



*FRVM de la Universidad Tecnológica Nacional
Departamento de Electrónica
Cátedra Trabajo Final de Grado*

Automatización de Planta de Producción de Biodiesel

Trabajo Final de Grado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica

Autor:

Sebastián José Marengo
Rodrigo Pereyra

2019

Acreditación:

Fecha:

Comité Evaluador

Presidente: MSc. Ing. Pedro Danizio

1º Vocal: Esp. Ing. Héctor Ferrari

2º Vocal: Ing. José Luis Catalano



Dedicatorias

Dedico este trabajo a mis padres José y Mirian por ser mi sostén.

A la incasable atención, ayuda y compromiso de mi señora Virginia, a mis hijas Nina y Ana por ayudarme a seguir y brindarme todo su amor, a mis hermanos Guillermo y Fernando por su apoyo incondicional y a todos mis amigos que siempre me demuestran su afecto.

Sebastián José Marengo

Dedico la concepción de este proyecto a mis padres Alejandro y Daniela, pilares fundamentales en mi vida. Su labor, constancia y educación diaria han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir.

También dedicado a mi hermana Lucia por el apoyo de siempre, y mis abuelos Rubén, Gloria, Faustino y Gladis que fueron, son y serán siempre, imagen de compañerismo, amor, optimismo y alegría.

Por último, agradecer a todas esas personas que estuvieron presentes en este trayecto y por motivos inherentes de la vida ya no están; y a mi grupo de amigos, los hermanos de otra sangre que elijo a diario para vivir.

Rodrigo Pereyra



Memoria Descriptiva

El trabajo por desarrollar consiste en la Automatización de una Planta de Producción de Biodiesel a partir de aceite de soja.

Para realizar esta automatización se utilizó un PLC (Controlador lógico Programable) S7-400 de la familia de Siemens.

Teniendo en cuenta las altas exigencias del proceso producción al cual se va a automatizar, se desarrolló y organizó la programación de forma que está aporte flexibilidad a la hora de tener que realizar alguna modificación en el proceso.

También uno de los aspectos claves es fue la creación de una aplicación “Scada” (realizada con el Software: WinCC v7.2 de SIEMENS) sumamente sencilla, con interfaces amigables para los operadores, sin excesivas exigencias y muy fácil de operar (controles, indicadores de proceso, sistemas de alarmas, imágenes, etc.).

La arquitectura creada es totalmente abierta lo que le permite crecer o adaptarse según las necesidades de la empresa.

Con el desarrollo de esta automatización se logró minimizar las tareas de campo realizadas por los operadores, reduciendo de manera exponencial los riesgos de accidentes que estos trabajos pueden ocasionar debido a la peligrosidad de los materiales que se manipulan.



Índice

Dedicatorias.....	2
Memoria Descriptiva.....	3
INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO N°1: NOCIONES SOBRE LA AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA BODIESEL	8
CAPITULO N°2: ANÁLISIS DE PLANTA	13
1) DESCRIPCION DEL PROCESO	13
2) REACCIONES	14
3) TRANSESTERIFICACION Y METIL-ESTER / SEPARACION DE LA GLICERINA	16
4) CENTRIFUGACION METIL-ESTER - GLICERINA	17
5) CENTRIFUGACION METIL-ESTER - GLICERINA	17
6) CONDENSACION DE VAHOS Y UNIDAD DE RECUPERACION	18
7) UNIDAD DE PURIFICACION DE GLICERINA	18
8) DESTILACION METANOL Y GLICERINA	19
9) RECTIFICACION DEL METANOL	19
10) RECTIFICACION DEL METANOL	19
CAPITULO N°3: EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DEL SISTEMA.....	20
1) PLC (Controlador Lógico Programable)	21
a. Controlador S7-400	21
b. Funcionamiento Cíclico	22
c. Elementos de Mando y Señalización de CPU	23
d. Módulos de Entrada y Salidas	24
e. Atmósfera Explosiva	25
f. Equipos eléctricos aptos para zonas explosivas	26
g. Hardware aplicando Normas de Seguridad ATEX	27
h. Interfaces de Comunicación	29
i. Protocolos de Comunicación.....	29
2) SCADA (“Supervisory Control and Data Acquisition”).....	31
a. Características	31
b. Estándar abierto para una integración sencilla.....	32
c. Todas las funciones HMI a bordo	32
CAPITULO N°4: PROGRAMACIÓN DEL PLC Y SCADA.....	33
1) PLC.....	33
a. Tipos de Datos Manejados	33
b. Arquitectura de Programación	34
c. Configuración y Parametrización del PLC.....	35
d. Configuración de Redes (Ethernet y Profibus)	35
e. Simbólico	36
f. Componentes del Programa	37
2) Sistema SCADA	38
a. Actuadores.....	38
b. Navegación en SCADA	44
c. Pantallas de Producción	49



Conclusiones	62
Bibliografía.....	63
ANEXO.....	64



INTRODUCCIÓN

Ante la cada vez más cercana posibilidad del agotamiento de los combustibles fósiles, la biotecnología se presenta como una potencial herramienta para desarrollar fuentes de energía que pueden constituirse en una alternativa válida para el reemplazo de este tipo de combustibles.

La diversidad geográfica y el desarrollo tecnológico de la industria oleaginosa en la Argentina, brindan la posibilidad de generar nuevas energías alternativas, como pueden ser los biocombustibles obtenidos a partir de la industrialización de grasas animales y cultivos energéticos tradicionales como la soja, el maíz, el girasol, el sorgo y la caña de azúcar.

OPORTUNIDADES PARA LA PRODUCCIÓN DE BODIESEL

a) REDUCCIÓN DE LA MAYORÍA DE EMISIONES CONTAMINANTES

Diferentes estudios han demostrado que el biodiesel reduce substancialmente la emisión de la mayoría de gases y partículas contaminantes de la atmósfera (ver Tabla 2.1). Al ser un combustible oxigenado, el biodiesel tiene una combustión más completa que el diésel, mejorando por eso la composición de las emisiones.

El biodiesel reduce las emisiones de partículas sólidas menores a 10 micrones (PM10), monóxido de carbono (CO) y óxidos de azufre (SOx), peligrosos agentes contaminantes.

La Environmental Protection Agency (EPA, 2002) en un estudio compilatorio de diversas investigaciones sobre emisiones vehiculares con biodiésel, concluyó que las emisiones vehiculares de material particulado se reducían en un 47% cuando se usaba biodiésel, y las de monóxido de carbono en un 48%. Sheehan et al., (1998), utilizando biodiesel de soja en buses de transporte urbano, observaron que las emisiones a lo largo del ciclo de vida del biodiésel se reducían en 44%, 35% y 8% para PM10, CO y SOx, respectivamente.

Agentes contaminantes de la Atmosfera	Variación de las Emisiones	
	Durante la Combustión (%)	Total (%)
CO	-46	-35
CH4	0	-3
N2O	0	-66
Hidrocarburos (sin incluir CH4)	-37	238
Hidrocarburos (no especificados)	0	-39
Hidrocarburos policíclicos aromáticos		-80
Hidrocarburos policíclicos aromáticos nitrogenados		-90
Benceno	0	-96
Formaldehído	0	-96
PM10	-68	-45
Particulas no especificadas	0	-25
Sox	-100	-8
Nox	9	13



HCl	0	14
HF	0	-16

Tabla 1- Agentes contaminantes de la Atmósfera

Nota: En rojo, agentes contaminantes en los que el biodiesel produce mayores emisiones que el diésel.
Fuentes: Sheehan et al. (2000); Beer et al., (2016).

En el caso de las emisiones durante la combustión, las reducciones eran mucho más significativas: 68% para las PM10, 46% el CO y 100% los SOx, ya que el biodiésel no contiene azufre.

La combustión del biodiésel produce menos humo visible y menos olores nocivos que el diésel derivado del petróleo. Se comprobaron que los beneficios del uso del biodiésel son proporcionales al nivel de mezcla que se utilice, por lo que sus beneficios pueden ser estimados según las proporciones de biodiésel y diésel que se estén usando.

El aprovechamiento del biodiésel puede entonces contribuir a disminuir la polución del aire y los riesgos a la salud pública relacionados con ella, especialmente en grandes ciudades afectadas por la contaminación producida por el transporte automotor.

b) ALTA BIODEGRADABILIDAD Y BAJA TOXICIDAD

El biodiésel prácticamente no es tóxico en caso de ingestión, tanto para los peces como para los mamíferos. La concentración de biodiésel para que llegue a ser letal por ingestión oral es muy elevada, alrededor de 17,4 g/kg de peso corporal, lo cual significa que una persona de 80 kg tendría que tomar alrededor de 1,6 l de biodiésel para que tenga efectos mortales. La sal común (NaCl) es aproximadamente diez veces más tóxica. El impacto en la salud humana es un criterio importante cuando se considera la idoneidad de un combustible para aplicaciones comerciales.

En cuanto a la toxicidad acuática, según el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) de los Estados Unidos, ésta es muy baja. Se requieren concentraciones altísimas en el agua, mayores a 1.000 mg/l, para llegar a niveles letales. Por ello el biodiésel es bastante inofensivo para la fauna acuática.

Además el biodiésel es altamente biodegradable en el agua. En estudios de la Universidad de Idaho se encontró que el biodiésel se degrada a un ritmo muy superior al del diésel convencional e incluso tan rápido como la dextrosa (azúcar). En una prueba en solución acuosa, a los 28 días se había degradado el 95% del biodiésel, mientras que el diésel convencional se había degradado en un 40%. En una segunda prueba, esta vez en ambientes acuáticos, el 87% del biodiésel se degradó en 28 días, mientras que la degradación del diésel sólo fue del orden del 26%.

Estas características convierten al biodiésel en el combustible ideal para embarcaciones fluviales, especialmente en zonas acuáticas sensibles y/o protegidas. Los combustibles fósiles están muy relacionados con la contaminación del agua; desde los derrames petroleros en océanos, pasando por la contaminación del agua del subsuelo debido a los tanques subterráneos, hasta llegar a la contaminación de los lagos y ríos debido a las fugas de combustible de los motores de las embarcaciones. El uso del biodiésel puede ayudar a proteger y mejorar la calidad del agua en diversos ambientes.

Así mismo, el biodiésel es menos tóxico y más biodegradable que el diésel en el suelo.



c) ¿POR QUÉ Y CÓMO?

Los principales motivos que llevaron a los diferentes países a impulsar la producción de biodiésel han sido:

- *Una mayor seguridad en el abastecimiento energético.
- *La reducción de la dependencia de fuentes de energía fósiles.
- *La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- *La reducción de emisiones dañinas de efecto local.
- *La protección del suelo mediante el uso de productos biodegradables.
- *La reducción de peligros a la salud mediante el uso de productos no tóxicos.
- *La minimización de los excedentes de la producción agraria.

d) OBJETIVOS

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Lograr una interfaz HMI fácil de operar.

CAPITULO N°1: NOCIONES SOBRE LA AUTOMATIZACIÓN DE PLANTA BIODIESEL

AUTOMATIZACIÓN

Automatización, del griego antiguo “auto”: guiado por uno mismo, es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que está provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajos, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La historia de la automatización comienza con la introducción de las maquinarias (mecanización) para producir grandes cantidades, para lo cual era imprescindible dividir el trabajo en tareas más pequeñas y sencillas. La mecanización a gran escala dio lugar al comienzo de la automatización.

Objetivos de la Automatización:

- Simplificar el trabajo
- Mayor eficiencia
- Disminución de piezas defectuosas



- Mayor Calidad
- Incremento de la productividad y competitividad
- Control de calidad más estrecho
- Integración con sistemas empresariales

La Automatización Industrial, es en sí el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos. En estos procesos industriales se utilizan los controladores para llevar la materia prima al producto final.

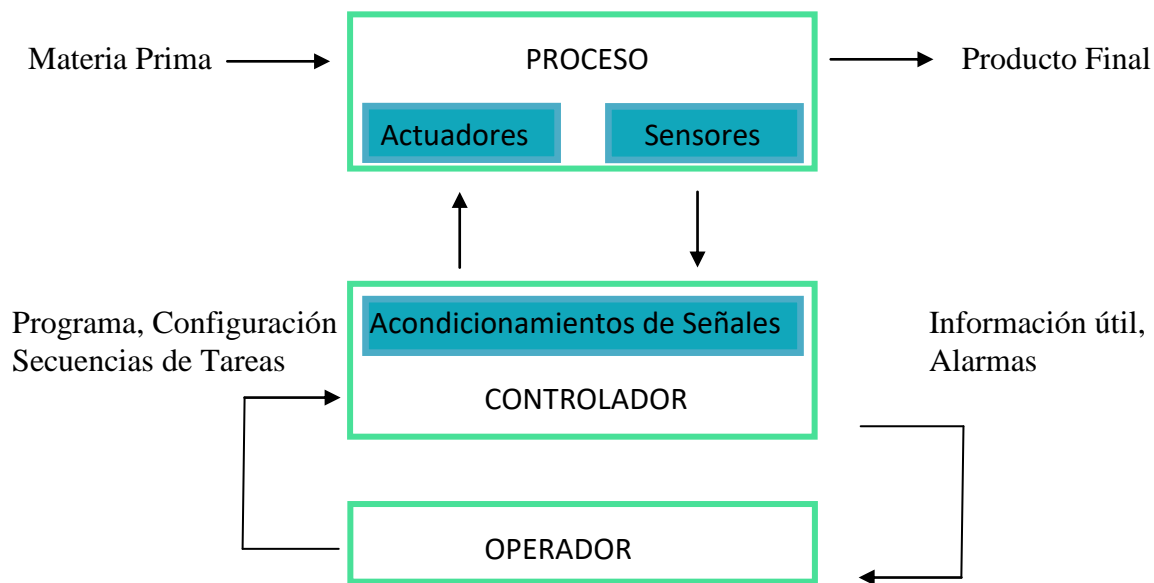


Fig. 1 - Diagrama en bloques del proceso de Automatización

La automatización de los procesos productivos es uno de los aspectos que más ha evolucionado en la industria desde sus comienzos. La integración de tecnologías clásicas como la mecánica y la electricidad con otras más modernas (electrónica, informática, telecomunicaciones, etc.) está haciendo posible esta evolución.

Esta integración de tecnologías queda representada en la llamada "pirámide de automatización", que recoge los cinco niveles tecnológicos que se pueden encontrar en un entorno industrial. Las tecnologías se relacionan entre sí, tanto dentro de cada nivel como entre los distintos niveles a través de los diferentes estándares de comunicaciones industriales.



Fig. 2 - Pirámide de Automatización

- El primer nivel o "nivel de campo" incluye los dispositivos físicos presentes en la industria, como los actuadores y sensores.
- El segundo nivel o "nivel de control" incluye los dispositivos controladores como ordenadores, PLCs, PIDs, etc.
- El "nivel de supervisión" (tercer nivel) corresponde a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA).
- En un nivel superior o "nivel de planificación" se encuentran los sistemas de ejecución de la producción (MES).
- La cúspide de la pirámide ("nivel de gestión") la componen los sistemas de gestión integral de la empresa (ERP).

Si bien la automatización ocupa un campo muy grande y variado, solo se hará hincapié en la automatización industrial realizada con Controladores Lógicos Programables (PLC) su entorno y comunicaciones con dispositivos periféricos.

Un "Proceso Industrial" se puede caracterizar como una operación o secuencia de operaciones en las que las variables de proceso (caudales, temperaturas, presiones, etc.) estén debidamente acotadas para obtener resultados repetibles y con cierta calidad.

Algunos años atrás para realizar éstos procesos de automatización se utilizaban lógicas de Relés, lo que implicaba un cambio radical del sistema cuando se requería de alguna modificación.

El PLC fue capaz de reemplazar la lógica de relés y de esta manera se logró reducir los costos de mantenimiento y aumentar la confiabilidad del sistema. Hoy en día los controladores son cada vez más completos y potentes; en conjunto con una amplia variedad de accesorios (controladores



PID, variadores de frecuencia, arranques suaves, etc.) se pueden lograr innumerables sistemas de control.

NECESIDAD DEL PLC

Con el controlador como órgano principal de la automatización, procesando las diferentes lecturas obtenidas de los equipos, es posible mantener los parámetros dentro de las especificaciones requeridas con una precisión excelente.

Si este control no fuera realizado con un PLC se disminuiría considerablemente su eficacia y la fiabilidad de toda la instalación, aumentaría el costo económico y la cantidad de operarios debería ser mayor.

Un beneficio no menor en la implementación de PLC es el uso más eficiente de los insumos de proceso. El correcto uso de los recursos implica una relación directa en el precio final del producto.

También es de gran ayuda para el personal de mantenimiento ya que este permite historizar horas de funcionamiento y cantidad de fallas de los diferentes equipos, pudiendo realizar un mantenimiento preventivo de los mismos.

TOPÓLOGIA DE CONTROL

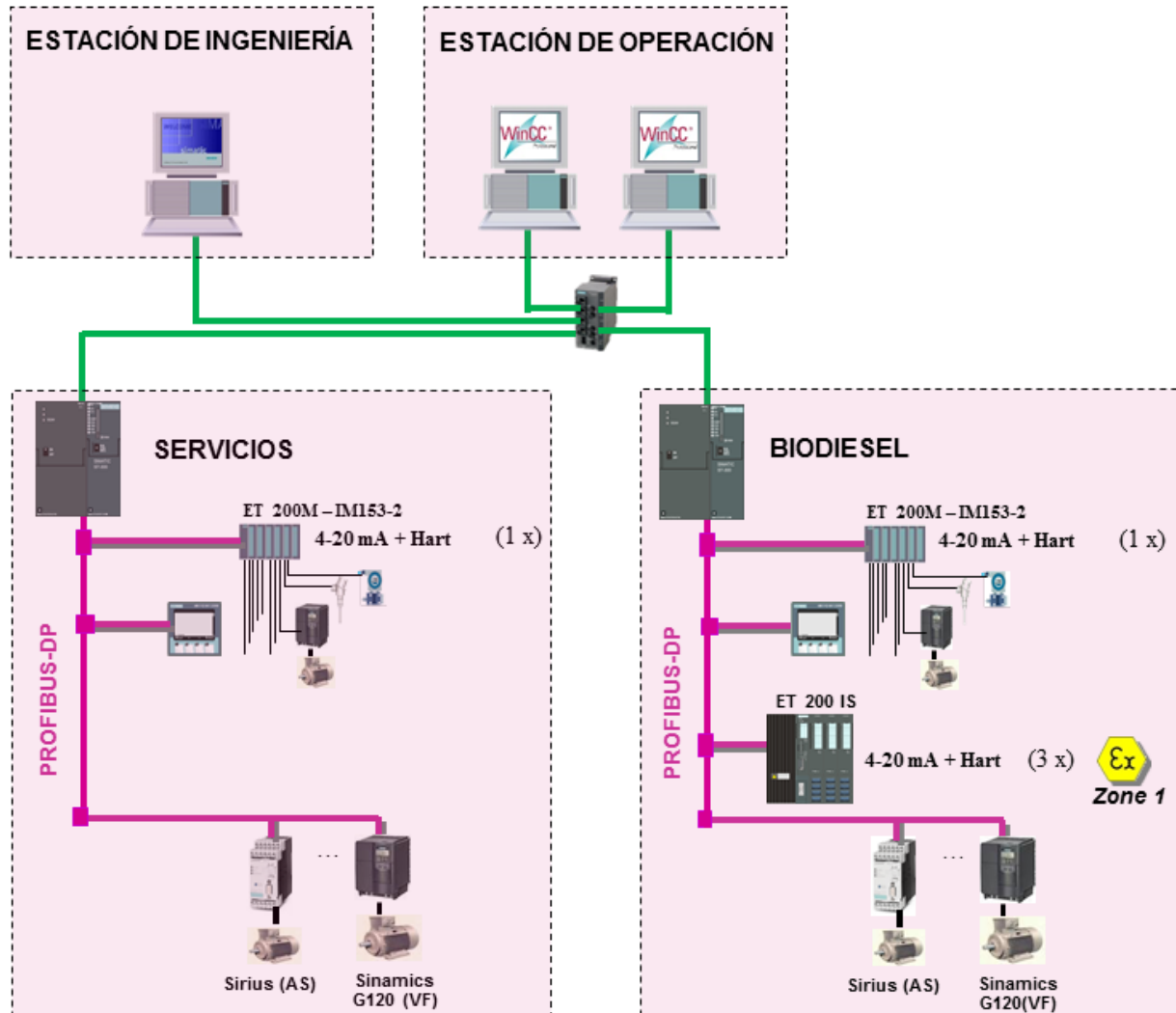


Fig. 3 –Topología de Control



CAPITULO N°2: ANÁLISIS DE PLANTA

1) DESCRIPCION DEL PROCESO

GENERAL

La planta es diseñada para la producción de METIL-ESTER que se origina por la mezcla de aceites vegetales y metanol, en presencia de un catalizador alcalino, produciéndose una reacción de transesterificación. En este proceso la glicerina es obtenida como subproducto (siendo inmisible en la fase de metil-éster).

Para aumentar al máximo la conversión de la reacción, el metanol se alimenta con un exceso molar que va de 1,7 a 2 con respecto a la cantidad estequiométrica. El metanol que no reacciona se reparte entre el metil-éster y la glicerina.

Junto a la reacción principal, ocurren también algunas reacciones dentro del sistema que reducen el rendimiento y aumentan el consumo del catalizador, a saber:

- * La saponificación de ácidos grasos libres que contiene.
- * La hidrólisis de metil-éster y la saponificación subsecuente

Es muy importante que la reacción se produzca con un aceite tan seco como sea posible. Antes de alimentar a la unidad de transesterificación el flujo de aceite es sometido a un secado. El metanol en exceso (separado y recuperado al final de la reacción) está sujeto a la rectificación antes de reciclarse al proceso.

El flujo de metil-éster que viene de la unidad de transesterificación se somete a un proceso de purificación para quitar el exceso de metanol, humedad e impurezas. La purificación de metil-éster consiste en:

- * Un flash del metanol
- * Un lavado de agua subsecuente y centrifugación
- * Un secado flash final.

El flujo de glicerina separada del metil-éster, se somete a un proceso de purificación, que consiste también en eliminar el metanol disuelto y las impurezas (principalmente jabones) incorporados durante la reacción de transesterificación. Consiste en:

- * Un flash del metanol
- * Un paso de acidificación para romper los jabones y separar los ácidos grasos.
- * Un establecimiento ácido glicerina-graso, seguido por una neutralización de Glicerina.
- * Un paso de concentración de glicerina para eliminar las últimas trazas de metanol.

El exceso de metanol usado en la unidad de transesterificación se recupera, conteniendo humedad y necesita ser rectificado antes de reutilizarse.

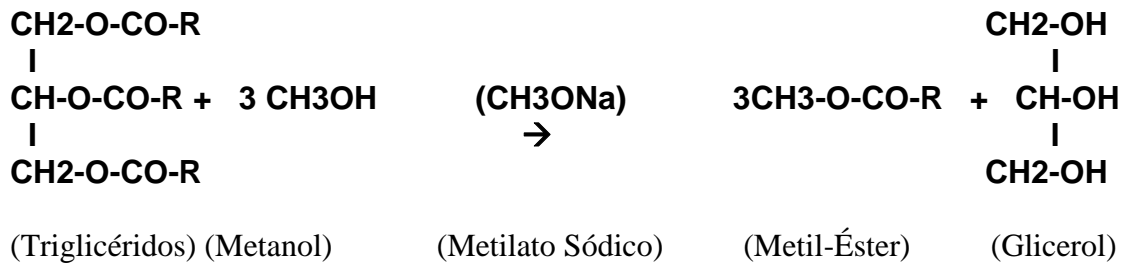
Se detallan funcionamientos de cada unidad del proceso en la siguiente sección.



2) REACCIONES

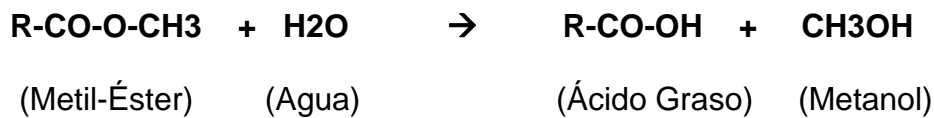
LA REACCIÓN PRINCIPAL

Reacción de Transesterificación

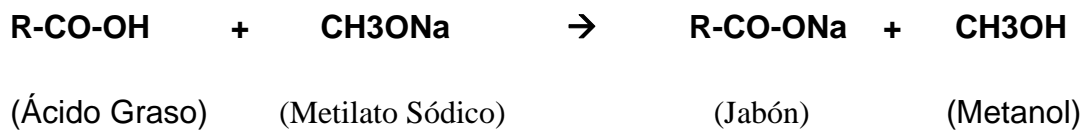


LAS REACCIONES LATERALES

Hidrólisis del Metil-Éster



Saponificación



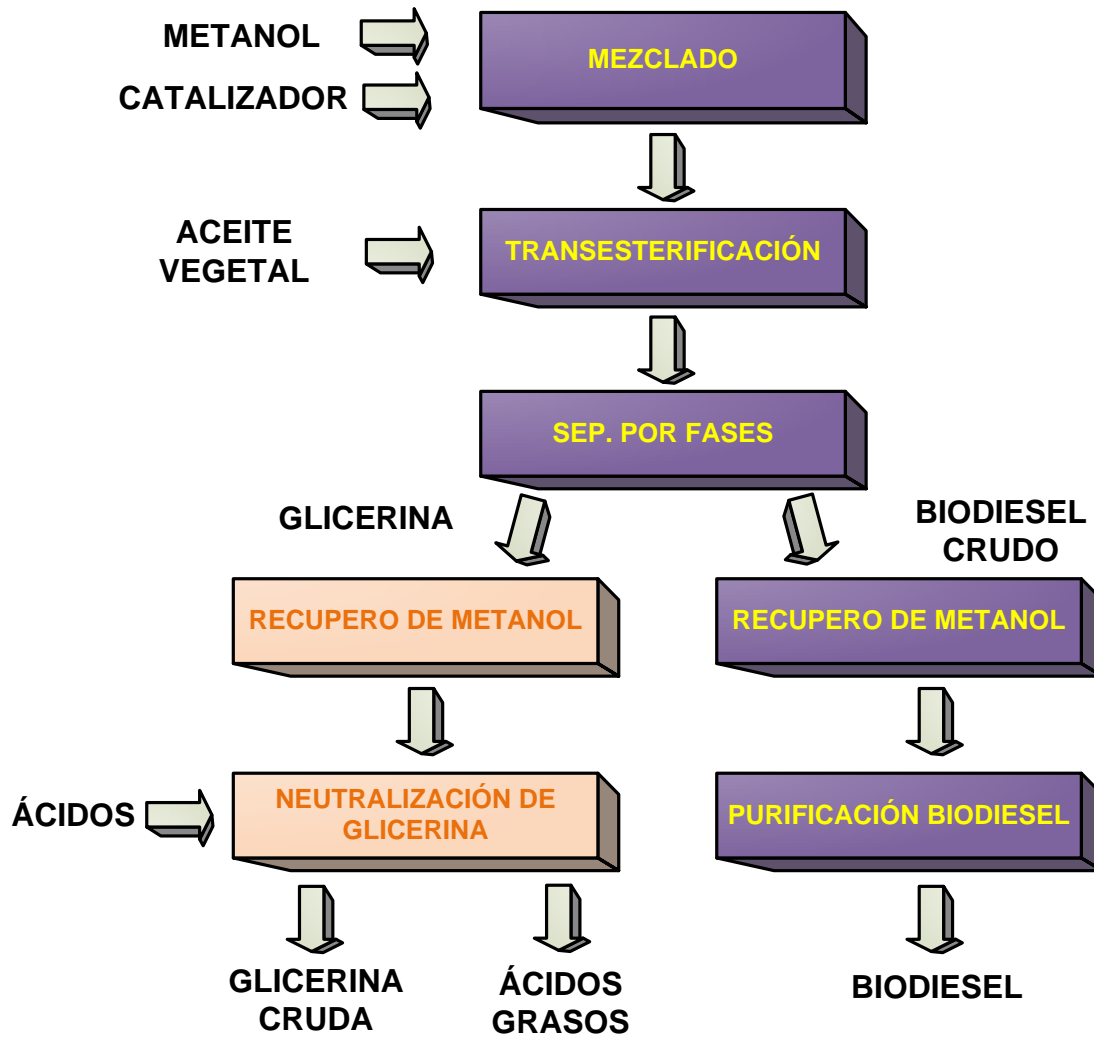


Fig. 4 – Proceso de Producción



3) TRANSESTERIFICACION Y METIL-ESTER / SEPARACION DE LA GLICERINA

DESCRIPCION DEL PROCESO

La reacción de transesterificación se lleva a cabo en continuo, utilizando un prereactor (163R1) y dos reactores en serie (163A1 y 163V2) más un separador intermedio (163S3) operando bajo condiciones suaves (p.ej: temperatura = 62°C y presión atmosférica).

El calor de la reacción es insignificante y es necesario un aporte de calor del exterior para mantener la mezcla de la reacción a la temperatura requerida. La materia prima (aceite pretratado) es continuamente alimentada desde el calentador de aceite (180E2) hasta el prereactor 163R1, donde se mezcla con metanol y la glicerina proveniente del reactor 163V2, en el prereactor se aprovecha el catalizador remanente en la glicerina. El metanol es alimentado a la unidad de reacción en un exceso adecuado con respecto a la cantidad estequiométrica con el objetivo de maximizar el rendimiento de la transesterificación hasta al límite máximo permitido por la reacción de saponificación.

De allí la mezcla de reacción se alimenta al primer separador de fases, que consiste en un decantador del tipo horizontal (separador por gravedad).

La bomba de transferencia 163P2 trabaja tomando la fase liviana (aceite, metanol y metil-éster) que rebalsa de dicho decantador y la envía aguas abajo en el proceso.

La glicerina separada es descargada desde el fondo del separador 163S3; este caudal relativamente rico en jabones es directamente enviado a la unidad de tratamiento de glicerina 166 mediante el tanque 163V8 y la bomba de alimentación 163P6B.

La fase liviana transferida al segundo ciclo de reacción (reactor 163V2) es adicionada con metanol y el catalizador. La bomba de reciclado 163P4, baja altura/alto caudal, permite tener dentro del reactor, el grado de mezcla deseado.

La fase liviana que viene de la parte alta del segundo reactor 163V2 es transferida al tercer reactor, 163A1, previa adición del metanol y catalizador. El tercer reactor de transesterificación es un equipo con agitación sin reciclado externo.

La glicerina separada en el fondo del reactor 163V2, relativamente rica en metanol y catalizador, es reciclada a la unidad de transesterificación mediante la bomba 163P3. La mezcla de reacción proveniente del tercer reactor 163A1 y que contiene el producto (metil-éster), el exceso de metanol y la glicerina (subproductos de la reacción) así como una cantidad limitada de jabones (formados en la reacción de saponificación de metil-éster) es transferida al separador por gravedad 163 S1 y posteriormente a un flash parcial del metanol contenido.

La glicerina (fase pesada) en el fondo de 163S1 (contiene glicerina, el exceso de metanol y casi la totalidad de los jabones) es enviada al 163V2, por medio de la bomba 163P6A.

Luego de pasar por el separador el metil-éster es calentado en el intercambiador 163E1, después enviado al tanque flash 163V4, donde aproximadamente el 60% del metanol contenido es evaporado.

El metanol proveniente del 163V4 es enviado a la unidad 160 de rectificación de metanol.

La fase metil-éster proveniente del flash 163V4 es alimentada al 163V7, ésta contiene trazas de glicerina, jabones y catalizador; estas impurezas son eliminadas a través de un lavado con agua y ácido cítrico, en la recirculación con la bomba 163P7.



4) CENTRIFUGACION METIL-ESTER - GLICERINA

DESCRIPCION DEL PROCESO

El flujo de metil-éster crudo lavado, se precalienta por medio del flujo de producto de metil-éster caliente dentro del intercambiador de calor 163E3A, antes de alimentar a la separadora centrífuga 163S2.

La separadora 163S2 centrífuga logra la separación entre una fase ligera, metil-éster limpio (conteniendo la humedad y rastros de metanol) y una fase pesada, agua e impurezas (jabones, metanol, catalizador y glicerina).

El agua con glicerina que sale de la 163S2, se envía al tratamiento de glicerina unidad

166. La fase del metil-éster, saliendo de 163S2 libre de la glicerina, catalizador y jabones, es calentado en los intercambiadores de calor 163E4 (economizador) y en el 163E5 (calentador) y va al 163V5 para quitar la humedad restante y metanol.

El flujo de salida de producto de metil-éster caliente, se intercambia con el flujo de entrada en el precalentador 163E4, luego en el 163E3A y se enfría aprox. a 40°C por medio del intercambiador 163E3B, antes de enviarlo a los tanques de almacenamiento.

5) CENTRIFUGACION METIL-ESTER - GLICERINA

DESCRIPCION DEL PROCESO

El caudal del metil-éster que va a ser secado se divide en dos corrientes, una se envía directamente a la cabeza de la columna de secado 163C1 y la otra se precalienta por medio del intercambiador 163E4, por el que pasa el flujo que sale de la unidad de secado y por medio del intercambiador de vapor 163E5, antes de entrar en la columna de secado final 163C1 y post flash 163C3, (en las condiciones: 150°C aprox. y 0,1 bar Abs), dónde se le elimina la humedad y el metanol existentes.

El flujo de metil-éster seco, sale de la columna/post-flash, enviándose al almacenamiento, por medio de bomba 163P8, después de enfriarse en los intercambiadores de calor 163E4 por medio del metil-éster de entrada) y del intercambiador 163E3B, por medio de agua de refrigeración. .

El metanol con agua se evaporó dentro del conjunto columna/postflas, estos vahos son condensados a través del condensador 163E6 y enviados al depósito 160V1 (Metanol con agua) el cual pasará a la rectificación del metanol unidad 160 C1.



6) CONDENSACION DE VAHOS Y UNIDAD DE RECUPERACION

DESCRIPCION DEL PROCESO

Esta unidad consiste en el condensador vertical 163E7, el tanque colector 163V6 y la bomba de reciclado 163P9. El absorbedor final 163C2 con flujo de agua en contracorriente opera como un dispositivo deseguridad.

La unidad oper

a normalmente con todos los vahos producidos con todo el proceso en marcha. Está diseñada para tratar un flujo máximo de vahos, bajo unas condiciones de emergencia.

El metanol humedo condensado por condensador 163E7 es almacenado dentro de tanque 163V6. Del tanque 163V6, metanol con agua se transfiere al depósito 160V1 por medio de la bomba 163P9, y de este, por medio de la bomba 160P1 a la unidad de rectificación de metanol 160C1.

Existe la posibilidad de que vaya algun otro producto que no sea metanol hacia el 163V6. Cada caso en particular debe ser analizado, y el producto enviado hacia 163V8 o 163S1 según corresponda.

Los vahos del depósito 163V6, se tratan finalmente en la columna absorción 163C2, usando agua fresca como el medio de absorción, antes de que salgan a la atmósfera.

El sello hidráulico 163V11 protege la unidad de un exceso de presión.

La tubería de salida de gases a la atmósfera, se protege con un arresta-llamas.

7) UNIDAD DE PURIFICACION DE GLICERINA

DESCRIPCION DEL PROCESO

La glicerina almacenada en el 163V8 es enviada por la bomba 163P6B al reactor agitado de acidulación 166V2, donde su pH se baja a 4 para lograr el fraccionamiento de los jabones. A este reactor también se envía, a través de la bomba 163P10, la corriente acuosa rica en glicerina, metanol y jabones que se recupera en la separadora centrífuga 163S3.

La acidificación se produce al dosificar ácido clorhídrico al reactor 166V2, bajo el control del AIC16601

El caudal combinado acidificado alimenta, por desborde del reactor 166V2, el depósito 166S1, donde se produce la separación entre la glicerina y ácidos grasos (produciéndose la separación de los jabones).

La fase de glicerina, casi libre del ácido graso (y todavía conteniendo metanol y agua), se envía, por medio de la bomba 166P3 al depósito neutralizador 166A1, donde el pH se ajusta al valor neutro, por la adición de solución de hidróxido sódico al 50%.

Los ácidos grasos, que están en la parte superior del 166S1, se envían al almacenamiento por medio de la bomba neumática 166P4; como la cantidad de ácidos grasos es muy pequeña, la bomba es controlada en modo de CONEXIÓN-DESCONEXIÓN, por medio del nivel



LGT16608 abriendo y cerrando la válvula V166P4 de entrada de aire motriz.

El caudal de glicerina neutralizado se envía, del 166A1 a la columna de destilación 166C1, a través del 166V3 y del 166E3, para eliminar el metanol residual que contiene.

8) DESTILACION METANOL Y GLICERINA

DESCRIPCION DEL PROCESO

La glicerina neutralizada, almacenada en el tanque intermedio 166V3, alimenta a un caudal prefijado a la columna de destilación 166C1, después de precalentarse en el intercambiador de calor 166E3, con el caudal de salida de la glicerina concentrada.

La glicerina concentrada se deposita en el fondo de la columna de destilación, mientras que los gases agua/metanol salen por la parte superior de la columna y son enviados a la columna 160C1 para recuperar el remanente de metanol.

La columna de destilación 166C1 está provista de una circulación forzada reboiler (Ítem 166E4). La glicerina concentrada se envía bajo el control del nivel LIC166C1, al tanque de almacenamiento, después de precalentar en el intercambiador de calor 166E3, la glicerina que entra a la columna.

9) RECTIFICACION DEL METANOL

DESCRIPCION DEL PROCESO

El alcance de esta unidad es secar el metanol con agua recuperado del metiléster y purificación de glicerina y unidades de secado, para reciclarlo en la unidad de la transesterificación. Esto se realiza en la unidad de rectificación, columna 160C1, provisto con relleno de platos y operando con una alimentación de fase mixta.

El metanol con agua, condensado por el condensador 163E6 proveniente de la unidad de secado de metil-éster 163V5, es enviado al tanque 160V1 que almacena el metanol con agua.

El metanol con agua es enviado a la columna de rectificación 160C1: Del tanque 160V1 por medio de la bomba 160P1 y de la unidad de destilación de la glicerina.

La columna de rectificación 160C1 está provista de un termosifón reboiler (Ítem 160E3).

El metanol seco, sale de la parte superior de la columna 160C1, es condensado en el condensador tubular 160E2 y parcialmente refluja nuevamente a la columna de rectificación.

El metanol condensado y puro, es almacenado en el tanque 160V2 (donde se envía también, el metanol fresco de los tanques de almacenamiento). Del 160V2, por medio de la bomba 160P2, es enviado a la unidad de la transesterificación.

10) RECTIFICACION DEL METANOL

DESCRIPCION DEL PROCESO

La acidulación del agua, usada para lavar el metil-éster, mejora la eficacia quitando los jabones. La solución del ácido cítrico se agrega al flujo de agua, inyectándose en la recirculación de la bomba 163P7.

La solución de ácido cítrico, empleada para el propósito descrito anteriormente, es enviada del tanque de almacenamiento al tanque pulmón 600V2 y dosificada a proceso a través de la bomba dosificadora 600P2B.



La transferencia de ácido cítrico del tanque de almacenamiento al 600V2 se hace de modo automático, por medio de la válvula de ON/OFF V 600A1, en función del nivel alto/bajo LSH600V2-2/LSL600V2-1.

El agua se dosifica, en paralelo a la solución de ácido cítrico, por la bomba dosificadora 600P2A; los dos caudales son mezclados antes de la inyección al caudal del metil-éster, para ser lavado. Las cantidades de solución del ácido cítrico y agua son proporcionales y controladas por el caudalímetro FIC163P7 de alimentación de metil-éster al separador centrífugo 163S2; el control opera automáticamente sobre el variador de velocidad de ambas bombas dosificadoras (600P2A y 600P2B).

CAPITULO N°3: EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DEL SISTEMA

En este capítulo se presentan las características de los equipos utilizados en la automatización de esta planta; en primer lugar se presentan las características técnicas de los PLCs utilizados (ambos del mismo modelo) y posteriormente se detallan los demás componentes de Hardware que componen el sistema (Interfaces de comunicación, monitores de red, módulos I/O digitales y analógicos, etc.). Luego se realiza una descripción del Software con el que fue realizado el SCADA (“Supervisory Control and Data Acquisition”).

En la siguiente figura se representa la Arquitectura de PCs-PLCs interconectados entre sí por medio de una red Ethernet.

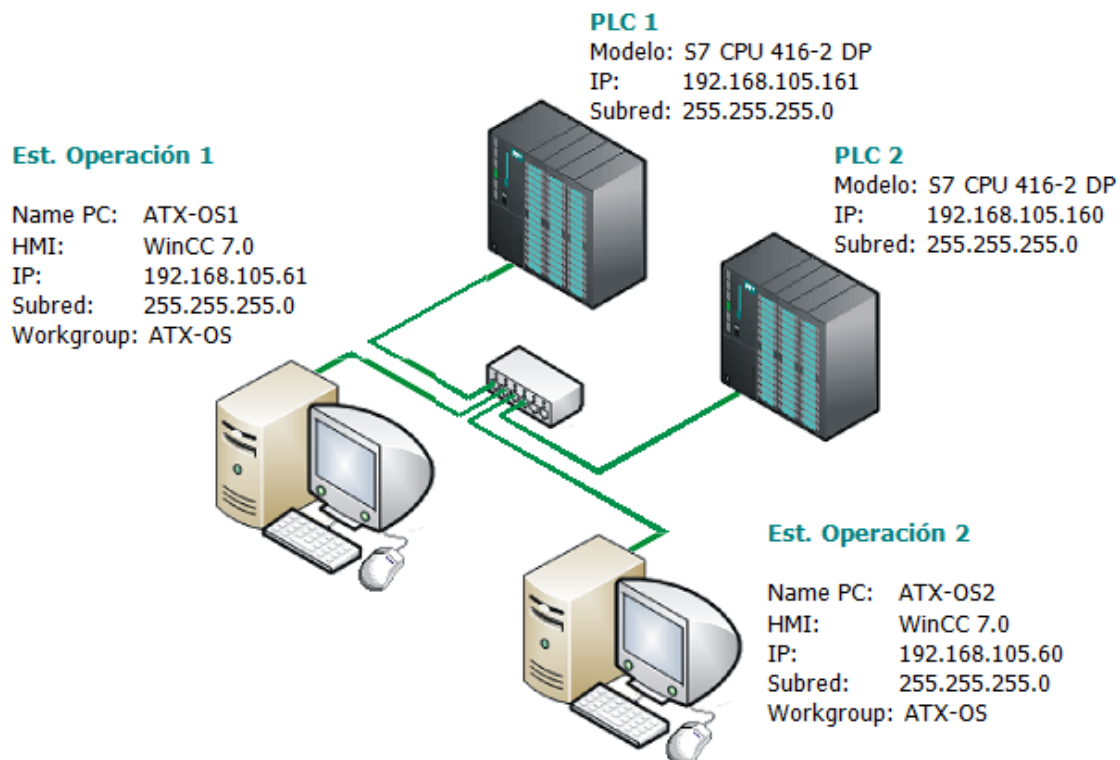


Fig. 05 - Arquitectura PC- PLC



1) PLC (Controlador Lógico Programable)

Desde fines de los 60s vienen formando parte del Hardware industrial, estos no solo controlan la lógica de funcionamiento de un equipo, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para implementar controles Proporcionales, Integrativos y Derivativos (PID).

Los PLC se eligen de acuerdo a las necesidades que deben cubrir; el campo de acción es muy amplio y es necesario realizar un análisis de costo-beneficio. Para ello deben tenerse en cuenta características como la capacidad de memoria, velocidad de procesamiento, costos, posibilidades de expansión, etc.

a. Controlador S7-400

Se decidió utilizar este tipo de controlador debido a la gran cantidad de entradas/salidas que se deben operar, su inmunidad al ruido eléctrico y porque nos brinda una solución primordial en el tema de la automatización de sistemas de tiempo real “duro”, donde los resultados de salida deben ser producidos en respuestas a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado.

Los PLCs utilizados pertenecen a la familia S7-400 de Siemens y los modelos de procesadores son CPU 416-2 DP constituidos por un conjunto de tarjetas como se puede ver en la figura, éstas sirven como interfaz de comunicación con los diferentes actuadores, sensores y señalizadores que forman parte del sistema actualizado.

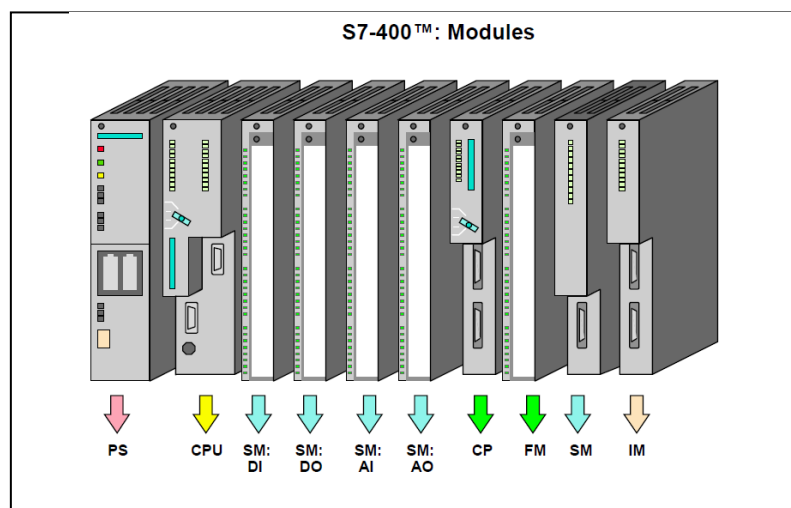


Fig. 06 – PLC con sus Módulos

Componentes

PS (Power Supplier) = Fuente de energía de 24 Vcc.



CPU (Central Processing Unit) = Dentro de esta se aloja la unidad de procesamiento y el programa fuente.

SM (Standart Modules) = Estos pueden ser de Entradas Digitales (DI), Entradas Analógicas (AI), Salidas Digitales (DO) y Salidas Analógicas (AO).

CP (Communications Procesor) = Procesador de comunicaciones, estos sirven como interfaz para comunicar el PLC con otros dispositivos y puede utilizar diferentes protocolos como Profibus, Modbus, Profinet, etc.

FM (Function Modules) = Estos son módulos especiales. Un ejemplo de estos pueden ser los contadores rápidos FM350-2.

b. Funcionamiento Cíclico

Una de las características principales de los PLC es el funcionamiento cíclico de la CPU, y el parámetro de mayor preponderancia es el tiempo de Scan o Tiempo de Ciclo.

El funcionamiento cíclico consta de tres pasos básicos:

1. Lectura de las Entradas
2. Ejecución del Programa
3. Posicionamiento o escritura de las salidas

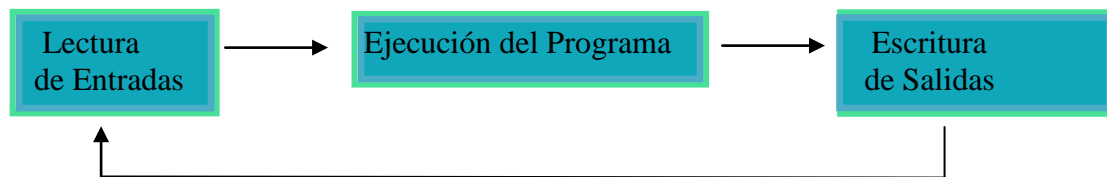


Fig. 07 – Ciclo de trabajo del PLC

La primera operación llevada a cabo es la lectura de las entradas físicas del PLC, esta operación va acompañada por la creación de una imagen de memoria de estados (Registro Imagen de Entrada), éste contenido permanece inalterable durante todo el ciclo. Una vez actualizadas las entradas, la CPU comienza a ejecutar el programa. A medida que el programa se va ejecutando la CPU colocara los resultados en un registro que ella misma crea y recibe el nombre de Registro de Imagen de salida, una vez finalizado el ciclo la CPU envía este Registro a las salidas física del PLC. Este proceso se repite secuencialmente de principio a fin recomenzando nuevamente en forma de lazo cerrado.

c. Elementos de Mando y Señalización de CPU

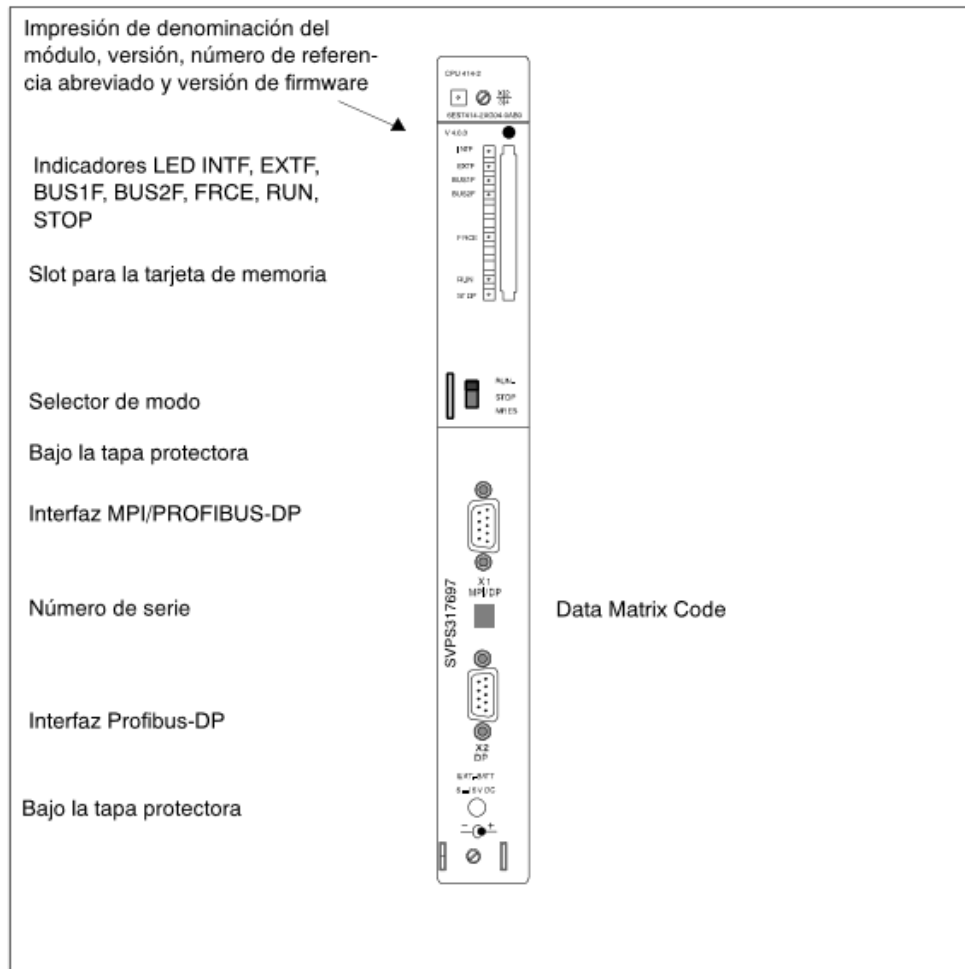


Fig. 08 – Elementos de la CPU del PLC

- Diodos LED: Describen los estados y errores.

LED	COLOR	SIGNIFICADO
INTF	Rojo	Error Interno
EXTF	Rojo	Error Externo
FRCE	Amarillo	Comando Forzado Activado
RUN	Verde	Modo RUN
STOP	Amarillo	Modo STOP
BUS1F	Rojo	Error de Bus de Interfaz (DP-1)
BUS2F	Rojo	Error de Bus de Interfaz (DP-2)
IFM1F	Rojo	Error de Modulo de Interfaz 1
IFM2F	Rojo	Error de Modulo de Interfaz 2

Tabla 2- Diodos Led de las CPU



- Selector de Modo: Sirve para ajustar el modo de operación actual de la CPU. Este tiene tres posiciones posibles RUN, STOP y MRES.
- Ranura para Tarjeta de Memoria: En esta ranura se puede introducir una tarjeta de memoria. Se pueden distinguir dos tipos de tarjetas:
 1. Tarjetas RAM: Permite Ampliar la memoria de Carga de una CPU.
 2. Tarjetas FLASH: Permite Guardar el Programa de usuario y los datos de forma segura (incluso sin pila de respaldo). La tarjeta Flash puede programarse en la unidad PG o en la CPU. Con la tarjeta Flash también se puede ampliar la memoria de carga de la CPU

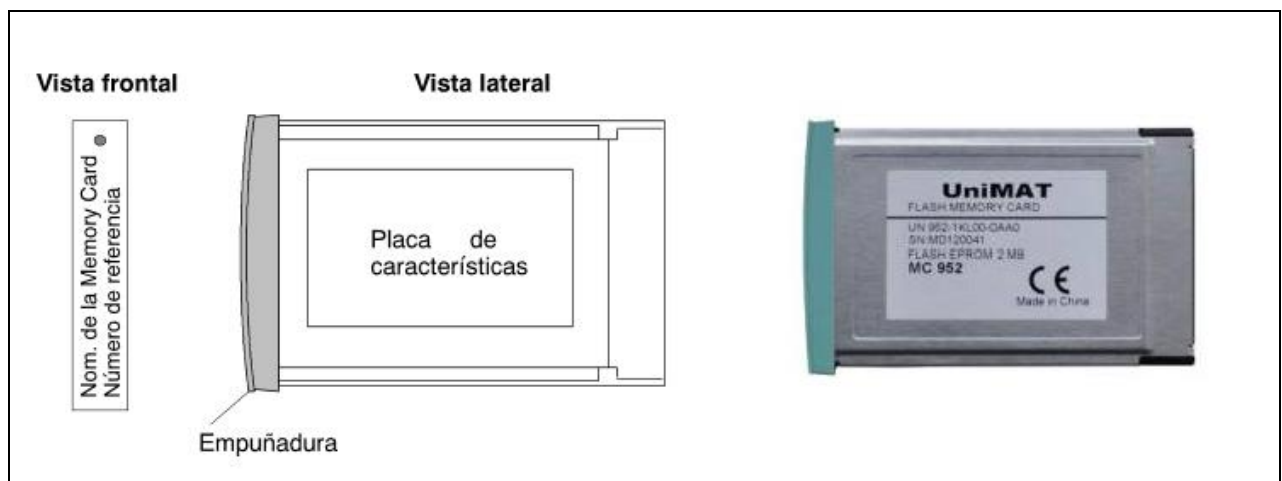


Fig. 09 - Estructura de la Memory Card

- Interfaz MPI/DP: A esta interfaz se pueden conectar los siguientes equipos:
 1. Unidades de Programación,
 2. Equipos de operación y Observación.
 3. Otros controladores S7-400 o S7-300

Esta interfaz puede configurarse también como maestro DP (como se realizó en este proyecto) y de esta manera tener otra red Profibus-DP con hasta 32 esclavos DP.

- Interfaz PROFIBUS-DP: Pueden conectarse unidades periféricas descentralizadas, equipos PG/OP y otras estaciones maestras DP.

d. Módulos de Entrada y Salidas

Estos módulos proporcionan el vínculo entre la CPU y los dispositivos de campos que forman el sistema. A través de ella se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de máquinas del proceso.



Los módulos de E/S son equipos que permiten ampliar las entradas y salidas tanto digitales como analógicas. Los módulos de entrada convierten una señal alterna o continua en una señal de valor lógico continuo, los módulos de salida convierten una señal de mando lógico en una señal alterna o continua. Se puede determinar las características de algunos módulos mediante la parametrización correspondiente.

Existe una gran variedad de tipos de módulos de entradas y salidas compatibles con el tipo de PLC utilizado, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (digital o analógica) a determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

Todos los módulos utilizados son compatibles con la familia S7-400 de Siemens y a continuación se detallan los códigos de los que fueron utilizados para este proyecto:

- Entradas Digitales: **6ES7 131-7RF00-0AB0** y **6ES7 131-4BF00-0AA0**.
- Entradas Analógicas: **6ES7 134-7TD00-0AB0** y **6ES7 132-4BF00-0AA0**.
- Salidas Digitales: **6ES7 132-7GD21-0AB0**.
- Salidas Analógicas: **6ES7 135-7TD21-0AB0**.



Fig. 10 Familia Simatic S7-400

La elección de los módulos no es una tarea sencilla ya que estos deben ser compatibles con los actuadores y sensores que deban comandar y estos a sus vez deben cumplir con las normativas ATEX

e. Atmósfera Explosiva.

Se entiende como Atmosfera explosiva (ATEX) a la mezcla de una sustancia inflamable en estado de gas o de vapor con el aire, en la que, en caso de ignición, la combustión se propaga a toda la mezcla no quemada.

Para que se dé una atmósfera potencialmente explosiva se requiere la combinación de la mezcla de una sustancia inflamable o combustible (en el caso de esta planta lo son el Metiléster y el Metanol en mayor medida) con un oxidante (Oxígeno) a una concentración determinada, y una fuente de ignición. Teniendo en cuenta que los dos primeros son inevitables lo que debemos anular por completo es la fuente de ignición, que puede ser producida por fallas en las instalaciones eléctricas, por tal motivo esta debe cumplir una serie de normativas y reglamentaciones.



- Clasificación de Zonas ATEX

- Zona 0: presencia permanente o durante largos periodos de tiempo.
- Zona 1: susceptible de formarse en condiciones normales de trabajo.
- Zona 2: presencia poco probable y por cortos periodos.

Los principios de seguridad a considerar serán:

Las zonas de riesgo de explosión serán lo más reducidas posible.

La presencia de equipos eléctricos se minimizará y serán de protección acorde a la zona.

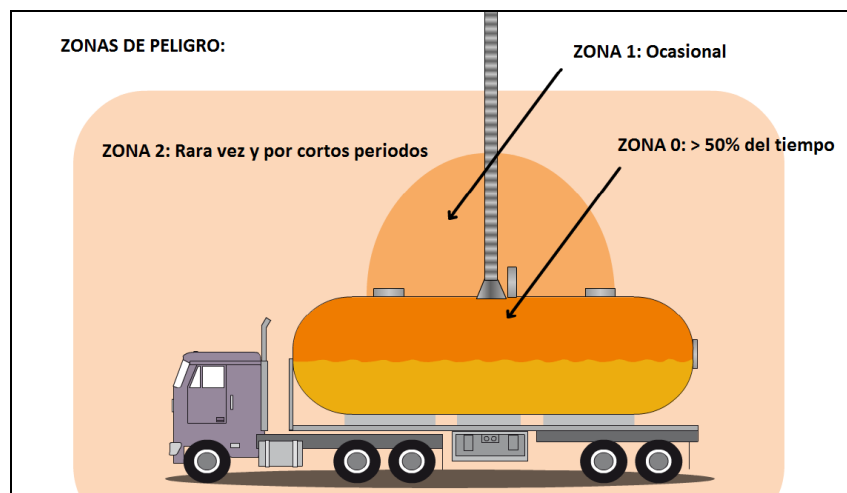


Fig. 11 Clasificación de Zonas ATEX

Los equipos destinados a trabajos en estos tipos de atmósferas se agrupan según:

- 1) Aparatos Grupo I: Para trabajos en minas o en las instalaciones exteriores donde se puedan producir atmósferas explosivas:
 - a. Categoría **M1**: Nivel de protección muy alto.
 - b. Categoría **M2**: Nivel de protección alto
- 2) Aparatos Grupo II: Destinados al uso en otros lugares en los que puede haber peligro de formación de atmósferas explosivas:
 - a. Categoría 1: Nivel de protección muy alto. Si falla un medio de protección, existe otro que sigue manteniendo el nivel de protección.
 - b. Categoría 2: Alto nivel de protección.
 - c. Categoría 3: Nivel normal de protección.

f. Equipos eléctricos aptos para zonas explosivas



Un equipo eléctrico solo será apto para zonas explosivas, si está construido con arreglo a uno de los siguientes modos de protección:

***d = Envoltente Antideflagrante.** El equipo eléctrico está encerrado en el interior de una envoltente capaz de resistir la explosión y de no transmitir la inflamación al ambiente circundante, ni por sus juntas de unión, ni por otras comunicaciones.

***e = Seguridad Aumentada.** Se basa en asegurar la no formación de arcos, chispas o sobrecalentamientos en aparatos, tomando: un coeficiente de seguridad elevado, bornes especiales que no pueden aflojarse, aislantes de alta calidad y con un IP54 mínimo.

***i = Seguridad Intrínseca.** Un aparato o circuito es intrínsecamente seguro cuando no sea capaz de producir chispas o efectos térmicos suficientes para provocar la inflamación de una atmósfera de gas determinada. Está indicado para instrumentación, ya que consiste en diseñar circuitos en baja tensión y reducir la intensidad tomando, además, en consideración los posibles defectos que puedan producirse y los almacenamientos de energía en condensadores, cables e inductancias.
En nuestro caso los módulos utilizados corresponden a esta clasificación.

***p = Sobrepresión Interna.** Las máquinas o materiales eléctricos están provistos de una envoltente o instalados en una sala en la que se impide la entrada de los gases o vapores inflamables, manteniendo en su interior aire o un gas no inflamable, a una presión superior a la atmosférica exterior.

***k= Inmersión en Aceite.** Se realiza de manera que no puedan inflamarse los gases o vapores inflamables que se hallen por encima del nivel de aceite y en el exterior de la envoltente.

***q = Aislante Pulverulento.** Las partes bajo tensión del material eléctrico están completamente sumergidas en una masa de aislante pulverulento.

***m = Encapsulado.** Los elementos a proteger están encerrados en una resina, de tal manera que una atmósfera explosiva no pueda ser inflamada ni por chispas, ni por contacto con partes calientes internas al encapsulado.

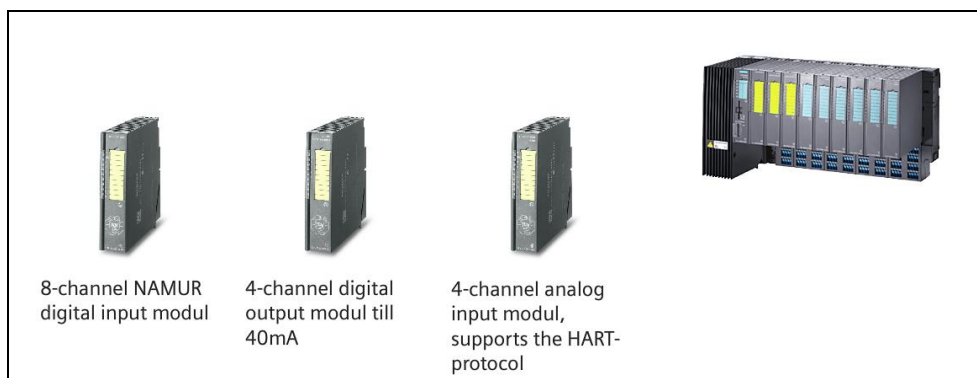


Fig. 12 Módulos de Seguridad Intrínseca

g. Hardware aplicando Normas de Seguridad ATEX

En la siguiente figura se describe como fue armada la arquitectura del sistema de control de planta teniendo en cuenta las Normas de Seguridad ATEX.

La *Zona 2* corresponde a los Tablero Eléctrico CCM (Centro de Control de Motores) ahí se encuentran los PLCs, Variadores de Frecuencias y Arranques Suaves.

La *Zona 1* corresponde a puntos estratégicos dentro de la planta donde se encuentran tableros distribuidos de señales, estos cumplen con los valores de IP de acuerdo a la función y ambiente en que se encuentran. Aquí se instalan las estaciones remotas ET200iSP comunicadas con el PLC mediante la Red Profibus y a estas se les conectan los sensores que se encuentran en las áreas críticas “*Zona 0*”. Cabe destacar que los sensores utilizados son de tipo NAMUR para los digitales y HART para los sensores analógicos.

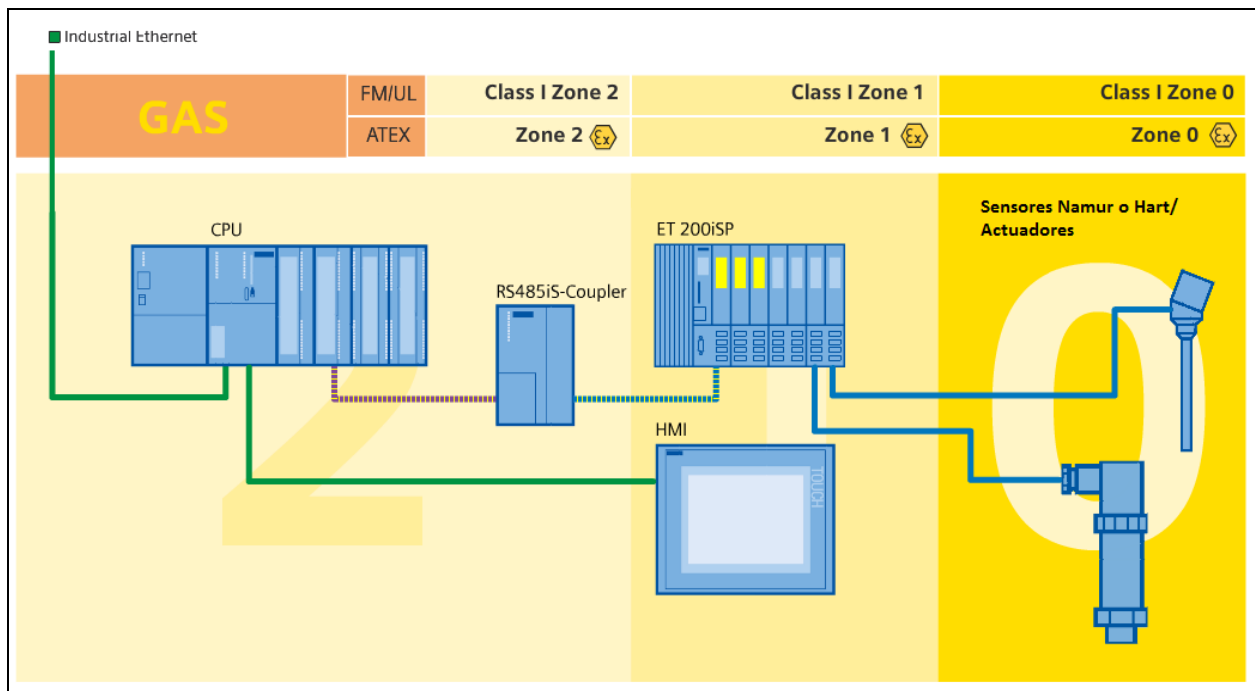


Fig. 13 Arquitectura de Hardware aplicando Normas ATEX

- **Sensores Tipo Namur**

Son sensores inductivos con salida a dos hilos, que se emplean en áreas con riesgo de explosión, zonas de seguridad intrínseca (atmósferas explosivas). Se diferencian de los convencionales por la ausencia de las etapas comparadora (trigger) y de amplificación, de modo que en la zona con riesgo de explosión se encuentra solo la bobina sensora y en una zona segura se encuentra el circuito amplificador que proporciona la salida adecuada. Cuando un objeto se acerca a un sensor tipo NAMUR, éste varía su resistencia interna, provocando un aumento en el consumo de corriente. Esta variación se debe mantener dentro de un margen de seguridad (representado en la gráfica) que indica la norma DIN 19 234. El amplificador exterior se encarga de evaluar este cambio y convertirlo en una señal digital. Su apariencia externa es similar a un sensor inductivo normal.

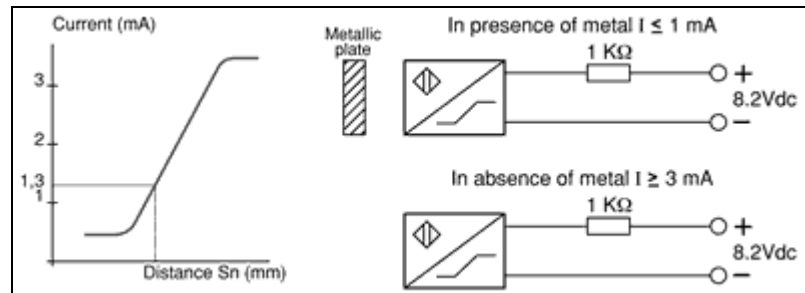


Fig. 14 Comportamiento Sensores Namur

- **Sensores HART (Comunicación simultánea analógica y digital)**

Este tipo sensores cumple con las normativas ATEX ya que el bus HART puede ser limitado en potencia para utilizarse en este tipo ambientes y será explicado con profundidad en la siguiente parte de protocolos de comunicación.

h. Interfaces de Comunicación

Los PLCs utilizados poseen diferentes interfaces de comunicación, entre ellas se encuentran:

- **Multi Point Interface (MPI):** Es la interfaz de la CPU con el PG/OP (PG: Programador, OP: Panel de Operación), o bien para la conexión en una Subred MPI. La velocidad de transferencia de esta red puede modificarse desde 19,2 Kbit/s hasta 12 Mbaudios. (No se utiliza en este proyecto)
- **Profibus DP:** La interfaz Profibus DP sirve principalmente para conectar aparatos de la periferia descentralizada (Variadores de Frecuencia, Estaciones Remotas, Arranques Suave, etc.). Esta interfaz permite configurar grandes redes y determinar nuestros maestros y esclavos. Su velocidad de transferencia es de hasta 12 Mbit/s
- **Profinet PN:** Esta sirve para establecer enlaces Industrial Ethernet/TCP-IP

i. Protocolos de Comunicación

Un protocolo de comunicaciones es un sistema de reglas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. Se trata de las reglas o el estándar que define la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación, así como también los posibles métodos de recuperación de errores. Los protocolos pueden ser implementados por hardware, por software, o por una combinación de ambos.

Los protocolos de comunicación utilizados en este proyecto son:



- PROFIBUS: Se utiliza para comunicar PLC con toda las Estaciones distribuidas de señales de entradas y salidas, como así también con los Variadores de Frecuencia y Arranques Suave.
- HART: Se utiliza para comunicar PLC con sensores analógicos de Caudal, Nivel, Temperatura, Presión y pH.
- TCP/IP: Se utiliza para realizar comunicación entre PLC y SCADA.

Protocolo de comunicación PROFIBUS:

Profibus es un estándar de comunicaciones para bus de campo. Deriva de las palabras PROcess Field BUS.

Conexiones Físicas

Profibus tiene, conforme al estándar, cinco diferentes tecnologías de transmisión, que son identificadas como:

- 1 RS-485: Utiliza un par de cobre trenzado apantallado, y permite velocidades entre 9.6 kbit/s y 12 Mbit/s. Hasta 32 estaciones, o más si se utilizan repetidores.
- 2 MBP. (Manchester Coding y Bus Powered): Es transmisión sincrónica con una velocidad fija de 31.25 kbit/s.
- 3 RS-485 IS.
- 4 MBP IS.
- 5 Fibra óptica: Incluye versiones de fibra de vidrio múltimodo y monomodo, fibra plástica y fibra HCS.

Las versiones IS son intrínsecamente seguras, utilizadas en zonas peligrosas (explosivas).

Tipos de Nodos

- Activos: Estos pueden actuar como maestros del Bus, tomando enteramente el control del bus. En nuestro caso, el PLC.
- Pasivos: Estos únicamente pueden actuar como esclavos, o sea, solo pueden dialogar con el maestro del Bus mediante un simple mecanismo de pregunta respuesta; dos nodos pasivos no pueden comunicarse entre sí.

Clasificación desde el punto de vista de la comunicación

- Aplicaciones Mono-Maestro: Un solo maestro está activo en el Bus, en nuestro caso es el PLC, los demás dispositivos de la red son sus esclavos. Y la lectura se realiza de manera cíclica.
- Aplicaciones Multi-Maestro: Permite más de un maestro. Pueden ser redes de sistemas independientes donde cada maestro tiene sus propios esclavos o el caso en que se conecte un instrumento de diagnóstico.

Profibus DP (Detalles)



Se hace hincapiés en este debido que es utilizado en nuestro proyecto.

Profibus DP está diseñado para la comunicación de datos de alta velocidad. La comunicación entre PLC-Dispositivos se realiza de forma cíclica según la norma EN 50170, de forma que el PLC lee de forma cíclica la información de los esclavos y luego escribe en ellos. Un dato muy importante a tener en cuenta es que el tiempo de ciclo del bus (tr: tiempo rotación, este va de 1 a 5m) debe ser más pequeño que el tiempo de ciclo del programa del PLC. Además Profibus DP proporciona poderosas funciones para el diagnóstico y configuración de las transmisiones de datos de usuarios cíclicas. La comunicación puede ser realizada mediante la monitorización de la funciones tanto en el maestro como en los esclavos para lo cual se dispone de tres versiones o variantes y estas son:

- DP-V0. Provee las funcionalidades básicas incluyendo transferencia cíclica de datos, diagnóstico de estaciones, módulos y canales, y soporte de interrupciones
- DP-V1. Agrega comunicación acíclica de datos, orientada a transferencia de parámetros, operación y visualización
- DP-V2. Permite comunicaciones entre esclavos. Está orientada a tecnología de drives, permitiendo alta velocidad para sincronización entre ejes en aplicaciones complejas.

2) SCADA (“Supervisory Control and Data Acquisition”)

El software utilizado para realizar el SCADA fue SIMATIC WinCC V7.0. Es un sistema de visualización de procesos escalable y dotado de potentes funciones para la supervisión de procesos automatizados. WinCC aporta funcionalidad SCADA completa en Windows para todos los sectores, desde sistemas monopuesto hasta sistemas multipuesto distribuidos con servidores redundantes y soluciones para todos los lugares de instalación con clientes web.



Figura 15: Logo Identificador del Software.

El software del sistema WinCC está disponible básicamente en dos variantes:

- WinCC paquete completo (RC: licencia para runtime y configuración).
- WinCC paquete Runtime (RT: licencia para runtime).

a. Características



- Uso universal
 - Soluciones para todos los sectores.
 - Cumple los requisitos exigidos en la norma 21 CFR, parte 11.
 - Multilingüe, para uso en todo el mundo.
 - Posibilidad de integración en todas las soluciones de automatización y de TI.
- Todas las funciones de manejo y visualización a bordo.
- Configuración fácil y eficiente.
- Escalabilidad en toda la línea, también vía web.
- Estándar abierto para una integración sencilla.
- Microsoft SQL Server integrado para registro histórico de datos como plataforma de información.
- Producción más transparente gracias a Plant Intelligence.
- Ampliable con opciones y add-ons.

b. Estándar abierto para una integración sencilla

WinCC apuesta consecuentemente por maximizar la capacidad de integración: controles ActiveX y .NET para aplicaciones tecnológicas y sectoriales, comunicación de proceso no propietaria vía OPC, interfaces estándar para el acceso externo a la base de datos (WinCC OLE-DB y OPC HDA), lenguajes de script estándar integrados (VBScript y ANSI-C), acceso a datos y funciones del sistema a través de Application Programming Interface (API) con ayuda del Open Development Kit (WinCC/ODK), ampliaciones específicas de usuario del editor gráfico de WinCC por medio de Visual Basic for Applications (VBA).

c. Todas las funciones HMI a bordo

Las funciones HMI aptas para la industria forman parte de la dotación básica del sistema:

- *Visualización* totalmente gráfica de las secuencias y el estado de los procesos
- *Manejo* de la instalación desde una interfaz de usuario que se puede personalizar, con menús y barras de herramientas propios
- *Señalización* y confirmación de eventos
- *Archivo* de valores medidos y avisos en una base de datos del proceso
- *Protocolización* de los datos actuales del proceso y de datos de archivo registrados
- *Administración* de usuarios y sus permisos de acceso

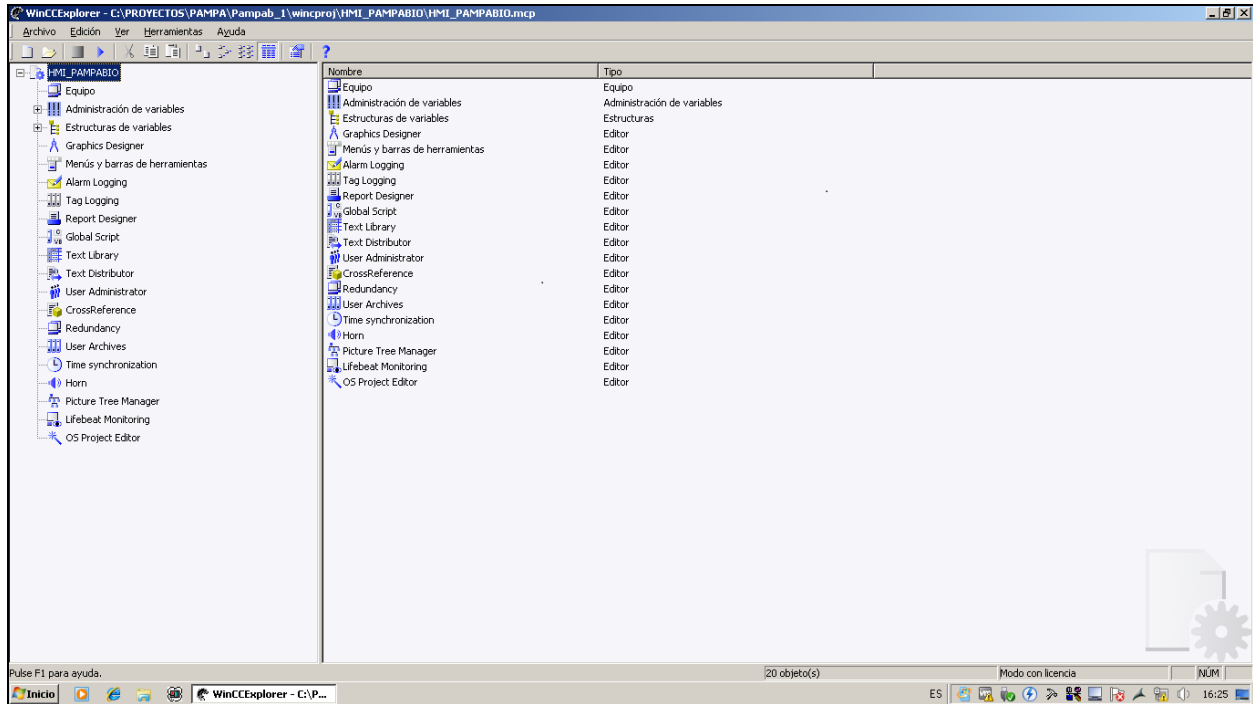


Figura 16: Pantalla de Desarrollo Principal.

CAPITULO N°4: PROGRAMACIÓN DEL PLC Y SCADA

1) PLC

En este capítulo se describen los lineamientos llevados a cabo para la realización de la programación del PLC.

El programa utilizado para realizar la programación del PLC es “Step7 V5.5 SP2” de la Compañía Siemens.

Primeramente se describen los datos a utilizar, luego los bloques indispensables para realizar la lógica y la interacción entre estos.

a. Tipos de Datos Manejados

En la siguiente tabla se presenta un resumen con los tipos de datos utilizados en este proyecto.

Área	Bit (X)	Byte(B) 8 Bit	Word(W) 2 Bytes	Doble Word (D) 4 Bytes	Real (D) 4 Bytes
Entradas Digitales	I 0.0	IB 0	IW 0	ID 0	
Salidas Digitales	Q 0.0	QB 0	QW 0	QD 0	
Entradas Analógicas		PIB 0			
Salidas Analógicas		PQB 0			
Marcas Internas	M 0.0	MB 0	MW 0	MD 0	MD 0
Bloques de Datos	DBxx.DBX0.0	DBxx.DBB 0	DBXX.DBW 0	DBxx.DBD 0	DBxx.DBD 0

Tabla 3: Bloques utilizados en el programa.



Las siglas I, IB, IW e ID hacen referencia al tipo de dato a utilizar de las misma forma ocurre con Q, los números que acompañan a estas hacen referencia Bit, Byte, Word o Doble Word utilizados.

Las Marcas internas (M) son porciones de la memoria de la CPU que se utiliza para almacenar resultados intermedios. Solo una parte de estos son retentivos y la cantidad de estos depende del modelo de la CPU.

b. Arquitectura de Programación

Se pueden diferenciar dos tipos de bloques según su contenido:

- Bloques Lógicos: Contiene parte del Programa. OB, FB, FC, SFC, etc.
- Bloques de Datos: Solo almacenan datos. DB

Bloques de Organización (OB): Estos son una interfaz entre el sistema operativo de la CPU y el programa del usuario. En estos se determina el orden de procesamiento del programa de usuario.

Son llamados por el sistema operativo y controlan el procesamiento cíclico, alarmas de programa, el comportamiento de arranque del sistema de automatización y el tratamiento de los errores.

Programando los OB se define el comportamiento de la CPU. El sistema operativo de la CPU del S7 ejecuta el OB1 de forma cíclica esto quiere decir que una vez que finaliza el OB 1 lo vuelve a ejecutar nuevamente. Por lo tanto dentro de este podemos llamar los FB, FC o SFC.

Bloques de Función (FB): Un FB es un bloque lógico programable con datos estáticos. Este bloque tiene “memoria propia” la cual es escrita cada vez que se ejecuta este. Esta parte de memoria asignado se denomina “bloque de instancia”.

Todos los parámetros y datos estáticos se almacenan en un DB de instancia. Estos bloques ofrecen la posibilidad de programar operaciones complejas que se repitan con frecuencia como los son los Bloques de motores, válvulas, lecturas, etc.

Módulos de Función (FC): Las funciones son bloques programables, a diferencia de los FB estos no tienen memoria. Las variables temporales de estos se memorizan en la pila de datos locales. Estos datos se pierden tras el tratamiento de los FCs. Estos bloques son utilizados para devolver un valor de función al bloque que realiza la llamada de este (es muy utilizado para realizar funciones matemáticas o combinaciones binarias).

Bloques de Función del Sistema (SFB): Es un bloque de función integrado en el sistema operativo de la CPU que se puede llamar, dado el caso, desde el programa de usuario.

Estos bloques son prediseñados por el fabricante y cumplen funciones específicas. Al igual que los FB poseen DB de instancias.

Funciones del Sistema (SFC): Una función del sistema es una función pre programada integrada en la CPU S7. La SFC se puede llamar desde el programa. Como las SFCs forman parte del sistema operativo no se cargan al programa. Al igual que las FCs, estas no tienen bloques de memoria asignados.



Bloques de Datos (DB): Los DBs sirven para depositar datos de usuarios, es decir que los bloques de datos contienen datos variables con los que trabaja el programa de usuario. Los bloques de datos globales contienen datos de usuario utilizables desde otros bloques.

Existen bloques de datos globales que se cargan con datos que son referenciados reiteradas veces y por más de un bloque y bloques de datos de instancia que se cargan con los datos utilizados en un FB, es decir, que a cada llamada de un bloque de función que transfiere parámetros está asignado un bloque de datos de instancia.

Al contrario de los datos en el área de datos locales, los datos contenidos en un DB no son borrados al cerrar el DB o al concluir con el tratamiento del correspondiente bloque lógico. Cada FB, FC u OB pueden leer o escribir los datos de un DB global.

También es importante destacar que los datos que permanecen en los DB son retentivos, es decir, que ante una falla de PLC o pérdida del suministro de energía, los valores contenidos en los DB no se borran.

Marcas: Son áreas de memoria en la CPU que se utilizan para guardar resultados de operaciones o para fijar valores. Una marca se guarda en la memoria volátil de la CPU, por lo que ante un corte de energía se pierde toda la información contenida en esta.

c. Configuración y Parametrización del PLC

Esto constituye el primer paso cuando realizamos la programación del PLC, en esta se colocan todos los dispositivos que van conectados a la CPU y se le cargan las direcciones de I/O a cada uno de estos.

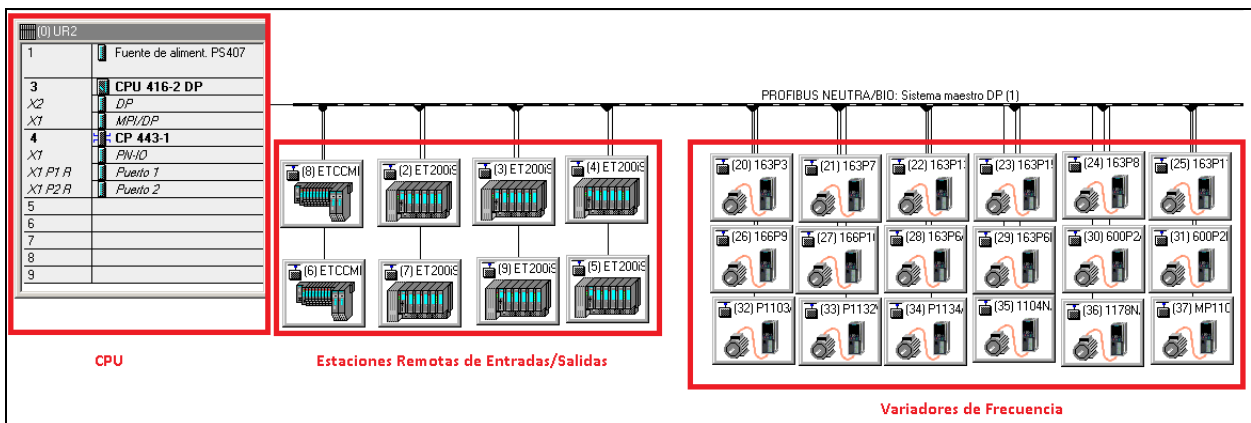


Figura 17: Configuración de Hardware de PLC.

d. Configuración de Redes (Ethernet y Profibus)

Para la configuración de las redes utilizamos la herramienta NetPro que viene junto con el Step7, con este podemos configurar las direcciones de todos los dispositivos que conforman la red y las velocidades de trabajo.

En la figura podemos observar la red Ethernet (Cable verde) formada por los PLCs y SCADAs, como también la red Profibus (Cable Lila) la cual está formada por los PLCs y sus esclavos (Estaciones Remotas, Variadores de Frecuencias y Arranque Suaves).



Con esta herramienta también se configuran los enlaces de comunicación entre los PLC, permitiéndole a las CPU compartir datos.

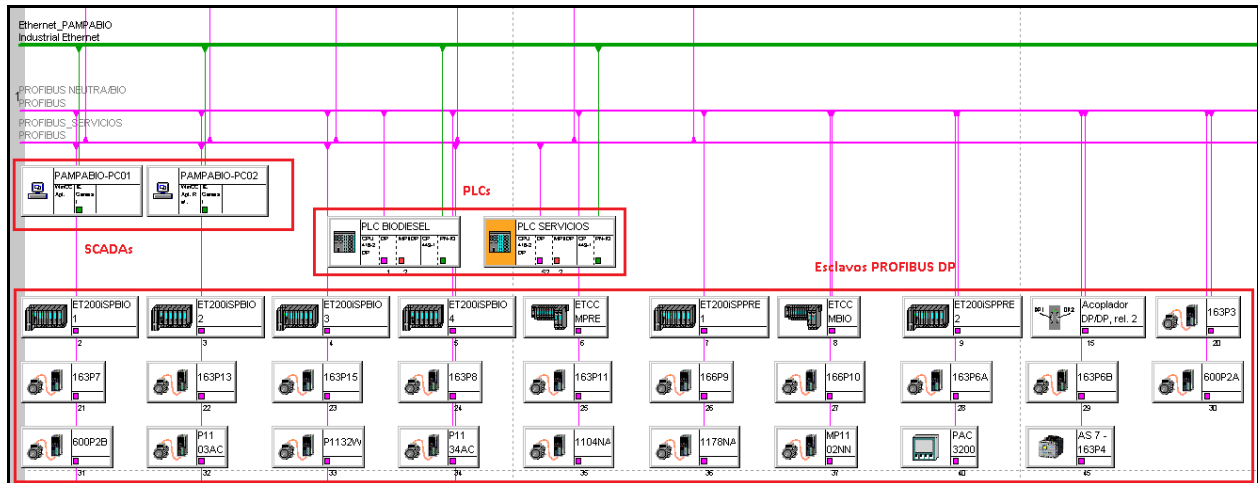


Figura 18: Configuración de Redes utilizando NETPRO.

e. Simbólico

Éste es un listado de todos los Tags (símbolos que se le asignan a las variables manipuladas por el PLC) utilizados en el programa, en este se deben especificar el tipo de dato que representa y la dirección asignada.

Estado	Símbolo	Direcció	Tipo de dato	Comentario
1159	V-146/63C3_CE	I 0.0	BOOL	
1160	V-146/63C3_CD	I 0.1	BOOL	
1161	V-160E2-D1_CE	I 0.2	BOOL	
1162	V-160E2-D1_CD	I 0.3	BOOL	
1163	V-160E2-D2_CE	I 0.4	BOOL	
1164	V-160E2-D2_CD	I 0.5	BOOL	
1165	V-160V2-F1_CE	I 0.6	BOOL	
1166	V-160V2-F1_CD	I 0.7	BOOL	
1167	V-163-01_CE	I 3.0	BOOL	
1168	V-163-01_CD	I 3.1	BOOL	
1169	V-163S2_CE	I 3.2	BOOL	
1170	V-163S2_CD	I 3.3	BOOL	
1171	V-166P4_CE	I 3.4	BOOL	
1172	V-166P4_CD	I 3.5	BOOL	
1173	V-166P6_CE	I 3.6	BOOL	
1174	V-166P6_CD	I 3.7	BOOL	
1175	V-166P7_CE	I 6.0	BOOL	
1176	V-166P7_CD	I 6.1	BOOL	
1177	V-600A1_CE	I 6.2	BOOL	
1178	V-600A1_CD	I 6.3	BOOL	
1179	V-600P2A_CE	I 6.4	BOOL	
1180	V-600P2A_CD	I 6.5	BOOL	
1181	V-600V1_CE	I 6.6	BOOL	
1182	V-600V1_CD	I 6.7	BOOL	
1183	V-600V1-VV_CE	I 9.0	BOOL	
1184	V-600V1-VV_CD	I 9.1	BOOL	
1185	LS-160C1-1	I 9.2	BOOL	
1186	LS-160P5-2	I 9.3	BOOL	

Figura 19: Editor de Simbólicos.



6- Programa

El paso siguiente es la creación del Programa, una vez realizado se procede a descargar el mismo a la CPU del PLC. Para esto deben tomarse los recaudos necesarios, ya que cuando realizamos una descarga completa se pierden los datos que la CPU tenía almacenados.

En la siguiente imagen se muestra la disposición que adoptan los bloques del programa:

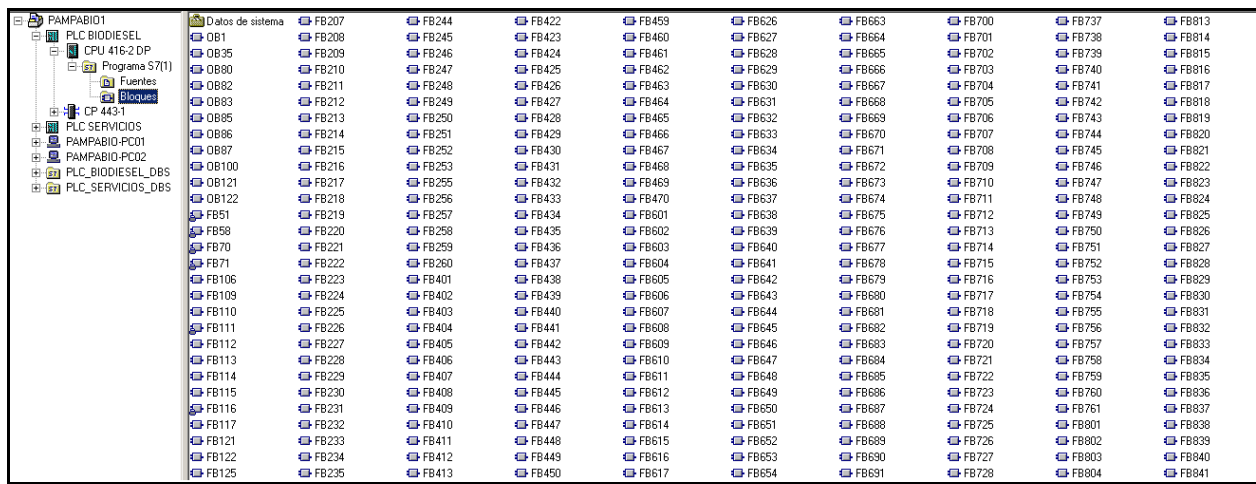


Figura 20: Ordenamiento de Software en Step7.

Luego de realizar un exhaustivo análisis de la lógica descrita en el capítulo 2, se prosigue a la programación de enclavamientos, condiciones de automático, recetas y secuencias.

Son muy importantes las medidas de seguridad que se tomaran porque de ello depende el correcto funcionamiento de la planta.

Cada equipo cuenta con una palabra de comando y una de estado.

- Comando: El PLC le asigna la tarea que debe realizar el equipo.
- Estado: El PLC toma el estado del equipo, de esta se puede determinar el correcto funcionamiento o si hay una falla en él.

Se destaca también que ante alguna falla en los equipos se da un aviso de alarma donde se indica el tipo de falla y el nombre del equipo afectado.

f. Componentes del Programa

En este programa los OBs utilizados sirven para procesamientos cíclico (1,35,100, etc.) y detectar errores (todos los OB8x) ya sea en la conexión de dispositivos o en la lógica de programación.

La ejecución “normal” de un programa es cíclica con la utilización de OB1, por lo tanto dentro de este se puede observar la organización del programa. Aquí se encuentran todas las llamadas de rutinas (Funciones específicas FC), los demás bloques nos permiten organizar las alarmas y el tratamiento de errores.



Los bloques de función son bloques que permiten programar una función que puede ser llamada reiteradas veces y en distintos FBs o FCs. Por ejemplo el control de cada motor o válvula se realiza mediante un FB que llama a FB general que controla el actuador (FB110 en los motores y FB109 para el caso de las válvulas).

También existe un FB de lectura (FB111 y FB116) que toma los valores analógicos que ingresan por los módulos de entradas analógicas y los transforman en un valor que representa la magnitud de la variable medida en los transmisores en campo.

Para generar la lógica de funcionamiento en automático se utiliza también un bloque creado por nosotros que permite realizar la secuencia de arranque de la neutralización (FB60).

Además se pueden listar otros bloques que podemos encontrar dentro del programa que realizan tareas específicas como los son los bloques PID, Totalizadores, Switch, etc.

2) Sistema SCADA

Un SCADA es un sistema empleado en ordenadores que permite la interacción Humano – Maquina basándose en una interfaz gráfica. Como hace referencia su sigla (Supervisory Control And Data Acquisition), éste sistema permite tener una visualización a tiempo real de las actividades que se están realizando en cada parte del proceso en cuestión, esto quiere decir que no sólo permite ver el estado de los actuadores, sino que también podremos obtener lecturas de distintos sensores, alarmas y advertencias al tiempo exacto en que ocurran. Además, gracias a este sistema podremos almacenar valores históricos de los sucesos acontecidos dentro del recinto.

Como fue nombrado en los capítulos anteriores, el software utilizado para realizar SCADA fue el SIMATIC WinCC V7.0, del fabricante SIEMENS. En este capítulo detallaremos cada una de las partes de nuestro sistema.

a. Actuadores

En esta sección se presentan cada uno de los actuadores en los distintos colores que pueden visualizarse en el SCADA, cabe destacar que para TODOS los actuadores se utiliza la misma nomenclatura de colores:

- Rojo: Falla
- Rojo con parpadeo: Falla NO reconocida
- Gris: Equipo Desenergizado
- Verde: Equipo energizado

Junto a cada actuador se presenta la pantalla de comandos, dicha pantalla se presenta como un PopUp cada vez que el operador hace click sobre el equipo que desea controlar.



AYUDA RAPIDA			
	Motor detenido y desenergizado		Valvula cerrada
	Motor en marcha o energizado		Valvula abierta
	Motor con falla reconocida por el operador		Valvula con falla reconocida por el operador
	Motor con falla no reconocida por el operador		Valvula con falla no reconocida por el operador
	Motor con falla de confirmacion		Valvula con posicionador de cierre deshabilitado
	Motor con falla de termico		Valvula con posicionador de apertura deshabilitado
	Motor con falla externa		Valvula con falla externa
	Motor en modo manual		Valvula en modo manual
	Motor en modo enclavado		Valvula en modo enclavado
	Motor en modo automatico		Valvula en modo automatico
	Motor en modo simulacion		Valvula en modo simulacion
	Motor con pulsador de parada presionado		Valvula normal abierta
	Motor con algun bloqueo activo		Valvula con algun bloqueo activo
	Motor con algun Enclavamiento Deshabilitado		Valvula con algun Enclavamiento Deshabilitado
	Lectura, estado normal		PID, valor de SET POINT (valor deseado) (si esta en SP Local el valor se puede ingresar aqui) PID, valor de PV (Variable de proceso a controlar) PID, valor de OUT (salida del controlador 0 a 100%) (si esta en Manual el valor se puede ingresar aqui)
	Lectura en modo simulacion		PID en modo forzado
	Lectura con canal fuera de rango		PID no liberado
	Lectura con alarma bajo bajo (low low)		PID en modo manual
	Lectura con alarma alto alto (hi hi)		PID en modo automatico
	Lectura con alarma bajo (low)		PID en modo remoto
	Lectura con alarma alto (hi)		PID en modo local
	Switch, estado normal		Incrementa la salida si esta en modo manual
	Switch en alarma		Decrementa la salida si esta en modo manual
	Switch en modo simulacion		Abre la pantalla de comando de PIDs

Figura 21: Tabla de resumen de estados de actuadores

Las siguientes imágenes muestran los *faceplate* de cada uno de los actuadores que pueden encontrarse en la planta con una breve descripción de cada uno de sus componentes:



MOTORES

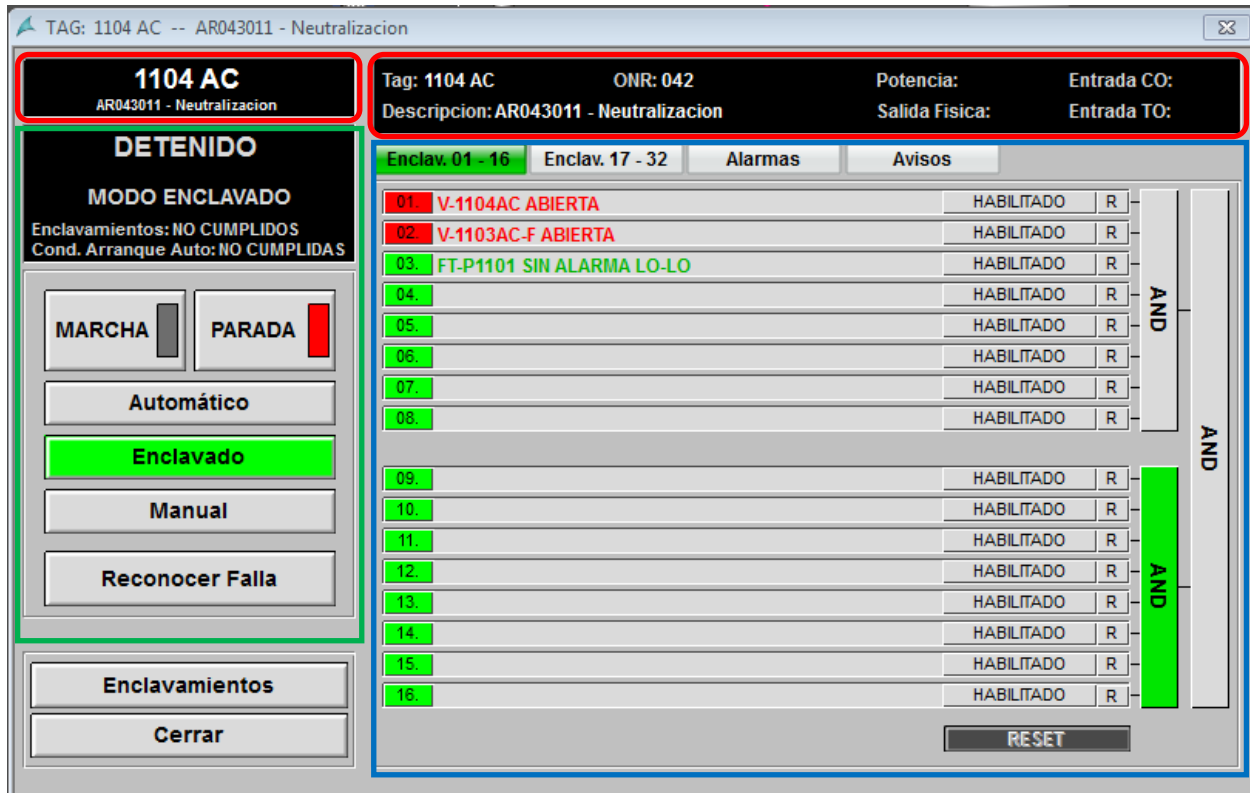


Figura 22: Faceplate MOTORES

Referencias:

- Datos del motor
- Modo de funcionamiento y estado
- Enclavamientos: En verde los que se encuentran cumplidos, en rojo los NO cumplidos



LECTURAS

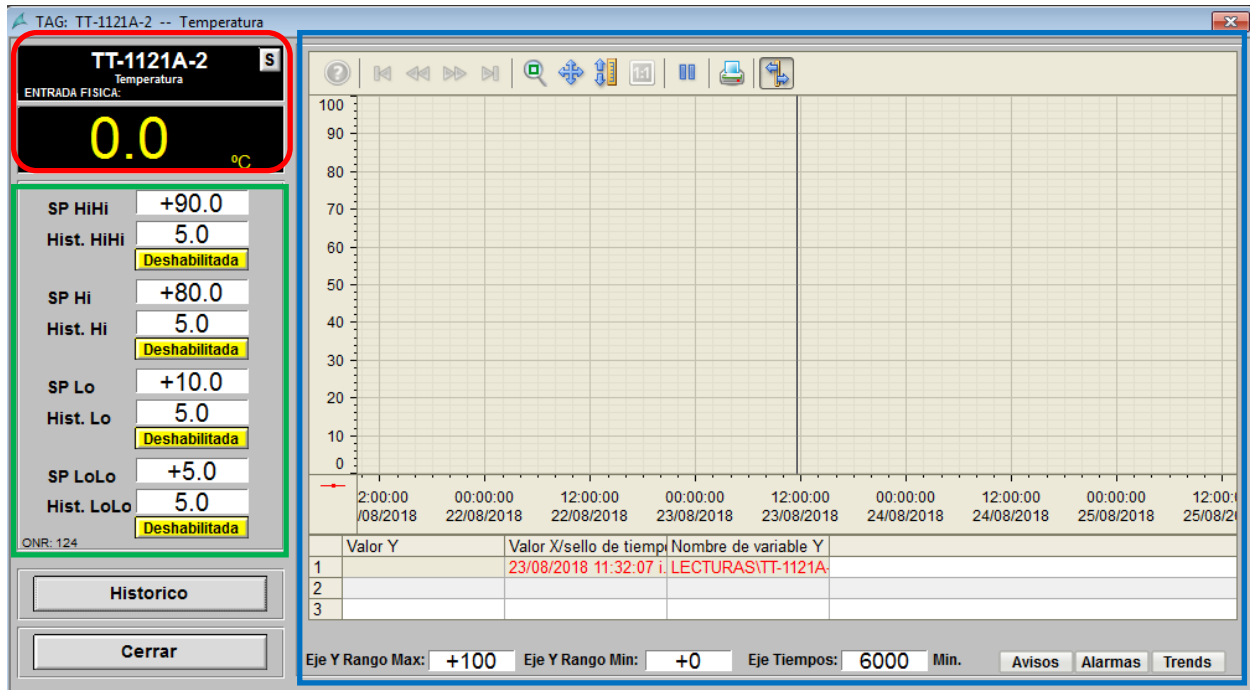


Figura 23: Faceplate LECTURAS

Referencias:

- Datos de la lectura
- Set Points Alarmas: Pueden habilitarse o no desde el botón que se encuentra en amarillo debajo de cada valor
- Gráficos históricos



VÁLVULAS

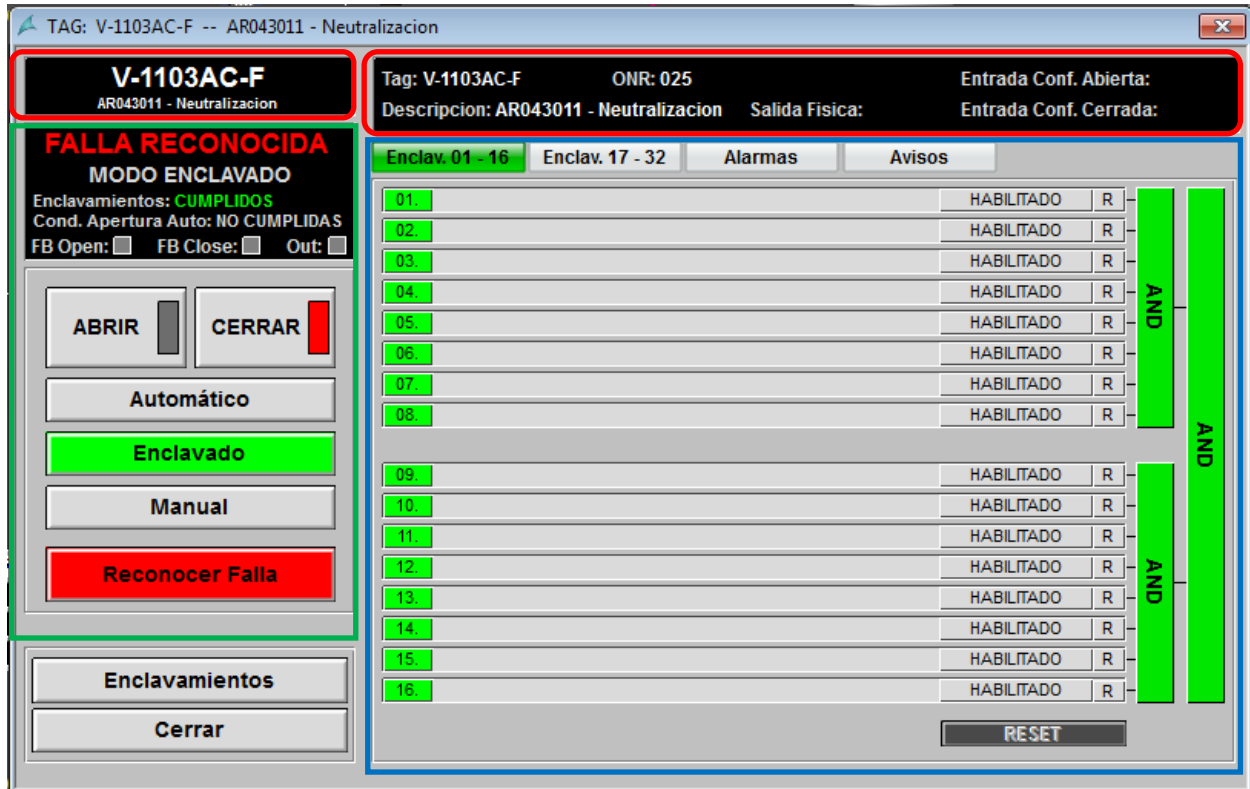


Figura 24: Faceplate VÁLVULAS

Referencias:

- Datos de la válvula
- Modo de funcionamiento y estado
- Enclavamientos: En verde los que se encuentran cumplidos, en rojo los NO cumplidos



PID

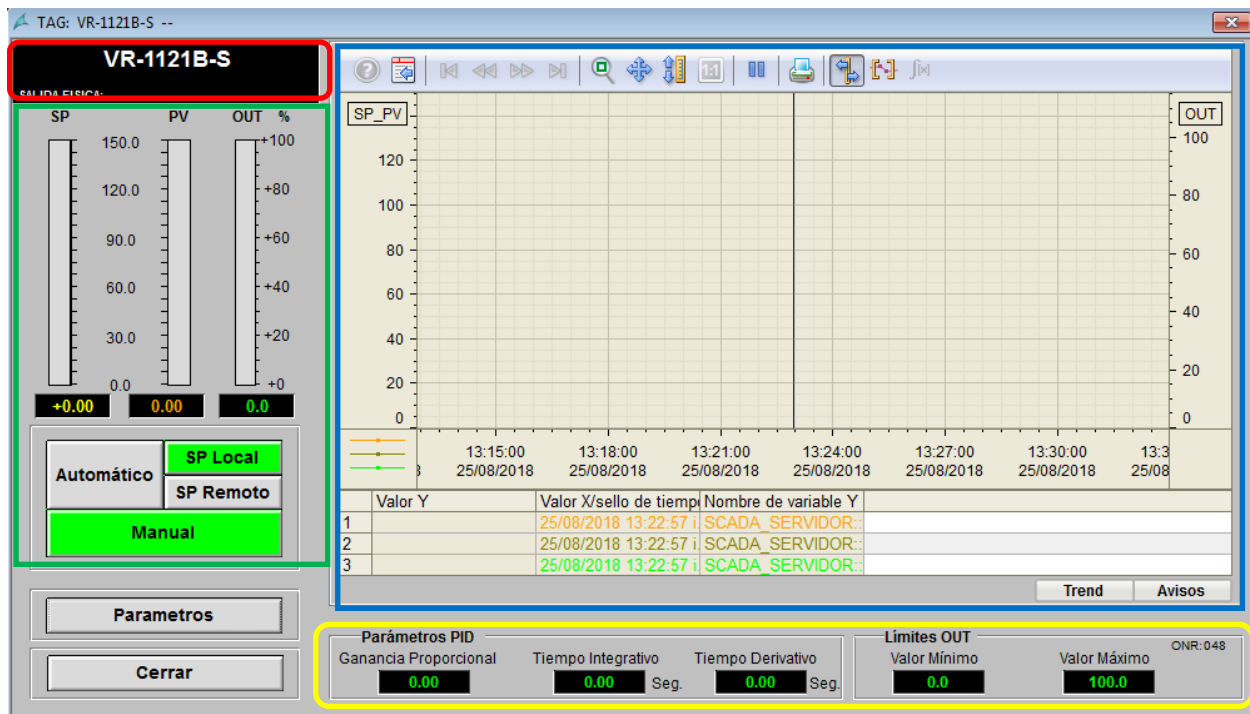


Figura 25: Faceplate PIDs

Referencias:

- Datos del PID
- Modo de funcionamiento y estado
- Gráficos históricos
- Parámetros

SWITCH



Figura 26: Faceplate PIDs

Referencias:

- Datos del Switch
- Estado
- Habilitar o deshabilitar simulación



b. Navegación en SCADA

El SCADA presenta varias herramientas que le permiten al usuario navegar en las distintas pantallas de producción, cargar parámetros de seguridad, recetas, o simplemente abrir la calculadora de Windows. A continuación se muestran estas herramientas de navegación:

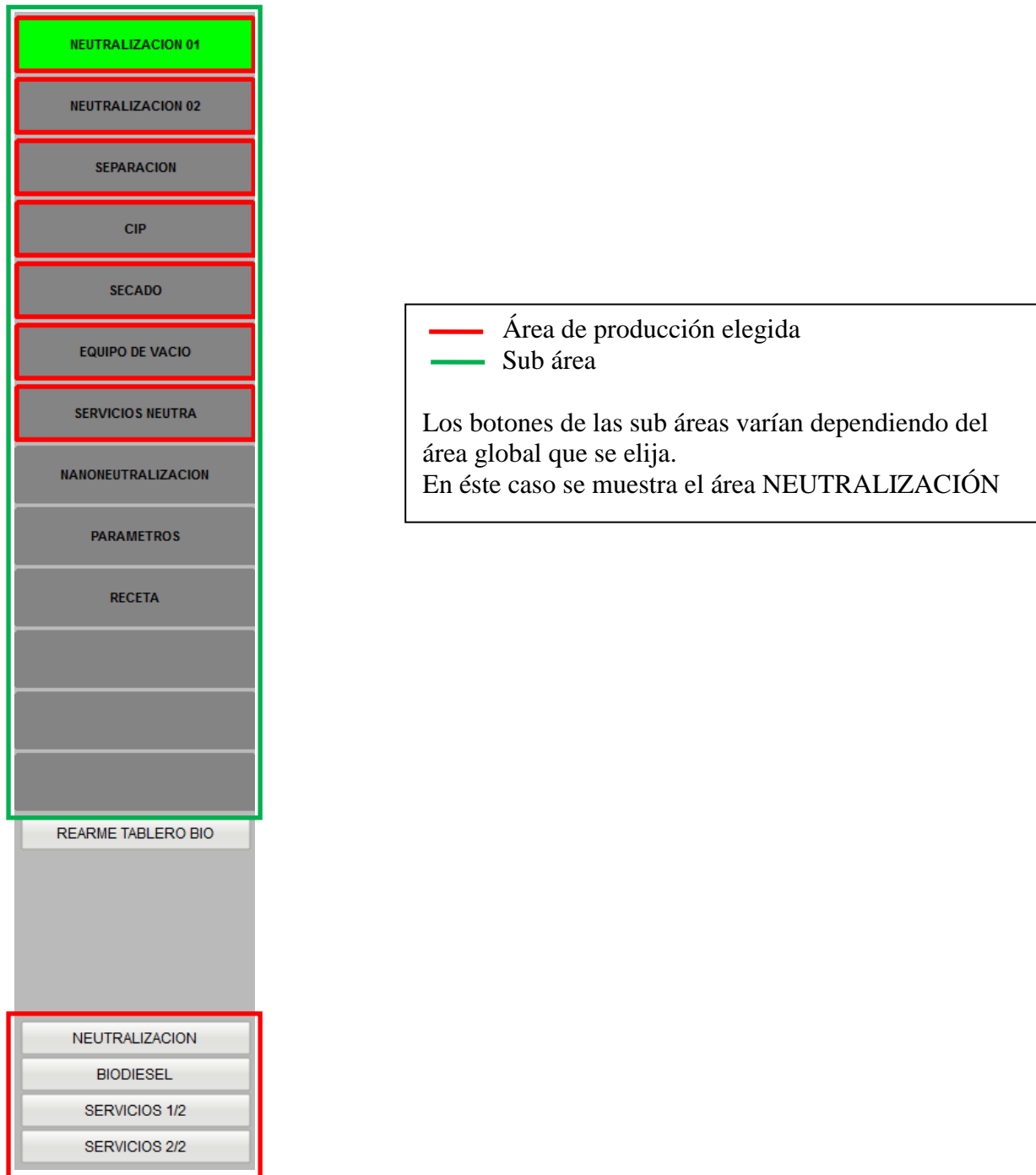


Figura 27: Botones de navegación de pantallas de producción



BARRA DE TÍTULO Y MENÚ DESPLEGABLE



Figura 28: Barra título

En esta barra pueden verse las alarmas recientes (y reconocerlas), el usuario que inició sesión y la fecha actual, además de esto se encuentra el botón que nos permite abrir el siguiente menú desplegable:

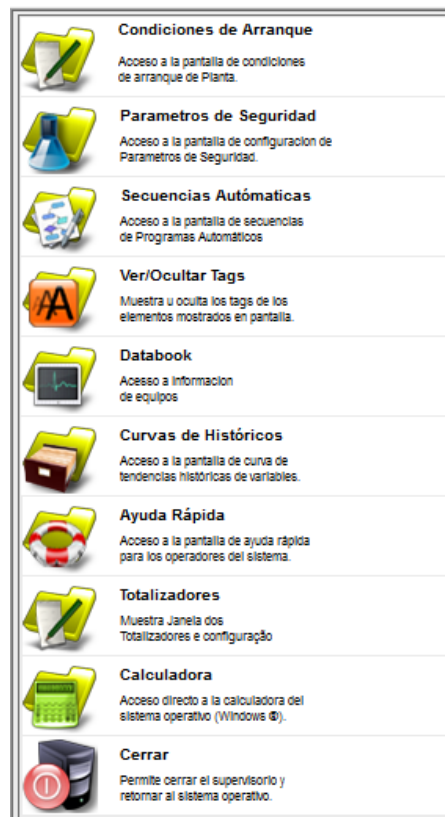


Figura 29: Menú desplegable

Detalles del menú:

- 1- Condiciones de arranque de la planta (no utilizado)
- 2- Parámetros de seguridad: al hacer click muestra al operario una nueva pantalla donde podrá cargar los parámetros deseados



PARAMETROS DE PLANTA		
LISTA DE PARAMETROS DE PLANTA		
Nº	DESCRIPCION	VALOR
001	1104NA - Frecuencia	+100.0 %
002	1178HW - V1178HW1 - F (Retardo Apertura Valvula)	+10.0 seg
003	V1178CIP1 - Histeresis	+0.0 seg
004	TT1178 CIP1 - Alarma H88 - Cierre V1178 CIP1	+0.0 °C
005	V1178CIP2-S - Histeresis	+0.0 seg
006	TT1178 CIP2 - Alarma H88 - Cierre V1178 CIP2	+0.0 °C
007	FI1101 - % debajo del SP para Alarma	+0.0 %
008	FI1101 - % debajo del SP para Alarma	+0.0 %
009	FI1101 - % debajo del SP para Alarma	+0.0 %
010	TIC 1121 B - Si Temperatura Sensor < Activa Enclavamiento	+0.0 °C
011	M1182S - Alarma Activa LAL 1182S1 - Activa Timer y Enclavamiento	+0.0 seg
012	PIA 1106 - Si Transmisor es mayor, se Activa Enclavamiento	+0.0 mBar
013	1103NA - Frecuencia M1103NA. Para Variador de Recirculación	+0.0 %
014	P1132C - Frecuencia	+0.0 %
015	Set Frecuencia VRP 1101	+0.0 %
016	Nivel SP 1103 AC - Llenado en Secuencia Automatico	+0.0 %
017	Nivel SP 1102 NN - Llenado en Secuencia Automatico	+0.0 %
018	Delta P - Diferencia de presion entre PT1163NN-1 y PT-1163NN-2	+0.0 Bar

TIEMPOS PARAMETRIZABLES		
Nº	DESCRIPCION	VALOR
001	Tiempo de Retardo Alarma TT 1121AB LO	+0.0 seg
002	Tiempo de Retardo Alarma FT 1104AC1 LO	+0.0 seg
003	Tiempo de Retardo Alarma FT 1134AC2 LO	+0.0 seg
004	Tiempo de Recirculacion OFF en Pausa	+0.0 seg
005	Tiempo de Recirculacion ON en Pausa	+0.0 seg

Figura 30: Parámetros de seguridad de la planta

- 3- Secuencias automático: Al hacer click muestra las secuencias que están ejecutándose de manera automática

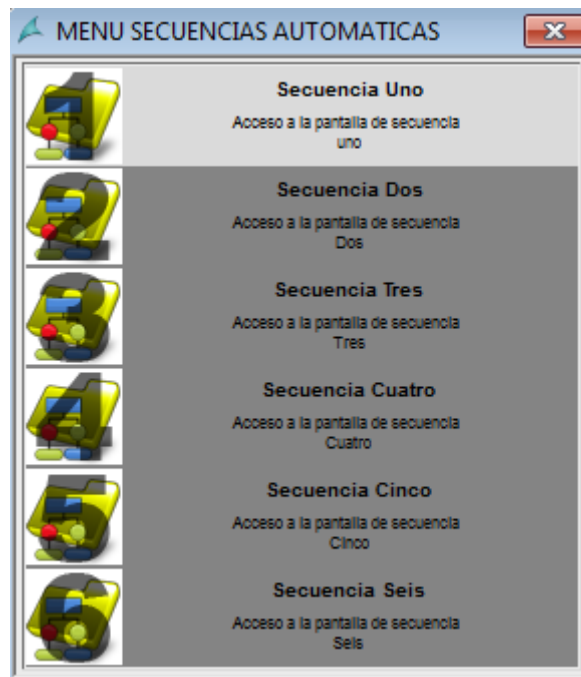


Figura 31: Menú de secuencias automáticas

Éste menú nos permite ingresar a cada una de las secuencias para ver en el estado en que se encuentran:



- 1- Ver / Ocultar TAGs: Permite al operario elegir la opción de ver o no los nombres de cada uno de los equipos.
- 2- Databook: No utilizado
- 3- Curvas de Históricas: Al ingresar se abrirá una nueva pantalla en la que el operario puede escoger las lecturas a visualizar de manera histórica.

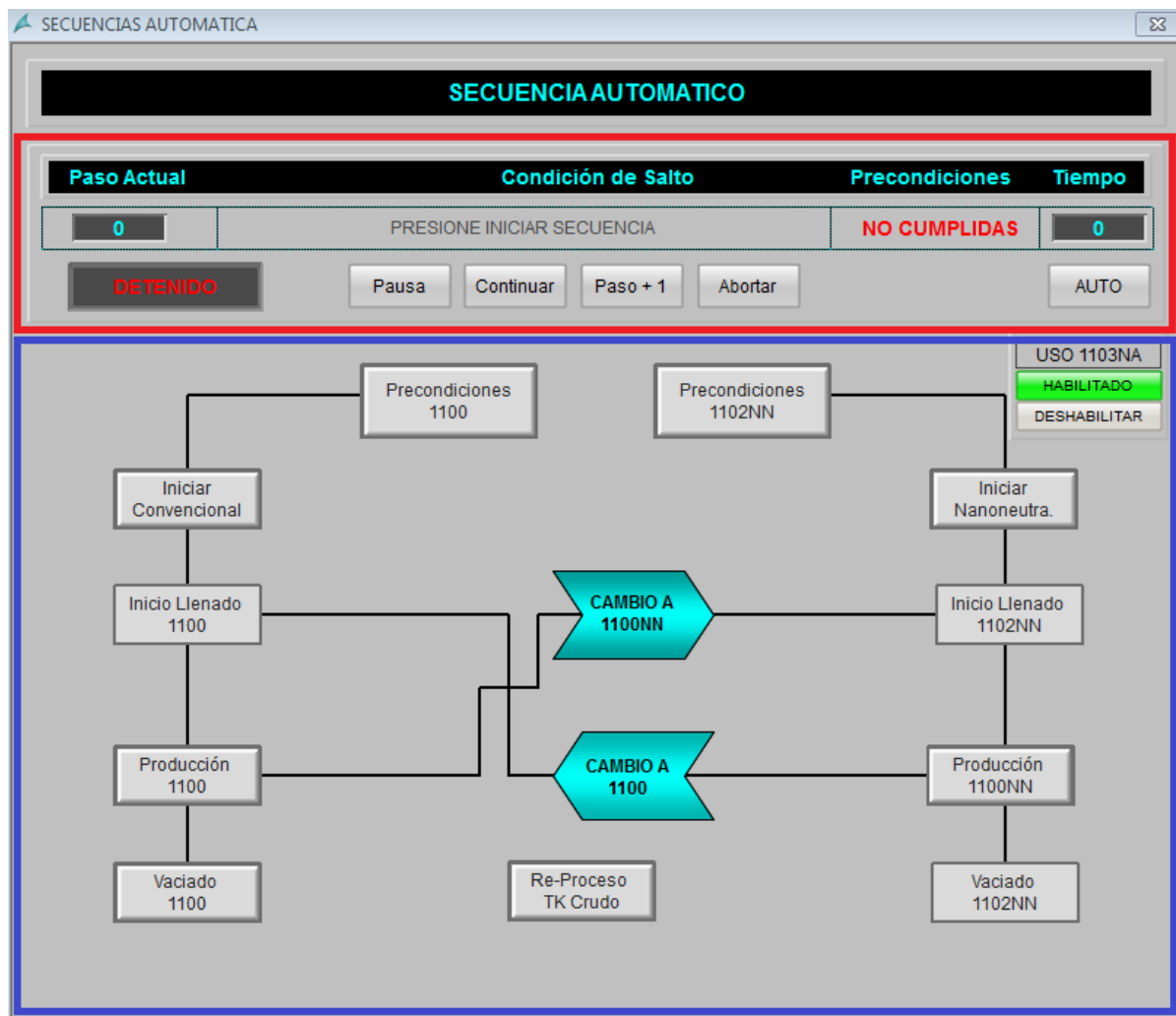


Figura 31: Secuencia automática UNO

- Comando de Secuencia
- Estado de Secuencia

Desde esta pantalla se comanda todo el sector de Neutralización de Aceite (Inicio, Pausa, Abortar, etc.), también podemos ver en estado se encuentra la secuencia y cuáles son las condiciones para avanzar al siguiente paso.

En la sección de “Anexos” se agregó un diagrama de flujo de la secuencia de Neutralizado.

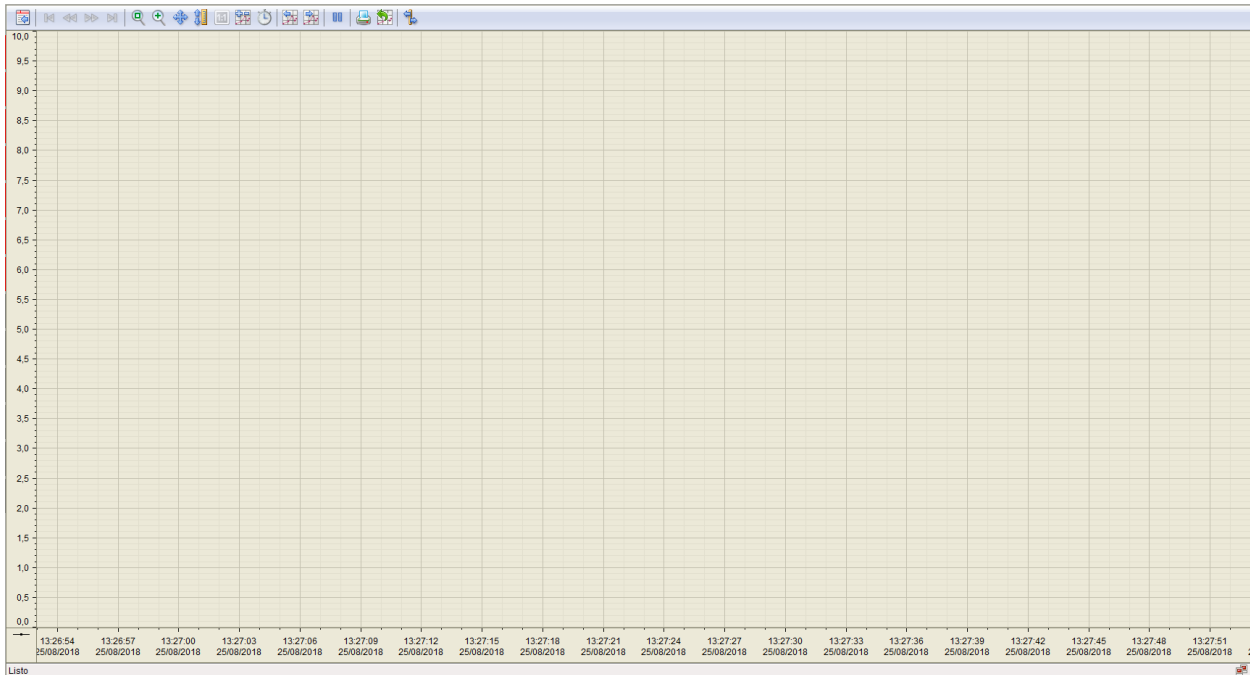


Figura 32: Curvas de históricos

- 4- Ayuda rápida: Tabla resumen emergente que muestra al operario los distintos estados que pueden tener los actuadores en el SCADA. Esta imagen fue mostrada al principio de esta sección.
- 5- Totalizadores: Ventana desplegable que nos muestra valores totalizados de la planta

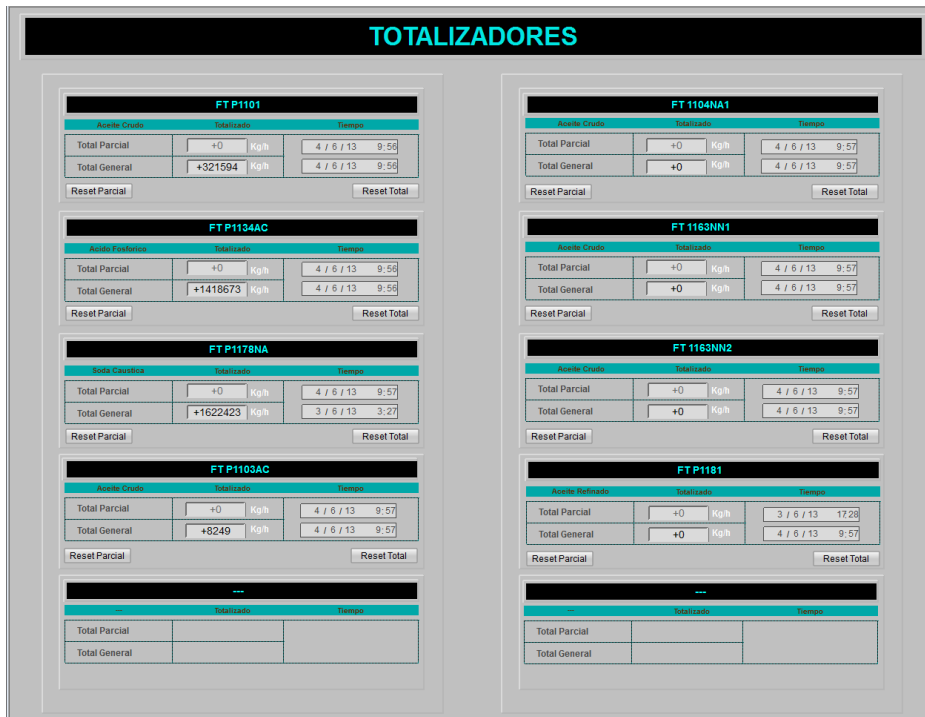


Figura 33: Totalizadores

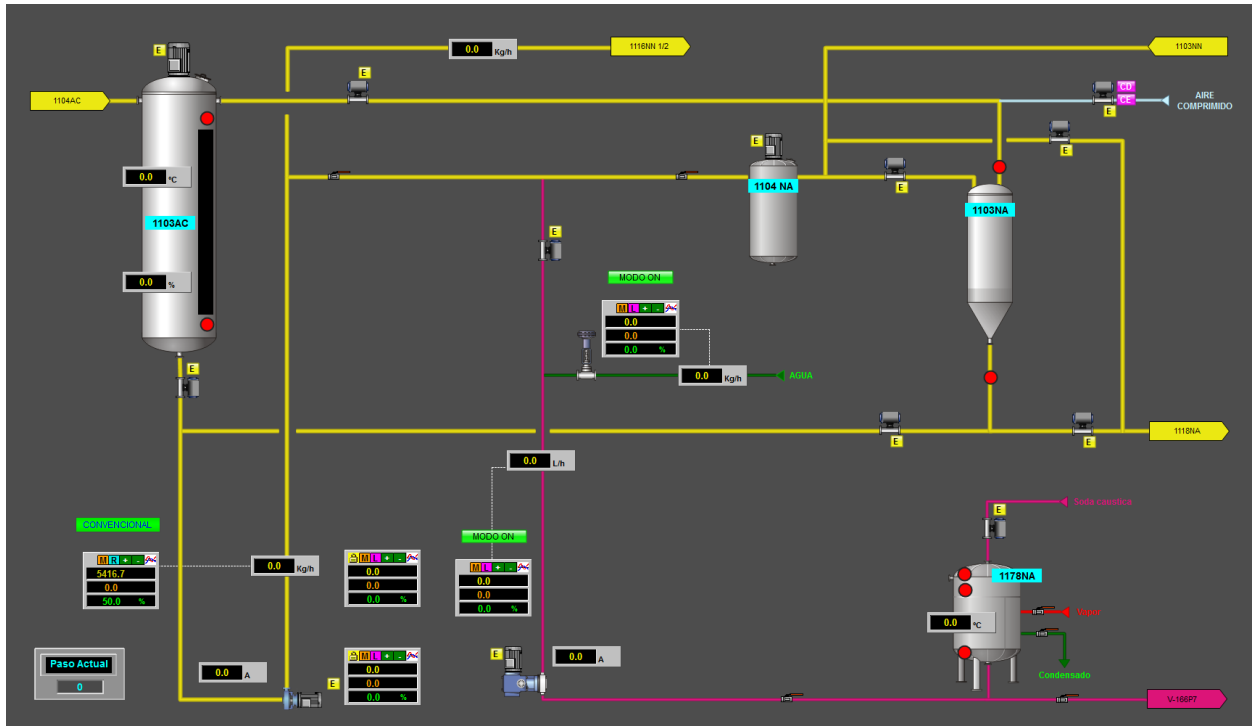


Figura 35: Neutralización 02

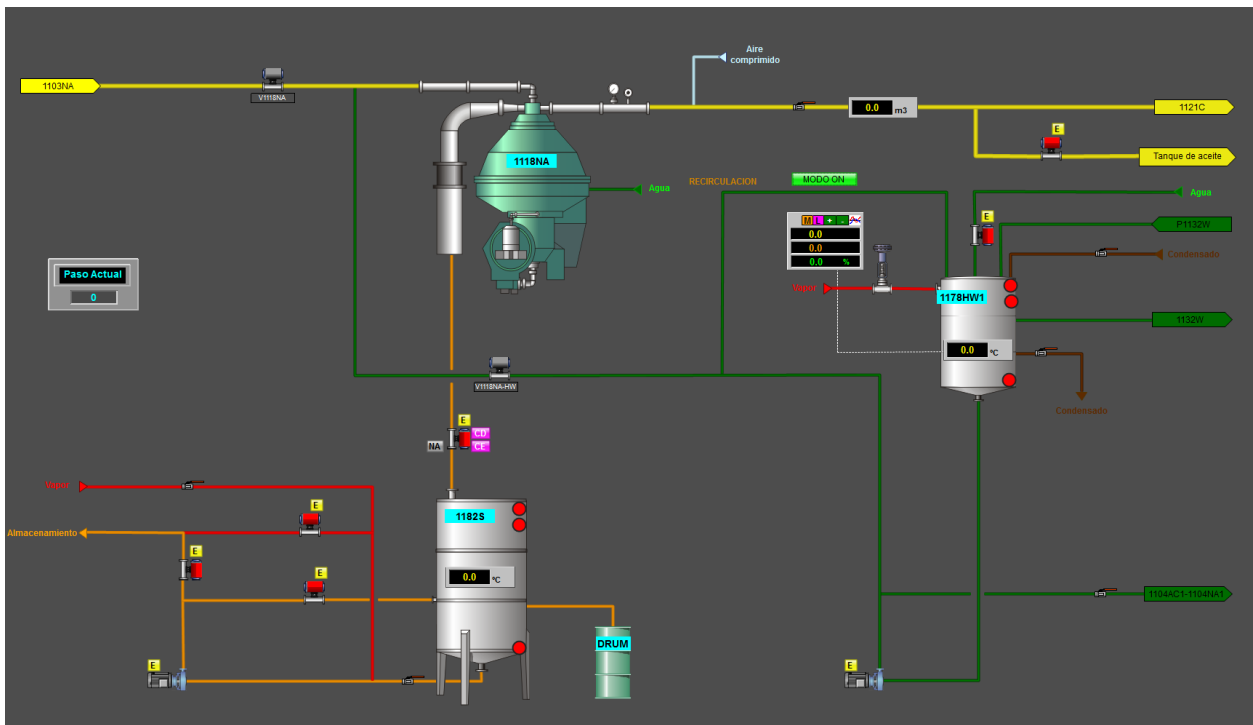


Figura 36: Separación

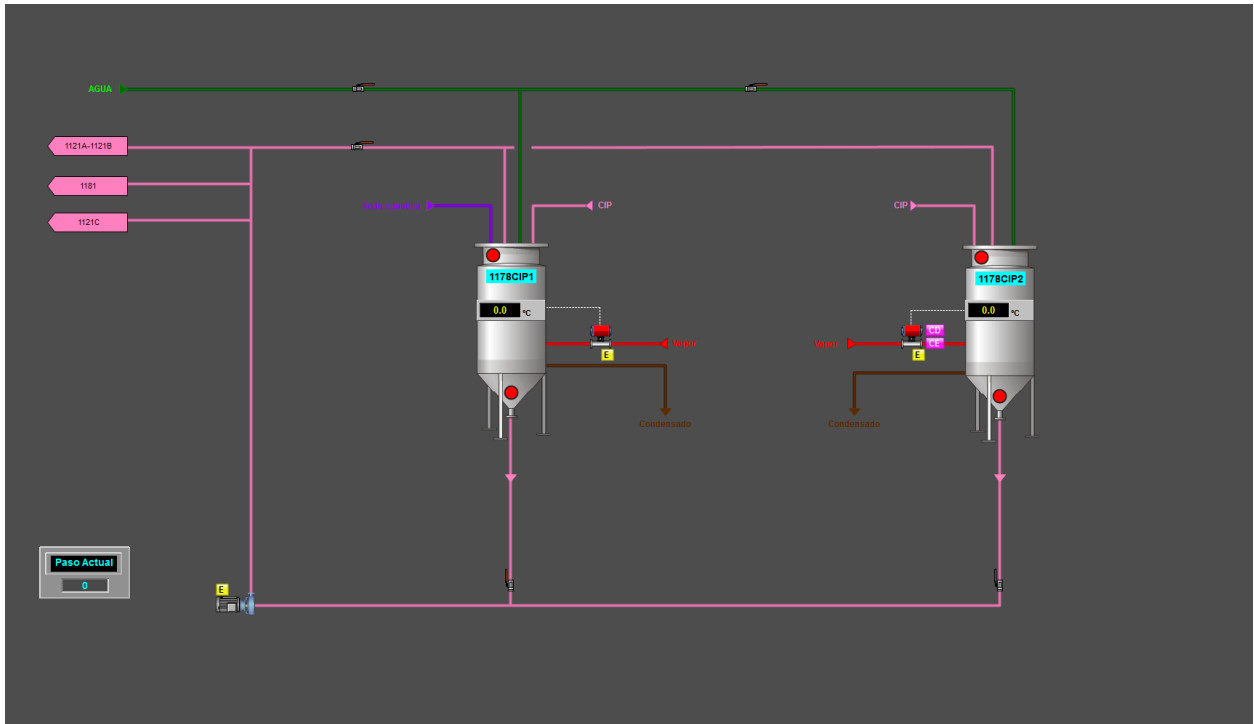


Figura 37: CIP

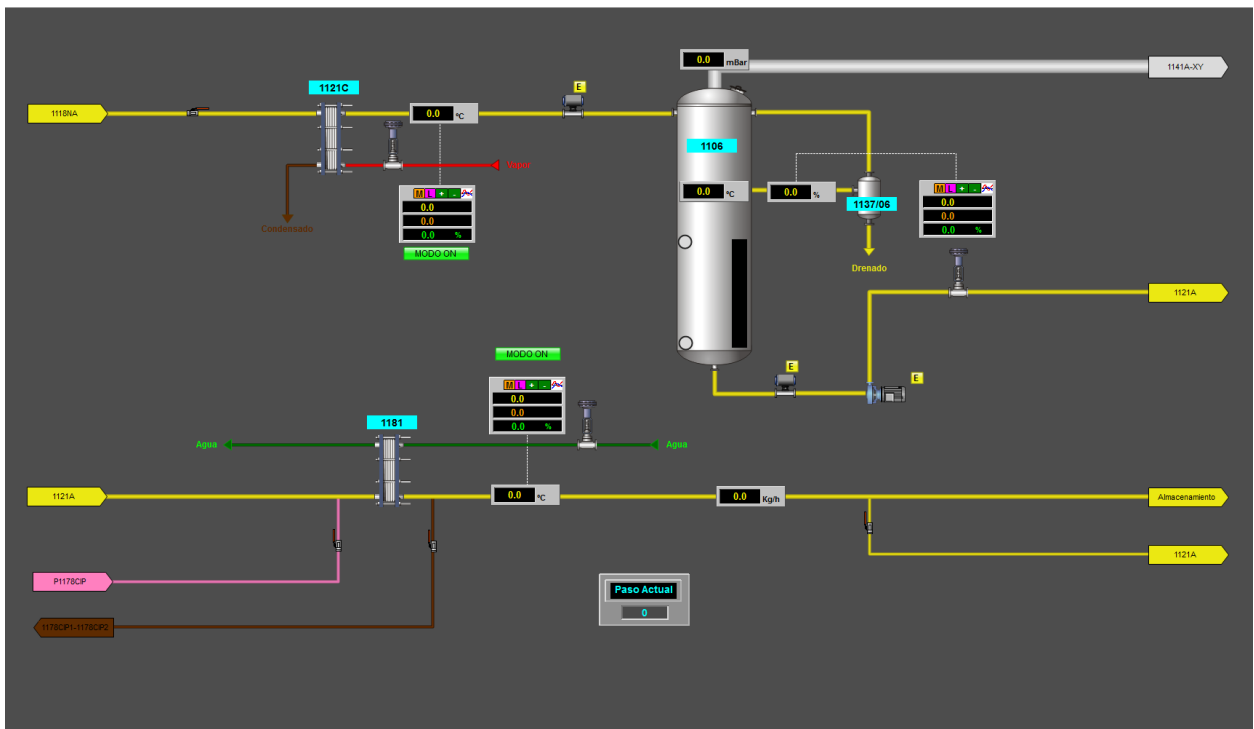


Figura 38: Secado

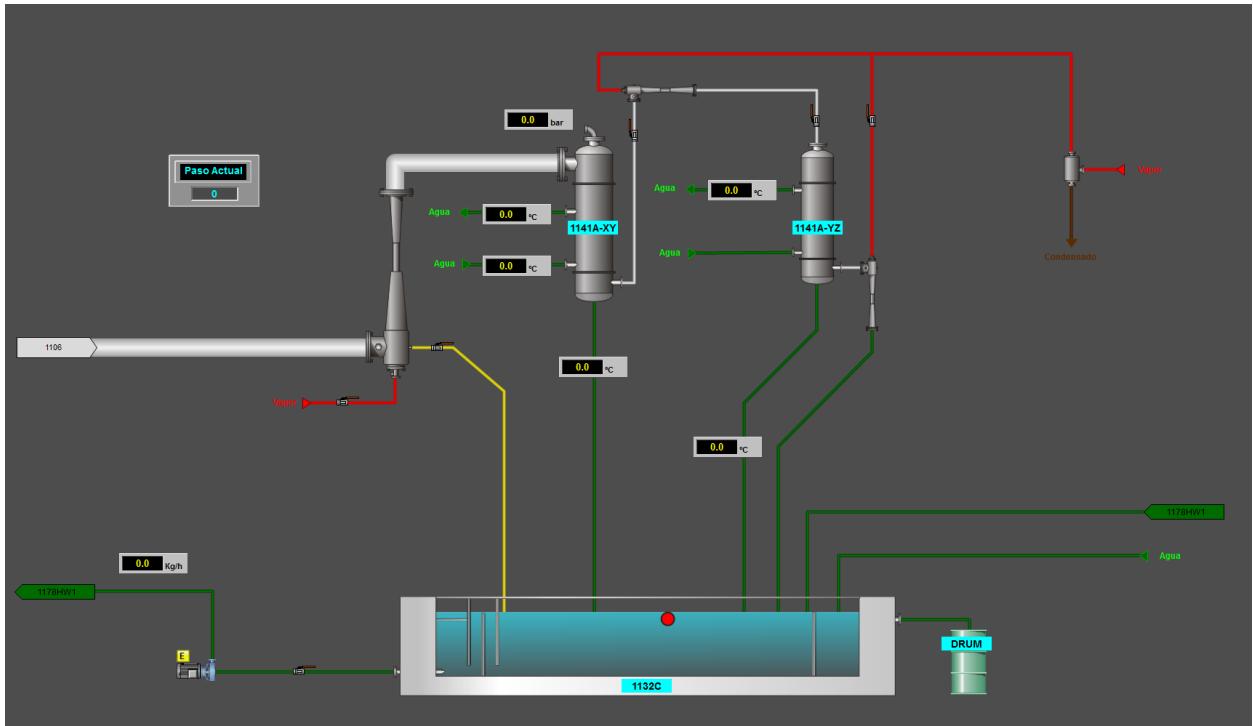


Figura 39: Equipo de vacío

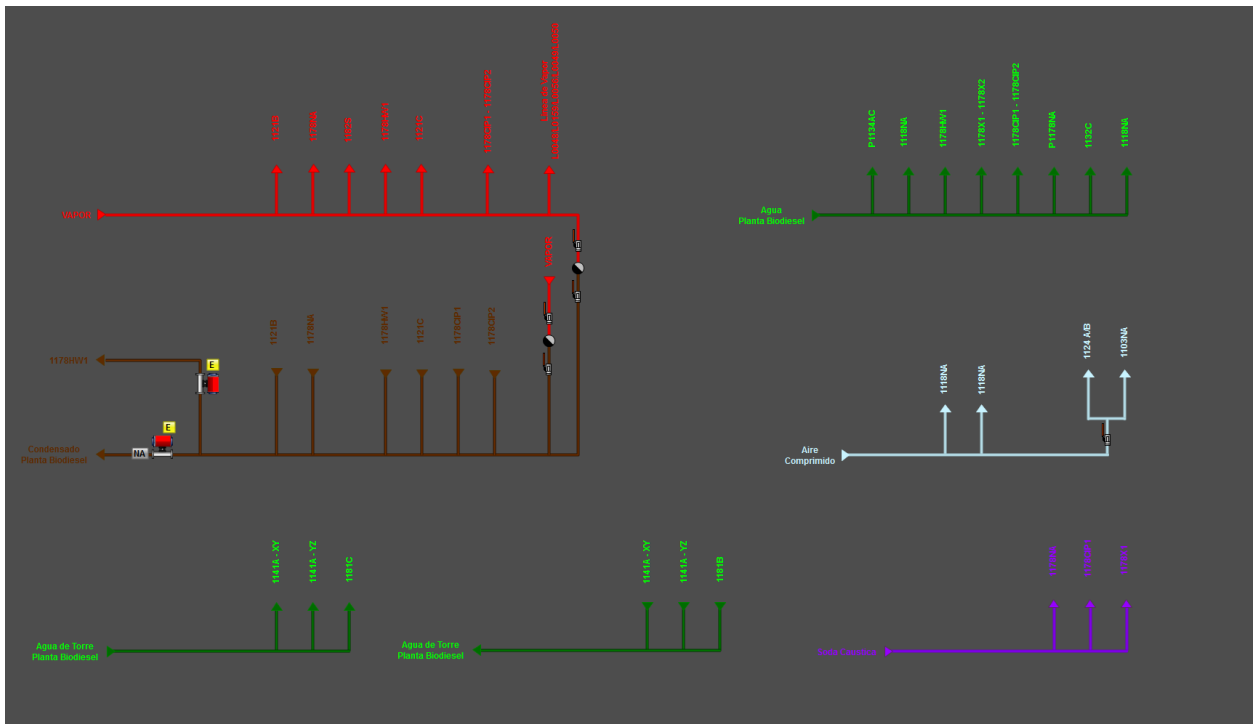


Figura 40: Servicios

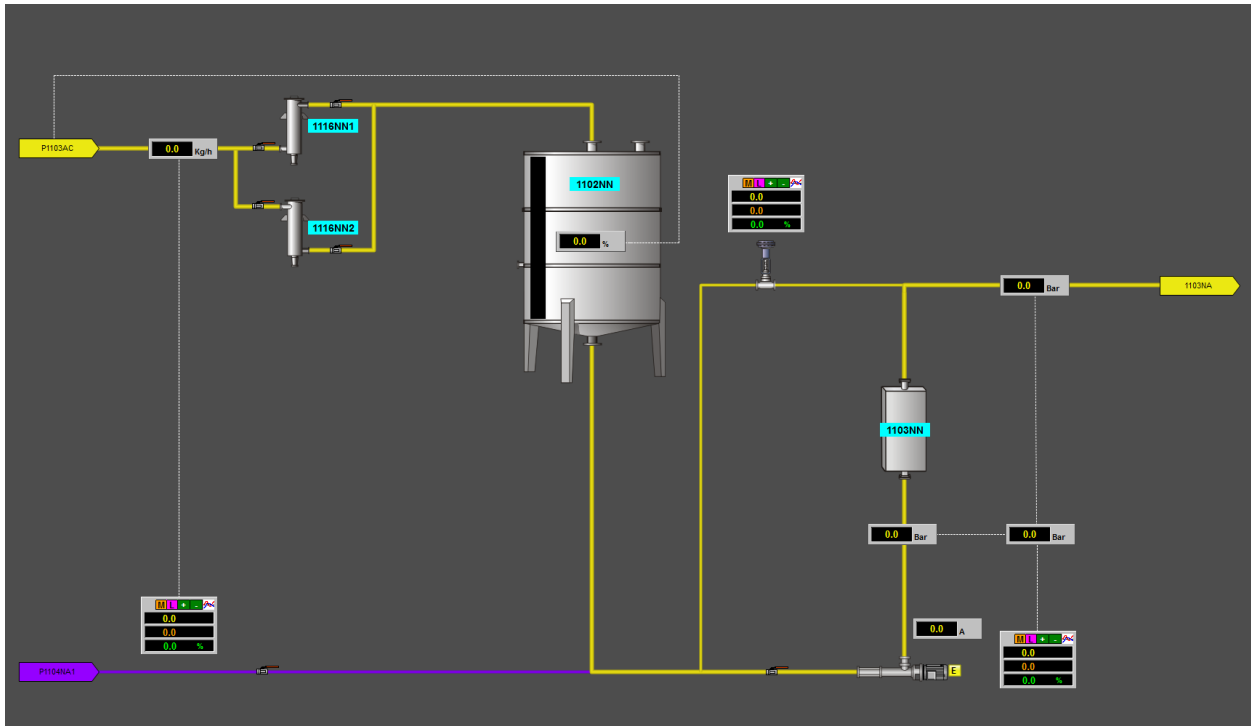


Figura 41: Nanoneutralización

RECETA DE PLANTA

CAPACIDAD DE PLANTA

DESCRIPCION	CONVENCIONAL	NANONEUTRALIZACION
CAPACIDAD NOMINAL	+130.0 T/d	
CAUDAL NOMINAL	+5416.7 Kg/h	
CAUDAL ACTUAL	+0.0 Kg/h	+0.0 Kg/h
CAUDAL DE SALIDA	+0.0 Kg/h	+0.0 Kg/h

SP ACIDO FOSFORICO

DESCRIPCION	CONVENCIONAL	NANONEUTRALIZACION
CONCENTRACION FOSFORO	+80.0 %	
DENSIDAD DE FOSFORO	+1.6 Kg/l	
DILUCION FOSFORO	+80.0 %	
SP_01	+0.40 Kg/tn	+1.00 Kg/tn
SP_02	+0.0 %	
PS_03	+0.031 %	
EXCESO	+0.0 %	
CAUDAL DOSIFICACION	+0.000 Kg/h	+0.000 Kg/h
CAUDAL DOSIFICACION	+1.693 l/h	+4.232 l/h
DILUCION DE AGUA	+0.000 Kg/h	

SP NIVEL

DESCRIPCION	CONVENCIONAL	NANONEUTRALIZACION
1103AC3	+80.0 %	
1106	+50.0 %	
1102 NN		+70.0 %
PIC 1102NN REMOTO		+68.0 %

CALIDAD ACEITE DE ENTRADA

DESCRIPCION	CONVENCIONAL	NANONEUTRALIZACION
ACIDEZ	+0.32 %	
FOSFORO	+116.00 p/p	
CALCIO	+60.00 p/p	
MAGNESIO	+40.00 p/p	
HUMEDAD	+0.10 %	
IMPUREZA	+0.10 %	

SP SODA CAUSTICA

DESCRIPCION	CONVENCIONAL	NANONEUTRALIZACION
CONCENT. COMERCIAL	+50.0 %	
DENSIDAD	+1.5 Kg/tn	
EXCESO	+5.0 %	+5.0 %
CAUDAL DOSIFICACION	+8.07 Kg/h	+0.00 Kg/h
CAUDAL DOSIFICACION	+5.38 l/h	+0.00 l/h
DILUCION DE SODA	+6.933 %	+0.000 %

SP TEMPERATURAS

DESCRIPCION	CONVENCIONAL	NANONEUTRALIZACION
1121B	+86.0 °C	+87.0 °C
1121C	+107.0 °C	
1191B	+50.0 °C	
1178HW1	+95.0 °C	

CALIDAD ACEITE DE SALIDA

DESCRIPCION	CONVENCIONAL	NANONEUTRALIZACION
ACIDEZ	+0.05 %	
FOSFORO	+20.0 p/p	
JABONES	+600.0 p/p	
HUMEDAD	+0.035 %	
IMPUREZAS	+0.0 %	

SP AGUA DE DESGOMADO

DESCRIPCION	CONVENCIONAL	NANONEUTRALIZACION
CONCEN. AGUA EN ACEITE	+1.1 %	+1.5 %
CAUDAL DOSIFICACION	+50.1 Kg/h	-4.0 Kg/h

DIFERENCIA PRESION 1103 NN

DESCRIPCION	CONVENCIONAL	NANONEUTRALIZACION
DIFERENCIA DE PRESION 1103 NN		+1.5 BAR

HISTORICOS DE VARIABLES

Figura 42: Receta de Planta

Esta pantalla permite elaborar la receta de planta, solo se deben completar los campos de color amarillo y una vez cargados estos, la CPU de nuestro controlador procesa una serie de fórmulas



dando como resultado los “Valores de Referencia” para todos los lazos de control involucrados en el sector de Neutralización.

Pantallas Biodiesel:

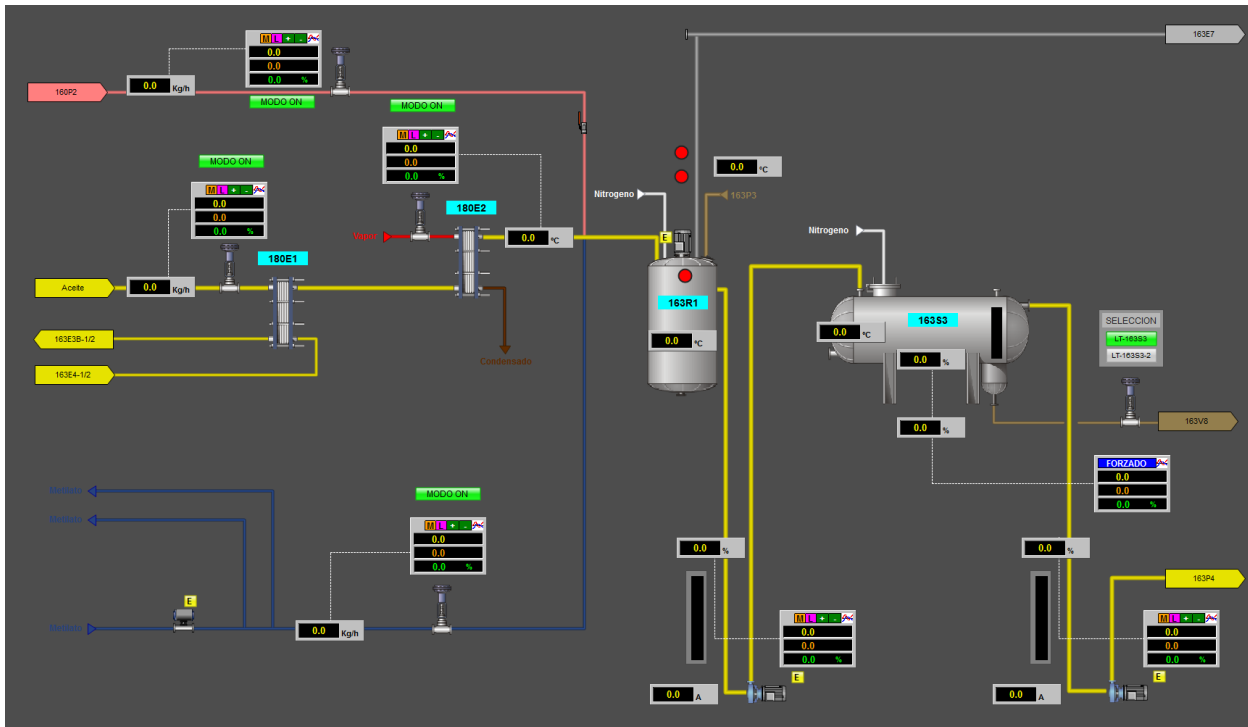


Figura 43: Transesterificacion 1

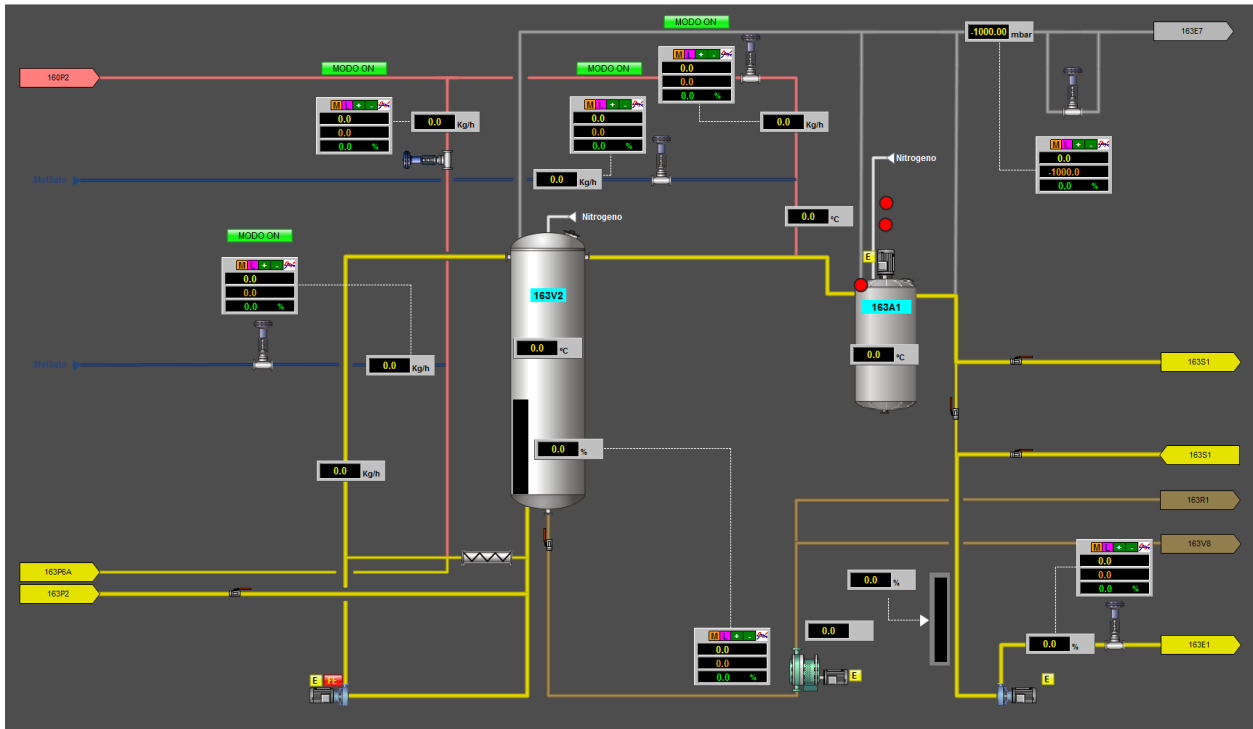


Figura 44: Transesterificación 2

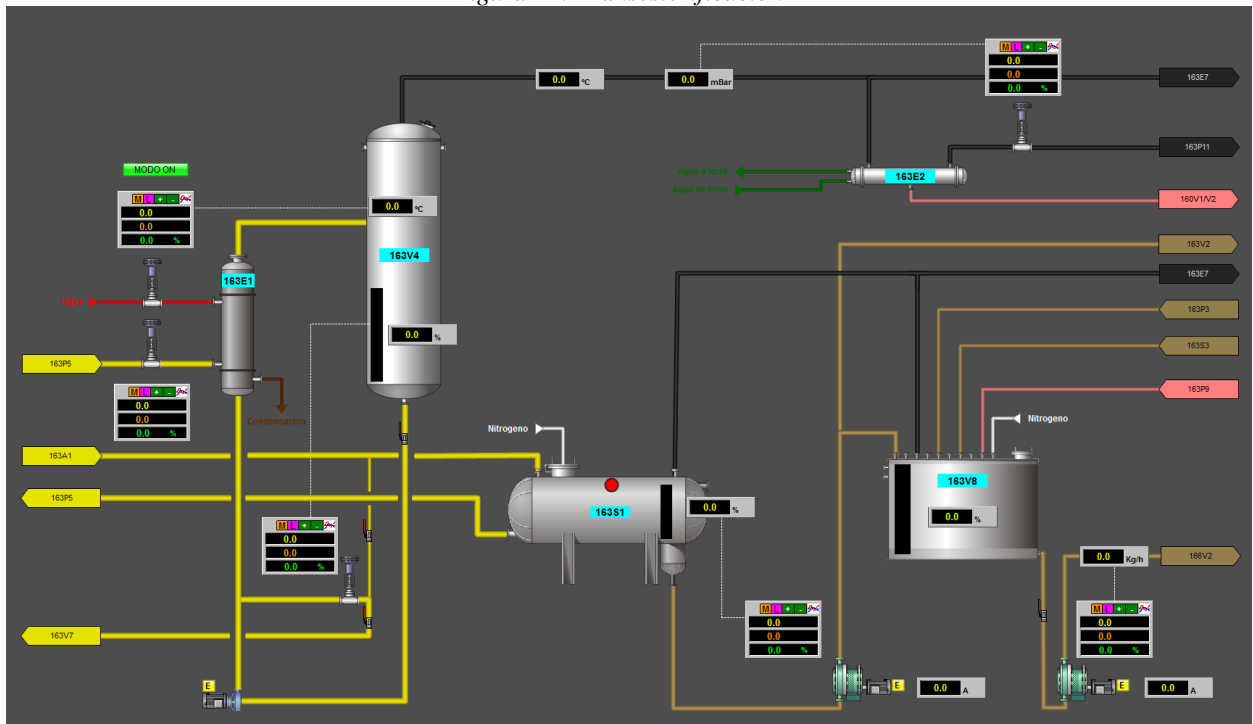


Figura 45: Separación Glicerina

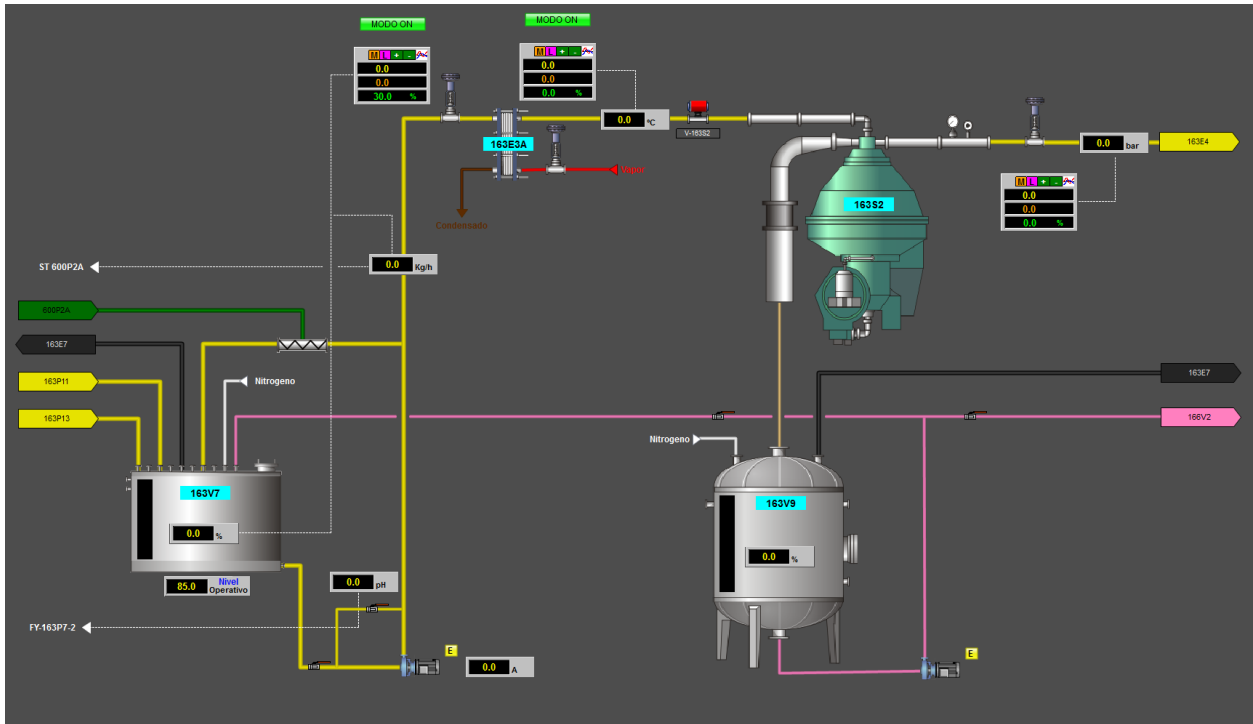


Figura 46: Centrífuga Methilesteres – Glicerina

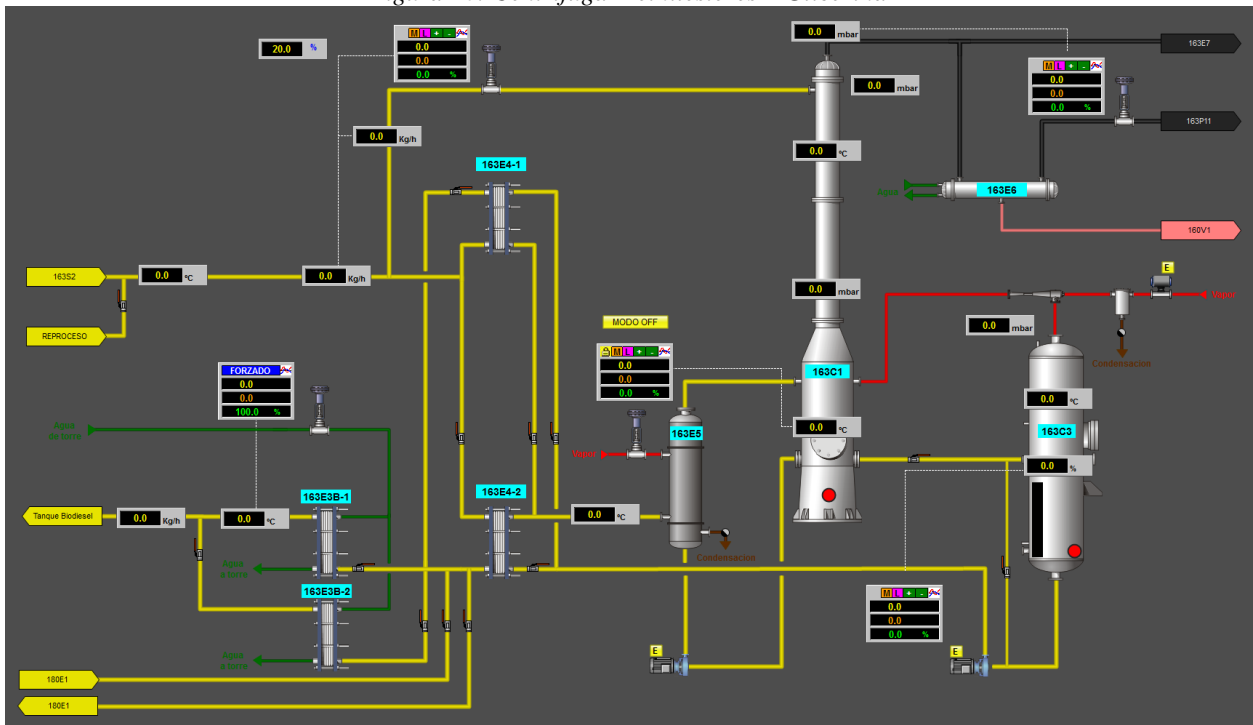


Figura 47: Purificación Methilesteres

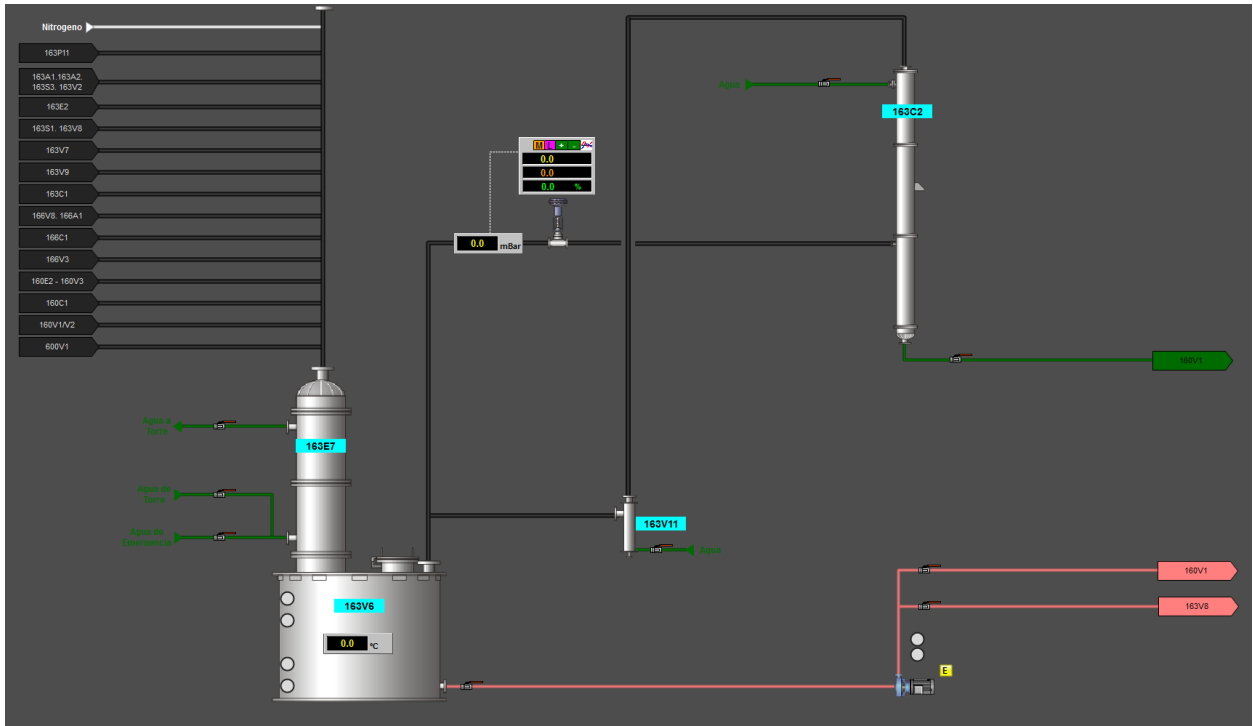


Figura 48: Venteo

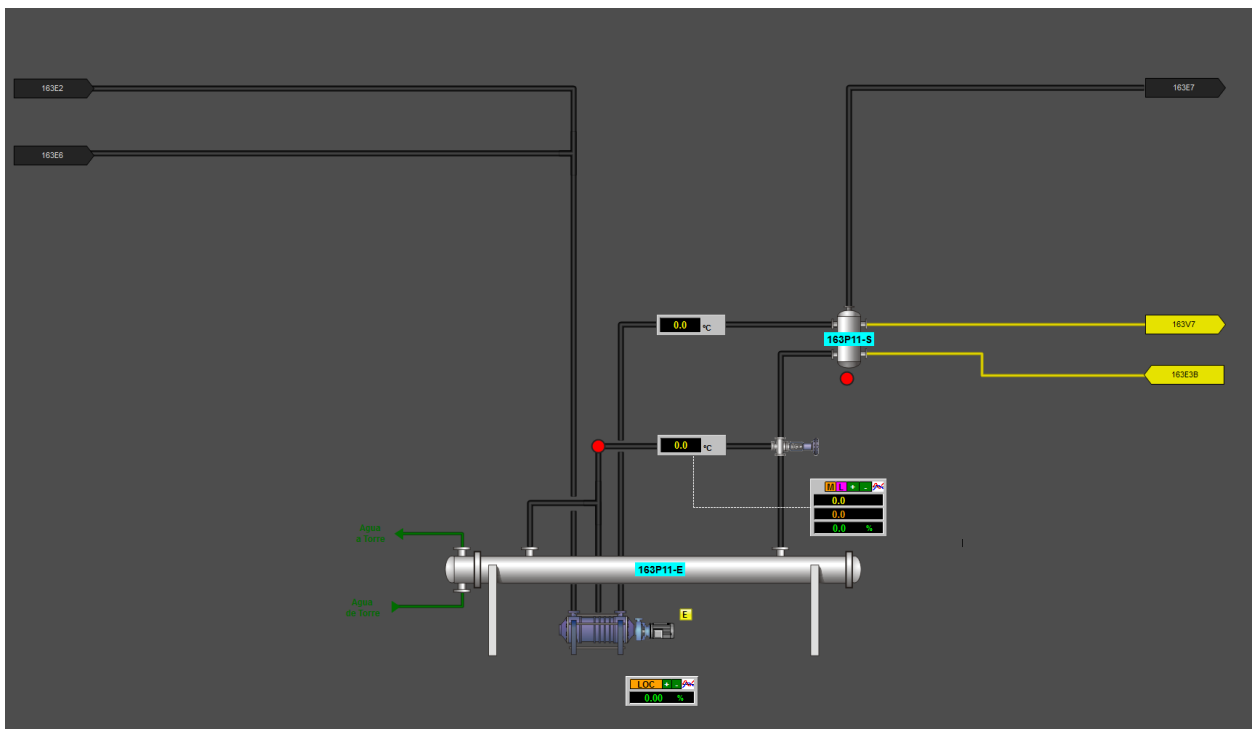


Figura 49: Unidad de vacío

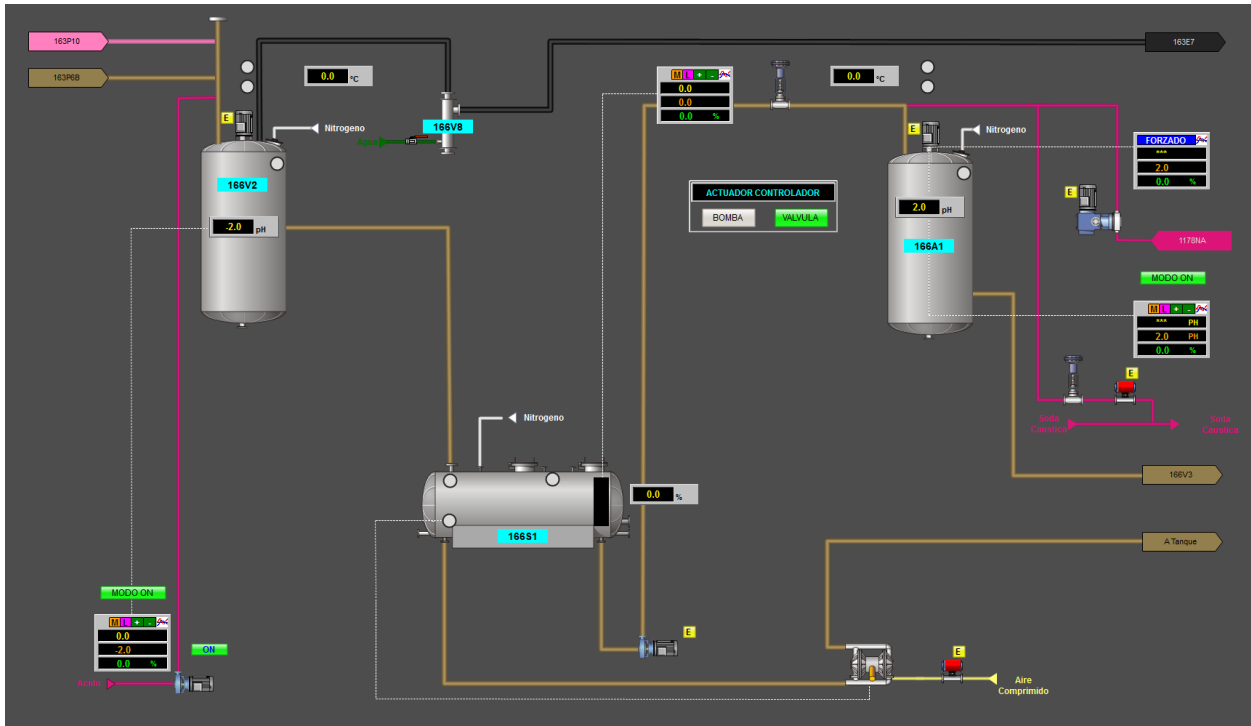


Figura 50: Purificación Glicerina

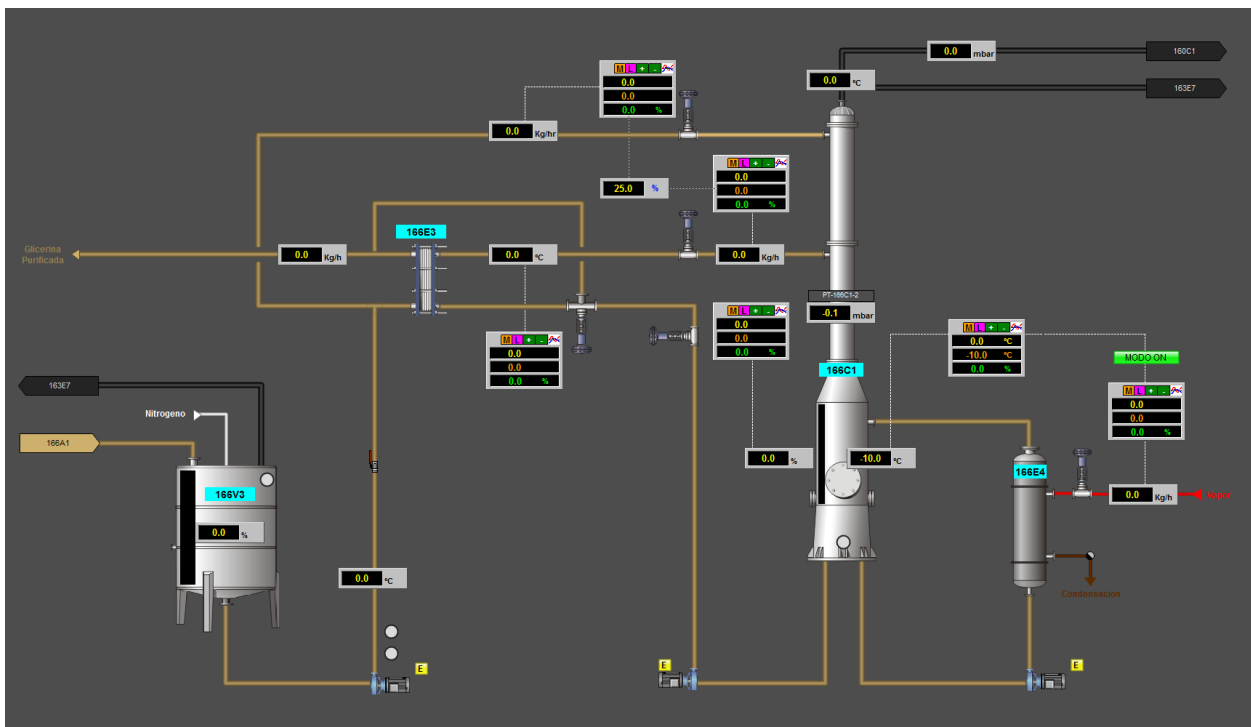


Figura 51: Destilación Metanol – Glicerina

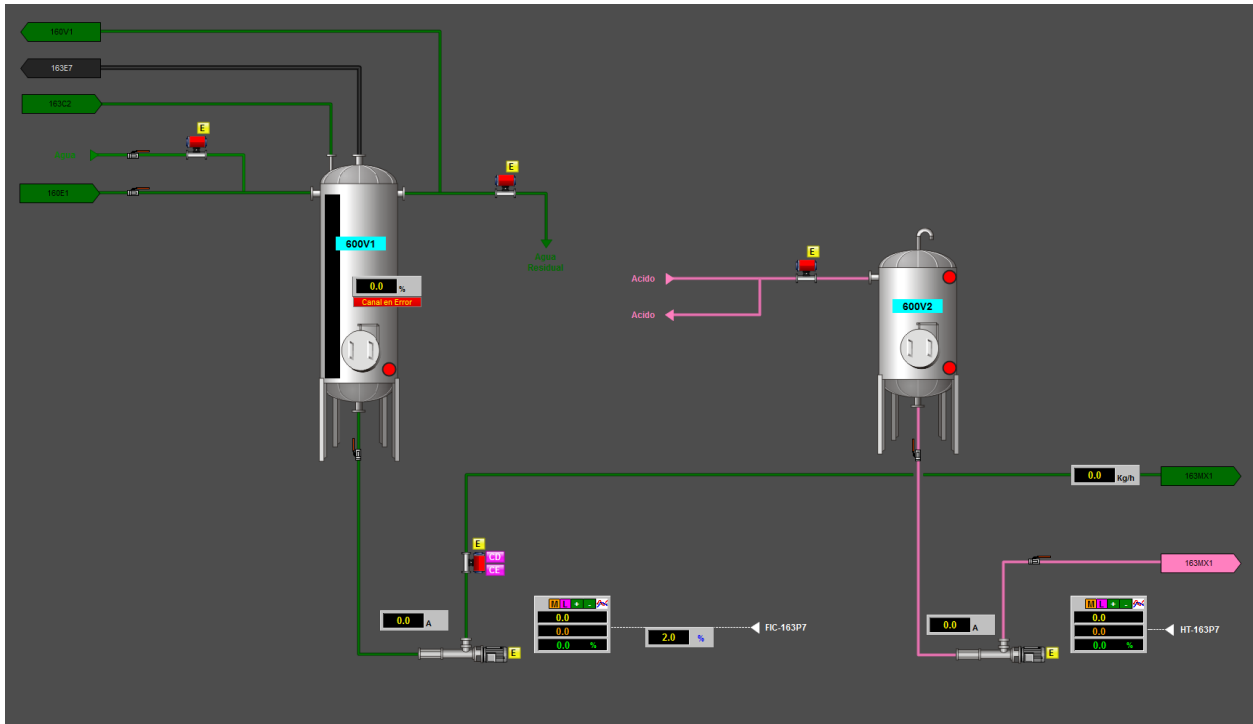


Figura 54: Preparación Ácido Cítrico

RECETA DE PLANTA BIODIESEL

		% Alarma	Nueva Alarma
FT 180E2:	+0.0 Kg/h	+0.0	+0.0

START
STOP
MODIFICAR PARAMETROS

TRANSFERIR PARAMETROS AL PLC

Productos	
Metilato de Sodio	+5.7 Kg/Ton
Metanol	+215.0 Kg/Ton

Caudal Actual: (FT 180E2) +0.0

PRODUCTO	DESCRIPCION	TAG	Actual PV	Actual SP	Nuevo SP	% Receta	Nuevo %	% Alarma	Nueva Alarma
Metilato de Sodio	Dosificación de Metilato de Sodio al 163R1	VR-163P2	+0.0	+0.0	+0.0	+35.0	+0.00	+15.0	+0.0
Metilato de Sodio	Dosificación de Metilato de Sodio al 163A1	VR-163A1-1	+0.0	+0.0	+10.0	+0.00	+0.00	+6.0	+0.0
Metilato de Sodio	Dosificación de Metilato de Sodio al 163V2	VR-163P4	+0.0	+0.0	+0.0	+55.0	+0.00	+10.0	+0.0
Metanol	Dosificación de Metanol al 163R1	VR-163A2	+0.0	+0.0	+0.0	+85.0	+0.00	+2.0	+0.0
Metanol	Dosificación de Metanol al 163V2	VR-163P4-2	+0.0	+0.0	+0.0	+20.0	+0.00	+2.5	+0.0
Metanol	Dosificación de Metanol al 163A1	VR-163A1	+0.0	+0.0	+0.0	+20.0	+0.00	+1.0	+0.0

FT 180E2		
Acetato Carbonatado	Totalizado	Tiempo
Total Parcial	0 Kg/h	0 / 0 / 13 11: 0
Total General	0 Kg/h	4 / 0 / 13 11: 0

FT 163E3		
Glicerina	Totalizado	Tiempo
Total Parcial	0 Kg/h	0 / 0 / 0 0: 0
Total General	0 Kg/h	0 / 0 / 0 0: 0

FT 163E3B-2		
Biodiesel	Totalizado	Tiempo
Total Parcial	0 Kg/h	0 / 0 / 0 0: 0
Total General	0 Kg/h	0 / 0 / 0 0: 0

FT 163P2, FT 163P4 y FT 163A1-1		
Metilato	Totalizado	Tiempo
Total Parcial	0 Kg/h	0 / 0 / 0 0: 0
Total General	0 Kg/h	0 / 0 / 0 0: 0

Alarma PSDS-1	
LS 160V1-2 Con Alarma	ALARMA
LS 163V6-4 Con Alarma	
Parada de Emergencia Biodiesel	
Alarma TES	
LS 163A1 Con Alarma	ALARMA
LS 163R1 Con Alarma	
LT 163V7 Sin Alarma HI-HI	
LS 163S1 Con Alarma	
LS 160V2-1 Con Alarma	
LT 163V9-2 Sin Alarma HI-HI	
LS 600V1-1 Con Alarma	

Figura 55: Receta de Planta Biodiesel

Esta es la pantalla principal del sector de Biodiesel, en esta se ajusta la capacidad con la que la planta va operar, como también la cantidad de kilogramos de Metanol y Metilato de Sodio que se



van a dosificar por hora. A partir de estos datos se generan los “Set Points” para los lazos de control de Dosificación de los productos antes mencionados.

También muestra las principales alarmas de planta PSDS-1 y TES, que sin ellas cumplidas puede ser operada la planta.

Los totalizados permiten llevar un registro de lo que se fue consumiendo de cada insumo.



Conclusiones

En este proyecto se logró que la “automatización del sistema” y que este pueda dirigir y resolver situaciones que se le presenten a la planta, reduciendo ampliamente la necesidad sensorial y mental humana, si bien la planta debe asistida por operarios que fijan el modo de trabajo de la misma.

La planta posee decenas de lazos de control de distintos tipos, permitiendo hacer un uso eficaz de los insumos utilizados en el proceso de producción, esto implica poder realizar un ajuste fino de manera automática de las variables del proceso que de otra manera no podría realizarse; como resultado de esto se logra mejorar la productividad. También se programó una lógica de enclavamientos para cada uno de los actuadores (motores, válvulas, PIDs, etc.) que forman parte de ésta, lo que permite una operación segura minimizando los riesgos de accidentes; cabe destacar que cuando se habla de esto no solo se hace referencia al personal de planta, sino también a equipos implicados en el proceso y al medio ambiente, ya que los productos utilizados son altamente inflamables y tóxicos para el ser humano

Para realizar este trabajo se siguieron las especificaciones (Diagramas de Causas y Efectos, Descripciones Funcionales de Planta) realizadas por Ingenieros de Proceso, las cuales fueron transformadas en lógica de programación. Todo esto no podría haber sido posible sin haber adquirido los conocimientos técnicos previos durante el cursado de la Ingeniería.



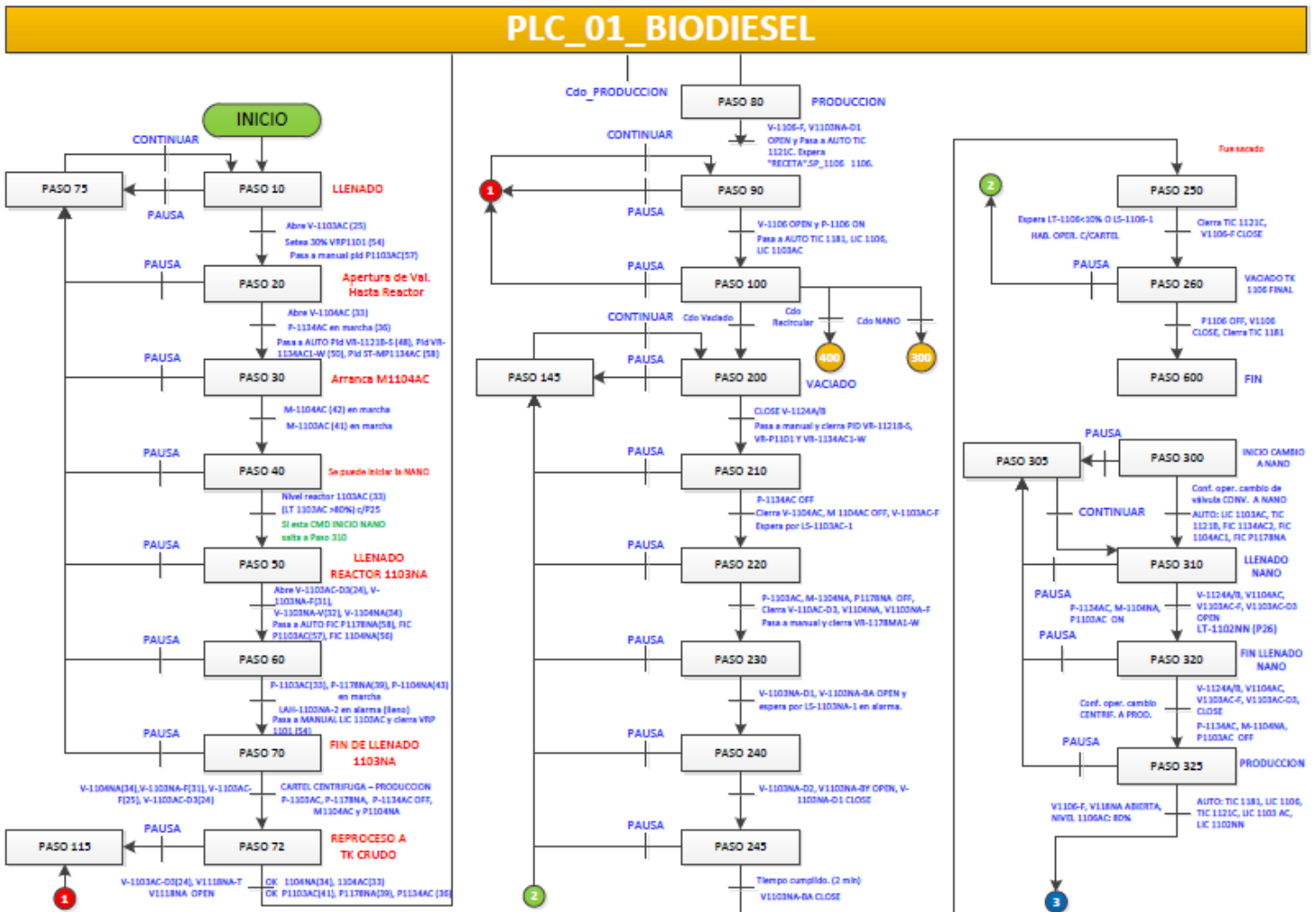
Bibliografía

- *William Stallings. Fundamentos de seguridad en Redes. Pearson. Segunda edición. Año 2007*
- *Katsuhiko Ogata. Ingeniería de Control Moderna. Pearson. Quinta edición. Año 2010*
- *James Powell. Un recorrido por PROFIBUS. SIEMENS. Primera Edición. Año 2009.*
- *Duncan Glover. Análisis y diseño de sistemas de Potencia. Tercera edición. Año 2004.*
- <https://support.industry.siemens.com>. Última consulta 17/09/2018.



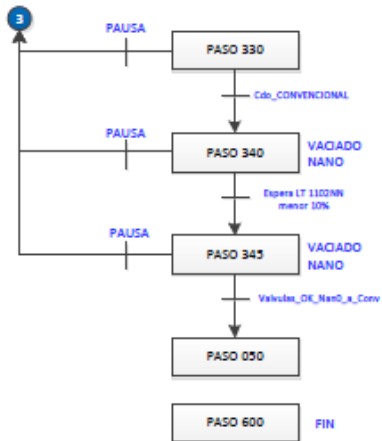
ANEXO

Diagrama de bloques del programa





PLC_01_BIODIESEL





Enclavamientos

Válvulas

V1103AC-F	closes when	either	LAH 1103AC-2 LIC 1103AC TIC 1121B FIP1101 FIC 1104AC1 FIC1134AC2 M1104AC M1104NA MP1134AC MP1178NA Draining mode Hold mode	alarm high high low alarm for xx sec low flow alarm for xx sec low alarm for xx sec low alarm for xx sec alarm(1) alarm(1) alarm(1) alarm(1) running running	see Parameters(2) see Parameters see Parameters
	Opens when	and	LIC 1103AC M1104AC MP1134AC (either Filling mode or Production mode running)	no high no alarm(1) no alarm(1) running	
	de-energized + safe state when		emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		
V1134AC-F	closes when	either	LAH 1134AC-3 LAH 1134AC-2 Hold mode	alarm alarm running	
	Opens when	and	LAL 1134AC-1 (either Filling mode or Production mode running)	alarm running	
	de-energized + safe state when		emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		
V1104AC	closes when	either	V1103AC-F Hold mode	close running	
	Opens when	and	V1103AC-F (either Filling mode or Production mode running)	open running	
	de-energized + safe state when		emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		
V1103AC-D3	Closes when	either	Draining 1103NA Hold mode Seq. Recirculation 1103NA	ended running running	
	Opens when	either	Filling mode Draining mode Production mode	running running running	(steps before Draining 1103NA)
	de-energized + safe state when		emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		
V1178NA-F	closes when	either	LAH 1178NA-3 LAH 1178NA-2 Hold mode	alarm alarm running	
	Opens when	and	LAL 1178NA-1 (either Filling mode or Production mode running)	alarm running	
	de-energized + safe state when		emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		



V1103NA-D2	Closes when Opens when de-energized + safe state when	Any mode either or Seq. Reirculation 1103NA Draining 1103NA steps emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA	running running running	(except seq recirculation or steps of Draining 1103NA)
V1103NA-D1				
V1103NA-V	Closes when Opens when de-energized + safe state when	any mode either or Filling 1103NA Draining 1103NA emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA	running running running	except Filling 1103NA steps or Draining 1103NA steps
V1103NA-BA	Closes when Opens when de-energized + safe state when	any mode Draining 1103NA steps emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA	running running	except Draining 1103NA steps
V1118NA	Closes when Opens when de-energized + safe state when	Signal from centrifgal separator's PLC Signal from centrifgal separator's PLC emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		
V1118NA-HW	Closes when Opens when de-energized + safe state when	Signal from centrifgal separator's PLC Signal from centrifgal separator's PLC emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		
V1118NA-D	Closes when Opens de-energized + safe state when	V1118NA V1118NA emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA	close open	
V1182-D	Closes when Opens de-energized + safe state when	see Seq. 1182S see Seq. 1182S emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		
V1182-R	Closes when Opens de-energized + safe state when	see Seq. 1182S see Seq. 1182S emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		
V1182-S	Closes when Opens de-energized + safe state when	see Seq. 1182S see Seq. 1182S emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		
V1182-S	Closes when Opens de-energized + safe state when	see Seq. 1182S see Seq. 1182S emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA		



V1178HW1-F	Closes when	LAH 1178HW-3	alarm
	Opens	LAH 1178HW-2	alarm for xx sec see Parameters
	de-energized + safe state when	emergency shutdown push button hardwired	emergency shutdown push button SCADA
V1178HW1-F2	Closes when	LAH 1178HW-3	alarm
	Opens	LAH 1178HW-2	alarm for xx sec
	de-energized + safe state when	emergency shutdown push button hardwired	emergency shutdown push button SCADA
V CREF	Closes when	V1178HW1-F2	open
	Opens	V1178HW1-F2	close
	de-energized + safe state when	emergency shutdown push button hardwired	emergency shutdown push button SCADA
V1178CIP1-S	Closes when	Signal from control loop TIC-1178CIP1 (SP + hysteresis)	see Parameters
	Opens	Signal from control loop TIC-1178CIP1 (SP - hysteresis)	see Parameters
	de-energized + safe state when	emergency shutdown push button hardwired	emergency shutdown push button SCADA
V1178CIP2-S	Closes when	Signal from control loop TIC-1178CIP2 (SP + hysteresis)	see Parameters
	Opens	Signal from control loop TIC-1178CIP2 (SP - hysteresis)	see Parameters
	de-energized + safe state when	emergency shutdown push button hardwired	emergency shutdown push button SCADA
V1118NA-T	Closes when	Button " Envía a Reproceso"	off
	or	V1106-F	open
	Opens	Button " Envía a Reproceso"	on
	and	V1106-F	close
	de-energized + safe state when	emergency shutdown push button hardwired	emergency shutdown push button SCADA



Motores

P1101 (crude oil) Client's Supply	stops when	either V1103AC-F	close	(W501:client's crude oil storage tank)}	
	stops & trips when	emergency shutdown push button hardwired			
	starts when	and V1103AC-F	open		
M1104AC	stops when	either V1104AC	close		
		or V1103AC-F	close		
		or FI P1101	low flow alarm	for xx sec (see parameters)	
		or Hold mode	running		
starts when		V1104AC	open		
		and V1103AC-F	open		
		and FI P1101	no-alarm		
		and (either Production	running		
	or Draining	running			
	or Filling	running			
	and no emergency shutdown				
stops & trips when	either emergency shutdown push button hardwired				
	or emergency shutdown push button SCADA				
M1134AC	stops when	either V1104AC	close		
		or LAL 1134AC-1	alarm	for xx sec	
		or FIC 1134AC2	low flow alarm	for xx sec (see parameters)	
		or HOLD mode	running		
stops & trips when	either emergency shutdown push button hardwired				
	or emergency shutdown push button SCADA				
starts when		V1104AC	open		
		and FIC 1134AC2	no alarm		
		and (either Production mode	running		
		or Draining mode	running		
	or Filling mode	running			
	and no emergency shutdown				
M1103AC	stops when	LAL 1103AC-1	alarm		
	stops & trips when	either emergency shutdown push button hardwired			
		or emergency shutdown push button SCADA			
	starts after x sec delay when	LAL 1103AC-1	no alarm		
	and Any mode	running			
	and no emergency shutdown				
MP1103AC	stops when	either			
		or M1104NA	alarm	(see parameters)	
		or FIC P1178NA	low flow alarm	for xx sec (see parameters)	
		or FIC 1104NA	low flow alarm	for xx sec (see parameters)	
		or LAH1102S-2	alarm		
		or FI1106-1	high-high		
		or (V1103AC-D3	close	and (V1103NA-D2	close
		or when seq (Production mode	running	and (either LAL1103AC-1	alarm (except when Draining 1103NA, see Draining seq.)
		or Draining mode	running	or LIC 1103AC	low/low (except when Draining 1103NA, see Draining seq.)
		or Filling mode	running		
or when seq (Draining (1103NA)	running	and (either LAL 1103NA-1	alarm		
		or V1103NA-E2	alarm		
or when seq (Production mode	running	and (either V1103NA-F	close		
or Draining mode	running	or V1103NA-D1	close		
		or V1118NA	close		
		or V1106-F	close		
or when seq (Filling	running	and (either V1103NA-F	close		
(1103NA)	running	or V1103NA-V	close		
		or LAH 1103NA-2	alarm		
or HOLD mode	running				
stops & trips when	either emergency shutdown push button hardwired				
	or emergency shutdown push button SCADA				
starts when	FI1106-1	no-alarm			
	and M1104NA	no-alarm			
	and (either Production mode	running			
	or Draining mode	running			
	or Filling mode	running			
	and no emergency shutdown				



P1178NA	stops when	either	V1104NA	close	
		or	LAL 1178NA-1	alarm	
		or	FIC P1178NA	low flow alarm	for 10 sec (see parameters)
		or	HOLD mode	running	
	stops & trips when	either	emergency shutdown push button hardwired		
		or	emergency shutdown push button SCADA		
	starts when		V1104NA	open	
		and	(either Production mode	running	
			or Draining mode	running	
			or Filling mode	running	
		and	no emergency shutdown		
M1104NA	stops when	either	FIC P1103AC	low flow alarm	for 10 sec (see parameters)
		or	V1104NA	close	
		or	P1103AC	idle	
		or	Hold mode	running	
	starts when		FIC P1103AC	no alarm	
		and	V1104NA	open	
		and	(either Production mode	running	
			or Draining mode	running	
			or Filling mode	running	
	stops & trips when	either	emergency shutdown push button hardwired		
		or	emergency shutdown push button SCADA		
I118NA	starts when		by operator from C. separator panel		
		and	no emergency shutdown		
	stops when		signal from C. separator PLC		
	stops & trips when	either	emergency shutdown push button hardwired		
		or	emergency shutdown push button SCADA		
M11182S	stops when	either	LASL 1182S-1	alarm	for 10 sec (see parameters)
		or	(V1182S-F	close	and V1182S close
		or	LASH Tk storage	high	customer's signal
	stops & trips when	either	emergency shutdown push button hardwired		
		or	emergency shutdown push button SCADA		
	starts when	and	(V1182S-F	open	or V1182S open
		and	seq. 1182S	running	
		and	no emergency shutdown		
M1178HW1	stops when		LAL 1178HW1-1	alarm	
	stops & trips when	either	emergency shutdown push button hardwired		
		or	emergency shutdown push button SCADA		
	starts when	and	Any mode	running	
		and	no emergency shutdown		
M1178CIP	stops when	either	LSL 1178CIP1-1	alarm	
		or	LSL 1178CIP2-1	alarm	
		or	Hold mode	running	
	stops & trips when	either	emergency shutdown push button hardwired		
		or	emergency shutdown push button SCADA		
	starts when		Manually by Operator		(automatic mode no available)
		and	no emergency shutdown		
M1106	stops when	either	LAL 1106-1	alarm	
		or	LIC 1106	low low	
		or	V1106	close	
		or	V1106-F	close	
		or	LAH storage tank's	alarm	customer's signals
		or	Hold mode	running	
	stops & trips when	either	emergency shutdown push button hardwired		
		or	emergency shutdown push button SCADA		
	starts when		LIC 1106	no low	
		and	V1106	open	after 1000 sec (por si entra aire en la cañería)
		and	V1106-F	open	
		and	(either Production mode	running	
			or Draining mode	running	
			or Filling mode	running	
		and	no emergency shutdown		
M1132C	stops when	either	LAL 1132C	alarm	
		or	Hold mode	running	
	stops & trips when	either	emergency shutdown push button hardwired		
		or	emergency shutdown push button SCADA		
	starts when	and	Any mode	running	except Hold mode
		and	no emergency shutdown		



Variadores de Frecuencia

SC_P1134AC	modulates with de-energized + safe mode when	FIC P1134AC2	and	cascaded by	FIP101
		emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA			
SC_MP1103AC	modulates with de-energized + safe mode when	ether FIC P1103AC			
		emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA			
SC_M1178NA	modulates with de-energized + safe mode when	FIC P1178NA	and	cascaded by	FIC P1103AC
		emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA			
SIC_1104NA	modulates with de-energized + safe mode when	No control loop required			
		emergency shutdown push button hardwired emergency shutdown push button SCADA			



RECETA

A continuación se muestran las planillas de Excel con los cálculos requeridos por el ingeniero de procesos encargado de la puesta en marcha. Los mismos, son ejecutados en el PLC.

Recipe

Project
REV 01

Contents

Input data
Calculated data
Data from transmitter

Parameter	Units	Nano	Instrument	Equations
Oil Inlet Quality				
Acidity	Ac_i	1	%	
Phosphorous	P	200	ppm	
Ca	Ca	60	ppm	
Mg	Mg	40	ppm	
Humidity	H	0,5	%	
Impurities	Imp	0,1	%	
Oil Outlet Quality				
Acidity	Ac_o	0,1	%	
Phosphorous		20	ppm	
Soaps		600	ppm	
Humidity		0,035	%	
Impurities	Imp	0,01	%	
Plant Capacity				
Nominal Capacity	N_CA	160	Tn/day	
Nominal Flow rate	N_FI	6667	kg/h	$N_FI = N_CA * 1000 / 24 (1)$
Actual Flow rate	A_FI	6667	kg/h	data from FT 1183NN1
Actual Flow rate outlet	A_FIO		kg/h	data from FT 1183NN2

SP for FT P1103AC
data from FT P1101
data from FT 1181B

Section 1100

SP Levels

1103AC3	80	%	sp for LT 1103AC
1106	80	%	sp for LT 1106

SP Temperatures

1121B	95	°C	70	°C	Sp for TIC 1121B
1121C	105	°C			Sp for TIC 1121C
1181B	50	°C			Sp for TIC 1181
1178HW1	95	°C			Sp for TIC 1178HW1

SP Dosifications

Phosphoric acid

Concentration Phosph.	Conc_ph	95	%		
Densidad Phosph.	Ro_ph	1,7	kg/lt		
Dilution phosph.	Conc_Dph	85	%		
1-SP	SP_ph	0,5	kg/ton	0,5	kg/ton base seca
2-SP			% p/p	NA	
3-SP			% p/p	NA	
Exceso	Exc_ph	2	%	NA	
Dosif. Flow Rate	Dsf_ph		kg/h		SP for P1134AC

tiene que haber un selector en pantalla para que el operador elija cuál fórmula desea utilizar

$$= P * 2 / 10000 (2)$$

$$= 98 * ((Ca / 40) + (Mg / 24,3)) / 10000 (3)$$

$$= (SP_ph * A_FI / 1000) * (1 + Exc_ph / 100) / (Conc_ph / 100)$$

$$= (SP_ph / 100 * N_FI / Conc_ph * 100 / Ro_ph) * (1 + Exc_ph / 100)$$

Water dosif. for dilution	Dsf_ag_ph		kg/h	NA	SP for FT 1104AC1	$= ((SP_ph / 100 * N_FI / Conc_ph * 100) * (1 + Exc_ph / 100)) * (Conc_ph / 100) * ((100 - Conc_Dph) / Conc_Dph - (100 - Conc_ph) / Conc_ph)$
---------------------------	-----------	--	------	----	-------------------	--

Caustic soda

Comercial Conc.	Conc_so	48	%		
Densidad	Ro_so	1,5	kg/lt		
Exceso	Exc_so	5	%	-5	%
Dosif. Flow Rate	Dsf_so		kg/h		SP for P1178NA

Exceso

$$= +((N_FL * ((Ac_i - Ac_o) / 100 * 40 / 282) + (SP_ph / 100 * N_FL) * (1 + Exc_ph / 100) * 40 / 98 * 2) * 100 / Conc_so) * (1 + Exc_so / 100)$$

$$= Dsf_so / Ro_so$$

$$= 100 * (Dsf_so * (100 - Conc_so) / 100) / (Dsf_ag + Dsf_so)$$

Dsf_so en kg/h

Demumina Water

- Si se elije trabajar con el dato de Porcentaje de Agua

Water concentration in oil	Conc_ag	2,5	%	4	%
Dosif. Flow Rate	Dsf_ag		kg/h		SP for FT 1104NA1

$$= (Conc_ag / 100 * N_FL) - (Dsf_ph * (100 - Conc_ph) / 100) - Dsf_ag_ph - (Dsf_so * (100 - Conc_so) / 100) - H * N_FL / 100$$

Dsf_ph en kg/h
Dsf_so en kg/h