

## 2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

### 2.1. Sistema de Despacho de Casa de Bombas N° 5, antes de la Implementación del sistema Redundante

La arquitectura del sistema de control y supervisión de Casa de Bombas N° 5, antes de poner marcha el proyecto de Sistema Redundante para estandarizar y complementar el sistema es mostrada en la siguiente figura.

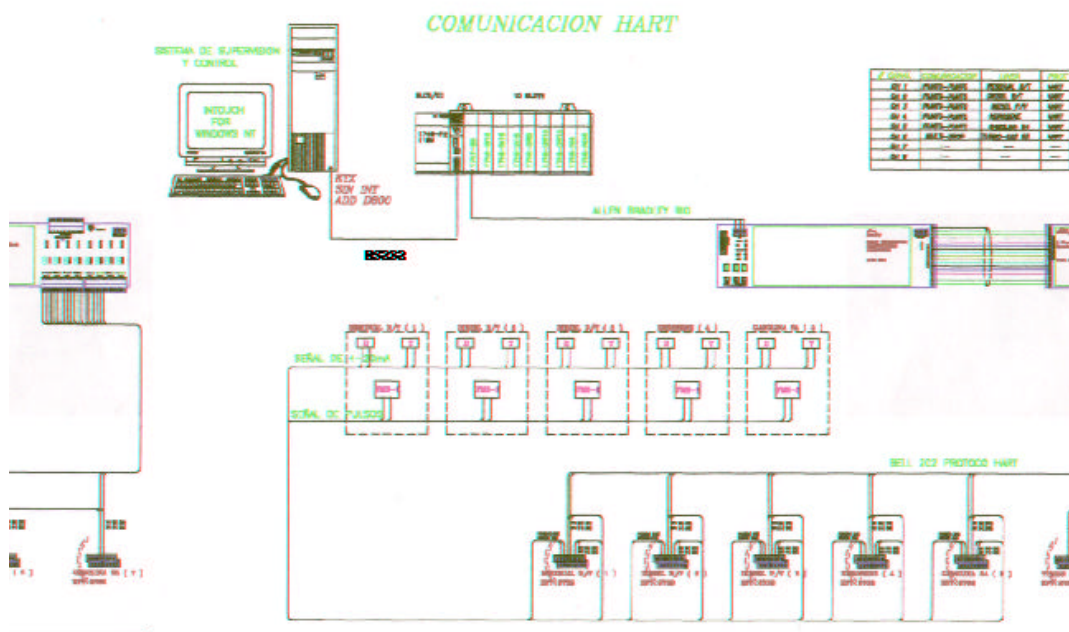


Fig. 2.1.- Sistema de Supervisión y Control de CB 5 con Protocolo Hart.

Este sistema contaba con las siguientes características:

- Al nivel de Dispositivos de campo, la comunicación se realiza con protocolo Hart sobre Bell 202.
- Para la interfase entre los dispositivos de campo y el controlador lógico programable se utiliza una interfase de transmisor inteligente de Allen-Bradley en un enlace universal Remote I/O.

- El controlador lógico programable es de la familia SLC500 de Allen-Bradley (SLC5/03).
- El sistema supervisor esta desarrollado con el software InTouch 7.0 de Wonderware. Se enlaza serialmente con el PLC.
- Para el despacho en modo local 5 productos tienen control y monitoreo del proceso desde el tablero: Residual B/T, Diesel 2 B/T, Diesel 2 P/V, Kerosene P/V, y Gasolina 84 P/V. Dos productos no cuentan con este modo de despacho: Gasolina 95 P/V y Turbo A1 P/V.
- Para la protección no se cuenta con un UPS, y el sistema de protección por puesta a tierra no es el idóneo.
- Los transmisores de campo no son calibrados de manera sistemática.

Estas características serán detalladas a continuación y nos permitirán entender cual era la situación y que motivo la implementación del proyecto motivo de este informe.

#### 2.1.1. La Red de Dispositivos de Campo

Los transmisores de campo tienen configurados su capacidad de comunicación en red con el protocolo Hart sobre Bell 202, que trabaja sobre la salida analógica primaria de 4-20 miliamperios de cada transmisor.

El protocolo Hart sobre Bell 202, permite transferir la información a una velocidad de 1200 baudios como máximo. Este protocolo permite llevar la información digital superpuesta con la señal analógica en un lazo de corriente de 4-20 miliamperios. En la figura 2-2 se muestra un tren de datos Hart.

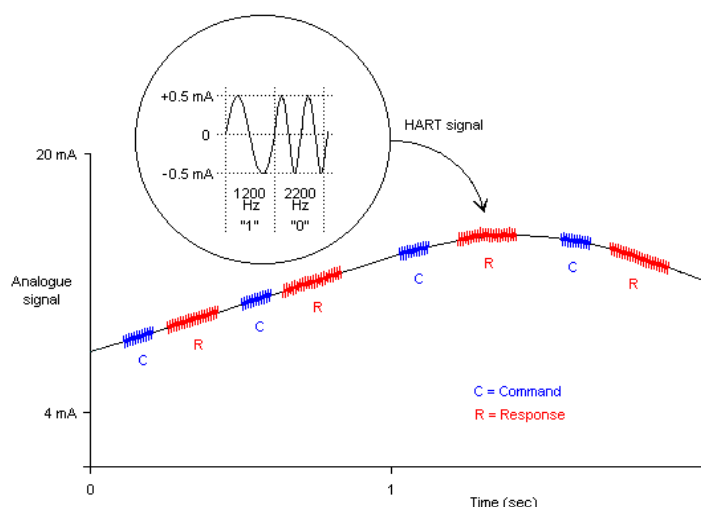


Fig. 2.2.- Tren de datos de Protocolo Hart.

En la segunda parte (capítulo 4) se explica detalladamente la funcionalidad y características del protocolo Hart.

Además, se debe indicar que el enlace entre el sistema de control (con la interfase Hart) y los dispositivos de campo se realizan de dos modos:

**Conexión Punto a Punto**, para los transmisores siguientes:

- Residual a Buques Tanque,
- Diesel 2 a Buques Tanque,
- Diesel 2 a Planta de Ventas,
- Kerosene a Planta de Ventas, y
- Gasolina 84 a Planta de Ventas.

**Conexión Multidrop**, que permite enlazar en un red de dos hilos a los siguientes transmisores:

- Gasolina 95 a Planta de Ventas, y
- Turbo A1 a Planta de Ventas.

#### 2.1.2. La Interfase Hart y el Sistema de Control

La interfase de transmisores inteligente entre el sistema de control y la red de campo Hart esta compuesto de 2 partes:

**El controlador de Comunicaciones 1770-HT1**, el cual se encarga realizar la conversión de protocolos y controlar la correcta transmisión de datos.

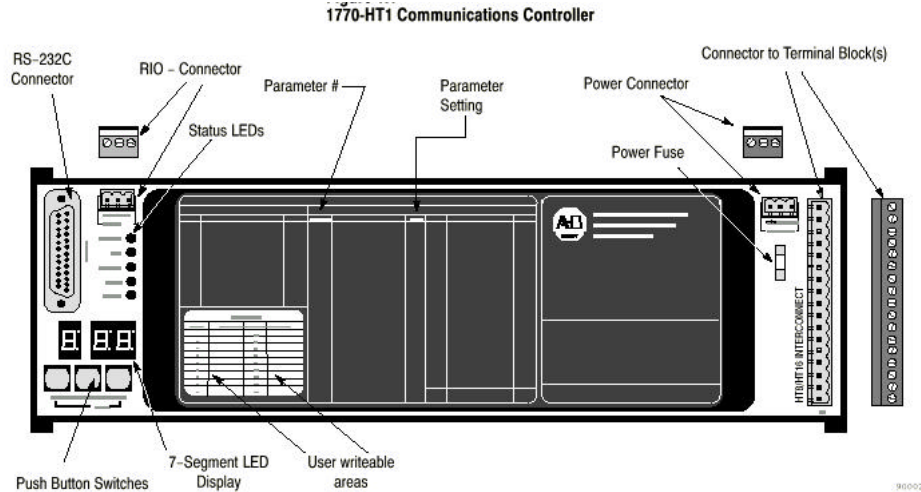


Fig. 2.3.- Controlador de Comunicaciones 1770-HT1.

**El bloque de terminales 1770-HT8**, el cual tiene la función de recibir la señal (análoga y digital desde los dispositivos de campo y enviarle al controlador de comunicaciones los datos digitales filtrados.

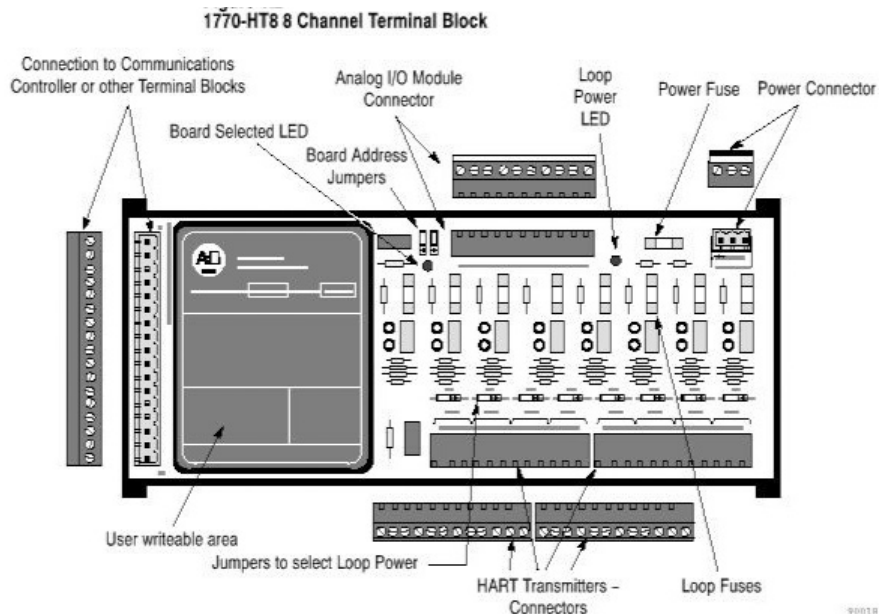


Fig. 2.4.- Bloque de Terminales 1770-HT8.

En la parte 2 (capítulo 5) de este informe se da en forma detallada las características de la interfase Hart.

El control del sistema es centralizado, es decir todas las acciones y decisiones se realizan de acuerdo a la lógica de control, presente en el programa del PLC (controlador lógico programable). Aquí se tienen las rutinas de arranque/parada de bombas, apertura y cierre de válvulas de control, selección de bombas, captura de datos desde los dispositivos de campo, etc.

El controlador lógico programable en esta etapa fue un SLC 5/03, perteneciente a la familia SLC 500 de Allen-Bradley. Este Procesador permite realizar todas las tareas requeridas, tiene capacidad de comunicación para redes seriales punto a punto (RS-232) y data Highway 485 (DH-485). El CPU se encuentra alojado en un chasis local 1746-A10, junto a la fuente de alimentación 1746-P2 y a los módulos de entradas y salidas discretas, modulo analógico, y el modulo de enlace escáner para comunicarse con la interfase Hart.



Fig. 2.5.- Controlador Lógico Programable SLC 500.

El PLC se enlaza con la interfase Hart (a través del modulo escáner) vía enlace universal RIO a una velocidad de transmisión de 230.4 Kbaudios. Además se enlaza con la PC de supervisión con una conexión punto a punto (RS-232) a una velocidad de 19.2 Kbaudios.

Una de las principales dificultades que presento el Sistema de Control, es que al no contar con un sistema de respaldo de energía (UPS) y no contar con redundancia de procesador, ante los continuos cortes de energía (originados en el sistema de distribución de PetroPeru) y caídas de tensión, el procesador entraba en falla continuamente (con cada caída o pérdida de corriente de alimentación). Es por ello que cada vez que ocurría esto era necesario reponer el programa en el CPU. Luego se añadió una memoria EPROM, con lo cual, cada vez que presentaban estas dificultades el procesador cargaba el sistema automáticamente desde el cartucho de memoria.

Pero en ambos casos los valores de acumulados en el sistema supervisor se reseteaban, puesto que estos son calculados en el PLC, ya al reponerlos desde la memoria estos indican los valores de la fecha en que fue grabado el programa en dicho cartucho.

Esto era un gran problema para el Operador ya que no podía llevar en forma normal el control de inventarios del área de Movimiento de Productos y Almacenamiento (de los diferentes productos despachados hacia Planta de Ventas y Buques Tanque. Por ello que el sistema no reunía las condiciones necesarias de confiabilidad requerida por el operador para poder realizar los despachos en forma normal y continua, además que para realizar el procedimiento de acondicionamiento de los inventarios el personal de mantenimiento no se encontraba cien por cien capacitado.

### 2.1.3. El Sistema Supervisor

El Sistema Supervisor y de Control de Casa de Bombas N° 5, fue desarrollado utilizando el software de visualización InTouch 7.0 (forma parte del paquete de software Factory Suite 2000 de Wonderware). A través de las pantallas desarrolladas con este programa se podía realizar el control y el monitoreo del despacho de todos los productos en modo Remoto (en automático):

- Residual a Buques Tanque,
- Diesel 2 a Buques Tanque,
- Diesel 2 a Planta de Ventas,
- Kerosene a Planta de Ventas,
- Gasolina 84 a Planta de Ventas.
- Gasolina 95 a Planta de Ventas, y
- Turbo A1 a Planta de Ventas.

El sistema se comunicaba con el PLC vía el I/O Server (Driver) ABKF2 de Wonderware, el cual utilizaba el enlace serial punto a punto (RS-232) desde el PLC con un puerto COM (serial) de la PC supervisora. Por tanto la velocidad máxima de transferencia de datos entre el sistema de control y el Sistema Supervisor era de 19.2 Kbaudios.

La dificultad principal que presentaba el sistema era que dependía del enlace serial, si por algún motivo el cable se movía se perdía la comunicación y no había otra maquina de respaldo que asumiese el control y supervisión del sistema. Lo mismo pasaba si la PC o el programa eran apagados.

Además el sistema no contaba con una conexión (ni física ni lógica) con la red Ethernet de PetroPeru, lo cual impedía transferir la información a otro sistema que lo requiriese, como es el caso del sistema Sigma Fine (programa administrador de inventarios de toda la Refinería).

#### 2.1.4. El Sistema de Despacho en Modo Local (desde el tablero de Control)

El control y monitoreo de los Despachos de Combustibles en Casa de Bombas N° 5 en modo Local (en automático) se efectuaban desde el tablero de control. Para ello se contaban con Displays controladores y totalizadores de Batch (sistemas de monitoreo de flujo FMS-3), y displays indicadores de proceso de lazo de corriente de 4 – 20 miliamperios. Estos displays recibían la señal directamente desde las salidas de los transmisores RFT9739, así tenemos que:

- Variable de **Flujo volumétrico**, llegaba en señal de pulsos/frecuencia desde la salida de pulso.
- Variable de **Gravedad Especifica**, llegaba en señal de corriente de 4 – 20 miliamperios desde la salida analógica 1.
- Variable de **Temperatura**, llegaba en señal de corriente de 4 – 20 miliamperios desde la salida analógica 2.

Debemos que el cable físico que llevaba la señal de Gravedad Especifica, también traía la señal digital Hart, por cuanto en los cinco transmisores que estaban conectados punto a punto el Display indicador era enseriado con el canal de entrada del Bloque de Terminales 1770-HT8.

El despacho en modo local solo era posible para los productos abajo indicados, debido a que no contaban ni con FMS-3 (para la visualización del flujo volumétrico), ni con displays indicadores de proceso de 4 – 20 miliamperios (para visualizar la gravedad especifica y la temperatura).

- Residual a Buques Tanque,
- Diesel 2 a Buques Tanque,
- Diesel 2 a Planta de Ventas,
- Kerosene a Planta de Ventas,
- Gasolina 84 a Planta de Ventas.

Por tanto, se hacía necesario y prioritario, el completar el sistema de despacho en modo local para los productos siguientes:

- Gasolina 95 a Planta de Ventas,
- Turbo A1 a Planta de Ventas.

Para ello debían agregarse al sistema los displays indicadores y controladores necesarios, que fueran de similares características a los existentes instalados si no eran los mismos, ya que los modelos instalados se remontan aproximadamente a 5 años atrás.

Este era un problema porque si el sistema supervisor quedaba inspirativo, la única manera de despachar los combustibles de estos dos productos debía hacerse en forma manual sin controlar del proceso, salvo el arrancar y para las electrobombas y tomando como referencia el nivel de los tanques (medidos por wincha).

#### 2.1.5. El Sistema de Alimentación de Energía y de protección por puesta a tierra

La alimentación de energía al sistema de control llegaba en forma directa desde una subestación local de PetroPeru (línea de 220 VAC). Esta alimentación llegaba desde un transformador directo, por lo cual se recibían dos líneas vivas, lo cual era prioritario modificar por que afectaba a los equipos.

Para la protección del sistema, se contaba con un pozo a tierra el cual tenía un valor de resistencia promedio de 2.8 ohmio.

Estos problemas y situaciones fueron materia de un estudio y entrega a PetroPeru, por parte de ORION AUTOMATION S.A., de una serie de requerimientos necesarios para solucionar estos problemas. Estos requerimientos son indicados en el siguiente apartado y forma parte del diseño e implementación del proyecto materia de este informe.



#### 2.1.6. Resumen de Estado y Problemática del Sistema

De lo detallado en este apartado sobre la situación del Sistema, podemos indicar los siguientes puntos:

1. Le red de Dispositivos de Campo implementado con protocolo Hart sobre Bell 202, resulta muy lenta, ya que se comunica a 1200 baudios y solo es posible transferir las tres variables dinámicas (referidas a las salidas físicas del transmisor) definidas en cada transmisor: Flujo volumétrico, gravedad específica, temperatura. Lo que implica que totalizador de volumen debe hacerse con un algoritmo adecuado en el PLC.
2. El enlace entre la interfase Hart y el PLC se hace universal Remote I/O, a una velocidad de transferencia de información de 230.4 Kbaudios.
3. El enlace entre el PLC y el Sistema Supervisor (PC supervisora) se realiza serialmente a una velocidad de transferencia de 19.2 Kbaudios.
4. El PLC no contaba con redundancia (sistema de respaldo) y según el fabricante este modelo de CPU no lo permite.
5. El sistema Supervisor desarrollado en InTouch es la versión 7.0 (corriendo en plataforma Windows NT Workstation 4.0 con Service Pack), habiendo actualmente en el mercado una versión mas actualizada del software. Además no contaba con redundancia.
6. Por efecto de la falta de redundancia en el PLC y en el Sistema Supervisor, los valores de acumulados se perdían cada vez que ocurría un corte.
7. Para los productos de Gasolina 95 a Planta de Ventas y Turbo A1 a Planta de Ventas, no se contaba con displays indicadores y controladores para el despacho en modo Local. Por lo que para el control y monitoreo de los despachos de estos se dependía únicamente del sistema supervisor. Se hace necesario la implementación de equipos complementarios que reúnan las mismas características de los sistemas existentes.

8. No se contaba con un sistema ininterrumpido de energía (UPS), que permita en caso de corte de energía desde la subestación apagar los equipos (PC, PLC, etc.) de manera correcta y prevenga a estos de daños graves.
9. El sistema de Protección por puesta a tierra requiere ser acondicionado para estar de acuerdo con las normas técnicas indicadas para los equipos instalados.
10. La línea de alimentación para el sistema requiere ser acondicionada, y es una condición importante antes de instalar los nuevos equipos.

## 2.2. Sistema Redundante de Supervisión y Control Diseñado e Implementado en CB 5 – Refinería Talara.

La arquitectura del sistema de control y supervisión propuesto e implementada para Casa de Bombas es el siguiente:

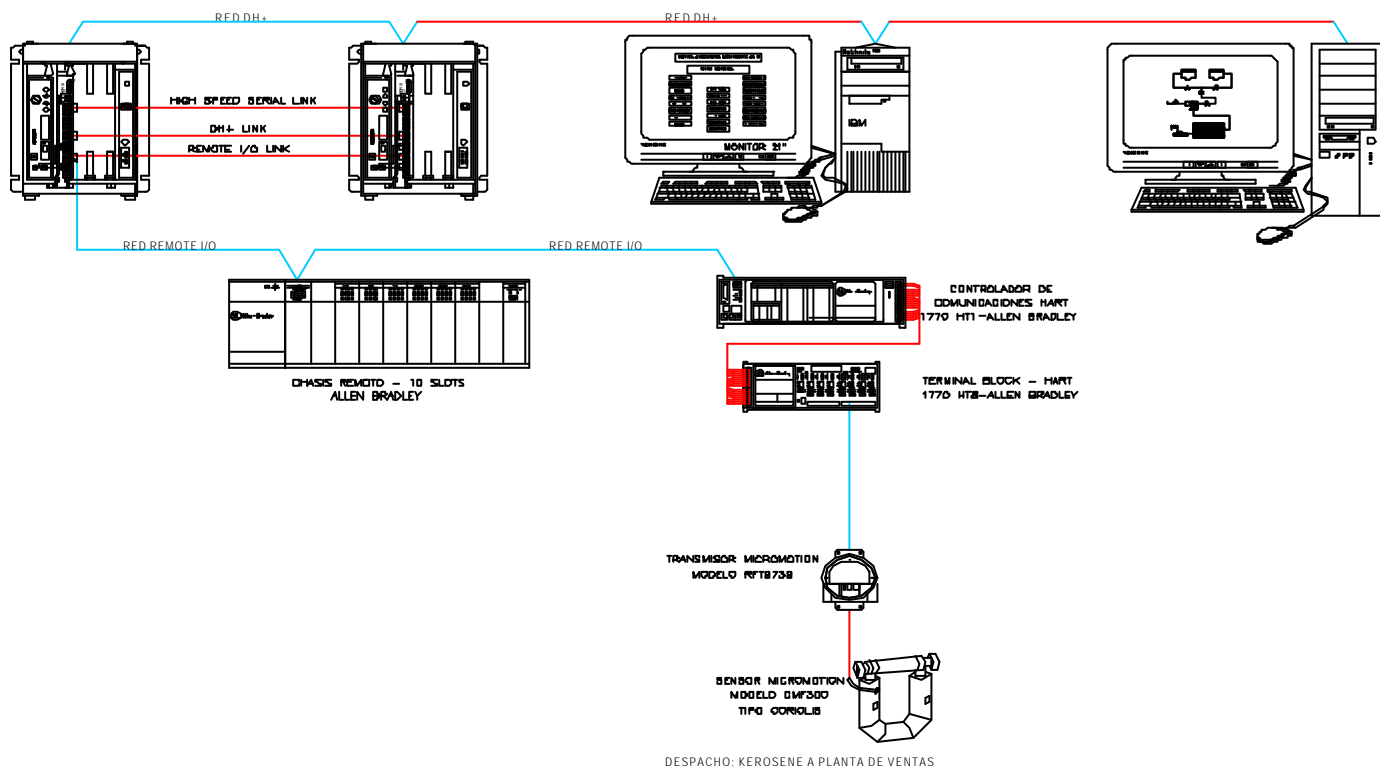


Fig. 2.6.- Sistema de Supervisión y Control Redundante.

Las consideraciones seguidas para diseñar este sistema, cuyos propósitos fundamentalmente eran: brindar mayor confiabilidad y seguridad al sistema de despacho y estandarizar el sistema despacho Local.

#### 2.2.1. La Red de Dispositivos de Campo

La red de dispositivo de Campo se mantiene, siendo esta una red con Protocolo Hart sobre Bell 202, el cual nos permite transferir la información a una velocidad de 1200 baudios como máximo. Este protocolo permite llevar la información digital superpuesta con la señal analógica en un lazo de corriente de 420 miliamperios. En la siguiente figura se muestra un tren de datos Hart.

Por lo tanto también se mantiene la Interfase Hart (controlador de comunicaciones 1770-HT1 y Bloque de Terminales 1770-HT8).

Esta Interfase fue reconfigurada para comunicarse en la red RIO a una velocidad de 57.6 Kbaudios, que es la velocidad indicada para este sistema cuando se trabaja con redundancia al nivel de PLC-5. Además se modificó el conexionado desde los transmisores, estando todos conectados Punto a Punto:

- Residual a Buques Tanque,
- Diesel 2 a Buques Tanque,
- Diesel 2 a Planta de Ventas,
- Kerosene a Planta de Ventas,
- Gasolina 84 a Planta de Ventas.
- Gasolina 95 a Planta de Ventas, y
- Turbo A1 a Planta de Ventas.

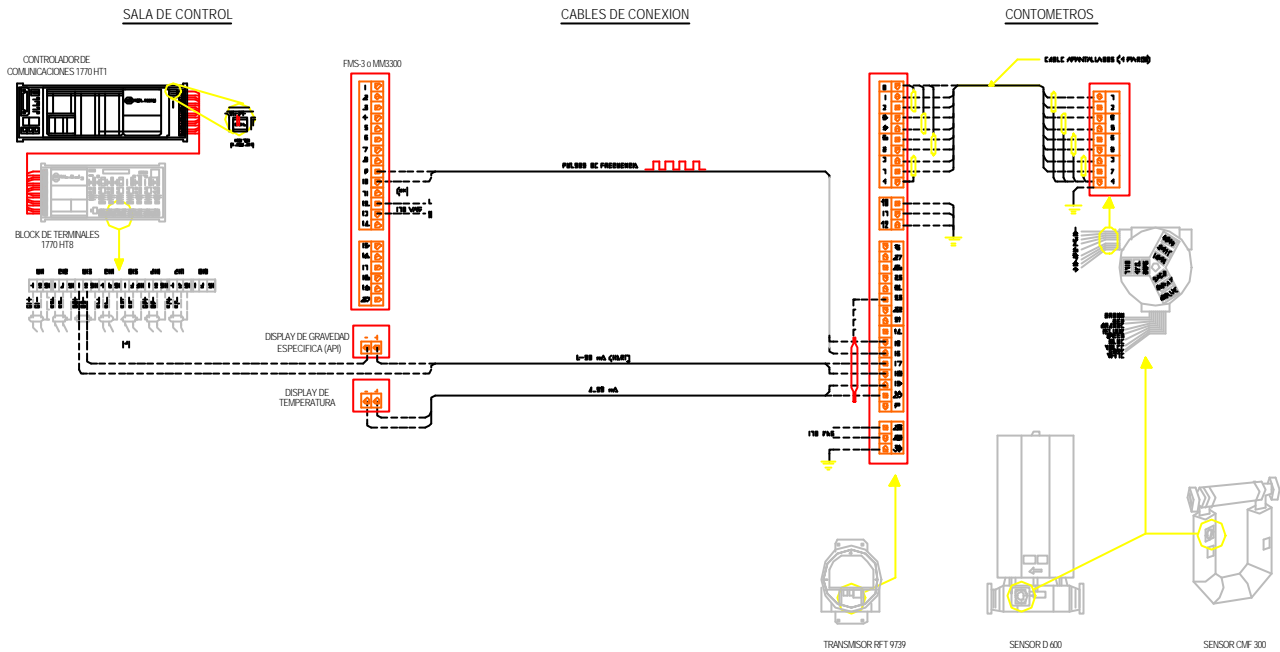


Fig. 2.7.- Conexionado de señales Hart.

## 2.2.2. El Sistema de Control

El controlador lógico programable SLC 5/03 no permite realizar redundancia por CPU, con lo cual debía verse la posibilidad de cambiar el PLC, por uno que sea compatible con el sistema instalado, por ello se optó por implementar el sistema redundante de control utilizando el PLC-5/20 (PLC 5 con características mejoradas de Allen-Bradley).

En este punto también se pudo haber optado por utilizar un PLC 5 ControlNet (CPU poderoso de la misma familia de PLC 5 de Allen-Bradley), cuyas características de diseño permiten:

- La ejecución sincronizada de programas y entradas programadas, evitando que los sistemas primario y secundario presenten muchas divergencias, el tiempo de entrada del PLC secundario es instantánea y sincronizada debido a que entra en la secuencia del scan del PLC primario.
- Ofrece un mecanismo sencillo para realizar una carga cruzada de datos.

Pero, debemos indicar que la implementación de este sistema implicaría un aumento en el costo de los PLC's de hasta un 50%. ORION AUTOMATION S.A., tomando en consideración el elevado costo de implementar el sistema de control con PLC-5 ControlNet, diseño y posteriormente implemento el sistema basándose en el procesador PLC-5/20 (PLC5 con características mejoras), el cual para realizar la redundancia requiere de un modulo de comunicación de respaldo (1785-BCM de Allen-Bradley).

Para que el sistema de control redundante opere de manera correcta se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) Se requiere un Chasis para cada sistema de control (sistema primario y sistema secundario). Este Chasis puede ser de cualquier tamaño (cantidad de ranuras), siendo en este caso el sugerido de 4 ranuras (1771-A1B).
- 2) Cada chasis debe contener una fuente de alimentación, el procesador, y el modulo de comunicación de respaldo. No debe tenerse ningún otro tipo de modulo de entrada/salidas (discretas y analógicas) ni módulos de comunicación. Para el caso de CB 5 se consideraron los siguientes:
  - Procesador: 1785-L20 (PLC-5/20) de Allen-Bradley.
  - Modulo de Comunicación Backup: 1785-BCM de Allen-Bradley.
  - Fuente de alimentación: 1771-P4S
- 3) La conexión hacia las fuentes de alimentación debe ser independiente una de la otra.
- 4) Se debe definir como van trabajar los canales de comunicación de cada procesador (igual en ambos), siendo definido en este caso como:
  - Canal 0: para comunicación punto a punto, a una velocidad de transferencia de datos de 19.2 Kbaudios, 8 bits de datos, 1 bit de parada, sin paridad, sin control handshaking.
  - Canal 1 A: para red Data Highway Plus (DH+), con una velocidad de transferencia de datos de 57.6 Kbaudios.

- Canal 1 B: para enlace Remote I/O (RIO), con una velocidad de transferencia de datos de 57.6 Kbaudios.
- 5) Cada sistema debe estar conectado a través de los módulos de comunicación Backup, de la siguiente manera:
- El enlace serial de alta velocidad (HSSL), que transfiere datos a un régimen de 1.2 Mbaudios.
  - La red Data Highway Plus (DH+).
  - El enlace Remote I/O (RIO).
- 6) Se debe ubicar resistencias terminales al final de cada red, estas resistencias (tanto para la red DH+ como para la red RIO) tienen un valor de 150 ohmios.
- 7) La red DH+ permitirá enlazar el sistema de control con el de supervisión.
- 8) La red RIO permitirá enlazar el sistema de control con el chasis remoto (con las entradas/salidas) y la Interfase Hart.
- 9) Se conectaron los contactos tipo Relay de cada modulo de comunicación Backup, para tener la indicación en el sistema supervisor de cual de los sistemas es primario y cual es secundario.

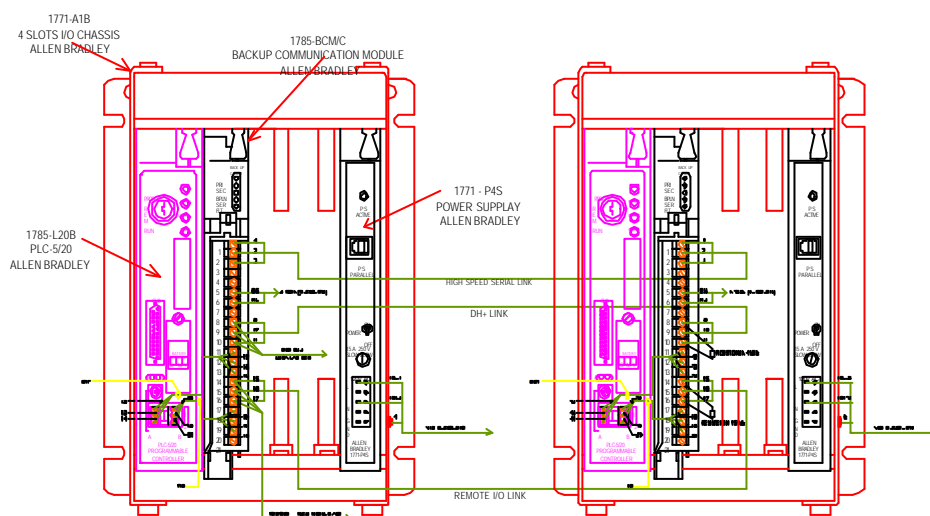


Fig. 2.8.- Conexión Sistema de Comunicación Backup CB 5.

Para controlar el arranque/parada de electrobombas, la apertura/cierre de válvulas de control, la selección de electrobombas, las lamparas indicadoras, las señales analógicas desde la planta de Plomo Tetra Etílico y la plataforma de despacho Residual a Planta de Ventas (en ambos casos se tiene la variable de flujo volumétrico los cuales llegan en señal de 4 – 20 miliamperios para la de Plomo y de pulsos desde la plataforma). Para esto se haría uso de los módulos de entradas/salidas (discretas y analógicas) existentes, salvo el cambio de un módulo de salidas discretas tipo Relay 1746-OW16 por el existente de 8 puntos 1746-OW8, esto debido al aumento de señales para las lamparas indicadoras para los sistemas de control local de Gasolina 95 y Turbo A1.

El chasis tipo SLC 500 (1746-A10) se mantuvo como parte del sistema, convertido en chasis remoto, con las siguientes características:

- 1) Se convierte en chasis remoto, agregándole un modulo adaptador de entradas/salidas remotas 1747-ASB de Allen-Bradley, el cual reemplaza al CPU SLC 5/03 anterior y el modulo adaptador escáner.
- 2) El modulo adaptador transfiere la tabla de imagen de las entradas y salidas del chasis al sistema de control (primario y secundario) a través del enlace universal Remote I/O (RIO), a una velocidad de transferencia de datos de 57.6 Kbaudios.
- 3) La distribución del chasis remoto se mantiene salvo el cambio del modulo de salidas discretas tipo Relay, siendo esta la siguiente:
  - (1) Chasis remoto: 1746-A10 (de diez ranuras).
  - (1) Fuente de alimentación: 1746-P2.
  - (1) Módulo de entradas discretas de 110 VAC: 1746-IA16.
  - (1) Módulo de entradas discretas de 220 VAC: 1746-IM16.
  - (1) Módulo de entradas discretas tipo Sink: 1746-IB16.
  - (3) Módulos de salidas discretas tipo Relay: 1746-OW16
  - (1) Modulo de entradas Salidas analógicas: 1746-NIO4I, NIO4V.

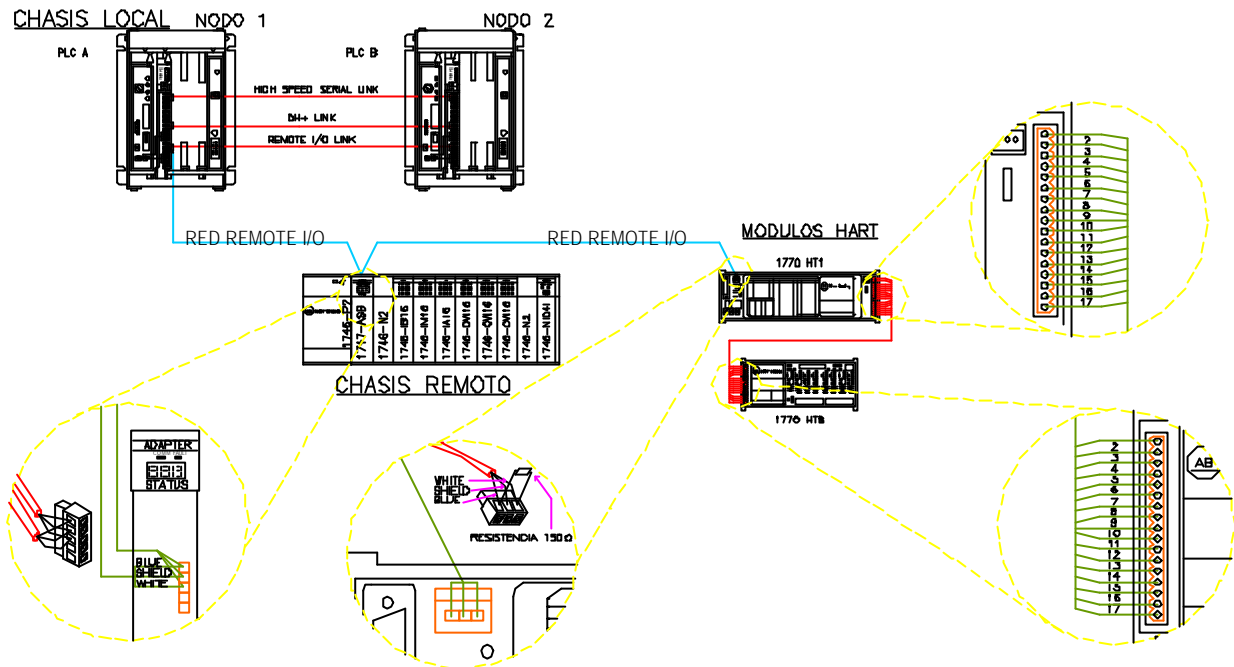


Fig. 2.9.- Conexión enlace Remote I/O Sistema CB 5.

Estas consideraciones han permitido implementar un sistema de control bastante flexible, utilizando las características de integración de Allen-Bradley, lo cual significó dar el sistema de despacho al nivel de control la redundancia requerida que garantiza el funcionamiento del sistema de manera confiable.

Finalmente, se puede indicar algunas diferencias entre un sistema de respaldo PLC-5 ControlNet y el sistema de respaldo implementado en CB 5:

1. El Sistema de respaldo PLC-5 ControlNet ofrece la función de sincronizar cada escán del programa de control con los datos de entradas programados, mientras que el sistema de Respaldo con modulo de comunicación backup no ofrece ninguna sincronización de programas. Con la ejecución sincronizada de programas y entradas programadas, los sistemas primario y secundario no deben tener muchas divergencias. El PLC-5 Control Net elimina la necesidad de cargas cruzadas masivas de datos, pero en el sistema de respaldo por modulo de comunicación backup con el desarrollo de programas de aplicación para eliminar la divergencia entre los sistemas primario y secundario.



2. El sistema PLC-5 ControlNet reduce la cantidad de conexiones requeridas por el sistema de respaldo por modulo de comunicación backup, la arquitectura productor/consumidor de ControlNet permite que los datos de entrada se difundan a los dos procesadores se difundan a los dos procesadores y que estos compartan los datos de entrada. En nuestro sistema implementado la tabla de datos de entrada es actualizada en forma automática en ambos procesadores.
3. La velocidad de transferencia de datos favorece a la red ControlNet (hasta 1 Mbaudio) con respecto a las redes DH+ y RIO (hasta 230.4 Kbaudios). Pero esta característica no es relevante, ya que la información de la red de dispositivos de campo es actualizada de manera lenta (por la red Hart sobre Bell 202) a 1200 baudios.
4. La implementación del sistema redundante con PLC-5 ControlNet implicaría un aumento en el costo de hasta 50 % con respecto al sistema con módulo de comunicación backup.

La explicación detallada de todos los elementos que conforman el sistema de control redundante de Casa de Bombas N° 5 es brindada en la Parte 2 de este informe (capitulo 3, 4, y 5), y el detalle de los costos es indicado en el Anexo C (Presupuesto General).

#### 2.2.3. El Sistema de Supervisión y la Red Ethernet

Para el sistema supervisor se consideró hacer una actualización de versión del software InTouch 7.0 a InTouch 7.1 de Wonderware y darle redundancia a este nivel.

Primeramente se consideró instalar una PC que permita darle confiabilidad al Sistema, la nueva PC sería una IBM Netfinity 3000 de 700 Mhz, y repotenciar la PC existente. Se le agrego monitores de 21" que permitan tener una visión más clara y definida de las pantallas de monitoreo del proceso.

Se instaló y configuró una red Ethernet, teniendo un controlador de Dominio Primario (IBM Netfinity) y un controlador de Dominio secundario (PC repotenciada). Esta red sería configurada con el sistema operativo de red Windows NT Server 4.0, con Service Pack 5 (necesario para correr el software InTouch 7.1). Para la configuración de esta red se consideraron los parámetros de configuración de los protocolos (principalmente

TCP/IP) de acuerdo a los estándares seguidos por PetroPeru, ya que la red físicamente fue enlaza a la red de la Refinería Talara – PetroPeru.

Para la comunicación entre los sistemas supervisores y el sistema de Control Redundante, se instalaron y configuraron las tarjetas de Interfase de red DH+, 1784KTx de Allen-Bradley. Estas tarjetas permiten intercambiar información entre los PLC's y las PC's con protocolo DH+ y a una velocidad de transferencia de datos de 57.6 Kbaudios.

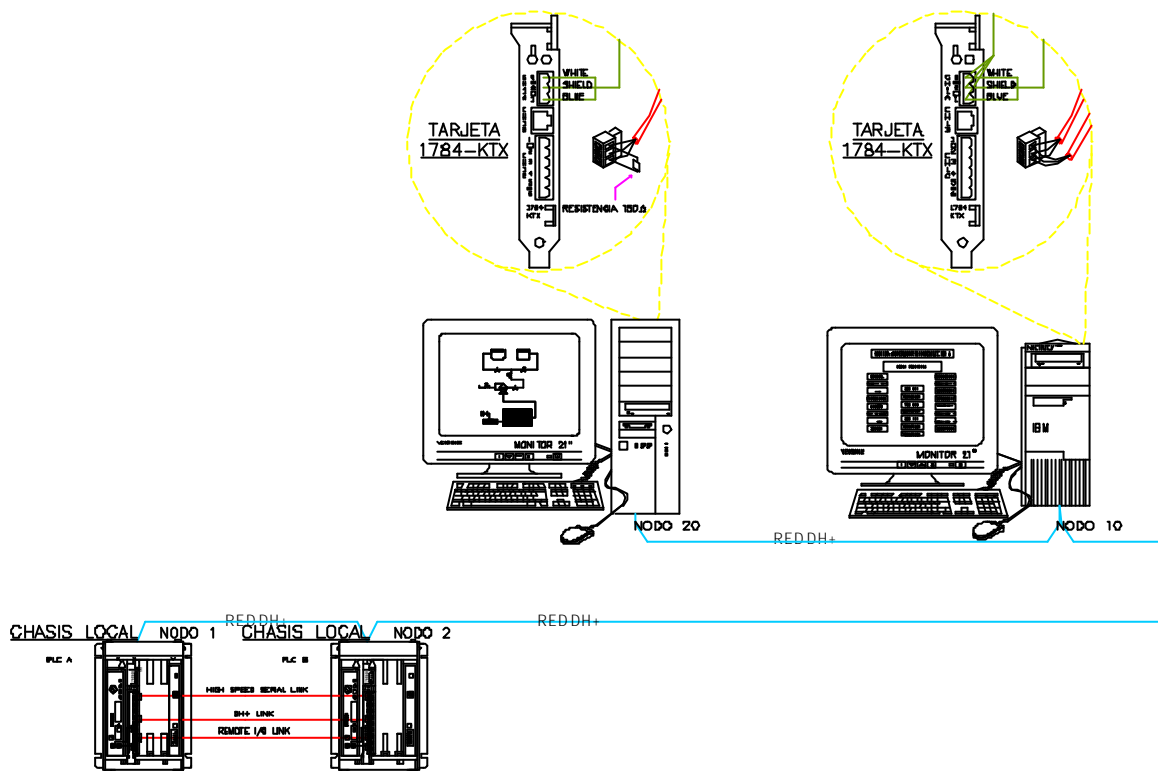


Fig. 2.10.- Conexionado red Data Highway Plus.

El programa de supervisión, desarrollado en InTouch, fue actualizado a la versión de InTouch 7.1, e instalado y configurado para trabajar en cada computadora, en ambos casos, las PC's adquieren los datos desde el Sistema de Control (actualizan la información del sistema primario), vía un I/O Server (Driver), el cual es AB1784KT de Wonderware, que utiliza la tarjeta 1784KTx instalada en la PC, para intercambiar la información.

Además se instaló y configuró el sistema de generación de reportes de tiempo real e histórico, utilizando el software de administración de base de datos industriales IndustrialSQL Server 7.1 (instalado en la IBM Netfinity) y su paquete de herramientas IndustrialSQL Server Client Tools 7.1 (Factory Office). Este paquete trabaja con la información adquirida desde los InTouch y desde los I/O Server's.

La información del software utilizado y del programa desarrollado se encuentra en la Parte de este informe (capítulos 7 y 8)

#### 2.2.4. El Sistema de Despacho en Modo Local

Para completar el sistema de despacho en modo Local, de los productos Gasolina 95 a Planta de Ventas y Turbo A1 a Planta de Ventas, desde el Tablero de Control, y para mantenerlo estandarizado de acuerdo al sistema instalado, no fue posible suministrar los displays e indicadores de proceso idénticos (sistema de monitoreo de Flujo FMS-3 y PI 4 – 20), puesto que estos ya no eran fabricados por Micro Motion y no estaban disponibles.

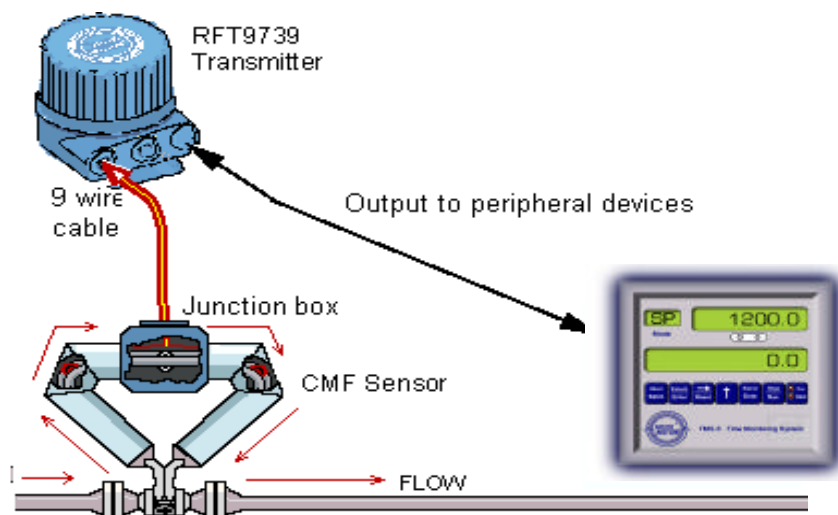


Fig. 2.11.- Medidor de Flujo Másico Coriolis.

Por ello se suministraron displays que reunían las características similares, así tenemos lo siguiente:

1) Para reemplazar a los FMS-3, se instalaron los controladores 3300 de Micro Motion (modelo que sustituyo a loa FMS-3). Sus características principales son los siguientes:

- Realiza el control Discreto del Batch.
- Cuenta con una entrada de pulsos/frecuencia, para la variable flujo volumétrico, compatible con la salida de pulsos/frecuencia del transmisores RFT9739 de Micro Motion.
- Tiene salidas discretas, que permiten controlar ñas válvulas solenoides.
- Tiene puerto serial de salida para impresora de tickets.
- La alimentación de 110/220 VAC.
- Tiene variedad de configuración de pantallas para manejar el proceso.
- Cuentan con características de seguridad para proteger al equipo de posibles modificaciones a la configuración del mismo.

2) Para reemplazar a los Displays PI 4 – 20 de Micro Motion, se utilizaron los displays 558B de Newport, los cuales tienen las siguientes características:

- Trabajan con señal de 4 – 20 miliamperios, compatible con las salidas analógicas de los transmisores RFT9739 de Micro Motion.
- Visualiza las variables hasta 1999 con polaridad.
- Son calibrados por ajuste de cero y span (perillas).

Además en el Sistema Supervisor se hicieron las modificaciones pertinentes (cambio de lógica para las dos líneas en el PLC).

Toda la información concerniente a los controladores 3300 de Micro Motion se encuentra en la Parte 2 de este informe (capítulo 6).

### **2.3. Sistema de Alimentación de Energía y Sistema de Puesta a Tierra para el Sistema Redundante de CB 5**

Como primer punto considerado antes de comenzar la implementación del Sistema Redundante, se realizó una exhaustiva revisión y posterior corrección de problemas en el sistema de alimentación de Energía para el sistema redundante. Del mismo modo se procedió con el sistema de protección eléctrica y puesta a tierra.

Los problemas por presencia de corrientes parásitas, de un deficiente sistema de distribución eléctrica (sub-estación), del generalizado problema de diferencia de potenciales en los diversos sistema de puesta de tierra, los que involucran la presencia en el sistema de electrobombas, arrancadores de electrobombas (modo directo, por auto transformador, de estado sólido), sensores, transformadores de corriente eléctrica, válvulas, todo ella unida por tubería conduit, por cables enterrados, y la presencia de residuos de combustibles en el suelo, convierten al sistema de despacho de combustibles de CB 5 un verdadero problema difícil de solucionar. Hallar una solución integral a ese problema no fue y ni siquiera se pensó en solucionar por parte de ORION AUTOMATION S.A., ya que esto significaría hacer un estudio detallado de todos los componentes del sistema. Nosotros nos centramos en el tratar de reducir las perturbaciones al sistema de control a un nivel aceptable, si no es definitivo, y definir y ejecutar conjuntamente con personal de PetroPeru, las acciones necesarias para dotar de seguridad al sistema, para evitar que los instrumentos se dañen y/o sufran interferencia por el ruido.

### 2.3.1. Verificación del Sistema de Alimentación de Energía

Como primer paso se ha re-potenciado el pozo a tierra destinado a la instrumentación y equipos (PLC's y PC's) del sistema. Este pozo es existente y se encontraba operativo. Los niveles de resistividad de este pozo son mostrados en el siguiente cuadro:

Tabla 2.1.- Resistividad del pozo a tierra de instrumentación de CB 5.

Medición	Valor de resistividad (ohmios)
Antes de iniciar el proyecto	3.1
Luego de reponteciado	1.5
Al finalizar el proyecto	1.7

Del mismo modo se solicitó a PetroPeru (Refinería Talara), que verifique el sistema de puesta a tierra del sistema que distribuye la a energía eléctrica al sistema de Casa de Bombas N° 5. Según los responsables de mantenimiento eléctrico de la planta, sus sistema de puesta a tierra se encuentra bien al momento de iniciar los trabajos. En cuanto al pozo a tierra destinado a instrumentación (cuyos valores de resistividad son indicados en el cuadro de arriba) presenta, luego de re-potenciado, valores de acuerdo con las normas técnicas (aceptable menos de 3 ohmios, aunque en algunos es 2, y otros fabricantes sugieren que este sea menor a 1 ohmio).

Luego se verificaron los niveles de tensión entre las líneas de alimentación y el punto a tierra. Los resultados obtenidos en estas mediciones fueron:

Tabla 2.2.- Nivel de tensión de la línea de alimentación de CB 5.

Puntos de medición	Valor de tensión (voltios)
Línea – Neutro	215.8
Línea - Tierra	157,6
Neutro - Tierra	135.0

De los resultados obtenidos se desprendió la siguiente conclusión (la cual tenía carácter de sugerencia y requerimiento obligatorio para implementar el sistema redundante), PetroPeru debía colocar en el punto de entrada de alimentación del sistema un transformador con salida estrella, el cual tendría un punto neutro conectado a la tierra del Sistema. Una vez hecho esto por parte del personal de PetroPeru se midieron los niveles de tensión obteniéndose estos resultados finales:

Tabla 2.3.- Nivel de tensión de la línea de alimentación corregido de CB 5.

Puntos de medición	Valor de tensión (voltios)
Línea – Neutro	219.1
Línea – Tierra	218.8
Neutro – Tierra	1.0

Estos resultados que garantizaban los correctos niveles en las líneas, y que aseguraba que al sistema llegaban tres líneas correctamente definidas y estandarizadas: línea, neutro y tierra, con la línea neutra aterrada.

### 2.3.2. Diseño del Sistema de Aterramiento

El ruido es una perturbación de la potencia que es difícil de controlar, por ello nuestro siguiente paso fue tomar las medidas necesarias para disminuirla y/o eliminarla. El ruido, como sabemos es una señal indeseable que es común a todos los conductores de circuito simultáneamente. El ruido de modo normal o diferencial es cualquier señal

indeseable que existe entre los conductores del circuito. En sistemas de potencia alterna AC, la diferencia de potencial entre neutro y tierra es una forma de ruido de modo común, ya que cualquier cambio en el potencial de neutro con respecto a tierra también afecta la diferencia de potencial de los otros conductores del circuito con respecto a tierra.

En la práctica también se tiene que cuando se interconectan múltiples dispositivos para manejar controladores, datos o comunicación a través de cable, cualquier diferencia de potencial a tierra entre los componentes del equipo se convierte en ruido para los controladores y datos. En forma práctica es imposible mantener todos los chasis a potencial de tierra o a los dispositivos electrónicos al mismo potencial bajo todas las circunstancias posibles.

Para poder solucionar el conexionado de las puestas a tierra se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones básicas de la electricidad:

- La electricidad sigue las trayectorias de impedancia menor, de allí que los pozos a tierra deben mantener niveles de impedancia bajos (teóricamente 0 ohmios pero en la práctica se acepta menos de 2 ohmios).
- La electricidad fluye en trayectorias cerradas.
- La electricidad fluye por la existencia de diferencia de potencial.

La técnica de aterramiento especial aplicada en Casa de Bombas N° 5 (en bajo voltaje de AC), para reducir la interferencia es el aterramiento aislado (IG). El objetivo de todo aterramiento en este tipo de sistemas es la protección del personal y de los equipos, y en segundo lugar el favorecer el desempeño del equipo reduciendo las perturbaciones de modo común. Nuestra meta ha sido obtener un sistema seguro y que funcione correctamente, priorizando la seguridad sobre el funcionamiento.

Las razones principales consideradas para el aterramiento del sistema de potencia alterna AC han sido:

- Limitar el nivel de voltaje de los circuitos,
- Estabilizar el nivel de voltaje de los circuitos a tierra, y
- Facilitar la operación de los dispositivos de protección para sobrecorriente en caso de una falla a tierra.

Para aterrar sólidamente los sistemas de potencia AC de bajo voltaje, el Código Eléctrico Nacional requiere que todas las partes metálicas del sistema eléctrico sean efectivamente aterradas para minimizar las descargas eléctricas por diferencia de potencial y para facilitar la operación de los dispositivos de sobrecorriente para despejar fallas a tierra. El NEC define efectivamente aterrado como tener un camino a tierra que:

1. Es permanente y continuo,
2. Tiene amplia capacidad para transportar corriente de fallas a tierra, y
3. Tiene impedancia lo suficientemente baja como para permitir la operación del dispositivo de sobre corriente y así poder despejar una falla rápidamente.

Estos requerimientos exigen un conductor permanentemente aterrado y conectado a todas las partes metálicas del sistema eléctrico y a cualquier otra parte conductora que pueda llegar a ser energizada.

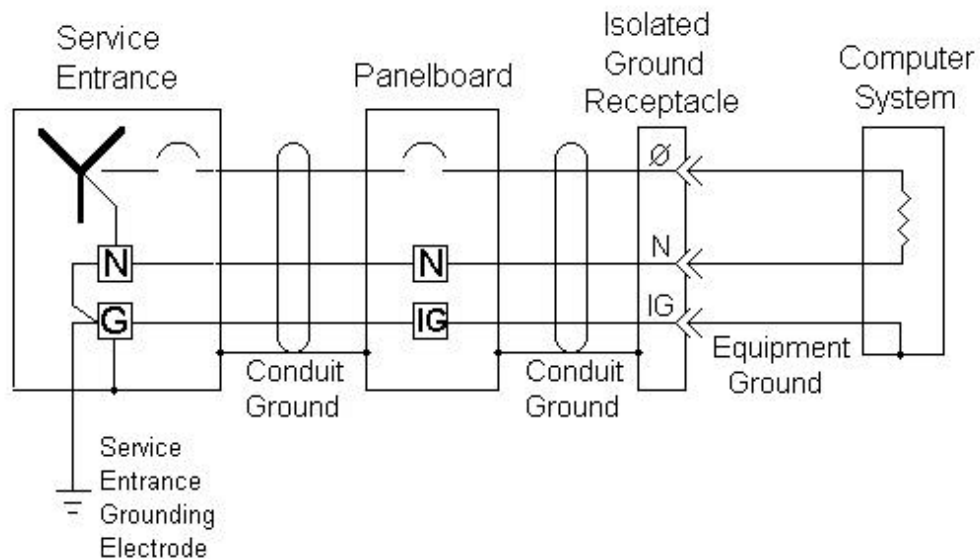


Fig. 2.12.- Conexión de tierra aislada.

Si ocurriera una falla en el lado de la carga, el conductor de aterramiento aislado deberá proveer una trayectoria efectiva a tierra como se observa en la siguiente figura:



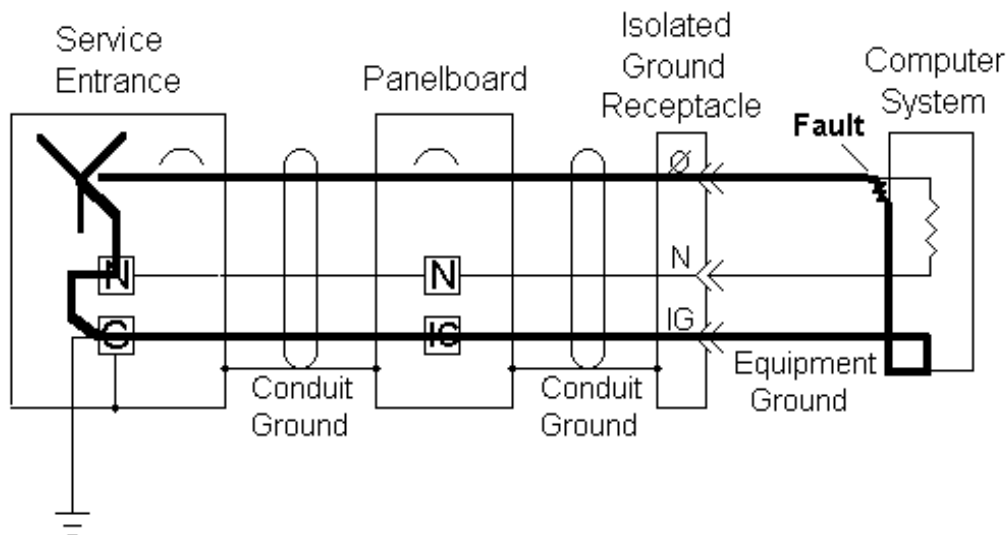


Fig. 2.13.- Falla en una conexión de tierra aislada.

A continuación se mencionan algunas ventajas de utilizar el cableado de aterramiento aislado:

- El sistema y las tuberías de metal proveen al sistema de una protección EMI/RFI y aterramiento a los conductores de potencia contenidos dentro de ellas.
- Controla las conexiones de aterramiento de los equipos electrónicos sensibles para minimizar los problemas asociados con corrientes descarriadas de tierra.

Como parte de este proceso, también se considero la verificación de la instalación y el funcionamiento del sistema ininterrumpido de energía (UPS) adquirido por PetroPeru previamente. Este UPS, permite proteger el sistema, permitiendo mantener la energía del sistema y prevenir fallas en el mismo al producirse cortes de energía imprevistos.

Finalmente se debe precisar que todas las consideraciones explicadas en este capítulo son plasmadas en los Planos de montaje (finales) del sistema, ubicados en el Anexo E de este informe.

## 2.4. Presupuesto General del Sistema Redundante de CB 5 Diseñado e Implementado

La inversión total hecha por PetroPerú para la ejecución del proyecto “Sistema Redundante de Supervisión y Control de Despacho de Combustibles de CB 5” en la Refinería Talara, es presentado a continuación (El presupuesto es detallado en el anexo de este informe).

La inversión de US\$ 78,043.19 (sin incluir el IGV), es considerado por parte del propietario del sistema como aceptable (en comparación con las otras posibles soluciones aplicables al sistema para dotarlo de confiabilidad y completar todos los sistemas existentes). De parte de la Compañía ejecutora (diseño total, implementación y puesta en marcha del sistema) se cumplieron todos los puntos puestos y considerados en el diseño de ingeniería y ajustados a la propuesta económica, para la total aceptación del propietario.

Tabla 2.4.- Presupuesto General del Sistema Redundante de CB 5.

MONTO TOTAL DEL SISTEMA					US\$	
					78,043.19	
Item	Descripción	Cant.	Unid.	P. Uni. (US\$)	P. Par. (US\$)	
1	Totalizador - Indicador - Controlador	2	EA	1,436.40	2,872.80	
2	Display LCD Indicador de API	2	EA	392.00	784.00	
3	Display Indicador de Temperatura	2	EA	392.00	784.00	
4	Accesorios de Impresión de tickets	1	GLB	250.00	250.00	
5	Sistema Redundante con PLC 5 de Allen Bradley	2	EA	10,018.24	20,036.48	
6	Tarjeta interfase de comunicación para red Data Highway Plus	2	EA	1,683.55	3,367.10	
7	Modulo Adaptador de E/S Remoto para chasisSLC 1747-ASB	1	EA	1,298.30	1,298.30	
8	Modulo de 16 salidas discretas tipo rele 1746-OW16	1	EA	298.46	298.46	
9	Tablero de Control Local para el Sistema PLC Backup	1	EA	1,548.00	1,548.00	
10	Intouch 7.1 de 1000 tags para PC y actualiz. del Intouch existente	1	EA	5,356.00	5,356.00	
11	Software de Generación de reportes de producción en tiempo real	1	EA	7,260.00	7,260.00	
12	PC IBM NETFINITY 3000 de 700 Mhz 128 MB RAM - Monitor 21"	1	EA	5,290.00	5,290.00	
13	Impresora a color HP 970C	1	EA	650.00	650.00	
14	Software del Sistema Operativo NT Server	1	EA	962.50	962.50	
15	Concentrador de Red 3COM	1	EA	966.00	966.00	
16	Mueble para el sistema de Supervisión y Control	1	EA	850.00	850.00	
17	Accesorios Adicionales para la instalación y montaje	1	GLB	1,480.00	1,480.00	
18	Material Electrico de Instalación	1	GLB	2,864.00	2,864.00	
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>					<b>US\$</b>	<b>56,917.64</b>
19	Servicio de Habil. Sist. de Cont. Bomba P-514 para Linea R B/T	1	GLB	996.00	996.00	
20	Servicio de Ingeniería, Desarrollo y puesta en Marcha del Sistema	1	GLB	6,850.00	6,850.00	
21	Servicio de Instalación, Supervisión y mano de obra	1	GLB	3,200.00	3,100.00	
<b>SUB-TOTAL INSTALACIÓN Y SERVICIOS</b>						<b>10,946.00</b>
<b>Gastos Generales y Utilidades</b>					<b>SUB-TOTAL</b>	<b>US\$ 67,863.64</b>
					<b>15%</b>	<b>US\$ 10,179.55</b>
<b>LOS PRECIOS NO INCLUYEN IGV</b>					<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 78,043.19</b>