



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL Y MONITOREO PARA EL DESPACHO A
TANQUEROS DE TRANSPORTE DE GLP”

Examen Complexivo, Componente Práctico

Informe Profesional

Previa la obtención del título de:

**MAGISTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
INDUSTRIAL**

Autor: Ing. Vicente Alexander García Plúa

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por las bendiciones recibidas y ser parte importante al ayudarme a alcanzar esta meta, a mi familia por apoyarme todos los días, a la ESPOL por haberme permitido ser parte del programa de la MACI; a Guillermo por ser mi guía profesional e impartirme sus buenos consejos; y a C.V.P. por haber sido un soporte en una etapa importante de mi vida.

DEDICATORIA

A mi abuela: María; mis padres:
Vicente y Virginia: mi hermano Juan
Carlos: mis sobrinos: Juan Sebastian,
Ethan, Emilio y mi abuelo José (+).

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

M. Sc. Sara Ríos.

PRESIDENTE

M. Sc. Dennys Cortéz

VOCAL

Ph. D. Douglas Plaza

VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

Art. 12 del Reglamento de graduación

Ing. Vicente Alexander García Plúa

RESUMEN

El sistema de despacho de combustibles a tanqueros para el transporte de GLP constituye una tarea muy importante para procesos de custodia y transferencia, ya que este proceso se constituye en la fase de medición del producto que entrega la planta y que recibe el cliente distribuidor.

Para establecer una medida justa se tiene un sistema que contabiliza el producto a entregar en una variable que no sea afectada a parámetros ambientales tal como la temperatura que afecta a cualquier unidad de volumen.

El proceso de medición está conformado por los siguientes equipos: una bomba centrífuga controlada por un variador de velocidad, dos medidores de flujo másico con principio de medición de coriolis, una válvula de corte de lotes (control), sensores de presión y temperatura tanto para la línea de retorno del vapor como la de líquido.

El sistema adicionalmente controla variables de operación de proceso tales como presión y temperatura y alerta cuando estas estén fuera de rango. El

equipo deberá continuamente entregar las variables de proceso hacia el controlador principal de la planta.

Para la solución de medición se considerarán equipos certificados para industria OIL & GAS, y que sea transparente en la entrega de información hacia un elemento de control centralizado como lo es un Controlador Lógico Programable (PLC) a través de un bus de comunicación industrial, para este caso MODBUS.

La implementación del sistema de despacho automático de GLP nos permitirá modernizar la infraestructura del Terminal, mejorar la eficiencia de las operaciones, hacerlas seguras a la integridad física tanto de operadores como de transportistas, facilitar y transparentar el flujo de datos de campo directamente a los sistemas de facturación para así de esta manera contar con uno de los sistemas de distribución más modernos y eficientes del País.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
DECLARACION EXPRESA	V
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE TABLAS	X
INDICE DE FIGURAS.....	X
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I:	6
1 METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.....	6
1.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	6
1.1.1 <i>Seguridad y Eficiencia del Proceso</i>	7
1.1.2 <i>Estabilidad de las variables de proceso</i>	7
1.1.3 <i>Sistema de Despacho Automático</i>	8
1.2 OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	8
1.3 ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS.....	11
1.3.1 <i>COMPUTADORA DE FLUJO</i>	11
1.3.2 <i>MEDIDORES DE FLUJO</i>	11
1.3.3 <i>SENSOR DE TEMPERATURA</i>	12
1.3.4 <i>TRANSMISORES DE PRESIÓN</i>	12
1.3.5 <i>VÁLVULA DE ARRANQUE / PARADA (SET/STOP)</i>	12
1.3.6 <i>BOMBA CENTRIFUGA</i>	13
1.4 DISEÑO Y ARQUITECTURA DE CONTROL	13

1.4.1	<i>DISEÑO DEL SISTEMA</i>	13
1.4.2	<i>ARQUITECTURA DE CONTROL</i>	20
	CAPÍTULO II:.....	21
2	RESULTADOS OBTENIDOS	21
2.1	MEDICIÓN DE VARIABLES DE PROCESO	21
2.2	TIEMPOS DE DESPACHO	22
2.3	BALANCE DEL PRODUCTO ENTREGADO	23
2.4	COMPARACIÓN DE MEDICIONES DE LAS REALIZADAS POR BALANZAS.....	24
	CONCLUSIONES	26
	RECOMENDACIONES.....	30
	BIBLIOGRAFIA	32
	REFERENCIAS INTERNET	33
	GLOSARIO DE TERMINOS.....	34
	ANEXOS	36

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NO. 1. VALORES DE OPERACIÓN DE LA PLANTA.....	6
TABLA NO. 2. MEDICIÓN COMPUTADOR DE FLUJO Y CORIOLISIS.	24
TABLA NO. 3. MEDICIÓN BALANZA Y COMPUTADOR DE FLUJO.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1. DIAGRAMA DE PROCESO DE DESPACHO DE GLP</i>	<i>1</i>
<i>FIGURA 2. DIAGRAMA DE PROCESO GENERAL.....</i>	<i>2</i>
<i>FIGURA 3. ROTOGAGE.....</i>	<i>3</i>
<i>FIGURA 4. DIAGRAMA DE PROCESO DE DESPACHO DE GLP CON MEDICIÓN AUTOMATIZADA.....</i>	<i>8</i>
<i>FIGURA 5. ESQUEMA DEL FLUJO DEL PROCESO.....</i>	<i>16</i>
<i>FIGURA 6. ESQUEMÁTICO DE LA VÁLVULA A/P.</i>	<i>18</i>
<i>FIGURA 7. CICLO DE CARGA TÍPICO.</i>	<i>19</i>
<i>FIGURA 8. ESQUEMA P&ID DEL PROCESO DE DESPACHO.....</i>	<i>19</i>
<i>FIGURA 9. ARQUITECTURA DE CONTROL.</i>	<i>20</i>
<i>FIGURA 10. TENDENCIA DEL FLUJO ENTREGADO.....</i>	<i>21</i>
<i>FIGURA 11. TENDENCIA DE LA PRESIÓN EN EL BRAZO DE CARGA.....</i>	<i>22</i>
<i>FIGURA 12. TIEMPO DE CARGA EN ISLA DE CARGA.</i>	<i>22</i>
<i>FIGURA 13. COMPUTADOR DE FLUJO.....</i>	<i>23</i>
<i>FIGURA 14. TRANSMISOR TIPO CORIOLISIS.....</i>	<i>23</i>
<i>FIGURA 15. BALANZAS PARA TANQUEROS.....</i>	<i>24</i>
<i>FIGURA 16. PANTALLA SCADA BALANZAS.....</i>	<i>24</i>

INTRODUCCIÓN

El proyecto materia de análisis de este documento fue desarrollado e implementado dentro del plan de proyectos de inversión para la primera empresa del país, El proceso aquí expuesto es parte de un terminal de almacenamiento y despacho de GLP ubicado en una de las principales ciudades del País. En la siguiente figura se muestra el esquema del proceso de medición de GLP a los auto – tanques o tanqueros.



Figura 1. Diagrama de Proceso de Despacho de GLP

El proyecto en sí comprende tres procesos en total, las cuales son: proceso de recepción, proceso de almacenamiento y proceso de despacho del producto, la ejecución del proyecto tomo aproximadamente 20 meses cumpliendo todos los procesos para la ejecución de proyectos: inicio,

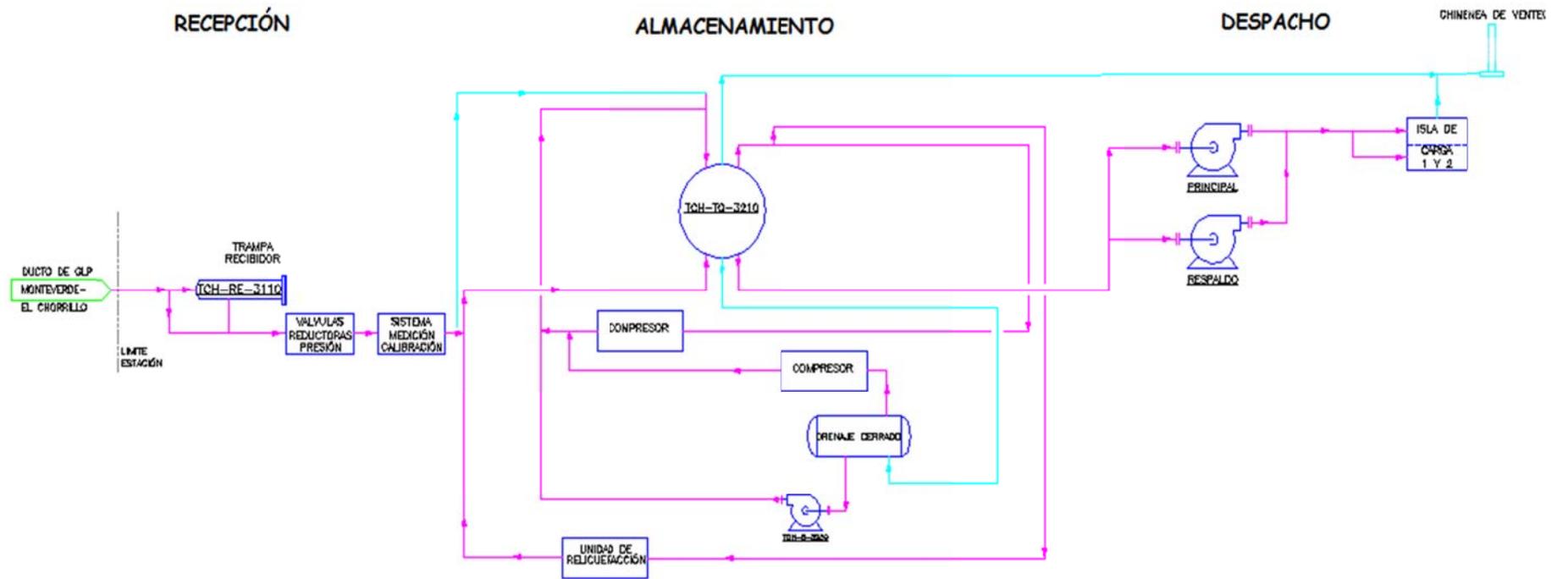


Figura 2. Diagrama de Proceso General

planeación, ejecución y cierre. En la siguiente figura se muestra el proceso en macro requerido:

Inicialmente se despachaba a los tanqueros o auto-tanques mediante islas de carga que no tenían equipamiento de medición automática y la bomba utilizada era de apenas 400 GPM, lo que representaba tiempos de aproximadamente una hora por cada tanquero de 20 Toneladas de capacidad y al no tener sistema de medición electrónico las diferencias entre mediciones contenían altos márgenes de errores pues la medición se la realizaba a través de un “ROTOGAGE” que es un elemento para medición en porcentaje de volumen del tanque.



Figura 3. Rotogage

Este procedimiento a más de impreciso representaba un potencial peligro para operadores y conductores, puesto que para seleccionar el porcentaje del volumen deseado se tenía que operar el elemento sensor de manera manual, elevándose el operador por la escalera del tanquero y esperar a que el tanque se llene, cuando esto sucedía el medidor liberaba el producto a alta presión y

baja temperatura a la atmosfera y de esta manera indicaba que se había alcanzado el nivel deseado. Inmediatamente el operador debía operar el sensor para detener la fuga del producto.

La necesidad de cambiar la forma de operación a través de facilidades electro-mecánicas modernas responde a los siguientes objetivos:

- ✓ Garantizar un proceso seguro y eficaz mediante un sistema de control automático.
- ✓ Garantizar la estabilidad de las variables de proceso durante el tiempo que dure las actividades de despacho, mediante el uso de sistemas de drenaje y venteo.
- ✓ Implementar sistemas modernos que aseguren una transferencia rápida del producto y transparencia tanto a la empresa como a sus usuarios en la gestión de manejo de datos para el despacho y comercialización del GLP.

Para la solución empleada en el nuevo terminal se hizo uso de tecnologías de punta tanto para los elementos de campo como para el control del proceso y la adquisición de datos, mediante el uso de PLC y el sistema HMI respectivamente.

En el primer capítulo de este informe revisaremos los elementos utilizados dentro del proyecto, la solución técnica implementada y las variables de proceso necesarias para obtener un eficiente control de inventario.

En el segundo capítulo se detallará los principales beneficios obtenidos, tanto para los operadores del Terminal como para los usuarios del mismo. También se expondrá las ventajas de contar con un sistema automatizado y las facilidades para los diferentes funcionarios al interior de la organización.

CAPÍTULO I:

1 METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.

En esta sección se focalizará a las consideraciones del diseño dimensionamiento y selección de los equipos de campo, control y supervisión necesarios para un sistema completamente automático.

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Como se pudo visualizar en la figura 2 de este informe se requiere tener un proceso de almacenamiento y despacho de GLP que sea seguro, confiable y automático. Las principales variables del proceso son la de presión y temperatura, el producto deberá estar dentro de los parámetros de diseño durante todo el proceso, es decir, desde la recepción hasta el despacho. En la siguiente tabla se describen los valores de las variables de proceso con sus respectivas alarmas.

Operación de la Planta		
Estado	Presión (PSI)	Temperatura (°C)
Alarma Alto-Alto	160	37
Alarma Alto	150	32
Operación	140	27
Alarma Bajo	130	22
Alarma Bajo-Bajo	120	18

Tabla No. 1. Valores de Operación de la Planta

Los valores de presión y temperatura deben estar dentro del rango de operación para de esta manera mantener en estado líquido el GLP. Para asegurarnos una correcta operación durante los procedimientos de despacho de GLP se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

1.1.1 Seguridad y Eficiencia del Proceso

En cada una de las islas de descarga a tanqueros se han implementado detectores de fuga de producto y de presencia de flama mediante el uso de sensores detectores de radiación IR y UV. Adicional a esto, las operaciones cuentan con interbloques mecánicos y eléctricos, para el primer caso solo se podrá iniciar la descarga hacia los tanqueros si la manguera o brazo de carga está conectado correctamente, mientras que la seguridad electrónica radica en tener una señal de conexión a tierra del tanquero, la misma que funciona como señal permisible al sistema de control.

1.1.2 Estabilidad de las variables de proceso

La ingeniería del proyecto incorpora seguridades que ayuden a estabilizar las variables de proceso, para el caso de contar con alta presión durante el proceso se cuenta con varias válvulas de

alivio las mismas que actúan automáticamente al alcanzar el valor de configuración y con válvulas de drenaje de accionamiento manual para evacuar producto empaquetado dentro de las tuberías en estado gaseoso.

1.1.3 Sistema de Despacho Automático

Para mejorar los tiempos de despacho se hace uso de variadores de velocidad para controlar una bomba centrífuga y que esta pueda mantener el flujo a la salida en 400 GPM y de esta manera cargar a tanqueros de capacidad de almacenamiento de 20 toneladas en aproximadamente 30 minutos. También se implementan medidores de flujo másico y un computador (controlador) de flujo para realizar la medición y que la misma sea certificada para procesos de custodia y transferencia. Una representación gráfica del sistema considerado es como se muestra en la figura 4.

1.2 OPERACIÓN DEL SISTEMA

Todas las rutinas administrativas en relación a recibir órdenes de despachos, son realizadas antes de ingresar a la isla de carga. El siguiente procedimiento inicia desde que el auto-tanque esta

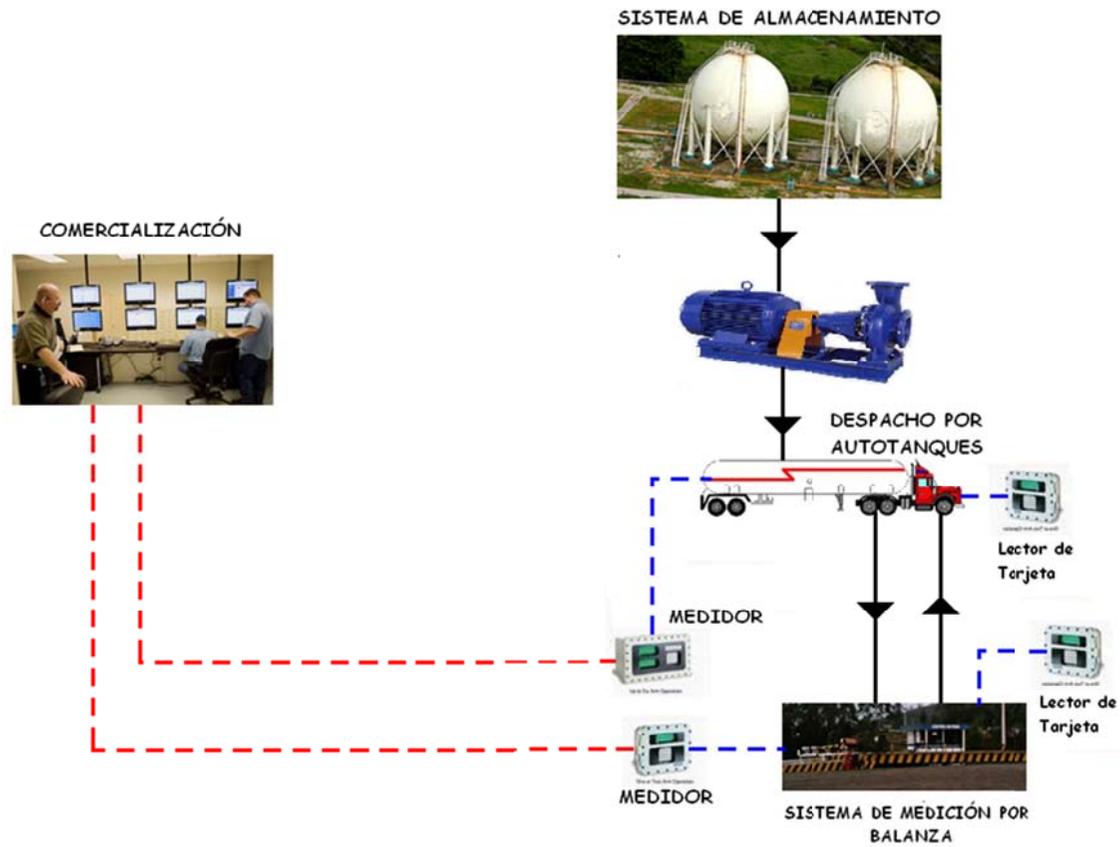


Figura 4. Diagrama de Proceso de Despacho de GLP con medición automatizada

estacionado correctamente en el punto de carga. El procedimiento de carga de auto tanques se describe a continuación.

- ✓ El operador conecta el chasis del auto tanque al sistema de tierra. Esto registrará la computadora de flujo como un permisivo para el inicio del proceso. En el campo señales luminosas indicarán una adecuada conexión a tierra.
- ✓ El operador, conecta los brazos de carga tanto para la carga de GLP en fase líquida como el retorno de vapor de GLP.
- ✓ El operador pasa la tarjeta magnética previamente programada y sólo entonces empezará la operación de carga. También se podrá arrancar el sistema en modo manual, esto es, sin el uso de la tarjeta y dando la orden desde el computador de flujo.
- ✓ Los despliegues gráficos en las estaciones operadoras del sistema de control indicarán con mímicos titilantes que las válvulas en una ruta de producto están por abrirse. Cuando la ruta de producto está lista se indicará con flechas el sentido del flujo en las tuberías y con color verde las válvulas operativas o abiertas.
- ✓ Las bombas arrancarán cuando la ruta seleccionada de producto esté alineada (válvulas motorizadas) tanto en la entrada de líquido como en la salida de vapor desde el tanquero.
- ✓ El panel de la computadora de flujo, mostrará el flujo másico (valor preestablecido) y totalizará el producto acumulado durante la carga.

- ✓ El sistema de control, parará de forma automática la carga cuando se haya alcanzado el valor máximo preestablecido, cuando se haya detenido la operación el sistema de control apagará la bomba y cerrará las válvulas hasta que se presente un nuevo auto-tanque. Finalmente registra el valor despachado en el servidor histórico de la planta.
- ✓ El operador desconecta los brazos de carga del producto y posteriormente, desconecta la pinza de conexión a tierra.

Cabe indicar que el sistema de control está habilitado para que todas las alarmas, interbloqueos y situaciones de error que puedan afectar la carga sean almacenados en el servidor y visualizados en el sistema HMI. Los mensajes de error son mostrados conforme se van presentando en una sección fija de la estación de operación. Las siguientes situaciones llevan a un inmediato paro del proceso de carga:

- ✓ El auto tanque se ha desconectado del sistema de tierra.
- ✓ No existe presencia de líquido por el medidor por 30 segundos.
- ✓ Señal del sistema de detección de fugas e incendio activada.
- ✓ Un botón de emergencia en la planta ha sido activado.
- ✓ Bajo nivel en las esferas de almacenamiento.
- ✓ Válvulas no han sido correctamente alineadas, por falla en el sistema de control automático.

1.3 ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS

Los siguientes equipos forman parte del sistema de medición:

1.3.1 COMPUTADORA DE FLUJO

La computadora de flujo está basada en un microprocesador de última generación y en circuitos electrónicos de estado sólido. Está diseñada para ser instalada en área clasificada Clase 1, División 1 Grupo D.

1.3.2 MEDIDORES DE FLUJO

Esta especificación cubre los requerimientos para los medidores de flujo másico.

Servicio:	Medición GLP a auto tanques
Tipo de medición:	Coriolis
Tamaño:	4" para líquido y 2" para vapor
Fluido:	GLP
Flujo de operación:	400 GPM
Transmisión datos:	Por pulsos
Clasificación:	Clase 1, División 1 Grupo D.

1.3.3 SENSOR DE TEMPERATURA

Consiste en un conjunto compuesto por un sensor de temperatura por resistencia (RTD), y termopozo, para uso en ubicación Clase 1, División 1, Grupo D.

Termopozo

Barra de acero inoxidable

Presión de Operación 300 psig

Sensor

Ensamblaje Sentado con carga de resorte

Tipo: Elemento único

RTD de platino, 100 ohmios a 0° C

Tolerancia de + 0,5° C.

Rango de Temperatura: -20°C a 100°C.

1.3.4 TRANSMISORES DE PRESIÓN

Los transmisores de presión tanto para las líneas de líquido como de retorno de vapor son para uso en ubicación Clase 1, División 1, Grupo D. El rango de medición va de 0 a 800 PSI y han sido calibrados para un rango de medición de 0 a 500 PSI.

1.3.5 VÁLVULA DE ARRANQUE / PARADA (SET/STOP)

Las válvulas de arranque/parada son válvulas electro-hidráulicas

auto-operadas a pistón, con dos válvulas solenoides (NO y NC) de 120V, 60 Hz, para uso en ubicación Clase 1, División 1, Grupo D.

1.3.6 BOMBA CENTRIFUGA

Se tiene una bomba principal y una de respaldo de tipo centrifuga con certificación API, de 800 GPM, de 150 pies de diferencia de cabezal, con motor de 30HP,3F, 60Hz a 480Vac., Clase 1, División 1, Grupo D.

1.4 DISEÑO Y ARQUITECTURA DE CONTROL

1.4.1 DISEÑO DEL SISTEMA

1.4.1.1 COMPUTADOR DE FLUJO

El diseño del sistema de despacho tal como se describe en la figura 4, consiste en ingresar los datos de carga por medio de una tarjeta magnética, en la cual constarán los datos básicos de cada camión: placa, peso inicial, cantidad de combustible máxima a llenar, cantidad de combustible adquirida, isla de despacho, etc. El lector de tarjeta cargará los datos al computador de flujo para iniciar el proceso de entrega del producto.

El computador está diseñado para preajustar mediante un teclado la cantidad a ser despachada a los auto-tanques, en

caso de falla de la tarjeta magnética. La computadora de flujo maneja dos brazos de carga al mismo tiempo. Se comunica con el transmisor de flujo, quien le envía señales de pulsos, esta señal es programada para monitorear el flujo a lo largo de todo el proceso de carga. Al computador se le ha integrado señales externas para:

- ✓ Medición de Presión.
- ✓ Medición de Temperatura.
- ✓ Control de la válvula A/P (Set-Stop).
- ✓ Permisivo para la conexión a tierra.

Tiene disponible una señal independiente para que la computadora de flujo active al sistema de parada de emergencia (ESD).

La computadora de flujo da la señal de inicio a la bomba de descarga para cada uno de los brazos, ya que el sistema cuenta con variadores de frecuencia.

Dentro de las funciones del computador de flujo también están las de realizar cálculos y compensaciones requeridas para la medición de GLP, cálculo del factor de medición, almacenar datos históricos, registros de falla, registros de alarma, etc.

Entre los cálculos que el computador de flujo realiza están las compensaciones por temperatura, por presión y corrección de la

densidad. Para los dos primeros casos el procedimiento es realizado con el complemento de tablas normalizadas API, las cuales son almacenadas y programadas en el controlador para efectuar las mediciones dependiendo de las condiciones de proceso. La opción de corrección de la densidad proporciona la capacidad de corregir el volumen del producto distribuido con densidades variables.

Como se indicó el computador de flujo una vez cargado los datos de despacho de GLP, envía la orden de arranque hacia el controlador central para que este a su vez proceda con la apertura de las válvulas motorizadas y posteriormente arranque el motor de la bomba.

Una vez arrancado el sistema, el transmisor de flujo (medidor de coriolis) envía los pulsos eléctricos al computador (controlador) para que este comience a registrar el volumen que está entregando. Cabe señalar que el GLP entregado es medido a través de un equipo con principio de coriolis, por lo que, en realidad se está midiendo masa y lo que registra tanto el transmisor como el computador son unidades de masa, en este caso se mide en toneladas métricas. Finalmente durante todo el proceso se monitorea las variables de presión y temperatura para determinar la normalidad de la operación, caso contrario el

computador detendrá el proceso de carga y se procederá a estabilizar los valores de proceso ya sea drenando o venteando el producto. En la figura 5 se muestra un esquemático del flujo del proceso que ilustra de mejor manera lo expuesto.

1.4.1.2 SISTEMA DE DRENAJE Y VENTEO

El proceso de drene se lo realiza mediante válvulas manuales y de alivio (automáticas) hacia el sistema de drenaje cerrado. Mientras que el venteo es a través de válvulas manuales hacia la atmosfera, este último procedimiento se lo realiza como último recurso cuando el proceso de drene no haya surtido efecto.

1.4.1.3 FUNCIONAMIENTO DE VALVULA A/P

El elemento actuador lo realiza la Válvula A/P (set/stop) (Figura 6), fundamentalmente consta de una válvula con dos controles de solenoide. Un dispositivo de control de respuesta de la válvula, típicamente una válvula de esfera, está situado entre cada solenoide y su respectivo puerto aguas arriba o aguas abajo.

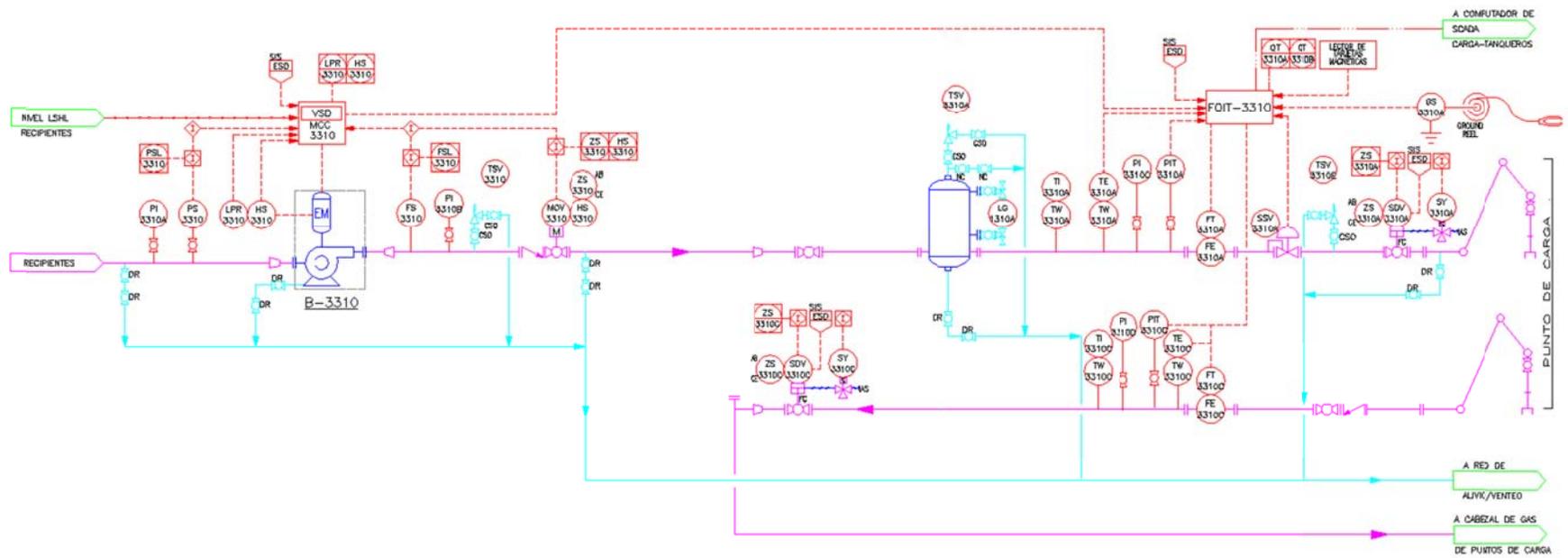


Figura 5. Esquema del Flujo del Proceso

Todo el conjunto es utilizado para operar los ciclos de apertura / cierre de la válvula y de esta manera tener un control fino del flujo a controlar.

Los solenoides normalmente abierto (NO) y normalmente cerrado (NC), situados a la entrada y salida del bucle de control, respectivamente, controlan el funcionamiento de la válvula. Cuando se activan los dos solenoides, el de alta presión aguas arriba es bloqueado al llegar el producto a la cámara de la válvula principal, la presión en la cubierta cede hacia aguas abajo (presión más baja), y la válvula se abre. A la inversa, cuando se desactivan ambos solenoides, el lazo de control aguas abajo está bloqueado y la alta presión aguas arriba cierra la válvula.

Durante el proceso de paso de flujo, el solenoide (NO) es energizado mientras que el solenoide (NC) es desenergizado, la presión al interior de la válvula hace que el vástago del pistón interno se accione y de esta manera la válvula queda bloqueada hidráulicamente en una posición abierta, por lo que se mantiene una velocidad de flujo constante.

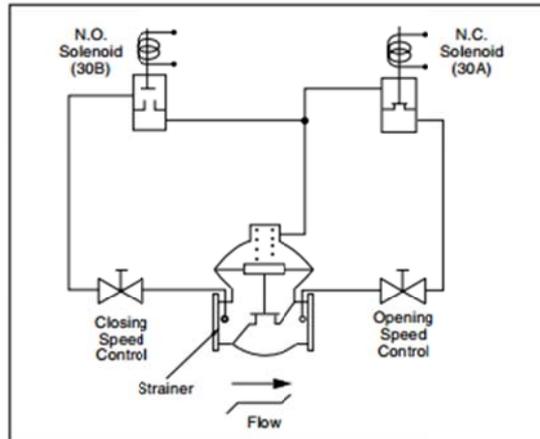


Figura 6. Esquemático de la Válvula A/P.

Cuando se presentan cambios en las tasas de flujo en un lote de entrega (por ejemplo, el bajo flujo de inicio hacia el límite de alto flujo, o durante el apagado de la válvula en varios pasos), los respectivos solenoides operan para abrir y/o cerrar las válvulas de control hasta que el caudal alcanza el nuevo valor ajustado. Cuando el volumen alcanza el valor predeterminado en el controlador, se inicia el cierre de la válvula. El controlador de flujo envía a la válvula aguas bajo señales en forma de múltiples pasos, evitando así golpes de ariete. Cuando restan por entregar de 1 a 2 galones (valor ajustable en el computador de flujo), un tren de pulsos hace que la válvula se cierre completamente asegurando la entrega precisa de la cantidad preestablecida. La figura 6 muestra una secuencia típica caudal de carga a los auto-tanques.

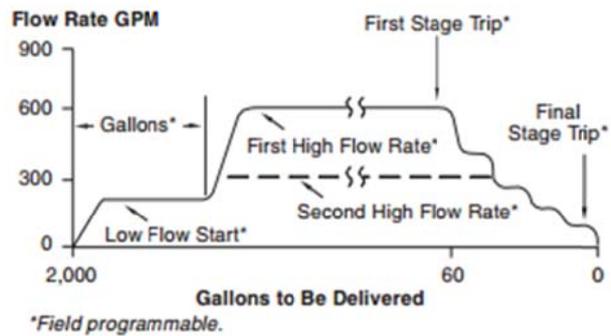


Figura 7. Ciclo de carga típico.

1.4.1.4 DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN

El diagrama de instrumentos y tuberías queda representado como se especifica en el siguiente diagrama de procesos.

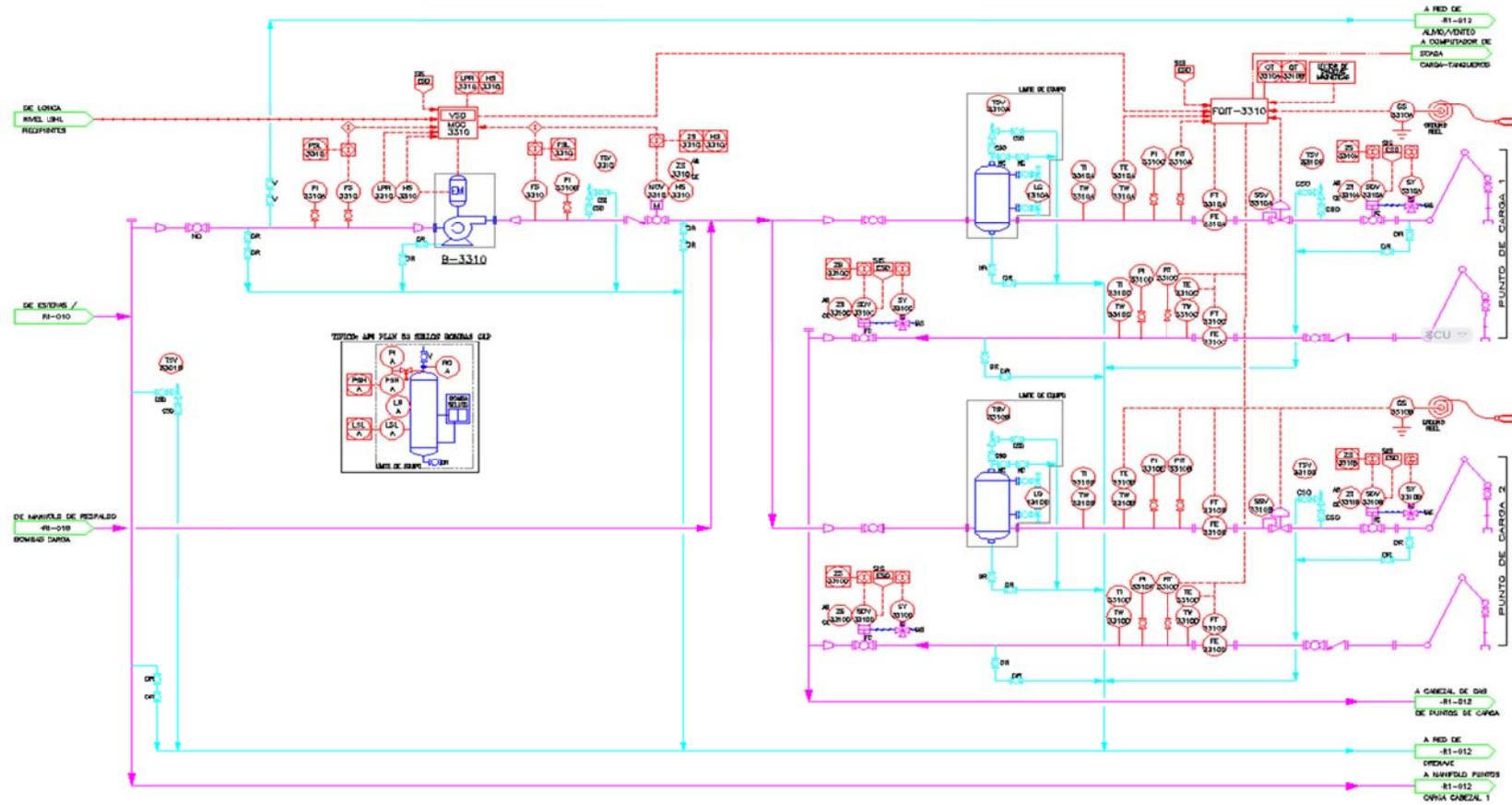


Figura 8. Esquema P&ID del Proceso de despacho.

1.4.2 ARQUITECTURA DE CONTROL

A continuación se presenta la arquitectura de control.

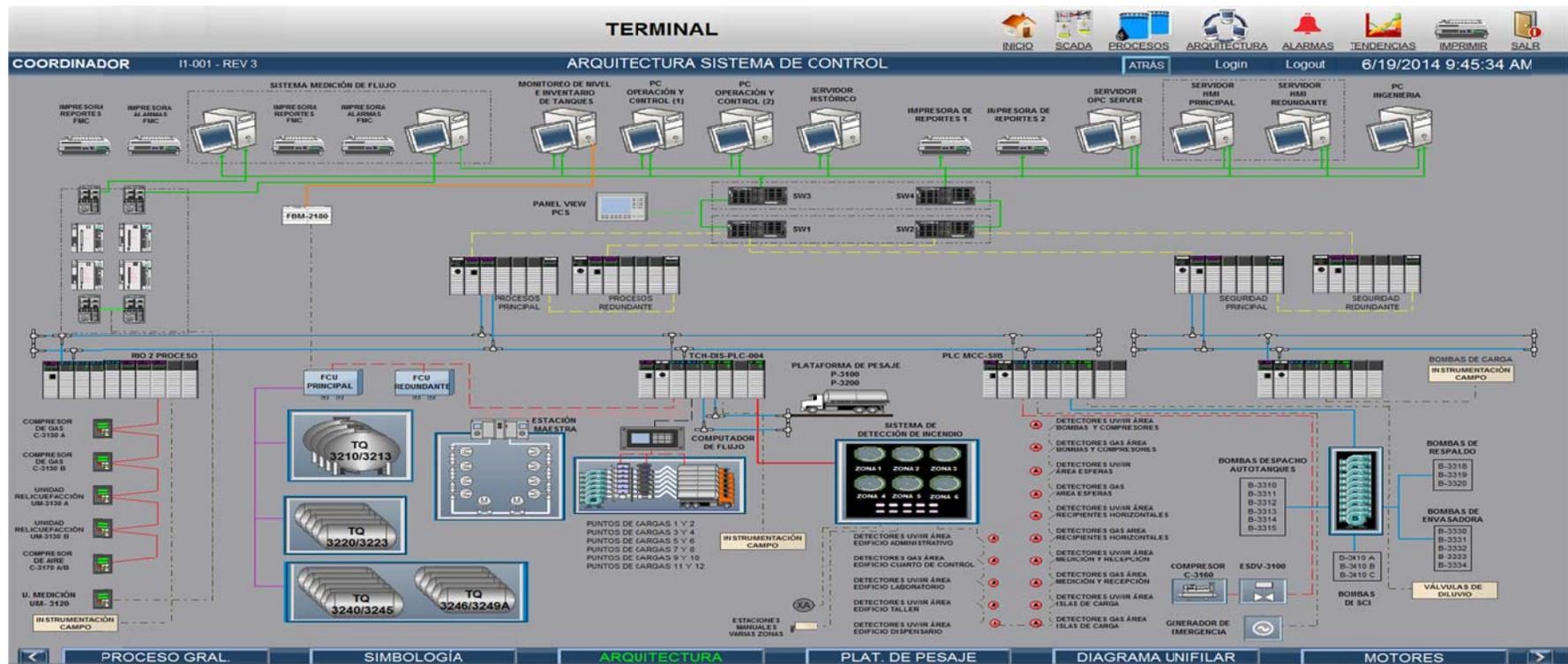


Figura 9. Arquitectura de control.

CAPÍTULO II:

2 RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se presenta los resultados luego de la implementación del proyecto.

2.1 MEDICIÓN DE VARIABLES DE PROCESO

Las variables del proceso tales como presión y flujo son medidas en campo y enviadas al computador de flujo y este a su vez vía comunicación MODBUS envía señales y datos al controlador principal tal como se mostró en la arquitectura del proyecto. Luego en el servidor Histórico se almacenan los valores de las variables y estas pueden ser mostradas mediante tendencias. A continuación se presentan las tendencias de flujo y presión

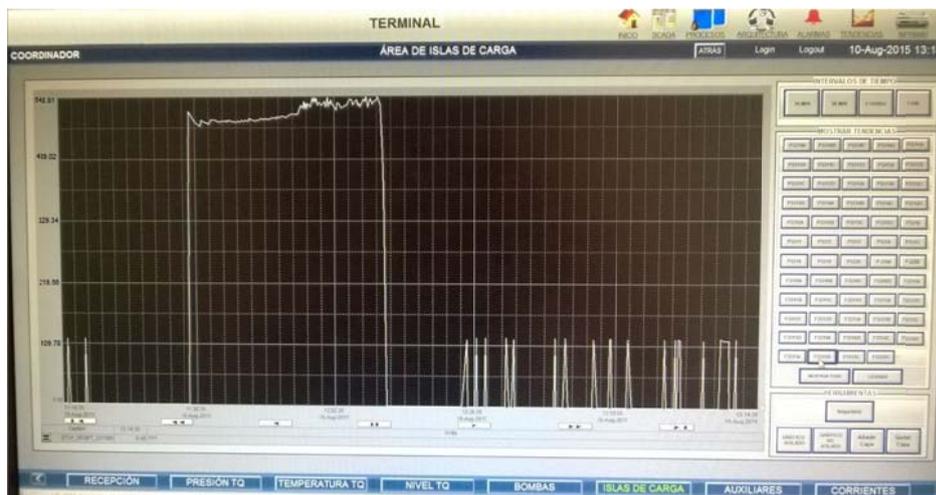


Figura 10. Tendencia del Flujo entregado.

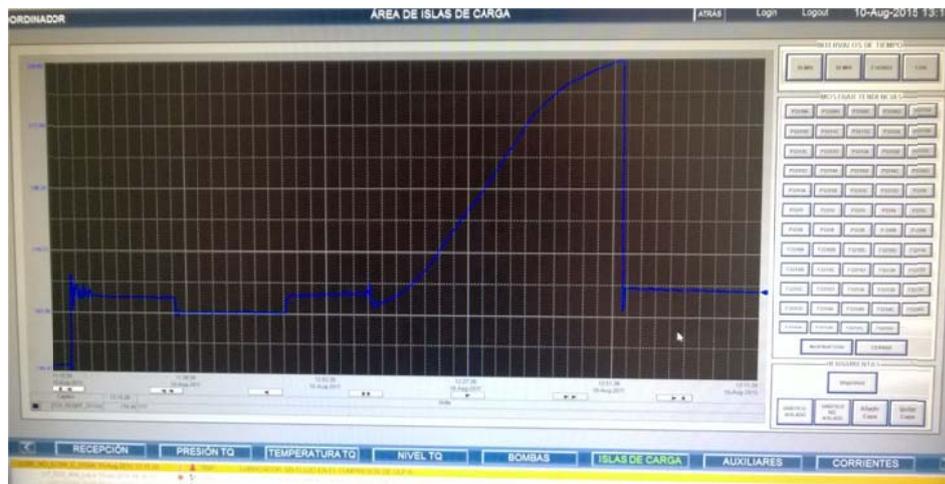


Figura 11. Tendencia de la Presión en el brazo de carga.

2.2 TIEMPOS DE DESPACHO

Los tiempos de despacho con el anterior sistema eran de aproximadamente 1 hora, con la implementación del proyecto y el uso de los equipos antes mencionados se tiene tiempos de despacho de aproximadamente 30 minutos. Tal como podemos observar en la siguiente gráfica:

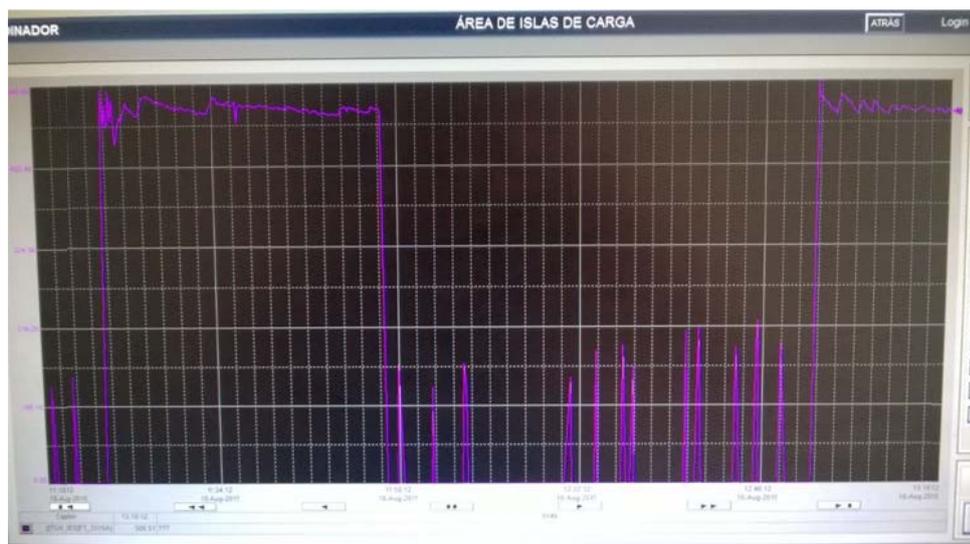


Figura 12. Tiempo de carga en Isla de carga.

Como podemos ver en el uso de esta Isla de carga la operación se inició a las 11:18 aproximadamente y se terminó a las 11:48. También podemos observar que la forma de la gráfica del flujo en el tiempo se asemeja a una onda cuadrada, lo cual es consecuente con lo explicado en la sección 1.4.1 Diseño del Sistema en la parte del funcionamiento de la válvula A/P, se comprueba que dicha válvula regula el proceso e interrumpe el lote de entrega una vez alcanzado el valor de volumen pre-asignado.

2.3 BALANCE DEL PRODUCTO ENTREGADO

El producto entregado en los brazos de carga es medido por el transmisor de coriolis, quien tiene su propio indicador de lo procesado, adicionalmente el transmisor entrega mediante pulsos eléctricos a una entrada del computador de flujo lo medido, quien a su vez controla a todo el sistema y realiza una serie de cálculos internamente y muestra finalmente lo medido. En las siguientes gráficas se muestra tanto al computador de flujo como al transmisor coriolis.



Figura 13. Computador de Flujo



Figura 14. Transmisor tipo Coriolis

Durante las operaciones se pueden obtener los valores de masa entregados, en la siguiente tabla se muestra lo medido tanto por el computador de flujo como por el transmisor coriolis:

Isla	AT #	Compañía	HORA			Presión (PSI)		Temp. (°C)		MASICO (Kg)			ACCULOAD (Kg)			Flujo Promedio	Diferencia Acc-Mas (Kg)
			Entrada	Salida	Total	Salida	Salida	Inicial	Final	Total	Bruto	Vapor Rec	Neto				
5	X-7	CONGAS	11:18	11:54	0:36	140.00	26.00	214,544.00	233,245.00	18,701.00	18,700.00	452.86	18,248.24	519.47	0.10		
3	LQ-135	AGIPGAS	11:27	12:05	0:38	132.00	25.56	90,182.40	110,480.00	20,297.60	20,300.00	400.03	19,898.27	534.15	0.70		
5	AM-01	AGIPGAS	11:25	12:00	0:35	130.00	26.67	236,438.00	256,935.00	20,497.00	20,500.00	433.76	20,065.65	585.63	2.41		
3	G-04	REPSOL	11:27	12:09	0:42	130.00	27.00	165,927.00	186,224.00	20,297.00	20,300.00	553.24	19,744.00	483.26	0.24		
5	LQ-128	AGIPGAS	14:40	15:11	0:31	140.00	27.78	256,935.00	277,133.00	20,198.00	20,200.00	493.35	19,705.55	651.55	0.90		
3	ET-58	AGIPGAS	14:40	15:19	0:39	150.00	30.00	186,224.00	205,223.00	18,999.00	19,000.00	225.73	18,773.40	487.15	0.13		
3	LQ-136	AGIPGAS	14:36	15:10	0:34	148.00	27.78	110,480.00	130,478.00	19,998.00	20,000.00	270.27	19,728.98	588.18	1.25		
5	LQ-103	AGIPGAS	14:45	15:18	0:33	150.00	30.00	233,245.00	253,446.00	20,201.00	20,200.00	503.18	19,698.79	612.15	0.97		
5	ET-54	AGIPGAS	16:07	16:38	0:31	150.00	32.00	277,133.00	294,630.00	17,497.00	17,500.00	253.93	17,246.98	564.42	3.91		
5	ET-55	AGIPGAS	16:09	16:48	0:39	145.00	28.00	253,446.00	271,446.00	18,000.00	18,000.00	256.53	17,744.91	461.54	1.44		
3	X-28	CONGAS	16:03	16:44	0:41	150.00	26.67	130,478.00	153,177.00	22,699.00	22,700.00	593.51	22,106.39	553.63	0.90		
3	L	REPSOL	17:23	17:58	0:35	140.00	30.00	153,177.00	173,677.00	20,500.00	20,500.00	580.12	19,920.86	585.71	0.98		
3	LQ-115	AGIPGAS	17:21	17:58	0:37	150.00	27.22	224,810.00	244,911.00	20,101.00	20,100.00	372.59	19,727.91	543.27	-0.50		
										257,985.60		5,389.10	252,609.93				

Tabla No. 2. Medición Computador de Flujo y Coriolis.

2.4 COMPARACIÓN DE MEDICIONES DE LAS REALIZADAS POR BALANZAS

Dentro de la solución implementada, se cuenta con un sistema de balanzas para el pesaje de los auto-tanques y de esta manera contar con otro método de medición que funcionará como respaldo del sistema de medición principal antes explicado.



Figura 15. Balanzas para Tanqueros

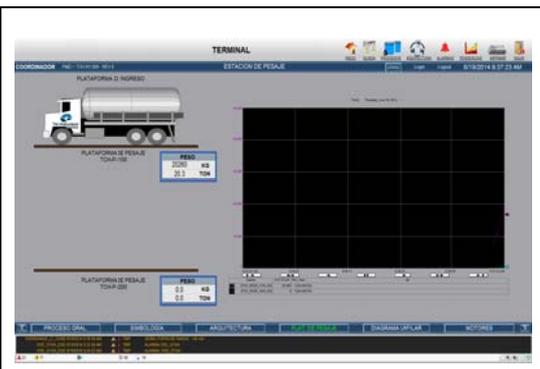


Figura 16. Pantalla SCADA Balanzas

Sin embargo, existe una diferencia mucho mayor de los valores registrados por las balanzas con respecto a los valores registrados por el computador de flujo. El principio utilizado para la medición por balanzas es a través de galgas extensiométricas en un arreglo de 8 galgas ubicadas de tal manera que forman una figura rectangular a lo largo del puente de pesaje.

Los valores registrados por las balanzas se muestran en la siguiente tabla en la que también se muestra la diferencia que existe entre un sistema y otro, en este caso la comparación es realizada con las mediciones realizadas por el computador de flujo.

Isla	AT #	Compañía	HORA			BALANZA (Kg)			ACCULOAD (Kg)			Flujo Promedio	Diferencia Bal-Acc (Kg)
			Entrada	Salida	Total	Inicial	Final	Total	Bruto	Vapor Rec	Neto		
5	X-7	CONGAS	11:18	11:54	0:36	18,780.00	37,100.00	18,320.00	18,700.00	452.86	18,248.24	519.47	71.76
3	LQ-135	AGIPGAS	11:27	12:05	0:38	24,760.00	44,740.00	19,980.00	20,300.00	400.03	19,898.27	534.15	81.73
5	AM-01	AGIPGAS	11:25	12:00	0:35	24,900.00	45,060.00	20,160.00	20,500.00	433.76	20,065.65	585.63	94.35
3	G-04	REPSOL	11:27	12:09	0:42	25,230.00	45,040.00	19,810.00	20,300.00	553.24	19,744.00	483.26	66.00
5	LQ-128	AGIPGAS	14:40	15:11	0:31	25,360.00	45,180.00	19,820.00	20,200.00	493.35	19,705.55	651.55	114.45
3	ET-58	AGIPGAS	14:40	15:19	0:39	21,760.00	40,580.00	18,820.00	19,000.00	225.73	18,773.40	487.15	46.60
3	LQ-136	AGIPGAS	14:36	15:10	0:34	24,450.00	44,250.00	19,800.00	20,000.00	270.27	19,728.98	588.18	71.02
5	LQ-103	AGIPGAS	14:45	15:18	0:33	21,350.00	41,130.00	19,780.00	20,200.00	503.18	19,698.79	612.15	81.21
5	ET-54	AGIPGAS	16:07	16:38	0:31	19,680.00	37,000.00	17,320.00	17,500.00	253.93	17,246.98	564.42	73.02
5	ET-55	AGIPGAS	16:09	16:48	0:39	19,950.00	37,790.00	17,840.00	18,000.00	256.53	17,744.91	461.54	95.09
3	X-28	CONGAS	16:03	16:44	0:41	26,890.00	49,110.00	22,220.00	22,700.00	593.51	22,106.39	553.63	113.61
3	L	REPSOL	17:23	17:58	0:35	24,870.00	44,890.00	20,020.00	20,500.00	580.12	19,920.86	585.71	99.14
3	LQ-115	AGIPGAS	17:21	17:58	0:37	25,270.00	45,060.00	19,790.00	20,100.00	372.59	19,727.91	543.27	62.09

Tabla No. 3. Medición Balanza y Computador de Flujo.

CONCLUSIONES

Desde hace unos 7 años hasta la actualidad ha existido una modernización de los procesos de los Terminales de la primera empresa del Ecuador, esa modernización ha permitido no solo mejorar la eficiencia en la productividad de las actividades petroleras sino que adicionalmente se han desarrollado e implementado sistemas de seguridad acorde a normativa internacional que asegure la integridad de las personas principalmente. Los sistemas de automatización permiten mejorar la calidad de los servicios ofrecidos a los usuarios de la distribución de los derivados del petróleo, pero además con la mejora continua en las soluciones tecnológicas instaladas es necesaria la contratación de personal especializado y de la capacitación de funcionarios existentes que han visto la posibilidad de crecer y adquirir nuevos conocimientos.

Los beneficios logrados son muy grandes a nivel de proceso se lograron reducir los tiempos de despacho por tanqueros, se tienen sistemas de seguridad industrial completamente automatizados que garantiza el desarrollo de las operaciones y la integridad de las personas; y a nivel administrativo

(comercialización y facturación) al contar con sistemas de transferencia de datos completamente transparente a la manipulación de personas, se ofrece una garantía tanto a la empresa como a los usuarios de transacciones justas.

La plataforma tecnológica utilizada radica en el uso de elementos básicos y modernos para las operaciones en campo como son el uso de motores de alta eficiencia, sensores digitales, equipos de medición acorde a normativa API MPMS que es la encargada de dar las recomendaciones para las operaciones hidrocarburíferas, controladores certificados para operaciones de custodia y transferencia. El computador de flujo es el responsable directo de controlar el despacho de producto y de transmitir los datos de campo del proceso hacia el control central, en este caso un PLC, para finalmente monitorear y operar remotamente a través de un sistema SCADA. Todo lo indicado en esta sección la podemos cuantificar de la siguiente manera:

1. Los despachos a tanqueros se redujeron de una hora a 30 minutos en promedio por cada despacho a tanqueros o auto-tanques de capacidad de 20 Toneladas, es decir se mejoraron los tiempos de despacho en un 100% lo que a su vez permitió descongestionar los patios de parqueo y por lo tanto que los conductores no tengan que pasar largos tiempos de espera que

incluso antes les hacía pernoctar en las instalaciones para no perder el turno de despacho.

2. Como pudimos observar en la figura 10 de este informe la forma de onda del flujo entregado es semejante a una forma cuadrada, lo que indica que la entrega del producto es exacta a lo seleccionado o solicitado por el usuario. De las transacciones diarias realizadas el 95% de las mismas no sobrepasa un margen de ± 0.2 de 20 toneladas solicitadas, lo que lo hace mucho más exacto que la medición realizada por medio de balanzas.
3. Los datos de la transferencia son inmediatamente observados en una oficina de administración (comercialización) y de esta manera poder realizar los procesos de facturación de forma ágil y eficiente.
4. Al poder cuantificar las horas de funcionamiento de elementos como los motores eléctricos y bombas centrifugas se facilitan la tareas de programación de mantenimientos preventivos.
5. La atención al cliente está garantizada al contar con sistemas de respaldo de energía que permite tener energizada la planta

continuamente y para el control de las operaciones se cuenta con redundancia a nivel de controladores y monitorización de las mismas al tener redundancia a nivel de servidores, tal como se puede ver en la arquitectura de control (figura 8).

6. Para casos de emergencia la planta cuenta con elementos en campo y en el cuarto de control, que al ser operados realizan el paro de la planta y dependiendo de la zona de influencia se activará el sistema de combate y extinción de incendio de ser el caso.

RECOMENDACIONES

Al contar con sistemas completamente nuevos y modernos se recomienda lo siguiente:

1. Los instrumentos de campo deben ser calibrados periódicamente y contar con un programa de gestión de mantenimiento automatizado.
2. Al ser GLP el producto derivado de petróleo el que se procesa, se deben realizar drenes y alivios de las líneas o tuberías del sistema de despacho, cuando se ha dejado por más de 2 horas en reposo en días calurosos y/o soleados o por 4 horas en las noches para de esta manera purgar el GLP que ha cambiado su estado de líquido a gaseoso.
3. Hacer análisis de las tendencias de los variables de campo para poder implementar mejoras continuas al proceso y al sistema de control de la planta.

4. Capacitar de forma periódica al personal que opera la planta para que de esta forma no solo controle y supervise las operaciones sino que de sugerencias para implementar mejoras al proceso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] FMC TECHNOLOGIES, Smith Meter Valves. Bulletin MN03010.
- [2] FMC TECHNOLOGIES, Smith Meter® AccuLoad® III. Bulletin SS06036
- [3] FMC TECHNOLOGIES, Smith Meter Accuload III. Bulletin MN06131L.
- [4] API, Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 5-Metering. Section 6—Measurement of Liquid Hydrocarbons by Coriolis Meters, Primera Edición, Octubre 2002.
- [5] NEC 2008, Código Eléctrico Nacional.

REFERENCIAS INTERNET

- <http://www.fmctechnologies.com/>
- <http://www.ashcroft.com/>
- <http://www2.emersonprocess.com/en-us/brands/rosemount/pages/index.aspx>
- <http://www.americanpetroleuminstitute.com/>

GLOSARIO DE TERMINOS

3F	Sistema Trifásico
°C	Grado Centígrado
API	Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute)
API MPMS	Instituto Americano del Petróleo – Manual de Recomendaciones de Medición de Petróleo. (American Petroleum Institute – Manual of Petroleum Measurement Standards)
CPU	Unidad Central de Procesamiento
DB	Base de Datos
ESD	Sistema de Parada de Emergencia
FC	Función de Control
FT	Transmisor de Flujo
GLP	Gas licuado de Petróleo
GPM	Galones por minuto
HMI	Interfase Hombre Maquina
HP	Caballos de Fuerza (Horse Power)
Hz	Hertz
ISO	Organización Internacional de Normalización
I/O	Entrada y/o Salida

KW	Kilovatio
LAN	Área de red local
NC	Normalmente Cerrado
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos (National Electrical Manufacturers Association).
NO	Normalmente Abierto
P&ID	Diagramas de Tubería e Instrumentación
PT	Transmisor de Presión
PLC	Controlador Lógico Programable
PSI	Libras por pulgadas cuadradas
RTD	Resistencia dependiente de temperatura
RAM	Memoria de acceso aleatorio
ROM	Memorias de lectura solamente
TT	Transmisor de Temperatura.
VAC	Voltaje Alterno
VDC	Voltaje Directo

ANEXOS

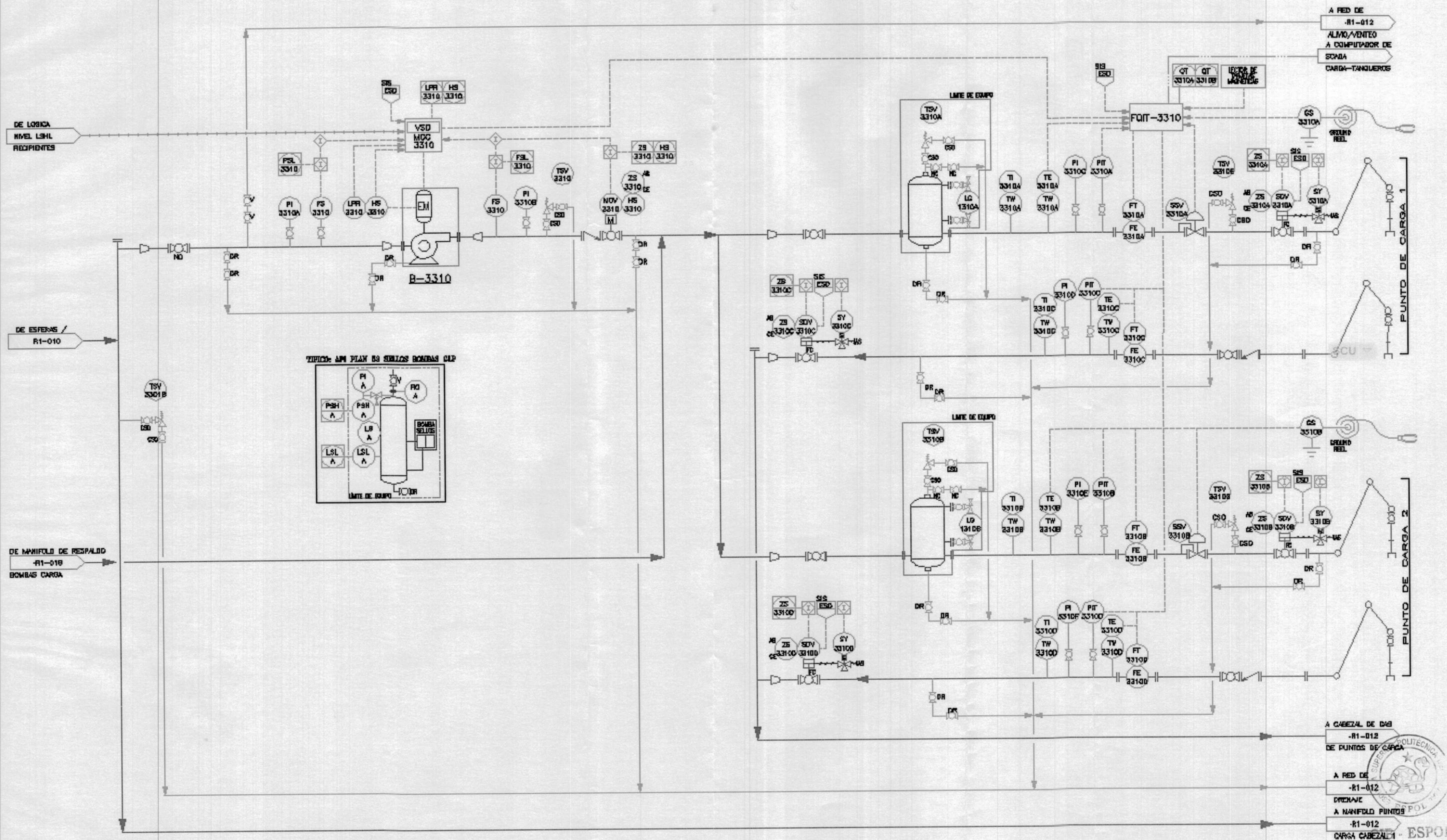
ANEXO 1 Diagrama P&ID

ANEXO 2 Arquitectura de Control

ANEXO 3 Pantallas de Proceso

ANEXO 1

DIAGRAMA P&ID



ANEXO 2

ARQUITECTURA DE CONTROL

ANEXO 3

PANTALLAS DE PROCESO