



**Universidad Politécnica Salesiana
Sede Guayaquil
Facultad de Ingenierías**

Tesis:

**Previa a la Obtención del Título de Ingeniero Electrónico
con Mención en Sistemas Industriales**

Tema:

**“Sistema de Control Scada para el proceso de obtención
de Biocombustible utilizando un PLC S7-200 y el Software
Labview”**

Autores:

**Edinson Raúl Cáceres Alvarado
Juan Pablo Guerrero Echeverría**

Director:

Ing. Luis Antonio Neira Clemente

Guayaquil, Febrero del 2012

ÍNDICE

Capítulo I

	Página
1.1 Biodiesel	1
1.2 PLC Scada	3
1.3 Variador de Velocidad	5
1.4 Software Labview	6
1.5 Válvulas y actuadores	7
1.5.1 Válvulas neumáticas	7
1.5.2 Sensor Inductivo	7
1.5.3 Resistencia calentadora	7
1.5.4 Transmisor de Temperatura	7

Capítulo II

2.1 Generalidades	9
2.2 Diseño Eléctrico	11
2.3 Diseño Electrónico	16
2.3.1 Circuito de Control del Variador	16
2.3.2 Circuito de Monitoreo de Color y Lectura de Velocidad	19
2.4 Construcción y Diseño Mecánico	22
2.5 Programación del PLC	26
2.6 Configuración del Variador	26
2.7 Scada con Labview	28
2.8 Comunicación PLC, Variador y Labview	29
2.9 Formulación de Insumos para la elaboración de biodiesel	32

Capítulo III

3. Instalación y Montaje	34
3.1 Montaje de la Resistencia Calentadora	34
3.2 Montaje de Electroválvulas y Válvulas Neumáticas	35
3.3 Montaje Mirilla de Nivel	36
3.4 Montaje Mezclador	37
3.5 Montaje Condensador y Reservorio de Agua	38
3.6 Montaje del Sensor y Transmisor de Temperatura	39
3.7 Mirilla para el Sensor de Color	39
3.8 Panel Principal	41

Capítulo IV

4. Manejo del Sistema Scada	42
4.1 Consideraciones Iniciales	42
4.1.1 Revisión de Instalación neumática	42
4.1.2 Inspección de Conexiones eléctricas	43
4.1.3 Chequeo de válvulas manuales de paso	43
4.2 Operación Manual de Actuadores	44
4.3 Operación Automática del Sistema	45
4.4 Descripción del Sistema Scada	46
4.4.1 Botones de Control	46
4.4.1.1 Botón de Salir	46
4.4.1.2 Botón Iniciar	46
4.4.1.3 Botón Detener	46
4.4.1.4 Botón “Metóxido Listo”	47
4.4.1.5 Botón “Aceite Listo”	47
4.4.2 Pantalla de Ingreso de Parámetros	47
4.4.2.1 “Sistema”	47
4.4.2.2 “Configuración”	48

4.4.2.3 “Proporción de Insumos”	48
4.4.2.4 “Tiempo”	49
4.4.2.5 “Activación individual de Actuadores”	49
4.4.3 Pantalla de Alarmas	50
4.5 Operación del Sistema Scada	50
<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>	52

Anexos

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo II

	Página
Figura 2.1: Sistema Esquemático del Proyecto	10
Figura 2.2: Conexión Eléctrica Tablero Principal	12
Figura 2.3: Conexión Eléctrica Tarjetas Electrónicas	12
Figura 2.4: Conexión Eléctrica Botoneras, Indicadores y Variador	12
Figura 2.5: Planos eléctricos Del Proyecto	13
Figura 2.6: Planos eléctricos Del Proyecto	14
Figura 2.7: Planos eléctricos Del Proyecto	15
Figura 2.8: Tarjeta Electrónica – Variador	17
Figura 2.9: PCB – Circuito Variador	17
Figura 2.10: Plano Electrónico de la Tarjeta del Variador de Velocidad	18
Figura 2.11: Tarjeta Electrónica – Monitoreo de Color y Lectura de Velocidad	19
Figura 2.12: PCB – Circuito Óptico	20
Figura 2.13: Plano Electrónico de la Tarjeta de Monitoreo de Color y Lectura De velocidad	21
Figura 2.14: Tanque de Reactor en construcción	22
Figura 2.15: Acotes Tanque de Reactor	22
Figura 2.16: Tanque de Reactor en construcción	23
Figura 2.17: Acotes del Tanque Decantador	23
Figura 2.18: Condensador.....	24
Figura 2.19: Acotes del Condensador	24
Figura 2.20: Estructura del Proyecto	25
Figura 2.21: Panel de Control	28
Figura 2.22: Lista de Variables Utilizadas en el Servidor OPC	29
Figura 2.23: Configuración de Variable OPC en el Indicador de Temperatura	30
Figura 2.24: Tabla de Símbolos del Proyecto extraída del programa Microwin	31

Capítulo III

	Página
Figura 3.1: Instalación de la Resistencia Calentadora	34
Figura 3.2: Instalación de la Electroválvula 2 y 3	35
Figura 3.3: Instalación de la Electroválvula 1	35
Figura 3.4: Instalación de Válvula 1	36
Figura 3.5: Mirilla de Nivel	36
Figura 3.6: Motor Mezclador	37
Figura 3.7: Sensor Inductivo	37
Figura 3.8: Deposito de Agua y Condensador	38
Figura 3.9: Bomba de Agua	38
Figura 3.10: Sensor RTD y Transmisor de Temperatura	39
Figura 3.11: Mirilla T. Decantador	40
Figura 3.12: Mirilla T. Decantador Vista Superior	40
Figura 3.13: Esquema de Mirilla	41
Figura 3.14: Mirilla T. Decantador Vista Inferior	41
Figura 3.15: Diseño de distribución de equipos	41

Capítulo IV

Figura 4.1: Botones de control Scada	46
Figura 4.2: Pantalla Opción “Sistema” del control SCADA	47
Figura 4.3: Pantalla Opción “Config.” del control SCADA	48
Figura 4.4: Pantalla Opción “Prop.” del control SCADA	48
Figura 4.5: Pantalla Opción “Tiemp.” del control SCADA	49
Figura 4.6: Pantalla Opción “Act.” del control SCADA	49

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo I

	Página
Tabla N°1: Comparación de las propiedades del diesel del petróleo con los aceites	2

Capítulo II

Tabla N°2: Parámetros de Configuración para el Variador Sinamics G110 ...	26
Tabla N°3: Porcentajes Materia Prima	32
Tabla N°4: Densidad del Aceite y Metanol	32

Capítulo IV

Tabla N°5: Parámetros de Variador para Operación Manual	44
Tabla N°6: Parámetros de Variador para Operación Automático	45

BIBLIOGRAFÍA

Benjamin C. Kuo “Sistemas de Control Automático”. Prentice Hall.

Robert F. Coughlin / Frederick F. Driscoll “Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales”. Prentice Hall.

WEBGRAFÍA

Capítulo I

<http://es.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>

http://1.bp.blogspot.com/_yjcyOsJhxZY/TEo1ghaaGWI/AAAAAAAAAJNc/k15Pa86PUvY/s1600/Biodiesel.jpg

<http://energiaadebate.com/Articulos/Noviembre2008/imagenesnov/Sarmiento1.jpg>

<http://energiaadebate.com/Articulos/Noviembre2008/imagenesnov/Sarmiento2.jpg>

[\[maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm\]\(http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm\)](http://www.grupo-</p></div><div data-bbox=)

<http://www.automatas.org/redes/scadas.htm>

<http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

http://www.belton.com.br/espanhol/valvulas_direccionales.html

<http://sensoresdeproximidad.galeon.com/#inductivo>

ANEXOS

Anexo 1: Equipos y materiales utilizados.

Anexo 2: Programa lógico del proyecto en el PLC.

Anexo 3: Programa del Proyecto en Labview.

Anexo 4: Datos Técnicos del Cable USB-PPI.

Anexo 5: Datos Técnicos del Amplificador Operacional LM324.

Anexo 6: Datos Técnicos del Transistor de Energía BD135.

Anexo 7: Datos Técnicos del Sensor de Proximidad.

Anexo 8: Datos Técnicos de la CPU 226.

Anexo 9: Datos Técnicos del Transmisor de Temperatura SITRANS-TH100.

Anexo 10: Datos Técnicos del Variador Sinamics G110.

Anexo 11: Imágenes de la prueba para la obtención de biocombustible.

Anexo 12: Certificación del proceso de Transesterificación.

Declaratoria de Responsabilidad

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente Trabajo, son de exclusividad y responsabilidad de los autores.

Guayaquil, Febrero del 2012.

(f) _____
Edinson Raúl Cáceres Alvarado

(f) _____
Juan Pablo Guerrero Echeverría

Dedicatoria

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. También dedico este proyecto a mi esposa compañera inseparable, con su apoyo incondicional ha sido fiel testigo de mis logros a lo largo de mi carrera. Ian hijo mío te dedico este proyecto ya que fuiste tú la razón de no declinar en momentos difíciles a lo largo de este proyecto. Sin ustedes no hubiese sido quien soy, los amo con mi vida.

Edinson Raúl Cáceres Alvarado

Dedicatoria

Esta Tesis está dedicada principalmente a Dios, que con su sabiduría supo guiarme de la mejor manera por el camino del bien, a mis padres , hermanos , amigos y enamorada que aportaron con un granito de arena para cosechar este triunfo, pero un agradecimiento especial a mi Madre, Blanca Echeverria, que es un pilar fundamental de mi vida, quien a dado todo de ella por criarnos y darnos lo mejor, día a día supo inculcarme valores como respeto, honestidad, responsabilidad entre muchos mas, culmino una meta en la cual se que sin ella no lo hubiera logrado , me hizo ser fuerte ante la vida , no caerme ante algún problema y sobre todo luchar por tu felicidad.

De todo corazón, Mamita Bella juntos lo logramos y la quiero con toda mi alma.

Juan Pablo Guerrero Echeverría

AÑO	TÍTULO	ALUMNO/S	DIRECTOR DE TESIS	TEMA DE TESIS
2012	INGENIERO ELECTRÓNICO	CÁCERES ALVARADO, Edinson; GUERRERO ECHEVERRÍA, Juan	NEIRA, Luis	SISTEMA DE CONTROL SCADA PARA EL PROCESO DE OBTENCION DE BIOCOMBUSTIBLE UTILIZANDO UN PLC S7-200 Y EL SOFTWARE LABVIEW

Abstract

A la medida que se van determinando las fuentes nuevas de energía, día a día se mejora la fabricación del combustible renovable para obtener un producto final de mejor calidad, “amigable” con el medio ambiente y de bajo costo. Ello, requiere de pruebas con varios tipos de materias primas. Surge la necesidad de construir una máquina (que podríamos llamarla “banco de prueba”) en la que se combinan los elementos, en este caso particular, los elementos orgánicos para la elaboración del biocombustible, como son el aceite vegetal, metanol y el químico catalizador.

El objetivo operativo de esta tesis es la fabricación de una estación de prueba o “banco de prueba” para la obtención de biodiesel sin refinar, mediante la aplicación de un sistema de control y monitoreo SCADA, que brindará dos opciones en el software manual y automático. La primera, permitirá manipular los actuadores del proceso. La opción “automático” permite al usuario ingresar variables para la ejecución del proceso. Esta primera fase, combina lo mecánico, lo eléctrico y lo electrónico. El llamado “banco de prueba” está constituido por: la estructura de la maqueta (mecánico), el panel de control del proceso (eléctrico) y la interface con el software que ejecuta el sistema Scada (electrónico). Deja a posteriores intereses, completar el proceso para la elaboración del biocombustible.

La fase mecánica del proceso, diseña y construye una maqueta con su respectivo panel de control, en el que se efectúan las diferentes etapas del proceso de

elaboración de biocombustible. Esta maqueta tendrá dos tanques que serán el Reactor y el Decantador. Sus actuadores son: motor trifásico, válvulas neumáticas y resistencia térmica.

La parte electrónica, diseña dos tarjetas; una controla el variador de velocidad y la otra, detecta la variación de color del Biodiesel y Glicerina; adicionalmente esta tarjeta proporciona los resultados de la lectura de las revoluciones del motor. El proceso del hardware utiliza un PLC y para el software, el programa Labview. La comunicación Hardware-Software se realiza a través de servidores OPC (OLE for Process Control). Al mismo tiempo se desarrolla lo referente a la parte eléctrica que básicamente es la alimentación y el cableado para el funcionamiento electrónico.

Palabras claves:

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), Labview, Fuentes nuevas de energía, Banco de prueba, Biocombustible, OPC (OLE for Process Control), OLE (Object Linking and Embedding), PLC (Power Line Communications), Biodiesel y Glicerina.

Presentación

A medida que avanza la tecnología en los diferentes procesos industriales, tomando en cuenta sus requerimientos y conociendo que el actual sistema energético mundial no es sostenible a largo plazo debido a los impactos ambientales que se producen en la actualidad; se necesita desarrollar nuevas opciones energéticas que sean limpias para nuestro ecosistema y de costo razonable para nuestro entorno. Evaluando la posibilidad de producirlo de manera artesanal en sectores diversos como en el sector agrícola de nuestro país, a partir de aceites de especies oleaginosas locales, ha sido necesario encontrar una manera para que la obtención de biodiesel a través del aceite casero se la realice de forma segura y eficiente creando un proceso industrial monitoreado mediante el sistema Scada.

La presente tesis **“SISTEMA DE CONTROL SCADA PARA EL PROCESO DE OBTENCION DE BIOCOMBUSTIBLE UTILIZANDO UN PLC S7-200 Y EL SOFTWARE LABVIEW”** desarrolla la primera fase de un proceso que obtiene biodiesel sin refinar. El llamado “banco de prueba” está constituido por: la estructura de la maqueta, el panel de control del proceso y la interface con el software que ejecuta el sistema Scada. Deja a posteriores intereses, completar el proceso para la elaboración del biocombustible.

El desarrollo se ejecuta en cuatro capítulos donde se trata de acoplar la parte mecánica, eléctrica y electrónica. La primera parte del capítulo uno, informa sobre lo que es el biodiesel en cuanto a su impacto ambiental y su aporte ecológico; su segunda parte, describe los actuadores de mayor relevancia para la construcción de una maqueta con su respectivo panel de control que constará de dos tanques de acero inoxidable: el Reactor y el Decantador.

El capítulo dos describe el procedimiento para la obtención del biodiesel y lo adecúa a los propósitos del objetivo de tesis. Indica las fases mecánica, eléctrica y electrónica de la propuesta. El lector encontrará fotografías originales de los autores, presentando diagramas de las tarjetas electrónicas y los diseños para la construcción

del decantador, el reactor y el condensador. Muestra la manera de configurar el variador de velocidad, el desarrollo del sistema Scada, la comunicación hardware – software; adicionalmente, el cálculo de los aditivos para el proceso.

El capítulo tres presenta el montaje paso a paso del banco de prueba.

El último capítulo expone el procedimiento para la operación del sistema Scada, aplicado al banco de prueba. El interesado o la interesada podrá acceder a la programación del software para el proceso, cuya estructura está confeccionada a manera de manual de usuario.

A continuación se detallan los elementos del ante-proyecto presentado y aprobado para la realización de esta tesis.

I. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema “banco de prueba” para la elaboración de Biocombustible (sin refinar), pretendiendo mejorar los procesos de ensayo o búsqueda de nuevas aplicaciones que logren un producto de alta calidad a bajo costo; minimizando el riesgo ambiental.

II. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las características del funcionamiento de los procesos de energías alternativas.
- Ejecutar el funcionamiento y manejo del programa Labview para el monitoreo y adquisición de datos.
- Implementar los protocolos de comunicación mediante servidores OPC para la adquisición de datos del computador mediante los PLC.
- controlar y comunicar controladores como es el *PLC CPU S7-226* y el variador monofásico Sinamics G110.

III. ALCANCE DEL PROYECTO

Este proyecto considera la importancia de afinar una técnica de laboratorio de calidad de producto, que implementa una tecnología de producción a escala mayor; diseña una mini-planta capaz de producir hasta 6 galones por proceso, obteniendo una planta de costo relativamente bajo y de operación sencilla. En la misma se podrá controlar, de manera sencilla y eficaz, las diferentes etapas del proceso, por el que se obtiene Glicerina y Biodiesel sin refinar.

IV. MARCO METODOLÓGICO

- a. Elaboración del documento tesis, mediante la recopilación, procesamiento y sistematización de la información.
- b. Diseño y construcción de la maqueta “banco de prueba” que articula lo mecánico, lo eléctrico y lo electrónico; particular importancia tienen las pruebas que visibilicen los logros del proceso de tesis.
- c. Elaboración y aplicación de las conclusiones de los ensayos para la elaboración del documento de tesis, a partir de las prácticas ejecutadas en la maqueta construida.
- d. Reportes y encuentros permanentes con el director de tesis.
- e. Elaboración de presupuestos y costos.
- f. Redacción y entrega de informes finales al Consejo de Carrera, a través del Director de tesis.

Capítulo I

El presente capítulo se desarrolla en dos partes, la primera ofrece información básica sobre el biodiesel, constitución y materias primas, así como también los tipos de procesos que existen para su obtención; la segunda parte contiene una breve descripción de los actuadores más importantes del proceso y la utilización del sistema de adquisición de datos del Hardware y el proceso del Software.

1.1 Biodiesel.

Propiedades del Biocombustible.

El biodiesel es un producto similar al diesel del petróleo que se deriva de biomasa, por lo que constituye un biocombustible renovable.

Este combustible vegetal reduce los efectos contaminantes desde diversos puntos de vista. Por un lado, elimina completamente (en un 100%) las emisiones de CO₂ y reduce la producción de hollín entre un 40 % y 60 %, también lo hace con las emisiones de hidrocarburos que disminuyen con el biodiesel entre un 10 % y 50%, el monóxido de carbono también desciende en la misma proporción entre un 10 % y 50%. Estos indicadores pueden aplicarse para el biodiesel 100% puro ya que este combustible vegetal también se emplea en combinación con fuentes energéticas de origen fósil.

En la siguiente tabla se observa la comparación entre las propiedades físicas y químicas del diesel del petróleo, los aceites de girasol y de colza, así como de los esteres metílicos de dichos aceites donde se puede observar varios factores que influyen directamente en el medio ambiente.

Propiedad	Diesel del petróleo	Aceite de girasol	Ester metílico de girasol	Aceite de colza	Ester metílico de colza
Densidad (15°C) (Kg/l)	0.84	0.92	0.89	0.9	0.883
Punto de ignición (°C)	63	215	183	200	153
Viscosidad cinemática (mm ² /s)	3.2	35	4.2	39	4.8
Número de cetano	45-50	33	47-51	35-40	52
Calor de combustión (Mj/kg)	44	39.5	40	-	40
Punto de enturbiamiento (°C)	0	-6.6	3	-	-3
Azufre (% peso)	0.3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Residuo de carbón (% peso)	0.2	0.42	0.05	-	-

Tabla N°1: Comparación de las propiedades del diesel del petróleo con los aceites

Fuente: <http://energiaadebate.com/>

El precio del biocombustible actualmente, si se vende en gasolineras, prácticamente es el mismo precio que la gasolina tradicional debido al alto, coste del aceite utilizado. En el momento que el ciudadano produce su propio biodiesel a un precio sensiblemente inferior, el precio de los carburantes disminuirá; como ejemplo se encuentra Brasil en donde se venden desde hace décadas biocombustible fabricado con caña de azúcar, el precio de la gasolina fósil gracias al bajo precio de los biocombustible está un 30 por ciento más barato.

El biodiesel es una fuente de energía limpia, renovable, de calidad y económicamente viable, que además de contribuir a la conservación del medio ambiente representa una alternativa a los combustibles fósiles, el futuro de ésta energía está garantizado siempre que las administraciones colaboren con legislación a favor de los biocombustibles con leyes de obligatoriedad de consumo, con el mantenimiento de las ayudas fiscales y con ayudas para transformar algunos de los actuales cultivos por semillas oleaginosas como la soya, la colza y el girasol.

Materias primas.

La fuente de aceite vegetal suele ser aceite de colza, una especie de oleaginosa con alto contenido de aceite que se adapta a los climas fríos. Sin embargo existen otras variedades con mayor rendimiento por hectárea tales como la palma, la jatropha curcas, etc. También se pueden utilizar aceites

usados (por ejemplo los aceites de frituras) en cuyo caso la materia prima es muy barata y además se reciclan.

Procesos industriales.

En la actualidad existen diversos procesos industriales para la obtención de biodiesel, los más importantes son:

- Proceso base-base
- Proceso ácido-base
- Procesos súper críticos
- Procesos enzimáticos
- Método de reacción ultrasónica

Para ésta tesis vamos a trabajar con el proceso base a base, mediante el cual se utiliza como catalizador un hidróxido el mismo que puede ser: hidróxido de sodio (soda cáustica) o hidróxido de potasio (potasa cáustica).

1.2 PLC – SCADA.

PLC.

Un Programador Lógico Controlable (PLC) es un equipo electrónico que se programa en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

SCADA.

Viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Adquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Aplicaciones.

El P.L.C. por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Importante su utilización por su funcionabilidad para la adquisición de datos y programación de variables de entrada y salida; adicionalmente sus reducidas dimensiones y la extremada facilidad de su montaje hacen que su eficacia se aprecie fundamentalmente en nuestro proceso.

Prestaciones principales de un sistema PLC – Scada.

- Posibilidad de crear paneles de alarma que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma con registro de incidencias.
- Ejecución de programas que modifican la ley de control, incluso anulaciones o modificaciones de las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.

- Posibilidad de programación numérica que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre PLC.
- Se pueden desarrollar aplicaciones para ordenadores junto con un sistema de procesamiento lógico PLC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla y envío de resultados a disco e impresora.

1.3 Variador de Velocidad.

Los variadores de velocidad son dispositivos que permiten alterar la velocidad de los motores asíncronos trifásicos convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Las principales características de un variador observadas en ésta tesis son:

- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos de velocidad mediante electrónica digital

Ventajas de un Variador de Velocidad para ésta tesis.

- No posee elementos móviles, ni contactos.
- Conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Limita la corriente de arranque.
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funciona parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia
- Detecta y controla la falta de fase a la entrada y salida de un equipo.
- Protege el motor.
- Se puede controlar a través de un PLC.
- Mayor rendimiento del motor.

1.4 Software Labview

Labview es una herramienta gráfica para prueba, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama “lenguaje G”, donde la “G” simboliza que es un lenguaje gráfico.¹

Empleo del software para ésta tesis.

Su principal característica es la facilidad de uso, adicionalmente el acoplamiento que se puede hacer con un autómatas o PLC mediante servidores OPC (OLE for Process Control). Adicionalmente su lenguaje de programación mediante gráficos crea un sistema amigable para el usuario.

Principales usos para la ingeniería.

Es usado principalmente por ingenieros y científicos para tareas como:

- Adquisición de datos y análisis matemático
- Comunicación y control de instrumentos de cualquier fabricante
- Automatización industrial y programación de PAC (Controlador de Automatización Programable)
- Diseño de controladores: simulación, rápido, hardware-en-el-ciclo (HIL) y validación
- Diseño embebido de micros y chips
- Control y supervisión de procesos
- Visión artificial y control de movimiento
- Robótica

¹ Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

1.5 Válvulas y actuadores

1.5.1 Válvulas neumáticas

Una válvula neumática es un elemento de regulación y control de la presión y el caudal del aire a presión. Éste aire es recibido directamente después de su generación o desde un dispositivo de almacenamiento. Las válvulas dirigen, distribuyen o bloquean el paso del aire para accionar los elementos de trabajo (los actuadores).

1.5.2 Sensor Inductivo

Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto.

1.5.3 Resistencia Calentadora

Para la práctica de ésta tesis se utilizará una resistencia calentadora de 2500 w, la misma que está compuesta de un alambre de una aleación de níquel al 80% y cromo al 20%. Ésta aleación soporta temperaturas muy altas (1000° C), es resistivo (condición necesaria para generar calor), resistente a los impactos y es inoxidable.

1.5.4 Transmisor de Temperatura

El transmisor Celsius utilizado en ésta Tesis es un elemento de marca siemens que convierte la variación de resistencia, producto de la variación de temperatura,

en una lineal variación de corriente. En la industria se emplea como valor standard 4-20 mA².

² Fuente: <http://www.celsiussrl.com.ar/Transmisores.htm>

Capítulo II

A continuación se describe el funcionamiento del proceso de fabricación de biodiesel, los componentes mecánicos de la maqueta, su fabricación, diseño y montaje; adicionalmente se hace referencia a variables de control utilizadas para la programación de proceso.

2.1 Generalidades

(En la figura 2.1 de la página 10, podemos observar un montaje del proceso.)

El proceso comienza en el tanque Reactor (T. Reactor) en el que se vierten los componentes principales para la elaboración del Biodiesel: aceite vegetal y el metóxido (metanol y potasa). A medida que se vierten las sustancias, estas se podrán observar a través de una mirilla (Mirilla) de vidrio graduado.

En éste tanque (T. Reactor), al comenzar el proceso, se realiza el calentamiento de las sustancias vertidas hasta alcanzar una temperatura de $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ a través de una resistencia de 1700 W a 110 VAC. Este control de temperatura es realimentado por un sensor RTD (PT100) de 3H el cual posee un transmisor (T.A.) de 4 – 20 ma que se conecta directamente al modulo analógico del PLC.

Una vez alcanzada dicha temperatura, se acciona el mezclador (M1), motor trifásico de conexión estrella a 220 VAC a 0.5 HP. Para controlar que la velocidad del motor no sea excesiva para el proceso, se cuenta con un variador de frecuencia Sinamics G110 que opera a 220 VAC trifásico (V.F.) y, para monitorear que ésta velocidad sea controlada, se cuenta con un sensor inductivo (Tacómetro) de dos hilos modelo XS1M18MA230.

El tiempo de mezclado y calentamiento lo define el usuario a través del SCADA, pudiendo ser éste desde 0.5 a 2 horas.

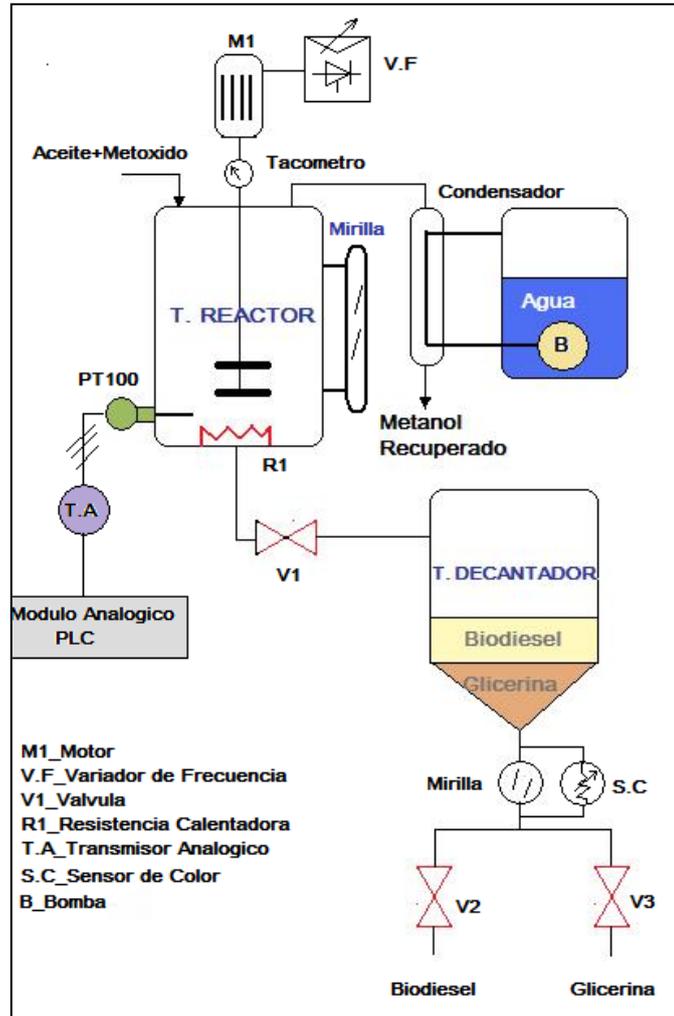


Figura 2.1: Sistema Esquemático del Proyecto

Fuente: Autores

Adicionalmente se cuenta con un intercambiador de calor (condensador) cuya función es condensar el vapor del Metanol que se genere en el calentamiento de los componentes principales del tanque del Reactor (T. Reactor). La condensación se realiza con la recirculación de agua fría en serpentín del intercambiador de calor ejecutado por una bomba monofásica (B) a 110 VAC de baja potencia.

Una vez finalizado el tiempo, anteriormente mencionado, se detendrá el calentamiento y mezclado, a su vez se activarán el proceso de traspaso de sustancia del tanque Reactor al tanque Decantador (T. Decantador). Éste traspaso se lo realiza a través de una electroválvula neumática (V1) que opera a 110 VAC.

En el Decantador (T. Decantador) se deja reposar el producto por un tiempo definido por el usuario, a través del Scada, lo suficiente para que se produzca la separación del Biodiesel y la Glicerina.

Al término del tiempo de reposo, automáticamente se producirá la separación del producto mediante dos electroválvulas (V2 y V3) comandadas por un sensor de color (S.C) que registrará la diferencia de color entre las sustancias a dividirse. Éste sensor (S.C) está basado en la variación de resistencia con respecto a la cantidad de luz.

En caso de producirse alguna anomalía durante el proceso, se contará con las debidas alarmas observadas en el sistema Scada.

El sistema cuenta con dos modos de operación: Manual y/o Automático. En la opción modo automático se ejecutarán los pasos previamente mencionados de manera autónoma y en el modo manual dependerá del tiempo que el operador crea conveniente aplicar.

2.2 Diseño Eléctrico

La distribución eléctrica de éste proyecto comienza a partir de una alimentación de 220 VAC distribuyéndose de manera equilibrada para todos los equipos presentes en el proceso (Figura 2.2). Aquí podemos encontrar niveles como 110 VAC para el PLC, fuente de poder, electroválvulas, resistencia de calentamiento y bomba de recirculación de agua, también se cuenta con una fuente de voltaje de 24 VDC para la luminaria del sensor de color, luces piloto ubicados en el tablero principal, transmisor de temperatura, interruptores y selectores del panel principal y finalmente para las tarjetas electrónicas.



Figura 2.2: Conexión Eléctrica Tablero Principal

Fuente: Autores

Como todo sistema eléctrico cuenta con las protecciones debidas a través de breakers de 6, 10 y 16 amperios dependiendo de los equipos a proteger. También consta de borneras de distribución de carga para tener ubicación específica de las conexiones realizadas, (Ver Figura 2.3).

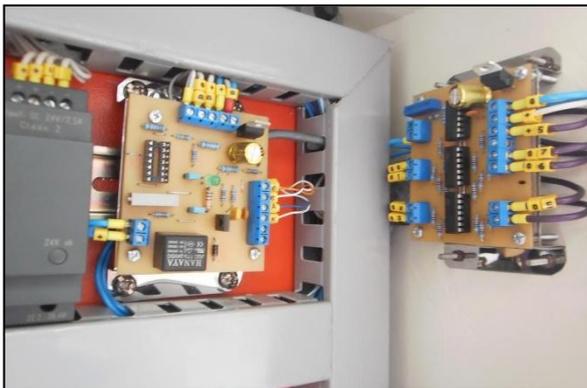


Figura2.3: Conexión Eléctrica Tarjetas Electrónicas

Fuente: Autores



Figura 2.4: Conexión Eléctrica Botoneras, Indicadores y Variador

Fuente: Autores

2.3 Diseño Electrónico

Para el control de variación de velocidad del motor a través del PLC, el monitoreo del color en la etapa de separación del Biodiesel y Glicerina y la lectura de la velocidad del motor, se han diseñado dos tarjetas que se encargan de lo anteriormente dicho (Figura 2.7).

En la figura 2.5, se puede observar las conexiones eléctricas del CPU 226 con las salidas hacia los actuadores del proceso, es un diagrama eléctrico que continua en la Figura 2.6 con las conexiones de los elementos de control.

Para la simulación y el diseño de las Tarjetas de circuito impreso se utilizó el Programa Proteus 7.4 SP3.

2.3.1 Circuito de Control del Variador

Éste circuito se encarga de controlar el variador de velocidad Sinamics G110 desde las salidas físicas del CPU 226.

Básicamente consiste en una configuración sumador no inversor con amplificadores operacionales (LM324) cuyas entradas a sumarse contienen seguidores de voltajes para acoplar impedancias entre las salidas físicas del PLC y la tarjeta electrónica. Como se puede observar en la Figura 2.8, consta de un potenciómetro de ajuste que se encarga de regular la ganancia del sumador no inversor para adecuar la salida de éste con respecto a la entrada analógica del variador de velocidad (la entrada analógica del variador de velocidad tiene un rango de 0 a 10 VDC) así como la tarjeta electrónica ensamblada y lista a ser instalada en el panel de control.

En la figura 2.9, presenta el diagrama para la realización de la tarjeta simulado y creado en el programa Proteus 7.4 SP3.

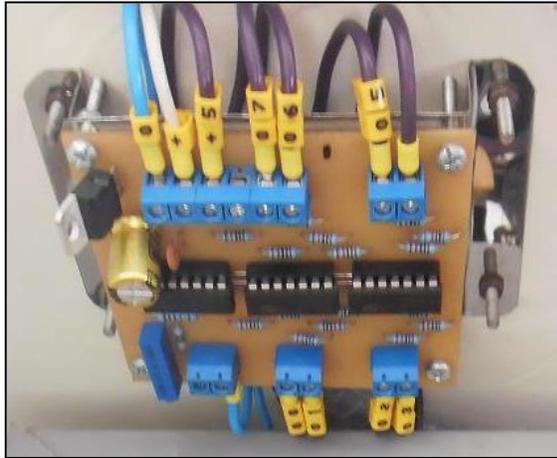


Figura 2.8: Tarjeta Electrónica - Variador

Fuente: Autores

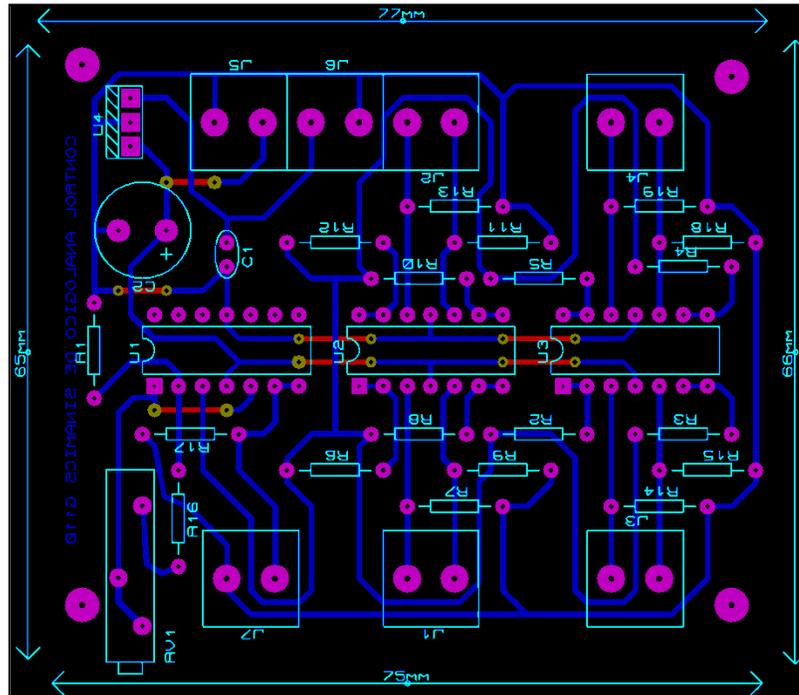


Figura2.9: PCB – Circuito Variador

Fuente: Autores

2.3.2 Circuito de Monitoreo de Color y Lectura de Velocidad

Para la lectura de velocidad se utilizó un sensor de proximidad inductivo de dos Hilos a 24 VDC que opera como un interruptor al momento de detectar una revolución del motor a través de un objeto metálico de referencia. Éste interruptor envía una señal de corriente la cual pasa a través de una resistencia generando un voltaje para ser leído a través de la entrada de tipo contador rápido del PLC, en la figura 2.11 se puede observar la tarjeta electrónica montada en el panel de control y en la figura 2.12 el diagrama PCB de la misma.

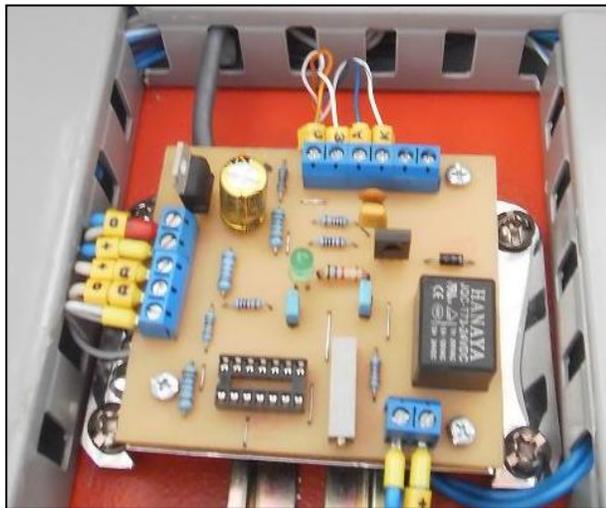


Figura 2.11: Tarjeta Electrónica – Monitoreo de Color y Lectura de Velocidad

Fuente: Autores

Para diferenciar entre Biodiesel y Glicerina se utilizó las características eléctricas de la foto resistencia, debido a que los colores de las sustancias mencionadas anteriormente son distintos.

Éste circuito se compone de un filtro RC para disminuir ruidos seguido de una etapa acopladora de impedancia a través de un seguidor de voltaje. Luego tenemos una configuración tipo amplificador diferencial que se encarga de aumentar en magnitud la

señal leída por la foto resistencia, además se cuenta con una etapa de comparación en la cual se verifica la señal monitoreada con respecto a un valor de referencia, prefijado a través de un potenciómetro.

Finalmente tenemos una salida tipo Rele (normalmente abierto) y una salida de voltaje (24 VDC) las cuales dependiendo de las características de entrada del PLC se conectarán al mismo. (Circuito electrónico desarrollado en el programa Proteus y expuesto en la Figura 2.12).

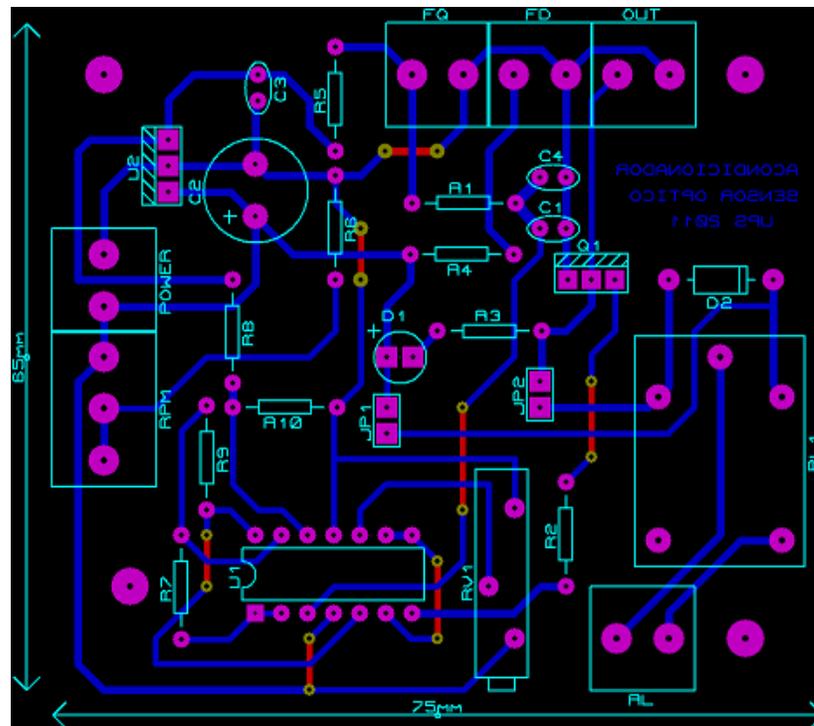


Figura 2.12: PCB – Circuito Óptico.

Fuente: Autores

2.4 Construcción y diseño mecánico

Con respecto a la parte mecánica del proyecto podemos mencionar los siguientes componentes principales:

Reactor: El reactor es un tanque de acero inoxidable diseñado para soportar altas temperaturas donde se podrá albergar y mezclar las sustancias principales para la producción del biodiesel. (Figura 2.14). Después de las pruebas caseras los autores establecieron el diseño del tanque como se puede apreciar en la Figura 2.15.



Figura 2.14: Tanque de Reactor en construcción.

Fuente: Autores

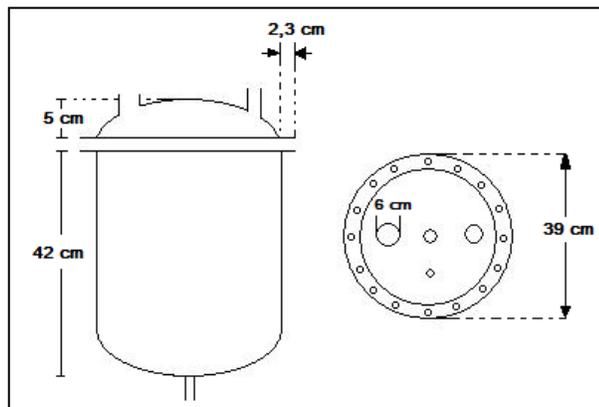


Figura 2.15: Acotes Tanque de Reactor.

Fuente: Autores

Decantador: El decantador al igual que el reactor está diseñado con acero inoxidable para soportar altas temperaturas ya que en éste se produce la separación del Biodiesel y Glicerina. (Figura 2.16). Después de las pruebas caseras los autores establecieron el diseño del tanque como se puede apreciar en la Figura 2.17.



Figura 2.16: Tanque Decantador en construcción.

Fuente: Autores

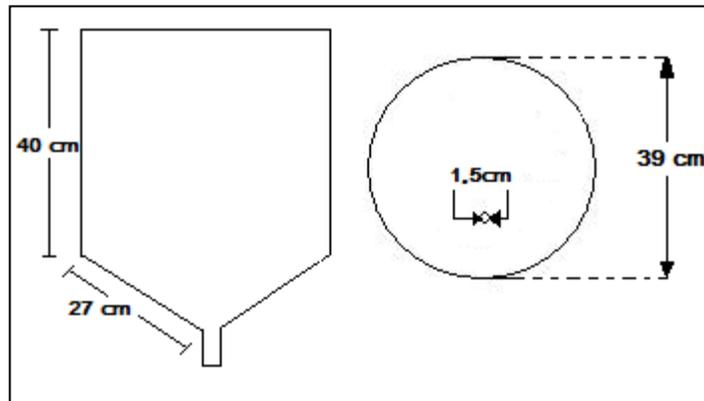


Figura 2.17: Acotes del Tanque Decantador.

Fuente: Autores

Condensador: Básicamente es un intercambiador de calor construido con acero inoxidable que consta en su interior un serpentín de cobre para el efecto térmico en el que circula agua helada para ayudar a la condensación del metanol, como se aprecia en la Figura 2.18, el condensador se encuentra ubicado en la maqueta, el diseño fue creado por los autores y se encuentra expuesto en la Figura 2.19.



Figura 2.18: Condensador.

Fuente: Autores

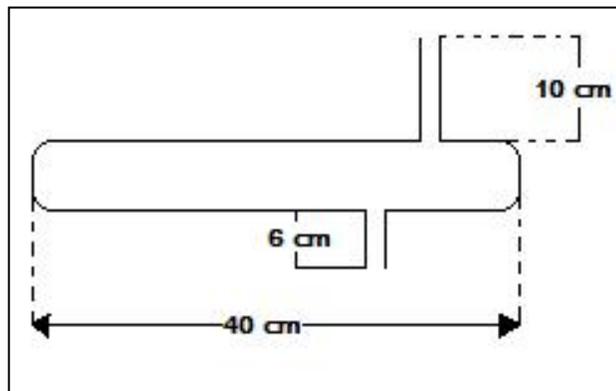


Figura 2.19: Acotes del Condensador.

Fuente: Autores

Estructura: La estructura del “banco de prueba” está diseñada para soportar el peso del tanque reactor y sus accesorios correspondientes, el condensador con su bomba de recirculación de agua; el decantador y sus válvulas; y el tablero de control general la cual está compuesta de 1 plancha galvanizada de 1/16”, tubos cuadrados H/N 1½" x 1.5mm y 4 garruchas de 3 "con freno. (Ver figura 2.20).



Figura 2.20: Estructura del Proyecto.

Fuente: Autores

2.5 Programación del PLC

Para la Programación del PLC se utilizó el lenguaje LADDER (Programación de contactos) dentro del Software MicroWin 4.0 de Siemens, además se hizo uso de herramientas predefinidas como lo son los contadores rápidos para el caso de la lectura RPM del motor y para el monitoreo de temperatura, para el control de velocidad del motor y control de potencia de la resistencia de calentamiento se crearon subrutinas propias.

Al momento de programar se consideraron los diferentes tipos de entradas y salidas manejados en éste proyecto, puesto que en algunos casos no se maneja el actuador directamente si no que se lo hace a través de una interfaz electrónica.

Para cargar el programa realizado en la estación de programación (Laptop o PC) se utilizó la interfaz USB/PPI.

2.6 Configuración del Variador

La configuración aplicada al variador Sinamics G110 para éste proyecto se describe en la Tabla N° 2 a continuación:

Parámetro	Valor	Descripción
P0010	1	Guía Básica
P0100	2	Potencia Nominal del Motor en KW y Frecuencia de Red 60 Hz
P0304	220 V	Voltaje Nominal del Motor
P0305	2.8 A	Corriente Nominal del Motor
P0307	0.37 Kw	Potencia Nominal del Motor en KW
P0310	60 Hz	Frecuencia Nominal del Motor

P0311	1700 rpm	Velocidad Nominal del Motor
P0700	2	Selección Fuente de Ordenes - Regletero de Bornes
P0701	1	Entrada digital "0" - ON/OFF
P0702	12	Entrada digital "1" - Inversión de Giro
P0703	9	Entrada digital "2" - Acuse de Fallo
P0757	0 V	Valor X1 escalado ADC
P0758	16.6 V	Valor Y1 escalado ADC
P0759	10 V	Valor X2 escalado ADC
P0760	41.6	Valor Y2 escalado ADC
P0761	0 V	Ancho Banda Muerta de la ADC
P1000	2	Selección Consigna de Frecuencia - Consigna Analógica
P1080	10 Hz	Frecuencia Mínima
P1082	25 Hz	Frecuencia Máxima
P1020	10 seg	Tiempo de aceleración
P1021	10 seg	Tiempo de desaceleración

Tabla N°2: Parámetros de Configuración para el Variador Sinamics G110

Fuente: Autores

Con respecto al control de velocidad del Motor, se cuenta con la tarjeta electrónica mencionada previamente en éste capítulo en la pestaña 2.3 del Diseño Electrónico, mediante la cual se envía voltajes variables entre 0 y 10 voltios dependiendo de la velocidad a aplicarse al motor.

Ésta Interfaz convierte valores digitales enviados desde el PLC en su equivalente en voltaje y a su vez en frecuencia.

2.7 Scada con Labview

El software de visualización se encuentra diseñado en la plataforma de National Instruments “Labview”, debido a que esta herramienta presenta en la tesis una diversidad de comandos orientados al control industrial, instrumentación, graficación y aplicaciones en general.

La pantalla principal del Scada y su programación se encuentra ubicada en el ANEXO 3, en la parte final de éste documento. En el mismo se pueden observar las diversas variables (sensores y actuadores) que intervienen en el proceso de la obtención del Biodiesel, variables tales como temperatura, velocidad, nivel, alarmas, tiempos, indicadores y controles varios.



Figura 2.21: Panel de Control

Fuente: Autores

En la figura 2.21 se puede observar el panel de control principal del banco de prueba donde se detalla el proceso gráficamente (parte izquierda) en éste se ubican indicadores luminosos (led's) para resaltar el estado de las variables, en la parte derecha se puede

observar las variables lógicas que activan los diversos actuadores, la codificación de estas variables se encuentran descritas en el punto **2.1 Generalidades**.

2.8 Comunicación PLC, Variador y Labview

La comunicación entre el proceso y el sistema de monitoreo, se realiza principalmente a través de servidores OPC (OLE for Process Control) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, basado en una tecnología Microsoft.

Para ésta aplicación como servidor OPC se ha utilizado el software PC Access V1.0 de Siemens, debido a que el PLC a utilizar fue la CPU 226 y con la cual tienen una comunicación más sencilla entre PLC y SCADA.

Las variables utilizadas en éste servidor se muestran a continuación:

Local	I0.0	BOOL	R
Optico	I1.0	BOOL	R
P_Emergencia	I1.1	BOOL	R
Remoto	I1.2	BOOL	R
Res_Q	Q1.2	BOOL	R
V2_Q	Q1.3	BOOL	R
V3_Q	Q1.4	BOOL	R
V1_Q	Q1.5	BOOL	R
Bom_Q	Q1.6	BOOL	R
Motor_Q	Q1.7	BOOL	R
Tiem_Metox	T33	INT	R
Tiem_V1	T41	INT	R
Motor	V1.0	BOOL	RW
Dir_Var	V1.1	BOOL	RW
Val1	V1.2	BOOL	RW
Val2	V1.3	BOOL	RW
Val3	V1.4	BOOL	RW
Bomba	V1.5	BOOL	RW
Res	V1.6	BOOL	RW
On_Auto	V11.0	BOOL	RW
Metoxido_Listo	V11.1	BOOL	RW
Paso1	V12.1	BOOL	R
Paso2	V12.2	BOOL	R
Paso3	V12.3	BOOL	R
Paso4	V12.4	BOOL	R
Paso5	V12.6	BOOL	R
Paso6	V12.7	BOOL	R
Paso7	V13.3	BOOL	R
Apagar_Auto	V64.0	BOOL	RW
Vel_Var	VB0	BYTE	RW
Histeresis	VB20	BYTE	RW
Temp_Set	VB8	BYTE	RW
RPM	VD54	REAL	R
Temperatura	VW2	INT	R
Tiempo_Reposo	VW29	WORD	RW
Tiempo_Mezcla	VW9	WORD	RW

Figura 2.22: Lista de Variables Utilizadas en el Servidor OPC
Fuente: Autores

Las variables descritas en la figura 2.22 corresponden a una dirección específica que se encuentra en un espacio de memoria del PLC pudiendo ser éstas de diversos tipos como: entradas, salidas, marcas, temporizadores, memorias general etc.

La comunicación básicamente se realiza en dos partes, la primera se refiere al enlace entre el Scada y el servidor OPC, y la segunda hace referencia la conexión entre el servidor OPC y el PLC.

Para la interacción entre Labview y el servidor OPC se configuran los controles de tal forma que éstos posean la ruta que lo dirija a una determinada variable del PC Access.

Por ejemplo: en la figura 2.23, se observa el termómetro del Scada la ruta de la variable utilizar en el servidor OPC es: `opc://localhost/S7200.OPCServer/MicroWin.s7200_BioDiesel.Temperatura`. Cabe indicar que cada variable tiene la opción de ser de tipo lectura o escritura según el uso.

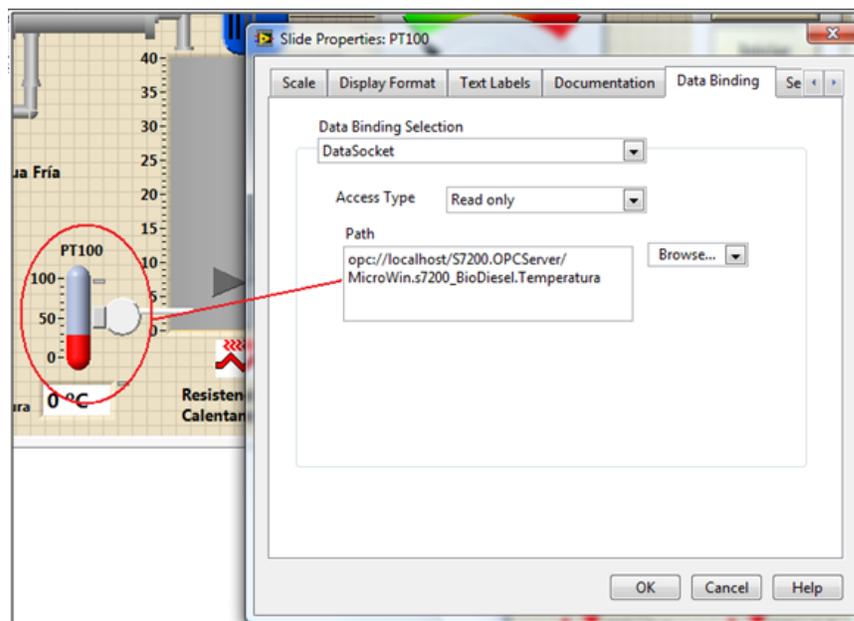


Figura 2.23: Configuración de Variable OPC en el Indicador de Temperatura

Fuente: Autores

Con respecto al enlace entre el servidor OPC y PLC solo se verifica que el tipo de variable configurada en el servidor (Lectura o Escritura) esté acorde con el control a realizarse dentro del PLC. Lo más recomendable es colocar todas estas variables para comunicación dentro de un listado general en Microwin como se muestra en la figura 2.24 a continuación:

	Símbolo	Dirección	Comentario
1	Sel_Manual	I0.0	Selector Manual Automático - Manual
2	Sensor_RMP	I0.1	Sensor de RPM de Proximidad para el Motor
3	Bomba_Man	I0.2	Activación Manual de la Bomba a través del tablero Local
4	Res_Man	I0.3	Activación Manual de la Resistencia a través del tablero Local
5	Val1_Man	I0.4	Activación Manual de la Válvula1 a a través del tablero Local
6	Val2_Man	I0.5	Activación Manual de la Válvula2 a a través del tablero Local
7	Val3_Man	I0.6	Activación Manual de la Válvula3 a a través del tablero Local
8	Motor_Man	I0.7	Activación Manual del Motor a través del tablero Local
9	Optico	I1.0	Sensor de luz para selección final de sustancias
10	Detener	I1.1	Paro de Emergencia del Proyecto
11	Sel_Auto	I1.2	Selector Manual Automático - Automatico
12	Res_Relé	Q1.2	Relé de comando de la Resistencia
13	Val2_Relé	Q1.3	Relé de comando de la Válvula2
14	Val3_Relé	Q1.4	Relé de comando de la Válvula3
15	Val1_Relé	Q1.5	Relé de comando de la Válvula1
16	Bomba_Relé	Q1.6	Relé de comando de la Bomba
17	Motor_Luz	Q1.7	Indicador de Encendido del Motor
18	Motor_Auto	V1.0	Activación Automática del Motor a través del SCADA
19	Motor_Dir	V1.1	Control del Sentido de giro del Motor a través del SCADA
20	Inicio_Auto	V11.0	Bit de inicio del proceso en modo automatico
21	Metoxido_Auto	V11.1	Bit indicador de preseencia de metoxido
22	Motor_Vel	VB0	Control de velocidad del Motor a través del SCADA
23	Temp_Set	VB8	Temperatura de calentamiento a traves del SCADA
24	Temp_Histeresis	VB20	Histeresis de Temperatura para control
25	RPM_Motor	VD4	Velocidad del Motor en RPM
26	Temp_RPM	VD50	variable general de calculo para rpm
27	RPM_int	VD54	resultado de rpm
28	Temperatura	VW2	Temperatura medida en el reactor
29	Tiempo_Mix	VW9	Tiempo de mezclado y regulacion de Temperatura a traves del SCADA
30	temporal1	VW12	uso general
31	temporal2	VW14	uso general
32	H1	VW21	
33	H2	VW23	
34	SPW	VW25	

Figura 2.24: Tabla de Símbolos del Proyecto extraída del programa Microwin

Fuente: Autores

El envío de datos desde el Scada hacia el variador básicamente se realiza a través del servidor OPC y PLC puesto que las salidas físicas del PLC se encuentran conectadas a la tarjeta de control de velocidad, se pueden enviar diferentes valores de frecuencia y realizar inversión de giro.

2.9 Formulación de Insumos para la elaboración de biodiesel

Para la producción de Biodiesel se debe contar con los tres componentes importantes: el aceite nuevo o casero, el hidróxido de potasio y el metanol. Para la mezcla de estos tres productos se debe haber realizado un cálculo previo de las medidas de los mismos ya que cada componente tiene un porcentaje dentro de la mezcla, como lo indica la siguiente tabla.

Materia Prima	Porcentaje
Uso de aceite	80%
Metanol	19%
Potasa	1%
TOTAL DE MEZCLA	100%

Tabla N°3: Porcentajes Materia Prima

Fuente: Autores

Para nuestro proceso utilizaremos 4 Galones de aceite casero, partiendo de ese dato haremos los cálculos para saber la cantidad que utilizaremos de metanol y potasa. Como dato importante se necesita saber la densidad del aceite y metanol.

Producto	Densidad g/cc
Aceite	0,91
Metanol	0,79

Tabla N°4: Densidad del Aceite y Metanol

Fuente: Autores

Capítulo III

A continuación se describirán la instalación y el montaje de los componentes eléctricos electrónicos y neumáticos que intervienen en el funcionamiento del proyecto, previo a éste proceso la Estructura Base, Tanque Reactor, Tanque Decantador y Condensador deben estar finalizados acorde a las instrucciones detalladas en el Capítulo II.

3. Instalación y Montaje

3.1 Montaje de la Resistencia Calentadora

Posterior al ensamble del Tanque Reactor sobre la estructura base, se procede a la instalación de una resistencia calentadora de 1700 W a 110 VAC, adicionalmente se debe colocar empaques entre los tornillos de seguridad que se encuentra a los extremos de la resistencia para evitar la filtración de líquidos. Ver Figura 3.1.



Figura 3.1: Instalación de Resistencia Calentadora y Empaque al interior del Tanque Reactor

Fuente: Autores

3.2 Montaje de Electroválvulas y Válvulas Neumáticas.

Para el paso de líquidos de Tanque Reactor al Tanque Decantador y para la obtención del producto final utilizamos tres válvulas neumáticas 5/2 que opera a 110VAC tipo bola, las cuales están ubicadas de la siguiente manera:

- **Válvula Neumática # 1:**

Esta válvula se encuentra ubicada en un codo de tubería PVC de ½ pulgada que sirve de unión entre la salida del líquido del Tanque Reactor y la entrada de estos al Tanque Decantador. Ver Figura 3.3.

- **Válvula Neumática # 2 y 3:**

Se encuentran ubicadas a la salida de la mirilla del sensor de color, las mismas que permitirán la obtención del producto final (Biodiésel y Glicerina). Ver Figura 3.2.

Como se muestra en las Figuras 3.2 y 3.3, la instalación de las electroválvulas 1, 2 y 3 fue realizada en la pared de la estructura base y cerca de las válvulas neumáticas con el fin de facilitar las conexiones de líneas de aire que permiten el accionamiento de las mismas.

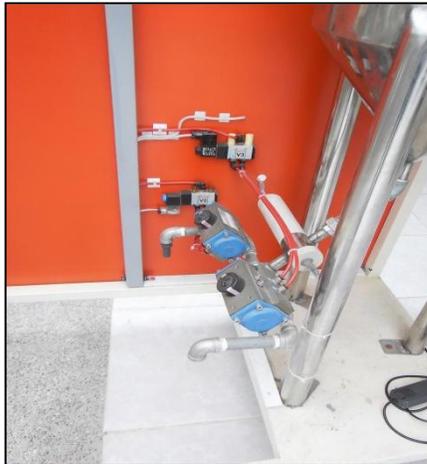


Figura 3.2: Instalación de la Electroválvula 2 y 3
Fuente: Autores



Figura 3.3: Instalación de la Electroválvula 1
Fuente: Autores



Figura 3.4: Instalación de Válvula 1
Fuente: Autores

3.3 Montaje Mirilla de Nivel

Se instaló una mirilla para el Tanque Reactor, compuesta por acoples de tubería PVC de 1/2", un tubo de vidrio 1/4" con una longitud de 30 cm. Ésta mirilla sirve para ver el nivel del líquido que se ingresa en el taque. Ver Figura 3.5.



Figura 3.5: Mirilla de Nivel
Fuente: Autores

3.4 Montaje Mezclador

Para el montaje del Mezclador se utilizó un Motor trifásico de 0.5 HP a 220 VAC, a éste motor se le acopló un base de hierro en “L”, direccionando el eje del motor al orificio que se encuentra en la tapa del Tanque Reactor, por éste orificio saldrá un extremo del agitador que se acoplará junto con el eje de Motor. Ver Figura 3.6.



Figura 3.6: Motor - Mezclador

Fuente: Autores

Junto al mezclador se acopló un sensor inductivo que servirá para la lectura de las RPM (revoluciones por minuto), éste sensor se lo instaló sobre la tapa del reactor de tal modo que detecte un tornillo metálico que se encuentra en la unión del eje de motor y el agitador. Ver Figura 3.7.



Figura 3.7: Montaje del Sensor Inductivo para la lectura RPM

Fuente: Autores

3.5 Montaje Condensador y Reservorio de Agua

El condensador se une con la tapa del Tanque Reactor, éste condensador requiere el paso de agua fría por el serpentín que está en su interior, para esto construimos un reservorio para agua, ver figura 3.8. En su interior se instaló una bomba para pecera, ver Figura 3.9, con alcance de hasta tres metros de altura que opera a 110 VAC con la finalidad de que bombee el agua que se encuentra dentro hacia la entrada del condensador, a su vez una salida del condensador regresa al reservorio, así obtendremos una retroalimentación del agua.



Figura 3.8: Deposito de Agua y Condensador
Fuente: Autores



Figura 3.9: Bomba de Agua
Fuente: Autores

3.6 Montaje del Sensor y Transmisor de Temperatura

Para un lectura apropiada y eficaz el sensor de temperatura RTD se lo instaló dentro de Tanque Reactor, así el sensor tendrá un contacto directo con el líquido a calentar. El transmisor de temperatura se lo ubicó lo más cerca posible del sensor, se hace esto para evitar las pérdidas de señal que se pueden generar por la distancia y ruido externo. Al transmisor de temperatura se lo aisló con una tapa de mica para evitar cualquier contacto físico que se genere externamente. Ver Figura 3.10.



Figura 3.10: Sensor RTD y Transmisor de Temperatura

Fuente: Autores

3.7 Mirilla para el Sensor de Color

Para el sensor y monitoreo de Color se diseñó una pieza con el cual se podrá ver en el interior el líquido que pasa por ese tramo, para esto se utilizó tapas circulares de mica con un espesor de 5mm asegurados por cuatro tornillos en cada extremo. Para evitar la

filtración de líquido se unto en contorno interno de las tapas circulares de mica una pasta selladora para tubería. Ver figura 3.11.



Figura 3.11: Mirilla del Tanque Decantador
Fuente: Autores

Como se muestra en la figura 3.13 la mirilla fue encapsulada para una mejor lectura del color del líquido y dentro de ésta se incorporaron focos de 24 VDC con el objetivo de dar más luz en su interior y a su vez direccionarla en un solo punto, para una buena lectura del sensor fotoresistivo.



Figura 3.12: Mirilla Encapsulada Vista Superior
Fuente: Autores

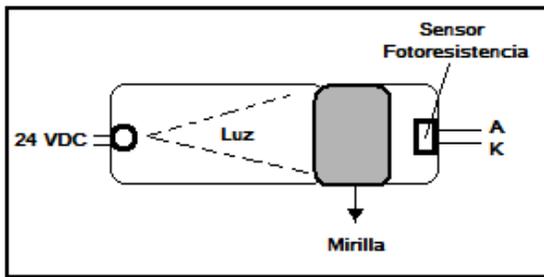


Figura 3.13: Esquema de Mirilla
Fuente: Autores



Figura 3.14: Mirilla T. Decantador Vista Inferior
Fuente: Autores

3.8 Panel Principal

Previa a la instalación del panel principal, se realizó un diseño de la distribución de los equipos que intervienen en el control eléctrico del proyecto considerando el tamaño y el espacio físico que requiere cada uno dentro del panel. Ver Figura 3.15.

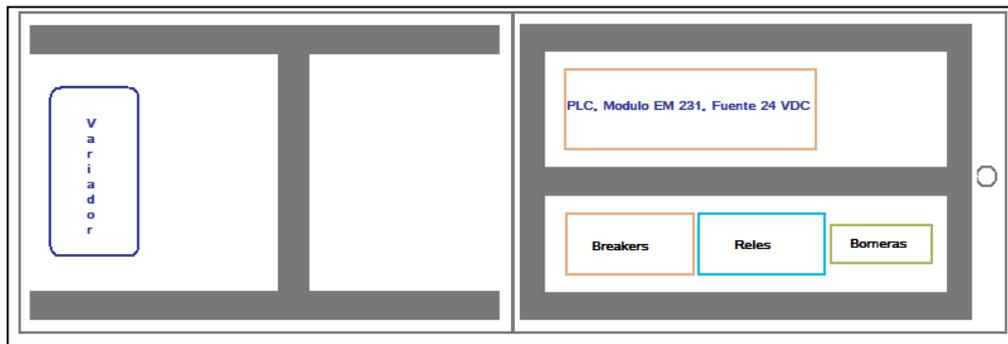


Figura 3.15: Diseño de distribución de equipos
Fuente: Autores

Los materiales utilizados para instalar el panel principal sobre la maqueta y canalizarla para el cableado fueron:

- Un panel metálico de una puerta de 400x600x200 mm.
- 4 pernos hexagonales de acero $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$ con su respectiva tuerca.
- 3 metros de canaleta ranurada 25x30 mm
- 5 Prensoestopas de \varnothing 5-8 mm
- 2 metros Rieles

Capítulo IV

Éste capítulo ofrece una guía básica para el operador que maneje éste Sistema de Control. El interesado o la interesada podrán acceder a la programación del software para el proceso, cuya estructura está confeccionada a manera de manual de usuario. Adicionalmente se explicará el funcionamiento de cada una de las pantallas de operación del Scada.

4. Manejo del Sistema Control Scada

4.1 Consideraciones Iniciales

Para dar comienzo a la verificación correcta de la conexión de los dispositivos a utilizarse sean estos eléctricos o neumáticos.

Pasos previos:

4.1.1 Revisión de Instalación neumática

- a) Verificar que la presión del compresor sea adecuada para el accionamiento de las electroválvulas.
- b) Observar que todas las válvulas estén en inicialmente cerradas.
- c) Dar paso de aire a través de la válvula de alimentación de aire e inspeccionar la existencia de fugas.
- d) No olvidar tener activo el encendido automático del compresor cuando haya una baja presión, esto evitará problemas durante el proceso.

4.1.2 Inspección de Conexiones eléctricas

- a) Antes de encender el tablero, verificar que los breakers de protección se encuentren desactivados.
- b) Conectar el cable de alimentación principal a una toma de 220 VAC (medir previamente que el nivel de voltaje verificando que sea el correcto).
- c) Posicionar los selectores de cada actuador y de encendido en la posición “OFF” para asegurarse que no hayan activaciones sorpresivas o bruscas. El selector de “Manual-Automático” debe estar en la posición central.
- d) A través de los breakers principales alimentar el tablero.
- e) Encender el tablero a través del selector principal (posicionarlo en modo “ON”)
- f) Observar que el estado operativo del PLC se encuentre en modo “Run” y que el indicador de encendido de la fuente de voltaje se encuentre activo.
- g) Tener muy en cuenta el encendido del display del variador de velocidad.
- h) Chequear que la luz interna de la mirilla donde se encuentra ubicado el sensor de color esté activa.

4.1.3 Chequeo de válvulas manuales de paso

- a) Las válvulas ubicadas en la sección superior tanto del Tanque de reactor, decantador y del condensador deben de tener una abertura adecuada para no provocar contrapresión en su interior.
- b) La válvula de purga ubicada en la parte inferior del Tanque Reactor debe estar cerrada en su totalidad para evitar derrames de la materia prima.
- c) La válvula de paso para la mirilla ubicada en la parte inferior del Tanque Reactor debe estar abierta en su totalidad para poder observar el nivel de las sustancias ingresadas.

- d) Inicialmente la válvula de paso que se encuentra en la parte inferior del condensador debe estar cerrada hasta que se desee recolectar el metanol recuperado.
- e) Verificar que en el reservorio esté lleno de agua para la previa recirculación en el condensador y evitar que la bomba no trabaje a vacío por esto ocasionaría daños a futuro en la misma.

4.2 Operación Manual de Actuadores

Esta operación activa y desactiva los diferentes actuadores que intervienen en el sistema tales como: electroválvulas neumáticas, resistencia, motor trifásico y bomba de refrigeración.

A continuación se detalla los pasos mínimos a seguir para éste modo de trabajo:

- a) Verificar que el pulsador para paro de emergencia “STOP” no esté presionado.
- b) Verificar que la posición del selector de operación se encuentre en “Manual”.
- c) Para el encendido y apagado de cada actuador basta con cambiar la posición de su selector (cambiar de “OFF a ON” o viceversa).
- d) Como caso particular el motor para la operación manual se encuentra con una velocidad fija, en caso de necesitar una velocidad diferente se tendrá que acceder a los parámetros internos del variador de frecuencia como se muestra a continuación: Fijar los siguientes parámetros mostrados en la tabla N°5 adjunta.

Parámetro	Valor
P0003	1
P0010	1
P0700	1
P1000	1
P0010	0

Tabla N°5: Parámetros de Variador para Operación Manual

Fuente: Autores

- e) Manipular la velocidad deseada a través del panel de operador básico (BOP) que se encuentra en el tablero principal.

Nota: Para regresar a la configuración anterior verifique las instrucciones en modo automático.

4.3 Operación Automática del Sistema

En ésta operación se puede activar y desactivar los diferentes actuadores que intervienen en el sistema tales como: electroválvulas neumáticas, resistencia, motor trifásico y bomba de refrigeración a través del sistema SCADA. A continuación se detalla los pasos mínimos a seguir para éste modo de trabajo:

- I. Verificar que el pulsador para paro de emergencia “STOP” no esté presionado.
- II. Verificar que la posición del selector de operación se encuentre en “Automático”.
- III. Verificar la correcta programación de los parámetros del variador como se muestra en la tabla N°6 a continuación.

Parámetro	Valor
P0003	3
P0010	1
P0700	2
P1000	2
P0701	1
P0702	12
P0010	0

Tabla N°6: Parámetros de Variador para Operación Automático

Fuente: Autores

- I. Conectar el cable de comunicación USB-PPI al computador del control.
- II. En el computador ejecutar el programa Scada “Biodiésel.VI”
- III. La puesta en marcha del sistema automático se basa en la operación del sistema Scada.

4.4 Descripción del Sistema Scada

En ésta sección dentro del sistema Scada tenemos la pantalla principal donde encontraremos un dibujo esquemático del proyecto, botones de mando, cuadro de ingresos de parámetros y cuadro de alarmas, las cuales se describen a continuación:

4.4.1 Botones de Control

Con los botones de control descritos a continuación podemos ejecutar, detener y validar acciones dentro del proceso. (Figura 4.1):



Figura 4.1: Botones de Control Scada

Fuente: Autores

4.4.1.1 Botón de Salir: Se utiliza para salir del programa “Biodiesel.VI”.

4.4.1.2 Botón Iniciar: Con éste botón se da inicio al proceso.

4.4.1.3 Botón Detener: Al presionarlo se detiene el proceso de manera forzada y en cualquier etapa.

4.4.1.4 Botón “Metóxido Listo”: Validar el ingreso del metóxido dentro del tanque reactor.

4.4.1.5 Botón “Aceite Listo”: Valida el ingreso del aceite dentro del tanque reactor.

4.4.2 Pantalla de Ingreso de Parámetros

En ésta sección se procede a ingresar los parámetros principales para el buen funcionamiento del proceso. Ésta pantalla se divide en cinco secciones en la cual se describa a continuación:

4.4.2.1 “Sistema”: Indica si el modo de operación está en “Automático – Manual”; si el sistema está encendido o apagado o, si se ha accionado el paro de emergencia. Adicionalmente nos permite visualizar el avance del proceso y el tiempo de ejecución del mismo. (Figura 4.2.)



Figura 4.2: Pantalla Opción “Sistema” del control SCADA
Fuente: Autores

4.4.2.2 “Configuración”: en ésta sección se ingresan los parámetros principales del proyecto como el set point de la temperatura, histéresis de la temperatura, sentido de giro y velocidad del variador. (Figura 4.3)

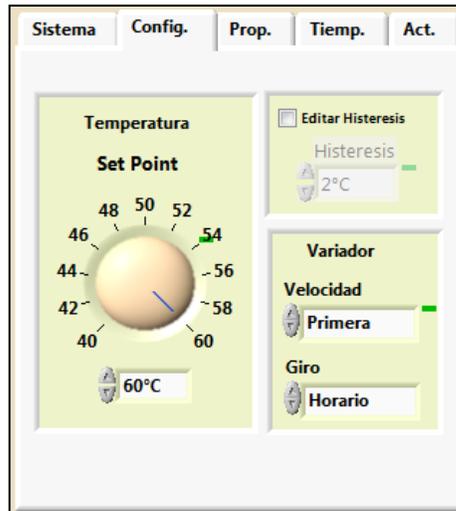


Figura 4.3: Pantalla Opción “Config.” del control SCADA
Fuente: Autores

4.4.2.3 “Proporción de Insumos”: Tiene la funcionalidad de poder hacer los cálculos de las proporciones adecuadas de los insumos. (Figura 4.4)

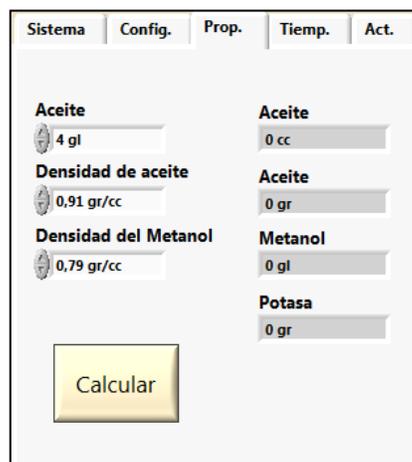


Figura 4.4: Pantalla Opcion “Prop.” del control SCADA
Fuente: Autores

4.4.2.4 “Tiempo”: Se encargará de ingresar los tiempos correspondientes del proceso como el tiempo de mezclado y decantación. Adicionalmente se puede agregar un tiempo al ya escogido, se aplicó ésta condición por flexibilidad al operador. (Figura 4.5)

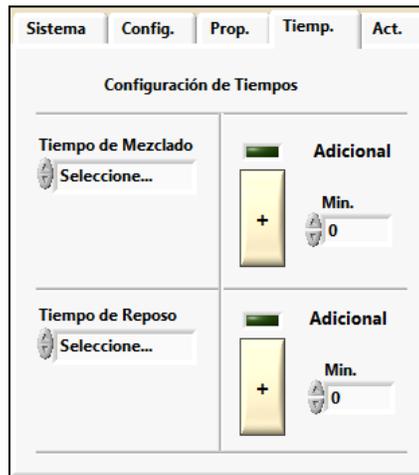


Figura 4.5: Pantalla Opcion “Tiemp.” del control SCADA

Fuente: Autores

4.4.2.5 “Activación individual de Actuadores”: Podremos activar y desactivar los actuadores principales como válvulas, motor, bomba y resistencia. (Figura 4.6).

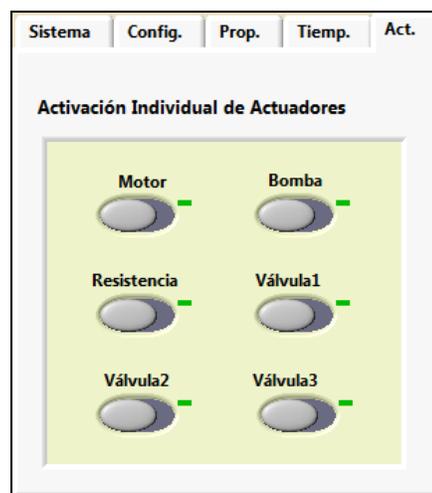


Figura 4.6: Pantalla Opcion “Act.” del control SCADA

Fuente: Autores

4.4.3 Pantalla de Alarmas

Ésta pantalla permite observar o monitorear las diferentes alarmas o advertencias que se genere antes y durante del proceso. Los eventos o alarmas que se generan en ésta pantalla son las siguientes:

- Configure el Tiempo de Mezclado
- Configure el Tiempo de Reposo
- Ingrese el Aceite
- Pestaña de Sistema “no activa”
- Pantalla de Advertencia “¿Desea poner en marcha el proceso con los parámetros que están configurados actualmente?”
- Ingrese el Metóxido

4.5 Operación del Sistema Scada

Para poder arrancar el proceso se deberá seguir los siguientes pasos que se mencionan a continuación:

- a) Antes de arrancar el proceso se debió tomar en cuenta las consideraciones iniciales descritas anteriormente y haber escogido el tipo de operación (automático).
- b) Ir la pestaña “Tiemp” e ingresar los parámetros de:
 - Tiempo de Mezclado
 - Tiempo de Decantación
 - Si es que el operador ya dio arranque al proceso y el mismo considera que se necesita más tiempo de mezclado o de decantación, puede adicionar hasta 30 minutos más del tiempo escogido, esto se lo puede agregar

antes de dar inicio al proceso y durante el tiempo escogido de Mezclado y de Decantación.

- c) Ir la pestaña “Config.” e ingresar los parámetros de:
 - Definir la velocidad del motor con el cual va a trabajar durante el proceso.
 - Por default la velocidad del variador está en “Primera”, si el operador desea tienes la opción de cambiar hasta la “Octava” velocidad.
 - También el operador puede cambiar el sentido de giro del motor.
- d) Ingresar el aceite en el tanque reactor y a su vez validar el botón “Aceite Listo”.
- e) Ir a la pestaña “Sistema”, verificar si no tenemos alarmas o eventos pendientes.
- f) Si no hay eventos en el cuadro de alarmas el sistema está listo para dar “Inicio” al proceso.
- g) Al dar inicio el Scada no preguntará, “¿Desea poner en marcha el proceso con los parámetros que están configurado actualmente?”, si está de acuerdo damos “Aceptar” por lo contrario “Cancelar”.
- h) Validar “Metóxido Listo” cuando el sistema lo requiera (monitorear cuadro de alarmas).
- i) El operador puede “Detener” el proceso en cualquier etapa y tiempo del mismo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

Haciendo éste tema de tesis aprendimos mucho sobre el biocombustible, así como también sistemas de control, sistemas neumáticos y programación. Es por ello que podemos concluir que:

- La adquisición de variables de instrumentación consta de varios factores muy importantes como se pudo apreciar en el diseño de la tarjeta del sensor de color, pues para ésta se necesitó observar su comportamiento y luego aproximar a través de cálculo.
- En función de los resultados obtenidos del algoritmo de control implementado en el PLC se concluye que el algoritmo es el adecuado y práctico para las aplicaciones en que los tiempos de repuestas no son críticos y se puede tener una tolerancia en la precisión de la variable controlada.
- Al tener un sistema de control, se mejora la calidad del proceso.
- El control a través de PLC es una forma clara y sencilla de automatizar procesos como se ha demostrado a través de ésta tesis.
- El uso de Labview para la implementación de HMI frente a la alternativa natural que hubiera sido utilizar un paquete SCADA como InTouch, es muy viable para éste tipo de aplicaciones donde se requiere monitoreo, visualización y control de un proceso en particular, considerando que los costos de licencia de paquetes SCADA son muy elevados en comparación con el Labview
- Los sistemas neumáticos son muy útiles al momento de realizar fuerza ya que su principal energía es el aire lo que lo convierte en un excelente sistema por su bajo costo.
- Uno de los mejores manejos de la velocidad de un motor se la realiza modificando la frecuencia, ya que no altera el voltaje ni la corriente.

- El control de un variador de velocidad tiene diversas formas de realizarse, una de ellas es la que se muestra en la tarjeta de interfaz de PLC-VARIADOR, donde se aplica control analógico para lograr el objetivo propuesto.
- La glicerina obtenida se la puede tratar para darle otro uso y así no desperdiciar producto alguno.

RECOMENDACIONES:

Al realizar esta tesis podemos recomendar lo siguiente:

- Es muy importante la ubicación de los cables ya que pueden provocar ruido en las líneas de alimentación.
- Se recomienda que el uso de la PC o Laptop donde se encuentre el HMI, sea exclusivo del Sistema, ya que al utilizar otras aplicaciones pueden interferir en la comunicación del sistema y se requerirá reiniciar la PC para que el puerto de comunicación serial quede libre para el uso de del HMI.
- Para la conexión de los cables de los sensores en especial del transmisor de temperatura, utilizar cable apantallado esto evitará que el ruido generado por alguna línea de fuerza provoque alteración en su función.
- Es importante tener una fuente fiable con voltaje constante ya que las fuertes variaciones de voltajes pueden perjudicar los equipos.
- Es muy importante que los aceites sean puros para así mejorar la calidad del biodiesel, en caso de utilizar aceite reciclado se deberá hacer el respectivo filtrado de las impurezas.
- Se ha programado la parte de mantenimiento correctivo de las partes del sistema con la finalidad de verificar el buen funcionamiento del mismo, es por ello que se recomienda hacerlo antes de cada proceso para así no tener inconvenientes.
- Tener cuidado al abrir la tapa del tanque reactor ya que lleva un agitador que podría provocar daños severos si se activa mientras se da mantenimiento, es por

ello que el mantenimiento debería hacerse con los breakers apagados y desconectando el sistema de la alimentación y de la computadora.