

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL VÍA  
TELEMETRÍA DE BOMBAS CONTRA INCENDIOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:  
OSCAR DARWIN CANCHERO HURTADO**

**PROMOCIÓN  
2007-II**

**LIMA-PERÚ  
2013**

**DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL VÍA  
TELEMETRÍA DE BOMBAS CONTRA INCENDIOS**

**A mi familia:  
Mis padres Oscar y Lita,  
Mis hermanos Marco, Paola y José Manuel,  
Mi querida UNI, por su formación**

## SUMARIO

En el presente trabajo se desarrolla el diseño de un sistema confiable para monitorear el estado de las bombas de un sistema contra incendio en una refinería (caso de estudio) y que a la vez permita el arranque a distancia vía telemetría.

Como aporte del presente informe se ha establecido la metodología para el diseño de sistemas de control y supervisión (SCADA) en plantas industriales en general. Esto se ilustra con diagramas de flujo elaborados por el autor de este informe de suficiencia. También se pretende que sirva de guía para otros especialistas en la gestión del diseño e implementación en sistemas SCADA para plantas industriales en general. Se complementa el informe con un marco teórico conceptual.

El sistema SCADA se desarrolla debido al requerimiento de la empresa para contar con una solución de monitoreo y control a distancia, comunicando los distintos lugares del sistema contra incendio involucrados. Dada la extensión de la refinería, alrededor de 4 km<sup>2</sup>, la solución seleccionada más adecuada viene dada por la implementación de un medio de transmisión inalámbrica, más aun conociendo la existencia de torres o puntos altos en donde se pueda instalar una antena de repetición. Para el caso de estudio existen diversas torres y puntos altos.

Una parte importante del desarrollo es determinar el marco situacional del caso de estudio. Con la información recabada se procede a evaluar las alternativas de solución que incluyen los aspectos de instrumentación, telecomunicaciones, control, software SCADA y energía.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA</b> .....	3
1.1 Descripción del problema .....	3
1.2 Objetivo del trabajo.....	3
1.3 Evaluación del problema .....	3
1.4 Alcance del trabajo .....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO</b> .....	6
2.1 Aspectos teóricos conceptuales .....	6
2.1.1 Hardware.....	6
2.1.2 Software .....	8
2.1.3 Sistemas de buses de campo.....	8
2.2 Marco del desarrollo de la metodología .....	10
2.3 Análisis situacional .....	12
2.3.1 Aspectos geográficos y climáticos .....	12
2.3.2 Tipo de industria.....	14
2.3.3 Aspectos funcionales y operativos.....	14
2.3.4 Estado de la planta.....	15
2.3.5 Requerimientos y necesidades.....	16
2.3.6 Limitaciones .....	17
2.3.7 Aclaración de requerimiento .....	17
2.4 Planeamiento básico .....	17
2.4.1 Estimación de lista de entradas y salidas de señales .....	17
2.4.2 Distribución geográfica estimada.....	19
2.4.3 Zonas a equipar factibles.....	19
2.4.4 Arquitecturas de SCADA factibles .....	20
2.4.5 Medios de comunicación factibles .....	22
2.4.6 Evaluación de soluciones factibles .....	23
2.4.7 Especificación de solución.....	24
2.5 Toma de decisiones .....	24
2.6 Requerimientos adicionales.....	24
2.7 Documentación de planeamiento básico .....	24

2.8	Aspecto situacional de planeamiento de detalle .....	25
2.9	Planeamiento de detalle .....	25
2.9.1	Lista de entradas y salidas de señales preliminar.....	25
2.9.2	Distribución geográfica preliminar.....	27
2.9.3	Opciones de ubicación de tableros.....	27
2.9.4	Opciones de comunicación de campo .....	27
2.9.5	Opciones de instrumentación .....	28
2.9.6	Lista entradas y salidas de señales modificada .....	28
2.9.7	Opciones de bus de control .....	28
2.9.8	Arquitectura preliminar .....	28
2.9.9	Definición de PLC.....	29
2.9.10	Definición de plataforma de software SCADA.....	29
2.9.11	Definición de equipos de comunicación y seguridad.....	29
2.9.12	Definición de equipos de energía .....	30
2.9.13	Arquitectura de detalle.....	30
2.9.14	Validación del planeamiento de detalle.....	30
2.9.15	Modificaciones al planeamiento de detalle .....	30
2.9.16	Documentación de implementación .....	31
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>MARCO SITUACIONAL DEL CASO DE ESTUDIO .....</b>		<b>32</b>
3.1	Aspectos geográficos y climáticos .....	32
3.2	Tipo de industria.....	33
3.3	Aspectos funcionales y operativos.....	33
3.4	Estado de la planta.....	35
3.5	Requerimientos y necesidades.....	38
3.5.1	Requerimientos .....	38
3.5.2	Necesidades.....	38
3.6	Limitaciones .....	39
3.7	Aclaración de requerimiento .....	39
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AL CASO DE ESTUDIO .....</b>		<b>41</b>
4.1	Planeamiento básico .....	41
4.1.1	Estimación de la lista de entradas y salidas de señales .....	41
4.1.2	Distribución geográfica estimada.....	44
4.1.3	Zonas a equipar factibles.....	44
4.1.4	Arquitecturas SCADA factibles .....	46
4.1.5	Medios de comunicación factibles .....	46
4.1.6	Evaluación de soluciones factibles .....	47

4.1.7	Especificación de solución.....	58
4.2	Toma de decisiones .....	64
4.3	Requerimientos adicionales.....	64
4.4	Documentación de planeamiento básico .....	64
4.5	Aspecto situacional de planeamiento de detalle .....	65
4.6	Planeamiento de detalle .....	65
4.6.1	Lista de entradas y salidas de señales preliminares .....	65
4.6.2	Distribución geográfica preliminar.....	68
4.6.3	Opciones para ubicación de tablero .....	70
4.6.4	Opciones de comunicación de campo .....	74
4.6.5	Opciones de instrumentación .....	74
4.6.6	Lista de entradas y salidas de señales modificada .....	75
4.6.7	Opciones de bus de control .....	77
4.6.8	Arquitectura de detalle preliminar .....	77
4.6.9	Dimensionamiento de PLC .....	77
4.6.10	Definición de plataforma de software SCADA.....	80
4.6.11	Definición de equipos de comunicación y seguridad.....	82
4.6.12	Definición de equipos de energía .....	84
4.6.13	Arquitectura de detalle.....	87
4.6.14	Validación de planeamiento de detalle .....	87
4.6.15	Modificación de planeamiento de detalle .....	87
4.6.16	Elaboración de documentación de implementación .....	87
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO A</b>	
	<b>DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CONTRA</b>	
	<b>INCENDIO DE LA REFINERÍA.....</b>	<b>90</b>
	<b>ANEXO B</b>	
	<b>PLANO DE VISTA SUPERIOR .....</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXO C</b>	
	<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>97</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>100</b>

## INTRODUCCIÓN

El trabajo surge por la necesidad de una refinería de contar con un sistema que sea capaz de monitorear y controlar a distancia sus bombas contraincendios, y que puedan ser utilizadas de manera inmediata ante una emergencia.

El autor del presente informe desarrolla una metodología aplicable al desarrollo de una solución SCADA a un caso de estudio específico (la refinería), previo a ello se define el marco situacional del caso de estudio en concordancia con la sección 2.3 en la que se establecen todos los aspectos a tomar en cuenta antes de la planificación de la solución.

El proyecto se desarrolla dentro de una refinería de Petróleo, debiendo considerar las atmósferas explosivas y atmosferas potencialmente explosivas que se presenten. El proceso sobre el cual se van a diseñar el sistema SCADA es un sistema de bombas contraincendios ubicado en el muelle de carga líquida de hidrocarburos.

El informe de suficiencia se enfoca en dos aspectos principales:

- Establecer la metodología para el diseño de sistemas de control y supervisión (SCADA) para plantas industriales en general.
- Aplicar la metodología desarrollada para satisfacer la necesidad de la refinería, es decir diseñar su sistema de monitoreo y control vía telemetría de las bombas contra incendio.

En el primer objetivo se establecen las etapas a efectuar para determinar y dimensionar los elementos que son parte de un sistema similar, tomando en cuenta diversas consideraciones, mientras que en el segundo objetivo se aplica la metodología establecida.

El informe está organizado de la siguiente manera:

- Capítulo I “Planteamiento de ingeniería del problema”.- En este capítulo se explica el problema de ingeniería y se precisan los objetivos del informe. También se hace una evaluación de la problemática y se establecen los alcances del proyecto desarrollado.
- Capítulo II “Marco Teórico, conceptual y metodológico”.- En este capítulo se establecen los aspectos teóricos conceptuales (desarrollados en la primera parte) y los metodológicos a aplicar en la solución. La metodología se ha desarrollado para que pueda ser aplicada para otros casos.
- Capítulo III “Marco situacional del caso de estudio”.- En este capítulo se exponen los aspectos situacionales del caso de estudio, los cuales servirán de entrada para el diseño del “Sistema de Monitoreo y Control vía telemetría de bombas contraincendios” se

procede en este capítulo en la descripción del caso de estudio según el análisis situacional del marco metodológico.

- Capítulo IV.- “Aplicación de la metodología al caso de estudio”.- En este capítulo se desarrolla una solución, tomando como base el marco metodológico y la información del aspecto situacional del caso de estudio. En este capítulo se desarrolla el diseño del sistema SCADA en las áreas de instrumentación, control, comunicación, software SCADA y energía.

El informe se complementa con los siguientes anexos:

- Anexo A.- Descripción de equipos y funcionamiento del sistema contra incendio de la refinería
- Anexo B.- Plano de vista superior.
- Anexo C.- Glosario de términos.

El documento ha sido realizado respetando la confidencialidad de la empresa receptora de la solución.

## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA**

En este capítulo se explica el problema de ingeniería y se precisan los objetivos del informe. También se hace una evaluación de la problemática y se establecen los alcances del proyecto desarrollado.

### **1.1 Descripción del problema**

Necesidad de una refinería de contar con un sistema que sea capaz de monitorear y controlar a distancia sus bombas contra incendio, y que puedan ser utilizadas de manera inmediata ante una emergencia.

La finalidad del sistema es asegurar las instalaciones y sus empleados de un posible incendio o explosión, así mismo cumplir con las exigencias de las compañías aseguradoras.

### **1.2 Objetivo del trabajo**

Los objetivos son los siguientes:

- Establecer la metodología para el diseño de sistemas de control y supervisión (SCADA) para plantas industriales en general.
- Desarrollar el diseño un sistema confiable para monitorear el estado de las bombas de un sistema contra incendio en una refinería (caso de estudio) y que a la vez que permita su arranque a distancia vía telemetría.

Para el primer objetivo, la metodología es desarrollada basada en el conocimiento y experiencia del autor del presente informe de suficiencia. En líneas generales, se establece las etapas a seguir para la determinación y dimensionamiento de los elementos que son parte de un sistema similar, tomando en cuenta diversos factores. Este es el aporte principal del informe.

Para el segundo objetivo, se aplica la metodología establecida para el diseño del sistema propuesto. Este sistema es concebido tomando en cuenta que se impacte lo menos posible a las áreas de operación – Bomberos- quienes deben dedicarse a sus propias labores de prevención sin estar preocupados por el mantenimiento de un sistema de control.

### **1.3 Evaluación del problema**

El área de operaciones del sistema contra incendio se ve en la obligación de contar

un personal (bombero) en cada área donde cuente con bombas, en tres turnos por día, 7 días a la semana, asumiendo costos de personal y riesgos propios de la labor humana.

El personal dispuesto en las zonas de bombas contra incendio está expuesto a los riesgos laborales de una instalación industrial, riesgos por la monotonía de sus actividades. Precisamente, para aliviar la monotonía de sus actividades (aburrimiento), el operador realiza otras actividades o visita áreas cercanas, descuidando su labor encomendada.

Otras opciones han sido implementar tableros de sistemas de control local, los cuales permitan un arranque automático ante una caída de presión. Esta solución satisface la mayoría de sus necesidades, pero no todas, una de ellas es que no puede monitorearse el estado de las bombas desde otros lugares. Además es común en la refinería que el sistema contra incendio y el sistema de agua de refrigeración estén unidos en algún punto. El sistema contra incendio trabaja a una presión (150 psi) superior al sistema de agua de refrigeración (65 psi), cuando estos dos sistemas se unen todo el conjunto opera a la presión menor (65psi), para el cual se deshabilita arranque del tablero de control local,

Se plantea de esta forma una solución de monitoreo y control a distancia con un sistema SCADA, surgiendo ahora la necesidad de comunicar los distintos lugares del sistema contra incendio involucrados.

El área o extensión de una refinería va desde algunos cientos de metros hasta algunos pocos kilómetros, distancia que no es menor para el tendido de un medio físico como cobre o fibra. Tender cables de un medio físico implica la necesidad de cavar zanjas, instalar tuberías, bandejas entre otras canalizaciones por todo el recorrido del cable. Esta solución requiere de mayores tiempos, costos y riesgos a asumir la implementación.

La solución más adecuada viene dado por implementar la comunicación a través de una solución inalámbrica, más aun conociendo la existencia de torres o puntos altos donde se pueda instalar una antena de repetición. Para el caso de estudio existen diversas torres y puntos altos.

#### **1.4 Alcance del trabajo**

El desarrollo del presente informe abarca los aspectos metodológicos aplicables a diseños similares que se requieran un sistema de monitoreo y control.

Para una mejor ilustración de la metodología explicada se recurre a un caso de estudio, una refinería en la costa norte de Perú. Es por ello que, siguiendo con la metodología de diseño, preliminarmente se expone y analiza el marco situacional del caso de estudio, en que incluye los requerimientos y delimitaciones del usuario.

Con la información recabada se procede a evaluar las alternativas de solución que incluyen los aspectos de instrumentación, telecomunicaciones, control, software SCADA y energía.

Dado que el cliente solicita un servicio y no una solución llave en mano, el diseño del mismo es orientado de esa manera incorporando la estrategia de mantenimiento.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO**

En este capítulo se establecen los aspectos teóricos conceptuales (desarrollados en la primera parte) [27] y los metodológicos a aplicar en la solución (desarrollado a partir de la sección 2.2. La metodología se presenta genéricamente de manera que se pueda aprovechar la misma para otros casos.

### **2.1 Aspectos teóricos conceptuales**

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos), es un sistema basado en computadoras que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática por medio de un software especializado.

El sistema SCADA brinda de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios superiores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.). El sistema SCADA posee componentes que realizan funciones específicas tales como: recopilación de datos, control del sistema, monitoreo y visualización del proceso, etc. Para esto se encuentran divididos en dos grupos: Hardware y software. Complementariamente se desarrolla los buses de campo.

#### **2.1.1 Hardware**

Consiste de un controlador autómatas; que a su vez envía la información a través de un sistema de comunicación hacia un sistema central de procesamiento de datos en donde haya la posibilidad de visualizar el proceso por medio de una interfaz hombre-máquina. Tiene la siguiente distribución:

##### **a. Unidad central**

Encargada de centralizar el control del sistema, puede ser uno o varios servidores de acuerdo a la aplicación o tipo del sistema sobre el cual recae la responsabilidad de comunicarse con la unidad terminal remota y esta a su vez con los dispositivos de campo

##### **b. Unidad remota**

Comprende un conjunto de dispositivos de control, supervisión y registro de datos que se deben vincular a la red de comunicaciones para enviar información hacia la MTU,

dentro de estos Dispositivos de control se tienen a

### **b.1 Controlador Lógico Programable, PLC**

Estos controladores fueron concebidos para controlar aplicaciones de procesos sin la necesidad de comunicarse y exportar datos de importancia, con la evolución de estos controladores se fueron añadiendo tarjetas de comunicaciones, tarjetas de expansión de entradas-salidas, con la finalidad de complementar la información del proceso

### **b.2 Dispositivo Electrónico Inteligente, IED**

Son dispositivos electrónicos dispuestos para realizar un control minucioso, específico de un determinado proceso manejando una autonomía de decisión, dentro de estos procesos se encuentran integrados:

- Transductores,
- Variadores de frecuencia,
- Moduladores de onda,
- Procesadores de registro de datos,
- Controladores de energía reactiva, etc.,

Todo esto con la finalidad de comunicarse mediante un bus de campo

### **b.3 Unidad Terminal Remota, RTU**

Las unidades remotas se encargaban en un principio de recopilar datos de elementos de campo y reenviarlos hacia la MTU.

Dentro de su estructura se encuentra ordenadores especiales que controlan directamente el proceso mediante tarjetas de acoplamiento y protocolos de comunicación específicos para cada proceso.

Son sistemas más robustos que pueden trabajar en ambientes agresivos, incluso en malas condiciones eléctricas, como variaciones de tensión, transitorios de red, interferencias electromagnéticas.

### **b.4 Sistemas Remotos**

Un sistema remoto puede funcionar como sistema autónomo de control con capacidades de visualización, registro de datos, comunicación, seguridad, que pertenece a un sistema global de control ubicado geográficamente en otro sitio del cual depende un control general.

## **c. Sistema de comunicaciones**

La forma en que la información de doble vía será transmitida dentro de la red SCADA, por el medio físico en el que se realiza el transporte y el lenguaje que se utilice formará parte del sistema de comunicaciones.

Los servidores de datos interrogan de manera cíclica a los dispositivos de campo, registrando todo el tiempo cambio de valores en variables, nuevos puntos de consigna

ingresados por el operador o mediante recetas. El sistema debe contar con un protocolo de comunicaciones estandarizado para evitar la incompatibilidad con otros dispositivos, esto es tomado como una ventaja ya que si se posee el proceso estandarizado puede ser integrado con cualquier sistema estándar.

### **2.1.2 Software**

Dentro del Master Terminal Unit se encuentra relacionado el software el cual será encargado de realizar todas las funciones mencionadas en la unidad central, entonces será instalado en la unidad central y estará encargado de comunicarse con otras aplicaciones hacia arriba con elementos de gestión de datos, hacia abajo con elementos de campo.

Este software debe tener la capacidad de manejar varios protocolos de comunicación ya que se tendrá dentro de la red varios dispositivos que probablemente se comunicarán en distintas lenguajes.

En el programa SCADA se tienen dos partes bien identificados, el programa de desarrollo y el Programa Run-Time para estas dos se venderán las licencias del software según especificaciones del proveedor

- En el programa de desarrollo es en donde se realizará la programación de la aplicación: pantallas, sistemas de visualización, administración de usuarios, sistemas de gestión de datos, alarmas, etc. Se tendrá la capacidad de modificar la o las aplicaciones según las necesidades es decir no se tendrá limitaciones en el alcance del software.
- En el Programa Run-Time será en donde se ejecutará la programación creada con el programa de desarrollo.

### **2.1.3 Sistemas de buses de campo**

Son usados principalmente como un sistema de comunicación entre los sistemas de automatización y los dispositivos de campo [28].

Las instalaciones automatizadas han evolucionado debido a la inclusión de los buses de campo., las cuales se resumen en lo siguiente:

- Descentralización de dispositivos inteligentes: Más modularidad en el diseño de cada dispositivo; mantener autómatas cerca físicamente del proceso, manteniéndolos dentro de una red industrial; mejores prestaciones: cada dispositivo controla la información de su propio proceso y comparte sólo la necesaria
- Aparición e integración de las nuevas tecnologías: Ethernet, sistemas SCADA, etc.
- Supresión del cableado de entradas/salidas: Ahorro en cableado, Sencillez de instalación, Menor mantenimiento, Datos + alimentación en un sólo cable.
- Acceso a los datos: por todos los equipos en cualquier punto de la instalación.
- Desaparición de las interfaces de entrada/salida: Dispositivos se conectan directamente

Este marco metodológico se desarrolla para la implementación de sistemas de control en los Niveles 1 y 2, para los cuales se incluyen:

- Nivel 1 - Los dispositivos inteligentes: Sensores de proceso, analizadores, actuadores e instrumentos relacionados.
- Nivel 2 - Los sistemas de control y Supervisión: PLC, DCS, RTU, interfaz hombre-máquina (HMI), software de supervisión y adquisición de datos (SCADA).

Como referencia se establece el siguiente bosquejo de ubicación de equipos y sistemas (Figura 2.2).

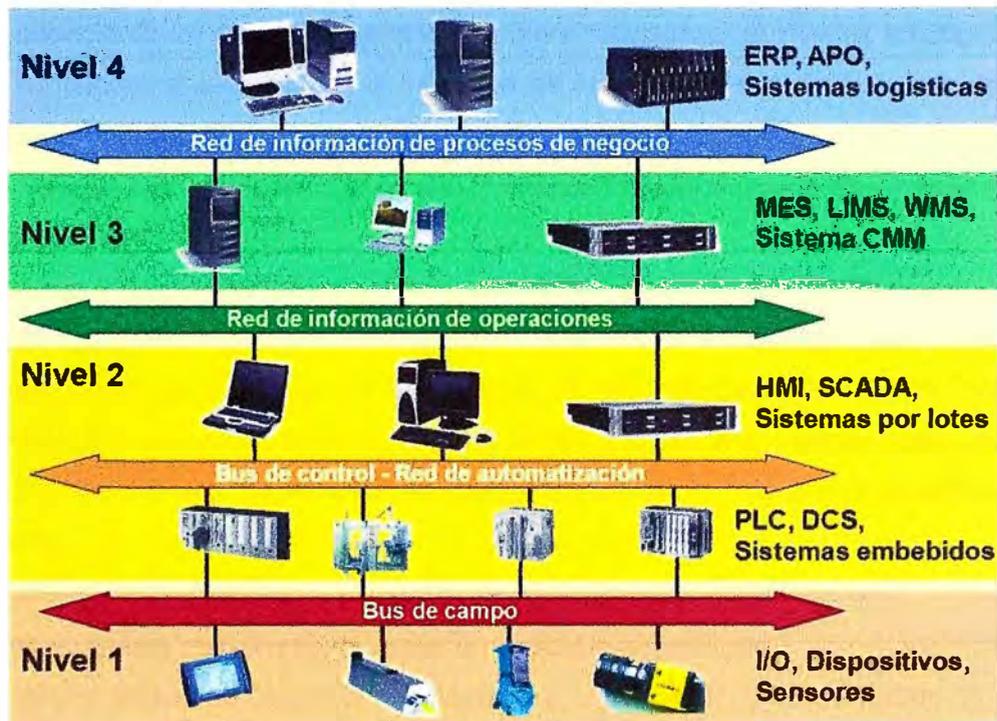


Figura 2.2 Ejemplo de jerarquía funcional

La metodología se circunscribe a las etapas mostradas en la Figura 2.3 que son desarrolladas en las siguientes secciones. Es decir:

Análisis situacional → Planeamiento básico → Planeamiento de detalle

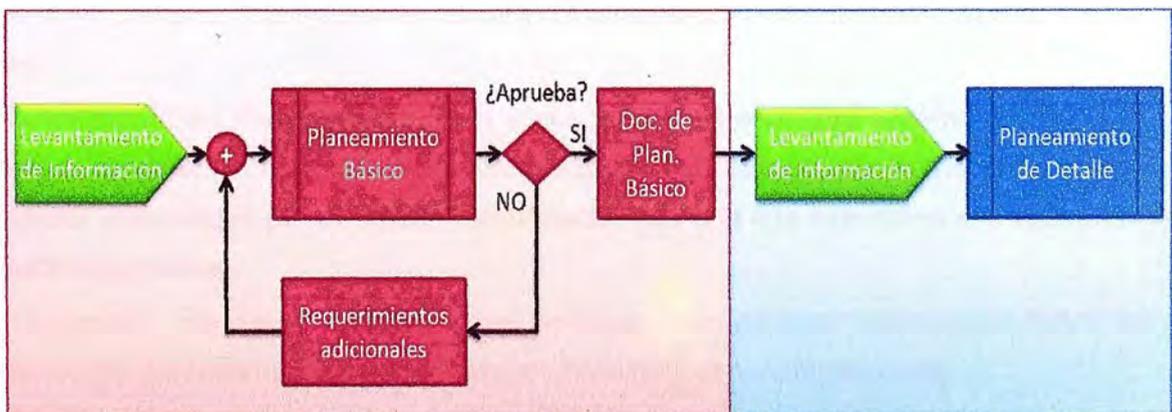


Figura 2.3 Etapas principales de la metodología

al bus, interconexión de equipos heterogéneos (variadores de velocidad, terminales de programación, control numérico, etc.)

Las ventajas del uso del bus de datos son las siguientes:

- Reducción de costes
- Servicios de administración: Física, Enlace, Aplicación y Usuario
- Mantenimiento de la red
- Flexibilidad y Simplificación
- Comunicación bidireccional

La ausencia de un estándar internacional para reemplazar la interfaz analógica de 4-20 mA, ha dejado al usuario con la dificultad de elección acerca de cuál bus, entre los que se ofrecen, debe elegir para ser utilizado a nivel de proceso o de campo. Hay muchos sistemas de buses en el mercado, cada cual exigiendo ser la mejor solución para el uso en el campo.

Estos son buses respaldados por grandes organizaciones y son de-facto o estándares nacionales establecidos; tienen un mercado significativo cubierto por una variedad de fabricantes, entre estos el Fieldbus Foundation, el ISP (Interoperable System Project), el PTO (Profibus Trade Organization), ODVA (Open Device Net Vendor Association), el World FIP. Una primera clasificación de los buses de campo (según sus capacidades) es la siguiente:

- Controlbuses: Buses de Control, (HSE high-speedethernet o ControlNet).
- Fieldbuses: Buses de Campo, (Foundation Fieldbus o Profibus).
- Devicebuses: Buses de Dispositivos (DeviceNet, ProfibusDP, SDS o Interbus-S).
- Buses de Sensores: Sensor buses (CAN, ASI, Seriplexo LonWorks).

Se explica a continuación los seis buses más utilizados:

- ASI (Actuator/ Sensor Interface) La especificación ASI es muy similar al protocolo HART, pero con una estructura mucho más sencilla. Está dirigido a conectar actuadores y sensores binarios que reconocen solamente los estados "encendido" o "apagado" o "sí" y "no".
- CAN (Controller Area Network) Este concepto de bus serial fue desarrollado por Bosch para la conexión en red de controladores, actuadores y sensores en automóviles y provee rápidas velocidades de transmisión combinadas con una alta inmunidad a la interferencia electromagnética.
- Devicenet.- Es una red de bajo nivel diseñada para conectar dispositivos industriales (sensores, actuadores) con dispositivos de nivel más alto (controladores).
- Interbus S.- Su función cae de alguna forma entre CAN y PROFIBUS. Similar a CAN, este protocolo llena el requerimiento de velocidades de transmisión de datos para ciclos

muy alto.

- Profibus.- El estándar PROFIBUS tiene tres perfiles diferenciados: PROFIBUS DP, PROFIBUS PA y PROFIBUS FMS (Fieldbus Message Specification). El perfil FMS es cubierto en las primeras dos partes del estándar y fue desarrollado principalmente para aplicaciones generales de control de procesos.

- Foundation Fieldbus .- Es una red industrial diseñada para aplicaciones de control de procesos distribuidos. Está basado en parte en las tecnologías existentes, incluyendo el trabajo de comités de estándares de ISA (International Society for Measurement and Control) y de IEC (International Electrotechnic Committee), PROFIBUS, FIP y HART.

## 2.2 Marco del desarrollo de la metodología

Como marco de referencia se está considerando el modelo de jerarquía funcional de la ANSI/ISA-95.00.03-2005 [1] (Figura 2.1) el cual define:

- Nivel 4 - El establecimiento del cronograma de producción básico de planta, el uso de materiales, la entrega y el envío. La determinación de los niveles de inventario. Marco de tiempo: Meses, semanas, días.

- Nivel 3 - El Flujo de trabajo/control de recetas para producir los productos finales deseados. Los registros de mantenimiento y la optimización del proceso de producción. Marco de tiempo: Días, turnos, horas, minutos, segundos.

- Nivel 2 - Monitoreo, control, supervisión y control automatizado del proceso de producción. Tiempo: Horas. Marco, minutos, segundos, milisegundos.

- Nivel 1 - Sensado del proceso de producción, la manipulación del proceso de producción.

- Nivel 0 - El proceso de producción real.

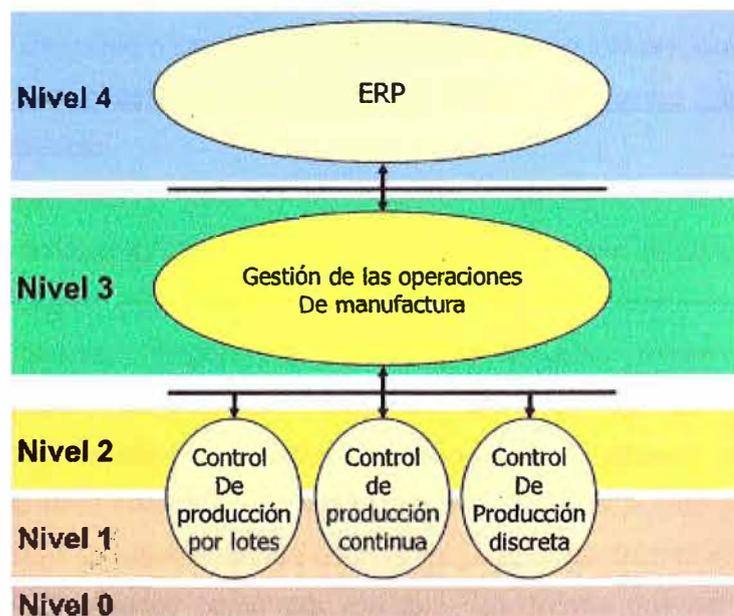


Figura 2.1 Modelo de jerarquía funcional

## 2.3 Análisis situacional

Antes de definir cualquier estrategia de diseño es necesario contar con la mayor cantidad de información sobre el ente que recibirá la solución.

Esto incluye tanto aspectos geográficos y climáticos, tipo de industria, aspectos funcionales & operativos, estado de la planta, requerimientos y necesidades, limitaciones aclaración del requerimiento.

Este levantamiento de información debe responder con detalle a dos preguntas:

- ¿Dónde estamos? - Es decir la situación en la cual se encuentra, el punto de partida.
- ¿A dónde se quiere llegar? - Es decir la situación final que espera tener el cliente, o punto final hacia donde se debe conducir el proyecto.

### 2.3.1 Aspectos geográficos y climáticos

Se consideran tres aspectos básicos a revisar de las zonas donde se desarrolla el proyecto: vías de acceso, medio ambiente y logística del lugar

#### a. Vías acceso

Según la vía de acceso se define la forma de transporte del personal y los materiales a las zonas del proyecto.

Por ejemplo en el caso existan caminos anchos es posible entonces el uso de camiones y grúas, pero si los caminos son angostos y con pendiente no tan pronunciada se puede usar camionetas, finalmente, si no hubiera camino carrozable se debe acceder a pie.

Los pesos y tamaños máximos de los materiales, equipos y herramientas deben ser los que se puedan transportar según se utilicen, grúas, camiones, camionetas o personas para movilizarlos.

Finalmente la dificultad o facilidad de las vías de acceso influenciará en la viabilidad y costos de usar o desestimar una zona de trabajo, eligiendo otros lugares para implementar el proyecto.

#### b. Medio ambiente

Se considera evaluar lo siguiente: los fenómenos naturales, la altitud, la humedad, la temperatura, la polución y la salinidad

- Fenómenos naturales.- Según los fenómenos naturales presentes se define la protección de equipos, medidas de contingencia, como por ejemplo: para los rayos se deben usar protector de transitorios y transformadores de aislamiento; para los huaycos o deslizamientos se debe coordinar con los civiles el estudio de suelos y uso de muros de contención. También se establecen los riesgos y condiciones del transporte, programa de trabajo, trabajo y trabajador como por ejemplo; las lluvias pueden establecer el no transportar y/o no trabajar en los meses de diciembre a Marzo, la presencia de rayos

puede suspender un trabajo ya programado.

- Altitud.- Con ella (msnm) se define la tolerancia de equipos y del trabajador. Por ejemplo a 5000 msnm un equipo eléctrico requerirá ser sobredimensionado por las menores capacidades de refrigeración, un trabajador requerirá realizarse exámenes médicos para comprobar su capacidad de oxigenación.

- Humedad.- Con la presencia de humedad se define el límite de tolerancia de equipos o la necesidad de acondicionar ambientes. Por ejemplo en lugares con alta humedad se debe considerar usar resistencia calefactora, en zonas de condensación se debe considerar acondicionar salas de humedad contralada.

- Temperatura.- La temperatura ambiental establece los máximos y mínimos de tolerancia de los equipos o la necesidad de acondicionar los ambientes. Por ejemplo a altas temperaturas se necesita implementar una sala acondicionada para los servidores y/o usar equipos de comunicación que trabajen a 40°C de temperatura ambiental.

- Vientos.- La presencia de fuertes vientos determina el tipo de torre y antena, como por ejemplo no poder usar antenas tipo plato y en cambio usar antenas tipo grilla.

- Polución.- La presencia de polución o polvo determina el tipo protección IP o necesidad de filtros, así por ejemplo la presencia de polvo o fibras determina una protección mínima de IP60, en los tableros con ranuras de ventilación determina el uso y cambios periódicos de filtros. El Índice de protección también es aplicable a ambientes de trabajo expuestos al agua, desde un goteo o condensación, pasando por agua nebulizada, chorros de agua e inmersión completa (IPX7 por ejemplo)

- Salinidad.- La presencia de salinidad o ambiente corrosivo determina materiales no aptos y la posible exigencia de certificaciones. Por ejemplo en ambientes corrosivos se usa material aluminio, acero inoxidable o poliéster y pueden exigir certificación NEMA4X.

### **c. Logística del lugar**

Se considera lo siguiente:

- Hospedajes.- La ubicación de los hospedajes de adecuada calidad determina la distancia hasta las zonas de trabajo, y tiempo para transitarlo a diario.

- Recreación.- La existencia de sitios de recreación determina la necesidad de días de descanso del personal, por ejemplo un proyecto implementado en una ciudad permite un trabajo de lunes a sábado, un proyecto en una zona aislada debe tener periodos de trabajo tipo 10x4, 21x7.

- Servicios logísticos.- La disposición de servicios logísticos del lugar da la oportunidad de poder contratarles o su ausencia establece la necesidad de autoabastecerse. Por ejemplo el no poder tener energía eléctrica requiere llevar un grupo electrógeno. La presencia de ferreterías facilita la compra de herramientas y accesorios menores.

### **2.3.2 Tipo de industria**

Según el tipo de industria se presentan requerimientos propios del sector como los legales, la exigencia de cumplimiento de normas internacionales, requerimientos de certificaciones entre otros requerimientos o necesidades. Por ejemplo: En el sector Bebidas & Alimentos se requiere certificación sanitaria para equipos en contacto con alimentos. En el sector Petróleo & Gas se necesita equipos para atmósferas explosivas. Para el sector minero se requiere equipos con certificación NEMA4X para los ambientes corrosivos.

### **2.3.3 Aspectos funcionales y operativos**

Un sistema SCADA es concebido para monitorear y/o controlar un proceso, sea un proceso completo, parte de un proceso, un equipo o señales específicas. En razón de ellos se debe conocer los detalles, estado y características de este proceso. Un proceso interactúa con el SCADA a través de equipos e instrumentos (sensores y actuadores). El SCADA interactúa con los equipos, sensores y actuadores a través de señales de entradas y salidas.

Es muy importante recopilar toda la información disponible del proceso y de cada uno de los equipos, sensores y actuadores. Esta información debe permitir responder ¿Qué equipos se van a integrar al SCADA?, ¿Cómo se desea funcione el proceso con el SCADA?, ¿Qué señales se van a integrar al SCADA? Entre los principales documentos para responder a estas preguntas están:

- Flujo de trabajo del proceso.
- P&ID.
- Esquemas Eléctricos.
- Plano de ubicación (vista de planta).
- Manual de operación.
- Método de operación.
- Estrategia de control.

Se debe tener en consideración que para estos documentos existe una versión inicial antes del proyecto y una versión proyectada de cómo se desea funcione el proceso con el SCADA.

Así mismo para estimar el esfuerzo y costos de implementación es recomendable solicitar información de los procedimientos y formas de trabajo del lugar como:

- Horario de trabajo.
- Requisitos de ingreso de trabajadores.
- Requisitos de ingreso-salida de materiales y herramientas.
- Políticas y procedimientos de calidad, seguridad, medio ambiente.

- Políticas y manual de seguridad de la información.
- Instructivos de seguridad y medio ambiente.
- Procedimientos de trabajo.
- Proyectos futuros

#### **2.3.4 Estado de la planta**

El estado de la planta es la situación actual en la que se encuentra las instalaciones donde se realizará el proyecto. Tres de los aspectos más importantes a revisar son el estado de las zonas de trabajo, el estado de los equipos a integrar y las facilidades disponibles.

##### **a. Estado de equipo a integrar**

Dado que en la sección anterior se preguntaba: ¿Qué equipos se van a integrar al SCADA?, ¿Qué señales se van a integrar al SCADA?, en esta sección se debe preguntar ¿Cómo se va a obtener cada una de las señales?

Se debe tener claro la forma o método de cómo se va a integrar cada uno de los equipos o partes al sistema SCADA. Para ello es importante conocer los equipos, sensores y actuadores que se integraran al SCADA.

De ellos se debe saber cómo funcionan, con qué tipo de fuente de energía trabajan, como se comunican, su estado de conservación. Esta información se la puede obtener de los manuales del fabricante, manuales de operación, planos, esquemas de conexionado y de la inspección en campo.

Existirán casos en que se necesitará una señal pero no hay un equipo o instrumento que la proporcione, para esto se recopilará la información necesaria que permita dimensionarlo, para solicitarlo o incluirlo como parte del proyecto.

##### **b. Zonas de trabajo**

Según la forma de acceso, la altura sobre el suelo del lugar o el espacio disponible facilitan, dificultan o inclusive evitan que un sitio sea usado para implementar equipos del proyecto.

El espacio disponible (el cual puede ser un amplio espacio dentro de una sala eléctrica, una pequeña área dentro de un tablero o un espacio a la intemperie) condiciona el tipo de tecnología y equipos a utilizar.

Según las otras actividades que se realizan en el lugar, sus riesgos y condiciones inseguras, impactan en los costos de implementación.

##### **c. Facilidades**

Debe entenderse “facilidades” por ¿Con qué se dispone para conseguir todas y cada una de las señales? Para esta labor se debe revisar la infraestructura instalada y disponible como:

- Energía: fuentes de 480 VAC, 440 VAC, 220 VAC, 110 VAC monofásico o trifásico. 48 VDC, 24 VDC, 12 VDC convencional, estabilizado o segura es decir proveniente de UPS o Baterías.
- Comunicaciones en Nivel 2 - sistema de supervisión: ubicación de los rack de comunicaciones, ancho de banda, puertos, medios disponibles como fibras ópticas instaladas para uso del SCADA. Torres, Postes o zonas altas para ubicación de radios.
- Comunicaciones de Nivel 2 - Sistema de control: buses de control implementados, FO disponibles para PLCs o sistemas de control, o posible recorrido de bus de control a implementar.
- Comunicaciones Nivel 1: buses de campo, puertos disponibles o puntos de equipos, posible recorrido de cables.
- Aire de instrumentación: en el caso de instalar equipos neumáticos se requiere de fuentes de aire de instrumentación. Sobre estos se debe revisar su caudal disponible, presión, calidad de aire, forma de conectamos, recorrido.
- Ambientes limpios: para las estaciones de trabajo se recomienda su instalación en ambientes limpios y para los servidores su instalación en Data Center o ambientes acondicionados en humedad, temperatura, acceso y energía.
- Oficinas: lugares donde ubicar las estaciones de trabajo y lugares de trabajo temporal para el proyecto.
- Ductos: disponibilidad y recorrido de buzones, bandejas, canaletas, ductos, tuberías o infraestructura que permita instalarlos con facilidad.

Se debe tener en consideración que la infraestructura puede estar instalada, pero que esté reservada para otro proyecto, es decir no esté disponible.

### **2.3.5 Requerimientos y necesidades**

Se desarrollan a continuación:

#### **a. Requerimiento**

En esta sección se debe considerar lo requerido en los TDR (Términos de referencia), bases del concurso, especificaciones técnicas o documento de solicitud recibido del cliente. Estos documentos deben ser considerados en todas y cada una de las partes del diseño.

#### **b. Necesidades**

En esta sección no solo se debe considerar los requerimientos escritos en un documento, sino además se debe revisar que otras necesidades no están siendo identificadas y escritas por el cliente. Dentro de las formas de identificar estas necesidades se debe revisar:

- Todo lo necesario para la implementación del proyecto.

- La disposición de las facilidades.
- Las necesidades de áreas relacionadas, es decir de áreas; proveedor de insumos, proveedor de servicios, cliente de servicios o productos.
- Las necesidades futuras producto de implementar el proyecto.
- Las necesidades post implementación y cierre de proyecto como: manuales, documentación, transferencia de información.
- Las necesidades de operación y mantenimiento.
- Las tendencias tecnológicas del mercado.
- Las necesidades derivadas de las limitaciones y restricciones.

Es importante reunirse con el usuario del proyecto, quien no necesariamente participó en la definición del proyecto. También es sumamente útil aplicar la experiencia en implementaciones similares. La mejor forma de identificar estas necesidades es con una visita a campo a las zonas del proyecto y una posterior reunión.

### **2.3.6 Limitaciones**

Las limitaciones o restricciones que se puede encontrar son: Tiempo, costo, aspectos legales, limitaciones en facilidades, uso de espacios, permisos para trabajo, cantidad máxima de trabajadores, servicios disponibles, disponibilidad de parte del cliente, información insuficiente o no disponible, entre otras.

### **2.3.7 Aclaración de requerimiento**

Como parte del levantamiento de información se debe coordinar las reuniones con el cliente y usuarios, las vistas a las zonas del proyecto, la entrega por parte del cliente de documentos, planos, esquemas, de respaldo, configuraciones, listas, instructivos, procedimientos, políticas y demás información necesaria.

Durante la etapa de levantamiento de información del aspecto situacional se debe tener constante comunicación con el cliente y usuarios, quienes deben aclarar la interpretación de los requerimientos, necesidades, limitaciones.

## **2.4 Planeamiento básico**

En esta etapa se define el "Que hacer", en la cual se eligen de las opciones factibles la más viables o adecuadas para el proyecto. Se usa como dato de entrada la información del aspecto situacional. Ver esquema del planeamiento básico (Figura 2.4).

### **2.4.1 Estimación de lista de entradas y salidas de señales**

El primer paso para determinar ¿Qué hacer? es saber ¿En qué parte del proceso se va realizar el proyecto?, esta información debe haber sido recopilada en el aspecto situacional y servirá de entrada para esta sección. La interacción del SCADA con el proceso se realiza en el nivel 1, en este nivel el SCADA interactúa a través de señales de entradas y salidas (Figura 2.5).

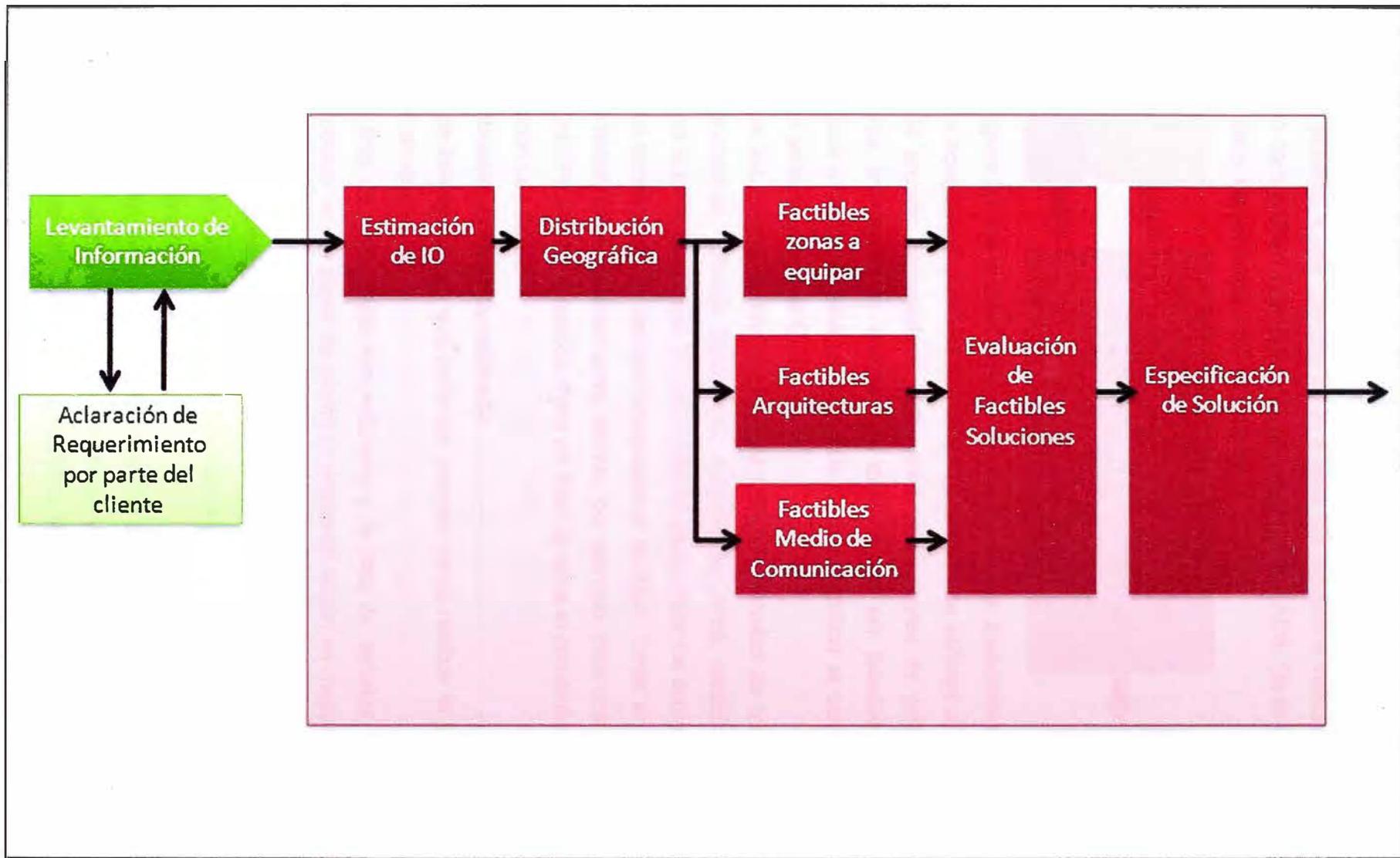


Figura 2.4 Planeamiento básico (Fuente: Elaboración propia)

La estimación de la lista de IO o lista de señales de entradas y salidas se realiza en base a los sensores, actuadores y demás equipamiento que forma parte del sistema de control. De acuerdo a ello, primero se va a listar los equipos e instrumentos, para luego de cada uno contabilizar las señales que se integran al SCADA. De la instrumentación se tienen dos tipos: los sensores y los actuadores.



**Figura 2.5** Interacción SCADA – Proceso (Fuente: Elaboración propia)

Entre los equipos y/o sensores que sirven de entrada de señales al SCADA se tienen: sensores de presión, temperatura, flujo, nivel, interruptores de posición, voltímetros, amperímetros, medidores de energía. Es decir deben ser listados los equipos que enviarán datos al SCADA, para cada uno de ellos contabilizar la cantidad (cuantas) de señales que serán enviadas al SCADA.

Entre los actuadores se tienen: válvulas ON/OFF, válvulas de control proporcional, válvulas neumáticas, válvulas hidráulicas, contactores, relés, variadores de velocidad, arrancadores suaves, maquinas. En este paso se deben listar los actuadores y para cada uno de ellos contabilizar las señales integradas al SCADA. Tener en consideración los actuadores tienen tanto entradas como salidas, por ejemplo: para una válvula se tiene el comando ON/OFF y la confirmación. Para un Relé se tiene el comando RESET y también la confirmación de FALLA.

#### **2.4.2 Distribución geográfica estimada**

Luego de aclarar en ¿en qué parte del proceso se va realizar el proyecto? Se debe aclarar ¿En dónde?

Con la lista de instrumentación estimada y la lista de señales (IO) estimada, se procede a colocar en un plano de planta (o esquema según se disponga) las señales a integrar al SCADA. La distribución de señales no necesita ser exacta, la finalidad de este documento es dar visibilidad de ¿Dónde se encuentra la necesidad? Para poder llevar la solución hasta esos sitios o trasladar la solución a otros lugares factibles.

#### **2.4.3 Zonas a equipar factibles**

En esta parte del diseño se debe dar opciones de solución parcial del ¿Qué hacer? La primera alternativa de solución consiste en revisar y proponer zonas del proyecto.

Con el documento de distribución geográfica de señales se procede a identificar las factibles zonas donde colocar equipos como sensores, actuadores, tableros, antenas,

torres, servidores entre otros equipos. Los principales criterios son ubicar controladores en tableros cerca de los equipos o ubicarlos en los sitios ya identificados en el aspecto situacional. Como resultado de esta sección se tendrán listas de posibles lugares a equipar.

#### **2.4.4 Arquitecturas de SCADA factibles**

Dada la necesidad de integrar los equipos y señales distribuidas, se opta por elegir la opción o las opciones más adecuadas al requerimiento. Entre las opciones de arquitectura SCADA se tiene: de Sistema de Supervisión y de Servidores Redundantes.

##### **a. Arquitecturas de Sistema de Supervisión**

Son las siguientes: simple autónoma, doble autónoma, Cliente/Servidor

###### **a.1 Arquitectura simple autónoma**

Es la que consta de una estación de trabajo en la cual se ejecutan todas las aplicaciones SCADA como servidor, cliente, HMI, base de datos entre otras. Esta misma estación de trabajo sirve de interfaz para la operación.

###### **a.2 Arquitectura doble autónoma**

Es la que consta de dos estaciones de trabajo en cada una se ejecutan todas las aplicaciones SCADA como servidor, cliente, HMI, base de datos entre otras. Estas mismas estaciones de trabajo sirven de interfaz para la operación. Dado que cada estación de trabajo es independiente una del otro, esta arquitectura es tolerante a fallas, es decir en caso una estación de trabajo falle la otra opera sin problemas.

###### **a.3 Arquitectura Cliente/Servidor**

Es la que consta de equipo servidor y estaciones de trabajo. En el servidor se ejecutan las aplicaciones SCADA de tiempo real como recolección de datos, procesamiento, envío de datos, OPC.

Las aplicaciones SCADA históricas como colección de datos, base de datos, consultas (query) pueden ejecutarse en este o en otro servidor según estimación de cargas.

Estos servidores normalmente se ubican en el Data Center o ambiente acondicionado. En las estaciones de trabajo se ejecuta la aplicación HMI y aplicaciones cliente del servidor, estas PCs se ubican en las salas de control, oficina o en las zonas de operación.

###### **a.4 Arquitectura Servidores Redundantes**

Consta de equipos servidor redundante y estaciones de trabajo. El servidor redundante son dos (2) servidores idénticos que tienen la misma configuración y se encuentra comunicándose y sincronizados. Uno de los servidores opera en modo activo y el otro en modo espera.

El servidor activo ejecuta las aplicaciones SCADA y sincroniza al servidor de espera. Cuando el servidor activo falla el de respaldo entra en operación y pasa a modo activo, el servidor en falla pasa a modo "falla" y luego de recuperarse pasa a espera.

En el servidor redundante se ejecutan las aplicaciones SCADA de tiempo real como recolección de datos, procesamiento, envío de datos, OPC.

Las aplicaciones SCADA históricas como colección de datos, base de datos, consultas (query) pueden ejecutarse en este par de servidores o en otro servidor redundante según estimación de cargas. Estos servidores normalmente se ubican en el Data Center o ambiente acondicionado. En las estaciones de trabajo se ejecuta la aplicación HMI y las aplicaciones cliente del servidor, estas PCs se ubican en las salas de control, oficina o en las zonas de operación.

### **b. Arquitecturas de sistemas de control**

Para este documento se entiende como PLC a un equipo del tipo RTU, PLC, PAC, DCS, Remota, Controlador o cualquier otro equipo de funciones similares. Entre los tipos de PLC y arquitecturas de sistema de control se tienen:

#### **b.1 PLC compacto**

Es el equipo que tiene un solo módulo, el cual tiene incluido el CPU, la fuente de energía, los bloques de entradas y salidas de señales.

#### **b.2 PLC Modular**

Es el equipo compuesto por varios módulos, entre las opciones de módulos están: módulo para fuente de energía, módulo para CPU, módulos para entradas digitales, módulos para entradas analógicas, módulos para salidas digitales, módulos para salidas analógicas, módulos de comunicación.

#### **b.3 PLC de fuente alimentación redundante**

Es el PLC modular, en el cual la fuente de alimentación eléctrica es redundante, es decir el PLC dispone de dos diferentes fuentes de alimentación eléctrica.

#### **b.4 Arquitectura de PLC de medio redundante**

Es el PLC Modular, en el cual el CPU principal se comunica con las señales (IO) remotas y otros IED (Dispositivos electrónicos inteligentes) mediante un medio redundante. Se debe revisar que equipos tienen la capacidad de unirse a la red a través de medios redundantes.

Se debe tener en consideración que no todos los equipos pueden integrarse directamente a una red redundante en medio. Se debe revisar que equipos tienen la capacidad de unirse a esta red y el hardware necesario para realizarlo. Los equipos que no tengan la capacidad de integrarse directamente a esta red pueden realizarlo a través de PLC remotos o equipos interfaces.

### **b.5 Arquitectura de CPU redundante**

Es el PLC modular, en el cual se tienen 2 CPUs en configuración redundante en el mismo chasis. Un módulo está en modo activo y el otro módulo en modo espera. Los CPUs pueden estar en el mismo chasis o en diferentes chasis según la configuración del fabricante.

#### **2.4.5 Medios de comunicación factibles**

En esta sección se busca definir cuál es el medio de comunicación o capa física a utilizar, en un proyecto SCADA el medio de comunicación lo define principalmente la distancia.

Para elegir el medio de comunicación a implementar se debe revisar las facilidades de energía, canalización y otras comunicaciones ya disponibles. Es importante tener en consideración que este marco metodológico es para diseñar sistemas SCADA y no para implementar medios de comunicación, de esta forma lo evaluado es esta sección está enfocado a implementar comunicaciones dentro de una sede, utilizando las comunicaciones ya existentes y solo complementándola en las zonas requeridas. Los requerimientos mayores de implementación de medios de comunicación deben ser realizados por proyectos paralelos. Entre los medios de comunicación más usados en proyecto SCADA se tienen:

##### **a. Cobre par trenzado RS485**

Este es el medio más común en Nivel 1, por su facilidad de instalación, su topología multipunto, su tolerancia a las interferencias electromagnéticas (EMI) y su costo. Sobre este medio corren la mayoría de protocolos de campo, como Profibus, Devicenet, Modbus, Foundation fieldbus entre muchos otros. Si bien el estándar ANSI/TIA/EIA-485-A-1998 establece una longitud máxima de alcance de 1200 metros (a 100 kbit/s) no se recomienda extender la longitud del bus más de unos pocos cientos de metros.

##### **b. Cobre de par trenzado STP**

Este medio es usado en distancias menores a 90 metros, para comunicación Ethernet. Para distancias mayores se usa Fibra Óptica. La instalación de este cable siempre de ser lo más protegido posible de las interferencias electromagnéticas (EMI). Se usa principalmente en el nivel 2. En el Nivel 1 no se recomienda, en caso de elegirlo se debe evaluar cuidadosamente los riesgos de EMI.

##### **c. Fibra óptica**

Este medio permite comunicar con muy grande ancho de banda varios kilómetros sin repetidores, no es susceptible a las EMI y tiene un costo medio-alto de implementación Usado principalmente cuando las distancias del Nivel 2 superan los 90m, y cuando las distancias del Nivel 1 superan algunos pocos cientos (~400) de metros. Las distancia no

suelen superar los pocos (2) kilómetros, es decir el uso es dentro de un local o sede. La fibra debe ser protegida en todo su recorrido a través de las canalizaciones que se dispongan.

#### **d. Microondas**

Este medio permite comunicar con mediano ancho de banda varios kilómetros, suficiente para aplicaciones SCADA. Se debe evaluar la línea de vista y la necesidad de colocar repetidores. Para estos se evalúan las posibles zonas donde ubicarlos de acuerdo a las facilidades como zonas geográficamente altas, torres y energía disponible.

#### **e. Operador de telecomunicaciones**

Según la zona donde se ubique se dispondrá de los servicios de un operador de comunicaciones encargado de la transmisión de datos entre dos o más sedes. Estos se pueden dar a través de medio inalámbrico (Celular-3G) o cableado (fibra óptica o cobre).

#### **f. Satelital**

Se puede optar por este medio de comunicación entre dos sedes, cuando una de ellas se encuentra alejada. Este medio suele ser de menor ancho de banda y más costoso.

#### **g. Onda portadora**

En el sector eléctrico es común disponer de comunicación entre SE mediante los cables de transmisión de energía. Esta comunicación es utilizada para las comunicaciones entre relés de protección, así mismo este medio dispone de un canal de comunicación para otros fines, como puede ser enviar datos de un controlador a los servidores SCADA.

### **2.4.6 Evaluación de soluciones factibles**

Para que las soluciones sean factibles, se debe combinar la implementación de las arquitecturas en las distintas zonas del proyecto comunicándolas con los posibles medios.

Para cada caso se evalúan las facilidades de implementación. Entre estas facilidades a evaluar se tienen:

- Energía
- Comunicaciones
- Aire de Instrumentación.
- Ambientes limpios o data center
- Espacio para ubicar equipos
- Aire acondicionado
- Oficinas
- Canalizaciones: buzones, bandejas, canaletas, ductos

En base a las soluciones creadas en el paso anterior, se ponderan las más factibles en base las necesidades identificadas, el costo, el alcance y el tiempo de implantación, en ese orden. En esta sección se debe escoger la posible solución a implementar.

#### **2.4.7 Especificación de solución**

De las soluciones elegidas en la sección anterior, se procede a especificar los mínimos requerimientos técnicos que deben cumplir, esto se realiza en función que el sistema debe: satisfacer los requerimientos, satisfacer necesidades tecnológicas y poder operar en las condiciones presentes.

Las especificaciones deben ser para la instrumentación, sistema de control, comunicaciones y sistema de supervisión y energía.

#### **2.5 Toma de decisiones**

La realiza el dueño del proyecto, comúnmente se realiza un reunión entre el equipo de desarrollo de la solución y el dueño del proyecto, con la participación opcional de los interesados. El dueño del proyecto evaluará la(s) solución(es) presentadas por costo y beneficio y decidirá:

- Elige una opción: se prosigue con el proyecto.
- Descarta todas las opciones: en este caso el dueño del proyecto deberá indicar los requerimientos adicionales y con estos volver a revisar el planeamiento básico.

#### **2.6 Requerimientos adicionales**

En caso el dueño del proyecto descarta las opciones presentadas del planeamiento básico, se le debe solicitar sus observaciones y nuevos requerimientos (condiciones) para que apruebe el proyecto. Con estas nuevas condiciones se debe revisar el planteamiento básico y volver a presentar la propuesta para la "Toma de Decisiones".

#### **2.7 Documentación de planeamiento básico**

La documentación de esta etapa será según las exigencias, acuerdos o contrato. Así por ejemplo se puede tener:

- Cliente Interno: cuando la empresa se ha adjudicado un proyecto llave en mano, o el entregable es un servicio. Acá, según los procedimientos internos, comúnmente no se exige más información a la ya presentada en la etapa de "Toma de decisión".
- Cliente Externo: se da cuando la empresa se ha adjudicado un proyecto de Precios unitarios, un proyecto de consultoría, es un EPCM entre otros casos. En estos casos se concluirá con la documentación según exigencias. Estos documentos pueden ser:
  - o Memoria del proyecto (a implementar).
  - o Criterios de diseño: sirve de entrada para la ingeniería de detalle.
  - o Especificaciones Técnica (sistema de control, equipos, instrumentación).
  - o Hoja de datos; (instrumentación).

- Estrategia de control.
- Lista de Instrumentos.
- Lista de IO o lista de entrada y salida de señales.
- Lista de cables.
- Lista de materiales y metrado.
- Presupuesto (detallado por partidas).
- Documentos para licitación.

## **2.8 Aspecto situacional de planeamiento de detalle**

Revisión y validación previa que el aspecto situacional no ha cambiado en el tiempo. Se requiere necesariamente cuando las etapas de planeamiento básico y planeamiento de detalle no se realizan una a continuación de la otra.

## **2.9 Planeamiento de detalle**

En estas secciones se define ¿Cómo hacer? el proyecto SCADA, sirven de entrada el planeamiento básico y la información del aspecto situacional.

En la figura 2.6 se muestra el esquema que corresponde al planeamiento en detalle. En él se pueden apreciar cada una de las etapas (secciones) que son desarrolladas a continuación.

### **2.9.1 Lista de entradas y salidas de señales preliminar**

Para definir la lista de (IO) entrada y salida de señales primero se debe definir la lista de equipos, sensores y actuadores que serán parte del proyecto SCADA.

Lista de equipos, sensores y actuadores ya ha sido estimada en el planeamiento básico, sin embargo esta estimación no siempre puede estar disponible, y en caso de si disponerla se debe tener en consideración que esta lista no es exacta, que es solo una aproximación hecha con los datos que se tenían en ese momento. Esta nueva lista de equipos, sensores y actuadores debe ser validada por el cliente pues es la base del diseño.

Luego se procede a determinar las señales a integrarse al SCADA de los equipos, sensores y actuadores. Para esto se debe considerar:

- Equipos, sensores y actuadores ya adquiridos y en operación: las señales de este grupo no sufrirán cambios a menos que se cambien el equipo.
- Equipos, sensores y actuadores en procura por otro proyecto: las señales de este grupo pueden sufrir cambios, se debe estar atento de cómo estos cambios impactan en el proyecto SCADA.
- Equipos, sensores y actuadores a suministrarse por este proyecto: las señales de este grupo son determinadas como parte de este diseño. Ello se revisa en la sección 2.4.7 y 2.9.5 luego de elegir el bus de campo.

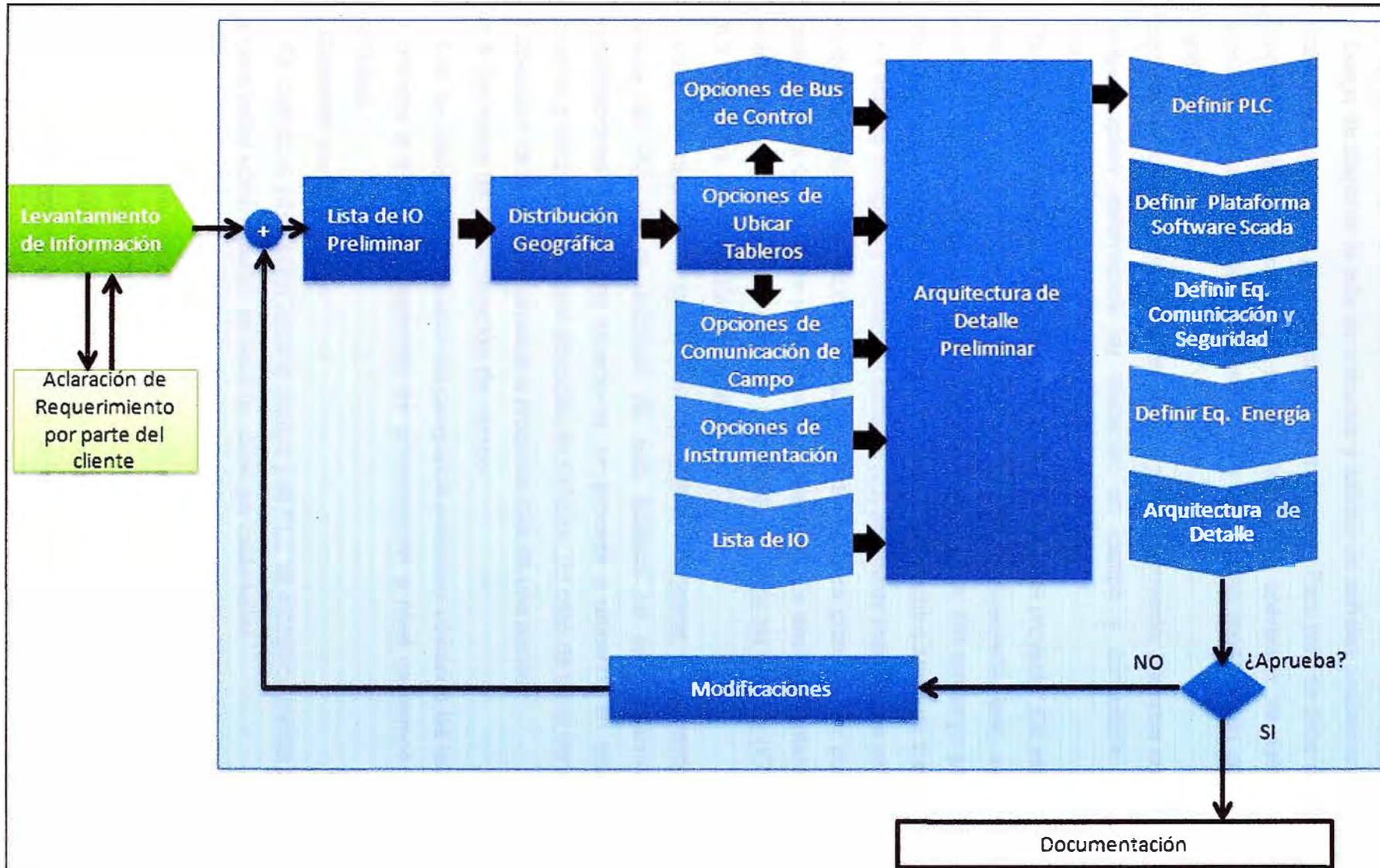


Figura 2.6 Planeamiento de detalle (Fuente: Elaboración propia)

### 2.9.2 Distribución geográfica preliminar

Luego de disponer la lista de entradas y salidas de señales preliminar, se procede a ubicar los equipos en un plano de preferencia a escala. Para esto se debe considerar:

- Equipos, sensores y actuadores ya adquiridos y en operación: de estos equipos se conoce su ubicación exacta a excepción de que sufran modificación como parte del proyecto.
- Equipos, sensores y actuadores en procura por otro proyecto: De estos equipos se debe averiguar quien determinará su ubicación en campo y consultarle su ubicación proyectada.
- Equipos, sensores y actuadores a suministrarse por este proyecto: De estos equipos se determina como parte de este diseño su ubicación proyectada, esto se revisa en la sección 2.4.7 y 2.9.5 en función al proceso y los costos. Sin embargo para efectos de esta distribución geográfica preliminar se ubicarán las posibles áreas de instalación.

La lista de entradas y salidas de señales (IO) preliminar indican que señales se van a recoger de cada instrumento. En caso de instalaciones grandes, se puede dividir en áreas menores con el fin de poder visualizar cada sitio. Es decir se contará con un mapa general de los sitios, y planos por cada sitio donde se tenga las señales (IO).

### 2.9.3 Opciones de ubicación de tableros

Luego de disponer la Distribución Geográfica Preliminar, se procede a ubicar los tableros de PLC. Si la ubicación de esto tableros no está determinada por las especificaciones del aspecto situacional, se procede a ubicarlos en sitios adecuados cercanos a las zonas de mayor densidad de señales. En caso de tener varias alternativas de ubicación de tableros se procede a proponer más de una opción.

### 2.9.4 Opciones de comunicación de campo

Con los planos de distribución de geográfica preliminar ubicando los tableros de PLC, se procede a estimar las opciones de comunicación a nivel de campo. Para esto se considera:

#### a. Cableado punto a punto.

Es cuando la integración entre el equipo y el PLC se establece mediante el cableado de cada señal punto a punto, es decir un cable por cada señal.

Se opta por este método de cableado para todos los equipos que no tengan opciones de comunicación por bus de campo y cuando por costos es conveniente.

#### b. Cableado de bus de campo.

Es cuando la integración entre el equipo y el PLC se establece mediante un bus de comunicación o también llamada bus de campo. Este cable del bus puede alimentar de energía eléctrica y comunicación a varios equipos.

Es recomendable este cableado cuando: 1) se tengan varios equipos que deban integrarse con varias señales al SCADA y conversen el mismo protocolo. 2) cuando un equipo deba integrarse con muchas señales al SCADA.

### **2.9.5 Opciones de instrumentación**

Según en el paso anterior se haya optado por un cableado de bus de campo y protocolo específico, se ajustarán las características de los equipos e instrumentación definidos por este proyecto SCADA. Se debe tener en cuenta que esto puede significar hardware adicional para estos equipos e instrumentos. Los cambios de esta sección son a nivel de características de integración al PLC es decir si se integra por bus de campo o por cableado punto a punto.

### **2.9.6 Lista entradas y salidas de señales modificada**

Según se haya cambiado las características de los equipos e instrumentación definidos en este proyecto, se procede a actualizar la lista de señales (IO). Los equipos e instrumentos podrían haber pasado de integrar mediante señales punto a punto a integrarse por bus de campo, con lo cual se reduce la cantidad de señales de entradas y salidas punto a punto.

### **2.9.7 Opciones de bus de control**

En esta sección se eligen las opciones de bus de control mediante el cual se comunican los PLCs y el bus de control mediante el cual se comunican el PLC con el Software SCADA.

#### **a. Bus de Control entre PLCs**

Para decidir implementar este bus primero se debe establecer si existe la necesidad de comunicación entre los PLCs. Si existe se diseña e implementa. Si el protocolo del bus de control no está definido, se recomienda sea un protocolo abierto, apropiado para la comunicación entre PLCs y que las tarjetas las fabrique el mismo fabricante del CPU.

#### **b. Bus de Control entre PLC y Software SCADA**

La opción más común de esta comunicación es por Ethernet por el alto desarrollo tecnológico y bajos costos, aunque este método no es un bus sino es de topología estrella. Sin embargo también es posible comunicarse entre PLC y software SCADA por bus de control instalando en el servidor una tarjeta del protocolo deseado.

Normalmente en esta etapa el medio de comunicación ya está establecido, caso contrario se debe realizar diseño de planeamiento básico.

### **2.9.8 Arquitectura preliminar**

En este paso no se elegirá una marca de hardware, sino una arquitectura detallada que satisfaga las necesidades, requerimientos mínimos, teniendo en cuenta las limitaciones. En esta sección se combinarán las diferentes opciones para determinar una

arquitectura.

### **2.9.9 Definición de PLC**

Para este paso se debe elegir los posibles fabricantes que proveerán el PLC o hardware de control quienes validaran el dimensionamiento y evaluarán los costos:

#### **a. CPU**

El dimensionamiento del CPU se recomienda realizarlo según las especificaciones de cada fabricante. Se debe tener en cuenta validar sea adecuada para la arquitectura elegida, la capacidad de memoria, lazos PID, capacidad de comunicaciones, cantidad de señales máxima, facilidades para la programación, nivel de soporte post venta.

#### **b. Tarjetas de comunicación**

Listar las tarjetas necesarias para disponer de las comunicaciones definidas. Tener en consideración el módulo CPU normalmente incluye algunos protocolos de comunicación.

#### **c. Tarjetas de entradas y salidas de señales (IO)**

Las tarjetas de señales (IO) se dimensionan según la lista de señales (IO) establecida, acá se debe tener en cuenta las características de las tarjetas como diagnóstico, aislamiento, tipo de señal. También debe ser dimensionado las reservas en base a un porcentaje de las señales requeridas.

### **2.9.10 Definición de plataforma de software SCADA**

Se considera dos partes: Software SCADA, Hardware SCADA Nivel 2.

#### **a. Software SCADA**

El software se define según la arquitectura SCADA, teniendo en consideración los aplicativos con los protocolos necesarios para comunicarse con los PLCs, los aplicativos de tiempo real, históricos, ambiente de desarrollo, otros aplicativos según necesidades del proceso y otros aplicativos de apoyo a la gestión de manufactura.

#### **b. Hardware SCADA Nivel 2**

El Hardware de nivel 2 son los servidores y las estaciones de trabajo.

Los servidores se dimensionan según los requerimientos de hardware del software SCADA.

Las estaciones de trabajo también se dimensionan considerando los requerimientos de software SCADA, adicionalmente se debe considerar las características del lugar donde se va a ubicar la estación de trabajo.

### **2.9.11 Definición de equipos de comunicación y seguridad**

Estos equipos se definen según la arquitectura SCADA diseñada y según el medio de comunicación elegido. Como parte de este diseño se dimensiona lo mínimo requerido, el proveedor del equipo de comunicaciones terminará de especificar las características del hardware. Entre los equipos de comunicación más comunes a considerar están:

- Switch Ethernet; este puede ser administrable o no administrable, industrial o no industrial, fast o giga Ethernet.
- Router: requerido según la segmentación de redes.
- Firewall: para brindar seguridad perimetral
- Radio Microondas: requerido cuando el medio a implementar es por enlace de radio.
- Modem Celular: para implementar comunicaciones a través de la red celular.

#### **2.9.12 Definición de equipos de energía**

Se considera en por partes:

##### **a. Cálculo de cargas**

Se debe estimar el consumo de los equipos eléctricos por cada zona. Se debe separar los consumos críticos de los consumos no críticos.

##### **b. Dimensionamiento de UPS**

Según el cálculo de cargas críticas y el tiempo de autonomía requerido se debe dimensionar el sistema de energía estabilizado.

##### **c. Dimensionamiento de tableros de distribución**

Para las cargas no críticas se estiman las necesidades de los tableros o interruptores de distribución de energía. Esta tarea la realiza un ingeniero electricista.

Se debe evaluar los costos en conjunto con el proveedor.

#### **2.9.13 Arquitectura de detalle**

En base a lo diseñado de este planeamiento de detalle se procede a esquematizar la arquitectura de detalle y a listar sus características.

#### **2.9.14 Validación del planeamiento de detalle**

En esta etapa se busca tener la aprobación del cliente sobre el diseño de detalle a fin de realizar la documentación necesaria para la etapa de ejecución o montaje.

La validación la realiza el cliente, a quien se le presentará la arquitectura de detalle junto con las características de este diseño, así como la estimación de los costos del proyecto.

En este punto el cliente o dueño del proyecto toma una decisión:

- Aprueba el diseño, con lo cual se procede a la elaboración documentación para su implementación, ejecución o montaje.
- Desaprueba el diseño, en este caso el dueño del proyecto deberá especificar sus nuevos requerimientos o modificaciones deseadas.

#### **2.9.15 Modificaciones al planeamiento de detalle**

Cuando el cliente o dueño del proyecto desaprueba el diseño, se le debe solicitar sus nuevos requerimientos y modificaciones. Con estas nuevas especificaciones se debe revisar el planeamiento de detalle y volver a presentarlo para aprobación.

### **2.9.16 Documentación de implementación**

Luego de aprobado el diseño de detalle se procede a elaborar la documentación como parte de la implementación antes de la ejecución y montaje. La documentación comúnmente usada en este tipo de proyectos es:

- Planos de tablero: son los planos de dimensionamiento y diseño interno y externo del tablero, así como los esquemas de conexionado interno del tablero.
- Planos de recorrido de cableado.- Son los planos desde las borneras de los tableros hasta los equipos de campo, incluyendo los detalles de cómo será canalizado.
- Planos de montaje.- Son los planos donde se muestra los detalles de la forma de montaje de cada uno de los equipos o tableros.
- Lista de Materiales.- Esta lista debe contener todos los cables, materiales de canalización, materiales internos de tableros y otros materiales necesarios para la correcta instalación de los equipos en campo

Estos documentos pertenecen a la etapa de implementación y no a la etapa de diseño del sistema de control, por lo cuales sus detalles no serán abordados en este informe.

## **CAPÍTULO III MARCO SITUACIONAL DEL CASO DE ESTUDIO**

En este capítulo se exponen los aspectos situacionales del caso de estudio, los cuales servirán de entrada para el diseño del “Sistema de Monitoreo y Control vía telemetría de bombas contra incendios” se procede en este capítulo en la descripción del caso de estudio según el análisis situacional del marco metodológico.

Para este caso de estudio, el proyecto se elabora en una refinería al norte del país.

### **3.1 Aspectos geográficos y climáticos**

En esta sección se revisarán tres aspectos básicos a revisar de las zonas donde se desarrolla el proyecto: vías de acceso, medio ambiente y logística del lugar.

#### **Vías acceso**

La zona del proyecto se ubica en una ciudad costera, de superficie mayoritariamente plana con presencia de cerros. A la zona del proyecto tiene dos accesos por carreteras afirmadas, un aeropuerto a las afueras de la ciudad y dos muelles, uno de uso exclusivo para despacho de hidrocarburos de la refinería y otro disponible para empresas y público. Es decir las vías de acceso no son limitantes para el tipo de transporte que se elija.

#### **Medio ambiente**

Fenómenos naturales: los fenómenos propios de la zona del proyecto son los propios del Perú, es decir probabilidad de temblores, terremotos y tsunamis.

#### **Altura (msnm)**

La zona del proyecto se ubica al lado de la playa, con lo cual no supera los 50 msnm para las zonas altas.

#### **Clima**

Es cálido, árido y oceánico, la temperatura máxima y mínima media es 32°C y 18.3°C, respectivamente. La zona de ejecución del proyecto se ubica al lado del océano pacífico, considerándose zona corrosiva. La ciudad presenta vientos promedios de 24 km/h, no presentándose tormentas. La humedad promedio varía entre 60% y 85%.

#### **Logística del lugar**

La zona del proyecto al ubicarse en una ciudad pequeña y al lado del mar cuenta con varios lugares de alojamiento y diversos sitios de recreación cercanos. En la ciudad se encuentran disponibles diversos servicios menores como alquiler de camionetas, alquiler

de grúas, agencias de transporte, restaurante, herrería entre otros. También están disponibles los comercios de ferretería industrial y ferretería eléctrica.

### **3.2 Tipo de industria**

El proyecto se desarrolla dentro de una refinería de petróleo, debiendo considerar las atmósferas explosivas y atmosferas potencialmente explosivas que se presenten. Las disposiciones legales sobre la cual se rige en sector hidrocarburos para el Perú son:

- Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos D.S N° 043-2007-EM.
- Resolución de acuerdo de Directorio N° 010-2007-APN /DIR. Norma Nacional sobre Seguridad y Salud Ocupacional Portuaria y Lineamientos para la obtención de Certificados de Seguridad en una Instalación Portuaria. 16.03-2007
- Reglamento de Seguridad Industrial aprobado por DS N° 42-F del 22-05-64.
- Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, DS N° 015-2006-EM.
- Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos, DS N° 051-93-EM.
- Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos, DS N° 052-93-EM.
- Reglamento para el Transporte de Hidrocarburos por Ductos, DS N° 041-99-EM y sus modificatorias.
- Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transportes de Gas Licuado de Petróleo, DS N° 027-94-EM.
- Ley General de Industrias, Ley N° 23407.
- Ley General del Ambiente Ley N° 28611.

Las normas indicadas líneas arriba no describen especificaciones que modifiquen un diseño SCADA. La relación más cercana con proyecto SCADA es en la seguridad del personal y medio ambiente a tener en consideración al momento de la instalación del sistema SCADA.

### **3.3 Aspectos funcionales y operativos**

El proceso sobre el cual se va a diseñar el sistema SCADA es un sistema de bombas contra incendio ubicado en el muelle de carga líquida de hidrocarburos.

Las bombas de agua se arrancan según la caída de presión, así por ejemplo la bomba jockey arranca a 135 psi, la bomba P901 arranca a 125 PSI, la bomba P902 arranca a 115 PSI y la bomba P900 arranca a 110 PSI. La caída de presión se dará cuando por algún motivo o emergencia se comience a consumir agua del sistema de tuberías de agua contra incendio, en cual está distribuido por toda la refinería, para las zonas de refinación, zona de tanques, muelle de carga, oficinas.

Las bombas y partes del sistema contra incendio incluidas en este proyecto son:

Cuatro bombas de agua ubicadas en el muelle:

- P900: Electrobomba de 450 HP.- Capacidad: 710 m<sup>3</sup>/hr @1788RPM, presión: 10.2kg/cm<sup>2</sup> @ 100% capacidad.
- P901: motobomba de 483 HP.-Capacidad: 710 m<sup>3</sup>/hr @1575RPM, presión: 10.2kg/cm<sup>2</sup> @ 100% capacidad.
- P902: motobomba de 483 HP, capacidad: 710 m<sup>3</sup>/hr @1575RPM, presión: 10.2kg/cm<sup>2</sup> @ 100% capacidad.
- P903: Bomba eléctrica Jockey de 90 HP, capacidad: 250 GPM, presión: 150 PSI.

2 bombas de espuma ubicadas en la entrada del muelle:

- P920A: Electrobomba de desplazamiento positivo de 200GPM @ 210 PSI.
- P920B: Motobomba de desplazamiento positivo de 200GPM @ 210 PSI.

Estas bombas no se arrancan con la caída presión sino manualmente ante la identificación de un bombero de su necesidad.

Estación Contraincendios.- El sistema de monitoreo se requiere ubicar en la estación contraincendios, la cual esta aproximadamente a 1 km del muelle donde se ubican las bombas.

Los documentos disponibles del proceso son:

- Anexo A "Descripción de equipos y funcionamiento del sistema contra incendio de la refinería".
- Anexo B "Plano de vista superior".

Dada la limitación de no haberse proporcionado un documento importante tal como el P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) que brinde información sobre la instrumentación disponible, se pudo recopilar mediante visitas al campo, al respecto la siguiente información:

- Los únicos actuadores que tienen control sobre el sistema son los tableros de control de todas y cada una de las bombas.
- La instrumentación instalada en campo no está disponible para integración a SCADA, se debe incluir en el proyecto instrumentación necesaria para la operación según alcance del proyecto.
- Existen dos circuitos de tuberías que llevan agua desde el mar hasta la refinería, el sistema contra incendio y el sistema de agua de refrigeración. Ambos sistemas pueden unirse mediante la apertura de una válvula ubicada cerca al muelle.

Otros documentos de procedimientos de trabajo del cliente son:

- Política integrada de gestión de la calidad, ambiente, seguridad y salud ocupacional.
- Condiciones mínimas de seguridad, salud en el trabajo y protección ambiental en la

contratación de obras, servicios y adquisiciones.

- Código de integridad
- Política corporativa de seguridad de la información.
- Manual de seguridad, salud en el trabajo y protección ambiental para contratistas

En la refinería se tiene proyectada la implementación de proyectos de ampliación, con lo cual reubicara, modificada y creada infraestructura para áreas productivas y administrativas. El sistema SCADA a implementar debe ser de fácil adaptación a los próximos cambios a darse en la infraestructura de la refinería.

### 3.4 Estado de la planta

El estado de la planta es:

#### Estado de equipo a integrar

Para responder ¿Cómo se va a obtener cada una de las señales? Se ha recopilado la siguiente la información de los esquemas de los tableros de control. De esto tableros se recaban las señales eléctricas.

A las posibles zonas del proyecto se realizó la visita de campo para recabar información del estado de la planta. Se observó la operatividad de los tableros de control.

La instrumentación requerida como sensor de presión y otros será considerada implementar como parte de este proyecto.

#### Zonas de trabajo

En la zona del muelle se realiza la carga de combustibles en los barcos, durante este proceso toda la zona se considera una atmósfera explosiva, por lo cual la disponibilidad para realizar trabajos en caliente es limitada.

En la visita de campo se comprobó los accesos y la facilidad para llegar a cada una de las zonas involucradas en el proyecto. Se comprobó que en cada área existen diversos espacios para instalar tableros.

#### Facilidades:

De la visita al campo, se observa para cada una de las zonas, las facilidades son mostradas en las Tablas 3.1, 3.2 y 3.3:

**Tabla 3.1 De la caseta de Bombas Contra Incendio del Muelle**

Tipo de Facilidad	Descripción de Facilidad
Ubicación	Caseta de Bombas Contra Incendio, sobre el muelle.
Equipos Cercanos	P900, P901, P902
Energía	Energía 220 VAC monofásica estabilizada, disponible de UPS de 3kw con Banco de baterías externo. Este UPS es utilizado por el PLC del sistema de control de Muelle, se observa carga nominal de 1kw. Energía 220 VAC monofásico de tomacorriente de oficina de contra incendio colindante.

Comunicación Nivel 2	Ninguno disponible
Comunicación Nivel 1	Ninguno disponible
Comunicación Nivel 0	Ninguno
Aire de Instrumentación	Disponible
Ambientes	Ambientes techados no cerrados
Oficinas	oficina cercana disponible para operaciones de contra incendio
Ductos:	
Buzones	Zona de muelle, no tiene buzones
Bandejas	Ninguno
Canaletas	Ninguno
Ductos	No disponible
Estructura	Existe estructura de metal, disponible para soportar las bandejas o ductos que se instalen. Todo el muelle está construido de estructuras de metal.
Observación	Colindante con Caseta de Bomba Jockey

**Tabla 3.2 De la caseta de Bomba Jockey del Muelle:**

<b>Tipo de Facilidad</b>	<b>Descripción de Facilidad</b>
Ubicación	Caseta de Bomba Jockey, sobre el muelle
Equipos Cercanos	P903
Energía	Energía 440 VAC trifásico Estándar, disponible con transformador monofásico de 110 VAC - 1kva. Energía 220 VAC monofásico de tomacorriente de oficina de contra incendio cercana a ~30 metros.
Comunicación Nivel 2	Ninguno
Comunicación Nivel 1	Ninguno
Comunicación Nivel 0	Ninguno
Aire de Instrumentación	Ninguno
Ambientes	Ambientes techados no cerrados
Oficinas	oficina cercana disponible para operaciones de contra incendio
Ductos:	
Buzones	Zona de muelle, no tiene buzones
Bandejas	Ninguno
Canaletas	Ninguno
Ductos	No disponible
Estructura	Existe estructura de metal, disponible para soportar las bandejas o ductos que se instalen. Todo el muelle está construido de estructuras de metal.
Observación	Colindante con Caseta de Bombas Contra Incendio

**Tabla 3.3 De la caseta de Bombas Contra de Espuma:**

Tipo de Facilidad	Descripción de Facilidad
Ubicación	Caseta de Bombas de Espuma, en la entrada del muelle
Equipos Cercanos	P920A, P920B
Energía	Energía 440 VAC trifásico convencional, disponible con transformador monofásico de 110 VAC - 1kva. Energía 220 VAC monofásico de tomacorriente de oficinas cercanas a ~ 40 m
Comunicación Nivel 2	Ninguno
Comunicación Nivel 1	Ninguno
Comunicación Nivel 0	Ninguno
Aire de Instrumentación	Ninguno
Ambientes	Ambientes techados no cerrados
Oficinas	Ninguno cercana
Ductos:	
Buzones	Ninguno
Bandejas	Ninguno
Canaletas	Ninguno
Ductos	No disponible
Estructura	Toda la caseta está construida de estructura de metal.
Observación	Ubicada a 100 metros de Caseta de Bombas Contra Incendio

**Tabla 3.4 De la caseta de Estación Contra Incendio:**

Tipo de Facilidad	Descripción de Facilidad
Ubicación	Oficina de bomberos - Estación Contra Incendio
Equipos Cercanos	-
Energía	Energía 220 VAC monofásica de UPS de 1Kva. Energía 220 VAC trifásica convencional de tablero de distribución. Energía 220 VAC monofásica convencional de tomacorriente de oficinas.
Comunicación Nivel 2	No disponible
Comunicación Nivel 1	Ninguno
Comunicación Nivel 0	Ninguno
Aire de Instrumentación	Ninguno
Ambientes	Ambientes techados y cerrados
Oficinas	Si
Ductos:	
Buzones	Ninguno
Bandejas	Ninguno
Canaletas	Ninguno
Ductos	No disponible
Estructura	Toda la estación contra incendio está cubierta por una estructura metálica que soporta el techo.
Observación	Ubicada a ~ 1km del muelle

Necesidades posteriores son identificadas durante etapas posteriores del diseño.

### **3.5 Requerimientos y necesidades**

Son las siguientes.

#### **3.5.1 Requerimientos**

Los documentos recibidos del cliente que describen los requerimientos técnicos son:

- Bases Técnicas o TDR.
- Formato Presupuesto Detallado.

Luego de revisada la documentación del requerimiento, se observa los aspectos que afectan al diseño son:

- Se solicitó no usar las redes Ethernet administrativas disponibles en la refinería. En su reemplazo se debe implementar el medio para comunicar las distintas zonas del proyecto.
- Se solicita monitorear la presión a la entrada de la válvula de alivio.
- Se solicita visualizar en el SCADA los valores de voltaje y corriente disponibles en los tableros de control.
- El requerimiento se da como servicio por dos años, el cual incluye brindar mantenimiento al sistema SCADA implementado.

#### **3.5.2 Necesidades**

Las necesidades identificadas son:

- Necesidad de implementar cableado y ductos para atmosferas explosivas.
- Necesidad de acondicionar canalizaciones donde soportar los ductos a instalar.
- El área de electricidad no está en condiciones satisfacer las necesidades de energía estabilizada. Se debe considerar como parte del proyecto necesidades de energía.
- Disponer de capacidades para adaptarse fácilmente a los cambios que se darán como parte de los próximos proyectos en etapa de planeamiento.
- Como cierre de proyecto se necesita, capacitación para operadores, disponer de manual de operación, y documentación para mantenimiento.
- Implementar estrategia de mantenimiento.
- Implementar facilidades para labores de mantenimiento. Se necesita el personal de mantenimiento ubicado en Lima pueda acceder vía remota para diagnosticar fallas.
- Disponer de mueble para adecuar la estación de trabajo.
- Dado que es un servicio, se va a requerir retirar la infraestructura a instalar al término del contrato. Disponer de facilidades para desmontaje y retiro de infraestructura y equipos.
- Recopilar información faltante de las instalaciones y principalmente de los tableros de control. Disponer de periodo de validación y confirmación de señales disponibles de

tableros de control.

### **3.6 Limitaciones**

Se han establecido las siguientes limitaciones internas:

- Tiempo: seis (6) meses para su implementación (tiempo meta).
- Costo: USD \$ 80,000.00 para la etapa de implementación.
- Limitación en las facilidades: restringirse de usar los medios de comunicación disponibles en la refinería.
- No se podrá realizar en la zona del muelle trabajos en caliente durante la permanencia de un barco. Más del 95 % del tiempo hay un barco en el muelle. Los trabajos considerados calientes son: soldar, usar herramientas eléctricas como taladro esmeril o caladora, realizar trabajos y pruebas eléctricas.
- Los permisos de trabajo, para todos los ambientes, solo se pueden realizar en el horario que se dispone del supervisor, desde 7 a.m. hasta 5 p.m. de lunes a viernes.
- No se dispone de esquemas del tablero de control P920B, se requiere recopilar la información del mismo tablero.

### **3.7 Aclaración de requerimiento**

Como parte del aclaramiento de requerimiento se realizaron dos visitas guiadas a las zonas del proyecto; En la primera visita se inspeccionaron las zonas del proyecto realizando la recopilación de información para posibles soluciones. En la segunda visita se recogió la percepción del cliente sobre lo esperado como producto final y como espera sea solucionado.

El cliente considera se realice el proyecto mediante radioenlaces, los cuales se deben reubicar o redireccionar cuando la estación contra incendio cambie de lugar según las primeras estimaciones que se tienen de lo planificado en el proyecto de ampliación de la refinería.

Aclaración sobre la necesidad de considerar el proyecto una solución safety:

- El proceso de arranque de las bombas contraincendios ya se realiza de manera automática por los tableros de control de cada una de las bombas, los cuales tiene un switch de presión (presostato) cada uno. El rol de los tableros de control actuales es cubrir la necesidad de arrancar las bombas de manera confiable ante una emergencia.
- No se exige en las especificaciones (parte del contrato) implementar "función de seguridad", más aun teniendo en cuenta se ha estimado restablecer el sistema en tiempos que varían entre cuatro horas a dos días.
- Una solución para ser considerada "seguridad funcional" según normas internacionales (IEC61508) se debe establecer la "función de seguridad" y abarcar todo el ciclo de vida de seguridad (safety live-cicly) iniciando por en "análisis de peligros y riegos". En este

caso de estudio no hay una “función de seguridad” ni “análisis de peligros y riesgos” definida en las especificaciones para la cual implementar un sistema de control.

Durante estas visitas se recogieron los documentos mencionados en las secciones anteriores de este capítulo.

## CAPÍTULO IV APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA AL CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se desarrolla una solución, tomando como base el marco metodológico y la información del aspecto situacional del caso de estudio. En este capítulo se desarrolla el diseño del sistema SCADA en las áreas de instrumentación, control, comunicación, software SCADA y energía.

### 4.1 Planeamiento básico

Abarcará el desarrollo de la metodología especificada: Estimación de lista señales (IO), distribución geográfica estimada, factibles zonas a equipar, factibles arquitecturas SCADA, factibles medios de comunicación, evaluación de factibles soluciones, especificación de solución.

#### 4.1.1 Estimación de la lista de entradas y salidas de señales

Siguiendo el marco metodológico primero se hace una lista de los equipos e instrumentación. Esta lista de equipos es extraída de la información recopilada en el aspecto situacional y se muestra en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1** Lista de equipos

Item	Zona	Tag	Tipo	Descripción	Motor tipo	Voltaje	HP
1	Caseta de Bombeo	P900	Tablero de Control	Electrobomba vertical P900	eléctrico	2300 VAC	450
2	Caseta de Bombeo	P901	Tablero de Control	Motobomba vertical P901	diesel	NA	483
3	Caseta de Bombeo	P902	Tablero de Control	Motobomba vertical P902	diesel	NA	483
4	Caseta de Bomba Jockey	P903	Tablero de Control	Bomba Jockey	eléctrico	460 VAC	90
5	Caseta Bombas Espuma	P920A	Tablero de Control	Electrobomba de desplazamiento positivo de espuma P920A	eléctrico	220 VAC	~90
6	Caseta Bombas Espuma	P920B	Tablero de Control	Motobomba de desplazamiento positivo de espuma P920B	diesel	NA	~90

Lista de Instrumentos disponibles y proyectados fuera de este proyecto (Tabla 4.2):

- No hay instrumentos disponibles ni proyectados fuera de este proyecto.

Lista de instrumentación requerida:

- El encendido de las bombas se realiza en función de la presión de la línea de agua, esta presión debe ser una señal de entrada al sistema de control. Entonces al no disponer de

una señal de presión se hace necesario incluir un sensor de presión en el diseño del sistema. La señal de presión es medida por un sensor transmisor de presión. Para cumplir con la alta disponibilidad de la medición de presión, se hace necesario incluir en el diseño un segundo transmisor de presión, de tal forma que ante la falla de uno, se posea una lectura de contingencia.

- Dos de las bombas de agua usan motores diésel, dado su gran tamaño y potencia su consumo de combustible debe ser monitoreado pues en una emergencia se pueden tener varias horas operando las bombas. El nivel de diésel para un tanque de un metro de alto se monitorea a través de un transmisor de nivel por presión diferencial.

- Los medidores de voltajes y corrientes por cada bomba son un requerimiento del cliente. Producto de la revisión de los requerimientos del cliente, se elabora la siguiente lista de instrumentos necesarios para el proyecto.

**Tabla 4.2 Instrumentos necesarios para el proyecto**

Ítem	Zona	Tag	Tipo	Descripción	Ubicación
1	Caseta de Bombeo	100-PIT01-SCI	Sensor Presión	Transmisor de Presión - línea de agua	Línea de Agua
2		100-PIT02-SCI	Sensor Presión	Transmisor de Presión - alivio	Línea de Agua
3		100-LIT01-SCI	Sensor Nivel	Transmisor de Nivel TQ de petróleo de grupo electrógeno	Tanque de Diésel
4		100-IT00-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente AC	P900
5		100-ET00-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje AC	P900
6		100-IT01-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente DC	P901
7		100-ET01-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje DC	P901
8		100-IT02-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente DC	P902
9		100-ET02-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje DC	P902
10	Caseta Bomba Jockey	100-IT03-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente AC	P903
11		100-ET03-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje AC	P903
12	Caseta Bombas Espuma	100-IT04-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente AC	P920A
13		100-ET04-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje AC	P920A
14		100-IT05-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente DC	P920B
15		100-ET05-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje DC	P920B

Con esta lista de equipos e instrumentación se procede a estimar la cantidad de señales de cada equipo e instrumento, para cada zona. La tabla 4.3 muestra la lista de señales estimadas para caso de estudio.

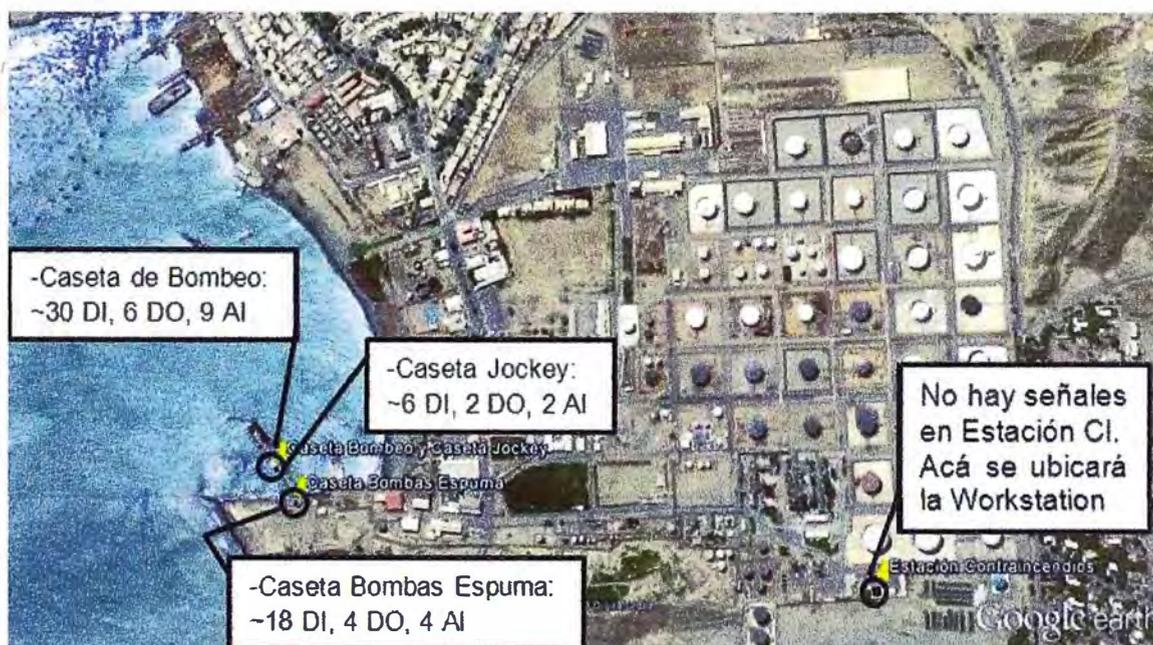
Tabla 4.3 Lista de señales estimadas para caso de estudio.

Ítem	Zona	Tag	Tipo	Descripción	Ubicación	DI	DO	AI	AO	RTD	Com.
1	Caseta Bomba Jockey	P903	Tablero de Control	Bomba Jockey	Caseta Bomba Jockey	6	2				
2		100-IT03-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente AC	P903			1			
3		100-ET03-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje AC	P903			1			
<b>Total</b>						<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1	Caseta Bombas Espuma	P920A	Tablero de Control	Electrobomba de desplazamiento positivo de espuma P920A	Caseta Bombas Espuma	6	2				
2		P920B	Tablero de Control	Motobomba de desplazamiento positivo de espuma P920B	Caseta Bombas Espuma	12	2				
3		100-IT04-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente AC	P920A			1			
4		100-ET04-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje AC	P920A			1			
5		100-IT05-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente DC	P920B			1			
6		100-ET05-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje DC	P920B			1			
<b>Total</b>						<b>18</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1	Caseta de Bombeo	P900	Tablero de Control	Electrobomba vertical P900	Caseta de Bombeo	6	2				
2		P901	Tablero de Control	Motobomba vertical P901	Caseta de Bombeo	12	2				
3		P902	Tablero de Control	Motobomba vertical P902	Caseta de Bombeo	12	2				
4		100-PIT01-SCI	Sensor Presión	Transmisor de Presión - línea de agua	Línea de Agua			1			
5		100-PIT02-SCI	Sensor Presión	Transmisor de Presión - alivio	Línea de Agua			1			
6		100-LIT01-SCI	Sensor Nivel	Transmisor de Nivel TQ de petróleo de grupo electrógeno	Tanque de Diesel			1			
7		100-IT00-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente AC	P900			1			
8		100-ET00-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje AC	P900			1			
9		100-IT01-SCI	Sensor	Medidor de	P901			1			

			corriente	Corriente DC							
10		100-ET01-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje DC	P901			1			
11		100-IT02-SCI	Sensor corriente	Medidor de Corriente DC	P902			1			
12		100-ET02-SCI	Sensor voltaje	Medidor de Voltaje DC	P902			1			
<b>Total</b>						<b>30</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

#### 4.1.2 Distribución geográfica estimada

Con la lista señales (IO) estimada en la sección anterior, se procede a ubicar las señales en las zonas del proyecto. Con la Figura 4.1 se observa como está distribuida la necesidad de integrar señales para el proyecto. Como referencia esta gráfica 4.1 tiene 2.5 km de longitud diagonal.



**Figura 4.1** Distribución geográfica estimada – vista general de planta

#### 4.1.3 Zonas a equipar factibles

En esta sección se busca proponer arbitrariamente posibles zonas donde ubicar equipos del proyecto.

Con los esquemas de distribución geográfica de la sección anterior, se procede a identificar y proponer posibles zonas a equipar. Adicionalmente con la información del aspecto situacional se observa la necesidad de evaluar zonas para la ubicación de antenas de radioenlace.

##### a. Zonas de equipamiento de Control

El criterio es ubicar tableros con PLC en los lugares cercanos a donde existe necesidad de integrar señales al SCADA, de la observación de la figura 4.1 se obtienen dos propuestas:

### Propuesta A

- Zona 100: Caseta de Bombeo
- Zona 200: Caseta Jockey
- Zona 300: Caseta Bombas Espuma
- Zona 400: Estación Contra incendios

### Propuesta B

- Zona 100: Caseta de Bombeo (incluye equipos de Caseta Jockey)
- Zona 200: Caseta Bombas Espuma
- Zona 300: Estación Contra incendios

### b. Zonas de ubicación de repetidor

Dada la significativa distancia, la necesidad de implementar un medio de comunicación y la visión del cliente de implementarlo vía radioenlaces, se procede a proponer posibles ubicaciones para un repetidor de radioenlace. El criterio para ubicar el repetidor es elegirlo de puntos altos disponibles. Con información del aspecto situacional y la observación de la figura 4.2 se obtienen las siguientes posibles alternativas:

- Sin Repetidor
- Zona I: Cerro Muelle
- Zona II: Cerro Flare
- Zona III: Cerro Sur

La Figura 4.2 visualiza la ubicación de estas zonas.



**Figura 4.2** Ubicación de posibles repetidores de radioenlace

El caso de implementación de un medio de comunicación físico se evalúa en la sección 4.1.5 (Medios de comunicación factibles).

#### 4.1.4 Arquitecturas SCADA factibles

En esta sección se busca proponer arbitrariamente posibles arquitecturas SCADA para el proyecto.

##### a. Arquitecturas propuesta para el Sistema de Supervisión

Considerando la necesidad de disponer operación para un único usuario a la vez, las arquitecturas propuestas para revisión son:

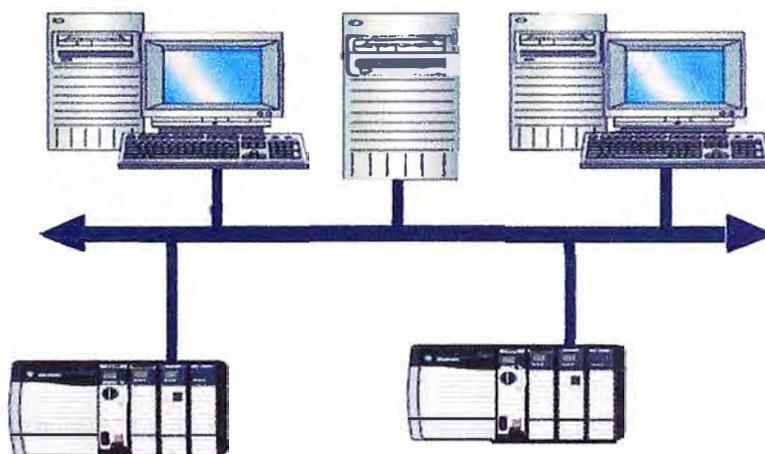
- Arquitectura simple autónoma
- Arquitectura doble autónoma
- Uso de Panel Operador (HMI)

##### b. Arquitecturas propuesta para el Sistema de Control

Considerando la poca cantidad de señales a integrar para cada zona, las arquitecturas propuestas para revisión son:

- PLC compacto.
- PLC modular.

La figura 4.3 muestra una referencia de la arquitectura del sistema SCADA a implementar.



**Figura 4.3** Referencia de arquitectura de sistema SCADA

#### 4.1.5 Medios de comunicación factibles

En esta sección se busca proponer arbitrariamente posibles medios de comunicación para el proyecto.

En el aspecto situacional se revisó el requerimiento de no usar la infraestructura de comunicaciones existentes, por lo cual se requiere implementar un medio para comunicar las distintas zonas del proyecto.

Considerando las distancias del proyecto, los medios de comunicación factibles son:

##### a. Enlace microondas

- Facilidad de instalación y bajos costos ante las grandes distancias.
- Requiere línea de vista y posible repetidor.

### b. Celular - 3G

- Facilidad de instalación ante grandes distancias.
- Se depende de operador de telefonía móvil.

### c. Fibra Óptica

- Alto ancho de banda y nula interferencia electromagnética.
- Requiere instalar cable y ductos por más de 1km.

#### 4.1.6 Evaluación de soluciones factibles

En esta sección se combinan las opciones de las tres secciones anteriores y se las evalúa versus las facilidades disponibles, teniendo en cuenta los requerimientos, necesidades y limitaciones.

##### a. Zonas a equipar

La diferencia entre la propuesta A y B está en la integración o separación de las zona “Caseta de bombeo” y la “Caseta Jockey”. Para definir esto se evalúan en un esquema cercano su facilidad o no de integrarlos. La figura 4.4 muestra un esquema de ambas áreas, las cuales son colindantes.

En la figura 4.4 se observa que ambas zonas son colindantes, ambas de extensión total ~ 17 metros. Además se conoce que ambas tienen pocas señales a integrarse al SCADA, razones por la cual es factible considerar ambas como una sola área y colocar un controlador para ambas áreas. Dadas las facilidades se establecen las siguientes zonas del proyecto:

- Zona 100: Caseta de Bombeo (incluye equipos de Caseta Jockey)
- Zona 200: Caseta Bombas Espuma
- Zona 300: Estación Contra incendios

##### b. Arquitectura SCADA

Lo primero a evaluar es si se usará HMI o estación, para un análisis comparativo de características se ha construido la tabla 4.4 donde se compara el cumplimiento de los requerimientos del caso de estudio.

**Tabla 4.4** Cumplimiento de requerimiento de HMI y estación de trabajo

Requerimiento	HMI	Estación de trabajo
Adquisición de datos en tiempo real	si	si
Alarmas	si	si
Tendencias	si, limitadas	si
Base de datos históricos	si, limitada	si
Instalación de aplicativo historiador	no	si
Uso en oficinas	si	si

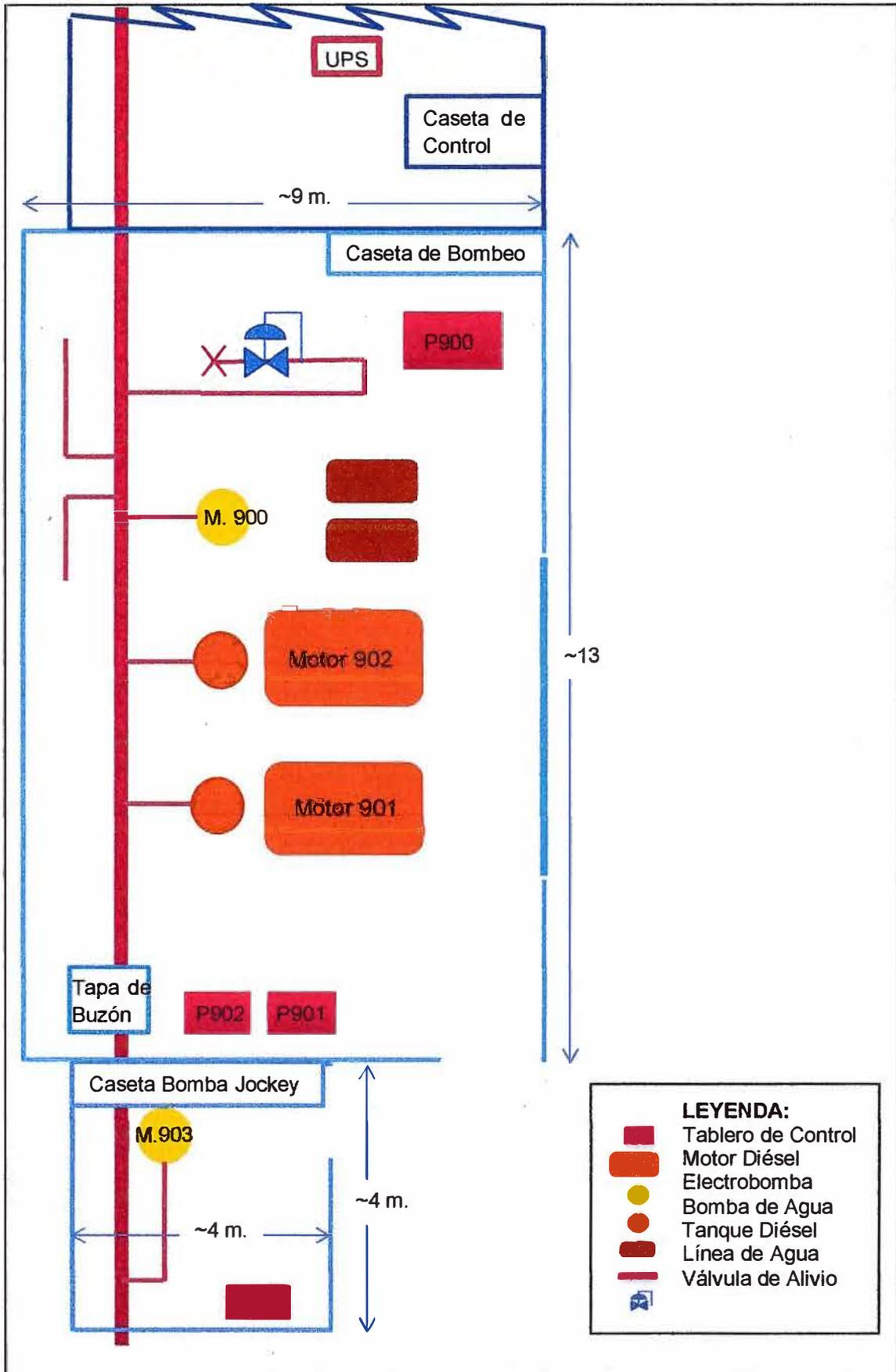


Figura 4.4 Esquema de Zonas Caseta de Bombeo & Caseta Jockey

Del análisis comparativo se descarta el uso de HMI como interfaz de operación y supervisión para este caso de estudio, se elige trabajar con una estación de trabajo.

El monitoreo y uso del sistema se realizará a través de la estación de trabajo en una ubicación determinada en las especificaciones, la estación contraincendios es única y de ahí se centraliza sus operaciones.

No se cuenta con fundamento en las especificaciones que sustenten los costos o exigencias técnicas de implementar más de una (1) estación de trabajo.

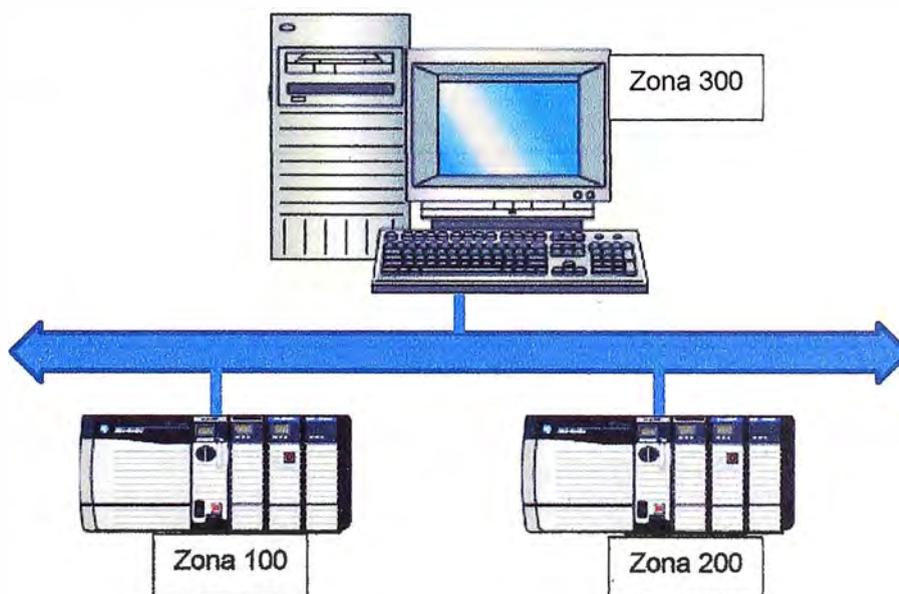
Para lograr un nivel de contingencia adecuado, una segunda estación de trabajo debe ubicarse físicamente en un lugar distinto, tal lugar no se ha especificado y tampoco se cuenta con facilidades de comunicación con otras zonas. En razón de esto se determina la arquitectura adecuada para el casos de estudio es una arquitectura simple autónoma.

### c. PLC

En esta etapa de planeamiento básico se establecen los valores mínimos que debe cumplir el PLC. Los requerimientos especificados son monitorear las señales de los equipos e instrumentos listados en la sección 4.1.2. De la observación de la figura 4.1 se nota la poca cantidad de señales, entonces ambas tecnologías de PLC satisfacen la necesidad. Los PLC Compacto o Modular cumplen con los requerimientos siempre y cuando aseguren una adecuada confiabilidad, más aun una adecuada confiabilidad para operación bajo demanda en caso de emergencias. Otros valores a considerar es la robustez: debe ser de una marca conocida, con soporte local y de reconocido prestigio.

### d. Medio de comunicación

Hasta el momento la arquitectura tiene la composición de la figura 4.5.



**Figura 4.5 - Arquitectura v01**

El medio debe integrar cada una de las zonas de la arquitectura. Para definir los

requerimientos mínimos del medio de comunicación se debe establecer su mínimo uso. El SCADA emplea el medio de comunicación para transportar datos del estado de las señales disponibles en los PLCs, sobre el volumen de datos se conoce estos pueden ser transmitidos con facilidad a través de los bus de control. Los PLCs usan comúnmente el medio de comunicación RS485. RS485 puede operar desde los 300 bits/s hasta los 100 kbit/s para distancias de hasta 1200 metros y a estas velocidades puede operar sin problemas para aplicaciones pequeñas como es el caso de estudio. Se establece entonces que el medio de comunicación debe tener un ancho de banda como mínimo de 100 kbits/s.

De la revisión de la información del aspecto situacional y la arquitectura, se concluye que el medio de comunicación debe satisfacer los requerimientos según la tabla 4.5.

**Tabla 4.5** Requerimientos del medio de comunicación

Requerimientos	Dato
Ancho de banda	> 0.1Mb/s
Distancia	~ 1.2km
Otros	Facilidades de cambio de sitio

Para cada uno de los medios de comunicación propuestos se evalúa la infraestructura requerida para su implementación, según tabla 4.6

**Tabla 4.6** Infraestructura requerida para cada medios de comunicación

Infraestructura Requerida	Enlaces Microondas	Celular - 3G	Fibra Óptica
<b>En zonas:</b>			
Energía	Requiere	Requiere	Requiere
Canalizaciones	~15m	~15m	-
Torres	Requiere	Requiere	-
Espacio para ubicar equipos	Requiere	Requiere	Requiere
<b>Entre zonas:</b>			
Energía	En repetidor	-	-
Canalizaciones	-	-	~ 1.7km
Torres	En repetidor	-	-
Espacio para ubicar equipos	En repetidor	-	-

Para esta etapa se realiza una evaluación cualitativa, para el cual se usará la tabla 4.7 siguiente:

**Tabla 4.7** Evaluación de Cualitativa

	Satisface con facilidad
	Satisface con restricción subsanable
	No satisface

Para cada una de las infraestructuras requeridas se evalúa las facilidades disponibles y su facilidad de implementarla cualitativamente. Esta evaluación se realiza en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8 Evaluación de Facilidades para cada medios de comunicación**

Evaluación de Facilidades	Enlaces Microondas	Celular - 3G	Fibra Óptica
<b>Facilidades en zonas</b>			
Energía	Requiere; Si existe	Requiere; Si existe	Requiere; Si existe
Canalizaciones	Requiere ~15m; Se instala con facilidad	Requiere ~15m; Se instala con facilidad	-
Torres	Requiere; Existen puntos altos	Requiere; Existen puntos altos	-
Espacio para ubicar equipos	Requiere: Se usa mismo tablero de eq. de control	Requiere: Se usa mismo tablero de eq. de control	Requiere: Se usa mismo tablero de eq. de control
<b>Facilidades entre zonas</b>			
Energía	Requiere en repetidor; Se adapta con facilidad	-	-
Canalizaciones	-	-	Requiere ~ 1.7 km; Se puede instalar, tiempo y costos altos
Torres	Requiere en repetidor; Existen zonas altas con torres	-	-
Espacio para ubicar equipos	Requiere en repetidor; Instalar tablero externo	-	-

Debido a la significativa diferencia de costos que puede existir entre una y otra solución, más aun considerando la diferencia de facilidades que existen para cada alternativa, se realiza una estimación de costos para cada medio de comunicación propuesto (Ver tabla 4.9).

**Tabla 4.9 Estimación de costos para cada medios de comunicación**

Estimación de Costos	Enlaces Microondas	Celular - 3G	Fibra Óptica
Implementación	~ \$ 9 000	~ \$ 6 000	~ \$ 34 000
Operación x24	~ \$ 0	~ \$ 6 400	~ \$ 0
Desinstalación	~ \$ 1 000	~ \$ 1 000	~ \$ 8 500
Total	~ \$ 10 000	~ \$ 13 400	~ \$ 42 500

En base a los requerimientos, las características de cada medio y los costos, se realiza un cuadro resumen para determinar la solución más adecuada (Tabla 4.10).

**Tabla 4.10** Evaluación de medios de comunicación - Resumen

	Enlaces Microondas	Celular - 3G	Fibra Óptica
Ancho de Banda	56 Mb/s	hasta 1.544 Mbps	1 Gb/s
Distancias	>> 2km	>> 2km	>> 2km
Diagnostico	Si	Limitado	Si
Disponibilidad	Alta	No asegura	Muy Alta
Facilidades de cambio	Si, mover radio y antena	Si, mover modem y antena	No, Requiere nueva FO
Costos Total	~ USD \$ 10 000	~ USD \$ 13 400	~ USD \$ 42 500

De este resumen de características, se puede concluir:

- La Fibra óptica es técnicamente el medio más adecuado, pero presenta un costo total muy elevado y fuera del presupuesto, además no permite facilidades ante un probable requerimiento de cambio de ubicación.
- El medio Celular-3G presenta un costo adecuado, pero técnicamente no es el medio más confiable para implementar esta solución por lo cual se descarta.
- El enlace microondas requiere de implementar infraestructura adicional como por ejemplo un repetidor, pero estas implementaciones representan un costo relativamente bajo. Técnicamente este medio cumple con lo requerido y resulta ser el que más se adecua a este caso de estudio.

Continuando con el análisis se procede a evaluar una posible zona para ubicar su repetidor.

#### e. Evaluación de repetidor

Las zonas propuestas para ubicar el repetidor son:

- Sin Repetidor
- Zona I: Cerro Muelle
- Zona II: Cerro Flare
- Zona III: Cerro Sur

En primer lugar se evalúan las líneas de cada zona:

Se tiene en consideración las alturas del suelo y torres disponibles en cada zona a comunicar, las cuales se listan en la tabla 4.11.

**Tabla 4.11** Alturas por zonas

Zona:	100	200	300
Altitud del suelo	5	5	5
Altura Torre o Mástil	6	7	5
Altitud total (m)	11	12	10

### e.1 Sin Repetidor - Estación Contraincendios

Para este caso se evalúa si hay línea de vista entre la estación contraincendios y alguna de las zonas del muelle. Las líneas de vista de las zonas de caseta de bombeo y caseta de bombas de espuma hacia la estación contraincendios se muestran en las figuras 4.6 a 4.8.

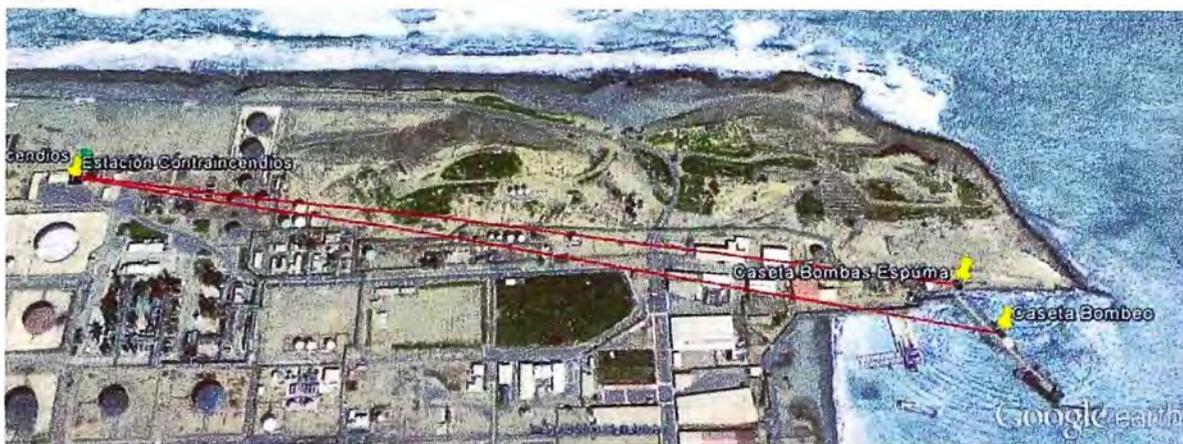


Figura 4.6 Enlaces sin Repetidor



Figura 4.7 Línea de vista Caseta de Bombeo – Estación Contraincendios

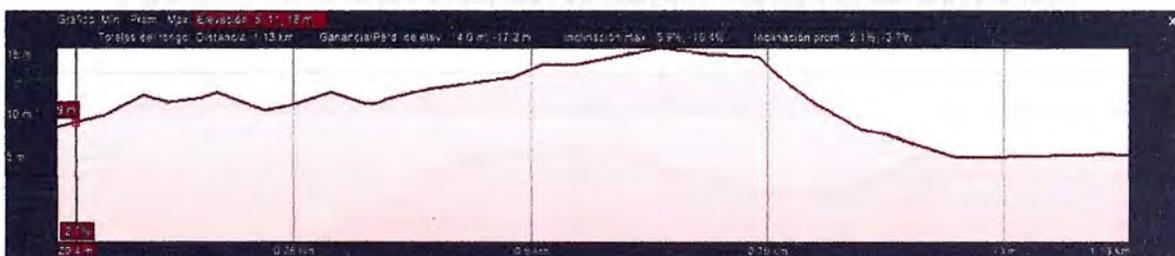


Figura 4.8 Línea de vista Caseta de Bombas de Espuma – Estación Contraincendios

Se observa no hay línea de vista entre alguna de las casetas del muelle y la estación contraincendios, por lo cual se descarta la opción de implementar la solución sin repetidores.

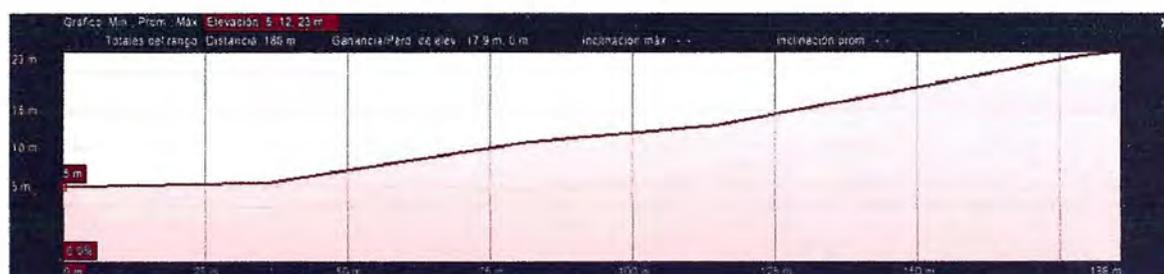
### e.2 Repetidor en Cerro Muelle

Se ubica repetidor en zona donde existe mástil para soportar antena. El mástil tiene una altura de 9 metros y se encuentra a una altitud de 23 msnm.

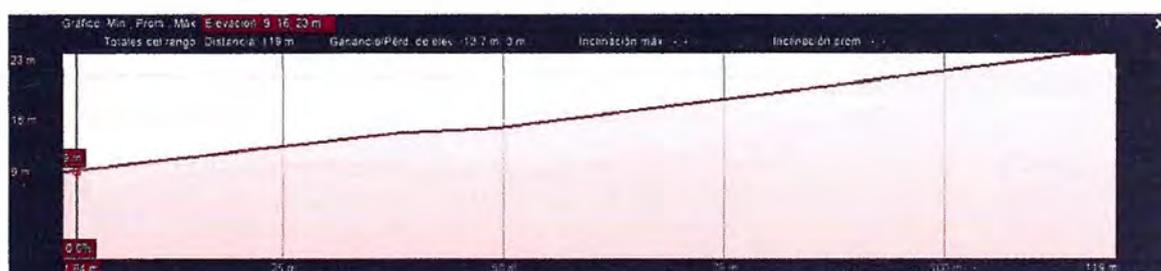
Las líneas de vista de las zonas de caseta de bombeo, caseta de bombas de espuma y estación contraincendios hacia el Repetidor Cerro Muelle se muestran en las figuras 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12.



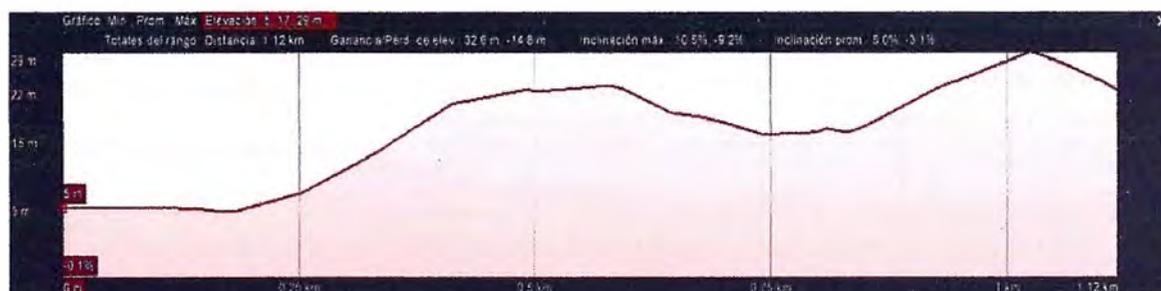
**Figura 4.9 Enlaces del Repetidor Cerro Muelle**



**Figura 4.10 Línea de vista Cerro Muelle – Caseta Bombeo**



**Figura 4.11 Línea de vista Cerro Muelle – Caseta Bombas Espuma**



**Figura 4.12 Línea de vista Cerro Muelle – Estación Contraincendios**

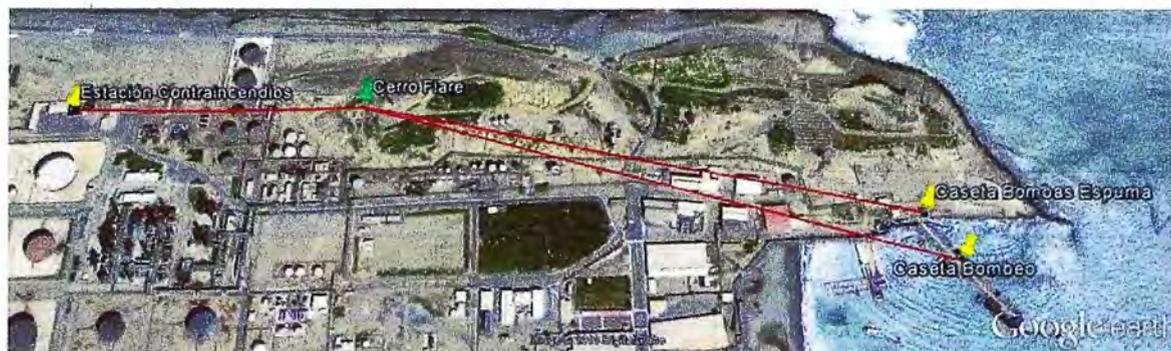
Se observa limitaciones en la línea desde el Repetidor Cerro Muelle hacia la estación contraincendios. De implementar el repetidor en este sitio se requerirá instalar un mástil o torre más alta en la estación contraincendios y en el Cerro Muelle.

### e.3 Repetidor Cerro Flare

Se ubica repetidor en zona donde existe mástil para soportar antena. El mástil tiene una altura de 12 metros y se encuentra a una altitud de 20 msnm.

Las líneas de vista de las zonas de caseta de bombeo, caseta de bombas de espuma

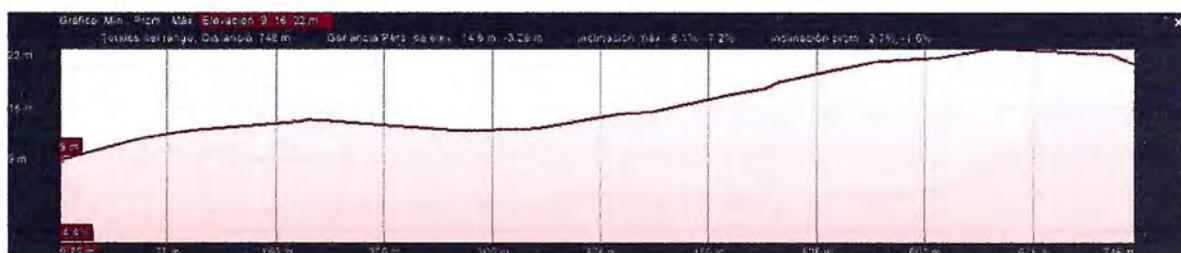
y estación contraincendios hacia el Repetidor Cerro Flare se muestran en las figuras 4.13, 4.14, 4.15 y 4.16.



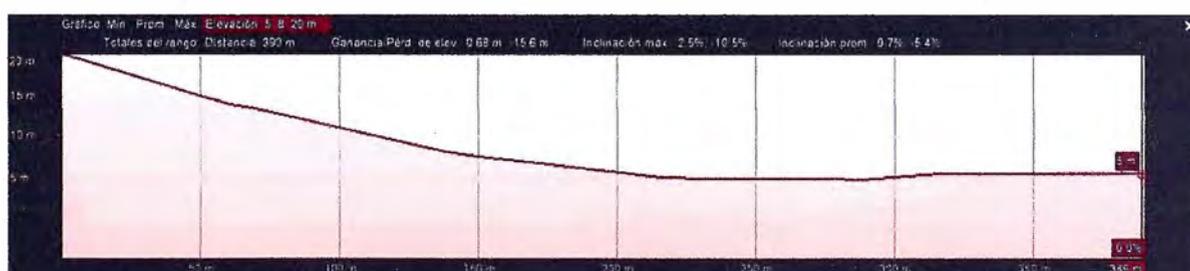
**Figura 4.13 Enlaces del Repetidor Cerro Flare**



**Figura 4.14 Línea de vista Cerro Flare – Caseta Bombeo**



**Figura 4.15 Línea de vista Cerro Flare – Caseta Bombas de Espuma**



**Figura 4.16 Línea de vista Cerro Flare – Estación Contraincendios**

Considerando la altura de 12 m del mástil del repetidor, se observa que existe línea de vista para todas las zonas del proyecto. Adicionalmente se encuentra en un punto medio entre la estación contraincendios y el muelle. La distancia más larga es hacia la caseta de bombas con 801 m. Existen varios sitios posibles de suministrar energía eléctrica en un radio de 100 m.

#### e.4 Repetidor Cerro Sur

Se ubica repetidor en zona donde existe mástil para soportar antena. La torre tiene

una altura de 36 metros y se encuentra a una altitud de 74 msnm.

Las líneas de vista de las zonas de caseta de bombeo, caseta de bombas de espuma y estación contraincendios hacia el Repetidor Cerro Sur se muestran en las figuras 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20.



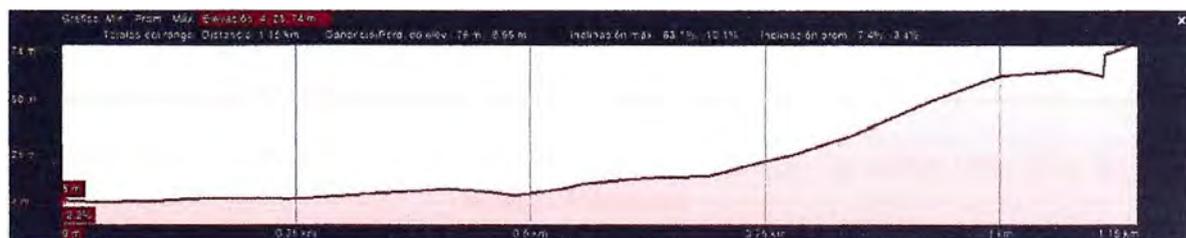
**Figura 4.17 Enlaces del Repetidor Cerro Sur**



**Figura 4.18 Línea de vista Cerro Sur – Caseta Bombeo**



**Figura 4.19 Línea de vista Cerro Sur – Caseta Bombas de Espuma**



**Figura 4.20 Línea de vista Cerro Sur – Estación Contra incendios**

Se observa que existe línea de vista para todas las zonas del proyecto. Esta torre del

Cerro Sur se encuentra a las afueras del perímetro de la refinería. La distancia más larga es hacia la caseta de bombas con 1.87 km.

No se dispone de energía para equipos adicionales, se requiere instalar paneles solares en caso de implementar repetidor en esta zona.

#### e.5 Conclusión

La zona más adecuada para el caso de estudio para instalar el repetidor es el Cerro Flare, por existir un mástil adecuado y con línea de vista a todas las zonas del proyecto, disponer de facilidades de energía cercana, tener la menor distancia hacia las zonas (801m), estar dentro del perímetro de la refinería y estar cerca de las otras zonas del proyecto facilitando así la implementación. Las facilidades disponibles para instalar un repetidor en el cerro Flare se describen en la tabla 4.12.

**Tabla 4.12 Facilidades en Cerro Flare**

Tipo de Facilidad	Descripción de Facilidad
Ubicación	Cerro Flare - Mástil para Repetidor
Equipos Cercanos	-
Energía	No Disponible. Cercana en Sala eléctrica de área de Servicios Industriales a ~100m - Energía 440 VAC trifásica de disponibilidad media, conectaba a grupo electrógeno. - Energía 220 VAC monofásica convencional de tablero eléctrico.
Torre o Mástil	Mástil Disponible
Altura	12m
Altitud	20 msnm
Escalera	Si
Buenas condiciones	Si
Espacio para tableros	En Mástil En Sala eléctrica de Servicios Industriales
Ambientes	Mástil a intemperie. Sala eléctrica acondicionada.
Oficinas	Ninguna
Canalizaciones:	
Buzones	Ninguno
Bandejas	Si, hacia Sala eléctrica de Servicios Industriales
Canaletas	Ninguno
Ductos	Ninguno
Estructura	Si, estructuras de canalización de cables hacia Zona de Servicios Industriales
Observación	Con línea de vista hacia zonas del proyecto

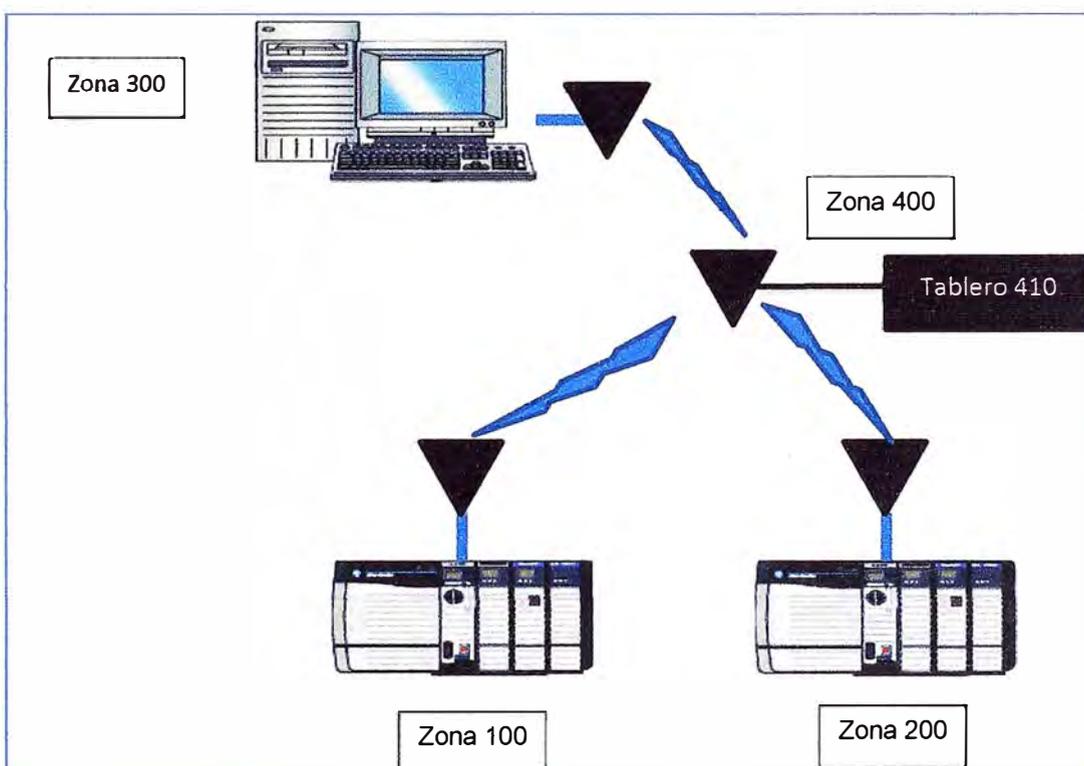
De la revisión de las facilidades se concluye se puede instalar un tablero en la sala

eléctrica de servicios industriales que acondicione la energía de 440 VAC trifásica a 220 VAC monofásico estabilizado requerido para el repetidor.

Se procede a nombrar cada zona de la siguiente manera:

- Zona 100: Caseta de Bombeo
- Zona 200: Caseta Bombas Espuma
- Zona 300: Estación Contraincendios
- Zona 400: Repetidor Cerro Flare
- Zona 410: Sala Eléctrica de Servicios Industriales

La arquitectura hasta este punto tiene el esquema de la figura 4.21.



**Figura 4.21** Arquitectura v02

#### 4.1.7 Especificación de solución

En esta sección se procederá a especificar las exigencias técnicas mínimas de la solución de la sección anterior.

Los equipos que estén directamente expuestos a la atmosfera de las zonas 100, 200 o 400 deben tener certificación para atmosferas explosivas mínimo de Zona 2 o clase 1, división 2, que es lo mínimo exigido según normas internacionales y exigencias del cliente.

Los equipos ubicados dentro de tableros de las zonas 100, 200 o 400 y los equipos de las zonas 300 y 410 no se exigen tengan certificación para atmosferas explosivas.

Se ha revisado la especificación de las marcas de PLC más empleadas en la industria como son SIEMENS y ALLEN BRADLEY y no especifican ni aseguran la disponibilidad

de sus PLCs de línea estándar (industrial), entonces se hace necesario para el caso de estudio el uso de controladores de las líneas "Safety" en donde sí se establecen los valores de "probabilidad de falla". Este caso de estudio no se especifica una función de seguridad ni un nivel de seguridad específico, entonces se especifican como requerimiento SIL2 o similar que es el nivel que cumplen todos los PLCs de estas líneas de alta disponibilidad (Ver Tabla 4.13).

**Tabla 4.13** Requerimientos técnicos mínimos del sistema de control – PLCs

	Descripción	Requerido
<b>Gabinete y protección externa</b>	Grado de protección	IP65, hermético
	Certificación Atmosfera corrosiva	NEMA4X o similar
	Certificación atmosfera explosiva	ATEX Zona 2, o similar
<b>PLC</b>	Gama de PLC	Gama baja
	Confiabilidad	SIL2 o superior
	Capacidad de comunicación	Ethernet
	# de DI mínimos	48
	# de DO mínimos	10
	# de AI mínimos	16
	# de AO mínimos	-
	Lenguajes de programación:	ladder
	Límites de temperatura	50°C
	Límites de Humedad Relativa	90%
	Altitud (m.s.n.m.)	-
	Precisión módulos AI	+/- 0.5%
	Indicador de Energizado (ON) para cada módulo	SI
	Aviso de ESTADO/FALLA/ALARMA para todos los módulos del sistema	SI
	Modificación de base de datos de control sin detener la unidad del procesador (CPU)	NO
Reemplazo de cualquier módulo en condiciones de energizado (Hot replacement)	NO	

El sistema de supervisión para poder ser usado debe tener una interfaz gráfica que les permita a los operadores reconocer el estado de las señales y efectuar los controles necesarios, por lo cual se hace necesario contar con el software de interfaz Hombre-Máquina. Para que software SCADA pueda comunicarse con el PLC debe tener una librería de los drivers de los protocolos, por lo cual se hace necesario el software que contenga estos drivers. Así mismo otras partes importantes del sistema de supervisión se identifican de la observación de la arquitectura y la información del aspecto situacional y se ha descrito en la tabla 4.14.

**Tabla 4.14** Requerimientos técnicos mínimos del sistema de supervisión

	Descripción	Requerido
<b>Software</b>	Software de Interfaz Hombre-Máquina	Requerido
	Software complementario y drivers para operación de Servidores	Requerido
	Software de Historiador (Historian)	Requerido
	Software de configuración de base de datos y pantallas de control, incluyendo licencias	Requerido
	Software de Autoconfiguración	NO
	Software de Control de Procesos Avanzado	NO
	Software de Optimización de Producción	NO
<b>Hardware</b>	Software de Mantenimiento Predictivo	NO
	Servidor de Datos y Aplicaciones	Requerido
	Servidor de Datos y Aplicaciones (redundante)	NO
	Servidor de Históricos	El mismo equipo
	PC o consola para Estación de Operación	El mismo equipo
	PC o Consola para estación de mantenimiento	El mismo equipo
	Impresora de color	NO

El sistema de comunicación usa radios en cada zona para el enlace de comunicación. Estas radios para operar adecuadamente y sin necesidad de mayor mantenimiento se hace necesario sea una radio del tipo industrial que no use ventilador, pues las partes móviles se desgastan y son las primeras en fallar, más aún los ventiladores insertan polvo dentro del equipo. La elección de la frecuencia es una que de acceso libre o sin licencia si es que algo no lo impide, las frecuencias libres para estas aplicaciones son 2.4GHz y 5.8 GHz. Para el caso de estudio se observa existen numerosos equipos en la refinería operando a 2.4 GHz, y no se tiene registrado operación de equipos en 5.8 GHz. Se valida no existe impedimento por parte del cliente de usar esta frecuencia de 5.8GHz. En razón estos datos se concluye la frecuencia de 5.8 GHz es la más adecuada para el caso de estudio.

De la observación de las especificaciones, información del aspecto situacional y las características de vigencia tecnológicas se establece los requerimientos mínimos del sistema de comunicación en la tabla 4.15.

**Tabla 4.15** Requerimientos técnicos mínimos del sistema de comunicación (Radio)

	Descripción	Requerido
<b>Radio</b>	Tipo de radio	Industrial, sin ventilador
	Frecuencia	banda 5.8 GHz
	Encriptación	Si

Administración	Remota y local
Puertos:	
LAN	10/100 base T
WAN	10/100 base T
Serial	RS485 o RS232
Alcance	> 4km
Potencia de salida	20 dBm
Sensibilidad	-94dBm
Montaje	Indoor, en tablero
Grado de protección	IP20 o superior
Atmosfera corrosiva	No para Radio
Atmosfera explosiva	ATEX Zona 2, o similar
Límites de temperatura	60°C
Límites de Humedad Relativa	90%

Adicional a los equipos descritos en la sección anterior, se describe a continuación las características principales de los instrumentos parte de este proyecto.

Para especificar un instrumento primero se requiere conocer las características del proceso como elemento a medir, temperatura entre otros. Esta información debe ser recopilada del aspecto situacional.

Para el caso del transmisor de nivel el elemento a medir es diésel 2, el cual es un combustible y este por sí mismo genera una atmosfera explosiva, en razón de esto el transmisor al estar en contacto con el diésel debe cumplir con certificación para Zona 0 o certificación similar (Tabla 4.16 y 4.17).

**Tabla 4.16** Requerimientos técnicos mínimos del Transmisor de Nivel (LIT)

	Descripción	Requerido
<b>Proceso</b>	Elemento a medir	Diesel 2
	Forma de recipiente	Cilíndrico echado
	Alto	0.8m
	T. Elemento	T. Ambiente, < 30°C
	Estado	Líquido
	Proceso	Almacenamiento
	Atmosfera explosiva	Zona0
<b>Instrumento</b>	Tag	100-LIT01-SCI

Tipo	En plan. Detalle
Alimentación:	24 VDC
Salida de señal:	En plan. Detalle
Relleno de la célula	En plan. Detalle
Alcance requerido	En plan. Detalle
Material de la membrana	En plan. Detalle
Material de la carcasa	En plan. Detalle
Conexión al proceso	En plan. Detalle
Grado de protección IP	IP65, hermético
Atmosfera corrosiva	Cumplimiento NEMA4X o similar
Atmosfera explosiva	Zona 0, o similar

**Tabla 4.17** Requerimientos técnicos mínimos del Transmisor de Presión (PIT)

	Descripción	Requerido
<b>Proceso</b>	Elemento a medir	Agua
	Forma de recipiente o contenedor	Tubería
	Tamaño	Diámetro ~42"
	T. Elemento	< 25°C
	Estado	Líquido
	Proceso	Presión de Línea de Agua Contra incendios
	Presión nominal	150 psi
	Presión máxima	175 psi
	Atmosfera explosiva	Zona2
<b>Instrumento</b>	Tag	100-PIT01-SCI
	Tipo	Precisión Manométrica
	Alimentación:	24 VDC
	Salida de señal:	En plan. detalle
	Alcance requerido	hasta 200 psi
	Material de la membrana	En plan. detalle
	Material de la carcasa	En plan. Detalle
	Conexión al proceso	En plan. Detalle
	Grado de protección IP	IP65, hermético
	Atmosfera corrosiva	Cumplimiento NEMA4X o similar
	Atmosfera explosiva	ATEX Zona 2, o similar

Adicional a los sensores de presión y nivel se usan convertidores de voltaje y

corriente para monitorear las principales características eléctricas de los motores. La tabla 4.18 muestra las principales características requeridas de estos convertidores:

**Tabla 4.18 Principales características de convertidores**

		P900	P901	P902	P903	P920A	P920B
Conv. de Voltaje	Rango	110 VAC	110 VAC	24 VDC	24 VDC	110 VAC	24 VDC
Conv. de Corriente	Rango	0-5 A AC	30 A DC	30 A DC	0-5 A AC	0-5 A AC	30 A DC
Alimentación		24 VDC					
Grado de Protección		IP20					
Atmosfera explosiva		N.A. - interno de un tablero					

Con esta información se procede a estimar el costo de la solución, en la tabla 4.19.

**Tabla 4.19 Presupuesto del Planeamiento Básico**

Descripción	Qty	Un	Suministro	Pre Instalación	Instalación	Costo unitario	Total
<b>Instrumentación</b>							
PIT	2	UN	900		500	1400	2,800.00
LIT	1	UN	1200		500	1700	1,700.00
Convertidores Corriente	6	UN	500		100	600	3,600.00
Convertidores de Voltaje	6	UN	500		100	600	3,600.00
Canalización de Campo	15	GB			450	450	6,750.00
<b>Sistema de Control</b>							
Tablero 100							
PLC	1	GB	7000	1000	1000	8000	9,000.00
Tablero EX	1	UN	1500		1000	2500	2,500.00
Accesorios de PLC	1	GB	1000	500		1500	1,500.00
Accesorios de Tablero	1	GB	300	300		600	600.00
Canalización de Campo	1	GB			450	450	450.00
Tablero 200							
PLC	1	GB	5000	1000	1000	7000	7,000.00
Tablero EX	1	UN	1500		1000	2500	2,500.00
Accesorios de PLC	1	GB	1000	500		1500	1,500.00
Accesorios de Tablero	1	GB	300	300		600	600.00
Canalización de Campo	1	GB			450	450	450.00
Tablero 300							
Tablero	1	UN	500		500	1000	1,000.00

Accesorios de Tablero	1	GB	300	400		700	700.00
Canalización de Campo	1	GB			450	450	450.00
<b>Comunicaciones</b>							
Radios y Antenas	4	GB	2000	100	500	2600	10,400.00
UTM (firewall)	1	UN	600	200	200	1000	1,000.00
Tablero 400							
Tablero EX	1	UN	1500		1000	2500	2,500.00
Accesorios de Tablero	1	GB	300	400		700	700.00
Canalización de Campo	1	GB			1000	1000	1,000.00
<b>Sistema de Supervisión</b>							
Software SCADA	1	GB	3000	2000	2000	7000	7,000.00
PC	1	GB	1500		500	2000	2,000.00
<b>Energía</b>							
Fuentes de alimentación	4	UN	400			400	1,600.00
UPS	4	UN	500		400	900	3,600.00
Tablero 410							
Tablero	1	UN	400		500	900	900.00
Accesorios de Tablero	1	GB	200	300		500	500.00
Transformador	1	UN	300	100		400	400.00
Canalización de Campo	1	GB			450	450	450.00
<b>Total</b>							<b>\$78,750.00</b>

#### 4.2 Toma de decisiones

En esta etapa se presenta y consulta a los interesados la información del planteamiento básico. Se observa acá que el diseño técnico está cumpliendo lo requerido, además el presupuesto está dentro del límite establecido.

Para el caso de estudio se considera que existe aprobación del planeamiento básico.

#### 4.3 Requerimientos adicionales

Para este caso de estudio no ha sido necesario requerimientos adicionales en esta sección por haberse aprobado el planteamiento básico.

#### 4.4 Documentación de Planeamiento Básico

No es requerida mayor información documentaria, dada que, como parte del mismo proyecto, se realiza el planeamiento básico y de detalle.

Seguidamente se realiza planeamiento de detalle.

#### 4.5 Aspecto situacional de planeamiento de detalle

Dado que el planeamiento de detalle se realiza seguido del planeamiento básico la actividad de esta sección consistirá en validar si se ha realizado algún cambio dentro del lapso de tiempo desde levantada la información del aspecto situacional.

Para este caso de estudio se considera que el único requerimiento adicional es:

- No se desea instalar el apagado de las bombas P900, P901 y P902, el cliente especifica en caso de una emergencia el sistema debe operar aun en caso de presentarse alguna alarma como sobrecalentamiento del motor, en caso de una emergencia las bombas contraincendios deben priorizar el suministrar agua para extinguir el incendio antes de proteger la bomba.

#### 4.6 Planeamiento de detalle

Se desarrolla a continuación:

##### 4.6.1 Lista de entradas y salidas de señales preliminares

Para poder dimensionar el sistema de control, se requiere conocer la cantidad y tipo de señales a integrar al SCADA, por lo cual se hace necesario realizar una lista de señales. Esta lista de señales (IO) se establecerán de la señales de los equipos del proyecto, las cuales han sido descritos en la tabla 4.1 y 4.2.

Para este paso se procede a revisar las características, funcionalidades y esquemas de los tableros de control de las bombas. Cada tablero tiene diversas señales de los status de la bomba, estas señales se proceden a listar y clasificar en las tablas 4.20 y 4.21. El diseño debe considerar en caso de falla de algún canal del PLC exista otro canal disponible, por lo cual se requiere adicionar como reserva de canales un mínimo de 10% por cada tipo de señal existente, para cada PLC.

**Tabla 4.20** Lista de señales (IO) Preliminar Zona 100

1	Tag	Descripción	DI	DO	AI	AO	RTD	COM
1	P900_POWER	P900 N.A. - abre en perdida de energía	1					
2	P900_PHASE	P900 N.C. - abre en fase invertida	1					
3	P900_RUNNING	P900 N.A - cierra en bomba arrancada	1					
4	P900_SEQUENCE	P900 N.A - cierra en secuencia incompleta	1					
5	P900_FAILRUN	P900 N.A -	1					
6	P900_SEL1	P900 Selector1 (remote)	1					
7	P900_SEL2	P900 Selector2	1					
8	P901_SEL1_OFF	P901 N.A. Selector1 en OFF	1					
9	P901_SEL1_AUTO	P901 N.A. Selector1 en Auto	1					
10	P901_RUNNING	P901 N.A -	1					
11	P901_BAT1	P901 falla de bateria1	1					

12	P901_POWER	P901 abre en perdida de energia	1					
13	P901_FUEL_WATER	P901 fuel water	1					
14	P901_CRANK_TERM	P901 fuel crank	1					
15	P901_OVER_SPEED	P901 over speed	1					
16	P901_OIL_PRESSURE	P901 oil pressure	1					
17	P901_WATER_TEMP	P901 water temp	1					
18	P901_CRANK1	P901 CRANK1	1					
19	P901_CRANK2	P901 crank2	1					
20	P902_SEL1_OFF	P902 N.A. Selector1 en OFF	1					
21	P902_SEL1_AUTO	P902 N.A. Selector1 en Auto	1					
22	P902_RUNNING	P902 N.A - cierra en bomba arrancada	1					
23	P902_BAT1	P902 falla de bateria1	1					
24	P902_POWER	P902 abre en perdida de energia	1					
25	P902_FUEL_WATER	P902 fuel water	1					
26	P902_CRANK_TERM	P902 fuel crank	1					
27	P902_OVER_SPEED	P902 over speed	1					
28	P902_OIL_PRESSURE	P902 oil pressure	1					
29	P902_WATER_TEMP	P902 water temp	1					
30	P902_CRANK1	P902 crank1	1					
31	P902_CRANK2	P902 crank2	1					
32	P903_POWER	P903 abre en perdida de energia	1					
33	P903_RUNNING	P903 cierra en bomba arrancada	1					
34	P903_SEL1_MAN	P903 N.A. Selector1 en Manual	1					
35	P903_SEL1_AUTO	P903 N.A. Selector1 en Auto	1					
36	P903_OVERLOAD	P903 overload	1					
37	T100_PIT1	Transmisor de Presión - línea de agua				1		
38	T100_PIT2	Transmisor de Presión - alivio				1		
39	T100_LIT1	Transmisor de Nivel TQ de petróleo				1		
40	P900_AMP	P900 - Medidor de Corriente A				1		
41	P900_VAC	P900 - Medidor de Voltaje AC				1		
42	P901_AMP	P901 - Medidor de Corriente DC				1		
43	P901_VDC	P901 - Medidor de Voltaje DC				1		
44	P902_AMP	P902 - Medidor de Corriente DC				1		
45	P902_VDC	P902 - Medidor de Voltaje DC				1		
46	P903_AMP	P903 - Medidor de Corriente AC				1		
47	P903_VAC	P903 - Medidor de Voltaje AC				1		
48	P900_START	P900 start				1		
49	P901_START	P901 start				1		
50	P902_START	P902 start				1		
51	P903_START	P903 start				1		
52	P903_STOP	P903 stop				1		

Subtotales	36	5	11	-		-
Reserva mínima 10%	4	1	2	-		-
TOTAL	40	6	13	-		-

**Tabla 4.21 Lista de señales (IO) Preliminar Zona 200**

Ítem	Tag	Descripción	DI	DO	AI	AO	RTD	COM
1	P920A_POWER	P920A abre en pérdida de energía	1					
2	P920A_RUNNING	P920A cierra en bomba arrancada	1					
3	P920A_SEL1_AUTO	P920A N.A. Selector1 en Auto	1					
4	P920A_OVERLOAD	P920A overload	1					
5	P920B_SEL1_OFF	P920B N.A. Selector1 en OFF	1					
6	P920B_SEL1_AUTO	P920B N.A. Selector1 en Auto	1					
7	P920B_RUNNING	P920B N.A - cierra en bomba arrancada	1					
8	P920B_BAT1	P920B falla de batería1	1					
9	P920B_POWER	P920B abre en pérdida de energía	1					
10	P920B_FUEL_WATER	P920B fuel water	1					
11	P920B_CRANK_TERM	P920B fuel crank	1					
12	P920B_OVER_SPEED	P920B over speed	1					
13	P920B_OIL_PRESSURE	P920B oil pressure	1					
14	P920B_WATER_TEMP	P920B water temp	1					
15	P920B_CRANK1	P920B crank1	1					
16	P920A_START	P920A start		1				
17	P920A_STOP	P920A stop		1				
18	P920B_START	P920B start		1				
19	P920B_STOP	P920B stop		1				
20	P920A_AMP	P920A Medidor de corriente AC			1			
21	P920A_VAC	P920A Medidor de voltaje AC			1			
22	P920B_AMP	P920B Medidor de corriente DC			1			
23	P920B_VDC	P920B Medidor de voltaje DC			1			
		Subtotales	15	4	4	-	-	-
		Reserva mínima 10%	2	1	1	-	-	-
		TOTAL	17	5	5	-	-	-

#### 4.6.2 Distribución geográfica preliminar

Una parte importante del diseño es determinar donde serán ubicados los equipos nuevos, entonces primero se requiere conocer con relativa precisión donde están ubicados los equipos actuales y señales a integrarse al SCADA.

Se procede a ubicar las zonas de equipamiento en el plano general de planta, este esquema se muestra en la figura 4.1 "Distribución geográfica estimada – vista general de planta". Dada la extensión del proyecto (> 1km) la distribución de la figura 4.1 ofrece poca visibilidad, razón por la cual se procede a esquematizar las señales para cada zona por separado como se muestra en las figuras 4.22, 4.23 y 4.24.

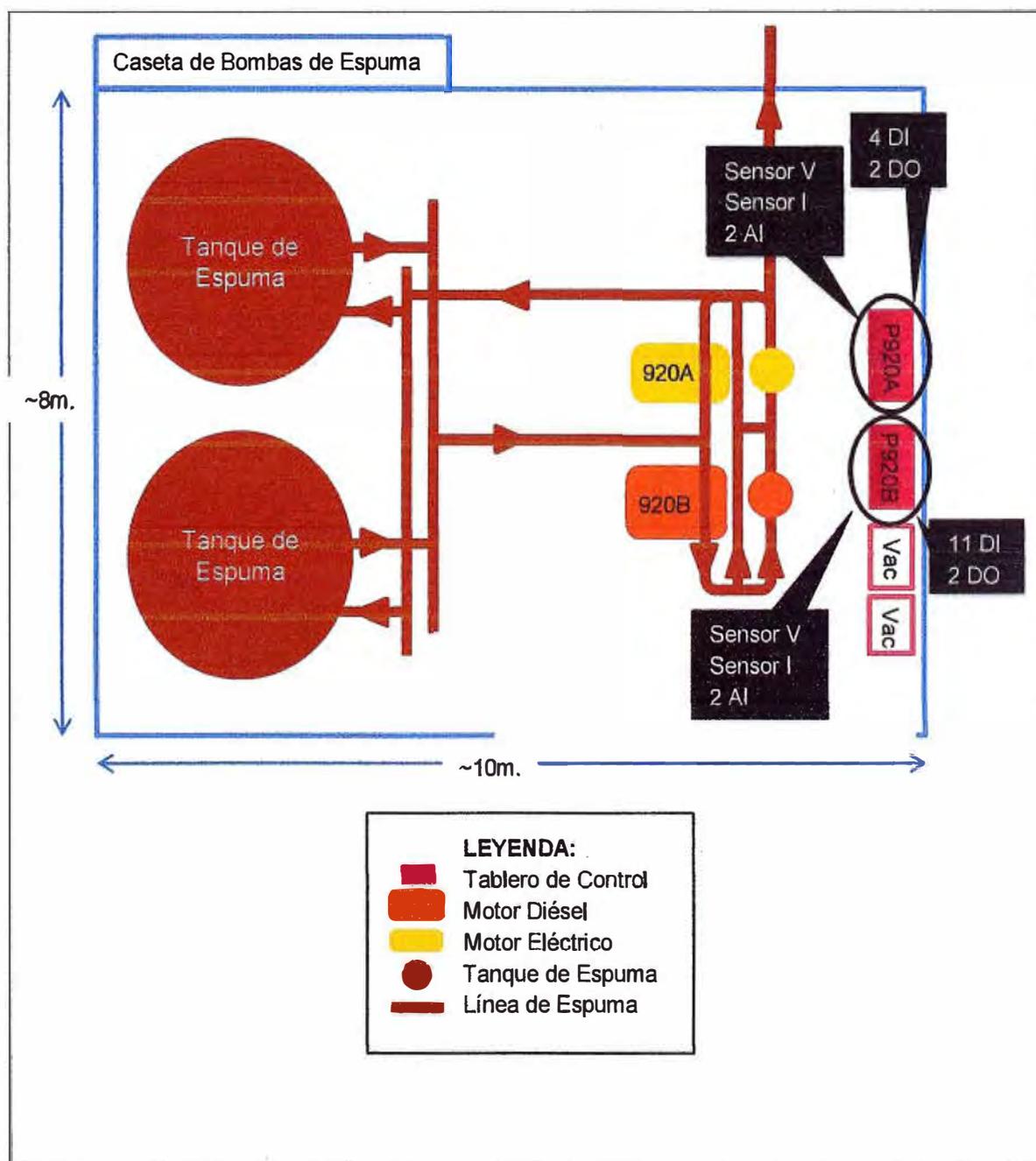


Figura 4.22 Distribución geográfica estimada – Zona 200

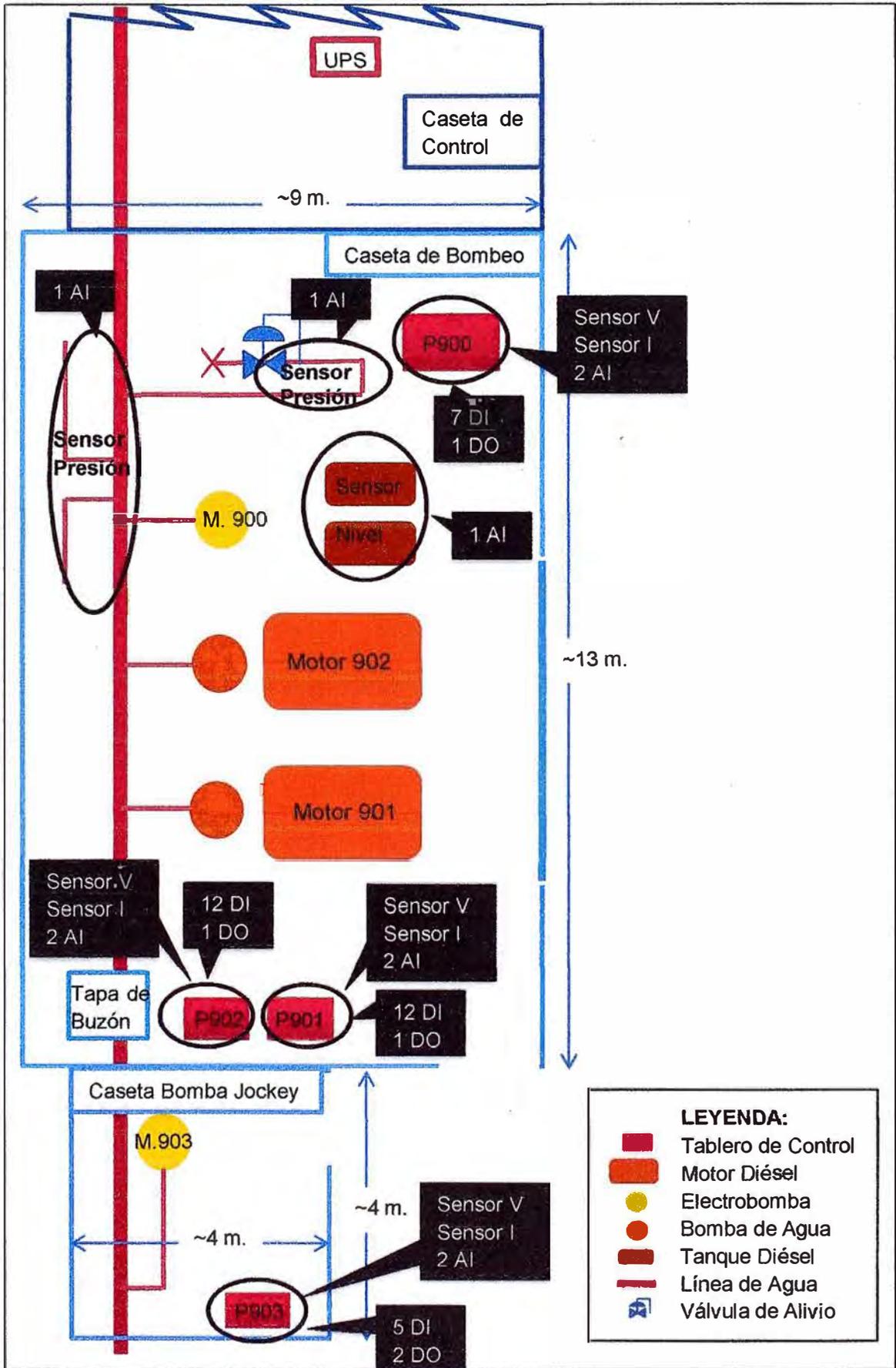


Figura 4.23 Distribución geográfica estimada – Zona 100

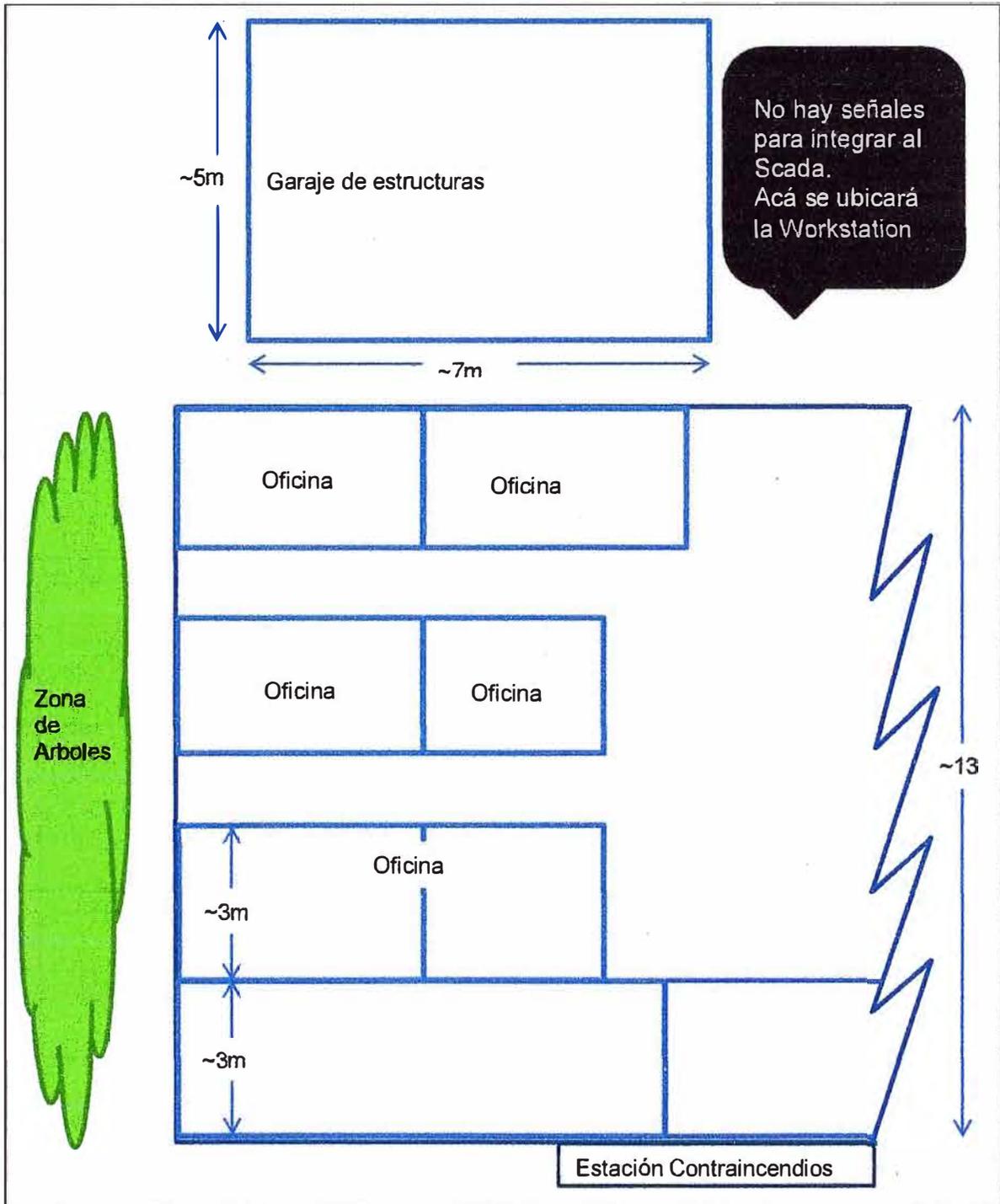


Figura 4.24 Distribución geográfica estimada - Zona 300

#### 4.6.3 Opciones para ubicación de tablero

En base a la ubicación de señales en cada una de las zonas, se procede a determinar la mejor opción para ubicar el tablero con el equipamiento necesario interno. Dado la pequeña cantidad de señales y equipos a ubicar dentro del tablero de cada zona, se parte de la premisa el tablero será solo uno por cada zona y del tipo adosable, es decir uno relativamente pequeño. Para cada una de las zonas se tiene

- ZONA 100.- Las opciones de ubicar un tablero se muestran en la figura 4.25. El lugar A

tiene tuberías y equipos presentando complicaciones para el acceso y libre tránsito. El lugar C está a un extremo de las necesidades de señales. El lugar B está al lado de una puerta de acceso, es colindante a los tableros P901 & P902 (que tienen la mayor parte de señales) y está casi al centro de las necesidades de señales, razones por la cual es el lugar más adecuado para ubicar el tablero 100.

- ZONA 200.- Las opciones de ubicar un tablero se muestran en la figura 4.26. En el lugar B el espacio está muy al límite y al extremo de las necesidades de señales. El lugar A está colindante a los tableros P920A & P920B y tiene mayores facilidades para la instalación, razones por la cual es el lugar más adecuado para ubicar el tablero 200.

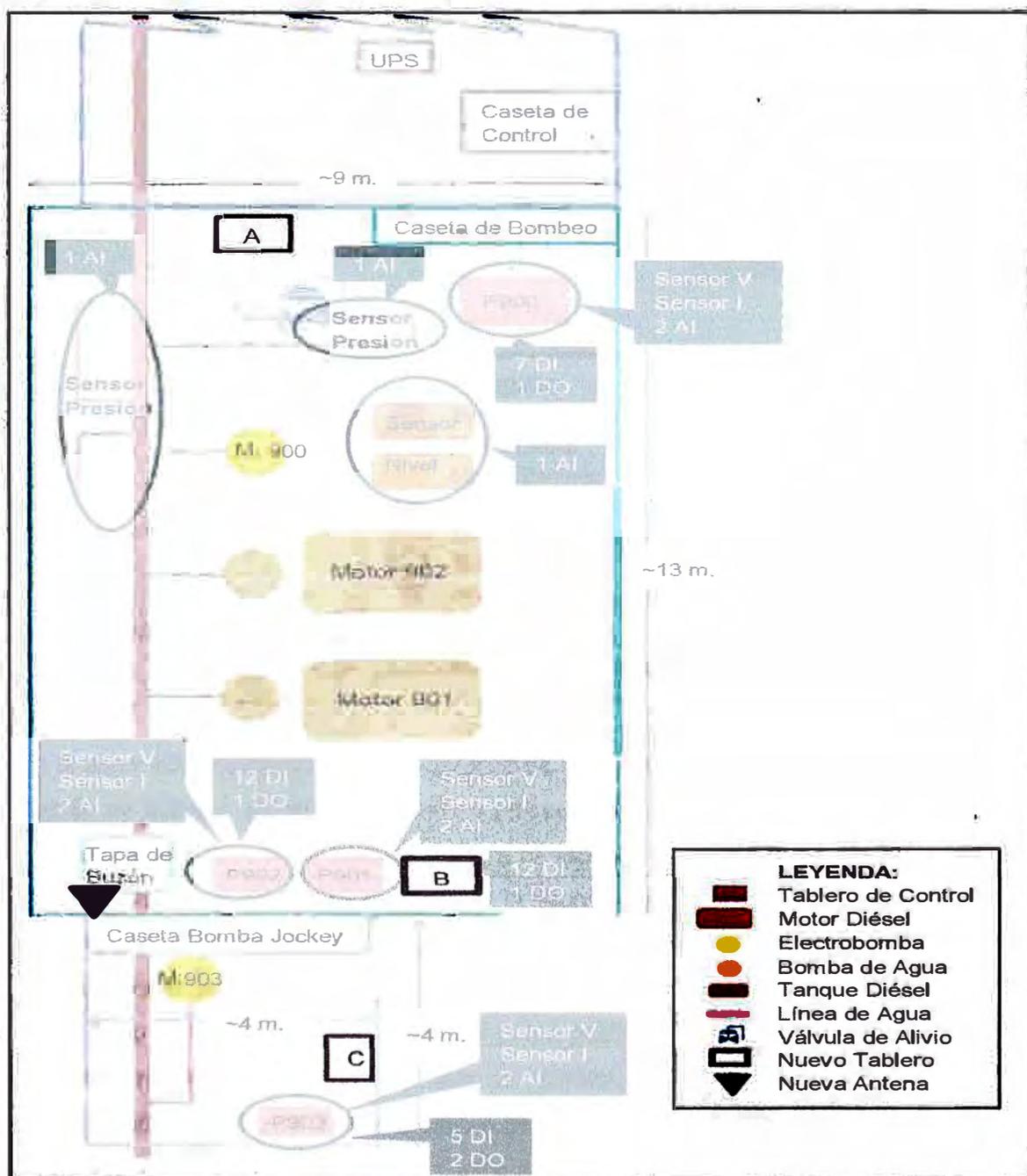


Figura 4.25 Opciones de ubicar tablero – Zona 100

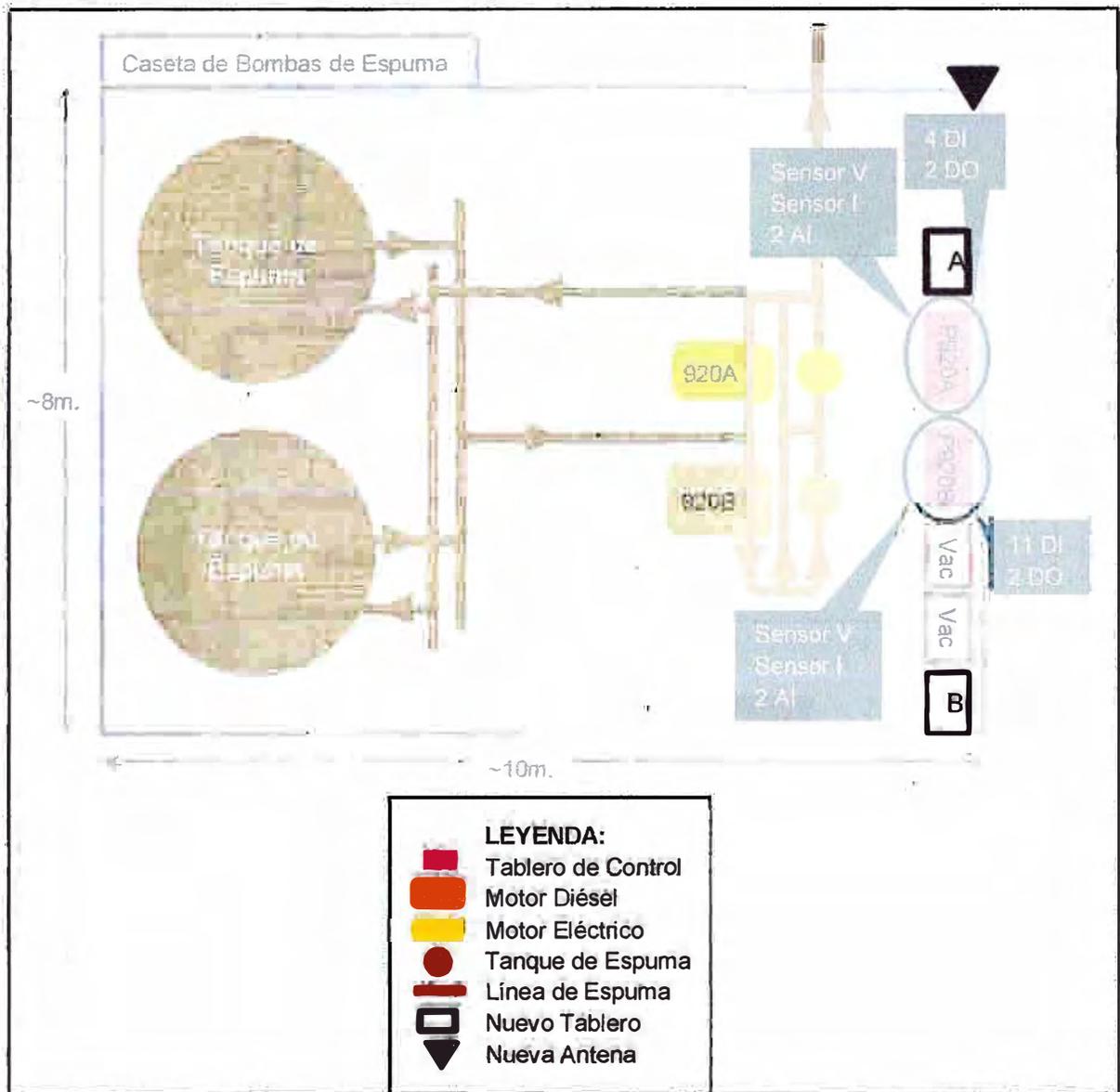


Figura 4.26 Opciones de ubicar tablero – Zona 200

#### ZONA 300

- En la zona 300 o estación contraincendios se ha requerido ubicar la PC de operación o estación de trabajo, es recomendable su ubicación la determinen los usuarios con el fin de darles facilidades en su operación. Para el caso de estudio se ha determinado ubicar en una oficina, su ubicación se muestra en la figura 4.27.

#### ZONA 400

- En esta zona se ubica el tablero del repetidor T400 y su tablero de energía T410. El tablero T400 se determina ubicarlo lo más cerca posible al mástil, en este caso es posible adosarlo al mismo mástil por el lado que no interfiera con su escalera de gato. El tablero T410 se ubicará dentro de la sala eléctrica del área de servicios industriales, dado que es adosable se determina su ubicación contra la pared en un lugar colindante al tablero de donde se realizará la acometida (Figura 4.28).

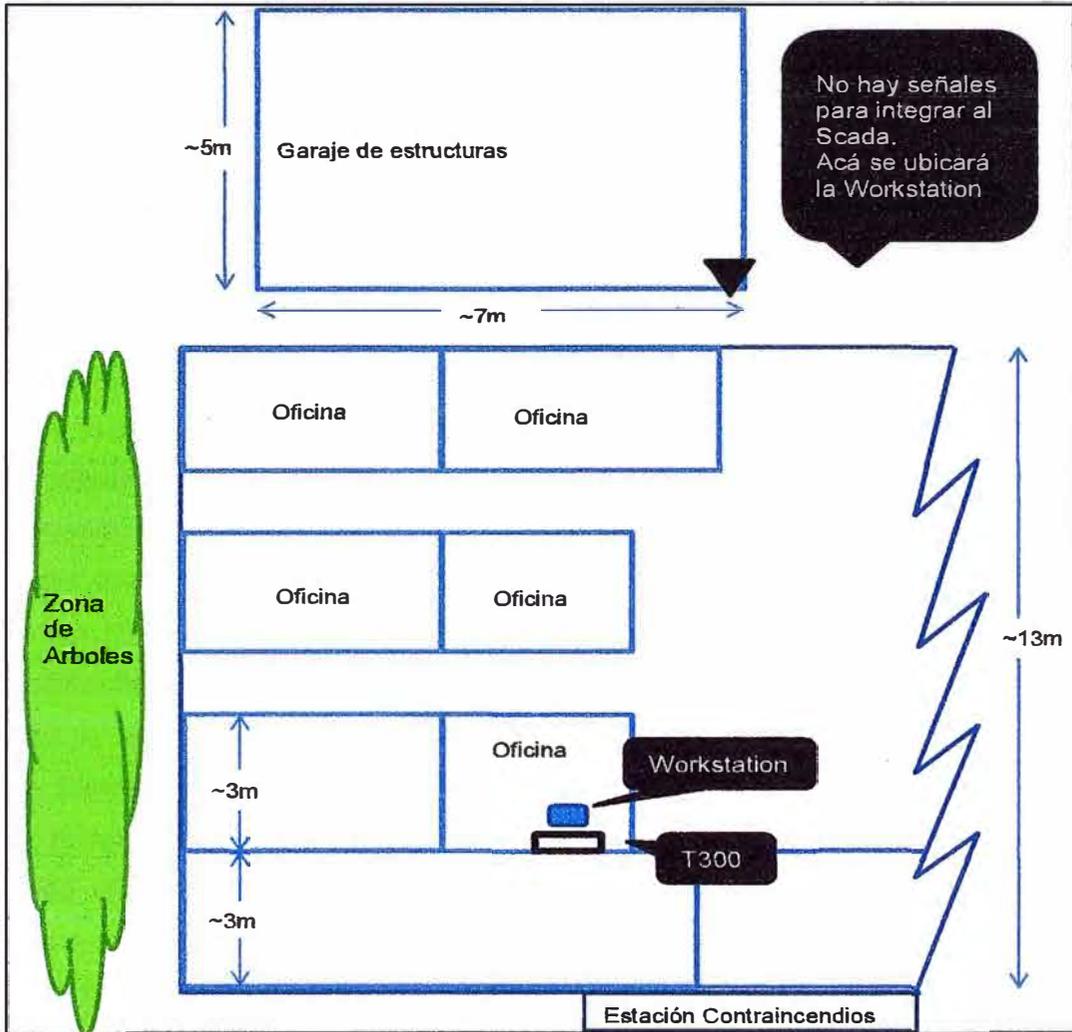


Figura 4.27 Opciones de ubicar Equipos – Zona 300



Figura 4.28 Opciones de ubicar Tableros – Zona 400

#### 4.6.4 Opciones de comunicación de campo

Siguiendo el marco metodológico, en esta sección se debe definir si la comunicación de campo es mediante bus de campo o cableado punto a punto. Se conoce que los tableros de control de las bombas no tienen puerto de comunicación y las otras señales solo son de tres (3) sensores, razones por las cuales implementar un bus de campo no es viable en términos técnicos y económicos. La otra opción es implementar cableado punto a punto, lo cual para estas cortas distancias (<17m.) es técnicamente viable.

#### 4.6.5 Opciones de instrumentación

En la sección 4.1.7 del planeamiento de detalle se ha especificado las principales características de la instrumentación. En esta sección se procede a completar la especificación de la instrumentación en base a la observación y revisión de la estructura y facilidades disponibles en campo. Dado que en la sección anterior no se ha elegido un bus de campo, la salida de señal se requiere sea del tipo 4-20 mA. Los materiales del instrumento deben ser los adecuados para tolerar las características físico-químicas del elemento a medir y soportar las condiciones a las cuales se expone.

##### a. LIT – Transmisor indicador de Nivel

Las motobombas tienen un motor diésel, el cual toma combustible desde 2 tanques cilíndricos unidos. Para conocer la cantidad de combustible disponible se considera instalar un sensor-transmisor de nivel. El elemento a medir tiene una densidad de 0.87 g/cm<sup>3</sup> @ 15°C que es menor a la densidad del agua (1 g/cm<sup>3</sup>), entonces para 1 m de diesel se tiene la misma presión que para 0.87 metros de agua (Tabla 4.22).

**Tabla 4.22** Ubicación y características del montaje

	Descripción	Requerido
<b>PROCESO</b>	Elemento a medir	Diesel 2
	Forma de recipiente	Cilíndrico echado
	Alto	0.8m
	T. Elemento	T. Ambiente, < 30°C
	Estado	Líquido
	Proceso	Almacenamiento
	Atmósfera explosiva	Zona0
<b>INSTRUMENTO</b>	Tag	100-LIT01-SCI
	Tipo	Precisión diferencial
	Alimentación:	24 VDC
	Salida de señal:	4-20 mA
	Relleno de la célula	Aceite de silicona
	Alcance requerido	1m diesel (<1m H <sub>2</sub> O)
	Material de la membrana	Hastelloy C-276
	Material de la carcasa	Aluminio
Conexión al proceso	Rosca 1/2 NPT - H	

Grado de protección IP	IP65, hermético
Atmosfera corrosiva	Cumplimiento NEMA4X o similar
Atmosfera explosiva	Zona0 o Clase I, división 1 Gr ABCD. Intrínsecamente seguro

#### b. PIT

El transmisor de presión esta para medir la presión de la línea de agua en 2 puntos diferentes. Para determinar las especificaciones de sensor de presión se ha determinado una ubicación y características del montaje, estas especificaciones se listan en la tabla 4.23 siguiente.

**Tabla 4.23 Ubicación y características del montaje**

	Descripción	Requerido
<b>PROCESO</b>	Elemento a medir	Agua
	Forma de recipiente o contenedor	Tubería
	Tamaño	diámetro ~42"
	T. Elemento	< 25°C
	Estado	Líquido
	Proceso	Presión de Línea de Agua Contra incendios
	Presión nominal	150 psi
	Presión máxima	175 psi
	Atmosfera explosiva	Zona2
<b>INSTRUMENTO</b>	Tag	100-PIT01-SCI
	Tipo	Precisión Manométrica
	Alimentación:	24 VDC
	Salida de señal:	4-20 mA
	Alcance requerido	14.5 a 290 psi
	Material de la membrana	Hastelloy C-276
	Material de la carcasa	SS 316L
	Conexión al proceso	Rosca 1/2 NPT - H
	Grado de protección IP	IP65, hermético
	Atmosfera corrosiva	NEMA4X
	Atmosfera explosiva	Zona2

#### 4.6.6 Lista de entradas y salidas de señales modificada

Siguiendo el marco metodológico, en esta sección, se debe actualizar la información de la lista de señales (IO) en base a las características de la instrumentación de la sección anterior y del tipo de comunicación de campo. Dado que no se ha realizado cambios en el tipo de señales, entonces la lista de señales (IO) permanece invariante, de acuerdo a lo listado en la tabla 4.19 para la zona 100 y tabla 4.20 para la zona 200.

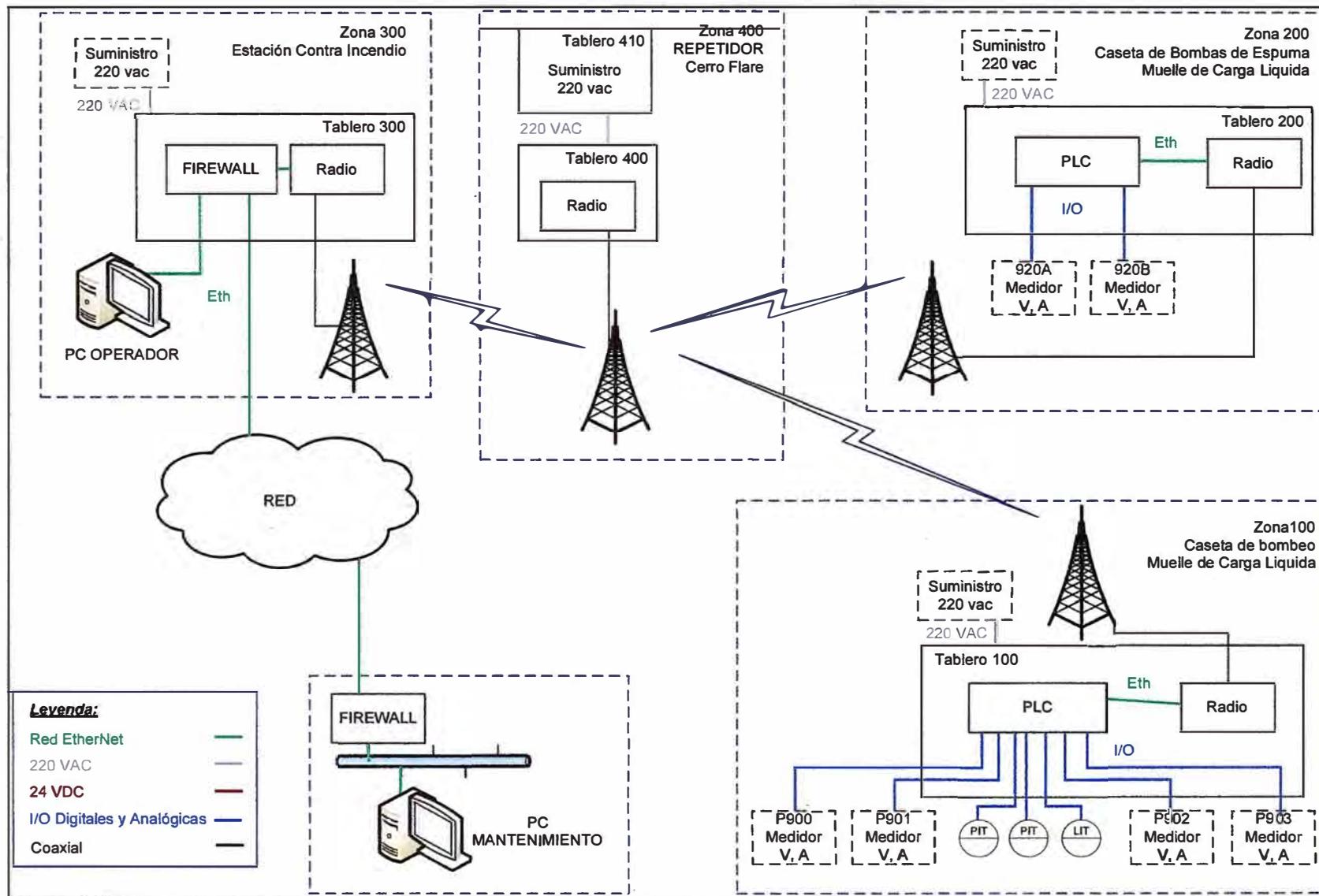


Figura 4.29 Arquitectura de detalle preliminar

#### 4.6.7 Opciones de Bus de Control

El bus de control entre PLC se implementa cuando existe la necesidad de intercambiar señales entre PLC. Para este caso de estudio cada PLC puede realizar el arranque de sus bombas sin la necesidad de señales de otro PLC, entonces no es necesario implementar un bus de control entre PLC.

El bus de control entre PLC y software SCADA se implementa cuando existe un software SCADA como sucede en este caso de estudio, pues es la única forma de que el software SCADA tenga las señales en tiempo real, entonces el siguiente paso es elegir un bus de control. Dado que no hay algo que no lo permita, se determina la comunicación será vía Ethernet, el cual es el modo más común, económico y adecuado para comunicar PLC con el servidor del software SCADA.

#### 4.6.8 Arquitectura de detalle preliminar

Integrando lo especificado en el planeamiento básico y en las secciones anteriores del planeamiento de detalle, se esboza la arquitectura de detalle de la figura 4.29 (página anterior).

#### 4.6.9 Dimensionamiento de PLC

En esta etapa se elige el hardware y se evalúan los alcances y costos.

Para este caso de estudio se tienen dos (2) PLC; uno para la zona 100 y otro para la zona 200. Ambos PLC deben cumplir con las especificaciones de la Tabla 4.12 de la sección 4.1.7, así como satisfacer la cantidad de señales de la lista de IO de las tablas 4.20 y 4.21 de la sección 4.6.1.

Se ha realizado la comparación de dos de las marcas de PLC más empleadas en la industria como son Siemens y Allen Bradley, en ambos casos los fabricantes no muestran ni aseguran la disponibilidad de sus controladores de línea estándar (industriales) por lo cual ha sido necesario revisar y elegir entre los PLCs de la línea "Safety", teniendo los siguientes resultados para cada caso.

##### a. Allen Bradley

Dentro de la línea Safety de PLC de Allen Bradley se ha procedido a revisar sus PLC modelos SmartGuard600, GuardPLC 1200, GuardPLC 1600, GuardPLC 1800 y GuardPLC2000. El modelo SmartGuard600 es para aplicaciones muy pequeñas y tiene limitaciones para trabajar con señales análogas por lo cual se descarta el uso de este modelo.

De los PLC GuardPLC se procede a escoger un modelo apropiado, de acuerdo a las especificaciones del fabricante de las publicaciones "1753-UM001C-EN-P" y "1753-RM002D", de lo cual se determinan los equipos más adecuados. Para el caso de estudio son los que se listan en la tabla 4.24.

Tabla 4.24 Modelos seleccionados de PLC Allen Bradley

Ítem	Producto	Descripción	Qty	P.Unitario	Precio
		<b>Zona 100</b>			
1	1753-L28BBBM	GuardPLC 1600 Safety Controller, Modbus RTU Slave. 20 Inputs / 8 Outputs, 24V DC	1	\$3,350.00	\$3,350.00
2	1753-IB16	Digital Input Module, 16 Inputs, 24V DC	1	\$1,390.00	\$1,390.00
3	1753-IF8XOF4	Analog Combination Module, 8 Inputs / 4 Outputs, 24V DC	2	\$2,900.00	\$5,800.00
		<b>Zona 200</b>			
4	1753-L28BBBM	GuardPLC 1600 Safety Controller, Modbus RTU Slave	1	\$3,350.00	\$3,350.00
5	1753-IF8XOF4	Analog Combination Module, 8 Inputs / 4 Outputs, 24V DC	1	\$2,900.00	\$2,900.00
		<b>Software</b>			
6	1753-PCS-USB	RSLogix Guard PLUS! for all GuardPLC controllers. USB hardlock.	1	\$3,500.00	\$3,500.00
				<b>Total</b>	<b>\$20,290.00</b>

Los GuardPLC no se configuran con el software estándar de programación de Allen Bradley sino que usan un software particular de programación, razón por la cual ha sido incluido en el costo de la solución Allen Bradley.

#### b. Siemens

Dentro de la línea Safety de Siemens se procedió a revisar sus PLC (CPU) de los modelos ET200S y S7-300F. Los PLCs ET200S que tienen por modelos de CPU los IM151-X-CPU que son para aplicaciones muy pequeñas y tiene limitaciones para trabajar con señales análogas por lo cual se descarta el uso de este modelo. De la familia de PLC S7-300F se procede a revisar y escoger un modelo apropiado de acuerdo a las especificaciones del fabricante de la hoja técnica "Safety Integrated for Process Automation" y al documento de información de producto "Overview of Safety-Technical Parameters for Siemens Components in Accordance with ISO 13849-1 and IEC 62061", de lo cual se determina los equipos más adecuados. Para el caso de estudio son los que se listan en la tabla 4.25.

Tabla 4.25 Modelos seleccionados de PLC Siemens

Ítem	Producto	Descripción	Qty	P. Unitario	Precio
		<b>Zona 100</b>			
1	6ES7315-2FJ14-0AB0	SIMATIC S7-300 CPU315F-2 PN/DP, CENTRAL PROCESSING UNIT WITH 512 KBYTE WORKING MEMORY, 1. INTERFACE MPI/DP 12MBIT/S, 2. INTERFACE ETHERNET PROFINET, WITH 2 PORT SWITCH	1	\$2,945.00	\$2,945.00

2	6ES7326-1BK02-0AB0	SIMATIC S7, DIGITAL INPUT SM 326, F-DI 24 X DC 24V, FAILSAFE , UP TO CATEGORY 4 (EN954-1)/ SIL3 (IEC61508)/PLE (ISO13849), 1 X 40 PIN	2	\$1,073.00	\$2,146.00
3	6ES7326-2BF41-0AB0	SIMATIC S7, DIGITAL OUTPUT SM 326, F-DO 8 X DC 24V/2A PM FAILSAFE , UP TO CATEGORY 4 (EN954-1)/ SIL3 (IEC61508)/PLE (ISO13849), 1 X 40 PIN	1	\$994.00	\$994.00
4	6ES7336-4GE00-0AB0	SIMATIC S7, ANALOG INPUT SM336 6 AI; 15 BIT; FAILSAFE , WITH HART SUPPORT, UP TO CATEGORY 4 (EN954-1)/ SIL3 (IEC61508)/PLE (ISO13849), 1 X 20 PIN,	2	\$994.00	\$1,988.00
5	6ES7953-8LJ30-0AA0	SIMATIC S7, MICRO MEMORY CARD P. S7-300/C7/ET 200, 3,3 V NFLASH, 512 KBYTES	1	\$228.00	\$228.00
6	6ES7392-1AM00-0AA0	SIMATIC S7-300, CONECTOR FRONT. 392 CON BORNES DE TORNILLO, 40 POLOS	3	\$46.00	\$138.00
7	6ES7392-1AJ00-0AA0	SIMATIC S7-300, CONECT. FRONTAL PARA MÓDULOS DE SENAL CON BORNES DE TORNILLO, 20 POLOS	1	\$29.00	\$29.00
8	6ES7390-1AE80-0AA0	SIMATIC S7-300, PERFIL SOPORTE L=480MM	1	\$37.00	\$37.00
		<b>Zona 200</b>			
1	6ES7315-2FJ14-0AB0	SIMATIC S7-300 CPU315F-2 PN/DP, CENTRAL PROCESSING UNIT WITH 512 KBYTE WORKING MEMORY, 1. INTERFACE MPI/DP 12MBIT/S, 2. INTERFACE ETHERNET PROFINET, WITH 2 PORT SWITCH	1	\$2,945.00	\$2,945.00
2	6ES7326-1BK02-0AB0	SIMATIC S7, DIGITAL INPUT SM 326, F-DI 24 X DC 24V, FAILSAFE , UP TO CATEGORY 4 (EN954-1)/ SIL3 (IEC61508)/PLE (ISO13849), 1 X 40 PIN	1	\$1,073.00	\$1,073.00
3	6ES7326-2BF41-0AB0	SIMATIC S7, DIGITAL OUTPUT SM 326, F-DO 8 X DC 24V/2A PM FAILSAFE , UP TO CATEGORY 4 (EN954-1)/ SIL3 (IEC61508)/PLE (ISO13849), 1 X 40 PIN	1	\$994.00	\$994.00
4	6ES7336-4GE00-0AB0	SIMATIC S7, ANALOG INPUT SM336 6 AI; 15 BIT; FAILSAFE , WITH HART SUPPORT, UP TO CATEGORY 4 (EN954-1)/ SIL3 (IEC61508)/PLE (ISO13849), 1 X 20 PIN,	1	\$994.00	\$994.00
5	6ES7953-8LJ30-0AA0	SIMATIC S7, MICRO MEMORY CARD P. S7-300/C7/ET 200, 3,3 V NFLASH, 512 KBYTES	1	\$228.00	\$228.00
6	6ES7392-1AM00-0AA0	SIMATIC S7-300, CONECTOR FRONT. 392 CON BORNES DE TORNILLO, 40 POLOS	2	\$46.00	\$92.00
7	6ES7392-1AJ00-0AA0	SIMATIC S7-300, CONECT. FRONTAL PARA MÓDULOS DE SENAL CON BORNES DE TORNILLO, 20 POLOS	1	\$29.00	\$29.00
8	6ES7390-1AE80-0AA0	SIMATIC S7-300, PERFIL SOPORTE L=480MM	1	\$37.00	\$37.00
				<b>Total</b>	<b>\$14,897.00</b>

El PLC S7-300F se programa con el software STEP7, software usado en por los distintos modelos de PLC estándar de Siemens, del cual se tiene abundante información

de soporte técnico, tanto en la página web de Siemens como en foros externos, razones por las cuales en la práctica y para el caso de estudio se considera este software STEP 7 es una herramienta ya disponible y no necesita ser adquirido.

Ambos sistemas de PLC cumplen con las especificaciones. Pero el PLC Siemens tiene un menor costo, existe gran cantidad de base instalada de estos modelos de PLC Siemens y se cuenta con bastante soporte técnico, razones por la cual el PLC Siemens es el más adecuado para este caso de estudio.

#### 4.6.10 Definición de plataforma de software SCADA

Igualmente se debe elegir el software y hardware además de hacer la evaluación del alcance y costos.

La arquitectura de este caso de estudio es una estación de trabajo en la que se supervisan las señales de los PLCs, en la práctica todas las marcas de Software SCADA están en la posibilidad de realizar esta tarea. La elección del software SCADA será por un estudio de precios de mercado (Ver Tabla 4.26).

**Tabla 4.26** Alternativas de SCADA

Plataforma	Descripción	Costo
<b>IFIX</b>	Proficy HMI/SCADA – iFIX 5.5 runtime iFIX Standard HMI 150 I/O Development Industrial Gateway Server (IGS) Basic Proficy Historian 4.5 de 100 Tags	\$ 2,310.00
<b>CIMPLICITY</b>	CIMPLICITY HMI Server 150 I/O Runtime System CIMPLICITY HMI Server 150 I/O Development Industrial Gateway Server (IGS) Basic Proficy Historian 4.5 de 100 Tags	\$ 3,080.00
<b>SIEMENS WINCC</b>	WINCC POWERPACK RC 128/256 FOR SIMATIC WINCC V6.2, RT + CS LICENSE W/O VERSION CONVERSION FROM 128 TO 256 POWER TAGS, FLOATING LICENSE Licencia de Runtime & Configuración OPC-DA interface SQL database integrated	2.880,00
<b>AB FACTORY TALK</b>	FactoryTalk View Site Edition Station 25 Display KEPServer Enterprise (for FactoryTalk View Site Edition) FactoryTalk View Studio for FactoryTalk View	\$ 5,351.00

Se determina usar para el proyecto el software SCADA IFIX de General Electric (GE)

por ser el de menor costo, tener adecuada base instalada, ser de reconocida marca y contar con soporte local en Perú.

Para determinar el hardware mínimo necesario para el software SCADA IFIX se procede a revisar las especificaciones del Fabricante GE en los documentos técnicos “GFA-1884”, “GFA-1328” y “GFA-1808A” y a considerar las características de la tecnología actual, del cual se obtienen las especificaciones de la tabla 4.27.

**Tabla 4.27** Requerimientos de hardware

Descripción	Requerimiento mínimo
Tag	300-PC01-SCI
Tipo	Estación de trabajo, alta performance
Alimentación:	220 VAC - monofásico
Procesador	Intel i3, 2.5 GHz, 3M, 64-bit (doble núcleo)
Sistema operativo	Windows® 7 Professional Original, 64-bit
Monitor	20in, Wide Screen
Memoria	4 GB, DDR3, 1333, 2x2GB
Disco duro	Disco Duro SATA de 250GB, 3.0Gb/s
Tarjeta de video	512 MB
Unidad óptica	16X DVD
Tarjeta de Red	10/100 BTS
Tarjeta de Sonido	2.1 canal de audio
Mouse	USB, óptico
Teclado	USB, en Español
Parlantes	alimentación USB, con control de volumen
Software Ofimática	Microsoft® Office Home and Business 2010 – Word, Excel, outlook
Antivirus	Requerido
Marcas	Dell, HP u otra marca reconocida.

Para el caso de estudio se considera trabajar con estación de trabajo marca DELL, quien tiene dentro de su línea de Desktop las familias de modelos Inspiron, XPS, OptiPlex y Precision. Los modelos Inspiron y XPS son para uso de casa o pequeñas aplicaciones de oficina. El modelo OptiPlex ha sido diseñado para entornos de red TI. Vostro es el modelo desktop para grandes cargas de trabajo. De los modelos mencionados la única Estación de trabajo es Precision, de este modelo y haciendo uso del seleccionador de su página web se determina adecuado. Para el caso de estudio es el de la tabla 4.28.

**Tabla 4.28** Especificaciones de hardware

Descripción	Requerimiento mínimo
Tag	300-PC01-SCI
Tipo	Desktop – Estación de trabajo
Alimentación:	220 VAC - monofásico
Procesador	Dual Core i3-2120 (3.30 GHz, 3ML3, 1GT)
Sistema operativo	Windows® 7 Professional Original, 32-bit
Monitor	Dell Professional 20in HAS Wide Monitor, VGA/ DVI
Memoria	4 GB, DDR3 Non-ECC de memoria SDRAM, 1333, 2x2GB
Disco duro	SATA disco duro de 250 GB2 ( rpm) (7200 rpm)
Tarjeta de video	512 MB ATI FirePro™: 2270, DUAL MON, 2 DMS59
Unidad óptica	16X DVD+/-RW w/ Cyberlink PowerDVD™/Roxio Creator™
Tarjeta de Red	Integrada Intel
Tarjeta de Sonido	Integrada 2.1 Channel Audio
Marca	DELL
Modelo	PRECISION 1600
<b>Accesorios</b>	
Mouse	Dell óptico USB
Teclado	Dell, USB, en Español
Parlantes	Dell, con control de volumen y cable de alimentación USB
Cámara	Video HD 720p Logitech
Audífonos & micrófono	Micronics
Microsoft® Office	Microsoft® Office Home and Business 2010 – Word, Excel, outlook
Antivirus	McAfee (corporativo)

#### 4.6.11 Definición de equipos de comunicación y seguridad

Para este caso de estudio se tienen dos (2) comunicaciones a definir: a) los radioenlaces entre el muelle y la estación contraincendios b) la comunicación al sistema para tareas de mantenimiento.

##### a. Radioenlace

Se determina ubicar las antenas según el esquema de las figuras 4.25, 4.26, 4.27 y 4.28 de la sección 4.6.3. Se debe realizar el cálculo de ganancias y ángulos para cada uno de los enlaces del proyecto. Dado que ello está fuera del objetivo del presente informe solo se muestra en la tabla 4.29 la altura a la cual se ubicará la antena.

Tabla 4.29 Altura de ubicación de antenas

Zona:	100	200	300
Altitud del suelo	5	5	5
Altura Torre o Mástil	6	7	5
Altitud total (m)	11	12	10

Para el caso de estudio se considera trabajar con la marca Microhard por disponer de equipos industriales, tener considerable base instalada de equipos, porque existe experiencia y conocimiento de estos equipos, además de su costo de mercado adecuado. Se requiere los equipos a emplear cumplan con lo especificado en la tabla 4.5 de la sección 4.1.6 y la tabla 4.29 de esta sección, por lo cual los equipos más adecuados son los listados en la tabla 4.30.

Tabla 4.30 Listado de equipos

Ítem	Tag	Modelo	Marca	Descripción	Ubicación
<b>Zona 100</b>					
1	100-RAD	VIP5800	Microhard	Radio Ethernet 5.8 GHz, OFDM	T100
2	100-ANT	HG5827G	Hyperlink	Antena direccional 27 dBi, tipo grilla	T100
<b>Zona 200</b>					
1	200-RAD	VIP5800	Microhard	Radio Ethernet 5.8 GHz, OFDM	T200
2	200-ANT	HG5827G	Hyperlink	Antena direccional 27 dBi, tipo grilla	T200
<b>Zona 300</b>					
1	300-RAD	VIP5800	Microhard	Radio Ethernet 5.8 GHz, OFDM	T300
2	300-ANT	HG5827G	Hyperlink	Antena direccional 27 dBi, tipo grilla	T300
<b>Zona 400</b>					
1	400-RAD	VIP5800	Microhard	Radio Ethernet 5.8 GHz, OFDM	T400
2	400-ANT	HG5808U	Hyperlink	Antena omnidireccional 12 dBi	T400

#### b. Equipos de Seguridad

El diseño de este proyecto es un Sistema SCADA aislado de las otras áreas de la empresa, sin embargo se requiere el personal de mantenimiento pueda tener acceso rápido que facilite sus labores en pro del sistema. Por esta razón se incluye dentro del proyecto un equipo de Firewall que pueda aislar la comunicación con otras áreas y permitir solo el paso del personal de mantenimiento. Para el caso de estudio se considera trabajar con un UTM de la marca WatchGuard, las características son descritas en la tabla 4.31.

Tabla 4.31 Características del UTM

Parámetro	Característica
Túneles VPN	01 Túneles VPN configurado para sucursal (SYN).
	03 conexiones VPN móviles

Cifrado	AES 128-bits
Firewall	Firewall de inspección de paquetes STATEFUL, Anti-Spyware, protección contra ataques DOS (DDoS)
Red y Seguridad	Gateway Antivirus y Prevención de Intrusos configurado IPS
IPSec	SHA-1
SSL	Sí
PPTP	Configurado servidor y passthrough
Notificaciones	Alarmas vía email y SNMP
QoS	Colas de prioridad de tráfico
Asignación IP	Estática
NAT	Estática
Enrutamiento	Estático
802.1Q	03 VLAN
Modelo	XTM 2 Series XTM 21/21-W
Marca	WatchGuard

#### 4.6.12 Definición de equipos de energía

Con los equipos escogidos para el proyecto, se procede a realizar el cálculo de carga para cada zona, la cual se muestra en las tablas 4.32 a 4.35.

**Tabla 4.32** Cálculo de carga para zona 100

Ítem	Uso	Tag	Descripción	Cálculo de carga			
				#	mA	V	potencia
			<b>Sistema de control</b>				
1	T100	100-PLC01	CPU	1	750	24	18.00
2	T100	100-DI01	Módulo de entradas digitales x 24	1	450	24	10.80
3	T100	100-DI02	Módulo de entradas digitales x 24	1	450	24	10.80
4	T100	100-DO01	Módulo de salidas digitales x 8				12.00
5	T100	100-AI01	Módulo de entradas análogas X 6				4.50
6	T100	100-AI02	Módulo de entradas análogas X 6				4.50
7	T100	100-PS01	Fuente 220 VAC/24 VDC				18.00
8	T100	T100	Tablero Ex Acero Inox 1000X800X300mm				0.00
			<b>Comunicación</b>				
9	T100	100-RAD	Radio 5.8 GHz				24.00
10	T100	100-ANT	Antena direccional 27 dBi				0.00
			<b>Instrumentación</b>				
11	Tq de grupo Diesel	100-LIT01-SCI	Transmisor de Nivel TQ de petróleo de grupo electrógeno	1	21.6	32	0.69
12	Línea de Agua	100-PIT01-SCI	Transmisor de Presión - Línea de agua	1	21.6	32	0.69

13	Línea de Agua	100-PIT02-SCI	Transmisor de Presión - alivio	1	21.6	32	0.69
14	P900	100-ET00-SCI	Medidor de Voltaje AC	1	45	30	1.35
15	P901	100-ET01-SCI	Medidor de Voltaje DC	1	50	30	1.50
16	P902	100-ET02-SCI	Medidor de Voltaje DC	1	50	30	1.50
17	P903	100-ET03-SCI	Medidor de Voltaje AC	1	45	30	1.35
18	P900	100-IT00-SCI	Medidor de Corriente AC	1	40	30	1.20
19	P901	100-IT01-SCI	Medidor de Corriente DC	1	40	30	1.20
20	P902	100-IT02-SCI	Medidor de Corriente DC	1	40	30	1.20
21	P903	100-IT03-SCI	Medidor de Corriente AC	1	40	30	1.20
							115.17
Reserva 30%							34.55
Total W							149.73

Tabla 4.33 Cálculo de carga para zona 200

Ítem	Uso	Tag	Descripción	Cálculo de carga			
				#	mA	V	potencia
<b>Sistema de control</b>							
1	T100	200-PLC01	CPU	1	750	24	18.00
2	T100	200-DI01	Módulo de entradas digitales x 24	1	450	24	10.80
3	T100	200-DO01	Módulo de salidas digitales x 8				12.00
4	T100	200-AI01	Módulo de entradas análogas X 6				4.50
6	T200	200-PS01	Fuente 220 VAC/24 VDC				18.00
7	T200	T200	Tablero Ex Acero Inox 1000X800X300mm				0.00
<b>Comunicación</b>							
8	T200	200-RAD	Radio 5.8 GHz				24.00
9	T200	200-ANT	Antena direccional 27 dBi				0.00
<b>Instrumentación</b>							
10	P920A	P920A-VAC	Medidor de Voltaje AC	1	45	30	1.35
11	P920B	P920B-VDC	Medidor de Voltaje DC	1	50	30	1.50
12	P920A	P920A-AMP	Medidor de Corriente AC	1	40	30	1.20
13	P920B	P920B-AMP	Medidor de Corriente DC	1	40	30	1.20
							47.25
Reserva 30%							14.18
Total W							61.43

Tabla 4.34 Cálculo de carga para zona 300

Ítem	Uso	Tag	Descripción	Cálculo de carga			
				#	mA	V	potencia
<b>Sistema de control</b>							
1	T300	300-PS01	Fuente 220 VAC/24 VDC				18.00
2	T300	T300	Tablero Acero Inox				0.00
<b>Comunicación</b>							
3	T300	300-RAD	Radio 5.8 GHz				24.00

4	T300	300-ANT	Antena direccional 27 dBi				0.00
5	T300	300-UTM	UTM firewall				24.00
6	T300	300-EXT	USB EXTEND 3G				15.00
			<b>Sistema de supervisión</b>				
7	Est. Contraincendios	PC	PC- Estación de trabajo				500.00
							581.00
Reserva 30%							174.30
Total W							755.30

**Tabla 4.35** Cálculo de carga para zona 400

Ítem	Uso	Tag	Descripción	Cálculo de carga			
				#	mA	V	potencia
			<b>Sistema de control</b>				
1	T400	400-PS01	Fuente 220 VAC/24 VDC				18.00
2	T400	T400	Tablero Acero Inox				0.00
			<b>Comunicación</b>				
3	T400	400-RAD	Radio 5.8 GHz				24.00
4	T400	400-ANT	Antena omni 12 dBi				0.00
							42.00
Reserva 30%							12.60
Total W							54.60

Dado que el sistema de control y el sistema de supervisión para el caso de estudio deben tener una alta disponibilidad, la energía de estos sistemas debe ser ininterrumpible y estable, razones por la cual determina emplear UPS para todas las zonas del proyecto.

Con el cálculo de carga de las tablas anteriores se procede a determinar la necesidad de energía de UPS de cada zona que se analiza y muestra en la tabla 4.36.

**Tabla 4.36** Necesidades de UPS

Características	100	200	300	400
Voltaje de entrada	220 VAC	220 VAC	220 VAC	220 VAC
# Fases de entrada	1PH	1PH	1PH	1PH
Voltaje salida	220 VAC	220 VAC	220 VAC	220 VAC
# Fases de salida	1PH	1PH	1PH	1PH
Autonomía	8 min.	8 min.	8 min.	8 min.
Carga demandada	150W	62W	756W	55W
Existe UPS actual	SI	NO	SI	NO
Satisface demanda	SI	-	NO	-
Requiere UPS adicional	NO	SI	SI	SI

Se procede a elegir UPS de acuerdo a las características de la tabla anterior, para

este caso de estudio se considera trabajar con la marca de UPS Delta. La tabla 4.37 muestra la lista de equipos de energía necesarios para el proyecto.

**Tabla 4.37** Lista de equipos de energía necesarios para el proyecto

Ítem	tag	Modelo	Marca	Descripción	Ubicación
<b>Zona 100</b>					
1	100-PS01	QUINT-PS/ 1AC/24DC/10	Phoenix Contact	Fuente 220 VAC/24 VDC	T100
<b>Zona 200</b>					
1	200-PS01	QUINT-PS/ 1AC/24DC/10	Phoenix Contact	Fuente 220 VAC/24 VDC	T200
2	200-UPS	N-1K	Delta	UPS 220 VAC Monofásico 1KVA	T200
<b>Zona 300</b>					
1	300-PS01	QUINT-PS/ 1AC/24DC/10	Phoenix Contact	Fuente 220 VAC/24 VDC	T300
2	300-UPS	N-1K	Delta	UPS 220 VAC Monofásico 1KVA	T300
<b>Zona 400</b>					
1	400-PS01	QUINT-PS/ 1AC/24DC/10	Phoenix Contact	Fuente 220 VAC/24 VDC	T400
2	400-UPS	N-2K	Delta	UPS 220 VAC Monofásico 2KVA	T410
3	400-TRAFO	1KVA	Audax	Transformador 480/220vac, 1PH, 1KVA	T410

#### 4.6.13 Arquitectura de detalle

El resultado es mostrado en la Figura 4.30. Es de destacar que en esta arquitectura de detalle se ha integrado las soluciones diseñadas de energía, instrumentación, sistemas de control, radioenlaces, estación de trabajo y acceso del área de mantenimiento para las diferentes áreas del proyecto.

En esta arquitectura de detalle se aprecia que el acceso a la red del sistema SCADA por parte del personal de mantenimiento se realiza en forma segura (Firewall UTM).

#### 4.6.14 Validación de Planeamiento de Detalle

Para este caso de estudio se considera el planeamiento de detalle ha sido aprobado.

#### 4.6.15 Modificación de Planeamiento de Detalle

Para este caso de estudio se considera el planeamiento de detalle ha sido aprobado y no hay requerimientos de modificación.

#### 4.6.16 Elaboración de Documentación de Implementación

Luego de terminado el diseño y antes de la ejecución y montaje se debe realizar la documentación y planos necesarios, así como preparar la logística necesaria. Pero esto no es parte del diseño y no es abordado en este informe.

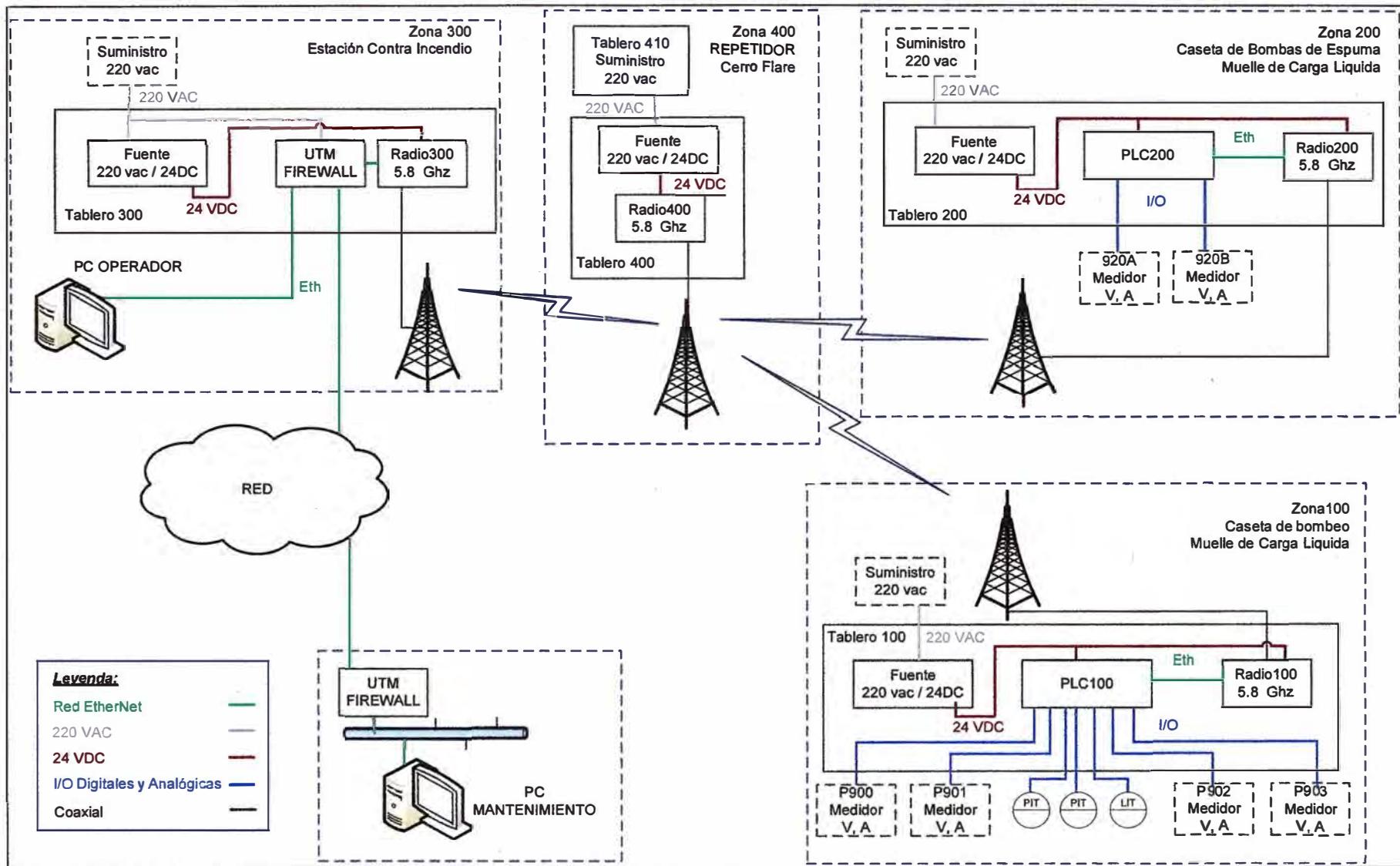


Figura 4.30 Arquitectura de detalle final

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Cuando no se realiza aclaración del requerimiento por parte del cliente en la etapa inicial, muchas veces el diseño final no satisface al cliente no lográndose su aprobación. Esto sucede comúnmente en las licitaciones donde el cliente o usuario responden de manera limitada las interrogantes, y con información limitada se realiza un diseño el cual debe ser revisado posteriormente cuando se cuente con toda la información pertinente.
2. La etapa de planeamiento básica determina los principales rasgos característicos del diseño. Es en esta etapa donde se determina el tipo de solución. Si un requerimiento es licitado/lanzado y no se ha realizado un planeamiento básico adecuado, estas especificaciones terminarán limitando el diseño final, principalmente por las limitaciones que ya se han realizado en cuanto a costos.
3. El tener conocimiento de una marca y tecnología específica, como una marca de PLC o Software SCADA influye no solo en la etapa de implementación por el conocimiento acumulado, sino también en la etapa de diseño pues hay menos cosas que considerar en el presupuesto.
4. Se ha desarrollado el diseño del sistema de monitoreo y control vía telemetría de las bombas contraincendios cumpliendo con especificar el diseño en términos de instrumentación, comunicaciones, sistema de control, sistema de supervisión SCADA y energía.
5. El marco metodológico ha brindado una guía secuencial, adecuada y práctica para el diseño del sistema SCADA del caso de estudio. Este marco metodológico es aplicable para diseñar otros sistemas SCADA similares.

**ANEXO A**  
**DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**  
**CONTRAINCENDIO DE LA REFINERÍA**

**DESCRIPCION DE EQUIPOS Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE  
LA REFINERIA TALARA**

**1. OBJETIVO**

El sistema contra incendio tiene por objetivo contar con los equipos necesarios para sofocar los incendios que podría originarse en alguna parte de las instalaciones de la Refinería Talara, incluyendo el Muelle de Carga Líquida.

La Refinería cuenta con 02 fuentes de abastecimiento una es con agua de mar y otra con agua dulce con tanques ubicados en Patio Tanques Tablazo.

**2. RESERVA DE AGUA**

La Red Contra incendios está conectada con el Sistema de Agua Dulce que se almacena en Tanques Tablazo en los Tanques NL 3335 y DFB-201-A, con una capacidad total de 31,361 barriles provenientes de SEDAPIURA y de la Planta Pridesa.

**3. EQUIPAMIENTO**

**3.1. SUMINISTRO DE AGUA DE MAR**

**01 ELECTROBOMBA VERTICAL DE 450 HP.**

TAG : 37 -P-900  
 MARCA : GOULDS  
 MODELO: VFP-NL  
 N° SERIE : 311 364T  
 CAPACIDAD : 710 m<sup>3</sup>/Hr @ 1788 RPM.  
 PRESION : 10.2 Kg/cm<sup>2</sup> @ 100% CAP.

**02 MOTOBOMBAS VERTICALES DE 483 HP**

**MOTOBOMBA 1**

TAG : 37 -P-901  
 MARCA : GOULDS  
 MODELO: VFP-NL.  
 N° SERIE : 311365-1  
 CAPACIDAD : 710 m<sup>3</sup>/Hr @ 1575 RPM  
 PRESION : 10.2 Kg/cm<sup>2</sup> @ 100% CAP

**MOTOBOMBA 2**

TAG : 37 -P-902  
 MARCA : GOULDS  
 MODELO : VFP-NL  
 N° SERIE : 311 3651-2  
 CAPACIDAD : 710 m<sup>3</sup>/Hr @1575 RPM  
 PRESION : 10.2 Kg/cm<sup>2</sup> @ 100% CAP

**01 BOMBA JOCKEY**

PRESION : 150 PSI  
 CAUDAL : 250 GPM

**4. SUMINISTRO DE ESPUMA CONTRA INCENDIO**

- 02 Tanques de almacenamiento de concentrado de espuma de 4500 galones con espuma XL-3%.
- 01 Electro bomba de desplazamiento positivo de 200 GPM @ 210 psi
- 01 motobomba de desplazamiento positivo de 200 GPM @ 210 psi.

101.002  
 P.11

**4.1. PUNTOS DE DESCARGA EN MUELLE DE CARGA LIQUIDA:**

- Dos monitores de agua/espuma de control remoto con mando hidráulico y manual, 3600 LPM a 7Kg/cm<sup>2</sup> (950 gpm a 100 psi), chorro compacto y disperso
- Instalados sobre sendas torres de 18 m de alto, ubicados equidistantes en ambos extremos de la plataforma de muelle; sus chorros compactos de espuma con alcance de aproximadamente 45 m. cubren el total de la cubierta del buque mayor que puede recibir este muelle.
- Dos monitores de agua/espuma, control manual de 1800 LPM a 7 Kg/cm<sup>2</sup> (500 gpm a 100 psi), chorro compacto y disperso.
- Ubicados equidistantes en el extremo posterior de la plataforma; sus chorros compactos de aproximadamente 45 m. de alcance cubren toda la cubierta de carga, la zona de brazos de carga y protegen los mandos de maniobra de buque.
- Cumplen doble función: enfriamiento con agua y extinción con espuma.
- Estos monitores disponen de descargas para manguera de uso manual.
- Dos monitores, similares a los anteriores, en el viaducto, cumplen las mismas funciones de enfriamiento o extinción y son apoyo para las maniobras de operaciones de desatraque en emergencia.
- Sub-sistema de espuma con descarga "libre" para proteger la parte baja de la plataforma, con un régimen de 3600 LPM a 7Kg/cm<sup>2</sup> (950 gpm a 100 psi). Control remoto con mando hidráulico y manual.
- Rociadores en el viaducto (20 unidades aproximadamente)
- Sub-sistema de espuma para proteger la base de los brazos de carga en casos de derrame de producto de 450/850 LPM a 7Kg/cm<sup>2</sup> (120/180 gpm a 100 psi) Control remoto con mando manual.
- Bocas de agua/espuma que permiten maniobras con mangueras de uso manual, con capacidad de descarga de 450/850 LPM a 7 Kg/cm<sup>2</sup> (120/180 gpm a 100 psi).
- Las torres de los monitores de control remoto hidráulico, los brazos de carga y el viaducto disponen de medios de protección y enfriamiento con paredes de agua que cubren las zonas críticas, su operación es de mando remoto manual.

## 5. ARRANQUE DE BOMBAS CONTRA INCENDIO

Previo al arranque de los motores de las motobombas, primero se realiza una inspección visual, fijándose si hay fugas de aceite o refrigerante, pernos faltantes, estado y ajuste de las fajas, ver el buen estado del purificador de aire, mangueras y codos, inspeccionar el radiador y el ventilador por posibles rajaduras y alojamiento de las abrazaderas.

- Inspección de cables eléctricos y baterías.
- Que todas las guardas estén en su lugar.
- Inspeccionar el suministro de combustible.
- Medición de nivel del aceite del cárter.
- Inspeccionar el nivel del refrigerante con el motor parado y frío.

### Arranque del motor

1. Colocar el obturador de combustible por lo menos a la mitad de la velocidad del motor.
2. Poner el interruptor de arranque en la posición arranque y debe arrancar el motor.
3. Después del arranque del motor la presión de aceite debe subir de 40 a 85 PSI.
4. Tan pronto como el motor arranque y para aumentarle la velocidad hay que esperar que el indicador de temperatura empiece a moverse, esto debe suceder entre 3 y 5 minutos, luego debe incrementarse suavemente la velocidad.

Para que la bomba alimente las tuberías de descarga y al arrancar esta, la válvula de descarga debe estar cerrada, al aumentar la presión (que es indicada por el manómetro) se empieza a abrir la válvula suavemente hasta que queda abierta

## 8. OPERACION

- La capacidad máxima del sistema es cubierta por dos de las tres bombas, 23,650 LPM es decir 6,250 GPM al régimen de 10 Kg/cm<sup>2</sup> (150 PSI).
- La línea se mantiene presurizada a 7 Kg/cm<sup>2</sup> (100 PSI) mediante la electro bomba Jockey, permitiendo usar los equipos básicos manuales y un mini sistema de agua/espuma para los brazos de carga ó líneas de mangueras.
- El sistema puede ser activado por botoneras desde: Caseta de Bombas, Plataforma del Muelle de Carga Líquida, Sala de Control de Planta de Lastre y por calda de presión.
- El arranque de las bombas será secuencial: Electro bomba, Motobomba 1, Motobomba 2. El tablero PLC contendrá dicha secuencia.
- Las líneas de abastecimiento de espuma tienen una válvula reguladora que mantiene presión y flujo de dosificación en los rangos necesitados en cada punto de descarga. Cada proporcionador de "línea a presión balanceada", esta instalado en cada punto de descarga.
  - Permite:
    - Operación simultánea de agua ó espuma a selección en los puntos de descarga (monitores, bajo plataforma, mangueras manuales).
    - Operación de descarga múltiple, en varios puntos de descarga con presiones diferentes.
    - Descargas ubicadas distantes del proporcionador y tanque de almacenamiento del líquido concentrado de espuma.
    - Flexibilidad de selección en cada punto de descarga de agua o espuma sin depender una de otra operación.
    - Mantenimiento, inspección y reparación de partes en tareas independientes, sin dejar fuera de servicio todo el sistema.
- Para la base de los Brazos de Carga, en pequeños derrames se dispone de un sistema auto contenido a control remoto de mando manual, que permita acción inmediata. Este sub-sistema consta de un proporcionador de "diafragma" con recipiente de 100 litros (30 galones) de concentrado líquido de espuma, líneas de solución de espuma y dos puntos de descarga a través de cámaras formadoras de espuma para piso.
- Complementan la protección y como primera respuesta. extintores de polvo químico seco de 30 libras y 150 libras de capacidad nominal.

### 6.1. OPERACION DEL PANEL DEL MODULO DE CONTROL DEL SISTEMA HIDRAULICO

#### 6.2. PONER FUERA DE SERVICIO EL SISTEMA

- a) Referirse al manual del sistema proporcionador de espuma para sacar de servicio a dicho sistema.
- b) Dejar el monitor y tobera en la posición stand-by para permitir una rápida dirección de aplicación de espuma para una futura condición de fuego. El monitor permanecerá en la última posición que fue colocado por el operador antes de desactivar el HPCM.
- c) Permitir que fluya agua hasta obtener agua limpia revisar el monitor mientras está operando con agua.
- d) Cerrar la o las válvulas de alimentación de agua al monitor.
- e) Retomar el interruptor nozzle a la posición "STRAIGHT". Presionando y sujetando el botón "STRAIGHT" durante 5 segundos. Este paso es necesario para permitir que el pistón hidráulico quede dentro del cilindro para proteger la barra del pistón.
- f) Colocar el control sobre la unidad REC en la posición OFF para desactivar el sistema hidráulico del monitor.

NOTA: El HPCM puede ser puesto fuera de servicio solamente desde la estación REC de donde fue originalmente arrancado (si se usa vanas unidades REC).

## 7. MONITORES PC-100 OPERACIÓN Hidráulica

### OPERACION

1. Flujo inicial para toberas de espuma.
2. Seleccionar y decidir el tipo de chorro de espuma siguiendo las instrucciones del manual.  
El tipo de chorro puede ser cambiado sin parar el flujo.

### OPERACIÓN MANUAL

- a) Remover el pin retenedor para dejar libre al brazo actuador del deflector y luego mover la palanca selectora (Spray/Straight) a la posición que se decida ya sea flujo tipo spray o a la posición de flujo tipo directo (STRAIGHT).

El brazo actuador para spray es un aparato conocido. Para seleccionar o cambiar el tipo de tobera:

- b) Girar manualmente el brazo actuador en dirección antihorario
  - c) Mover el brazo actuador completamente hacia adelante a la posición FULL SPRAY.
  - d) Mover el brazo actuador completamente hacia atrás para generar un chorro directo.
  - e) Posicionando el brazo en las zonas intermedias permite que el operador cambie varios tipos de chorro. Tener en cuenta que los extremos son FULL SPRAY en un sentido y STRAIGHT (chorro directo) en el otro.
  - f) Después de seleccionar el tipo de chorro girar manualmente el brazo actuador en dirección horaria para asegurarlo.
  - g) Tener cuidado de que el brazo actuador spray quede bien asegurado.
3. Limpiar la tobera completamente:  
Usar agua para la limpieza de la tobera, hacerlo funcionando continuamente hasta que el agua salga limpia.
  4. Ver instrucciones del manual del monitor para dejar fuera de servicio el monitor.

### 4.1.-UNIDAD DE CONTROL ELECTRICO REMOTO RC-2A-2

#### A.-ARRANQUE DEL SISTEMA

1. Presionar el botón START. del interruptor monitor de la unidad REC-2A-2.  
Verificar que la luz roja power ON se encienda lo cual indicará que el motor de la unidad HPCM está funcionando.  
Para que el sistema proporcionador de espuma o espuma/agua se active, referirse a las instrucciones dadas para estos sistemas.  
Después que el sistema proporcionador de espuma o espuma/agua son activados y la solución de espuma fluya y llegue hasta el monitor, proceder con el sistema de operación del monitor.
2. Para el control direccional del monitor y tobera, mover el joystick sobre la unidad REC desde la posición neutral a la dirección deseada:  
UP = Arriba;  
CW= Giro en un plano horizontal a la derecha.  
DOW = Abajo  
CCW= Giro en el plano horizontal a la izquierda.
3. Para cambiar el tipo de chorro, presionar durante 5 seg. los botones STRAIGHT o SPRAY.  
El deflector se mueve solamente cuando el botón permanece presionado. Si no ha permanecido presionado el tiempo suficiente, el deflector parará en el punto inicial y por consiguiente el tipo de chorro no cambiará.

**ANEXO B**  
**PLANO DE VISTA SUPERIOR**

**ANEXO C**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

CPU	Módulo controlador o módulo de unidad de procesamiento lógico del PLC.
EMI	Interferencias electromagnéticas.
EPCM	Es el forma de contratación en el cual el alcance es la gestión de la procura, construcción e ingeniería.
HMI	Equipo interfaz hombre-máquina es la parte de la máquina que se encarga de la interacción entre el hombre y la máquina, tales como teclados y pantallas táctiles.
Hot	En arquitecturas redundantes es el equipo en operación actual.
IO	Señales de entradas y salidas al sistema de control.
Ladder	Lenguaje de programación tipo escalera de PLC.
LIT	Es el sensor del tipo transmisor indicador de nivel.
NEMA	Acrónimo de "National Electrical Manufacturers Association" que es la asociación de los fabricantes de equipos eléctricos y de imagen médica en los Estados Unidos.
OPC	Acrónimo de "OLE for Process Control " es la norma que especifica la comunicación de tiempo real datos de la planta entre dispositivos de control de diferentes fabricantes.
P&ID	Acrónimo de "piping and instrumentation diagram/drawing" es un diagrama en la industria de procesos.
p2p	Cableado punto a punto o cableado de señal por señal.
PIT	Es el sensor del tipo transmisor indicador de presión.
PLC	Para este informe es un equipo del tipo RTU, PLC, PAC, DCS, Remota, Controlador o cualquier otro equipo de funciones similares.
SCADA	Sistema de supervisión, Control y adquisición de datos.
SIL	Acrónimo de "Safety Integrity Level" es un nivel relativo de la reducción de riesgos proporcionada por una función de seguridad, o para especificar un nivel objetivo de reducción de riesgo.
Standby	En arquitecturas redundantes es el equipo en espera para entrar en operación.
Tag	Etiqueta para nombra equipos o señales.
TDR	Términos de referencia o especificaciones de una licitación.
TI	Tecnología de la información.
UPS	Acrónimo de "Uninterruptible Power Supplies" es el equipos de energía ininterumpible estabilizada, normalmente toma la energía de baterías.
UTM	Acrónimo de "Unified threat management" es el equipo evolución del

tradicional firewall, capaz de realizar múltiples funciones de seguridad como: cortafuegos de red, prevención de intrusiones y antivirus gateway (AV), gateway anti-spam , VPN , filtrado de contenido entre otros.

Workstation PC de estación de trabajo, con robustez capacidades semi-industriales, superiores a una PC estándar.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Norma ANSI/ISA-95.00.03-2005, "Enterprise-Control System Integration, Part 3: Models of Manufacturing Operations Management", ISA - sociedad internacional de automatización.
- [2] Marcela Jover Urquiza, "Master en instrumentación y control de procesos", Módulo 2-Medidas de Variables de Proceso, 02-Sep-2007, España, ISA – Sociedad Internacional de Automatización.
- [3] Antonio Creus Sole, "Instrumentación industrial", 2010 Octava Edición.
- [4] Armando Morales Sánchez, "Instrumentación básica de procesos industriales", 16 al 18 de mayo del 2007, ISA – Sociedad Internacional de Automatización.
- [5] General Specifications GS 01C21F01-02E / Mar. 23, 2006/  
<https://www.yokogawa.com/fld/pdf/eja/GS01C21F01-02E.pdf>
- [6] Microhard, "Radio VIP5800.Brochure.Rev.2.2"
- [7] Hyperlink, "5.8 GHz ISM / UNII Band 27 dBi Reflector Grid Wireless LAN Antenna" Hoja técnica.
- [8] Hyperlink, "Antena DS\_HG5808U Omni", Hoja técnica.
- [9] WatchGuard® "Firewall XTM 2 Serie". Hoja técnica.
- [10] Phoenix Contact Inc, "QUINT-PS/ 1AC/24DC/10 Fuente de alimentación para carril simétrico, 24 V DC/10 A"; hoja técnica. Hoja técnica.
- [11] Phoenix Contact Inc, "MCR-S-10-50-UI-DCI, Convertidor de corriente MCR, programable y configurable". Hoja técnica.
- [12] Phoenix Contact Inc, "MCR-VDC-UI-B-DC; Convertidor de tensión MCR, para tensiones continuas de 0..(+/-)20 V". Hoja técnica.
- [13] Phoenix Contact Inc, "MCR-S-1-5-UI-DCI; Convertidor de corriente MCR, programable y configurable". Hoja técnica.
- [14] Phoenix Contact Inc, "MCR-VAC-UI-O-DC; Convertidor de tensión MCR, para tensiones alternas de 0..20 V AC"; Hoja técnica.
- [15] Yokogawa Electric Corporation, "Model EJA510A and EJA530; Absolute and Gauge Pressure Transmitters". Hoja técnica.
- [16] Yokogawa Electric Corporation, "EJX110A; Differential Pressure Transmitter". Hoja técnica.

- [17] GE Intelligent Platforms; "Proficy HMI/SCADA – iFIX 5.5". Hoja técnica.
- [18] GE Intelligent Platforms; "Proficy Historian 4.5". Hoja técnica.
- [19] GE Intelligent Platforms; "Industrial Gateway software". Hoja técnica.
- [20] Siemens "6ES7336-4GE00-0AB0; SIMATIC S7, ANALOG INPUT SM336 6 AI; 15 BIT;" Product data sheet.
- [21] Siemens "6ES7326-1BK02-0AB0; SIMATIC S7, DIGITAL INPUT SM 326," Product data sheet.
- [22] Siemens "6ES7326-2BF41-0AB0; SIMATIC S7, DIGITAL OUTPUT SM 326" Product data sheet.
- [23] Siemens "6ES7315-2FJ14-0AB0; SIMATIC S7-300 CPU315F-2 PN/DP" Product data sheet.
- [24] Siemens "6AV6371-1BD16-2AX0; WINCC POWERPACK RC 128/256 FOR SIMATIC WINCCV6.2" Product data sheet.
- [25] Siemens "Safety Integrated for Process Automation" Brochure 2010.
- [26] Siemens, "Overview of Safety-Technical Parameters for Siemens Components in Accordance with ISO 13849-1 and IEC 62061".
- [27] Universidad Politécnica Salesiana Ecuador "Diseño e implementación de un sistema SCADA para el proceso Over Head de sellado en ómnibus BB" <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2978>
- [28] Moreno, Emilio, "Sistema de supervisión, control y adquisición de datos para el área de servicios de la planta de Huachipa - Gloria", Informe de competencia Profesional, 2013.