

**APOYO, SUPERVISIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO A LA ESPECIALIDAD CIVIL  
DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS (PIN) PARA EL DESARROLLO DE  
PROYECTOS ASIGNADOS A LA GERENCIA DE PROYECTOS DE  
REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA (GRP)**

**INGRID JOHANA HOYOS LUNA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2014**

Informe Final del Trabajo de Grado en Modalidad de Práctica Empresarial

**APOYO, SUPERVISIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO A LA ESPECIALIDAD CIVIL  
DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS (PIN) PARA EL DESARROLLO DE  
PROYECTOS ASIGNADOS A LA GERENCIA DE PROYECTOS DE  
REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA (GRP)**

**INGRID JOHANA HOYOS LUNA**

Trabajo de Grado presentado como Requisito parcial  
Para optar por el Título de Ingeniera Civil

Director:

**ÁLVARO VIVIESCAS JAIMES**

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2014**

## ***DEDICATORIA***

Este trabajo está dedicado a Dios todopoderoso, a mi familia en especial a mi padre Arizo Hoyos Ramírez y a mis hermanos Richard Hoyos, Leydi Hoyos y Juan Sebastián Hoyos, a mis amigos Valerie Dennerlein, Pahula Jaimes, Iván Celis, Alejandro Fajardo, Lizbeth Ruiz, Francia del Pilar, Melissa Ardila, Lucerito Garzón, Johan Aldana; a mi ahijado Andrés Felipe Valencia Ardila y a mi Amor Juan Manuel Cadena Fonseca; a todos ellos quiero agradecerles por estar presente en mi vida y quiero expresarles mi más sincero afecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, en especial a mi padre quien siempre me ha brindado su apoyo incondicional, a mis amigos por acompañarme durante esta etapa de mi vida, por siempre creer en mis capacidades y fortalecerme con su voz de aliento.

A la empresa ECOPETROL S.A por permitirme realizar una práctica tan completa, y en especial a los Ingenieros Civiles Carlos Barajas e Ivan Ochoa, por su tiempo, comprensión y disposición de enseñar.

A los integrantes del departamento de Ingeniería (PIN), quiero agradecerles por brindarme su apoyo, comprensión e indiscutiblemente su amistad en esta etapa de mi vida. También quiero agradecerles que aun perteneciendo a otras especialidades transmitieran su conocimiento y siempre estuvieran dispuestos a ofrecer lo mejor de cada uno.

Al Ingeniero Álvaro Viviescas Jaimes, director de proyecto, por su apoyo durante el desarrollo de la práctica.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	16
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	16
1.1 Negocio del Downstream.....	17
1.2 ¿Por qué se realizan proyectos? .....	17
1.3 Proyectos del negocio de refinación y petroquímica.....	17
1.4 Proceso de maduración de los Proyectos.....	18
1.5 Definición de las ingenierías .....	19
1.5.1 Ingeniería Conceptual: .....	19
1.5.2 Ingeniería Básica:.....	19
1.5.3 Ingeniería Detallada: .....	19
1.6 Departamento de Ingeniería (PIN).....	20
1.7 Cultura HSE.....	20
2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	21
2.1 Revisión y/o elaboración de documentos .....	21
2.2 Revisión y/o elaboración de planimetrías. ....	21
2.3 Revisión y/o elaboración de cantidades de obra .....	21
2.4 Seguimiento y Revisión de los estudios técnicos .....	21

2.5	Actividades Complementarias .....	22
3.	INGENIERÍAS .....	22
3.1	Ingeniería básica para la presurización del cuarto de control de TURBOEXPANDER (Revisión) .....	22
3.1.1	Alcance general del proyecto .....	23
3.1.2	Taller de constructibilidad.....	24
3.1.3	Estudio de suelos .....	24
3.1.4	Análisis estructural .....	24
3.1.5	Planimetrías .....	25
3.1.6	Cantidades de obra .....	25
3.2	Ingeniería básica subestación eléctrica nuevo laboratorio refinería de Cartagena (Diseño) .....	25
3.2.1	Alcance general del proyecto .....	26
3.2.2	Geometría de la estructura.....	26
3.2.3	Estudio de suelos .....	27
3.2.4	Cargas.....	28
3.2.5	Diseño y modelamiento.....	28
3.2.6	Chequeo de la cimentación.....	30
3.2.7	Planimetrías .....	30
3.3	Ingeniería de detalle, compras, construcción y montaje de equipos para el nuevo sistema SCADA eléctrico de la gerencia refinería de Barrancabermeja (revisión).....	31
3.3.1	Alcance general del proyecto .....	31
3.3.2	Disposición Banco de ductos .....	31
3.3.3	Estudio del subsuelo con georadar .....	32
3.3.4	Planimetrías .....	33

3.4	Ingeniería Básica reposición del cabezal de gas ácido lado sur de la GRB	
	(Revisión) .....	33
3.4.1	Alcance general del proyecto .....	34
3.4.2	Memorias de cálculo .....	34
3.4.3	Planimetrías .....	35
4.	RESULTADOS .....	35
5.	CONCLUSIONES.....	36
	BIBLIOGRAFIA .....	36

## LISTA DE FIGURA

<i>Figura 1. Refinería de Barrancabermeja [1].....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2. Organigrama Vicepresidencia ejecutiva del Downstream[1].....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3. Organigrama vicepresidencia de refinación y petroquímica. [1] .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4. Organigrama de la gerencia de proyectos de refinación y petroquímica. [1].....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5. Ubicación del cuarto de control en la refinería de Barrancabermeja. [4]23</i>	
<i>Figura 6. Fachada Arquitectónica del cuarto de control [5].....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 7. Ubicación del Proyecto dentro de la refinería de Cartagena. [4].....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8. Geometría patio de transformadores [7]. .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9. Ubicación del patio de transformadores respecto a la subestación eléctrica [8].....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 10. Diagrama de momentos en dirección Y [7]. .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 11. Diagrama de momentos en dirección X [7].....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12. Diagrama de cortante [7]. .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 13. Cartilla de refuerzo [11].....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 14. Modelamiento de la estructura metálica para la cubierta. [7].....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 15. Chequeo de esfuerzos en la cimentación. [7]. .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 16. Sección banco de ducto enterrado. [12]. .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 17. Tramo enterrado banco de ducto. [12].....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 18. Tramo aéreo banco de ductos. [12]. .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 19. Detección con Ground Penetrating Radar. [13]. .....</i>	<i>33</i>

<i>Figura 20. Radargrama. [13].</i> .....	33
<i>Figura 21. Ruta DOL a ET-005. [12].</i> .....	33
<i>Figura 22. Línea de tuberías. [14].</i> .....	34
<i>Figura 23. Geometría de la Fosa A-362. [14].</i> .....	34

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Parámetros geotécnicos y sísmicos [7], [9].</i>	27
<i>Tabla 2. Combinaciones de carga [10].</i>	28

## LISTA DE GRAFICAS

<i>Gráfica 1. Espectro de Diseño Cartagena [7]</i> .....	27
--	----

## RESUMEN EJECUTIVO DEL TRABAJO DE GRADO

**TÍTULO:** APOYO, SUPERVISIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO A LA ESPECIALIDAD CIVIL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS (PIN) PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS ASIGNADOS A LA GERENCIA DE PROYECTOS DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA (GRP).<sup>†</sup>

**AUTOR:** Ingrid Johana Hoyos Luna<sup>‡</sup>, ingridluna10@hotmail.com

**PALABRAS CLAVES:** Ingenierías conceptual, básica y detallada, Memorias de cálculo, Cantidades de obra, Seguimiento y control.

### RESUMEN

El presente documento describe las actividades efectuadas durante la práctica empresarial realizada en la empresa ECOPETROL S.A en el departamento de ingeniería de Refinación y Petroquímica (PIN), el cual es el encargado del desarrollo y ejecución de las ingenierías y la asesoría técnica de los proyectos asignados a la gerencia de proyectos de refinación y petroquímica (GRP), además coordina la administración de los Contratos Marcos de Ingenierías, el cual se encarga de la elaboración de ingenierías conceptuales, básicas y detalladas que se requieren para los proyectos de reposición e inversión que se desarrollan en la Vicepresidencia de refinación y petroquímica (VRP). ECOPETROL S.A tiene como objeto social el desarrollo de actividades comerciales o industriales en Colombia o en el exterior, relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos; debido al mejoramiento y crecimiento constante de la empresa y al aumento en la demanda de productos por parte de los clientes, Ecopetrol S.A ve la necesidad de realizar nuevos proyecto en pro al cumplimiento de estas solicitudes, cumpliendo con metas propuestas; las ingenierías hacen parte del modelo de maduración y gestión de proyectos permitiendo la buena implementación, organización y planeación de estos.

---

<sup>†</sup> Trabajo de grado desarrollado en la modalidad de práctica empresarial.

<sup>‡</sup> Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil.

Director. Álvaro Viviescas Jaimes.

## ABSTRACT OF THE UNDERGRADUATE PROJECT

**TITLE:** APOYO, SUPERVISIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO A LA ESPECIALIDAD CIVIL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS (PIN) PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS ASIGNADOS A LA GERENCIA DE PROYECTOS DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA (GRP).<sup>§</sup>

**AUTHOR:** Ingrid Johana Hoyos Luna \*\*, ingridluna10@hotmail.com

**KEY WORDS:** Engineering conceptual, basic and detailed, memories of calculation, amounts of work, monitoring and control.

### ABSTRACT

This document describes the activities executed out during the business practice carried out in the company ECOPETROL S.A. in the engineering department of refining and petrochemicals (PIN), which is responsible for the development and implementation of the engineering and technical assistance projects assigned to the management of refining and petrochemical projects (GRP); it also coordinates the administration of Marcos engineering Contracts, which are responsible for the development of conceptual, basic and detailed engineering that is required for the projects of refitting and investment that are developed in the Office of the Vicepresidency of refining and petrochemicals (VRP). Ecopetrol's corporate purpose is the development of commercial or industrial activities in Colombia or abroad, related to the exploration, exploitation, refining, transportation, storage, distribution and marketing of hydrocarbons, their derivatives and products, due to the constant improvement and growth business and increased product demand from customers, Ecopetrol SA sees the need for new project towards the fulfillment of these requests, meeting proposed goals; engineering are part of the maturity model and project management allowing good implementation, organization and planning of these.

---

<sup>§</sup> Final Undergraduate Project developed in the business practice modality

\*\* Physics Mechanical Engineering Faculty. Civil engineering school.

Director. Álvaro Viviescas Jaimes.

# **APOYO, SUPERVISIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO A LA ESPECIALIDAD CIVIL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS (PIN) PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS ASIGNADOS A LA GERENCIA DE PROYECTOS DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA (GRP)**

## **INTRODUCCIÓN**

Ecopetrol S.A se ha caracterizado por ser la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera de Colombia. A través de los años ha demostrado el compromiso que tiene con el pueblo colombiano generando progreso y desarrollo. Esta empresa cuenta con un espacio para que estudiantes puedan realizar su práctica empresarial permitiéndoles adquirir, ampliar y aplicar sus conocimientos en las diferentes especialidades en las que se han preparado; con el objetivo principal de brindarles una etapa de crecimiento y enriquecimiento laboral y profesional.

El practicante de ingeniería civil tiene la oportunidad de participar en las ingenierías realizadas en el

departamento de ingeniería mediante el apoyo, acompañamiento y supervisión de las diferentes actividades en la que la especialidad civil tiene participación, afianzando sus conocimientos a través de la atención de actividades que se le encomiendan, las cuales desempeña conforme a las normas y reglamentos administrativos de la Compañía.

## **1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Ecopetrol S.A es la principal compañía petrolera de Colombia, encargada de actividades comerciales relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos. Esta empresa cuenta con

una amplia gama de negocios que permiten el crecimiento y mejoramiento continuo de la empresa, contando entonces con cuatro negocios que abarcan la totalidad de las actividades comerciales, estos son: El negocio de exploración y producción, transporte y logística, Downstream y la Innovación y tecnología.



**Figura 1. Refinería de Barrancabermeja [1]**

### **1.1 Negocio del Downstream**

La Vicepresidencia ejecutiva del Downstream se encarga de los negocios de Transporte, Refinación y Petroquímica, Suministro y Mercadeo de Ecopetrol S.A. Esta vicepresidencia es la encargada de dirigir, coordinar, vigilar, controlar y

evaluar el cumplimiento de los objetivos, responsabilidades, planes, programas y proyectos del negocio de acuerdo con las estrategias y políticas establecidas.

### **1.2 ¿Por qué se realizan proyectos?**

Centrando el interés en la realización de proyectos y buscando el mejoramiento y crecimiento en los negocios, es importante identificar las necesidades que permiten la implementación de proyectos, en el sector petrolero estas tienen como propósitos los siguientes objetivos:

- Aumentar la producción.
- Mejorar la calidad de los productos.
- Mejorar y aumentar la confiabilidad y durabilidad de proyectos existentes.

### **1.3 Proyectos del negocio de refinación y petroquímica.**

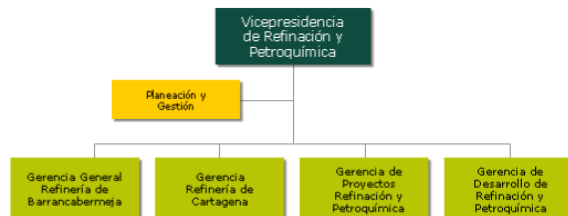
Para el desarrollo de proyectos relacionados con la refinación del

petróleo y petroquímica, la vicepresidencia ejecutiva del Downstream cuenta con la Vicepresidencia de refinación y petroquímica (VRP) la cual se encarga de implementar propuestas de mejoramiento en el negocio de refinación y petroquímica, asegurando la confiabilidad y disponibilidad de la infraestructura operacional de la refinería, también se encarga de orientar y desarrollar estrategias y planes para maximizar el valor agregado de la producción y sus derivados. Además realiza el seguimiento, evaluación y control de los proyectos, programas y actividades que se encuentra bajo su cargo.



**Figura 2. Organigrama Vicepresidencia ejecutiva del Downstream[1].**

La vicepresidencia de refinación y petroquímica asigna a la gerencia de proyectos de refinación y petroquímica (GRP) el desarrollo de los proyectos, estos atraviesan por un proceso de maduración que permite la obtención de proyectos exitosos, que cumplen condiciones elementales del cliente (Ecopetrol S.A) tanto en tiempo, costo, calidad y seguridad.



**Figura 3. Organigrama vicepresidencia de refinación y petroquímica. [1]**

### 1.4 Proceso de maduración de los Proyectos.

Un proceso de maduración debidamente aplicado disminuye esfuerzos, recursos y reprocesos en todas las etapas de los proyectos; por tal razón se establecen fases de

maduración que permiten tener control y optimizar procesos. La primera fase (Fase I) se basa en el planteamiento del problema o necesidad por parte del cliente (ECOPETROL S.A), se fundamenta en el ¿Qué se quiere hacer? estructurando formalmente la idea, la segunda fase (Fase II) es la selección de la alternativa más viable, la cual se realiza mediante un análisis de las diferentes alternativas propuestas mediante la realización de la ingeniería conceptual, la tercera fase (Fase III) es donde se define el ¿cómo se va a realizar el proyecto? utilizando la alternativa definida en la Ingeniería conceptual, en esta fase se realiza la Ingeniería básica y de detalle respectivamente y la última fase (Fase IV o fase de construcción) es donde se ejecuta o construye el proyecto.

## **1.5 Definición de las ingenierías**

### **1.5.1 Ingeniería Conceptual:**

La ingeniería conceptual sirve para identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto, que marca la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica, definiendo el alcance inicial del proyecto. Se basa en un estudio previo (estudio de

viabilidad) y en la definición de los requerimientos del proyecto, describiendo de manera muy breve las premisas y bases generales a tener en cuenta.

### **1.5.2 Ingeniería Básica:**

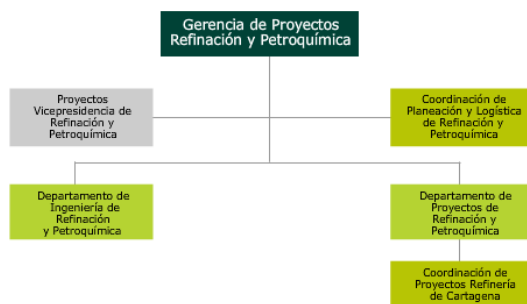
En la ingeniería básica quedarán reflejados en definitiva todos los requerimientos, las especificaciones básicas, el cronograma de realización y la valoración económica. Se define el alcance del proyecto de manera concreta, realizando la totalidad del proyecto sin llegar al detalle. Requiere de la revisión detallada de la ingeniería conceptual cumpliendo con el proceso de maduración del proyecto.

### **1.5.3 Ingeniería Detallada:**

Se desarrollan las especificaciones detalladas de los diseños implementados en la ingeniería básica, complementando la información y permitiendo la finalización de la fase de maduración del proyecto, llevando este a su última fase (Fase de construcción).

## 1.6 Departamento de Ingeniería (PIN)

El departamento de ingeniería es el encargado del desarrollo y ejecución de las ingenierías y la asesoría técnica de los proyectos asignados a la gerencia de proyectos de refinación y petroquímica (GRP). Adicionalmente este departamento coordina la administración de los Contratos Marcos de Ingenierías, el cual se encarga de la elaboración de ingenierías conceptuales, básicas y detalladas que se requieren para los proyectos de reposición e inversión que se desarrollan en la Vicepresidencia de refinación y petroquímica (VRP).



**Figura 4. Organigrama de la gerencia de proyectos de refinación y petroquímica. [1]**

## 1.7 Cultura HSE

Ecopetrol S.A es una empresa comprometida con la salud, seguridad y medio ambiente, que basa su modelo de seguridad industrial en la cultura HSE, la cual se ocupa del manejo y prevención de riesgos relacionados con las operaciones y procedimientos de una empresa. Construir una cultura HSE es una tarea difícil pero sumamente importante, que busca que cada vez más trabajadores actúen de forma segura para su propia convicción promoviendo así comportamientos sanos, seguros y limpios anteponiendo la vida por encima de la operación. La disciplina operativa, aseguramiento de comportamiento, seguridad de procesos, planeación y respuesta a emergencias, salud ocupacional y el medio ambiente son las prácticas que permiten la excelencia HSE y el compromiso con la vida.

## **2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES**

### **2.1 Revisión y/o elaboración de documentos**

Se establecen los parámetros generales para la elaboración y revisión de documentos, verificando codificación, emisión, contenido de información pertinente y uso de palabras técnicas, enfocando estas medidas al mejoramiento del sistema de gestión de calidad. Se utiliza el instructivo para control de documentos técnicos de Ecopetrol. [2]

### **2.2 Revisión y/o elaboración de planimetrías.**

Se estandarizan e integran los parámetros básicos y generales para la representación y presentación de planos, los cuales se deben aplicar a todos los diseños y productos de las ingenierías, siguiendo los lineamientos internos de la empresa, para así garantizar la seguridad,

trazabilidad e identificación de la documentación gráfica. Además se verifica el contenido mediante la comparación de la información con los demás documentos, evidenciando la consistencia y validez entre estos. Se utiliza el instructivo para la elaboración de planos de Ecopetrol S.A. [3].

### **2.3 Revisión y/o elaboración de cantidades de obra**

Se realiza un análisis de las planimetrías con el objetivo de identificar las actividades constructivas que requiere el proyecto obteniendo la cantidad de material a utilizar, lo cual permiten obtener un presupuesto del proyecto. Este proceso necesita de una metodología que permita obtener la información de manera ordenada y ágil.

### **2.4 Seguimiento y Revisión de los estudios técnicos**

Las ingenierías desarrolladas derivan estudios técnicos (estudio de suelos,

análisis estructurales, patologías, etc.) que son realizados por subcontratistas y requieren de seguimiento, control, supervisión y revisión.

## **2.5 Actividades Complementarias**

En pro del mejoramiento de las ingenierías se realizan varias actividades que se enfocan principalmente en el control y seguimiento de estas ingenierías, entre las cuales se encuentra la asistencia a reuniones sistematizadas, talleres de constructibilidad y lecciones aprendidas, así como en la realización de observaciones de comportamiento y seguimiento de los trabajos mediante visitas de campo; como complemento personal e integral de las personas que participan en estas ingenierías se encuentran las diferentes capacitaciones proporcionadas por las empresas o en ocasiones por terceros.

## **3. INGENIERÍAS**

### **3.1 Ingeniería básica para la presurización del cuarto de control de TURBOEXPANDER (Revisión).**

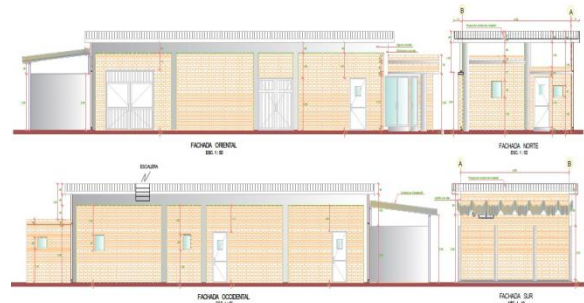
La planta TURBOEXPANDER – U 2450, está diseñada para extraer etano (este gas puede ser aprovechado para producir polietileno) del gas natural proveniente de los campos de producción. El cuarto de control de TURBOEXPANDER es una estructura encargada de albergar los equipos eléctricos que vigilan y controlan el buen funcionamiento de la planta; este cuarto tiene un sistema de refrigeración (equipos de aire acondicionado HVAC) que opera de forma continua con la finalidad de mantener los equipos eléctricos a una temperatura adecuada para su buen funcionamiento y a lo cual se le conoce como presurización.

En el cuarto de control se realizó el cambio de los aires acondicionados por unos más modernos, con el

objetivo de mejorar las condiciones de operación y seguridad de los equipos y trabajadores, esta mejora implica un cambio en las condiciones actuales (de carga) del cuarto de control y las respectivas mejoras arquitectónicas que permitan la correcta presurización de este, por lo tanto se realizaron estudios necesarios para determinar si la estructura se encontraba en condiciones adecuadas para soportar el aumento de las cargas generadas por los nuevos equipos a instalar (carga adicional de 29419 Newton).



**Figura 5. Ubicación del cuarto de control en la refinería de Barrancabermeja. [4]**



**Figura 6. Fachada Arquitectónica del cuarto de control [5]**

### 3.1.1 Alcance general del proyecto

Debido a las nuevas solicitudes de carga, el proyecto contemplo la realización de dos estudios técnicos (Estudio de suelos y un análisis estructural), que permitieron conocer las condiciones en las que se encontraba la estructura, y así tomar las medidas necesarias para dar soluciones al respecto (Mejoramiento del suelo y reforzamiento de la estructura en caso de ser necesario). El proyecto también incluye levantamiento geométrico, detección de sistemas enterrados, impermeabilización y sistemas de drenaje de aguas lluvias de la cubierta, ubicación de cilindros de agente limpio, ubicación de un nuevo

acceso a la cubierta (escalera con su respectiva protección perimetral).

### **3.1.2 Taller de constructibilidad**

Una de las principales preguntas que se suelen presentar cuando se ejecuta un proyecto es el ¿cómo se van a realizar ciertas actividades de construcción? debido a la complejidad de la actividad o las limitaciones del entorno; es entonces cuando se buscan alternativas, métodos, procedimientos y recomendaciones que permitan dar solución a estos inconvenientes, garantizando así la buena planeación, organización y ejecución del proyecto. El informe de constructibilidad debe contener todas las pautas y premisas acordadas durante el taller, este se debe tener en cuenta durante el proceso de construcción.

### **3.1.3 Estudio de suelos**

La revisión del informe del estudio geotécnico debe garantizar que toda la información necesaria para la

ejecución del proyecto se encuentre en este documento. Se verifica la ubicación de la toma de muestras, investigación de los materiales, perfil estratigráfico, resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio y finalmente recomendaciones por parte del geotecnista, esto permite aprobar y validar la nueva solicitud que requiere el cuarto de control de TURBOEXPANDER, siguiendo los lineamientos indicados de la especificación Técnica para estudios de Geotecnia [6].

Se realizaron:

2 perforaciones a 10.45 m de profundidad.

3 apiques a 6.0 m de profundidad

### **3.1.4 Análisis estructural**

Para realizar el análisis estructural del cuarto de control se necesitan de dos factores primordiales: el primero se basa en conocer las propiedades actuales de los materiales con los que fue construida la estructura, los cuales son desconocidos debido a la

antigüedad del cuarto y la falta de información de éste, esto conlleva a la realización de ensayos (destructivos y no destructivos) para obtener dicha información. El segundo factor corresponde a los parámetros geotécnicos obtenidos del estudio de suelos.

La revisión del informe del análisis estructural se fundamenta en la verificación de la información utilizada para el modelamiento y análisis de la estructura, garantizando que estos sean coherentes con los especificados por el estudio de suelos y las propiedades de los materiales obtenidos de los ensayos realizados, además se debe hacer una revisión de las memorias de cálculo comprobando que el dimensionamiento de la estructura y el espectro de diseño utilizado sean en base a datos reales.

### **3.1.5 Planimetrías**

Con las modificaciones arquitectónicas realizadas tanto externas como internas al cuarto de control, se llevó a cabo la

actualización de las planimetrías que representan el estado actual del cuarto de control garantizando así la veracidad de la información. Para la revisión y validación de las planimetrías debe existir una amplia comunicación con las demás especialidades, ya que un cambio o incoherencia puede impactar el resultado final del proyecto.

### **3.1.6 Cantidades de obra**

Generalmente las planimetrías contienen un cuadro de cantidades específicas del plano, que permiten discretizar el material a utilizar por cada actividad constructiva, una vez verificadas estas cantidades se condensa la información obteniendo un listado total de cantidades, con las cuales se realiza el presupuesto final del proyecto.

### **3.2 Ingeniería básica subestación eléctrica nuevo laboratorio refinera de Cartagena (Diseño)**

La subestación eléctrica será la encargada de distribuir la energía eléctrica para el nuevo laboratorio de

la refinería de Cartagena, el cual es alimentado por dos transformadores que efectúan la tarea de intermediadores, reduciendo los altos niveles de voltaje (con el cual es transmitida la energía) a magnitudes inferiores, que permiten derivar circuitos a los usuarios en medias o bajas tensiones.

### 3.2.1 Alcance general del proyecto

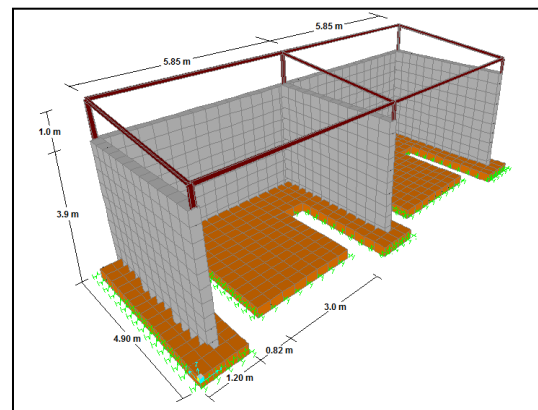
El proyecto comprende el patio de transformadores, requerido por el proyecto del nuevo laboratorio de la refinería de Cartagena, para el cual se desarrollaron los respectivos diseños a nivel básico de la cubierta, fundaciones y elementos estructurales de soporte.



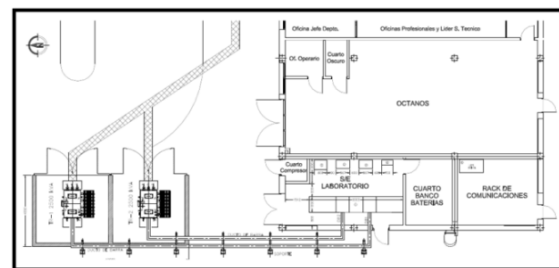
**Figura 7. Ubicación del Proyecto dentro de la refinería de Cartagena. [4]**

### 3.2.2 Geometría de la estructura

El patio de transformadores consiste en muros cortafuego (e=0.25 m) en concreto reforzado, cimentados sobre zapatas combinadas (e=0.30 m); con un cerramiento superior que se basa en una cubierta soportada por una estructura metálica de una sola vertiente.



**Figura 8. Geometría patio de transformadores [7].**



**Figura 9. Ubicación del patio de transformadores respecto a la subestación eléctrica [8].**

### 3.2.3 Estudio de suelos

Para el diseño y modelación de la estructura, se requiere de un estudio de suelos, pero debido a que se contó con un estudio existente y cercano al proyecto, se tomó de este la información necesaria para el modelamiento estructural.

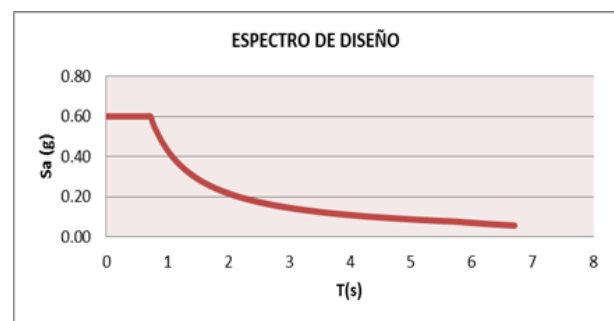
- *Estudio geotécnico para verificación del sistema de cimentación en el laboratorio y determinación de las capacidades portantes y características del subsuelo en la cafetería de la refinería de Cartagena - MER S.A (Ejecutado en enero de 2013).*

**Tabla 1. Parámetros geotécnicos y sísmicos [7], [9].**

<b>Capacidad portante</b>	20.66	<b>Ton/m<sup>2</sup></b>
<b>Profundidad de Desplante</b>	1.5	<b>m</b>
<b>Zona de Amenaza sísmica</b>	Baja	
<b>Grupo de uso</b>	IV	
<b>Tipo de Suelo</b>	D	
<b>Factor de Importancia</b>	1.5	
<b>Valor máximo de</b>	0.6	

<b>aceleración (Sa máx)</b>		
<b>Sistema Estructural</b>	Muros	
<b>Capacidad de Disipación de Energía</b>	DES	
<b>Coefficiente de Disipación de energía</b>	2	
<b>Coefficientes</b>	Aa=0.1 Av=0.1 Fa=1.6 Fv=2.4	

Conociendo los parámetros geotécnicos y sísmicos del lugar, se calcula el espectro de diseño utilizando una hoja programada en Microsoft Excel. Este espectro simula las condiciones de aceleración máximas que se pueden presentar.



**Gráfica 1. Espectro de Diseño Cartagena [7]**

### 3.2.4 Cargas

Para el diseño se tuvieron en cuenta las diferentes cargas que afectaban a la estructura, basándose en la ubicación y uso de esta, estas cargas fueron las siguientes: Carga muerta (D), carga viva (L), carga por viento (W) y carga de sismo (E).

#### 4.2.4.1 Combinaciones de Cargas

Las combinaciones se utilizan con la finalidad de mejorar el comportamiento de las estructuras frente a la ocurrencia simultánea de las diferentes cargas y situaciones. Estas se deben tener en cuenta para el diseño y modelamiento de la estructura.

**Tabla 2 . Combinaciones de carga [10].**

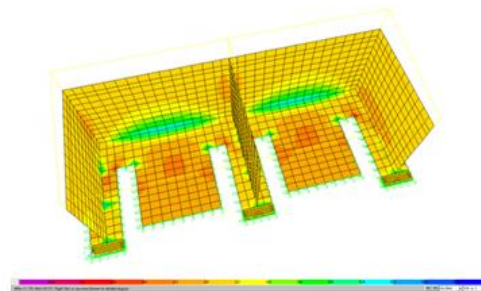
COMBINACIÓN DE CARGAS DE SERVICIO	
1	D
2	D+L
3	D+0.7E
4	D+0.75W+0.75L
5	D+0.75(0.7E)+0.75L

6	0.6D+W
7	0.6D+0.7E
COMBINACIÓN DE CARGAS MAYORADAS	
1	1.4D
2	1.2D+1.6L
3	1.2D+0.8W
4	1.2D+E+L
5	0.9D+1.6W
6	0.9D+E

### 3.2.5 Diseño y modelamiento

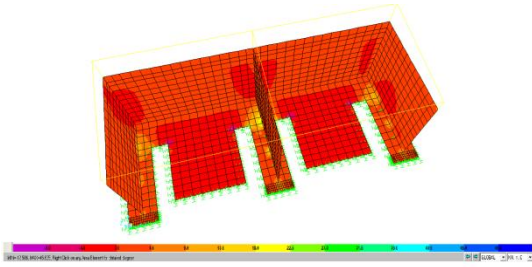
Modelar una estructura permite simular el comportamiento esperado de esta ante ciertos eventos, permitiendo la obtención de datos que permiten un diseño adecuado y confiable.

#### 4.2.5.1 Muros Cortafuego



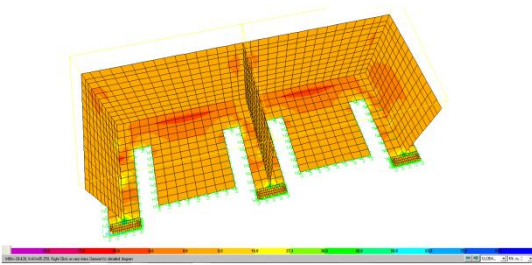
$M_{max} = 18320 \text{ [N *m]}$

**Figura 10. Diagrama de momentos en dirección Y [7].**



$M_{max} = 45640 \text{ [N*m]}$

**Figura 11. Diagrama de momentos en dirección X [7]**



$V_{max} = 85000 \text{ [N]}$

**Figura 12. Diagrama de cortante [7].**

Debido a las solicitaciones por momento y cortante y por facilidades constructivas, se estableció colocar en todas las direcciones refuerzo de  $\frac{1}{2}$  pulgada con una separación entre barras de 0.20 [m].

MARCA	FIGURA	DIAMETRO (mm)	CANTIDAD	PESO [Kg/m]	LONGITUD PARCIAL [m]				LONGITUD TOTAL [m]	PESO PARCIAL [Kg]
					A	B	C	D		
1	C	12.70	40	0.994	3.60	0.4	—	—	4.00	159.04
2	B	12.70	20	0.994	6	—	—	—	6	119.28
3	C	12.70	20	0.994	7.30	0.20	—	—	7.50	149.10
4	C	12.70	20	0.994	5.30	0.2	—	—	5.50	109.34
5	F	12.70	254	0.994	4.10	0.20	0.2	—	4.50	1136.14
6	F	12.70	40	0.994	4.45	0.20	0.4	—	5.05	200.79
7	G	12.70	80	0.994	4.45	0.20	0.2	—	4.85	385.67
8	C	12.70	16	0.994	5.80	0.20	—	—	6	95.43
9	C	12.70	16	0.994	7.80	0.20	—	—	8.00	127.23
10	D	12.70	6	0.994	0.92	0.20	0.15	2.00	3.47	20.70
11	A	12.70	46	0.994	2.90	0.20	0.20	—	3.30	150.89
12	A	12.70	8	0.994	1.20	0.20	0.2	—	1.60	12.72
13	A	12.70	102	0.994	1.10	0.2	0.2	—	1.50	152.08
14	A	12.70	42	0.994	4.80	0.20	0.2	—	5.20	217.09
15	A	12.70	32	0.994	1.40	0.20	0.2	—	1.80	57.25
16	A	12.70	34	0.994	3.95	0.20	0.2	—	4.35	147.01
17	A	12.70	28	0.994	4.45	0.20	0.2	—	4.85	134.99
18	D	12.70	6	0.994	0.82	0.20	0.15	3.33	4.50	26.84
19	A	12.70	80	0.994	2.90	0.20	0.20	—	3.30	262.42
20	E	12.70	116	0.994	0.10	1.05	0.2	—	2.60	299.79
21	H	12.70	40	0.994	3.80	0.20	0.20	—	4.20	166.99
22	E	12.70	76	0.994	0.15	1.00	0.2	—	2.55	192.64
TOTAL										4323.42

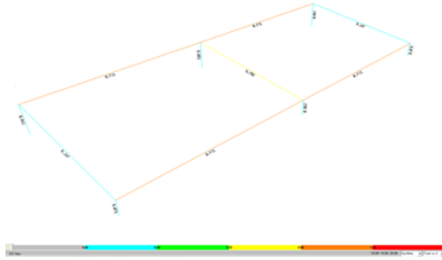
**Figura 13. Cartilla de refuerzo [11].**

#### 4.2.5.2 Cubierta

Se propuso inicialmente los siguientes perfiles estructurales para la estructura metálica de la cubierta.

- Perfil Tubular 70x70x2 (Riostras)
- Perfil Tubular 90x90x2 (Columnas)
- Perfil Tubular 60x120x2 (Vigas)

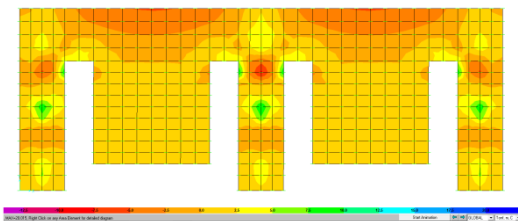
Según el modelo realizado en el software SAP 2000, los perfiles cumplen con las solicitaciones a las que se encuentran sometidos.



**Figura 14. Modelamiento de la estructura metálica para la cubierta. [7].**

### 3.2.6 Chequeo de la cimentación

El esfuerzo admisible del terreno derivado del estudio de suelos es 202592 [N/m<sup>2</sup>] y el esfuerzo de la cimentación obtenido en el modelo es de 196280 [N/m<sup>2</sup>], garantizando que el terreno soporta las cargas que se están aplicando sobre él.



**Figura 15. Chequeo de esfuerzos en la cimentación. [7].**

### 3.2.7 Planimetrías

Resultado de la ingeniería se elaboraron cinco planimetrías que contienen la información necesaria para garantizar la construcción de la estructura.

- GRC-10000270-12030-IB-CIV-PL-001-1 Fundaciones y muro cortafuego - geometría y secciones.
- GRC-10000270-12030-IB-CIV-PL-001- 2- Fundaciones y muro cortafuego-refuerzo.
- GRC-10000270-12030-IB-CIV-PL-001-3- Fundaciones y muro cortafuego-sección refuerzo.
- GRC-10000270-12030-IB-CIV-PL-001- 4- planta de cubierta y detalles.
- GRC-10000270-12030-IB-CIV-PL-002 Detalles típicos de montaje.

### 3.3 Ingeniería de detalle, compras, construcción y montaje de equipos para el nuevo sistema SCADA eléctrico de la gerencia refinera de Barrancabermeja (revisión)

El sistema SCADA (Supervisory, Control And Data Acquisition) eléctrico es un sistema de adquisición, almacenamiento y procesamiento de datos e información, asociada a variables que inciden en procesos productivos relacionados con la generación y distribución de energía eléctrica.

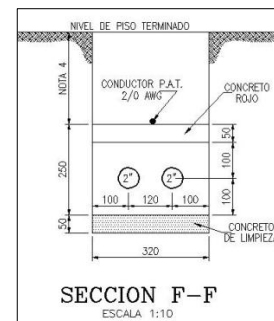
#### 3.3.1 Alcance general del proyecto

El proyecto se basa en el trazado de rutas para cableado (fibra óptica) mediante la construcción de banco de ductos, estos se clasifican en tramos enterrados y tramos aéreos según lo requiera el área a intervenir. Estos bancos de ductos son los encargados de distribuir el cableado, garantizando su protección y correcto ruteo hacia los puntos de interés (Manholes, subestaciones eléctricas, transformadores, etc...). Debido a

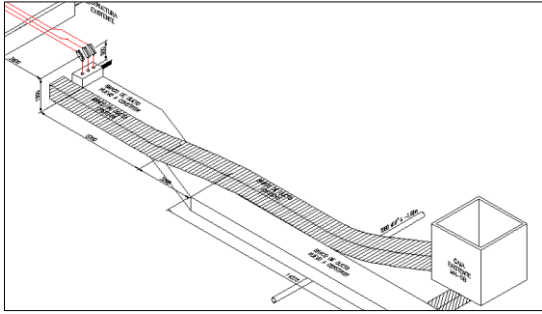
que el proyecto contempló la construcción de banco de ductos enterrados, se realizó la detección de sistemas enterrados existentes en las rutas, con la finalidad de prever daños que se puedan generar producto de las excavaciones que se requieren para la construcción de estos, permitiendo reducir daños a la infraestructura y mitigar riesgos de accidentes laborales. La detección se realizó utilizando georadar (GPR).

#### 3.3.2 Disposición Banco de ductos

El tramo de banco de ducto enterrado es construido en concreto formando una sección rectangular en el cual se embebe la tubería conduit (encargada de proteger la fibra óptica).

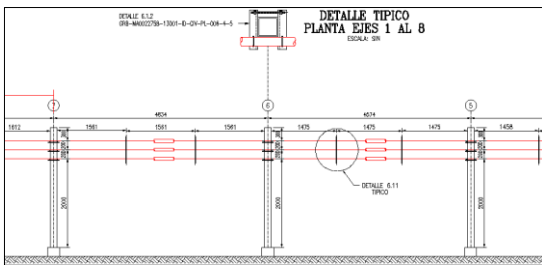


**Figura 16. Sección banco de ducto enterrado. [12].**



**Figura 17. Tramo enterrado banco de ducto. [12].**

El tramo aéreo comprende soportería metálica (perfiles) que permite el trazado seguro de la tubería conduit. Esta alternativa se realiza cuando las condiciones del suelo (sistemas enterrados) no permiten trazar la ruta de forma subterránea.



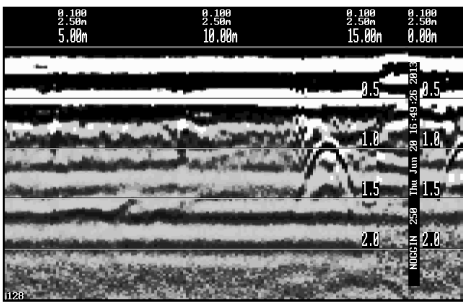
**Figura 18. Tramo aéreo banco de ductos. [12].**

### 3.3.3 Estudio del subsuelo con georadar

El georadar ó GPR (radar de penetración terrestre) es un equipo que permite detectar y localizar elementos enterrados bajo tierra (tuberías, banco de ductos, redes de drenaje, etc...), además permite identificar otras variables que comúnmente se pueden encontrar en el suelo como cavidades, espesores de rellenos, contaminantes, rastreo de aguas subterráneas, entre otras, el mecanismo se basa en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas a través del medio (suelo). La información obtenida por el equipo es interpretada por los ingenieros a través de la representación gráfica mostrada en la pantalla del equipo, la cual se conoce como Radargrama. El estudio del subsuelo con georadar garantiza que se especifique la ubicación, profundidad y longitud de los sistemas enterrados encontrados en las rutas de interés.



**Figura 19. Detección con Ground Penetrating Radar. [13].**

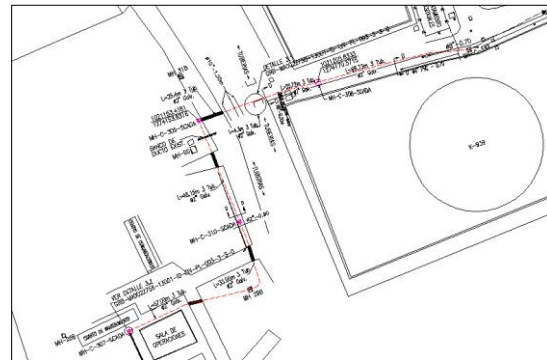


**Figura 20. Radargrama. [13].**

### 3.3.4 Planimetrías

Debido a que el proyecto requiere de información específica, la ingeniería realizó un PLOT PLAN (plano maestro) el cual muestra una vista en planta del área a intervenir mostrando información como: espacios disponibles, accesos viales, plantas, rack de tuberías, etc., lo cual facilita el trazado de las rutas que se requieren para el proyecto. Las planimetrías proporcionan la

ubicación de los diferentes tramos de banco de ductos (aéreos o enterrados), permitiendo diferenciar y facilitar el proceso de construcción y la obtención de cantidades de obra; además contiene información obtenida de la detección de sistemas enterrados; mostrando la ubicación y profundidad a la que se encuentran estos elementos, esto se verifica con el informe del estudio del subsuelo con georadar



**Figura 21. Ruta DOL a ET-005. [12].**

### 3.4 Ingeniería Básica reposición del cabezal de gas ácido lado sur de la GRB (Revisión).

El cabezal de gas ácido es la línea de tuberías encargada de transportar el gas ácido  $H_2S$ , el cual es recolectado

de las unidades de cracking e hidrotratamiento (UOP I, UOP II, Orthoflow y HDT) y transportado hacia las unidades de azufre y ácido sulfúrico; este sistema permite garantizar las condiciones adecuadas exigidas por los ingenieros procesistas (temperatura, presión y flujo).

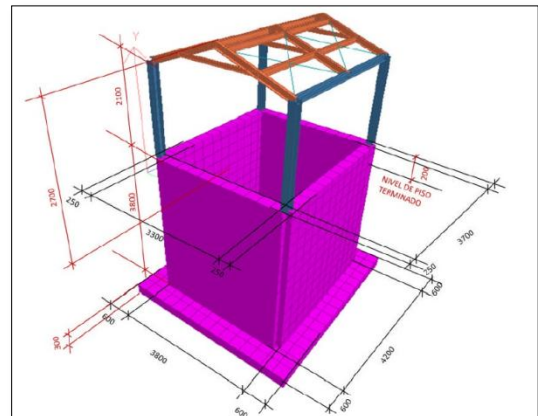


**Figura 22. Línea de tuberías. [14]**

### 3.4.1 Alcance general del proyecto

El proyecto consiste en la instalación de una nueva línea para el transporte de gas ácido desde planta de Amina Orthoflow hasta la planta de Ácidos, este proyecto tiene por finalidad la disminución de las emisiones a las atmosfera reduciendo el impacto ambiental. Debido a que el gas ácido

transportado por las líneas de tuberías contienen un 15% de agua, el proyecto contemplo el diseño e instalación de la Fosa A-362 la cual contiene el Drums D-362 el cual es el encargado de recolectar el agua que se condensa en las tuberías. El agua recolectada es succionada por la bomba P-361B y transportada a la unidad de aguas agrías.



**Figura 23. Geometría de la Fosa A-362. [14]**

### 3.4.2 Memorias de cálculo

Las memorias de cálculos describen los procedimientos y cálculos utilizados para el diseño, entre los cuales se encuentran geometrías, normativas, características de los

materiales, combinaciones de carga, factores de seguridad, factores sísmicos, propiedades del terreno y demás elementos que se requieren para el diseño deben estar contenidos en el documento.

- Memoria de cálculo Fosa A-362.
- Memoria de cálculo Fundación de la Bomba P-361B.
- Memoria de cálculo de estructuras metálicas (Soportería metálica para las líneas de tuberías, Cruces elevados en celosía).
- Memoria de cálculo de las fundaciones en concreto reforzado.

### **3.4.3 Planimetrías**

Puesto que el proyecto es muy extenso y complejo, la Ingeniería contemplo la realización de un KEY-PLAN. El KEY-PLAN (Plano llave) es la planimetría encargada de mostrar de forma general la geografía y trazado de la línea de cabezal de gas ácido, de igual manera este plano muestra las áreas que estarán

intervenidas por la realización del proyecto, las cuales se encuentran delimitadas en él. La Ingeniería contemplo la realización de varias planimetrías, las cuales permiten identificar la ubicación de las diferentes soporterías metálicas y sus respectivas fundaciones, la localización de sistemas enterrados, diseño de la Fosa A-362 y la fundación de la bomba P-361B.

## **4. RESULTADOS**

Durante la realización de la práctica empresarial, se pudieron afianzar conocimientos adquiridos en la formación académica, mediante la realización de actividades que estaban directamente relacionadas con las áreas y niveles de formación. Se logró ampliar y adquirir nuevos conocimientos, basados en la maduración y gestión de proyectos, donde la ingeniería es base fundamental de los proyectos.

Una producción de 789000 barriles diarios, un avance en la modernización de 17% en la Refinería de Barrancabermeja y un 83.1% en la Refinería Cartagena, son los resultados

obtenidos gracias a la implementación de proyectos. Obtener resultados esperados tanto en tiempo, costo, calidad y seguridad, dependen de una buena planeación, control, organización y dirección de las ingenierías, gracias a que se minimizan los reprocesos y los tiempos programados. Es importante tener en cuenta que existen factores que pueden influir en los resultados, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes: clasificación del proyecto (tipo A,B,C, especial ó Megaproyecto), disposición de información respecto a las especificaciones de los equipos o información que depende de la ejecución de estudios técnicos, entre otros.

## 5. CONCLUSIONES

En la ejecución de cualquier proyecto es importante implementar un proceso de maduración, mediante la trazabilidad de las ingenierías que se definen para su desarrollo, siendo este proceso un elemento fundamental para la obtención de resultados esperados.

Definir y conocer los alcances establecidos para cada proyecto permite definir objetivos claros, mejorando la

eficiencia y generando una disminución en los reprocesos.

La revisión de los diferentes documentos realizados en base al desarrollo de la ingeniería, permite garantizar que los datos o información en la que se basó su elaboración es la adecuada, lo cual genera confiabilidad en los resultados.

Implementar un sistema de seguimiento y control, permite evaluar el avance de las actividades planeadas garantizando el cumplimiento de las metas establecidas.

Promover la cultura HSE permite garantizar y concientizar a las personas respecto a las buenas prácticas en procesos y comportamientos que generan compromiso con la vida y el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Base de datos corporativos de Ecopetrol S.A: <http://iris/portal.aspx>. [Citado Noviembre de 2013]
- [2] Ecopetrol S.A, Instructivo para control de documentos técnicos ECP-VST-I-004. Versión 1. Barrancabermeja, Santander .2006.

- [3] Ecopetrol S.A, Instructivo para la elaboración de planos ECP-VST-G-GEN-IT-002. Versión 2. Barrancabermeja, Santander .2012.
- [4] Google earth:  
<http://earth.google.com> [Citado Noviembre 2013].
- [5] Parámetros S.A.S, Informe del Análisis estructural del cuarto de control de TURBOEXPANDER: GRB-MA0009230-13007-IB-CIV-EV-001. Barrancabermeja, Santander. 2013.
- [6] Ecopetrol S.A, Especificación Técnica para estudios de Geotecnia ECP-VST-P-CIV-ET-017. Versión 1. Barrancabermeja, Santander. 2011.
- [7] Ecopetrol S.A, Memoria de cálculo estructural - Patio de transformadores nuevo laboratorio de la GRC: GRC-10000270-12030-IB-CIV-MC-001. Barrancabermeja, Santander. 2013.
- [8] Ecopetrol S.A, Planimetría de localización transformadores de potencia y subestación laboratorio: GRC-10000270-12030-IB-ELE-PL-001. Barrancabermeja, Santander. 2013.
- [9] MER Ingeniería y Servicios S.A, Estudio geotécnico para verificación del sistema de cimentación en el laboratorio y determinación de las capacidades portantes y características del subsuelo en la cafetería de la refinería de Cartagena. Cartagena, Bolívar, 2013.
- [10] Decreto 926 de 2010 (Reglamentario de la Ley 400 de 1997), Reglamento colombiano de construcción sismo resistente – NSR-10. Bogotá, Colombia. 2010.
- [11] Ecopetrol S.A, Planimetría Fundaciones y muro cortafuego – refuerzo: GRC-10000270-12030-IB-CIV-PL-001- 2. Barrancabermeja, Santander. 2013.
- [12] VQ Ingeniería, Planimetría de detalles y perfiles de las rutas T-005

a COR, tramo MH-40 a MH-C 312,  
ET-007 a COR, tramo MH- 6B a  
MH-C 312: GRB-MA0022758-  
13001-ID-CIV-PL-004-2-3.

Barrancabermeja, Santander. 2013.

[13] J.E. Jaimes Ingenieros S.A,  
Informe del estudio del subsuelo  
con georadar de la Ingeniería de  
detalle, compras, construcción y  
montaje de equipos para el nuevo  
sistema SCADA eléctrico de la  
gerencia refinería de  
Barrancabermeja: GRB-  
MA0022758-13001-ID-CIV-IF-002.

Barrancabermeja, Santander. 2013.

[14] Ecopetrol S.A, Memoria de  
cálculo fundación Fosa A-362:  
GRB-MA-0012676-139025-IB-CIV-  
MC-002. Barrancabermeja,  
Santander. 2013.