

**ASISTENCIA TÉCNICA EN EL CONTROL DE CALIDAD DEL MOVIMIENTO DE  
TIERRAS Y LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES DENTRO DEL  
MARCO DEL PROYECTO LOGÍSTICA REFICAR**

**ANDRÉS FERNANDO PARRA REMOLINA**

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

**2012**

**ASISTENCIA TÉCNICA EN EL CONTROL DE CALIDAD DEL MOVIMIENTO DE  
TIERRAS Y LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES DENTRO DEL  
MARCO DEL PROYECTO LOGÍSTICA REFICAR**

**ANDRÉS FERNANDO PARRA REMOLINA**

Trabajo de grado realizado en la modalidad de práctica empresarial como requisito  
para obtener el título de Ingeniero Civil.

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO:**

**ING. ÁLVARO VIVIESCAS JAIMES**

Docente de planta Escuela de Ingeniería Civil – UIS

**TUTOR DE LA PRÁCTICA:**

**ING. CECILIA PACHÓN DE OSMA**

Jefe QA/QC – Consorcio C&G

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

**2012**

## DEDICATORIA

*A Lucía y Fernando,  
Ejemplos de amor y disciplina  
Virtudes imprescindibles en la búsqueda de esta meta.*

*A mis hermanos Camilo y Silvia  
Por haberme mostrado el camino al éxito.  
Incluso cuando la noche más oscura estaba.*

*A mis compañeros de generación  
Por haber puesto la barra cada día más alta*

## **AGRADECIMIENTOS**

Los agradecimientos son para mi familia: padres, hermanos, tíos y todos los que, de alguna u otra forma, me brindaron su apoyo, no solo económico sino emocional, durante las largas noches de estudio que se requieren para llegar a ser un profesional de tan prestigiosa universidad. Seguramente sin sus alimentos, buenos consejos, regaños, preguntas y respuestas, este camino hubiera sido mucho más difícil de lo que finalmente fue.

Agradecimientos cordiales al grupo de profesores que con paciencia, dedicación y pasión fue formando, no solo en mí sino en cientos de compañeros, ingenieros con cimentados conceptos estructurales, geotécnicos, matemáticos y viales. Además de intangibles valores personales necesarios en una sociedad que se ve caer a pedazos mientras la corrupción y la mediocridad pasan día a día campantes por nuestras bruces.

Un sentimiento indescriptible en cuanto a lo personal con las empresas Conequipos y Galvis-Fracassi, asociadas para conformar el Consorcio C&G y desarrollar el comienzo de una de las obras más importantes a nivel nacional hoy por hoy. Con sus directivas quedo inmensamente agradecido por haber confiado, en nuestra universidad y en mí, cada una de las responsabilidades surgidas en medio de la práctica empresarial. Gracias siempre por esta gran oportunidad.

Finalmente a mis compañeros y amigos de turno pues fueron muchas las vivencias que compartimos juntos, no sólo en el marco académico sino también en ambientes de compadrazgo. Seguramente, nunca esto será olvidado por alguno de nosotros. Espero verlos en el camino siendo grandes y correctos como siempre lo soñamos. A todos: buen viento y buena mar.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	14
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	16
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.2 GENERALIDADES DEL CONSORCIO .....	17
1.3 HISTORIA.....	17
1.4 MISIÓN.....	18
1.5 VISIÓN.....	18
1.6 POLITICA DE CALIDAD .....	19
1.7 FUTURO.....	19
2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO .....	20
2.1 MARCO LEGAL DEL PROYECTO.....	21
2.2 ESTRUCTURAS REPRESENTATIVAS .....	22
2.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	24
2.4 ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO.....	25
2.4.1 Movimiento de Tierra.....	25
2.4.2 Instalación de Tubería de 1.5 metros de diámetro. ....	26
2.4.3 Canales de Aguas Lluvia.....	26
2.4.4 Vías y Andenes .....	27
2.4.5 Soportes de Tubería.....	27
2.4.6 Estructuras en Concreto.....	28
3. BITÁCORA DE ACTIVIDADES.....	29
3.1 INDUCCIÓN E INFORMACIÓN DOCUMENTAL.....	31

3.2	IMPLEMENTACIÓN DEL CHECK LIST DE PERMISOS DE TRABAJO ..	33
3.2.1	Procedimientos.....	33
3.2.2	Matriz RAM .....	34
3.2.3	ATS .....	34
3.2.4	MEDEVAC .....	34
3.3	INSPECCIONES DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE JARILLONES .....	35
3.4	PLATAFORMAS DE TANQUES DE 550,000 BARILLES .....	37
3.5	CONSTRUCCIÓN CAMPAMENTO CB&I.....	39
3.6	ELABORACIÓN DE LIBERACIONES CIVILES Y CONTROL DE DOCUMENTOS .....	40
3.6.1	Liberaciones Civiles .....	41
3.6.2	Control de Documentos.....	41
3.7	FUNDICIÓN DEL ANILLO TANQUE TK 4122.....	44
3.8	CONTROL DE CONCRETO Y ACERO.....	46
3.8.1	Control de Concreto .....	46
3.8.2	Control de Acero .....	47
3.9	APOYO EN EL AMARRE DEL HIERRO DEL TANQUE SUMIDERO TU 4101 48	
4.	PROCEDIMIENTO PARA LA TRAZABILIDAD.....	50
4.1	OBJETIVO .....	50
4.2	ALCANCE.....	50
4.3	DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	50
4.4	SEGURIDAD INDUSTRIAL .....	51
4.5	RESPONSABILIDADES .....	51

4.6	DEFINICIONES .....	52
4.6.1	Trazabilidad.....	52
4.6.2	Certificado de Materiales.....	52
4.7	ETAPAS DEL PROCESO.....	53
4.7.1	Trazabilidad en la Fuente.....	53
4.7.2	Codificación a Utilizar.....	53
4.7.3	Trazabilidad Durante la Ejecución.....	54
4.7.4	Codificación de Colores durante el Proceso Constructivo.....	55
4.8	REGISTROS.....	55
5.	CONCLUSIONES .....	57
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	59

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 - Vista Aérea del proyecto.	20
Figura 2 – Key plan del Proyecto.	22
Figura 3 – Trampa de Grasas.	23
Figura 4 – Tanque sumidero en etapa de construcción.	23
Figura 5 – Cartagena de Indias.	24
Figura 6 – Resistencias del concreto.	28
Figura 7 – Construcción de Jarillón en Sacos.	36
Figura 8 – Jarillón Revestido.	36
Figura 9 – Movimiento de Tierras.	38
Figura 10 – Campamento CB&I.	40
Figura 11 – Formato de Liberaciones Civiles.	43
Figura 11.1 – Acero de anillo TK 4122.	44
Figura 12 – Control de Concreto.	46
Figura 13 – Control de Acero.	47
Figura 14 – Descargue de vigas TU 4101	49
Figura 15 – Amarre de acero TU 4101	49

## **ANEXOS**

Anexo A	CHEK LIST DE PERMISOS DE TRABAJO	61
Anexo B	REGISTRO DE TRAZABILIDAD	62
Anexo C	FORMATO PARA EL CONTROL DE CONCRETO	63
Anexo D	FORMATO PARA EL CONTROL DE ACERO	64

## RESUMEN

**TITULO:** ASISTENCIA TÉCNICA EN EL CONTROL DE CALIDAD DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS Y LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES DENTRO DEL MARCO DEL PROYECTO LOGÍSTICA REFICAR\*

**AUTOR:** ANDRÉS FERNANDO PARRA REMOLINA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Aseguramiento y Control de Calidad, Movimientos de Tierras, Compactación de rellenos, Despieces de Estructuras, Resistencia del Concreto, Ensayo de Slump.

### DESCRIPCIÓN:

El presente documento contiene el proyecto de grado realizado en la modalidad de práctica empresarial y tiene como propósito reseñar las actividades realizadas en la preparación del sitio de la ampliación de la refinería de Cartagena. Se comienza entonces en los primeros capítulos, con una introducción a las empresas que conforman el Consorcio C&G, dando a conocer su política de calidad, misión, visión e historia.

Seguidamente se desarrollan de forma separada las actividades más importantes en las cuales se tuvo la oportunidad de participar. En una especie de bitácora de obra se reviven las inspecciones de calidad realizadas en los distintos frentes del proyecto, el aporte del departamento de calidad en las fundidas de los anillos para los tanques de 550,000 barriles de crudo y el soporte técnico brindado a los ingenieros en relación a despieces, pedidos de acero y control de cantidades.

Finalmente se concluye con un procedimiento para llevar la trazabilidad de una obra donde las actividades más importantes son el movimiento de tierras: excavación, relleno y compactación, sumado a la construcción de obras en concreto. Para esto se realiza una ilustración con los formatos necesarios en la implementación del seguimiento y se describe cómo fueron utilizados en medio del proyecto basándose en el plan de calidad del Consorcio.

---

(\*) Proyecto de grado. Modalidad práctica empresarial

(\*\*) Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Álvaro ViviescasJaimes. Tutor: Ing. Cecilia Pachón de Osma

## ABSTRACT

**TITLE:** TECHNICAL ASSISTANCE IN THE QUALITY CONTROL OF THE LAND MOVEMENTS AND CIVIL CONSTRUCTIONS UNDER THE REFICAR LOGISTIC PROJECT.

**AUTHOR:** ANDRÉS FERNANDO PARRA REMOLINA

**KEYWORDS:** Quality control, Quality Assurance, Land Movements, Soil Compaction, Detailing of Structures, Concrete Resistance, Slump Essay.

### DESCRIPTION:

This document contains the grade project made in the business practice modality, and is intended to outline the activities performed in the site preparation for the expansion of the Cartagena refinery. Starting on the early chapters, with an introduction of the companies associated to form the C & G Consortium, providing its quality policy, mission, vision and history.

Then, on the following chapters and separately, is present a review of the most important activities that the project has advanced. In a kind of blog that revives the quality inspections performed on the different fronts of the project, the contribution of the quality control department in the foundation rings for the tanks of 550,000 barrels of oil and the technical support to the engineers.

Finally this paper concludes with a procedure for the traceability of a work where the most important activities are the land movements: excavation, filling and compaction, coupled with the construction of concrete structures. In this point was really important the quality plan realized by the quality control/assurance department because it is the master document that allowed the implementation of the different forms used on the project.

---

(\*) Project Grade.Business practice modality.

(\*\*) Physical-Mechanical Engineering Facility.Civil Engineering College.Director: Ing. Álvaro ViviescasJaimes. Tutor: Ing. Cecilia Pachón de Osma

## INTRODUCCIÓN

La industria petrolera se ha caracterizado desde siempre por ser una de las locomotoras de la economía mundial, a lo largo de la historia ha sido foco de investigación científica, inversiones multimillonarias, progreso y hasta guerras. En Colombia, nuestro país, Ecopetrol es una empresa del tipo mixta pero todavía considera como estatal, y es la compañía más importante de la nación, su éxito radica en la capacidad de explotación, transporte y almacenamiento que hoy por hoy existen en nuestro territorio.

En este orden de ideas desde el año 2010 comenzó a impulsarse un macro proyecto desde la vicepresidencia de transportes VIT con el fin de mejorar la cantidad de partículas por millón producidas por barril de crudo, además de las cifras de producción con las que se contaba por ese entonces. Esto se resume en el actual eslogan de la empresa: “1’500,000 Barriles Limpios”

Para lograr el objetivo de los 1.5 millones de barriles diarios se ha hecho necesaria la construcción de importantes líneas de crudo como el Poliducto Bicentenario, y desde el punto de vista del almacenamiento se pretende aumentar esta capacidad mejorando la infraestructura de las refinerías de Cartagena y Barrancabermeja, las dos más importantes del país.

En la ciudad heroica de Colombia donde se desarrolla el Proyecto Logística Reficar - PLR se tiene como objetivo la construcción de dos tanques de 550,000 barriles para lo cual este gran proyecto requiere de una preparación del sitio, pues las más de cincuenta hectáreas donde se dispondrán los tanques eran un bosque con un suelo de capacidad portante reducida.

Así pues, tras un proceso licitatorio sano y transparente como es la costumbre dentro de la industria, se escogió al Consorcio C&G, conformado por las empresas Conequipos Ltda. y Galvis Fracassi SAS para realizar la fase I del PLR. El recurso

humano necesario para materializar el movimiento de más de un millón de metros cúbicos de material de excavación y nueve mil metros cúbicos de concreto en obras civiles supera las ciento cincuenta personas en el campo administrativo y las trecientas en la parte operativa, razón por la cual se dio la oportunidad a la Universidad Industrial de Santander y especialmente a la Escuela de Ingeniería Civil de participar de este proyecto enviando a uno de sus estudiantes a realizar la práctica empresarial dentro del *Site Preparation* del PLR.

Por todos es bien sabido que la Ingeniería Civil es uno de los campos que más transformaciones da al entorno y a la naturaleza en general, convertir alrededor de cincuenta y dos hectáreas de bosque en una zona donde no se encuentra un árbol es un ejemplo de ello, sin embargo para esto Ecopetrol y, por supuesto, sus contratistas deben compensar el medio ambiente sembrando diez nuevos árboles cada vez que uno de estos es talado. Este tipo de compromisos ambientales aportan un sentido de responsabilidad con el entorno, el cual es muchas veces olvidado, pero que no se puede hacer a un lado en el nuestros tiempos pues es claro que en diez o veinte años puede que hayan muchas ganancias alrededor del crudo, pero de nada servirán si se han logrado con una explotación irresponsable del medio ambiente. Algo es claro en estos días: si el petróleo se acaba, el agua, si no se cuida, también.

La experiencia brindada por el contratista ha permitido conocer a fondo cómo funciona un plan de manejo ambiental, el plan de calidad, los procesos de salud ocupacional y seguridad industrial y muchos otros aspectos que abarca un proyecto como en el que se participó, al tiempo en que se aportaba desarrollando procedimientos como el de trazabilidad y apoyando la ingeniería en temas como el cálculo y control de cantidades de obra.

## **1. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

- ✓ Aportar como auxiliar del departamento QA/QC en el control y aseguramiento de los procesos de calidad enmarcados en la preparación del sitio del Proyecto Logística RefiCar
- ✓ Desarrollar el procedimiento de trazabilidad para una obra que se resume en movimiento de tierras y construcción de estructuras en concreto

#### **Objetivos específicos:**

- ✓ Representar de manera notoria el perfil del egresado de la universidad industrial de Santander al tiempo que se aplican los conceptos aprendidos en la academia y se extrae el conocimiento del trabajo de campo.
- ✓ Realizar inspecciones para identificar los puntos donde se deben tomar las densidades de un relleno compactado.
- ✓ Examinar el amarre de hierro en las diferentes estructuras del proyecto identificando el correcto cumplimiento de longitudes de desarrollo del acero, traslapes, ganchos y demás aspectos ingenieriles, de conformidad con las especificaciones técnicas.
- ✓ Realizar liberaciones por capas de quince centímetros de suelo compactado con el fin de agilizar ítem de relleno.
- ✓ Compartir la información del departamento QA/QC con el personal operativo de cada frente haciendo inducciones periódicas de los trabajos que se realizan, transmitiendo la información más importante de los procedimientos y evaluando la atención de los trabajadores.

## **1.2 GENERALIDADES DEL CONSORCIO**

**Nombre:**Consortio C&G. Entre las Empresas Conequipos Ingeniería Ltda. y Galvis-Fracassi S.A.S.

**Ubicación del Campamento:**Kilometro 7 vía Mamonal, Cartagena de Indias

**Ubicación Oficinas Bogotá:** Calle 100 N° 9 – 25, oficina 1705, Bogotá- Colombia.

**Teléfono:**(37) (1) 2147701      **Teléfono:** (37) (1) 6393323

## **1.3 HISTORIA**

En 1973 se fundó CONEQUIPOS ING. LTDA., cuyo progreso constante ha permitido a esta empresa, a lo largo de más de tres décadas, transformarse y llegar a posicionarse en un lugar destacado en el diseño, construcción y montaje de obras para la infraestructura del País. De otra parte Galvis Fracassi fue fundada el primero de abril de 1997.

El tesón, el esfuerzo de superación y el adecuado manejo financiero y administrativo ha caracterizado el accionar de estas empresas, lo que ha permitido que proyectos a los que antes sólo tenían acceso compañías extranjeras, hoy por hoy Consorcios como el de estas importantes compañías, entren a competir con éxito en la ejecución de los mismos.

Desde principios de la década de los 80's, Conequipos Ing. Ltda., se amplió y diversificó en diferentes especialidades de la ingeniería, iniciando una nueva etapa en el montaje de diversos proyectos para la industria petrolera y en la construcción para entidades oficiales y privadas, encontrando un gran aliado el cual ya lo ha acompañado en tres ocasiones como subcontratista de otros

proyectos ejecutados para Ecopetrol como el caso de la estación compresora de Tocancipá.

Durante la década del 2000, CONEQUIPOS ING. LTDA inicia su incursión en la industria de la exploración y explotación petrolera mediante la operación directa de campos de crudo y mediante su participación en uniones temporales con compañías aliadas. Durante este periodo la compañía se hace participe en proyectos de plantas de compresión de gas para la producción de gasolina y demás productos derivados.

#### **1.4 MISIÓN**

Aportar la experiencia adquirida con el tiempo para el desarrollo y construcción de proyectos de infraestructura buscando satisfacer a los clientes con la mejor calidad, cumplimiento y satisfacción, con el fin de lograr un crecimiento técnico y económico para las compañías.

#### **1.5 VISIÓN**

Constituirse en empresas líderes dentro del sector del mercado de influencia, con un alto valor de reconocimiento por el desarrollo y la construcción de obras de infraestructura a nivel nacional e internacional, con la mejor calidad, cumplimiento y satisfacción del cliente.

## **1.6 POLITICA DE CALIDAD**

Trabajar en el desarrollo y construcción de proyectos de infraestructura, buscando satisfacer las necesidades de los clientes con la mayor calidad, oportunidad y a costos razonables.

Contar con un equipo de personas idóneas que estén en continuo desarrollo y con proveedores de excelente reputación que ayuden a la consecución de objetivos planteados. Propendiendo siempre por el bienestar de las comunidades donde se hace presencia y respetando por sobre todo el medio ambiente.

Registrar una organización cada vez más competitiva, con un trabajo de mejoramiento continuo, optimizando los procesos y procurando por el crecimiento y proyección al largo plazo.

## **1.7 FUTURO**

El propósito a corto y largo plazo es continuar con la labor en el desarrollo de la infraestructura del país. De igual forma afianzarse como operadores en el sector petrolero y gasífero Colombiano mediante la consecución de nuevos contratos E&P y la vinculación al sector energético haciendo uso de nuevas fuentes de energía limpias y renovables.

## 2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

La Vicepresidencia de Transportes de Ecopetrol (VIT) puso en marcha en el mes de Agosto de 2011 el Proyecto Logística Reficar. Proyecto donde, entre otros, se construirán dos tanques con capacidad de albergar 550,000 barriles de crudo. La primera fase constructiva de los tanques corresponde a la preparación del sitio, actividad en la cual se deben poner a punto las plataformas que soportarán las estructuras de más de 80 metros de diámetro.

A continuación una vista aérea de la zona industrial de mamonal donde se encuentran ubicados los campamentos de las empresas contratistas del PLR.

**Figura 1-** Vista Aérea del proyecto



*Fuente: google earth*

## 2.1 MARCO LEGAL DEL PROYECTO

El consorcio C&G obtuvo mediante el proceso de licitación el contrato de obra N° 5211010 de Ecopetrol.

**Objeto del Proyecto:** “Movimiento de tierras y construcción de obras civiles, estructurales, metalmecánicas y eléctricas, para la adecuación de áreas en el terminal Néstor Pineda (TNP) y Reficar, dentro del marco del proyecto Logística Reficar-PLR, Cartagena Colombia.”

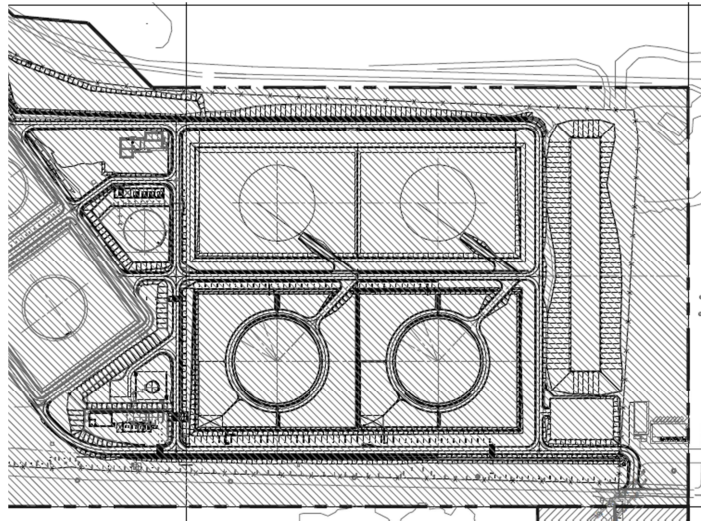
En un proyecto donde se alcanzarán a mover más de un millón de metros cúbicos de material proveniente de excavación, el cual se dispondrá en un área definida como ZODME (Zona de material proveniente de excavación) y la gran mayoría se descargará en canteras pues la identificación del suelo dentro del rango de arcillas expansivas impide que se utilice como soporte para las fundaciones de las estructuras del proyecto.

El costo total de la preparación del sitio del supera los cincuenta millones de dólares, sacando a un lado las obra mecánicas como la instalación, y soldadura de tubería pues esto hace parte de la fase II del PLR. Se considera que este podría duplicar el costo del *SitePreparation* y se le conoce como el Proyecto Integrador, ya que será en esta etapa donde se logrará interconectar la Refinería con el Terminal Marítimo Néstor Pineda. Terminal que es el punto de cargue de los buques internacionales que llevan petróleo a las grandes industrias mundiales.

Otro hito del proyecto son las obras en concreto, principalmente los anillos de fundación de los tanques de más de 86 metros de diámetro externo los cuales cubican más de trescientos metros cúbicos cada uno, para esto se requiere finalizar todo el movimiento de tierras de la zona de tanques, hacer una zanja

localizada con exactitud por parte del equipo de topografía y proceder con el amarre de hierro, formaleteo, aplomo y posterior fundida.

**Figura 2 – Key Plan del Proyecto**



*Fuente: Ingeniería de Detalle realizada por Tipiel*

La figura 2 ilustra la localización de los anillos correspondientes a los tanques 4121 y 4122, son los ubicados en la parte sur del proyecto y de igual forma se disponen en la imagen. En la zona norte se encuentra la plataforma para dos futuros tanques de iguales características. Hacia el oriente se encuentra el Zodme y el lindero del área delegada por Ecopetrol. Finalmente en el occidente aparecen el Tanque contraincendios, el Tanque Slop TK-4125 y el Tanque Sumidero.

## **2.2 ESTRUCTURAS REPRESENTATIVAS**

Si bien las fundaciones de los tanques mencionados corresponden a las cantidades más representativas en términos de concreto, existen otras estructuras igualmente importantes dentro de este ítem. La Trampa de Grasas por ejemplo, o TU-4107 abarca un área de 400 metros cuadrados y requirió de 397 metros

cúbicos de concreto para su construcción. Es también el caso del Tanque Sumidero o TU-4101 cuyas dimensiones externas son 26 metros de largo por 16 de ancho y necesitó de 509 metros cúbicos de concreto de 4500 psi para conseguir su acabado final.

**Figura 3–** Trampa de Grasas



*Fuente: Propia*

**Figura 4–** Tanque Sumidero en Etapa de Construcción



*Fuente: Propia*

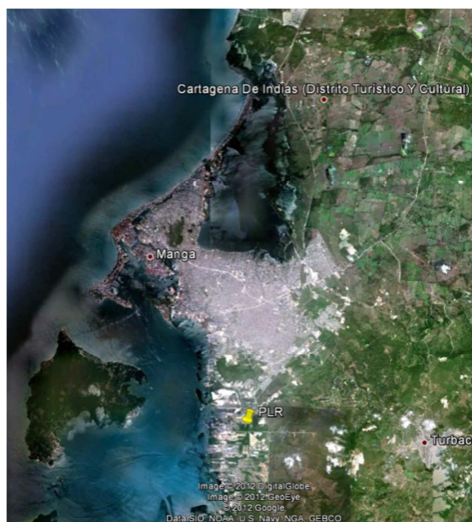
## 2.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La Refinería de Cartagena (RefiCar) se ubica en el departamento de Bolívar. Aproximadamente a 15 kilómetros de la ciudad antigua y a una hora de camino desde la zona turística mencionada.

En el parque industrial de Cartagena se encuentra el puerto de Mamonal, uno de los más importantes a nivel nacional. Este puerto, a su vez, genera una influencia tal que la zona completa es conocida con este nombre. La base de operaciones del Consorcio, Gestoría y Gerencia del proyecto es un campamento ubicado en el Km 7 vía a Mamonal.

El campamento limita por el norte con Atunes de Colombia y el muelle de Ecopetrol. El Área del Proyecto tiene como vecino en la parte sur a Cementos Argos. Se han intervenido hasta el momento más de 23 Hectáreas de bosque. La política ambiental de Ecopetrol y por ende sus contratistas es: por cada árbol que se tala, se deben sembrar diez.

**Figura 5–** Cartagena de Indias



*Fuente: Google Earth*

## **2.4 ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO**

### **2.4.1 Movimiento de Tierra.**

El movimiento de tierra lo componen las explanaciones, excavaciones y rellenos. Los requerimientos técnicos de control de calidad parten desde el profesional que dirigirá la obra, el cual debe ser Ingeniero Civil Titulado, con matrícula profesional vigente y un mínimo de diez años de experiencia en trabajos de movimiento de tierras o adecuaciones similares. El cual debe partir de la presentación de un programa de control de calidad donde se verifique que las actividades se desarrollarán cumpliendo los requerimientos del cliente.

Los ensayos mínimos para el desarrollo de la obra son:

- a. Ensayos de gradación, plasticidad, densidad, y contenido de humedad por cada dos mil metros cúbicos de material de relleno.
- b. Para suelos Granulares se deberá determinar el índice de densidad, el peso unitario y la densidad relativa.
- c. Si se modifica la fuente del material de relleno o el material de una misma fuente cambia notoriamente, es necesario realizar nuevamente los ensayos.
- d. Ensayos in-situ de capacidad, densidad y de contenido de humedad mediante cono de arena o densímetro nuclear.

Se deben presentar los certificados de calidad de los instrumentos a utilizar en los ensayos y el personal debe ser el idóneo para realizar esta función.

Con respecto a las tomas de densidades en sitio se deben realizar cada 90 metros cuadrados bajo fundaciones y losas de edificaciones y cada 180 metros cuadrados bajo pavimentos y vías de acceso.

#### **2.4.2 Instalación de Tubería de 1.5 metros de diámetro.**

Para la instalación de tubería American Pipe de 1.5 metros de diámetro se debe realizar una excavación con un sobre ancho de un metro a cada lado de la tubería y se debe entibar la zona donde se esté trabajando, para la estabilización bien se puede utilizar madera pero lo recomendable son láminas de acero fijadas con ayuda de puntas de lápiz que se hinquen con retroexcavadora.

Se debe disponer de treinta centímetros de material granular seleccionado, con tamaño máximo dos pulgadas el cual funcionará como cama de la tubería. Al momento del relleno, este se debe realizar en capas de quince centímetros tomando las respectivas densidades que cumplan con el 95% del ensayo del proctor modificado de la semana. Por lo tanto se debe ir compactando con vibradores manuales debido a la limitación del espacio.

#### **2.4.3 Canales de Aguas Lluvia**

Tanto para el canal norte que tiene una longitud total de 360 metros lineales como para el sur que totaliza 450 en su longitud se debe realizar excavación con un sobre ancho de 0.5 metros a cada lado, disponer una capa de solado de cinco centímetros y utilizar concreto de resistencia no menor a 31 mega Pascales.

Las juntas de expansión y contracción en estos canales son de carácter importante, y no se deben omitir en ningún caso, estas se deben realizar cada quince metros utilizando cinta PVC de 15 centímetros e induciendo una junta con cortadora en cuanto el concreto haya fraguado.

#### **2.4.4 Vías y Andenes**

Las cunetas perimetrales a las vías deben tener bordillo y la resistencia del concreto debe ser de 4500 psi, a menos que Ecopetrol o su representante indique algo diferente en obra. En cuando a la estructura de pavimento se utilizará el relleno compactado al 95% del proctor modificado como subrasante y se usará mezcla densa en caliente tipo dos para la capa asfáltica.

Para la localización topográfica del eje, hombros, cunetas y taludes, si es que los hay, se deben revisar los planos de la ingeniería suministrada por Tipiel.

#### **2.4.5 Soportes de Tubería**

En la zona del muelle del Terminal Néstor Pineda los Sleepers tienen una fundación adicional con pilotes de diez metros de profundidad para lo cual se debe utilizar la maquinaria adecuada. Hincando elementos tipo punta de lápiz que sirvan como formaleta, procediendo a continuación con el ingreso de la canasta de refuerzo y finalmente fundiendo con concreto tipo tremie de resistencia no menor a 31 mega pascales.

Los Soportes de Tubería tienen un embebido metálico en la parte superior del pedestal el cual debe ir fijo al acero de refuerzo por medio de unos ganchos en acero número 3.

Se permite la prefabricación de estos sleepers siempre y cuando se disponga de un área lo suficientemente horizontal y amplia para disponer de concreto pobre y aislar las estructuras del terreno. Para la movilización de estas estructuras se pueden dejar dos tubos de PVC en el pedestal para facilitar su izaje.

#### 2.4.6 Estructuras en Concreto

Todo el acero de refuerzo deberá ser de Grado 60 según ASTM A 706 (mínimo esfuerzo de fluencia  $f_y = 420$  MPa). Las mallas electrosoldadas garantizarán  $f_y$  mínimo de 485 Mpa. Este material se debe proteger con una barrera o agente anticorrosivo tipo epóxico tipo Sika Top. Se puede agregar inhibidor al concreto para remplazar el anticorrosivo como pintura.

Se debe usar la misma marca de cemento. No es permitida la mezcla de material de distintos proveedores en un mismo vaciado, elemento o estructura. Los bultos se deben almacenar en un lugar seco y fresco, lejos del suelo para evitar la saturación. Adicionalmente se debe realizar un diseño de mezclas por el departamento de Calidad el cual debe ser aprobado por Ecopetrol o alguno de sus representantes.

El agua que se vaya a usar en las mezclas de concreto debe ser potable. Por lo tanto deberá ser limpia, fresca, exenta de impurezas tales como aceite, ácidos, álcalis, sales, sedimentos, materia orgánica y otras sustancias perjudiciales para la resistencia.

**Figura 6-** Resistencias del Concreto

Resistencia Mpa	Aplicación	Máxima Relación Agua-Cemento	Mínimo contenido de Cemento [Kg/m <sup>3</sup> ]
10	Concreto Pobre	0.5	250
18	Banco de ductos	0.45	300
32	Fundaciones de concreto, pilotes, pavimentos, canales	0.4	350
25	Cajas, Andenes, Bordillos	0.4	350

*Fuente: Propia*

### 3. BITÁCORA DE ACTIVIDADES

En el marco de la preparación del sitio del Proyecto Logística Reficar, el papel desempeñado por un estudiante en práctica empresarial no puede desligarse por ningún motivo de los lineamientos que exige el cliente para cada una de las personas que participa en sus proyectos. En este orden de ideas, y teniendo en cuenta que fue en la coordinación de control de calidad donde se tuvo la oportunidad de participar en el proyecto, existen funciones específicas y de seguridad industrial asignadas.

#### **Funciones y responsabilidades específicas de un auxiliar de Calidad:**

- a. Contribuir en la implementación del plan de calidad y demás documentos constructivos específicos para el proyecto, que hayan sido suministrados por la Coordinación de control de calidad.
- b. Elaborar y diligenciar los registros que permitan evidenciar el control de obra.
- c. Procurar mantener un ambiente de colaboración para la realización de auditorías internas acorde al proceso de mejora continua.
- d. Realizar las pruebas de calidad para asegurar la conformidad de los parámetros establecidos en los procesos de obra en ejecución.
- e. Hacer uso de los productos y materiales que cumplan con los estándares de calidad, que incluyan los certificados de calidad de producto.
- f. Asegurar el control de los equipos de medición requeridos para las labores de campo.
- g. Encaminar hacia la mejora de las condiciones del puesto de trabajo y del área correspondiente.
- h. Dar cumplimiento a lo establecido en el sistema de gestión de calidad para el proceso correspondiente.

- i. Responder por las funciones y responsabilidades indicadas en los procedimientos e instrucciones de la empresa.

**Funciones de Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y Gestión Ambiental:**

- a. Asistir con carácter obligatorio al desarrollo del plan de inducción general del Consorcio C&G. Inducción en salud ocupacional, seguridad industrial, gestión ambiental y todas las actividades definidas como fundamentales para el desarrollo de las más altas condiciones de seguridad y respeto por el medio ambiente.
- b. Conocer plenamente las funciones del puesto de trabajo y saber con exactitud los peligros, riesgos y medidas de control para mitigar la posibilidad de un accidente de trabajo.
- c. Participar en todas las actividades de capacitación y formación que la compañía programe, como: charlas, conferencias, cursos, seminarios o prácticas.
- d. Cumplir con los mensajes expresados en la señalización preventiva.
- e. Evitar llevar a cabo cualquier trabajo o actividad para los cuales no se haya recibido entrenamiento adecuado o que pueda poner en peligro la integridad física o la de los compañeros de trabajo.
- f. Asistir a las actividades de medicina preventiva y del trabajo, entre ellas los exámenes ocupacionales.
- g. Identificar y reportar actos y condiciones inseguras para determinar medidas de control.
- h. Hacer uso adecuado de los recursos, en el desarrollo de las actividades con el fin de dar cumplimiento a los objetivos ambientales de la compañía.
- i. Participar en las actividades ambientales programadas por el departamento de gestión.

Así pues, dando cumplimiento a las responsabilidades del auxiliar de calidad las actividades en las cuales se tuvo la oportunidad de participar se reseñaran a continuación haciendo uso de imágenes que faciliten la ilustración de los trabajos y de la labora de la coordinación de Aseguramiento y Control de Calidad.

### **3.1 INDUCCIÓN E INFORMACIÓN DOCUMENTAL**

Toda persona que desee ingresar a una obra de Ecopetrol debe cumplir primero con un requisito imprescindible dentro de un área delegada por el cliente. Para esto se envían a los trabajadores, desde el director de la obra hasta el personal operativo que funcionará como paleteros a tomar el curso de fomento.

En el caso de un estudiante en práctica en el Proyecto Logística Reficar, el lugar para tomar el curso es la Universidad Tecnológica de Bolivar, ubicada en el barrio Manga, en la ciudad de Cartagena. Allí un tutor asociado al consejo Colombiano de Seguridad, comparte los aspectos más importantes de salud ocupacional y el gran compromiso con el medio ambiente. Se interiorizan entonces la importancia de los elementos de protección personal: casco, gafas, guantes, tapa oídos y se comparten las diez reglas fundamentales de Ecopetrol. Se pueden resaltar las consideradas como más importantes: Llevar el carnet siempre en un lugar visible, La prohibición de bebidas alcohólicas o personas bajo su efecto, no es permitido el uso de celular en áreas operativas como por ejemplo dentro de la refinería, el porte de los elementos de protección personal es de carácter obligatorio en un frente de trabajo, se debe reportar, investigar y divulgar cualquier acto o condición sub estándar que pueda atentar contra la salud propia o de algún compañero.

Por otra parte, desde el punto de vista documental se debe ahondar en cada uno de los archivos que permitan conocer de forma integral el proyecto. El ejemplo de esto son las especificaciones técnicas, procedimientos y planos del proyecto.

Las especificaciones que componen el carácter técnico del contrato son:

- a. Especificación técnica de movimiento de tierras: 1244\_58-00-MS-1440-01\_1.
- b. Especificación técnica de vías: 1244\_58-00-MS-1450-01\_1
- c. Especificación técnica de obras en concreto: 1244\_58-00-MS-1700-01\_1
- d. Especificación técnica de construcción de TunelLinner: 1244\_58-00-MS-1470-01\_0
- e. Especificación Técnica de estructuras metálicas: 1244\_58-00-JSS-1800-01\_0

Los archivos concernientes a las especificaciones técnicas son suministradas por el cliente y su elaboración estuvo a cargo de la empresa consultora de proyectos petroleros Tipiel S.A. también fue esta compañía la encargada de elaborar los más de doscientos planos que componen la información de ingeniería necesaria para materializar el proyecto.

Desde el punto de vista práctico no se entiende la cantidad de modificaciones que sufren los planos de algunas estructuras, los cuales llegan a revisiones tres y cuatro, generando cambios de dimensiones, incluso cuando el proyecto ya se ha desarrollado en un 80%. Los códigos de elaboraciones de planos indican que un plano en revisión 'A' es un plano para comentarios que no debe ser usado para la construcción sin embargo cuando se pasa a la revisión '0' esto indica que éste ya puede ser usado para construir.

Dentro del plan de gestión de calidad, los planos deben tener un sello de copia controlada con el fin de garantizar que el ejecutor tenga en su poder la última versión del mismo.

## **3.2 IMPLEMENTACIÓN DEL CHECK LIST DE PERMISOS DE TRABAJO**

Una de las principales misiones al momento que se llegó a apoyar el departamento de control y aseguramiento de calidad fue la implementación del checklist de permisos de trabajo.

Por norma HSE, en cada uno de los frente debe reposar un carpeta en donde deben aparecer: Los planos en última revisión que el ejecutor requiere para construir, los procedimientos que apliquen para la actividad que se encuentre realizando, la matriz ram, el ATS, y el MEDEVAC.

### **3.2.1 Procedimientos**

Estos documentos contienen la forma como se debe proceder en la ejecución de una labora. Dados los cambios constantes del entorno, también tienen cambios de versión y el checklist permite identificar que estos se encuentren en la última de las revisiones. Existen más de cien procedimientos en la obra y ejemplos de estos son:

- a. EP PC 106 Rellenos
- b. EP PC 110 Toma Cilindros De Concreto
- c. EP PC 122 redes de drenaje
- d. EP PC 123-2 Sardinel Con Cuneta
- e. EP PC 131 Construcción Cajas De Halado
- f. EP PC 151 Jarillón Norte

La misión con la revisión diaria de la carpeta de permisos de trabajo era esencialmente resumida en garantizar que los procedimientos estuvieran en la carpeta y que además se encontraran en la versión más actualizada existente.

### **3.2.2 Matriz RAM**

Las siglas traducen matriz de evaluación de riesgo, y lo que se busca es evaluar el nivel de peligro al cual está sometido un empleado mientras desarrolla un trabajo, esto visto desde el punto de vista ambiental, técnico y de salud ocupación.

Existen riesgos muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos. Para cada uno de ellos hay un responsable, en el caso del riesgo muy alto el ATS debe ser firmado por el director de obra, y en ocasiones por el representante legal de la empresa pues se evidencia que el riesgo de accidente es muy alto y si se presenta una condición sub estándar en el frente de trabajo es responsabilidad de la compañía, comenzando por su cabeza más visible la indemnización a la que haya lugar.

### **3.2.3 ATS**

El Análisis de trabajo seguro es un formato donde se plasman los requisitos operacionales de una actividad, en ese orden de idea se define si los trabajadores deben usar tapa oídos, guantes, gafas oscuras o claras, entre otros.

Este documento se firma diariamente por el dueño del área, un representante de Ecopetrol y quien recibe es el ingeniero residente del frente de trabajo, el cual se compromete mediante este a garantizar lo que se plasma en el formato. Por supuesto apoyándose en el departamento HSE, el cual dispone de un inspector para dos áreas de trabajo, con el fin de estar renovando los elementos consumibles que se desgastan de forma más rápida.

### **3.2.4 MEDEVAC**

El MEDEVAC es una base de datos donde aparecen los teléfonos de contacto de los trabajadores, para que en caso de emergencia se pueda contactar un familiar.

### **3.3 INSPECCIONES DE CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE JARILLONES**

La construcción de dos jarillones cada uno de más de trescientos metros fue la primera actividad en la cual se tuvo la oportunidad de participar en las actividades de obra como tal.

Los jarillones serían las estructuras que contendrían las aguas recogidas a través del canal norte, las cuales aumentarían considerablemente su caudal por la deforestación que se realizó. Inicialmente se proyectaban construir en dos tipos distintos. El primero en sacos de suelo cemento de dimensiones 0.60 X 0.50 X 0.15 metros y llenados en una relación de seis a uno. Este tipo de jarillón se utilizó en la zona de mangle que presentaba el canal general construido por la naturaleza a través de los años, y la razón fue que no se podía ingresar equipo de compactación manual a la zona.

Por otra parte existía otro tipo de jarillón, el jarillón en suelo compactado, subiendo en capas de 0.10 metros y tomando densidades con la utilización del densímetro nuclear se garantizaría la construcción óptima de esta estructura, sin embargo por la presencia de cangrejos en la zona se hizo necesario revestir estos diques con una capa de seis centímetros de concreto para así asegurar que el agua no se terminaría filtrando cuasando así un daño de la obra.

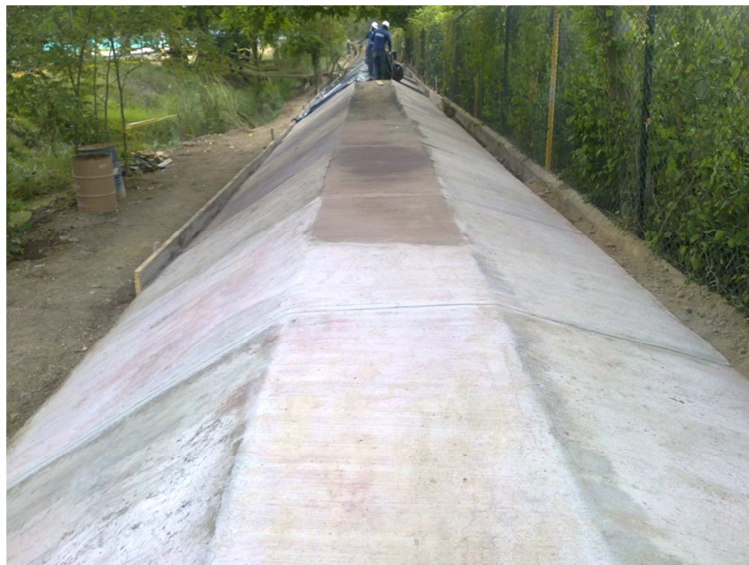
La labor como auxiliar de calidad en esta área fue garantizar la relación seis a uno entre el cemento y el material de excavación, seguido de la correcta humectación del saco y la posterior compactada por medio de pisón. Para esto se utilizó el balde de un retro cargador con el cual se mezclaban seis bultos de cemento con seis descargues de material del operador.

**Figura 7– Construcción Jarillón en Sacos**



*Fuente: Propia*

**Figura 8 – Jarillón Revestido**



*Fuente: Propia*

En la figura ocho se observa el terminado final del jarillón con núcleo en tierra.

### **3.4 PLATAFORMAS DE TANQUES DE 550,000 BARILLES**

El movimiento de tierras para lograr los patios en donde se fundirían luego los anillos de fundación de los dos tanques más grandes del país comenzó en agosto del año 2011. Aunque la participación como auxiliar de Ingeniería comenzó en el mes de febrero todavía quedaba bastante material por excavar y otro tanto por compactar.

Básicamente el patio del tanque 4121 se realizó en un 100% con material de relleno, mientras que para el del 4122 la situación fue totalmente contraria hubo que excavar más de cinco metros para llegar finalmente a las catorce metros sobre el nivel medio del mar. Altura a la cual quedarían ambas plataformas.

El papel como control de calidad fue, en esencia, coordinar el personal de laboratorio para que tomara las densidades correspondientes una vez el personal de operativo hubiese terminado con cada una de las capas, las cuales eran de quince centímetros de espesor. Para este caso en particular el ensayo con el densímetros nuclear debería arrojar como resultado el 95%o más del ensayo del proctor modificado semanal. Un valor promedio de la densidad obtenida con el proctor es  $1.83 \text{ g/cm}^3$  y la densidad óptima del material era igual al 18%. Por intermedio del laboratorista se levantaba un formato en campo donde se registra la localización del punto donde se tomó la densidad, la cota, y la humedad relativa. Sabiéndose positivos estos resultados se procedía con la liberación de la capa y se comenzaba con la capa subsiguiente.

El conocimiento del proceso de movimiento de tierras al cual se tuvo acceso durante la consecución de este hito para el proyecto se hace invaluable, al tiempo que se entiende que para obtener un rendimiento adecuado se deben implementar dos turnos de trabajo y manejar una maquinaria potente para la consecución del objetivo.

En el caso del consorcio C&G no se escatimó en lo más mínimo en cuanto al recurso para excavación y relleno. Cuando la campana de Gauss que idealiza la distribución de los recursos dentro de un proyecto tocaba su punto más alto se tenían seis Dumpers con capacidad de transportar hasta 18 m<sup>3</sup>, veinte volquetas de doble troque de 16 m<sup>3</sup>, tres vibro compactadores de rodillo y otros tres de pata de cabra, un Bulldozer D9 y dos D6, y en general toda una disposición logística en cuanto a canteras, personal administrativo y operativo enfocado en la actividad más importante del contrato.

Teniendo en cuenta la política ambiental de Ecopetrol y tras haber talado más de doscientos árboles al final del proyecto el contratista deberá sembrar dos mil especies nativas como equilibrio ambiental ante el impacto generado en el Terminal Néstor Pineda.

**Figura 9–** Movimiento de Tierras



*Fuente: Propia*

### **3.5 CONSTRUCCIÓN CAMPAMENTO CB&I**

Chicago, Bridge and Irones una empresa multinacional con más de 100 años de experiencia, líder mundial en ingeniería, procura y construcción de grandes proyectos, con operaciones en todos los continentes.

CB&I es el contratista principal del proyecto de Expansión de la Refinería de Cartagena, la obra de infraestructura más ambiciosa realizada en Colombia en los últimos años y cuya inversión alcanza los U\$3,892 millones de dólares.

En el caso particular de la construcción mecánica de los tanques 4121 y 4122 es la empresa Americana la encargada de desarrollar la obra. Para esto, obviamente requieren de un campamento con diez contenedores, baños, instalaciones eléctricas y todas las facilidades para poder desarrollar su trabajo.

El consorcio C&G fue el encargado de la puesta a punto del campamento de la compañía de Chicago, generando un cerramiento perimetral, dándole un manejo a las aguas lluvia que iba a presentarse por lo cual se construyeron cunetas trapezoidales de resistencia 31 MPa. Como se puede observar el cliente no ahorra en gastos cuando a resistencias del concreto se refiere pues su política es de inversión en la compresión que puede resistir un concreto desde su misma fabricación y no tener que reparar una estructura llámese fundación, cuneta, soporte de tubería, muro de contención o box culvert.

La coordinación de calidad aseguró en esta ocasión que el concreto vaciado en los andenes del campamento, las vigas enterradas del cerramiento perimetral así como el material de la malla galvanizada estuviera de acuerdo al plan de calidad, recibiendo los certificados de calidad por parte del departamento de compras y garantizando un acabado de excelente calidad con el propósito de satisfacer siempre al cliente.

**Figura 10– Campamento CB&I**



*Fuente: Propia*

### **3.6 ELABORACIÓN DE LIBERACIONES CIVILES Y CONTROL DE DOCUMENTOS**

En el marco de un plan integral de gestión de la calidad las liberaciones de las obras ocupa un lugar especial dentro del sistema, razón por la cual diariamente se deben ejecutar formatos que garanticen de forma física que los procedimientos están siendo respetados y que se están aplicando la especificaciones técnicas del cliente.

Sobre el control de documentos cabe la pena resaltar algo ya mencionado en capítulos anteriores y es que los planos, procedimientos y matrices que utiliza el ingeniero residente en campo o su supervisor deben ser las versiones más actualizadas de los mismos, y es responsabilidad del departamento QA/QC facilitarles la información y entregarla con el respectivo sello de copia controlada.

### **3.6.1 Liberaciones Civiles**

El formato utilizado para las liberaciones civiles es el EP FO 111-1. Las siglas EP hacen referencia al cliente, Ecopetrol. FO es un apócope de Formato y el número 111-1 es la codificación que recibe este documento. En las liberaciones se debe disponer la siguiente información:

- a. Planos aprobados del frente de trabajo
- b. Localización y replanteo
- c. Información del material de relleno
- d. Descripción de la formaleta
- e. Acero de refuerzo
- f. Mampostería
- g. Reseña Fotográfica

Así pues haciendo uso de cada uno de los espacios del formato de liberaciones y dependiendo de la actividad por asegurar en términos de calidad se completaba el documento. Los espacios en los que no aplicara anexar información simplemente se mantenían en blanco. Luego de la elaboración de los documentos el jefe de aseguramiento y control es el encargado de revisar que todo esté en línea con los términos contractuales del proyecto y a continuación la Gestoría, anteriormente conocida como Interventoría aprueba el documento, estas liberaciones se deben guardar en carpetas que al finalizar la obra conformaran el Dossier del proyecto.

### **3.6.2 Control de Documentos**

La empresa consultora, Tipiel S.A. envía al cliente las actualizaciones de plano por intermedio de una plataforma interactiva a la cual el contratista constructor debe acceder periódicamente para descargar las nuevas versiones de los planos.

Es por esto que el departamento QA/QC debe llevar un archivo de control de documentos donde haya claridad de cuándo llegan las actualizaciones, esto con el propósito de evitar no conformidades por cambios en los planos posteriores a la ejecución de los trabajos, en esos casos se realiza una interpelación acusando que la planimetría o el detalle estructural tuvo un cambio de información.

Este tipo de controles toma gran importancia para una empresa contratista porque es su argumento ante un oficio de producto no conforme por parte de Ecopetrol o sus representantes, que para el caso del PLR son la empresa Tecnicontrol, recién comprada por la multinacional Bureau Veritas, y la nueva empresa de SNC-Lavalin: Itansuca. Estas dos compañías una funcionando como gestoría y otra como gerencia son las encargadas de velar en el día a día por los intereses del cliente.

Figura 11– Formato de Liberaciones Civiles

CONSORCIO C & G		LIBERACIÓN DE OBRAS CIVILES			
Proceso Nombre del Proyecto: 5211010					
Código: EP FO 111-1		Versión: 00	Fecha: 2011-07-15	Página 1 de	
UBICACIÓN:	ITEM: _____				REPORTE No. _____
	ACTIVIDAD: Construcción de Jarillón en tierra Áreas Muerte				88
	DOCUMENTO: 1244_S8-02-DW-1452-01-01_3				FECHA: 16/02/2012
1	PLANOS APROBADOS:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	NA <input type="checkbox"/>	OBSERVACIONES:
2	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	NA <input type="checkbox"/>	OBSERVACIONES:
3	DIMENSIONES	ANCHO: <input type="text"/>	LARGO: <input type="text" value="11.42[m]"/>	COTA: <input type="text" value="3.35[msnm]"/>	N.A. <input type="checkbox"/>
	OBSERVACIONES:	Caso 1			
4	RELLENO:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	NA <input type="checkbox"/>	OBSERVACIONES: MATERIAL DE EXCAVACION
	MATERIAL DE RELLENO	BASE <input type="checkbox"/>	SBASE <input type="checkbox"/>	NA <input type="checkbox"/>	OBSERVACIONES:
		ARENA <input type="checkbox"/>	ZAHORRA <input type="checkbox"/>		
		OTRO <input checked="" type="checkbox"/>			
	ENSAYO DE COMPACTACIÓN:	<input type="text" value="1"/>	ESPECIFICADO: <input type="text" value="90%"/>	OBTENIDO: <input type="text" value="95.4%"/>	N.A. <input type="checkbox"/>
	OBSERVACIONES:	Densidad Máxima: 1.838 g/cm3 Humedad Óptima: 13%			
6	FORMALETA				OBSERVACIONES:
	MADERA	<input type="checkbox"/>	METÁLICA	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	ALINEACIÓN SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	APLOMO SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	MEDIDAS CORRECTAS SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	APUNTAMIENTO SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
8	ACERO DE REFUERZO				OBSERVACIONES:
	EST. METÁLICA	<input type="checkbox"/>	CAMPESINIA METÁLICA	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	DIMENSIONES CORRECTAS SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	FIGURACIÓN SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	UBICACIÓN SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	TRASLAPOS SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	AMARRES SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	SOLDADURA SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	PLATINAS SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	PERNOS SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
	OTROS SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>
7	MAMPOSTERÍA	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	NA <input checked="" type="checkbox"/>	OBSERVACIONES:
	BLOQUE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	LADRILLO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	OTRO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	DIMENSIONES / UNIDAD				
	DOSIFICACIÓN MORTERO DE PESA				
ELABORÓ		REVISÓ		GESTORÍA	
FIRMA	FECHA	FIRMA	FECHA	FIRMA	FECHA
ANDRÉS FERNANDO PARRA R.	16/02/2012	CECILIA RACHÓN	16/02/2012		

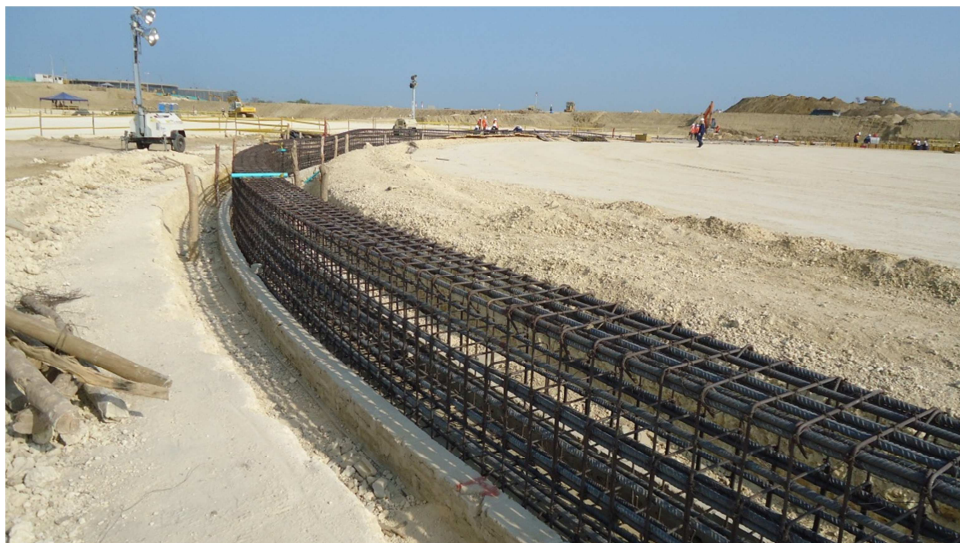
Fuente: Departamento de Calidad Consorcio C&G

### 3.7 FUNDICIÓN DEL ANILLO TANQUE TK 4122

La fundación del anillo del tanque Tk 4122 se realizó en el mes de marzo y fue una fundida bastante especial ya que era el primer anillo y se pondrían a prueba los dotes de la dirección, los ingenieros residentes, capataces y ayudantes de obra. Por fortuna esa noche todo salió a la perfección, se recibieron 38 mixers con 8 m<sup>3</sup> cada una y pasadas las tres de la mañana, luego de más de diez horas de bombeo de concreto el hito se cumplió.

El trabajo de cada una de las personas que participó en la fundida fue esencial para conseguir el objetivo y en especial el del departamento de calidad. Un concreto con una relación agua-cemento de 0.40, inhibidor de corrosión, baja permeabilidad y slump entre las cuatro y seis pulgadas no es para nada fácil de asegurar a menos que se ejerza el pertinente control. Para esto se dispusieron dos puntos en donde las mixer de Argos, el proveedor de concreto, llegaban y se les hacía el respectivo ensayo de slump al tiempo que se tomaban seis muestras cilíndricas la cuales se fallarían a los siete, catorce y veintiocho días.

**Figura 11**– Acero de anillo TK 4122



*Fuente: Propia*

Cada uno de los anillos cubió 300.25 m<sup>3</sup> de concreto y se requirió de más de doscientas toneladas de acero para el refuerzo estructural. En total cincuenta personas materializaron la dona en la que se soportarán las láminas de acero que conformarán la estructura mecánica del tanque.

El proceso del consorcio no terminó con el concreto dispuesto esa noche, actividades como la localización de la geo membrana que prevendrá la contaminación del suelo en un eventual derrame y la protección catódica que evitará la corrosión de las láminas continuó durante los días subsiguientes.

El refuerzo longitudinal de la estructura de fundación utilizó barras No. 10 de 12 metros las cuales se traslapaban 2.3 metros evitando que los empalmes quedaran en mismo punto. En esto el apoyo de los inspectores QA/QC fue decisivo y la estrategia fue bastante simple: luego de amarrar una fila de acero, se comenzaba la siguiente 5 metros adelante, de esta forma los traslapos nunca coincidieron y la gestoría siempre aprobó el amarre.

Como enseñanza de este proceso en particular queda la importancia de una excelente planeación para una fundida de estas características, con presentaciones previas se socializó a todo el personal de sus labores y responsabilidades y se identificaron las zonas de calidad, ingeniería, alimentación, descanso y lavado de llantas. Así pues, como lección aprendida en esa ocasión se determinó por mantener las planeación con el suficiente tiempo para posteriores actividades similares.

En total dos cuadrillas conformaron los frentes de fundida en la noche del 15 de marzo desde un mismo punto arrancaron en sentidos contrarios hasta encontrarse luego de recorrer cada grupo 180° del círculo que define la particular fundación en concreto.

### 3.8 CONTROL DE CONCRETO Y ACERO

#### 3.8.1 Control de Concreto

El control de materiales en una obra donde luego del balance de mayores y menores cantidades se pactan nueve mil metros cúbicos debe ser exhaustivo, por esta razón desde la coordinación de calidad y guiados desde la dirección de obra se implementaron cuadros de control que permiten llevar una trazabilidad del volumen que el proveedor envía a la obra.

El segundo propósito y no menos importante es el cálculo del desperdicio. Sabiendo cuánto concreto llegó para fundir la placa de fondo de un módulo de quince metros del canal sur se puede saber cuánto más se utilizó y tomar acciones correctivas al respecto, normalmente los ingenieros residente hacen pedidos por encima del cubicaje planimétrico y el sobrante lo disponen como concreto de limpieza, o simplemente se pierde. Esta tarea fue fundamental en la reducción de los desperdicios y generó un gran valor agregado en la labor.

**Figura 12– Control de Concreto**

<b>Balance de Concreto en Site Preparation de PLR</b>					Fecha:
<b>Fecha</b>	<b>Remisión</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Localización</b>	<b>Descripción</b>	<b>Volumen [m3]</b>
30/02/2012	32158312	2500	Ductos	Banco Ductos	3
01/03/2012	31000040	1500	Canal Norte	Solado	6
06/03/2012	32095957	4500	Trampa Grasas	Muro Norte	7
07/04/2012	33010169	4500	Sumidero	Placa Fondo	6
11/04/2012	33010285	4500	Canal Sur	Muro oriental	4
13/05/2012	3214321	2500	Campamento	Andenes	4
18/06/2012	3256431	4500	Anillo TK 4122	Fundación	2

*Fuente: Propia*

### 3.8.2 Control de Acero

De igual forma con el acero recibido en obra que si bien debería ser un control del almacén ya que es el quién se adueña del material se brindaba como un apoyo desde la oficina de calidad.

El proveedor del acero, la empresa de Alfredo Steckerl, ofrece a sus clientes la posibilidad de figurar el hierro previo envío del mismo, así pues luego de generar las cartillas de despiece, se enviaba la información pertinente a la siderúrgica y luego de dos días comenzaban a remisionar en camiones tipo cama alta en una rata de veinte toneladas por viaje.

Poco a poco el tema de los despieces fue haciendo necesaria la presencia en obra para asesorar en el amarre de hierro, lo cual fue realmente enriquecedor en medio de esta experiencia pues se entró en contacto con terminología de construcción, maestros, capataces, operadores e ingenieros.

**Figura 13– Control de Acero**

<b>Balance de Acero en Site Preparation de PLR</b>					Fecha:
<b>Fecha</b>	<b>Remisión</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Localización</b>	<b>Descripción</b>	<b>Peso [Kg]</b>
23/02/2012	000456	No 10	Anillos	Fundación	95,560
15/03/2012	000568	No 7	Cajas	Muros y Placa	25,654
25/03/2012	000123	No 5	Trampa Grasas	Placa Fondo	12,056
08/04/2012	000389	No 3	Campamento	Cunetas	15,689
16/04/2012	000785	No 4	Cajas Halado	Muros	23,789
25/05/2012	000986	No 5	Sumidero	Contrafuertes	20,456
01/06/2012	001235	No 8	Tanque Slop	Fundación	15,500

*Fuente: Propia*

### **3.9 APOYO EN EL AMARRE DEL HIERRO DEL TANQUE SUMIDERO TU 4101**

Otro de los grandes hitos de la preparación del sitio del PLR fue la construcción del TU-4101 una estructura para la cual se requirió un excavación de más de 10 metros de profundidad. El tanque sumidero requirió un total de 85.3 toneladas de acero de refuerzo, repartidos en hierros de diámetros No. 4, No. 5 y No 7. Teniendo en cuenta que la placa de fondo del tanque mide 26 metros de largo por 16 de ancho y que los muros tienen 5 metros de alto, fueron necesarios 453 metros cúbicos de concreto para materializarlo.

Como auxiliar de calidad se puede decir que esta fue la estructura en la que hubo una relación directa desde su planeación táctica hasta las mismas fundidas.

El primer paso fue realizar el despiece del tanque identificando las partes más importantes para realizar los pedidos al proveedor. Así pues se comenzaron armando las vigas de contrapeso, seguidas de la placa de fondo para finalmente comenzar con el hierro de los muros. Para esta última parte fueron exigidos andamios certificados por parte de la gestoría pues la altura de trabajo superaba los dos metros desde el nivel del suelo.

Dado que el Ingeniero Residente del frente se tuvo que ausentar por unos días se tuvo la oportunidad de dirigir el frente durante este lapso, donde la maniobra más importante fue el descargue de las vigas de contrapeso, las cuales se habían amarrado sobre unos burros pues en la zanja que se construyó para que estas quedaran enterradas no era posible traslapar.

La experiencia como tal fue enriquecedora, se administraron recursos como plantas eléctricas, mini cargadores, volquetas y alrededor de veinte personas entre maestros de obra y ayudantes técnicos.

**Figura 14–** Descargue de Vigas TU-4101



*Fuente: Propia*

**Figura 15–** Amarre de Acero en TU-4101



*Fuente: Propia*

## **4. PROCEDIMIENTO PARA LA TRAZABILIDAD**

### **4.1 OBJETIVO**

Determinar la forma de identificación de los materiales y equipos durante las etapas de fabricación, almacenamiento e instalación, en obra; así como los procesos de construcción y montaje de acuerdo con las especificaciones técnicas y códigos aplicables para efectos de su trazabilidad.

### **4.2 ALCANCE**

Se aplica a las actividades necesarias durante la recepción, almacenamiento e instalación de materiales y equipos, para asegurar la adecuada identificación y seguimiento de los mismos, ya sea por requerimiento del contrato, o por necesidad expresada en el correspondiente Plan de Calidad. De igual forma, abarca en alcance el seguimiento de procesos constructivos relacionados directamente con la alcance del contrato.

### **4.3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

- a. Especificaciones Técnicas
- b. Norma ASTM A6– API 5L
- c. Plan de Calidad de la empresa.

#### **4.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Todo el personal involucrado en esta actividad debe conocer los riesgos y las estrategias para prevenir los accidentes según lo establecido en los instructivos de seguridad y en el ATS (análisis de tarea segura) establecido para la actividad indicada. Así mismo se deben disponer y utilizar elementos de seguridad industrial acordes con la actividad, tales como gafas, guantes, ropa de trabajo y mascarillas de acuerdo a las fichas de manejo de elementos de protección personal.

#### **4.5 RESPONSABILIDADES**

- a. El jefe de obra es el responsable de hacer cumplir este procedimiento.
- b. El jefe de compra y suministro es el responsable del control de trazabilidad de equipos y materiales en la fuente.
- c. El responsable de materiales de la obra debe verificar, como parte del proceso de recepción, que todos los elementos lleguen debidamente identificados.
- d. Los jefes de cada uno de los frentes de construcción y montaje son responsables de la trazabilidad, mediante la correcta identificación en la documentación, de cada uno de los elementos instalados, tales como:
  - Isométricos de trazabilidad de materiales: Heat Number, clasificación, rating, y toda aquella información relevante suministrada por el fabricante.
  - Isométrico de corte. (Liberación dimensional)
  - Isométrico de ensamble. (Liberación de Ensamble)
  - Isométrico con información de Limpieza y Pintura.
  - Isométricos As Built.

Para la correcta aplicación de este procedimiento, se dará una capacitación a cada uno de los responsables de cada área para garantizar la trazabilidad de los materiales y los trabajos durante la ejecución del proyecto.

El responsable de QA/QC debe llevar el archivo de los registros de trazabilidad y compilar esta información para incluirla en el dossier al finalizar el proyecto. En relación a procesos constructivos se deberán desarrollar y tener a punto los formatos necesarios para garantizar en términos de calidad las actividades que se realizan a lo largo y ancho de la obra.

## **4.6 DEFINICIONES**

### **4.6.1 Trazabilidad**

Es la capacidad de rastrear la historia del producto en su registro. Para esto no basta la identificación por nombre y especificación, sino que además a cada unidad o lote de producción se le da identificación única.

### **4.6.2 Certificado de Materiales**

Documento suministrado por el Fabricante donde consta la calidad, tipo, cantidad, colada, propiedades físicas y químicas, número y nombre del fabricante, proceso de fabricación, códigos y normas empleadas.

## **4.7 ETAPAS DEL PROCESO**

### **4.7.1 Trazabilidad en la Fuente**

Todo material que influya en la calidad del proyecto ubicado en el área, deberá ser inspeccionado por el QC de obra para verificar código de material, número de lote. Además debe venir respaldada por un certificado de fabricación (MTR). Asignar un número consecutivo a cada elemento con el cual podamos correlacionar la colada del mismo y registrarlo en el formato EP FO 512-1 Registro de Recepción de Materiales.

Las estructuras metálicas prefabricadas deben traer indicado el tipo de elemento y Número de Colada.

### **4.7.2 Codificación a Utilizar**

Una vez recibido el material se codificará consecutivamente a partir del número (0001). La información del material deberá ser consignada en el formato EP FO 512-1 Registro de Recepción de Materiales.

Notas:

A los materiales como espárragos, tuercas, empaques, etc., no tendrán identificación individual se asignará el número consecutivo correspondiente al respectivo lote.

Al momento de la recepción en obra, el encargado Calidad de materiales y equipos debe verificar que todos los elementos lleguen debidamente identificados de acuerdo al pedido y a los requisitos de trazabilidad en la fuente y consignar esta información en el respectivo registro, Formato EP FO 512-1 Registro de Recepción de Materiales.

Si falta información de trazabilidad que sea mandatoria, se diligenciará el formato AL FO 055 Tratamiento de producto no conforme con la firma de QA/QC. El elemento se debe identificar con una etiqueta de rechazo y debe ser segregado, en lo posible, hasta que se solucione el problema de trazabilidad.

El encargado de Materiales debe mantener en buen estado la información de trazabilidad de los elementos bajo su custodia.

#### **4.7.3 Trazabilidad Durante la Ejecución**

Durante el transporte, sandblasting y pintura, se debe tener cuidado de conservar la identificación de estructuras metálicas.

Cuando se corte una tubería, lámina, viga etc.; se debe conservar la información de trazabilidad en cada una de las secciones que se vaya a utilizar en la obra, mediante la marcación con pintura. La última parte de este material a utilizar será la que conserve la información estampada y original del fabricante.

Los elementos instalados en obra deben quedar plenamente identificados, según formato EP FO 512-1 Registro Recepción de Materiales, de tal forma que puedan ser rastreados hasta su origen en caso de ser necesario.

Todo el material sobrante deberá contener toda la información del material original requerida para su correcta trazabilidad y, será devuelto a la bodega o sitios de acopio en patio, para su devolución al ECOPETROL debidamente embalado, una vez concluido el proyecto.

La Fabricación y vaciado de concreto requiere de registros de trazabilidad ya sea preparado en sitio o proveniente de una cementera. Para esto se diligenciará el Formato de registro y durante la ejecución de la actividad se realizará inspección por parte del departamento QA/QC de la empresa en acompañamiento de un representante de la Gestoría.

La toma de densidades, actividad indispensable para garantizar la calidad del relleno en zonas movimiento de tierras, requiere de una trazabilidad especial. Se dispone del formato EP FO 507 en donde se deben registrar fechas, localización, Material utilizado, Cotas y resultados que el densímetro nuclear o el ensayo de cono de arena suministre en las pruebas que se realicen.

#### **4.7.4 Codificación de Colores durante el Proceso Constructivo**

El material es Liberado por Trazabilidad por el representante de la empresa se le estampará una LÍNEA AMARILLA.

El material es aprobado por el cliente por trazabilidad y se aprueba para ser instalado en el Proyecto se estampará una LINEA VERDE paralela a la amarilla.

#### **4.8 REGISTROS**

Los registros de los materiales suministrados por el cliente, adicional a los certificados de calidad de materiales.

También se deben utilizar los siguientes formatos:

- a. EP FO 512-1      Registro de Recepción de Materiales
- b. EP FO 512-5      Registro de Liberación de Materiales y Trazabilidad
- c. EP FO 507      Trazabilidad de Densidades
- d. AL FO 055      Tratamiento de producto no conforme

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ La participación de estudiantes que aspiran al título de Ingenieros Civiles, en de proyectos de la industria petrolera le aporta un valor agregado al profesional del mañana, pues lo enfrenta a los más altos estándares de calidad, seguridad industrial y rendimientos de la ingeniería colombiana.
- ✓ El compromiso con el medio ambiente que enmarca el plan de manejo ambiental del Proyecto Logística Reficar debe permear todos los campos de desarrollo de la economía nacional y mundial en los que se realicen alteraciones a zonas boscosas.
- ✓ En el transcurso de la práctica el estudiante pudo participar de una estructura organizacional claramente definida, en donde interactúan en simultaneo profesionales de otras ingenierías, humanistas y personal operativo, esto le permitió perfeccionar sus condiciones humanas en cuanto al trato con otros individuos al tiempo que surgían brotes de liderazgo y pasión por su profesión.
- ✓ El departamento de aseguramiento y control de la calidad de cualquier empresa es el responsable de garantizar que los productos, obras o materiales que se consideren como producto terminado estén a la altura de las expectativas del cliente, para esto se debe implementar la cultura de la calidad desde la cabeza de la organización hasta las personas en el último nivel jerárquico.
- ✓ Los parámetros de diseño de compañías como Ecopetrol superan de sobremanera los lineamientos de la norma sismo resistente colombiana, pues para estas empresas es preferible invertir más en diseño y materiales que no arriesgarse a paradas de plantas o accidentes causados por fallas técnicas de las estructuras.

- ✓ En climas tan agresivos en términos de temperatura como el de Cartagena se deben evitar las fundidas de concreto en horas del día, procurando definir desde la planeación el turno nocturno para esta actividad.
- ✓ Para una obra de movimiento de tierras que maneje más de dos frentes de trabajo es importante incluir dentro del presupuesto un densímetro nuclear el cual debe ser operado por personal idóneo dada la estricta normatividad por el empleo de fuentes radiactivas.
- ✓ La trazabilidad de trabajos y materiales es imprescindible cuando se trabaja en la industria petrolera pues permite identificar a tiempo materiales sin certificados de calidad y en el caso del movimiento de tierras rellenos sin la compactación adecuada.
- ✓ Una exhaustiva revisión de la ingeniería de detalle por parte de todo el equipo de ingeniería que participa de un proyecto evita retrocesos o demoras en los trabajos, se recomiendan talleres de constructibilidad en conjunto con la empresa de diseño para resolver las dudas que generen los planos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Curso de fundamentos de un sistema de gestión calidad, Sena, Cartagena de Indias.
- ✓ Curso de Seguridad Industrial y Salud ocupacional, Consejo Colombiano de Seguridad, Cartagena de Indias.
- ✓ Especificación de construcción MS 1440 para movimiento de tierras
- ✓ Especificación de construcción MS 1460 para vías y pavimentos.
- ✓ Especificación de construcción MS 1700 obras en concreto.
- ✓ ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas. ISO 9001 en empresas de Ingeniería Civil, Bogotá D.C, 2004. ISBN: 958-9383-44-0.
- ✓ Ingeniería de detalle Proyecto Logística Reficar.
- ✓ Norma de Ingeniería de Producción ECP-GTP-F-38-NIP-30-01
- ✓ Plan de calidad EP PL 165 para el movimiento de tierras y construcción de obras civiles para la adecuación de áreas en el Terminal Néstor Pineda dentro del marco del proyecto logística Reficar.

# **ANEXOS**



## ANEXO B REGISTRO DE TRAZABILIDAD

<b>CONSORCIO C &amp; G</b>		<b>REGISTRO DE TRAZABILIDAD</b>						
		Proceso o Nombre del Proyecto: <b>EJECUCIÓN DEL PROYECTO /</b>						
		Código: <b>EP FO 512-1</b>	Versión: 00	Fecha: 2011-07-15				
ITEM	DESCRIPCION	DIA	LOTE	CODIGO DE TRAZABILIDAD	CERTIFICADO CALIDAD	ORDEN DE COMPRA	FABRICANTE	OBSERVACIONES
		ELABORO					CLIENTE	
NOMBRE								
FIRMA								
FECHA								
CARGO								



