones que se deben tener en cuenta para realizar el proceso de extracción de la planta.

Desde esta ventana se puede controlar el modo de operación de la planta, ya sea para operarla de forma manual o automática, así mismo se puede configurar los set point del proceso, ver las graficas de tendencias e iniciar la segunda etapa del proceso de extracción.



Figura 62. Ventana de Menú. [14]

### 6.1.3. Ventana de Tendencias

En esta ventana se presenta una serie de graficos que representan los niveles de los tanques de alimentacion, solvente, extracto y refinado, además, cuenta con unos interruptores que permiten el acceso a otras pantallas donde se muestra de forma detallada dichas variables del proceso.

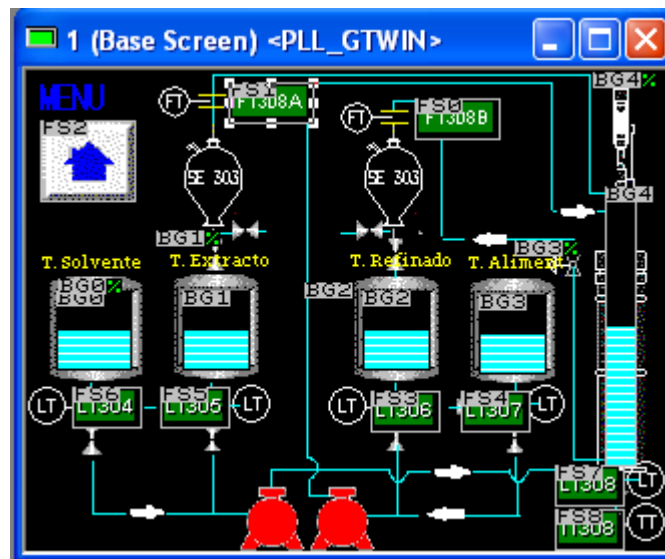


Figura 63. Ventana de Tendencias. [14]

En el lado derecho muestra el nivel de la columna de extracción y en la parte superior los interruptores que nos conducen a la grafica que nos muestra los valores que los transmisores de flujo están entregando.

Todos las graficas y los interruptores deben ser etiquetados o llamados de la misma forma que se hizo en el FPWIN pro 6 para que al comunicarse la pantalla con el PLC se pueda realizar la lectura de las variables que se requieran.

#### 6.1.4. Ventana de Actuadores

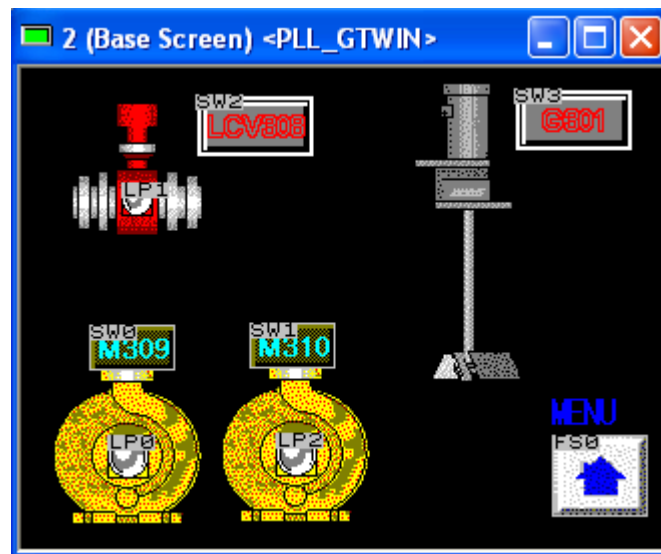


Figura 64. Ventana de Actuadores. [14]

Aquí se encuentra todos los actuadores de la planta como son las bombas dosificadores de alimento y de solvente, la válvula reguladora y el agitador de la columna de extracción.

Desde esta ventana se pueden activar o desactivar los actuadores en el caso que se presente una anomalía en el proceso.

#### 6.1.5. Ventana de Set Point

Al ingresar a esta ventana se tiene la opción de ingresar los valores requeridos por el proceso para realizar la extracción de líquidos.

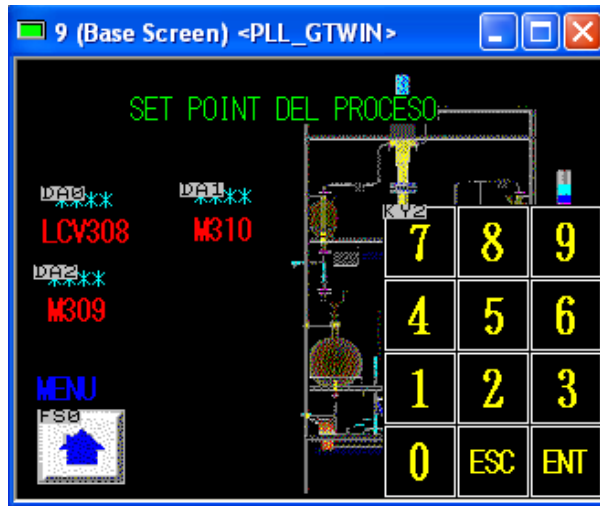


Figura 65. Ventana de Set Point. [14]

Esta pantalla brinda la posibilidad de controlar el porcentaje de apertura de la válvula reguladora y la velocidad de extracción las bombas dosificadoras.

Para esto se utiliza los registros de datos que permiten ingresar los valores correspondientes a cada regulador, es importante decir que estos registros deben ir acompañados por un teclado el cual siempre permanece oculto y solo se visualiza cuando es necesario ingresar algún dato.

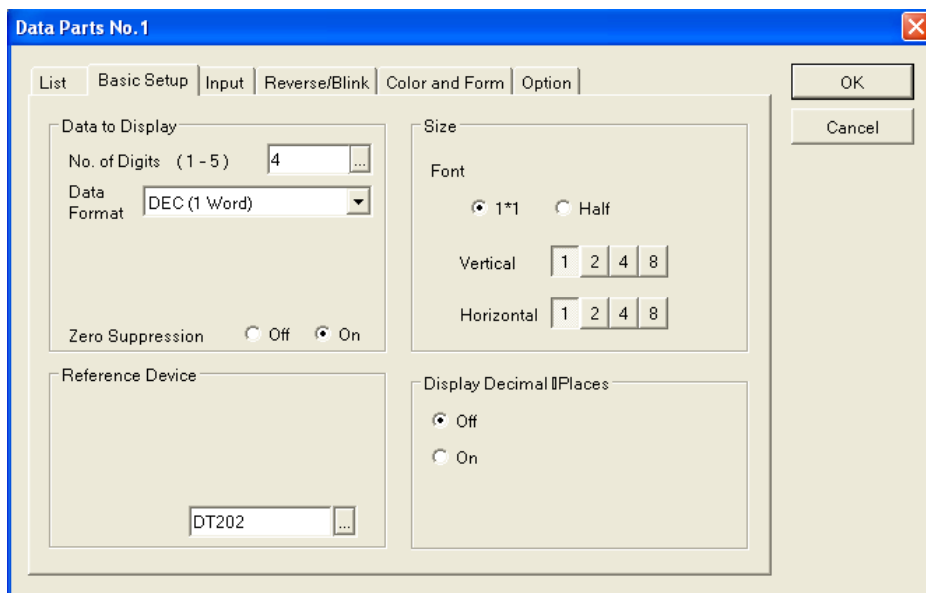


Figura 66. Configuración de los Registros de Datos. [14]

### 6.1.6. Ventana de Nivel de la Columna

En esta ventana se puede monitorear el parámetro de nivel de la columna de extracción y la temperatura de la misma.

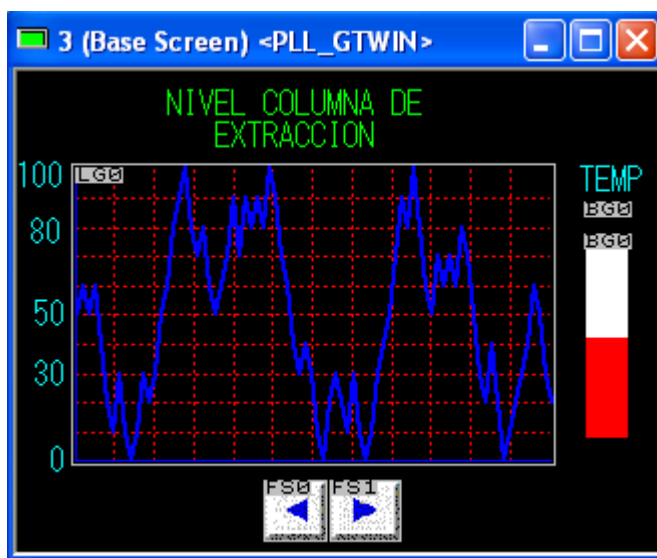


Figura 67. Nivel de Columna de Extracción. [14]

### 6.1.7. Ventana de Flujo de Solvente y Alimento

La ventana muestra la cantidad de flujo de solvente y la de alimento respectivamente.

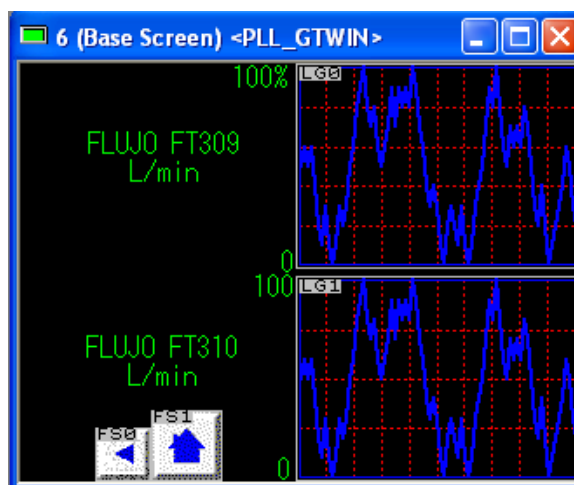
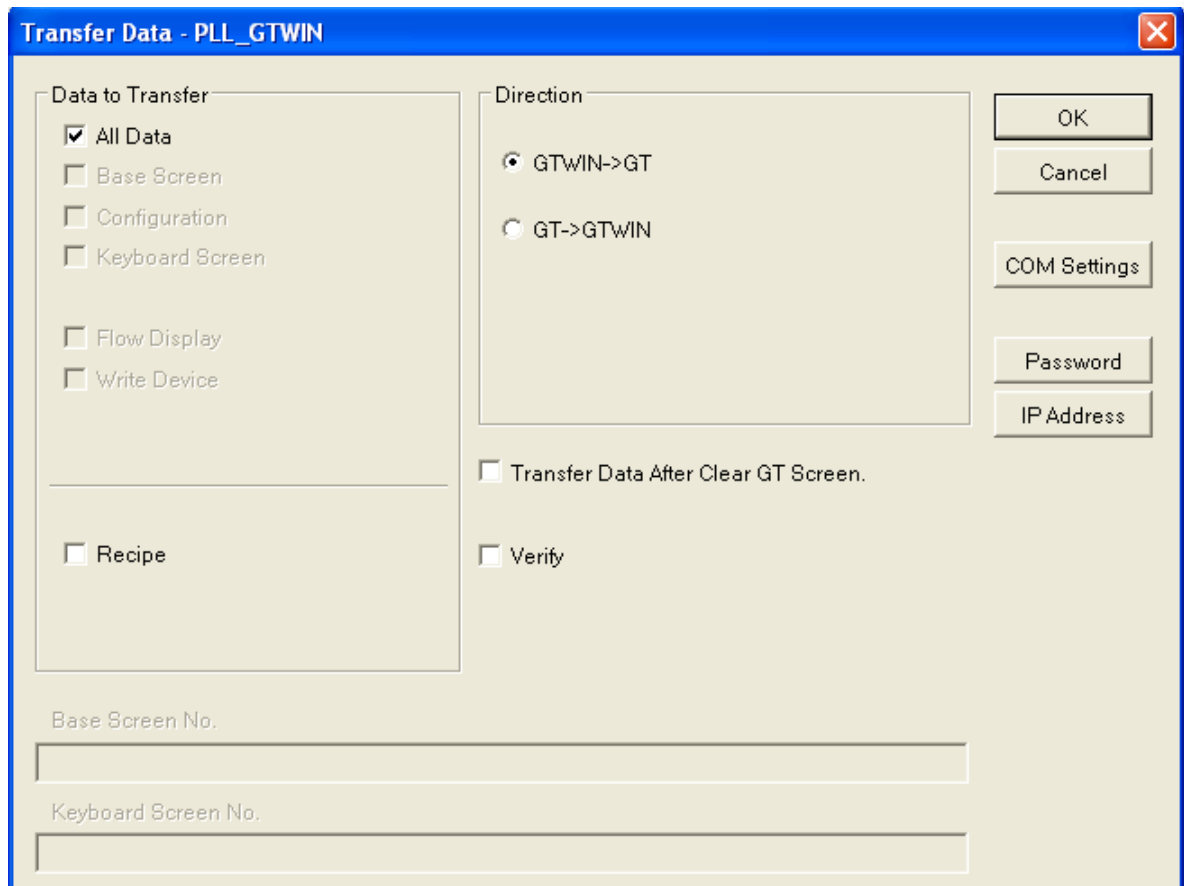


Figura 68. Flujo de Solvente y Alimento. [14]

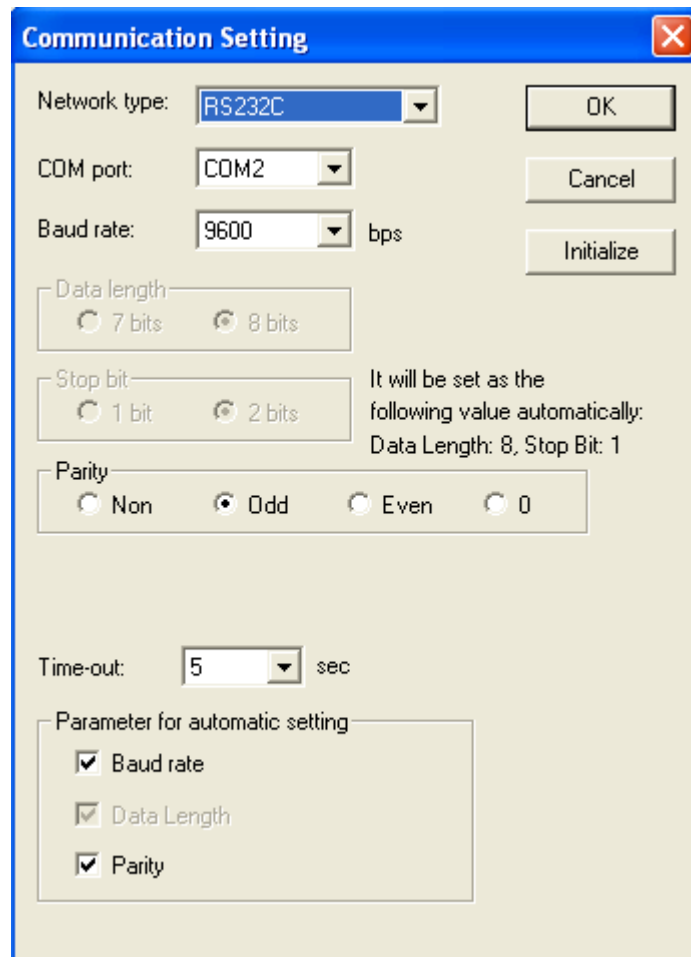
Para transferir los datos a la GT, al igual que en el FPWIN pro 6 hay que tener en cuenta ciertos parámetros de configuración.



**Figura 69.** Transferencia de Datos a la Pantalla Táctil. [14]

Como la pantalla táctil está conectada al PLC, la GT puede recibir los datos del PLC y mostrarlos en su interfaz.

Para mayor información de la conexión entre el PLC y la pantalla grafica se recomienda mirar el anexo titulado pantalla táctil.



**Figura 70.** Configuración de los Parámetros de Comunicación. [14]

Una vez establecidos los parámetros de comunicación se puede cargar el programa a la pantalla táctil y visualizar las ventanas que hacen parte del interfaz de usuario (HMI).

Luego de cargar el programa se realizan las pruebas de funcionamiento requeridas, para verificar que todas las variables que se miden durante el proceso de extracción sean correctas, como son, Los niveles de los tanques (TA 304, TA 305, TA 306, TA 307), el nivel de la columna de extracción, el flujo de solvente y de alimento, el porcentaje de apertura de la válvula reguladora y las bombas dosificadoras.



## CONCLUSIONES

En base a las recomendaciones dadas por el instructor del área del laboratorio de procesos químicos industriales del CIDT se elaboró la estrategia de control y el HMI para que facilitara el modo de operación de la planta y el método de aprendizaje del proceso de extracción líquido-líquido.

El software FPWIN pro 6 brinda un excelente ambiente de programación que facilita el desempeño del programador, permite etiquetar las entradas y las salidas por medio de variables globales y gracias al estándar internacional IEC 61131-3 se puede elaborar una programación estructurada y modular reduciendo los errores y tiempo de programación de los proyectos.

GTWIN es el software que se utilizó para la programación de la pantalla táctil, este software ofrece gran variedad de elementos como interruptores actuadores entre otros, que permiten la creación de una interfaz de usuario didáctica para el desarrollo del proceso en la planta.

Este proyecto beneficia a los aprendices del laboratorio de procesos químicos industriales porque les permite observar el proceso automatizado tal y como se encuentra en la industria, y a los aprendices del área de automatización, porque podrán emplear los conocimientos adquiridos durante su proceso de formación en el mantenimiento de la planta de extracción.

## RECOMENDACIONES

Realizar un mantenimiento (eléctrico y mecánico) preventivo cada tres meses para constatar que todos los elementos están en óptimas condiciones para su uso y así garantizar el buen funcionamiento de la planta.

En el mantenimiento de las válvulas, disponer de la herramienta; destornilladores, multímetro y limpiadores, llaves, así como de las partes de reemplazo adecuadas.

Usar los instrumentos adecuados para el diagnóstico de equipos e instrumentos como son multímetro y pinza voltiamperimétrica.

Disponer de los elementos adecuados para la limpieza del Tablero como brocha y trapo.

Utilizar alcohol isopropílico y limpiador electrónico como insumos de limpieza.

Las válvulas y actuadores están diseñados para el control o la regulación del flujo en condiciones normales de operación. Tenga en cuenta que su anormal operación puede ocasionar lesiones personales o daños en los equipos.

Los reguladores eléctricos trabajan con niveles de tensión que pueden afectar la integridad de las personas y el estado de los equipos. Por lo cual, en caso de mantenimiento, tenga en cuenta la desconexión de los circuitos y la marcación de los aparatos de control respectivos.

Evitar los derrames de líquidos, utilizar recipientes de almacenamiento para las distintas soluciones o productos del proceso. Utilizar los elementos de seguridad necesarios, de lo contrario podrían ocurrir accidentes o daños físicos a las personas.

Para futuras mejoras, en la planta de extracción se puede acoplar la consola de programación del agitador de la columna de extracción al PLC, para así ejercer el control de las revoluciones por minuto y el torque del mezclador, con esto tenemos

otra variable que se debe tener en cuenta para el modo de operación automático de la planta.

Asignar un computador a la planta de extracción líquido-líquido, para elaborar un sistema SCADA (supervisión, control y adquisición de datos), que permita el monitoreo de las variables del proceso y el control de los sensores, actuadores, reguladores, etc. de forma remota.

Cualquier anomalía que presente el funcionamiento de la planta comunicarse con el instructor del área de automatización que es el encargado del mantenimiento de la misma.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] AUTOMATAS PROGRAMABLES, Josep Balcells, José Luis Romeral, alfa omega.
- [2] MODERNIZACION DE PROCESOS QUIMICOS INDUSTRIALES, Centro del Desarrollo tecnológico, Santiago de Cali, (2005).
- [3] WANKAT. P. "Ingeniería de procesos de separación". 2da edición. (2008). Pearson Educación. Capítulo 13.
- [4] ingeniería de procesos términos, página de internet: [http://www.gunt.de/download/extraction\\_spanish.pdf](http://www.gunt.de/download/extraction_spanish.pdf). [Consulta: 2012-04-15]
- [5] ZABALETA, Jack. EXTRACTOR LÍQUIDO-LÍQUIDO, universidad nacional del callao, (2007).
- [6] TREYBAL, Robert E. "Extracción en fase líquida". 2da edición. (1998). McGraw Hill.
- [7] VIAN, Ángel. OCON, Joaquín. "Elementos de ingeniería química". Cuarta edición. (1964).
- [8] "Manual de la planta de extracción líquido-líquido". Servicio nacional de aprendizaje SENA. Santiago de Cali. (2005).
- [9] MARCILLA GOMIS, A. "introducción a las operaciones de separación". Universidad de alicante. (1999).
- [10] SMITH J., VAN NESS H., Abott M., "Introducción a la Termodinámica para ingenieros Químicos.". McGraw Hill. (1997).
- [11] HENLEY E.; SEADER J. "Operaciones de Separación por etapas de equilibrio en Ingeniería Química" Editorial Reverté (2000).

[12] “Electrónica modular”. Página de internet: [http://www.damez.com.ar/productos-servicios/modular-electronica/Damez\\_fuentes\\_FCT.pdf](http://www.damez.com.ar/productos-servicios/modular-electronica/Damez_fuentes_FCT.pdf) [Consulta: 2012-04-17]

[13] “Sensores de nivel”. Página de internet: <http://www.mitecnologico.com/Main/SensoresDeNivel>. [Consulta: 2012-04-17]

[14] LÓPEZ QUINTANA, Moisés. REPOTENCIACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE EXTRACCIÓN DE LÍQUIDO-LÍQUIDO DEL CENTRO INDUSTRIAL Y DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO SENA DE BARRANCABERMEJA. Bucaramanga 2012. Trabajo de Grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana. Seccional Bucaramanga.

[15] “Serie 2600T transmisores de presión”. Página de internet: <http://www.herrera.unt.edu.ar/iidpr/practicos/PDT-2600T-ABB-Operaci%C3%B3n.pdf>. [Consulta: 2012-04-20]

[16] “Transistores piezoresistivos serie 25”. Página de internet: [http://www.keller-druck.es/es/productos/transmisores\\_de\\_presion/serie\\_23\\_25](http://www.keller-druck.es/es/productos/transmisores_de_presion/serie_23_25). [Consulta: 2012-04-22]

[17] “medidor de caudal tipo paleta giratoria”. Página de internet: [http://www.koboldmessring.com/fileadmin/koboldfiles/pdf/es/s4es\\_drh.pdf](http://www.koboldmessring.com/fileadmin/koboldfiles/pdf/es/s4es_drh.pdf). [Consulta: 2012-04-24]

[18] “Válvulas reguladoras de caudal”. Página de internet: <http://es.scribd.com/doc/78773754/19/Valvula-reguladora-de-caudal>. [Consulta: 2012-04-24]

[19] “Manual de instrucciones bomba Milton Roy”. Página de internet: [http://www.miltonroy.com/Files/Milton\\_Roy/Global/US-en/product\\_files/339-0009-000S\\_MRoyAB\\_Spanish.pdf](http://www.miltonroy.com/Files/Milton_Roy/Global/US-en/product_files/339-0009-000S_MRoyAB_Spanish.pdf). [Consulta: 2012-04-26]

[20] “Manual de funcionamiento mezclador Servodyne”. Página de internet: <http://www.coleparmer.com/buy/product/87143-servodyne-high-speed-low-torque-mixer-complete-system-60.html>. [Consulta: 2012-04-29]

[21] BALCELLS, J. ROMERAL, J. L. "autómatas programables". Editorial Marcombo (1997).

[22] PORRAS, A y MONTANERO, A. P. "Autómatas programables". Editorial Mcgraw-Hill. (1990).

[23] "Instrumentación y control". Página de internet: <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-de-plcs/104-capitulo-32-modulos-de-entrada-y-salida-de-datos>. [Consulta: 2012-05-02]

[24] "software de programación de autómatas". Página de internet: [http://www.panasonic-electric-works.es/pewes/es/downloads/dd\\_x634\\_es\\_fpwinpro\\_flyer.pdf](http://www.panasonic-electric-works.es/pewes/es/downloads/dd_x634_es_fpwinpro_flyer.pdf). [Consulta: 2012-05-04]

[25] "Factory automation". Página de internet: [http://panasonic.japanfa.com/nais\\_GT30.htm](http://panasonic.japanfa.com/nais_GT30.htm). [Consulta: 2012-05-06]

## ANEXO A

### CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

El PLC que se utilizó es el FP0 C32T de NAIS, a continuación se presenta las características principales de dicho autómata.

#### Input/Output Specification

Type	FP0-C10RS-A	FP0-C14RS-A FP0-C14CRS-A	FP0-C16T-A FP0-C16CT-A FP0-C16P-A FP0-C16CP-A	FP0-C32T-A FP0-C32CT-A FP0-C32P-A FP0-C32CP-A	FP0-T32CT-A FP0-T32CP-A
Power range	19.6Vdc - 26.4Vdc				
Power Current	0.3A		0.3A	0.4A	
Input range	19.6Vdc - 26.4Vdc				
Input time	X0- X1 (50us) X2-X5 (100us) Others 2ms				
Output time	10ms (Relay)		Y0, Y1 50us Others 1ms		
Connection	Phoenix removable screw terminals		MIL 10 pin x 2	MIL 10 pin x 4	

#### General Specification

Type	FP0-C10RS-A	FP0-C14RS-A FP0-C14CRS-A	FP0-C16T-A FP0-C16CT-A FP0-C16P-A FP0-C16CP-A	FP0-C32T-A FP0-C32CT-A FP0-C32P-A FP0-C32CP-A	FP0-T32CT-A FP0-T32CP-A
Operating temp	0-55 degree C				
Operating humidity	0-85%				
Ambient temp	0-55 degree C				
Vibration	0-55Hz, 0.75mm oscillation X, Y, Z direction for 1 minute each				
Shock	1G for X, Y, Z each direction				
Compliant	UL508: File #: cUL CE				

<b>Dimension (w, h, d)</b>	25 x 90 x 70mm	25 x 90 x 70mm	30 x 90 x 70mm
<b>High Speed Counter</b>	Single phase: 4ch, total 10KHz X0(ch.0), X1(ch.1), X2(ch.2), X3(ch.3) (X4 and X5 can be hardware reset) A/B phase: 2ch, total 2KHz X0 - X1(ch.0), X2-X3(ch.2) (X4 and X5 can be hardware reset) Counter range: -8,388,608 to +8,288,607 (each)		
<b>Pulse output</b>	2 points (Y0, Y1), Total 120KHz (Max 100KHz on one axis) Incremental control and Absolute control Automatic acceleration and deceleration Home function, Deviation counter clear signal for servo motor control Automatic direction output (Y2, Y3) *Transistor output types only		
<b>Interrupt</b>	6 input interrupt (X0, X1 50us) (X2,3,4,5 100us) Constant time interrupt (0.5ms to 30sec)		
<b>PID</b>	PID algorithm (with auto tuning) I-PD algorithm (with auto tuning) 10ms cycle to 10s cycle 16 loops		
<b>Prog port</b>	MEWTOCOL Default 9600bps, software configurable to 19600bps Modem communication support (Slave mode only) CNET support (up to 32 station) T32CT & T32CP (up to 99 stations)		
<b>Secondary port</b>	Available only with "C" type. MEWTOCOL, ASCII mode, Binary mode software selectable 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19600bps Modem communication support (Slave mode and dial out)		
<b>Floating point</b>	Trigonometric, log, root, and more instructions		
<b>Others</b>	Step ladder : 128 steps Subroutine: 32 subroutine Jumps/Loops: 32 labels Master Control Relay: Available Index: 2 pointers (IX, IY)		
<b>Battery Back up</b>	N/A	N/A	30 days without recharging
<b>Calendar time clock</b>	N/A	N/A	Yes



## MÓDULOS DE ENTRADAS ANÁLOGAS

El módulo de entradas análogas del PLC es el FPO A - 80 - A de NAIS, según se indica en la figura tiene un conversor análogo digital de 8 entradas y características idóneas para la adquisición.

### FPO 8ch Analog input



This analog unit provides 12 bit resolution per channel as well as 3 different input voltage ranges and a 0 - 20mA current range. A maximum of 24 analog inputs can be expanded per FPO PLC. With this combination, multiple floating point calculations, accurate PID, and auto tuning can all be performed with great efficiency.

If remote monitoring is required, we also have the perfect solution. We can support Ethernet, Internet, Modem, or even wireless. For Ethernet or Internet connection, we recommend using our new [FP Web-Server](#). At a fraction of the cost, you can monitor analog, digital, and serial data information via our web server.

The FPO CPU programming port or secondary 3 pin RS232C port also has modem capability. With our [PCWAY](#) software, you can easily log analog or digital data from a remote location via modem.

Furthermore, our FPO system with up to 16 PID loops and 32 I/O will still remain the smallest among most PLCs in the market. It's only 55mm (W) (2.16") x 90mm (H) (3.55").

#### DIP SWITCHES

DIP switches allow you to set:

- Analog signal input range.  
You can not select multiple ranges on the same unit.
- Number of channels to use.  
You can select 2, 4, 6, or 8 channels. This will improve the update time.
- Averaging for 10 samplings  
If you select averaging, all channels will get averaged.

<b>Part Number</b>	<b>FPO-A80-A</b>
<b>Input</b>	8 channel
<b>Power range</b>	19.6Vdc - 26.4Vdc
<b>Current Consumption</b>	0.3A
<b>Input range</b>	Voltage: -10 to +10V 0 to 5V -100 to 100mV Current: 0 to +20mA
<b>Input Resolution</b>	12 bit 1/4096
<b>Input Error</b>	+/-1% of full scale (0-55C)
<b>Response time</b>	1ms + 1 scan time per 2 ch
<b>Input common</b>	8 / com
<b>Connection</b>	Phoenix removable screw terminals

#### General Specification

<b>Type</b>	<b>FPO-A80-A</b>
<b>Operating Temperature</b>	0-55 degree C

## MÓDULOS DE SALIDAS ANÁLOGAS

En forma similar el módulo de salidas análogas del PLC es el FPO – A041 de NAIS, según se indica en la figura tiene un conversor digital análogo de 4 salidas y características idóneas de resolución.

### FPO Analog



#### New FPO Multi-Channel Analog Expansion Output Units

The **FPO-A04V** gives you 4 voltage outputs in the range of -10V to +10V, and the **FPO-A04I** gives you 4 analog outputs in the range of 4-20mA. Both these units have a output resolution of 12 bits and a conversion speed of 500 us per channel.



With the **FPO\*** or **FP Sigma\*** CPU units, you can connect up to 3 of these units for a total of 12 analog outputs.

\*The FPO and FP Sigma CPU can only support up to 3 expansion units of any combination connected to the right hand side.

Part Number	FPO-A04V (Voltage)	FPO-A04I (Current)
Output	4	4

#### Input/Output Specification

Power range	21.6V DC - 26.4V DC	
Current Consumption	100mA	130mA
Output range	-10 to +10V	4 to 20mA
Output Resolution	12 bit for voltage and current (1/4000)	
Accuracy	+/-1% of full scale (0-55C)	
Conversion Speed	500 us/CH	
Output Impedance	0.5 Ohms	
Connection	Phoenix removable screw terminals	

#### General Specification

Type	FPO-A04V (Voltage)	FPO-A04I (Current)
Operating Temperature	0-55 degree C	
Operating humidity	0-85%	
Vibration	0-55Hz, 0.75mm oscillation X, Y, Z direction for 1 minute each	
Shock	1G for X, Y, Z each direction	
Compliant	UL, cUL, CE	

## ANEXO B

### PANTALLA TÁCTIL

Las características principales de la pantalla táctil son:

#### GT-30 5.7" Touch Screens



The GT-30 has the smallest frame in the market and a very slim bezel. Take a look for yourself!

#### *Slim and shallow case*

While a lot of other 5.7" touch screens have big cases, we try to help you save panel space. The thin bezel and shallow case make the GT-30 one of the smallest touch screens in the industry.



#### Driver information

- ▶ Aromat All FP PLC
- ▶ Allen Bradley DF1 Protocol
- ▶ Modbus RTU  
(supports Automation Direct DL205, GE VersaMano)
- ▶ Mitsubishi FX Series
- ▶ Mitsubishi FX2N Series
- ▶ Omron Sysmac-C Series
- ▶ Siemens S7-200 Series
- ▶ LG PLC
- ▶ General Slave Mode  
(Download the Protocol PDF)

#### Other Features

- ▶ Trend Graph, Recipes
- ▶ Alarm List, Password
- ▶ Scaling
- ▶ Multi Languages
- ▶ 5x Quicker Response
- ▶ Large Memory
- ▶ True Type Font
- ▶ Custom Protocol
- ▶ Two Key Activation
- ▶ Pass Thru Programming
- ▶ Long Lasting Back Light
- ▶ Retentive Memory

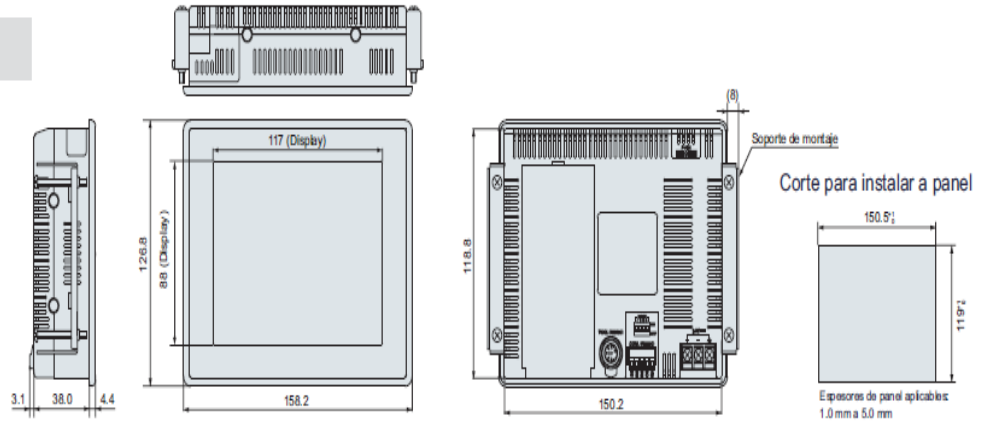
#### Specifications

Screen	5.7"
Resolution	320 × 240 pixels
LCD	16 colors - Color Blue (2 levels) - Mono

## DIMENSIONES

Las dimensiones de la pantalla graficase muestran a continuación:

**GT30**



## PLC COMPATIBLES

GTWIN Ver. 2.6 (hasta Octubre 2004) ● : Compatible – : No compatible

PLC modelo	GT modelo	GT01		GT11		GT30 (Monocromo/Color)
		RS422	RS232C	RS422	RS232C	
Panasonic Electric Works FP Series			●		●	●
Mitsubishi Electric MELSEC-FX0N		●	● *1	●	● *1	● *1
Mitsubishi Electric MELSEC-FX1S		●	● *1	●	● *1	● *1
Mitsubishi Electric MELSEC-FX1N		●	● *1	●	● *1	● *1
Mitsubishi Electric MELSEC-FX1NC		●	● *1	●	● *1	● *1
Mitsubishi Electric MELSEC-FX2N		●	● *1	●	● *1	● *1
Mitsubishi Electric MELSEC-FX2NC		●	● *1	●	● *1	● *1
Mitsubishi Electric MELSEC-FX3UC		●	● *1	●	● *1	● *1
Mitsubishi Electric MELSEC-A (Computer link)		–	● *1	–	● *1	● *1
Omron SYSMAC-C Series			●		●	●
ALLEN-BRADLEY DF1 Protocol			●		●	●
Siemens S7-200 Series			●		●	●
LG MASTER-K (Cnet) Series			●		●	●
MODBUS (RTU Mode)			●		●	●
Toshiba Machine PROVISOR TCmini Series			●		●	–
Yokogawa Electric FA-M3 Series			●		●	●
Protocolo general (Tarjetas electrónicas/Otros controladores)		● Control por comandos*2			●	●

\*1: Es necesario un adaptador conversor RS422/RS232C.

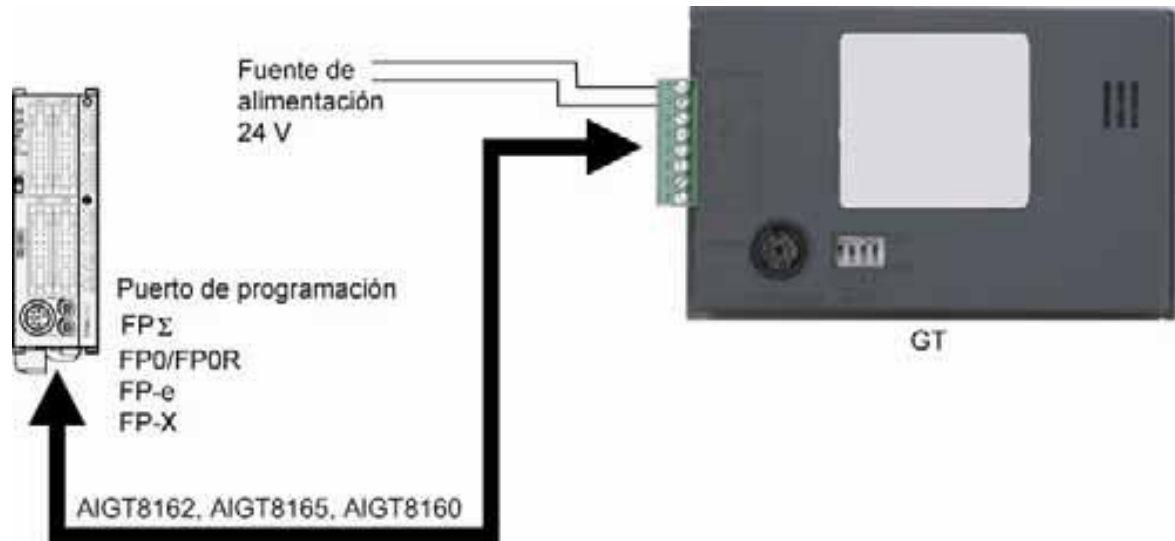
\*2: Notas para el uso del protocolo general de la GT01

Las señales (RS, CS) en la GT01 no están disponibles. Tenga en cuenta lo siguiente cuando use Duplex 1 o Duplex 2:

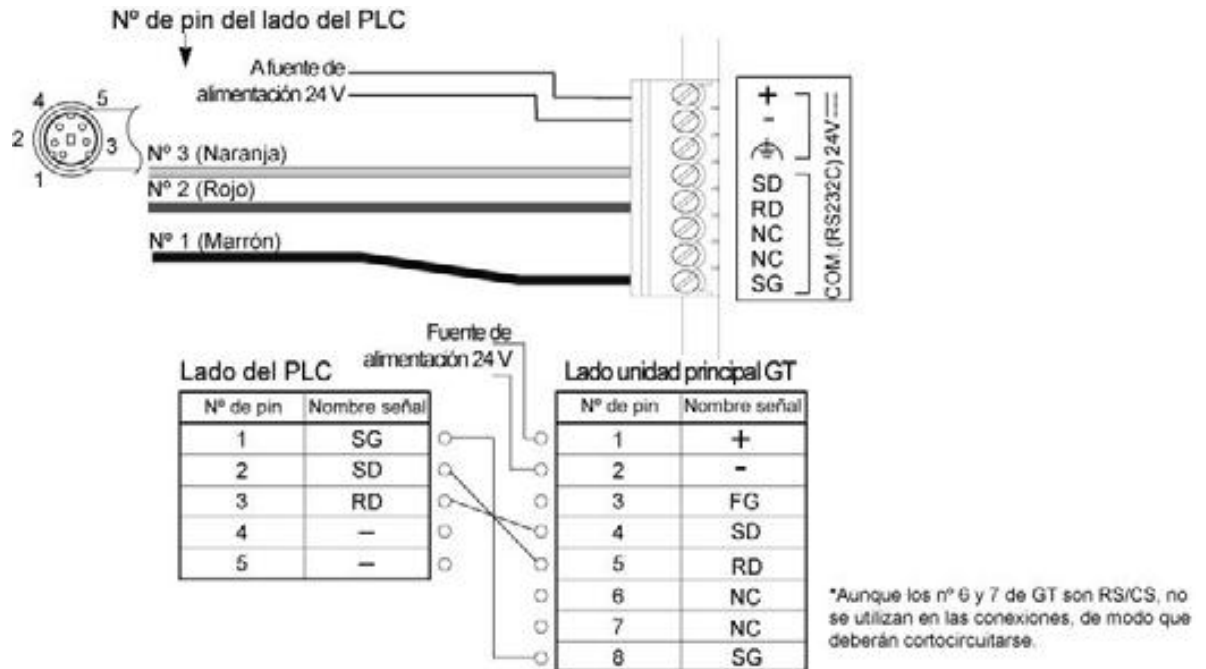
- Los comandos transmitidos por el controlador (tarjeta u otros) mientras la GT01 transmite, no serán aceptados.
- Cuando no haya respuesta de la GT01, reintente la transmisión.

## CONEXIÓN DE LA GT CON EL PLC

El modo de conectar la pantalla táctil con el PLC se muestra en la siguiente figura:



## CONEXIÓN AL PUERTO DE PROGRAMACIÓN DE LA FP0



## **ANEXO C**

### **IEC 61131-3**

El estándar internacional IEC 61131 es una colección completa de estándares referentes a controladores programables y sus periféricos asociados. Consiste de las siguientes partes:

#### **Parte1: Información General**

Establece las definiciones e identifica las principales características significativas a la selección y aplicación de los controladores programables y sus periféricos asociados.

#### **Parte 2: Equipo requerimientos y pruebas**

Especifica los requisitos del equipo y pruebas relacionadas para los controladores programables (PLC) y sus periféricos asociados.

#### **Parte 3: Lenguajes de Programación**

Define como un conjunto mínimo, los elementos básicos de programación. Reglas sintácticas y semánticas para los lenguajes de programación usados más comúnmente, incluyendo los lenguajes gráficos de Diagrama de Escalera y Diagrama de Bloques de Funciones y los lenguajes textuales de Lista de Instrucciones y Texto estructurado. Así como sus principales campos de aplicación, pruebas aplicables y los medios por los cuales los fabricantes pueden expandir o adaptar esos conjuntos básicos a sus propias implementaciones de controlador programable.

#### **Parte 4: Guías de Usuario.**

Un reporte técnico que proporciona una vista general y guías de aplicación del estándar para los usuarios finales de los controladores programables.

## **Parte 5: Especificación del servicio de Mensajería.**

Define la comunicación de datos entre controladores programables y otros sistemas electrónicos usando el “Manufacturing Message Specification” (MMS, acorde al ISO/IEC 9506).

## **Parte 6: Programación en lógica difusa.**

Define los elementos básicos de programación de “lógica difusa” para su uso en Controladores programables.

## **Parte 7: Guías para aplicación e implementación de lenguajes de programación.**

Proporciona una guía para los desarrolladores de software para los lenguajes de programación definidos en la parte 3.

En IEC 61131-3 los Programas, Bloques de Función y Funciones son llamados Unidades de Organización de Programa (program organization units o POUs).

### **Funciones**

IEC define Funciones Estándar y Funciones Definidas por el Usuario. Las funciones estándar son por ejemplo: ADD (suma), ABS (absoluto), SQRT (cuadrado) SIN (seno), etc. Las funciones definidas por el usuario (basadas en las funciones estándar), una vez definidas pueden ser re-usadas una y otra vez.

### **Bloques de Función (Function Blocks FBs)**

Los Bloques de Función son los equivalentes a los circuitos integrados y representan una función de control especializada. Contienen datos así como el algoritmo así que pueden conservar información de su estado. Esto las diferencia de las funciones.

Dentro del estándar se definen 4 lenguajes de programación. Esto es, se definen su sintaxis y semántica. Una vez que usted los aprendió, puede aplicarlos a una gran cantidad de sistemas que están basados en estos estándares.

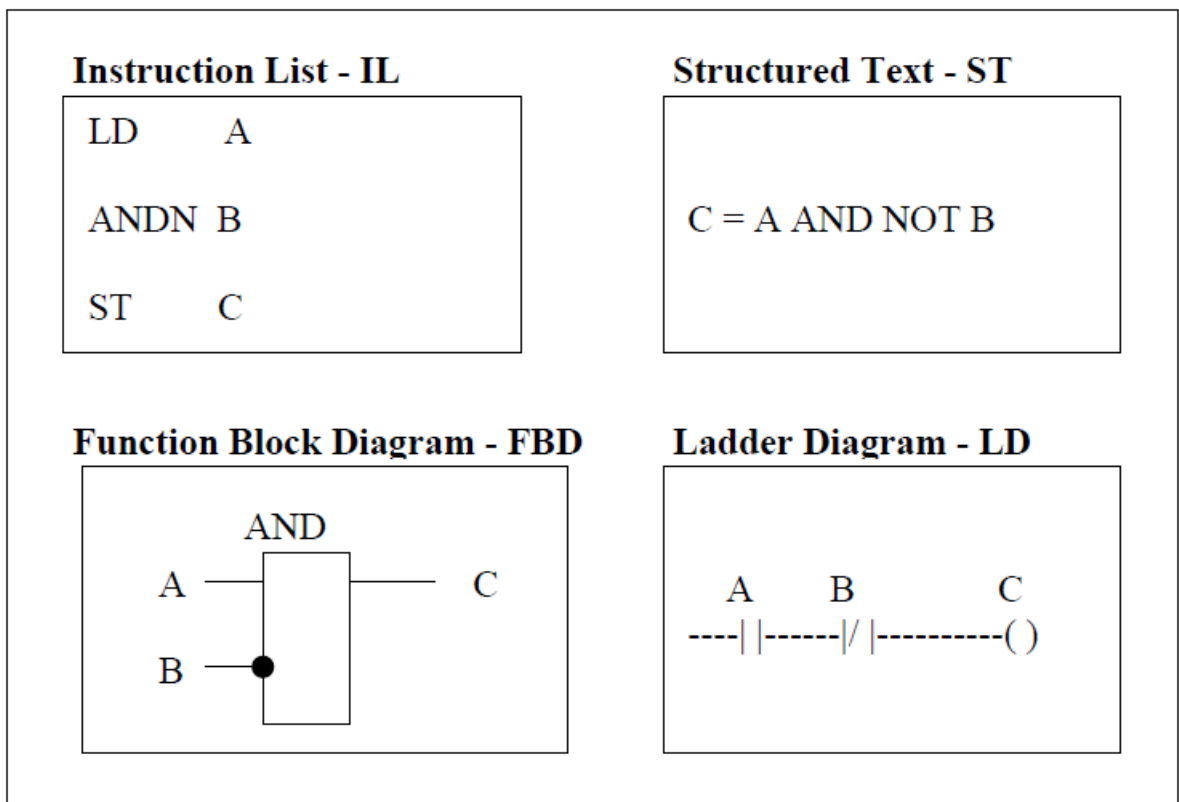
Los lenguajes son 2 de tipo textual y 2 de tipo gráfico:

**Textuales:**

- Lista de Instrucciones (Instruction List – IL)
- Texto estructurado (Structured Text – ST)

**Gráficos:**

- Diagrama de Escalera (Ladder Diagram – LD)
- Diagrama de Bloques de Funciones (Function Block Diagram – FBD)





Todos los 4 lenguajes están interrelacionados. Forman un conjunto común relacionado con la experiencia existente. De esta manera, también proporcionan una forma de comunicación a personas con diferente especialidad.

El Diagrama de escalera (LD) tiene sus raíces en USA. Está basado en la representación grafica de la lógica de relevadores.

La Lista de Instrucciones (IL) Es tiene su origen en Europa y se asemeja a los programas en ensamblador.

El Diagrama de Bloques de Función (FBD) es común en la industria de proceso y representa el comportamiento del programa mediante un conjunto de bloques de funciones a la manera de los diagramas de circuitos de electrónica. Esto es: miran al sistema en términos de flujo de señales entre elementos de procesamiento.

El Texto estructurado (ST), es un lenguaje poderoso de alto nivel, con sus raíces en Ada, Pascal y C. Contiene todos los elementos esenciales de un lenguaje de programación moderno, incluyendo selección del flujo de ejecución (IF-THENELSE y CASE OF) y lazos de iteración (FOR, WHILE y REPEAT), que pueden ser anidados. Este lenguaje resulta excelente para la definición de bloques de función complejos que pueden ser usados en cualquiera de los otros lenguajes.

## ANEXO D

### PROGRAMACIÓN DEL PLC

A continuación se presenta la estrategia de control implementada para la automatización de la planta de extracción líquido-líquido.

