

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Rediseño del Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos de las islas de despacho de productos limpios del Terminal la Troncal, con integración a Industria 4.0.”

EXAMEN COMPLEXIVO, COMPONENTE PRÁCTICO

INFORME PROFESIONAL

Previo a la obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
INDUSTRIAL**

AUGUSTO JOSÉ RIOFRÍO FREIRE
GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2023

COMITÉ DE EVALUACIÓN

PhD. Efrén Herrera M.

Miembro Principal

PhD. Dennys Paillacho C.

Miembro Principal

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Augusto José Riofrío Freire

RESUMEN

El presente trabajo comprendió el Rediseño del Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos de las islas de despacho de productos limpios del Terminal la Troncal, con integración a Industria 4.0. Para esto se realizó el levantamiento de la instrumentación con la que el proceso cuenta actualmente instalada en campo, lo que permitió establecer las necesidades software y hardware para el rediseño en mención. Seguidamente se realizó el análisis e identificación de cada una de las señales que intervienen en el proceso, para posteriormente proceder con la designación del Tag que cada una de estas tendrá dentro del sistema de control.

EL diseño de la topología de red industrial, consistió en evaluar cada una de los protocolos de comunicación mediante los cual cada uno de los equipos se comunicarán con el sistema de control y el establecimiento de las distintas topologías que el sistema tendrá en todos los niveles, desde el nivel de campo hasta llegar al nivel control y de gestión en la nube.

La programación del diseño realizado del sistema de control se realizó en el software Indusoft V. 8.2., ya que ofrece un ambiente de programación orientado a objetos que permite la implementación de distintas estrategias de control como: diseño de script's gráficos, diseño interfaz HMI, gestión de alarmas, visualización de tendencias y elaboración de reportes.

Una vez que finalizó el desarrollo del sistema SCADA se procedió a integrar las variables de proceso, mediante el controlador PLC S7-1500 simulado en la plataforma TIA Portal,

usando protocolo OPC UA del software Kepserver con el fin de realizar las pruebas que permitan establecer funcionalidad y estabilidad del sistema.

Finalmente se realizó la integración del sistema de control con la nube Ubidots, siendo necesario el uso de un servidor que ejecute el intérprete Node Red mismo que desempeñará el rol de interlocutor entre los datos de proceso que recibe y envía el controlador industrial, y la interfaz que permite la visualización y monitoreo de las variables de campo de forma remota, logrando además del acceso a dashboards para análisis e interpretación de datos, que permitan una gestión optimizada del proceso, desde niveles jerárquicos más altos.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO 1	13
1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.	13
1.1 Medición de Nivel en Tanques de Almacenamiento:.....	13
1.2 Medición de Volumen en Islas de Carga:.....	17
CAPÍTULO 2.....	20
2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	20
2.1. Topología de Red Industrial.....	20
2.2 Levantamiento de Tag's de proceso.....	23
2.3 Lógica de Control.....	25
2.4 Programación de Pantallas en Indusoft	29
2.5 Alarmas y Reportería.....	32
2.6 Integración IOT.....	41
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	49

Índice de tablas:

Tabla 1 Tanques de Almacenamiento Terminal La Troncal	11
Tabla 2 Islas de Carga Terminal La Troncal.....	11
Tabla 3. Levantamiento de Tag's de proceso Terminal La Troncal.....	23
Tabla 4. Matriz causa y Efecto Sistema de Control Terminal La Troncal.....	26
Tabla 5. Tabla Racionalización de Alarmas Sistema de Control Terminal La Troncal ..	33

Índice de figuras:

Figura 1. Trazado del Poliducto y Ubicación del Terminal La Troncal	10
Figura 2. Transmisor de Nivel de Tipo Radar.....	13
Figura 3. Transmisor de Temperatura de Múltiples entradas	14
Figura 4. Transmisor de Presión coplanar	14
Figura 5. Esquema Integral Medición de Nivel Terminal La Troncal	15
Figura 6. Válvula Motorizada pie de Tanque.....	15
Figura 7. Válvula de Tipo SDV Pie de Cubeto.....	16
Figura 8. Diagrama Integral Islas de carga Terminal La Troncal	17
Figura 9. Caudalímetro desplazamiento positivo en brazo de carga	18
Figura 10. Válvula de Tipo PCV autorregulable	18
Figura 11. Esquema de control válvula de Tipo PCV autorregulable.....	19
Figura 12. Computador de Flujo Islas de Carga.....	19
Figura 13. Topología de Red Integral del Sistema de Control	22
Figura 14. Pantalla Menú Principal	29
Figura 15. Pantalla Almacenamiento Diesel Premium.....	29
Figura 16. Pantalla Despacho Diesel Premium	30
Figura 17. Pantalla Almacenamiento Premezcla.....	30
Figura 18. Pantalla Despacho Premezcla	31
Figura 19. Pantalla Almacenamiento GLP	31
Figura 20. Pantalla Despacho GLP.....	32
Figura 21. Pantalla de visualización y reconocimiento de alarmas	39
Figura 22. Pantalla de visualización y reconocimiento de alarmas.....	39
Figura 23. Pantalla de visualización e impresión de reporte de operaciones en formato txt.....	40
Figura 24. Pantalla de ingreso de los datos de las guías de despacho	41
Figura 25. Pantalla de gestión de “recetas” Guías de remisión	41
Figura 26. Simulación del PLC S7-1500 en TIA Portal.....	42

Figura 27. Nodos de la Librería Snap 7.....	42
Figura 28. Nodos de Lectura de datos desde el PLC y envío hacia Ubidots	43
Figura 29. Dashboard Ubidots	43

INTRODUCCIÓN

El Terminal La Troncal, es un complejo industrial que inició sus operaciones en el año 2016. Esta obra responde a las necesidades de incrementar la red de poliductos para transportar los combustibles como gasolinas, diésel y gas de uso doméstico de manera segura, oportuna y eficiente para las provincias de: Azuay, Cañar, Loja, El Oro, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. La Figura 1 muestra las provincias de influencia del Terminal La Troncal y el recorrido del Poliducto Pascuales-Cuenca.

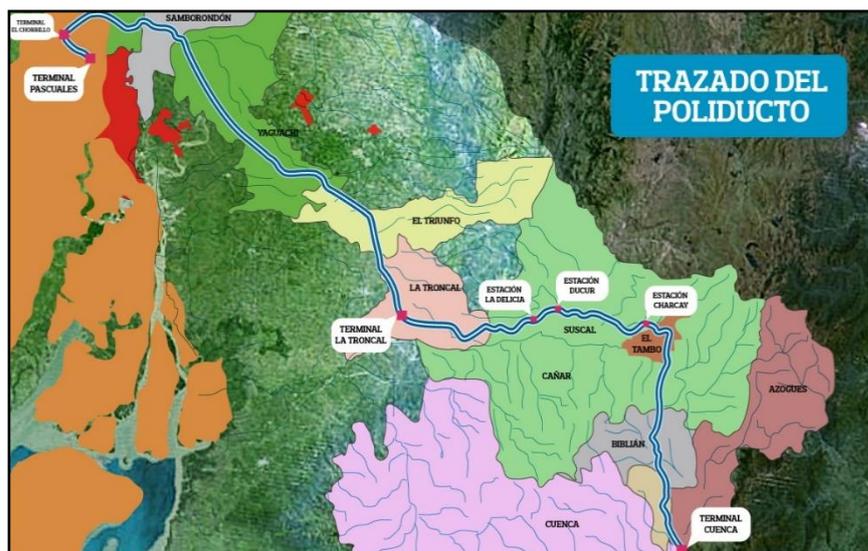


Figura 1. Trazado del Poliducto y Ubicación del Terminal La Troncal.

Fuente: EP Petroecuador

El Terminal La Troncal estará ubicado en la parroquia Pancho Negro, Cantón La Troncal, provincia de Cañar; aproximadamente a 8,4 km del cantón La en la vía Puerto Inca – Machala.

Realiza las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho de gasolina súper, Premezcla, Eco país, Diésel Premium y GLP hasta autotanques que se encargan de movilizar el producto hasta los centros de comercialización al público.

Recepción: El bombeo inicia en el Terminal Pascuales en la ciudad de Guayaquil, consta de una tubería de 10" de diámetro y 105 Km de largo, por la cual se inyectan

mediante bombas centrifugas de alta presión los productos limpios a recibirse en el Terminal La Troncal.

Almacenamiento: Una vez recibido un determinado volumen de producto, es almacenado en los Tanques con los que cuenta el Terminal donde es fiscalizado en cuanto a calidad y volumen. La tanquería y capacidad de almacenamiento instalada se muestra a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1 Tanques de Almacenamiento Terminal La Troncal

No.	TANQUE	CAPACIDAD	PRODUCTO
01	TQ-3030	25.000 Bls	Premezcla
02	TQ-3031	25.000 Bls	Premezcla
03	TQ-3050	45.000 Bls	Diésel Premium
04	TQ-3051	45.000 Bls	Diésel Premium
05	TQ-3010	20.000 Bls	GLP
06	TQ-3011	20.000 Bls	GLP
07	TQ-3080	5.000 Bls	Etanol
08	TQ-3081	5.000 Bls	Etanol

Despacho: Una vez fiscalizado el producto puede ser sacado al despacho; para esto se cuenta con 3 islas de carga, que permiten bombear a alto flujo 400 gal/min desde los tanques de almacenamiento hacia los autotanques, logrando de esta forma cumplir con la demanda de la zona de influencia. Las especificaciones técnicas de las islas de carga del Terminal La Troncal se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Islas de Carga Terminal La Troncal

No.	ISLA DE CARGA	BRAZOS	PRODUCTO	CAUDAL MAX.
01	TLT-IC-3001	3001A	Premezcla	400 gal/min
		3001B	Premezcla	400 gal/min
02	TLT-IC-3002	3001A	Diésel Premium	400 gal/min
		3001B	Diésel Premium	400 gal/min

03	TLT-IC-3003	3001A	GLP	300 gal/min
		3001B	GLP	300 gal/min

Han pasado 7 años de operación del Terminal La Troncal y se ha determinado que el sistema de control implementado, no obedece a las necesidades operativas actuales, dado que se limita al encendido y apagado remoto de los grupos de bombeo de las islas de despacho y monitoreo del nivel de los tanques de almacenamiento. En consecuencia, la mayoría de actividades dependen del criterio, habilidad y conocimiento de los operadores. Lo cual ha provocado en varias ocasiones, derrames de producto, equivocaciones en los inventarios, fallas operativas, daño en los equipos, y contaminación de producto.

En vista de esta problemática se ha planteado para el presente trabajo práctico, el rediseño del Sistema SCADA para el Despacho de Productos Limpios del Terminal La Troncal, que cumpla con los siguientes requisitos:

- Guardar armonía visual de tal forma que genere ergonomía visual.
- Monitoreo en tiempo real de las variables de proceso.
- Historización de las variables de proceso.
- Control remoto de equipos y válvulas.
- Gestión de alarmas.
- Acceso a Nube.

Este será el primer paso para optimizar la gestión del proceso en todos los niveles, y mejorar la seguridad en términos operativos.

CAPÍTULO 1

1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.

En el presente capítulo se describe la solución tecnológica implementada, y que responde a la necesidad operativa.

1.1 Medición de Nivel en Tanques de Almacenamiento:

La medición de nivel en los tanques de almacenamiento se realiza mediante la siguiente instrumentación instalada en campo:

- **Transmisor de Nivel:** Realiza la medición sin contacto emite un eco continuo que maximiza la fuerza de la señal del radar y toma una medición robusta y confiable su señal de salida es de 4-20mA HART 2 hilos. Rango de medición 40 m (131 pies).



Figura 2. Transmisor de Nivel de Tipo Radar

Fuente: Emerson

- **Transmisor de Temperatura:** Es necesario que las medidas de temperatura precisas para los cálculos del volumen estándar neto, proporciona la temperatura promedio del líquido. Rango de medición Admite -200° a 250° °C (-328° a 482° °F). Señal de salida analógica de 4-20 mA.



Figura 3. Transmisor de Temperatura de Múltiples entradas

Fuente: Emerson

- **Transmisor de Presión:** Mide presión absoluta mide la presión en la cabeza del tanque con el fin de conocer el volumen estándar neto. Mide hasta 4.000 psia, comunicación de salida HART de 4-20 mA, WirelessHART, Fieldbus, PROFIBUS.



Figura 4. Transmisor de Presión coplanar

Fuente: Emerson

El laso de medición de nivel emplea además varios elementos finales de control una al pie de cada tanque de almacenamiento y uno por cada cubeto cada uno de ellos con principios de funcionamiento diferentes de acuerdo a la necesidad operativa.

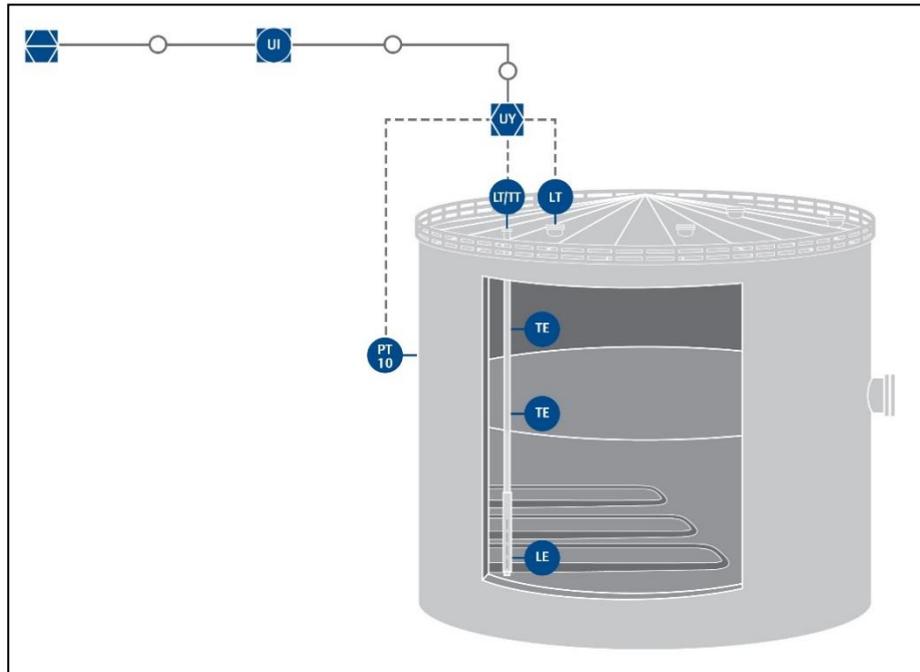


Figura 5. Esquema Integral Medición de Nivel Termina La Troncal

Fuente: Emerson

- **Válvula de pie de Tanque:** Se encuentra ubicada a la descarga de cada tanque, dado el diferencial de presión que se genera entre la presión de tanque y la presión de las líneas de flujo, se requiere su actuador sea de tipo eléctrico motorizada. Su comunicación se realiza mediante protocolo Profibus.



Figura 6. Válvula Motorizada pie de Tanque

Fuente: Emerson

- **Válvula de Cubeto:** Se instalan en la línea de flujo donde confluyen las

tuberías de descarga de un mismo producto, representan un elemento de seguridad de cierre y apertura inmediato, con el fin de ejecutar una acción de control en caso que se presenten problemas operativos aguas arriba (Tanques de Almacenamiento) y aguas abajo (Islas de carga). Bajo este criterio se requiere su actuador sea de tipo SDV Shut Down Valve de accionamiento neumático.



Figura 7. Válvula de Tipo SDV Pie de Cubeto

Fuente: Emerson

1.2 Medición de Volumen en Islas de Carga:

Una variable crítica del proceso de despacho de productos limpios, es el volumen que se descarga a cada tanquero, por tal motivo la adecuada contabilización y gestión de inventarios representa una condición importante a mejorar con el fin de reducir las diferencias volumétricas entre el volumen que se recibe en los tanques y el volumen que se despacha a los tanqueros. Por ende, las islas de carga cuentan con los siguientes equipos en campo:

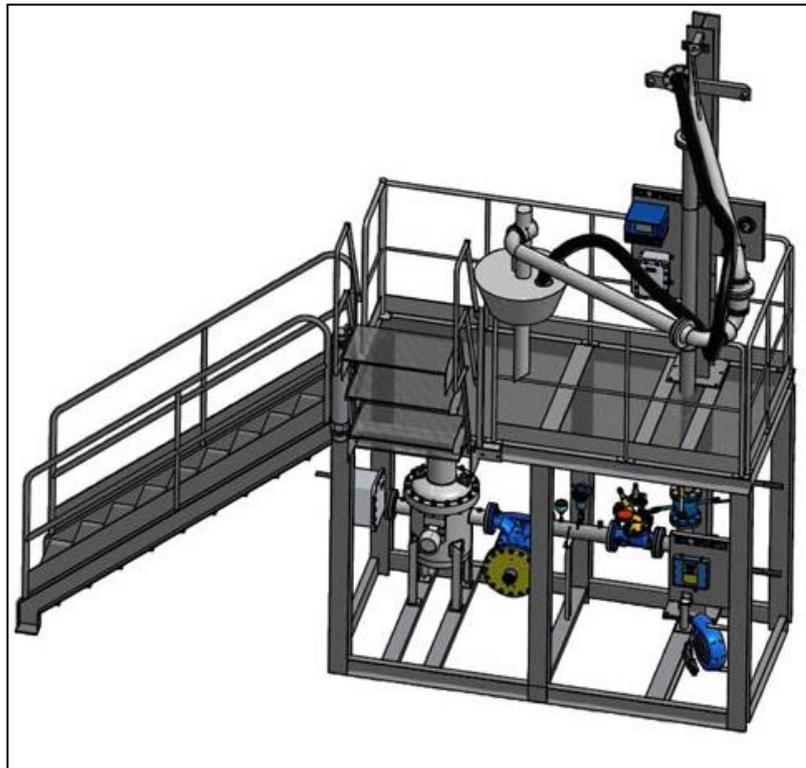


Figura 8. Diagrama Integral Islas de carga Terminal La Troncal

Fuente: Isioil

- **Caudalímetros de Desplazamiento Positivo:** Se caracterizan por su elevada precisión y repetitividad. En los medidores con cabezal mecánico, la elevada precisión se consigue por medio de un mecanismo de calibración que permite variaciones micrométricas. Rango de medición 15 Gal/min – 1800 Gal/min emite pulsos hacia el computador mediante un Encoder EM6422 Ex-d.



Figura 9. Caudalímetro desplazamiento positivo en brazo de carga

Fuente: Isioil

- **Válvula de Control:** Es el elemento de regulación del flujo de descarga hacia el autotanque, una vez que el ciclo de bombeo esta por cumplirse, su accionamiento se realiza mediante válvulas de solenoide 230 VAC a 50Hz y la presión del fluido pasante lo que le permite realizar las funciones para las que fue diseñada.



Figura 10. Válvula de Tipo PCV autorregulable

Fuente: Isioil

El cierre de la válvula está manejado por el movimiento del diafragma superior, actuado a través de la energía del fluido de proceso.

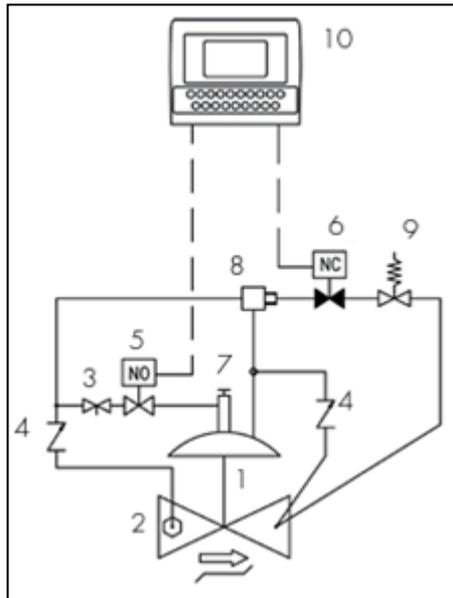


Figura 11. Esquema de control válvula de Tipo PCV autorregulable

Fuente: Isioil

- **Computador de Flujo:** Lee la señal de pulsos proveniente de los Encoders, la procesa, y la envía mediante protocolo Ethernet al sistema de control, emplean medidores de temperatura PT100 para corregir el flujo neto estándar, y a un solo computador se pueden conectar hasta 6 medidores de flujo.

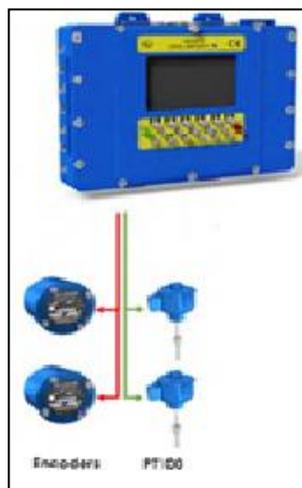


Figura 12. Computador de Flujo Islas de Carga

Fuente: Isioil

CAPÍTULO 2

2. REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Como se indicó en el capítulo anterior el rediseño del sistema de control comprende:

- Elaboración de Topología de Red.
- Levantamiento de Tag's de proceso.
- Programación de sinópticos y lógica de control.
- Implementación de Alarmas, Recetas, Visualización de Tendencias.

2.1. Topología de Red Industrial

Establecer la topología de la red de comunicación industrial permite determinar las necesidades de hardware y software que se requieren para implementar las soluciones planteadas, y el protocolo de comunicación que empleara cada instrumento dentro de una determinada área del proceso.

Almacenamiento Productos Limpios: Dentro del sistema todos los elementos se comunican con el controlador por medio del protocolo Hart envían señales de 4 a 20mA. En un diagrama tipo árbol.

Los elementos finales de control, por seguridad emplean protocolo de comunicación Modbus Rtu, con una topología tipo anillo en serie, por cuestiones de redundancia.

Despacho Productos Limpios: este sistema dada la complejidad de la medición precisa del flujo y demás elementos, todos los elementos se comunican hacia el computador de flujo y el computador de flujo y este a su vez mediante protocolo ethernet emite las señales de salida de todos los instrumentos hacia el controlador.

Acoplador Ethernet Switch SCALANCE XB005: Dado que existen dentro de la red varios equipos y sistemas que se comunican mediante protocolo ethernet industrial, se presenta la necesidad de emplear un acoplador no jerárquico que acople, direcciona y permita monitorear el status de cada nodo dentro de topología en estrella formada por estos equipos.

Comunicación PLC-SCADA: Una vez que todas las señales provenientes de los equipos e instrumentos en campo se encuentran enlazadas al PLC, la comunicación entre el controlador se realizará mediante protocolo OPC UA, por seguridad se utiliza Kepserver como intérprete dado que un intérprete de código abierto presenta posibles vulnerabilidades que pueden poner en riesgo el proceso.

Integración a Nube: Para esto es necesario crear en Tia Portal un Bloque de Datos que englobe las variables que se van a utilizar, mismas que son extraídas del proceso. El interlocutor entre el sistema de control y la plataforma seleccionada para el monitoreo remoto del proceso será la herramienta Nodered y su librería Snap 7 que usan protocolo MQTT para lograr la interacción con la nube.

La topología de red diseñada para el sistema de control y adquisición de datos del proceso de Almacenamiento y Despacho de productos limpios del Terminal La Troncal, se muestra en la Figura 13.

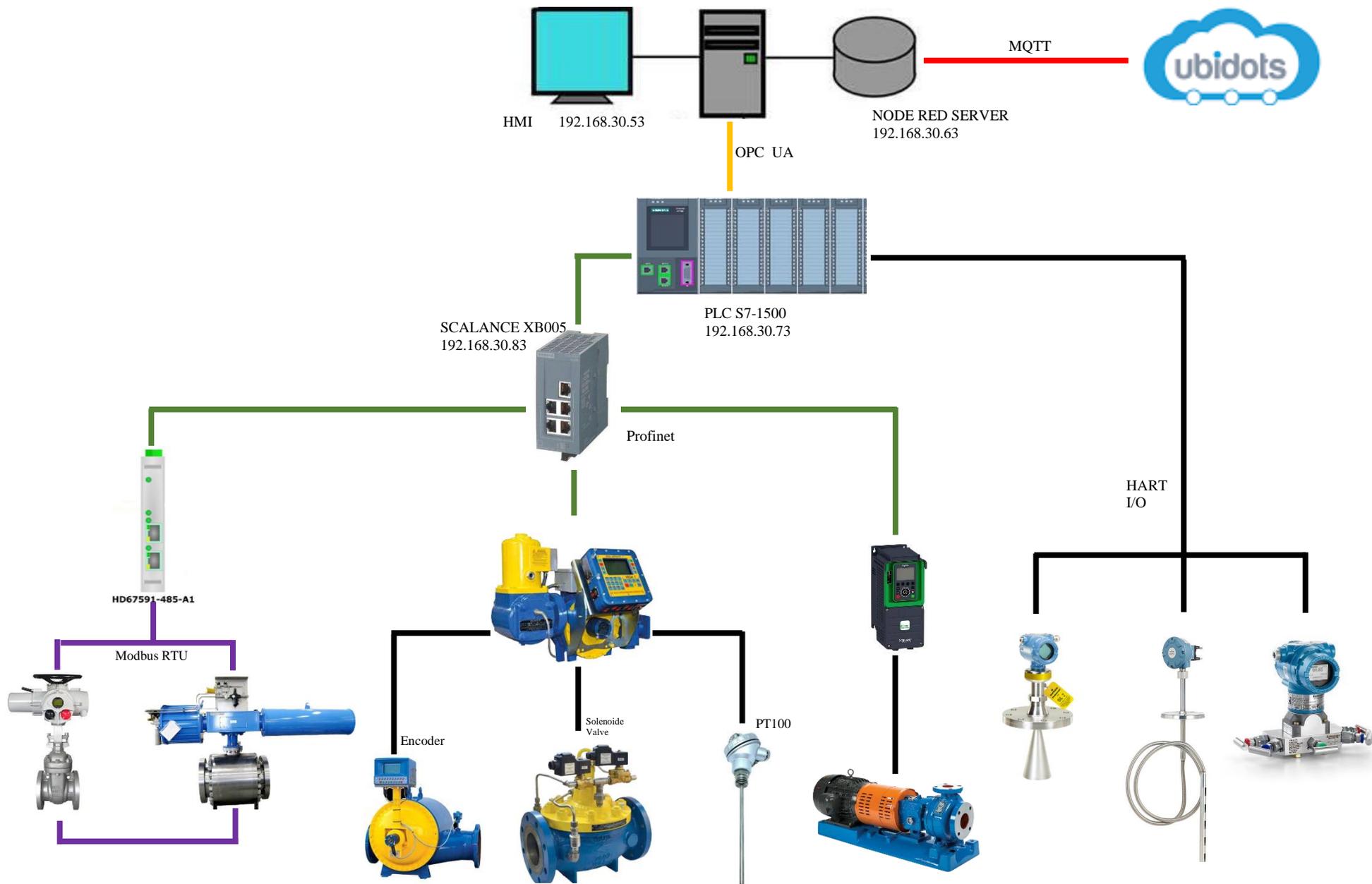


Figura 13. Topología de Red Integral del Sistema de Control

2.2 Levantamiento de Tag's de proceso

Cada tag representa una variable física dentro del sistema de control en estudio, razón por la cual una vez conocida la instrumentación que forma parte de cada una de las operaciones, es importante establecer la denominación con la que se la va a identificar, el tipo de señal con la que será representada, y el tipo de dato mediante el cual interactuará dentro del sistema de control.

El resultado del levantamiento de Tag's realizado para el proceso de Almacenamiento y Despacho de Productos limpios en el Terminal La Troncal se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Levantamiento de Tag's de proceso Terminal La Troncal

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SEÑAL	TIPO DE DATO
ALMACENAMIENTO PREMEZCLA				
1	TLT-LIT-3030	Nivel Tanque - 3030	4 - 20 mA	Real
2	TLT-PIT-3030	Presión Tanque - 3030	4 - 20 mA	Real
3	TLT-TIT-3030	Temperatura Tanque - 3030	4 - 20 mA	Real
4	TLT-MOV-3030	Válvula pie de Tanque -3030	0 - 24 V	Booleano
5	TLT-LIT-3031	Nivel Tanque - 3031	4 - 20 mA	Real
6	TLT-PIT-3031	Presión Tanque - 3031	4 - 20 mA	Real
7	TLT-TIT-3031	Temperatura Tanque - 3031	4 - 20 mA	Real
8	TLT-MOV-3031	Válvula pie de Tanque -3031	0 - 24 V	Booleano
9	TLT-ESDV-PM	Válvula de Cubeto Tanques Premezcla	0 - 24 V	Booleano
ALMACENAMIENTO DIÉSEL PREMIUM				
10	TLT-LIT-3050	Nivel Tanque - 3050	4 - 20 mA	Real
11	TLT-PIT-3050	Presión Tanque - 3050	4 - 20 mA	Real
12	TLT-TIT-3050	Temperatura Tanque - 3050	4 - 20 mA	Real
13	TLT-MOV-3050	Válvula pie de Tanque -3050	0 - 24 V	Booleano
14	TLT-LIT-3051	Nivel Tanque - 3051	4 - 20 mA	Real
15	TLT-PIT-3051	Presión Tanque - 3051	4 - 20 mA	Real
16	TLT-TIT-3051	Temperatura Tanque - 3051	4 - 20 mA	Real
17	TLT-MOV-3051	Válvula pie de Tanque -3051	0 - 24 V	Booleano
18	TLT-ESDV-DP	Válvula de Cubeto Tanques Diésel Premium	0 - 24 V	Booleano
ALMACENAMIENTO GLP				
19	TLT-LIT-3050	Nivel Tanque - 3010	4 - 20 mA	Real

20	TLT-PIT-3050	Presión Tanque - 3010	4 - 20 mA	Real
21	TLT-TIT-3050	Temperatura Tanque - 3010	4 - 20 mA	Real
22	TLT-MOV-3050	Válvula pie de Tanque -3010	0 - 24 V	Booleano
23	TLT-LIT-3051	Nivel Tanque – 3011	4 - 20 mA	Real
24	TLT-PIT-3051	Presión Tanque – 3011	4 - 20 mA	Real
25	TLT-TIT-3051	Temperatura Tanque – 3011	4 - 20 mA	Real
26	TLT-MOV-3051	Válvula pie de Tanque -3011	0 - 24 V	Booleano
27	TLT-ESDV-GLP	Válvula de Cubeto Tanques GLP	0 - 24 V	Booleano
DESPACHO PREMEZCLA				
28	TLT-PUMP-30	On/Off Bomba despacho Premezcla	0 - 24 V	Booleano
29	TTL-FSL-30	Switch de Flujo Bomba despacho Premezcla	0 - 24 V	Booleano
30	TLT-FIT-30	Flujo de despacho Premezcla	4 - 20 mA	Real
31	TLT-VSD-30	Frecuencia Bomba Despacho Premezcla	4 - 20 mA	Real
32	TLT-VTI-30	Volumen de despacho Premezcla	0 - 5V	Real
33	TLT-TIT-P30	Temperatura de despacho Premezcla	4 - 20 mA	Real
DESPACHO DIÉSEL PREMIUM				
34	TLT-PUMP-31	On/Off Bomba de despacho Diésel Premium	0 - 24 V	Booleano
35	TTL-FSL-31	Switch de Flujo Bomba despacho Diésel Premium	0 - 24 V	Booleano
36	TLT-FIT-31	Flujo de despacho Diesel Premium	4 - 20 mA	Real
37	TLT-VSD-31	Frecuencia Bomba Despacho Diésel Premium	4 - 20 mA	Real
38	TLT-VTI-31	Volumen de despacho Diesel Premium	0 - 5V	Real
39	TLT-TIT-P31	Temperatura de despacho Diesel Premium	4 - 20 mA	Real
DESPACHO GLP				
40	TLT-PUMP-32	On/Off Bomba despacho GLP	0 - 24 V	Booleano
41	TTL-FSL-32	Flujo despacho GLP	4 - 20 mA	Real
42	TLT-FIT-32	Switch de Flujo Bomba despacho GLP	0 - 24 V	Booleano
43	TLT-VSD-32	Frecuencia Bomba Despacho GLP	4 - 20 mA	Real
44	TLT-VTI-32	Volumen de despacho GLP	0 - 5V	Real
45	TLT-TIT-P32	Temperatura de despacho GLP	4 - 20 mA	Real
46	TLT-PIT-P32	Presión Línea de Retorno Vapores GLP	4 - 20 mA	Real

2.3 Lógica de Control

Con el fin de ilustrar de forma comprensible la lógica del Sistema de Control se ha diseñado una matriz de causa y efecto sobre cada una de las distintas variables, lo que permitirá conocer su función e importancia dentro de las funciones de monitoreo y control. De esta forma se ilustra la programación realizada en el software especializado Indusoft V 8.2. mediante el cual se realizó el rediseño del sistema SCADA, el cual emplea funciones nativas para el tratamiento y asignación de rol/función de cada una de las variables.

La matriz de causa y efecto que se diseñó para el proceso de Almacenamiento y Despacho de Productos limpios en el Terminal La Troncal se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Matriz causa y Efecto Sistema de Control Terminal La Troncal

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	MONITOREO	CONTROL	ACCIÓN DE CONTROL
ALMACENAMIENTO PREMEZCLA					
1	TLT-LIT-3030	Nivel Tanque - 3030	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3030.
2	TLT-PIT-3030	Presión Tanque - 3030	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3030.
3	TLT-TIT-3030	Temperatura Tanque - 3030	X		N/A
4	TLT-MOV-3030	Válvula pie de Tanque -3030		X	Apertura y cierre válvula pie de Tanque TLT-MOV-3030.
5	TLT-LIT-3031	Nivel Tanque - 3031	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3031.
6	TLT-PIT-3031	Presión Tanque - 3031	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3031.
7	TLT-TIT-3031	Temperatura Tanque - 3031	X		N/A
8	TLT-MOV-3031	Válvula pie de Tanque -3031		X	Apertura y cierre válvula pie de Tanque TLT-MOV-3031.
9	TLT-ESDV-PM	Válvula de Cubeto Tanques Premezcla		X	Apertura y cierre válvula pie de Tanque TLT-ESDV-PM.
ALMACENAMIENTO DIÉSEL PREMIUM					
10	TLT-LIT-3050	Nivel Tanque - 3050	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3050.
11	TLT-PIT-3050	Presión Tanque - 3050	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3050.
12	TLT-TIT-3050	Temperatura Tanque - 3050	X		N/A
13	TLT-MOV-3050	Válvula pie de Tanque -3050		X	Apertura y cierre válvula pie de Tanque TLT-MOV-3050.
14	TLT-LIT-3051	Nivel Tanque - 3051	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3051.

15	TLT-PIT-3051	Presión Tanque - 3051	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3051.
16	TLT-TIT-3051	Temperatura Tanque - 3051	X		N/A
17	TLT-MOV-3051	Válvula pie de Tanque -3051		X	Apertura y cierre válvula pie de Tanque TLT-MOV-3051.
18	TLT-ESDV-DP	Válvula de Cubeto Tanques Diésel Premium		X	Apertura y cierre válvula pie de Tanque TLT-ESDV-DP.
ALMACENAMIENTO GLP					
19	TLT-LIT-3050	Nivel Tanque - 3010	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho GLP TQ-3010.
20	TLT-PIT-3050	Presión Tanque - 3010	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho GLP TQ-3010.
21	TLT-TIT-3050	Temperatura Tanque - 3010	X		N/A
22	TLT-MOV-3050	Válvula pie de Tanque -3010		X	Apertura y cierre válvula pie de Tanque TLT-MOV-3010.
23	TLT-LIT-3051	Nivel Tanque - 3011	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3011.
24	TLT-PIT-3051	Presión Tanque - 3011	X	X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3011.
25	TLT-TIT-3051	Temperatura Tanque - 3011	X		N/A
26	TLT-MOV-3051	Válvula pie de Tanque -3011		X	Apertura y cierre válvula pie de Tanque TLT-MOV-3011.
27	TLT-ESDV-GLP	Válvula de Cubeto Tanques GLP		X	Apertura y cierre válvula pie de Tanque TLT-ESDV-GLP.
DESPACHO PREMEZCLA					
28	TLT-PUMP-30	On/Off Bomba de despacho Premezcla		X	On/Off Bomba de Despacho Premezcla TLT-PUMP-30.
29	TTL-FSL-30	Switch de Flujo Bomba de despacho Premezcla		X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TLT-PUMP-30.
30	TLT-FIT-30	Flujo de despacho Premezcla	X		N/A
31	TLT-VSD-30	Frecuencia Bomba Despacho Premezcla		X	Set Point de Frecuencia Bomba de Despacho Premezcla TLT-PUMP-30.
32	TLT-VTI-30	Volumen de despacho Premezcla		X	Set Point de volumen a despachar de Premezcla.
33	TLT-TIT-P30	Temperatura de despacho Premezcla	X		N/A

DESPACHO DIÉSEL PREMIUM					
34	TLT-PUMP-31	On/Off Bomba de despacho Diésel Premium		X	On/Off Bomba de Despacho Diesel Premium TLT-PUMP-31.
35	TTL-FSL-31	Switch de Flujo Bomba de despacho Diésel Premium		X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Diesel Premium TLT-PUMP-31.
36	TLT-FIT-31	Flujo de despacho Diesel Premium	X		N/A
37	TLT-VSD-31	Frecuencia Bomba Despacho Diésel Premium		X	Set Point de Frecuencia Bomba de Despacho Diesel Premium TLT-PUMP-31.
38	TLT-VTI-31	Volumen de despacho Diesel Premium		X	Set Point de volumen a despachar de Diesel Premium.
39	TLT-TIT-P31	Temperatura de despacho Diesel Premium	X		N/A
DESPACHO GLP					
40	TLT-PUMP-32	On/Off Bomba de despacho GLP		X	On/Off Bomba de Despacho GLP TLT-PUMP-32.
41	TTL-FSL-32	Flujo de despacho GLP		X	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de GLP TLT-PUMP-32.
42	TLT-FIT-32	Switch de Flujo Bomba de despacho GLP	X		N/A
43	TLT-VSD-32	Frecuencia Bomba Despacho GLP		X	Set Point de Frecuencia Bomba de Despacho GLP TLT-PUMP-32.
44	TLT-VTI-32	Volumen de despacho GLP		X	Set Point de volumen a despachar de GLP.
45	TLT-TIT-P32	Temperatura de despacho GLP	X		N/A
46	TLT-PIT-P32	Presión Línea de Retorno Vapores GLP		X	Shut Down Bomba de despacho GLP TLT-PUMP-32.

2.4 Programación de Pantallas en Indusoft

A continuación, se muestra todas las pantallas que se programaron para cada una de las áreas del proceso en mención.



Figura 14. Pantalla Menú Principal

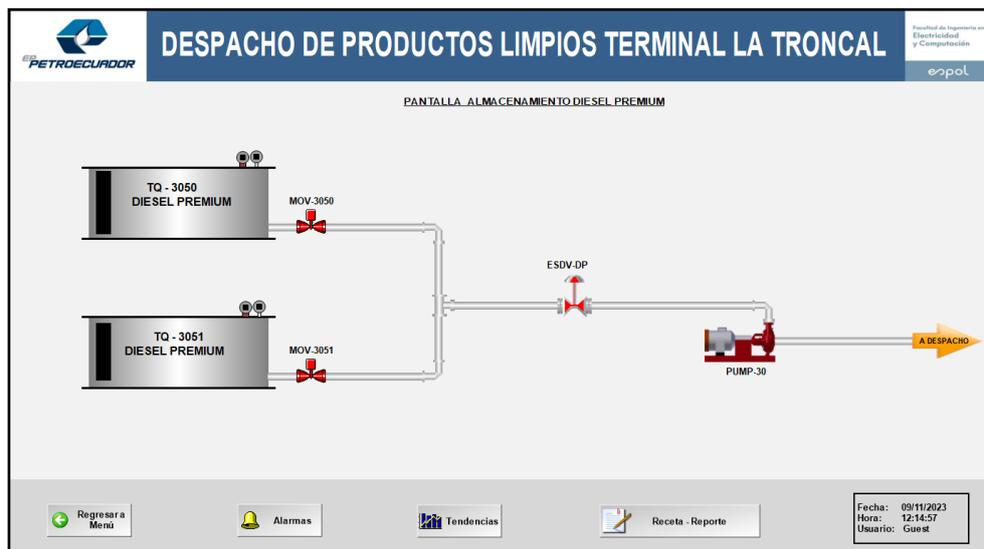


Figura 15. Pantalla Almacenamiento Diesel Premium



Figura 16. Pantalla Despacho Diesel Premium

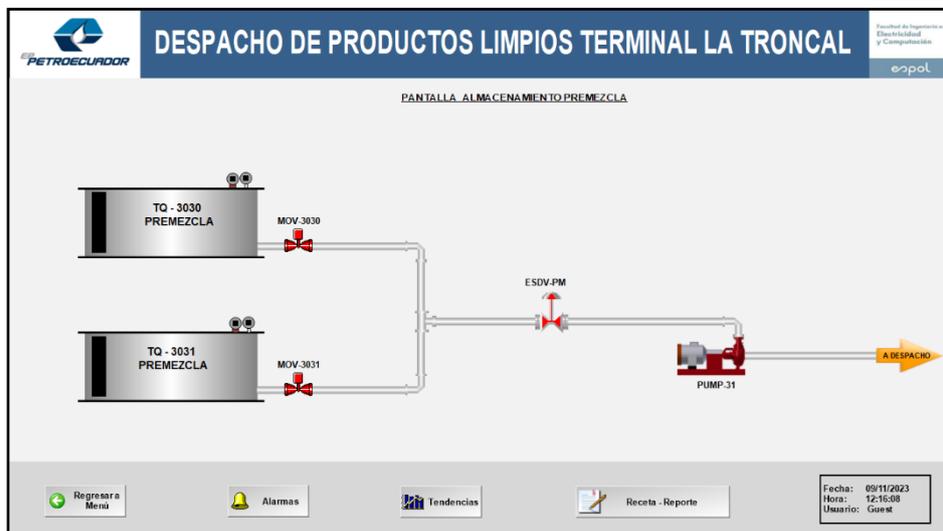


Figura 17. Pantalla Almacenamiento Premezcla



Figura 18. Pantalla Despacho Premezcla

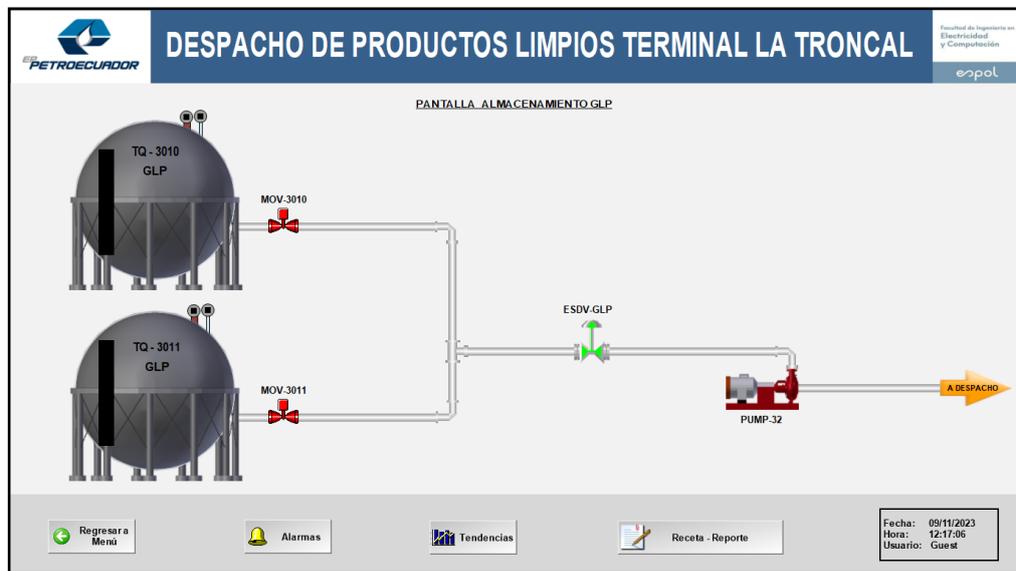


Figura 19. Pantalla Almacenamiento GLP



Figura 20. Pantalla Despacho GLP

La programación de las pantallas se realizó en base a lo sugerido en las especificaciones de la norma ISA-101 (ISA-101.01-2015), con el fin de favorecer la experiencia del operador humano y en la forma en que interactúa con el sistema de control, y permitir una comprensión rápida y precisa de la información crítica.

Además, se hizo mucho énfasis en la importancia de una presentación clara y efectiva de la información. Esto incluye la organización lógica de la información en las pantallas HMI y la utilización de colores, gráficos y etiquetas de manera efectiva.

2.5 Alarmas y Reportería

La adecuada racionalización de las alarmas, permite al operador actuar de forma eficiente y oportuna ante una desviación de los parámetros de proceso, a continuación se describe la racionalización de alarmas realizada para el proceso de Almacenamiento y Despacho de Productos limpios en el Terminal La Troncal, la cual se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Tabla Racionalización de Alarmas Sistema de Control Terminal La Troncal

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	ALARMA	VALOR	ACCIÓN DE CONTROL
ALMACENAMIENTO PREMEZCLA					
1	TLT-LIT-3030	Nivel Tanque - 3030.	Muy Bajo	5%	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3030.
			Bajo	7%	Alarma Visual y Audible Informativa.
			Alto	90%	Alarma Visual Informativa.
			Muy Alto	95%	Alarma Visual y Audible Informativa.
2	TLT-PIT-3030	Presión Tanque - 3030.	Muy Bajo	3 psi	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3030.
			Bajo	5 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	50 psi	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	55 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
3	TLT-TIT-3030	Temperatura Tanque - 3030.	Muy Bajo	-	N/A
			Bajo	-	N/A
			Alto	85 °F	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	90 °F	Alarma Visual y Audible Informativa
4	TLT-MOV-3030	Válvula pie de Tanque -3030.	Status	-	Alarma visual de cambio de estado de válvula.
5	TLT-LIT-3031	Nivel Tanque - 3031.	Muy Bajo	5%	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3031.
			Bajo	7%	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	90%	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	95%	Alarma Visual y Audible Informativa
6	TLT-PIT-3031	Presión Tanque - 3031.	Muy Bajo	3 psi	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TQ-3031.

			Bajo	5 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	50 psi	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	55 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
7	TLT-TIT-3031	Temperatura Tanque - 3031.	Muy Bajo	-	N/A
			Bajo	-	N/A
			Alto	85 °F	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	90 °F	Alarma Visual y Audible Informativa
8	TLT-MOV-3031	Válvula pie de Tanque -3031.	Status	-	Alarma visual de cambio de estado de válvula.
9	TLT-ESDV-PM	Válvula de Cubeto Tanques Premezcla.	Status	-	Alarma visual de cambio de estado de válvula.
ALMACENAMIENTO DIESEL PREMIUM					
10	TLT-LIT-3050	Nivel Tanque - 3050	Muy Bajo	5%	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Diesel Premium TQ-3050.
			Bajo	7%	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	90%	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	95%	Alarma Visual y Audible Informativa
11	TLT-PIT-3050	Presión Tanque - 3050	Muy Bajo	3 psi	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Diesel Premium TQ-3050.
			Bajo	5 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	50 psi	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	55 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
12	TLT-TIT-3050	Temperatura Tanque - 3050	Muy Bajo	-	N/A
			Bajo	-	N/A
			Alto	85 °F	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	90 °F	Alarma Visual y Audible Informativa
13	TLT-MOV-3050	Válvula pie de Tanque -3050	Status	-	Alarma visual de cambio de estado de válvula.

14	TLT-LIT-3051	Nivel Tanque - 3051	Muy Bajo	5%	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Diesel Premium TQ-3051.
			Bajo	7%	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	90%	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	95%	Alarma Visual y Audible Informativa
15	TLT-PIT-3051	Presión Tanque - 3051	Muy Bajo	3 psi	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Diesel Premium TQ-3051.
			Bajo	5 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	50 psi	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	55 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
16	TLT-TIT-3051	Temperatura Tanque - 3051	Muy Bajo	-	N/A
			Bajo	-	N/A
			Alto	85 °F	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	90 °F	Alarma Visual y Audible Informativa
17	TLT-MOV-3051	Válvula pie de Tanque -3051	Status	-	Alarma visual de cambio de estado de válvula.
18	TLT-ESDV-DP	Válvula de Cubeto Tanques Diesel Premium	Status	-	Alarma visual de cambio de estado de válvula.
ALMACENAMIENTO GLP					
19	TLT-LIT-3010	Nivel Tanque - 3010.	Muy Bajo	5%	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho GLP TQ-3010.
			Bajo	7%	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	90%	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	95%	Alarma Visual y Audible Informativa
20	TLT-PIT-3010	Presión Tanque - 3010.	Muy Bajo	40 psi	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho GLP TQ-3010.
			Bajo	45 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	150 psi	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	155 psi	Alarma Visual y Audible Informativa

21	TLT-TIT-3010	Temperatura Tanque - 3010.	Muy Bajo	-	N/A
			Bajo	-	N/A
			Alto	75 °F	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	80 °F	Alarma Visual y Audible Informativa
22	TLT-MOV-3010	Válvula pie de Tanque -3010.	Status	-	Alarma visual de cambio de estado de válvula.
23	TLT-LIT-3011	Nivel Tanque - 3011.	Muy Bajo	5%	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho GLP TQ-3011.
			Bajo	7%	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	90%	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	95%	Alarma Visual y Audible Informativa
24	TLT-PIT-3011	Presión Tanque - 3011.	Muy Bajo	3 psi	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho GLP TQ-3011.
			Bajo	5 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	50 psi	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	55 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
25	TLT-TIT-3011	Temperatura Tanque - 3011.	Muy Bajo	-	N/A
			Bajo	-	N/A
			Alto	85 °F	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	90 °F	Alarma Visual y Audible Informativa
26	TLT-MOV-3011	Válvula pie de Tanque -3011.	Status	-	Alarma visual de cambio de estado de válvula.
27	TLT-ESDV-GLP	Válvula de Cubeto Tanques GLP.	Status	-	Alarma visual de cambio de estado de válvula.
DESPACHO PREMEZCLA					
28	TLT-PUMP-30	On/Off Bomba de despacho Premezcla.	Status	-	Alarma visual de cambio de estado On/Off Bomba de Despacho Premezcla TLT-PUMP-30.
29	TTL-FSL-30	Switch de Flujo Bomba de despacho Premezcla.	Muy Bajo	50 Gal/min	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Premezcla TLT-PUMP-30.
30	TLT-FIT-30	Flujo de despacho Premezcla.	Muy Bajo	50 Gal/min	Alarma Visual y Audible Informativa

			Bajo	60 Gal/min	Alarma Visual Informativa
			Alto	450 Gal/min	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	500 Gal/min	Alarma Visual y Audible Informativa
31	TLT-VSD-30	Frecuencia Bomba Despacho Premezcla.	N/A	-	
32	TLT-VTI-30	Volumen de despacho Premezcla.	N/A	-	
33	TLT-TIT-P30	Temperatura de despacho Premezcla.	Muy Bajo	-	N/A
			Bajo	-	N/A
			Alto	85 °F	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	90 °F	Alarma Visual y Audible Informativa
DESPACHO DIÉSEL PREMIUM					
34	TLT-PUMP-31	On/Off Bomba de despacho Diesel Premium.	Status	-	Alarma visual de cambio de estado On/Off Bomba de Despacho Diesel Premium TLT-PUMP-31.
35	TTL-FSL-31	Switch de Flujo Bomba de despacho Diesel Premium.	Muy Bajo	50 Gal/min	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho Diesel Premium TLT-PUMP-31.
36	TLT-FIT-31	Flujo de despacho Diesel Premium.	Muy Bajo	50 Gal/min	Alarma Visual y Audible Informativa
			Bajo	60 Gal/min	Alarma Visual Informativa
			Alto	450 Gal/min	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	500 Gal/min	Alarma Visual y Audible Informativa
37	TLT-VSD-31	Frecuencia Bomba Despacho Diesel Premium.	N/A	-	
38	TLT-VTI-31	Volumen de despacho Diesel Premium.	N/A	-	
39	TLT-TIT-P31	Temperatura de despacho Diesel Premium.	Muy Bajo	-	Alarma Visual y Audible Informativa
			Bajo	-	Alarma Visual Informativa
			Alto	85 °F	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	90 °F	Alarma Visual y Audible Informativa
DESPACHO GLP					

40	TLT-PUMP-31	On/Off Bomba de despacho GLP.	Status	-	Alarma visual de cambio de estado On/Off Bomba de Despacho GLP TLT-PUMP-32.
41	TTL-FSL-31	Flujo de despacho GLP.	Muy Bajo	150 Gal/min	Bloqueo de Tanque. Shut Down Bomba de Despacho GLP TLT-PUMP-32.
42	TLT-FIT-31	Flujo de despacho GLP.	Muy Bajo	150 Gal/min	Alarma Visual y Audible Informativa
			Bajo	175 Gal/min	Alarma Visual Informativa
			Alto	500 Gal/min	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	550 Gal/min	Alarma Visual y Audible Informativa
43	TLT-VSD-31	Frecuencia Bomba Despacho GLP.	N/A	-	
44	TLT-VTI-31	Volumen de despacho GLP.	N/A	-	
45	TLT-TIT-P31	Temperatura de despacho GLP.	Muy Bajo	-	Alarma Visual y Audible Informativa
			Bajo	-	Alarma Visual Informativa
			Alto	70 °F	Alarma Visual Informativa
			Muy Alto	75 °F	Alarma Visual y Audible Informativa
46	TLT-PIT-P32	Presión Línea de Retorno Vapores GLP.	Muy Bajo	25 psi	Shut Down Bomba de despacho GLP TLT-PUMP-32.
			Bajo	35 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
			Alto	85 psi	Alarma Visual y Audible Informativa
			Muy Alto	95 psi	Shut Down Bomba de despacho GLP TLT-PUMP-32.

De acuerdo a lo especificado en la matriz de la Tabla No. 05 se procedió con la programación de la interfaz para el monitoreo de control de alarmas. Las alarmas configuradas para el almacenamiento de Diesel Premium, se muestran en la Figura 21.

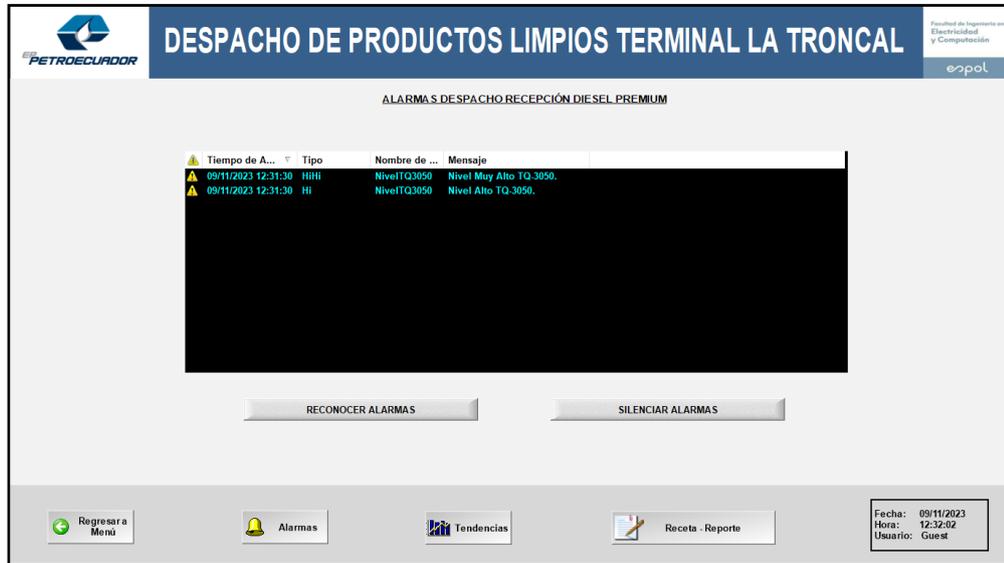


Figura 21. Pantalla de visualización y reconocimiento de alarmas

Así mismo con el fin de monitorear el comportamiento de cada una de las variables del proceso y las alarmas que presentan las mismas, se programó una pantalla para monitoreo y control de Tendencias. Como se muestra en la Figura 22.

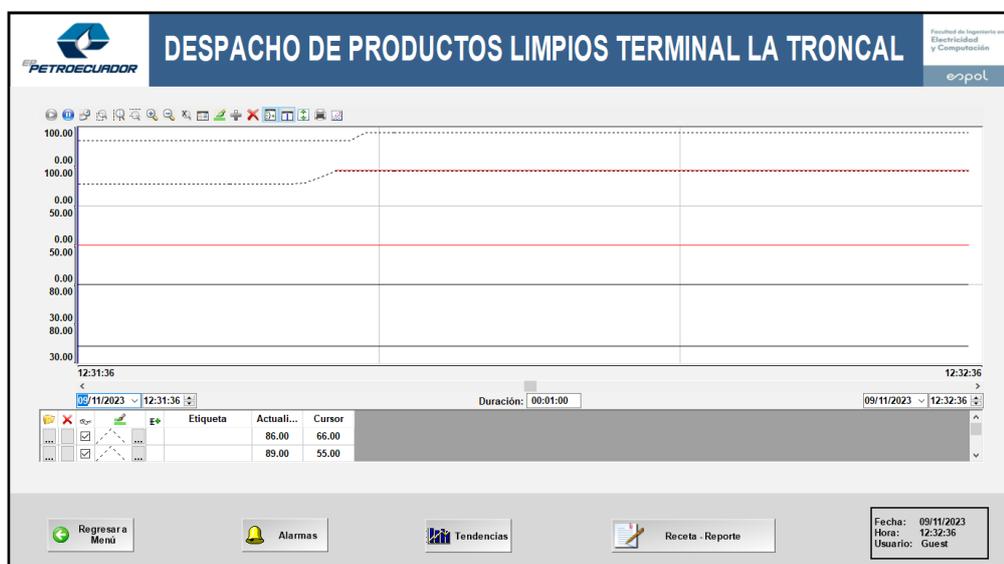


Figura 22. Pantalla de visualización y reconocimiento de alarmas.

Con el fin de que los reportes de las operaciones ejecutas no dependan del criterio del operador, se procedió a programar una interfaz que permita al operador de forma automatizada la obtención del registrar el comportamiento de los parámetros de proceso durante su jornada laboral, este se presentará en formato txt, o pdf de acuerdo a lo que el operador requiera.

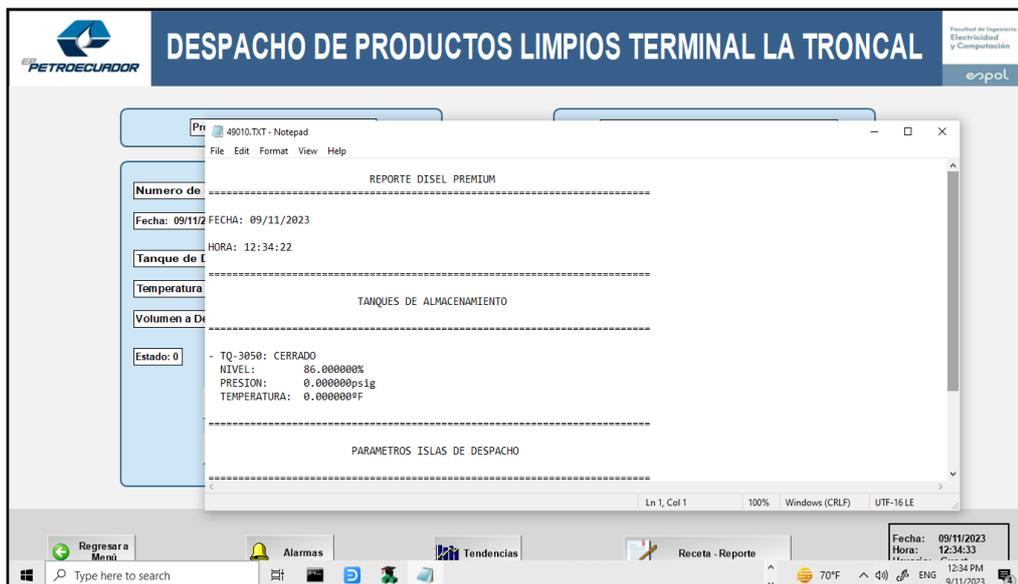


Figura 23. Pantalla de visualización e impresión de reporte de operaciones en formato txt

Una sección importante es el uso y manejo de recetas que, en este caso, serán una herramienta útil para que el operador ingrese de forma manual el volumen a despachar de cada producto limpio a un determinado tanquero, para que, de esta forma, una vez que el contador alcance el volumen seteado, se interrumpa el despacho. Además, se ingresa la información de la guía de remisión con el fin de que la información referente al manejo de inventarios, se maneje de forma automatizada, ordenada, y automática.

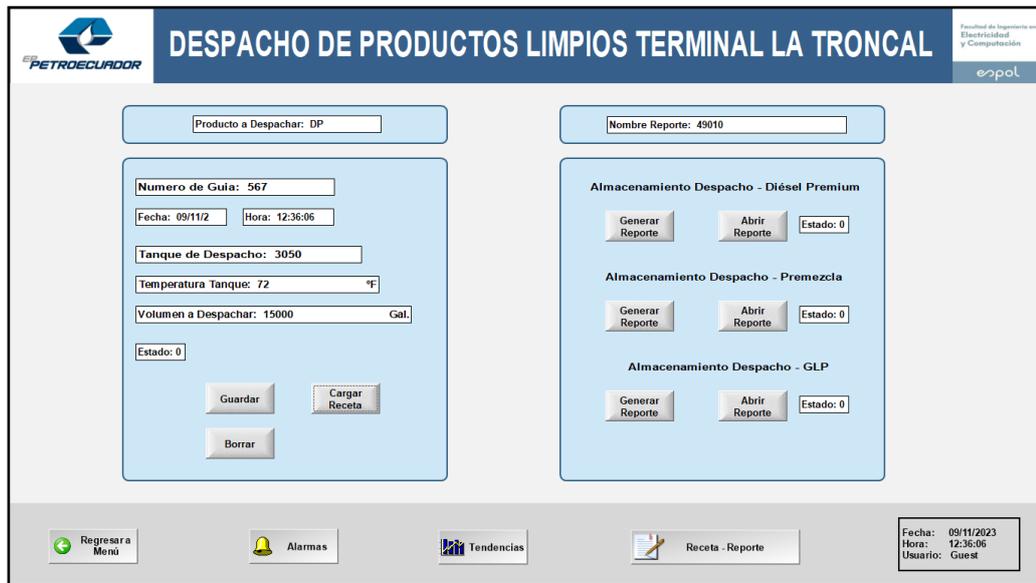


Figura 24. Pantalla de ingreso de los datos de las guías de despacho

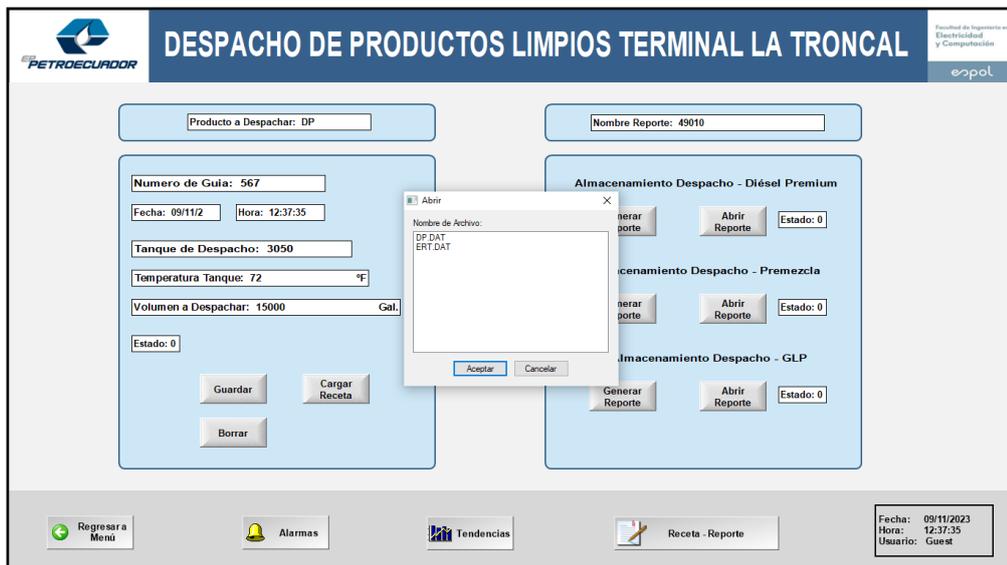


Figura 25. Pantalla de gestión de “recetas” Guías de remisión

2.6 Integración IOT

La integración IoT se realizó, estableciendo un Bloque de datos para cada etapa del proceso en Tia Portal.

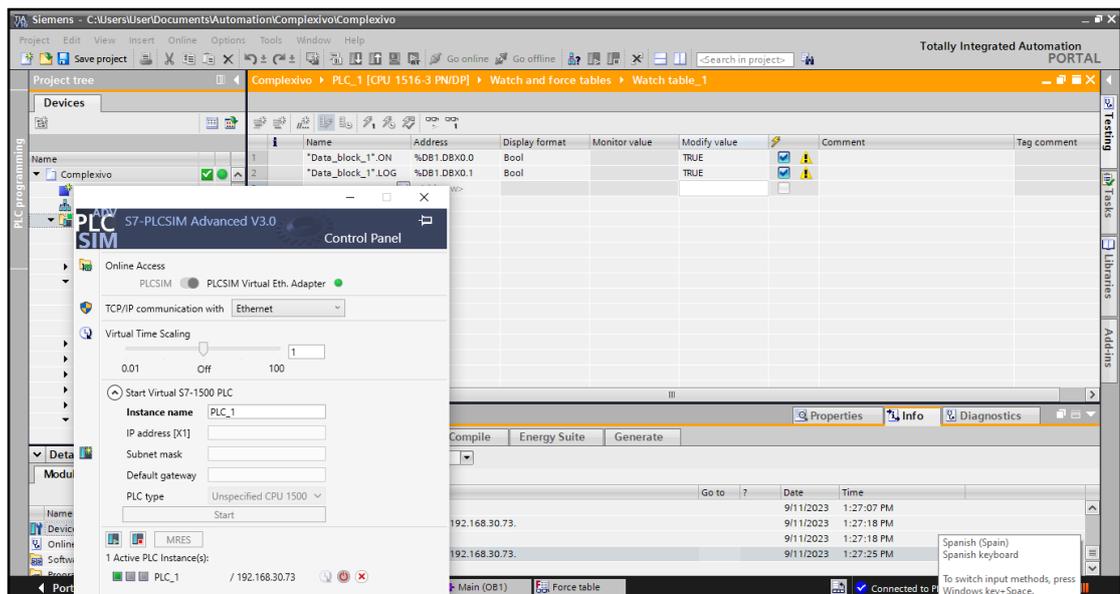


Figura 26. Simulación del PLC S7-1500 en TIA Portal

Dentro del bloque de datos el programa asigna a cada Tag o variable una dirección automática modificable, con esa dirección se realizará el enlace mediante node-red. Para esto se debe agregar a node red la librería Snap 7 que incluye los nodos, y permite la comunicación e interlocución con los PLC Siemens S7-1xxx e Ubidots mediante protocolo MQTT.

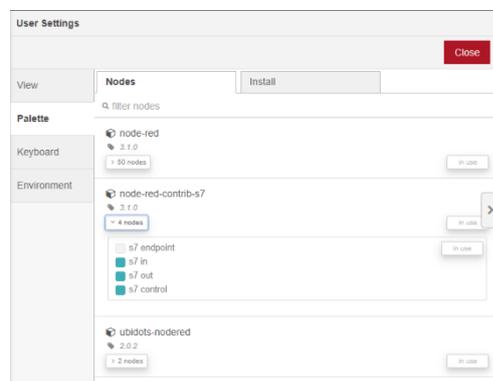


Figura 27. Nodos de la Librería Snap 7

Node Red realiza la función de interprete del lenguaje MQTT de la plataforma Ubidots, que permite comunicar con dispositivos remotos que a la vez hacen de publicadores y suscriptores. De esta forma los

equipos industriales destinados al monitoreo y control de variables de proceso pueden acceder a dashboard que permitan la visualización de datos e interacción con el proceso por parte de niveles gerenciales.

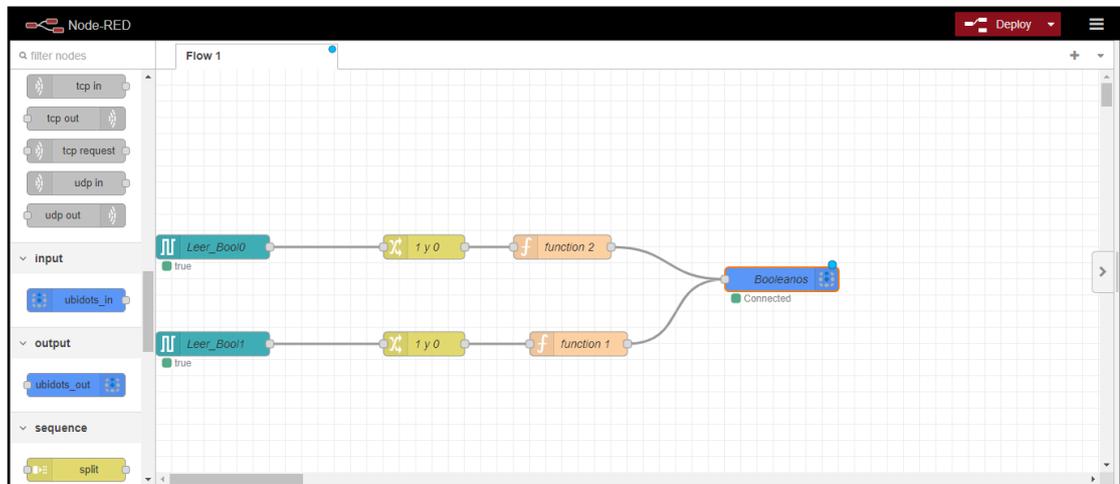


Figura 28. Nodos de Lectura de datos desde el PLC y envío hacia Ubidots

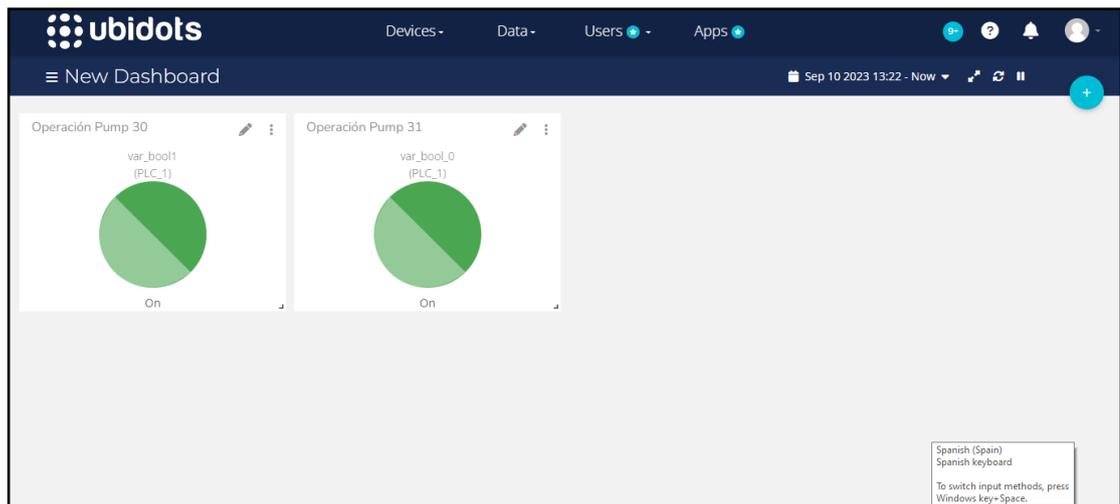


Figura 29. Dashboard Ubidots

CONCLUSIONES

1.- Del levantamiento de información de la instrumentación disponible en campo se pudo recabar datos importantes referentes al tipo de señal que manejan cada uno de los instrumentos, el principio de medición que emplean y el protocolo de comunicación que utilizan para comunicarse dentro de una red industrial.

2.- Una vez realizado el levantamiento de Tag's o variables de proceso se estableció de forma clara los requerimientos de software y hardware necesarios para llevar a cabo la implementación de la red de comunicación industrial, para el caso del hardware y en vista que varios sistemas emplean comunicación Profinet Ethernet Industrial, se requirió el uso de un acoplador Ethernet Switch SCALANCE XB005 Marca Siemens, que permita el direccionamiento y comunicación con interfaz Ethernet de los equipos conectados en red tipo estrella.

3.- Producto del análisis de variables e instrumentación en campo se diseñó la topología de red del sistema de control, misma que permitirá usar todas las funcionalidades de los equipos con los que se cuenta en campo, gestionar de forma adecuada el proceso, mediante el óptimo diseño de estrategias de control. Aprovechar de forma adecuada el flujo de datos, y comunicar los distintos equipos e instrumentos de forma efectiva.

4.- La programación de pantallas se realizó tomando en cuenta lo que sugiere la norma ISA-101.01-2015, con el fin de mejorar la experiencia del operador humano y la forma en que interactúa con el sistema de control. Además, disminuir la brecha de aprendizaje que le permita al personal nuevo comprensión rápida y precisa de la información crítica.

5.- La adecuada gestión de alarmas agrega robustez al sistema de control en términos de seguridad funcional ya que el rediseño permitió, seleccionar de forma adecuada las alarmas críticas de proceso y ejecutar acciones de control automáticas. Por otro lado, se estableció notificaciones visuales y sonoras a las alarmas de menor criticidad que permitan al operador tomar acción a tiempo sobre una variable de proceso.

6.- La implementación del sistema de reportería es parte de la gestión del proceso ya que permite registrar las operaciones ejecutadas por parte del personal de forma automática sin depender del criterio y experiencia del operador, además que los datos ayudan a la mejora continua del proceso en términos de gestión, optimización o rediseño de equipos.

7.- Una gran necesidad del presente proyecto era la integración IoT del proceso y con esto la integración de niveles jerárquicos superiores. Con el fin de brindar un entendimiento macro del proceso en términos de tiempos de operación, problemas operativos, e información en tiempo real del comportamiento de los equipos.

RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda realizar un estudio a mayor profundidad de seguridad funcional en cada una de las áreas del proceso, mismo que permita al sistema de monitoreo, control y adquisición de datos del Terminal La Troncal, contar con un sistema de seguridad instrumentada, acorde con los estándares de la industria.

- 2.- En la etapa de implementación del presente diseño se recomienda realizar pruebas completas del sistema SCADA para asegurar que todas las funciones estén operativas y que no haya errores críticos. Esto incluye pruebas de rendimiento, pruebas de seguridad y pruebas de recuperación ante fallos. Y capacitación al personal con el fin de evaluar la medida de comprensión de la lógica de control, las nuevas características y los cambios realizados en el sistema.

- 3.- Se recomienda actualizar o crear documentación detallada que describa las nuevas características del sistema SCADA, incluyendo diagramas de arquitectura, manuales de usuario y manuales de operación y mantenimiento. Enfocada hacia el personal actual y futuro.

- 4.- Es necesario establecer un cronograma para la ejecución de actividades periódicas con el fin de dar mantenimiento al Sistema de Control como son: Respaldos regulares, Auditorias de seguridad regulares, Evaluaciones de rendimiento y mejora.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. J. Andrade Moreano, Control y visualización de las etapas de recepción, filtrado y despacho de combustibles de la planta jet fuel del terminal El Beaterio de Petrocomercial, Doctoral dissertation. QUITO/EPN/2007.
- [2] P. P. Asensio, y Arbós, R. V., Automatización de procesos mediante la guía GEMM, Barcelona, Edit. Edicions UPC, 2005.
- [3] J. Balcells, y J. L. Romeral, Autómatas programables, Barcelona: Marcombo, S.A., 2000.
- [4] J. Brady, Networking with devicenet, The Computer Applications Journal, 6, 38-42, 1998.
- [5] L. Corrales Paucar, Instrumentación Industrial, 2007.
- [6] DeltaV Arquitectura (n.d.). (September 20, 2017). Disponible en: <http://www2.emersonprocess.com/es/brands/deltav/differentiators/Pages/SystemOverview.aspx>
- [7] A. C. Demoya, H. Q. Cruz & P. N. B. Hernandez, Modelamiento de la propagación de los frentes de contaminación generados por el transporte de combustibles por poliducto, Dyna, 74(152), 89-96, 2007.
- [8] B. Dutertre, Formal modeling and analysis of the Modbus protocol. In International Conference on Critical Infrastructure Protection, Springer, Boston, MA., 2007, March, pp. 189-204.

[9] Emerson. (n.d.). (Septiembre 22, 201). Disponible en:
<http://www.emerson.com/en-us/catalog/deltav-ve31red>

[13] E. García Moreno, Automatización de procesos industriales: robótica y automática, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 1999.

[14] Gravedad API - Schlumberger Oilfield Glossary. 24 September 2017.
Glossary.oilfield.slb.com. Diponible en:
http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/a/api_gravity.aspx

ANEXOS

1.- Código de programación VB code ingresado en Indusoft.

Variables con alcance global pueden ser declaradas e inicializadas aqui.

```
$Valv3010A=False  
$Valv3011A=False  
$Valv3030A=False  
$Valv3031A=False  
$Valv3050A=False  
$Valv3051A=False  
$ValvCubDP=True  
$ValvCubGLP=True  
$ValvCubPM=True  
$PumpDp=True  
$PumpPM=False  
$PumpGLP=False
```

'Los procedimientos con alcance local pueden ser implementados aqui.

'Este procedimiento es ejecutado solo una vez cuando el modulo grafico es iniciado.

```
Sub Graphics_OnStart()
```

```
End Sub
```

'Este procedimiento es ejecutado continuamente mientras el modulo grafico esta ejecutandose.

```
Sub Graphics_WhileRunning()
```

```
If $Valv3030A=0 And $Valv3031A=0 Then  
$ValvCubPM=1  
End If
```

```
If $Valv3030A=1 Then  
$ValvCubPM=0  
End If
```

```
If $Valv3031A=1 Then  
$ValvCubPM=0  
End If
```

```
If $ValvCubPM=1 Then  
$PumpPM=0  
End If
```

```
If $Valv3050A=0 And $Valv3051A=0 Then  
$ValvCubDP=1  
End If
```

```
If $Valv3050A=1 Then
$ValvCubDP=0
End If
```

```
If $Valv3051A=1 Then
$ValvCubDP=0
End If
```

```
If $ValvCubDP=1 Then
$PumpDp=0
End If
```

```
If $Valv3010A=0 And $Valv3011A=0 Then
$ValvCubGLP=1
End If
```

```
If $Valv3010A=1 Then
$ValvCubGLP=0
End If
```

```
If $Valv3011A=1 Then
$ValvCubGLP=0
End If
If $ValvCubGLP=1 Then
$PumpGLP=0
End If
```

```
End Sub
```

```
'Este procedimiento es ejecutado solo una vez cuando el modulo grafico es cerrado.
Sub Graphics_OnEnd()
```

```
End Sub
```