

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA**

TRABAJO DE GRADO

**INGENIERÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL EN
22 POZOS DEL CAMPO CUIAGUA EN EL DEPARTAMENTO DE
CASANARE PERTENECIENTES A LA GERENCIA DE DESARROLLO
PIEDEMONTE DE ECOPETROL S.A.**

**EDWARD ORLANDO CASTRO BETANCOURT
MARIO TREJOS GALVIS**

BOGOTÁ D.C. OCTUBRE DE 2015

**INGENIERÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL EN
22 POZOS DEL CAMPO CUIAGUA EN EL DEPARTAMENTO DE
CASANARE PERTENECIENTES A LA GERENCIA DE DESARROLLO
PIEDEMONTES DE ECOPETROL S.A.**

**EDWARD ORLANDO CASTRO BETANCOURT
CÓDIGO 2178386
E-MAIL EOCASTRO@GMAIL.COM
MARIO TREJOS GALVIS
CÓDIGO 2177976
E-MAIL MTREJOSG@HOTMAIL.COM**

**ASESOR DEL PROYECTO
ING. FERNANDO RIVERA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C. OCTUBRE DE 2015**

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. CASO DE NEGOCIO	13
3.1 ANTECEDENTES.....	13
3.2 PROBLEMA A SOLUCIONAR	13
3.3 SOLUCIÓN	14
3.4 JUSTIFICACIÓN.....	14
3.5 ALCANCE	15
4. INGENIERÍA CONCEPTUAL.....	16
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO O DEL SERVICIO	16
4.2 TECNOLOGÍA EXISTENTE.....	18
4.2.1 ALLEN BRADLEY	18
4.2.2 SIEMENS.....	19
4.2.3 SCHNEIDER ELECTRIC	20
5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PRODUCTO	21

5.1	ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO	21
5.1.1	CHASIS	21
5.1.2	FUENTE	21
5.1.3	PROCESADOR	22
5.1.4	MÓDULO ANÁLOGO DE ENTRADA	22
5.1.5	MÓDULO DIGITAL DE ENTRADA	22
5.1.6	MÓDULO DIGITAL DE SALIDA.....	23
5.1.7	ESTACIÓN HMI	23
5.2	ESPECIFICACIONES DE MONTAJE FÍSICO	24
5.2.1	VÍAS DE ACCESO.....	25
5.2.2	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y GENERALES.....	25
5.3	ESPECIFICACIONES DE AMBIENTE DE OPERACIÓN	27
5.4	ESPECIFICACIONES DE GESTIÓN	28
5.5	ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL PRODUCTO	29
5.5.1	NORMATIVA TÉCNICA A CUMPLIR	29
5.6	REQUERIMIENTOS LEGALES Y DE CONTRATACIÓN	31
5.6.1	LEGALES	31
5.6.2	CONTRACTUALES	31
5.7	RIESGOS DEL PROYECTO.....	32
5.7.1	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	32

5.7.2	GESTIÓN DE LOS RIESGOS	34
6.	INGENIERÍA BÁSICA	35
6.1	DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA SOLUCIÓN.....	35
6.2	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	35
7.	INGENIERÍA DE DETALLE	37
7.1	DIAGRAMAS Y PLANOS DE LA SOLUCIÓN.....	37
7.2	LISTADO DE ELEMENTOS.....	38
7.3	LISTADO DE ELEMENTOS GARANTÍA	39
8.	FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO	40
8.1	EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO.....	40
9.	PLANIFICACIÓN DE TAREAS DEL PROYECTO	41
9.1	ÁRBOL DE TAREAS DEL PROYECTO	41
9.1.1	ARBOL DE TAREAS GRAFICO	42
9.2	CRONOGRAMA DEL PROYECTO	43
10.	ASIGNACIÓN DE RECURSOS A LAS TAREAS.....	44
10.1	NIVEL 1	44
10.2	NIVEL 2	44
10.3	NIVEL 3	46
10.4	ORGANIRAMA DEL PROYECTO	52
10.5	ORGANIRAMA ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA	53

10.6	GASTOS ADMINISTRATIVOS DE LA EMPRESA	53
10.7	GASTOS FINANCIEROS DE LA EMPRESA.....	54
10.8	GASTOS GENERALES DE LA EMPRESA	54
10.9	COSTO TOTAL PROYECTO.....	54
10.10	PRECIO DE VENTA FINAL CON UTILIDAD	55
10.11	PRECIO DE VENTA MINIMO	55
11.	RECOMENDACIONES.....	56
	GLOSARIO	57
	BIBLIOGRAFÍA	59

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características del chasis	21
Tabla 2. Características de la fuente	21
Tabla 3. Características del procesador	22
Tabla 4. Características módulo análogo de entrada	22
Tabla 5. Características módulo digital de entrada	23
Tabla 6. Características módulo digital de salida	23
Tabla 7. Estación HMI	23
Tabla 8. Condiciones ambientales	25
Tabla 9. Riesgos del proyecto	34
Tabla 10. Listado de elementos	38
Tabla 11. Elementos garantía	39
Tabla 12. Asignación de recursos tarea 1	44
Tabla 13. Asignación de recursos tarea 1.1	44
Tabla 14. Asignación de recursos tarea 1.2	45
Tabla 15. Asignación de recursos tarea 1.3	45
Tabla 16. Asignación de recursos tarea 1.4	45
Tabla 17. Asignación de recursos tarea 1.1.1	46
Tabla 18. Asignación de recursos tarea 1.1.2	46

Tabla 19.	Asignación de recursos tarea 1.1.3	47
Tabla 20.	Asignación de recursos tarea 1.1.4	47
Tabla 21.	Asignación de recursos tarea 1.1.5	47
Tabla 22.	Asignación de recursos tarea 1.1.6	48
Tabla 23.	Asignación de recursos tarea 1.1.7	48
Tabla 24.	Asignación de recursos tarea 1.1.8	48
Tabla 25.	Asignación de recursos tarea 1.1.9	49
Tabla 26.	Asignación de recursos tarea 1.1.10	49
Tabla 27.	Asignación de recursos tarea 1.1.11	49
Tabla 28.	Asignación de recursos tarea 1.2.1	50
Tabla 29.	Asignación de recursos tarea 1.2.2	50
Tabla 30.	Asignación de recursos tarea 1.3.1	50
Tabla 31.	Asignación de recursos tarea 1.3.2	51
Tabla 32.	Asignación de recursos tarea 1.3.3	51
Tabla 33.	Asignación de recursos tarea 1.3.4	51
Tabla 34.	Asignación de recursos tarea 1.4.1	52
Tabla 35.	Gastos Administrativos	53
Tabla 36.	Gastos Financieros	54
Tabla 37.	Gastos Generales	54
Tabla 38.	Costo total del proyecto	54

Tabla 39.	Costo final con utilidad	55
Tabla 40.	Costo precio de venta	55

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización geográfica campo Cupiagua	24
Figura 2. WHCP en pozos	24
Figura 3. Promedio temperatura mensual	26
Figura 4. Diagrama de bloques solución	35
Figura 5. Plano solución	37
Figura 6. Plano WHCP	37
Figura 7. Wbs	41
Figura 8. Árbol de tareas gráfico	42
Figura 9. Cronograma	43
Figura 10. Organigrama del proyecto	52
Figura 11. Organigrama estructura administrativa	53

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado lo realizamos como requisito para optar al título de especialista en instrumentación electrónica, dentro de los requerimientos exigidos por la Universidad Santo Tomás.

El trabajo de grado es un proyecto de ingeniería para la actualización de PLC's instalados en cabeza de pozo (WHCP) en el Campo Petrolífero Cupiagua; que actualmente son obsoletos y no se les puede realizar el correspondiente mantenimiento preventivo o correctivo porque dicha marca no existe en el mercado, y es de vital importancia que estos sistemas de control funcionen correctamente.

Se escogerá la tecnología que cumpla con las especificaciones del sistema de control, y se realizará la correspondiente ingeniería.

La ingeniería del proyecto comprende la ingeniería conceptual, Básica, de detalle, la factibilidad técnica del proyecto y los correspondientes costos de cada una de las tareas del proyecto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la ingeniería para la actualización del sistema de control en 22 pozos del campo Cupiagua en el departamento de Casanare pertenecientes a la gerencia de desarrollo Piedemonte de Ecopetrol s.a.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el caso de negocio en donde se evidencien los antecedentes, el correspondiente problema a solucionar, la posible solución y el alcance del proyecto.
- Realizar la ingeniería conceptual que involucra:
- Describir el proceso o servicio prestado e Investigar y definir cuál de las diferentes tecnologías existentes dan solución al problema planteado.
- Definir las especificaciones técnicas del producto de acuerdo con los requerimientos del problema a solucionar.
- Establecer la normativa técnica a cumplir y los requerimientos legales y de contratación, e identificar los riesgos para los mantenimientos preventivos y correctivos.
- Realizar la ingeniería básica que implica:
- Realizar el correspondiente diagrama en bloques de la solución requerida, y la descripción de la posible solución.
- Realizar la ingeniería de detalle que comprende:
- Diagramas y planos de la solución, listado de elementos y elementos en garantía.
- Determinar la factibilidad técnica del proyecto y realizar una evaluación de la factibilidad técnica del proyecto.

3. CASO DE NEGOCIO

3.1 ANTECEDENTES

Ecopetrol S.A. dentro de sus campos de producción petrolera y de gas, cuenta con el campo Cupiagua en el departamento del Casanare; a 10 minutos en vehículo de la cabecera municipal de Aguazul se encuentra la planta de tratamiento de Cupiagua, que es la encargada del tratamiento del crudo y gas extraído de los pozos del campo en mención.

El campo Cupiagua, está conformado por 72 pozos localizados en promedio a unos 30 minutos del CPF y cada uno es monitoreado y controlado mediante un enlace de radio frecuencia. Ecopetrol cuenta con un grupo de funcionarios encargados del mantenimiento y operación de cada facilidad.

Estas facilidades cuentan con un sistema de paneles solares de donde obtienen la energía para el funcionamiento de la instrumentación de campo y los sistemas de control (WHCP) allí instalados; estos sistemas de control son de dos tipos: los PLC de tercera generación que se encuentra en aproximadamente el 70 % de las facilidades y otros PLC de primera generación ubicados en el 30% restante.

Los PLC son los equipos encargados de recibir las señales de los instrumentos instalados en la facilidad y de acuerdo a una lógica de programación, tomar las acciones necesarias para mantener la producción del pozo y evitar daños al ambiente y a la población vecina. Estos equipos de primera generación por llevar mayor tiempo en uso demandan mayor atención y esto se traduce en un mayor número de recursos, tanto económicos como de horas hombre que se requieren para su funcionamiento.

3.2 PROBLEMA A SOLUCIONAR

Los PLC Arcom de primera generación encargados del control y monitoreo de las facilidades de crudo y gas, que actualmente se encuentran instalados en 22 pozos del Campo Cupiagua, se encuentran desactualizados, estos equipos fueron declarados obsoletos y no existe ningún tipo de soporte técnico del fabricante; Ecopetrol no cuenta con las herramientas y/o repuestos para garantizar su correcto funcionamiento; de esta forma, cuando uno de estos equipos falla, afecta directamente la producción de crudo y la reinyección de gas y pone en riesgo al medio ambiente y la comunidad circunvecina. Generalmente, el grupo de mantenimiento debe dejar el pozo en funcionamiento bajo condiciones sub estándar para no afectar las metas de producción de la empresa, con los riesgos que esto implica.

3.3 SOLUCIÓN

Remplazar los PLC marca Arcom actualmente instalados en 22 pozos productores e inyectores del Campo Cupiagua, por PLC modernos de última tecnología que permitan integrar la instrumentación actualmente instalada en campo y garanticen una producción limpia, información confiable, seguridad a los operadores de pozos y tranquilidad a la comunidad que vive en los alrededores.

3.4 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el Campo Cupiagua está conformado por 72 pozos que producen alrededor de 18.000 barriles de crudo y 900 millones de pies cúbicos de gas. Si solo nos enfocamos en los pozos productores de crudo, una facilidad produce diariamente en promedio 300 barriles, que al precio actual de US \$ 55.00, equivaldrían a 43 millones de pesos diarios, dinero que se dejaría de percibir si uno de estos controladores deja de funcionar; esto sin contar los costos que Ecopetrol tendría que asumir para la recuperación ambiental y afectación a la comunidad en caso de un accidente en alguno de estos pozos.

Implementar esta solución le permitirá a Ecopetrol lo siguiente:

- Mantener una producción estable de acuerdo con su proyección.
- Ahorrar dinero en mantenimiento y recursos de mano de obra adicional.
- Se disminuye el riesgo de afectación a la comunidad y el medio ambiente.
- Mejorar la producción en varias de las facilidades gracias a la implementación de nuevas tecnologías.
- Garantizar una producción limpia con cero accidentes y fatalidades.
- Genera empleo para mano de obra no calificada entre la comunidad de la región.
- Implementar esta solución nos permitirá posicionar nuestra compañía en la región.

3.5 ALCANCE

El alcance del proyecto será: El levantamiento de información en campo y la elaboración y entrega en medio físico y magnético (original y copia) de las ingenierías conceptual, básica y de detalle, para la actualización del sistema de control en 22 pozos del campo Cupiagua en el departamento del Casanare.

Cualquier actividad adicional que se requiera, será realizada previa aprobación de la respectiva cotización y una vez se haya generado la orden de servicio.

4. INGENIERÍA CONCEPTUAL

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO O DEL SERVICIO

Los campos petroleros de gas natural y crudo de Cupiagua, ubicado en el departamento de Casanare, municipio de Aguazul, en la actualidad son de propiedad de ECOPETROL S.A., pero en la etapa de exploración, perforación y producción hasta el año 2010, estuvo a cargo de la British Petroleum, BP. Estos campos son ricos en yacimientos de gas natural, lo que hace que la extracción de crudo se produzca mediante flujo natural, apoyado mediante la reinyección de gas ácido. En cada locación existe un panel de control de cabeza de pozo, WHCP, por sus siglas en inglés (Well Head Control Panel), su función principal como lo dice su nombre es la de controlar todas las variables presentes en el proceso de extracción o reinyección, de petróleo o gas natural.

En la actualidad el sistema de control en 22 pozos del campo Cupiagua, es ejecutado por los PLC marca ARCOM, estos PLC cuentan con módulos internos que hacen las veces de Entradas y Salidas Digitales y Entradas Análogas y un display de 2 filas y 30 caracteres aproximadamente, que funciona como interfaz Hombre/Maquina (HMI). Las señales que alimentan este PLC provienen de un panel de control de cabeza de pozo (WHCP en inglés) ubicado aproximadamente a 50 m de distancia de la formación y consta de un arreglo de tubing con espesores determinados y mecanismos hidráulicos y neumáticos, que permiten mantener en correcto funcionamiento el pozo de extracción de crudo o inyección de gas, monitorear y ejecutar acciones a control remoto desde el CPF Cupiagua. Este monitoreo y control se realiza mediante un enlace de microondas.

Además de las señales antes mencionadas, cada sistema cuenta con una instrumentación de campo que permiten monitorear y controlar el pozo localmente o remotamente en caso del que sistema local falle. Cuando hablamos de un control local nos referimos a una lógica de causa efecto quemada en una memoria EPROM internamente en el PLC y que dependiendo de las variables medidas y de los Set Points programados, genera alarmas seguidas de una secuencia de comandos que permite mantener el pozo dentro de condiciones seguras de operatividad.

Los Set Points programados dependen generalmente de variables como presión, temperatura y caudal propias de cada formación, que después de un procesamiento matemático hecho con software especializado, determina los valores a programar en cada instrumento y finalmente en el PLC.

La alimentación para cada uno de los WHCP esta provista por un arreglo de paneles solares, una tarjeta reguladora y un set de baterías; a su vez el panel de control

provee la energía (120 VAC) para la alimentación del PLC y para energizar los instrumentos que se encuentran instalados en la superficie a monitorear.

La programación del PLC permite realizar pruebas con la instrumentación local y pruebas remotas, que son exigidas por el cliente previo a la puesta en operación de cada una de las facilidades.

Las variables que el PLC debe medir son: Temperatura, Presión, Caudal y Flujo, adicionalmente señales de alarma que provienen de sensores de Llama del tipo infrarrojo o de contacto, además de pulsadores manuales y señales de operación y falla de la bomba de inyección de químicos y de su panel de control.

Las señales de los instrumentos en campo son cableadas hasta un juego de borneras dentro del WHCP y posteriormente pasan por borneras con fusibles antes de llegar a los módulos del PLC; para algunas de las señales y dependiendo de lo que se requiera se utilizan juegos de relevos y lógica cableada.

Como hemos podido observar, el PLC ARCOM es el cerebro de esta operación de monitoreo y control en cada una de las facilidades, por lo que es prioritario reemplazar estos sistemas obsoletos por tecnología que brinde confiabilidad y seguridad tanto al operador como a la población que vive en las cercanías. De nada sirve tener una instrumentación de última tecnología instalada en las facilidades, si el corazón del sistema es viejo, obsoleto y falla continuamente, aspectos que van en detrimento de los intereses económicos y las políticas de calidad y barriles limpios promulgadas por Ecopetrol.

El servicio que se presta es el cambio de los PLC'S instalados actualmente por ser obsoletos para las necesidades del proceso, ello conlleva el diseño, la programación, instalación e implementación del sistema de control.

Este sistema de control es un sistema básico en las industrias y sobre todo en la petrolera en la fase de perforación de pozos donde el monitoreo y registro del nivel del lodo que se utiliza en la perforación debe ser constante.

Estos sistemas los heredó Ecopetrol S.A. de la BP. En el cambio de dominio de la información, se extravió la planimetría de estos equipos. En la actualidad el mantenimiento, modificaciones y reparaciones lo realiza personal técnico que participó en su instalación y por esta razón conocen los equipos de "memoria" o tienen planos "NO CONTROLADOS" por ECOPETROL S.A. Esta situación preocupa inmensamente a ECOPETROL S.A., pues no se tiene información real de estos equipos, lo que genera incertidumbre en la operación y además se pueden desencadenar incidentes operacionales por desconocimiento de los equipos.

El sistema de instrumentación hace referencia a la instrumentación local existente, medidores de presión, de flujo, de llama, etc. Esto debido a que si falla la comunicación entre el WHCP y el CPF, las variables locales permitirían verificar el correcto funcionamiento del Pozo y viceversa. Tanto las variables del WHCP como las de la instrumentación Electrónica llegan a las entradas análogas o digitales del PLC, que dependiendo del valor de las mismas se activan alarmas o alertas para hacer la correspondiente corrección y mantener en óptimo desempeño el WHCP.

4.2 TECNOLOGÍA EXISTENTE

La solución existente en el mercado para este tipo de procesos son (PLC's) de marcas como: ABB, Koyo, Honeywell, Siemens, Schneider Electric, Omron, Rockwell (Allen-Bradley), General Electric, Panasonic (Matsushita), y Mitsubishi, entre otras.

4.2.1 ALLEN BRADLEY

Los autómatas industriales de altas prestaciones Allen Bradley cuentan con el sistema ControlLogix, proporciona un preciso sistema de comunicación y control en un tamaño pequeño y totalmente modular. Los autómatas compactos Phoenix Contact de la clase 400 están diseñados para aplicaciones exigentes ofreciendo sistemas de mando de alto rendimiento.

ControlLogix (Allen Bradley)¹ el sistema de control ControlLogix da forma a las aplicaciones de máxima exigencia, las cuales ofrecen la posibilidad de trabajar con arquitecturas modulares, una amplia gama de E/S y una amplia variedad de comunicación red. Estas soluciones de control, proporcionan capacidades de clase mundial para todas las disciplina. Diseñado para aplicaciones de control distribuido o de supervisión, los sistemas de automatización programables (PACs) y controladores lógicos programables (PLC) ofrecen una fiabilidad y rendimiento excepcionales.

Clase 400 (Phoenix Contact) Su aplicación es especialmente exigente con la eficiencia del sistema de mando, los sistemas de mando S-MAX, así como los controladores remotos de campo (RFC) constituyen la elección adecuada. Estos autómatas compactos de la clase de potencia 400 controlan a la perfección aplicaciones altamente dinámicas con técnicas de regulación de las que se demanda gran capacidad de cálculo escalable y una elevada tasa de caudal de datos. Por su gran capacidad, los sistemas de mando con high-end se emplean habitualmente como sistemas de mando centrales. Se hacen cargo eficazmente de

¹ ALLEN BRADLEY. (s.f.). *ROCKWELL AUTOMATION*. Obtenido de http://www.omnielectric.es/productos/logica_control/automatas/controllogix-clase400.html

la comunicación completa para todos los módulos de bus de campo y se comunican con otros PLC, así como con sistemas operativos subordinados y principales.

4.2.2 SIEMENS

La gama S7-1200 abarca distintos controladores lógicos programables (PLCs) que pueden utilizarse para numerosas tareas. Gracias a su diseño compacto, bajo costo y amplio juego de instrucciones, los PLCs S7-1200 son idóneos para controlar una gran variedad de aplicaciones. Los modelos S7-1200 y el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200² ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización.

Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7- 1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control:

- Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones.
- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico.

² SIEMENS. (s.f.). *SIEMENS COLOMBIA*. Obtenido de <http://www.siemens.com/entry/co/es/#product/2041380>

4.2.3 SCHNEIDER ELECTRIC

El Modicon M221³ ofrece el mejor rendimiento en su clase. Disponible también en formato modular, de fácil instalación y gran versatilidad. Con terminal gráfico opcional para la monitorización y el mantenimiento de la máquina.

Todo lo que necesita está integrado, puerto USB y tarjeta SD, amplia gama de módulos de E/S analógicas y digitales Programación intuitiva de máquinas con el software SoMachine Basic, Una navegación sencilla facilita una ingeniería más eficiente, Toda la programación, visualización y puesta en servicio son manejadas a través de una sola herramienta de fácil uso, disponible en descarga gratuita, no se requiere formación previa.

³ SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). *Schneider Electric Global Website*. Obtenido de <http://www.schneider-electric.com/products/es/es/3900-pac-plc-y-otros-controladores/3910-controladores-plc-y-pac-para-maquinas-industriales/62128-controlador-logico-modicon-m221/>

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PRODUCTO

5.1 ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

Ecopetrol requiere el diseño, suministro, instalación y puesta en operación integral de los nuevos sistemas PLC (hardware y software), su instalación y puesta en operación, con los servicios conexos que sean requeridos, para el reemplazo completo de los sistemas marca ARCOM en 22 pozos de extracción de crudo e inyección de gas.

5.1.1 CHASIS

El chasis es donde se podrán acoplar los diferentes módulos de entrada, comunicación y fuente.

Tabla 1. Características del chasis

Temperatura de operación	0 - 60° C
Corriente con 1,2 V	1,5 Amp
Corriente con 3,3 V	4 Amp
Corriente con 5,1 V	6 Amp
Corriente con 24 V	2,8 Amp
Potencia Disipada	4W
Dimensiones	483 x 169 x 145 mm

5.1.2 FUENTE

La fuente se debe adherir al chasis y energizar los diferentes módulos para su funcionamiento.

Tabla 2. Características de la fuente

Temperatura de operación	0 - 60° C
Voltaje de entrada	120 V
Potencia	75 W
Potencia disipada	25 W
Corriente con 1,2 V	1,5 Amp
Corriente con 3,3 V	4 Amp
Corriente con 5,1 V	10 Amp
Corriente con 24 V	2,8 Amp
Dimensiones	140 x 112 x 145 mm

5.1.3 PROCESADOR

El procesador debe tener como mínimo las siguientes especificaciones.

Tabla 3. Características del procesador

CPU	
Memoria	M13
Capacidad Memoria	1.5MB
Memoria I/O	208KB
Comunicación	Rs232
Módulo para batería	Si
Led indicadores de estado	Si
Llave de seguridad	Si
Configuración	Software

5.1.4 MÓDULO ANÁLOGO DE ENTRADA

Se requiere la lectura de varias señales análogas de los diferentes instrumentos de medición.

Tabla 4. Características módulo análogo de entrada

Número de salidas	6
Configuración	Corriente
Rango de entrada	4-20mA
Resolución	16 bits
Potencia disipada	4.3W
Temperatura de operación	0 – 60° C
Configuración	Software

5.1.5 MÓDULO DIGITAL DE ENTRADA

Se requiere para las señales digitales de entrada.

Tabla 5. Características módulo digital de entrada

Número de salidas	16
Configuración	Voltaje (Contactos)
Rango de entrada	24 V
Máxima impedancia de entrada	30 K Ω
Potencia disipada	5W
Temperatura de operación	0 – 60° C
Configuración	Software

5.1.6 MÓDULO DIGITAL DE SALIDA

Se requieren para generar valores de alarma y otras variables.

Tabla 6. Características módulo digital de salida

Número de salidas	16
Configuración	Voltaje (Contactos)
Rango de salida	10 – 30 V
Máxima impedancia de entrada	30 K Ω
Potencia disipada	3.6 W
Temperatura de operación	0 – 60° C
Configuración	Software

5.1.7 ESTACIÓN HMI

Estación HMI Semejante a las estaciones HMI utilizadas en cuarto de control para operar y supervisar las diferentes etapas del proceso.

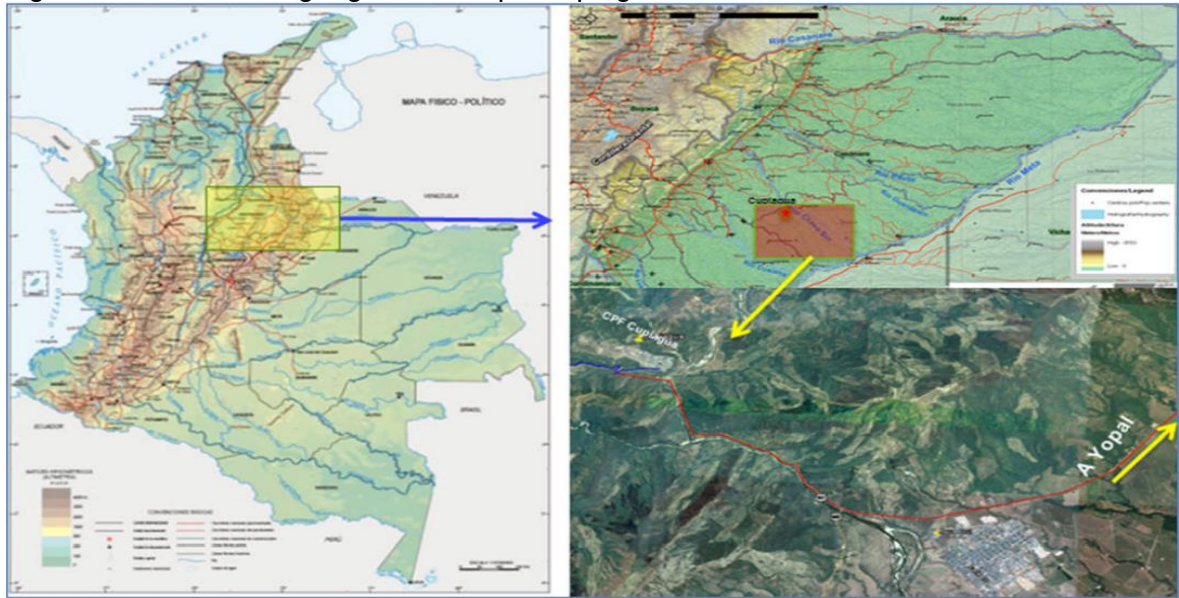
Tabla 7. Estación HMI

Sistema operativo	Microsoft Windows
RAM	256 MB DDR
Almacenamiento Interno	256 MB
Procesador, CPU	800 MHz
Software	Workbench
Temperatura de operación	0°...50°C
Resolución	800 x 600 SVGA

5.2 ESPECIFICACIONES DE MONTAJE FÍSICO

El Proyecto será desarrollado en el campo producción de crudo y gas de Cupiagua, el cual está localizado en el Departamento del Casanare al oriente de la ciudad de Bogotá D.C. La Ubicación del CPF se observa en la Figura No. 1.

Figura 1. Localización geográfica campo Cupiagua



Los montajes se realizarán en las 22 locaciones que actualmente cuentan con la tecnología Arcom instalada; Los paneles de control de cabeza de pozo (WHCP) son gabinetes en acero inoxidable (figura 2), en los cuales reposa el controlador del pozo.

Figura 2. WHCP en pozos



5.2.1 VÍAS DE ACCESO

Al CPF o campo de Cupiagua se puede llegar por carretera desde las ciudades que se indican a continuación: Bogotá se encuentra a 283 km al Occidente del CPF Cupiagua cruzando la Cordillera Oriental por las carreteras Nacionales 66 hasta Tunja, carretera 55 hasta Duitama y 62 hasta Sogamoso y Cupiagua; y desde Yopal por la carretera 65 aproximadamente de 32 km por una vía en buenas condiciones en gran parte de su trayecto.

El otro medio de acceso es por vía Aérea, únicamente hasta la ciudad de Yopal desde Bogotá, Bucaramanga, y Medellín, utilizando las aerolíneas nacionales Avianca, LAN, EasyFly, y completando el trayecto desde el Aeropuerto El Alcaraván en Yopal hasta el CPF por vía terrestre.

5.2.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y GENERALES

Las condiciones ambientales del área en donde se encuentra localizado el Proyecto se indican en la Tabla No. 8, que se muestra a continuación.

Tabla 8. Condiciones ambientales

Elevación área	340 m.s.n.m.
Temperatura ambiente promedio	22 °C
Temperatura ambiente mín/máx	15 - 27 °C
Humedad relativa promedio	50% Día / 95 % Noche
Viento (para diseño) promedio	4 mph

En el periodo comprendido entre los meses de abril y octubre se presentan precipitaciones con un promedio de 400 mm, siendo los meses de mayo, junio y agosto, cuando las precipitaciones alcanzan su máximo que es superior a los 700 mm.

Esta estadística indica que es una región en donde llueve de manera importante, razón por la cual se debe aprovechar el tiempo seco en las actividades que se deben desarrollar en campo.

El promedio de temperatura en el 2012 se puede observar en el la siguiente figura.

Figura 3. Promedio de Temperatura mensual



La información climática aquí indicada es de referencia y corresponde a datos tomados por terceros, el CONTRATISTA en caso de requerirlos deberá adquirir las últimas mediciones en el IDEAM.

Para realizar las actividades, Ecopetrol garantizará el acompañamiento del personal de operaciones en cada uno de los desplazamientos, esto con el fin de que el área sea inspeccionada, asegurada y se haga el respectivo monitoreo de gases explosivos. De igual forma y teniendo en cuenta que las actividades se realizarán con los pozos en operación, es indispensable la presencia de los operadores de pozos y sean ellos quienes realicen el bloqueo del WHCP y con ayuda de sus radios sirvan como enlace de comunicaciones con el CPF Cupiagua.

Ecopetrol garantizará la seguridad del personal durante el desplazamiento y permanencia en cada una de las locaciones.

El monitoreo de atmósferas deberá realizarse permanentemente, para lo cual el contratista deberá contar con un veedor de atmósferas certificado. El contratista deberá contar con un sitio de descanso y protección en cada uno de los pozos a intervenir y deberá contar con un punto de hidratación y un sitio para que el personal tome sus alimentos.

El Contratista antes de iniciar el montaje de los equipos deberá realizar un taller de constructibilidad, en donde se detalle paso a paso el desarrollo de las actividades.

Los campamentos, contenedores, baños portátiles, carpas, y toda instalación temporal requerida serán por cuenta del Contratista. Estas instalaciones deben estar acorde a lo especificado en las normas HSE de Ecopetrol, y normas del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

5.3 ESPECIFICACIONES DE AMBIENTE DE OPERACIÓN

- Los sistemas PLC diseñados deben ser diseñados para operación continua y a plena carga, instalación interior bajo las condiciones ambientales definidas en las hojas de datos para el sitio de la instalación.
- Cada una de las locaciones deberá ser probada por Ecopetrol en presencia del Contratista para verificar su correcto funcionamiento y realizar un acta en donde se consigne el estado de cada uno de los pozos.
- Para poder intervenir cada WHCP estos deben estar bloqueados y así evitar que el pozo se cierre por alguna mal manipulación.
- El sistema de paneles solares que proveen la energía deberá funcionar en todo momento.
- Una vez se desmonten los equipos a reemplazar estos serán relacionados y etiquetados para ser entregados a quien Ecopetrol designe.
- Las adecuaciones para los nuevos PLC se realizaran dentro del WHCP, nada puede quedar por fuera de estos paneles.
- Los cables pueden ser reutilizados siempre y cuando su condición, estado y dimensión lo permitan.
- Por ser un ambiente peligroso se prohíbe el uso de teléfonos celulares.
- Todo equipo que se requiera utilizar debe estar calibrado por un laboratorio avalado y el Contratista debe proveer con anticipación, los certificados de calibración.
- Durante la vigencia del Contrato y hasta la liquidación final del mismo, El Contratista, deberá mantener (a su cargo) la zona de trabajo en perfectas

condiciones de aseo e higiene. Deberá remover los materiales de desecho a los sitios previamente acordados y autorizados tal como sea indicado y/o aprobado por Ecopetrol.

- Todos los equipos deberán ser instalados de acuerdo con las especificaciones del fabricante y haciendo uso de las buenas prácticas de la ingeniería.
- Cualquier actividad debe ser precedida de un procedimiento, el cual debe ser revisado y aprobado por la autoridad eléctrica y de instrumentación de Ecopetrol o por quien designen para este efecto.
- Teniendo en cuenta que los pozos no cuentan con alimentación de 120 VAC y seguramente las pruebas de configuración y programación de los PLC se tienen que realizar con computadores portátiles, de igual forma para cualquier equipo que requiera esta tensión para su funcionamiento, el Contratista debe prever esta situación y contar con un generador de tensión o un conversor que le permita utilizar el voltaje de las baterías con las que cuenta el WHCP.

5.4 ESPECIFICACIONES DE GESTIÓN

El alcance técnico general del CONTRATISTA deberá incluir (pero no limita), lo requerido en cuanto al suministro de:

- Módulos procesadores de PLC.
- Módulos de I/O y módulos de manejo de señal.
- Módulos de comunicaciones internas de los sistemas.
- Módulos de comunicaciones externas (de integración con el PCS).
- Módulos de alimentación/ potencia y distribución dentro de tableros.
- Racks de módulos.
- HMI tipo LCD para cada WHCP intervenido.

- Switches, convertidores de medio, y demás accesorios de red de interconexión con el cuarto de control central.
- Cables y accesorios/consumibles requeridos para la reutilización de tableros existentes.
- Consumibles para la instalación y arranque.
- Módulos, equipos, estaciones y cableados, de índole temporal que el CONTRATISTA defina en su estrategia para facilitar la migración de los sistemas.
- Paquetes de software utilitario, de aplicación y de mantenimiento, bien sea propio o de terceros que sean requeridos con los sistemas PLC.

5.5 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL PRODUCTO

5.5.1 NORMATIVA TÉCNICA A CUMPLIR

Los códigos y estándares enunciados a continuación, deben ser usados durante el diseño y configuración de los materiales y sistemas a ser suministrados. Si existe algún conflicto entre las normas, se deberá aplicar el criterio más exigente.

Estándares Internacionales:

- API RP 551 Process Measurement Instrumentation.
- API RP 552 Transmission Systems.
- API RP 554 Process Control Systems.
- API RP 556-Fired Heaters and Steam Generators.
- EEMUA 191 Alarm Systems - A Guide to Design, Management and Procurement – Edition 2.
- IEC-60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).

- IEC 61131-3 Programmable Controllers – Part 3: Programming Languages.
- IEC 61158 Digital data communications for measurement and control.
- IEC 61508:2010 Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety- Related Systems Parts 0-7.
- IEC 61511:2003 Functional Safety: Instrumented Systems for the Process Industry, Parts 1, 2 and 3.
- IEC 61643-21 Information Technology – Open System Interconnection Basic Reference Model Conventions for the Definition of OSI Services.
- IEC 62381 Automation systems in the process industry – Factory acceptance test (FAT), site acceptance test (SAT), and site integration test (SIT) – Edition 2.0.
- ISA S71.01 Environmental Conditions for Process Measurement and Control Systems Temperature and Humidity.
- ISA 99 Security Guidelines and User Resources for Industrial Automation and Control Systems.
- NEC National Electrical Code.
- NEMA 250:2008 Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum).
- NFPA 496:2012 Standard for Purged and Pressurized Enclosures for Electrical Equipment.

Estándares de Ecopetrol S.A.:

- ECP-VIN-G-GEN-MT-002 Manual de marcas aceptadas.

Estándares Colombianos:

- RETIE.

5.6 REQUERIMIENTOS LEGALES Y DE CONTRATACIÓN

5.6.1 LEGALES

En la legislación colombiana y en representación el Ministerio de Ambiente en su facultad de ente regulador y en el Decreto 2811 de 1974 dispone en el artículo 1⁴. El presente decreto reglamenta la ordenación y manejo sostenible de las áreas forestales, así como el aprovechamiento de los bosques naturales cuya administración le corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, así como a las Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos; que para efectos del presente Decreto se denominan autoridades ambientales, Así mismo en el artículo 8, se consideran factores que deterioran el ambiente entre otros: La contaminación del aire, de las aguas, del suelo y los demás recursos naturales renovables.

En los asuntos involucrados con la explotación minera contempla en la ley 6 de 1979 en los artículos 41 al 49⁵, en donde se especifican las cantidades de emisiones de gases a la atmosfera, producto de la explotación minera o de los residuos de procesos, deben estar reglamentados por el estado y deben cumplir ciertos parámetros de operación normal para su continuo funcionamiento, no solo por los riesgos que existen con estos residuos emanados a la atmosfera sino por el deterioro de la calidad de vida de las personas.

5.6.2 CONTRACTUALES

Para la firma del contrato entre las partes, el Contratista debe haber cumplido con lo siguiente:

- Contar con el equipo mínimo de trabajo para dar inicio a la ejecución del proyecto.
- Estar al día con el pago de los aportes a la seguridad social.
- Mediante el registro único de proponentes RUP haber acreditado su capacidad jurídica, financiera, organizacional y su experiencia.

⁴ COLOMBIANA, L. (s.f.). RED JUSTICIA. Obtenido de <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2014/04/decreto-ley-2811-de-1974.pdf>

⁵ AMBIENTAL, C. (s.f.). LEY 6 DE 1979. Obtenido de ftp://ftp.camara.gov.co/camara/basedoc/ley/1979/ley_0006_1979.html

- Adjuntar la póliza de garantía de seriedad de la oferta.
- Adjuntar constancia de asistencia a la reunión de precisión de los DPS.
- Allegar certificación de asistencia a la visita de obra.
- Tener el documento oficial de Ecopetrol que lo designa como el ganador del proceso de selección.
- Contar con un plan de calidad y certificación ISO 9001.
- Haber cumplido con todos los documentos y las exigencias del proceso de selección.

5.7 RIESGOS DEL PROYECTO

5.7.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Todos los proyectos, por definición, tienen un determinado nivel de incertidumbre. alguna de estas incertidumbres o riesgos se pueden convertir a lo largo del proyecto en problemas o imprevistos que provoquen que no alcancemos los objetivos acordados (de alcance, tiempo, coste, calidad y beneficios esperados). El propósito de la gestión de riesgos en cada proyecto es, por lo tanto, prever y anticipar al máximo estas situaciones inciertas de tal manera que no se lleguen a convertir en problemas graves, y que el proyecto, por lo tanto, se desarrolle en un entorno controlado. Los posibles riesgos son:

- Inconvenientes o bloqueos de la comunidad a las locaciones a intervenir.
- Demora en la compra llegada de los equipos.
- Consecución del equipo mínimo de trabajo.
- Debido a que los pozos se encuentran retirados del CPF, pueden existir problemas de movilidad o desplazamiento debido a alteraciones del orden público.

- Falta de información que Ecopetrol debe entregar al Contratista sobre el conexionado interno de los PLC en el WHCP.
- Retrasos en la aprobación de la ingeniería de detalle por parte de Ecopetrol.
- El precio actual del dólar incrementaría demasiado el precio del proyecto.

5.7.2 GESTIÓN DE LOS RIESGOS

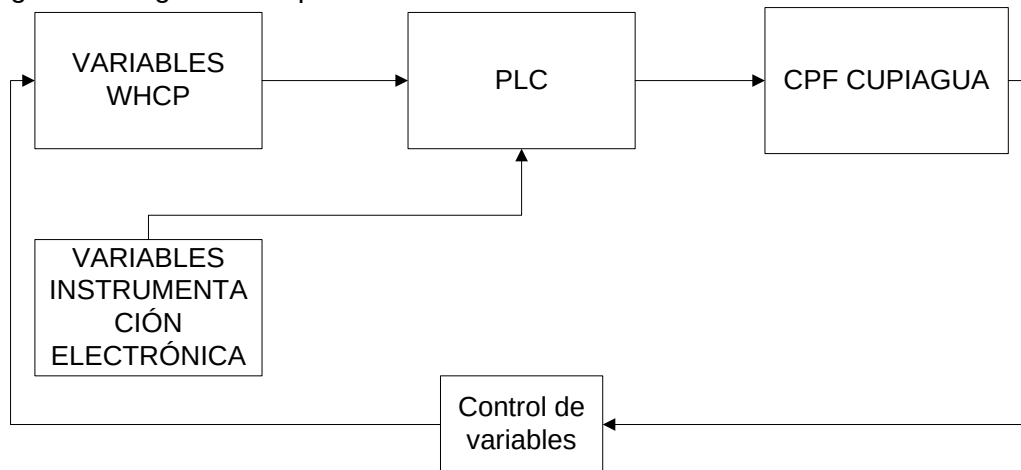
Tabla 9. Riesgos del proyecto

Riesgo	Mitigación	Contingencia
1	Socializar las actividades a realizar con la comunidad.	Apoyarnos en la fuerza pública para coordinar los desplazamientos.
2	Establecer hito de Compras en el PDT amarrado a la aprobación de la Ingeniería de detalle por parte de Ecopetrol.	Hacer compras a proveedores nacionales.
3	Establecer con Ecopetrol un equipo mínimo con perfiles acordes con las actividades a realizar	Solicitar suspensión del contrato entregando la evidencia de la búsqueda del personal.
4	Elaborar varios permisos de trabajo para tener acceso a un número mayor de locaciones.	Apoyarnos con la fuerza pública para realizar desplazamientos.
5	Establecer en el PDT fechas fijas de entrega de información.	Contar con personal idóneo que conozca el funcionamiento de los equipos que intervendremos.
6	Solicitar a Ecopetrol personal con exclusividad para el proyecto.	Amarrar las compras a la aprobación de la ingeniería.
7	Realizar unión temporal para aumentar el musculo financiero.	Solicitar a Ecopetrol que sean ellos quienes compren los equipos.

6. INGENIERÍA BÁSICA

6.1 DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA SOLUCIÓN

Figura 4. Diagrama Bloques solución



6.2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La solución propuesta incluye el desmonte de los sistemas Arcom (PLC), actualmente encargados de la recepción de las señales de los instrumentos ubicados en los pozos, las señales de operación y funcionamiento del WHCP y las comunicaciones con el cuarto de control central del CPF Cupuagua. La propuesta comprende el reemplazo de estos PLC obsoletos por tecnología Allen Bradley de última generación que realice entre otras funciones y junto con el WHCP lo siguiente:

- Monitoreo y control de presión.
- Cierre o apertura de pozo.
- Comunicación con el control Room.
- Monitoreo de detectores de fuego.
- Control de la inyección de químico anticorrosión.

El PLC Allen Bradley estará conformado por un Procesador Control Logix 5555, módulos Análogo de entrada 1771 y Módulos de entrada digital 1771-IBD que

reciben las señales de los instrumentos ubicados en la plataforma de inyección o producción según corresponda; adicionalmente Módulos de salida digital 1771-OD16 de acuerdo con la matriz causa efecto que está programada en el PLC controlan el funcionamiento normal de la facilidad. Para facilitar la visualización de las señales y hacer más amigable la interacción entre este dispositivo y los operadores de pozos se incluirá un HMI Panel View 800 en cada WHCP intervenido.

Las variables del WHCP son en su mayoría señales relacionadas con la presión de las líneas de flujo hidráulico y neumático que permiten mantener abierto o cerrar el pozo según se requiera, al mismo tiempo existen señales de control local del panel que permiten aislar y bloquear el dispositivo según se requiera.

Las variables de campo corresponden a los instrumentos instalados en la superficie que permiten monitorear el comportamiento de la facilidad de forma local y remota, gracias al enlace de comunicaciones que cada pozo tiene con el CPF por el cual viajan todas las señales registradas por el PLC.

El CPF Cupiagua gracias al enlace de comunicaciones que tiene con cada WHCP, puede monitorear cada pozo y llegado el caso ejercer control remoto para apertura y cierre de cada facilidad.

7. INGENIERÍA DE DETALLE

7.1 DIAGRAMAS Y PLANOS DE LA SOLUCIÓN

Figura 5. Plano solución

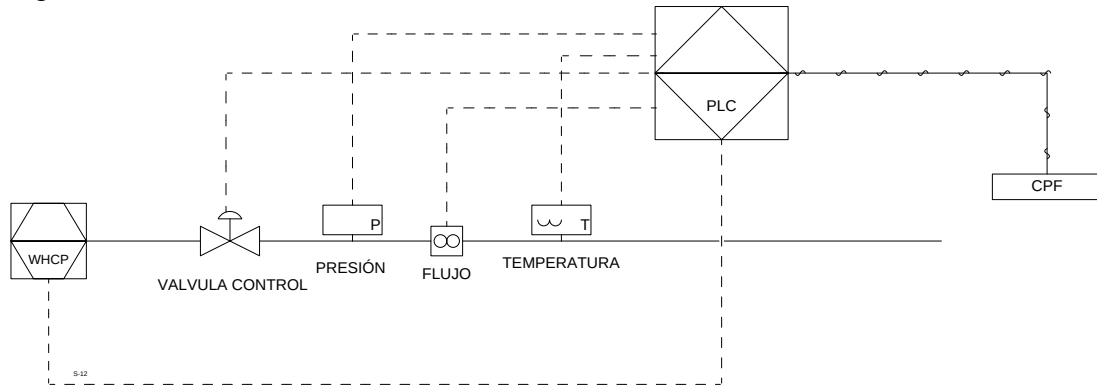
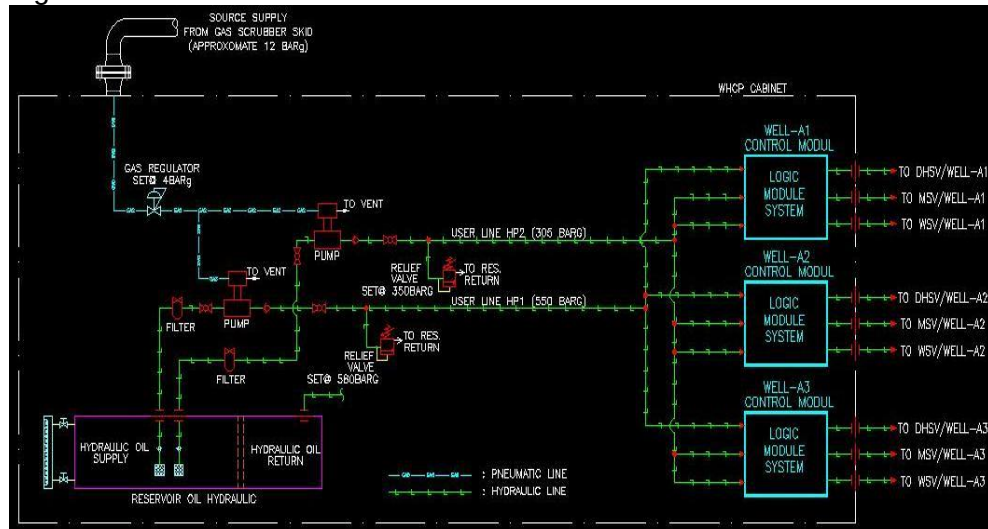


Figura 6. Plano característico del WHCP



7.2 LISTADO DE ELEMENTOS

Tabla 10. Listado de elementos

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Chasis 1771 Allen-Bradley ⁶	22
2	Fuente 1771-P4RCA/CC Allen-Bradley ⁷	22
3	Procesador ControlLogix 5555 Allen-Bradley ⁸	22
4	Módulo Análogo de entrada 1771 Allen-Bradley ⁹	44
5	Módulos de entrada digital 1771-IBD Allen-Bradley ¹⁰	44
6	Módulos de salida digital 1771-OD16 Allen-Bradley ¹¹	22
7	HMI PanelView™ 800 Allen-Bradley 2711R-T10T Allen-Bradley ¹²	22
8	Software de programación RSLogix 5 ¹³	1

⁶Rockwell Automation. (s.f.). Chasis 1771. Obtenido de

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1771-in075_-en-p.pdf

⁷ Rockwell Automation. (s.f.). Power Supplies. Obtenido de

<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/1239760/1551238/print.html>

⁸ Allen-Bradley. (s.f.). ControlLogix System. Obtenido de

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001_-en-p.pdf

⁹ Allen-Bradley. (s.f.). Módulo de entradas analógicas. Obtenido de

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1771-um116_-es-p.pdf

¹⁰Rockwell Automation. (s.f.). Digital I/O Modules. Obtenido de

<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/1239760/1551233/Digital-I-O-Modules.html>

¹¹ Can Electric Co. Ltd. (s.f.). Allen Bradley PLC-5 1771-OD16/1771OD16. Obtenido de

http://spanish.everychina.com/f-z52d83d0/p-98731644-allen_bradley_plc_5_1771_od16_1771od16.html

¹² Allen-Bradley®. (s.f.). Allen-Bradley® Component Level. Obtenido de

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/2711r-br001_-en-p.pdf

¹³ Rockwell automation. (s.f.). Rockwell software. Obtenido de

<http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/rslogix500.page>

Se debe utilizar el software de programación RSLogix 5 para configurar módulos de comunicación y E/S 1771 y para programar el controlador programable PLC-5.

RSLogix 5¹⁴ ofrece escalera de relé, texto estructurado, diagrama de bloque de funciones y editores de diagrama de funciones secuenciales para que pueda desarrollar programas de aplicación.

7.3 LISTADO DE ELEMENTOS GARANTÍA

Tabla 11. Elementos de garantía

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Chasis 1771	1
2	Fuente1771-P4RCA/CC	1
3	Procesador ControlLogix 5555	1
4	Módulo Análogo de entrada 1771	2
5	Módulos de entrada digital 1771-IBD	2
6	Módulos de salida digital 1771-OD16	2
7	HMI PanelView™ 800 Allen-Bradley 2711R-T10T	1
8	Software de programación RSLogix 5	N/A

¹⁴ Allen-Bradley & Rockwell software. (s.f.). RSLinx Classic. Obtenido de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/linx-gr001_-en-e.pdf

8. FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

8.1 EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO

La actualización del sistema de control no representa mayor complejidad para la operación y producción de Ecopetrol ya que existen las herramientas para garantizar el aislamiento de los WHCP y bloqueo de las señales que provienen de los instrumentos en campo o del cuarto de control remoto ubicado en el CPF Cupiagua. Variables como el monitoreo de atmosferas en la locación, el acompañamiento diario del personal de operaciones está cubierto así como la compra de equipos y personal competente para su ejecución.

Lo que puede generar algún grado de complejidad es el tema de los bloqueos de la comunidad y alteraciones del orden público; situaciones que generarían contratiempos que pueden alterar el normal desarrollo de las actividades. Para lo cual solo se cuenta con la ayuda de la fuerza pública quienes deberán garantizar la movilidad y asegurar las zonas para el normal desplazamiento de los funcionarios.

Financieramente es viable desde todo punto de vista ya que la necesidad que tiene Ecopetrol de hacer más confiable el proceso es grande, además la inversión será rápidamente recuperada si tenemos en cuenta que el sistema se vuelve más seguro y es menos propenso a fallas; los equipos y la tecnología son de fácil consecución y se cuenta con el personal idóneo para realizar las actividades.

9. PLANIFICACIÓN DE TAREAS DEL PROYECTO

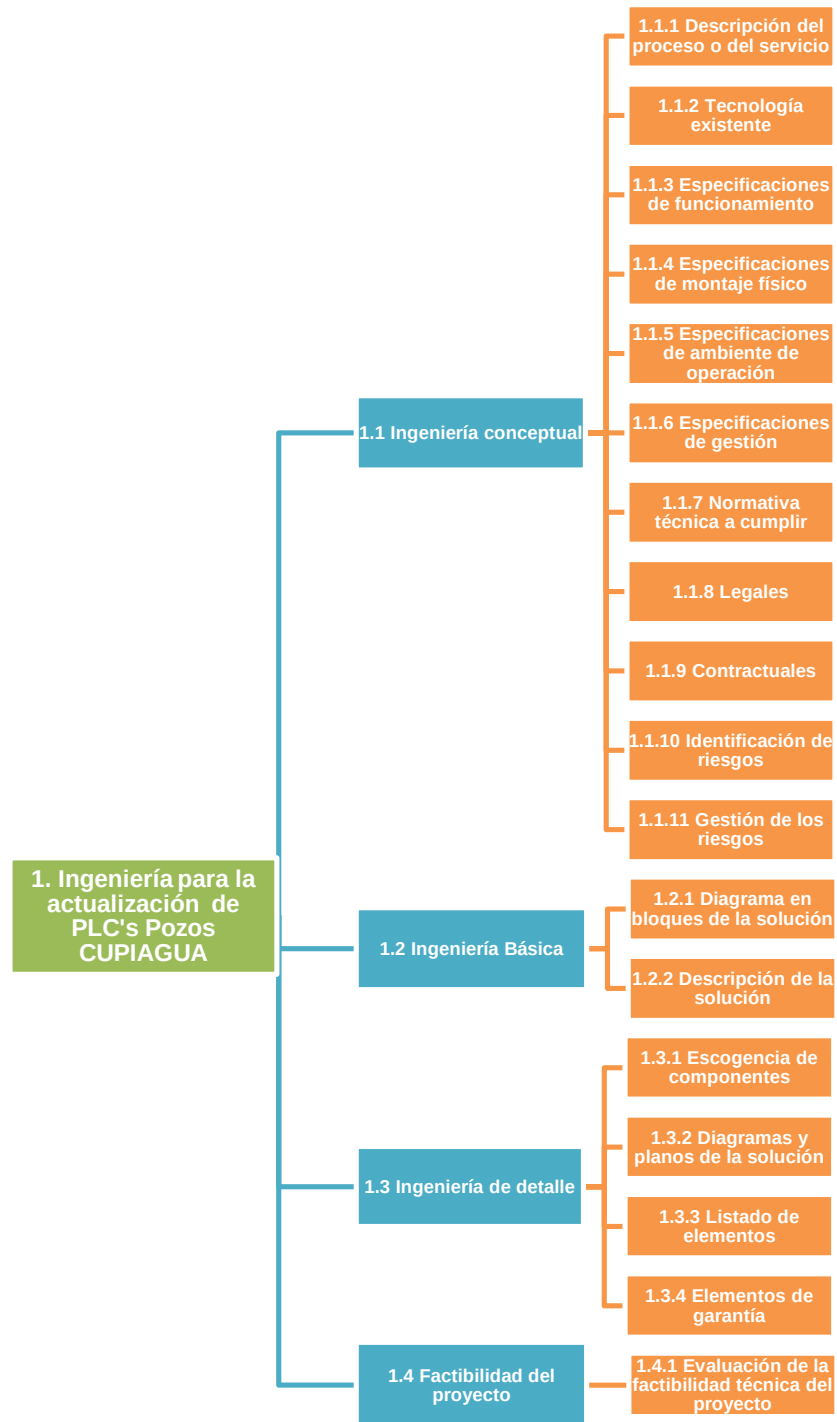
9.1 ÁRBOL DE TAREAS DEL PROYECTO

Figura 7. WBS

Instalación de PLC's en CPF Cupiagua			
	1. Proyecto diseño ingeniería para la actualización del sistema de control	1.1 Ingeniería Conceptual	1.1.1 Descripción del proceso o del servicio 1.1.2 Tecnología existente 1.1.3 Especificaciones de funcionamiento 1.1.4 Especificaciones de montaje físico 1.1.5 Especificaciones de ambiente de operación 1.1.6 Especificaciones de gestión 1.1.7 Normativa técnica a cumplir 1.1.8 Legales 1.1.9 Contractuales 1.1.10 Identificación de riesgos 1.1.11 Gestión de los riesgos
		1.2 Ingeniería Básica	1.2.1 Diagrama en bloques de la solución 1.2.2 Descripción de la solución
		1.3 Ingeniería de detalle	1.3.1 Escogencia de componentes 1.3.2 Diagramas y planos de la solución 1.3.3 Listado de elementos 1.3.4 Elementos de garantía
		1.4 Factibilidad técnica del proyecto	1.4.1 Evaluación de la factibilidad técnica del proyecto

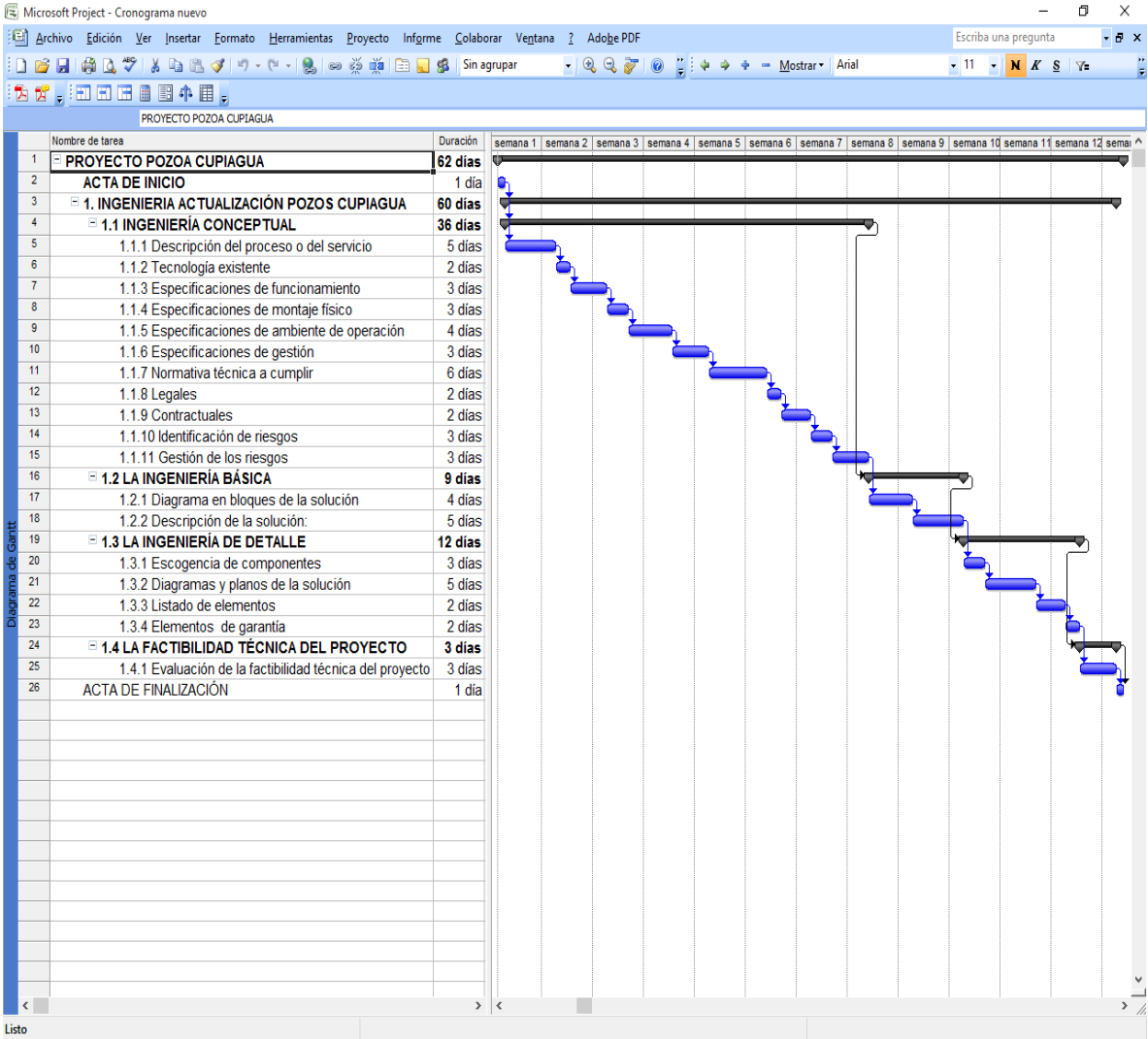
9.1.1 ARBOL DE TAREAS GRAFICO

Figura 8. Árbol de tareas grafico



9.2 CRONOGRAMA DEL PROYECTO

Figura 9. Cronograma



10. ASIGNACIÓN DE RECURSOS A LAS TAREAS

10.1 NIVEL 1

Tabla 12. Asignación recursos tarea 1

Tarea Nivel 1		1. Ingeniería actualización PLC		Costo semanal	Costo Total semanal
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Gerente General	1	3	\$ 3.750.000,00	\$ 52.100.000,00
Personal operativo	Gerente Administrativo	1	2	\$ 3.250.000,00	
	Gerente Comercial	1	1	\$ 3.250.000,00	
	Gerente Técnico	1	4	\$ 3.250.000,00	
	Asistentes	3	8	\$ 1.750.000,00	
	Mensajero	1			
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	2	6	\$ 350.000,00	
	Motocicleta	1			
Bienes de capital (Equipos)	Computador	6	3	\$ 480.000,00	
	celular	6			
Materiales a entregar al cliente	Facturación	Global	4	\$ 140.000,00	
	Correspondencia				

10.2 NIVEL 2

Tabla 13. Asignación recursos tarea 1.1

Tarea Nivel 2		1.1 Ingeniería conceptual		Costo semanal	Costo Total semanal
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Director de proyecto	1	5	\$ 2.400.000,00	\$ 40.100.000,00
Personal operativo	Coordinador de proyecto	1	4	\$ 2.000.000,00	
	Ingeniero QA/QC	1	3	\$ 1.000.000,00	
	Ingeniero de control	1	5	\$ 1.250.000,00	
	Administrador	1	5	\$ 950.000,00	
	Coordinador HSE	1	3	\$ 1.000.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehiculo	2	4	\$ 300.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	3	5	\$ 240.000,00	
	celular	3			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	5	\$ 140.000,00	
	Documentación				

Tabla 14. Asignación recursos tarea 1.2

Tarea Nivel 2		1. 2 Ingeniería Básica		Costo semanal	Costo Total semanal
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Director de proyecto	1	1,5	\$ 2.400.000,00	\$ 19.610.000,00
Personal operativo	Coordinador de proyecto	1	1,5	\$ 2.000.000,00	
	Ingeniero Electricista	1	1,5	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero Instrumentista	1	1,5	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero de control	1	1,5	\$ 1.250.000,00	
	Asistente	1	1,5	\$ 500.000,00	
	Electricista 1A	1	1,5	\$ 750.000,00	
	Instrumentista 1A	1	1,5	\$ 750.000,00	
	Supervisor HSE	1	1,5	\$ 550.000,00	
	Dibujante	1	1,5	\$ 550.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	3	1,5	\$ 850.000,00	
	Equipos de medición	1			
Bienes de capital (Equipos)	Computador	9	1,5	\$ 640.000,00	
	Radio Avantel	3			
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	2	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 15. Asignación recursos tarea 1.3

Tarea Nivel 2		1. 3 Ingeniería de detalle		Costo semanal	Costo Total semanal
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Director de proyecto	1	1,8	\$ 2.400.000,00	\$ 21.402.000,00
Personal operativo	Coordinador de proyecto	1	1,8	\$ 2.000.000,00	
	Ingeniero Electricista	1	1,8	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero Instrumentista	1	1,8	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero de control	1	1,8	\$ 1.250.000,00	
	Asistente	1	1,8	\$ 500.000,00	
	Electricista 1A	1	1,8	\$ 750.000,00	
	Instrumentista 1A	1	1,8	\$ 750.000,00	
	Ingeniero de Configuración	1	1,8	\$ 1.000.000,00	
	Dibujante	1	1,8	\$ 550.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	2	1,8	\$ 300.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	9	1,8	\$ 640.000,00	
	celular	6			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	2	\$ 450.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 16. Asignación recursos tarea 1.4

Tarea Nivel 2		1.4 Factibilidad Técnica		Costo semanal	Costo Total semanal
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Director de proyecto	1	0,4	\$ 2.400.000,00	\$ 4.161.000,00
Personal operativo	Coordinador de proyecto	1	0,4	\$ 2.000.000,00	
	Ingeniero Electricista	1	0,4	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero Instrumentista	1	0,4	\$ 1.250.000,00	
	Asistente	1	0,4	\$ 500.000,00	
	Consultor Externo	1	0,4	\$ 750.000,00	
	Ingeniero de Configuración	1	0,4	\$ 750.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	2	0,4	\$ 300.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	9	0,4	\$ 640.000,00	
	celular	6			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,5	\$ 450.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Costo total Nivel 1 y 2		\$ 137.373.000,00
-------------------------	--	-------------------

10.3 NIVEL 3

Tabla 17. Asignación recursos tarea 1.1.1

Tarea Nivel 3		1. 1.1 Descripción del proceso		Costo Semanal	Costo Total semanal
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Coordinador de proyecto	1	0,7	\$ 2.000.000,00	\$ 5.094.000,00
Personal operativo	Ingeniero Electricista	1	0,7	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero Instrumentista	1	0,7	\$ 1.250.000,00	
	Administrador	1	0,7	\$ 950.000,00	
	Ingeniero Configuración	1	0,7	\$ 1.000.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,7	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,7	\$ 320.000,00	
	Plotter	0			
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	1	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 18. Asignación recursos tarea 1.1.2

Tarea Nivel 3		1.1.2 Tecnología existente		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Coordinador de proyecto	1	0,1	\$ 2.000.000,00	\$ 1.398.000,00
Personal operativo	Consultor Externo	1	0,2	\$ 750.000,00	
	Administrador	1	0,2	\$ 950.000,00	
	Ingeniero Configuración	1	0,2	\$ 1.000.000,00	
	Dibujante	1	0,2	\$ 550.000,00	
	Ingeniero QA/QC	1	0,2	\$ 1.000.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,2	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	7	0,2	\$ 340.000,00	
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	1	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 19. Asignación recursos tarea 1.1.3

Tarea Nivel 3		1.1.3 Especificaciones de funcionamiento		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Coordinador de proyecto	1	0,4	\$ 2.000.000,00	\$ 2.513.000,00
Personal operativo	Ingeniero de Configuración	1	0,4	\$ 1.000.000,00	
	Ingeniero QA/QC	1	0,4	\$ 1.000.000,00	
	Dibujante	1	0,4	\$ 550.000,00	
	Administrador	1	0,4	\$ 950.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,4	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,4	\$ 320.000,00	
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,5	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 20. Asignación recursos tarea 1.1.4

Tarea Nivel 3		1.1.4 Especificaciones de montaje físico		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Ingeniero Electricista	1	0,4	\$ 1.250.000,00	\$ 1.941.000,00
Personal operativo	Supervisor HSE	1	0,4	\$ 550.000,00	
	Dibujante	1	0,4	\$ 550.000,00	
	Electricista 1A	1	0,4	\$ 750.000,00	
	Instrumentista 1A	1	0,4	\$ 750.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,4	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	5	0,4	\$ 540.000,00	
	Plotter	1			
	Radios Avantel	2			
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,5	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 21. Asignación recursos tarea 1.1.5

Tarea Nivel 3		1.1.5 Especificaciones de ambiente de operación		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Coordinador HSE	1	0,5	\$ 1.000.000,00	\$ 1.870.000,00
Personal operativo	Supervisor HSE	1	0,5	\$ 550.000,00	
	Administrador	1	0,5	\$ 950.000,00	
	Asistente Administrativo	1	0,5	\$ 350.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,5	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,5	\$ 240.000,00	
	celular	2			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	1	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 22. Asignación recursos tarea 1.1.6

Tarea Nivel 3		1.1.6 Especificaciones de gestión		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Coordinador Calidad	1	0,4	\$ 1.000.000,00	\$ 1.646.000,00
Personal operativo	Ingeniero QA/QC	1	0,4	\$ 1.000.000,00	
	Coordinador HSE	1	0,4	\$ 1.000.000,00	
	Asistente Administrativo	1	0,4	\$ 350.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,4	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,4	\$ 240.000,00	
	celular	2			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,6	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 23. Asignación recursos tarea 1.1.7

Tarea Nivel 3		1.1.7 Normativa técnica a cumplir		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Director de proyecto	1	0,8	\$ 2.400.000,00	\$ 5.466.000,00
Personal operativo	Ingeniero Electricista	1	0,8	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero Instrumentación	1	0,8	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero QA/QC	1	0,8	\$ 1.000.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	2	0,8	\$ 300.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,8	\$ 320.000,00	
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	1	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 24. Asignación recursos tarea 1.1.8

Tarea Nivel 3		1.1.8 Legales		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Gerente técnico	1	0,2	\$ 3.250.000,00	\$ 2.171.000,00
Personal operativo	Director de Proyecto	1	0,2	\$ 2.400.000,00	
	Consultor externo	1	0,2	\$ 750.000,00	
	Gerente Administrativo	1	0,2	\$ 3.250.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	2	0,2	\$ 300.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	3	0,2	\$ 280.000,00	
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,5	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 25. Asignación recursos tarea 1.1.9

Tarea Nivel 3		1.1.9 Contractuales		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Gerente Técnico	1	0,2	\$ 3.250.000,00	\$ 1.799.000,00
Personal operativo	Director de Proyecto	1	0,2	\$ 2.400.000,00	
	Jefe de desarrollo	1	0,2	\$ 1.250.000,00	
	Jefe de licitaciones	1	0,2	\$ 1.250.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,2	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,2	\$ 320.000,00	
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,3	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 26. Asignación recursos tarea 1.1.10

Tarea Nivel 3		1.1.10 Identificación de riesgos		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Director de proyecto	1	0,4	\$ 2.400.000,00	\$ 1.845.000,00
Personal operativo	Coordinador HSE	1	0,4	\$ 1.000.000,00	
	Supervisor HSE	1	0,4	\$ 550.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,4	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	3	0,4	\$ 200.000,00	
	celular	2			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,5	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 27. Asignación recursos tarea 1.1.11

Tarea Nivel 3		1.1.11 Gestión de los riesgos		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Director de proyecto	1	0,4	\$ 2.400.000,00	\$ 1.845.000,00
Personal operativo	Coordinador HSE	1	0,4	\$ 1.000.000,00	
	Supervisor HSE	1	0,4	\$ 550.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,4	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	3	0,4	\$ 200.000,00	
	celular	2			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,5	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 28. Asignación recursos tarea 1.2.1

Tarea Nivel 3		1.2.1 Diagrama en bloques de la solución		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Gerente Técnico	1	0,4	\$ 3.250.000,00	\$ 9.110.000,00
Personal operativo	Director de proyecto	1	0,6	\$ 2.400.000,00	
	Coordinador de proyecto	1	0,6	\$ 2.000.000,00	
	Dibujante	1	0,6	\$ 550.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	2	0,6	\$ 300.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,4	\$ 360.000,00	
	Plotter	1			
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,5	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 29. Asignación recursos tarea 1.2.2

Tarea Nivel 3		1.2.2 Descripción de la solución		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Director de proyecto	1	0,3	\$ 2.400.000,00	\$ 5.232.000,00
Personal operativo	Coordinador de proyecto	1	0,7	\$ 2.000.000,00	
	Ingeniero configuración	1	0,7	\$ 1.000.000,00	
	Ingeniero Electricista	1	0,7	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero Instrumentista	1	0,7	\$ 1.250.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	2	0,7	\$ 300.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	5	0,7	\$ 360.000,00	
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,8	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 30. Asignación recursos tarea 1.3.1

Tarea Nivel 3		1.3.1 Escogencia de componentes		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Director de proyecto	1	0,2	\$ 2.400.000,00	\$ 2.093.000,00
Personal operativo	Ingeniero de configuración	1	0,4	\$ 1.000.000,00	
	Ingeniero QA/QC	1	0,4	\$ 1.000.000,00	
	Jefe de desarrollo	1	0,4	\$ 1.250.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,4	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,4	\$ 320.000,00	
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,5	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Tabla 31. Asignación recursos tarea 1.3.2

Tarea Nivel 3		1.3.2 Diagramas y planos de la solución		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Coordinador de proyecto	1	0,3	\$ 2.000.000,00	\$ 3.992.000,00
Personal operativo	Ingeniero de configuración	1	0,7	\$ 1.000.000,00	
	Ingeniero Instrumentista	1	0,7	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero Electricista	1	0,7	\$ 1.250.000,00	
	Dibujante	1	0,7	\$ 550.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,7	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,7		
	Plotter	1			
	celular	4		\$ 360.000,00	
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,8		
	Documentos de Ingeniería			\$ 250.000,00	

Tabla 32. Asignación recursos tarea 1.3.3

Tarea Nivel 3		1.3.3 Listado de elementos		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Coordinador de proyecto	1	0,1	\$ 2.000.000,00	\$ 1.491.000,00
Personal operativo	Ingeniero de configuración	1	0,3	\$ 1.000.000,00	
	Ingeniero Instrumentación	1	0,3	\$ 1.250.000,00	
	Ingeniero Electricista	1	0,3	\$ 1.250.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,3	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,3		
	celular	4		\$ 320.000,00	
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,4		
	Documentos de Ingeniería			\$ 250.000,00	

Tabla 33. Asignación recursos tarea 1.3.4

Tarea Nivel 3		1.3.4 Elementos de garantía		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Gerente técnico	1	0,1	\$ 3.250.000,00	\$ 2.291.000,00
Personal operativo	Jefe de desarrollo	1	0,3	\$ 1.250.000,00	
	Gerente administrativo	1	0,3	\$ 3.250.000,00	
	Jefe de licitaciones	1	0,3	\$ 1.250.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,3	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4	0,3		
	celular	4		\$ 320.000,00	
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,4		
	Documentos de Ingeniería			\$ 250.000,00	

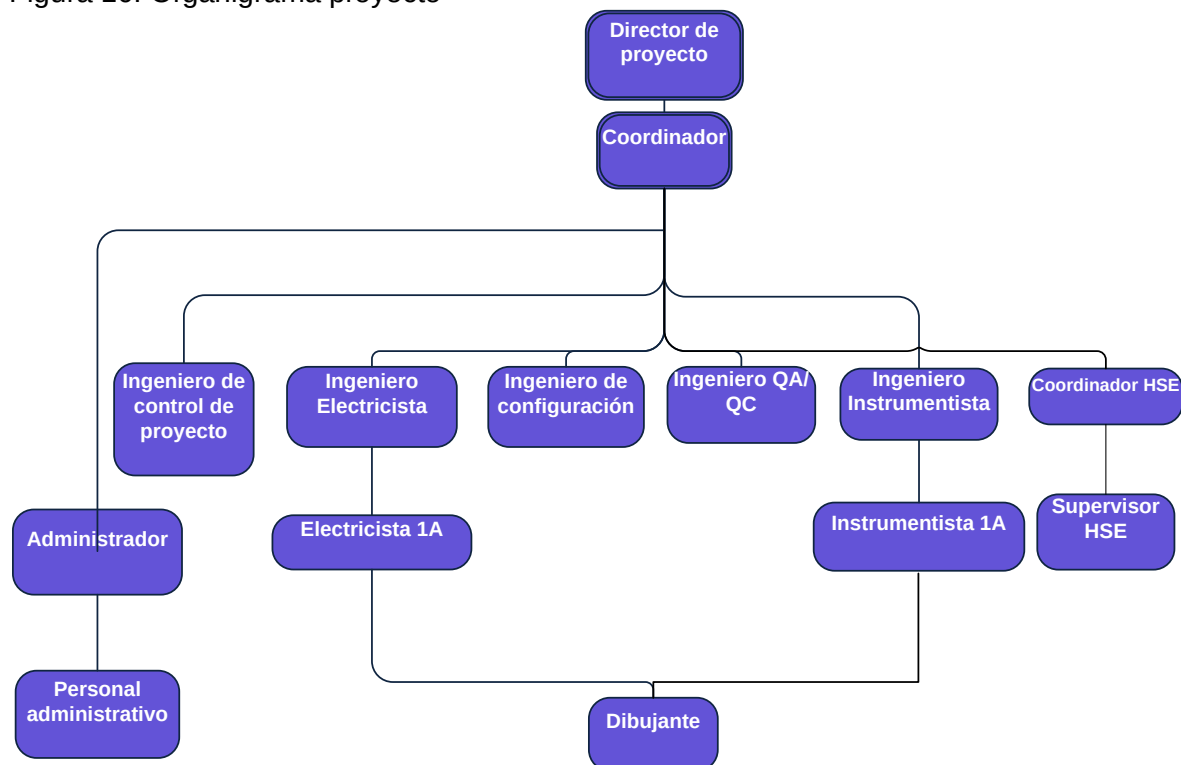
Tabla 34. Asignación recursos tarea 1.4.1

Tarea Nivel 3		1.4.1 Evaluación de la factibilidad técnica del proyecto		Costo Semanal	Costo Total semana
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración (semanas)		
Directivo responsable	Gerente General	1	0,2	\$ 3.750.000,00	\$ 4.963.000,00
Personal operativo	Gerente técnico	1	0,4	\$ 3.250.000,00	
	Gerente Administrativo	1	0,4	\$ 3.250.000,00	
	Gerente comercial	1	0,4	\$ 3.250.000,00	
Bienes de capital (Maquinaria)	Vehículo	1	0,4	\$ 150.000,00	
Bienes de capital (Equipos)	Computador	4		0,4	
	celular	4			
Materiales a entregar al cliente	Informes	Global	0,5	\$ 250.000,00	
	Documentos de Ingeniería				

Costo total Nivel 3		\$ 56.760.000,00
---------------------	--	------------------

10.4 ORGANIRAMA DEL PROYECTO

Figura 10. Organigrama proyecto



10.5 ORGANIRAMA ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA

Figura 11. Organigrama administrativo



10.6 GASTOS ADMINISTRATIVOS DE LA EMPRESA

Tabla 35. Gastos Administrativos

Cargo	Salario Mensual	Carga prestacional	Valor semanal	Cant. semanas	Total
Gerente general	\$ 15.000.000,00	\$ 9.000.000,00	\$ 3.750.000,00	3,2	\$ 19.200.000,00
Gerente técnico	\$ 13.000.000,00	\$ 7.800.000,00	\$ 3.250.000,00	5,3	\$ 27.560.000,00
Gerente Comercial	\$ 13.000.000,00	\$ 7.800.000,00	\$ 3.250.000,00	1,4	\$ 7.280.000,00
Revisor fiscal	\$ 4.000.000,00	\$ 2.400.000,00	\$ 1.000.000,00	1,1	\$ 1.760.000,00
Gerente Admón.	\$ 13.000.000,00	\$ 7.800.000,00	\$ 3.250.000,00	3,1	\$ 16.120.000,00
Jefe de licitaciones	\$ 5.000.000,00	\$ 3.000.000,00	\$ 1.250.000,00	0,5	\$ 1.000.000,00
Jefe de recursos humanos	\$ 4.000.000,00	\$ 2.400.000,00	\$ 1.000.000,00	1	\$ 1.600.000,00
Jefe de desarrollo de proyectos	\$ 5.000.000,00	\$ 3.000.000,00	\$ 1.250.000,00	1,1	\$ 2.200.000,00
Consultor externo	\$ 3.000.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 750.000,00	1	\$ 1.200.000,00
Asistente de licitaciones	\$ 2.000.000,00	\$ 1.200.000,00	\$ 500.000,00	0,5	\$ 400.000,00
Contador	\$ 3.000.000,00	\$ 1.800.000,00	\$ 750.000,00	1	\$ 1.200.000,00
Coordinador HSE	\$ 4.000.000,00	\$ 2.400.000,00	\$ 1.000.000,00	4,7	\$ 7.520.000,00
Coordinador de proyectos	\$ 8.000.000,00	\$ 4.800.000,00	\$ 2.000.000,00	8,2	\$ 26.240.000,00
Personal operativo área comercial	\$ 6.000.000,00	\$ 3.600.000,00	\$ 1.500.000,00	1,5	\$ 3.600.000,00
Asistente Administrativo	\$ 1.400.000,00	\$ 840.000,00	\$ 350.000,00	1,1	\$ 616.000,00
Personal técnico y operativo área técnica	\$ 6.000.000,00	\$ 3.600.000,00	\$ 1.500.000,00	1,5	\$ 3.600.000,00
TOTAL					\$ 121.096.000,00

10.7 GASTOS FINANCIEROS DE LA EMPRESA

Tabla 36. Gastos Financieros

Ítem	Descripción	Costo semanal
Intereses y obligaciones	Deuda	\$ 3.862.500,00
Cuatro por mil	Impuesto	\$ 60.000,00
TOTAL		\$ 3.922.500,00

10.8 GASTOS GENERALES DE LA EMPRESA

Tabla 37. Gastos Generales

Concepto	Duración (semanas)	Valor semanal	Total
Arrendamiento	8	\$ 500.000,00	\$ 4.000.000,00
Pago de servicios públicos	8	\$ 375.000,00	\$ 3.000.000,00
Parqueadero	8	\$ 200.000,00	\$ 1.600.000,00
Seguros	8	\$ 500.000,00	\$ 4.000.000,00
Seguridad	8	\$ 750.000,00	\$ 6.000.000,00
Cafetería	8	\$ 500.000,00	\$ 4.000.000,00
Papelería	8	\$ 150.000,00	\$ 1.200.000,00
TOTAL			\$ 23.800.000,00

10.9 COSTO TOTAL PROYECTO

Tabla 38. Costo Total

Concepto	Total
Actividades Nivel 1 y 2	\$ 137.373.000,00
Actividades Nivel 3	\$ 56.760.000,00
Gastos Administrativos	\$ 121.096.000,00
Gastos financieros	\$ 3.922.500,00
Gastos generales	\$ 23.800.000,00
COSTO TOTAL PROYECTO	\$ 342.951.500,00

10.10 PRECIO DE VENTA FINAL CON UTILIDAD

Tabla 39. Costo final con utilidad

DESCRIPCION	TOTAL
Costo del proyecto	\$ 342.951.500,00
Utilidad	35%
Total	\$ 527.617.692

10.11 PRECIO DE VENTA MINIMO

Tabla 40. Costo de venta mínimo

DESCRIPCION	TOTAL
Costo final con utilidad	\$ 527.617.692
Descuento	5%
Total	\$ 502.493.040

11. RECOMENDACIONES

1. Las actividades de mantenimiento del sistema de control en los pozos del campo CUIAGUA son adelantadas por un grupo reducido de personal propio de Ecopetrol, que debido a las distancias entre los pozos y el CPF es ineficiente; por tal motivo se recomienda que esta actividad sea tercerizada para garantizar mayor recurso humano y así garantizar la meta de producción y el correcto funcionamiento de estos sistemas.
2. Una vez realizada la actualización de los sistemas mencionados hacer la actualización del sistema InfoPlus 21 encargado del monitoreo de la producción en los pozos.
3. Teniendo en cuenta que los nuevos sistemas a implementar tiene un consumo menor en potencia, se sugiere realizar el cambio de las baterías de respaldo actualmente instaladas, debido a su obsolescencia.
4. Implementar talleres de socialización a todo nivel para difundir las actividades a realizar y hacer un análisis conjunto que permita minimizar los riesgos.
5. Según los reportes de ventas de gas de Ecopetrol, se recomienda realizar la actualización de los sistemas de control durante las épocas de Semana Santa y diciembre.

GLOSARIO

WHCP o Panel de control en cabeza de pozo: es el equipo dominante en la industria de petróleo y gas para proteger las instalaciones de campos petroleros y el medio ambiente, evitando que se produzcan incendios en cabeza de pozo y los incidentes de emergencia, que es uno de los sistemas de control principales para garantizar la producción de petróleo del campo petrolífero y el transporte de forma segura la operación de acuerdo con las normas internacionales y reglamentación nacional. El Panel de control en cabeza de pozo se compone de la unidad hidráulica de potencia, la tubería y la válvula de ajuste y de instrumentos y dispositivos de control eléctricos. Suministro de HPU recurso hidráulico para abrir y cerrar SSV incluyendo MSSV, WSSV y SCSSV. (Petro-king, 2012).

CPF: es el acrónimo de la planta de procesamiento central, en la industria del Petróleo y Gas, CPF pertenece a la actividad aguas arriba, la unidad de producción que realiza la primera transformación del petróleo crudo o gas natural después de los pozos de producción. (© 2B1st Consulting, 2012).

Radio frecuencia: El término radiofrecuencia (abreviado RF), también denominado espectro de radiofrecuencia, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre 3 hercios (Hz) y 300 gigahercios (GHz). (canga, 2011)

PLC o control lógico programable: PLC significa Controlador Lógico Programable, de su original en inglés Programmable Logic Controller. Un PLC es un computador especialmente diseñado para la automatización industrial, que tiene como principal función, controlar una máquina o proceso industrial. (Mateos, 2011)

Hombre/Maquina (HMI): También conocidas como displays, pantallas de operador o simplemente HMI (por sus siglas en inglés), las interfaces Hombre-Máquina establecen la comunicación entre el operario y su proceso estableciendo un control y monitoreo; Las HMI integran prestaciones que anteriormente sólo encontrábamos en plataformas dedicadas al control y automatización como PLC's. (Revista Electro industria, 2013).

Set Point: Es cualquier punto de ajuste de alguna variable de un sistema de control automático. Puede ser: Nivel; presión, temperatura; desplazamiento; rotación; etc. (Glosarios, 2011).

Cuarto de control: Sitio en donde se concentra el equipo que controla las funciones de operación del proceso de producción. (Enriquez, 2000)

BIBLIOGRAFÍA

- © 2B1st Consulting. (2012). *Definition de CPF*. Obtenido de <http://www.2b1stconsulting.com/cpf/>
- ALLEN BRADLEY. (s.f.). *ROCKWELL AUTOMATION*. Obtenido de http://www.omnielectric.es/productos/logica_control/automatas/controllogix-clase400.html
- Allen-Bradley & Rockwell software. (s.f.). *RSLinx Classic*. Obtenido de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/gr/linx-gr001_-en-e.pdf
- Allen-Bradley. (s.f.). *ControlLogix System*. Obtenido de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001_-en-p.pdf
- Allen-Bradley. (s.f.). *Módulo de entradas analógicas*. Obtenido de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1771-um116_-es-p.pdf
- Allen-Bradley®. (s.f.). *Allen-Bradley® Component Level*. Obtenido de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/2711r-br001_-en-p.pdf
- AMBIENTAL, C. (s.f.). *LEY 6 DE 1979*. Obtenido de ftp://ftp.camara.gov.co/camara/basedoc/ley/1979/ley_0006_1979.html
- Can Electric Co. Ltd. (s.f.). *Allen Bradley PLC-5 1771-OD16/1771OD16*. Obtenido de http://spanish.everychina.com/f-z52d83d0/p-98731644-allen_bradley_plc_5_1771_od16_1771od16.html
- canga, R. (2011). *Radio comunicaciones*. Obtenido de <http://serbal.pntic.mec.es/srug0007/archivos/radiocomunicaciones/1%20INTRODUCCI%20N/1%20Radiofrecuencia.pdf.pdf>
- COLOMBIANA, L. (s.f.). *RED JUSTICIA*. Obtenido de <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2014/04/decreto-ley-2811-de-1974.pdf>

Enriquez, G. (2000). *El abc de la instrumentación en el control de procesos industriales*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=5cu4AgAAQBAJ&pg=PA32&lpg=PA32&dq=que+es+cuarto+de+control+en+instrumentacion&source=bl&ots=A7RTI95P0D&sig=c6ygfLxG53B1M2XIOX18g7AkSyg&hl=es&sa=X&ved=0CDsQ6AEwBmoVChMI sPPL2s2fyAlVxHYeCh1wlwDs#v=onepage&q=que%20es%20cuar>

Glosarios. (2011). *Glosario Instrumentación de medición y control / Término*. Obtenido de <http://glosarios.servidor-alicante.com/instrumentacion/set-point>

Mateos, F. (2011). *Sistemas automatizados-automatas programables*. Obtenido de <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>

Petro-king. (2012). *Wellhead Control Panel*. Obtenido de <http://www.petro-king.cn/uploadfiles/en/Files/2012/8/20120829143052.pdf>

Revista Electro industria. (Marzo de 2013). *INTERFACES HOMBRE-MÁQUINA*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2020>

Rockwell Automation. (s.f.). *Chasis 1771*. Obtenido de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1771-in075_-en-p.pdf

Rockwell Automation. (s.f.). *Digital I/O Modules*. Obtenido de <http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/1239760/1551233/Digital-I-O-Modules.html>

Rockwell Automation. (s.f.). *Power Supplies*. Obtenido de <http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/1239760/1551238/print.html>

Rockwell automation. (s.f.). *Rockwell software*. Obtenido de <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/rslogix500.page>

SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). *Schneider Electric Global Website*. Obtenido de <http://www.schneider-electric.com/products/es/es/3900-pac-plc-y-otros-controladores/3910-controladores-plc-y-pac-para-maquinas-industriales/62128-controlador-logico-modicon-m221/>

SIEMENS. (s.f.). *SIEMENS COLOMBIA*. Obtenido de
<http://www.siemens.com/entry/co/es/#product/2041380>