

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Título del trabajo

**MONITOREO Y CONTROL DE NIVEL DE COMBUSTIBLE EN
GENERADORES DE 400 HZ**

Previo la obtención del Título de:

Magister en Automatización y Control Industrial

Presentado por:

Erwin Francisco Bustamante Araujo.

Erick Isaac Zambrano Zurita.

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

Dedicamos este logro a nuestros padres, porque han sido ejemplo de lucha y esfuerzo. Han sido un pilar fundamental en cada una de nuestras vidas, por el apoyo desinteresado, por ver culminada una etapa más de nuestras vidas académicas, ellos siempre nos motivan a esforzarnos y superarnos.

Dedicamos este logro también a todas aquellas personas quienes confiaron en nosotros y nos apoyaron especialmente en esos momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos siempre a Dios quien nos da la salud y la sabiduría para seguir adelante.

Agradecemos a nuestros padres y familiares por apoyarnos en todo momento.

Agradecemos a cada uno de nuestros docentes y formadores que con su experiencia y conocimiento nos van moldeando para ser profesionales de excelencia.

Agradecemos también a todas aquellas personas que nos apoyaron en el desarrollo de nuestro proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros Ing. Zambrano Zurita Erick Isaac e Ing. Bustamante Araujo Erwin Francisco acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, _____24 de febrero____ del 2025.

Ing. Erwin Bustamante A.

Autor 1

Ing. Erick Zambrano Z.

Autor 2

EVALUADORES

.....
Ing. Douglas Plaza. PhD

PROFESOR TUTOR

.....
Ing. Efrén Herrera. PhD

PROFESOR EVALUADOR

RESUMEN

La continua generación de aplicaciones de monitoreo y control, han permitido a usuarios crear y mantener aplicaciones estándar en todos los puntos de la industria, incrementando los tiempos de productividad y rendimiento de una empresa. Por eso este proyecto integrador se orienta en un sistema de monitoreo y supervisión, que ha permitido controlar el combustible, logrando mayores beneficios para la industria. El presente formato de investigación desarrollado en la base Taura del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, está fundamentada en una investigación de campo, la cual sirvió como base para el desarrollo, diseño, implementación y redacción de este trabajo. Para lo cual los primeros capítulos desarrollados, hacen referencia a la descripción y análisis general del problema, buscando así una alternativa de solución a través de la propuesta. Mas adelante encontraran diagramas, datos técnicos e ilustraciones de los equipos y materiales necesarios para alcanzar los objetivos planteados. También ha sido desarrollada la programación y la aplicación HMI diseñada en el software SIMATIC-HMI, el mismo que ofrece una facilidad de uso en la creación, configuración de gráficos, depuración y puesta en marcha de la aplicación, para capturar información en tiempo real. En este proyecto se simula la automatización de un generador de 400 Hz para controlar y monitorear el nivel de combustible para alimentar un carro de guerra. Actualmente se inyecta un voltaje DC a la **excitatriz** de manera manual o mecánica, pero se busca que la transferencia sea automática usando un PLC SIEMENS S71200 y un sistema scada.

ABSTRACT

The continuous generation of monitoring and control applications has allowed users to create and maintain standard applications at all points of the industry, increasing the productivity and performance times of a company. That is why this integrative project is focused on a monitoring and supervision system, which has allowed fuel to be controlled, achieving greater benefits for the industry. The present research format developed at the Taura base of the Joint Command of the Armed Forces, is based on field research, which served as the basis for the development, design, implementation and writing of this work. For which the first chapters developed refer to the general description and analysis of the problem, thus seeking an alternative solution through the proposal. Later you will find diagrams, technical data and illustrations of the equipment and materials necessary to achieve the stated objectives. The programming and the HMI application designed in the SIMATIC-HMI software have also been developed, which offers ease of use in the creation, configuration of graphics, debugging and commissioning of the application, to capture information in real time. In this project, a 400 Hz generator is automated to control and monitor the fuel level to power a war tank. Currently, a DC voltage is injected into the exciter manually or mechanically, but the transfer is intended to be automatic using a SIEMENS S71200 PLC and a scada system.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE PLANOS	XII
CAPÍTULO 1	13
1.1 Introducción	13
1.2 Descripción del problema	13
1.3 Justificación del problema.....	14
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 Objetivo general	15
1.4.2 Objetivos específicos	15
1.5 Marco teórico	15
1.5.1 Generador.....	16
1.5.2 Válvulas en el sistema de diésel	20
1.5.3 Válvula de compuerta.....	20
1.5.4 Válvula de mariposa.....	21
1.5.5 Principales componentes del generador (lado izquierdo).....	21
1.5.6 Reguladores de voltaje y excitatrices	23
1.5.7 Interruptor de diagnóstico regulado.....	24
1.5.8 Placa de circuito impreso del regulador de voltaje.....	24

1.5.9	¿Por qué es necesario que un carro de combate tenga un generador?	25
1.5.10	Importancia del monitoreo de combustible	26
2.	CAPÍTULO 2.....	28
2.1	Metodología.....	28
2.2	Revisión de la literatura.....	31
2.3	Análisis de requerimientos.....	32
2.4	Diseño del sistema.....	32
2.5	Metodología de simulación en LABVIEW.....	33
2.5.1	Rutina grupo gen.....	34
2.5.2	Rutina grupo gen1 gen2.....	37
2.5.3	Rutina info gen	40
2.5.4	Rutina interfaz labview plc.....	42
2.5.5	Subrutinas y auxiliares	48
2.6	Metodología de simulación en Tia Portal:.....	58
2.6.1	Rutina principal.....	60
2.6.2	Rutina de descarga de fluidos.....	62
2.6.3	Rutina para la activación de los solenoides	65
2.6.4	Rutina para el escalamiento de la señal analógica	70
3.	CAPÍTULO 3.....	72
3.1	Resultados.....	72
3.1.1	Control del generador.....	74
3.1.2	Detección y control automático de nivel de fluidos.....	77
3.1.3	Monitoreo del consumo de combustible	80
3.1.4	Adaptación de la purga de fluidos para su mantenimiento mensual.	83
3.1.5	Crear una interfaz de prueba.	84
3.2	Diseño e implementación.....	91

.....	95
4. CAPÍTULO 4.....	99
4.1 Conclusiones	99
4.2 Recomendaciones	100
5. Bibliografia.....	101
APÉNDICES	102
5.1 Apéndice A	102
5.1.1 Transmisor de nivel tipo radar accu-wave.....	102
5.1.2 Antena tipo copa del sensor.....	103
5.1.3 Transmisor sensor.....	104
ANEXOS.....	106

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral.

HMI Human Machine Interface.

DC Corriente Directa.

AC Corriente Alterna.

PLC Programmable Logic Controller.

SCADA Supervisory Control and Data Acquisition (Control de Supervisión y Adquisición de Datos).

CPU Unidad Central de Procesos.

USB Universal Serial Bus.

FMCW Onda Continua de Frecuencia Modulada.

DSP Procesamiento de señal digital.

TK1 Tanque 1

TK2 Tanque 2

SIMBOLOGÍA

V	Voltios.
Hz	Hertz.
GHz	Giga Hertz.
mA	Mili Amperios.
mV	Mili Voltios.
°C	Grados Centígrados.
s	Segundos.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Generador Trifásico, 120 kVA, 115/200 Voltios, 400 Hz. (Group, 2004) ...	18
Figura 1.2 Principales componentes del generador (lado izquierdo)	19
Figura 1.3 Válvula de compuerta.	20
Figura 1.4 Válvula mariposa	21
Figura 1.5 Regulador de voltaje.	23
Figura 1.6 Carro de combate de defensa antiaérea tipo 9M33 OSA-AKM	27
Figura 2.1 Selección de generador principal y auxiliar.....	35
Figura 2.2 Llamado a rutina de ejecución y Activación	36
Figura 2.3 Pantalla de interfaz con controlador PLC.....	38
Figura 2.4. Fail gen enable:	39
Figura 2.5 Pantalla de Información	41
Figura 2.6 B_DATOS: Reportes grabados /abrir.....	42
Figura 2.7 Rutina Interfaz Labview PLC.	43
Figura 2.8 Herramienta de diagnóstico.	44
Figura 2.9 Monitoreo de forma manual.	45
Figura 2.10 TEST: Llamado de rutina de prueba de interfaz PLC – LabVIEW	46
Figura 2.11 Diseño gráfico en LabVIEW representando los tanques de combustible y aceite.	47
Figura 2.12. PRINT SCREEN: Pantalla de presentación de Mensajes informativos.	48
Figura 2.13. Aleatorio 1_5: Subrutina de selección de valores aleatorios (voltaje) para test	49
Figura 2.14 Busca Report:	50
Figura 2.15 Datos Generadores:.....	51

Figura 2.16. Grava Reporte.....	52
Figura 2.17 Counter:	53
Figura 2.18 Reporte.....	54
Figura 2.19 G_info_GEN.....	55
Figura 2.20 Mapa de las rutinas y subrutinas de LabVIEW.....	57
Figura 2.21 Sistema de control/ Interfaz HDMI.....	59
Figura 2.22 Rutina principal del PLC.....	61
Figura 2.23 Descarga manual en rutina principal.....	63
Figura 2.24 Bloque de función de descarga	64
Figura 2.25 Activación de solenoide de combustible.....	66
Figura 2.26 Activación de solenoide de aceite.....	67
Figura 2.27 Activación de solenoide de agua.....	68
Figura 2.28 Activación del bloque de función.	69
Figura 2.29 Bloque de funciones NORM y SCALE.....	71
Figura 3.1 Simulación del Generador de 400 Hz a diésel.....	73
Figura 3.2 Simulación de falla para desactivación de generador auxiliar.	75
Figura 3.3 Simulación de falla para activación de generador auxiliar.	76
Figura 3.4 Funcionamiento del sistema de control y llenado.	77
Figura 3.5 Funcionamiento del sistema de control modo automático “apagado de solenoides por sensor”.....	78
Figura 3.6 Funcionamiento del sistema de control modo automático “encendido de solenoides por sensor”.....	79
Figura 3.7 Reportes generados y selección de generadores activos.....	81
Figura 3.8 Grafico de consumo de combustible vs tiempo.	82
Figura 3.9 Solenoides apagados en sistema de control.	83
Figura 3.10 Solenoides activados.....	85

Figura 3.11 Indicadores de estado de las entradas y salidas del PLC.....	86
Figura 3.12 Pantalla para apagado de envío de datos.	87
Figura 3.13 Opción “TEST “para comprobar que los datos están siendo recibidos por el sistema de control.	88
Figura 3.14 Interfaz de diagnóstico, envío de datos “TEST”.....	89
Figura 3.15 Tarjeta de adquisición de datos NI USB_6008.	96
Figura 3.16 Vista frontal del tablero con los elementos de control y mando.	97
Figura 3.17 Vista frontal del tablero, elementos de mando y luces pilotos.	98
Figura 4.1. Sensor de nivel Accu-Wave.....	103
Figura 4.2. Antena tipo copa.....	104
Figura 4.3. Transmisor sensor.	105
Figura 4.4. Sistema de Control y Supervisión.	106
Figura 4.5. Diseño de la Interfaz Hombre Maquina (HMI).....	107
Figura 4.6. Sistema de control realizado en LabVIEW.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Análisis de costos	90
-------------------------------------	----

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 3.1. Diseño de tablero eléctrico. Montaje de disyuntores bipolares y borneras de riel din.....	91
Plano 3.2. Alimentación de Voltímetro, PLC y fuente de voltaje de 24 V DC.....	92
Plano 3.3. Conexión de los dispositivos de entrada al PLC	93
Plano 3.4. Conexión de sensores de nivel al PLC, uso de entradas PEW64 y PEW67.	94
Plano 3.5. Conexión de los dispositivos de salida (luces pilotos, solenoides y relé)..	95

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

En la base Taura del Comando Conjunto de las fuerzas Armadas ya hace algunos años atrás, los generadores de energía de los carros de combate no funcionan de manera automática, los reguladores de voltaje presentan averías, hay que inyectar un voltaje a la excitatriz del motor de forma manual, no existe un control y monitoreo del nivel de combustible que consumen diariamente en los tanques de abastecimiento de los generadores.

La industria militar no ha podido implementar este sistema de monitoreo, debido a que no existía recurso humano específicamente para esta labor, ya que los equipos con el paso del tiempo se han venido deteriorando y por falta de mantenimiento y actualización estaban rezagados, trabajando como podían. Por esta razón la industria militar no ha podido contar con este sistema.

Esta situación afecta al tiempo de su personal, que debe estar pendiente siempre, ya que no hay control en el consumo de diésel, por eso no hay información real del volumen de combustible de los tanques de los generadores de estos carros de combate.

1.2 Descripción del problema

En el comando conjunto de las fuerzas armadas, específicamente en la base Taura, en los generadores de los vehículos de combate se han detectado averías, no funcionan los reguladores de voltaje de los generadores de 400 Hz. Actualmente, se realiza la inyección manual de un voltaje DC directamente a la excitatriz para mantener el funcionamiento. El

problema radica en la necesidad de automatizar este proceso y desarrollar una solución para prevenir futuras averías. Una posible solución es integrar el monitoreo en tiempo real del nivel de combustible como parte de la solución. Esto permite una gestión más eficiente del suministro de energía, asegurando que los generadores tengan siempre suficiente combustible para operar correctamente. Además, al mantener un suministro adecuado de combustible, se reduce la necesidad de recurrir a métodos manuales de inyección de voltaje, lo que podría ayudar a prolongar la vida útil de los reguladores de voltaje y evitar averías futuras.

Para poder ejecutar esta automatización a futuro, se realiza un sistema de simulación que abarca los parámetros necesarios para el control eficiente del combustible.

1.3 Justificación del problema

Es importante realizar este proyecto porque involucra una investigación muy profunda, el proyecto es teórico práctico y necesita ser investigado.

De tal manera que al contar con la simulación un sistema de monitoreo será de mucha utilidad para el comando conjunto de las fuerzas armadas (Base Taura), ya que a través de este sistema se puede llevar los datos e información del campo, lugar físico o ambiente y plasmarlos o representarlos en forma gráfica en el computador.

Este proyecto de simulación es sumamente práctico y puede ser aplicado en diferentes campos y áreas donde se requiera obtener información real del nivel del líquido existente en determinadas fuentes de almacenamiento como son los tanques. Por estas razones es factible realizar este proyecto el cual nos ofrecerá los siguientes beneficios:

Brindar información de lo que sucede afuera físicamente y tener la misma información en una oficina o cuarto de control a través de la pantalla del computador, la cual nos informa lo que está sucediendo en el exterior.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Simular un sistema de monitoreo y control automático de un generador eléctrico de 400 Hz mediante la utilización de tecnologías de automatización Industrial.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento dinámico del generador.
- Desarrollar el sistema de automatización secuencial.
- Implementar el sistema de automatización industrial con tecnología moderna.
- Automatizar el control de las fuentes externas de voltaje directo al simular una disminución de la intensidad del campo
- Realizar el control realizando la simulación de las fallas presentes en los generadores a automatizar
- Generar un informe que describa el consumo de combustible al momento de correr el automatismo

1.5 Marco teórico

Previa la investigación realizada en los archivos del departamento técnico de las fuerzas armadas (base Taura) se puede manifestar que no existe un proyecto de un generador que cumpla con el mismo fin, pero se debe indicar que en nuestro proyecto se utilizaran equipos y elementos para poder simular, es decir hardware y software para poder cumplir con la simulación del mismo.

Este sistema de monitoreo es un equipamiento electrónico de alta tecnología, todos los sistemas dependiendo de la aplicación a controlar, incluyen: motores, switchs, contactos, PLC, relés, sensores de nivel y diferentes elementos y equipos, los cuales son cuidadosamente examinados y vigilados. Durante el proceso de funcionamiento de los generadores a través de un computador que informa al usuario, para obtener una mayor calidad y seguridad del producto final.

Para este proceso la medición del nivel de combustible es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso, como la consideración del balance adecuado de mantener abastecido el generador para que no se apague por falta de combustible.

El nivel es una variable muy importante en los procesos ya que está vinculada a la operación del equipo, al inventario, etc. No existe algo así como un “medidor universal” que sea aplicable a todos o la mayoría de los casos.

1.5.1 Generador.

Los generadores de 400 Hz Trifásicos son preferidos en aplicaciones militares debido a su alta densidad de potencia y eficiencia. Estos generadores permiten alimentar equipos que requieren una rápida respuesta y operación continua, como sistemas de armas y comunicaciones. A medida que la frecuencia de operación aumenta, también lo hace la densidad de potencia, permitiendo el uso de transformadores y motores de menor tamaño y peso. Esta característica es crítica en el ámbito militar, donde la movilidad y la ligereza son esenciales.

A frecuencias más altas, la admitancia tiende a aumentar, lo que significa que los componentes pueden aceptar más corriente, mientras que la impedancia es menor debido a la menor reactancia inductiva, lo que permite un mejor control de

la corriente y una respuesta más rápida en circuitos de alta frecuencia.

Los generadores de 400Hz tienden a generar menos ruido eléctrico en comparación con los de 60 Hz debido a la menor cantidad de armónicos presentes en frecuencias más altas. Sin embargo, pueden ser más susceptibles a interferencias electromagnéticas.

El generador de 400 HZ, el cual es un generador trifásico de corriente alterna, de doble cojinete, sin escobillas y con campo giratorio. El extremo delantero del eje del rotor se extiende hacia adelante más allá del cojinete delantero y está unido al volante del motor mediante un conjunto de acoplamiento flexible. El extremo trasero del eje del rotor del generador de 400 HZ se extiende hacia atrás más allá del cojinete trasero y dentro de la carcasa del estator del excitador. El rotor del excitador está montado en esta extensión del eje con una llave y está asegurado mediante una arandela y un tornillo de cabeza hueca con rosca de $\frac{1}{2}$ ". Un rectificador con seis diodos está montado en el rotor del excitador y convierte la salida de corriente alterna del excitador en corriente continua para la excitación de los campos giratorios del generador. La salida de corriente continua del excitador a los campos del generador, y en consecuencia la salida del generador está controlada por una placa de circuito impreso reguladora de voltaje. Un ventilador centrifugo de aspas radiales, que forma parte del conjunto de acoplamiento flexible, extrae aire de refrigeración por todos los devanados internos. El aire entra por el extremo del excitador y se descarga por el extremo de transmisión. El conjunto completo del generador está atornillado a la carcasa del volante del motor (Group 2004, p.15).

En la figura 1.1 observamos el generador de 400 HZ, el cual es un generador trifásico de corriente alterna, de doble cojinete, sin escobillas y con campo giratorio.



Figura 1.1 Generador Trifásico, 120 kVA, 115/200 Voltios, 400 Hz.
(Group, 2004)

En la figura 1.2 se observa las partes del generador de 400 Hz, el extremo delantero del eje del rotor se extiende hacia adelante más allá del cojinete delantero y está unido al volante del motor mediante un conjunto de acoplamiento flexible.

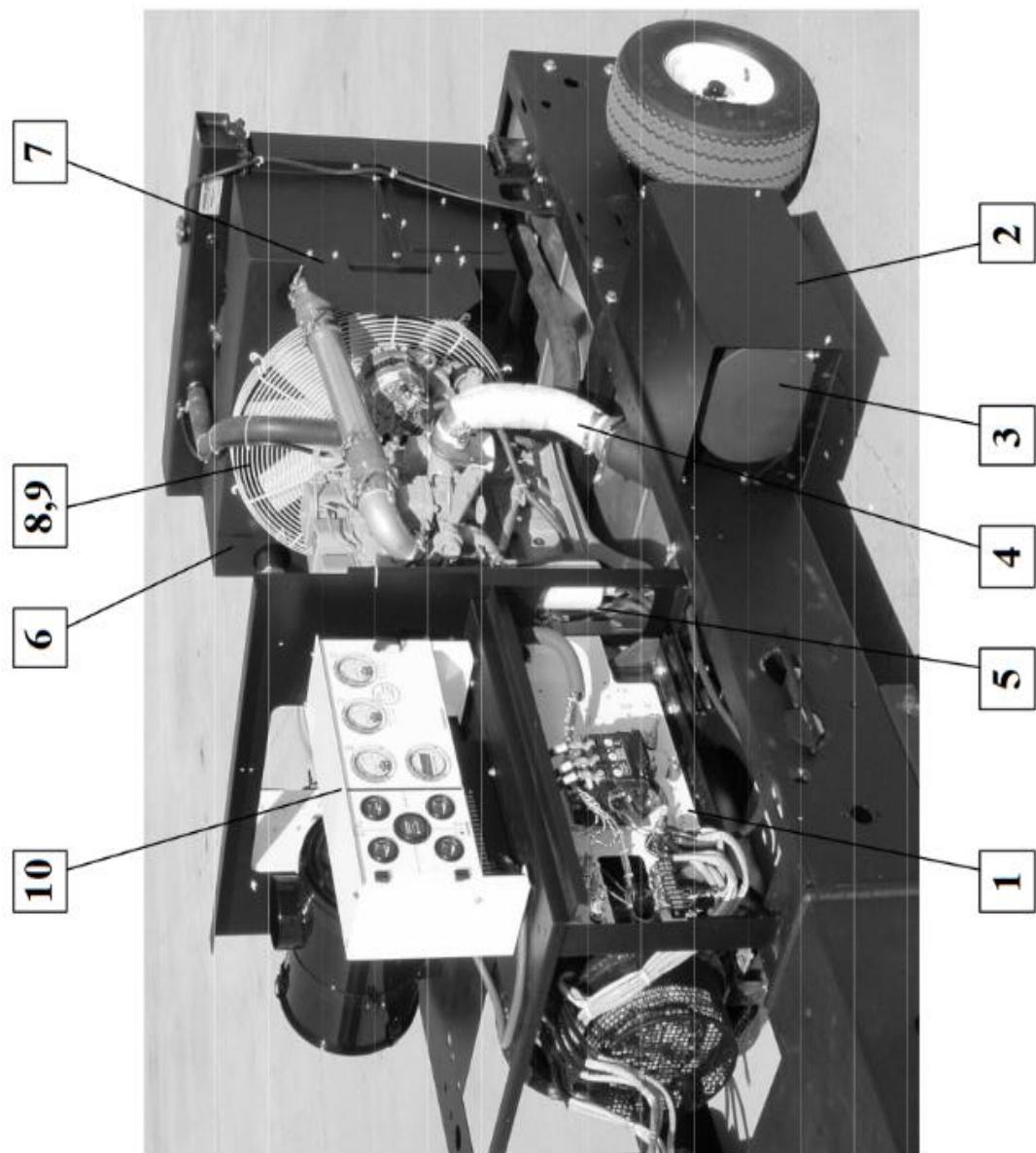


Figura 1.2 Principales componentes del generador
(lado izquierdo)

1.5.2 Válvulas en el sistema de diésel

La válvula es una pieza mecánica usada para modificar el flujo o el fluido que pasa a través de ella, la acción de la válvula es causada por el movimiento de cierre de un elemento (puede ser una bola, puerta, disco, tapón, etc.) el cual está conectado a un cuello localizado fuera de este y a su vez tiene un sistema para cambiar la posición del elemento.

1.5.3 Válvula de compuerta.

En la figura 1.3 se observa una válvula de compuerta, este tipo de válvula posee un cuerpo totalmente encerrado con un disco o puerta de forma rectangular o circular, la cual se mueve perpendicular a la dirección del flujo. Cuando la válvula está abierta del todo, se eleva por completo la compuerta fuera del conducto del flujo, por lo cual el fluido pasa en línea recta por un conducto que suele tener el mismo diámetro de la tubería.

Uso:

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Para uso poco frecuente.
- Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.



Figura 1.3 Válvula de compuerta.

1.5.4 Válvula de mariposa.

En la figura 1.4 se observa la válvula de mariposa de $\frac{1}{4}$ de vuelta, la cual controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación.

Uso:

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Para accionamiento frecuente.
- Cuando solo se permite un mínimo de fluido atrapado en la tubería.



Figura 1.4 Válvula mariposa

1.5.5 Principales componentes del generador (lado izquierdo).

En la figura 1.2 se observa las partes del generador de 400 Hz, estos son sus nombres:

- 1.- Modulo de alimentación de salida dual.
- 2.- Carcasa del silenciador de escape.

- 3.- Silenciador de escape.
- 4.- Tubería de escape.
- 5.- Filtro de combustible con aditivo lubricante.
- 6.- Cubierta superior e inferior del ventilador.
- 7.- Protector del ventilador del alternador.
- 8.- Ventilador de enfriamiento del motor.
- 9.- Guarda del ventilador.
- 10.- Caja de control.

1.5.6 Reguladores de voltaje y excitatrices

En la figura 1.5 se observa un regulador de voltaje, el cual es un dispositivo que mantiene la salida del generador en un nivel constante, independientemente de las variaciones en la carga. En un carro de combate, es fundamental que todos los sistemas eléctricos funcionen de manera eficiente y estable. La falla en los reguladores de voltaje puede comprometer el rendimiento del sistema (Smith & Johnson, 2021).



Figura 1.5 Regulador de voltaje.

La excitación del generador, que suministra energía a los devanados de campo, es crítica para su funcionamiento. La necesidad de una excitación manual de la excitatriz es un indicativo de que el sistema no opera de manera óptima, lo que puede llevar a ineficiencias que afectan directamente la disponibilidad operativa del vehículo.

Un regulador de voltaje ajustable con microprocesador, proporciona regulación automática en el vehículo. El regulador también es ajustable para una variedad de tamaños y longitudes de cables de salida.

1.5.7 Interruptor de diagnóstico regulado.

Está ubicado en el regulador, cuando el interruptor “REGULADO/DIAGNOSTICO” está en la posición “REGULADO” (hacia abajo), la placa de circuito impreso regula el voltaje de salida del generador para una salida de 115/200 V AC a un vehículo. Cuando este interruptor se coloca en la posición “DIAGNOSTICO” (hacia arriba), se aplican 12 V CC al excitador del generador con el motor funcionando a las RPM nominales, para verificar el funcionamiento del generador. Esto se hace para determinar si un mal funcionamiento particular de salida de potencia es causado por un generador defectuoso o por un regulador de voltaje defectuoso. Cuando este interruptor está en la posición de “MANTENIMIENTO”, no se suministra corriente al excitador del generador. En esta condición, se producirá un voltaje no regulado de bajo nivel de aproximadamente 30 V AC en los terminales de salida del generador debido al magnetismo residual del excitador (Group, 2004, p.29).

1.5.8 Placa de circuito impreso del regulador de voltaje.

Esta placa de circuito impreso del regulador de voltaje está diseñada para proporcionar regulación de voltaje para un alternador sin escobillas trifásico, de cuatro cables, de 115/200

voltios y 400 Hz. Este regulador proporciona potencia de excitación de campo según sea necesario para cumplir con las condiciones de cargas variables del alternador para mantener constante el voltaje del alternador. Además, el circuito de la placa de circuito impreso del regulador de voltaje proporciona compensación de caída de línea. Cualquier desviación del voltaje del alternador con respecto a su nivel regulado establecido se detecta en la placa de circuito impreso del regulador de voltaje. La señal de detección se compara con una señal de referencia y, con los circuitos asociados, varía la potencia de campo suministrada al excitador rotatorio. Cuando se arranca la máquina y el motor está a la velocidad nominal, el excitador rotatorio se excita a partir del magnetismo residual del alternador a través del puente rectificador de media onda, ubicado en el conjunto de la placa de circuito impreso del regulador de voltaje, compara el voltaje de entrada con un voltaje de referencia y ajusta la potencia de campo del excitador rotatorio para llevar el voltaje a los límites de regulación, (Group, 2004, p.32).

1.5.9 ¿Por qué es necesario que un carro de combate tenga un generador?

El carro de combate de defensa antiaérea tipo 9M33 OSA-AKM posee tres fuentes de alimentación eléctrica:

Mediante uso del motor del carro, misma que permite usar solo funciones básicas del vehículo de combate, como lo es el encendido del vehículo, mas no de los radares ni de los misiles

Mediante el uso de la turbina, la cual se usa en la parte operativa del vehículo cuando es desplegado a realizar las operaciones de búsqueda, seguimiento y rastreo de cuerpos aéreos, también permite realizar las funciones mecánicas y básicas del vehículo de combate.

Mediante el uso de un generador externo, usado para calibración, mantenimiento y reparación de los distintos sistemas de búsqueda y seguimiento, rastreo y monitoreo y para las funciones básicas del carro como, encendido de luces, aire y claxon.

1.5.10 Importancia del monitoreo de combustible

La importancia de un sistema de monitoreo y control del nivel de combustible en generadores de 400 Hz se hace evidente cuando se considera que los carros de combate dependen de estos generadores para operar todos los sistemas eléctricos y electrónicos. Un desabastecimiento de combustible puede comprometer la operatividad del vehículo, afectando su capacidad de misión. La implementación de un sistema de monitoreo puede mejorar significativamente la fiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico.

El carro de combate de defensa antiaérea tipo 9M33 OSA-AKM posee tres fuentes de alimentación eléctrica:

En la figura 1.6 se observa el carro de combate de defensa antiaérea tipo 9M33 OSA-AKM el cual posee tres fuentes de alimentación eléctrica.



Figura 1.6 Carro de combate de defensa antiaérea tipo 9M33
OSA-AKM

2. CAPÍTULO 2

2.1 Metodología.

Nuestro proyecto tiene un enfoque de investigación cualcuantitativo porque hemos pasado a ser parte del problema y la información proporcionada sirve como referencia para interpretarla con el sustento científico y profesional con el que se pretende resolver el problema. Es cualitativo porque los datos proporcionados se traducen a datos numéricos para la correcta interpretación, de modo que, al no contar con un sistema de monitoreo para ver el nivel de diésel en el tanque del generador de 400 Hz, este sea un problema resuelto.

La investigación que se realizó fue una investigación de campo porque se estudió las causas del problema de forma sistemática en el lugar que se produjo dicho acontecimiento y se analizó detenidamente de modo que los objetivos del proyecto se cumplieron a cabalidad.

Las áreas de estudio proporcionaron las bases teóricas necesarias para diseñar y desarrollar un sistema de control y monitoreo del nivel de combustible para los generadores de 400 Hz.

En los sistemas de Suministro de Energía Eléctrica emplazados en grandes extensiones geográficas la energía generada se transporta a través de varios cientos de kilómetros mediante líneas de corriente alterna de alta tensión. Esto trae como consecuencia, algunas limitaciones de transporte que pueden provocar problemas en la operación y de estabilidad transitoria que, generalmente desencadenan en cortes de energía y ocasionalmente en el colapso del sistema (Rodolfo Roses, 2024, p.1).

En el futuro se sugiere que uno de los requisitos de los generadores es que no tengan emisiones de gases de efecto invernadero. Debido a las preocupaciones ambientales y a pesar que en la actualidad existen generadores de origen térmico como los generadores a diésel o las microturbinas de gas, se espera que su uso se vea disminuido con los años y se migre a sistemas completamente basados en energías renovables. Estos generadores tienen algunas ventajas como la disminución de pérdidas y la adaptación factible de fuentes de energías renovables. La inclusión de generadores sin un esquema coordinado adecuado, puede ocasionar distorsiones en la forma de onda, fluctuaciones de tensión, fallas en las protecciones debido a flujos bidireccionales y otros problemas relacionados con la calidad del producto eléctrico. En caso de fallas severas en la red principal normalmente estos generadores se desconectan por seguridad y no proporcionan un respaldo para disminuir el margen de energía no suministrada (Pabel Cardenas, 2024, p. 1).

Consideramos que la electricidad es un vector de los más importantes en los sistemas energéticos del futuro. La relación de generar la energía, distribuir y consumirla es relativa a la economía, seguridad y medio ambiente de cada nación. (Luis Ivan Ruiz Flores, 2024, p. 119)

Se propone un sistema de excitación para generadores de inducción autónomos que tienen por objetivo alimentar cargas no lineales. El sistema propuesto se compone de una máquina de inducción del tipo jaula de ardilla y un convertidor conectado en paralelo que cumple dos funciones, la primera es proveer la potencia reactiva requerida para la excitación de la máquina de inducción con el objetivo de regular la tensión generada; la segunda es compensar los armónicos de corriente introducidos por las cargas no lineales, evitando que circulen por el

generador. Se presentan resultados de simulacion con el objetivo de evaluar la dinamica del sistema y demostrar la viabilidad de la propuesta. (Aldo J. Benitez, 2014, p. 73)

Uno de los objetivos en todos los procesos automatizados es incrementar la eficiencia en las industrias y la liberacion del sector electrico busca como objetivo el incremento de eficiencia en dicha industria Es de especial relevancia la inversion en nueva capacidad de generacion puesto que el suministro electrico es indispensable en la mayoria de los procesos productivos. (Garcia Alvarez, 2008, p. 1)

Los grupos de generadores con motores de combustion interna han tomado relevancia en estos ultimos años dado que representan una de las mejores alternativas para mitigar los problemas causados por los cortes sostenidos del suministro de energia electrica. En este contexto, conocer el desempeno de los generadores con motores de combustion interna es fundamental para determinar su regimen de operación adecuado y garantizar el tiempo de vida util (Jose Boher, 2020, p. 1).

En la actualidad existen sistemas inteligentes que sirven para la gestion automatica de un generador electrico, basado en la arquitectura del IoT, a traves del protocolo de comunicacion MQTT. Estos prototipos, permiten automatizar diversas funciones de un generador electrico ante la interrupcion del fluido electrico; tales como: encendido y apagado de forma automatica, teniendo en cuenta las condiciones electricas. Tambien permite controlar variables como el nivel de combustible, temperatura, horas de uso del equipo; ademas de facilitar cambios de aceite, y mantenimientos preventivos. Adicionalmente, cuenta con un gestor automatico de carga de potencia, que evite que el generador inicie con una potencia maxima desde el arranque; logrando de esta forma ampliar el

margen de vida útil de los circuitos electrónicos de potencia. Finalmente para controlar de manera remota las funciones mencionadas, tienen una aplicación móvil para que el usuario final pueda monitorear en tiempo real el funcionamiento del generador, mediante la implementación del protocolo de comunicación de Message Queue Telemetry Transport (MQTT) (Diana Suárez, 2020, p. 1).

El proceso de simulación está compuesto por diferentes fases que se describen en las diferentes secciones:

2.2 Revisión de la literatura.

El presente trabajo de investigación desarrollado en el comando conjunto de las fuerzas armadas (Base Taura), está fundamentado en una investigación bibliográfica y de campo, las cuales sirvieron como base para el desarrollo, diseño, implementación y redacción de este trabajo.

En primeras instancias se había pensado en colocar un sistema de excitación para generadores de inducción autónomos que tienen por objetivo alimentar cargas no lineales ya que se lo hacía de forma manual. El sistema pensado se compone de una máquina de inducción del tipo jaula de ardilla y un convertidor conectado en paralelo que cumple dos funciones, la primera es proveer la potencia reactiva requerida para la excitación de la máquina de inducción con el objetivo de regular la tensión generada, la segunda es compensar los armónicos de corriente introducidos por las cargas no lineales, evitando que circulen por el generador (Aldo J. Benítez, 2014, p.1). Pero al ser muy costoso se descartó.

Se determinó que el sistema actual de medición se lo realiza a través del método por aforo, el cual permite medir el nivel del líquido por medio de cintas graduadas. Este método de medición se lo realiza manualmente, proceso que puede tomar mucho

tiempo en obtener la información del nivel, para ello se ha considerado necesario un sistema de monitoreo del nivel de combustible para la central de generación (Muzo, 2009, p.57).

2.3 Análisis de requerimientos.

- Controlar el consumo del combustible.
 - Verificar los datos en tiempo real con respecto al nivel de diésel, agua y aceite y así ayudar a mejorar el servicio al operador y a todo el personal que requiera de la información que el sistema brinda.
- Definir el nivel de combustible en el tanque, mediante una interfaz hombre maquina a través de un sistema de monitoreo.

2.4 Diseño del sistema.

Basándose en los conceptos aprendidos en control y automatización, se diseña la simulación del sistema de Control y Monitoreo del combustible en los Generadores de energía eléctrica. Esto incluye la selección de PLC y diseño en una pantalla HMI, así como la configuración de redes de comunicación industrial.

El sistema de diésel tiene como inicio el abastecimiento en los tanques de almacenamiento. Existen tres tanques de almacenamiento de fluidos los cuales están en constante funcionamiento, mientras el tanque TK1 (Fuel) está en operación alimentando a los generadores, el tanque TK2 (T2) del generador auxiliar está en reserva (lleno), rotando así su operación.

La infraestructura del sistema del diésel en la actualidad está conformada por: los tanques de diésel, válvulas, tuberías, cañerías, pulmones de diésel, filtros hasta llegar a los generadores los cuales tienen funcionamiento a diésel.

2.5 Metodología de simulación en LABVIEW.

Se realiza la simulación de generadores de 400 Hz mediante el uso de LabVIEW. En la simulación, se replican tres reservorios del generador, que incluyen el combustible, el aceite y el agua. Estas variables se monitorean y ajustan dentro del entorno de LabVIEW para imitar el comportamiento real de los generadores bajo diversas condiciones operativas.

El entorno e interfaz creado en LabVIEW nos permitirá realizar el monitoreo en tiempo real de los niveles , datos , salidas y entradas disponible en nuestro sistema de simulación , estando en comunicación con el sistema de control y el HDMI simulado

Una vez simulados los datos de los niveles de los tanques, estos se transmiten mediante un módulo de adquisición de datos de National Instruments, el cual funciona como una interfaz SCADA que envía la información hacia el controlador lógico programable (PLC). Esta transmisión se realiza a través de señales analógicas, que son recibidas y procesadas por el software TIA Portal del PLC Siemens S7-1200. En el PLC, se registra y monitorea continuamente el estado de las variables de los tanques, permitiendo su visualización y posterior análisis en tiempo real.

Este enfoque metodológico nos permite simular de manera precisa los estados del generador sin necesidad de trabajar con equipos físicos, brindando una herramienta eficiente para monitorear y analizar las condiciones operativas del sistema de manera segura y controlada. La simulación también ofrece la

ventaja de ajustar parámetros fácilmente para analizar el comportamiento del generador bajo diferentes escenarios.

2.5.1 Rutina grupo gen

La rutina Grupo Gen: Esta rutina tiene por finalidad la selección y activación de generadores como punto de partida desde el 1 A hasta el 4 A. También en el lado derecho se muestran los generadores auxiliares desde el 1 B hasta el 4 B.

Llamado a rutina de ejecución y Activación.

Esta rutina, como se muestra en la Figura 2.1 incluye:

-Pantalla principal

-Selección de Generador principal y Auxiliar

-Información:

Datos del generador principal

Reportes previos del generador principal seleccionado

Equipos o Cargas

-Activar generadores

Llamado a rutina de ejecución y Activación

Mientras que en la Figura 2.2, visualizamos la programación en formato de diagrama de bloque



Figura 2.1 Selección de generador principal y auxiliar.

Grupo_Gen.vi
C:\Users\LENOVO\Documents\GrupoGen_25Ago_ok_26Ago\Grupo_Gen.vi
Last modified on 26/8/2024 at 9:43
Printed on 2/10/2024 at 18:00

Grupo_Gen.vi

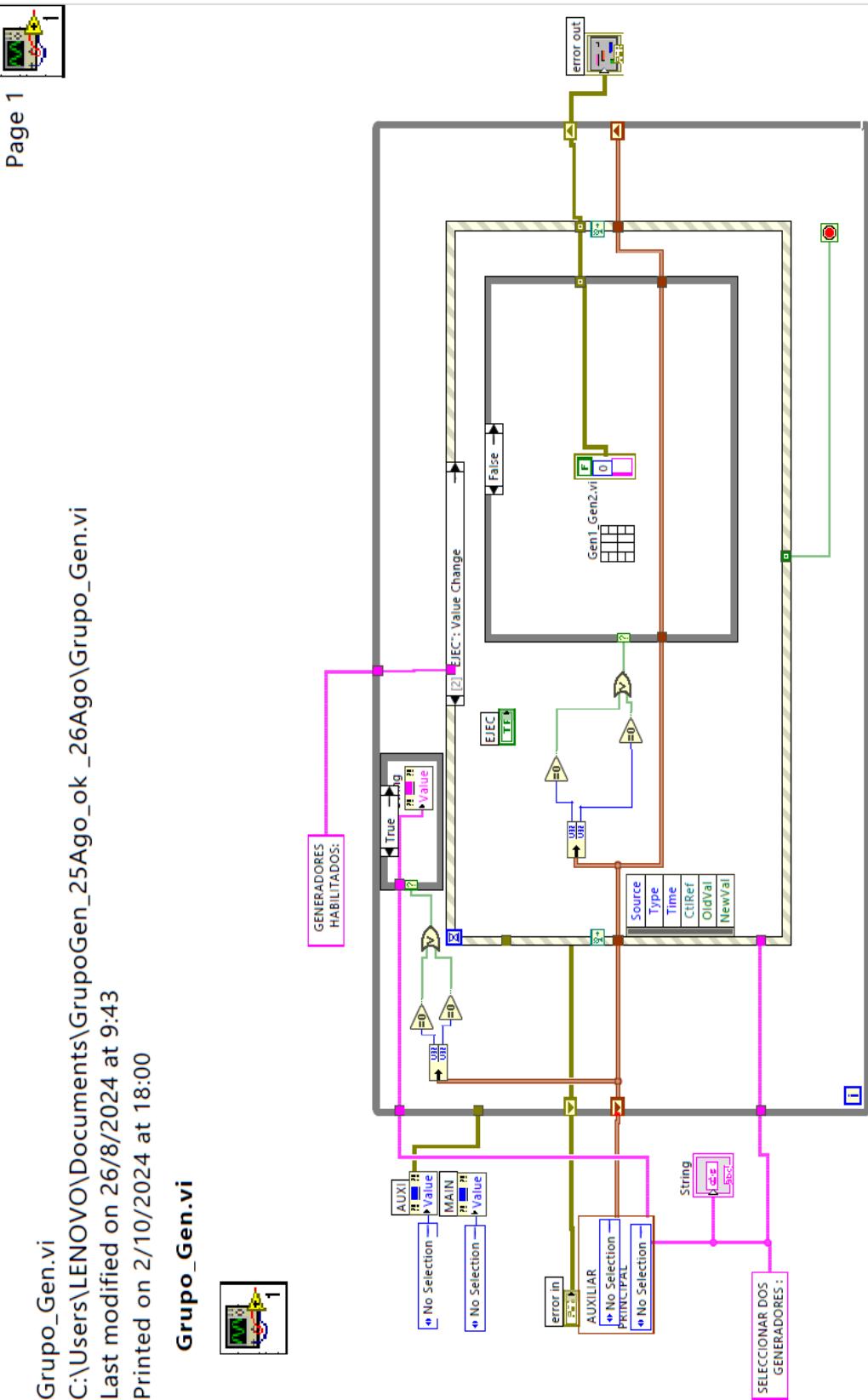


Figura 2.2 Llamado a rutina de ejecución y Activación

2.5.2 Rutina grupo gen1 gen2

Esta rutina tiene por finalidad mostrarnos el estado funcional del generador principal como del generador auxiliar.

El botón Fail Gen Enable habilita la simulación de las fallas desde el PLC.

El botón de STOP nos ayuda a Salir de la pantalla principal.

Esta rutina, como se muestra en la Figura 2.3 incluye:

-GENERADOR 1:

Indicador de estado funcional Generador Principal

-GENERADOR 2:

Indicador de estado funcional Generador Auxiliar

-Fail Gen Enable:

Habilita simulación de falla desde control del PLC

-STOP

Salida a la pantalla principal

Mientras que en la Figura 2.4, visualizamos la programación en formato de diagrama de bloque



Figura 2.3 Pantalla de interfaz con controlador PLC.

Gen1_Gen2.vi
C:\Users\LENOVO\Documents\GrupoGen_25Ago_ok _26Ago\Gen1_Gen2.vi
Last modified on 26/8/2024 at 8:50
Printed on 2/10/2024 at 18:01

Gen1_Gen2.vi

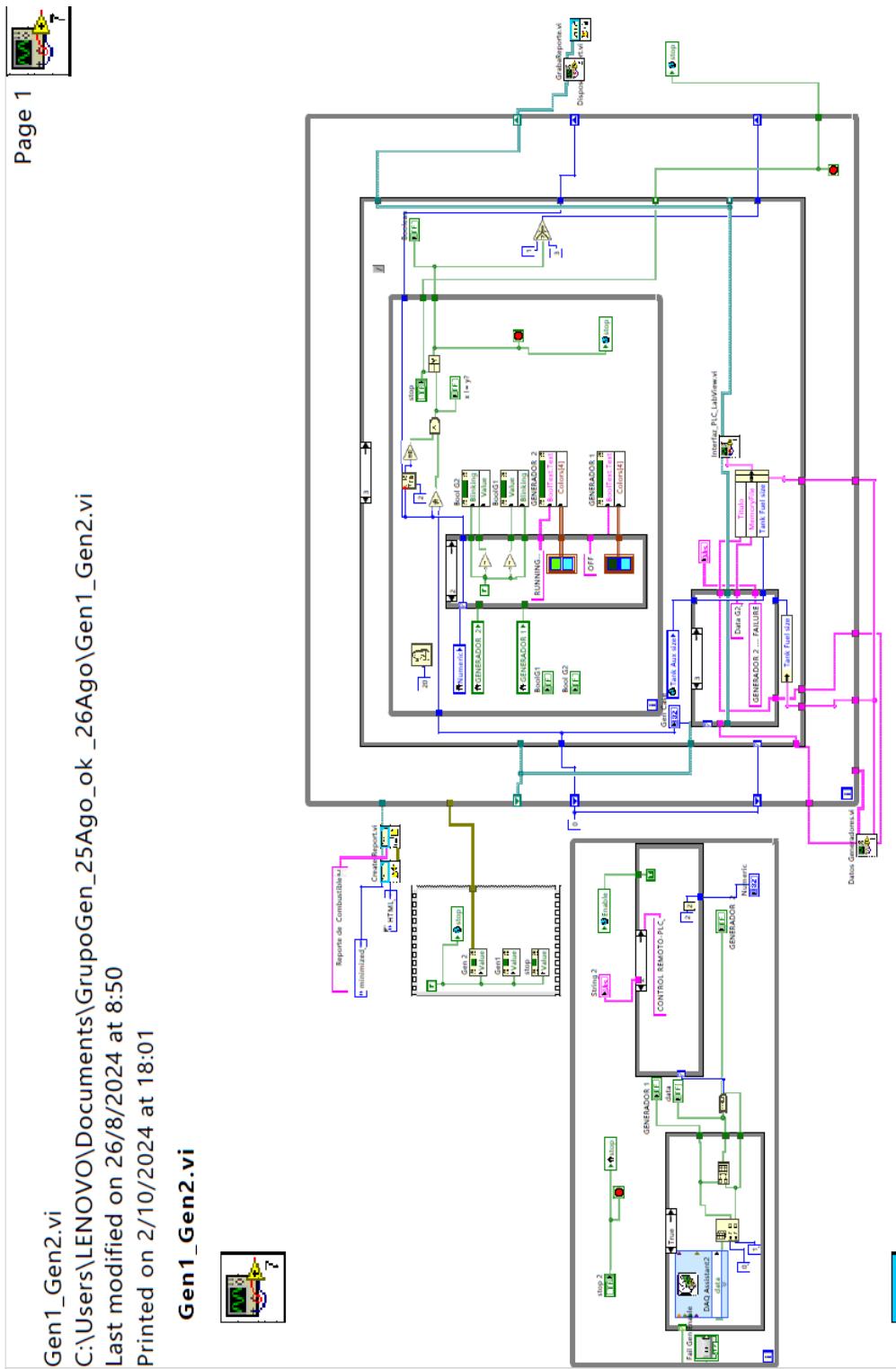


Figura 2.4. Fail gen enable:
Habilita simulación de falla desde control del PLC

2.5.3 Rutina info gen

Esta pantalla de información genera los datos del Generador Principal, en la pestaña CAPACIDAD podemos observar los datos técnicos del generador, en la pestaña EQUIPOS podemos ver las cargas de consumo del generador y en la pestaña B_DATOS podemos abrir y revisar los reportes que se generan.

Esta rutina, como se muestra en la Figura 2.5 incluye:

- DATOS**: Datos generales Generador Principal
- CAPACIDAD**: Dato técnico del generador
- EQUIPOS**: Equipos relativos (Carga de Consumo generador)
- B_DATOS**: Reportes Grabados / Abrir Archivo

Mientras que en la Figura 2.6, visualizamos la programación en formato de diagrama de bloque

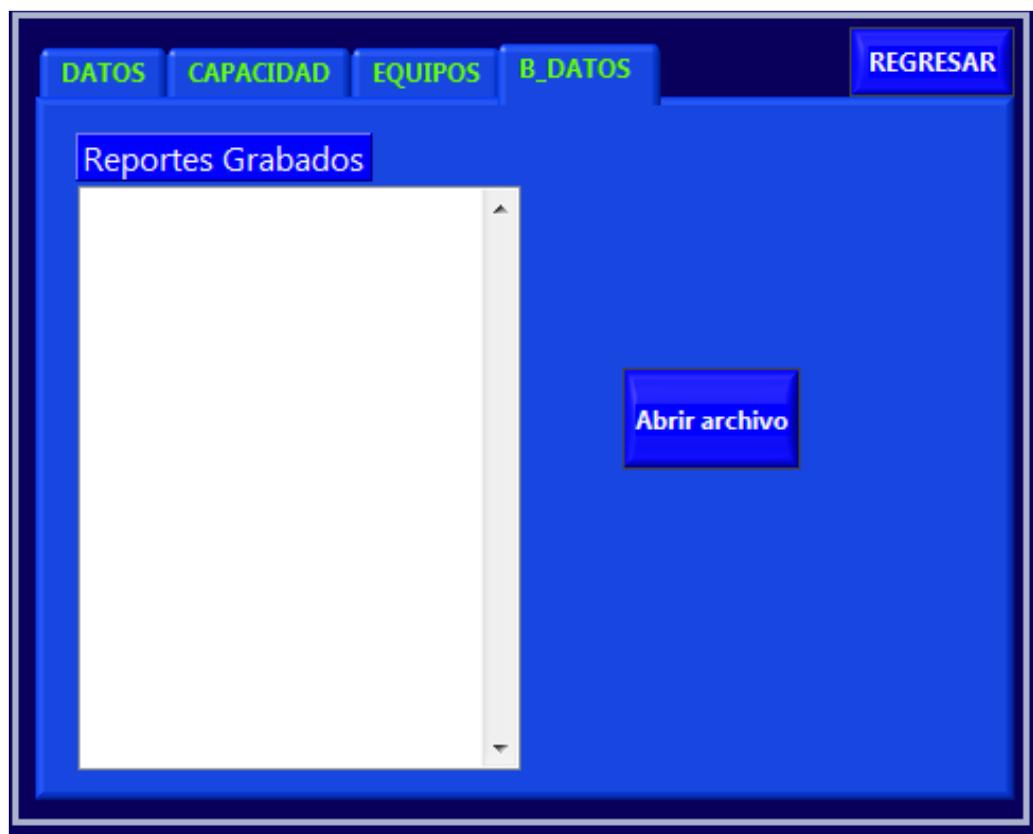


Figura 2.5 Pantalla de Información

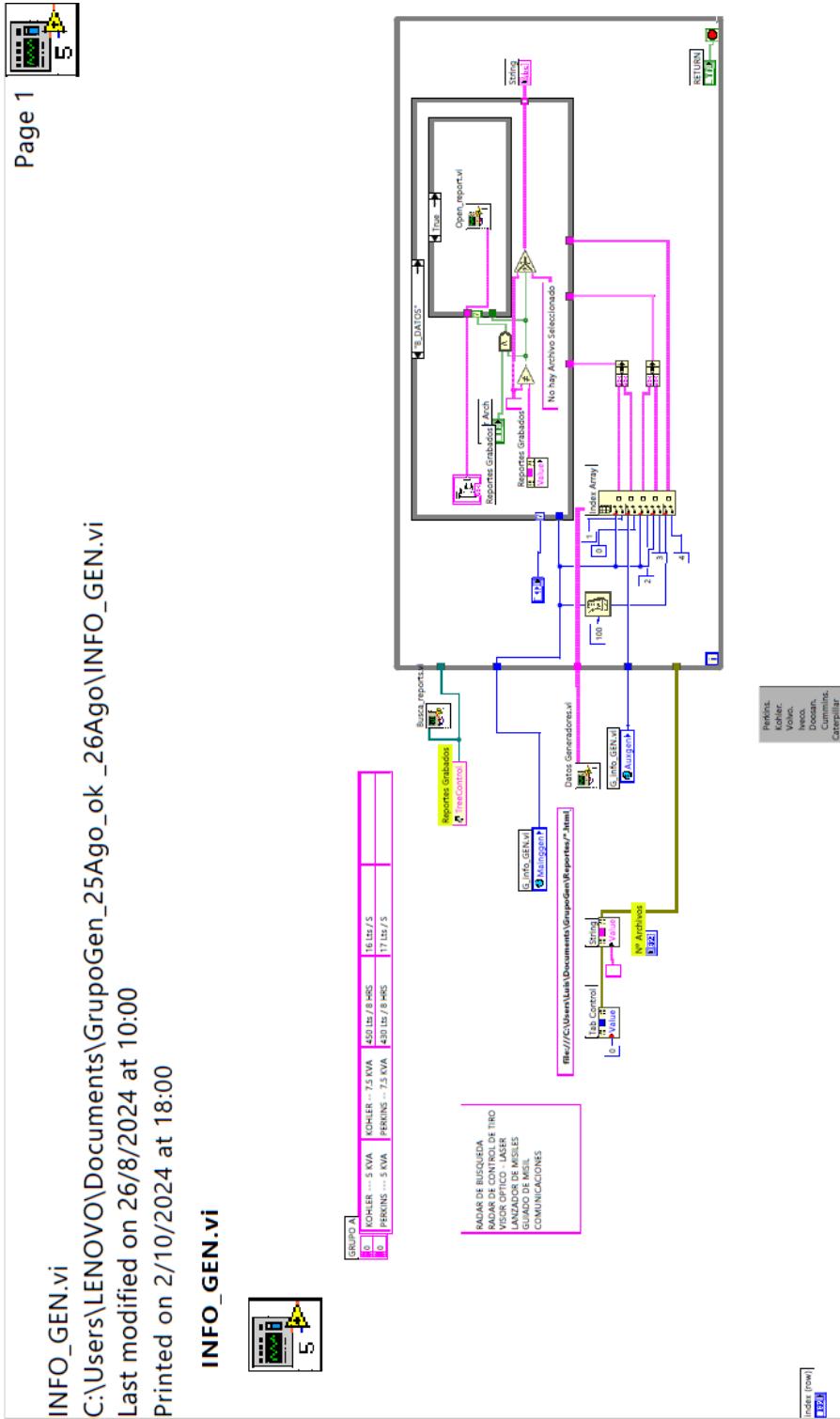


Figura 2.6 B_DATOS: Reportes grabados /abrir.

2.5.4 Rutina interfaz labview plc

La interfaz entre el sistema de control y SCADA se encuentra en esta rutina. En esta interfaz se adhirió la rutina “GRUPO GEN 1 GEN2”, para vigilar en tiempo real el estado de los dos

generadores. Aquí se muestran los estados de los solenoides del sistema de control, los cuales están en continua comunicación con el PLC mediante la tarjeta de adquisición de datos.

Este interfaz de control se muestra en la figura 2.7

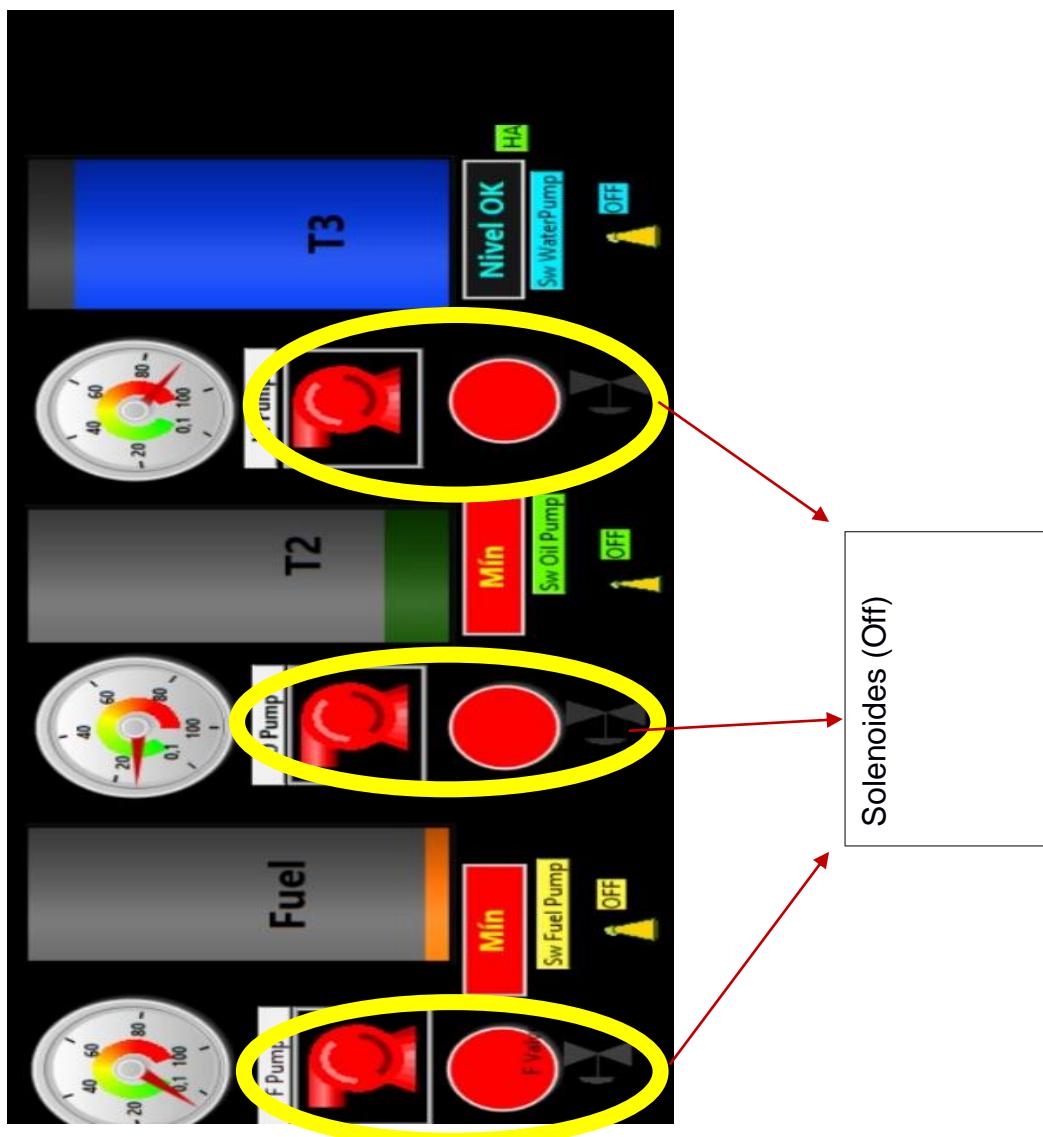


Figura 2.7 Rutina Interfaz Labview PLC.

También se estableció algunas herramientas de diagnósticos para complementar la simulación y comprobar la programación de los sistemas, una de esas herramientas es la simulación de un sistema sin recepción ni envío de datos, para realizar esta función primero hay que deshabilitar él envío de datos a mi sistema de control como se visualiza en la figura 2.8.

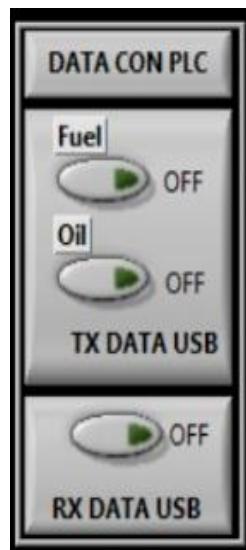


Figura 2.8 Herramienta de diagnóstico.

Habiendo deshabilitado el sistema de control, podemos probar el funcionamiento de la programación de la interfaz mediante un monitoreo de forma manual, variando los niveles de tanques en un ambiente simulado sin recepción de datos al comprobar el llenado/drenado, activando los solenoides de la interfaz sin necesidad de establecer comunicación con el sistema de control. Hay que aclarar, que como es un ambiente de prueba de la programación, no se está mandando activar ningún output de nuestro sistema de control, se visualiza la programación de la interfaz de control en la figura 2.9.

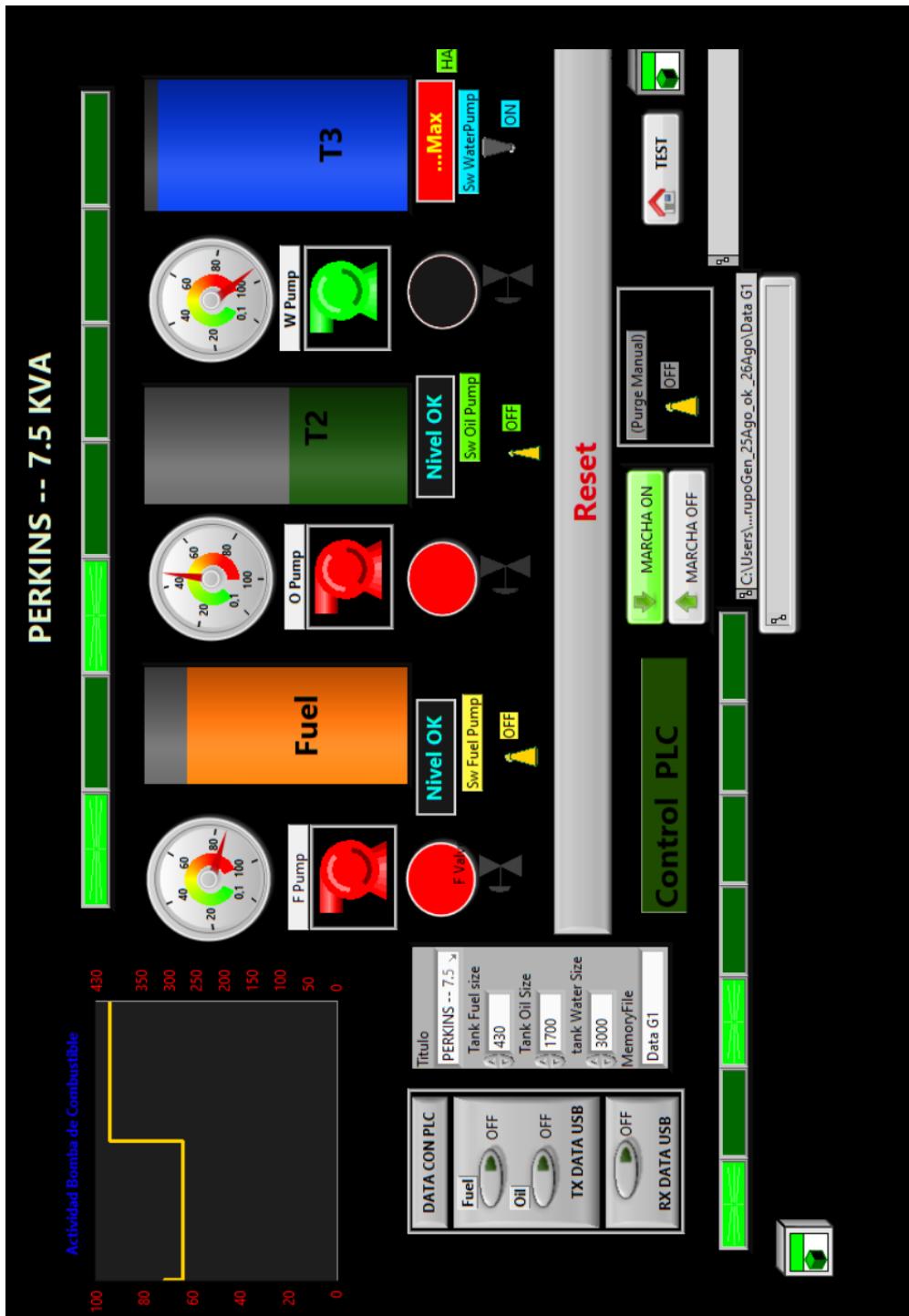


Figura 2.9 Monitoreo de forma manual.

Otra herramienta de diagnóstico de la programación es la opción “TEST” en donde se mandan valores aleatorios a la tarjeta de adquisición de datos, esto se realiza para comprobar que esos datos si están siendo recibidos por mi SISTEMA DE CONTROL. La programación se visualiza en el diagrama de bloque mostrada en la figura 2.10

Interfaz_PLC_LabView.vi
C:\Users\LENOVO\Documents\GrupoGen_25Ago_ok _26Ago\Interfaz_PLC_LabView.vi
Last modified on 26/8/2024 at 10:27
Printed on 2/10/2024 at 18:03

Interfaz_PLC_LabView.vi

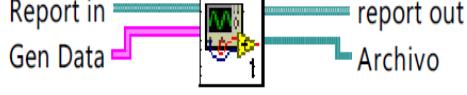


Figura 2.10 TEST: Llamado de rutina de prueba de interfaz PLC – LabVIEW

Esta rutina, como se muestra en la Figura 2.11 incluye:

- FLUIDOS**: FUEL, T2, T3: Envío de datos de Combustible, aceite
- PUMPS**: Encendido/apagado de bombas
- MARCHA**: Activación de control PLC
- TEST**: Llamado de rutina de prueba de interfaz PLC – LabView
- Válvulas** de purga de fluidos
- Gráfica** Encendido/apagado y flujo de Combustible

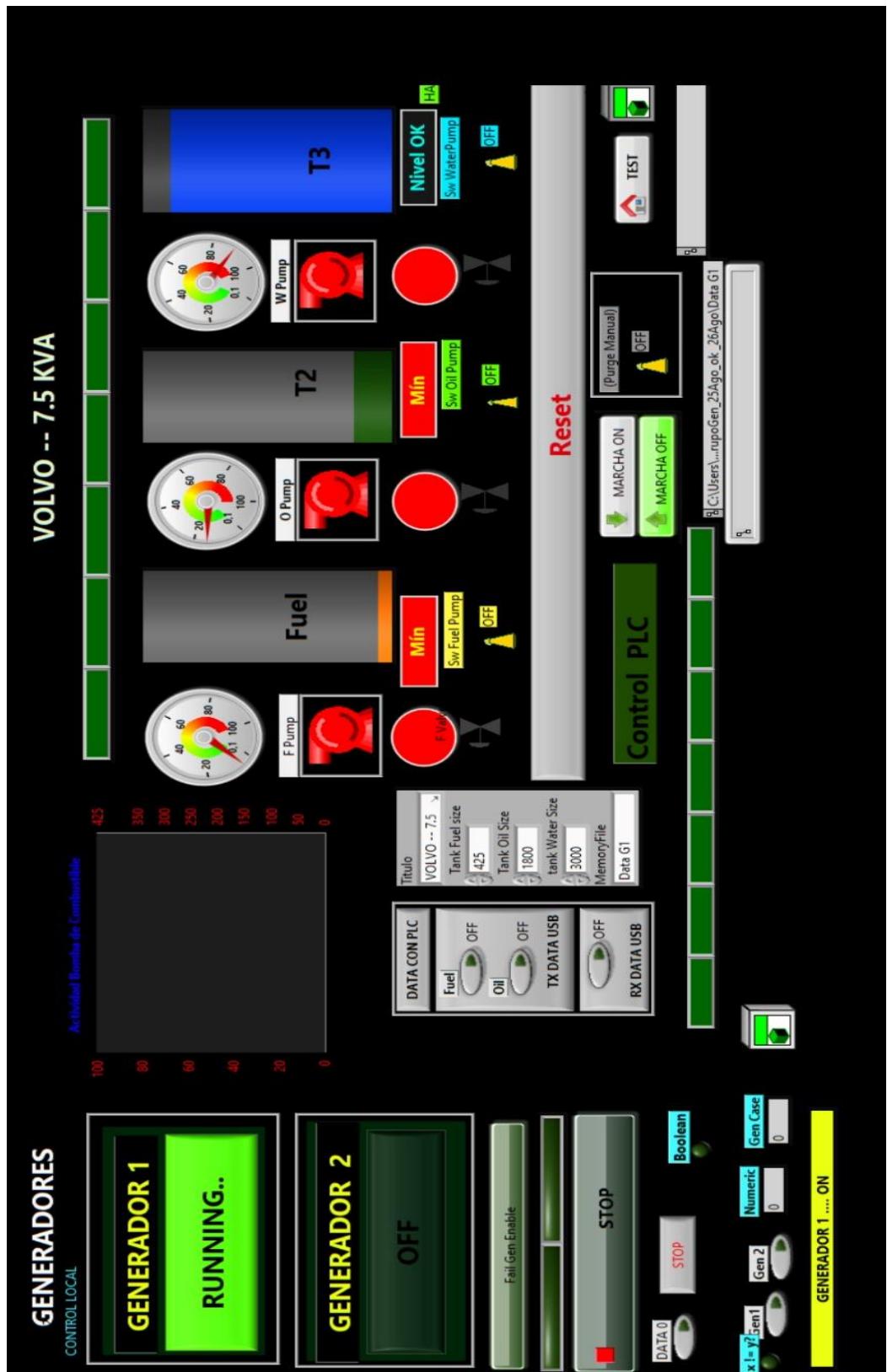


Figura 2.11 Diseño gráfico en LabVIEW representando los tanques de combustible y aceite.

2.5.5 Subrutinas y auxiliares

En esta sección presentamos las subrutinas auxiliares empleadas en el desarrollo del simulador del generador. Se explica en detalle la función de cada subrutina.

La figura 2.12 (Printscreen) muestra cómo se generan los mensajes informativos en la pantalla de presentación.

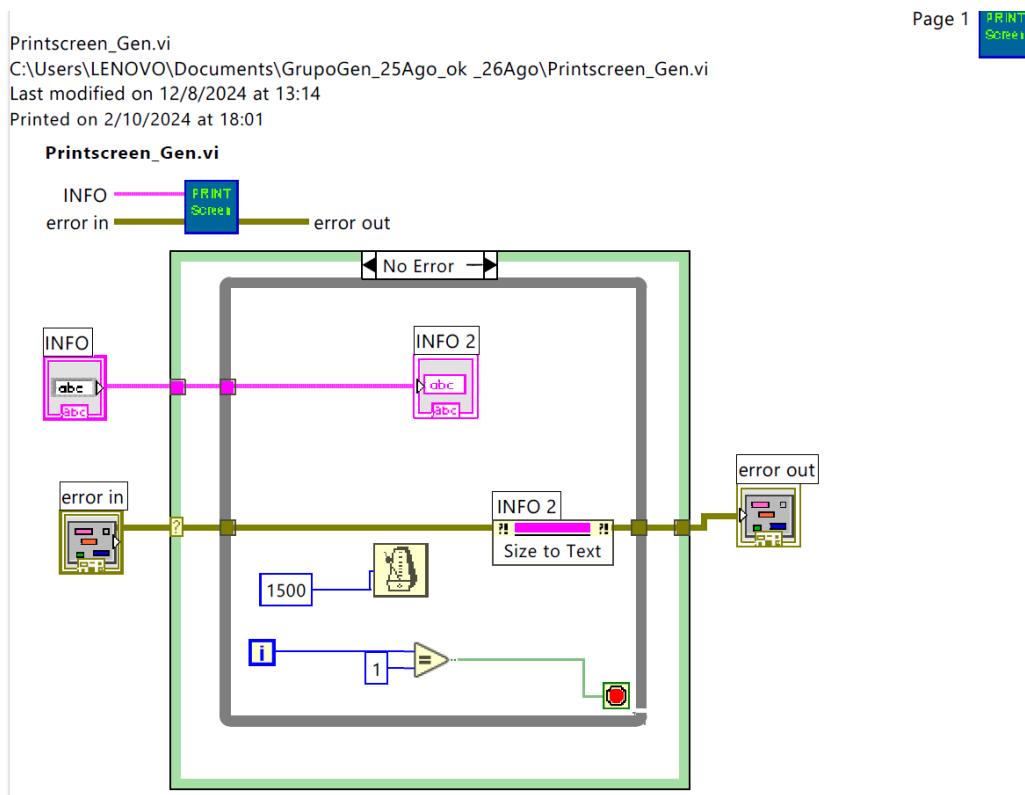


Figura 2.12. PRINT SCREEN: Pantalla de presentación de Mensajes informativos.

La figura 2.13 nos muestra la subrutina “Aleatorio 1_5”, esta subrutina es de selección de valores aleatorios (voltaje) para test.

Aleatorio1_5.vi
C:\Users\LENOVO\Documents\GrupoGen_25Ago_ok _26Ago\Aleatorio1_5.vi
Last modified on 15/8/2024 at 13:58
Printed on 2/10/2024 at 18:05

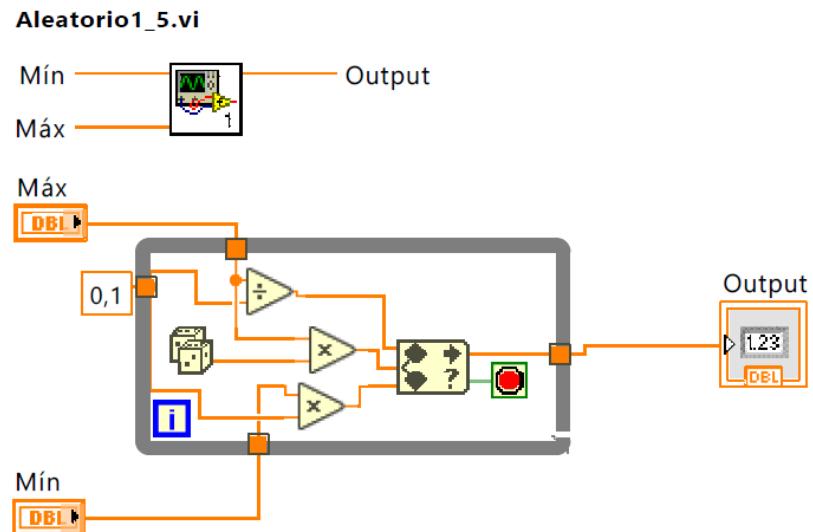


Figura 2.13. Aleatorio 1_5: Subrutina de selección de valores aleatorios (voltaje) para test.

La figura 2.14 nos muestra la subrutina “Busca Report”, esta subrutina se encarga de la búsqueda de archivos grabados en la carpeta reporte.

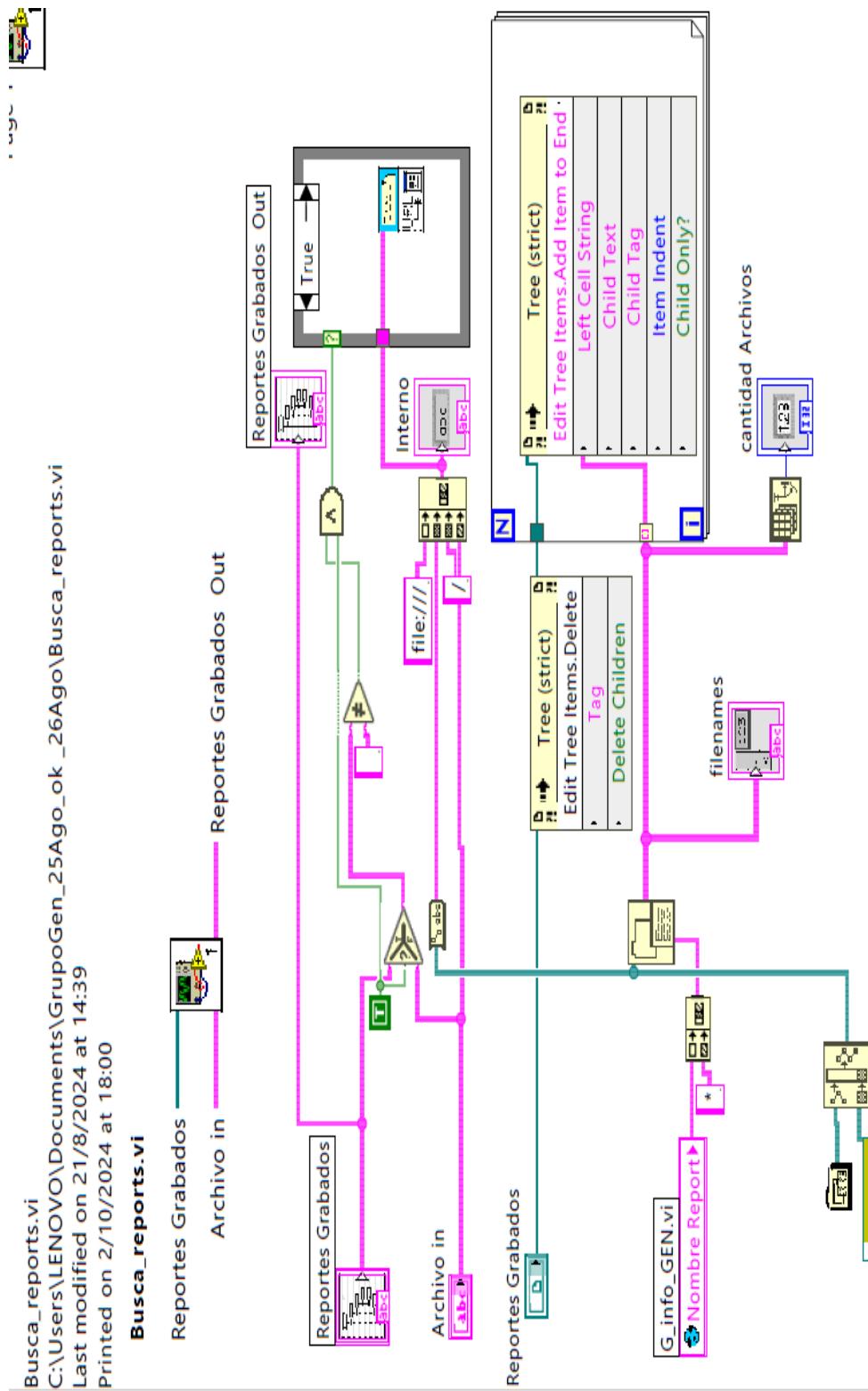


Figura 2.14 Busca Report:
Subrutina de búsqueda de archivos grabados en la carpeta reporte.

La figura 2.15 muestra la subrutina “Datos Generadores”, es una subrutina de almacenamiento de datos de los Generadores actuales y futuros.

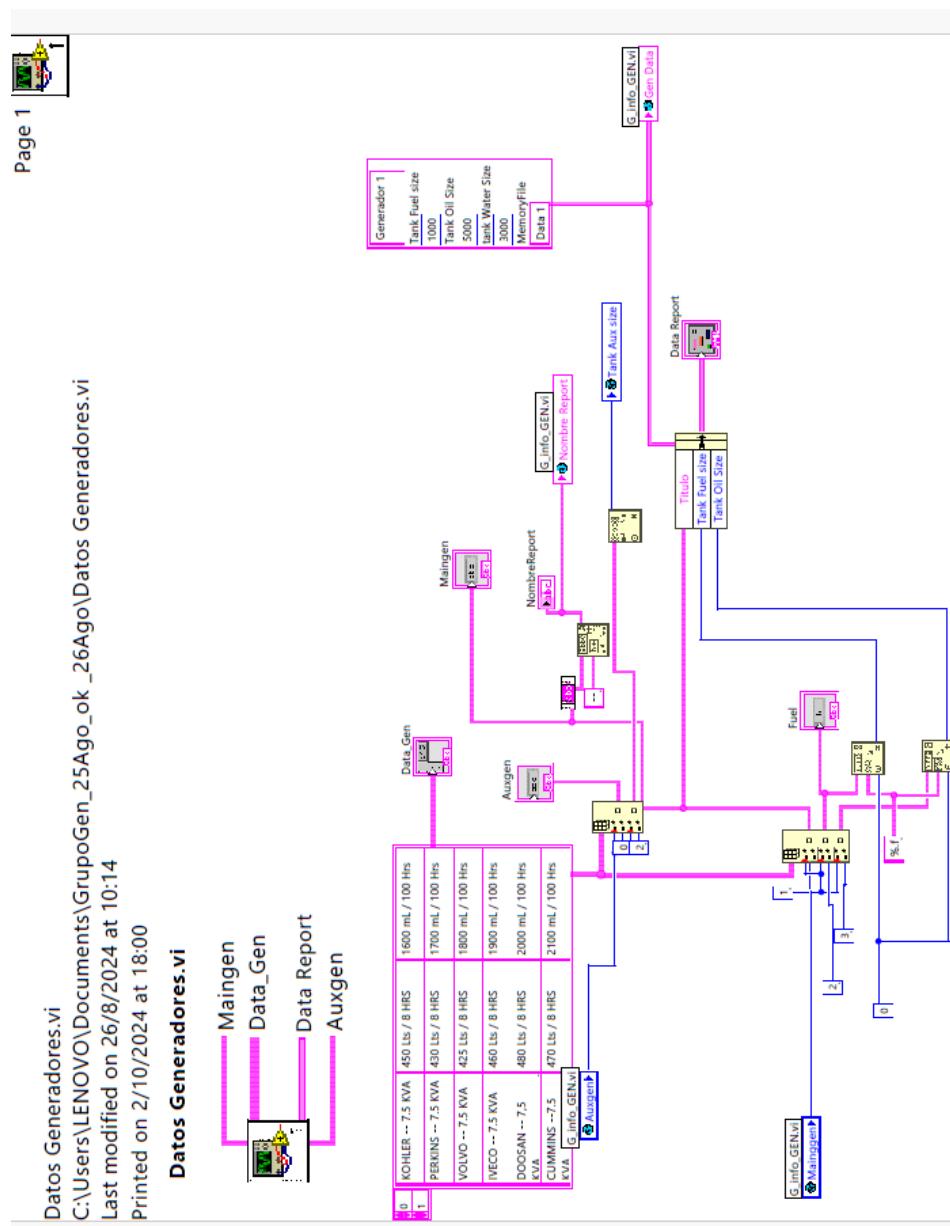


Figura 2.15 Datos Generadores:
Subrutina de almacenamiento de datos de los Generadores actuales y futuros.

La figura 2.16. muestra la subrutina “Grava Reporte”, la cual graba los reportes generados.

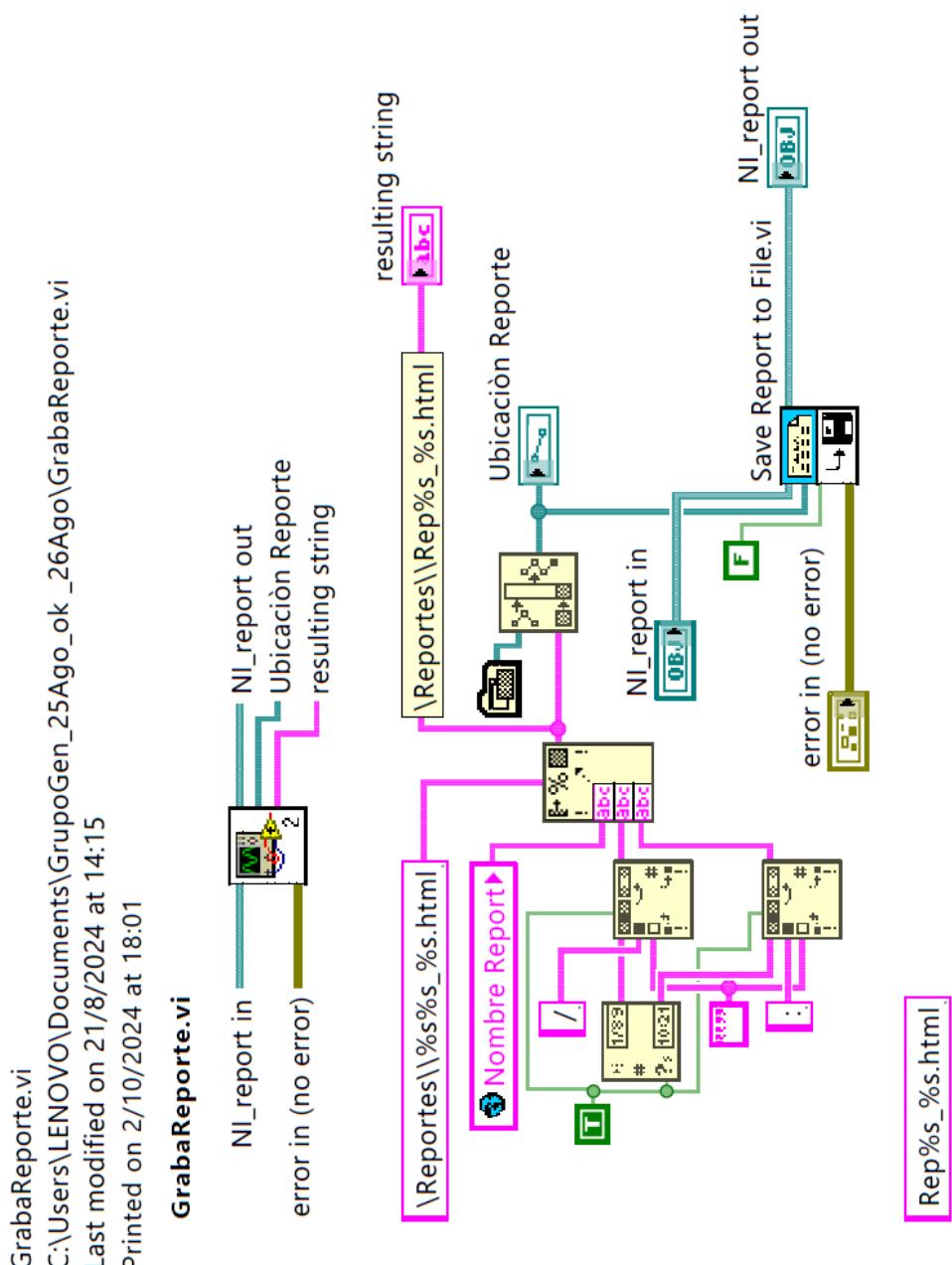


Figura 2.16. Grava Reporte.

La figura 2.17 nos muestra la subrutina “Counter”, esta es una subrutina que genera valores ascendentes y descendentes, dependiendo de los controles del PLC. Simula, el flujo de forma lineal.

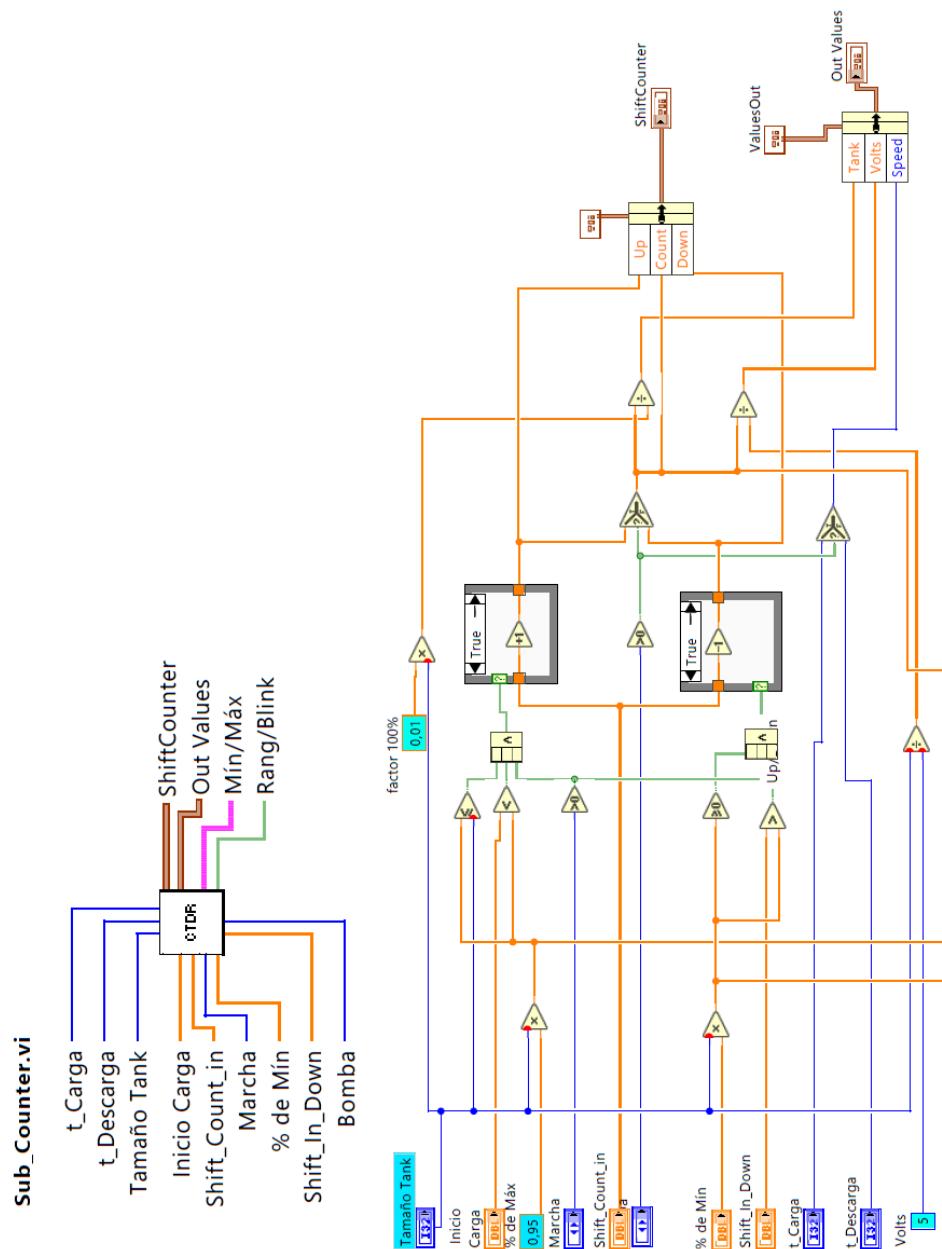


Figura 2.17 Counter:
Subrutina que genera valores ascendentes y descendentes, dependiendo de los controles del PLC. Simula, flujo lineal.

La figura 2.18 muestra la subrutina “Reporte”, la cual es una subrutina que genera un archivo de reporte tipo html.

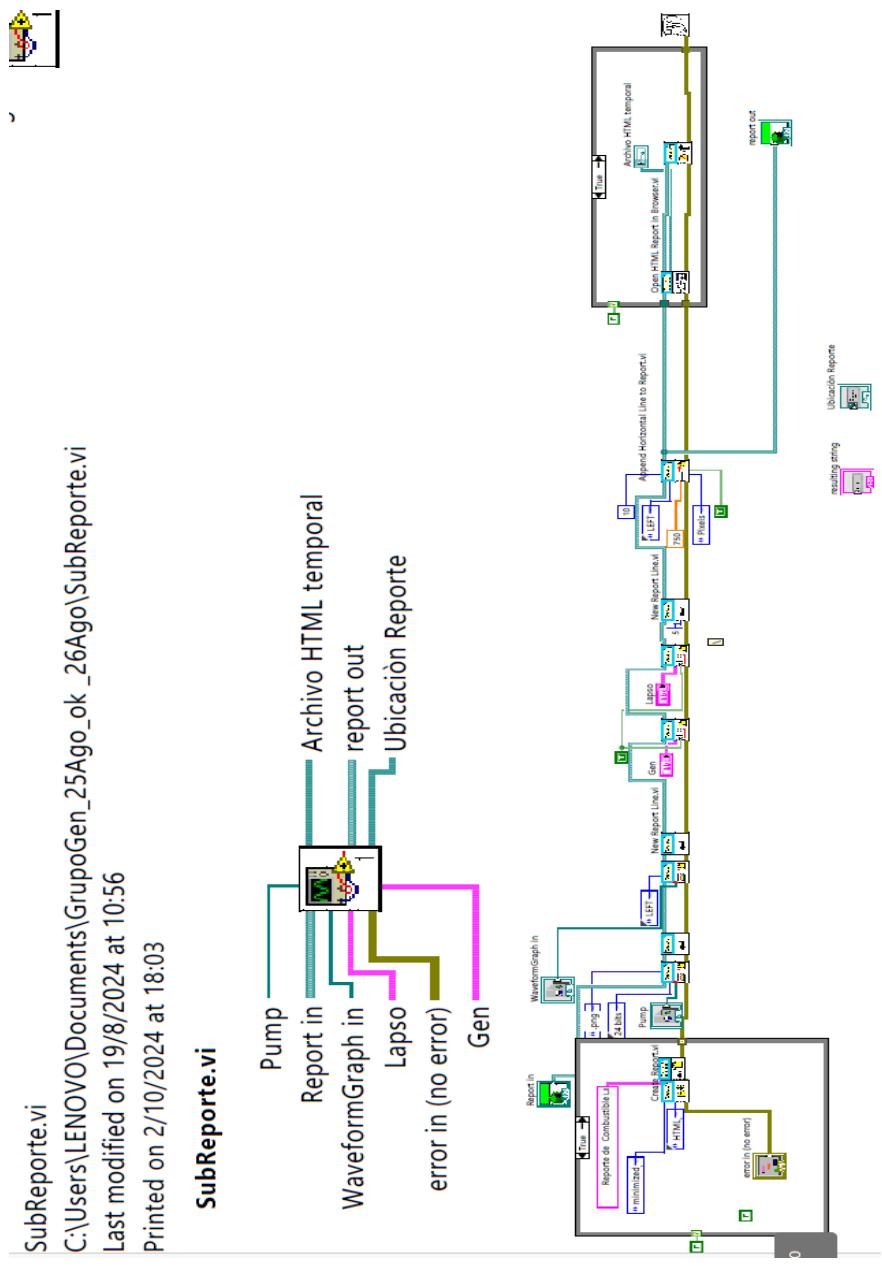


Figura 2.18 Reporte.
Subrutina genera archivo de reporte tipo html.

La figura 2.19 nos muestra la subrutina “G_info_GEN”, la cual es una subrutina que funciona como almacén de datos de los generadores seleccionados.

G_info_GEN.vi

C:\Users\LENOVO\Documents\GrupoGen_25Ago_ok _26Ago\G_info_GEN.vi

Last modified on 21/8/2024 at 13:15

Printed on 2/10/2024 at 18:00

G_info_GEN.vi

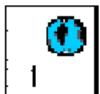


Figura 2.19 G_info_GEN.

Archivo Data G1

Archivo binario, almacena último dato de nivel de combustible del generador principal (funciona como variable global).

Archivo Data G2

Archivo binario, almacena último dato de nivel de combustible del generador Auxiliar.

OPEN REPORT

Subrutina Auxiliar, abre archivos de los reportes grabados anteriormente.

La figura 2.20 “VI Hierarchy” Mapa de las rutinas y subrutinas de LabVIEW nos muestra de forma gráfica la estructura conceptual de las rutinas y subrutinas (VIs y subVIs) de un proyecto. Funciona como un mapa que organiza y visualiza las conexiones entre las distintas partes del programa, facilitando el análisis de dependencias y la navegación.

VI Hierarchy

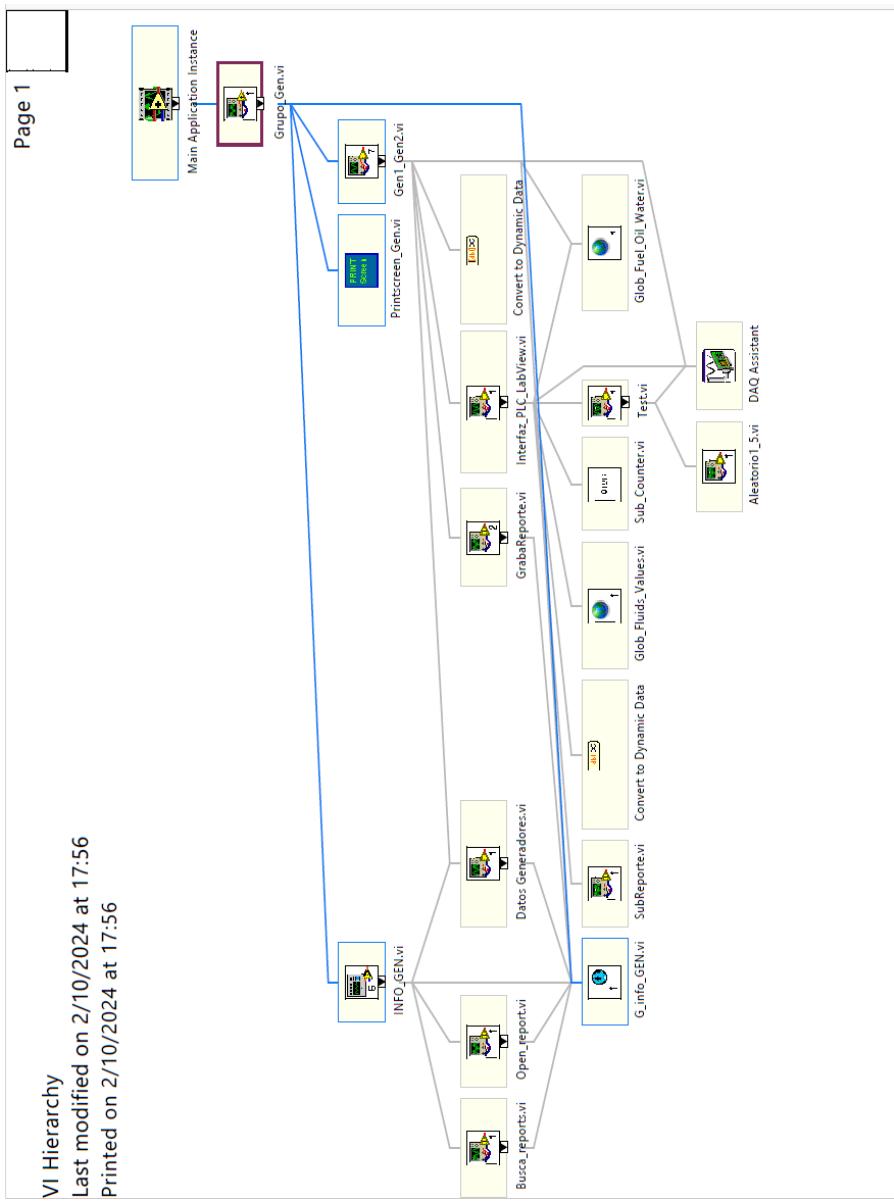


Figura 2.20 Mapa de las rutinas y subrutinas de LabVIEW.

2.6 Metodología de simulación en Tia Portal:

Se implementa el sistema de monitoreo y control en el entorno de simulación, y se realizan pruebas exhaustivas para verificar que el sistema funciona según lo planeado.

Mediante el software de automatización Tía Portal realizaremos el control de nuestro sistema de simulación, los datos analógicos serán enviados mediante la Tarjeta de adquisición de datos NI USB_6008. Estos a su vez tienen su origen en el entorno de LABVIEW, simulando los distintos de niveles de líquidos, así como la carga cuando el SISTEMA DE CONTROL habilita los solenoides para proceder a llenar los reservorios de forma automática o manual y descarga cuando desde el SISTEMA DE CONTROL se habilita la purga/descarga.

Las salidas, tienen su control en forma automática mediante la programación realizada con los datos simulados, así como la pantalla HDMI que se encuentra diseñada y simulada en el entorno TIA PORTA

En la figura 2. 21 se muestra la comunicación de la interfaz HMI y el PLC, desde aquí se envían las señales de salida para encender las bombas de llenado en un entorno real.

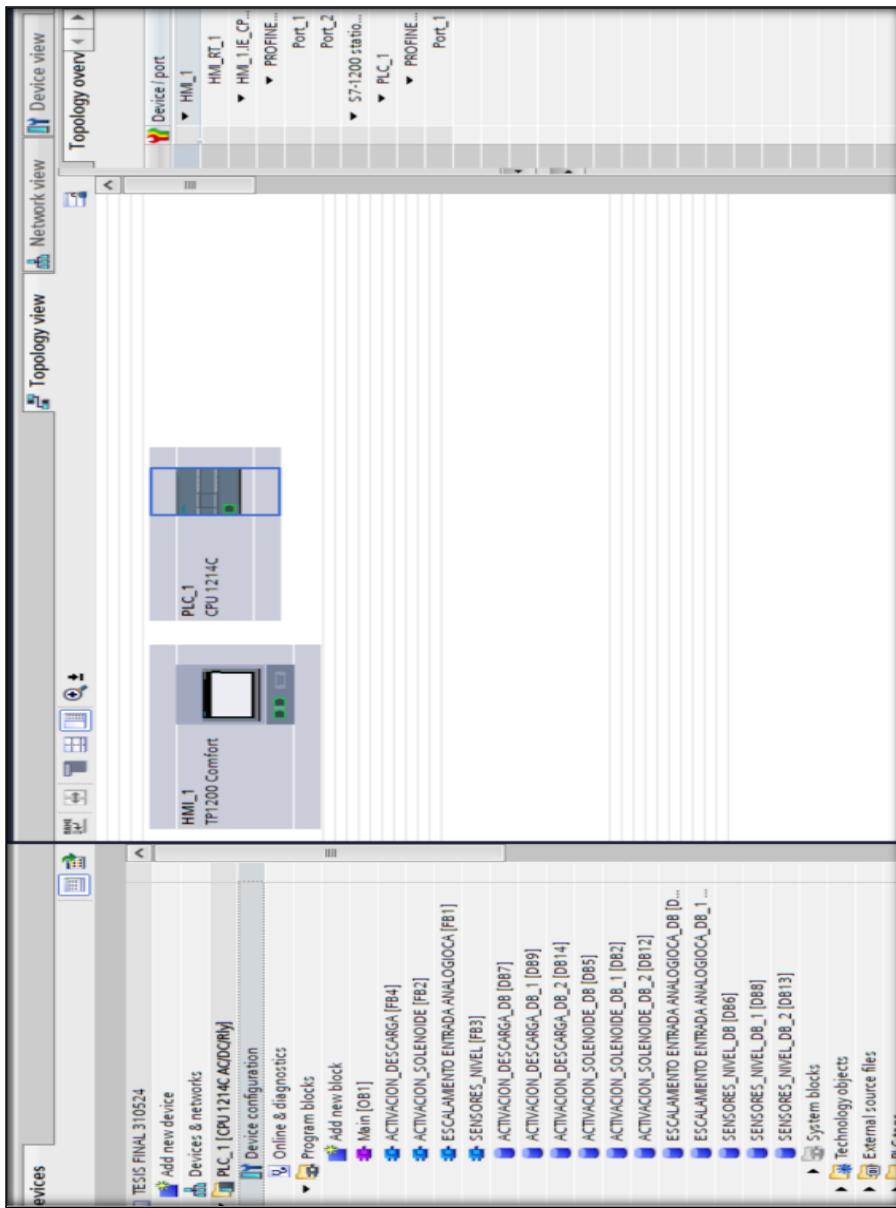


Figura 2.21 Sistema de control/ Interfaz HDMI.

2.6.1 Rutina principal

La rutina principal se compone de 16 “Networks”, donde se realiza la comunicación con los bloques de funciones creados para el control de los generadores simulados, es desde aquí que se envían las señales de salida, que en un entorno real, irían a los relés o bobinas de encendido/apagado de las bombas/solenoides de llenado y drenado. En el entorno de simulación presente en esta tesis, esa señal de encendido o apagado va a la tarjeta de adquisición de datos, para así enviarla al sistema de monitoreo y activar el generador simulado en LABVIEW, el control de sus solenoides. Creando así un entorno idéntico a la problemática principal, habiendo solucionado el llenado manual y el frenado de los generadores.

La figura 2.22 nos muestra la rutina principal del PLC, se compone de 16 “Networks”, donde se realiza la comunicación con los bloques de funciones creados para el control de los generadores simulados.

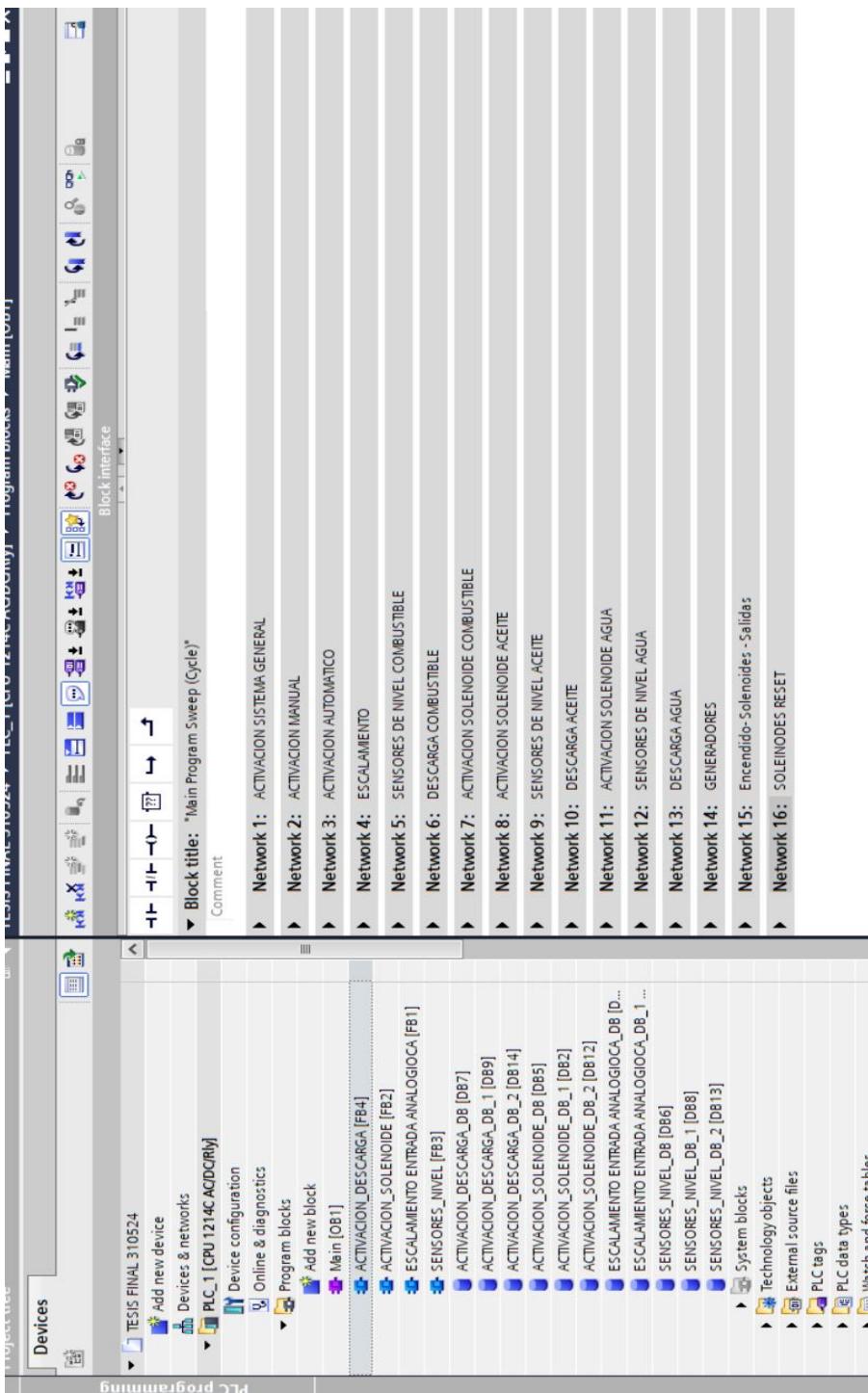


Figura 2.22 Rutina principal del PLC.

2.6.2 Rutina de descarga de fluidos

La rutina para la descarga de fluidos se compone de un FB denominado “ACTIVACION_DESCARGA”, este posee 3 entradas digitales y 1 entrada analógica, el cual controla y simula la descarga de fluidos cuando se pasa el sistema a modo manual/purga.

Los valores analógicos entran por la entrada “nivel” del bloque de función los cuales han sido enviados desde el sistema de monitoreo para establecer un set point mínimo para desactivar los solenoides de la descarga manual de líquidos.

Los datos lógicos presentes en mi bloque de función son: “EN”; “DESCARGA”; “SISTEMA MANUAL”. Los tres controlan el encendido de la salida del bloque de función. La entrada “EN” sirve para activar el bloque de función, mientras que “DESCARGA” y “SISTEMA MANUAL” son entradas condicionantes para hacer activar o desactivar las salidas del bloque.

En la figura 2.23 nos muestra la activación del bloque de descarga manual en rutina principal, el cual controla y simula la descarga de fluidos cuando se pasa al sistema de purga.

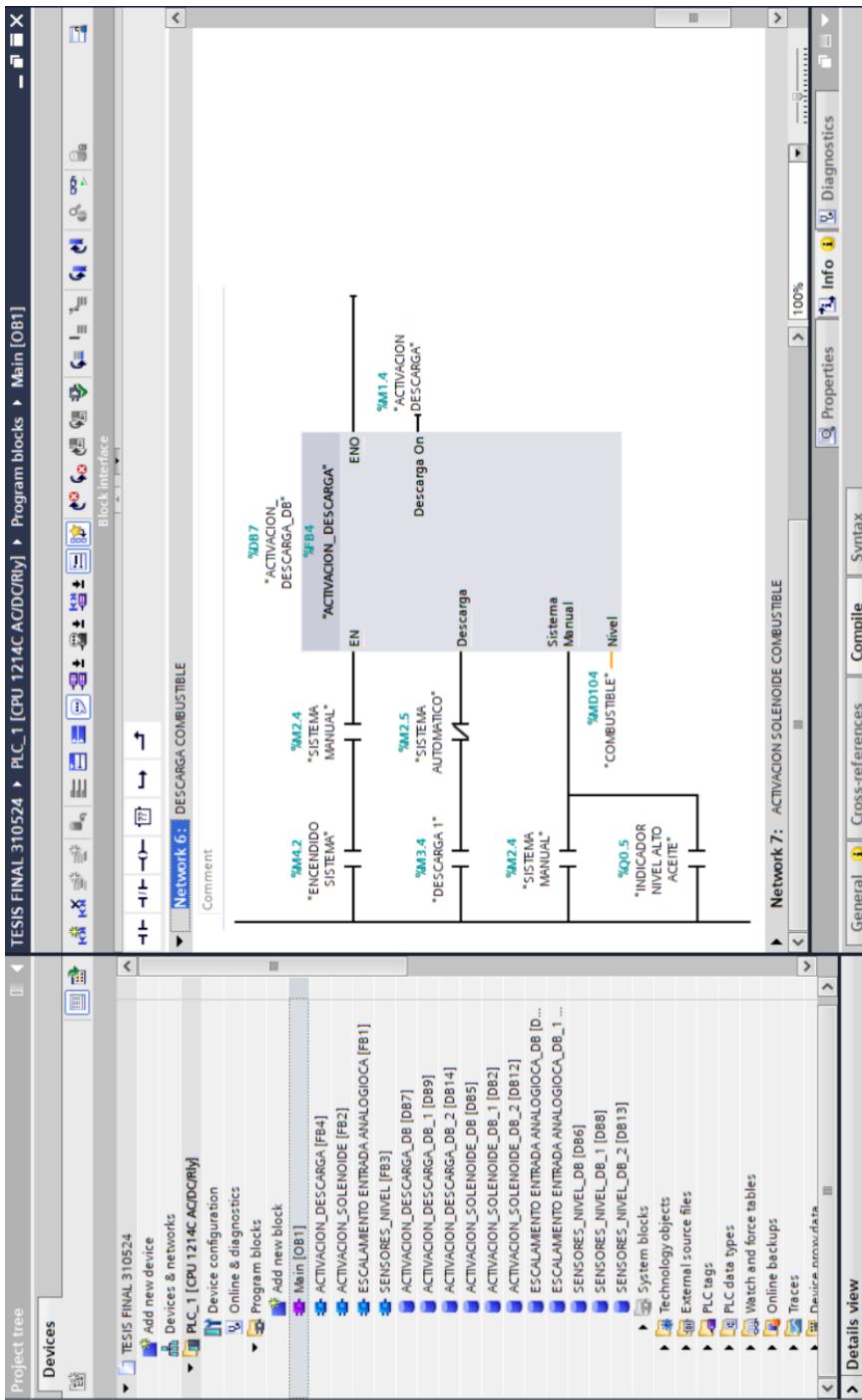


Figura 2.23 Descarga manual en rutina principal.

La Figura 2.24 muestra el bloque de función descarga es una entrada condicionante para activar o desactivar las salidas del bloque.

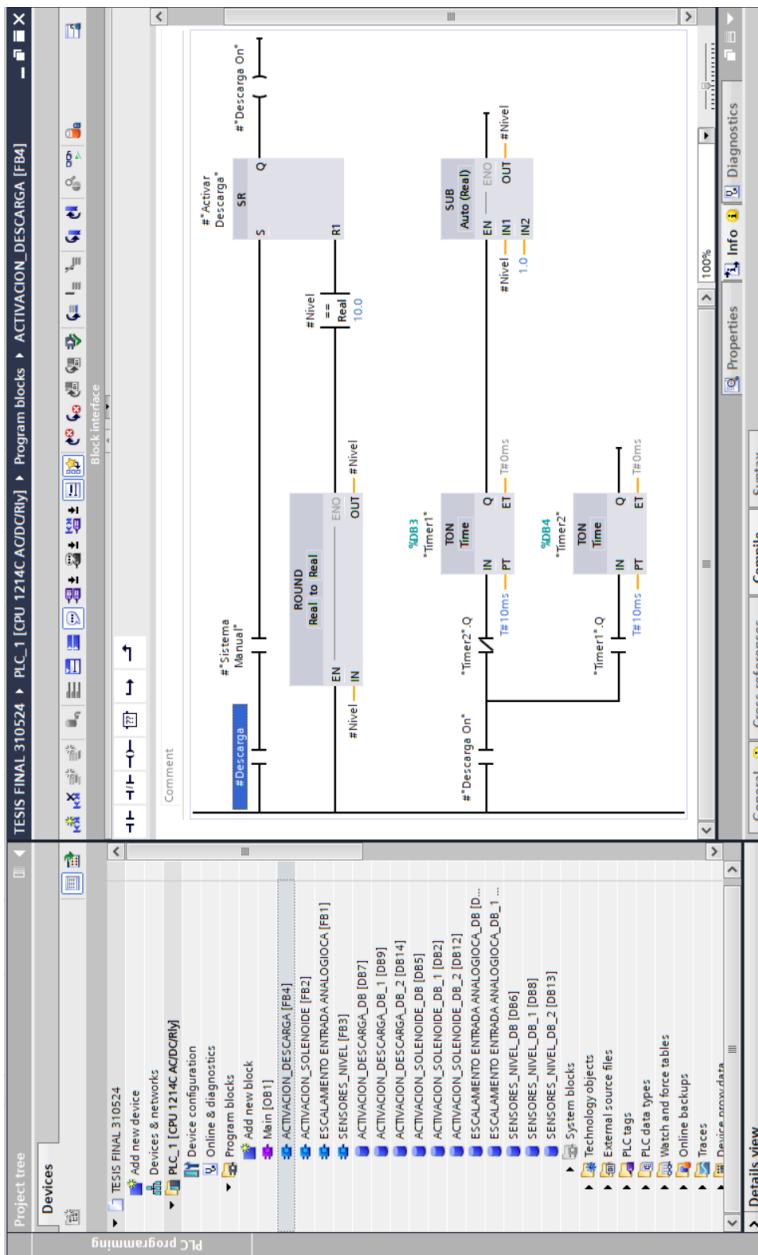


Figura 2.24 Bloque de función de descarga.

2.6.3 Rutina para la activación de los solenoides

La rutina para la activación de los solenoides/bombas para el abastecimiento de fluidos principales del generador se compone de un FB denominado “ACTIVACION_SOLENOIDE”, este posee 8 entradas lógicas y 1 entrada analógica, el cual controla y simula la activación automática de las bombas para el llenado de fluidos cuando se pasa el sistema a modo automático.

Los valores analógicos entran por la entrada “nivel” del bloque de función los cuales han sido enviados desde el sistema de monitoreo para establecer un set point mínimo para activar los solenoides para el llenado automático de los tanques.

La figura 2.25 nos muestra un FB denominado “ACTIVACIONSOLENOIDE”, este posee 8 entradas lógicas y 1 entrada analógica, el cual controla y simula la activación automática de las bombas para el llenado de fluidos cuando se pasa el sistema a modo automático.

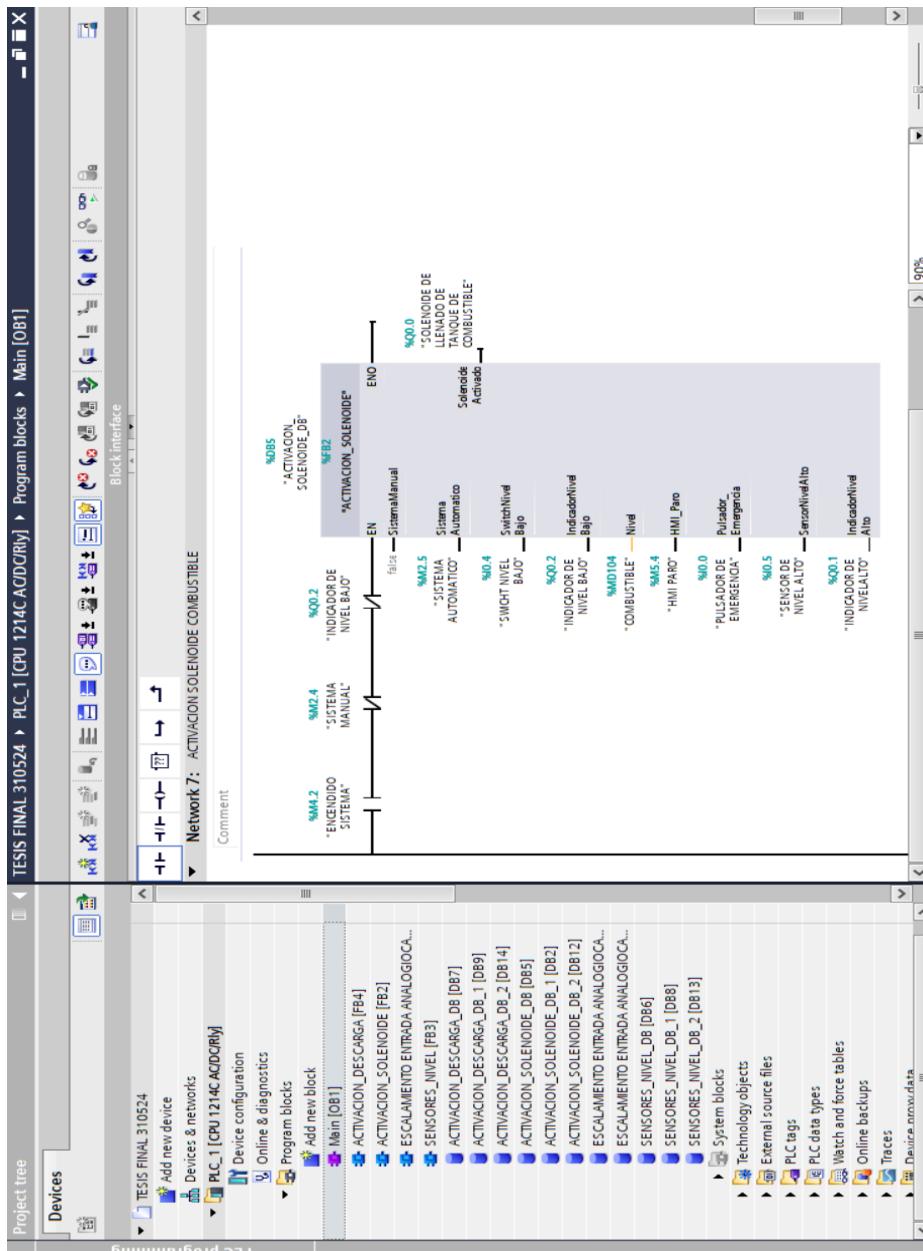


Figura 2.25 Activación de solenoide de combustible.

La figura 2.26 nos muestra un FB denominado “ACTIVACIONSOLENOIDE”, este posee 8 entradas lógicas y 1 entrada analógica, el cual controla y simula la activación automática de las bombas para el llenado de fluidos cuando se pasa el sistema a modo automático.

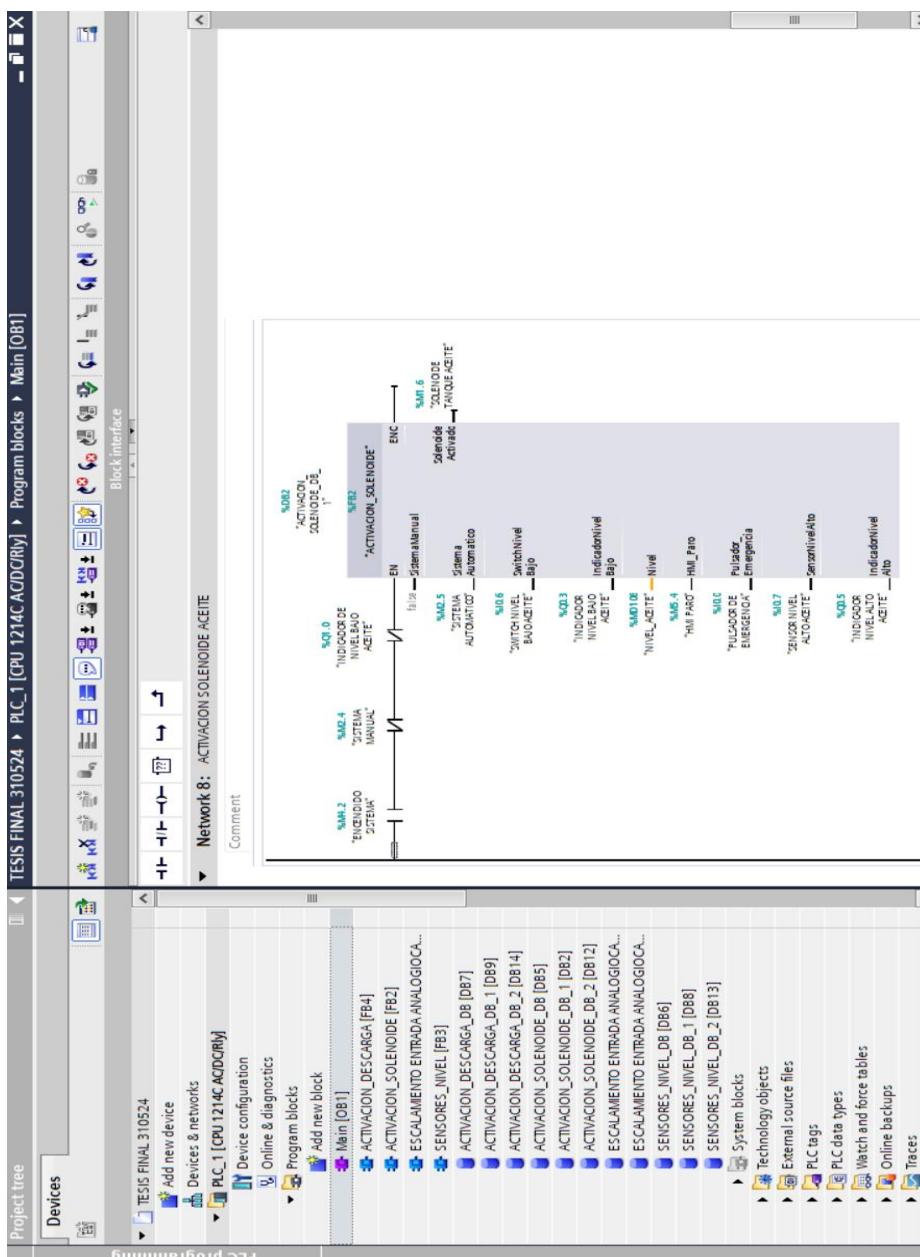


Figura 2.26 Activación de solenoide de aceite.

La figura 2.27 nos muestra la activación del solenoide en nuestra programación principal, este posee 8 entradas lógicas y 1 entrada analógica, el cual controla y simula la activación automática de las bombas para el llenado de fluidos cuando se pasa el sistema a modo automático.

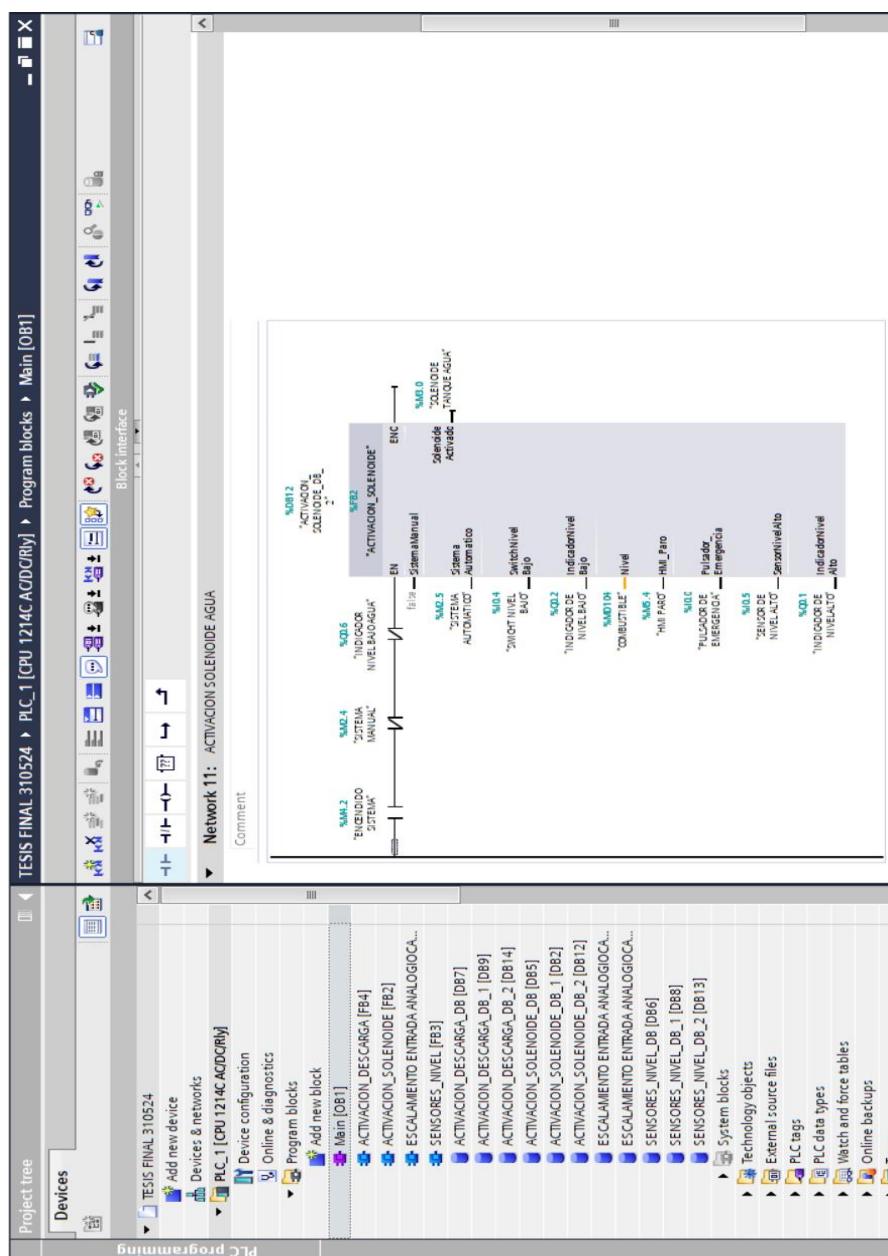


Figura 2.27 Activación de solenoide de agua.

La figura 2.28 nos muestra un FB denominado “ACTIVACION_SOLENOIDE”, este es el encargado de recibir/leer las entradas de mi plc , la cual se activara cuando el nivel analógico recibido sea superior a 0.

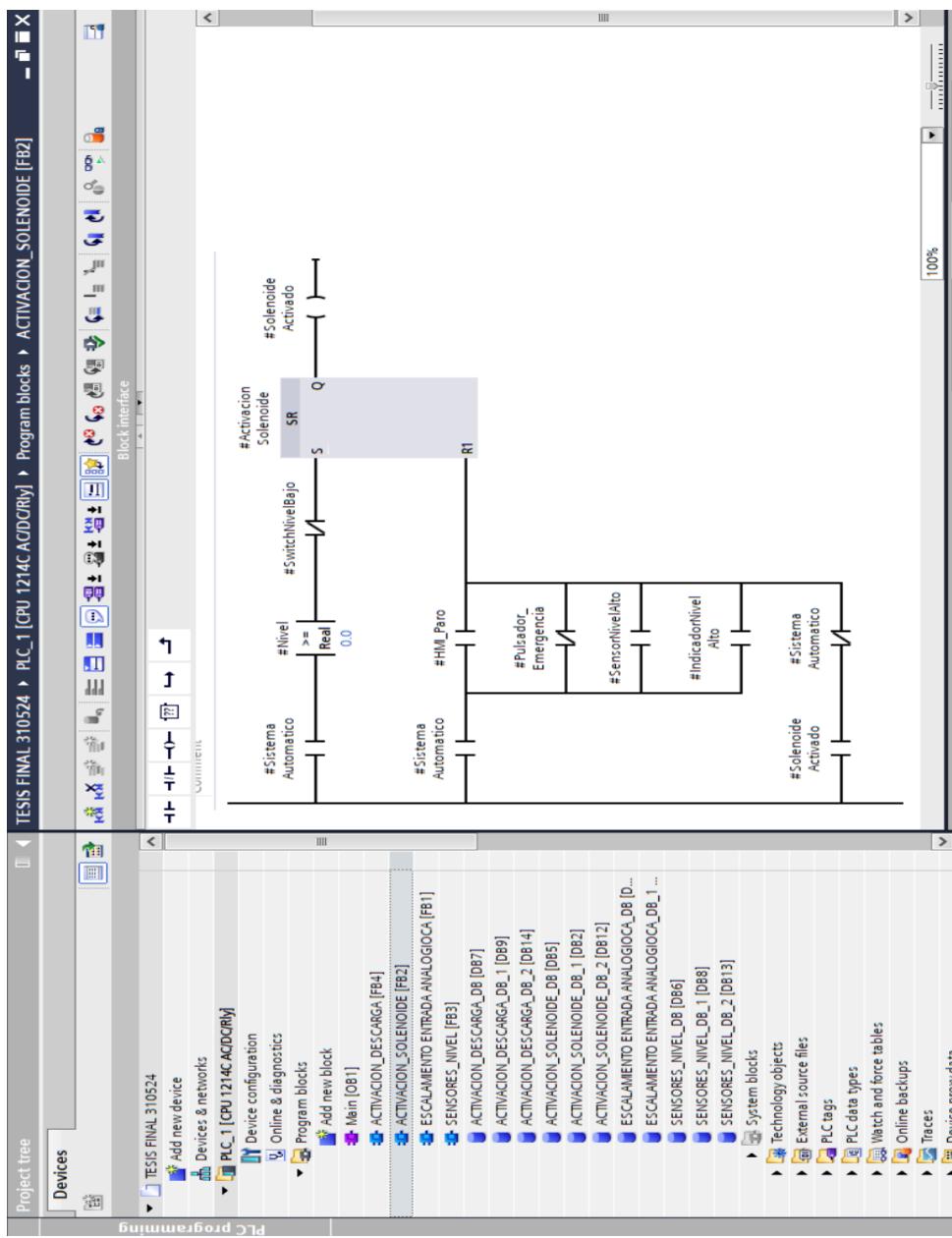


Figura 2.28 Activación del bloque de función.

2.6.4 Rutina para el escalamiento de la señal analógica

La figura 2.29 nos muestra los bloques NORM y SCALE que son funciones estándar utilizadas principalmente en sistemas de automatización para realizar conversiones lineales entre diferentes escalas de valores, lo cual es muy común cuando trabajamos con señales analógicas o variables que necesitan ser adaptadas entre diferentes rangos.

Estos bloques han sido ubicados dentro del bloque de función que se lo ha denominado como “ESCALAMIENTO DE ENTRADA ANALOGICA”, para lograr tener una programación ordenada y fluida al momento de implementar nuestra rutina principal.

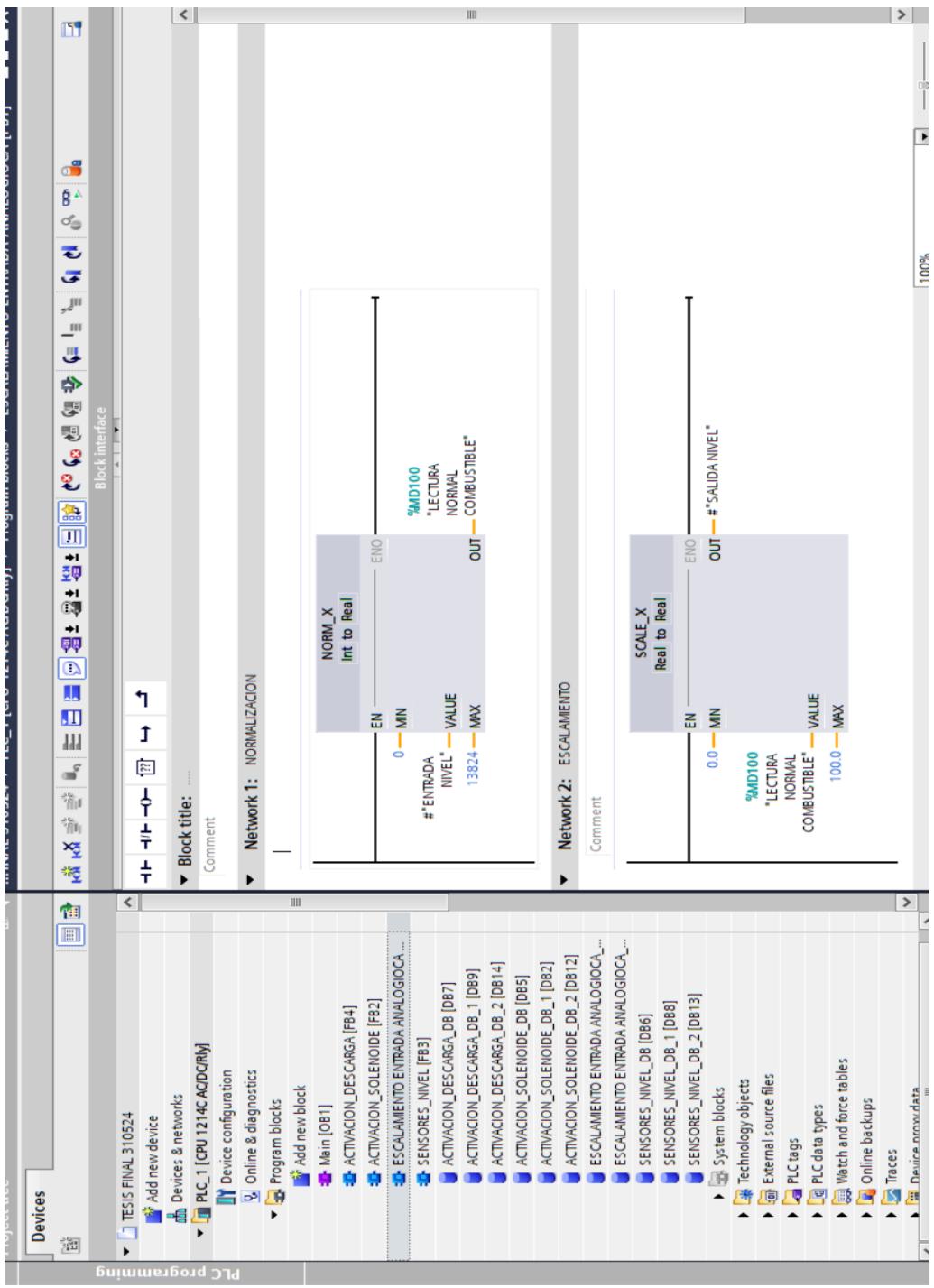


Figura 2.29 Bloque de funciones NORM y SCALE.

3. CAPÍTULO 3

3.1 Resultados.

El sistema de diésel en los Generadores de 400 Hz tuvo como inicio el abastecimiento de combustible en los tanques de almacenamiento de los generadores.

En la actualidad el sistema para el abastecimiento de combustible se lo realiza en forma manual, teniendo que parar las pruebas que se están realizando en el vehículo de combate para alternar con otro generador, así mientras el tanque TK1 (Fuel) de un generador está en funcionamiento, el tanque TK2 (T2) del otro generador se lo llena de manera manual, entrando así en modo reserva, esperando el vaciado de tanque TK1 (T1) y entrar en funcionamiento rotando así su operación.

El abastecimiento de diésel hacia los tanques principales se lo realizaba mediante tanqueros esto es casi a diario.

La infraestructura del sistema de diésel para los generadores de 400 Hz, en la actualidad está conformada, por los tanques de diésel, válvulas, tuberías, cañerías, pulmones de diésel, filtros hasta llegar a los generadores de 400 Hz.

Cada tanque tiene sus válvulas y tuberías de ingreso, salida y retorno de diésel. El ingreso de diésel se lo hacía por la parte superior del tanque, mientras que la salida de diésel del tanque hacia los generadores se lo realizaba por la parte inferior del tanque a través de válvulas las cuales permitían regular el flujo.

Cuando el consumo de corriente por fase de los generadores supera los 70 Ampere, se debe controlar el tiempo de uso de las fuentes externas de voltaje DC, debido al calentamiento de la misma, así para conservar la vida útil de las fuentes, y debido a

la importancia de las pruebas, se optaba por tener otro generador en reserva con su propia fuente de corriente adaptada. Esta simulación se ve reflejada en la pantalla creada dentro del entorno del plc , como se visualiza en la figura 3.1

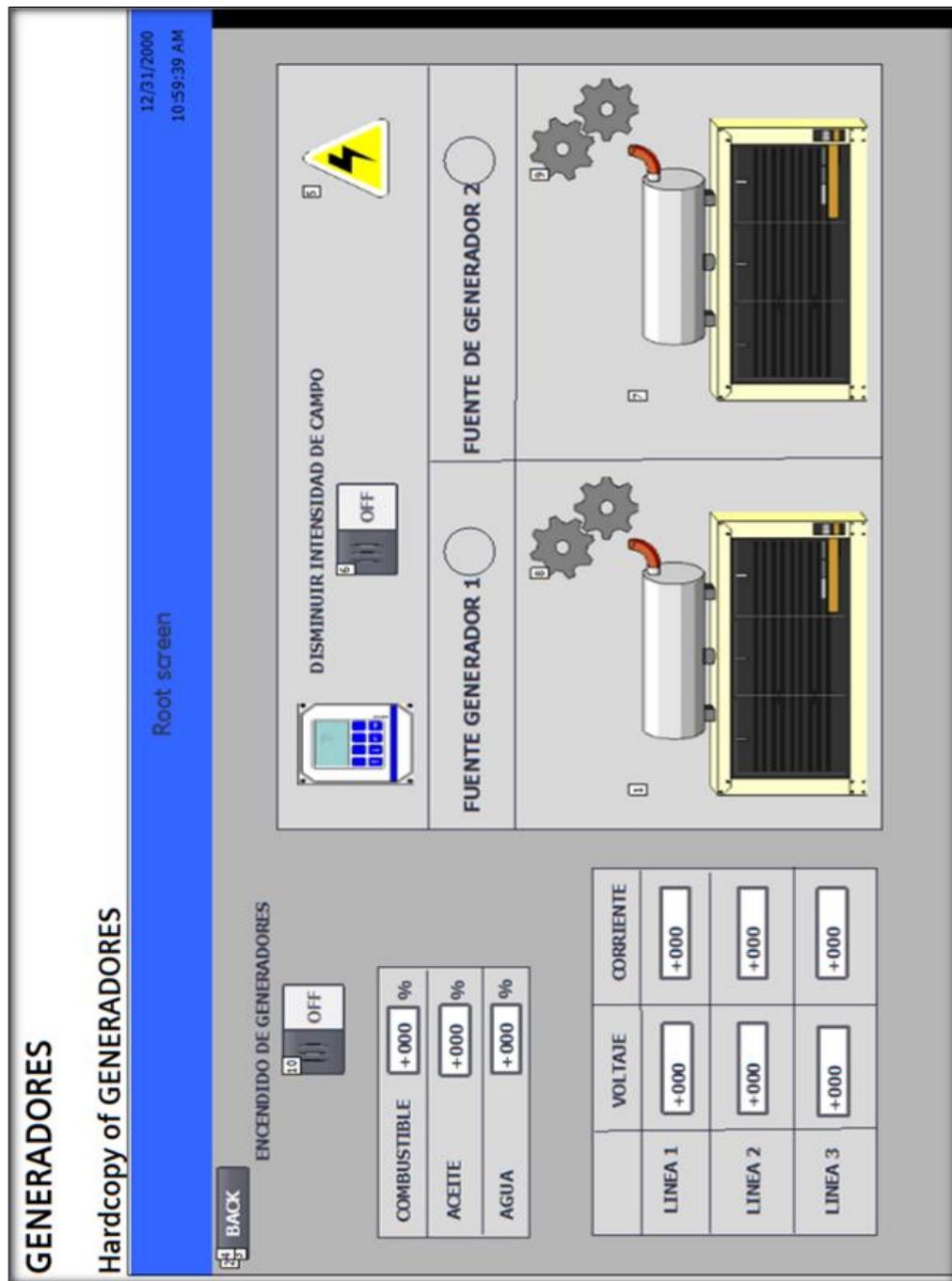


Figura 3.1 Simulación del Generador de 400 Hz a diésel.

En este capítulo, se presentaron los resultados obtenidos después de la simulación del sistema de automatización de generadores de 400 Hz y se llevará a cabo un análisis detallado de los mismos. La simulación del proceso Scada mediante 'LabVIEW', junto con el control realizado mediante TIA PORTAL, se esperó que conduzca a los siguientes resultados:

3.1.1 Control del generador.

En diversas condiciones operativas y ante perturbaciones externas. La automatización del sistema de control permitió una respuesta más rápida y precisa a las variaciones en la carga y las condiciones de operación, manteniendo la estabilidad del generador.

Al momento de habilitar la simulación de la falla en la fuente externa de los generadores, como se muestra en la figura 3.2, se realiza un intercambio de generadores, como se visualiza en la figura 3.3, procediendo a controlar el apagado del generador en uso, así como el encendido del generador de respaldo, garantizando la continuidad en las pruebas que se están realizando en el vehículo de combate.

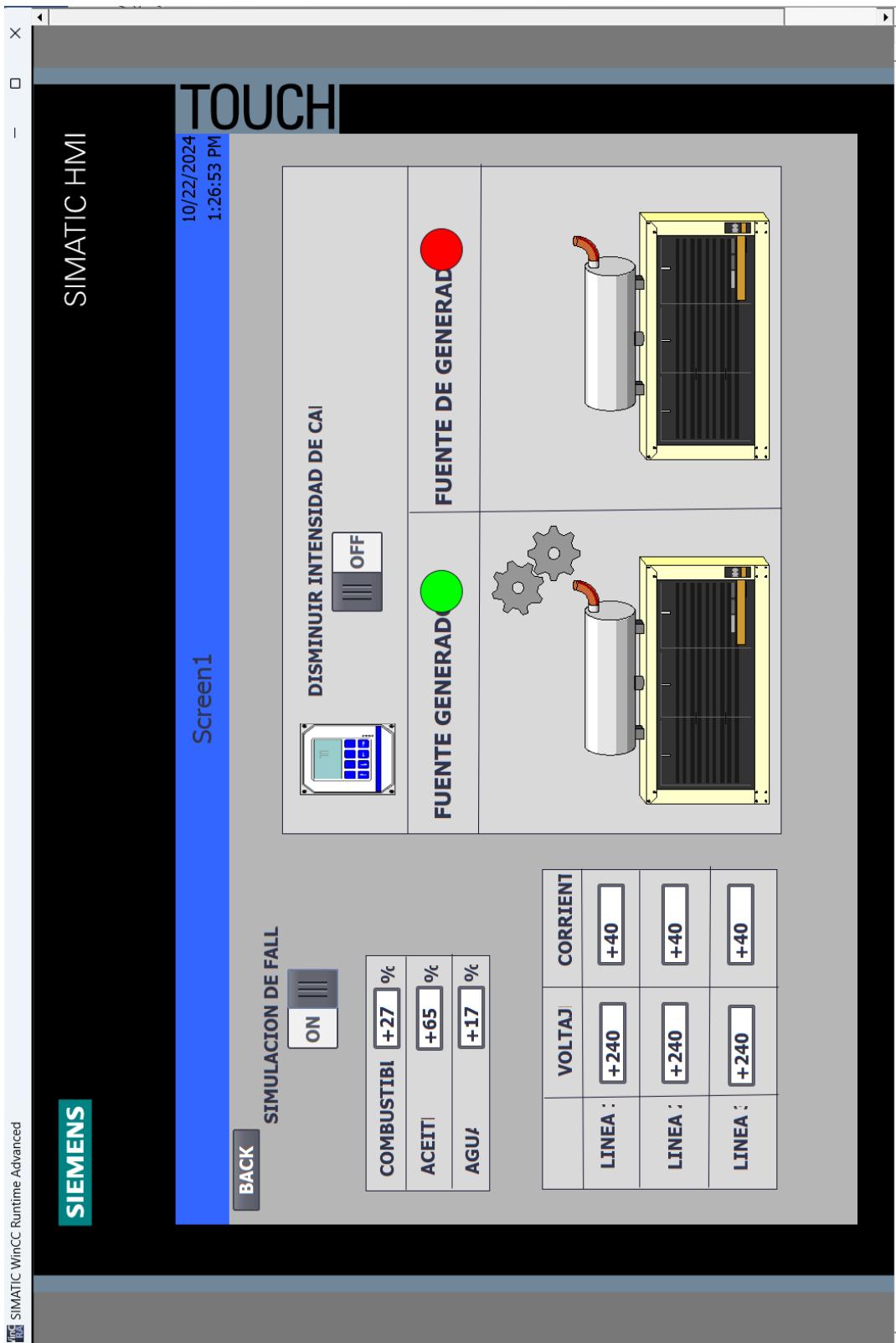


Figura 3.2 Simulación de falla para desactivación de generador auxiliar.

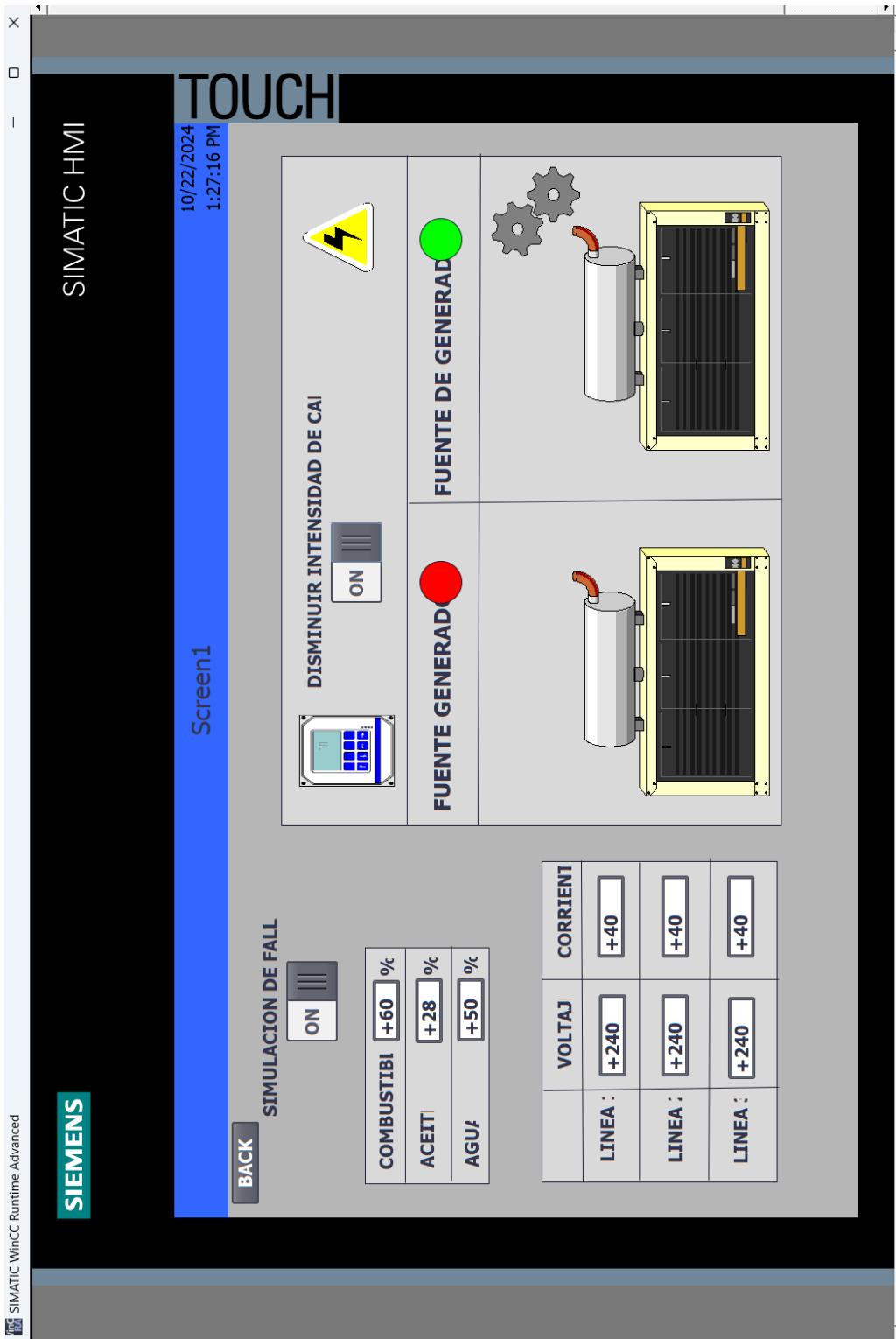


Figura 3.3 Simulación de falla para activación de generador auxiliar.

3.1.2 Detección y control automático de nivel de fluidos.

Para reducir el tiempo de inactividad del generador. El sistema fue equipado con un sistema para censar los niveles de fluidos presente en los generadores y controlar mediante bombas externas el abastecimiento cuando los niveles son por debajo del indicador implementado, esta simulación se visualiza en la figura 3.4, 3.5 y 3.6. Controlando así de forma automática el abastecimiento de cada fluido presente en los generadores.

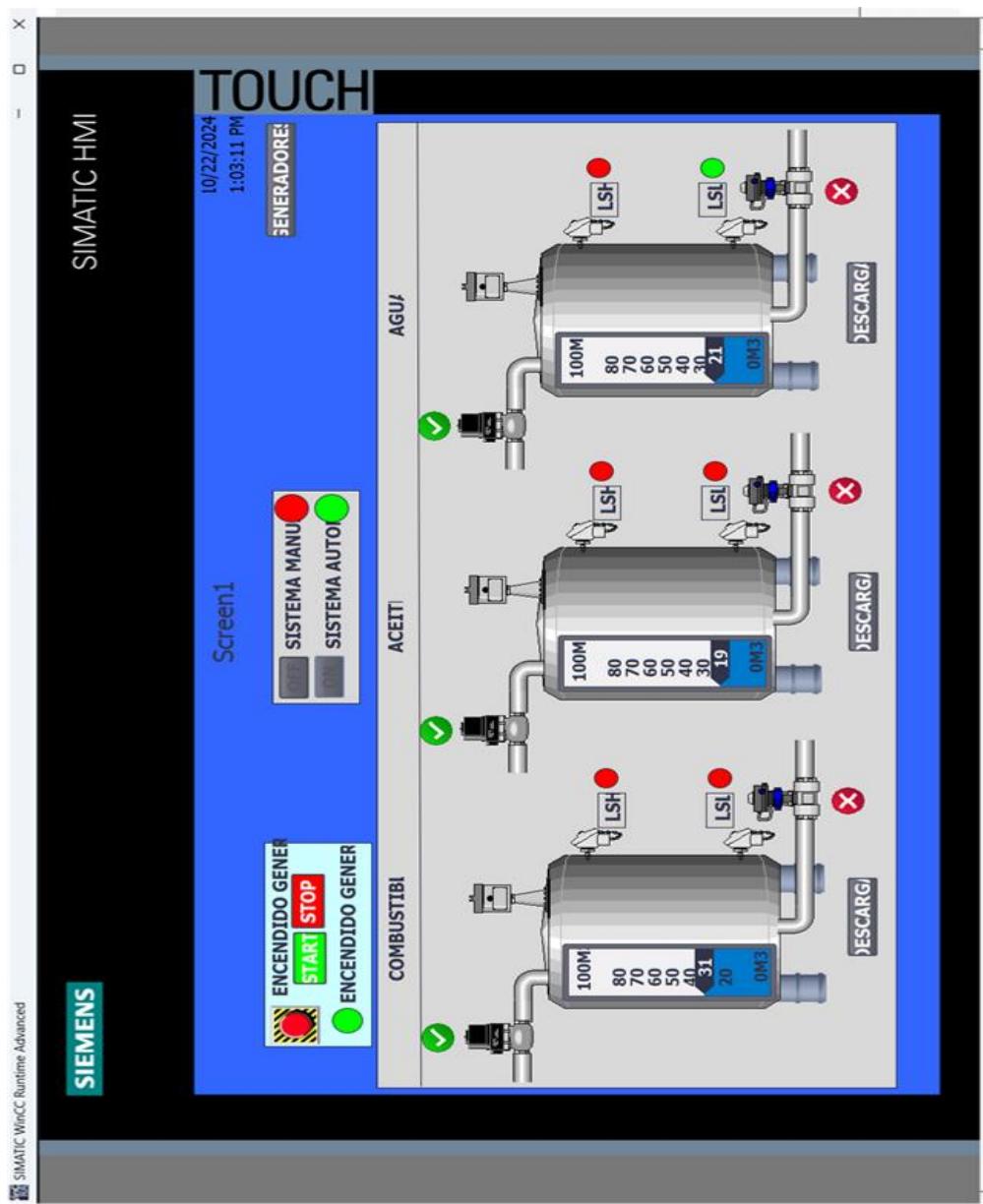


Figura 3.4 Funcionamiento del sistema de control y llenado.

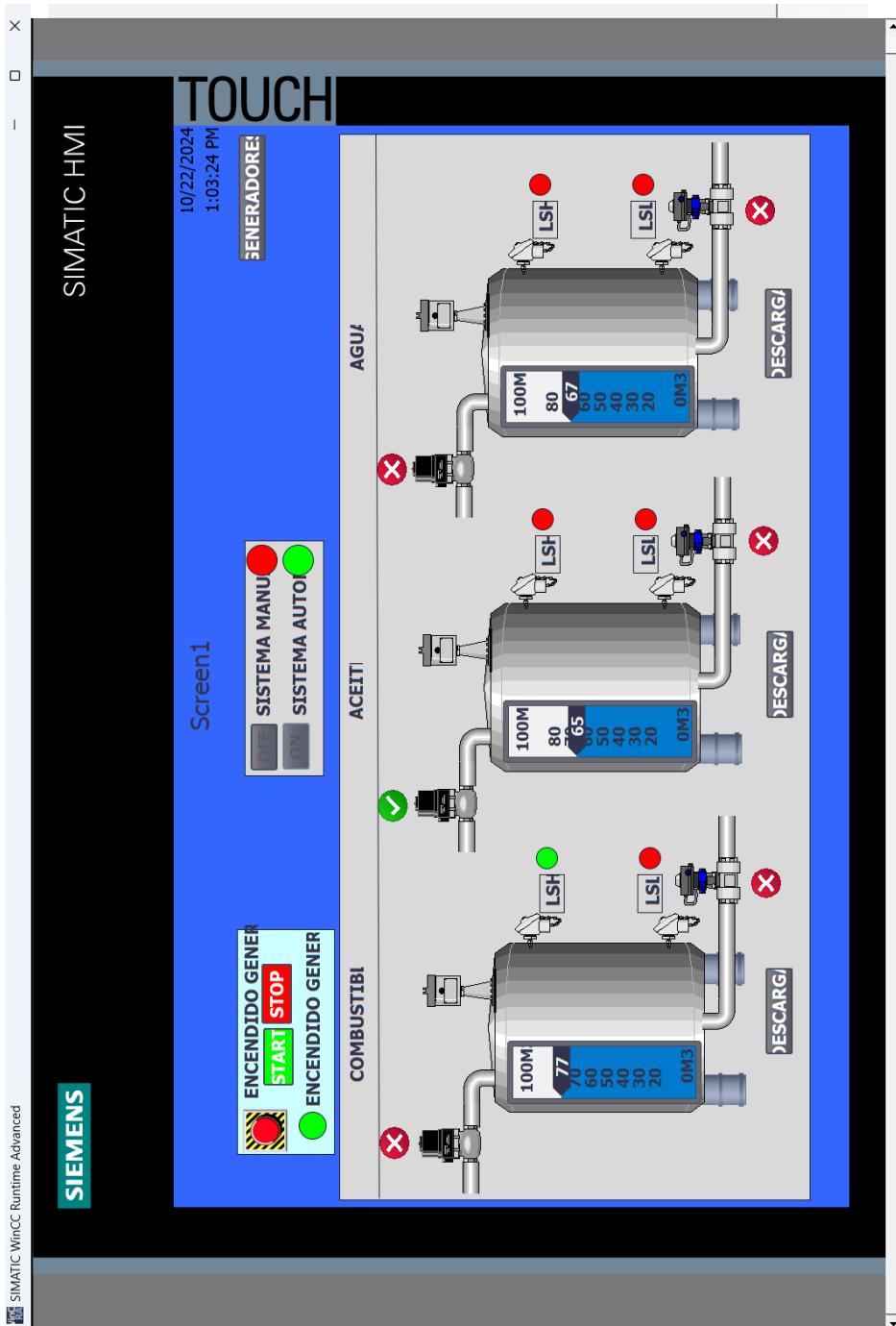


Figura 3.5 Funcionamiento del sistema de control modo automático “apagado de solenoides por sensor” .

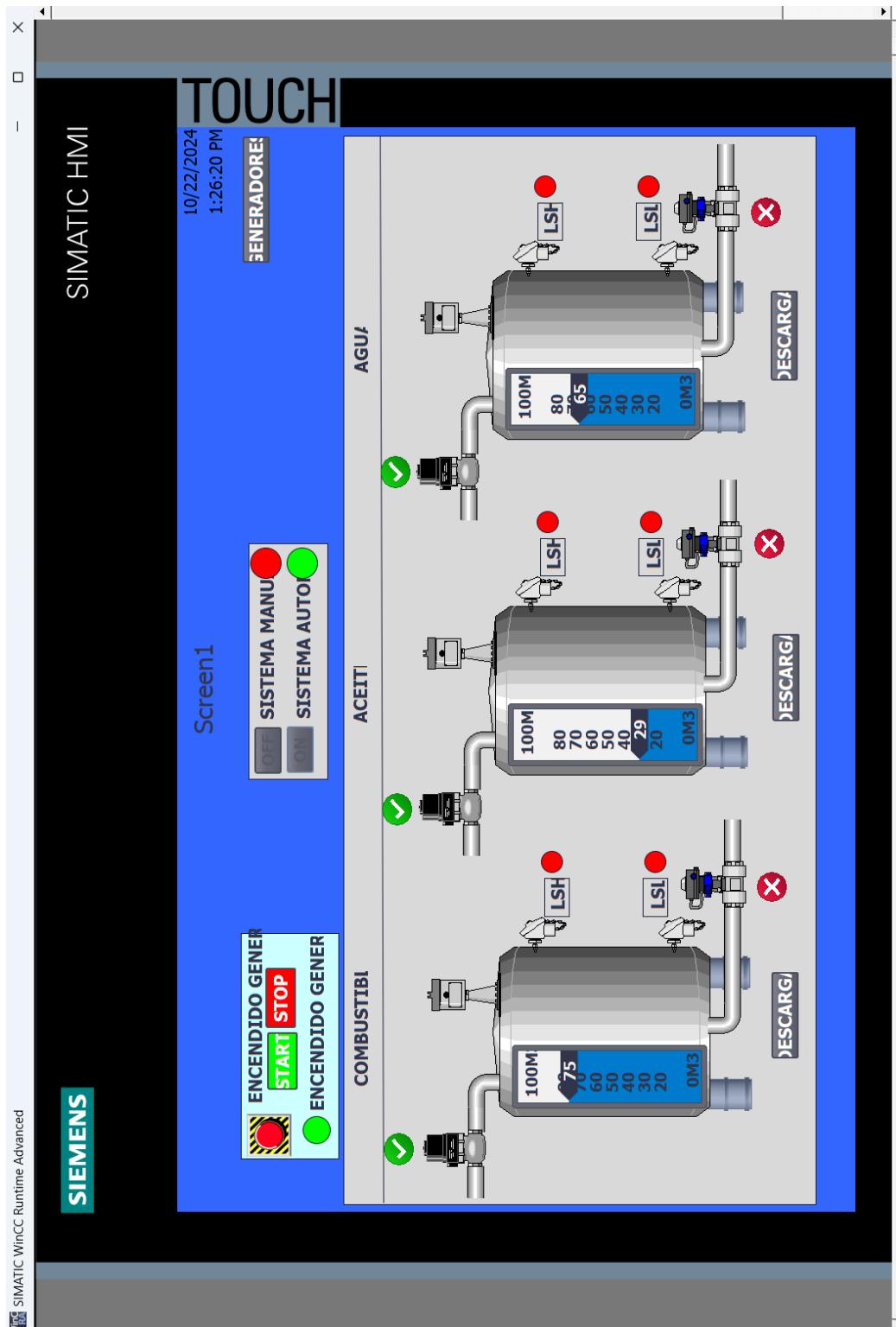


Figura 3.6 Funcionamiento del sistema de control modo automático “encendido de solenoides por sensor” .

Se simula los escenarios en donde el líquido llega al nivel máximo designado por el usuario, apagando los solenoides de llenado; así como su encendido en el momento en que los niveles llegan al mínimo designado por el usuario

3.1.3 Monitoreo del consumo de combustible.

A lo largo del tiempo mediante la recopilación de datos y registros históricos. Los datos recopilados permitieron el análisis y la identificación de áreas de mejora en el sistema de control. Permitiendo así una proyección sobre el gasto y consumo de combustible de los generadores en base a la información recopilada.

El registro histórico se queda almacenado en una carpeta de origen local en formato HTML para agilizar el proceso de revisión de datos. Podemos ver el almacenamiento en el entorno de programación en la figura 3.7. Mientras que en la figura 3.8 apreciamos la grafica de consumo de combustible vs tiempo

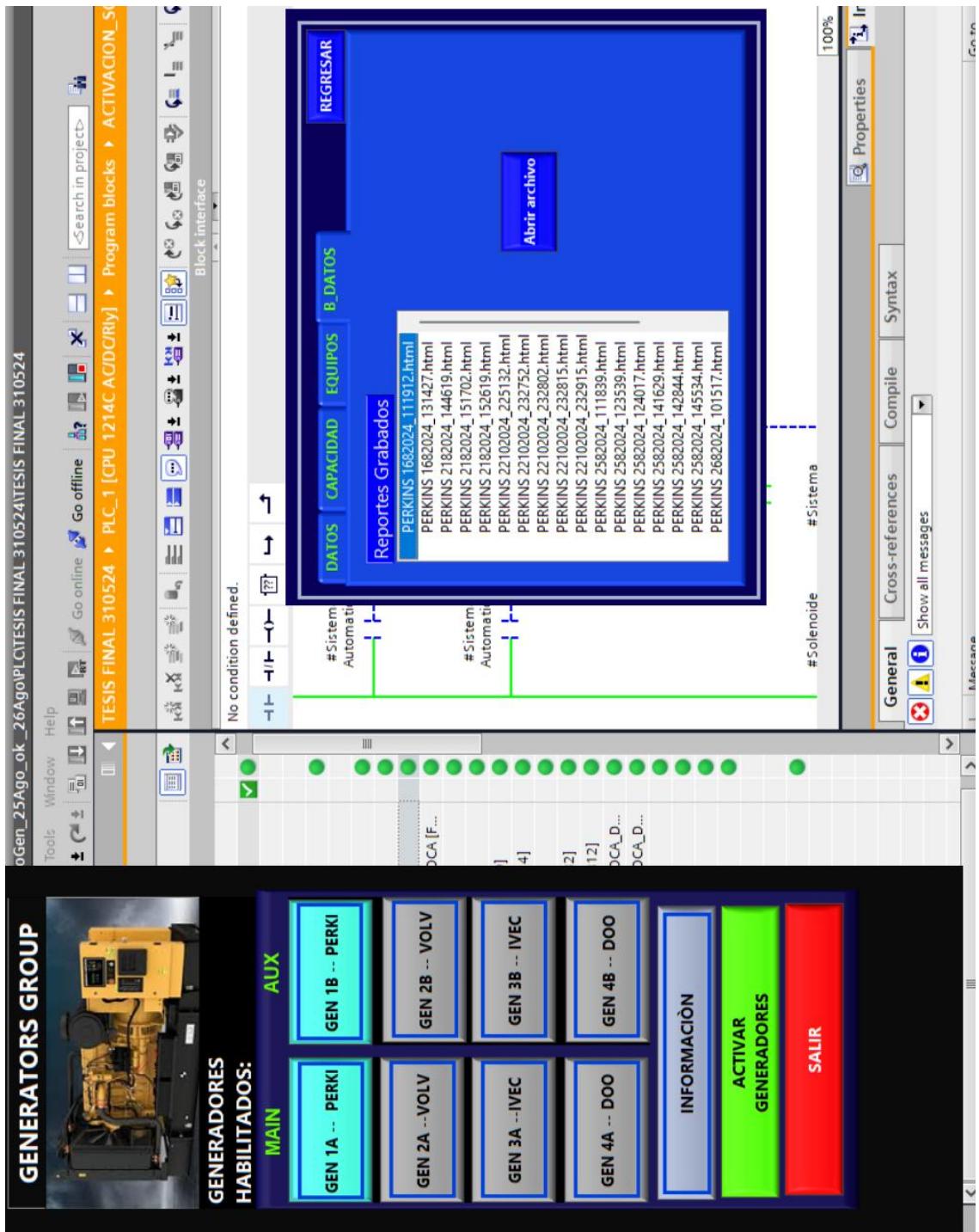


Figura 3.7 Reportes generados y selección de generadores activos.

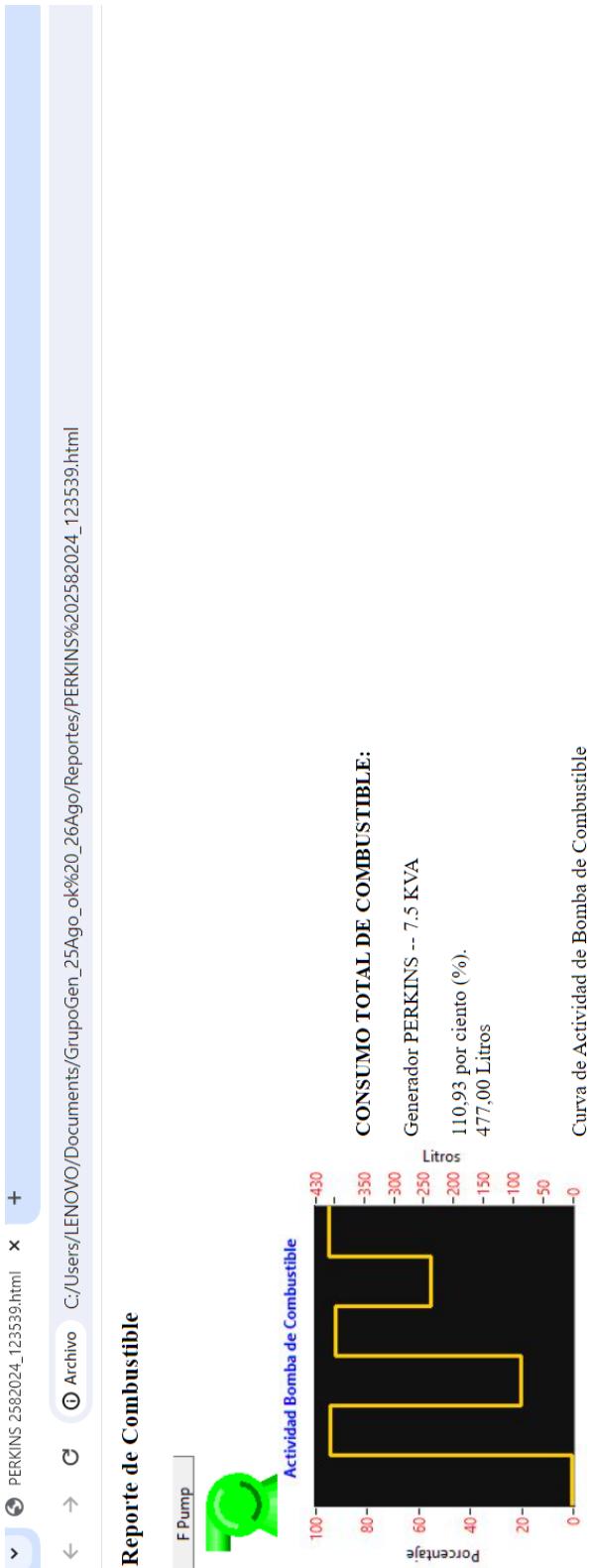


Figura 3.8 Grafico de consumo de combustible vs tiempo.

3.1.4 Adaptación de la purga de fluidos para su mantenimiento mensual.

Mediante la activación de “Sistema manual”, permite desactivar el control automático de las bombas cuando el nivel del líquido llegue a su nivel más bajo, como se muestra en la figura 3.9, esto a su vez abriendo la posibilidad de conectar un solenoide de drenado de líquido para el vaciado total de los almacenamientos de líquidos de los generadores.

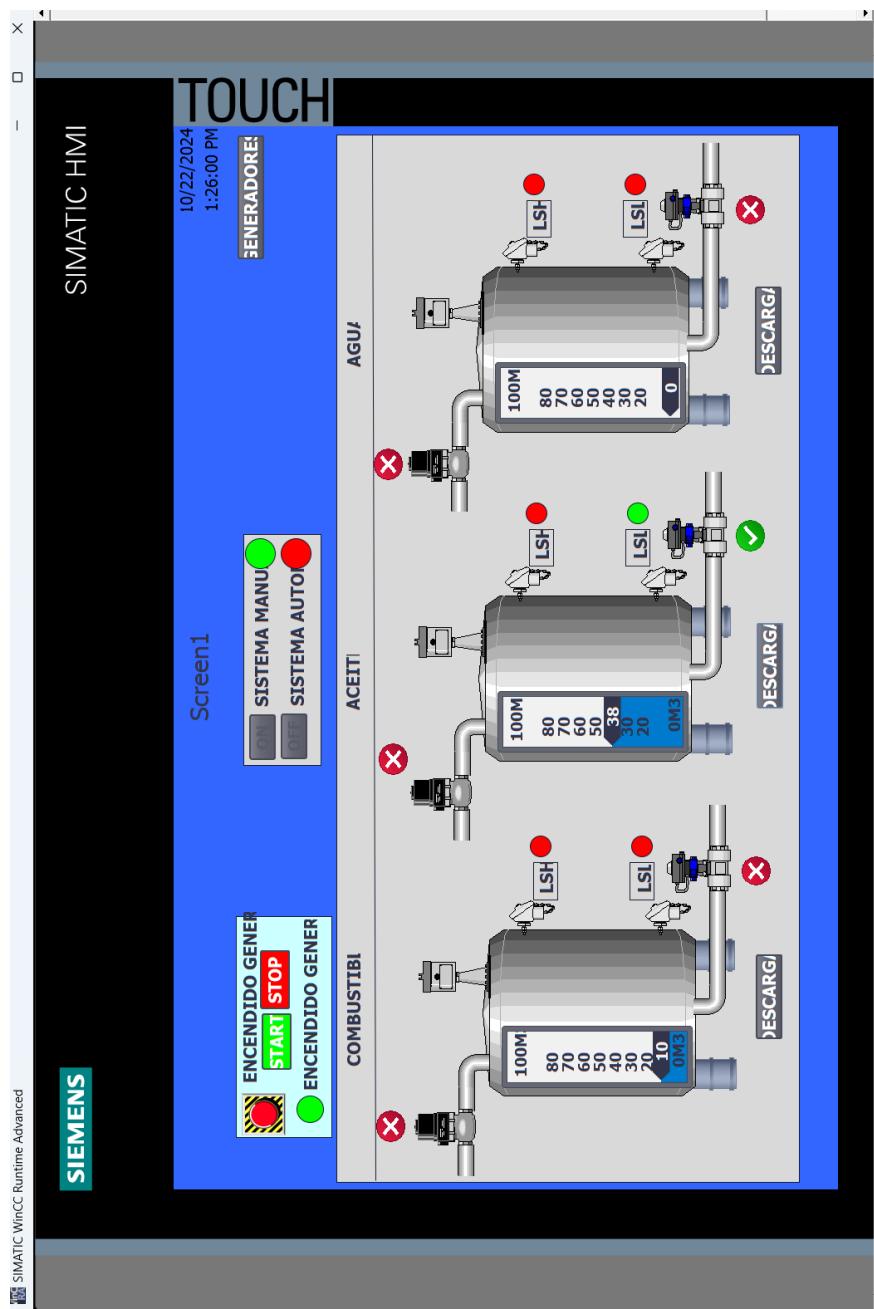


Figura 3.9 Solenoides apagados en sistema de control.

3.1.5 Crear una interfaz de prueba.

Previo al armado y diseño del cajetín, se diseñó en el programa de LabVIEW una interfaz para probar la comunicación entre LABVIEW y TIA PORTAL mediante la Tarjeta de adquisición de datos NI USB_6008.

En este entorno de pruebas, podemos activar directamente los solenoides, como se muestra en la figura 3.10, simulando así el control efectuado mediante del plc, esto es útil para poder corroborar que los datos analógicos que se envían mediante la Tarjeta de adquisición de datos NI USB_6008 están siendo recibidos correctamente en las entradas analógicas del PLC.

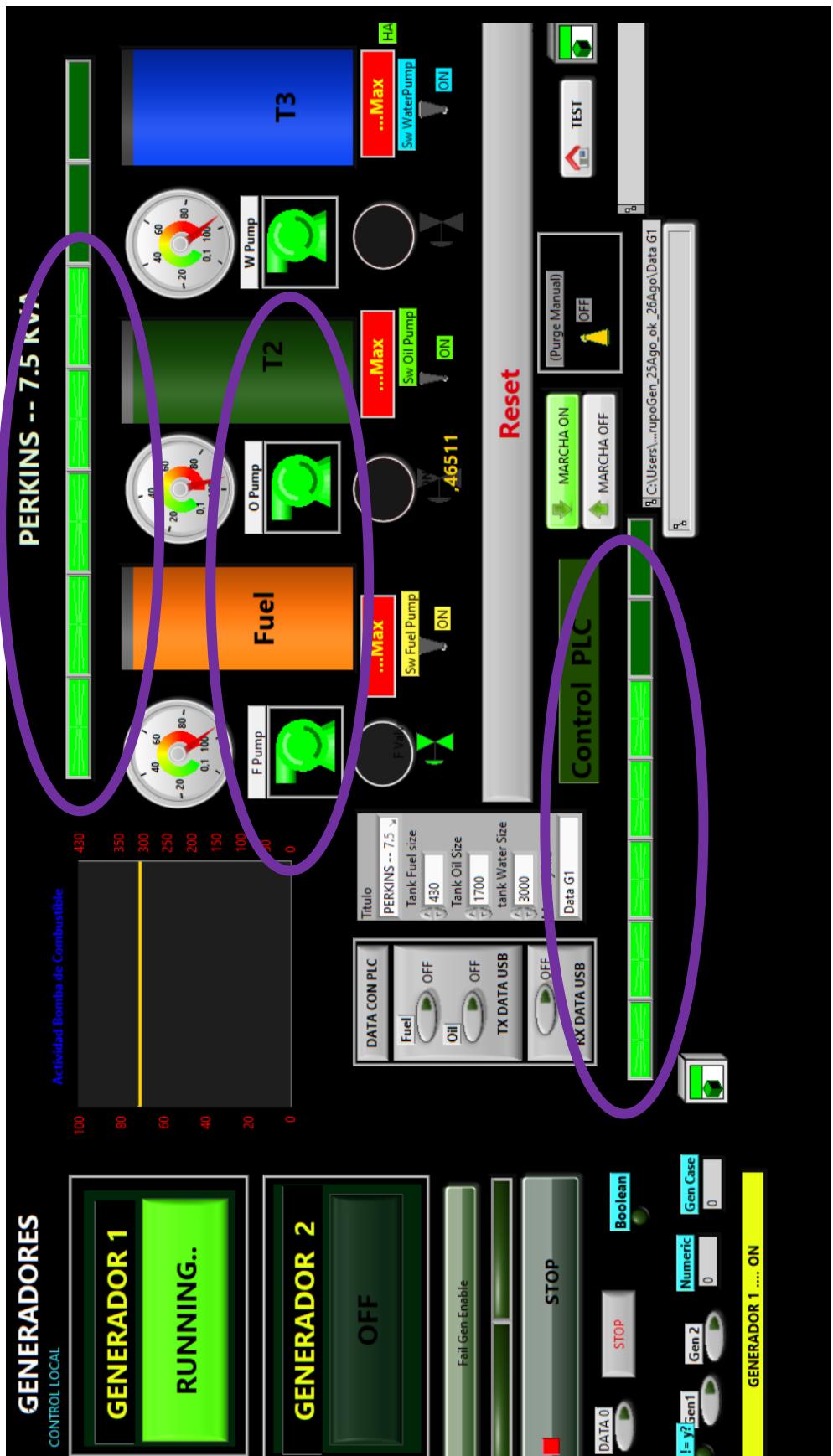


Figura 3.10 Solenoides activados.

Habiendo deshabilitado el sistema de control, podemos probar el funcionamiento de la programación de la interfaz mediante un monitoreo de forma manual, variando los niveles de tanques en un ambiente simulado sin recepción de datos al comprobar el llenado/drenado, activando los solenoides de la interfaz sin necesidad de establecer comunicación con el sistema de control.

Como se muestra en la figura 3.11

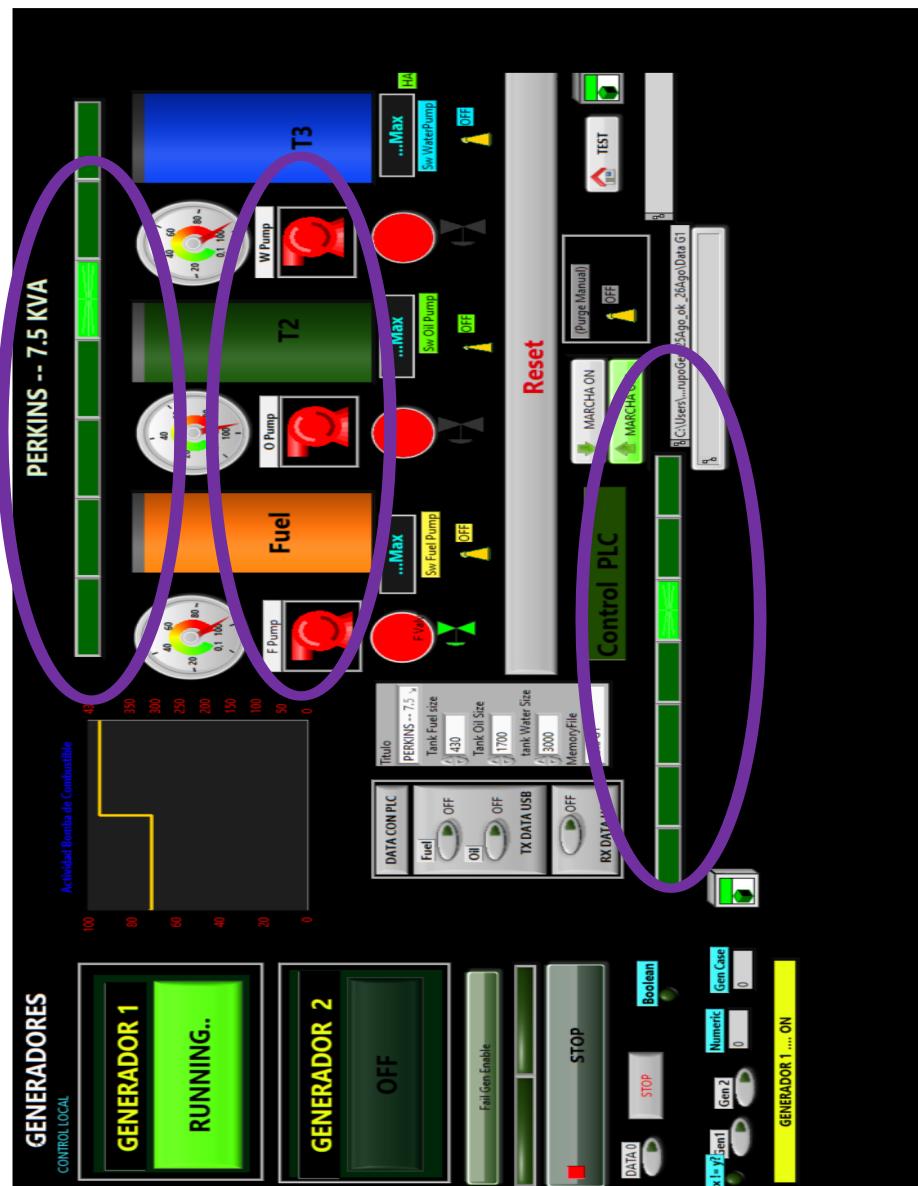


Figura 3.11 Indicadores de estado de las entradas y salidas del PLC.

Hay que aclarar, que como es un ambiente de prueba de la programación, no se está mandando activar ningún output de nuestro sistema de control.

Se puede activar y desactivar él envío de datos mediante el botón creado “RX DATA USB”, así como variar mediante el propio programa los distintos niveles de los líquidos. Esto se visualiza en la figura 3.12

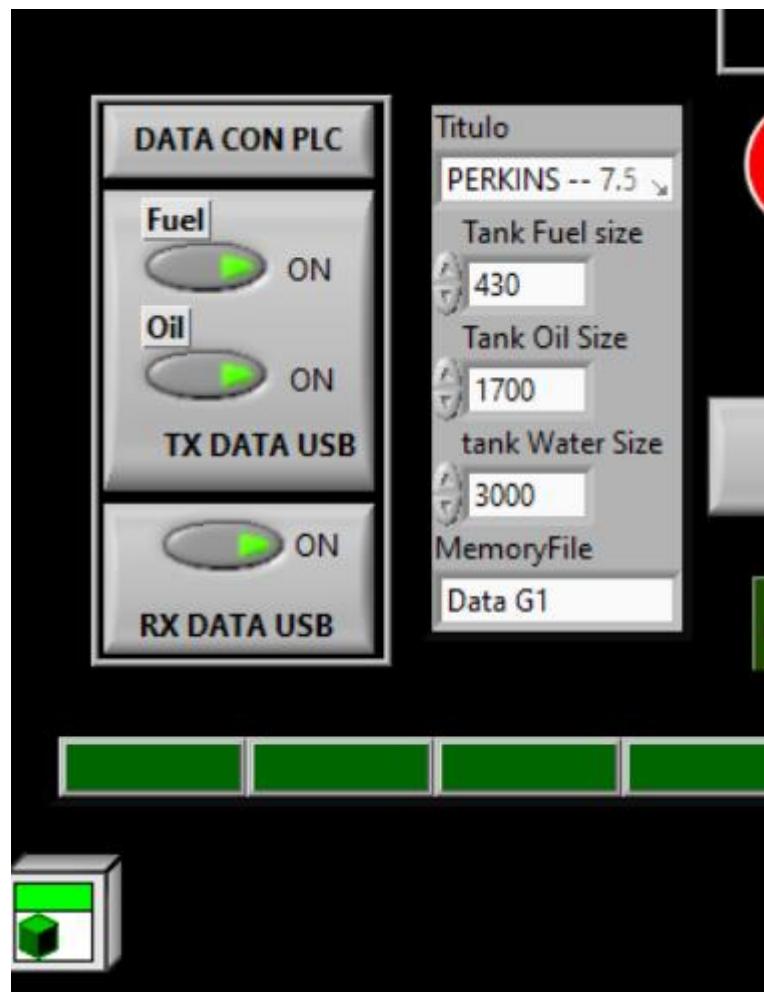


Figura 3.12 Pantalla para apagado de envío de datos.

En la ventana test, que se muestra en la figura 3.13, se diseñó un entorno de pruebas aleatorias, que nos permitirá visualizar el correcto envío de datos aleatorias mediante la tarjeta NI USB_6008.

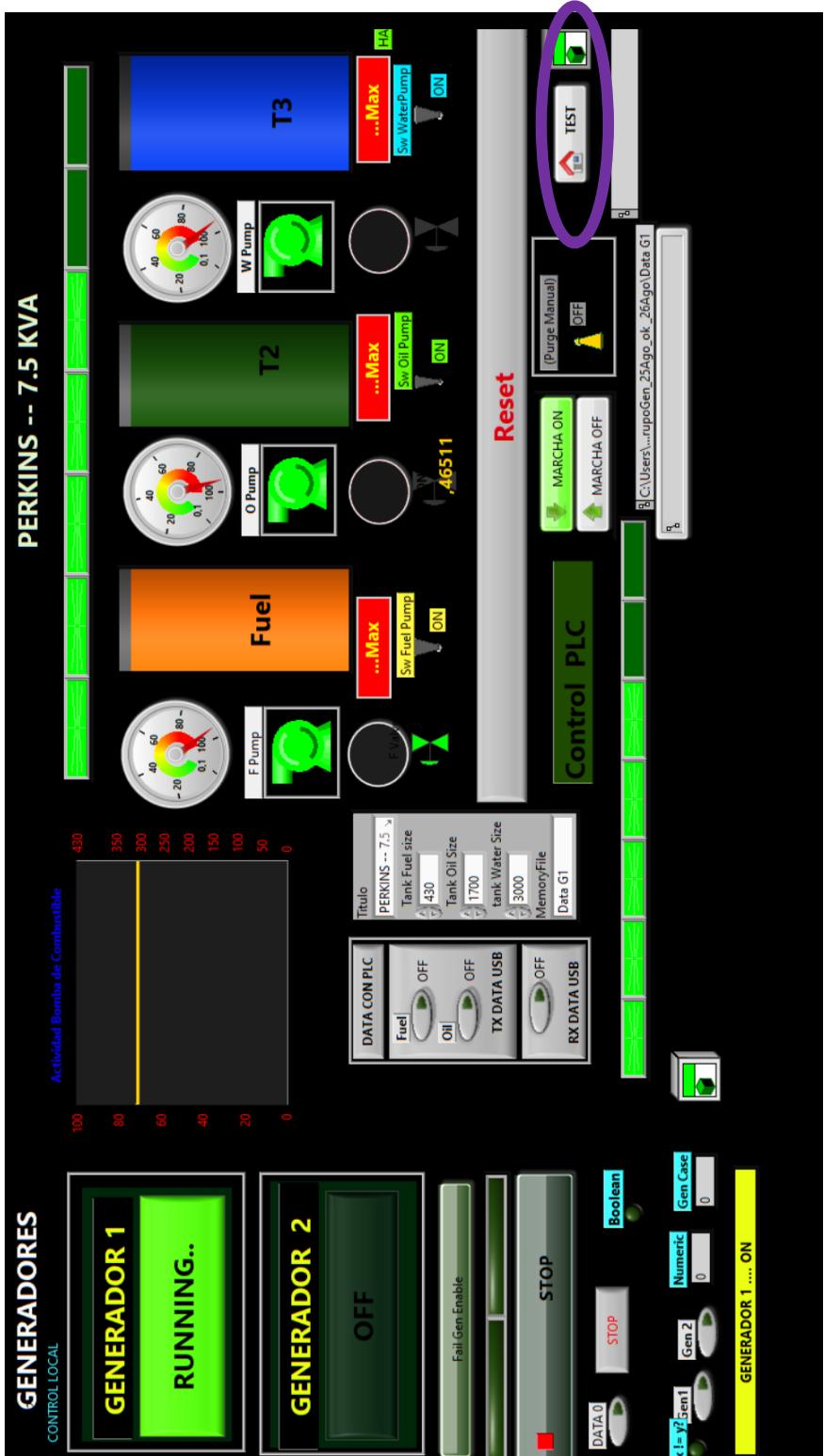


Figura 3.13 Opción “TEST” para comprobar que los datos están siendo recibidos por el sistema de control.

Se presenta la interfaz de la herramienta de diagnóstico de la programación en la figura 3.14 en la opción “TEST” , pantalla donde podremos mandar valores aleatorios a la tarjeta de adquisición de datos, esto se realiza para comprobar que esos datos si están siendo recibidos por el SISTEMA DE CONTROL.

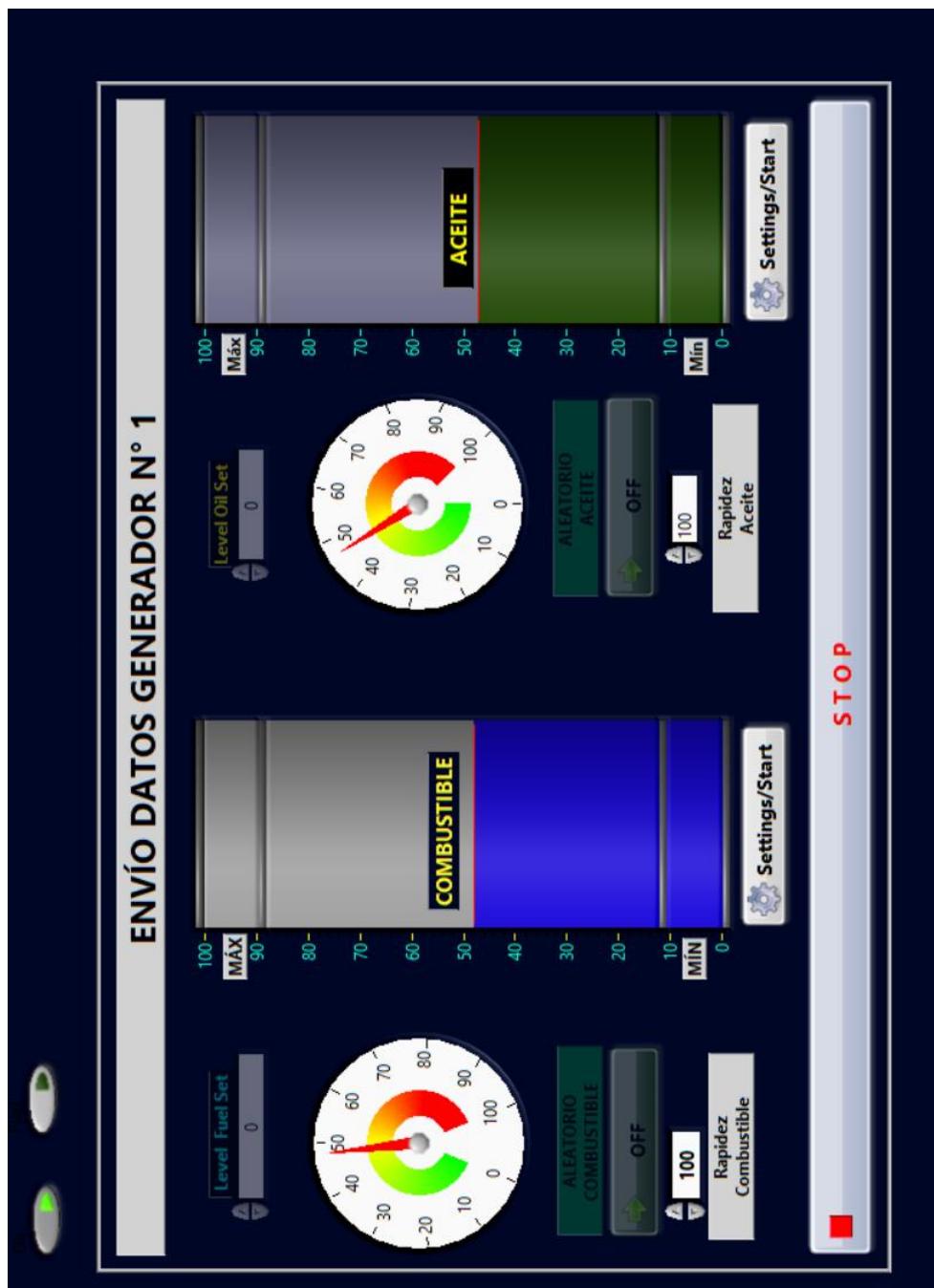


Figura 3.14 Interfaz de diagnóstico, envío de datos “ TEST” .

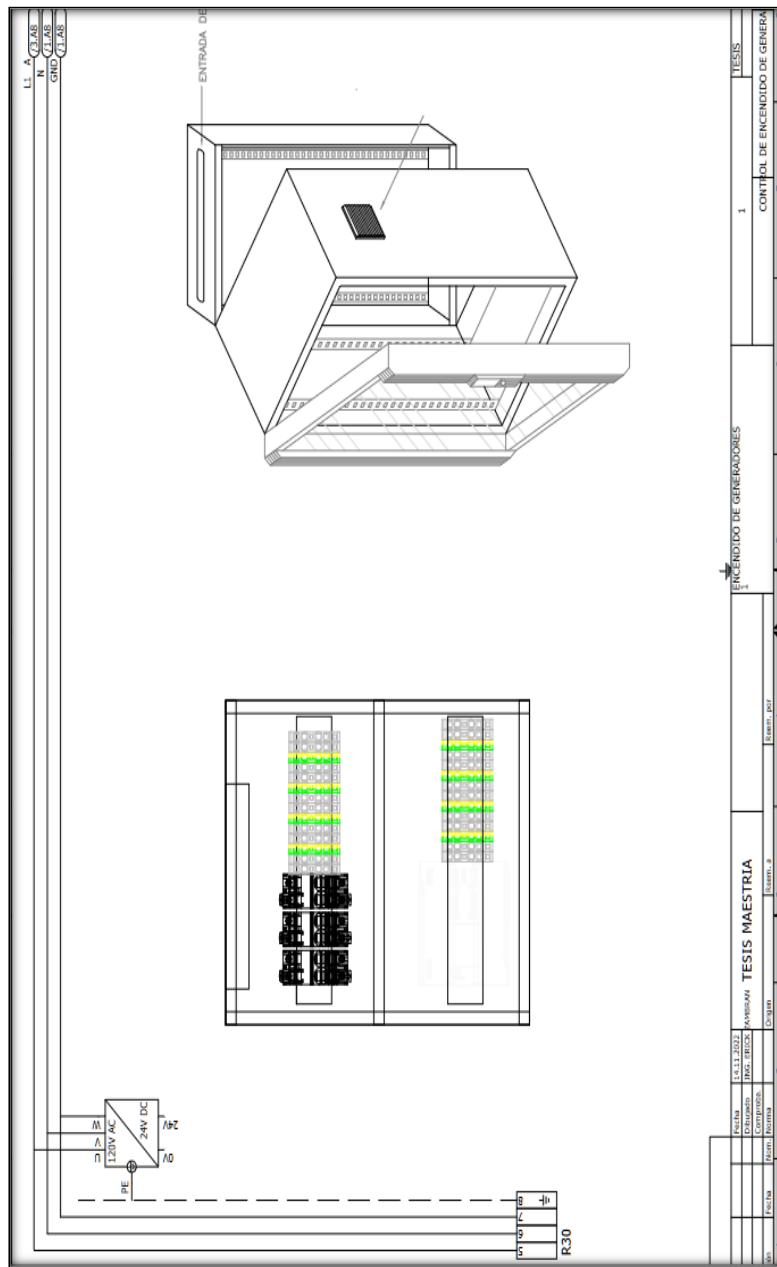
ANALISIS DE COSTOS		
Nombre del dispositivo.	Precio Unitario	Precio total
1 tarjeta de adquisición de datos NI USB_6008	\$ 450	\$ 450
1 PLC S71200 Se selecciono este Plc por su costo además que era suficiente para el desarrollo de nuestro proyecto. El S71500 está por los \$1200.	\$ 500	\$ 500
3 disyuntor de 2 polos	\$ 12	\$ 36
1 Fuente reguladora de voltaje 24 V_5 A _ 110/ 220 V	\$ 22	\$ 22
2 relés de 8 pines 110 V AC	\$ 5	\$ 10
8 relés Electromecánico 24 V CC	\$ 10	\$ 80
20 borneras para riel	\$1,20	\$24
1 gabinete Tablero metálico 45x 45x 20	\$30	\$30
2 luces pilotos	\$5	\$10
2 pulsadores CAMSCO metálico simple 22mm	\$2	\$4
TOTAL		\$ 816

Tabla 3.1. Análisis de costos

3.2 Diseño e implementación.

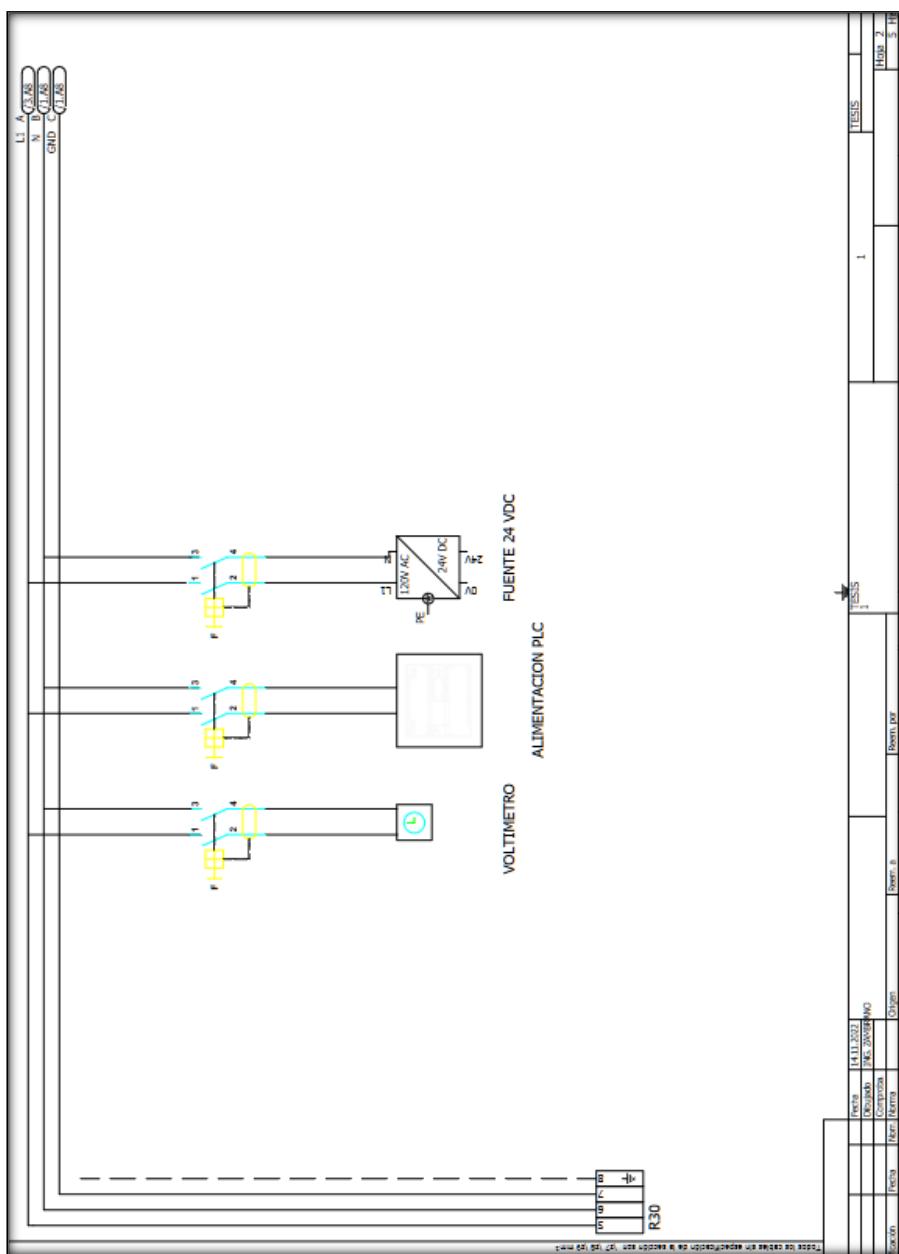
Una vez realizado la programación y haber logrado establecer una interfaz para pruebas, procedimos a diseñar un tablero en el cual va a ir instalado el PLC S7 1200, la tarjeta de adquisición de datos, así como los pulsadores para encendido del sistema, paro del sistema y pulsadores de emergencia.

Su diseño se presenta en el plano 3.1



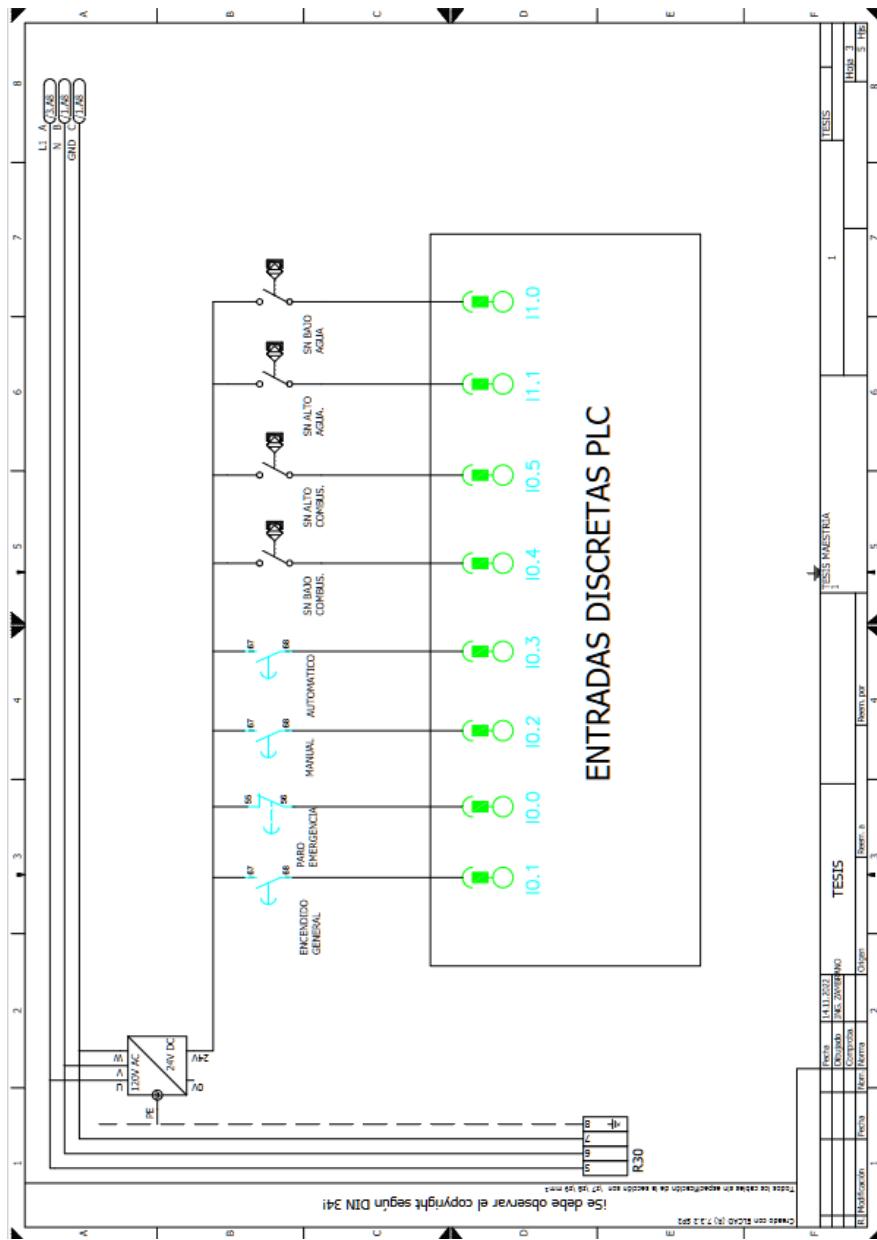
Plano 3.1. Diseño de tablero eléctrico. Montaje de disyuntores bipolares y borneras de riel din.

Se realiza el plano teniendo en consideración que, en el monitoreo del funcionamiento del generador, se debe instalar un voltímetro para ver que todos los valores a la salida del generador sea el indicado para el funcionamiento del vehículo de combate. Así como la alimentación del sistema de control, esto se muestra en el plano 3.2



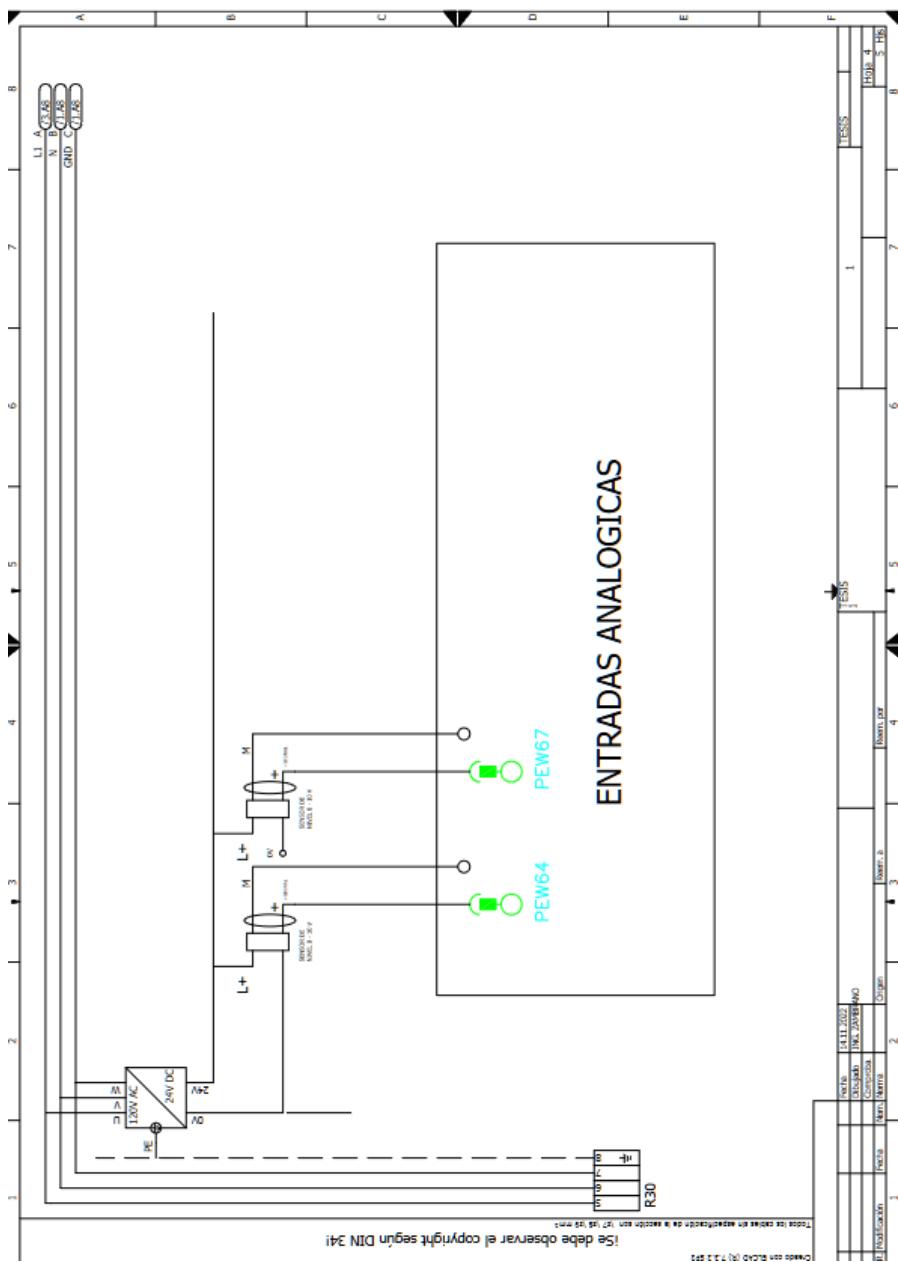
Plano 3.2. Alimentación y voltímetro, PLC y fuente de voltaje de 24 V DC.

Nos guiamos con el diagrama de flujo del plc para dibujar las entradas y salidas a usar, como se muestra en el plano 3.3



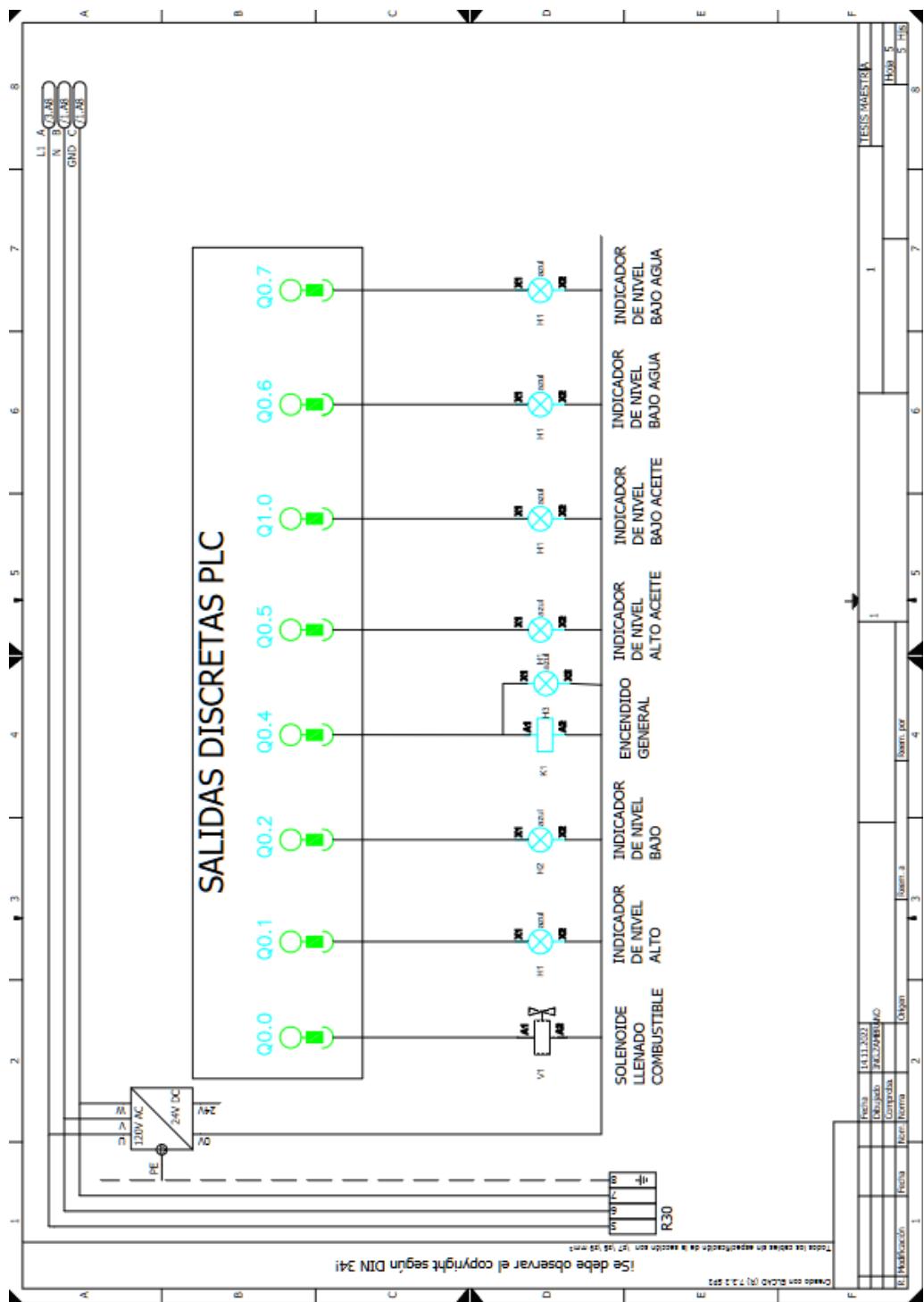
Plano 3.3. Conexión de los dispositivos de entrada al PLC

Con este diseño nos guiamos para saber cuántas entradas analógicas vamos a necesitar en nuestro proyecto como se muestra el plano 3.4



Plano 3.4. Conexión de sensores de nivel al PLC, uso de entradas PEW64 y PEW67.

Mientras que en el plano 3.5 diseñamos cuantas entradas y salidas discretas necesitaremos



Plano 3.5. Conexión de los dispositivos de salida (luces pilotos, solenoídes y relé).

Una vez teniendo los diseños y habiendo realizado el análisis de costo correspondiente procedemos a realizar la implementación de todos los componentes a usar en el proyecto.

La tarjeta de adquisición de datos NI USB_6008 es un dispositivo que tiene entradas y salidas analógicas/ digitales y un contador de 32 bits. Es utilizado en aplicaciones como registro de datos simples, medidas portátiles y experimentos de laboratorios. Puede conectar fácilmente sensores. Esta implementación queda demostrada en la figura 3.15



Figura 3.15 Tarjeta de adquisición de datos NI USB_6008.

En la figura 3.16 vemos el interior del tablero donde encontramos el PLC SIEMENS S7 1200 quien guarda la programación del proceso, una fuente de voltaje a 24 V dc para los dispositivos de control, disyuntores de 2 polos para energizar y proteger los dispositivos, relés de conmutación rápida que ayuda a la conmutación del proceso, borneras para riel donde conectamos los cables.



Figura 3.16 Vista frontal del tablero con los elementos de control y mando.

En la figura 3.17 vemos la parte frontal del tablero donde encontramos los pulsadores de paro de emergencia, marcha, paro y luces pilotos. Además, un voltímetro analógico que indica el voltaje de alimentación del tablero.



Figura 3.17 Vista frontal del tablero, elementos de mando y luces pilotos.

4. CAPÍTULO 4

4.1 Conclusiones.

Las conclusiones más destacadas de esta investigación, que se enfoca en el control y monitoreo de combustible en un generador de 400 Hz a diésel de un carro de combate, son las siguientes:

- Se lograron con éxito los objetivos establecidos.
- La simulación de un grupo de generadores con un sistema automatizado logró replicar los niveles de los fluidos y el control de bombas, permitiendo evaluar la respuesta del sistema ante diferentes escenarios operativos y su capacidad para gestionar variables como los minutos de uso, la temperatura y la corriente suministrada.
- Simular el ajuste automático de los procesos de control en función de las condiciones operativas cambiantes, utilizando la integración entre el PLC Siemens S7-1200, la tarjeta NI USB-6008 y LabVIEW. Esta simulación permitió evaluar cómo el sistema responde a fluctuaciones en variables críticas, como la temperatura y los niveles de los fluidos, optimizando el control y la gestión de los generadores simulados bajo distintos escenarios operativos.
- El protocolo de comunicación Ethernet es un medio mucho más rápido que el protocolo de comunicación Modbus para la ejecución de programas que han sido cargados en la CPU del PLC.
- El dispositivo USB 6008 es de bajo costo y versátil para la simulación de nuestro proyecto, tiene las funcionalidades básicas para los experimentos virtuales que hemos llevado a cabo.
- La aplicación HMI desarrollada es suficientemente

segura, confiable y amigable por lo que es apto para la manipulación por parte del personal que no tengan la experiencia necesaria en el manejo de este tipo de sistemas.

4.2 Recomendaciones

Para futuras investigaciones en el campo de la automatización para controlar y monitorear el nivel de combustible en los tanques o reservorios de los generadores de 400 Hz para vehículos o carros de combate militares y de defensa, se recomienda explorar las siguientes áreas:

- Antes de poner en marcha los equipos de control, se recomienda comprobar varias veces si es necesario las conexiones del cableado, es decir verificar ajustes en terminales y descartar posibles daños en los equipos.
- Para evitar fallos en el HMI (Interface Hombre Maquina), se recomienda verificar la capacidad de procesamiento de este, lo cual haría que el HMI responda más rápido a los cambios de visualización.
- Cuando se requiera realizar algún cambio en el sistema es importante utilizar los diagramas de conexión eléctrica como guía, esto facilitara el trabajo, reducirá tiempos y evitara posibles errores y daños.
- Investigar soluciones avanzadas de control y monitoreo que permitan una transferencia aún más eficiente y rápida en situaciones críticas.
- Evaluar la implementación de tecnologías de energía alternativa para mejorar la autonomía de los carros de combate en el campo.
- Realizar estudios de casos adicionales en diferentes operaciones militares para adaptar y validar la aplicabilidad de la automatización en diversas situaciones.

5. BIBLIOGRAFIA

- Aldo J. Benitez, P. M. (30 de Abril de 2014). *IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)*. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6868474>
- Diana Suarez, J. S. (23 de Octubre de 2020). *Electron. Sci.: Theory Appl.*, vol. 1 no. 1 pp. 01-10. Obtenido de <https://doi.org/10.17981/cesta.01.01.2020.01>
- Garcia Alvarez, M. G. (2008). *Investigaciones europeas*, vol 14. Coruna : N 1.
- Group, I. G. (9 de April de 2004). www.itwgseggroup.com.
- Jose Boher, M. A. (30 de Abril de 2020). *IEEE* . Obtenido de ARGECON: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9505403>
- Luis Ivan Ruiz Flores, B. G. (26 de Marzo de 2024). *UTC from IEEE Xplore*.
- Muzo, M. C. (30 de Abril de 2009). *DOCPLAYER*. Obtenido de <https://docplayer.es/88722223-Universidad-tecnica-de-ambato-facultad-de-ingenieria-en-sistemas-electronica-e-industrial-carrera-de-ingenieria-electronica-y-comunicaciones.html>
- Pabel Cardenas, M. M. (28 de Octubre de 2024). *IEEE Xplore*.
- Rodolfo Edgar Roses, M. d. (30 de Abril de 2022). *IEEE Xplore*. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9940086>
- Rodolfo Roses, M. d. (25 de Marzo de 2024). *from IEEE Xplore*. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6868474>

APÉNDICES

5.1 Apéndice A

5.1.1 Transmisor de nivel tipo radar accu-wave

El medidor de nivel Accu Wave Modelo 1440 es de tipo radar usa la tecnología FMCW (Onda Continua de Frecuencia Modulada). La señal de microonda es emitida continuamente con un modulador o frecuencia cambiante. El rango de frecuencia normalmente ocurre entre 9 GHz y 11 GHz. La señal microonda es reflejada desde la superficie del material y recibida por el Accu-Wave.

El software de procesamiento de señal digital (DSP) detecta la señal y computa la distancia al material liquido o sólido dentro del tanque.

El firmware del Accu Wave utiliza la medida de la distancia para calcular el nivel, volumen y otras medidas seleccionadas por el usuario.

El Accu Wave , visualizado en la figura 4.1 , provee un mejor desenvolvimiento, que sistemas de medición sónico, particularmente en ambientes hostiles, porque la señal microonda no es afectada por niebla, agitación de superficie, cambios de temperatura, o cambios de presión.



Figura 4.1. Sensor de nivel Accu-Wave

El indicador de nivel de radar Accu Wave, es un sensor y transmisor integrado combinado con el conjunto de circuitos del sensor y transmisor microonda en una sola tarjeta electrónica. La señal microonda es lanzada desde el interior de la tarjeta a través de la antena de copa. La antena sirve para enfocar la señal transmitida, así como para recibir la señal reflejada.

Ventajas:

- Medición precisa y confiable.
- La señal microonda no es afectada por: agitación de la superficie, cambios de temperatura o presión.

5.1.2 Antena tipo copa del sensor

La antena de trompeta de acero inoxidable puede soportar una temperatura máxima de 150 °C, consiste en una guía de ondas de acero inoxidable.

Las antenas de copa, visualizado en la figura 4.2, están disponibles en diámetros de 2,3,4,6 y 8 pulgadas. Una antena grande proporciona un haz más estrecho y mayor área de recepción. La antena de copa estándar tiene un diámetro de 4 pulgadas la cual está bien para la mayoría de aplicaciones.

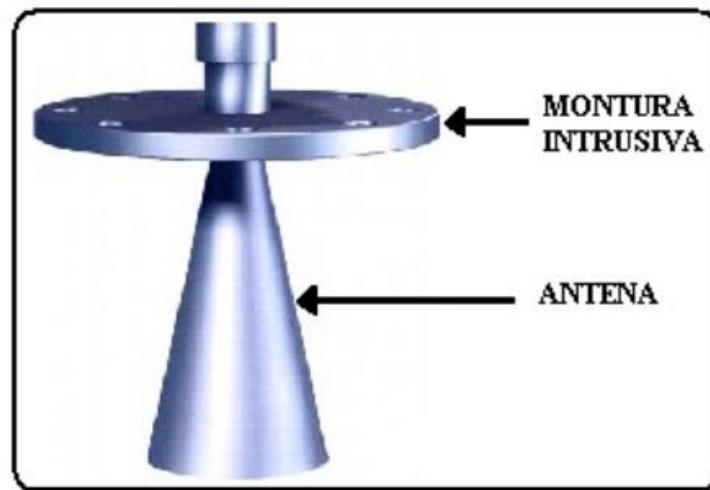


Figura 4.2. Antena tipo copa.

Para desempeño óptimo de la configuración de montura intrusiva, el extremo final de la antena debería ser extendida al fondo de la boquilla del tanque. Las medidas del nivel pueden ser dentro de 2 pulgadas del fondo de la antena, sin embargo, la certeza de la medición es degradada un poco cuando el nivel de procesamiento es menos de 8 pulgadas desde el inferior de la antena de bocina.

5.1.3 Transmisor sensor

Se encuentran integrados en una misma tarjeta electrónica. El transmisor detecta la señal reflejada del material de procesamiento, determina la distancia a la superficie del material y calcula otros valores de medición. Estos valores pueden ser vistos en una pantalla de control local, enviado a los puertos seriales (RS-485 estándar, RS-232 opcional), y puede ser usado para manejar la corriente de salida 4-20 mA o alarmas de procesamiento. Este emisor queda representado en la figura 4.3 Los puertos seriales RS-485 y RS-232 opcional, apoyan las comunicaciones: desde una PC con el software de instalación

basado en Windows del Accu Wave, una PC con software de emulación terminal.



Figura 4.3. Transmisor sensor.

ANEXOS

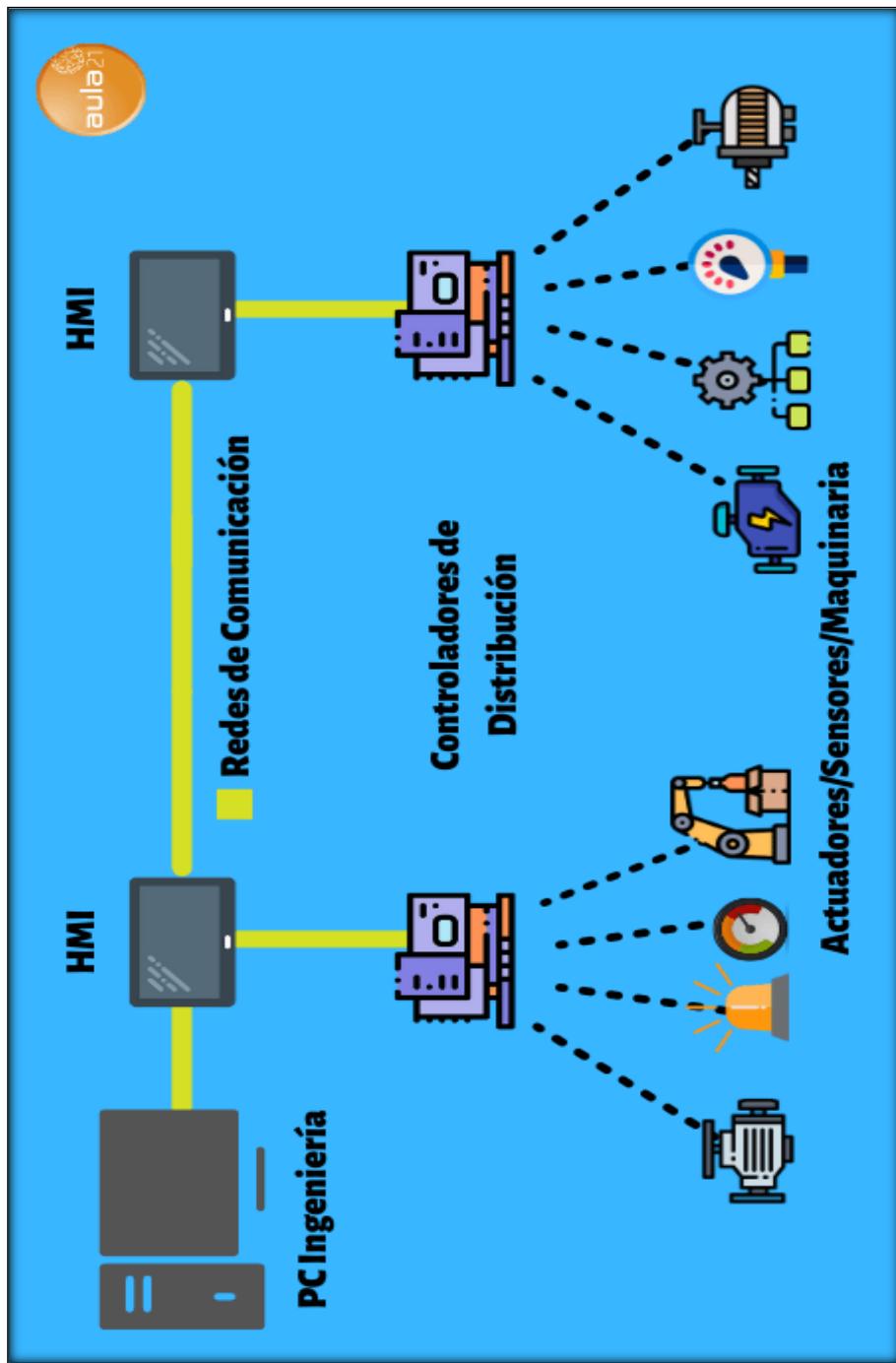


Figura 4.4. Sistema de Control y Supervisión.

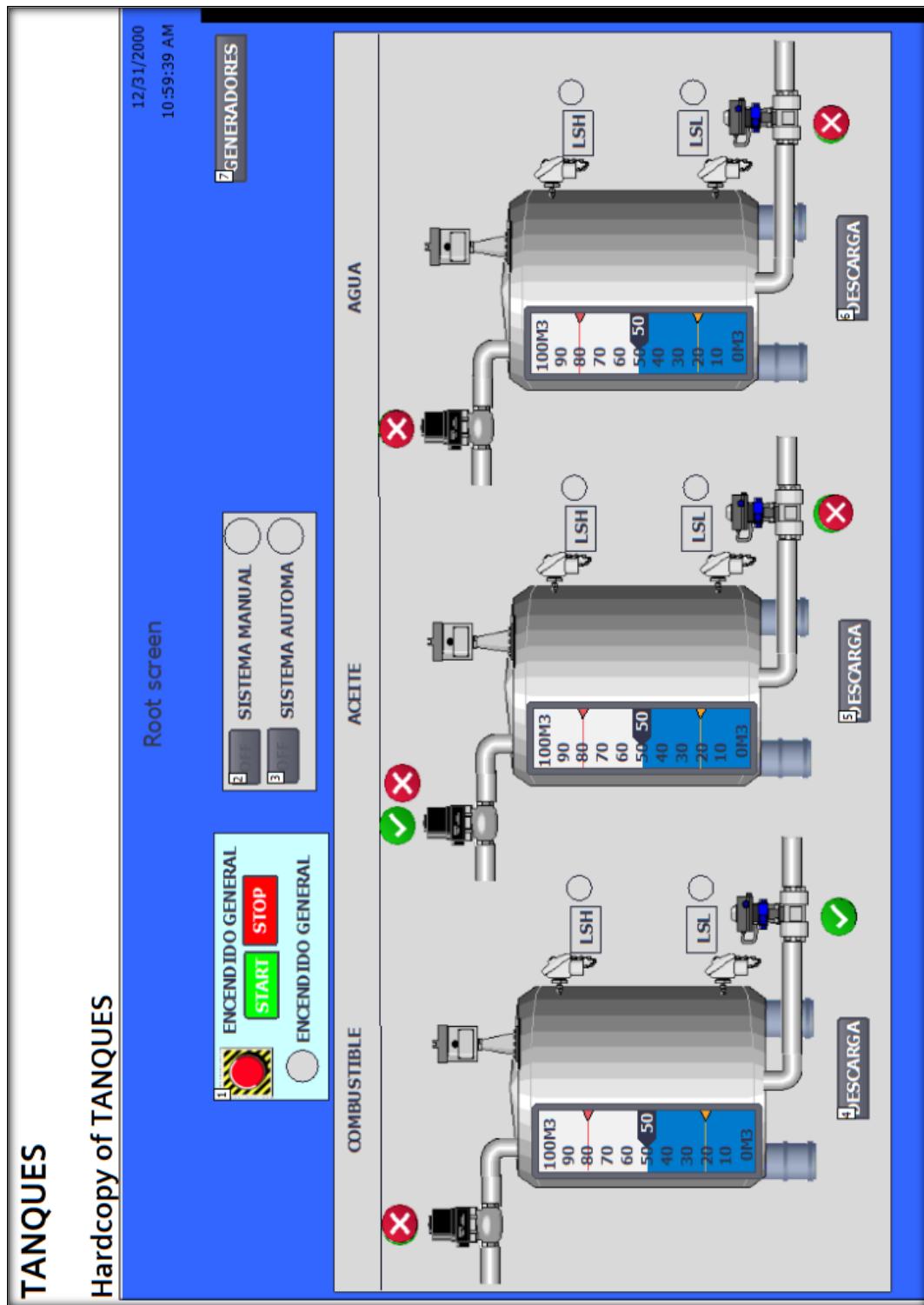


Figura 4.5. Diseño de la Interfaz Hombre Maquina (HMI)

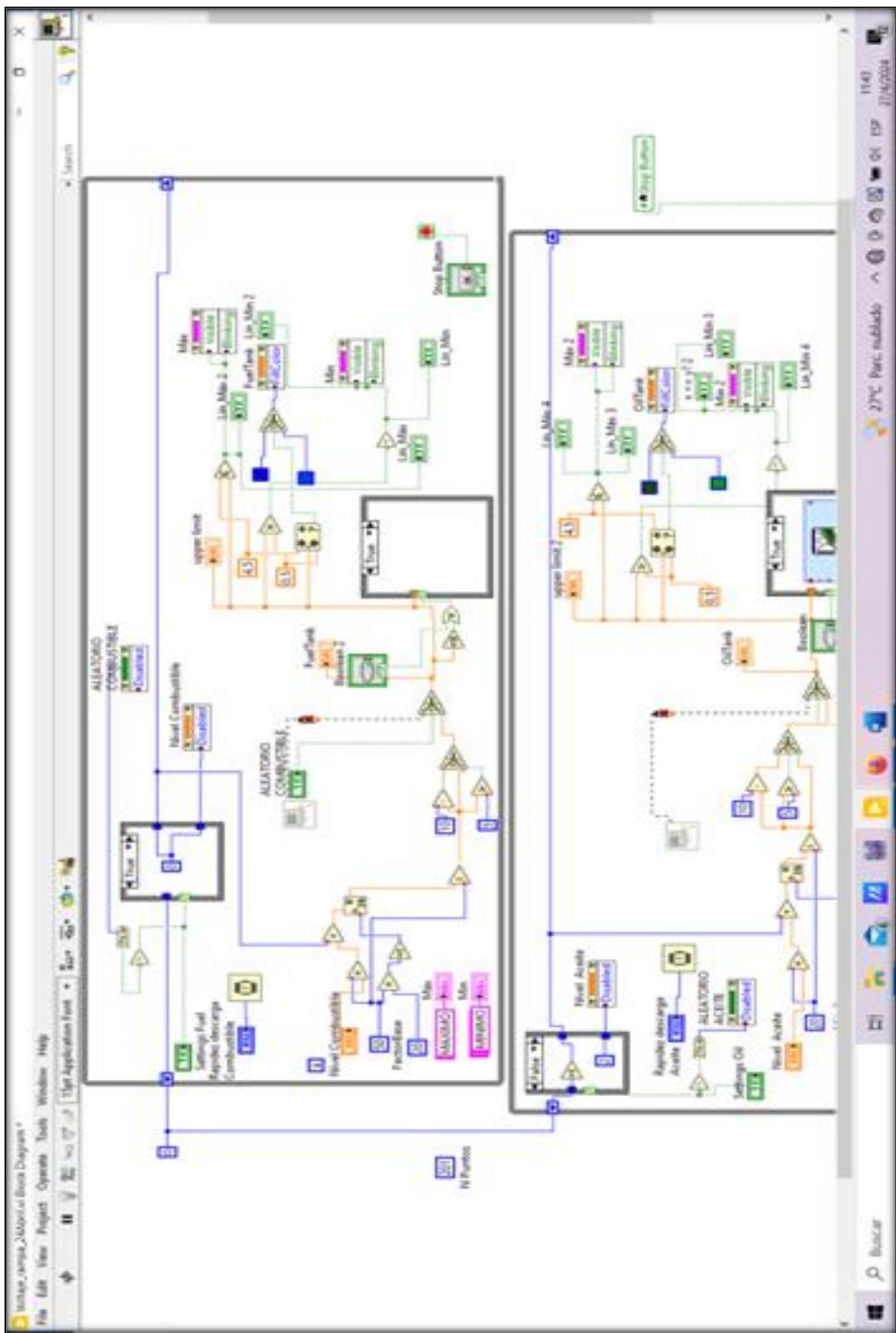


Figura 4.6. Sistema de control realizado en LabVIEW.