

**FORMULACIÓN DE UN PROYECTO PARA LA CONFIGURACIÓN ESTÁNDAR DE
CONTROL Y SUPERVISIÓN DE UNIDADES DE BOMBEO A GAS PARA
REALIZACIÓN DE PRUEBAS BAJO SIMULACIÓN DE CONDICIONES DE
PROCESO**

PÁVEL MAURICIO DUSSÁN GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

ESPECIALIZACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ D.C

2014

**FORMULACIÓN DE UN PROYECTO PARA LA CONFIGURACIÓN ESTÁNDAR DE
CONTROL Y SUPERVISIÓN DE UNIDADES DE BOMBEO A GAS PARA
REALIZACIÓN DE PRUEBAS BAJO SIMULACIÓN DE CONDICIONES DE
PROCESO**

PÁVEL MAURICIO DUSSÁN GUTIÉRREZ

Trabajo de grado dirigido por:

FERNANDO RIVERA

INGENIERO ELECTRÓNICO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

ESPECIALIZACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ D.C

2014

AGRADECIMIENTOS

La culminación de este trabajo de grado fue posible gracias a la colaboración y el apoyo incondicional de muchas personas, que contribuyeron con sus conocimientos y acompañamiento a alcanzar los objetivos de acuerdo a las expectativas planteadas.

Extiendo un sincero agradecimiento al director de Trabajo de Grado Ing. Fernando Rivera, mi familia y a todas las personas que cooperaron de alguna manera en cada una de las etapas de desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	OBJETIVOS	10
2.1.	OBJETIVO GENERAL	10
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3.	CASO DE NEGOCIO	10
3.1.	ANTECEDENTES	10
3.2.	JUSTIFICACIÓN	11
4.	OBJETO DEL PROYECTO.....	12
4.1.	PROBLEMA A SOLUCIONAR.....	12
4.2.	SOLUCIÓN PROPUESTA	13
4.3.	ALCANCE DEL PROYECTO	14
5.	INGENIERÍA CONCEPTUAL	14
5.1.1.	UNIDAD DE BOMBEO.....	14
5.1.1.1.	UNIDADES DE BOMBEO CONVENCIONALES	14
5.1.1.2.	UNIDADES DE BOMBEO MARK II.....	15
5.1.1.3.	UNIDADES BALANCEADAS A AIRE / AIR BALANCED.....	15
5.1.1.4.	TORQUE MÁXIMO.....	16
5.1.2.	SISTEMAS DE CONTROL	16
5.1.3.	SISTEMA SUPERVISORIO SCADA	18
5.1.3.1.	NIVEL DE INSTRUMENTACIÓN.....	18
5.1.3.2.	NIVEL DE UNIDADES TERMINALES REMOTAS RTUS	19
5.1.3.3.	NIVEL DE COMUNICACIONES	19
5.1.3.4.	NIVEL DE CENTRO DE CONTROL.....	20
5.1.4.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	21
5.1.5.	ESTADO DEL ARTE	21
5.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PRODUCTO	22
5.2.1.	ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO.....	22
5.2.2.	ESPECIFICACIONES DE MONTAJE FÍSICO	23
5.2.3.	ESPECIFICACIONES DE AMBIENTE DE OPERACIÓN	23

5.3.	ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL PRODUCTO	23
5.3.1.	NORMATIVAS TÉCNICAS A CUMPLIR.....	23
5.3.2.	LICENCIAS Y REQUISITOS DE LEY A CUMPLIR	24
5.4.	RIESGOS DEL PROYECTO	24
5.5.	LIMITANTES DEL PROYECTO	24
5.5.1.	RESPONSABLES DEL PROYECTO.....	24
5.5.2.	CAPACIDAD DE LA EMPRESA	24
5.5.2.1.	ORGANIZACIONAL.....	24
5.5.2.2.	FINANCIERO.....	25
5.5.2.3.	INFRAESTRUCTURA	25
6.	INGENIERÍA BÁSICA.....	25
6.1.	DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA SOLUCIÓN.....	25
6.2.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	26
7.	INGENIERÍA DE DETALLE	27
7.1.	DIAGRAMAS Y PLANOS DE LA SOLUCIÓN (Ver anexo 1).....	27
7.2.	LISTADO DE ELEMENTOS.....	27
7.3.	SOFTWARE Y LICENCIAS.....	28
7.4.	VEHÍCULOS.....	28
7.5.	ENTRENAMIENTO Y/O CERTIFICACIONES.....	28
7.6.	FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO	28
8.	TAREAS	28
8.1.	ARBOL DE TAREAS (Ver anexo 2).....	28
8.2.	CRONOGRAMA (Ver anexo 3)	30
9.	COSTOS (Ver anexo 4)	33
9.1.	COSTOS FIJOS	33
9.1.1.	COSTOS DE LAS ACTIVIDADES DE INGENIERÍA	33
9.1.2.	COSTOS DE LOS ACTIVOS QUE SE ENTREGARÁN AL CLIENTE.....	35
9.1.3.	VALOR DE ACTIVOS PARA LA GARANTÍA Y SOPORTE.....	35
9.1.4.	VALOR DE LICENCIAS DE OPERACIÓN	36
9.2.	COSTOS VARIABLES DIRECTOS	37
9.3.	COSTOS VARIABLES INDIRECTOS.....	44

9.3.1.	GASTOS ADMINISTRATIVOS DE LA EMPRESA.....	44
9.3.2.	GASTOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	44
9.3.3.	PRORRATEO DEL OVERHEAD A CARGO DEL PROYECTO.....	45
9.4.	COSTO TOTAL DEL PROYECTO	45
9.5.	UTILIDAD.....	45
10.	CONCLUSIONES	47
11.	REFERENTES TEÓRICOS	47
11.1.	NORMA IEC 1131-3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	47
11.2.	MANUAL DE USUARIO UNITY PRO V6.0	48
11.3.	MANUAL DE USUARIO WONDERWARE INTOUCH V10.1	48
11.4.	ANSI/ISA S5.3 GRAPHIC SYMBOLS FOR DISTRIBUTED CONTROL SHARED DISPLAY.....	48
12.	BIBLIOGRAFÍA	48

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Listado de Elementos.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 2. Software y Licencias.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 3. Vehículos</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. Cronograma.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5. Costos de las actividades de Ingeniería</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 6. Costos de los activos que se entregarán al cliente.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 7. Valor de activos para la garantía y soporte.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 8. Valor de licencias de operación.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 9. Costos Fijos</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 10. Costos Variables Directos.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 11. Tabla Resumen Costos.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 12. Gastos Administrativos de la empresa</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 13. Gastos Generales de la Empresa.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 14. Overhead a cargo del Proyecto.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 15. Costo del Proyecto.....</i>	<i>45</i>

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Esquema general de un sistema de control</i>	17
<i>Ilustración 2. Diagrama en bloques de la solución</i>	25
<i>Ilustración 3. Diagrama y plano de la solución</i>	27
<i>Ilustración 4. Arbol de Tareas</i>	29

1. INTRODUCCIÓN

En la industria, muchos componentes como válvulas, actuadores, bombas, motores, entre otros, operan generalmente de forma descentralizada; por ello, hoy en día se instalan sistemas integrados que permiten mejorar los procesos. Por medio de sistemas como estos, las estaciones remotas se comunican con los equipos de control ubicados en las diferentes salas de control, para conocer el estado de funcionamiento de la planta y así supervisar y controlar los elementos que la componen.

En el sector de hidrocarburos, las unidades a gas son equipos encargados del bombeo de crudo y productos refinados distribuidos por medio de oleoductos y poliductos, operadas en las plantas empleando sistemas de control y supervisión local. Las lógicas programadas en los controladores son generalmente realizadas siguiendo la noción y el conocimiento del configurador que las desarrolla pero no se rigen bajo un patrón establecido. Por ello este proyecto tendrá como objetivo principal la implementación de una herramienta de simulación a partir de la configuración estándar de lógicas de control y supervisión de unidades de bombeo a gas para realización de pruebas bajo condiciones de proceso.

Inicialmente, se realizarán diagramas lógicos estándar que sirven como base para la configuración del control. La programación de las lógicas estándar de la Unidad de Bombeo a gas como son las señales de entrada y salida E/S, secuencias de arranque y parada, etc. será desarrollada empleando el software Unity Pro v6.0 de Schneider Electric⁵ utilizando los lenguajes de programación de acuerdo a la norma IEC 1131-3.

Posteriormente, se procederá con la configuración del sistema supervisorio empleando el software Intouch v10.1 de Wonderware⁶ para la visualización en una estación de trabajo (computador) de todas las señales configuradas en el control de la Unidad a gas. Bajo este esquema, se generará un documento en el cual se explique los tipos de gráficos y la codificación de colores utilizada.

Finalmente, se realizarán pruebas y análisis de resultados en los cuales se validarán todas las implementaciones desarrolladas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Formular un Proyecto Técnico orientado a la Configuración Estándar de Control y Supervisión de Unidades de Bombeo a Gas para realización de pruebas bajo simulación de condiciones de proceso.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un Proceso de Ingeniería global para obtener los Requerimientos Técnicos previo a la ejecución de un Proyecto
- Estimar la duración de las Tareas y cuantificar los recursos implementando los conceptos para la realización de un Proyecto de Ingeniería
- Determinar los costos de forma que se apliquen los conocimientos orientados a la elaboración de una propuesta económica de un Proyecto

3. CASO DE NEGOCIO

3.1. ANTECEDENTES

En las plantas de empresas en el sector de Hidrocarburos, el bombeo de crudo y productos refinados representa una de los procesos con mayor importancia ya que permite el transporte de las materias primas y derivadas para su distribución y comercialización. Las unidades a gas son los equipos más utilizados para realizar la operación de bombeo por su alto desempeño a bajo

costo por el tipo de alimentación que emplean para su funcionamiento, siendo operadas en las plantas empleando sistemas de control y supervisión local.

A nivel mundial, existen software de configuración de sistemas de control de distintos fabricantes como Siemens, Rockwell Automation o Emerson, que poseen librerías estándar con bloques estructurados para variadores de velocidad, control PID, representación del movimiento mecánico de equipos, entre otros, pero ninguno que reúna el funcionamiento de una unidad de bombeo a gas

Para los sistemas supervisorios, todos los programas de configuración poseen gráficos preestablecidos de dos y tres dimensiones para representar los componentes en la industria como transmisores, válvulas, bombas, etc., además de herramientas para diseñar los dispositivos. Por otro lado, brindan la facilidad de animar los gráficos de manera libre de acuerdo al lineamiento que siga el configurador. Se debe tener en cuenta que en los sistemas supervisorios, los códigos de colores empleados para representar los estados de los equipos, por ejemplo encendido, apagado o falla son similares, regidas en algunos casos bajo normas o estándares internacionales.

Es probable que empresas del sector de hidrocarburos hayan desarrollado estrategias y configuraciones estándar de control y supervisión para unidades de bombeo a gas pero este tipo de documentación generalmente es confidencial, por lo que no es posible acceder a ella.

3.2. JUSTIFICACIÓN

Los beneficios que obtendrá el cliente con la implementación planteada son:

- La estructura y funcionamiento de las unidades a gas es muy similar para distintos fabricantes, por lo que los automatismos implementados para el control remoto en campo se rigen bajo un mismo patrón. Por esta razón, se adjudicará el desarrollo de un estándar claro y establecido con el que se pueden guiar los Ingenieros de control para el arranque de Unidades a Gas en estaciones de bombeo en el sector de hidrocarburos.

- No tendrá que realizar la programación de las lógicas de control y el sistema supervisorio de Unidades a gas por lo que los costos se disminuirán notablemente.
- Reducción en el tiempo de ejecución de las pruebas en oficina previas al arranque en sitio
- Reducción considerable en el impacto ambiental ya que el arranque en sitio de los equipos se efectuará con mayor rapidez
- Al ser menores los tiempos de ejecución y arranque en sitio, se reducirán los costos de montaje y de personal.
- Herramienta de simulación de base flexible, por lo que puede ser modificada de acuerdo a las necesidades de los usuarios que la utilicen.

Si el cliente no adquiere la implementación planteada las implicaciones serán:

- Cada vez que realice un proyecto con requerimientos de puesta en marcha de Unidades de Bombeo a gas, no tendrá una herramienta estándar para la realización de pruebas en oficina que le facilite la implementación en campo de las lógicas de control y supervisión, y por lo tanto el arranque de la Unidad. De esta forma, el uso de recursos humanos, físicos, económicos, tiempo de ejecución será mayor reduciendo de gran manera las ganancias obtenidas por la realización del proyecto.

Los beneficios que obtendría de materializarse el Proyecto son:

- Una oportunidad de creación o ampliación de empresa.
- La rentabilidad obtenida a partir de la venta y distribución del producto.
- El reconocimiento por el trabajo realizado, lo que conlleva a una mayor divulgación y conocimiento del producto en la industria, y por ende, un aumento en las ventas y distribución del mismo.

4. OBJETO DEL PROYECTO

4.1. PROBLEMA A SOLUCIONAR

Previo al arranque de las Unidades a Gas, deben ser programadas lógicas encargadas de realizar el control y supervisión en campo; además, estas configuraciones deben ser probadas y validadas en oficina previo a la implementación de los automatismos en sitio. La realización de estas actividades conlleva tiempos de ejecución altos ya que inicialmente se deben generar los diagramas lógicos del funcionamiento de la Unidad para la generación de las lógicas e implementación en los software especializados; si la empresa no tiene el personal capacitado para realizar esta labor, tendrá que subcontratar otra empresa para hacer el trabajo, lo que implica tiempos adicionales de negociación, generación del contrato, inicio de actividades, validación de los desarrollos realizados por un tercero, entre otros inconvenientes. Además, las pruebas requerirán más tiempo ya que al ser generadas configuraciones del control y supervisión desde cero, la presencia de errores en la programación y por ende probabilidad de falla en la aplicación general es mayor. Todo esto conlleva a utilización de recursos humanos y físicos adicionales, lo que implica demora en la entrega de los proyectos, siendo a su vez los costos de ejecución altos. Por lo tanto, se obtendrá una menor utilidad al final del ejercicio.

4.2. SOLUCIÓN PROPUESTA

Inicialmente, se realizarán diagramas lógicos que sirven como base para la configuración del control. Bajo esta guía, se programarán las lógicas de control de la Unidad a Gas estándar en el software de configuración del PLC.

Posteriormente, se procederá con la configuración del sistema supervisorio para la visualización en una estación de trabajo (computador) de todas las señales configuradas en el control de la Unidad a gas. Bajo este esquema, se generará un documento en el cual se explique los tipos de gráficos y la codificación de colores utilizada.

Posteriormente, se utilizará el simulador del software de programación del PLC para forzar todas las señales de entradas/salidas análogas y digitales y señales de trabajo dentro de la lógica las cuales serán visualizadas en el software de configuración del sistema supervisorio en modo runtime.

4.3. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto será la conceptualización, diseño, procura, montaje y la puesta en servicio de la configuración estándar de control y supervisión de Unidades de Bombeo a Gas para realización de pruebas bajo simulación de condiciones de proceso.

La inversión será baja con respecto a los beneficios que obtendrá el cliente como son no tener que realizar la programación de las lógicas de control y el sistema supervisorio de Unidades a gas por lo que los costos se disminuirán notablemente, reducción en el tiempo de ejecución de las pruebas en oficina, reducción considerable en el impacto ambiental ya que el arranque en sitio de los equipos se efectuará con mayor rapidez, donde al ser menores los tiempos de ejecución, se reducirán los costos de montaje y de personal, entre otros.

El tiempo de duración del proyecto será de 5 meses

5. INGENIERÍA CONCEPTUAL

5.1. MARCO TEÓRICO

5.1.1. UNIDAD DE BOMBEO

La Unidad de Bombeo es un mecanismo desarrollado para transmitir un movimiento alternativo a la bomba, y por lo tanto convierte el movimiento continuo circular de un motor en un movimiento oscilante alternativo aplicado al vástago del sistema.

Existen muchos tipos de unidades donde los más usuales son:

5.1.1.1. UNIDADES DE BOMBEO CONVENCIONALES

Las unidades de bombeo convencionales basan su geometría en un sistema de palanca CLASE I, es decir con un punto de apoyo en el medio de la viga y emplea manivelas para su operación.

5.1.1.2. UNIDADES DE BOMBEO MARK II

Las unidades de bombeo Mark II basan su geometría en tres características, las cuales reducen el torque y la carga con respecto a una unidad convencional. Estas son:

- La ubicación de la caja reductora. La misma está ubicada de tal manera que con un giro determinado de las manivelas crea una carrera ascendente de 195° de la rotación de la manivela y una carrera descendente de aproximadamente de 165° de la rotación de la manivela.
- Un punto de apoyo en el extremo de la unidad, colocando en ese lugar el cojinete ecualizador (llamado cojinete de cola), creando un sistema CLASE III.
- Una manivela desfasada, la cual produce un contrabalanceo más efectivo el cual, al comienzo de la carrera ascendente, “arrastra” la carga en aproximadamente 7 1/2°. Igualmente en la carrera descendente, esta misma condición produce esta acción, también “llevando” el contrapesado aproximadamente 71/2°

Independientemente de estos factores, las unidades Mark II producirán un torque uniforme trabajando en forma conjunta, reduciendo un 35% del torque en la caja reductora. Adicionalmente los costos de electricidad y del tamaño del motor pueden ser reducidos.

5.1.1.3. UNIDADES BALANCEADAS A AIRE / AIR BALANCED

La utilización de aire comprimido en vez de pesadas manivelas y contrapesos permite un control del contrabalanceo en forma manual. Como resultado, el tamaño de la unidad es considerablemente más pequeño, minimizando los costos de traslado y de montaje. Las unidades balanceadas a aire tienen la ventaja de tener tamaños más grandes con largas carreras, donde con un sistema convencional o MARK II son prácticamente imposibles.

Las unidades de bombeo pueden ser clasificadas en función del torque máximo, la carga estructural y la carrera máxima.

5.1.1.4. TORQUE MÁXIMO

El torque es el producto de la fuerza por un brazo de palanca. La fuerza proviene de la variación de las cargas que transmite la unidad y el efecto de contrabalanceo. El brazo de palanca es la distancia del centro de eje de salida de la caja reductora al centro del perno de biela.

Carga estructural: Es la carga máxima que puede soportar la unidad en la cabeza, pudiendo soportar normalmente toda la estructura del equipo, como así también cojinetes y accesorios.¹

Las Unidades de Bombeo a gas operan generalmente de forma descentralizada; por ello, son conectadas a sistemas integrados para mejorar el proceso. Por medio de sistemas como estos, las estaciones remotas se comunican con los equipos de control ubicados en las diferentes salas de control, para conocer el estado de funcionamiento de la planta y así supervisar y controlar los elementos que la componen.

5.1.2. SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema dinámico puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible realizar ningún tipo de control.

Dentro de los sistemas se encuentra el concepto de sistema de control. Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- Sensores. Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- Variables de control
- Perturbaciones
- Variables de entrada
- Variables de salida
- Controlador. Utilizando los valores determinados por los sensores y los valores prefijados, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- Actuador. Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.²

La *Figura* ilustra el esquema de funcionamiento de un sistema de control genérico.

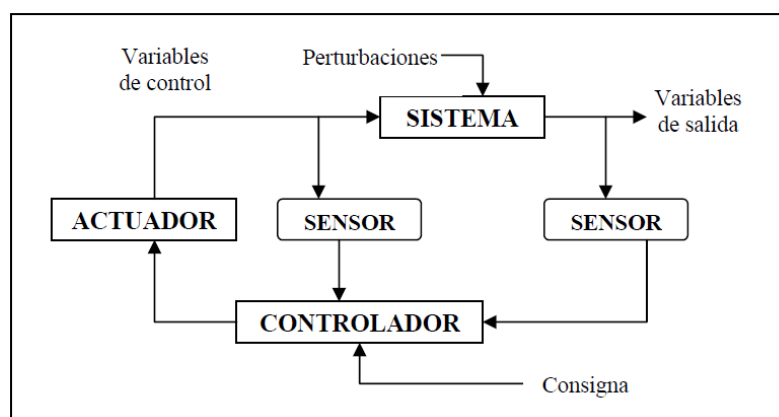


Ilustración 1. Esquema general de un sistema de control

5.1.3. SISTEMA SUPERVISORIO SCADA

Para el manejo de redes de transporte extensas es necesario contar con un sistema de transmisión de datos que permita controlar, monitorear y supervisar desde un Centro de Control los parámetros críticos del proceso, tales como presiones, temperaturas, consumos, etc.

Un sistema de este tipo se denomina SCADA, (Supervisory Control And Data Acquisition) que significa Control Supervisorio y Adquisición de datos.

Un Sistema SCADA cumple básicamente dos funciones: Seguridad y Eficiencia en la Operación. seguridad: El sistema permite observar y verificar continuamente las variables críticas de operación tales como Presión, Temperatura, Alarmas, etc., y posibilita el cierre remoto de válvulas en los casos que sea necesario. De esta forma los operadores pueden tomar las acciones correctivas del caso con la debida anterioridad para prevenir o minimizar cualquier incidente.

Eficiencia en la Operación: El sistema envía automáticamente al Centro de Control la información de los volúmenes horarios y diarios de cada consumidor. Estos datos los toma el computador de flujo en los diferentes puntos de los gasoductos, oleoductos o poliductos aumentando confiabilidad en la medición y evitando la necesidad de tener que desplazarse físicamente a los sitios.

Un Sistema SCADA está conformado por un conjunto de elementos y dispositivos que poseen hardware y software, los cuales pueden clasificarse en cuatro niveles a saber; Instrumentación, Unidades Terminales Remotas (RTUs), Comunicaciones y Centro de Control.

5.1.3.1. NIVEL DE INSTRUMENTACIÓN

En este nivel se toma la variable física (presión, flujo, convirtiéndola en una señal que puede ser leída o interpretada por el operador.

Para el caso específico del Sistema SCADA, se maneja la instrumentación de tipo electrónico, allí la variable física se convierte a una señal eléctrica (usualmente de corriente de 4-20 mA o de voltaje de 1-5 voltios).

5.1.3.2. NIVEL DE UNIDADES TERMINALES REMOTAS RTUS

La Unidad Terminal Remota, RTU, es un dispositivo, inteligente microprocesado que recoge, almacena y procesa la información que viene de la instrumentación de campo.

La RTU consta básicamente de tres partes: la de entrada y salida, la CPU y la de comunicaciones.

La parte de entradas / salidas está compuesta por una serie de tarjetas de diversos tipos de acuerdo a la señal que va a recibir.

La CPU es la parte inteligente de la RTU la cual cuenta con procesadores que como su nombre lo indica, procesan los datos. Allí existen también memorias RAM, PROM y EPROM, que poseen varios módulos preprogramados que permiten hacer cálculos controles, comandos etc., con los cuales puede manejar los procesos que desee.

Finalmente existe la parte de puertos de comunicaciones cuya función es tomar la información en forma digital y ubicarla en un puerto (usualmente tipo RJ45 bajo Red Ethernet, similar a los de un computador PC) para ser posteriormente transmitida al Centro de Control mediante el Nivel de Comunicaciones.

5.1.3.3. NIVEL DE COMUNICACIONES

Es el encargado de tomar la información de la RTU y transmitirla por el medio escogido hasta el Centro de Control.

Existe infinidad de medios de comunicación y la elección de cuál es el más apropiado depende de las diferentes circunstancias dentro de las cuales se cuenta el costo, la disponibilidad del medio, la velocidad de transmisión, la confiabilidad requerida, etc. Los medios más usados son:
Radio de Comunicaciones: Usualmente se emplean equipos de radio en la banda de UHF (ultra-alta-frecuencia) o VHF (muy -alta-frecuencia). Se requiere hacer estudio de propagación,

disponer de estaciones repetidoras; es moderadamente costoso y brinda mayor confiabilidad que la línea telefónica.

Microondas: Es también un sistema de radio pero en frecuencias del orden de los Gigahertz. Es más costoso que los anteriores pero más confiable, tiene el inconveniente de requerir línea de vista para su propagación, lo que limita la distancia de cubrimiento.

Sistema Satelital: Se basa en la transmisión y recepción mediante un satélite geoestacionario ubicado aproximadamente a 36.000 kms de la tierra, de tal forma que no hay obstáculo y la comunicación es continua (salvo en los equinoccios donde hay interrupción de 5-8 minutos cuando ocurre). Su confiabilidad es alta, comparable con los microondas. Se utiliza para cubrir grandes distancias y en sitios de difícil cubrimiento.

5.1.3.4. NIVEL DE CENTRO DE CONTROL

Está compuesto por un conjunto de computadores, periféricos y programas de software que realizan el procesamiento de las señales.

Usualmente existe también un equipo de interface de comunicaciones (llamado Front-End) cuya función es recibir la información de los diferentes canales de comunicaciones para procesarlas y agruparlas y ser enviada a los computadores servidores mediante una red LAN. A ésta red se encuentran conectados los diferentes dispositivos del Centro de Control, los cuales constan de los siguientes dispositivos:

Computadores Servidores: Son las unidades principales de mayor capacidad y rapidez. Recibe la información de las innumerables señales desde los sitios remotos del Sistema y los maneja en una gran base de datos de tiempo real.

Consolas de Trabajo: Son computadores dedicados para el manejo y operación del proceso. Allí se muestra en forma gráfica los diferentes procesos, en forma de despliegues y se pueden observar los valores de flujo, presión, temperatura y alarma obteniendo tendencias, reportes, etc.

Otros Computadores: Dependiendo de las necesidades pueden existir otros computadores tales como el de ingeniería, el administrativo, de entrenamiento, que realiza las respectivas funciones³

5.1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La estructura y funcionamiento de las unidades a gas es muy similar para distintos fabricantes, por lo que los automatismos implementados para el control remoto en campo se rigen bajo un mismo patrón. Teniendo en cuenta que previo al arranque de las unidades en sitio deben ser realizadas pruebas fuera de línea, se hace necesaria la implementación de una configuración estándar de control y supervisión de unidades a gas que sirva como base para la realización de pruebas bajo simulación de condiciones de proceso, reduciendo los costos y tiempos de ejecución. Además, al ser realizadas pruebas previas con un alto índice de confiabilidad, el arranque en sitio de los equipos se efectuará con mayor rapidez, reduciendo considerablemente el impacto ambiental.

5.1.5. ESTADO DEL ARTE

A nivel mundial, existen software de configuración de sistemas de control de distintos fabricantes como Siemens, Rockwell Automation o Emerson, que poseen librerías estándar con bloques estructurados para variadores de velocidad, control PID, representación del movimiento mecánico de equipos, entre otros, que pueden ser usados en el desarrollo del proyecto para generar la aplicación de control que reúna el funcionamiento de una unidad de bombeo a gas.

Para los sistemas supervisorios, todos los programas de configuración poseen gráficos preestablecidos de dos y tres dimensiones para representar los componentes en la industria como transmisores, válvulas, bombas, etc., además de herramientas para diseñar los dispositivos. Por otro lado, brindan la facilidad de animar los gráficos de manera libre de acuerdo al lineamiento que siga el configurador.

Algunas empresas del sector de hidrocarburos han desarrollado estrategias y configuraciones estándar de control y supervisión para ciertos subsistemas, por lo que esta documentación se usará como una ayuda para el desarrollo del proyecto.

5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PRODUCTO

5.2.1. ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Para la programación de las lógicas de control de la herramienta de simulación se empleará el software Unity Pro v6.0 de Schneider Electric el cual utiliza los lenguajes de programación especificados en la norma IEC 1131-3. Teniendo en cuenta que previo a la configuración del control de las Unidades de Bombeo a gas se desarrollarán diagramas lógicos los cuales son realizados empleando compuertas lógicas de manera gráfica, el lenguaje de programación usado será FUNCTION BLOCK DIAGRAM (FBD). De esta forma, la comparación entre los diagramas lógicos y la configuración del control mencionados será evidente sin presentar ningún tipo de dificultad en su análisis. Además, para las lógicas de asignación de variables y cálculos aritméticos, el lenguaje de programación usado será STRUCTURED TEXT (ST) ya que permite mayor eficiencia en el uso del espacio y simplicidad para estos casos específicos. Ahora bien, para la realización de pruebas, se usará la herramienta de simulación del software más no un controlador físico (PLC o DCS).

En la herramienta de simulación de Unidades de Bombeo a Gas, la programación del sistema supervisorio se realizará empleando el software Intouch v10.1, siguiendo el estándar ANSI/ISA S5.3 Graphic Symbols for Distributed Control Shared display con el objetivo de normalizar la configuración siguiendo estándares internacionales ya establecidos y probados, teniendo en cuenta que se busca generar una herramienta global que pueda ser usada por ingenieros de control, evitando al máximo restricciones respecto a desarrollos ya presentes en la industria.

5.2.2. ESPECIFICACIONES DE MONTAJE FÍSICO

Teniendo en cuenta que la herramienta de simulación requiere un PC con dos pantallas, mouse y teclado, para el montaje físico se debe tener conexión a red eléctrica de 120Vac con puesta a tierra en las instalaciones del cliente.

Se instalará un rack de 0.8 metro de ancho, 1.1 metro de largo y 1.8 metros de ancho donde se realizará el montaje de los equipos referenciados anteriormente.

5.2.3. ESPECIFICACIONES DE AMBIENTE DE OPERACIÓN

Para el correcto funcionamiento de los dispositivos se requieren las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura -> Operación: 0 a 55°C Almacenamiento: -40 a 85°C
- Humedad relativa-> Operación: 5% a 85% Almacenamiento: 5% a 95%
- Altitud-> Operación: Hasta 10.000 pies Almacenamiento: Hasta 35.000 pies

5.3. ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL PRODUCTO

5.3.1. NORMATIVAS TÉCNICAS A CUMPLIR

Las lógicas de control se registrarán por la norma IEC 1131-3

Las lógicas de supervisión se registrarán por el estándar ANSI/ISA S5.3 Graphic Symbols for Distributed Control Shared display7

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

5.3.2. LICENCIAS Y REQUISITOS DE LEY A CUMPLIR

El software Unity Pro v6.0 donde se configuran las lógicas de control y el software Intouch v10.1 donde se configura el sistema supervisorio será software legal. Las licencias de activación se encuentran dentro del alcance del proyecto

5.4. RIESGOS DEL PROYECTO

Demora en la entrega de los equipos necesarios para la puesta en marcha del proyecto
Falla en el licenciamiento del software necesario para la puesta en marcha del proyecto

5.5. LIMITANTES DEL PROYECTO

5.5.1. RESPONSABLES DEL PROYECTO

Representante legal de la empresa Contratista
Líder de Proyecto por parte del Cliente

5.5.2. CAPACIDAD DE LA EMPRESA

5.5.2.1. ORGANIZACIONAL

Personal operativo:

- Ingeniero de Procesos
- Ingeniero de Calidad
- Ingeniero Configurator PLC
- Ingeniero configurador HMI
- Técnico Electricista
- Gestor Técnico
- Gerente General

Personal Administrativo y directivos:

- Presidente
- Asistente Administrativo
- Contador
- Aseador

5.5.2.2. FINANCIERO

La empresa cuenta con el capital de trabajo y de inversión suficiente para realizar el Proyecto sin necesidad de requerir a préstamos y otras ayudas financieras.

5.5.2.3. INFRAESTRUCTURA

Actualmente la empresa cuenta con los recursos físicos necesarios para la realización del proyecto como son laboratorio de pruebas, computadores portátiles, software licenciados y personal capacitado.

6. INGENIERÍA BÁSICA

6.1. DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA SOLUCIÓN

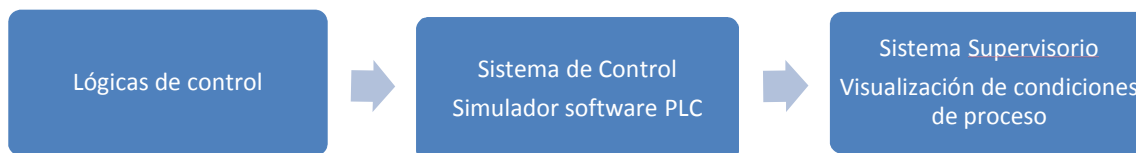


Ilustración 2. Diagrama en bloques de la solución

6.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Inicialmente, se realizarán diagramas lógicos estándar que sirven como base para la configuración del control. Además, se diseñarán diagramas y planos mecánicos y eléctricos del rack donde se instalarán los equipos en los cuales se correrán los programas del controlador y el HMI para la animación de Unidades de Bombeo a Gas.

La programación de las lógicas estándar de la Unidad de Bombeo a gas como son las señales de entrada y salida E/S, secuencias de arranque y parada, etc. será desarrollada utilizando los lenguajes de programación de acuerdo a la norma IEC 1131-3.

Posteriormente, se procederá con la configuración del sistema supervisorio para la visualización en una estación de trabajo (computador) de todas las señales configuradas en el control de la Unidad a gas, siguiendo el estándar internacional ANSI/ISA S5.3 Graphic Symbols for Distributed Control Shared display en el cual se especifican gráficos de los diferentes dispositivos usados en la industria y códigos de colores de estados de encendido, apagado, entre otros, que sirven como guía para la creación de despliegues desde los cuales son operadas las plantas.

En paralelo a estas labores, se comprarán los equipos y los software necesarios para la implementación de la solución siendo realizado el montaje inicialmente en el laboratorio de la empresa donde se efectuarán todas las pruebas de las aplicaciones de control y supervisión previo a la instalación en las oficinas del cliente.

Finalmente, se realizará el montaje del rack y los equipos en las instalaciones del cliente y se realizarán pruebas en sitio donde se validarán todas las implementaciones desarrolladas.

7. INGENIERÍA DE DETALLE

7.1. DIAGRAMAS Y PLANOS DE LA SOLUCIÓN (Ver anexo 1)

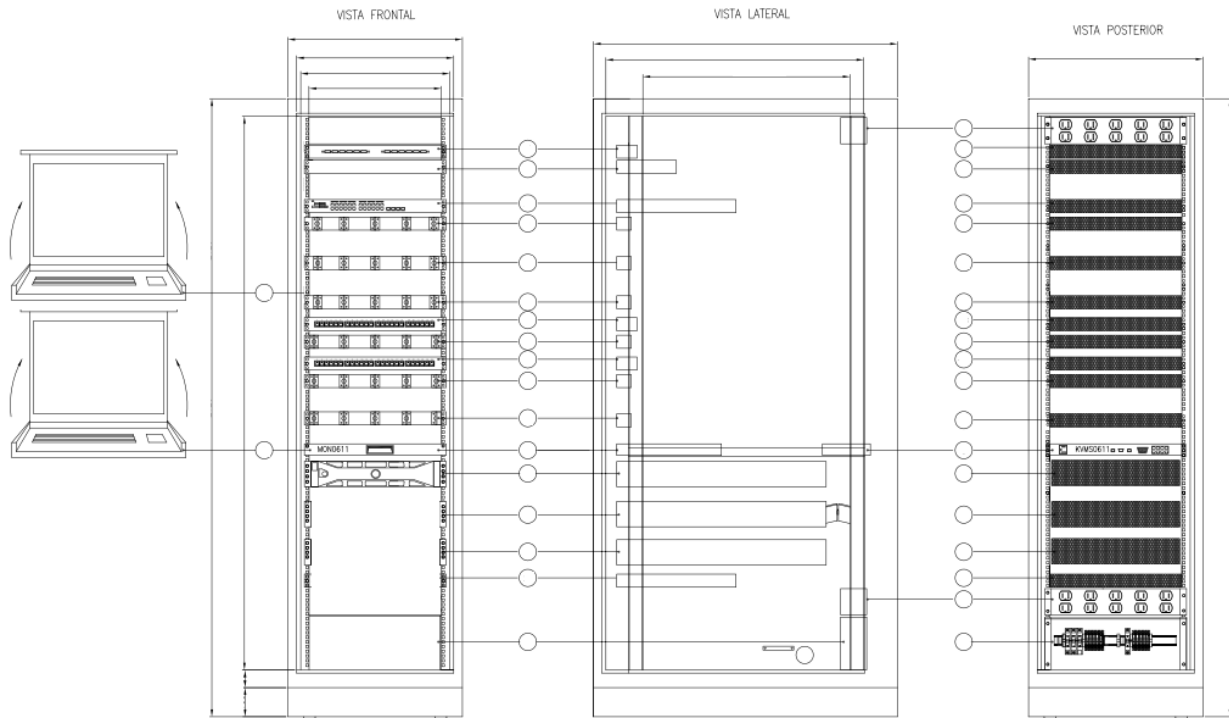


Ilustración 3. Diagrama y plano de la solución

7.2. LISTADO DE ELEMENTOS

ITEM	DESCRIPCIÓN*	CANTIDAD
1	1 PC Dell Precision R5500: Dell Precision R5500 Workstation, R5500L.	1
2	Keyboard: Dell USB Entry Business Keyboard, Spanish , USBES 1	1
3	Monitor: Dell Professional E2311hf 23in, VGA/ DVI .	2
4	Mouse: Dell MS111 USB Optical Mouse USBOP	1
5	Rack Instalado	1
6	Barraje de Puesta a tierra	1
7	Regletas de tomas reguladas	1

Tabla 1. Listado de Elementos

7.3. SOFTWARE Y LICENCIAS

ITEM	DESCRIPCIÓN*	CANTIDAD
1	Operating System: Windows® 7 Professional Original, sin medios, 32-bit	1
2	Microsoft Office 2013	1
3	Unity Pro v6.0	1
4	Intouch v10.1 Configuration Manager	1
5	VMWare Workstation v10.0.1	1

Tabla 2. Software y Licencias

7.4. VEHÍCULOS

ITEM	DESCRIPCIÓN*	CANTIDAD
1	Camión para Transporte de Rack y equipos a instalaciones del cliente	1

Tabla 3. Vehículos

7.5. ENTRENAMIENTO Y/O CERTIFICACIONES

Ingeniero Configurator PLC:

- Unity Pro & PAC Platforms certified (Schneider Electric)
- Networks and Architectures certified (Schneider Electric)

7.6. FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

Desde el punto de vista técnico, es posible realizar el Proyecto ya que la empresa cuenta con instalaciones propicias para el montaje de la solución previo a la implementación en las oficinas del cliente, posee los equipos, software y personal capacitado necesarios para el desarrollo de todas las tareas del Proyecto.

8. TAREAS

8.1. ARBOL DE TAREAS (Ver anexo 2)

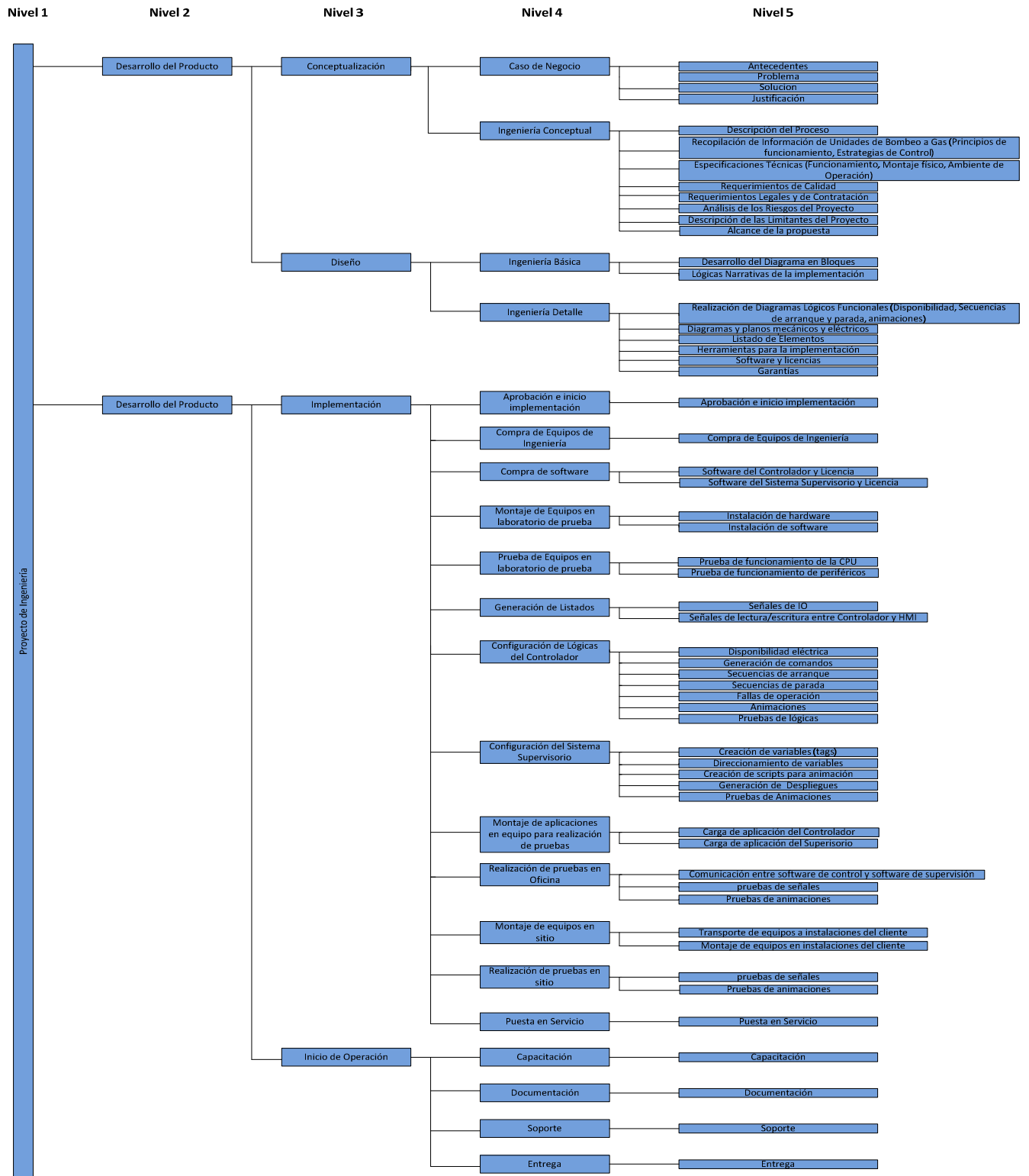


Ilustración 4. Árbol de Tareas

8.2. CRONOGRAMA (Ver anexo 3)

NOMBRE DE LA TAREA	DURACIÓN	COMIENZO	FIN	NOMBRE DE LOS RECURSOS
CONFIGURACIÓN ESTANDAR DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE UNIDADES DE BOMBEO A GAS	105 días	lun 06/01/14	vie 30/05/14	
DESARROLLO DEL PRODUCTO	50 días	lun 06/01/14	vie 14/03/14	
<i>Caso de Negocio</i>	5 días	lun 06/01/14	vie 10/01/14	
Antecedentes	1 día	lun 06/01/14	lun 06/01/14	Gestor Técnico, Gerente General
Problema	1 día	mar 07/01/14	mar 07/01/14	Gestor Técnico, Gerente General
Solución	2 días	mié 08/01/14	jue 09/01/14	Gestor Técnico, Gerente General
Justificación	1 día	vie 10/01/14	vie 10/01/14	Gestor Técnico, Gerente General
Ingeniería Conceptual	15 días	lun 13/01/14	vie 31/01/14	
Descripción del Proceso	5 días	lun 13/01/14	vie 17/01/14	Ingeniero de Procesos
Recopilación de Información de Unidades de Bombeo a Gas (Principios de funcionamiento, Estrategias de Control)	5 días	lun 20/01/14	vie 24/01/14	Ingeniero de Procesos
Especificaciones Técnicas (Funcionamiento, Montaje físico, Ambiente de Operación)	5 días	lun 27/01/14	vie 31/01/14	Ingeniero de Procesos
Requerimientos de Calidad	5 días	lun 13/01/14	vie 17/01/14	Ingeniero de Calidad
Requerimientos Legales y de Contratación	3 días	lun 20/01/14	mié 22/01/14	Ingeniero de Calidad
Análisis de los Riesgos del Proyecto	2 días	jue 23/01/14	vie 24/01/14	Ingeniero de Calidad
Descripción de las Limitantes del Proyecto	3 días	lun 27/01/14	mié 29/01/14	Ingeniero de Calidad
Alcance de la propuesta	2 días	jue 30/01/14	vie 31/01/14	Ingeniero de Calidad
Ingeniería Básica	10 días	lun 03/02/14	vie 14/02/14	
Desarrollo del Diagrama en Bloques	5 días	lun 03/02/14	vie 07/02/14	Ingeniero de Procesos
Lógicas Narrativas de la implementación	5 días	lun 10/02/14	vie 14/02/14	Ingeniero de Procesos
Ingeniería de Detalle	15 días	lun 17/02/14	vie 07/03/14	
Realización de Diagramas Lógicos Funcionales (Disponibilidad, Secuencias de arranque y parada, animaciones)	10 días	lun 17/02/14	vie 28/02/14	Ingeniero Configurator PLC
Diagramas y planos mecánicos y eléctricos	10 días	lun 17/02/14	vie 28/02/14	Ingeniero de Procesos

Listado de Elementos	5 días	lun 03/03/14	vie 07/03/14	Ingeniero de Procesos
Herramientas para la implementación	5 días	lun 03/03/14	vie 07/03/14	Ingeniero Configurator PLC
Software y licencias	5 días	lun 17/02/14	vie 21/02/14	Ingeniero de Calidad
Garantías	5 días	lun 24/02/14	vie 28/02/14	Ingeniero de Calidad
Aprobación e inicio implementación	5 días	lun 10/03/14	vie 14/03/14	Gerente General
DESARROLLO DEL PROYECTO	55 días	lun 17/03/14	vie 30/05/14	
Compra de Equipos	10 días	lun 17/03/14	vie 28/03/14	
Compra de Equipos de Ingeniería	10 días	lun 17/03/14	vie 28/03/14	Gestor Técnico
Compra de software	5 días	lun 31/03/14	vie 04/04/14	
Software del Controlador y Licencia	2 días	lun 31/03/14	mar 01/04/14	Gestor Técnico
Software del Sistema Supervisorio y Licencia	3 días	mié 02/04/14	vie 04/04/14	Gestor Técnico
Montaje de Equipos en laboratorio de prueba	5 días	lun 07/04/14	vie 11/04/14	
Instalación de hardware	3 días	lun 07/04/14	mié 09/04/14	Técnico Electricista
Instalación de software	2 días	jue 10/04/14	vie 11/04/14	Técnico Electricista
Prueba de Equipos en laboratorio de prueba	5 días	lun 14/04/14	vie 18/04/14	
Prueba de funcionamiento de la CPU	3 días	lun 14/04/14	mié 16/04/14	Técnico Electricista
Prueba de funcionamiento de periféricos	2 días	jue 17/04/14	vie 18/04/14	Técnico Electricista
Generación de Listados	5 días	lun 17/03/14	vie 21/03/14	
Señales de IO	5 días	lun 17/03/14	vie 21/03/14	Ingeniero Configurator PLC
Señales de lectura/escritura entre Controlador y HMI	5 días	lun 17/03/14	vie 21/03/14	Ingeniero Configurator HMI
Configuración de Lógicas del Controlador	25 días	lun 24/03/14	vie 25/04/14	
Disponibilidad eléctrica	3 días	lun 24/03/14	mié 26/03/14	Ingeniero Configurator PLC
Generación de comandos	2 días	jue 27/03/14	vie 28/03/14	Ingeniero Configurator PLC
Secuencias de arranque	5 días	lun 31/03/14	vie 04/04/14	Ingeniero Configurator PLC
Secuencias de parada	5 días	lun 07/04/14	vie 11/04/14	Ingeniero Configurator PLC
Fallas de operación	2 días	lun 14/04/14	mar 15/04/14	Ingeniero Configurator PLC
Animaciones	3 días	mié 16/04/14	vie 18/04/14	Ingeniero Configurator PLC
Pruebas de lógicas	5 días	lun 21/04/14	vie 25/04/14	Ingeniero Configurator PLC
Configuración del Sistema Supervisorio	25 días	lun 24/03/14	vie 25/04/14	
Creación de variables (tags)	5 días	lun 24/03/14	vie 28/03/14	Ingeniero Configurator HMI
Direccionamiento de variables	5 días	lun 31/03/14	vie 04/04/14	Ingeniero Configurator HMI

Creación de scripts para animación	5 días	lun 07/04/14	vie 11/04/14	Ingeniero Configurator HMI
Generación de Despliegues	5 días	lun 14/04/14	vie 18/04/14	Ingeniero Configurator HMI
Pruebas de Animaciones	5 días	lun 21/04/14	vie 25/04/14	Ingeniero Configurator HMI
Montaje de aplicaciones en equipo para realización de pruebas	1 día	lun 28/04/14	lun 28/04/14	
Carga de aplicación del Controlador	1 día	lun 28/04/14	lun 28/04/14	Ingeniero Configurator PLC
Carga de aplicación del Supervisor	1 día	lun 28/04/14	lun 28/04/14	Ingeniero Configurator HMI
Realización de pruebas en Oficina	5 días	jue 01/05/14	mié 07/05/14	
Comunicación entre software de control y software de supervisión	1 día	jue 01/05/14	jue 01/05/14	Ingeniero Configurator PLC, Ingeniero Configurator HMI
pruebas de señales	2 días	vie 02/05/14	lun 05/05/14	Ingeniero Configurator PLC, Ingeniero Configurator HMI
Pruebas de animaciones	2 días	mar 06/05/14	mié 07/05/14	Ingeniero Configurator PLC, Ingeniero Configurator HMI
Montaje de equipos en sitio	3 días	jue 08/05/14	lun 12/05/14	
Transporte de equipos a instalaciones del cliente	1 día	jue 08/05/14	jue 08/05/14	Técnico Electricista
Montaje de equipos en instalaciones del cliente	2 días	vie 09/05/14	lun 12/05/14	Técnico Electricista
Realización de pruebas en sitio	4 días	mar 13/05/14	vie 16/05/14	
pruebas de señales	3 días	mar 13/05/14	jue 15/05/14	Ingeniero Configurator PLC, Ingeniero Configurator HMI
Pruebas de animaciones	1 día	vie 16/05/14	vie 16/05/14	Ingeniero Configurator PLC,Ingeniero Configurator HMI
Puesta en Servicio	5 días	lun 19/05/14	vie 23/05/14	Ingeniero Configurator PLC, Ingeniero Configurator HMI
Capacitación	2 días	lun 26/05/14	mar 27/05/14	Ingeniero Configurator PLC,Ingeniero Configurator HMI
Documentación	8 días	lun 19/05/14	mié 28/05/14	Ingeniero de Calidad
Soporte	5 días	lun 26/05/14	vie 30/05/14	Ingeniero Configurator PLC, Ingeniero Configurator HMI
Entrega	5 días	lun 26/05/14	vie 30/05/14	Gerente General,Gestor Técnico

Tabla 4. Cronograma

9. COSTOS (Ver anexo 4)

9.1. COSTOS FIJOS

9.1.1. COSTOS DE LAS ACTIVIDADES DE INGENIERÍA

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Caso de Negocio	5	Responsable	Gerente General	1	5	\$ 250.000,00	\$ 1.250.000,00
		Personal	Gestor Técnico	1	5	\$ 125.000,00	\$ 625.000,00
		Equipos	Computador Portátil	2	5	\$ 10.000,00	\$ 100.000,00
TOTAL							\$ 1.975.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Ingeniería Conceptual	15	Responsable	Gerente General	1	15	\$ 250.000,00	\$ 3.750.000,00
		Personal	Ingeniero de Calidad	1	15	\$ 100.000,00	\$ 1.500.000,00
			Ingeniero de Procesos	1	15	\$ 100.000,00	\$ 1.500.000,00
		Equipos	Computador Portátil	3	15	\$ 10.000,00	\$ 450.000,00
TOTAL							\$ 7.200.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Ingeniería Básica	10	Responsable	Gerente General	1	10	\$ 250.000,00	\$ 2.500.000,00
		Personal	Ingeniero de Procesos	1	10	\$ 100.000,00	\$ 1.000.000,00
		Equipos	Computador Portátil	2	10	\$ 10.000,00	\$ 200.000,00
TOTAL							\$ 3.700.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Ingeniería Detalle	15	Responsable	Gerente General	1	15	\$ 250.000,00	\$ 3.750.000,00
		Personal	Ingeniero de Calidad	1	10	\$ 100.000,00	\$ 1.000.000,00
			Ingeniero de Procesos	1	15	\$ 100.000,00	\$ 1.500.000,00
			Ingeniero Configurador PLC	1	15	\$ 100.000,00	\$ 1.500.000,00
		Equipos	Computador Portátil	4	15	\$ 10.000,00	\$ 600.000,00
TOTAL							\$ 8.350.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Aprobación e Inicio Implementación	5	Responsable	Gerente General	1	5	\$ 250.000,00	\$ 1.250.000,00
		Equipos	Computador Portátil	1	5	\$ 10.000,00	\$ 50.000,00
TOTAL							\$ 1.300.000,00

ACTIVIDAD	COSTO
CASO DE NEGOCIO	\$ 1.975.000,00
INGENIERÍA CONCEPTUAL	\$ 7.200.000,00
INGENIERÍA BÁSICA	\$ 3.700.000,00
INGENIERÍA DE DETALLE	\$ 8.350.000,00
APROBACIÓN E INICIO IMPLEMENTACIÓN	\$ 1.300.000,00
COSTOS DE LA INGENIERÍA	\$ 22.525.000,00

Tabla 5. Costos de las actividades de Ingeniería

9.1.2. COSTOS DE LOS ACTIVOS QUE SE ENTREGARÁN AL CLIENTE

ITEM	DESCRIPCIÓN*	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	1 PC Dell Precision R5500: Dell Precision R5500 Workstation, R5500L.	1	\$ 3.956.550,00	\$ 3.956.550,00
2	Keyboard: Dell USB Entry Business Keyboard, Spanish , USBES 1	1	\$ 107.250,00	\$ 107.250,00
3	Monitor: Dell Professional E2311hf 23in, VGA/ DVI .	2	\$ 545.980,00	\$ 1.091.960,00
4	Mouse: Dell MS111 USB Optical Mouse USBOP	1	\$ 75.830,00	\$ 75.830,00
5	Rack Instalado	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
6	Barraje de Puesta a tierra	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
7	Regletas de tomas reguladas	1	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
IVA				\$ 901.054,40
TOTAL				\$ 6.532.644,40

Tabla 6. Costos de los activos que se entregarán al cliente

*Los elementos incluyen soporte y garantía durante 1 año según condiciones de fábrica

9.1.3. VALOR DE ACTIVOS PARA LA GARANTÍA Y SOPORTE

ITEM	DESCRIPCIÓN*	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	1 PC Dell Precision R5500: Dell Precision R5500 Workstation, R5500L.	1	\$ 3.956.550,00	\$ 3.956.550,00
IVA				\$ 633.048,00
TOTAL				\$ 4.589.598,00

Tabla 7. Valor de activos para la garantía y soporte

9.1.4. VALOR DE LICENCIAS DE OPERACIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN*	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Operating System: Windows® 7 Professional Original, sin medios, 32-bit	1	\$ 65.000,00	\$ 65.000,00
2	Microsoft Office 2013	1	\$ 280.000,00	\$ 280.000,00
3	Unity Pro v6.0	1	\$ 3.450.700,00	\$ 3.450.700,00
4	Intouch v10.1 Configuration Manager	1	\$ 5.565.000,00	\$ 5.565.000,00
5	VMWare Workstation v10.0.1	1	\$ 199.000,00	\$ 199.000,00
IVA				\$ 1.529.552,00
TOTAL				\$ 11.089.252,00

Tabla 8. Valor de licencias de operación

ACTIVIDAD	COSTO TOTAL
VALOR ACTIVOS A ENTREGAR AL CLIENTE	\$ 6.532.644,40
VALOR ACTIVOS PARA GARANTÍA Y SOPORTE	\$ 4.589.598,00
VALOR DE LICENCIAS DE OPERACIÓN	\$ 11.089.252,00
COSTO DE LA INGENIERIA	\$ 22.525.000,00
COSTOS FIJOS	\$ 44.736.494,40

Tabla 9. Costos Fijos

9.2. COSTOS VARIABLES DIRECTOS

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Compra de Equipos	10	Responsable	Gerente General	1	10	\$ 250.000,00	\$ 2.500.000,00
		Personal	Gestor Técnico	1	10	\$ 125.000,00	\$ 1.250.000,00
		Equipos	Computador Portátil	2	10	\$ 10.000,00	\$ 200.000,00
TOTAL							\$ 3.950.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Compra de Software	5	Responsable	Gerente General	1	5	\$ 250.000,00	\$ 1.250.000,00
		Personal	Gestor Técnico	1	5	\$ 125.000,00	\$ 625.000,00
		Equipos	Computador Portátil	2	5	\$ 10.000,00	\$ 100.000,00
TOTAL							\$ 1.975.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Montaje de Equipos en Laboratorio de Pruebas	5	Responsable	Gerente General	1	5	\$ 250.000,00	\$ 1.250.000,00
		Personal	Técnico Electricista	1	5	\$ 70.000,00	\$ 350.000,00
		Equipos	Computador Portátil	1	5	\$ 10.000,00	\$ 50.000,00
TOTAL							\$ 1.650.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Prueba de Equipos en Laboratorio de Pruebas	5	Responsable	Gerente General	1	5	\$ 250.000,00	\$ 1.250.000,00
		Personal	Técnico Electricista	1	5	\$ 70.000,00	\$ 350.000,00
		Equipos	Computador Portátil	1	5	\$ 10.000,00	\$ 50.000,00
TOTAL							\$ 1.650.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Generación de Listados	15	Responsable	Gerente General	1	15	\$ 250.000,00	\$ 3.750.000,00
		Personal	Ingeniero Configurator PLC	1	15	\$ 100.000,00	\$ 1.500.000,00
			Ingeniero Configurator HMI	1	15	\$ 100.000,00	\$ 1.500.000,00
		Equipos	Computador Portátil	3	15	\$ 10.000,00	\$ 450.000,00
TOTAL							\$ 7.200.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Configuración de Lógicas del Controlador	25	Responsable	Gerente General	1	25	\$ 250.000,00	\$ 6.250.000,00
		Personal	Ingeniero Configurator PLC	1	25	\$ 100.000,00	\$ 2.500.000,00
		Equipos	Computador Portátil	2	25	\$ 10.000,00	\$ 500.000,00
TOTAL							\$ 9.250.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Configuración del Sistema Supervisorio	25	Responsable	Gerente General	1	25	\$ 250.000,00	\$ 6.250.000,00
		Personal	Ingeniero Configurator HMI	1	25	\$ 100.000,00	\$ 2.500.000,00
		Equipos	Computador Portátil	2	25	\$ 10.000,00	\$ 500.000,00
TOTAL							\$ 9.250.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Montaje de aplicaciones en equipo para realización de pruebas	1	Responsable	Gerente General	1	1	\$ 250.000,00	\$ 250.000,00
		Personal	Ingeniero Configurator PLC	1	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
			Ingeniero Configurator HMI	1	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
		Equipos	Computador Portátil	3	1	\$ 10.000,00	\$ 30.000,00
TOTAL							\$ 480.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Realización de pruebas en Oficina	5	Responsable	Gerente General	1	5	\$ 250.000,00	\$ 1.250.000,00
		Personal	Ingeniero Configurator PLC	1	5	\$ 100.000,00	\$ 500.000,00
			Ingeniero Configurator HMI	1	5	\$ 100.000,00	\$ 500.000,00
		Equipos	Computador Portátil	3	5	\$ 10.000,00	\$ 150.000,00
TOTAL							\$ 2.400.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Montaje de equipos en sitio	3	Responsable	Gerente General	1	3	\$ 250.000,00	\$ 750.000,00
		Personal	Técnico Electricista	1	3	\$ 70.000,00	\$ 210.000,00
		Equipos	Computador Portátil	1	3	\$ 10.000,00	\$ 30.000,00
TOTAL							\$ 990.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Realización de pruebas en sitio	4	Responsable	Gerente General	1	4	\$ 250.000,00	\$ 1.000.000,00
		Personal	Ingeniero Configurator PLC	1	4	\$ 100.000,00	\$ 400.000,00
			Ingeniero Configurator HMI	1	4	\$ 100.000,00	\$ 400.000,00
		Equipos	Computador Portátil	3	4	\$ 10.000,00	\$ 120.000,00
TOTAL							\$ 1.920.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Puesta en servicio	8	Responsable	Gerente General	1	8	\$ 250.000,00	\$ 2.000.000,00
		Personal	Ingeniero Configurator PLC	1	7	\$ 100.000,00	\$ 700.000,00
			Ingeniero Configurator HMI	1	7	\$ 100.000,00	\$ 700.000,00
		Equipos	Computador Portátil	4	8	\$ 10.000,00	\$ 320.000,00
TOTAL							\$ 3.720.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Capacitación	2	Responsable	Gerente General	1	2	\$ 250.000,00	\$ 500.000,00
		Personal	Ingeniero Configurator PLC	1	2	\$ 100.000,00	\$ 200.000,00
			Ingeniero Configurator HMI	1	2	\$ 100.000,00	\$ 200.000,00
		Equipos	Computador Portátil	4	2	\$ 10.000,00	\$ 80.000,00
TOTAL							\$ 980.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Documentación	8	Responsable	Gerente General	1	8	\$ 250.000,00	\$ 2.000.000,00
		Personal	Ingeniero de Calidad	1	8	\$ 100.000,00	\$ 800.000,00
		Equipos	Computador Portátil	2	8	\$ 10.000,00	\$ 160.000,00
TOTAL							\$ 2.960.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Soporte	5	Responsable	Gerente General	1	5	\$ 250.000,00	\$ 1.250.000,00
		Personal	Ingeniero Configurator PLC	1	5	\$ 100.000,00	\$ 500.000,00
			Ingeniero Configurator HMI	1	5	\$ 100.000,00	\$ 500.000,00
		Equipos	Computador Portátil	4	5	\$ 10.000,00	\$ 200.000,00
TOTAL							\$ 2.450.000,00

Actividad	Duración (Días)	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (días)	Costo (u), (día)	Costo total
Entrega	5	Responsable	Gerente General	1	5	\$ 250.000,00	\$ 1.250.000,00
		Personal	Gestor Técnico	1	5	\$ 125.000,00	\$ 625.000,00
		Equipos	Computador Portátil	2	5	\$ 10.000,00	\$ 100.000,00
TOTAL							\$ 1.975.000,00

ACTIVIDAD	COSTO TOTAL
COMPRA DE EQUIPOS	\$ 3.950.000,00
COMPRA DE SOFTWARE	\$ 1.975.000,00
MONTAJE DE EQUIPOS EN LABORATORIO DE PRUEBAS	\$ 1.650.000,00
PRUEBA DE EQUIPOS EN LABORATORIO DE PRUEBAS	\$ 1.650.000,00
GENERACIÓN DE LISTADOS	\$ 7.200.000,00
CONFIGURACIÓN DE LÓGICAS DEL CONTROLADOR	\$ 9.250.000,00
CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA SUPERVISORIO	\$ 9.250.000,00
MONTAJE DE APLICACIONES EN EQUIPO PARA REALIZACIÓN DE PRUEBAS	\$ 480.000,00
REALIZACIÓN DE PRUEBAS EN OFICINA	\$ 2.400.000,00
MONTAJE DE EQUIPOS EN SITIO	\$ 990.000,00
REALIZACIÓN DE PRUEBAS EN SITIO	\$ 1.920.000,00
PUESTA EN SERVICIO	\$ 3.720.000,00
CAPACITACIÓN	\$ 980.000,00
DOCUMENTACIÓN	\$ 2.960.000,00
SOPORTE	\$ 2.450.000,00
ENTREGA	\$ 1.975.000,00
COSTOS VARIABLES DIRECTOS	\$ 52.800.000,00

Tabla 10. Costos Variables Directos

TABLA RESUMEN DE COSTOS									
TAREA NIVEL 5		TAREA NIVEL 4		TAREA NIVEL 3		TAREA NIVEL 2		TAREA NIVEL 1	
DESCRIPCIÓN	COSTO (COP)	DESCRIPCIÓN	COSTO (COP)	DESCRIPCIÓN	COSTO (COP)	DESCRIPCIÓN	COSTO (COP)	DESCRIPCIÓN	COSTO (COP)
Antecedentes	\$ 395.000,00	Caso de Negocio	\$ 1.975.000,00	CONCEPTUALIZACIÓN	\$ 9.175.000,00	DESARROLLO DEL PRODUCTO	\$ 21.225.000,00	PROYECTO DE INGENIERÍA	\$ 75.325.000,00
Problema	\$ 395.000,00								
Solución	\$ 790.000,00								
Justificación	\$ 395.000,00								

Descripción del Proceso	\$ 1.200.000,00	Ingeniería Conceptual	\$ 7.200.000,00				
Recopilación de Información de Unidades de Bombeo a Gas (Principios de funcionamiento, Estrategias de Control)	\$ 1.200.000,00						
Especificaciones Técnicas (Funcionamiento, Montaje físico, Ambiente de Operación)	\$ 1.200.000,00						
Requerimientos de Calidad	\$ 1.200.000,00						
Requerimientos Legales y de Contratación	\$ 600.000,00						
Análisis de los Riesgos del Proyecto	\$ 600.000,00						
Descripción de las Limitantes del Proyecto	\$ 600.000,00						
Alcance de la propuesta	\$ 600.000,00						
Desarrollo del Diagrama en Bloques	\$ 1.850.000,00	Ingeniería Básica	\$ 3.700.000,00	DISEÑO	\$ 12.050.000,00		
Lógicas Narrativas de la implementación	\$ 1.850.000,00						
Realización de Diagramas Lógicos Funcionales (Disponibilidad, Secuencias de arranque y parada, animaciones)	\$ 2.087.500,00	Ingeniería de Detalle	\$ 8.350.000,00				
Diagramas y planos mecánicos y eléctricos	\$ 2.087.500,00						
Listado de Elementos	\$ 1.043.750,00						
Herramientas para la implementación	\$ 1.043.750,00						
Software y licencias	\$ 1.043.750,00						
Garantías	\$ 1.043.750,00						
Aprobación e inicio implementación	\$ 1.300.000,00	Aprobación e inicio implementación	\$ 1.300.000,00	IMPLEMENTACIÓN	\$ 45.735.000,00	DESARROLLO DEL PROYECTO	\$ 54.100.000,00
Compra de Consola de Ingeniería	\$ 3.950.000,00	Compra de Equipos	\$ 3.950.000,00				
Software del Controlador y Licencia	\$ 790.000,00	Compra de software	\$ 1.975.000,00				
Software del Sistema Supervisorio y Licencia	\$ 1.185.000,00						
Instalación de hardware	\$ 990.000,00	Montaje de Equipos en laboratorio de prueba	\$ 1.650.000,00				
Instalación de software	\$ 660.000,00	Prueba de Equipos en laboratorio de prueba	\$ 1.650.000,00				
Prueba de funcionamiento de la CPU	\$ 990.000,00						
Prueba de funcionamiento de periféricos	\$ 660.000,00						
Señales de IO	\$ 3.600.000,00	Generación de Listados	\$ 7.200.000,00				
Señales de lectura/escritura entre Controlador y HMI	\$ 3.600.000,00						

Disponibilidad eléctrica	\$ 1.110.000,00	Configuración de Lógicas del Controlador	\$ 9.250.000,00							
Generación de comandos	\$ 740.000,00									
Secuencias de arranque	\$ 1.850.000,00									
Secuencias de parada	\$ 1.850.000,00									
Fallas de operación	\$ 740.000,00									
Animaciones	\$ 1.110.000,00									
Pruebas de lógicas	\$ 1.850.000,00	Configuración del Sistema Supervisorio	\$ 9.250.000,00							
Creación de variables (tags)	\$ 1.850.000,00									
Direccionamiento de variables	\$ 1.850.000,00									
Creación de scripts para animación	\$ 1.850.000,00									
Generación de Despliegues	\$ 1.850.000,00									
Pruebas de Animaciones	\$ 1.850.000,00	Montaje de aplicaciones en equipo para realización de pruebas	\$ 480.000,00							
Carga de aplicación del Controlador	\$ 240.000,00									
Carga de aplicación del Supervisorio	\$ 240.000,00	Realización de pruebas en Oficina	\$ 2.400.000,00							
Comunicación entre software de control y software de supervisión	\$ 480.000,00									
pruebas de señales	\$ 960.000,00									
Pruebas de animaciones	\$ 960.000,00	Montaje de equipos en sitio	\$ 990.000,00							
Transporte de equipos a instalaciones del cliente	\$ 330.000,00									
Montaje de equipos en instalaciones del cliente	\$ 660.000,00	Realización de pruebas en sitio	\$ 1.920.000,00							
pruebas de señales	\$ 1.440.000,00									
Pruebas de animaciones	\$ 480.000,00	Puesta en Servicio	\$ 3.720.000,00							
Puesta en Servicio	\$ 3.720.000,00									
Capacitación	\$ 980.000,00	Capacitación	\$ 980.000,00						INICIO DE OPERACIÓN	\$ 8.365.000,00
Documentación	\$ 2.960.000,00	Documentación	\$ 2.960.000,00							
Soporte	\$ 2.450.000,00	Soporte	\$ 2.450.000,00							
Entrega	\$ 1.975.000,00	Entrega	\$ 1.975.000,00							

Tabla 11. Tabla Resumen Costos

9.3. COSTOS VARIABLES INDIRECTOS

9.3.1. GASTOS ADMINISTRATIVOS DE LA EMPRESA

Cargo	Salario Mensual	Carga prestacional	Valor (u), (mes)	Cant.	Total
Presidente	\$ 10.000.000,00	\$ 800.000,00	\$ 10.800.000,00	5	\$ 54.000.000,00
Asistente Administrativo	\$ 1.200.000,00	\$ 96.000,00	\$ 1.296.000,00	5	\$ 6.480.000,00
Contador	\$ 1.500.000,00	\$ 120.000,00	\$ 1.620.000,00	5	\$ 8.100.000,00
Aseador	\$ 650.000,00	\$ 52.000,00	\$ 702.000,00	5	\$ 3.510.000,00
TOTAL DURACION PROYECTO					\$ 72.090.000,00

Tabla 12. Gastos Administrativos de la empresa

9.3.2. GASTOS GENERALES DE LA EMPRESA

Concepto	Duración	Valor mensual	Total
Arrendamiento	5	\$ 5.000.000,00	\$ 25.000.000,00
Pago de servicios públicos	5	\$ 1.000.000,00	\$ 5.000.000,00
Seguridad	5	\$ 650.000,00	\$ 3.250.000,00
Cuotas de Administración	5	\$ 200.000,00	\$ 1.000.000,00
Cafetería	5	\$ 100.000,00	\$ 500.000,00
Papelería	5	\$ 70.000,00	\$ 350.000,00
TOTAL			\$ 35.100.000,00

Tabla 13. Gastos Generales de la Empresa

9.3.3. PRORRATEO DEL OVERHEAD A CARGO DEL PROYECTO

Concepto	Total gasto
Gastos administrativos	\$ 72.090.000,00
Gastos Generales	\$ 35.100.000,00
Total Gastos	\$ 107.190.000,00
Proyectos activos	4
Overhead cargado al proyecto	\$ 10.719.000,00

Tabla 14. Overhead a cargo del Proyecto

9.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Concepto	Totales
Costos Fijos	\$ 44.736.494,40
Costos variables directos	\$ 52.800.000,00
Costos variables indirectos	\$ 10.719.000,00
Costo total del proyecto	\$ 108.255.494,40

Tabla 15. Costo del Proyecto

9.5. UTILIDAD

Asumiendo una utilidad bruta del 30%, se tiene que el Precio de Venta mínimo es:

$$\text{Precio Venta M\u00ednimo} = \frac{\text{Costo Proyecto}}{1 - \text{Utilidad}} = \frac{108.255.494}{1 - 0.3}$$

$$\mathbf{Precio\ Venta\ M\acute{in}imo = \$ 154.650.705\ COP}$$

Por lo tanto la Utilidad Neta será:

$$\mathbf{Utilidad\ Neta = Precio\ Venta\ M\acute{in}imo - Costo\ Total\ Proyecto = 154.650.705 - 108.255.494}$$

$$\mathbf{Utilidad\ Neta = \$ 46.395.211\ COP}$$

Ahora bien, teniendo en cuenta que el descuento máximo a otorgar es el 10% para efectos de negociación, el precio de venta público final es:

$$\mathbf{Precio\ Venta\ Publico = \frac{Precio\ Venta\ M\acute{in}imo}{1 - Descuentos} = \frac{154.650.705}{1 - 0.1}}$$

$$\mathbf{Precio\ Venta\ Publico = \$ 171.834.117\ COP}$$

10. CONCLUSIONES

- Fue realizada la Ingeniería detallada obteniendo los Requerimientos Técnicos previo a la ejecución del proyecto.
- Fueron estimadas las duraciones de las Tareas y cuantificados los recursos para la realización del Proyecto de Ingeniería
- Se determinaron los costos del proyecto siendo elaborada una propuesta económica para el Proyecto desarrollado

11. REFERENTES TEÓRICOS

11.1. NORMA IEC 1131-3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

La Norma IEC 1131-3 es el primer esfuerzo real para normalizar los lenguajes de programación usados en automatización industrial.

La parte 3 del IEC es el resultado de la fuerza de tarea número tres dentro del IEC TC65 SC65B, la cual está encargada de lenguajes de programación, donde han participado 7 empresas internacionales añadiendo 10 años de experiencia en el área de automatización industrial. El resultado ha sido 200 páginas de texto, con 60 tablas incluyendo tablas de características, con la especificación de la sintaxis y semántica de un suite unificado de lenguajes de programación, incluyendo el modelo de software global y sus lenguajes estructurantes, los cuales son:

- LADDER DIAGRAM (LD) o lenguaje (diagrama) de contactos
- FUNCTION BLOCK DIAGRAM (FBD) o esquema de bloques Funcionales
- INSTRUCTION LIST (IL) o lista de instrucciones
- STRUCTURED TEXT (ST) o lenguaje textual estructurado
- SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC) o diagrama funcional de secuencias (basado en el GRAFCET).⁴

11.2. MANUAL DE USUARIO UNITY PRO V6.0

Descripción general y características técnicas del software para sistemas de control de Schneider Electric Unity Pro v6.0

11.3. MANUAL DE USUARIO WONDERWARE INTOUCH V10.1

Descripción general y características técnicas del software para sistemas supervisorios Intouch v10.1

11.4. ANSI/ISA S5.3 GRAPHIC SYMBOLS FOR DISTRIBUTED CONTROL SHARED DISPLAY

El objeto de esta norma es documentar los instrumentos formados por ordenadores, controladores programables, miniordenadores y sistemas a microprocesador que disponen de control compartido, visualización compartida y otras características de interfase.

Interconectar el computador con el sistema, a través de una simbología especial que permita, de una forma clara, el entendimiento de los sistemas de control.

Satisfacer los requerimientos necesarios para la representación simbólica de las funciones.⁷

12. BIBLIOGRAFÍA

1. http://www.lufkin-arg.com/productos_unidades_de_bombeo.htm
2. <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>
3. <http://www.tgi.com.co/index.php/es/nuestra-operacion/sistema-scada>
4. NORMA IEC 1131-3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN
5. MANUAL DE USUARIO UNITY PRO V6.0
6. MANUAL DE USUARIO WONDERWARE INTOUCH V10.1
7. ANSI/ISA S5.3 Graphic Symbols for Distributed Control Shared display