

**REVISION BIBLIOGRAFICA PARA ACTUALIZACION TECNOLOGICA DE  
COMPUTADORES DE FLUJO DANIEL DANLOAD 6000 COMUNICADOS CON EL HMI  
EXISTENTE EXPERION TAS EN EL LLENADERO PRINCIPAL DE LA REFINERIA DE  
BARRANCABERMEJA**

**MONOGRAFIA PARA OBTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA EN CONTROL E  
INSTRUMENTACION INDUSTRIAL**

**AUTOR: ING. NATALIA MANTILLA ROJAS**

**DIRECTOR: ING. EUDILSON NUÑEZ COSSIO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
BUCARAMANGA  
2011**

## Tabla de Contenido

1. Introducción.....	2
2. Marco Teórico.....	2
3. Descripción del Problema.....	20
4. Solución.....	22
5. Conclusiones.....	29
6. Bibliografía.....	30

# **REVISION BIBLIOGRAFICA PARA ACTUALIZACION TECNOLOGICA DE COMPUTADORES DE FLUJO DANIEL DANLOAD 6000 COMUNICADOS CON EL HMI EXISTENTE EXPERION TAS EN EL LLENADERO PRINCIPAL DE LA REFINERIA DE BARRANCABERMEJA**

## **RESUMEN**

La Refinería de Barrancabermeja cuenta con un llenadero principal en el que se despachan productos petroquímicos, combustibles e industriales que sus Clientes retiran por carrotanques. Para cumplir con este proceso, en el área se cuenta con una infraestructura que describe ocho islas o plataformas en las que se pueden ubicar y cargar hasta 16 vehículos simultáneamente, sin embargo hay 31 sistemas de cargue independientes, cada uno con su propio tren de medición dinámica mediante el cual se liquidan estas ventas y es allí donde el computador de flujo o preseteador juega un papel muy importante. Los computadores de flujo actualmente instalados son de marca Daniel de la serie Danload 6000, los cuales se encuentran instalados desde hace un poco más de quince años, desde agosto del 2008 se encuentran comunicados con el sistema supervisorio Experion de Honeywell y desde entonces se presentan continuos problemas o fallas en la comunicación saturando frecuentemente los canales ocasionando pérdida de información valiosa como datos de liquidaciones, retrasos en la validación previa de datos para iniciar los cargues, anulación de autorizaciones que obliga a iniciar nuevamente el proceso administrativo de autorización de ingreso y cargue, lo que repercute en demoras e insatisfacción de clientes. Es por ello que se propone el cambio o actualización de estos computadores de flujo por equipos que sea capaces de comunicarse mediante protocolo Ethernet, así como modificar la topología y arquitectura de la red de comunicación actualmente instalada por una topología en estrella con redundancia wireless. Para el cambio de los equipos se recomienda comparar diferentes opciones como las que ofrece Emerson, Smith Meter, Contrec, Dynamic Fluid Measurement, entre ellos facilidad de comunicación con los sistemas administradores, funcionalidad para operar más de un sistema, capacidad de manejo de trenes de medición de manera simultánea, seguridad de información, etc.

**PALABRAS CLAVE:** Computador de flujo, tren de medición, protocolo Ethernet, protocolo modbus rtu, redes de comunicación.

# **BIBLIOGRAPHICAL REVIEW FOR TECHNOLOGICAL UPDATE OF COMPUTERS OF FLOW DANIEL DANLOAD 6000 COMMUNIQUEÉS WITH THE EXISTING HMI EXPERION TAS IN THE PRINCIPAL LLENADERO OF BARRANCABERMEJA's REFINERY**

## **ABSTRACT**

Barrancabermeja's Refinery possesses a principal load terminal in which there deliver off petrochemical products, combustible products and industrial products that his Clients withdraw for carrotanques. To expire with this process, in the area one relies on an infrastructure that it describes eight islands or platforms in those that they can locate and load up to 16 vehicles simultaneously, nevertheless there are 31 systems of load independent, each one with his own train of dynamic measurement by means of which these sales are liquidated and it is there where the computer of flow or preseteador plays a very important paper. The computers of flow nowadays installed are of brand Daniel of the series Danload 6000, which are installed for a bit more than fifteen years, from August 2008 Experion of Honeywell is communicated by the system supervisory and since then they present continuous problems or faults in the communication saturating frequently the channels causing loss of valuable information as information of liquidations, delays in the previous validation of information to initiate load them, cancellation of authorizations that forces to initiate again the administrative process of authorization of revenue and load, which reverberates in delays and clients' dissatisfaction. It is for it that one proposes the change or update of these computers of flow for equipments that it is capable of communicating by means of Ethernet protocol, as well as to modify the architecture of the network of communication nowadays installed by a architecture in star with redundancy wireless. For the change of the equipments one recommends to compare different options like that Emerson offers, Smith Meter, Contrec, Dynamic Fluid Measurement, between them facility of communication with the systems administrators, functionality to produce more than one system, capacity of managing train of measurement of a simultaneous way, safety of information, etc.

**KEY WORDS:** Computer of flow, train of measurement, Ethernet protocol, protocol modbus rtu, networks of communication.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Llenadero de Carrotanques de la Refinería de Barrancabermeja, se entregan productos combustibles, petroquímicos e industriales, todos en estado líquido; para su despacho, se cuenta con sistemas de medición dinámica en línea que brinda seguridad operativa y de información, confiabilidad en la medición y exactitud en el cumplimiento a las solicitudes de los Clientes, entre otros.

Dentro del proceso de despacho, el computador de flujo juega un papel principal puesto que en él confluyen las señales de los diferentes instrumentos de operación, medición y seguridad, tal como sensores de presión, RTD, medidores de flujo, válvula set stop, sensor de sobrellenado, línea a tierra del carrotanque, entre otros.

Los computadores de flujo deben conducir la información de los despachos al HMI Experion, así como el HMI entrega al computador de flujo los volúmenes autorizados en los despachos.

Teniendo en cuenta que diariamente se cargan allí más de 70 vehículos al día, es necesario contar con excelente disponibilidad de las comunicaciones entre el HMI y los computadores de flujo, confiabilidad en la información que se intercambia y facilidad en la operación, manejo y mantenimiento de los computadores de flujo.

## 2. MARCO TEORICO

### **Computador de Flujo o Preseteador**

Constituye la unidad de procesamiento de variables asociadas al sistema de medición dinámico de fluidos al paso por una tubería, cuenta con memoria asociada que recibe las señales de entrada convertidas eléctricamente, desarrolla cálculos para determinar rata de flujo y cantidad total aplicando los parámetros aplicables al tipo de producto previamente configurados en su memoria siguiendo las normas estándar en materia de medición de líquidos y/o gases.

Su campo de aplicación es muy amplio, puede encontrarse en la industria del petróleo tanto en producción upstream en cabeza de pozo, midstream o transporte por poliductos u oleoductos y refinación o downstream incluyendo plataformas marinas, plantas de procesos en general, plantas químicas. Además en todas las condiciones ambientales, inclusive en las más rigurosas.

Entre sus aplicaciones en *upstream*, puede citarse los sistemas de medición de fluidos subterráneos tal como agua, hidrocarburos líquidos (crudo, condensados, etc.) y gases, en variadas condiciones de presión y temperatura, y diferentes tipos de características físico-químicas que van desde crudos pesados sometidos a procesos de extracción por inyección de líquidos o gases, hasta gasolinas naturales o gases muy livianos. En todos los casos se requieren computadores de flujo asociados a una mínima instrumentación constituida por medidores de flujo, presión y temperatura, para medir, monitorear y en algunos casos controlar la producción. Diariamente para el equipo de trabajo es importante determinar y proyectar tanto las condiciones de salida como su cantidad y calidad, y es por ello que en el lugar se emplean los separadores de fases (gas, aceite, agua) asociados a sistemas de medición. En la mayoría de los casos el equipo no se encuentra en sitio y la información debe ser enviada por algún medio tecnológico en donde se concentran y se usan para tomar decisiones de proyección o atender emergencias.

En cuanto a la aplicación *midstream*, el proceso de transferencia y distribución de fluidos (gases, crudos, productos refinados, GLPs y productos petroquímicos) ya sea para entregar a clientes o para alimentar refinerías, requiere ser monitoreado constantemente en distintos puntos a lo largo del recorrido de la línea o tubería para contabilización del producto entregado en transferencia de custodia, control de calidad de batches de producto empaclado, control de pérdidas por hurtos, detectar fallas en la tubería, entre otros. Estas aplicaciones las ofrece el computador de flujo en sus facilidades de asociarse a válvulas de control, probadores para calibrar medidores y configurar sus factores de corrección, impresión de tickets y envío de información en tiempo real a sistemas SCADA por diferentes medios tales como Ethernet, fibra óptica, radio o satelital.

Las aplicaciones en *downstream* comprenden los procesos en refinerías y plantas químicas y su principal uso es la transferencia de custodia de fluidos entre comprador y vendedor, aunque también son empleados para transferencia de productos entre plantas con el propósito de monitorear y verificar cantidades y condiciones en los procesos, para el último caso, con frecuencia se obtienen los datos por protocolo de comunicación modbus en RS485 al DCS y el sistema supervisorio de la planta. Los productos comprometidos en estos procesos pueden ser desde crudos, gases, gases de proceso, vapor, aire, etileno, propileno y muchos otros productos intermedios o finales.

Para aplicaciones en transferencia de custodia, al computador de flujo debe llevarse la señal del medidores los más comunes se encuentran turbinas, desplazamiento positivo o PD, ultrasónicos y coriolis), para medidores que miden el flujo volumétrico se les puede adicionar densímetros para determinar la gravedad del producto y con ello asegurar la correcta selección de factores de corrección en las tablas del computador de flujo, sin embargo cuando esta gravedad es conocida, porque ha sido determinada previamente en el tanque de

almacenamiento, no es necesario instalar los densímetros en el tren de medición sino que simplemente basta con ingresar este dato al equipo.

Los computadores de flujo no solo son usados en la petroquímica, sino en industria en general, estos equipos cumplen los estándares de API (American Petroleum Institute), AGA (American Gas Association), ISO (International Standards Organization), GPA (Gas Processors Association), and ASTM (American Standards of Testing an Material). Algunos de los estándares del API aplicables se encuentran en los capítulos 2, 4, 5, 7, 11, 12, 14, 20, 21 y 22 del MPMS (Manual Petroleum Measurement Standards) y para los aplicables de la AGA son 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 y 11. Para las corregir los volúmenes de líquidos y/o gases a condiciones establecidas o estándares (por ejemplo, según los acuerdos en transferencia de custodia) debe implementarse, en los computadores de flujo, varias de las tablas de la GPA y del API las cuales pueden variar entre industrias y países; algunas son necesarias para la interfaz del computador de flujo con otros instrumentos o analizadores para determinar y/o calcular las propiedades del fluido usando diferentes tablas y ecuaciones empíricas para obtener el volumen corregido; estas tablas y ecuaciones son cargadas al equipo de acuerdo con la necesidad del cliente según los productos a emplear. Adicionalmente, algunos dispositivos tienen coeficientes empíricos de flujo (medidores de orificio, cono, etc.) que deben ser programados en el computador de flujo, el cual requiere frecuentemente realizar cálculos iterativos para determinar el flujo corregido sin un límite de precisión especificado. Estos detalles dependen del tipo del dispositivo de medición instalado para determinar la velocidad de flujo.

El computador de flujo está en capacidad de generar varios reportes dependiendo de las necesidades del usuario, para líquidos se tienen reportes de alarmas, auditoria, snapshot, hora a hora, diarios, por batch, de pruebas; y para gases se tienen reportes hora a hora, diarios, por batch, snapshot, de choke. Asimismo, puede generar tiquetes de cada transacción que se realiza los cuales son configurables según la información que el cliente requiera en él, lo que le permite liquidar en las entregas o recibos de transferencia de custodia, en su memoria almacena el log de alarmas, eventos, auditoria y datos históricos de transacciones, lo cual ofrece mayor seguridad y confianza al usuario.

Para mejorar su desempeño, algunos fabricantes ofrecen capacidad en sus equipos para manejar hasta cuatro trenes de medición de gas, líquido o ambos, con capacidad de cómputo bi-direccional de flujo, lo cual constituye una gran ventaja económica cuando se requiere controlar varios sistemas operando simultánea o no simultáneamente. Otra característica excepcional de algunos fabricantes es su capacidad para comunicarse con analizadores de gas en protocolo MODBUS o propietario. Controlar válvulas neumáticas o eléctricas on-off o proporcionales mediante órdenes directas de procesos PID. Otra característica es el housing del equipo, el cual también se presenta a prueba de explosión para ambientes en los que se manejan sustancias peligrosas y atmósferas con vapores combustibles.

En la Figura 1 se muestra el diagrama general de una consola a instrumentación de campo para obtener la información básica del producto a través de un sistema de medición.

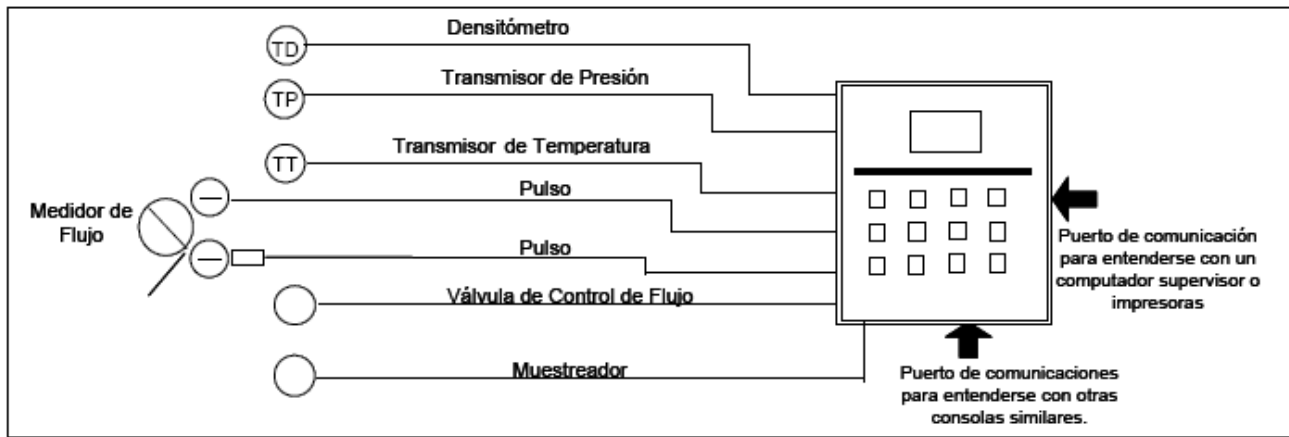


Figura 1.

Características:

- Capacidad para manejar válvulas de control con estrategia de control PID de flujo con override por presión.
- Capacidad de comunicación serial con un computador, otras consolas similares y equipos periféricos utilizando protocolo MODBUS e interface RS-232C o RS-485 o RS-422.
- Capacidad de ser integrados a redes ETHERNET utilizando protocolo TCP/IP
- Capacidad de integrar transmisores tipo "Smart" utilizando buses de campo: HART, FIELDBUS, PROFIBUS.
- Disponibilidad de módulos I/O (entrada/salida) que utilizan conversores análogo digital (A/D) para recibir las señales de campo, para calibrar los lazos de flujo, presión, temperatura y densidad.
- Disponibilidad de módulos digitales de I/O para el manejo de señales de estado, switches de proceso y switches del probador, manejo de solenoides, etc.



- Disponibilidad de módulos de entrada en frecuencia para las señales de los densitómetros tipo vibratorio.
- Disponibilidad de módulos de entrada tipo RTD PT-100 para los sensores de temperatura.
- Manejo y determinación del número de muestras de un muestreador automático, proporcional a la rata de flujo, al tamaño del bache y a la capacidad de los contenedores.
- Generación de alarmas (Alto/Bajo) para cada uno de los parámetros involucrados en la totalización de volúmenes.
- Capacidad para controlar y ejecutar calibraciones con probadores de tubería y compactos.
- Capacidad para reliquidar tiquetes de medición (para el caso de BS&W en crudos por ejemplo).
- Capacidad de Manejar curvas de linealización de los medidores.
- Capacidad de Manejar hasta 8 productos por medidor.
- Capacidad para manejar más de un brazo de medición a la vez, lo cual las hace atractivas para ser usadas en sitios donde hay banco de medidores (más de 2).
- Capacidad de manejar al menos tres niveles de seguridad de acceso con atributos diferentes.
- Capacidad de implementar al menos el nivel "A" de fidelidad de pulsos mencionado en el capítulo 5.5 del API MPMS.
- Capacidad de manejar valores default para las variables según diferentes eventos: perdida de señal viva del transmisor, para valores en vivo por fuera de rangos, siempre en uso, nunca en uso, utilizar promedio histórico, utilizar promedio del bache, etc.

- Puede recibir el factor del medidor (Meter Factor) tanto manual como remotamente después de haber sido calculado por el equipo designado para tal efecto.
- Capacidad de generar reportes de configuración, tiquetes de medición, tiquetes de calibración, reportes de auditoría, reportes instantáneos, reportes de alarmas, reportes de eventos.
- Capacidad de almacenar tiquetes de medición, tiquetes de calibración, alarmas, eventos.
- Normalmente este tipo de equipo no es apropiado para área clasificada y su instalación se hace en gabinetes tipo interior; sin embargo se encuentran disponibles versiones para montaje tipo intemperie y para área clasificada Clase 1 Div 1&2.

#### Módulos Integrantes de las Consolas:

**Módulo de Densidad:** Generalmente recibe señales de frecuencia (pulsos), dando facilidades para seleccionar el tipo de unidades (kilogramos/cm<sup>3</sup>, API a 60°F, gravedad específica), el rango, alarmas de alta y baja y además un valor sobrepuesto (por default), en caso de pérdida de la señal de campo.

**Módulo de Presión:** Recibe por lo general señales de transmisores análogos 4-20 mA o 1-5 VDC con funciones similares al módulo anterior. Tiene la capacidad de almacenar un valor promedio de la variable medida, para que en caso de falla del transmisor o de bloqueo de la señal, el operador pueda sobreponer este valor (por default) y minimizar así cualquier error en la totalización. Este módulo también está en capacidad de calcular y almacenar el valor de la presión de equilibrio del líquido que se está midiendo, con el fin de poder aplicar la corrección correspondiente en la fórmula del CPL (Factor de corrección por presión). También acepta el valor de la presión base, que normalmente es cero psig o su equivalente según las unidades de ingeniería escogidas.

**Módulo de Temperatura:** Tiene funciones similares a los anteriores, pero puede recibir señales de RTD (Resistance Temperature Detector) también recibe el valor de la temperatura base o estándar, que normalmente es 60°F (15°C) o el valor equivalente, según las unidades de ingeniería seleccionadas.

**Módulo de Flujo:** Fija válvulas de control a un valor que es preestablecido por el usuario, por medio del teclado de la consola, así como también el tipo de control, que puede ser proporcional (P), derivativo (D), integral (I) o proporcional-integral-derivativo (PID) y la acción sobre el elemento final de control (directa o inversa) seleccionada. Tiene también alarma por alto y bajo flujo, que son importantes para avisarle al operador que el medidor está trabajando

por fuera del rango especificado por el fabricante, en donde las características del medidor son inexactas. Adicionalmente debe estar en capacidad de manejar estrategia de override por presión en caso de control de flujo por cada brazo de medición a fin de garantizar la contrapresión mínima requerida por el medidor.

Módulo de Recepción de Señales de Pulsos de los Medidores: Puede recibir información de dos bobinas (pick-up-coil) de un mismo medidor, con lo cual es posible implementar alguno de los niveles de integridad de pulsos mencionados en el capítulo 5.5 del API MPMS que sirve para detectar si hay una falla de tipo eléctrica o mecánica en el medidor o los equipos asociados con él, dependiendo de sí la diferencia de los pulsos A es mayor o menor a los de B en una cantidad predeterminada. Dependiendo de qué pulsos detecta primero la consola (los A o los B) ésta sabe en qué dirección está fluyendo el flujo en el medidor.

Este Modulo también permite colocar el K-Factor del medidor, que servirá como divisor de pulsos. Algunos fabricantes construyen computadores a las cuales se les puede introducir diferentes factores de medidor, para un solo producto, linealizando de esta forma la respuesta del medidor, pues el rango del flujo de operación del medidor se puede subdividir para aplicar un factor para cada tramo, dando como resultado, una mejora sustancial en la exactitud del sistema. También puede manejar factores diferentes para uno o varios productos. Esta característica es útil en poliductos, en donde con el uso de un detector de interfase (detecta cambio de gravedad del producto) y de los estados de las válvulas en las flautas de entrega, recibo o despachos se puede cambiar el factor para liquidar el producto entrante. Adicionalmente con la alarma generada por el controlador de densidad, al cambio del producto, se conecta al computador en (start batch) inicio de batch, para colocar los totalizadores en cero, a su vez esta señal y las del detector de fase se conectan a un controlador programable para que ejecute la cerrada y apertura de las válvulas que operacionalmente deben ser realizadas.

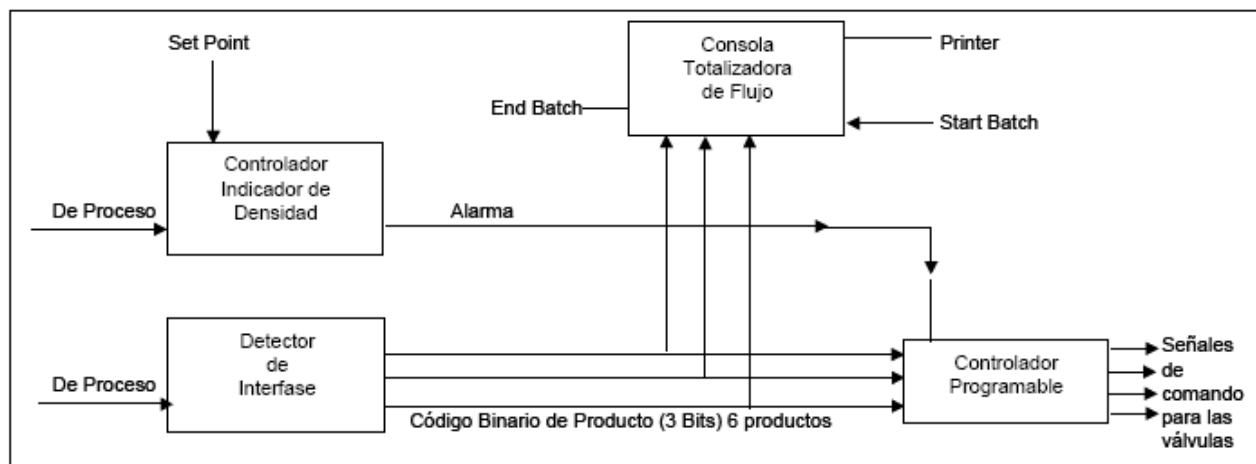


Figura 2.

Módulos Generadores de Pulsos de Salida: Con los cuales se pueden manejar impresoras de tickets remotas o un toma-muestra. Los pulsos pueden representar unidades de volumen bruto o neto, como también pueden ser divididos de acuerdo a la necesidad del usuario. Por ejemplo para controlar el muestreo en un toma-muestras para que sea proporcional a la rata de flujo. El tiempo de toma de las muestras es también controlado de acuerdo a las necesidades, variándole el ciclo útil al pulso de salida.

Módulo de Comunicaciones: Consta de uno o varios puertos: uno de ellos será destinado para hacer interfase con un computador supervisorio por medio del cual el computador puede recibir comandos y enviar información; de esta manera muchos instrumentos y/o consolas, pueden ser controlados por un computador supervisorio. Uno de los otros puertos es utilizado para comunicarse con una impresora, para generar reportes de parámetros de configuración y constantes, como también alarmas.

Todos los datos de configuración de las consolas son introducidos por medio de teclado ó vía serial (utilizando aplicación corriendo en un computador personal) y pueden ser visualizados en un "display" dispuesto para tal efecto. En todo caso toda la configuración debe residir en memoria no volátil, soportada con baterías, con tiempo de respaldo de preservación de los datos de al menos 2 años; en caso de baja carga de esta batería debe producirse una alarma.

Todos los datos tales como hora, fecha, identificación, parámetros de entrada, códigos de comunicaciones, etc., son similares para las consolas diseñadas por distintos fabricantes, sin embargo no todas son presentadas de la misma forma ni presentan las mismas flexibilidades para su visualización, aspecto que deberá ser consultado con los fabricantes según las necesidades de cada proceso.

Debe tenerse precaución al señalar la aplicación y los métodos de compensación según los fluidos a manejar: refinados líquidos, GLP, crudos, productos intermedios, gasohol y combinaciones de los anteriores, puesto que de ello depende los correctos resultados en los datos calculados por el equipo.

Es conveniente colocar en el campo equipos totalizadores alimentados con baterías, para servir de soporte al sistema, en caso de fallas eléctricas o pérdidas de señales.

### **Configuración Actual:**

Las señales de los instrumentos de campo de cada brazo de medición, se conectan en alambreado duro (Hardwiring) a las tarjetas de entrada y salida del computador de flujo respectivo.

Las señales principales de cada computador de flujo son:



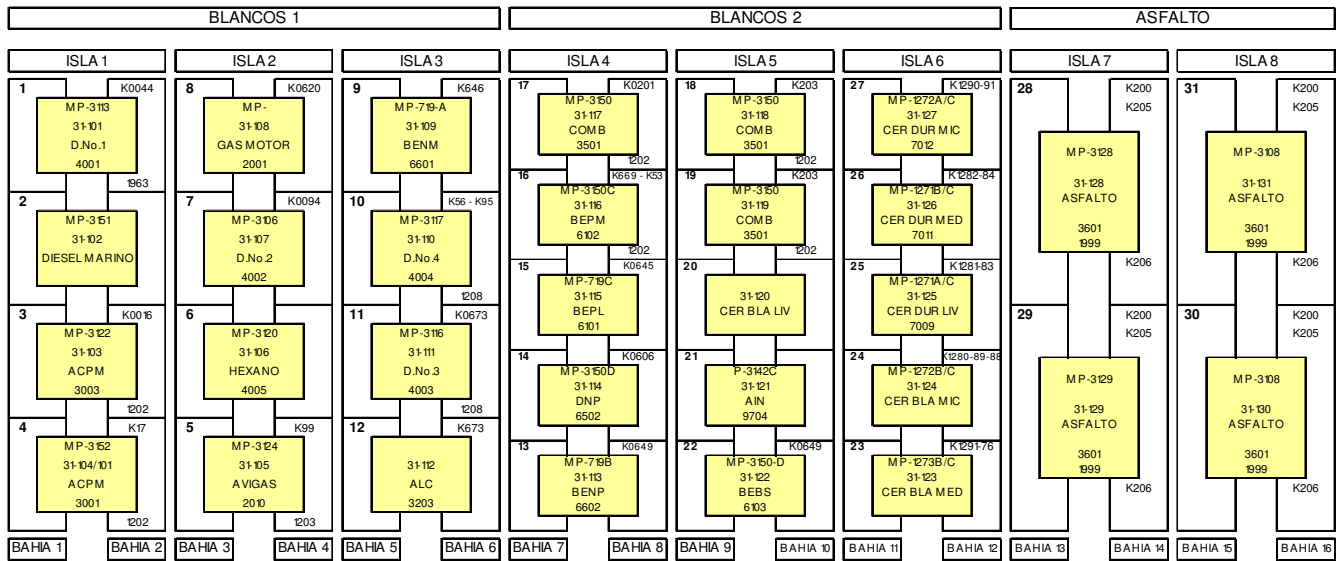


Figura 3.

El llenadero se encuentra conformado por ocho islas o plataformas y en cada una de ellas dispone de dos, cuatro o cinco sistemas de despacho para alcanzar el total de 31 mencionados anteriormente. En la Figura 4 se puede observar que cada una de las islas cuenta con dos bahías en las que se ubican los vehículos, es decir que es posible cargar máximo dos vehículos por cada isla a pesar de contar, en la mayoría de los casos, con más de dos sistemas de entrega.



Figura 4.

Los computadores que se están usando actualmente en el llenadero principal para los brazos de medición en el despacho de productos a carrotaques, son de marca Daniel DanLoad 6000 (Preseteador). Cada brazo de despacho tiene un computador de flujo dedicado que le

permite realizar la entrega. A estos computadores de flujo se conectan las señales de pulsos de los medidores de flujo (Desplazamiento Positivo o Coriolis) y las señales para el cálculo de volúmenes corregidos por compensación de temperatura y presión.

El computador de flujo también maneja las lógicas para apertura y cierre de las válvulas set-stop y las señales de encendido y apagado de las bombas a través de un PLC ubicado en Casa de Bombas 1. Además, dependiendo del producto, tiene incorporados en sus lógicas, permisibles por temperatura de línea y puesta a tierra del carrotanque.

Estos preseteadores están interconectados entre sí con cableado cocido en serie por isla en una red de comunicaciones con protocolo Modbus RTU, la cual pasa a una interfase de RS-485 a RS-232 mediante dispositivos convertidores Telebytes 365. La comunicación de cada una de las ocho islas se conecta con un Gateway (Lantronix SecureLinx SLC16) para convertir el protocolo a TCP/IP y poder establecer la conexión con la red Ethernet de Ecopetrol S.A admitiendo comunicación bidireccional y permitir el monitoreo remoto del llenadero a través del sistema Experion-TAS (Terminal Automation System), que se opera desde el edificio principal de Ventas.

Las variables de proceso son visualizadas y monitoreadas en Experion-TAS gracias a una interfase gráfica HMI (hombre - máquina) ubicada en la estación de báscula del llenadero.

La arquitectura de control utilizada es la que se muestra en la Figura 5.

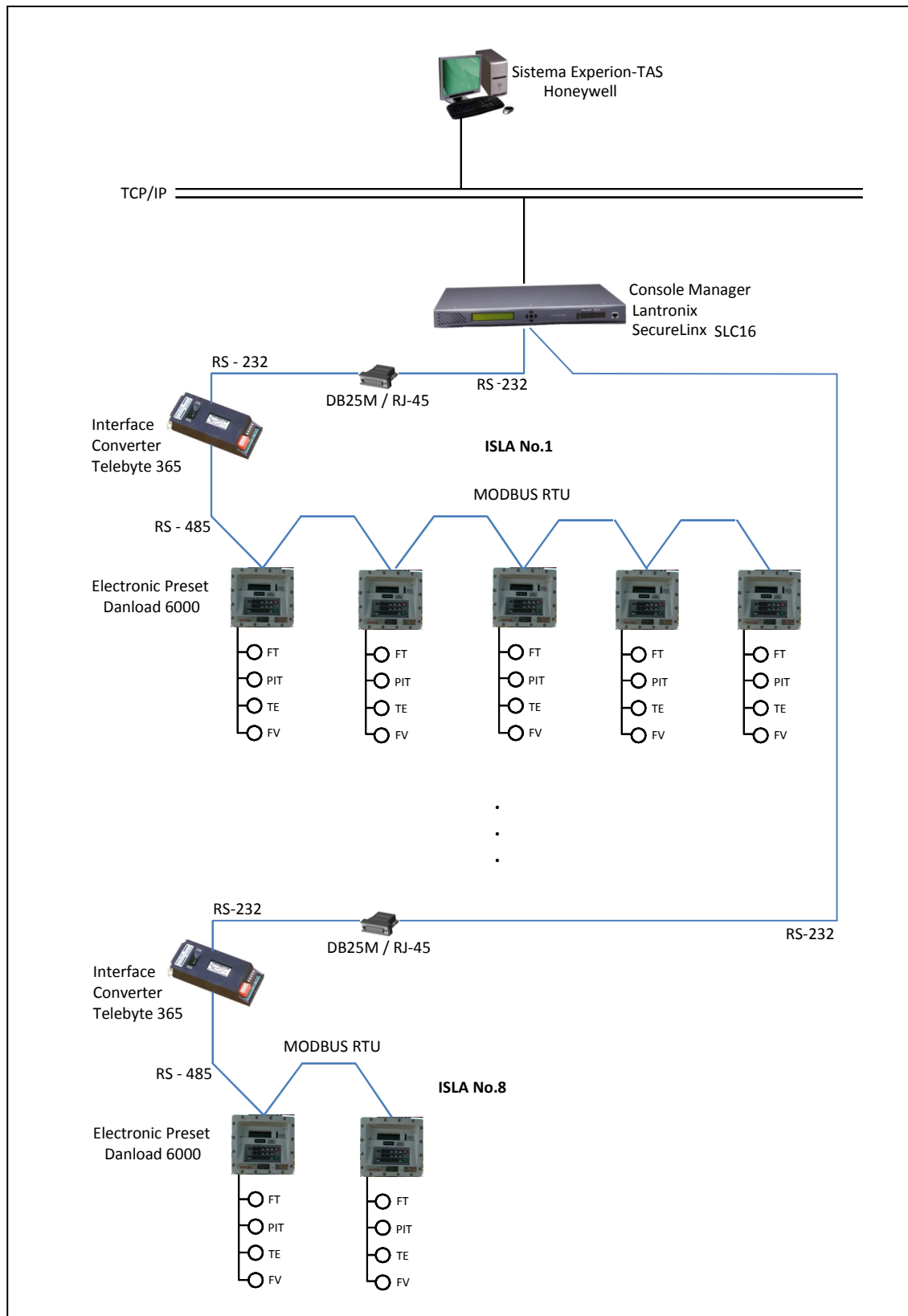


Figura 5.



El modelo de los computadores de flujo instalado permite controlar hasta 4 brazos de llenado, pero haciendo carga de un solo producto simultáneamente. La operación de carga de productos se hace de la siguiente manera en cabeza del operador del llenadero:

- Responde por la colocación del polo a tierra en los carros-tanque aunque la conexión la puede hacer también el conductor.
- Inserta el brazo de llenado en el carro tanque a despachar, también lo puede hacer el conductor.
- Verifica que el registro del contador este en cero.
- Verifica el alineamiento del brazo de llenado y el sistema de medición.
- Constata la cantidad a despachar en el DanLoad en la autorización y con el conductor.
- Informa y verifica con el operador del área de la casa de bombas respectiva, si el sistema está totalmente alineado y con el producto que se va a despachar.
- Verifica con el operador del área de bombas si el sistema de bombeo arrancó automáticamente.
- Verifica si hay flujo a través del elemento de medición.
- Verifica la diferencial de presión en el filtro, (debe estar entre 0-6 psid.)
- Informa al supervisor del área en caso que este diferencial de presión esté alrededor de 8-9 psid, además le informa cualquier anomalía durante el despacho.
- Una vez completa la actividad de llenado del carrotanque, informa al operador del área de bombas para que cierre las válvulas y verifique el apagado automático de la bomba.
- El operador del área de bombas debe verificar el nivel en el tanque y el estado de la bomba de despacho.
- Verifica que todas las válvulas del sistema de despacho en el llenadero estén cerradas para evitar el derrame de producto.

Respecto a la arquitectura de red se tiene el siguiente modelo actualmente instalado:

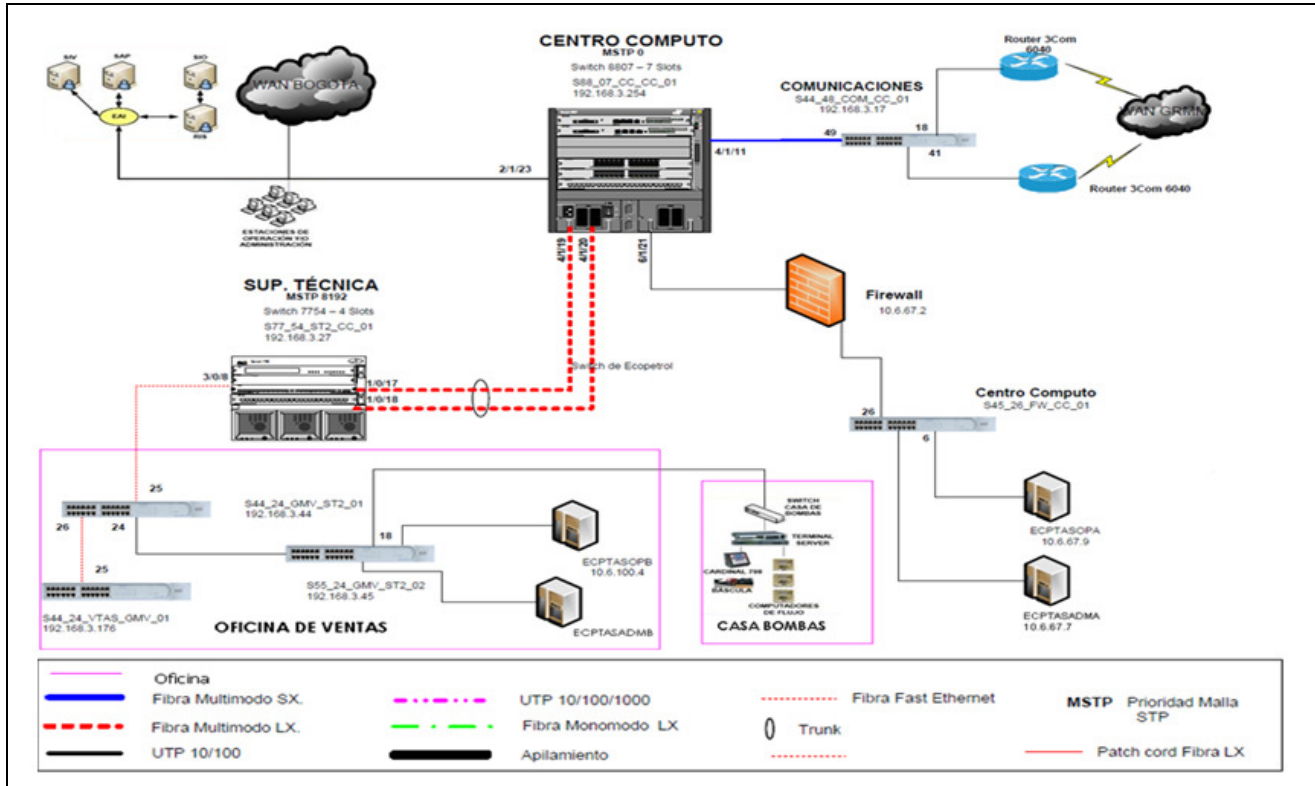


Figura 6.

## Topología de Red

La topología actual obedece a dos tipos, bus en cada una de las islas a nivel de computadores de flujo y estrella entre islas y el HMI.

**Topología en BUS:** Todas las estaciones o nodos comparten un mismo canal de transmisión mediante un cable (por lo general coaxial). Las estaciones emplean este canal para comunicarse con los demás.

**Topología en Estrella:** Todas las estaciones están conectadas por separado a un nodo central, no entre si directamente.

	Topología en BUS	Topología en Estrella
Factores de evaluación		
Aplicación	Para pequeñas redes y de poco tráfico.	Es la mejor forma de integrar servicios de datos y voz.
Complejidad	Suelen ser relativamente sencillas.	Puede ser una configuración bastante complicada. Cada estación

		a su vez puede actuar como nodos de otras.
Respuesta	Al aumentar la carga la respuesta se deteriora rápidamente.	Bastante buena para un carga moderada del sistema. Afecta mucho la potencia del nodo central.
Vulnerabilidad	El fallo de una estación no afecta la red, los problemas en el bus son difíciles de localizar aunque fáciles de subsanar.	Si falla el servidor central, se detiene la actividad de la red. El fallo de una sola estación no afecta el funcionamiento del sistema.
Expansión	Sencilla.	Muy restringida, pues se ha de proteger el nodo central de sobrecargas.
<b>Ventajas</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El medio de transmisión es totalmente pasivo.</li> <li>• Sencillo conectar nuevos dispositivos.</li> <li>• Se puede utilizar toda la capacidad de transmisión disponible.</li> <li>• Fácil de instalar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ideal cuando se requiere conectar muchas estaciones con una.</li> <li>• Permite conectar terminales no inteligentes.</li> <li>• Las estaciones pueden tener velocidades de transmisión diferentes.</li> <li>• Permite utilizar distintos medios de transmisión.</li> <li>• Se puede obtener un elevado nivel de seguridad.</li> <li>• Fácil la detección de averías.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La interfaz con el medio de transmisión ha de hacerse con dispositivos inteligentes.</li> <li>• Ocasionalmente los mensajes no interfieren entre sí.</li> <li>• El sistema no reparte equitativamente los recursos.</li> <li>• La longitud del medio de transmisión no supera habitualmente los dos km.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Susceptible de averías en el nodo central.</li> <li>• Costo elevado.</li> <li>• Costosa instalación de cableado.</li> <li>• La actividad que ha de soportar el servidor, hace que las velocidades de transmisión sean inferiores a las de las demás topologías.</li> </ul>

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

#### Antecedentes

Ingeniería conceptual para la Actualización Tecnológica de los Sistemas de Medición del Llenadero Principal de la Refinería de Barrancabermeja, 2009, ITANSUCA.

Informe de Instrumentos y Controles respecto a las fallas de comunicación entre los computadores de flujo Danload 6000 y Experion TAS, 2009.

Informe de Equipos y Controles Industriales respecto a las fallas de comunicación entre los computadores de flujo Danload 6000 y Experion TAS, 2009.

#### Problema Actual

El Danload 6000 envía y recibe información mediante el puerto de comunicación RS-485; en cada isla de llenado se encuentran ubicados entre 2 y 5 computadores de flujo los cuales se encuentran interrelacionados en serie, es decir que por cada isla hay un único cable de salida hacia un dispositivo de conversión denominado telebyte, el cual convierte el protocolo de comunicación RS-485 a RS-232 para luego llegar al terminal server marca Landtronix en donde se convierte la comunicación a protocolo Ethernet conectado a un switch que lleva el flujo de información a la red de datos de Ecopetrol y luego al servidor del sistema Experion.

La información que viaja es la de las autorizaciones de cargue desde Experion hasta los Danload 6000 junto con las respectivas validaciones de estados configurados en el sistema como scripts; ante lo cual el Danload 6000 responde como los datos de avance del cargue y la liquidación final.

Desde hace 2.5 años la comunicación presenta las siguientes fallas constantes:

- Pérdida de la información enviada por el Danload 6000. Los datos de las liquidaciones no son recibidos por el sistema Experion.
- Retrasos en la operación por lenta comunicación entre el equipo de campo Danload 6000 (esclavo) y el sistema Experion que actúa como maestro.
- Caídas constantes de la comunicación de manera general con todos los equipos de campo.
- Pérdida de configuración de parámetros del Danload 6000.
- Dificultad y costos elevados para la adquisición de repuestos para los Danload 6000.

- Debido a la estructura de comunicación y cableado entre los computadores de flujo (cocido en serie), no es posible acceder desde un único equipo (PC) a la configuración de cualquiera de ellos para obtener y cargar información (administración remota).

La instalación de estos equipos ya lleva más de 15 años, a pesar de esto, los equipos son muy robustos y actualmente no cuentan con soporte ni venta por parte del fabricante.

Las principales desventajas de continuar con los mismos equipos son:

Los equipos han entrado a su etapa final de obsolescencia por lo que el fabricante ha descontinuado su reproducción y la de sus repuestos.

Se requiere actualizar firmware para el uso de tablas API versión 2004.

Para realizar actualización de las Tablas de corrección por temperatura y presión, es necesario la actualización física de una memoria EPROM en la electrónica del equipo, causando así, la parada de servicio mientras se realiza el procedimiento de actualización. Esta operación es requerida cada vez que se desee actualizar las tablas de corrección en el preseteador.

Los computadores actuales llevan más de 15 años instalados en el llenadero principal. Por políticas corporativas del cliente en cuanto a la actualización de los sistemas de medición a equipos recientes y la oferta en el mercado de equipos con buses de campo de mejores prestaciones, se podría realizar el cambio de los computadores de flujo actualizando los equipos por unos que permitan la comunicación en protocolo TCP/IP evitando la necesidad de un Gateway para conectarse con el sistema TAS de ventas y a la red corporativa propia de Ecopetrol S.A.

Los computadores actuales no admiten el cambio de tarjetas de comunicación a unas nuevas tipo Ethernet, por lo tanto, solo existe la posibilidad de cambiar el equipo completamente o realizar una actualización de la electrónica interna del equipo (retrofit), sin cambiar la caja a prueba de explosión.

Al cambiar los preseteadores, no habría necesidad de instalar transmisores de temperatura para la linealización de la curva de las RTD con las constantes de Callendar - Van Dusen y la actualización de tablas corrección se podría realizar simplemente por software, sin tener que abrir el equipo para realizar la actualización. Adicionalmente se podría realizar gestión remota del equipo para autodiagnóstico del mismo y de los instrumentos utilizados en la medición.

## 4. Planteamiento y Selección de Alternativas

### Condiciones Adicionales

Si se decide hacer la actualización de los preseteadores, los equipos deberán cumplir con las siguientes condiciones:

Cada Computador de Flujo debe cumplir con las exigencias del API MPMS 21.2. Estos equipos deberán ser capaces de desarrollar funciones de cálculo de cantidades flujo másico y volumétrico en aplicaciones de transferencia de custodia de hidrocarburos, contando con los algoritmos de cálculos establecidos por normativas internacionales aplicadas al campo de la medición. Los Computadores de Flujo, operarán asociados a medidores de flujo másicos, tipo Coriolis o medidores volumétricos, tipo Desplazamiento Positivo.

Cada Computador de Flujo, debe supervisar en tiempo real las variables de proceso (Ej. temperatura, presión, densidad o gravedad específica, pulsos del medidor de flujo), señales de comandos (corte de bache), calculará y aplicará los factores del medidor, calculará volumen indicado, bruto, estándar y neto.

Deberá permitir la conexión con el sistema de facturación del llenadero (TAS) y a través de este sistema hacer la impresión de tiquetes del medidor y el reporte del probador. Deberá proporcionar funciones de alarma, informes históricos y acceso a los datos de archivo y seguimiento de bache. De igual forma, el computador deberá contar con niveles de protección para acceder a los parámetros de configuración.

### Alternativas

De acuerdo con la justificación y el planteamiento de las necesidades anteriormente mencionadas para realizar la actualización tecnológica de los computadores de flujo y la optimización de la arquitectura de comunicación entre estos equipos y el sistema Experion-TAS, se proponen dos alternativas de solución basadas en la redundancia de la red de tal manera que permita mayor disponibilidad del proceso de entrega de productos, y dos alternativas basadas en la cantidad de computadores de flujo por cada isla del Llenadero.

Para la interconexión de la red de comunicaciones de los computadores de flujo, se propone que sea tipo Ethernet, ya que evita un punto de falla común en la arquitectura actual, que sería el Gateway y cambia la topología a una tipo estrella en protocolo TCP/IP. Esta arquitectura, aparte de tener un protocolo abierto, es mucho más simple y permite una velocidad de transferencia de datos mucho mayor, aunque esta no sea un requerimiento para el proceso de despacho de productos llevado a cabo en el llenadero.

Adicionalmente, si se quisiera realizar una ampliación de las facilidades para despacho (construcción de más islas de llenado), con esta arquitectura, la conexión de nuevos elementos de control (Computadores de flujo) se haría de una forma mucho más sencilla. Actualmente, con los computadores de flujo que están instalados en el llenadero, se admite máximo una conexión multi-drop de hasta 32 Preseteadores DanLoad 6000.

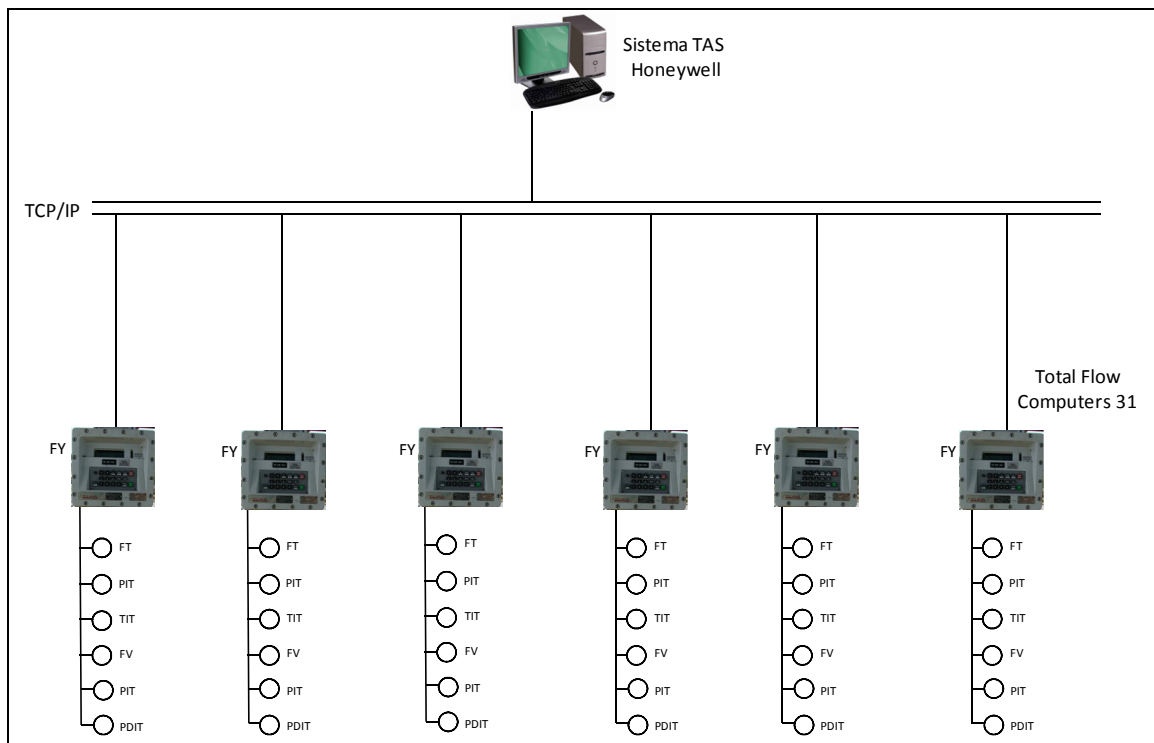


Figura 7.

### Alternativa 1: MÁXIMO 2 PRESETEADORES POR ISLA Y REDUNDANCIA EN FIBRA OPTICA

Actualmente, hay equipos con la disponibilidad de manejar la operación y permitir realizar despachos de varios brazos de llenado al mismo tiempo con un solo "Preseteador". Esto permitiría, económicamente, tener una reducción en los costos de actualización de los equipos, pero aumentaría la probabilidad de falla en un punto común en el sistema, es decir, cuando exista la falla de un solo computador de flujo, sacaría de operación el número de brazos que estén manejados por él, ocasionando una parada en el despacho de estos productos mientras se atiende la eventualidad generada en el equipo.

Teniendo en cuenta que una sola ruta de conexión por fibra óptica entre los equipos de campo y los servidores de Experion TAS, se propone realizar un tendido de fibra óptica adicional que

comunique el switch de casa de bombas 1 con el servidor principal ubicado en el centro de cómputo; de ésta manera se cubre la redundancia por posibles fallas de la fibra actualmente instalada.

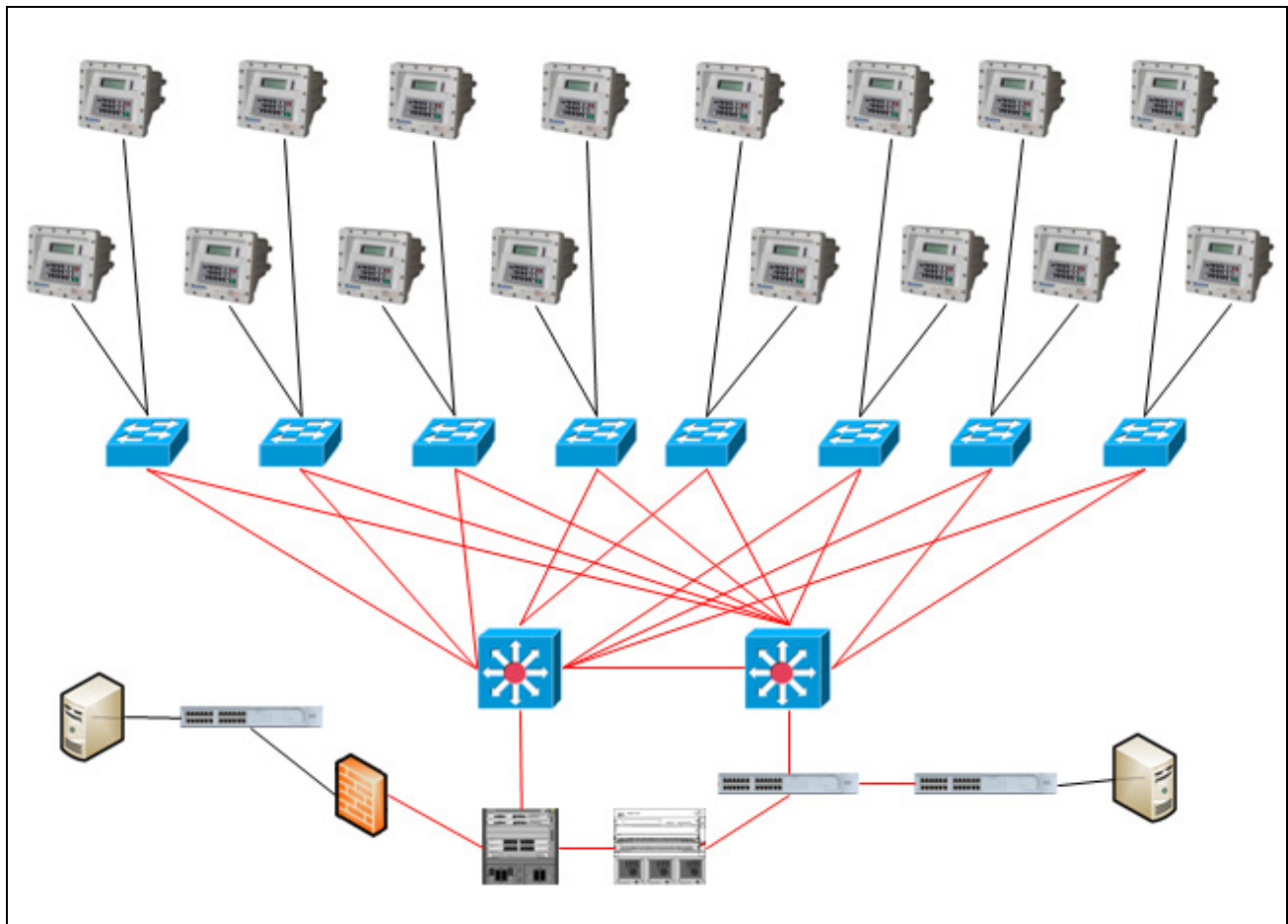


Figura 8.

#### Alternativa 2: MÁXIMO 2 PRESETEADORES POR ISLA Y REDUNDANCIA WIRELESS

Establecer redundancia en la comunicación por red entre el centro de cómputo y los switch de casa bombas 1 mediante fibra óptica puede representar un incremento considerable en costos y tiempo de implementación por requerimientos previos de obra civil en caso de no contar con ductería disponible y aún contando con ello sería más extenso por los trabajos de tendido. Por estos motivos se propone una segunda alternativa instalando dos antenas para establecer comunicación inalámbrica entre el switch del centro de cómputo principal de la GRB y los switch de casa bombas 1 y ventas.



La tecnología inalámbrica (wireless technology), permite la comunicación entre equipos e intercambio de información sin la instalación de cables entre los mismos facilitando los trabajos de instalación por lo cual se esperaría reducir costos, sin embargo esta opción tecnológica presenta desventajas que para este caso puede verse reflejada en debilitamiento de seguridad de la información ante la presencia de intrusos que puedan acceder a esta red ya sea para obtener datos confidenciales, perturbar la integridad de la información alterando los datos de las autorizaciones genuinas, modificando las liquidaciones de los despachos realizados para facturación o para sabotear el proceso de entregas; otra desventaja es la velocidad de transmisión de los datos, pues la velocidad de esta tecnología comparada con la fibra óptica es considerablemente menor, sin embargo cabe mencionar que la implementación de la comunicación inalámbrica constituye una alternativa de contingencia ante alguna interrupción en el servicio a causa de daños en la fibra óptica actualmente instalada.

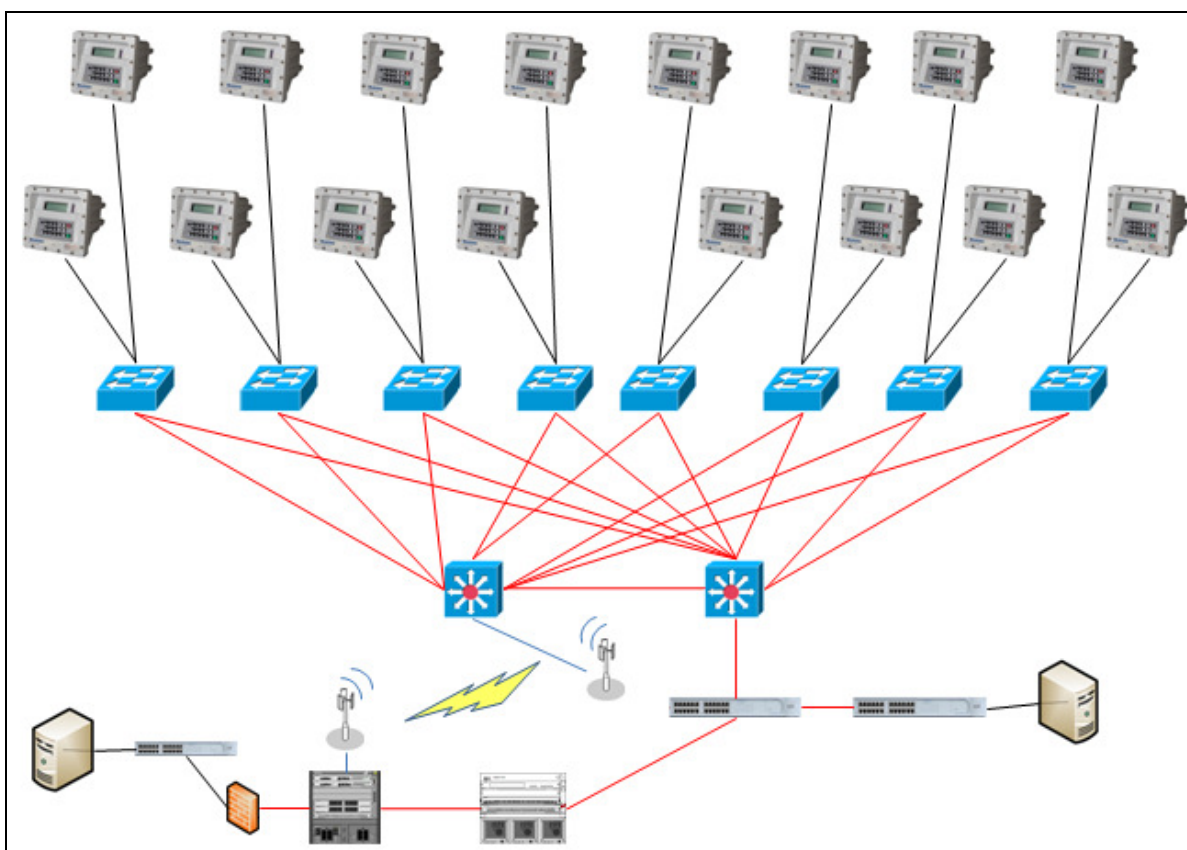


Figura 9.

### Alternativa 3: 1 PRESETEADOR POR BRAZO Y REDUNDANCIA EN FIBRA OPTICA

Dadas las condiciones de operación actuales del llenadero, en donde existe un computador de flujo por cada brazo de medición, es poco probable cargar un producto en un carro tanque equivocado. Adicionalmente el manejo de la interfaz del computador de flujo es sencillo y la forma en que se realiza la operación de llenado no da pie para equivocaciones.

Al tener un solo computador de flujo que opere varios brazos, bien sea del mismo producto o de productos diferentes, se aumenta la probabilidad de cometer un error humano en el despacho. La operatividad de la interfaz Hombre-Máquina, se haría un poco más compleja y el operador podría incurrir en un error, presentándose cualquiera de las situaciones siguientes:

- Carga de volumen equivocado
- Derrame de producto al piso

Por lo tanto, para evitar estos inconvenientes de operación y teniendo en cuenta que cada isla de llenado consta de varios brazos de medición (2, 4 o 5), contar con un computador de flujo por brazo en cada isla, puede brindar mayor confiabilidad al sistema, evitando la ocurrencia de un daño común (dando una parada de servicio en varios brazos) y teniendo un sistema dedicado para la medición de cada producto. Cada computador se encargará del despacho, realizando el cálculo de las cantidades volumétricas y su corrección por temperatura y presión.

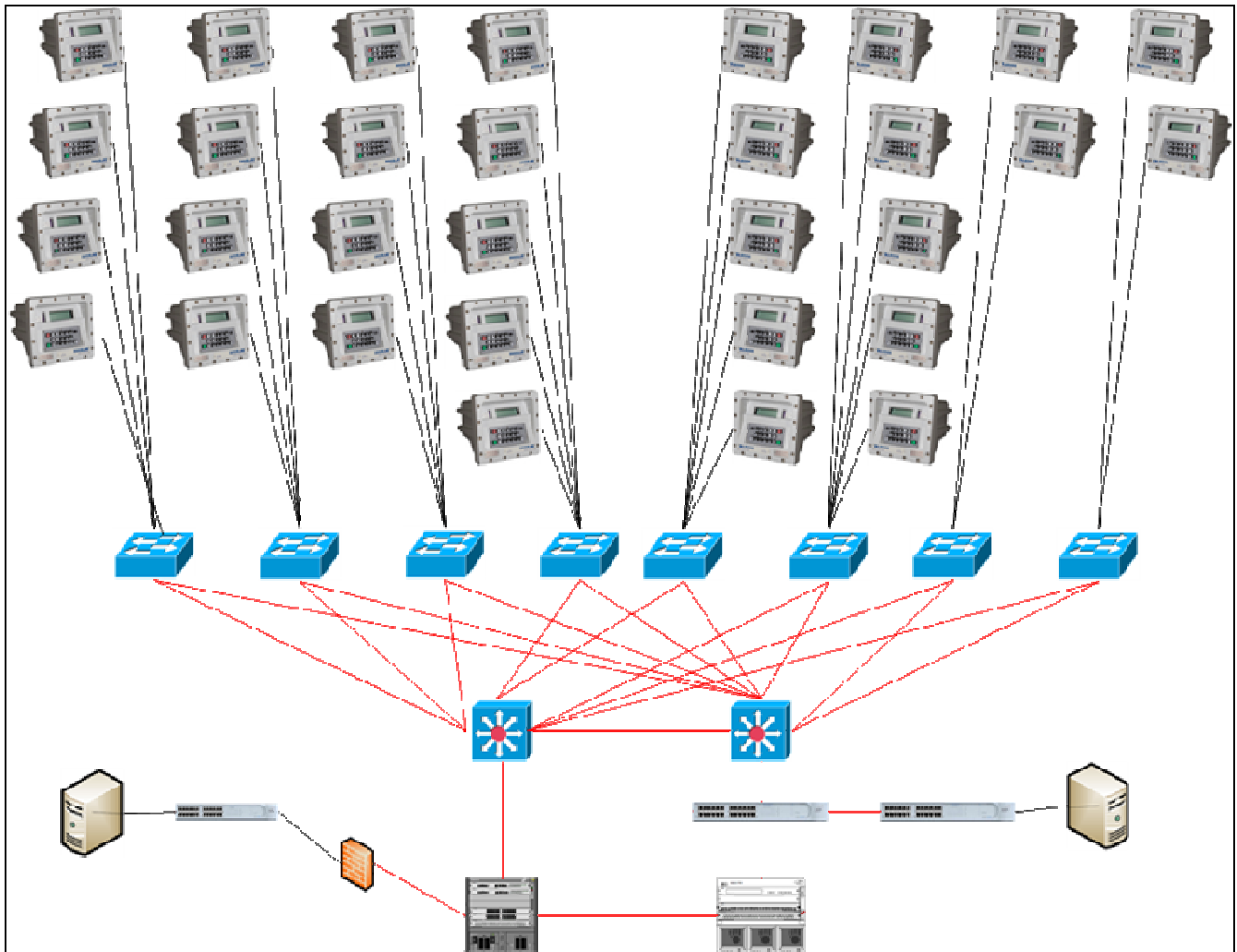


Figura 10.

#### Alternativa 4: 1 PRESETEADOR POR BRAZO Y REDUNDANCIA WIRELESS

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas que representa tanto la variación en la cantidad de computadores de flujo como en el tipo de comunicación para implementar redundancia en la red, se recomienda seleccionar la alternativa no.4 en la actualización tecnológica de computadores de flujo.

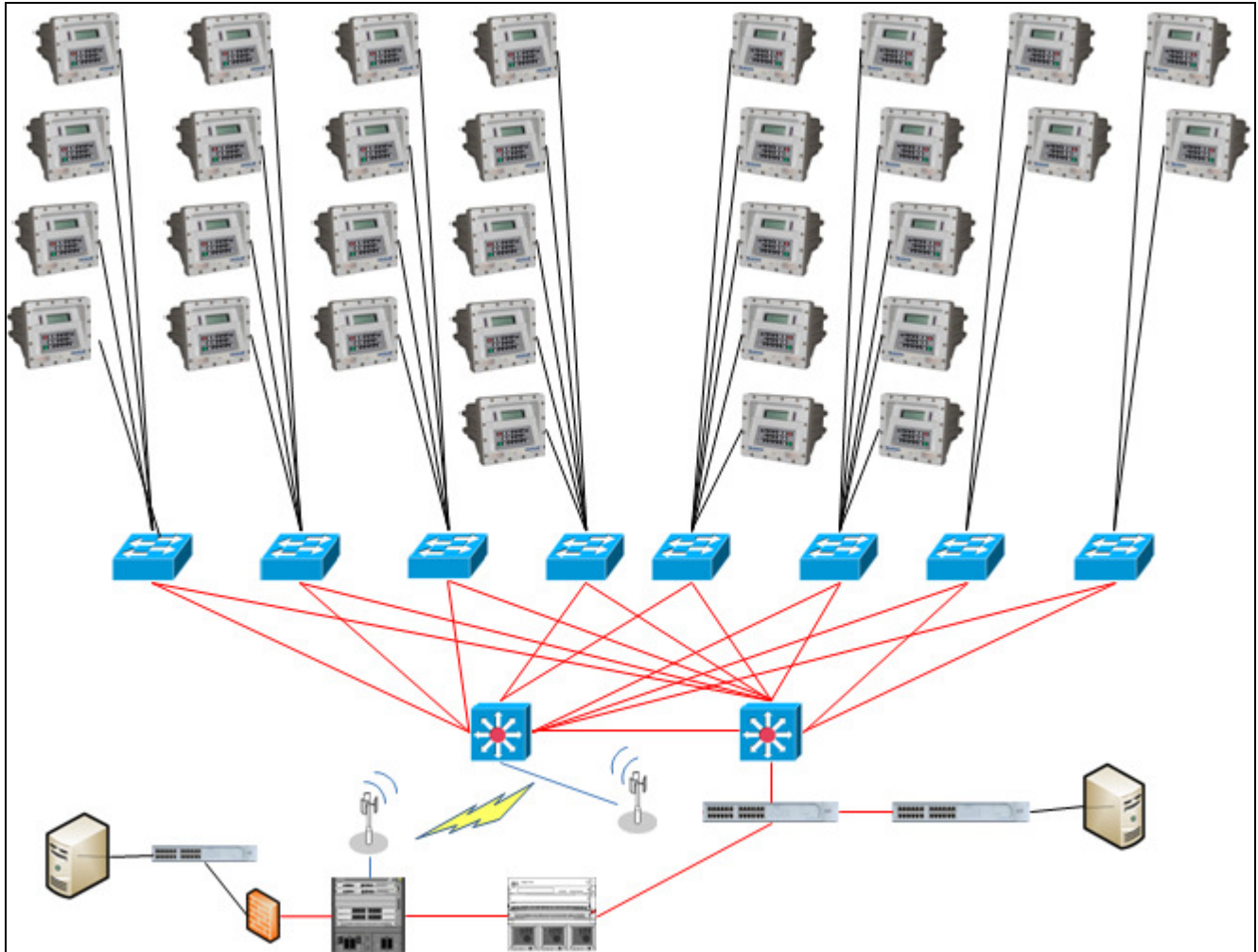


Figura 11.

## 5. CONCLUSIONES

En aras de aportar posibles soluciones al problema inicialmente mencionado, se plantean las siguientes recomendaciones:

- ✓ Independientemente de la alternativa, los computadores de flujo deben conectarse a través de un puerto de comunicaciones Ethernet a la red de Ecopetrol, donde se interconectará con el sistema de facturación TAS.
- ✓ En la nueva arquitectura de control se distinguen principalmente los siguientes aspectos:

Todos los computadores de flujo deben quedar conectados al sistema de facturación del llenadero vía Ethernet, reportando al TAS la información de medición necesaria, así como los eventos generados en cada movimiento.

En el sistema TAS se deben configurar todas las aplicaciones necesarias para generación de tiquetes numerados que permita establecer un correcto seguimiento a todos los movimientos de productos por transacciones o despachos.

- ✓ En el mercado existen varios fabricantes de preseteadores para aplicaciones en llenaderos de carrotanques tales como Emerson (Danload 8000), Smith Meter (Accuload III), Contrec (Contrec 1010), Dynamic Fluid Measurement (MICRO MV) que ofrecen diferentes particularidades que deben ser tenidas en cuenta por el usuario en la selección de los equipos, entre ellos facilidad de comunicación con los sistemas administradores, funcionalidad para operar más de un sistema, capacidad de manejo de trenes de medición, seguridad de información, entre otros.
- ✓ Es importante reconocer que los preseteadores que están en capacidad de operar simultáneamente más de un sistema de entrega ofrece reducción de costos no solo de instalación sino de mantenimiento y que los procedimientos para operarios deben ser claros y este personal debe contar con el entrenamiento suficiente para operar correctamente.
- ✓ Teniendo en cuenta que la comunicación en campo ha ocasionado continuos inconvenientes, se recomienda tener en cuenta para la selección de equipos preseteadores, la posibilidad de comunicación para implementar una red wireless adaptando dispositivos que permitan la comunicación con el sistema supervisorio, que permita reducir las interrupciones en el servicio debidas a fallas en las rutas de cableado; ya sea como una red alterna o contingente en caso de fallos o como una red principal; en todo caso considerando las medidas necesarias que deben tenerse en

cuenta para proteger la información que transita y la integridad de la misma así como el control de acceso para evitar el acceso de intrusos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Manual de Medición de Hidrocarburos Ecopetrol S.A, Capítulo 1, versión 1 de 2007.

Manual de Medición de Hidrocarburos Ecopetrol S.A, Capítulo 3, versión 1 de 2007.

Boletín Técnico: MICRO MV,

[http://www.dynamicflowcomputers.com/docs/micromv\\_boletin.pdf](http://www.dynamicflowcomputers.com/docs/micromv_boletin.pdf)

METERING, MONITORING, & DATA ACQUISITIONS,

[http://www.dynamicflowcomputers.com/docs/flow\\_computer\\_intro.pdf](http://www.dynamicflowcomputers.com/docs/flow_computer_intro.pdf)

<http://www.emerson.com/en-US/Pages/Default.aspx>

<http://www.iycsa.com.co/portal/index.php>

<http://www.eci.com.co/>

<http://www.um.es/docencia/barzana/II/li09.html>

<http://www.monografias.com/trabajos11/reco/reco.shtml>

IEEE XPLORE DIGITAL LIBRARY:

<http://www.sinab.unal.edu.co/contenido/recursos/bases.php?id=160>

<http://www.um.es/docencia/barzana/II/li09.html>