

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO TÉCNICO PARA LA ACTUALIZACIÓN DE
SISTEMAS DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN DE
LA PLANTA DE RUCIO VIEJO DE TOTAL UBICADA EN
JUSEPIN, EDO. MONAGAS.**

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Especialista en Sistemas SCADA
Por el Ing. De Sousa Costa Juan José**

Caracas, Julio 2006

©De Sousa, Juan 2006
Hecho el Depósito de Ley
Depósito Legal lft487200600456

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO TÉCNICO PARA LA ACTUALIZACIÓN DE SISTEMAS DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN DE LA PLANTA DE RUCIO VIEJO DE TOTAL UBICADA EN JUSEPIN, EDO. MONAGAS.

Tutor: Prof. Carlos Rodríguez

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela para optar al Título
de Especialista en Sistemas SCADA
Por el Ing. De Sousa Costa Juan José**

Caracas, Julio 2006

De Sousa C, Juan J.

DEDICATORIA

A Dios por darme esta oportunidad

A mis padres por haber hecho de mí un hombre de bien

A mi esposa por su comprensión, amor y dedicación de cada día

Y sencillamente a Mi Reina por ser mi Vida

RECONOCIMIENTOS

A todos aquellos que no mencione en esta hoja por falta de espacio o porque lo olvidé pero que se lo merecen.

A la gerencia de Total especialmente a Jean Arenas y George Alexander por darme la oportunidad de realizar este estudio y luego de implantar todo lo expuesto en este trabajo.

A mi Profesor y Jefe Juan Calderón por las muchas cosas que me ha enseñado, por su ratos de paciencia y de ayuda. Muchos de mis conocimientos se los debo a él.

A todo el personal de planta, operadores, supervisores y panelistas que siempre colaboraron para buscar información y prestaron su paciencia en el momento de la implantación del proyecto.

A todos, mi tutor Carlos Rodríguez, mi esposa Marisol, Yenny y mi hermano, los cuales contribuyeron en este libro, para pulirlo como una bella joya y obtener un buen resultado.

A Roberto Cipriano por su colaboración y confianza en que siempre se iba a realizar el mejor trabajo para la planta.

A MCL Control, la cual depositó en mí, la confianza para realizar este trabajo, y ha sido cada día una nueva universidad.

A mis compañeros de trabajo, Karen Jesús y Yarisma, por su colaboración y ayuda. Sin ellos todo este trabajo no se hubiera podido hacer.

Al personal de Wonderware de los cuales muchas veces necesite su ayuda, y gentilmente me la prestaron.

Por último a una persona muy especial, Yenny, que siempre dice que ha aprendido muchas cosas de mí, pero en realidad quien ha aprendido de ella soy yo, a afrontar cualquier dificultad y a buscarle el lado bueno a los problemas con una sonrisa.

INDICE

	pp.
DEDICATORIA.....	iii
RECONOCIMIENTOS.....	iv
INDICE.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
OBJETIVOS.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULOS	
I Planteamiento del problema.....	7
II Sistema de telemetría. Problemas encontrados y posibles Soluciones	
1.1 Descripción y diagnóstico de la situación actual.....	9
1.2 Modelo matemático.....	11
1.3 Análisis de los resultados obtenidos.....	14
1.4 Resultados de los análisis obtenidos.....	17
1.5 Propuesta de nueva arquitectura.....	18
1.5.1 Distribución del tráfico de las RTUs.....	18
1.6 Evaluación del desempeño de la arquitectura planteada.....	20
1.7 Puntos importantes para lograr la implantación de la solución propuesta.....	21

III Sistema de telemetría y control. Solución a los problemas encontrados.

1.1 Descripción del Sistema de Telemetría.....	23
1.1.1 Unidad Maestra de Telemetría.....	24
1.1.2 Gabinete del PLC.....	24
1.1.3 Gabinete de Telemetría.....	24
1.1.4 Funcionalidad.....	25
1.1.5 Entradas Discretas.....	27
1.1.6 Salidas de Relé.....	27
1.1.7 Comunicaciones.....	28
1.1.8 RTU (Arquitectura, hardware para comunicaciones).....	28
1.1.9 Fibra óptica.....	29
1.1.10 Organización de la Memoria.....	30
1.1.11 Unidad Remota de Telemetría.....	32
1.1.12 Sistema PLC.....	32
1.1.13 Funcionalidad.....	32
1.1.14 Interfaz de Operación Local (VDU).....	33

IV Sistema supervisorio y control de planta (estaciones de operación y base de datos). Problemas encontrados y posibles soluciones

1.1 Descripción de la situación.....	34
1.2 Problemas reportados por los usuarios.....	36
1.3 Resumen de los problemas encontrados.....	37
1.4 Soluciones planteadas.....	37
1.5 Resumen de las soluciones propuestas.....	42
2.1 Arquitecturas propuestas. Posibles soluciones.....	44
2.1.1 Arquitectura Propuesta Numero 1: Distribuida.....	44
2.1.2 Arquitectura Propuesta Numero 2: Centralizada.....	51

V Sistema de supervisión y control de planta. Solución a los problemas encontrados.

1.1 Descripción de la arquitectura centralizada.....	57
1.1.1 Sala de Control.....	58
1.1.2 Descripción y Funcionamiento del sistema.....	63
1.1.3 Sala Técnica.....	67
1.1.4 Despliegues asociados al sistema.....	70

VI Sistema de telemetría y control. Resultados obtenidos al realizar las modificaciones en la red de telemetría.....
75**VII Sistema de supervisión y control de planta. Resultados obtenidos.....**
78

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	86
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	89
ANEXOS.....	94
Anexo I.....	95
Anexo II.....	97
Anexo III.....	99

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	pp.
Figura 1. Diagrama del proceso de la planta.....	3
Figura 2. Comparación de los datos obtenidos en campo vs Cálculo matemático.....	14
Figura 3. Variables que influyen en la red según el modelo matemático.....	15
Figura 4. Cantidad de MSTRs por Pozo.....	16
Figura 5. Cantidad de registros que se leen y escriben por cada pozo.....	17
Figura 6. Arquitectura propuesta para la red de Telemetría.....	18
Figura 7. Arquitectura propuesta numero 1 para red de planta.....	44
Figura 8. Configuración de estaciones de Operación por aplicación..	49
Figura 9. Arquitectura propuesta numero 2 para red de planta.....	51
Figura 10. Arquitectura en la sala de Control.....	59
Figura 11. Configuración de servidores y estaciones de operación....	66
Figura 12. Arquitectura en sala técnica.....	68
Figura 13. Overview General de la aplicación.....	70
Figura 14. Overview del Sistema instalado en Sala de Control.....	71
Figura 15. Despliegues de Control Administrativo de las Aplicaciones.....	73
Figura 16. Overview del Sistema instalado en Sala Técnica.....	74
Figura 17. Vista final del gabinete de la MTU.....	77
Figura 18. Arquitectura instalada para pruebas en Sitio.....	79
Figura 19. Vista del rack de servidores.....	80
Figura 20. Vista de estaciones de trabajo.....	81

LISTA DE TABLAS

TABLAS	pp.
Tabla 1. Valores de variables para calcular TCp.....	13
Tabla 2. Distribución de la memoria en los distintos pozos.....	30
Tabla 3. Distribución de los pozos a través de los puertos del BM85...	31
Tabla 4. Carga actual de las estaciones de operación.....	34
Tabla 5. Resumen de despliegues y base de datos en cada estación....	34
Tabla 6. Versiones de software instalado.....	34
Tabla 7. Compatibilidad de la plataforma Wonderware y los sistemas operativos Microsoft.....	40
Tabla 8. Softwares existentes y a adquirir en la planta.....	43
Tabla 9. Características de las diversas máquinas a instalar en una arquitectura distribuida.....	48
Tabla 10. Características de las diversas máquinas.....	54
Tabla 11. Características de las máquinas de Sala de Control.....	60
Tabla 12. Características de los switches a usar en Sala de Control.....	62
Tabla 13. Tamaño de la aplicación de InTouch.....	66
Tabla 14. Direccionamiento IP en Sala de Control.....	67
Tabla 15. Direccionamiento IP Switches en Sala de Control.....	67
Tabla 16. Tiempo obtenido después de instalar la nueva arquitectura....	76

**ESTUDIO TÉCNICO PARA LA ACTUALIZACIÓN DE
SISTEMAS DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN DE
LA PLANTA DE RUCIO VIEJO DE TOTAL UBICADA EN
JUSEPIN, EDO. MONAGAS.**

Tutor: Carlos Rodríguez

Palabras Claves: SCADA, Wonderware, PLC, Modicon, Modbus TCP

Resumen. La planta de Total poseía un Sistema SCADA basado en aplicaciones desarrolladas en Intouch 7.0 de Wonderware y PLCs Modicon, HIMA entre otros que se encontraban distribuidos a lo largo de la planta. Este trabajo buscó estudiar la mejor alternativa para centralizar las diversas aplicaciones existentes (Telemetría de pozos, proceso, Parada de Emergencia y Sistema de Fuego y Gas), mejorar la velocidad de comunicación en las diversas redes y facilitar las funciones de mantenimiento y operación de la planta. Por otro lado, se plantearon las diversas alternativas según la tecnología existente en ese momento y la instalada en la planta, se escogió una solución, se implantó y se presentan los resultados obtenidos con dicha implantación. Adicionalmente se habla sobre la instalación de una base de datos histórica basada en SQL.

OBJETIVOS

Objetivos Generales:

Los objetivos que se cubrieron en este trabajo fueron:

- 1.- Estudiar el desempeño del Sistema SCADA que existía en la planta de Rucio Viejo de Total, Jusepín Edo. Monagas.
- 2.- Estudiar el hardware y software que existía en los diferentes sistemas y su posible actualización.
- 3.- Estudiar la posibilidad de la implantación de una base de datos histórica basada en una nueva arquitectura.
- 4.- Explicar el proceso de implantación de los nuevos cambios en las diversas instalaciones.
- 5.- Mostrar los resultados obtenidos con la implantación del nuevo sistema.

Objetivos Específicos:

Los objetivos específicos que se cubrieron en este trabajo fueron:

- 1.- Evaluar el rendimiento y desempeño de las distintas redes de comunicación que existían en la planta y en los pozos distribuidos geográficamente alrededor de esta.
- 2.- Evaluar los diferentes problemas que podían ocurrir a nivel operacional de la planta y en los pozos, debido a los problemas existentes en las redes industriales de comunicación.
- 3.- Estudiar la arquitectura más adecuada para lograr el almacenamiento de los datos históricos y su envío a los niveles superiores.
- 4.- Estudiar el mejor método con respecto al tratamiento de los errores de comunicación con las RTUs y PLCs del sistema.
- 5- Evaluar la necesidad de migrar el sistema SCADA que existía a otra plataforma o actualizar la plataforma existente.

6.- Evaluar la distribución que existía en los registros de memoria utilizados en la MTU (Master Terminal Unit) y la posibilidad de cambiar dicha distribución de ser necesario.

7.- Emitir recomendaciones con respecto a la implantación de una arquitectura centralizada vs. distribuida.

8.- Emitir recomendaciones con respecto a mantener una hora y fecha uniforme en los diferentes sistemas existentes actualmente en la planta.

9.- Evaluar la compatibilidad del sistema SCADA instalado con la posibilidad de montar una base de datos basada en SQL.

10.- Estudiar el uso de computadores industriales vs. computadores comerciales.

11.- Estudiar el mejor método para la actualización de los diferentes softwares que existían en la planta.

INTRODUCCION

Gracias a los convenios que posee PDVSA con las empresas petroleras internacionales, TOTAL, empresa petrolera de origen francés, posee un campo de crudo ubicado cerca del pueblo de Jusepín en el Estado Monagas. Utilizando técnicas de perforación a gran profundidad, la compañía francesa ha logrado recuperar una considerable cantidad de pozos. Por otro lado, usando técnicas de inyección de gas y agua se ha aumentando considerablemente la capacidad de producción del campo.

En un principio Total comenzó con la extracción de los pozos llamados DJ-1 y DJ-2 pero con el pasar de los años se han abierto nuevos pozos. Actualmente existen un total de ocho pozos de producción, dos de inyección de gas y cinco de inyección de agua para una capacidad de producción de aproximadamente 40.000 barriles diarios. A continuación se muestra un diagrama sencillo del proceso.

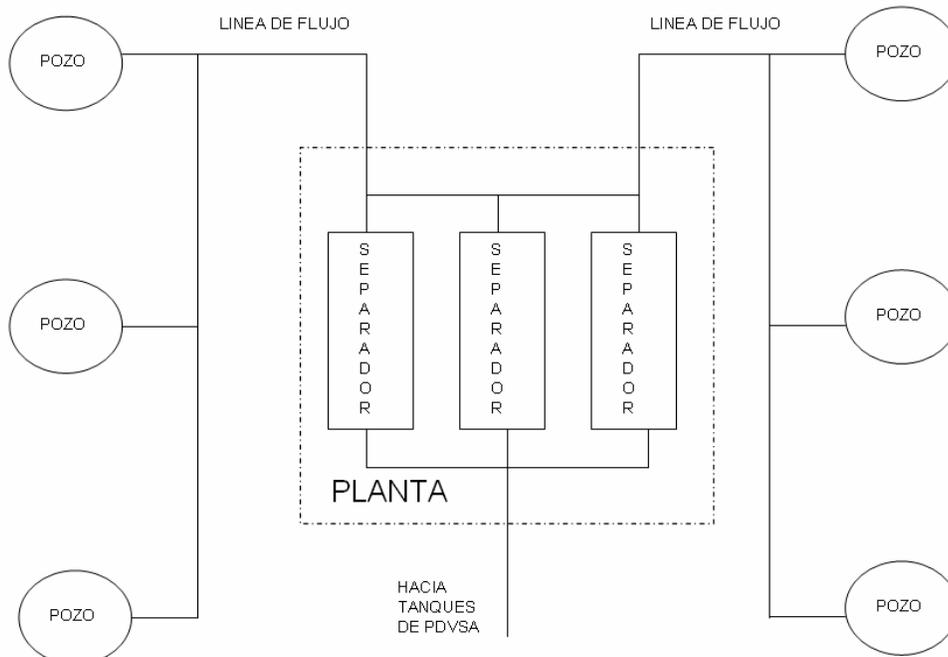


Figura 1. Diagrama del proceso de la planta

Existen distintos pozos distribuidos geográficamente. El crudo que se extrae de cada pozo se lleva hasta una estación de flujo a través de líneas de flujo ubicadas estratégicamente. En dicha estación se encuentran separadores que se encargan de

dividir el gas, agua y arena del crudo. Posteriormente, el crudo obtenido se envía hacia los tanques pertenecientes a PDVSA para luego ser vendidos.

Al iniciarse las operaciones de la planta sólo se poseía una estación de ingeniería y una de telemetría, donde corría como paquete de programación (software) de supervisión y control de adquisición de datos, Intouch¹ 6.0 de Wonderware, encargado de monitorear el status de las distintas variables de los pozos. Posteriormente, se construyó una sala de control adecuada para incorporar nuevos equipos donde se instalaron dos estaciones llamadas PPF dedicadas al monitoreo del proceso en la planta, dos estaciones llamadas F&G dedicadas al monitoreo del sistema de detección de fuego y gas, una estación llamada Telemetría dedicada al monitoreo de los pozos y se acondicionó la estación de Ingeniería para que trabajara como estación de telemetría cuando no se estuviera realizando trabajos en las aplicaciones. Todas estas estaciones se encontraban trabajando con Intouch¹ versión 7.0 comunicándose con los equipos a través de un protocolo de comunicación de Schneider Electric¹ llamado Modbus Plus.

La planta continuó creciendo y apareció la necesidad de poseer un sistema de adquisición de datos históricos, que permitiera al equipo encargado del estudio del comportamiento de los distintos pozos, obtener las distintas variables necesarias para poder revisar el desempeño de cada pozo, y realizar los planes de futuras perforaciones, o la mejor forma de inyectar agua o gas para conservar el adecuado desempeño de los pozos. El equipo de sistemas de la planta decidió montar una pequeña base de datos SQL en la estación de ingeniería, la cual permitió obtener una considerable cantidad de datos. El problema estaba en la confiabilidad del sistema ya que en algunas ocasiones no se podía obtener datos debido a fallas en el equipo, ó los datos obtenidos no coincidían con las tendencias que se mostraban en el sistema de supervisión Intouch¹. El hardware usado para dicha estación no era el adecuado para realizar múltiples tareas (memoria volátil (ram), disco duro) y se estaba usando esta estación como servidor de datos SQL, Interfaz Hombre-Máquina para revisar el sistema de Telemetría y como estación de desarrollo de ingeniería.

¹ Ver Glosario

Por otro lado, la cantidad de variables que se estaban monitoreando ya no eran las mismas que existían para el momento en que se instaló la planta. En un principio sólo existía dos pozos, ahora existen 15 pozos junto a cuatro RTUs usadas para monitorear toda la infraestructura relacionada con la inyección de agua y gas. Naturalmente la producción de la planta había aumentado considerablemente desde sus inicios.

Todo esto arrojó la necesidad de que TOTAL decidiera realizar un estudio de toda su infraestructura de sistemas, sus bondades y defectos y realizar un plan de actualización de los sistemas de tal forma de garantizar un adecuado desempeño de su proceso de una forma confiable y segura (mantener la producción continua sin afectar la vida de los trabajadores y las actividades de la población vecina a la planta). Las premisas para realizar el trabajo eran realizar las modificaciones sin que el personal de operaciones se viera afectado, sin detener el proceso de la planta y con el menos costo posible.

En este trabajo se presenta el estudio de los diferentes sistemas de la planta, luego las alternativas planteadas para la solución de los problemas y por último la alternativa seleccionada que se instaló en dichas instalaciones. El trabajo está básicamente dividido en dos fases, tal como se ejecutó en la planta: el estudio de la infraestructura relacionada con la red de telemetría y el estudio relacionado con la red de Planta, estructurado de la siguiente manera:

- Capítulo I: se presenta una breve descripción de la problemática que existía en la planta.
- Capítulo II: se expone los problemas que existían en la red de telemetría, se plantean modelos matemáticos que modelan la situación actual y las alternativas de solución al problema.
- Capítulo III: se explican los problemas que existían en la red de supervisión y control de la planta y las alternativas de solución al problema.
- Capítulo IV: se realiza una descripción del funcionamiento de todo el nuevo sistema de telemetría.

- Capítulo V: se realiza una descripción del funcionamiento de todo el nuevo sistema de Supervisión y Control de la Planta.
- Capítulo VI: se realiza una descripción de los resultados obtenidos con las modificaciones hechas al nuevo sistema de telemetría.
- Capítulo VII: se realiza una descripción de los resultados obtenidos con las modificaciones hechas al nuevo sistema de Supervisión y Control de la Planta.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta de Rucio Viejo en Jusepín de TOTAL disponía de un Sistema SCADA basado en aplicaciones desarrolladas en Intouch¹ 7.0 de Wonderware y Controladores Lógicos Programables (PLC) marca Modicon¹, HIMA¹ y otros que se encuentran distribuidos a lo largo de la planta (Ver anexo 1, arquitectura general del sistema).

Existía un total de seis estaciones de operación las cuales poseían las siguientes aplicaciones:

- Dos estaciones para la aplicación de telemetría de pozos. Desde aquí se podía supervisar y controlar los distintos pozos que se encuentran geográficamente distribuidos a lo largo de la zona de Jusepín.
- Dos estaciones que poseían la aplicación de control y supervisión de proceso. Desde aquí se podía supervisar y controlar las distintas variables de proceso que se encontraban en la planta.
- Dos estaciones que poseían la aplicación de detección de fuego y gas. Desde aquí se podía supervisar y controlar los distintos equipos que se refieren a la protección por gas y fuego de la planta.

Con el pasar de los años, se incorporaron diversas instalaciones, como pozos y instalaciones de medición de agua y gas al sistema, con el fin de poder visualizar las distintas variables y llevar un mayor control de la producción de la planta. Esto ocasiono que con el pasar de los años comenzaran a aparecer deficiencias en el sistema las cuales repercutían en las operaciones de la planta. A continuación se enumera algunas de ellas las cuales serán explicadas con mayor detalle a lo largo de este libro:

¹ Ver Glosario

1.- El tiempo de transferencia de los datos en la red de Telemetría era inaceptable. Según las especificaciones de la empresa, un SCADA debe tener la capacidad de refrescar sus datos en un tiempo no mayor a 5 segundos para un comando de escritura y uno de lectura. Los tiempos en las instalaciones mencionadas se encontraban alrededor de los 21 segundos.

2.- No existían base de datos unificadas lo cual representaba un problema para las labores de mantenimiento y para los usuarios de los datos. Si se necesitaba adquirir un dato de un determinado periodo (hace un mes, un año, etc) era necesario saber en que sitio buscar esos datos.

3.- Los computadores que forman parte del sistema supervisorio tenían sus recursos totalmente agotados, en lo que se refiere a capacidad de procesamiento, memoria RAM y disponibilidad en disco duro.

4.- No era posible realizar tendencias de largos periodos de tiempo (15 días, un mes ó más) debido a que las estaciones de operación quedaban deshabilitadas mientras realizaban esa operación.

5.- No existían las herramientas (software para adquirir los datos y disponibilidad en redes de comunicación) para que los usuarios que usaban los datos para estudiar la vida útil de la planta, pudieran adquirir estos sin afectar las actividades que el personal de mantenimiento realizaba diariamente.

Este trabajo tuvo como finalidad revisar el desempeño de los diferentes sistemas, realizar una evaluación de las diferentes aplicaciones de modo de determinar su desempeño y si se encontraban funcionando dentro de los requerimientos iniciales cuando se instalaron en la planta. Esta evaluación y las posibles mejoras a los sistemas se presentan en este trabajo junto con su instalación, con las premisas que todas las actividades se deberían realizar con el menor impacto sobre las operaciones de la planta (se buscaba no detener ningún pozo productor y la posibilidad de detener un máximo de cuatro pozos inyectoros) con una mínima inversión económica.

CAPÍTULO II

SISTEMA DE TELEMETRIA. PROBLEMAS ENCONTRADOS Y POSIBLES SOLUCIONES

1.1 Descripción y diagnóstico de la situación actual.

Las aplicaciones relacionadas con el control de procesos de la planta y el sistema de detección de fuego y gas (F&G) funcionaban adecuadamente. Su tiempo de actualización en los diferentes despliegues era bastante rápido (entre 1 y 2 segundos) lo que permitía que el operador pudiera tener una vista global de la planta y la capacidad de reaccionar ante cualquier situación de contingencia que suceda en la planta.

En el caso de la aplicación de telemetría relacionada directamente con los pozos, las pruebas en campo no arrojaron lo mismo. Para poder evaluar el desempeño del sistema se realizó la siguiente prueba:

Se visitó cada pozo. Se revisaron los distintos sistemas. Luego se le pidió al operador que encendiera las luces del pozo (ésto simula un comando de escritura desde la sala de control) y se cronometró el tiempo en que llegaba dicho comando hasta el pozo. Por último, se cronometró el tiempo en que el operador recibía la señal en el SCADA que indicaba que las luces se encontraban encendidas (comando de lectura). Se hicieron varias pruebas por cada pozo. Naturalmente en dichas pruebas está presente el error humano en el momento de cronometrar los distintos eventos. Por esa razón se hicieron varias muestras para de esta manera poder disminuir el error debido al tipo de muestra.

En cuanto a los comandos de escritura, se observó que el peor tiempo es de 8 segundos mientras que el mejor es de 2 segundos. Tal variación se debe a que el protocolo usado es de tipo maestro-esclavo. Si el operador envía el comando y coincide con el momento en que el maestro está haciendo la pregunta al esclavo, se ejecuta la acción inmediatamente. Por el contrario, si el operador envía el comando y acaba de pasar el turno de ese esclavo, tendrá que esperar que el maestro interogue a

los demás esclavos para que llegue el comando a la RTU¹ respectiva. Por otro lado, el tiempo para el peor comando de escritura es de 8 segundos. Esto significa que si surgiera una situación de contingencia en el pozo, podría pasar que la acción del operador tardara 8 segundos en ejecutarse en el pozo, lo que representaba un riesgo, dependiendo del problema que se presentara. El promedio obtenido al usar todas estas muestras fue de 4.27 segundos el cual representa el tiempo de envío de un comando de escritura obtenido con las mediciones realizadas.

En cuanto a los comandos de lectura se determinó que el peor tiempo fue de 13 segundos (en realidad el peor tiempo fue de 17 segundos pero por estar muy alejado de las demás muestras se supuso que en el caso de esta muestra existió un gran porcentaje de error humano) mientras que el mejor caso fue de 6 segundos. Esto significa que en caso que suceda un cambio en una variable del pozo, existía la posibilidad de que el operador sólo detectara el cambio 13 segundos después. Si esa variable era crítica en el proceso pudiera representar una situación de riesgo o pérdida de producción considerable dependiendo del caso. El promedio que se obtuvo al usar todas estas muestras es de 8.62 segundos el cual representa el tiempo de refrescamiento de un comando de lectura obtenido con las mediciones realizadas.

Analizando desde el punto de vista de causa-efecto, cuando sucede una situación de peligro o pérdida de producción, el operador necesita recibir primero la variable que señala el problema (comando de lectura) y luego reaccionar y enviar una acción (comando de escritura), se puede dar el caso que recibir y enviar la acción se lleve un tiempo aproximado de 21 segundos. Aún si analizamos el mejor caso, el tiempo de recibir y enviar la acción sería de aproximadamente 8 segundos lo cual representa un alto porcentaje de tiempo para un sistema SCADA convencional. Esta situación era verdaderamente preocupante, significaba que ante una situación de cierre de pozo o algún riesgo en el mismo, era posible que el operador no pudiera evitar tal situación ya que el sistema no poseía la suficiente velocidad de reacción, aunque éste reaccionara favorablemente a la situación.

En el anexo I se presenta la arquitectura de la red que existía antes de realizar este trabajo. Aquí se puede ver, que en la red de Telemetría se utiliza un solo puerto

para el convertidor de protocolo Modbus Plus¹ a Modbus¹ llamado BM85¹, una posible solución podría ser habilitar los tres puertos disponibles de dicho equipo. Posteriormente en este libro se analizara los factores que influyen en la comunicación y se demostrara que esta modificación forma parte de la solución del problema.

1.2 Modelo matemático.

Para obtener la mejor alternativa al problema relacionado con la red de telemetría, se busco hacer un modelo matemático que tiene la finalidad de colocar en una ecuación, las distintas variables que pueden influir en el tráfico de la red, a fin de mejorar el tiempo de transmisión de los datos. Esto nos ayudara a buscar la arquitectura mas adecuada y comparar el factor precio-beneficio.

Luego de revisar toda la arquitectura se plantearon dos ecuaciones para modelar la red. La primera de ellas buscó calcular el tiempo promedio que puede llevarse un comando. La segunda buscó calcular el peor tiempo que puede llevarse un comando. La finalidad fue comparar los resultados obtenidos con los que se recogieron en campo, y así evaluar qué tan confiable es la ecuación.

La ecuación que se obtuvo para el caso del tiempo promedio de un comando (TCp) se muestra a continuación:

$$TCp = ((NTokenp \times TRp \times NMSTRs) + (TBM85 \times NMSTRs) + TA + (TScanWELLsp \times 0.5) + (TModbusPort \times NMSTRs) \times 2 + (TScanMTU \times 2 \times NMSTRs)) \times 0.5$$

Donde:

TRp = Tiempo promedio de rotación del Token¹

TBM85 = Tiempo promedio de procesamiento del BM85¹ (Despreciable)

TA = Sumatoria Tiempo de comando desde el BM85² hasta los distintos pozos tomando en cuenta la cantidad de MSTR¹ de la MTU¹

TScanWELLsp = Sumatoria Tiempo promedio de scan en pozo tomando en cuenta la cantidad de MSTR¹ de la MTU¹

¹ Ver Glosario

NMSTRs = Número de MSTR¹ de la MTU¹

TMosbusPort= Tiempo de procesamiento del puerto Modbus¹ (para modelo Quantum¹ 1.5 ms)

TScanMTU = Tiempo promedio de SCAN de la MTU¹

Ntokenp = Número de veces promedio que se espera el Token¹

La ecuación que se obtuvo para el peor tiempo promedio de un comando (TCw) se puede ver a continuación:

$$TCw = (NTokenw \times TRw \times NMSTRs) + (TBM85 \times NMSTRs) + TA + TScanWELLS + (TMosbusPort \times NMSTRs) \times 2 + (TScanMTU \times 3 \times NMSTRs)$$

Donde:

TRw = Peor tiempo de rotación del Token¹

TBM85 = Tiempo promedio de procesamiento del BM85¹ (Despreciable)

TA= Sumatoria del Tiempo de comando desde el BM85¹ hasta los distintos pozos tomando en cuenta la cantidad de MSTR¹ de la MTU¹

TScanWELL = Sumatoria del Tiempo promedio de scan en pozo tomando en cuenta la cantidad de MSTR¹ de la MTU¹

NMSTRs = Número de MSTR¹ de la MTU¹

TMosbusPort= Tiempo de procesamiento del puerto Modbus

TScanMTU = Tiempo promedio de SCAN¹ de la MTU¹

Ntokenw = Peor números de veces que se espera el Token¹

Para el caso del cálculo de TRw se aplicó la siguiente ecuación la cual se obtuvo del manual de Modbus Plus¹ del fabricante Modicon¹ :

$$TR = (2.08 + (0.016 \times DMW)) \times DMP + (0.19 + (0.016 \times GDW)) \times GDN + (0.53 \times N)$$

DMW= Número promedio de palabras por camino de Data Master¹ usado en la red

DMP= Número de camino de Data Master¹ usados continuamente en la red

GDW= Número promedio de palabras globales de datos usados en la red

¹ Ver Glosario

GDN= Número de nodos transmitiendo datos globales en la red

N= Números de nodos en la red

Para el caso del cálculo de DMP es necesario usar las gráficas de tráfico de la red en Modbus Plus¹, que se encuentran en el documento Número GM-MBPL-001 del manual de Modbus Plus¹ del fabricante Modicon¹, disponible en su página web.

A continuación se muestra en una tabla los valores de las distintas variables para posteriormente hacer el cálculo de la variable TCp.

VARIABLE	VALOR EN SEG.
DMW	16
DMP	2.6
GDW	0
GDN	0
N	3
NTokenp	3
TRp	0.0076
NMSTRs	47
TA	2.44
TScanWELLsp	0.94
TMosbusPort	0.0015
TScanMTU	0.032

Tabla 1. Valores de variables para calcular TCp

Luego de realizar los distintos cálculos se obtuvo que para el caso del tiempo promedio de un comando se tiene lo siguiente:

$$NTokenp \times TRp \times NMSTRs = 1.0781 \text{ segundos}$$

$$TA = 2.44 \text{ segundos}$$

$$TScanWELLsp \times 0.5 = 0.47 \text{ segundos}$$

$$(TModbusPort \times NMSTRs) \times 2 = 0.141 \text{ segundos}$$

$$(TScanMTU \times 2 \times NMSTRs) \times 0.5 = 1.504 \text{ segundos}$$

Esto nos lleva a que el número estimado para la variable TCp es el siguiente:

$$TCp = 5.63 \text{ segundos}$$

Para este cálculo no se ha tomado en consideración el tiempo entre la MTU¹ y la estación de telemetría.

Como se puede ver este número se encontraba dentro del rango de los comandos promedios de lectura y escritura obtenidos en campo donde se encuentra implícito el error humano (comando de lectura = 8.62 segundos y comando de escritura = 4.27 segundos). Por otro lado se puede observar que el resultado obtenido se aproxima más a los comandos de escritura que a los de lectura. Esto se debe a que en el protocolo Modbus¹ el comando de escritura tiene prioridad sobre el comando de lectura. Esto nos llevó a la conclusión de que el modelo matemático era bastante aproximado a la situación que se encontraba en la planta.

A continuación se muestra un gráfico que nos presenta esta situación.

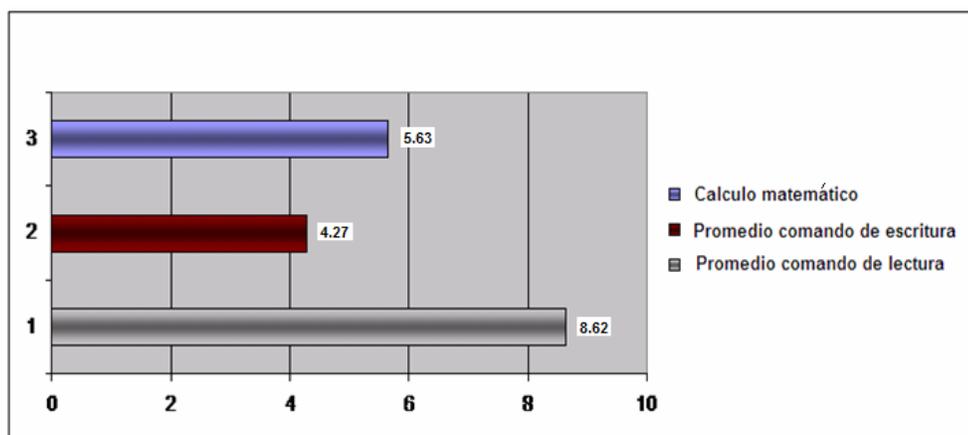


Figura 2. Comparación de los datos obtenidos en campo vs Tiempo estimado

1.3 Análisis de los resultados obtenidos.

Aceptando que el tiempo estimado obtenido a través del modelo matemático se aproxima a los valores medidos en la planta, se procedió a analizar el peso de cada una de las variables dentro de la ecuación. Esto se puede ver en el gráfico a continuación:

¹ Ver Glosario

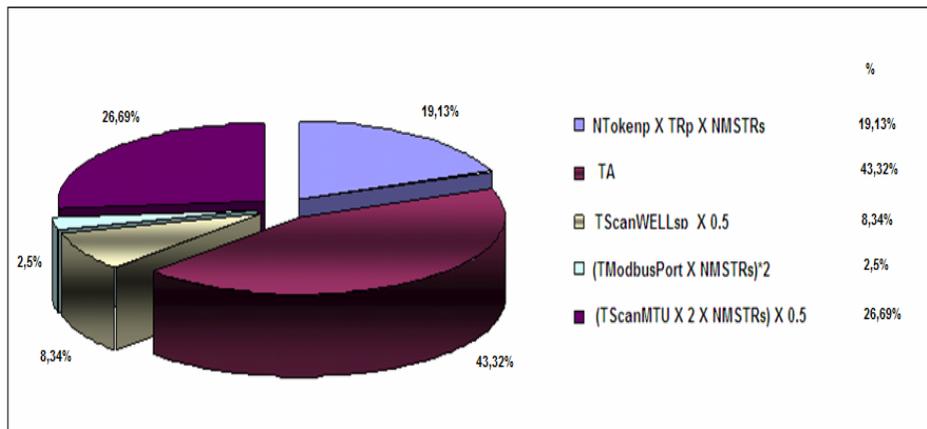


Figura 3. Variables que influyen en el TCp de la red

Como se puede ver en el gráfico las variables que influyen en mayor grado en la red son las siguientes:

- Tiempo en el aire (TA).
- Tiempo de Scan en la MTU¹ (TScanMTUp) vs Número de MSTR¹ (NMSTR) (Caminos MB+¹).
- Tiempo del Token¹ (TRp) vs Número de MSTR¹ (NMSTR)
- Tiempo de Scan¹ en RTU¹ (TScanWELLp).

El tiempo de scan en RTU¹ está influenciado directamente por el tipo de Unidad de Procesamiento Central (CPU) que se está usando en la RTU¹ y la cantidad de pozos existentes. Disminuir este tiempo es muy difícil, debido a que colocar nuevos CPU en las RTUs¹, implicaría un costo elevado y este factor no influye lo suficiente para que sea rentable hacer una inversión de este tipo.

El tiempo en el aire¹ es la variable que tiene más influencia en el resultado de la ecuación (43,32%) según la figura 3. Éste se ve influenciado directamente por la velocidad de la red y el protocolo usado (modbus). Definitivamente, las arquitecturas a plantear deben buscar disminuir este factor.

¹ Ver Glosario

El otro factor que influye directamente en la ecuación es el número de instrucciones MSTR¹ que se está usando y la habilitación de éstas dentro del programa de la MTU¹. Al aumentar el número, aumenta el tiempo, y al disminuir la cantidad de caminos en MB+¹ disponibles, aumenta aún más el tiempo. Por esa razón, independientemente de la arquitectura a adoptar, es necesario un reordenamiento de la memoria en la MTU¹ y en las RTUs¹ de los distintos pozos, con el fin de disminuir la cantidad de MSTRs¹, y hacer un procesamiento más eficiente de la cantidad de MSTRs¹.

En la arquitectura original existía un total de 47 MSTRs¹ para 11 remotas. Además, todas las MSTRs¹ se habilitaban en el programa al mismo tiempo, lo que ocasionaba una cola dentro del puerto de comunicación. En realidad todas las MSTRs¹ de escritura se podían habilitar solamente en el momento en que el operador deseaba enviar una acción. Esto implicaba modificaciones considerables a nivel de MTU¹ y de estaciones pero que influían en la red de comunicaciones notablemente.

A continuación se presenta un gráfico de la cantidad de MSTR por pozo según el nombre que se le asigna en la planta al pozo.

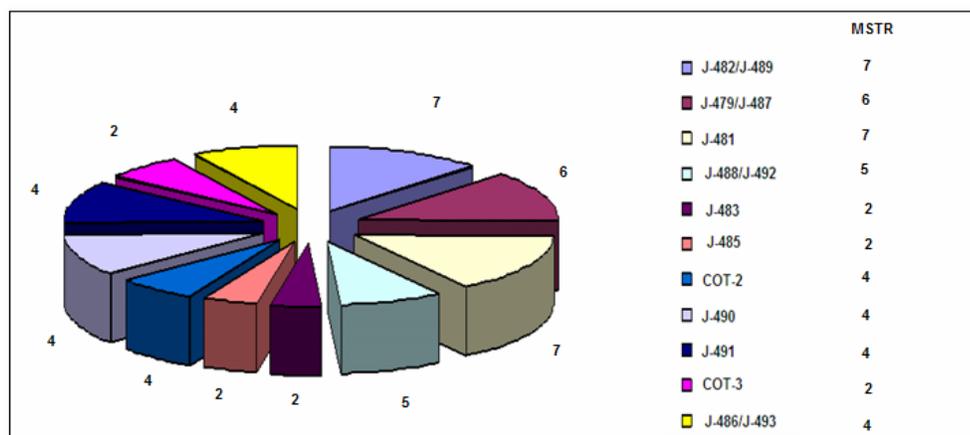


Figura 4. Cantidad de MSTRs por Pozo

Como se puede ver en el programa de la MTU¹ los pozos J-482/J-489, J-481 y J-479/J-487 eran los que poseían mayor cantidad de MSTRs¹

En la figura 5 se observa la cantidad de registros que se estaba leyendo o escribiendo de cada pozo.

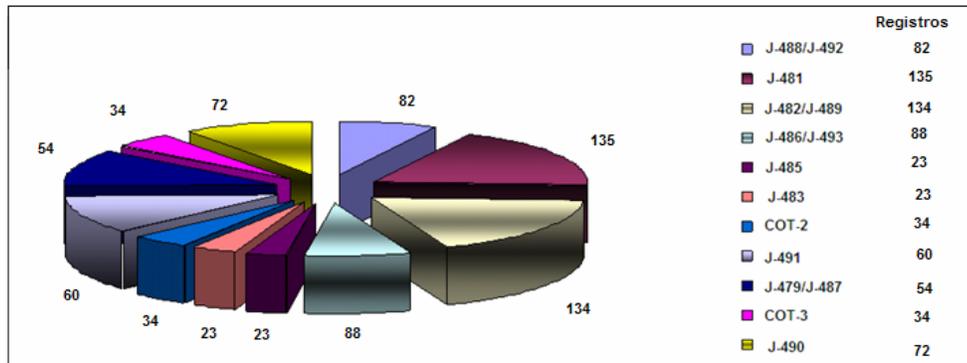


Figura 5. Cantidad de registros que se leen y escriben por cada Pozo.

En la figura 5 se evidencia que los pozos que tienen una mayor cantidad de registros viajando por la red son el J-481, J-482/J-489, coincidiendo con los pozos que tenían una mayor cantidad de MSTRs¹. Esto demuestra que es posible ordenar las MSTR de tal forma de disminuir la cantidad de MSTRs¹ según la cantidad de registros que tiene cada pozo. Por ejemplo, al ordenar la memoria en el pozo J-481 se podría trabajar con solamente dos MSTRs¹ (una para escritura y otra para lectura) en vez de seis MSTRs¹ como se estaba usando en ese momento.

1.4 Resultados de los análisis obtenidos.

Según los resultados obtenidos con el análisis del modelo matemático, el cual nos lleva a revisar la cantidad de registros y MSTR¹ por pozo, podemos afirmar lo siguiente:

- Un reordenamiento de los datos de los pozos tomando en cuenta una unificación de estos influye directamente en la cantidad de MSTRs¹, y en consecuencia en el tiempo de transferencia de los datos en la red de Telemetría.
- Habilitando los bloques de MSTR¹ de escritura sólo en el momento que el SCADA requiera escribir data se optimiza el tiempo de la red de telemetría.

¹ Ver Glosario

- Para solucionar el tiempo en el aire era necesario redistribuir la red de datos (tomando en cuenta el número de MSTR¹ y registros a transferir en cada pozo) o realizar una inversión en nuevo hardware que permitiera obtener una red más rápida de datos.
- Si se habilitan los cuatros puertos del BM85¹, aumentarían los caminos Modbus Plus¹ mejorando el tiempo en el aire.

1.5 Propuesta de nueva arquitectura:

Con base a los resultados del análisis se preparó una propuesta para la posible arquitectura.

1.5.1 Distribución del tráfico de las RTUs:

En la siguiente figura se observa la arquitectura propuesta para la red de telemetría (en el anexo 2 se puede apreciar el detalle de esta arquitectura):

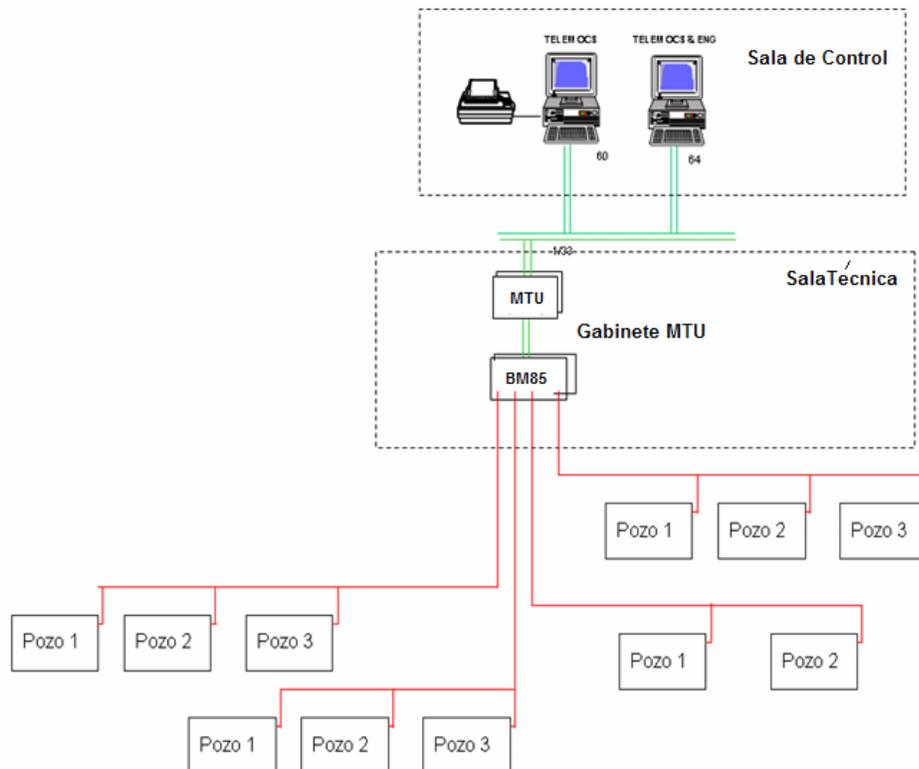


Figura 6. Arquitectura propuesta para la red de telemetría

En la arquitectura propuesta en la figura 6 se mantenía el hardware que se estaba usando en ese momento. Sencillamente se estaban abriendo los demás puertos que se encontraban disponibles en el BM-85¹. La MTU¹ enviaba su mensaje desde la red MB+¹ hacia la red Modbus¹, a través de un arreglo redundante de BM85¹, pero sólo se usaba un puerto del equipo. La propuesta consistía en que en vez de usar un puerto se usaran los cuatro puertos para distribuir la carga entre los mismos. Esto traería como consecuencia lo siguiente:

- Disminuía el tiempo en el aire ya que disminuía la carga al distribuirse a través de los cuatro puertos.
- Se aumentaban las rutas MB+¹ lo que permitía que cuatro MSTR¹ en la MTU¹ estuviesen activas al mismo tiempo.

Esto como se vio en el modelo matemático permitía que se lograra obtener un mejor tiempo, bien sea en los comandos de lectura o escritura.

Para que esta arquitectura trabajara adecuadamente era necesario hacer una distribución de los pozos y de las MSTRs¹ apoyándose en los datos que se mostraron anteriormente en las figuras 4 y 5 titulados “cantidad de registros por pozos” y “Pozos por cantidad de MSTRs”. Además en esta arquitectura era muy importante la deshabilitación y habilitación de las MSTRs de escritura, además, del ordenamiento de la memoria.

Entre las ventajas de esta arquitectura se podían mencionar:

- Inversión mínima en un nuevo hardware. Solamente era necesario adquirir ocho nuevos convertidores de RS232¹ a RS485¹; los costos están dados por hora hombre de trabajo.
- No era necesario realizar ningún tipo de parada ni en el pozo ni en la planta

Entre las posibles desventajas de esta arquitectura se podían mencionar:

- Realizar las modificaciones en la MTU¹ era bastante delicado. Era necesario poseer procedimientos de trabajo correctamente documentados ya que una mala

¹ Ver Glosario

modificación en el PLC podía causar paradas de planta. Se estableció que la tolerancia de falla aceptable debería ser un máximo de 4 pozos parados, tomando en cuenta que solo se podía detener pozos inyectores y no productores.

- Era necesario realizar una gran cantidad de pruebas para asegurar que todas las señales llegaran adecuadamente al SCADA, ya que se debía optimizar la memoria de la MTU¹ y las RTUs¹ para así lograr la mayor velocidad de transmisión de los datos en la red.

Esta arquitectura representaba una solución económica para resolver el problema.

1.6 Evaluación del desempeño de la arquitectura planteada.

Del modelo matemático establecido podemos observar que el número de MSTR es un factor clave para poder mejorar el tiempo de refrescamiento de los datos relacionados con los pozos. Además se puede ver que aunque el tiempo en el aire sea igual a cero (suponiendo que el protocolo usado fuera tan rápido que se pudiera eliminar el tiempo en el aire, cosa que es físicamente imposible) todavía el tiempo de un comando se encuentra cercano a los 2,5 segundos. Lo que implica que si sumamos un comando de lectura con uno de escritura obtendríamos un resultado de aproximadamente 5 segundos. Esto sin tomar en cuenta que al agregar más pozos a la red de telemetría, el tiempo aumentará.

Al dividirse el tráfico entre los cuatro puertos del BM85¹, haciendo un reordenamiento de la memoria y la cantidad de MSTR¹ en la MTU¹ se podría obtener un tiempo por comando según el modelo matemático de 1,33 segundos. Esto implicaba que un comando de lectura y escritura se podría dar en 2,66 segundos. Al agregar un total de 15 MSTRs¹ al calculo hecho anteriormente (esto equivale a aproximadamente siete pozos) se podría lograr un tiempo de 1,8 segundos por comando, es decir un tiempo de 3,6 segundos para lograr un comando de lectura y escritura.

La distribución del tráfico de las RTUs¹ en cuatro canales de comunicación junto con la estructuración de la MTU¹ y los registros que viajan en la red, era un

¹ Ver Glosario

esquema suficiente para resolver el problema de la lentitud en el barrido de las RTUs¹ (Originalmente se tenía tiempos de 21 segundos y con la nueva arquitectura se pueden obtener tiempos de 3.6 segundos).

1.7.- Puntos importantes para lograr la implantación de la solución propuesta.

Para la estructuración de la MTU¹ se tomó en cuenta lo siguiente:

- Disponer en posiciones contiguas de memoria los distintos registros en cada una de las RTUs¹ de tal forma de poder traer toda la información de las RTUs¹ con una única instrucción MSTR¹ desde la MTU¹.
- Implantar en la MTU¹ rutinas que permiten habilitar los comandos de escritura solamente cuando se produzca una acción por parte del operador.
- Implantar en la MTU¹ rutinas que permiten habilitar los comandos de escritura solamente cuando se está revisando el status de comunicación con cada una de las RTUs¹. En este caso cada minuto se realiza la revisión del status de la comunicación con cada RTUs¹. Adicionalmente este comando no se ejecuta al mismo tiempo para todas las RTUs¹. La rutina asegura que sólo se este enviando un solo comando de escritura por RTU¹.
- En caso de pérdida de comunicación de alguna remota, ésta se saca de barrido hasta que se reponga la comunicación. Para la reposición de la comunicación se implementaron rutinas y modificaciones en el Intouch¹ con el fin de que el operador ó automáticamente se coloque nuevamente la remota sin comunicación dentro del barrido cada dos minutos.

Para realizar la reestructuración sin impacto sobre el proceso de producción y pruebas de campo de esta propuesta, se tomó en cuenta el siguiente procedimiento en el orden siguiente:

1. Se escogió los registros mas apropiados en cada remota para que viajen desde las RTUs¹ a la MTU¹. Para escoger dicho registros se tomo como criterio que fueran los mismos para cada RTU¹, de tal forma de facilitar la labor de mantenimiento. En términos prácticos se tuvo que escoger registros altos ya

que era la única forma de garantizar que estuvieran disponibles en todas las RTUs¹.

2. En la RTU¹ se implantaron bloques BLKM¹ para transferir desde los registros que se estaban usando hasta los nuevos registros.
3. En la MTU¹ se implantaron MSTRs¹ que permitían leer los datos de los nuevos registros sin eliminar las antiguas MSTRs¹.
4. Se hicieron tablas de datos que permitieron comparar los datos de los registros antiguos con los nuevos registros. Con esto se verificó que no existía ningún error a nivel de direcciones.
5. Se colocaron bloques BLKM¹ en la MTU¹ los cuales movían los nuevos registros a los registros que utiliza actualmente el InTouch¹.
6. Se verificó que el operador no observó ningún cambio en la estación revisando las variables claves en el proceso según su experiencia.
7. Se eliminaron las antiguas MSTRs¹.

¹ Ver Glosario

CAPÍTULO III

SISTEMA DE TELEMETRÍA Y CONTROL. SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS.

Luego de la revisión de los distintos cálculos obtenidos para la red de telemetría, se decidió implantar el esquema basado en la distribución del tráfico a través de los cuatros puertos del BM85. Para esto se estudió cada una de las piezas que conforman el sistema y se actualizaron los dispositivos que se requirieron.

A continuación se muestra una descripción detallada de todo el sistema de Telemetría y su funcionamiento.

1.1. Descripción del Sistema de telemetría.

El Sistema de telemedición y control de pozos de la planta Rucio Viejo (referido en este libro como sistema de telemetría) consiste básicamente de los siguientes componentes:

- Unidades Terminales Remotas de Telemetría (RTU), instaladas en cada una de las cabinas de control de los pozos (once en total).
- Unidad Terminal Maestra de Telemetría (MTU) en configuración de “Hot - standby”¹ instalada en la sala Técnica de RVP.
- Consola del Sistema de Supervisión y control (OCS), donde se corre el software Intouch¹ de Wonderware¹, ubicada en la Sala de Control.
- Enlaces de comunicación serial mediante protocolo Modbus RTU, a través de enlaces de fibra óptica para cada RTU¹.

El sistema de Telemetría está diseñado para ser tolerante a fallas, de forma tal de garantizar la comunicación entre las RTUs de los pozos y el sistema de supervisión ubicado en RVP. Tal y como se muestra en el anexo 2, el sistema consta de un Controlador lógico programable en Configuración de “Hot-Standby”¹ (MTU), puentes redundantes entre las redes Modbus¹-Modbus Plus¹, Red Modbus TCP¹ redundante desde la MTU¹ al OCS y conexiones redundantes a nivel de RS485¹.

¹ Ver Glosario

1.1.1 Unidad Maestra de Telemetría.

La unidad Maestra de Telemetría (MTU¹) consiste en dos gabinetes adyacentes: el Gabinete del PLC y el Gabinete de Telemetría donde se encuentra los equipos de comunicación de voz y datos, diseñados y configurados para comunicarse hasta con 17 RTUs.

1.1.2 Gabinete del PLC.

El PLC usado como MTU¹ es un Sistema Modicon¹ Quantum¹ en configuración redundante “Hot Standby”¹. El sistema básicamente está compuesto por 3 chassis:

Sistema Hot-Standby¹:

- Dos 140XBP00600 6 Slots backplane
- Dos 140CPS11410 115VAC Fuente de Poder
- Dos 140CPU43412A CPU 256K de mem, 8K para lógica, 10K reg.
- Dos 140CRP93200 I/O Remoto
- Un 140CHS21000 Hot Standby Kit

Remote I/O Rack:

- Un 140XBP01600 10 Slots backplane
- Un 140CPS21400 120VAC Fuente de Poder
- Un 140CRA93200 CPU I/O Remoto
- Dos 140DDI35300 Entradas Discretas, 24VDC, 32 puntos sink
- Cuatro 140DRA84000 Salida Discreta de relé, 16 puntos

En este gabinete también se encuentran los Puentes/Multiplexer (BM85¹) y los convertidores RS-232/RS-485¹.

1.1.3 Gabinete de telemetría.

El gabinete de telemetría alberga los equipos requeridos para las terminaciones de las fibras provenientes de cada una de las RTUs¹ de los Pozos (Patch Panels¹), los equipos utilizados para convertir las señales de luz en señales

eléctricas para su procesamiento en PLC (convertidores de fibra óptica a RS-485¹ (Transceivers¹)), las comunicaciones telefónicas y las transmisiones de video.

El tamaño del gabinete fue calculado en base al tamaño del equipo de fibra óptica para establecer comunicaciones con 17 cabinas de control de pozos. El gabinete posee los siguientes equipos:

- 3 Optelecom System 9000 Chasis.
- 16 Optelecom Model 9712R V/V/D rack mount transceivers
- 16 Optelecom Model 4185 RS232/485 rack mount transceivers
- 7 Fiber Optic Breakout Boxes
- 13 Microtel ASC500 Telephone Signaling Devices
- 1 COEX CCTV Controller

Uno de los chasis Optelecom se usa para albergar 16 “Transceivers” RS-485 a fibra óptica (Optelecom Modelo 4185), este chasis posee fuentes de poder redundantes. Dos “Transceivers” adicionales (Optelecom, modelo 4185) se encuentran instalados en las paredes del gabinete.

El segundo chasis es usado para contener 8 “Transceivers” de audio y video modelo 9712R. Los restantes 8 “Transceivers” 9712 se encuentran en el tercer chasis. Adicionalmente, dos “Transceivers”, (Optelecom Modelo 9712R), se encuentran instalados en las paredes del gabinete.

1.1.4 Funcionalidad.

La MTU¹ se encarga de interrogar a cada una de las RTU¹ de los pozos a través de cuatro canales de comunicación serial dispuestos en los Multiplexores/Puentes redundantes (BM85¹). La información recopilada de las RTUs¹, es almacenada temporalmente en la MTU¹, y luego obtenida por las estaciones de operación de la telemetría dispuestas en la sala de control por medio de los servidores de datos, a través de una red Modbus TCP¹ de cable dual. Así mismo, los comandos de control generados por el operador desde la sala de control, son transmitidos a la MTU a través de la red Modbus TCP¹ y luego, enviados por la

¹ Ver Glosario

MTU¹, a la RTU¹ del pozo respectivo a través de los BM85¹ redundantes, vía canal serial.

La comunicación entre el PLC de la MTU¹ y los BM85¹ se hace a través de protocolo Modbus Plus¹ de cable dual (1 Mbps). Los BM85¹ se encargan, de hacer la conversión de Modbus Plus¹ a Modbus¹ y de enrutar los mensajes a través del canal serial respectivo. Cada uno de los cuatro canales seriales de la BM85¹ trabaja a 9600 bps.

Bajo condiciones normales de operación, el tráfico de información entre las RTUs¹ y la MTU¹, es manejado a través del BM85¹ principal. En caso de ser detectada una falla de comunicación con todas las RTU¹ pertenecientes al mismo canal, entonces toda la comunicación asociada a dicho canal es desviada al BM85¹ redundante. El resto de los canales sigue operando a través del BM85¹ principal. Una vez corregida la falla, se deberá aplicar un “Reset” de la falla del canal desde la estación de operación de la telemetría, de modo de re-establecer la comunicación a través del BM85¹ primario. Si se hace un “Reset” general de comunicación, todos los canales que estaban operando a través del respaldo, serán re-establecidos a través de BM85¹ primario.

En forma periódica, se emite un comando de diagnóstico de la comunicación a través del canal que se encuentre operando como respaldo, de modo de verificar el estado operativo del mismo, y alertar al operador sobre cualquier falla. Cinco segundos luego de aplicar un reset se hará una prueba de los puertos del BM85¹ secundario de tal forma de que el mantenedor pueda realizar una prueba de estos puertos si lo considera necesario.

La programación del PLC fue realizada usando el Software Concept¹ de Schneider Electric¹ Versión 2.6, que es una herramienta de programación basada en Windows. Toda la lógica de control y comunicación fue programada en diagrama escalera siguiendo el criterio de falla segura.

¹ Ver Glosario

La MTU¹ provee entradas físicas para recibir información de seguridad proveniente del sistema de parada de Emergencia y del panel de botones de parada en la sala de control. El I/O Remoto contiene dos tarjetas de 32 entradas discretas y cuatro tarjetas de salidas discretas de relé. Para cada uno de los 17 pozos ha sido configurado y conectado a la MTU el siguiente I/O:

Entradas Discretas:

- ESD¹ 3 desde la consola de botones
- ESD¹ 3 desde el Sistema de ESD¹ del PPF¹

Salidas de Relé:

- ESD¹ Activado en el Pozo hacia el Sistema ESD¹
- Alarma de detección de Gas hacia el PPF¹ Sistema de F&G¹
- Alarma de detección de Fuego y Humo hacia el PPF¹ Sistema de F&G¹

1.1.5 Entradas Discretas.

La MTU provee un lazo de 24 VDC para la alimentación eléctrica de las 2 entradas discretas asociadas a cada uno de los pozos: el botón de ESD¹ y la señal de ESD¹ proveniente del sistema de parada de emergencia de la PPF¹. Ambas señales discretas desencadenan en un paro de pozo. Una vez que es recibida alguna de estas señales en la MTU¹, esta se comunica con el pozo involucrado. La RTU¹ entonces desenergiza la SOVF1¹ y SOVF2¹ (solenoides del Panel de Parada de Emergencia ESD¹ del Pozo), detiene la inyección química de las bombas en caso de poseerla y cierra la válvula de Estrangulamiento. Todas las alarmas asociadas deben ser reconocidas/reiniciadas a través de las estaciones de operación de la telemetría y/o vía IHM¹ local (VDU¹) ubicada en el pozo. El pozo puede ser reiniciado después de que se genere un “ESD RESET” desde la Estación de Operación en la sala de control (OCS) o en la IHM¹ local (VDU¹) de cada pozo.

1.1.6 Salidas de Relé.

En la MTU¹ existe una salida discreta asociada a cada pozo, para indicarle al ESD¹ de la planta cuándo hay parada de pozo.

1.1.7 Comunicaciones.

El propósito principal de la MTU¹ es facilitar las comunicaciones entre las Estaciones de Operación (OCS) y las RTUs¹ situadas en cada uno de los pozos. La MTU¹ se comunica con la OCS usando una red Modbus TCP¹, y con las RTU¹ a través de cuatro canales de comunicación serial dispuestos en los Puentes/Multiplexores (BM85¹) redundantes. Los BM85¹ hacen la conversión de Modbus Plus¹ a Modbus¹ y enrutan la información a través de los respectivos canales seriales. Cada canal serial tiene asociado un grupo de RTUs¹ tal y como se indica en el anexo 2. Cada canal del BM85¹ sigue la norma RS-232¹, sin embargo, para poder ser enviada a las RTUs, hay que convertirla a RS-485¹ y luego a pulsos de luz para poder ser enviados a través de fibra óptica.

La distribución de RTUs¹ por canal, se hizo en función de mantener un balance de carga equitativo en cada canal, es decir, que la cantidad de información transmitida a través de cada canal debe ser similar. En el caso de falla de la comunicación con una RTU¹ en específico, el programa coloca dicha RTU¹ en modo de barrido lento, de modo de no degradar las comunicaciones con el resto de las RTUs¹ conectadas al mismo canal, y al mismo tiempo poder detectar cuándo se reestablece la comunicación con la RTU¹ y colocarla en la rutina de barrido normal.

1.1.8 RTU (Arquitectura, hardware para comunicaciones).

Las comunicaciones entre la MTU¹ y la RTU¹ situada en el pozo esta dada a través de una Red RS485¹ multidrop. Las comunicaciones son iniciadas por la MTU¹ a través de la red Modbus Plus¹. El protocolo es transformado a través de un Multiplexor (BM85¹) a una señal RS232¹ Modbus. La señal RS232¹ es convertida a RS485¹ y transmitida a través de la red RS485/fibra óptica por medio de los transductores Optelecom¹ (Modelo 4185). El mensaje es recibido vía fibra óptica por el transceiver¹ RS232/fibra óptica Optelecom¹ (4141A) conectado al puerto Modbus¹ en el procesador de la RTU¹ del pozo.

¹ Ver Glosario

Para incrementar la disponibilidad de los pozos individualmente, el Optelecom¹ 4185 es energizado por fuentes de poder redundantes. Adicionalmente existen puentes en los convertidores de RS485/RS232 (Modelo Link-485-DIN) redundantes para proveer caminos de comunicación alternativos en caso de falla de algún componente. Específicamente, si se pierde la comunicación usando el BM85¹ primario, la misma es desviada utilizando el camino de respaldo o BM85¹ secundario. Una vez que es restablecida la situación el sistema es reiniciado usando el botón de “Comm Reset” ubicado en consola de operación (despliegue de Comunicaciones Modbus¹).

En condición normal de operación, la MTU¹ irá realizando el barrido de cada una de las RTUs¹ usando un ciclo de comunicación Modbus¹ de Pregunta/Respuesta. Los barridos normales y los comandos de preferencia (comandos de escritura) están configurados usando el Bloque MSTR¹ de Modicon¹.

1.1.9 Fibra óptica.

La data transferida desde la MTU por el Transceiver¹ modelo 4185 al transceiver¹ 4141A en el lado de la RTU¹ se hace a través de dos líneas de fibra óptica monomodo.

A continuación se menciona las especificaciones de la fibra óptica usada:

Wavelength: 1310nm

Fiber Type: 9/15 μ m

Error Rate: 10^{-9} BER

Transmitter- Minimum Coupled Power: -26dBm

Receiver – Minimum input power : -38 dBm

Maximum input : -14dBm

Typical Link Budget (range) >: 12dB (18 Km)

¹ Ver Glosario

1.1.10 Organización de la Memoria.

La memoria de la MTU¹ está organizada colocando la data correspondiente a las RTUs¹ a partir de la dirección 404000. A cada RTU¹ se le asignan 200 registros; los primeros 50 corresponden a registros de escritura y los 150 restantes corresponden a registros de lectura. Las RTUs¹ están organizadas por su dirección a partir de 404000 hasta 407400. Esto conforma un total de 17 RTUs¹.

En la siguiente tabla se presenta el mapa de memoria de las RTUs¹ y direcciones libres que podrían ser usadas para la incorporación de nuevas RTUs¹.

Dirección de RTU	Pozo	Dirección MTU
1	Libre	404000-404200
2	J479/J487	404200-404400
3	Libre	404400-40600
4	J481	404600-404800
5	J482/J489	404800-405000
6	J491	405000-405200
7	J483	405200-405400
8	Libre	405400-405600
9	Libre	405600-405800
10	Libre	405800-406000
11	J486/J493	406000-406200
12	J488/J492	406200-406400
13	Libre	406400-406600
14	J494	406600-406800
15	J490	406800-407000
18	COT3X	407000-407200
20	COT2X	407200-407400

Tabla 2. Distribución de la memoria en los distintos pozos

¹ Ver Glosario

Al incluir una nueva RTU¹ se debe considerar la dirección de la misma y los espacios libres dentro de la memoria de la MTU¹. De esta forma, si se desea ingresar por ejemplo una cabina con dirección de RTU¹ número “1” se deberá utilizar los registros 404000 al 404200.

Por otro lado, es importante respetar el mapa de memoria que se ha hecho en la MTU¹ para garantizar el adecuado desempeño de la red de telemetría. Si por ejemplo, se desea agregar una nueva señal al pozo J479/J487 se debe usar el registro en reserva (spare) consecutivo que se encuentra en el mapa de memoria. En el mapa de memoria se identifican cuáles son los registros en reserva y cuáles se deben usar para las señales discretas y analógicas.

Los datos que obtiene la MTU¹, se hace a través de los 4 puertos del BM85¹, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

Puerto	RTUs
1	J-479/J-487, J-491, J488/J492
2	J-481, J-483
3	J-482/J-489, J-486/J-493
4	COT 2, COT 3, J-490, J-494

Tabla 3. Distribución de los pozos a través de los puertos del BM85

Con el fin de hacer la comunicación más eficiente se tomó la siguiente premisa dentro del programa de la MTU¹.

- Si la comunicación con alguna de las RTUs¹ se pierde, se procederá a remover dicho pozo del scan de barrido y sólo se reincorporará el mismo automáticamente cada 2 minutos. La reincorporación automática consiste en colocar cada 2 minutos el pozo de nuevo dentro de la cola de barrido. Si aún no se ha reestablecido la comunicación será removido nuevamente de la cola de barrido.

¹ Ver Glosario

1.1.11 Unidad Remota de Telemetría.

Cada RTU¹ se encuentra instalada en la cabina eléctrica correspondiente a uno o más pozos. Cada cabina está equipada con los siguientes componentes:

- Sistema PLC
- Sistema de Telemetría transceiver¹
- Interfaz hombre-Máquina modelo Panel Mate 1000 o Magelis

1.1.12 Sistema PLC.

El sistema PLC usado para implementar cada una de las RTUs¹ es un Modicon¹ Quantum¹ que consiste de lo siguiente:

- Un 140XBP01600 10-slot backplane
- Un 140CPS21400 24VDC Power Supply.
- Un 140CPU11302 256K de memoria, 8K lógica, 10K registros
- Tarjetas 140DDI35300 Entrada Discreta, 24VDC, 32 puntos Sink (la cantidad depende del tipo de pozo).
- Tarjetas 140ACI03000 Entrada Analógica Unipolar de Alta velocidad 4-20mA, 8 canales (la cantidad depende del tipo de pozo).
- Tarjetas 140DRA840000 Salida Discreta de Relé, 24VDC, 16 puntos (la cantidad depende del tipo de pozo).
- Tarjetas 140ACO02000 Modulo de Salidas Analógicas, 4 canales (la cantidad depende del tipo de pozo).
- Una 140NOM2110 Modulo de Comunicaciones, 1 puerto Modbus y 1Modbus Plus.

1.1.13.- Funcionalidad.

La programación del PLC fue realizada en diagrama de escaleras usando el Software Concept¹ (versión 2.6) de Modicon¹, que es una herramienta de programación basada en Windows. Todo el sistema lógico de control y comunicación

¹ Ver Glosario

fue programado siguiendo el criterio de falla segura. El sistema puede ser configurado en sitio mediante el uso de un computador portátil con una tarjeta PCMCIA¹ con capacidad de comunicación Modbus Plus¹ o a través de un cable serial vía Modbus¹.

El PLC es capaz de recolectar la cantidad de variables definidas por las tarjetas de I/O según el tipo de pozo. El PLC también es capaz de energizar y desenergizar las solenoides de las válvulas en el panel de control hidráulico del pozo (cada vez que sea requerido), encender y detener bombas según el pozo, encender y apagar luces y enviar señales analógicas (al OCS o VDU) del control de la válvula de estrangulamiento, además de realizar el control PID de la misma.

1.1.14 Interfaz de Operación Local (VDU).

Para la supervisión, control y visualización local es usado el Panel PanelMate 1000 de Modicon¹ o la IHM Magelis de Telemecanique¹. Esta interfaz de operador se encuentra instalada en la puerta del gabinete de la RTU¹ para permitir a los operadores fácil acceso. Despliegues dedicados muestran las alarmas en orden cronológico, monitorean el proceso, representan las medidas de variables y estatus de ESD¹ y permiten el ingreso de datos para control local de la válvula de estrangulamiento que está disponible en dicho lugar.

¹ Ver Glosario

CAPÍTULO IV

SISTEMA SUPERVISORIO Y CONTROL DE PLANTA(ESTACIONES DE OPERACIÓN Y BASE DE DATOS). PROBLEMAS ENCONTRADOS Y POSIBLES SOLUCIONES

1.1 Descripción de la situación.

A continuación se muestra en las tablas 1 y 3 el estatus o condiciones de las estaciones de operación, tanto en capacidad de utilización, así como las versiones de software instalados en cada una de ellas, para el momento del estudio.

Nombre de la Estación	% de recursos utilizados del CPU	Capacidad de Almacenamiento del Disco Duro	% del Disco Duro utilizado
F&G 1	60%	C:/1.95GB;D:/4.036GB	C:/76.5%;D:/3.18%
F&G 2	80%	C:/1.95GB;D:/1.05GB	C:/50%;D:/15%
Ingeniería (telemetría)	90%	C:/1.996GB; D:/35.2GB	C:/52%;D:/94.6%
Telemetría	70%	C:/2.096GB;D:/1.95GB; E:/1.95GB	C:/62.2%;D:/44.8%; E:/86.7%
PPF-A	65%	C:/1.95GB;D:/4.026GB	C:/47.2;D:/88.7%
PPF-B	70%	C:/1.956GB;D:/4.036GB	C:/47.9%D:/86.7%

Tabla 4. Carga actual de las estaciones de operación

Aplicación	Cantidad de Despliegues	Puntos en Base de Datos
F&G	88	828
Telemetría	152	2958
PPF	145	1756

Tabla 5. Resumen de despliegues y base de datos en cada estación

Computador	Software Instalado
F&G 1	Factory Suite with I/O Server
F&G 2	Intouch 7.0 de 60K Runtime with I/O Server
Ingeniería (telemetría)	Factory Suite with I/O Server InSQL 7.0
Telemetría	Intouch 7.0 de 60K Runtime with I/O Server
PPF-A	Factory Suite with I/O Server
PPF-B	Intouch 7.0 de 60K Runtime with I/O Server

Tabla 6. Versiones de software instalado

Como se presenta en la tabla numero 1, existía una gran cantidad de recursos de CPU en cada una de las máquinas en uso (mayor al 50%), principalmente la estación que recibe el nombre de Ingeniería (donde se corre frecuentemente la aplicación de telemetría) la cual poseía el mayor porcentaje de recurso utilizado. Esto se debe a que en esta máquina se encontraba corriendo la aplicación de Intouch¹ de telemetría, en conjunto con el servidor de InSQL. Esto ocasionaba una alta carga de procesamiento y memoria de la máquina.

Adicionalmente se puede observar que las estaciones poseían un alto porcentaje de disco duro utilizado. Esto ocasionaba que la capacidad de almacenamiento de las estaciones fuera limitada, obligando al personal de mantenimiento a hacer un respaldo de los datos (en este caso se estaba haciendo en Disco Compactos cada tres meses) frecuentemente con el fin de no colapsar las máquinas. Un caso aún más especial ocurría en la estación de ingeniería donde se corría en la misma máquina la aplicación de telemetría desarrollada en Intouch¹ y el servidor de InSQL. Esto producía graves problemas, ya que la información debía ser almacenada en respaldos (pues la capacidad de almacenamiento de esta máquina era muy pequeña para este tipo de aplicaciones) y para luego poder ser visualizada, se requería buscar en los respaldos existentes, el Ingeniero de Sistemas debía hacer una especie de pre-procesamiento para luego ser usada por los diversos usuarios de los datos.

A su vez, está el problema del pre-procesamiento que era necesario que el Ingeniero de Sistemas hiciera a los datos antes de ser entregados al personal de producción. Esto representaba un trabajo adicional para el Ingeniero de Sistema y una molestia para el personal de producción ya que no tenía los datos disponibles rápidamente para poder visualizarlos.

Por otro lado, la velocidad para la visualización de las tendencias históricas era inaceptable (para periodos cortos (minutos, horas) las tendencias deben ser inmediatas, para periodos largos (días, meses, años) las tendencias deben tardar un máximo de uno o dos minutos dependiendo el periodo). Esto se convertía en un problema cuando era necesario analizar la historia de una variable que implicaba graficar un largo periodo de tiempo. Prácticamente al darse el comando de

¹ Ver Glosario

graficación de tendencias, la estación quedaba por un tiempo considerable fuera de servicio para el operador (por ejemplo para conseguir una tendencia de media hora era necesario esperar hasta quince minutos). La poca capacidad en disco y el alto recurso utilizado en el CPU imposibilitaba a la aplicación a realizar una tendencia más rápida.

La información histórica estaba limitada por el espacio en disco. Sencillamente si se necesitaba un dato de hace cuatro meses, era necesario buscar en los respaldos en discos compactos hechos para conseguirlos.

Por último, uno de los problemas más graves que ocurrían en la planta estaba directamente involucrado con la velocidad de refrescamiento de los datos provenientes de los pozos. La planta había incrementado la cantidad de pozos en producción, lo que implicaba una mayor cantidad de variables a visualizar en el sistema supervisorio, trayendo como consecuencia una velocidad de refrescamiento muy precaria, produciendo la necesidad de modificar la arquitectura con el fin de superar este problema.

1.2 Problemas reportados por los usuarios.

Durante las distintas entrevistas realizadas al personal de operaciones, mantenimiento y producción se registró lo siguiente:

- La necesidad de poseer una base de datos histórica confiable de las distintas variables que existía en la planta. Aunque existía una base de datos hecha en InSQL¹ se requería mejorar el sistema de modo de permitir que llegaran los datos fácilmente a los niveles superiores de una manera confiable y con una gran capacidad de almacenamiento y disponibilidad de los datos históricos (los datos desde el inicio de la planta no se encontraban disponibles, solamente se poseía datos SQL de un año y medio aproximadamente de los cuales sólo tres meses se encontraban en el servidor de InSQL¹ y los demás meses se encontraban en respaldos hechos en discos compactos).

¹ Ver Glosario

- En las alarmas presentadas en las estaciones, existía diferencia en las distintas horas y descripciones (en caso de una máquina haber estado fuera de servicio en algún instante, la base de datos histórica era diferente a la de la otra estación). No estaban sincronizadas las alarmas en las distintas estaciones. Esto se debía a que la versión usada de Intouch¹ (7.0) no permite intercambiar los datos referentes a los archivos de alarmas entre las distintas estaciones.

- Las impresoras de alarmas dependían del funcionamiento de una de las estaciones, ocasionando que si esta computadora se encontraba apagada, no se podía realizar ninguna impresión de alarma, representando un problema, ya que disminuía la confiabilidad de los distintos reportes de alarmas que se obtenían.

1.3 Resumen de los problemas encontrados.

En resumen los problemas encontrados a nivel del sistema de supervisión fueron los siguientes:

- a. Sobrecarga del uso de recursos en las estaciones de operación.
- b. Lentitud en los despliegues de tendencias históricas.
- c. Dificultad de acceso a la información histórica.
- d. Dificultad en la distribución de la información histórica a otros usuarios diferentes al personal de operación (niveles superiores).
- e. Baja confiabilidad del sistema de alarmas, específicamente en lo que se refiere a la impresión y al sincronismo de hora y fecha entre los diferentes subsistemas.
- f. Velocidad de refrescamiento de las variables de los pozos.

1.4 Soluciones planteadas.

Para cada uno de los problemas listados en el resumen anterior se propusieron las siguientes soluciones:

¹ Ver Glosario

Para mejorar el rendimiento de las estaciones de operación y de la base de datos del sistema se planteó, por una parte la actualización del hardware de las mismas, y por otra, la actualización de las versiones del software.

La propuesta consistió en instalar nuevos computadores tanto para las estaciones de operación como para el sistema de base de datos InSQL¹; la distribución de las aplicaciones en cada computador iba a depender de la arquitectura seleccionada. Indiferentemente de la arquitectura seleccionada, se propuso un computador para la base de datos InSQL¹, un computador para el mantenimiento de las aplicaciones (computador de ingeniería), y los computadores que se requerían para la operación de la planta según sea la arquitectura seleccionada.

Se propusieron dos tipos de computadores dependiendo de las aplicaciones que se iban a ejecutar en cada uno. Para las estaciones de operación (Computador tipo “A”) (Software de Visualización y Desarrollo (InTouch¹ runtime o development)) el hardware planteado fue:

- Marcas: DELL o HP (por preferencia del cliente ya que su infraestructura estaba basada en estas dos marcas)
- Intel® Pentium® 4 Processor 3.00GHz.
- Operating System: Microsoft® Windows® XP Professional, SP1 with Media and NTFS, Versión en Ingles.
- Memory: 1GB ,DDR400 SDRAM Memory,ECC (2 DIMMS).
- Boot Hard Drive: 73GB Ultra 320 SCSI, 1 inch (15,000 rpm)
- Controller Card:U320 SCSI Adapter Non-RAID U320N
- Graphics Card: nVidia, QuadroFX 500, 128MB, dual monitor VGA or DVI/VGA capable
- Sound: Sound Blaster® Audigy II with onboard 1394 SBA2
- Monitor:19 inch Dell (17.90 inch vis) M993 Monitor M993S
- Keyboard, Mouse y Speakers

El hardware mínimo que se propuso para el servidor donde debe correr la aplicación de InSQL (computador tipo “B”) fue el siguiente:

¹ Ver Glosario

- Marcas: DELL o HP (por preferencia del cliente ya que su infraestructura estaba basada en estas dos marcas)
- Intel® Pentium® 4 Processor 3.60GHz, 1MB /800MHz FSB
- Operating System: Microsoft® Windows® 2000 Server, versión en Ingles.
- Memory: 2GB,DDR400 SDRAM Memory,ECC (2 DIMMS).
- Boot Hard Drive: Dos 146GB Ultra 320 SCSI, 1 inch (10,000 rpm) Configuracion Mirror.
- Graphics Card: nVidia, QuadroFX 500, 128MB, dual monitor VGA or DVI/VGA capable
- Sound: Sound Blaster® Audigy II with onboard 1394 SBA2
- Monitor:19 inch Dell (17.90 inch vis) M993 Monitor M993S
- Keyboard, Mouse y Speakers

En cuanto al computador de ingeniería se sugirió un hardware similar al presentando para las estaciones (Computador tipo “A”) pero agregando una unidad de floppy, de CD-ROM y DVD Read-Write.

Era válido considerar el uso de computadores industriales (Hardware que posee ciertos fabricantes que garantizan que sus maquinas pueden trabajar bajo ambientes hostiles sin fallar) para este tipo de aplicación pero debido a la baja frecuencia de falla que habían tenido los computadores que existían, a las adecuadas condiciones de temperatura y humedad presente en la sala de control y a la redundancia existente en cada una de las estaciones de operación (dos estaciones idénticas por aplicación) no se justificaba realizar una inversión de este tipo. Era suficiente utilizar computadores para uso en oficina de la generación más reciente para así poder obtener el mejor desempeño de cada una de las aplicaciones.

En cuanto a las versiones del sistema operativo y compatibilidad con la plataforma Wonderware¹, a continuación se incluye una tabla donde se resume la compatibilidad de las plataformas.

¹ Ver Glosario

Producto / Sistema Operativo	IOServer y DAServer Modbus RTU, Modbus Ethernet y Modbus Plus	InTouch 9.0	InSQL 8.0
Windows 2000 Professional SP4		X	
Windows 2000 Server SP4		X	X
Windows XP Professional SP2	X	X	
Windows 2003 Server		X	X
Windows 2000 Professional SP3	X		
Windows 2000 Server SP3	X		

Tabla 7. Compatibilidad de la plataforma Wonderware y los sistemas operativos Microsoft

Como se puede ver en la tabla anterior, en las estaciones donde se ejecutaría el InTouch¹ y los driver¹ de comunicación (I/O Server¹) es recomendable el uso de Windows XP Professional SP2. Por otro lado, el servidor de InSQL¹ debía tener Windows 2000 Server SP4 con el fin de estandarizar los sistemas operativos de la planta y la corporación.

Para solventar el problema relacionado con la lentitud en los despliegues de tendencias históricas, se propuso la actualización del hardware de las estaciones de operación, y la implantación de Intouch¹ versión 9.0, la cual posee unos controles de programación (Active X¹) con el rendimiento adecuado. Esta herramienta, en conjunto con computadoras de alta capacidad de procesamiento, garantizaba que se lograra realizar tendencias rápidamente para cualquier periodo de tiempo.

Con respecto al problema relacionado con la dificultad de acceso a la información histórica, se dividió este problema en dos partes. Uno representado por la dificultad de adquirir la data histórica de la planta, especialmente desde el inicio de su funcionamiento; y el otro, representando por la baja confiabilidad del servidor de

¹ Ver Glosario

InSQL¹ (en ocasiones se perdían datos debido a fallas en el sistema) instalado en ese momento en la máquina de ingeniería.

Existía una gran cantidad de data almacenada en los archivos históricos de Intouch¹ donde se encontraba información de diferentes variables desde el inicio de la planta. A través de la actualización de la licencia de InSQL¹ a por lo menos la versión 8.0 con SP1 era posible transformar los archivos históricos de Intouch¹ a InSQL¹. De esta forma, se podía tener toda la data disponible para después ser accesada por el personal interesado en esta. El procedimiento para llevar toda la información histórica (incluyendo la del inicio de la planta) al servidor de InSQL¹ a través de la nueva versión de InSQL¹ se encuentra establecido en la documentación referente al producto.

Las fallas del servidor InSQL¹ se debía en primer lugar, a que se encontraba instalado en la misma máquina donde se encontraba corriendo la aplicación de Intouch¹, lo cual producía un alto consumo de recursos del CPU ocasionando que el servidor quedara fuera de servicio. La recomendación del fabricante, en este caso Wonderware, es que ambas aplicaciones deben correr en máquinas distintas. Por tanto, el primer paso a seguir debía ser instalar ese servidor en un nuevo computador.

En cuanto al problema relacionado con la dificultad en la distribución de la información histórica a otros usuarios diferentes al personal de operación, luego de haberse resuelto el problema anterior y de haberse instalado correctamente el servidor de InSQL¹ (esto incluye colocar el InSQL¹ en un nuevo computador, la correcta configuración de la base de datos SQL y la conversión de archivos históricos de Intouch a base de datos SQL) se podía adquirir la información de la base de datos SQL vía Active Factory¹. Esta herramienta permite desde Excel, Word o Internet Explorer obtener los datos del servidor SQL y poder crear reportes de una manera sencilla y práctica. Existen dos modalidades con respecto a la forma de adquirir este tipo de licencias:

¹ Ver Glosario

- Active Factory¹ per seat: esta licencia se encuentra instalada localmente en la máquina (es valida para un único usuario y es necesario comprar tantas licencias como usuarios existan). Solamente dicha máquina puede adquirir los datos vía SQL.

- Active Factory¹ per Server: esta licencia se encuentra instalada en el servidor de InSQL. Permite que cinco usuarios diferentes puedan adquirir los datos del servidor SQL. Es posible tener más de cinco máquinas con el software Active Factory¹ instalado dentro de la red, pero solamente cinco usuarios pueden conectarse al servidor. Si un sexto se conecta no logrará la conexión hasta que uno de los cinco usuarios anteriores se desconecte.

En este documento se analiza posteriormente cual podría ser la modalidad de Active Factory¹ más recomendada.

Para solventar el problema relacionado con la falta de sincronización del sistema de alarmas, existían básicamente dos puntos a tratar con respecto a esto:

- El sistema de impresión, el cual depende de que el computador al cual se encuentra asociada la impresora se encuentre disponible.

- El sincronismo de hora y fecha entre los diferentes sistemas de alarmas y base de datos histórica generada por Intouch¹.

A través de la nueva versión de Intouch¹ 9.0 es posible manejar impresoras de red de tal forma que si una de las máquinas no se encuentra en funcionamiento, la otra máquina realice la respectiva impresión. De esta forma, se permite manejar redundancia a nivel de impresora.

De igual forma la versión de Intouch¹ 9.0 posee una herramienta llamada Alarm DB Logger¹ la cual permite manejar la sincronización de los archivos de alarmas en las distintas estaciones.

1.5 Resumen de las soluciones propuestas.

¹ Ver Glosario

Se propuso realizar una actualización de las versiones de los productos Wonderware con el fin de lograr cubrir los siguientes objetivos:

- Implantar las rutinas de redundancia del sistema de alarmas a través del Alarm DB Logger con el fin de poder hacer un almacenamiento confiable de cada una de las alarmas que se presentan en la planta.

- Implantar las rutinas de redundancia en las estaciones con el fin de manejar el Alarm Printer¹ de tal forma de poder realizar la impresión sin importar las condiciones de las estaciones.

- Manejar los registros históricos de la planta de una forma versátil y práctica. Esto incluía los registros históricos desde inicio de la planta.

- Optimizar el manejo de la visualización de las alarmas y tendencias a través de los controles Actives X¹ que manejan las nuevas versiones de Intouch¹.

- Luego de instalar los distintos softwares actualizados, el fabricante, en este caso Wonderware, garantizará con su plan de actualización el envío de cada uno de las nuevas actualizaciones relacionadas con el software además del soporte técnico necesario.

A continuación se presenta una tabla donde se indica los distintos softwares que se debían actualizar.

Software Existente	Software a actualizar o adquirir
Factory Suite 7.0 with I/O Server	Factory Suite 9.0 with I/O Server Version 7.5.09
Intouch 7.0 de 60K Runtime with I/O Server	Intouch 9.0 Runtime with I/O Server Version 7.5.09
InSQL with I/O Server	InSQL 8.0 5k with I/O Server version 7.6.0
Active Factory Per Seat	Active Factory Per Seat version 8.5
	Active Factory Per Server version 8.5
	Remote InSQL Data Acquisition Service (IDAS), v8.0

Tabla 8. Softwares existentes y a adquirir en la planta

La actualización de Intouch¹ 7.0 a Intouch¹ 9.0 fue totalmente transparente con excepción del manejo de las alarmas. Específicamente se debía colocar un objeto

¹ Ver Glosario

de alarmas distribuido donde antes había uno estándar, en cuyo caso debía verificarse la forma como se hacían los “queries”¹ de alarmas para ese objeto y adaptarlos al nuevo objeto distribuido. Cualquier botón con “action scripts”¹, cualquier otro tipo de “script”¹ y cualquier mecanismo empleado en la aplicación para hacer “queries”¹ de alarmas, debía revisarse y modificarse, de ser necesario, para que funcione con el objeto distribuido.

Luego de haberse realizado la migración de Intouch¹ era importante hacer múltiples pruebas a la aplicación. En estas pruebas se incluyó la visualización de los despliegues con respecto a la versión anterior, revisión de la visualización de los históricos de alarmas, filtros de alarmas y tendencias. Era muy importante durante las pruebas del nuevo sistema hacer énfasis en las alarmas ya que al pasar de una versión a otra el manejo de alarmas no era completamente transparente lo que obligaba a tener mucho más cuidado con respecto a este punto.

2.1. Arquitecturas propuestas. Posibles soluciones.

A continuación se describen las arquitecturas que se podían instalar en la planta.

2.1.1 Arquitectura Propuesta Número 1: Distribuida.

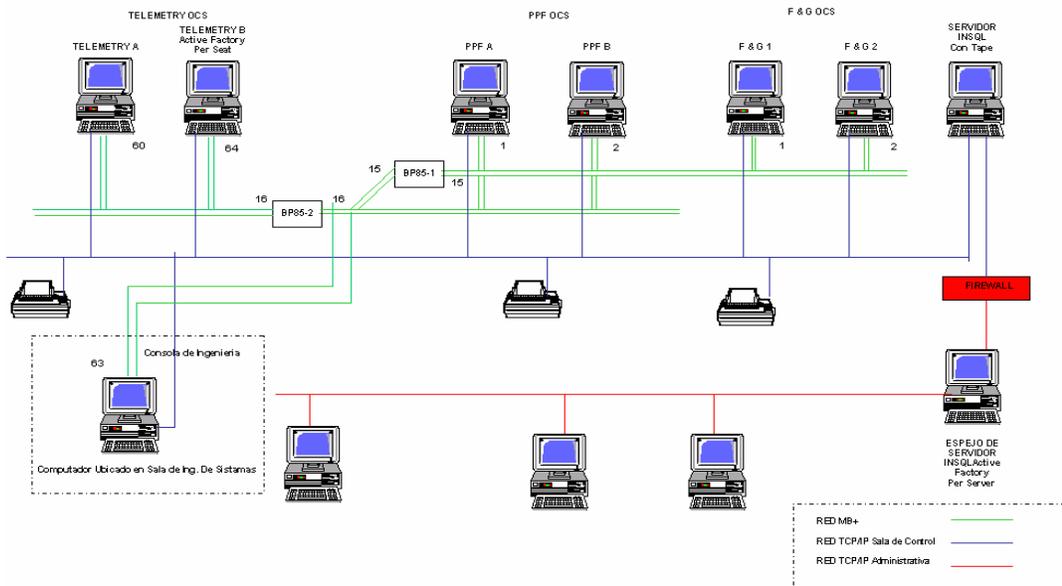


Figura 7. Arquitectura propuesta número 1 para red de planta

¹ Ver Glosario

En esta arquitectura se conserva la red que existía en la planta basada en MB+¹. A las estaciones de Telemetría, PPF y F&G se les podía instalar Intouch¹ 9.0 con I/O Server¹ MB+¹ versión 7.5.09. El sistema operativo a instalar en las máquinas era Windows XP Professional SP2 versión en inglés. En cada estación se debía activar el Alarm DB Manager¹ y la base de datos SQL (podía utilizarse el MSDE¹, Microsoft Desktop Engine, incluido con InTouch¹ o un SQL Server centralizado, MS SQL Server 7.1). A continuación se explica el funcionamiento de cada una de las estaciones.

Cada subsistema disponía de una estación principal y una de respaldo, ambas activas. La estación de Telemetría A representaba la máquina principal de la aplicación. En ella se estaba ejecutando el I/O Server que recoge todos los datos desde la MTU¹ y la aplicación de Intouch¹ 9.0. En paralelo se podía ejecutar el Alarm DB logger Manager¹ en conjunto con la base de datos en SQL. Esto permitía almacenar información de alarmas e historia en la máquina localmente. En caso que existiera algún problema con el servidor de InSQL, no se perdería ningún dato debido a que existía el respaldo localmente en la estación.

La máquina de Telemetría B, tomaría los datos para visualizar, de la aplicación de Intouch¹ que se encontraba en la estación de telemetría A. De esta forma se garantizaba que ambas estaciones estaban correctamente sincronizadas y que toda la información fuera uniforme. A su vez en esta misma estación se estaba ejecutando el Alarm DB Manager¹ junto a la base de datos SQL con el fin de tener un respaldo de los datos en caso de algún problema con la máquina principal. Era de hacer notar que la estación de Telemetría B estaba tomando en realidad los datos a través del I/O Server de la estación de Telemetría A. En caso de que existiera algún error a nivel de I/O Server, Intouch¹ o Hardware en la estación de Telemetría A, el I/O Server de la estación de Telemetría B se activaba automáticamente para recoger los datos y suministrarlos tanto al Intouch¹ de esta misma estación como a la base de datos SQL donde se están almacenando tanto alarmas como históricos relacionados con la planta localmente.

¹ Ver Glosario

La máquina encargada de realizar la impresión de alarma era la máquina de telemetría A a través del Alarm Printer¹. En caso de que existiera un problema en esta máquina, la máquina de telemetría B tomaba el control a través de su Alarm Printer¹ de la impresora.

Los demás subsistemas (F&G¹ y PPF¹) funcionaban en forma similar a las estaciones de telemetría.

Todas las alarmas y archivos históricos que se mostraban en el Intouch¹ se tomaban desde el servidor de InSQL a través de un enlace IDAS (el IDAS es una herramienta de Wonderware que permite la conexión entre el servidor de InSQL e Intouch¹). Sólo se utilizaba la base de datos SQL almacenada localmente en la máquina en caso de que exista una falla en el servidor de InSQL o en el enlace entre las estaciones y el servidor.

En caso que haya sucedido un problema en el Servidor de InSQL, las estaciones trabajaban con la data histórica almacenada en su propia base de datos SQL. Luego de haberse corregido el problema en el servidor de InSQL, a través del esquemático de redundancia (este es un nuevo esquemático a generar) se debía hacer en el sistema un failover¹ de la base de datos SQL local de la estación con el fin de producirse el cambio a la base de datos del servidor de InSQL a través del enlace IDAS.

Como se puede ver en la arquitectura se encuentran instalados dos servidores de InSQL. Para ambos servidores se recomendó que tuvieran como sistema operativo Windows 2000 Server SP4. El primero correspondía al servidor principal que recogía los datos a través de los I/O Server¹ de las siguientes estaciones:

- Estación de telemetría A. En caso de falla, estación de telemetría B.
- Estación PPF A. En caso de falla, estación PPF B.
- Estación F&G1. En caso de falla, estación F&G2.

¹ Ver Glosario

Se recomendaba que la recolección de los datos se hiciera a través de los I/O Server¹ de las estaciones, buscando evitar la pérdida de los datos en caso de cerrarse la aplicación de Intouch¹. Por otro lado, no se debía usar el I/O Server¹ en el servidor de InSQL directamente debido a que no es recomendado por el fabricante y requería la unión de las distintas redes MB+¹ degradando la eficiencia de la red.

El segundo servidor correspondía a un espejo del primero. Este servidor no recogía ningún tipo de dato. El primer servidor a través de una aplicación hecha en Visual Basic¹ transfería los datos a través del enlace ftp¹ al servidor espejo. Esta transferencia se podía programar para que fuera efectuada cada cierto periodo de tiempo (cada media hora). De esta forma se garantizaba en un 100% que los datos en ambos servidores fueran los mismos y que el único enlace entre la red de la sala de control y la red administrativa fuera el enlace ftp¹ (requerimiento del cliente por criterios de seguridad).

Los diferentes usuarios de los datos en SQL buscaban esta información a través de la red administrativa y del servidor espejo a través de las licencias de Active Factory¹ instaladas. Para esta arquitectura se recomendaba instalar una licencia Active Factory per Server en el servidor de InSQL espejo. De esta manera, se podía garantizar que se conectaran un máximo de usuarios al servidor, y se pudiera instalar el software en distintas máquinas debido a que el control de las licencias se hace a nivel del servidor. Adicionalmente se recomendaba instalar una licencia Active Factory Per Seat en la estación de ingeniería, para poder tener acceso al InSQL, ya que esta estación no se encontraba conectada a la red administrativa. Además el personal de la sala de control podía adquirir los datos históricos SQL directamente en la sala de control de ser necesario.

El servidor de InSQL en la sala de control debía tener capacidad de almacenamiento en cinta. De esta manera se podía hacer respaldo en este servidor de todos los datos históricos. De igual forma el computador de ingeniería debía tener capacidad de almacenamiento en cinta para poder hacer “respaldo” de las diversas aplicaciones.

¹ Ver Glosario

En la siguiente tabla se muestra los diferentes paquetes de softwares que eran necesarios instalar, su ubicación en las distintas máquinas para esta arquitectura, y tarjetas adicionales a instalar en los slots PCI¹ de cada máquina.

Nombre	Dirección IP	Software	Tarjetas PCI a Instalar	Aplicaciones en Softwares adicionales	Tipo de Computador
Telemetría A	192.168.0.1	Intouch 9.0 Runtime with I/O Server Version 7.5.09	MB+ Part Number: 416NHM30032	Principal donde corre Alarm DB Logger Manager, Alarm Printer e IDAS (versión 8.0)	Computador A
Telemetría B	192.168.0.7	Factory Suite 9.0 with I/O Server Version 7.5.09	MB+ Part Number: 416NHM30032	Redundante . Con Active Factory per Seat version 8.5. IDAS(versión 8.0)	Computador A
F&G1	192.168.0.5	Intouch 9.0 Runtime with I/O Server Version 7.5.09	MB+ Part Number: 416NHM30032	Principal donde corre Alarm DB Logger Manager, Alarm Printer e IDAS(versión 8.0)	Computador A
F&G2	192.168.0.6	Intouch 9.0 Runtime with I/O Server Version 7.5.09	MB+ Part Number: 416NHM30032	Redundante. IDAS(versión 8.0)	Computador A
PPF-A	192.168.0.2	Intouch 9.0 Runtime with I/O Server Version 7.5.09	MB+ Part Number: 416NHM30032	Principal donde corre Alarm DB Logger Manager, Alarm Printer e IDAS (versión 8.0)	Computador A
PPF-B	192.168.0.3	Factory Suite 9.0 with I/O Server Version 7.5.09	MB+ Part Number: 416NHM30032	Redundante. IDAS(versión 8.0)	Computador A
InSQL Server en red de	A definir (Propuesta: 192.168.0.4)	InSQL 8.0 5k with I/O Server	Ethernet Card (Ejemplo: 192.168.1.1)	Con enlace IDAS configurado versión 8.0.	Computador B

¹ Ver Glosario

Control		version 7.6.0			
InSQL Server Espejo	A definir (Ejemplo: 192.168.1.42)	InSQL 8.0 5k with I/O Server version 7.6.0	Ethernet Card (Ejemplo: 192.168.2.0)	Con Active Factory per Server version 8.5	Computador B
Computador de Ingeniería	A definir 192.168.0.8	Factory Suite 9.0 with I/O Server Versión 7.5.09	MB+ Part Number: 416NHM30032	Con Alarm DB Logger Manager, Alarm Printer	Computador A

Tabla 9. Características de las diversas máquinas a instalar en una arquitectura distribuida

La configuración típica de cada máquina se muestra en la siguiente figura.

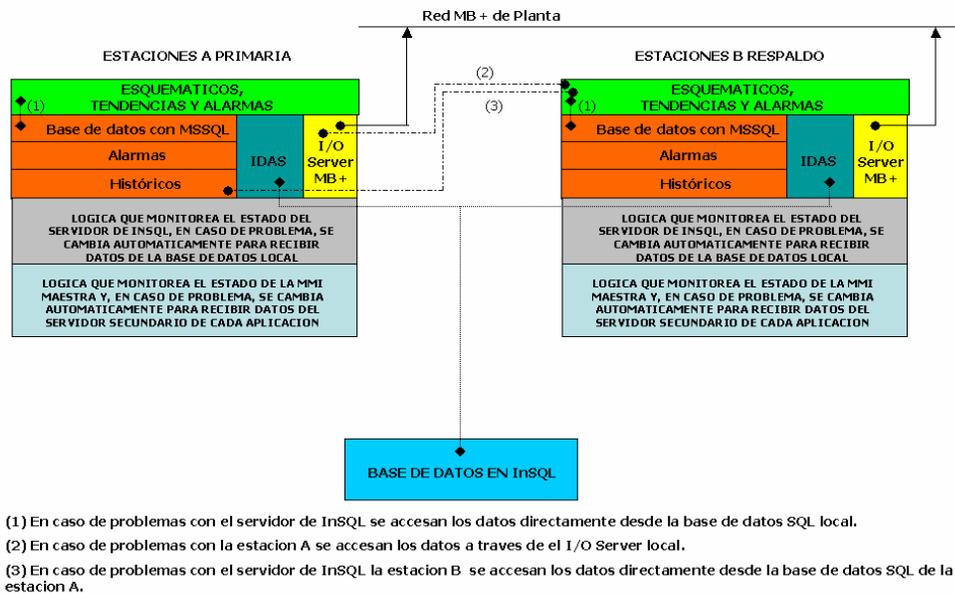


Figura 8. Configuración de estaciones de Operación por aplicación

La sincronización de la fecha y la hora de las distintas máquinas que conforman el sistema se realizaba a través del comando NET del sistema operativo. La sintaxis completa es NET TIME \\computer /SET /Y, donde “computer” es el nombre del computador contra el cual se sincronizarán todos los PC, por ejemplo el servidor de InSQL. Dicho comando lo puede ejecutar InTouch¹ o se pueden

¹ Ver Glosario

programar tareas de Windows (Tareas Programadas) para ejecutarlo periódicamente. La máquina encargada de enviar el comando de sincronización debía ser el servidor de InSQL debido a que esta máquina era la más robusta de la red. La hora base se podía tomar automáticamente a través de un GPS o ser ingresada manualmente por el ingeniero de sistemas. No se consideró necesario el uso de un GPS, sin embargo se menciona como una posibilidad en el caso de que el usuario quisiera automatizar este proceso.

Entre las ventajas que se podían enumerar al implantar esta arquitectura se encuentran:

- Acceso en forma segura a través del servidor espejo (InSQL) a los datos almacenados en el servidor InSQL por parte de usuarios ajenos al sistema de control propiamente dicho.
- Gracias a los niveles de redundancia implantados entre las distintas estaciones el sistema es tolerante a fallas. Es importante señalar que la redundancia entre las estaciones es realizada a través de scripts¹ programados. El fabricante no permite hacer redundancia sino a través de las propias herramientas de programación suministradas por éste.
- Se mantiene el esquema actualmente utilizado con el cual el personal de mantenimiento ya está familiarizado, esto se traduce en menor costo de entrenamiento y menor costo de implantación al no tener que hacer pruebas exhaustivas del sistema. Por otra parte, esta arquitectura ha probado su confiabilidad y disponibilidad durante el tiempo que había estado en operación.

Entre las desventajas se podían mencionar:

- En el caso de las estaciones de Intouch¹ no existe ni una base de datos ni una aplicación unificada, esto obliga a realizar diferentes respaldos de las distintas aplicaciones y base de datos ante alguna eventualidad. Esto dificulta el mantenimiento a realizar dentro de la planta.

¹ Ver Glosario

Con esta arquitectura se garantizaba la redundancia a nivel de despliegues, datos, alarmas, históricos e impresión.

2.1.2 Arquitectura Propuesta Número 2: Centralizada.

En esta arquitectura el esquema era totalmente centralizado. Existían dos servidores Intouch¹ los cuales son los encargados de recolectar todos los datos a través de una red Modbus TCP/IP¹. Se propuso migrar la red Modbus Plus¹ a Modbus TCP/IP¹ para el esquema centralizado debido a que al unir los diferentes subsistemas en una sola red, el tráfico de datos aumentaría significativamente, originando la necesidad de instalar una red más rápida (MB+¹, red instalada en ese momento tenía una velocidad de 1 Mbps, mientras que Modbus TCP/IP¹, red propuesta, tiene una velocidad de hasta 100Mbps).

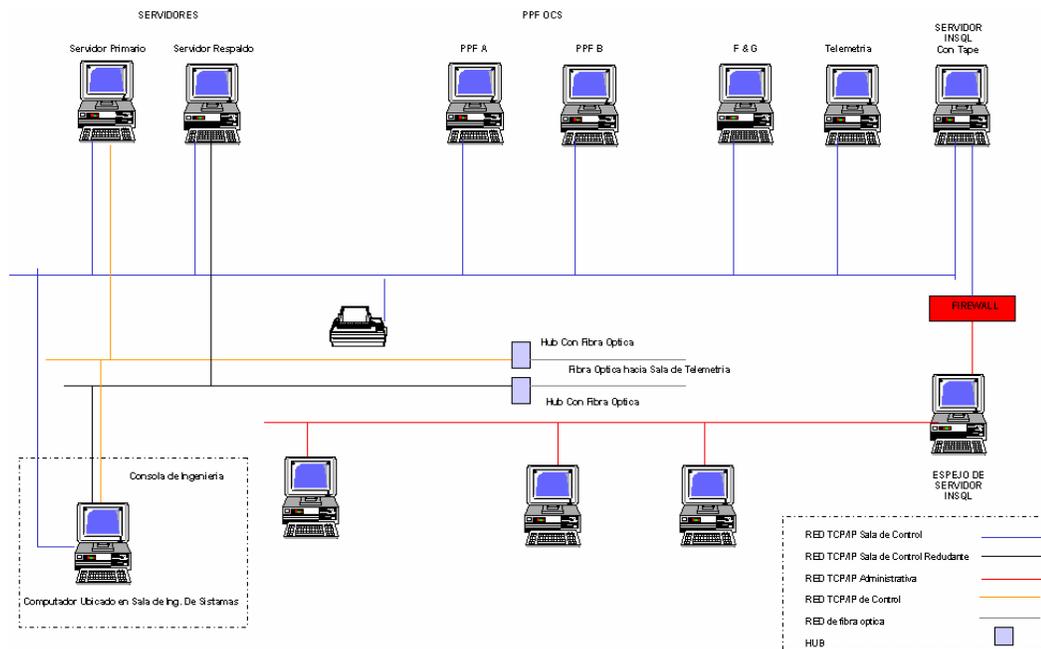


Figura 9. Arquitectura propuesta número 2 para red de planta

Existía un servidor primario el cual estaba encargado de recolectar todos los datos, las estaciones de operación recogían la información del servidor principal, en caso de que existiera un problema en el servidor o la red a la que esta asociada dicho servidor, automáticamente se realiza el cambio al servidor de respaldo y el I/O

¹ Ver Glosario

Server¹ instalado en este computador comienza a recoger los datos. Las estaciones de operación no tenían ningún contacto con la red de control existente. Sólo se utilizaban para desplegar la información almacenada en los servidores (despliegues, tendencias, alarmas). Al mismo tiempo el Alarm DB Manager¹, el Alarm Printer¹ y la base de datos SQL local se encontraban trabajando en el servidor primario. En caso de algún problema se trabajaba con las aplicaciones que se encuentran instaladas en el servidor de respaldo. En caso de existir algún problema con el servidor de InSQL se garantizaba que no va existir ninguna pérdida de la información en la base de datos ya que también se encontraban almacenados en los servidores de Intouch¹.

Los servidores recogían la información necesaria para animar los despliegues en las estaciones de operación de Intouch¹. La información histórica se recogía del servidor de InSQL. Solamente en caso de problema con este, automáticamente se comenzaría a recoger la data histórica de los servidores de Intouch¹.

Las aplicaciones que existían se deberían consolidar en una aplicación con una base de datos única, cargada en los servidores Intouch¹ redundantes. Las estaciones de operación serían de múltiple personalidad, es decir desde cualquiera de ellas se podría tener acceso a los despliegues de telemetría, PPF¹ y F&G¹. Se debía elaborar en la nueva aplicación una barra de tarea que permitiera navegar fácilmente entre los diferentes despliegues de los subsistemas existentes. En este documento se menciona que son dos estaciones de PPF¹, dos de F&G¹ y una telemetría, pero esto no quiere decir que desde la estación de Telemetría el operador no pueda acceder a la información de F&G¹ o PPF¹. Sencillamente, se sugirió de esta forma debido a que por la experiencia de operaciones, esta podía ser el esquema en que durante una operación normal de la planta las estaciones podrían trabajar con las distintas aplicaciones.

El servidor de InSQL podría adquirir los datos a través de los I/O Server¹ de los servidores de Intouch¹ a través de los enlaces IDAS.

¹ Ver Glosario

El funcionamiento del servidor de InSQL era totalmente igual a la arquitectura anterior. Como se podía ver en la arquitectura se encontraban instalados dos servidores de InSQL. Ambos servidores se recomendó que tuvieran como sistema operativo Windows 2000 Server SP4. El primero corresponde al servidor principal que recoge los datos a través del I/O Server¹ del servidor principal de Intouch¹. En caso de algún problema, se tomaran los datos del I/O server¹ del servidor secundario.

Se propuso que se recogieran los datos a través del I/O Server¹ del servidor principal con el fin de evitar la pérdida de los datos en caso de cerrarse la aplicación de Intouch¹. Por otro lado, no se recomendó la utilización del I/O Server¹ en el servidor de InSQL directamente debido a que no es recomendado por el fabricante.

El segundo servidor correspondía a un espejo del primero. Este servidor no obtendría ningún tipo de dato. El primer servidor a través de una aplicación hecha en Visual Basic llevaría los datos a través del enlace ftp¹ al servidor espejo. Esta transferencia se podía efectuar cada cierto periodo de tiempo. De esta forma se garantizaba que los datos en ambos servidores fueran los mismos y que el único enlace entre la red de la sala de control y la red administrativa sea el enlace ftp¹.

Los diferentes usuarios de los datos en SQL podrían obtener estos, a través de la red administrativa y del servidor espejo por medio de las licencias de Active Factory¹ instaladas. Para esta arquitectura se propuso instalar una licencia Active Factory per Server en el servidor de InSQL Espejo. De esta manera, se podía garantizar que se conectara un máximo de usuarios al servidor y se podría instalar el software en distintas máquinas debido a que el control de las licencias se hace a nivel del servidor. Adicionalmente, se recomendó instalar una licencia Active Factory Per Seat en la estación de ingeniería para poder tener acceso al InSQL ya que esta estación no se encontraría conectada a la red administrativa. De esta manera el personal de la sala de control podría adquirir los datos históricos SQL directamente en la sala de control de ser necesario.

El servidor de InSQL en sala de control debía tener capacidad de almacenamiento en cinta. De esta manera se podría hacer respaldos en este servidor

¹ Ver Glosario

de todos los datos históricos. El respaldo de las diversas aplicaciones existentes se debía realizar en cinta en el computador de ingeniería.

En la siguiente tabla se muestra los diferentes softwares que eran necesarios instalar, su ubicación en las distintas máquinas para esta arquitectura y tarjetas adicionales a instalar en los slots PCI¹.

Nombre	Dirección IP	Software	Tarjetas PCI a Instalar	Aplicaciones en Softwares adicionales	Tipo de Computador
Servidor Primario	192.168.0.1	Factory Suite 9.0 with I/O Server Version 7.5.09		Principal donde corre Alarm DB Logger Manager, Alarm Printer e IDAS (versión 8.0)	Computador B
Servidor Secundario	192.168.0.7	Factory Suite 9.0 with I/O Server Version 7.5.09		Redundante donde corre Alarm DB Logger Manager, Alarm Printer e IDAS (versión 8.0)	Computador B
F&G	192.168.0.5	Intouch 9.0 Runtime			Computador A
Telemetría	192.168.0.6	Intouch 9.0 Runtime			Computador A
PPF-A	192.168.0.2	Intouch 9.0 Runtime			Computador A
PPF-B	192.168.0.3	Intouch 9.0 Runtime			Computador A
InSQL Server en red de Control	A definir (Propuesta: 192.168.0.4)	InSQL 8.0 5k with I/O Server version 7.6.0	Ethernet (Ejemplo: 192.168.1.1)	Con enlace IDAS configurado versión 8.0.	Computador B
InSQL Server Espejo	A definir (Ejemplo: 192.168.1.42)	InSQL 8.0 5k with I/O Server version 7.6.0	Ethernet (Ejemplo: 192.168.2.0)	Con Active Factory per Server version 8.5	Computador B
Computador de Ingeniería	192.168.0.5	Factory Suite 9.0 with I/O Server Version 7.5.09	Ethernet (Ejemplo: 192.168.2.1)	Con Alarm DB Logger Manager, Alarm Printer y Active Factory per Seat version 8.5.	Computador A

Tabla 10. Características de las diversas máquinas

Entre las ventajas que se podían enumerar al implementar esta arquitectura se encuentran:

¹ Ver Glosario

- Todas las bases de datos y aplicaciones se encuentran unificadas. Esto facilita el mantenimiento y la labor de realizar respaldos de la aplicación, pues es una sola aplicación y un sólo respaldo.
- Se está usando un protocolo nuevo para la red totalmente abierto, con una alta capacidad para integrar cualquier sistema y con una gran velocidad de transmisión de datos. Esto le permite al sistema mayor capacidad de crecimiento y menor dependencia de un único fabricante.

Entre las desventajas se podrían mencionar:

- Se requiere cambiar el hardware en los PLC existentes, de modo de poder conectarlos a una red Modbus TCP¹. Esto requiere una parada de planta.
- Se requiere hacer cambios en los programas de los PLCs existentes para permitir el intercambio de datos a través de la red Modbus TCP¹. Esto requerirá a su vez, hacer pruebas de integridad de transferencia de datos entre los PLCs y servidores Intouch¹, así como de la base de datos Intouch¹.
- Al unificar las aplicaciones era necesario hacer pruebas exhaustivas en fábrica para garantizar que no existían conflictos con scripts¹ o duplicación de puntos en la base de datos.
- Era necesario la instalación de cableado nuevo, ya que el existente (Cableado Modbus Plus¹) no es adecuado para una red Ethernet (Modbus TCP¹) (se propuso la instalación de fibra óptica entre la sala de control y la sala de telemetría).
- Era necesario nuevo entrenamiento al personal con la nueva arquitectura.

¹ Ver Glosario

CAPÍTULO V

SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE PLANTA. SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS.

En conclusión, ambas arquitecturas propuestas resolvían los problemas encontrados a nivel de las estaciones de operación y sistemas de base de datos. En ambos casos, se requería realizar pruebas en fábrica ya que la migración de Intouch¹ 7.0 a Intouch¹ 9.0 requiere verificación de los scripts¹ y de la forma como se despliegan las alarmas, no obstante, la arquitectura centralizada requería una prueba total de toda la base de datos del sistema, e involucraba el cambio a plataforma Modbus TCP¹ con los respectivos cambios en los PLCs lo cual se debía hacer durante una parada de planta.

La ventaja fundamental de una arquitectura centralizada lo constituye la uniformidad del sistema de alarmas y la simplificación del mantenimiento de las aplicaciones (una sola aplicación), así como la adopción de una tecnología superior a nivel de la red de control (conexión con los PLC) lo que a su vez se traduce en mayor conectividad con otros sistemas y mayor capacidad de crecimiento sin degradar el rendimiento requerido de la red.

En cuanto a la tolerancia a fallas de ambas arquitecturas, se han planteado las modificaciones necesarias a hacer en los distintos sistemas, para garantizar la operabilidad de estos ante la ocurrencia de una falla.

Por otro lado, es importante mencionar que es posible adaptar el protocolo TCP/IP en una arquitectura distribuida similar a la que se propuso en la arquitectura número 1, pero no se ha indicado en este documento debido a que si se decide implantar un nuevo protocolo era preferible adoptar el esquema centralizado.

Al evaluar el factor precio-beneficio se puede observar que la arquitectura centralizada basada en Modbus TCP¹ es más competitiva que la red distribuida

¹ Ver Glosario

basada en Modbus Plus¹. Esto se debe a que los dispositivos usados en la segunda opción (por ejemplo tarjetas de red Modbus Plus¹ para las nuevas estaciones de trabajo) son más costosos que los usados en la primera opción. Naturalmente existen costos adicionales debido a que es necesario adoptar los PLCs a esta nueva red, pero al revisar los beneficios que pueden aportar el uso de un protocolo abierto basado en TCP/IP es preferible instalar una arquitectura de este tipo. A esto se suman las facilidades de mantenimiento y soporte de una sola aplicación donde existen todos los puntos de la base de datos.

A continuación se puede encontrar una descripción detallada de la instalación hecha basada en la arquitectura centralizada con Modbus TCP¹ que se realizó después de realizar los estudios anteriormente mostrados.

1.1 Descripción de la arquitectura centralizada.

La planta de Rucio Viejo en Jusepín dispone de un sistema SCADA conformado por (anexo 3, figura 9 y 11):

- Cinco estaciones de operación con Intouch 9.0 de Wonderware, desde donde se puede visualizar todo lo relacionado con el control de procesos de la planta (PPF¹), sistema de Fuego y Gas (F&G¹), Parada de Emergencia (ESD¹), telemetría de pozos y sistema de inyección de agua y gas.
- Dos servidores (redundantes) con Factory Suite¹ 9.0, Intouch 9.0¹ de Wonderware y I/Oserver¹ de Wonderware.
- Un servidor InSQL para la adquisición de datos históricos.
- Un Servidor de InSQL espejo para disponer de los datos históricos en la red administrativa.
- Controladores de Lógica Programables (PLC) de la serie Quantum de Schneider con las siguientes funciones:
 - Un PLC redundante que hace las veces de Unidad Terminal Maestra (MTU) de la telemetría de pozos.

¹ Ver Glosario

- Un PLC redundante para el sistema de parada de emergencia (ESD) de la planta
- Un PLC simple para el control de procesos de la planta (PCS) y telemetría de los patines de medición de gas y agua de inyección.
- Un PLC de seguridad completamente redundante marca HIMA para el sistema de F&G de la planta.
- Dos “Puentes” convertidores de Modbus¹ RTU a Modbus TCP¹ para conectar a los sistemas de EPJ y ACOGAS a la red de control.
- Dos “Puentes” convertidores de Modbus¹ RTU a Modbus TCP¹ para conectar el sistema de F&G¹ a la red de control.
- Dos redes redundantes Ethernet TCP/IP, una denominada red de control, la cual conecta todos los PLC's entre sí y a los servidores; y la otra, denominada red de supervisión, la cual conecta las estaciones de operación con los servidores. La red de PLC's en sala técnica, se encuentra conectada, a través de un enlace redundante de fibra óptica a la red de la sala de control donde se encuentran los servidores.

Las aplicaciones de Telemetría, PPF¹ y F&G¹ están consolidadas en una sola base de datos, y desde cualquiera de las cinco estaciones de operación se puede tener acceso a todos los despliegues, sin embargo, para efectos de la operación de la planta, a las estaciones se les asigna funciones diferentes (una para la telemetría de pozos, dos para el control de procesos y parada de emergencia de la planta, y dos para el sistema de F&G¹).

1.1.1 Sala de Control.

La sala de control es el lugar donde se encuentran ubicados las estaciones de operación, los servidores primario y secundario y el servidor InSQL. La forma como se encuentran interconectados dichos equipos se presenta en la figura a continuación:

¹ Ver Glosario

solamente cinco usuarios podrán acceder a la vez a la data histórica que se encuentra en el Servidor InSQL espejo.

- Tres impresoras desde donde se reportan las alarmas por separado del sistema de F&G¹, PCS/ESD y Telemetría.
- “Switches” Ethernet NTRON, modelos 304TX y 306TX que permiten realizar la interconexión de los equipos que componen la red tanto de sala de control como en la sala técnica.
- “Switches” Ethernet DELL/PowerConnect (5324, 3324 y 2608) para manejo de IEEE 802.1w (RSTP, Rapid Spanning Tree Protocol). Este protocolo permite construir redes Ethernet redundantes mediante la definición de una ruta alterna en caso de falla de la ruta principal.
- Un “Firewall” que separa la red administrativa de la red de sala de control. Entre estas redes sólo está habilitado el puerto “FTP” y sólo se permite enviar información desde la sala de control hacia la red administrativa. No está permitido el envío de información desde la red administrativa hacia la sala de control.

A continuación se muestran las principales características de cada uno de los equipos que componen en la sala de control la Red de Supervisión y Control de la Planta Rucio Viejo de TOTAL Oil and Gas.

EQUIPO	SISTEMA OPERATIVO	SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DEL EQUIPO
<p>Servidor Primario</p> 	Windows 2000 Server SP4	Factory Suite 9.0 con I/O Server y Intouch 9.0 de Wonderware	<ul style="list-style-type: none"> ○ Marca: DELL PowerEdge 2850 ○ 64-bit Intel® Xeon™ 3.6GHz, 800MHz front side bus, 2MB L2 cache. ○ Tarjeta de Red Intel Pro 1000MT. ○ Operating System: Microsoft® Windows® 2000 Server, version en Ingles. ○ Memory: 2GB RAM. ○ Boot Hard Drive: 2 discos de 75GB ECC DDR-2 SDRAM ○ Keyboard, Mouse unidad de CD y Floppy.

<p>Servidor Respaldo</p> 	<p>Windows 2000 Server SP4</p>	<p>Factory Suite 9.0 con IOserver y Intouch 9.0 de Wonderware</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Marca: DELL PowerEdge 2850 o 64-bit Intel® Xeon™ 3.6GHz, 800MHz front side bus, 2MB L2 cache. o Tarjeta de Red Intel Pro 1000MT. o Operating System: Microsoft® Windows® 2000 Server, version en Ingles. o Memory: 2GB RAM. o Boot Hard Drive: 2 discos de 75GB ECC DDR-2 SDRAM o Keyboard,Mouse, unidad de CD y Floppy.
<p>Servidor InSQL</p> 	<p>Windows 2000 Server SP4.</p>	<p>InSQL 8.0 5k tags. IDAS versión 8.0.</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Marca: DELL PowerEdge 2800 o 64-bit Intel® Xeon™ 3.6GHz, 800MHz front side bus, 2MB L2 cache. o Tarjeta de Red Intel Pro 1000MT. o Operating System: Microsoft® Windows® 2000 Server, version en Ingles. o Memory: 2GB RAM. o Boot Hard Drive: 5 discos de 75GB ECC DDR-2 SDRAM o Keyboard,Mouse, unidad de CD y Floppy.
<p>Servidor InSQL Espejo</p> 	<p>Windows 2000 Server SP4.</p>	<p>InSQL 8.0 5k tags. Active Factory per Server version 8.5.</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Marca: DELL PowerEdge 2800 o 64-bit Intel® Xeon™ 3.6GHz, 800MHz front side bus, 2MB L2 cache. o Tarjeta de Red Intel Pro 1000MT. o Operating System: Microsoft® Windows® 2000 Server, version en Ingles. o Memory: 2GB RAM. o Boot Hard Drive: 5 discos de 75GB ECC DDR-2 SDRAM o Keyboard,Mouse, unidad de CD y Floppy.
<p>Estación de Operación</p> 	<p>Windows XP Professional SP2</p>	<p>Intouch 9.0 Runtime -</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Marca: DELL Optiplex GX280 Intel® Pentium® 4 Processor 3.00GHz, 1M Int Broadcom Gigabit NIC 800FSB. o Tarjeta de Red PCI Intel Pro 1000MT. o Operating System: Microsoft® Windows® XP Professional, SP2 with Media and NTFS, Versión en Ingles. o Memory: 1GB, 400MHz DDR2 400MHz. o Hard Drive: Optiplex GX270 y SX280, 40GB SATA 7200RPM o Intel Pro 1000MT Copper Gigabit Network Adapter. o Monitor: Dell UltraSharp 2001FP Flat Panel with Height Adjustable Stand, 20.0 Inch VIS o Dell Keyboard, Mouse y Speakers

<p style="text-align: center;">Estación de Ingeniería</p> 	<p style="text-align: center;">Windows XP Professional SP2</p>	<p style="text-align: center;">Factory Suite Concept 2.6 Active Factory</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Marca: DELL Optiplex GX280 o Intel® Pentium® 4 Processor 3.00GHz, 1M Int Broadcom Gigabit o Tarjeta de Red PCI Intel Pro 1000MT. o NIC 800FSB. o Operating System: Microsoft® Windows® XP Professional, SP2 with Media and NTFS, Versión en Ingles. o Memory: 1GB, 400MHz DDR2 400MHz. o Hard Drive: Optiplex GX270 y SX280, 40GB SATA 7200RPM o Intel Pro 1000MT Copper Gigabit Network Adapter. o Monitor: Dell UltraSharp 2001FP Flat Panel with Height Adjustable Stand, 20.0 Inch VIS o Dell Keyboard, Mouse, unidad de CD y Speakers.
--	--	---	--

Tabla 11. Características de las máquinas de Sala de Control

A continuación se muestra una tabla donde se presenta las características de cada uno de los “Switches” Ethernet que se encuentran en sala de control.

Marca/Modelo Switch	Descripción	Cantidad
N-TRON/304TX	Industrial Ethernet Switch with 4 10/100baseT Ports (unmanaged),DIN-Rail	3
N-TRON/306TX	6 port 10/100BaseTX Industrial Ethernet Switch, DIN-Rail	2
DELL/ PowerConnect 2608	8-Port Gigabit Ethernet Switch	1
DELL/ PowerConnect 5324	24 10/100/1000BASE-T ports	2
DELL/ PowerConnect 3324 with SFP Transceiver	24 10/100BASE-T ports with 2 SFP slots (combo) for stacking and/or fiber support (multimode)	2

Tabla 12. Características de los switches a usar en la Sala de Control

Los servidores se encuentran en la sala de control instalados en un “Rack Panel” marca Dell modelo 4110 42U energizados a través de un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).

1.1.2 Descripción y Funcionamiento del sistema.

Esta arquitectura presenta un esquema centralizado. Existen dos servidores Intouch encargados de recolectar todos los datos a través de una red Modbus TCP/IP (100 Mbps).

El servidor primario o principal es el encargado de recolectar todos los datos desde la red de control formada por los PLC's. Las estaciones de operación recogen la información del servidor principal, en caso de que exista un problema en el servidor o la red a la que está asociada dicho servidor, automáticamente se realiza el cambio al servidor de respaldo y el I/O Server¹ instalado en este computador comienza a recoger los datos. Las estaciones de operación no tienen ningún contacto con la red de control existente. Sólo se utilizan para desplegar la información almacenada en los servidores (despliegues, tendencias, alarmas en tiempo real). Al mismo tiempo, las distintas instancias del Alarm Printer¹ y los archivos de alarmas históricas se encuentran trabajando en el servidor primario. En caso de algún problema con este último se trabajará con las aplicaciones que se encuentran instaladas en el servidor de respaldo. En caso de existir algún problema con el servidor de InSQL se garantiza que no va existir ninguna pérdida de los datos históricos, ya que dicha data también se encuentra almacenada en el servidor primario en formato de archivo plano (LGH). Entre los servidores también existe respaldo de las alarmas históricas de archivos planos, pues si falla alguno, el otro se encarga de copiar estos archivos hacia el primero una vez restaurada la falla para tener siempre los mismos archivos entre estos servidores. Además, el Microsoft SQL instalado en el servidor de InSQL, es el que se encarga formalmente de guardar las alarmas históricas a través de la utilidad Alarm DB Logger Manager¹ que se encuentra en el servidor Primario. Cada estación consulta las alarmas a esta base de datos SQL para mostrarlas en las diferentes aplicaciones.

Los servidores se encargan de recolectar la información de campo (a través del I/O Server¹ Modbus Ethernet) necesaria para animar los despliegues de las estaciones de operación de InTouch¹. Las estaciones consultan la información de

¹ Ver Glosario

tendencias históricas del servidor de InSQL. En caso de problemas con el servidor de InSQL, el servidor primario estará guardando históricos en archivos planos que sirven de respaldo.

Las aplicaciones de TELEMETRIA, PPF¹ y F&G¹ se encuentran consolidadas en una aplicación con una base de datos única, cargada en los servidores Intouch¹ redundantes. Las estaciones de operación son de múltiple personalidad, es decir desde cualquiera de ellas se puede tener acceso a los despliegues de TELEMETRIA, PPF¹ y F&G¹. A través de la barra de tarea se permite navegar fácilmente entre los diferentes despliegues de los subsistemas existentes previa confirmación de la contraseña del supervisor. Como se ha mencionado anteriormente, son dos estaciones de PPF¹, dos de F&G¹ y una TELEMETRIA, pero esto no quiere decir que desde la estación de Telemetría el operador no pueda acceder a la información de F&G¹ o PPF¹. Sencillamente, se plantea un esquema en que durante una operación normal de la planta las estaciones deben estar trabajando con las aplicaciones cargadas de este modo.

El servidor de InSQL adquiere los datos a través de los InTouch¹ instalados en los servidores a través del enlace IDAS. En un principio, el servidor de InSQL recoge los datos a través del InTouch¹ del servidor principal. En caso de algún problema con este, se tomará los datos del InTouch¹ del servidor secundario.

De igual forma desde la estación de ingeniería se puede acceder a los datos SQL a través del Active Factory.

A través del puerto “FTP” del “Firewall” se lleva la información desde el servidor SQL hasta el servidor SQLMirror. En el Servidor SQL fue instalado el software WS_FTP que servirá como FTP Cliente enviando la data histórica al FTP Server y el programa SyncBack para la sincronización de tareas particulares de cada uno de los servidores. Se sincronizaron tareas en ambos servidores y entre ellos. La transferencia sólo se puede hacer desde la sala de control hasta la red administrativa. En sentido contrario no está permitida. En el disco E del servidor SQL se encuentran las siguientes carpetas: E: \InSQL\Data\Circular, E: \Vacía y E: \Circular_Temp.

¹ Ver Glosario

Aquí se ejecutan 4 tareas por hora: Con el software Syncback a las X:15 se vacía la carpeta “Circular_Temp”; a las X:20 se copia la data histórica de las ultimas 5 horas en la carpeta “Circular_Temp”; con el WS_FTP se borra la data de E: \CopyFTP en el SQLMirror a las X:30, y a las X:35 con el WS_FTP se copia todo lo que hay en la carpeta E: \Circular_Temp de el SQL Server en la carpeta E: \CopyFTP del SQL Mirror.

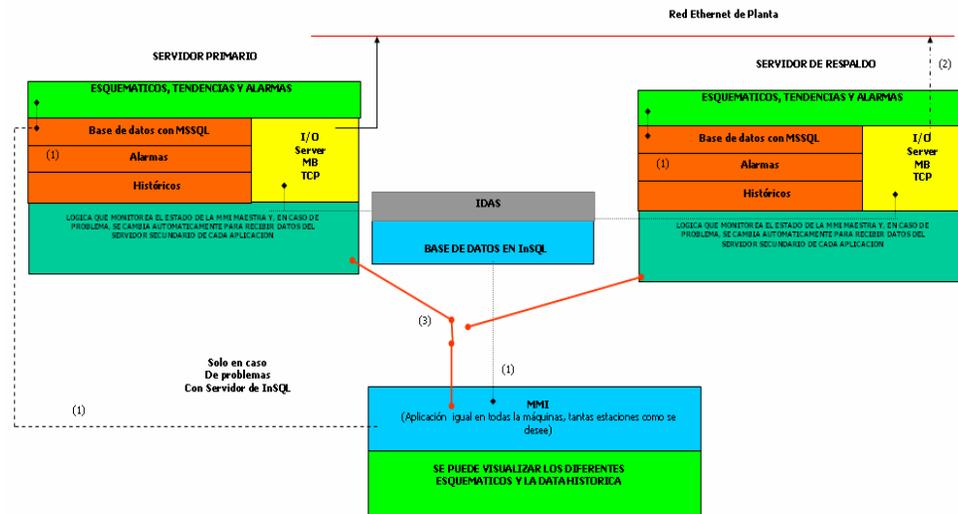
Por otro lado, en el disco E del Servidor SQL mirror se presentan las siguientes carpetas: E: \InSQL\Data\Circular, E: \Vacía y E: \CopyFTP. Aquí también se ejecutan dos tareas a través del software Syncback: A la X:40 se procede a borrar de E: \InSQL\Data\Circular la data histórica de las últimas 4 horas y por último a las X:45 se copia toda la carpeta E: \CopyFTP en E: \InSQL\Data\Circular. Y con esto se concluye la actualización de la data por esa hora en el SQL Mirror. Estas tareas se repetirán a lo largo del día cada hora.

Con esto se garantiza que los datos en ambos servidores sea igual y que el único enlace entre la red de la sala de control y la red administrativa sea el enlace ftp.

En la red administrativa, los diferentes usuarios de los datos en SQL adquieren ésta del servidor espejo a través de las licencias de Active Factory instaladas. En el servidor InSQL espejo se encuentra instalada una licencia Active Factory per Server de modo que se garantiza la conexión de un máximo de 5 usuarios al servidor a la vez.

La interconexión entre los equipos se hace a través de switches. De esta forma se garantiza un ancho de banda adecuado. Para poder hacer una conexión Ethernet redundante se usa el protocolo IEEE 802.1w (Rapid Spanning Tree Protocol). Este protocolo permite establecer dos caminos posibles para realizar la comunicación entre equipos. En caso de que uno de los caminos presente un problema se realiza un cambio de camino.

En la siguiente figura se puede ver un esquema donde se representa la configuración lógica de las diversas máquinas.



(1) Las estaciones toman la data historica del servidor de InSQL. En caso de problemas con el servidor de InSQL se accesan los datos directamente desde la base de datos SQL del servidor primario.

(2) En caso de problemas con el servidor primario, los datos se siguen recolectando a través del I/O Server del servidor de respaldo.

(3) Las estaciones de operación toman la información relacionada con despliegues desde el servidor primario. En caso de problemas con este servidor, se cambia hacia el servidor secundario.

Figura 11. Configuración de servidores y estaciones de operación.

En la siguiente tabla se puede ver el tamaño de la nueva aplicación tomando por separado cada uno de los subsistemas.

Aplicación	Cantidad de Despliegues	Puntos en Base de Datos
F&G	88	828
Telemetría	152	2958
PPF	145	1756
TOTAL	385	5542

Tabla 13. Tamaño de la aplicación de InTouch

El servidor de InSQL en sala de control tiene capacidad de almacenamiento en cinta. De esta manera se puede hacer respaldo en este servidor de todos los datos históricos así como de las diversas aplicaciones existentes en la planta y los discos duros de cada una las estaciones de operación. Para realizar respaldo de las aplicaciones se usa el software Drive Image que viene siendo una utilidad del paquete Ghost que distribuye la empresa Symatec. Este software permite hacer una copia de la imagen del disco facilitando un respaldo seguro y rápido de toda la información que se encuentra en un disco duro.

En la siguiente tabla se muestra las direcciones IP asignadas a cada uno de los dispositivos de la sala de control.

Computador	DIR IP (Red Control)	DIR IP (Red Supervisión.)
Servidor Primario	192.168.0.30	192.168.1.30
Servidor Secundario	192.168.0.31	192.168.1.31
Estación F&GA	-	192.168.1.34
Estación Telemetría	-	192.168.1.35
Estación PPF-A	-	192.168.1.36
Estación PPF-B	-	192.168.1.37
InSQL Server	-	192.168.1.32
InSQL Server Espejo	-	192.168.0.33
Computador de Ingeniería	192.168.0.41	192.168.1.41
Impresoras F&G	-	192.168.1.38
Impresoras Tel.	-	192.168.1.39
Impresoras PPF	-	192.168.1.40
Estación F&GB	-	192.168.1.42

Tabla 14. Direccionamiento IP en Sala de Control

SWITCH	DIR IP (Red Control)	DIR IP (Red Supervisión.)
SWITCH SP	-	192.168.1.80
SWITCH SS	-	192.168.1.81

Tabla 15. Direccionamiento IP Switches en Sala de Control

Las máquinas se han instalado bajo un dominio con el fin de asegurar una mayor seguridad en el acceso de la red. El servidor de InTouch¹ primario sirve como servidor principal de dominio y el servidor de Intouch¹ secundario como de respaldo. La sincronización de las horas se realiza a través del servidor primario por medio de un servicio que ofrece el Windows 2000 Server.

1.1.3 Sala Técnica.

En la siguiente figura se puede ver la arquitectura en la sala técnica:

¹ Ver Glosario

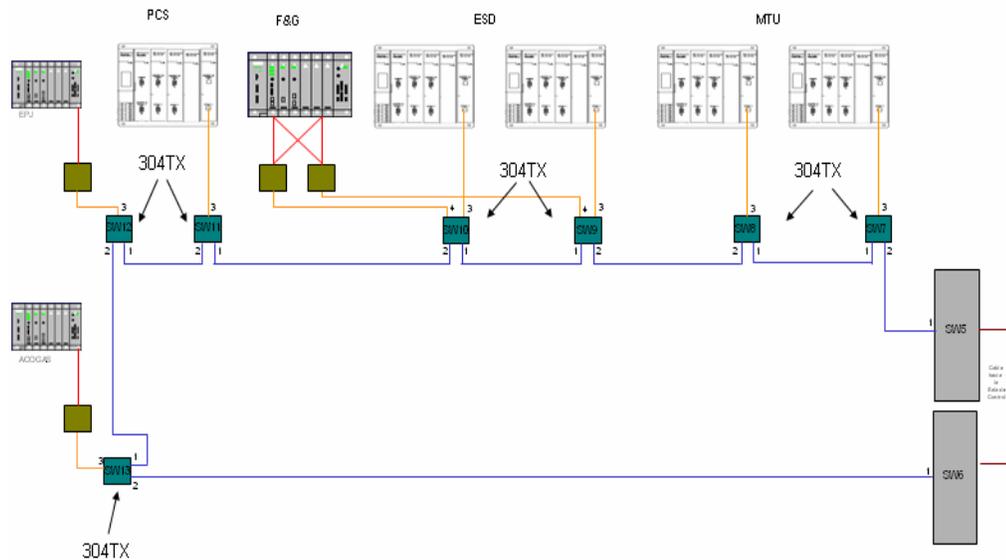


Figura 12. Arquitectura en sala técnica

La arquitectura está basada en el protocolo Modbus TCP¹, a través de este protocolo se lleva toda la información a los servidores, desde los diferentes sistemas (F&G¹, ESD¹, proceso, EPJ, Acogas Wilpro, Resor y Pozos).

Entre las características de los diversos dispositivos para permitir la comunicación entre los distintos PLC's se encuentran:

- En los PLC's Quantum (PCS¹, ESD¹ y MTU¹) se encuentran instaladas tarjetas 140NOE77111. A través de esta tarjeta se integran los PLC's al protocolo Modbus TCP¹.
- En el Sistema de F&G¹ se encuentran dos "Puentes" de Modbus TCP a Modbus modelo 174CEV30020.
- En el Sistema de telemetría de Acogas y EPJ se instalaron dos "Puentes" de Modbus TCP a Modbus modelo 174CEV30020.
- Siete switches de cuatro puertos 10/100 Base T marca N-TRON modelo 304TX.
- Instalación de dos switches de veinticuatro puertos 10/100 Base T con un transceiver¹ de Fibra Óptica multimodo marca DELL modelo PowerConnect 3324.

¹ Ver Glosario

La red Ethernet se construyó con una topología tipo anillo. Por ello, se instalaron tarjetas Ethernet¹ en cada PLC Quantum¹. Luego a través de switches se hicieron ramificaciones de forma de construir el anillo. Por último, se hicieron dos conexiones de fibra óptica multimodo que permiten hacer una conexión dual desde sala técnica a sala de control. Para lograr hacer la topología tipo anillo se usó el protocolo RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) el cual permite intercambiar rápidamente dos posibles caminos de datos en una red Ethernet¹.

El sistema de F&G¹, Acogas y EPJ se están comunicando vía Modbus TCP¹ a Modbus¹ entrando a la red a través de un “Puente”. De esta forma, los sistemas existentes se integraron fácilmente a la nueva red. En el caso del sistema de F&G¹ se colocaron dos convertidores de Modbus TCP¹ a Modbus¹ para garantizar una alta disponibilidad en la comunicación con dicho sistema. Para el caso de EPJ y Acogas la comunicación se hizo con un convertidor para cada uno de los sistemas.

El protocolo Modbus TCP¹ es un protocolo de red totalmente abierto, con una alta capacidad para integrar cualquier sistema y con una gran velocidad de transmisión de datos. Esto le permite al sistema, mayor capacidad de crecimiento y menor dependencia de un solo fabricante.

La MTU¹ y el ESD¹ son PLC's que manejan un sistema HotStandby¹, por tanto cada uno tiene dos switches NTRON¹ para integrar cada uno de sus CPU a la red.

En el anexo 3, se puede encontrar un esquema global de toda la arquitectura así como diversos detalles de esta.

El cable usado para implementar la red Ethernet¹ fue categoría CAT6 Marca Belden¹ modelo 11872A.

¹ Ver Glosario

La fibra usada para implementar la red entre Sala Técnica y Sala de Control es tipo multimodo 62.5/125µm marca Avaya (Lucent¹) con protección intemperie de 8 hilos.

1.1.4 Despliegues asociados al sistema.

Los despliegues y la funcionalidad de las diferentes aplicaciones es la misma que existía antes de hacer el cambio de la arquitectura. Esto significa que las aplicaciones siguen funcionando como se describe en los documentos de descripciones funcionales de los sistemas por separado.

Para poder navegar a las distintas aplicaciones se construyó un nuevo despliegue que representa el “overview” para poder trasladarse fácilmente de una aplicación a otra. En la siguiente figura se puede ver la apariencia de este despliegue. Desde la barra de tareas se puede navegar directamente a este despliegue y desde allí a cualquiera de las aplicaciones.



Figura 13. Overview General de la aplicación

En cuanto a las pantallas de alarmas, se sigue manteniendo el esquema anterior. Existen tres despliegues de alarmas los cuales representan los distintos subsistemas (F&G, PPF y Telemetría). En dichos despliegues sólo se podrá visualizar las

¹ Ver Glosario

alarmas correspondientes al sub-sistema respectivo. En caso que el operador necesite ver una alarma perteneciente a otra aplicación, tendrá que navegar a través del overview a esa aplicación y dirigirse al despliegue de alarmas, introduciendo previamente el password de supervisor. Cada aplicación posee un sonido de alarma característico. Adicionalmente, en la parte superior derecha de los distintos despliegues se puede ver un icono que señala a cual aplicación (PPF¹, F&G¹ o Telemetría) pertenece la alarma.

En cuanto a los despliegues que representan las fallas de sistemas de cada aplicación sigue manteniéndose la misma funcionalidad con la excepción de que se modificó la interfaz gráfica a las adaptaciones que se hicieron por la nueva arquitectura. Por otro lado, se crearon dos nuevos despliegues que representan un overview del sistema general para representar las fallas de los nuevos dispositivos. En la siguiente figura se puede ver este despliegue para el caso de los equipos que se encuentran en la sala de control.

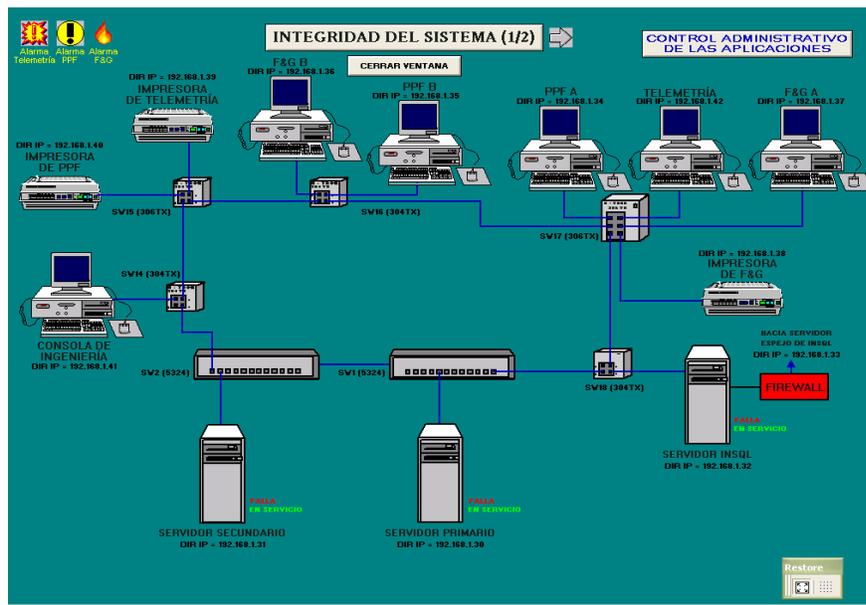


Figura 14. Overview del Sistema instalado en la Sala de Control

En el despliegue se encuentran las distintas estaciones de operación y los servidores. Cada uno de estos se animan con los siguientes colores:

¹ Ver Glosario

- Verde: para indicar que la estación o servidor se encuentra operativo.
- Rojo: para indicar que la estación o servidor se encuentra fuera de servicio.

Al presionar el botón CONTROL ADMINISTRATIVO DE LAS APLICACIONES, aparece un detalle que indica el estatus de los I/O Servers¹ e InTouch¹ Runtime¹ por medio de dibujos de luces estroboscópicas. En caso que se encuentre encendida la luz del servidor principal, indica que se encuentra trabajando el InTouch¹ de este servidor. En caso que se encuentre encendida la luz del servidor secundario, indica que se encuentra trabajando el InTouch¹ de este servidor y listo para asumir el control de las aplicaciones en caso de falla del servidor primario. En la figura 15 se puede observar el despliegue correspondiente al Control Administrativo de las Aplicaciones.

En la parte central izquierda del despliegue Control Administrativo de las Aplicaciones se encuentran los botones que permiten manipular el funcionamiento de los servidores. Los servidores de InTouch se pueden colocar a trabajar en dos modalidades:

- Automático: en caso que ocurra un problema se realiza el cambio automáticamente del I/O Server del servidor primario al secundario. Luego de 10 segundos que en el servidor primario se recupere el funcionamiento del I/O Server del servidor, se realiza el intercambio hacia dicho servidor. Esta operación se realiza independiente por cada tópico configurado en el I/O Server¹ Modbus Ethernet (MBENET¹).
- Manual: en este caso no se realiza ningún cambio del I/O Server del servidor primario a secundario o viceversa. Solamente se realiza un cambio si el operador presiona los botones que se encuentran en el despliegue administrativo que permiten cambiar la lectura de datos desde el I/O Server del servidor primario al secundario o viceversa.

En la figura 16, se puede observar el despliegue correspondiente a los equipos que se encuentran en la sala técnica. En este despliegue se puede observar los

¹ Ver Glosario

distintos PLC's que se encuentran en la sala técnica y su interconexión con el sistema supervisorio. En la parte inferior se puede ver el PLC Hot Standby¹ MTU¹ (Sistema de Telemetría), PLC Hot Standby¹ ESD¹ (Sistema de Parada de Emergencia), PLC PCS¹ (Proceso de la Planta) y el PLC redundante F&G¹ (Sistema de Fuego y Gas). En el despliegue se puede apreciar algunas animaciones que informan el estado de estos equipos pero el detalle de los diagnósticos de cada sistema se encuentran en cada una de las tres aplicaciones (F&G¹, Telemetría, PPF¹) que conforman la aplicación centralizada de Intouch¹.

NODO LOCAL: #

SUPERVISIÓN DE LAS APLICACIONES INTOUCH:

ESTADO DE LOS NODOS:

Aplicación InTouch (WindowViewer):


 Servidor Primario:

Segundos: #


 Servidor Secundario:

Segundos: #


 Aplicación Local:

Segundos: #

FORZAR TRANSFERENCIA:

Tomar Datos del I/O Server Primario
 Automático

Tomar Datos del I/O Server Secundario
 Manual

AccessName	Nodo	Aplicación	Topico
HIMA1	#	#	#
HIMA2	#	#	#
HIMA_ACO1	#	#	#
HIMA_ACO2	#	#	#
PLC1 (PCS)	#	#	#
PLC2 (ESD)	#	#	#
RTU_EPJ	#	#	#
MODBUSPLUS	#	#	#

NOTA: En el cuadro de la derecha, los valores en rojo son los contadores para la redundancia y para evaluar la ruta principal por cada PLC de la planta.

SUPERVISIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE TENDENCIAS HISTÓRICAS:

ESTRATEGIA DEL PROVEEDOR DE HISTÓRICOS, EN CASO DE QUE EL PROVEEDOR DE INSQL PRESENTE FALLA, AUTOMATICAMENTE CAMBIA EL PROVEEDOR AL LOCAL DEL SERVIDOR PRIMARIO.

MODO DE LA ESTRATEGIA:

NODO ACTIVO:  AUTOMÁTICO

 MANUAL

HISTÓRICOS INSQL

HISTÓRICOS LOCALES

Supervisión del SysDataAcq2 del InSQL:

Quality #

QualityStatus #

QualityStatusString #

QualitySubStatus #

QualitySubStatusString #

SysPulse #

INSTANCIAS DEL ALARM PRINTER: #

HB1.QualityStatus	#	(HIMA1)	#
HB2.QualityStatus	#	(HIMA2)	#
ACO_PS1.QualityStatus	#	(HIMA_ACO1)	#
ALM-F&G.QualityStatus	#	(HIMA_ACO2)	#
J476_PT101.QualityStatus	#	(PCS)	#
INTERLOCK1.QualityStatus	#	(ESD)	#
EPJ_ALARM.QualityStatus	#	(RTU_EPJ)	#
COT2_MMI_RED.QualityStatus	#	(MTU)	#

SUPERVISIÓN DE LOS NODOS DE IMPRESIÓN

ESTADO DE TODOS LOS NODOS:

Aplicación InTouch (WindowViewer):


 Estación Cliente 1:

Segundos: #


 Estación Cliente 2:

Segundos: #


 Estación Cliente 3:

Segundos: #


 Estación Cliente 4:

Segundos: #


 Estación Cliente 5:

Segundos: #


 Estación de Ingeniería:

Segundos: #

NODO DE INGENIERÍA:

Con acceso único del Ingeniero de Sistemas, si la estación local es la máquina de ingeniería y fue necesario levantar la aplicación en WinViewer, PULSAR EL SIGUIENTE BOTÓN para leer los datos del IO Server localmente.

Tomar Datos Localmente

Rutas Dedicadas

HB2.QualityStatus	#	(HIMA2)	#
ACO_PS1.QualityStatus	#	(HIMA_ACO1)	#
J476_PT101.QualityStatus	#	(PCS)	#
INTERLOCK1.QualityStatus	#	(ESD)	#
EPJ_ALARM.QualityStatus	#	(RTU_EPJ)	#
COT2_MMI_RED.QualityStatus	#	(MTU)	#

Cerrar

Figura 15. Despliegues del Control Administrativo de las Aplicaciones

En la parte derecha del despliegue se pueden ver los convertidores de Modbus TCP¹ a Modbus¹ para comunicar a EPJ y Acogas. En caso de falla de comunicación, sobre estos convertidores se colocará un recuadro rojo. De la misma forma, en caso de pérdida de comunicación con algún PLC, aparecerá un recuadro rojo sobre este.

¹ Ver Glosario

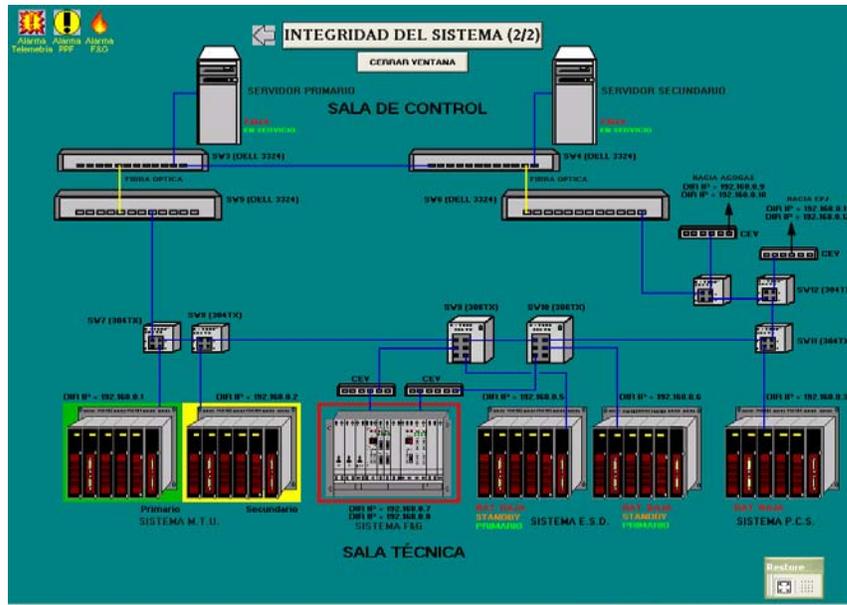


Figura 16. Overview del Sistema instalado en la Sala Técnica

CAPÍTULO VI

SISTEMA DE TELEMETRÍA Y CONTROL. RESULTADOS OBTENIDOS AL REALIZAR LAS MODIFICACIONES EN LA RED DE TELEMETRÍA.

En el anexo 2, se puede apreciar la arquitectura final instalada en la red de Telemetría. Luego de haberse realizado todos los cambios a la red de Telemetría se procedió a realizar mediciones de la velocidad de los comandos de escritura y lectura de cada pozo. Para esto se escogió la señal correspondiente al Bypass¹ del Breaker principal de los pozos. Se envió el comando hacia la remota y se esperó la confirmación de que se realizó el comando en campo. Se midió a través de las tendencias del Intouch¹ el tiempo transcurrido desde que salió el comando hasta que se recibió la confirmación de que se realizó este comando en campo. Esta medición incluye el retardo en los distintos dispositivos que conforman la red:

- La red entre la MTU¹ y las RTU¹ de los distintos pozos.
- La red Modbus Plus¹ que existía en planta
- La velocidad de procesamiento de las estaciones de operación de Telemetría existente en sala de control.

Es de hacer notar que para el momento de esta medición no se había instalado la red Modbus TCP¹ ni las nuevas estaciones de trabajo las cuales influyen en una mejora a estos tiempos. A pesar de esto el resultado obtenido fue satisfactorio para el cliente final.

Se tomó un total de tres medidas y se calculó el promedio de estas. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

En el pozo J-483 y J-494 no se realizó la medición porque no se encontraba disponible el comando de bypass¹ en ese momento. Se realizaron mediciones a través del encendido y apagado de las luces y los resultados arrojados fueron similares a los obtenidos con las demás RTUs¹.

¹ Ver Glosario

Pozo	Primera Medida	Segunda Medida	Tercera Medida	Promedio
J-481	4 seg.	6 seg.	5 seg.	5 seg.
J-479/J-487	5 seg.	2 seg.	4 seg.	3.3 seg.
J-488/J-492	2 seg.	3 seg.	5 seg.	3.3 seg.
J-491	2 seg.	4 seg.	5 seg.	3,6 seg.
J-482/J-489	3 seg.	4 seg.	5 seg.	4 seg.
J-486/J-493	5 seg.	6 seg.	5 seg.	5.3 seg.
COT2	1 seg.	5 seg.	2 seg.	2.6 seg.
COT3	5 seg.	2 seg.	5 seg.	4 seg.
J-490	5 seg.	3 seg.	5 seg.	4.3 seg.

Tabla 16. Tiempo obtenido después de instalar la nueva arquitectura

Los resultados arrojados están de acuerdo a los que se habían estimado antes de realizar el proyecto con la propuesta de la nueva arquitectura de telemetría.

En la tabla 15, se puede observar la gran mejora que se ha logrado en la red de Telemetría. Antes de realizarse los cambios la medición del tiempo de un comando de escritura y uno de lectura se encontraba entre 8 y 21 segundos. Con la nueva arquitectura se obtuvo una mejora en los tiempos entre 1 y 6 segundos. Esto representa una mejora considerable en lo que respecta a los envíos de los comandos hacia el pozo y la obtención de data confiable de las distintas variables de los pozos.

Entre los logros que se obtuvieron con este proyecto se encuentran:

1.- Se actualizó el sistema operativo de todos los CPU que se encuentran instalados en las RTUs. Esto garantiza un óptimo funcionamiento de los equipos y evita problemas de hardware que puedan existir en un futuro.

2.- Se mejoraron considerablemente los tiempos de comunicación en la red de telemetría. Esto facilita las operaciones y mejora la seguridad en la planta, de tal forma que el operador puede intervenir rápidamente ante la ocurrencia de cualquier evento.

3.- Gracias a la mejora en la velocidad de comunicaciones, los datos históricos tienen una mejor resolución en tiempo de las variables supervisadas de los pozos, lo que permite hacer diagnósticos más acertados del comportamiento de cada pozo. Con

estos resultados se facilita el diagnóstico y se minimizan los tiempos de corrección de fallas mejorando la disponibilidad y continuidad operativa de los procesos.

4.- Se ordenó y se documentó el mapa de comunicaciones de las distintas remotas. Esto facilita la búsqueda por parte de los mantenedores de una determinada variable y la corrección de un determinado problema al momento de necesitarse la información.

A continuación se encuentra una foto donde se puede apreciar como quedó el gabinete luego de instalarse la nueva placa de montaje correspondiente a los convertidores de RS232/485 usados para interconectar los puertos de los BM85 a la red de fibra óptica.

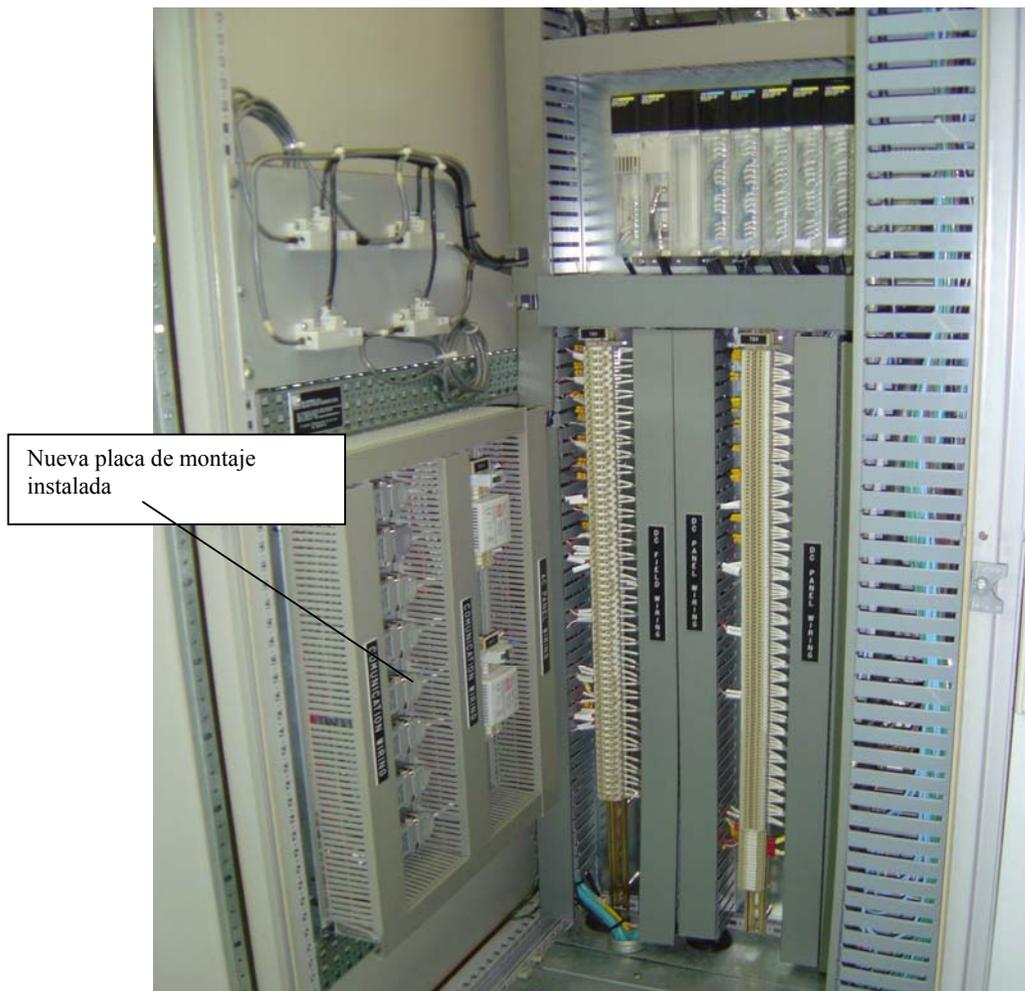


Figura 17. Vista final del gabinete de la MTU

CAPÍTULO VII

SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE PLANTA. RESULTADOS OBTENIDOS.

Luego de modificar la red de telemetría se procedió a realizar las modificaciones en la red de control y supervisión siguiendo los criterios mencionados en este libro. Para ello se realizaron las siguientes actividades:

- Se realizó la traducción de todos los puntos de la base de datos y despliegues desde el idioma Inglés al Español por requerimiento del cliente.
- Se convirtió la aplicación existente de Intouch¹ 7.0 a Intouch¹ 9.0. Para esto se modificaron las propiedades de los distintos objetos de alarmas según los criterios planteados anteriormente en este libro.
- Se realizó la programación de cada uno de los scripts necesarios para que funcione correctamente la redundancia de los diferentes sistemas tal como se ha planteado en este libro.
- Se instalaron las tarjetas TCP/IP, convertidores, switches y cableado en cada uno de los gabinetes de los PLCs.
- Se realizó la configuración a los servidores de InSQL. Se armó toda la base de datos y se trasladó toda la información histórica existente en planta en archivos planos a la nueva base de datos SQL.
- Se realizó la configuración del servidor de InSQL espejo y tareas de sincronización que se realizan para lograr el enlace FTP.
- Se realizaron pruebas exhaustivas en fábrica de todo el sistema. Estas incluyeron lo siguiente:
 - o Pruebas de todos los scripts tanto nuevos como existentes en la nueva aplicación.
 - o Prueba del 25% de la base de datos existente actualmente en la planta.
 - o Pruebas de toda la base de datos relacionada con señales de parada de emergencia, inhibiciones de equipos y paradas.
 - o Prueba de toda la funcionalidad de la redundancia en la aplicación.
 - o Pruebas del manejo de alarmas.

¹ Ver Glosario

- Pruebas del manejo de tendencias y alarmas históricas.
- Pruebas de la nueva base de datos SQL, recolección de los datos a tiempo real e interconexión con el servidor de InSQL espejo a través del enlace FTP.
- Pruebas de la aplicación en sitio. Nuevas y antiguas funcionalidades.
- Período de 45 días de disponibilidad del sistema por requerimiento del cliente antes de desinstalar por completo el antiguo sistema.

En la figura 19 y 20 se muestran unas fotos donde se puede apreciar los nuevos servidores instalados y las estaciones de trabajo durante las pruebas en fábrica.

Para realizar las pruebas en sitio se decidió montar el nuevo sistema en paralelo con el antiguo sistema con el fin de evitar hacer una parada completa en la planta y facilitar las labores de pruebas, ya que así se podía comparar los datos que se estaba adquiriendo a través del nuevo sistema con el sistema anterior. El esquema de cómo se monto en paralelo ambos sistemas se muestra en la figura 18.

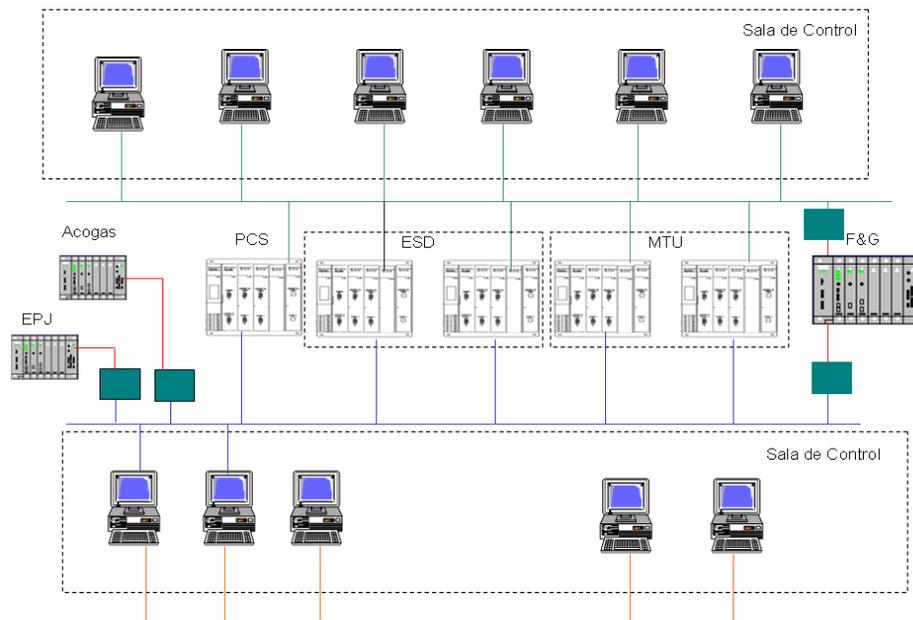


Figura 18. Arquitectura instalada para pruebas en Sitio

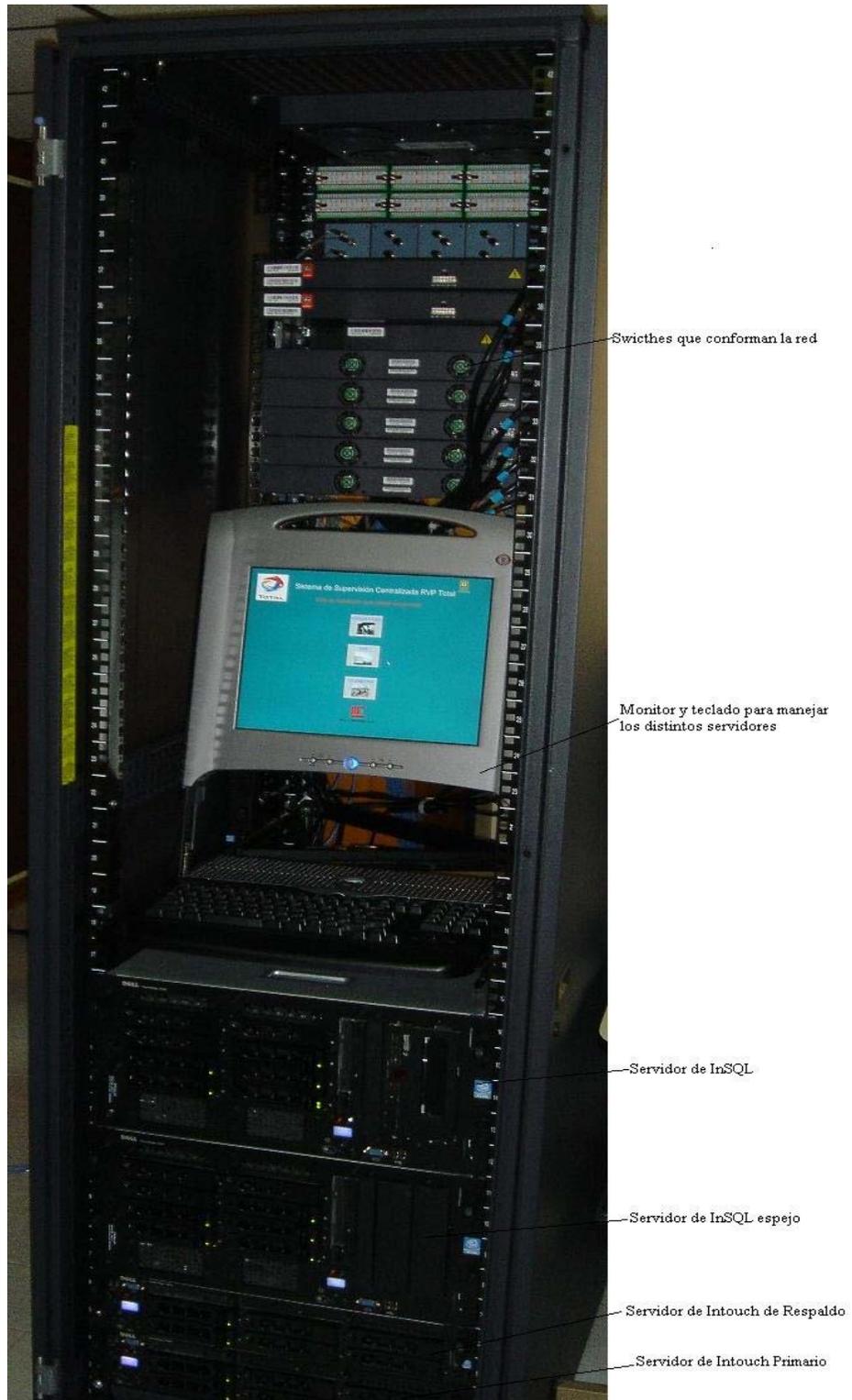


Figura 19. Vista del rack de servidores



Figura 20. Vista de estaciones de trabajo

Como se puede ver se tienen ambas arquitecturas en paralelo. El operador siguió trabajando con las antiguas consolas pero se familiarizó con el nuevo sistema progresivamente. En un primer momento, se emigró todas las operaciones a la nueva arquitectura en lo que se refiere a la aplicación de telemetría. Luego se emigró las operaciones relacionadas con la aplicación de F&G¹ y por último las relacionadas con la aplicación de PPF¹.

El montaje de todo el sistema fue completamente satisfactorio. Se lograron los siguientes objetivos:

Para operaciones:

- Se facilitó el manejo de las alarmas ya que todas se encuentran sincronizadas a la misma hora y fecha.

¹ Ver Glosario

- Se logró una operación más segura al mejorar la velocidad de respuesta de la telemetría de pozos y de la planta minimizando los errores operativos que pueden ser ocasionados por retardos en la adquisición de los datos.
- Se facilitó el análisis de los datos históricos al garantizar la consistencia en la cronología de los datos y poseer una única base de datos histórica donde se puede consultar fácilmente la información que se requiera.

Para mantenimiento y crecimiento de la planta:

- Todas las bases de datos y aplicaciones se encuentran unificadas. Esto facilita el mantenimiento y la labor de realizar respaldo de la aplicación, pues es una sola aplicación y un solo respaldo.
- El protocolo Modbus TCP¹ es un protocolo totalmente abierto, con una alta capacidad para integrar cualquier sistema y con una gran velocidad de transmisión de datos. Esto le permite al sistema mayor capacidad de crecimiento y menor dependencia de un solo fabricante.
- Se centralizó las aplicaciones, facilitando las labores de comissioning que se puedan realizar para futuros proyectos en la planta.

¹ Ver Glosario

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las modificaciones realizadas al sistema de Telemetría, Supervisión y Control de la planta arrojaron los resultados que se esperaban al inicio del trabajo y los objetivos que se plantearon.

En cuanto al sistema de Telemetría:

1.- Se obtuvieron tiempos de scan para cada una de las RTUs¹ de aproximadamente 4 segundos en promedio para enviar un comando de escritura y recibir la confirmación a través de un comando de lectura. Esta es una mejora significativa al tomar en consideración que dicho tiempo originalmente estaba alrededor de los 20 segundos.

2.- A través de lógicas que permiten sacar de scan a una determinada RTU¹, se evita el problema que al fallar la comunicación con alguna remota, influya sobre la demás, debido al tiempo de timeout¹ y reintentos que ella produce.

3.- Para mejorar aún mas el tiempo de scan para cada RTU¹, es necesario cambiar el protocolo de comunicación que se está usando. Una alternativa podría ser emigrar todo a Modbus TCP¹, pero esto implica una inversión considerable en hardware.

En cuanto al sistema de Adquisición de datos, Supervisión y Control de la planta:

1.- Se logró la centralización de las diferentes aplicaciones logrando una correcta sincronización de las máquinas, obteniéndose con esto que las alarmas que se mostraban en las diferentes aplicaciones, sean iguales y reportadas a la misma fecha y hora.

2.- Se verificó el adecuado comportamiento de la red al sustituir el protocolo existente Modbus Plus¹ a Modbus TCP¹.

¹ Ver Glosario

3.- Se logró la centralización de la base de datos histórica. Incluso se agregaron años de historia que se habían quitado del sistema por disponibilidad de disco duro. Esto facilita la labor del personal que estudia la vida útil de los pozos ya que permite ver su comportamiento a lo largo de los años.

4.- Se facilitaron las labores de mantenimiento ya que al estar centralizados los sistemas es mucho más fácil modificar una aplicación y hacer respaldos a los datos necesarios.

Por otro lado, con el estudio hecho se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1.- En el caso específico del protocolo Modbus¹, es importante estudiar el tráfico que puede existir en un canal vs el tiempo que se desea en adquirir un dato, para poder estructurar la red de tal forma de conseguir un adecuado tiempo de scan de cada uno de los datos.

2.- En el protocolo Modbus¹, es importante ordenar los datos que se van a preguntar en el esclavo de forma consecutiva. Así el maestro puede realizar una sola pregunta para adquirir todos los datos ahorrando el ancho de banda del canal.

3.- Con arquitecturas distribuidas se pueden lograr sistemas de una mayor disponibilidad, pero al comparar la relación precio-valor, las arquitecturas centralizadas redundantes permiten un mayor beneficio. Por otro lado, estas últimas facilitan las labores de mantenimiento, ya que toda la aplicación se encuentra centralizada.

4.- Las bases de datos tipo relacional, en este caso SQL, permiten organizar la bases de datos históricas de una manera más eficiente. Con esto se logra una mayor compresión de los datos, y una mayor velocidad de acceso en el momento en que el operador desea revisar la información.

Con estos resultados las instalaciones se encuentran preparadas para cualquier ampliación que se desee realizar. Es importante seguir las siguientes recomendaciones:

1.- Mantener el orden que se ha hecho en el mapa de comunicaciones Modbus¹ de telemetría. Esto permite que sólo se realicen las preguntas necesarias hacia las RTUs¹ evitando que el canal de comunicaciones colapse nuevamente.

2.- Mantener toda la documentación actualizada. Esto facilita la corrección de un problema en el momento que se presenta y permite mantener el orden de los mapas de comunicaciones.

3.- En el momento de agregar una nueva variable se debe mantener el criterio del sonido de la alarma según la aplicación (Telemetría, F&G¹ y PPF¹) de tal forma de lograr que el operador rápidamente identifique donde existe un problema.

4.- Al modificar la aplicación se debe colocar en la carpeta correspondiente su respaldo para que se guarde automáticamente en los sistemas de respaldos que existe.

5.- Es necesario hacer las actualizaciones que Wonderware suministra para sus softwares con el fin de evitar cualquier problema que se puede presentar y mantener actualizada la plataforma.

6.- Implantar en la red de telemetría el protocolo Modbus TCP hacia las RTUs¹ cuando la relación precio-valor lo indique.

¹ Ver Glosario

BIBLIOGRAFÍA

Wonderware Corporation. Industrial SQL Server Administrador's Guide, Diciembre 2004, California (USA).

Wonderware Corporation. Industrial SQL Server Getting Started Guide, Diciembre 2004, California (USA).

Wonderware Corporation. Industrial SQL Server Reference. Diciembre 2004, California (USA).

Wonderware Corporation. SQL Acces Manager. Diciembre 2004, California (USA).

Wonderware Corporation. Intouch Runtime. Diciembre 2004, California (USA).

Wonderware Corporation. Intouch Reference Guide. Diciembre 2004, California (USA).

Wonderware Corporation. Wonderware® FactorySuite. Diciembre 2004, California (USA).

Schneider Electric Company. Serie Quantum Automation. Guía de referencia de hardware. 840USE10003. Versión 10.0. Septiembre 2003.

Schneider Electric Company. Modbus Plus Network Planning and Installation Guide. 890 USE 100 00 Version 3.0. Septiembre 2003.

Schneider Electric Company. Modbus Plus Network BM85 Bridge Multiplexer User's Guide. 890USE 10300 Rev. 1.0. Septiembre 2003.

Schneider Electric Company. Quantum Automation Platform Catalog. Septiembre 2004.

Schneider Electric Company. Manual para la planificación e instalación de Hot Standby Quantum 840 USE 106 03 Versión 3.0. Mayo 2003.

Schneider Electric Company. Modbus Network Planning and Installation Guide. 890 USE 095 00 Version 3.0. Septiembre 2003.

Schneider Electric Company. Modbus TCP Network Planning and Installation Guide. 890 USE 150 00 Version 2.0. Febrero 2005.

Schneider Electric Company. Modbus TCP to Modbus Bridge User's Guide 890 USE 500 00 Version 1.0. Marzo 2005.

Schneider Electric Company. Modbus TCP and Transparent Factory. Marzo 2005.

Schneider Electric Company. FactoryCast User's Guide. Marzo 2005.

Schneider Electric Company. Magelis Operador Terminals. Mayo. 2003.

Schneider Electric Company. Concept Manuals. Marzo. 2005.

HIMA. ELOP System Software. Alemania. Junio. 2003.

HIMA. H41/51 System Hardware Manual. Alemania. Junio. 2003.

Optelecom. 9000 Series Tranceivers Hardware. USA. Abril 2001.

Cisco Systems. Rapid Spanning Tree Protocol (IEEE 802.1w) fundamentals, Marzo 2005.

DELL. Server systems Catalog. Enero 2005.

DELL. Switch systems Catalog. Enero 2005.

Titan FTP Server manuals. Mayo 2.005.

WS PRO FTP Client manuals. Febrero 2.005.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Action Scripts: Utilidad de Intouch que permite programar rutinas que desencadena en una acción dentro de una aplicación.

Active Factory: Cliente SQL distribuido por Wonderware usado para adquirir los datos históricos del servidor SQL.

Active X: tecnología usada en software que permite trasladar objetos de programación fácilmente entre aplicaciones.

Alarm DB Logger: utilidad de Intouch que permite manejar las alarmas en una base de datos.

Alarm Printer: utilidad de Intouch para manejar impresoras.

Belden: fabricante de cables.

BLKM: Instrucción usada para mover datos en la memoria de PLCs Modicon.

BM85: Convertidor de protocolo desde Modbus Plus a Modbus, marca Modicon.

Bypass: Inhibición que se realiza a un dispositivo con el fin de evitar la consecuencia que sucede al activarse este.

Data Master: Datos que busca obtener el dispositivo maestro en la red.

Driver: Software que permite realizar la comunicación a través de un determinado protocolo con un dispositivo.

Esclavo: Dispositivo que contesta a una pregunta realizada por el maestro en la red.

ESD: PLC que sirve como sistema de parada de emergencia.

Ethernet: Medio físico usado para la transmisión de datos.

F&G: nombre que recibe la aplicación de Intouch que monitorea el sistema de detección de fuego y gas.

Factory Suite: nombre que recibe el conjunto de software que conforman la gama de Wonderware (Intouch, InSQL, Active Factory).

Failover: evento que sucede cuando se detiene un dispositivo manualmente o automáticamente debido a una falla.

FTP: Protocolo usado en redes para realizar transferencia de archivos.

HIMA: Fabricante de PLCs de seguridad.

Hot Standby: propiedad que tiene algunos equipos que permite realizar redundancia en el sistema. En estos casos, existe un CPU primario que ejecuta las acciones y si sucede una falla, el CPU secundario toma el control de las acciones.

I/O Server: Software distribuido por Wonderware para conectarse a distintos dispositivos industriales a través de diversos protocolos de comunicación.

IDAS: Servicio para que el Servidor de InSQL pueda adquirir los datos.

InSQL: Servidor SQL distribuido por Wonderware que sirve como herramienta para adquirir data histórica de una planta.

Intouch Runtime: Software distribuido por Wonderware que permite solamente ejecutar una aplicación hecha en Intouch.

Intouch WindowsMaker: Software distribuido por Wonderware que permite desarrollar una aplicación basada en Intouch.

InTouch: Software distribuido por Wonderware que sirve como interfaz hombre maquina para visualización y control de procesos industriales.

Lucent: Fabricante de cables y fibra óptica.

Maestro: Dispositivo que inicia la conversación en la red.

MB+: Abreviatura usada para designar el protocolo Modbus Plus.

MBENET: Nombre que recibe el I/O Server de Intouch usado para protocolo Modbus TCP.

Modbus Plus: protocolo de comunicación basado en Token creado por Modicon.

Modbus TCP: Protocolo de comunicación hecho por Modicon basado en Ethernet.

Modbus: protocolo de comunicación creado por Modicon usado ampliamente en la industria.

Modicon: Fabricante de PLCs.

MSDE (Microsoft Desktop Engine): pequeña base de datos SQL que suministra Microsoft.

MSTR: Instrucción que usa el dispositivo maestro para hacer preguntas en la red.

MTU: PLC que sirve como unidad maestra de la red de telemetría.

NTRON: Fabricante de swiches industriales.

PCMCIA: ranura de un computador usada frecuentemente en los Laptop, que permite insertar una tarjeta en este.

PCS: PLC que sirve como sistema de control de proceso.

PLC (Program Logic Controller): Controlador de Lógica Programable usado para manejar procesos en la industria.

PPF: nombre que recibe la aplicación de Intouch que monitorea el proceso.

Quantum: Serie de PLC de Modicon usada para control de proceso y secuencial.

Queries: pregunta que realiza el sistema a una determinada base de datos.

Reintentos: cantidad de veces que el dispositivo maestro reenvía el mensaje al dispositivo esclavo antes de declarar falla de comunicación.

RS232: es un estándar donde se define como conectar dos dispositivos llamados DTE y DCE.

RS485: Medio físico usado para la transmisión de datos basado en voltaje diferencial.

RTU: Unidad Terminal Remota.

Scan: Intervalo de tiempo en que el dispositivo maestro realiza la pregunta al dispositivo esclavo.

Schneider Electric: Fabricante de PLC y múltiples equipos en el área industrial. Actualmente maneja todas las líneas de Modicon, Square D, Telemecanique y Merlin Gerin.

Scripts: Utilidad de Intouch que permite implementar comandos de programación dentro de una aplicación.

Slots PCI: tipo de ranura existente en un computador que permite insertar nuevas tarjetas en este.

Swiches: dispositivos usados para hacer interconexiones en una red Ethernet.

Telemecanique: fabricante de origen francés de diversos productos usados en el área industrial.

Tiempo en el aire: es el tiempo que tarda en transmitirse un mensaje en un medio físico según las condiciones que se presenten en este.

Timeout: tiempo que espera el dispositivo maestro para recibir la respuesta del dispositivo esclavo.

Token: turno que espera un dispositivo en la red para poder transmitir su mensaje.

Transceiver: convertidor de cable de cobre a medio óptico.

VDU: Interfaz local gráfica para el operador.

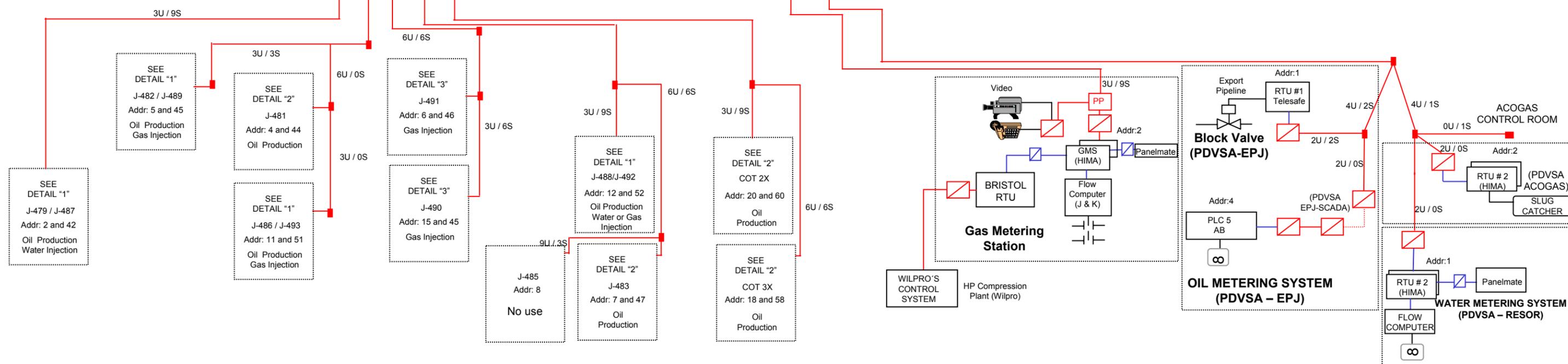
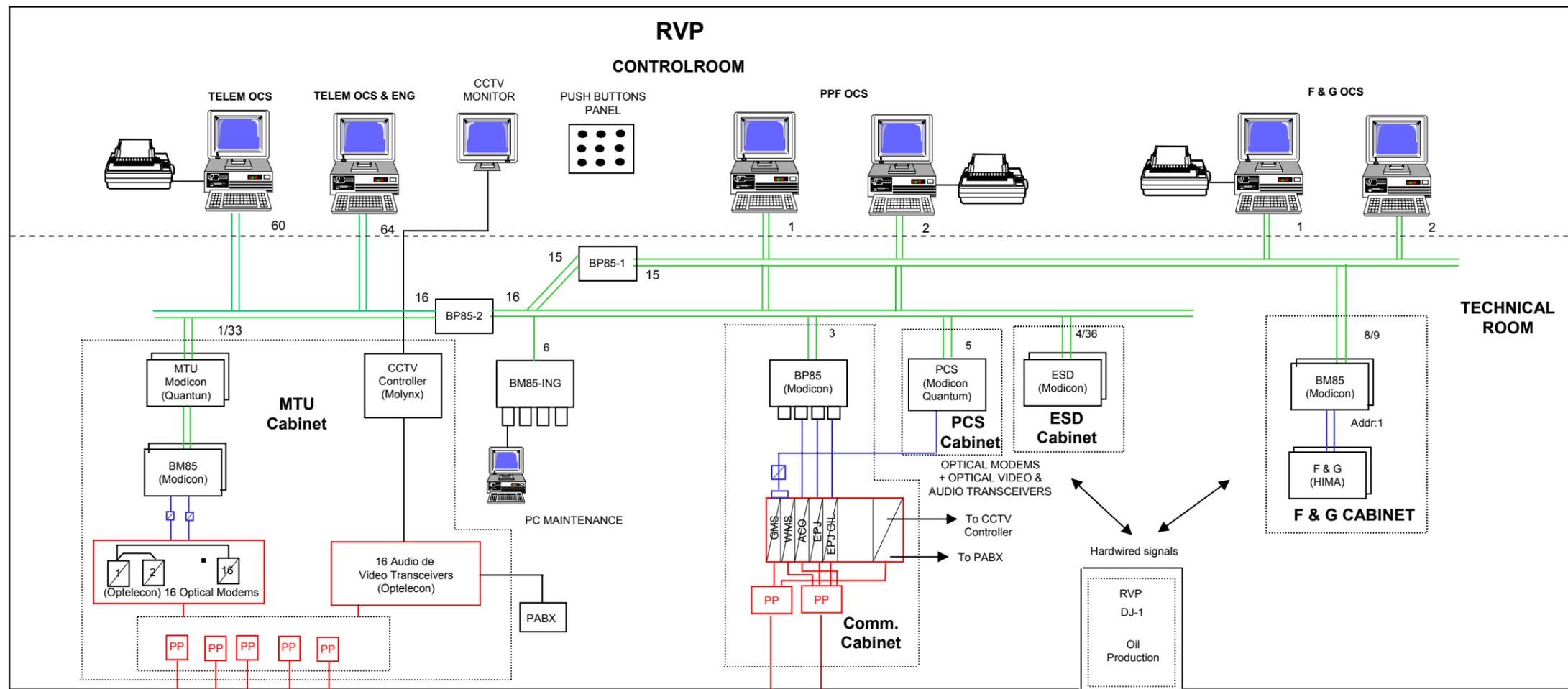
Visual Basic: Herramienta basada en Windows que permite realizar rutinas de programación.

Wonderware: fabricante de software (SCADA, Análisis de datos) especializado para la industria.

ANEXOS

ANEXO 1

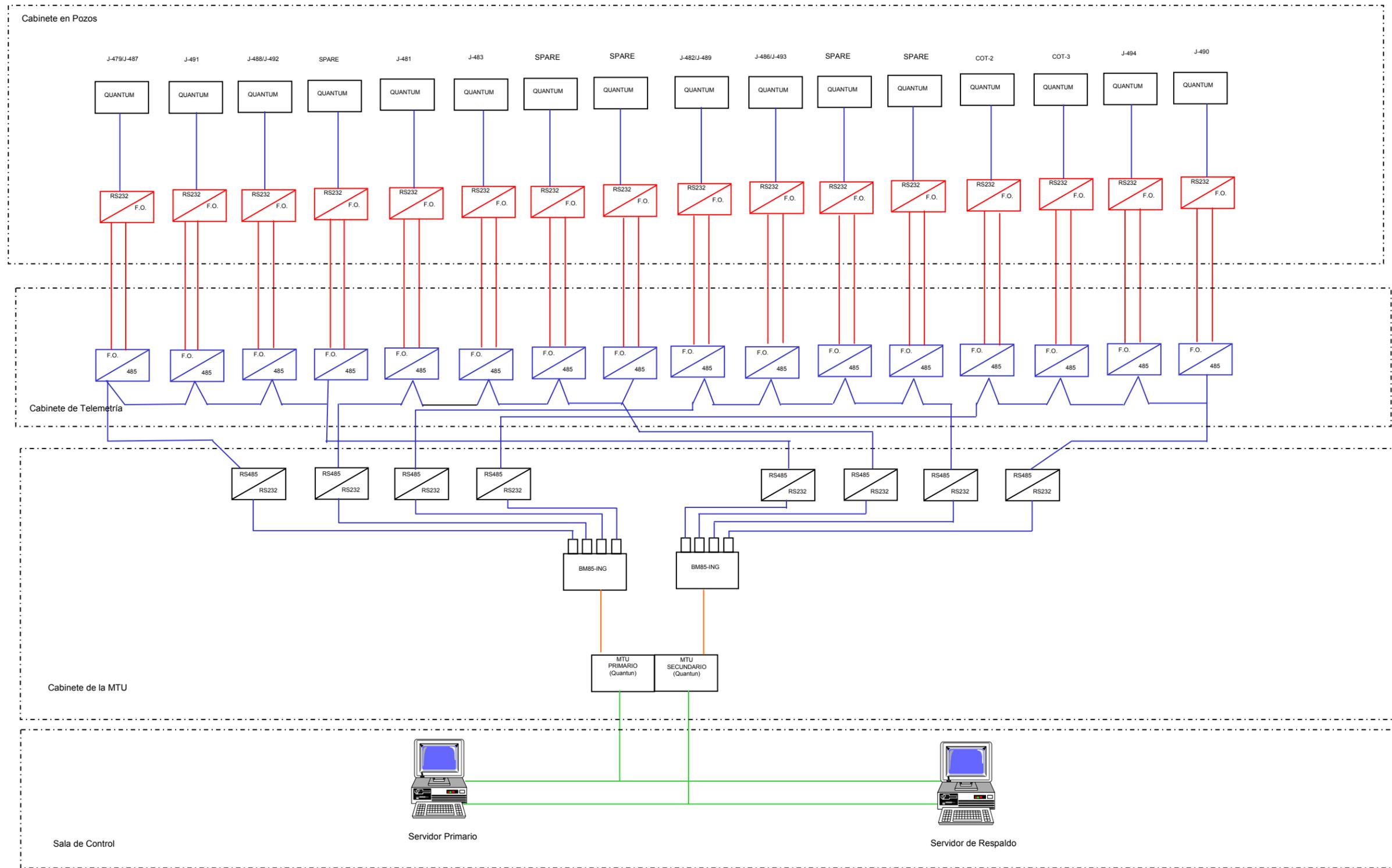
ANTIGUA ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA



**ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA
RED DEL SISTEMA ANTES DE SER MODIFICADA**

- Legenda :**
- MODBUS PLUS NETWORK
 - MODBUS NETWORK
 - OPTICAL FIBER
 - RS-232/RS-485 CONVERTER
 - OPTICAL FIBER TO WIRE CONVERTER (DATA AND/OR VIDEO AND/OR AUDIO)
 - PP PATCH PANEL
 - FIELD FIBER OPTIC BOX
- MTU: Master Terminal Unit
 PCS: Process Control System
 ESD: Emergency shutdown System
 VDU: Video Display Unit
 OCS: Operators Control Station
 GMS: Gas Metering System
 WMS: Water Metering System
 Addr: Modbus Address
 F&G: Fire and Gas System
 xU / yS: "x" fiber threads used, "y" spare

ANEXO 2
DETALLE DE LA RED DE TELEMETRÍA



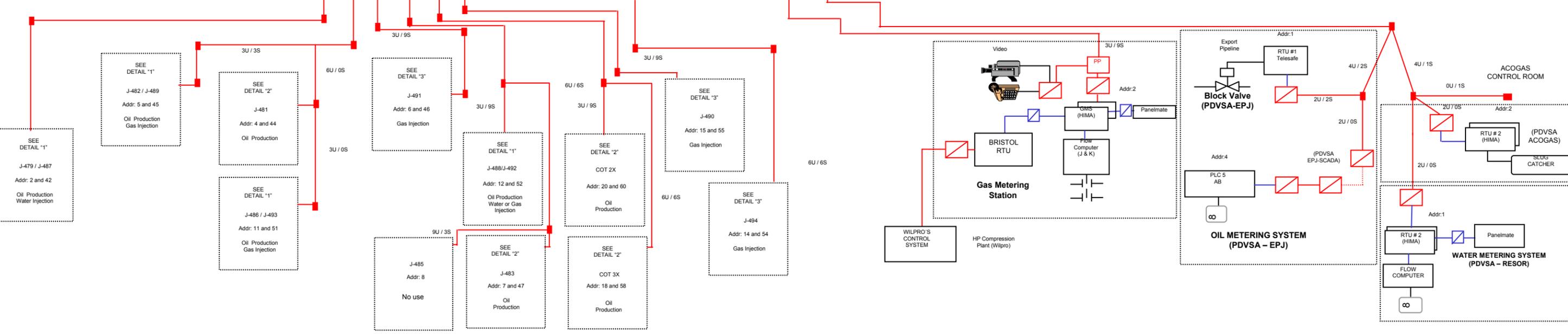
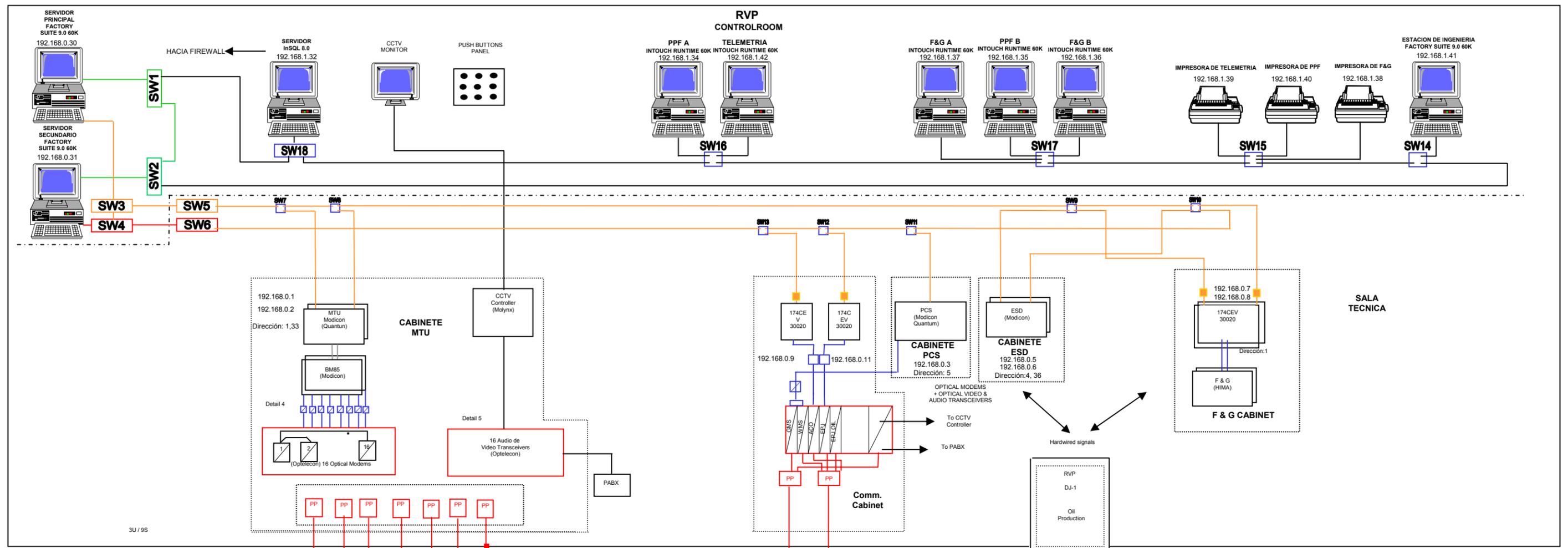
DETALLE DE LA NUEVA RED DE TELEMETRIA

- LEYENDA :**
- Red Modbus Plus
 - Red Modbus TCP
 - Red Modbus
 - Fibra Optica
 - Convertidor de RS-232/RS-485
 - Convertidor a Fibra Optica (datos y/o video y/o audio)

MTU: Master Terminal Unit
 PCS: Process Control System
 ESD: Emergency shutdown System
 VDU: Video Display Unit
 OCS: Operators Control Station
 GMS: Gas Metering System
 WMS: Water Metering System
 Addr: Modbus Address
 F&G: Fire and Gas System
 xU / yS: "x" fiber threads used, "y" spare

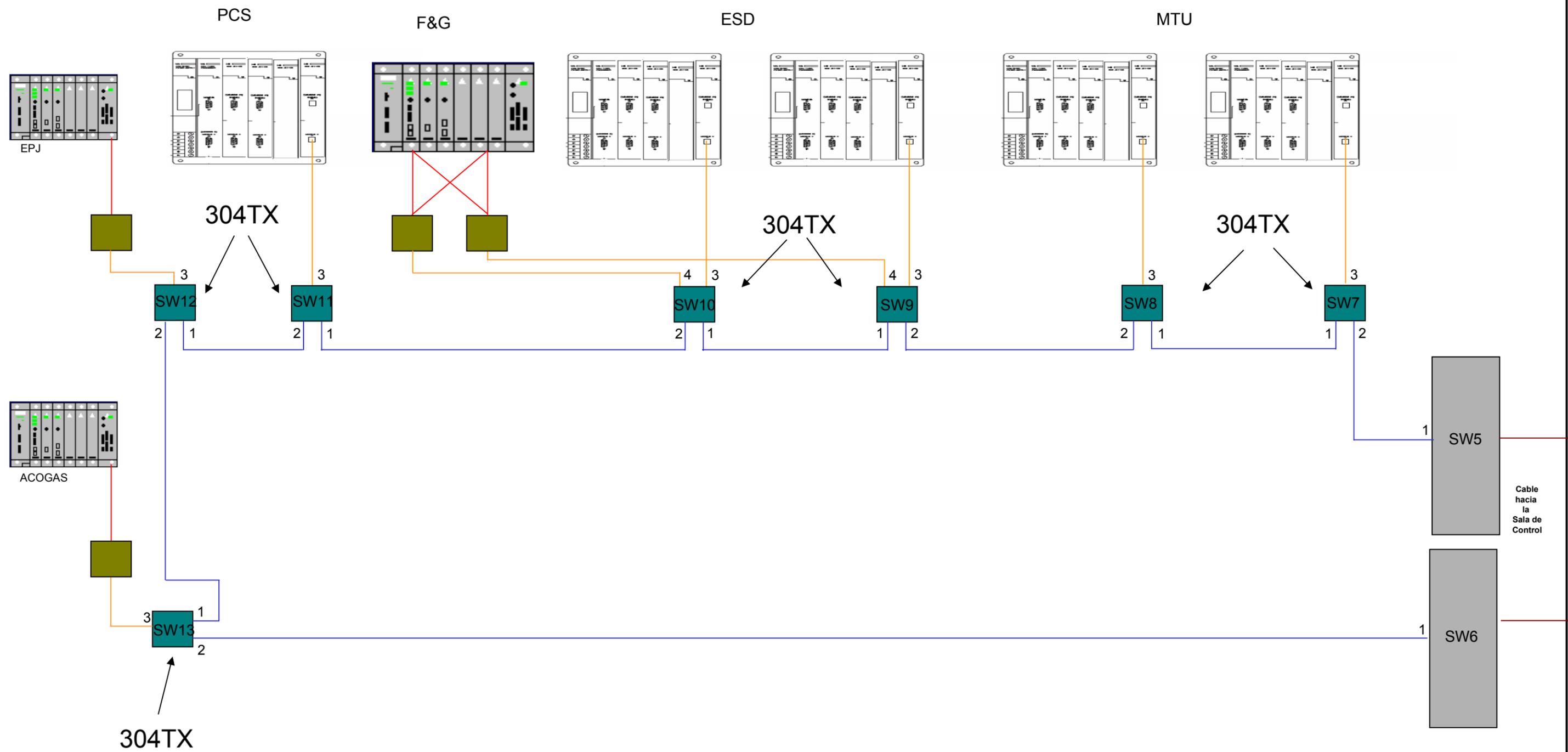
ANEXO 3

NUEVA ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA



**ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA
RED TCP/IP**

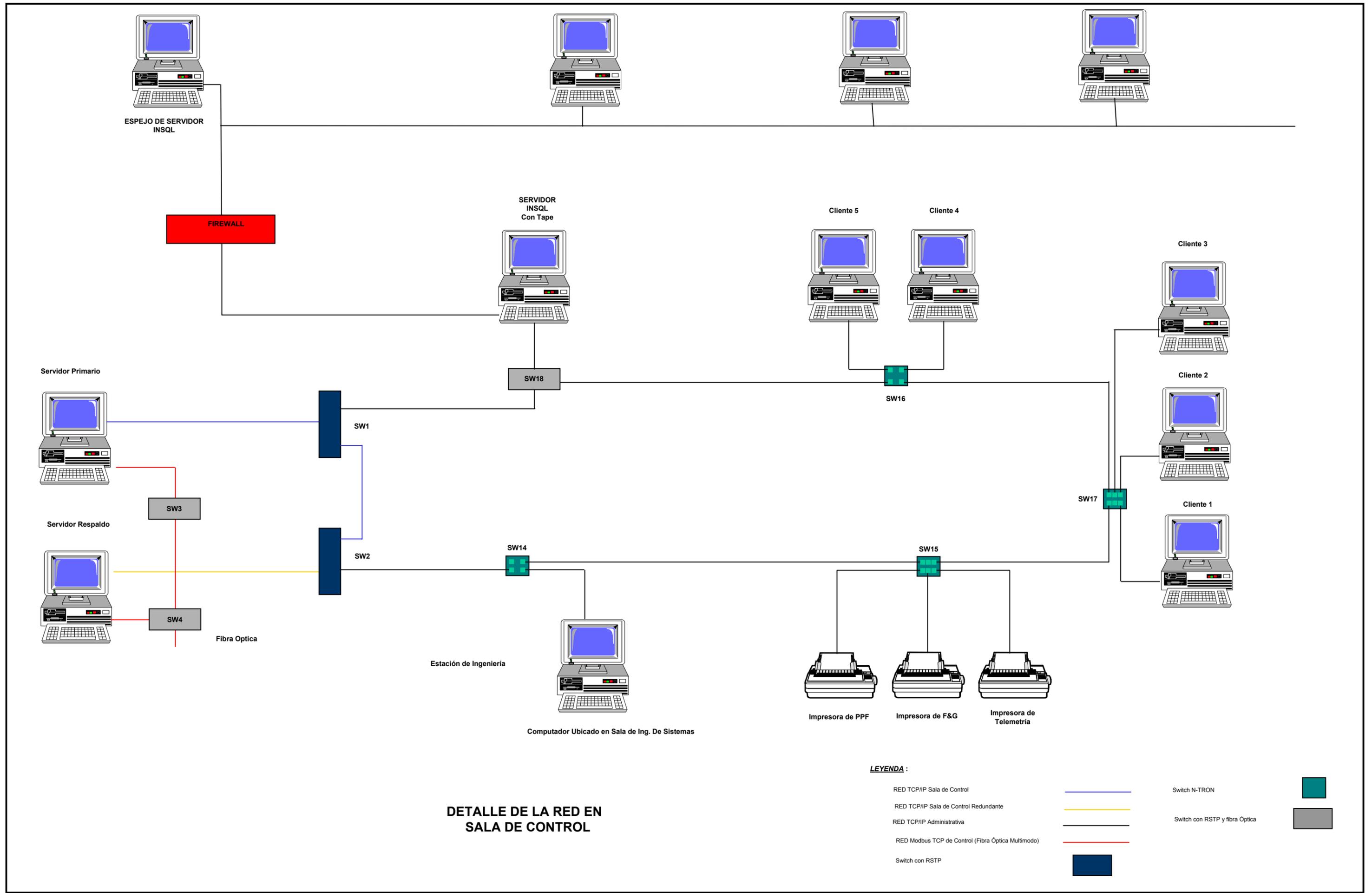
- LEYENDA :**
- MODBUS NETWORK
 - Fibra Óptica Monomodo
 - Convertidor RS-232/RS-485
 - Convertidor de cable a Fibra Óptica Monomodo (Datos y/o video y/o audio)
 - PATCH PANEL
 - Caja de Fibra Óptica en campo
 - TCP/IP
 - TCP/IP Redundante
 - MODBUS TCP
 - MODBUS TCP Redundante
 - Switch (Ver disposición en detalles)
 - Switch con fibra óptica multimodo y RSTP
 - Switch con fibra óptica multimodo y RSTP
 - Switch Red TCP/IP con RSTP
 - Switch Red TCP/IP con RSTP
- MTU: Master Terminal Unit
 PCS: Process Control System
 ESD: Emergency shutdown System
 VDU: Video Display Unit
 OCS: Operators Control Station
 GMS: Gas Metering System
 WMS: Water Metering System
 F&G: Fire and Gas System
 xU / yS: "x" fibra Óptica usada, "y" spare



DETALLE DE LA RED DE PLC

LEYENDA :

- RED TCP/IP de Control —
- RED TCP/IP de Control Redundante —
- SWITCH
- Convertidor Modbus TCP a Modbus
- Modbus RS485 —
- Switch de Fibra Óptica y RSTP



DETALLE DE LA RED EN SALA DE CONTROL

LEYENDA :

- RED TCP/IP Sala de Control — Switch N-TRON
- RED TCP/IP Sala de Control Redundante — Switch con RSTP y fibra Óptica
- RED TCP/IP Administrativa —
- RED Modbus TCP de Control (Fibra Óptica Multimodo) —
- Switch con RSTP