

Monitoreo y Control de una Estación de Servicio

Mercedes Dueñas¹, Juan Palacios², Alberto Manzur³

¹⁻³Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil – Ecuador

mechu_23@hotmail.com¹, jpalacios_8@hotmail.com², amanzur@espol.edu.ec³

Resumen

El almacenamiento y manipulación de combustibles debe cumplir con estrictas normas de seguridad dada la peligrosidad de los mismos. Las Estaciones de Servicio deben mantener un control en la venta de combustibles para detectar posibles fugas o incluso hurto del combustible almacenado.

El sistema de control y adquisición de datos permite monitorear y controlar variables que son importantes en la correcta manipulación y almacenamiento de combustible, tales como temperatura, nivel de combustible en los tanques de almacenamiento, cantidad de combustible vendido por isla, correcto aterrizamiento del autotanque en el proceso de descarga, etc. La correcta lectura y control de estos parámetros asegurará una administración más segura y eficiente de la Estación de Servicio.

En cada proceso, el sistema ha considerado seguridades y precondiciones necesarias para el funcionamiento seguro de la estación de servicio. Se considera además un sistema de alarmas el cual facilita al operador el reconocimiento de fallas, lo que hace posible tomar una decisión rápida para ejercer medidas preventivas o correctivas apropiadas de acuerdo a la naturaleza de la falla.

Palabras Claves: automatización, monitoreo, control, visualización, combustibles, Intouch, PLC.

Abstract

The storage and handling of fuels must fulfill with severe security rules due to how hazardous they are. The gas stations must keep control on the fuel sale to detect possible leakages or even robbery of stored fuel.

The control system and data acquisition lets monitoring and controlling variables which are important in the correct handling and storage of fuel, such as: temperature, fuel level in the storage tanks, amount sold per dispenser block, right grounded or the tank trunk in the unloading process, etc.

In each process, the system has considered necessary safety and pre-requirements for the safe operation of the gas station. It is also considered an alarm system which helps the operator to recognize faults, making easier to quickly decide to take preventive or corrective appropriate measures, according to the kind of fault.

1. Introducción

El mejoramiento continuo en los estándares de calidad, debido a las seguridades y a la confiabilidad que deben existir en el manejo, almacenamiento y venta de combustibles, fue lo que nos impulsó a elaborar este tema.

En la actualidad los procesos son ejecutados de forma manual, lo cual implica que existan posibles fallas e incumplimiento de normas de seguridad que desembocan en riesgos de pérdidas personales y materiales.

El diseño de un sistema de monitoreo y control para una Estación de Servicio está desarrollado con la finalidad de garantizar una adecuada supervisión de todos los procedimientos que se llevan a cabo dentro de estas instalaciones y brindar a sus

administradores una efectiva herramienta para su manejo.

Decidimos utilizar, como controlador del sistema un PLC (Controlador Lógico Programable), el cual se programará para cumplir las normas de seguridad especificadas para el manejo y almacenamiento de combustibles. Al PLC llegarán las señales de campo que serán procesadas de acuerdo a la lógica de la aplicación programada en él. Además se cuenta con pantallas de visualización y monitoreo de los procesos, implementadas con el software INTOUCH. En esta aplicación se ofrece también estadísticas de ventas de los combustibles comercializados por la Estación.

2. Descripción General de la Estación

Una Estación de Servicio es un establecimiento diseñado para la atención de automotores, con venta de combustibles y lubricantes, que pueden contar además con instalaciones para lavado y/o engrase, provisión de aire, agua, servicios sanitarios, con o sin servicio de minimarket. Una estación de servicio debe ser altamente productiva, que brinde una atención de calidad, desarrollando una gama de servicios que satisfagan sus necesidades con la implantación de sistemas operativos eficientes acorde con las exigencias de seguridad y preservación ecológica.

La Estación de Servicio que nos servirá de referente está ubicada en el Km. 5 ½ de la vía Manta – Montecristi, en la prov. de Manabí. Dicha estación expende combustibles para vehículos, como gasolinas súper y extra, y diesel.

Las áreas más importantes de la Estación son: tanques de almacenamiento, islas de despacho y minimarket.

Hay diferentes tipos de tanques de almacenamiento de combustible; entre los más usados están los atmosféricos, a baja presión y los recipientes a presión. En la Estación de Servicio a monitorea se dispone de tanques atmosféricos contruidos en acero ASTM A36 de 6mm de espesor.

Las islas de despacho son los lugares en donde se disponen los dispensadores de combustible y están ubicados en el patio de la estación. La estación dispone de tres islas de despacho. Las islas 1 y 2 poseen, cada una, un dispensador con cuatro mangueras para la venta de dos tipos de combustible; la isla 3 posee un dispensador con seis mangueras para la venta de 3 tipos de combustible.

El minimarket es el sitio destinado para la venta de snacks, bebidas refrescantes y de moderación, entre otros.

3. Ventajas a obtenerse con la Automatización de los procesos de la Estación de Servicio.

- Garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad exigidas por la empresa al vigilar todas las variables de los procesos críticos de la Estación con mayor exactitud y eficiencia.
- Detección de posibles pérdidas de combustible en los tanques de almacenamiento.
- Evitar daños en los equipos sensibles de la estación debido a funcionamiento o manipulación incorrecta de los mismos.

- Minimizar tiempos de parada por falta de suministro eléctrico a través del sistema de transferencia automática de energía.
- Manejar stocks mínimos y estadísticas de cada uno de los productos a la venta en la estación.
- Permitir una visualización global del estado de los procesos de la estación mediante software.
- Emisión de informes y/o señales de alerta por cada proceso, cuando estos se excedan de los parámetros permitidos.

Los procesos que van a ser monitoreados y/o controlados por el sistema son:

- Monitoreo y control del nivel de los tanques de almacenamiento de combustible.
- Descarga de combustibles a los respectivos tanques de almacenamiento
- Proceso de transferencia de energía a Generación de emergencia cuando falle el suministro de energía por parte de la Empresa Eléctrica
- Monitoreo de la venta de combustibles por medio de la emisión de reportes de venta de combustible por isla y por producto.

4. Control propuesto para los procesos de la Estación de Servicio.

Una vez conocidos los procesos de la Estación de Servicios en la actualidad, procedemos a describir el control propuesto para los mencionados procesos. El control se lo realizará por medio un Controlador Lógico Programable (PLC) y la visualización de los procesos será por medio del software Intouch de Wonderware. La lógica programada en el PLC debe estar estrictamente apegada a lo que establecen las normas de seguridad para Estaciones de Servicio. (NFPA 30, NFPA 30A, NEC CAPÍTULO 5).

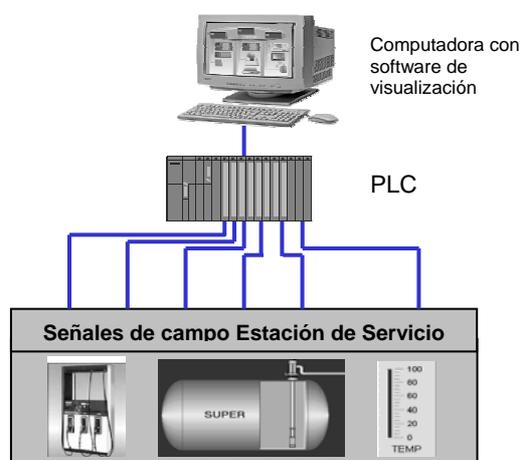


Figura 1. Arquitectura de control

4.1. Monitoreo de nivel de producto en los tanques de almacenamiento

El nivel de producto en los tanques de almacenamiento será monitoreado continuamente gracias a los sensores de nivel ubicados en cada uno de los mismos. Estos sensores enviarán la información al PLC, el cual procesará la misma y se visualizará en una PC mediante el software Intouch de Wonderware.

Cuando el nivel de cualquiera de los tanques de almacenamiento sea inferior a 25.4 cm (10 pulgadas), el sistema generará una alarma visual en la PC que indicará que el nivel del producto es bajo. Cuando el nivel alcance los 15,2 cm (6 pulgadas) se generará una alarma que indicará que el nivel del producto es insuficiente, y se inhibirá el accionamiento de la bomba sumergible ligada al tanque de almacenamiento.

El PLC se encargará de controlar la transferencia de Diesel desde el tanque Diesel #2 al tanque Diesel #1. Cuando el nivel de producto en el tanque Diesel #1 llegue a los 25.4 cm (10 pulgadas), el PLC enviará una señal para energizar la bomba sumergible del tanque Diesel #2 y transferir combustible al tanque Diesel #1. La transferencia finalizará cuando el nivel de producto en el tanque Diesel #2 llegue a “nivel insuficiente” o cuando el nivel en el tanque Diesel #1 llegue a “nivel máximo”.

Sin embargo, el operador podrá iniciar y finalizar la transferencia de combustible desde el tanque Diesel #2 al tanque Diesel#1 desde la PC en cualquier instante, siempre que no se excedan los límites permitidos (nivel insuficiente y nivel máximo).

El volumen de combustible varía siempre que existan cambios de temperatura. Este fenómeno imposibilita tener un inventario preciso de la cantidad de combustible almacenado. Para solucionar este inconveniente, se hará la conversión del volumen observado a la temperatura ambiente al volumen equivalente a 15°C (60°F). De esta manera se tendrá la lectura de un volumen real y estandarizado mundialmente para las actividades de transferencia de combustible.

La corrección del volumen observado la llevará a cabo la lógica interna del PLC y se realizará bajo los valores de la Petroleum Measurement Tables (Tabla 25) aprobadas por las normas API 2540, ASTM D 1250, IP 200. Para estos propósitos, se colocará en cada tanque de almacenamiento un sensor para obtener constantemente la temperatura del combustible.

Al final del día, el sistema (XLReporter) generará un reporte comparando entre lo que el sistema marca

como vendido y el remanente de producto en el tanque de almacenamiento respectivo; proporcionará el porcentaje de pérdida de producto en el día, el cual deberá ser máximo el 5% del total de galones vendidos.

4.2. Descarga de combustible a los tanques de almacenamiento

El sistema vigilará que el autotanque esté aterrizado antes de que se inicie el proceso de descarga de combustible al tanque de almacenamiento. Si el autotanque no está correctamente aterrizado, la válvula de ingreso de combustible del tanque de almacenamiento no se abrirá. Al mismo tiempo se activará una alarma visual (luz piloto) ubicada en el gabinete de puesta a tierra del autotanque y una alarma en el software de visualización.

Tal como lo recomienda la norma API 1615 punto 9.7.4 para el proceso de transferencia de combustible, el sistema le permitirá al operador verificar el nivel del tanque de almacenamiento antes de comenzar la descarga y podrá monitorear constantemente el nivel durante la misma. Todo esto mediante el software de visualización.

Si durante el proceso de descarga el nivel del combustible alcanza el 90% del nivel del tanque de almacenamiento, el sistema generará una alarma visual (luz piloto) ubicada en el gabinete de puesta a tierra del autotanque y una alarma en la pantalla de monitoreo de la PC destinada para estos fines. Esto para cumplir con la norma de seguridad NFPA 30 punto 2-10.3.

4.3. Monitoreo de las ventas de combustible por producto

Mediante sensores de flujo colocados en cada una de las mangueras de los dispensadores, el PLC obtendrá la cantidad de combustible entregado en cada venta. Este realizará luego la totalización de las ventas por producto.

Mediante el software XLReporter, se toman los datos desde el Intouch y se los convertirá en formato de hoja cálculo de Excel. Esto permitiría hacer un análisis estadístico de las ventas diarias, mensuales y anuales de cada tipo de combustible comercializado por la estación de servicio.

4.4. Transferencia automática de carga

Con la utilización de un supervisor de tensión, se verificará la existencia o no de tensión en la alimentación por parte de la Empresa Eléctrica.

En modo automático, cuando no exista tensión en la alimentación de la Empresa Eléctrica durante el tiempo regulado en el supervisor de tensión, el PLC enviará la señal de encendido al generador de emergencia. Una vez que éste genere la tensión adecuada, el PLC enviará la señal para abrir el breaker de la alimentación de la Empresa Eléctrica. Una vez abierto, enviará una señal para cerrar el breaker correspondiente a la alimentación por parte del generador de emergencia.

Cuando se restituya el suministro de energía eléctrica por parte de la Empresa Eléctrica el supervisor de tensión enviará una señal al PLC. Este dará la orden de abrir el breaker de alimentación por parte del generador de emergencia, luego ordenará cerrar el breaker correspondiente a la alimentación de la Empresa Eléctrica y apagará el generador de emergencia.

En modo manual, todo el control se lo realizará desde el tablero de control ubicado en el cuarto de máquinas.

En modo automático, el sistema realizará arranques de mantenimiento semanales al generador de emergencia.

5. Consideraciones en el diseño de control y monitoreo

Para el diseño del control de los procesos se deben tomar en consideración parámetros de seguridad normalizados para garantizar el funcionamiento seguro de la estación de servicio.

El NEC establece la clasificación de las áreas en donde existe peligro de incendio o de explosión debido a líquidos, gases o vapores, polvos o fibras, las cuales son: las áreas en donde se encuentran ubicados los tanques de almacenamiento de combustibles, el área de bombas sumergibles y el área de las islas de despacho.

6. Sensores y elementos de campo utilizados en este proyecto

Para la automatización de la Estación de Servicio se utilizarán sensores para medir las variables físicas como temperatura, nivel de líquidos, caudal e interfase y actuadores. Para seleccionar el equipo correcto se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Certificación para ser usados en áreas peligrosas.
- Exactitud.
- Precisión.
- Rango de funcionamiento.
- Calibración.
- Fiabilidad.

- Costo.
- Facilidad de funcionamiento.

En el mercado, existe una gran variedad de equipos que realizan estas mediciones bajo distintos principios. A continuación se detalla los principios de medición que fueron seleccionados para las distintas variables de este proyecto, así como los dispositivos seleccionados que cumplen con las normas de seguridad para operación en zonas clasificadas como Clase I, División I.

6.1. Sensor de nivel ultrasónico

Se lo utiliza para medir el nivel de líquidos, sólidos, etc. El sensor emite una onda de frecuencia ultrasónica que se refleja en la superficie del combustible y regresa al sensor, se convierten los pulsos eléctricos en ondas ultrasónicas a una frecuencia establecida. Las ondas ultrasónicas viajan por el medio de transmisión a velocidad constante y el tiempo que le tome a la onda de eco retornar al sensor, es proporcional a la distancia entre el sensor y la superficie del material. El equipo seleccionado es el Sitrans Probe LU, de Siemens, que cuenta con una salida analógica de corriente de 4-20 mA.



Figura 2. Sensor SITRANS PROBE LU

6.2. Medidor de interfase

Este método es usado para medición puntual o continua de líquidos, sólidos a granel o interfases. Los elementos conductores serán, la sonda del sensor y la pared del tanque, y entre ambos conductores se encuentra el material que hace de dieléctrico. Las partículas de impureza en los combustibles se decantan en el fondo del tanque de almacenamiento, lo cual genera una interfase entre el combustible y el producto decantado. El medidor que se seleccionó es el Sitrans LC500, de Siemens.



Figura 3. Sensor POINTEK LC500

6.3. Sensor de temperatura

La medición de temperatura es crítica en estas aplicaciones. Para la medición en los tanques de almacenamiento se utilizará un sensor del tipo PT100 (Flange-type resistance thermometer) de Siemens, y como equipo de interfase se utilizará el transmisor Siemens Sitrans TK-L, que convertirá la señal de la PT100 en una señal de corriente directa de 4 a 20 mA.



Figura 4. Termoresistencia



Figura 5. Transmisor SITRANS TK-L

6.4. Medidor de caudal

Se eligió un contador de émbolo con emisor electrónico de impulsos SITRANS F R de Siemens, que está diseñado para emitir 380 pulsos por galón.



Figura 6. Medidor SITRANS F R

6.5. Válvula de ingreso de combustible

Se dispondrá de un juego de 4 válvulas neumáticas de globo de 4", cuya apertura y cierre serán controladas, respectivamente, por 4 electroválvulas colocadas en el cuarto eléctrico. La válvulas neumáticas son 2/2-way Globe Valve, type 2012, de la marca Bürkert, y las electroválvulas son una válvulas de pilotaje MFH-3-1/8 con bobina MSFW/110AC-M-EX de marca FESTO.



Figura 7. Válvula neumática



Figura 8. Válvula de pilotaje con bobina

7. Descripción del PLC utilizado

Un PLC o autómatas, es un dispositivo electrónico programable por el usuario, que se utiliza para controlar, dentro de un entorno industrial, máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales. Un controlador lógico programable o PLC está compuesto por dos elementos básicos: la CPU, (Central Processing Unit) o Unidad Central de Procesamiento y la interfase de Entradas y Salidas, como se indica en la figura. Para la realización de este proyecto se escogió un PLC de la línea GE-Fanuc de General Electric: Versamax.

Figura 9. GE FANUC Versamax



7.1. Condiciones de programación

En la simulación de la Estación de Servicio, se realizaron las siguientes consideraciones como parte de la programación del sistema:

- El control se lo puede realizar de dos formas manual o automático. En el control Automático, el proceso es monitoreado y controlado por medio del PLC y del HMI. Con el control manual, los operadores de la Estación de Servicio serán los responsables de controlar de que todas las variables estén dentro de los parámetros permitidos.
- El encendido de cada bomba sumergible está sujeto a que exista el nivel mínimo de combustible en el tanque de almacenamiento, caso contrario la bomba sumergible no se activará y se suspenderá el despacho de combustible desde ese tanque de almacenamiento.
- La condición indispensable para que se pueda descargar combustible a los tanques de almacenamiento desde el autotanque, es que este último esté aterrizado. Si no se cumple esta condición, la válvula de ingreso de combustible no se abrirá.
- Si en la Estación de Servicio llegase a ocurrir una situación peligrosa de cualquier tipo, cualquier operador podrá activar el botón de emergencia, llevando el sistema a su estado de seguridad.

8. Visualización del proceso

Se escogió para la visualización de este proceso al software InTouch®, que es un software diseñado para funcionar sobre computadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (PLCs, medidores, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del computador. Posee además la posibilidad de crear arquitecturas cliente-servidor, lo cual permite proveer de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios en una red LAN o WAN.

Este software provee una perspectiva integrada de todos los recursos de control e información del proceso. De esta manera, los operadores pueden visualizar e interactuar con los procesos mediante mímicos de los mismos. A continuación se muestran

algunas de las pantallas elaboradas para este proyecto.



Figura 10. Pantalla de monitoreo PRINCIPAL

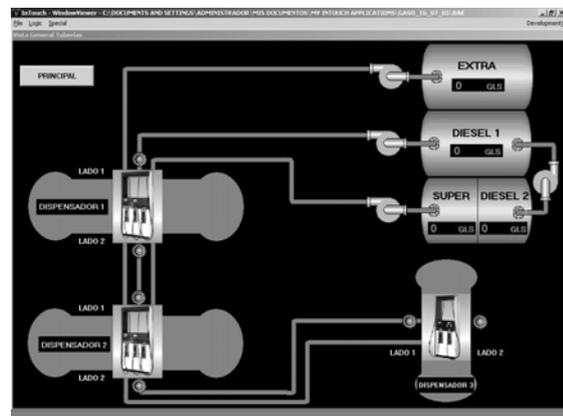


Figura 11. Pantalla de Monitoreo VISTA GENERAL

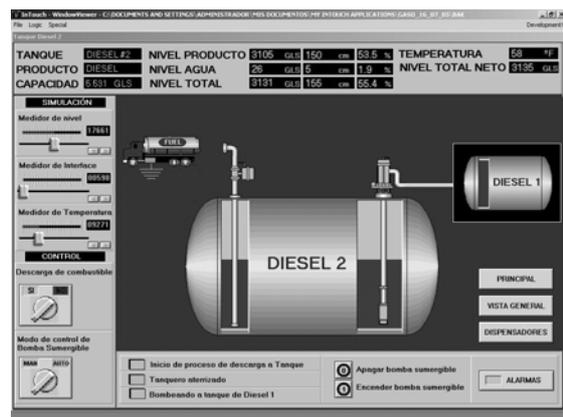


Figura 12. Pantalla de monitoreo TANQUE DIESEL

9. Conclusiones

La utilización de un PLC y un software de visualización y control permite realizar un

mejoramiento importante en el monitoreo de las variables críticas dentro de una Estación de Servicio.

El modelo presentado en este trabajo de tesis, otorga al administrador de la Estación de Servicio la posibilidad de obtener de una forma más sencilla y rápida, los valores relacionados con las ventas de combustibles, tanto en volumen como en valor monetario.

Este sistema controla que, las variables críticas de la Estación estén dentro de los valores permitidos por las diferentes normas de seguridad relacionadas con este tipo de instalaciones. De esta manera, el PLC podría ejercer acciones que van desde emitir una alarma para aviso del operador hasta paralizar un proceso de la Estación de Servicio.

En la selección de la instrumentación de campo, se deberá tomar muy en cuenta el que, estos cumplan con todas las normas para uso en zonas clasificadas.

La posibilidad de mantener histórico de alarmas, que ofrece el software de visualización y control, permitiría al operador o al administrador de la Estación de Servicio establecer cuales son los fallos mas comunes, para poder tomar acciones preventivas y/o correctivas.

Sugerimos, como ampliación al presente trabajo, el monitoreo remoto de la Estación de Servicio, de tal manera que el administrador pueda ver y/o controlar el estado de la misma, sin necesidad de estar físicamente en la Estación.

10. Agradecimientos

Agradecemos muy especialmente al Ing. Alberto Manzur Hanna, director de nuestra tesis de grado, por el apoyo incondicional que nos brindó durante el tiempo que duró la elaboración del mismo, y a nuestros profesores de la FIEC, que en el transcurso de nuestra carrera nos supieron transmitir sus conocimientos de forma desinteresada y nada egoísta.

11. Referencias

- [1] American Society For Testing And Materials, Petroleum Measurement Tables (1952),
- [2] National Fire Protección Association, Instituto Argentino de Normalización, NFPA 30 Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (Edición 1996, Edición en español 1998),.
- [3] National Fire Protección Association, Instituto Argentino de Normalización, NFPA 30A Código de Estaciones de Servicio, Automotrices y Marítimas (Edición 1996, Edición en español 1998), 32 páginas.
- [4] American Petroleum Institute, Strategies for Today's Environmental Partnership, API

Recommended Practice 1615 (Quinta Edición, Marzo 1996), 46 páginas.

- [5] Shell Ecuador S.A., Manual de Políticas y Procedimientos, Plan de Contingencia para Incidentes Varios en E/S (Mayo 1997, Corregido Septiembre 1998, Revisado Mayo 2002), 5 páginas.
- [6] Shell Ecuador S.A., Manual de Políticas y Procedimientos, Descarga de Productos del Petróleo y Materiales Peligrosos (Octubre 2001), 7 páginas.
- [7] Siemens, Process Automation, Explosion Protección (2003), 50 páginas.
- [8] Siemens, Catálogo de Instrumentación, Process Automation, Instrumentación de campo para la automatización de procesos FI 01 (2005), 668 páginas.
- [9] Festo Ag y Co, La neumática y la protección contra las explosiones, Directiva 94/9/CE (ATEX) (2005), 30 páginas.
- [10] National Fire Protección Association, NFPA 70 National Electrical Code, (Edición 2002),Capítulo 5.
- [11] Bürkert, Fluid Control Systems, DS2012-2 Way-EU-EN, www.bürkert.com, 13 páginas.
- [12] Gefanuc Automation, Productos de Control Programables, PLC Versamax, Manual de Usuario, (GFK-1503C-SP, Marzo 2001), 372 páginas.
- [13] Gefanuc Automation, Productos de Control Programables, Módulos Fuentes de Alimentación y Soportes Versamax, Manual de Usuario, (GFK-1504B-SP, Marzo 1999), 264 páginas.
- [14] Gefanuc Automation, Productos de E/S y Autómatas Programables, Versamax: MicroPLCs y NanoPLCs, Manual de Usuario, (GFK-1645A-SP, Abril 2000), 425 páginas.

