

**AUXILIAR EN EL CONTROL Y EJECUCION DE LA CIMENTACION DEL  
PUENTE LA PUTANA UBICADO EN LA RUTA LEBRIJA  
BARRANCABERMEJA**

**PRESENTADO POR  
JUAN SEBASTIAN MANTILLA PORRAS  
ID: 000267294**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2019**

**AUXILIAR EN EL CONTROL Y EJECUCION DE LA CIMENTACION DEL  
PUENTE LA PUTANA UBICADO EN LA RUTA LEBRIJA  
BARRANCABERMEJA YONDÓ**

**PRESENTADO POR  
JUAN SEBASTIAN MANTILLA PORRAS  
ID: 000267294**

**DIRECTOR ACADEMICO  
GUSTAVO ANDRES OSPINA IDÁRRAGA  
Ingeniero Civil**

**DIRECTOR EMPRESARIAL  
ANDRES RICARDO TOVAR  
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2019**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO .....	4
GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE .....	5
1. INTRODUCCION .....	6
2. OBJETIVOS .....	7
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	7
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	7
3. MARCO TEORICO .....	8
3.1 RESTRICCIONES DE UNA OBRA.....	8
3.2 SUPERVISION DE OBRA .....	8
3.3 CIMENTACION CON MICROPILOTES .....	9
3.3.1 PERFORACION DE MICROPILOTES .....	10
3.3.2 INYECCION MICROPILOTES .....	10
3.3.3 SOLDADURA DE TUBO .....	12
4. DESARROLLO DEL TRABAJO .....	13
4.1 ESQUEMA DEL TRABAJO .....	13
4.2 DETALLE DE ACTIVIDADES .....	14
4.2.1 LOCALIZACION Y ACONDICIONAMIENTO DEL PROYECTO .....	14
4.2.2 ORGANIZACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS .....	15
4.3 PROCESO CONSTRUCTIVO .....	16
4.3.1 SOLDADA DE TUBERIA .....	17
4.3.2 PERFORACION DE MICROPILOTES .....	18
4.3.3 COLOCACION DE TUBERIA .....	18
4.3.4 INYECCION DE LECHADA .....	19
4.3.5 ARMADO DE PLATINAS .....	22
5. CRONOGRAMA INICIAL DE ACTIVIDADES DEL SUPERVISOR DE OBRA .....	25
6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES CUMPLIDAS .....	27
7. APORTE AL CONOCIMIENTO .....	29
8. ANEXOS .....	30
9. OBSERVACIONES .....	38
10. CONCLUSIONES .....	39
11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	40

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** AUXILIAR EN EL CONTROL Y EJECUCION DE LA CIMENTACION DEL PUENTE LA PUTANA UBICADO EN LA RUTA LEBRIJA BARRANCABERMEJA YONDÓ

**AUTOR(ES):** Juan Sebastián Mantilla Porras

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Gustavo Andrés Ospina Idárraga

### **RESUMEN**

El trabajo realizado en el puente la Putana, ubicado vía Bucaramanga-Barrancabermeja, bajo la supervisión de la concesión Ruta Del Cacao, la Agencia Nacional De Infraestructura (ANI) y el grupo Ferrocol, presentó un desempeño exitoso en tiempos de ejecución, estándares de calidad y sostenibilidad de la obra. Los resultados mostrados por la supervisión de la contratista Nacional de Perforaciones fueron coherentes con respecto a la planeación de la obra, propuesta por los directivos del proyecto. Para lograr tan buen desempeño, se organizaron estrategias para mejorar la producción, se llevaron controles que ahorraban el 50% del gasto de los insumos, controlando su desperdicio, y se implementó nueva documentación para llevar un orden más controlado y detallado de las actividades a realizar. A pesar de los inconvenientes presentados durante la obra, se optimizó muy bien el tiempo y el rendimiento mejoró notablemente después de los primeros 2 meses, ya que al inicio de la obra no se cumplió con la programación propuesta por problemas internos de la empresa. Al día de hoy el puente la Putana es el único puente que ya tiene lista toda la cimentación en todo el trayecto Lebrija- Yondó perteneciente a la concesión Ruta Del Cacao, esta cimentación estaba destinada a durar 4 meses, empezando la segunda semana de Abril, pero debido al buen control y vigilancia de la obra y las buenas condiciones del terreno, la obra finalizó a finales de Julio, logrando un 100% de eficacia en tiempos de entrega.

### **PALABRAS CLAVE:**

Supervisión, Planeación, Control, Calidad, Documentación

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** AUXILIARY IN THE CONTROL AND EXECUTION OF THE PUTANA BRIDGE FOUNDATIONS LOCATED ON THE LEBRIJA-BARRANCABERMEJA- YONDÓ ROUTE

**AUTHOR(S):** Juan Sebastián Mantilla Porras

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Gustavo Andrés Ospina Idárraga

### **ABSTRACT**

The work done in La Putana bridge, located in way Bucaramanga-Barrancabermeja, under the supervision of the Cocoa Route concession, the national infrastructure agency (ANI) and The Ferropol group, presented a successful performance in times of execution, quality standards and sustainability of the work. The results shown by the supervision of the National Perspective Contractor was coherent with respect to the planning of the work, proposed by the project managers. To achieve such a good performance, we organized strategies to have a better production, we use controls that saves 50% in supplies expenses, controlling their waste, we implemented a new documentation to bring a detailed order of the activities. In spite of the inconveniences presented during the work, the time was optimized very well and the performance improved significantly after the first 2 months, cause at the beginning of the work the programming proposed was not fulfilled by internal problems of the company. Today, the Putana Bridge is the only bridge that already has the entire foundation on the entire Way of Lebrija-Yondó route belonging to the Cocoa Route concession, this foundation was intended to last at 4 months, beginning the second week of April, but because to the good control and supervision of the work and the good conditions of the land, the work ended at the end of July, achieving 100% of efficiency in delivery times.

### **KEYWORDS:**

Supervision, Planning, Control, Quality, Documentation

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## 1. INTRODUCCION

La concesión RUTA DEL CACAO S.A.S. tiene como visión convertirse en un referente corporativo entre los concesionarios viales en Colombia a través de la implementación de la vía más fiable y segura de viaje terrestre entre los municipios de Bucaramanga-Barrancabermeja- Yondó, mejorando como resultado la calidad de vida de los habitantes del Departamento de Santander. Para ello, la empresa Nacional de Perforaciones fue contratada para realizar la cimentación con micropilotes del puente La Putana ubicado a 5 km del corregimiento la Fortuna, cerca del municipio de Barrancabermeja, dicho contrato tuvo una duración de 4 meses para la realización de toda la cimentación, para lograr esto se necesita una buena organización de la obra y un buen suministro y organización de los recursos necesarios para cada actividad. Por tal motivo, se vio necesario implementar registros de control en tiempos de producción, calidad de materiales, equipos y avances diarios de la obra, dichos registros en su mayoría fueron mejorados, añadiéndoles información acerca de los gastos diarios de acpm y niveles de aceite en el caso de los preoperacionales de los equipos usados, también se crea un documento de registro diario de actividades donde se encuentran las especificaciones de los avances de obra detallando la ubicación, el gasto de insumos, los equipos utilizados y el personal que laboró en cada actividad.

Los formatos creados tienen el objetivo de llevar un control organizado de las actividades, maquinaria e insumos suministrados por el consorcio y también los suministrados por la empresa Nacional de Perforaciones, esto con el fin de minimizar el desperdicio de tiempo y de costo de la obra. A lo largo del informe se irá detallando el proceso de desarrollo de la obra y los aportes de la supervisión.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Apoyar la dirección y control de las actividades necesarias para la construcción de la cimentación del puente la Putana.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Auxiliar en el control de materiales y equipos necesarios para la ejecución de la obra.
- Controlar que las actividades a realizar se cumplan en el tiempo estimado, para así cumplir con el cronograma establecido

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1. RESTRICCIONES DE UNA OBRA

En toda obra Civil y proyecto constructivo, hay tres factores fundamentales que se deben prever para poder lograr un resultado optimo, los cuales son el tiempo, el costo y el beneficio o alcance del proyecto. Estos factores son fundamentales a la hora de emprender una obra civil, ya que me llevan a evaluar la efectividad, la sostenibilidad y todo lo relacionado con la optimización de los recursos de la obra.

Para definir estos 3 factores fundamentales y evaluarlos, se debe mantener un equilibrio entre el costo, el tiempo y el beneficio, así como se muestra en la figura 1, ya que el éxito de una obra depende del buen manejo de estos tres factores en equilibrio. Si se cuenta con buen manejo en el manejo de los costos y el presupuesto de una obra, pero no se logra ningún avance y se emplea mucho más tiempo del estimado en lograr lo especificado en el contrato, se puede decir que la obra no está siendo sostenible y podría ocasionar perdidas, es por eso que es necesario un equilibrio en cuanto a las restricciones de la obra. (Pedro Carvajal, 2015)



Figura 1. Explicación de la triple restricción de un proyecto

#### 3.2. SUPERVISION DE OBRA

Cuando se habla de la supervisión de una obra, se mencionan cuatro elementos muy importantes, los cuales son: planeación, organización, dirección y control; así como son mencionados por (Silva, 2005) ya que la palabra supervisar se entiende como ejercer la inspección de trabajos realizados por otros, según el diccionario de la Real Academia Española.

La supervisión también se puede de ver como la actividad que asegura que se logren fielmente los requisitos y propósitos que están estipulados en los planos y en las especificaciones. Esta función de supervisar es ejercida tanto por la entidad contratada como la contratante, la cual hace uso principalmente del ejercicio de la autoridad, la

delegación de funciones y la utilización de los medios de comunicación entre un equipo humano. Sin embargo, no es la única función administrativa que realiza, ya que participa también en el ejercicio de control, como se mencionaba anteriormente.

El control de una obra se hace responsable que el tiempo de ejecución y la calidad correspondan a lo planeado, y también se responsabiliza junto con el personal administrativo de la empresa, de llevar un movimiento inteligente y cuidadoso al presupuesto que se le asigna a la obra respectivamente. (Cala, 2010)

Respecto a la planeación de la obra, se refiere a el conjunto de actividades tendentes a simular la realización de un trabajo, ordenándolo de la manera más económica posibles y previendo todas las acciones para la ejecución de este. (Silva, 2005).

Este es el contenido de una planificación: Programa detallado del proceso de ejecución elegido. Este programa de proceso define cada una de las actividades propias de cada ítem del proceso constructivo detallado en las especificaciones técnicas, o según como el contrato lo indique.

El, o los encargados de la supervisión de una obra siempre deben tener presente la organización del lugar de trabajo, de sus trabajadores, que ellos mantengan sus elementos de protección correcta y permanentemente, ya que cualquier accidente de trabajo causado por el incumplimiento de los Elementos de protección personal o equipos de seguridad será netamente responsabilidad del supervisor encargado siempre y cuando no sea por imprudencia del trabajador.

En cuanto a la parte ambiental, el supervisor de obra también debe verificar el cumplimiento de la normativa ambiental propia de cada obra (Valdes, 2011) según lo defina el consorcio o las licencias ambientales ya que la obra civil NO puede invadir espacios reservados exclusivamente para preservar el medio ambiente, ya que en la mayoría de casos los ríos, lagos, selvas, cultivos y demás ecosistemas naturales, hacen parte de una región o suministran los recursos vitales propios de una determinada población.

### **3.3. CIMENTACIÓN CON MICROPILOTES**

Cuando se habla de la cimentación con micropilotes, existen muchas maneras de realizar esta cimentación de acuerdo con su sistema constructivo, las cuales pueden ser; hincados, prefabricados, perforados, entre otros. Estos últimos también llamados micropilotes excavados, son los mas complejos a la hora de realizar, ya que es necesario el uso de maquinaria y equipos especializados para la perforación.

La técnica de cimentación con micropilotes perforados puede ser de diferentes maneras, dependiendo de la técnica y los equipos a usar, puede usarse un equipo de rotación con corona, una barrena helicoidal o un equipo de rotopercusión, en el cual se use maquinaria especializada para este proceso.

Los micropilotes perforados se utilizan para cimentaciones profundas, que estén generalmente entre los 10 y 40 metros de profundidad, y en la cuales, por razones de

espacios, de necesidad de carga, inclinación de terreno, no sea posible la ejecución de otras técnicas de perforación.

### 3.3.1 PERFORACION DE MICROPILOTES

La perforación de un micropilote debe hacerse según lo exigido por el proyecto, en cuando a su diámetro, ubicación, longitud, y demás necesario según lo especificado. Dicha perforación debe ser con un diámetro superior al grosor de la tubería de perforación, lo cual evita que haya posibles derrumbes o fallas a la hora de la perforación.

Para la perforación se pueden utilizar máquinas de rotación o de roto-percusión, dependiendo de la profundidad y las características del terreno, que cuenten con sistemas de recuperación de aire o polvo para facilitar el desalojo de material.

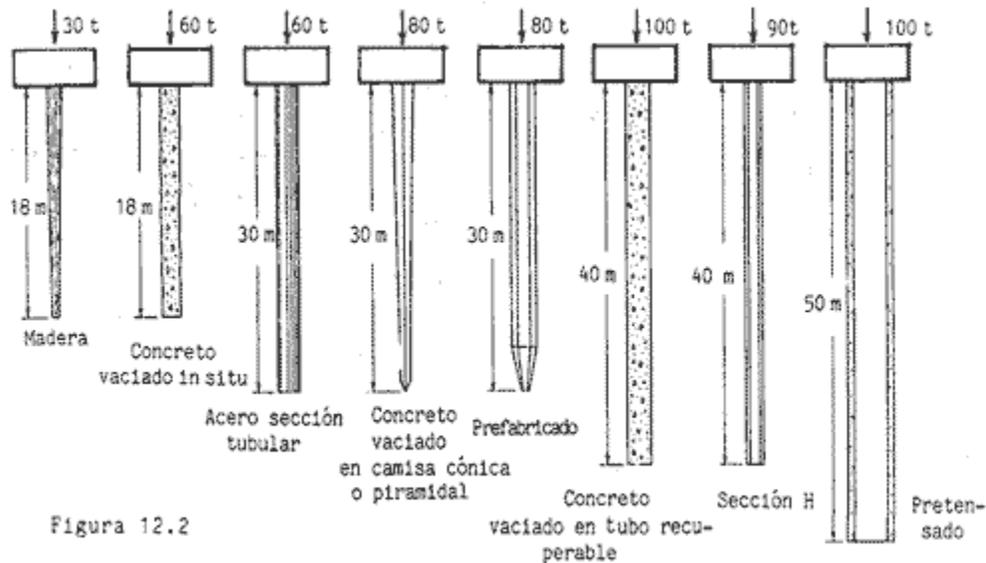


Figura 12.2

Figura 2. Tipos de pilotes según su método constructivo

Fuente: Constructor Civil, empresa de ingeniería

### 3.3.2 INYECCION DE MICROPILOTES

El paso siguiente es la inyección de la lechada generalmente usada, o del mortero especificado según lo pactado en los estudios del suelo. Esta inyección puede ser mediante inyección global única, inyección repetitiva o inyección repetitiva selectiva.

La inyección de la lechada o mortero debe ser rigurosamente vigilada debido a que es el proceso mas importante el cual le dará la estabilidad y la fuerza al micropilote. Generalmente se usa un equipo o bomba de inyección la cual esta encargada de mantener la presión constante de la lechada, sellando los espacios y vacíos generados en la perforación. Cuando se perfora un micropilote generalmente la inyección se hace repetitiva y selectiva, la cual se realiza mediante tubos de PVC cuyo tamaño depende del diámetro del micropilote, y con la profundidad similar a la de la perforación, estos tubos no deben superar el metro, para poder controlar la presión y la admisión en cada tramo del pilote.

Los micropilotes son reinyectados según sea necesario, desde el interior de la tubería y también alrededor de la tubería de acero, esto para poder generar la estabilidad por dentro y por fuera del pilote. Esta inyección generalmente se recomienda hacerse en suelos cohesivos, en suelos donde haya baja consistencia y también en suelos granulares para generar un bulbo.

Según se muestra en la Figura \_\_, este proceso es posterior a la perforación y se debe hacer llenando todos los vacios o en su mayoría, para asi lograr sellar las grietas que se forman a la hora de la perforación, para poder evitar fisuras con el peso futuro de la estructura.

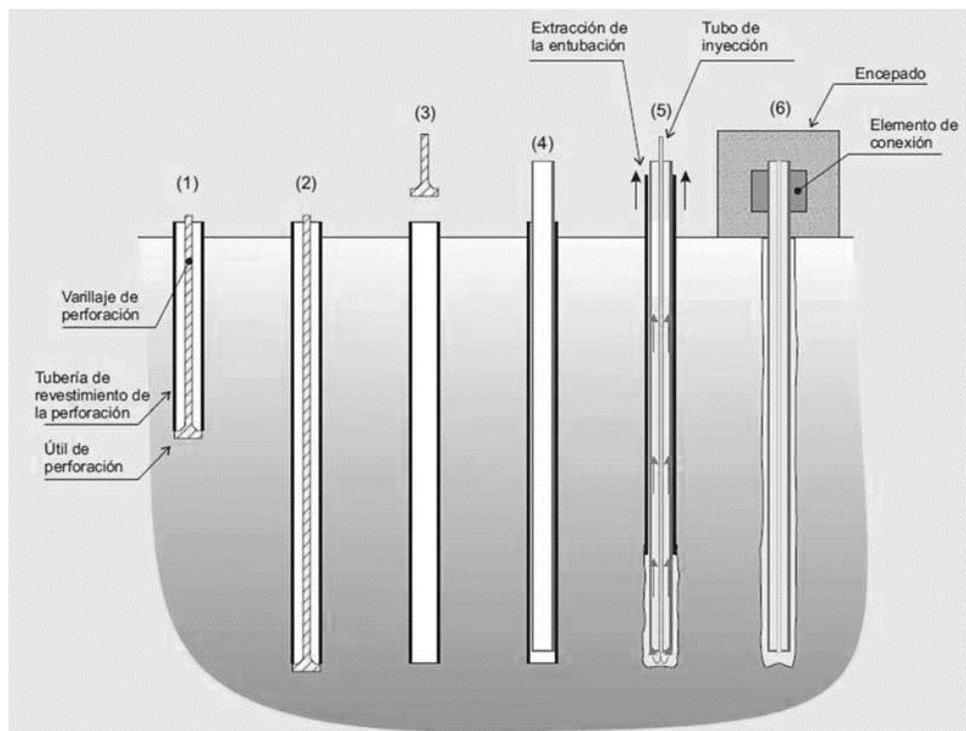


Figura 3, Procedimiento de perforación e inyección de un pilote

Fuente: [www.Geotecniafacil.com](http://www.Geotecniafacil.com)

### **3.3.3 SOLDADURA DE TUBERIA**

El proceso de soldadura es una actividad que consiste en la unión o fijación de dos tubos de acero galvanizado de alto rendimiento, por medio de fusión, este proceso debe realizarse en un ambiente adecuado y apartado, teniendo precaución con los rayos solares, y con el clima, ya que los trabajos en caliente requieren de mucho cuidado en su proceso de elaboración, para evitar quemaduras, descargas eléctricas, humos que pueden contaminar y causar enfermedades pulmonares o cardíacas, y demás riesgos altos que pueden ocasionarse al realizar la soldadura.

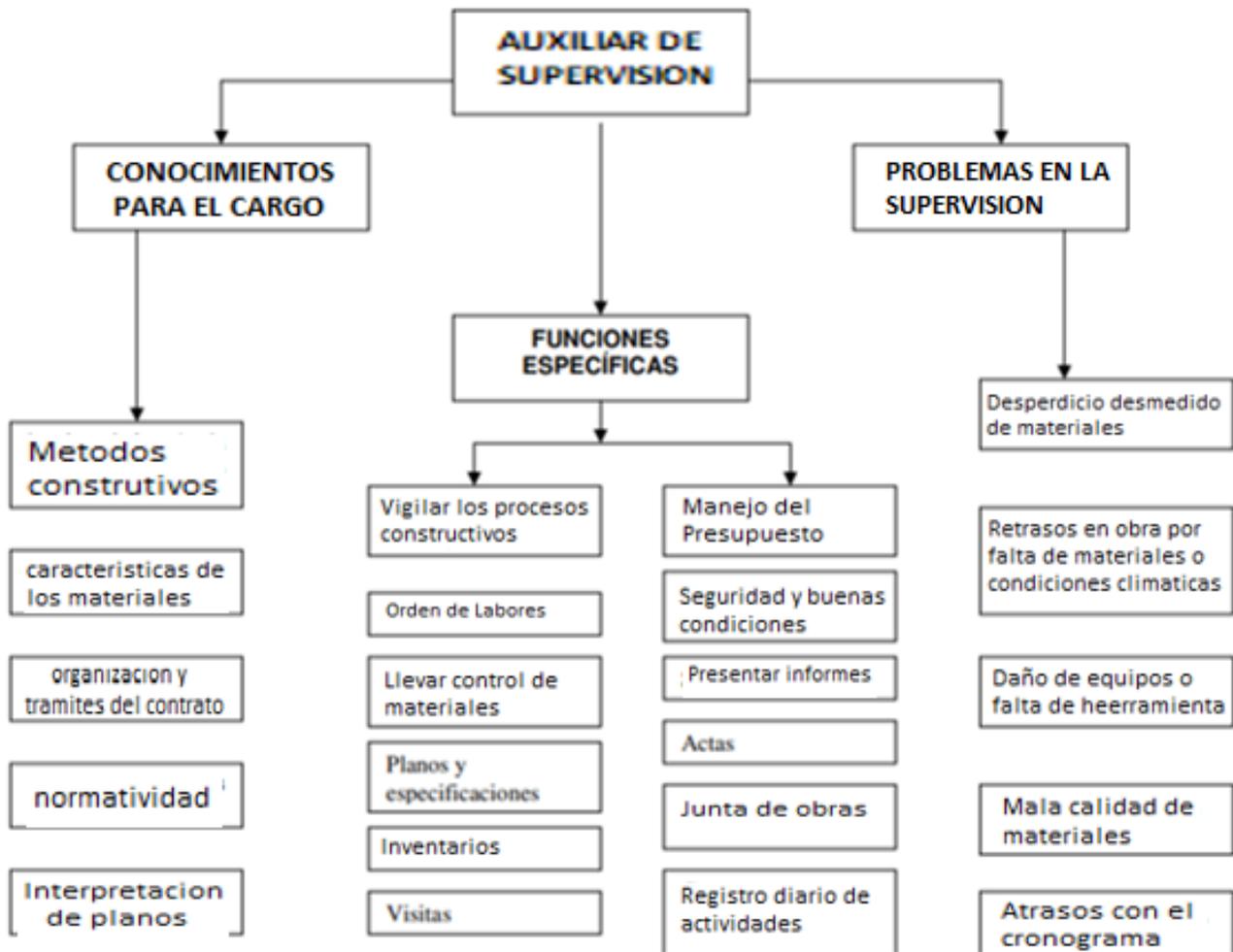
Uno de los procesos de soldadura más comunes es la soldadura de arco, generalmente la soldadura manual con electrodo. Esta soldadura consiste normalmente al usar la corriente eléctrica para crear un arco entre la tubería y la varilla del electrodo.

Estos tiempos de soldadura son generalmente lentos, ya que los electrodos al cumplir con su consumo deben ser reemplazados y también porque el residuo de la soldadura o fundente, en la tubería debe ser retirado y limpiado después de soldar.

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO

### 4.1. ESQUEMA DE TRABAJO

El presente esquema fue elaborado con el fin de orientar las funciones y responsabilidades de el supervisor encargado de la obra a realizar.



**Tabla 1.** En esta tabla se muestran los conocimientos, las funciones y algunos de los problemas presentados en la supervisión de una obra civil.

## 4.2. DETALLE DE ACTIVIDADES

### 4.2.1 LOCALIZACION Y ACONDICIONAMIENTO DEL PROYECTO:

Cuando se inicia una obra civil, es necesario realizar una limpieza y adecuación para poder empezar a construir, por tal razón se empezó con el replanteo del terreno y la organización del terreno a trabajar, para empezar las labores de replanteo es necesario contar con equipos de localización tales como Teodolitos o Estación Total, y herramienta para marcar el terreno y así proceder a excavar o rellenar según sea necesario con maquinaria pesada. en ese momento la empresa no contaba con retroexcavadora en campo, por tal motivo fue necesario pedirle al consorcio una retroexcavadora para poder agilizar esa actividad.

Para toda obra civil es muy importante realizar un replanteo del terreno según los planos y la ubicación de los micropilotes, ya que es el terreno el cual se va a perforar y se necesita tener buena movilidad y buena distribución de los espacios para el flujo de vehículos y personal.



Imagen 1. Replanteo de terreno con la retroexcavadora de lodos

En la imagen 1, se puede ver que el terreno está húmedo debido a los cambios meteorológicos de esos días, que han hecho que el caudal del río crezca al punto de trabajo.



Imagen 2. Localización de Tanques y piscinas

Como supervisor de obra es necesario visualizar todo el terreno y planear estratégicamente la ubicación de los equipos de inyección, el lugar de soldadura y las piscinas de lodos, para poder tener organizado el frente de trabajo y ser eficientes en la producción de este, así como se logra ver en la imagen numero 2, se distribuyeron los materiales y equipos para realizar la cimentación.

Debido al espacio reducido en el lugar de perforación, el equipo de inyección se debe ubicar en la rasante de la vía, aproximadamente a unos 12 metros de altura desde la pila. Esto facilitaría la inyección debido a la ubicación estratégica de los equipos, con tanques, generando un buen llenado a baja presión. De la misma manera con las piscinas de lodos, ya que el consorcio generalmente exige un lugar para botar lodos en obra, después de la perforación, para luego disponer dichos residuos en una volqueta en el botadero de escombros.

#### **4.2.2. ORGANIZACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS:**

Para ejercer un control en obra de todos los insumos y herramientas necesarias, el supervisor encargado deberá organizar ordenadamente un inventario de todo lo existente en obra, y llevar un orden de todas las remisiones que se envíen durante la obra anexándolas en el inventario, es necesario llevar este control, ya que es muy común que en obra se refundan herramientas o se dejen tiradas en algunos lugares y por seguridad, ya que normalmente las obras al ser obras civiles, se encuentran visibles públicamente. El puente la Putana al estar ubicado en la vía Lebrija- Barrancabermeja, en donde se presenta gran flujo vehicular diariamente debido a que es una vía secundaria es necesario tomar medidas de seguridad mas estrictas.

Nacional de PERFORACIONES		
Fecha:	6/03/2019	
Responsable:	jose antonio mejia	
MATERIAL	RESIBIDO	PENDIENTE
martillo		
acoples rapidos TIPO C de 1,5 pulgadas		
acople; rapidos TIPO C de 3 pulgadas		
acoples rapidos TIPO E de 1,5 pulgadas		
acoples rapidos TIPO F de 1,5 pulgadas		
acoples rapidos TIPO F de 3 pulgadas		
alicates		
Alquilar baño		
AVISOS RUTA DEL CACAO PARA VEHICULO		
balde de cinco galones		
balde negro para concreto	2	
barilla en cobre para polo a tierra de un metro	34	
barra	2	
Bolsas azules	4	
Bolsas rojas		
Bolsas verdes		
Botas de caucho tallas ?		
botiquin REVISAR INSUMOS		
burros para soldar	1	
caba en <del>plastic</del> de 60 litros (punto de hidratacion)	6	
cable de cobre encauchetado para polo a tierra 3mts	1	
cabos para palas	4	
cajas de herramientas	2	
camilla		
canecas de combustible (55)	1	
canecas para vaciar lechada	2	
careta para esmerilar	1	
CARPA	2	
carretilla	0	
carrotanque	1	
Cartelera de corcho	1	
Cascos amarillo		
CINTA PELIGRO	2	
codos de una y media pulgada		

Imágen 3. Inventario detallado Obra Ferrocol Micropilotes.

La imagen numero 3 representa una parte del inventario que se lleva a cabo en obra, este inventario debe ser revisado semanalmente con el fin de evitar y reducir las perdidas de herramienta y materiales o insumos utilizados en obra.

#### 4.3. PROCESO CONSTRUCTIVO

Después de tener organizado todo el acopio y la distribución de los materiales, los supervisores de obra proceden a organizar las actividades a realizar, la distribución del personal existente y el tiempo destinado para cada labor.

Para la clasificación de las actividades a realizar es necesario hacer un plan de trabajo en el cual se especifican las actividades a realizar, teniendo en cuenta la prioridad y el orden de construcción especificado en la norma técnica colombiana, y siguiendo las especificaciones de la entidad contratante, en caso tal de que la haya, ya que algunas Contratistas tienen sus propios modelos constructivos avalados por entidades constructivas que permiten cambios en los modelos constructivos convencionales.

Las actividades para realizar son las siguientes, según el proceso constructivo de los micropilotes y lo indicado por la entidad contratante:

- Soldada de tubería de acero de 6" de 17 metros de largo
- Perforación de micropilotes a una profundidad de 18 metros con Policristalina de 8"
- Colocación de tubería soldada en la perforación realizada
- Inyección de lechada en la perforación
- Soldada y armada de platinas en la cabeza del micropilote

#### 4.3.1. SOLDADA DE TUBERIA



Imagen 4. Soldadura de Tubería de acero de 6"

La soldadura utilizada para la unión de la tubería es una soldadura de pega 70/18 y para el pegue se necesita la 60/11, en la imagen 4 se puede ver como se apoyan los tubos en los burros de acero, para la comodidad y la precisión de los pegues en la unión de los tubos.

En obra es complejo optimizar todo el material, en este caso la soldadura, ya que cada electrodo tiene su rendimiento, y según la destreza del soldador es aprovechado totalmente o se presenta un desperdicio notable. Es necesario ver el rendimiento de cada material para poder llevar un control de lo gastado para así saber cuanto es el gasto por semana de cada insumo y según eso planear los recursos que se van a destinar semanalmente para cada actividad. Según el control ejercido, por tubo aproximadamente se gastan 10 kg de soldadura, generando un desperdicio del 15% aproximadamente, eso hizo que el suministro semanal de soldadura no diera abasto generando más gasto en la compra de este material.

Un problema presentado comúnmente en obra es el manejo de los recursos y el abastecimiento de los mismos a obra, ya que el supervisor mismo es el encargado en este

caso de generar la compra de estos insumos, lo cual puede generar atrasos, demoras en tiempos de consignación y esos factores pueden retrasar la obra, es por eso que es necesario un trabajo en conjunto entre la directiva de compras en la empresa y el supervisor encargado.

#### **4.3.2. PERFORACION DE MICROPILOTES**

Para la perforación de los micropilotes excavados, debido a que el método constructivo exige usar maquinaria pesada, se emplea una micropiloteadora marca Soilmec SM 14 con doble mordaza, para que la tubería de perforación sea más fácil de desprender. La tubería usada generalmente en esta máquina es tubería API 2 tipo pesado, ya que las condiciones del terreno según estudios de suelos demuestran que el terreno a trabajar es un terreno cohesivo debido a que se encuentra a laderas del río. En ocasiones cuando se perforan micropilotes en terrenos muy inestables, es necesario usar una tubería de revestimiento también conocida como camisa, la cual permite estabilizar el terreno evitando que el mismo se derrumbe mientras se está perforando. En el proyecto del puente la Putana, no fue necesario usar tubería de revestimiento debido a que el suelo tenía buena cohesión y no se deslizaba fácilmente, lo cual facilitó en gran manera la perforación.

Al principio de la obra, el rendimiento mostrado en cuanto a la perforación era muy bajo, debido a que en la primera pila de micropilotes, el terreno presentaba mucha roca con algo de grava, y era muy complejo perforar con aire, ya que en un principio se contaba con un compresor para la perforación, pero debido a los bajos rendimientos se implementaron el uso de agua y bentonita en la perforación de los micropilotes.

En la figura 6 mostrada a continuación se puede ver la micropiloteadora realizando una perforación, armando una zanja por donde pase el agua usada en la perforación hacia las piscinas previamente excavadas.



Imagen 5. Perforación de micropilote con la Soilmec SM 14 a 18 mt de profundidad

Para la precisión y exactitud de la perforación, el topógrafo debe realizar la marcación de los puntos de perforación diariamente, y verificar la perfecta alineación de los pilotes después de perforados.

#### **4.3.3. COLOCACION DE TUBERIA**

Para meter la tubería de acero que refuerza el micropilote es necesario el uso de maquinaria pesada, ya que es complejo no contar con una retroexcavadora permanente en obra, porque el peso de la tubería aproximadamente es de 1.5 Tonedas, por tal motivo fue necesario alquilar una retroexcavadora para no alargar los tiempos de espera y perder tiempo de ejecución de otras actividades.

La tubería de reforzamiento es una tubería de 6" que sirve para dar estabilidad a la perforación y encontrar terreno estable en el cual la estructura pueda generar seguridad a la hora de ser transitada. (Acevedo, 2013)



Imagen 6. Incorporación de tubería de acero de 6” en la perforación.

Para la incorporación de la tubería de acero de 16mt de profundidad y aproximadamente 1.5 Ton de peso, fue necesario usar la guaya de la SM 14 como se muestra en la imagen 7. Dicha guaya tiene la capacidad de alzar alrededor de 2 toneladas, por tal motivo era necesario optimizar medidas de seguridad a la hora de elevar la tubería evitando que se presentaran accidentes en caso de no aguantar la presión.

#### **4.3.4. INYECCION DE LECHADA**

Después de poner la tubería de refuerzo en el micropilote se procede a inyectar la lechada dentro de la tubería según el diseño de mezcla presentado por Ferropol, la entidad contratista. Este diseño me menciona las cantidades de agua, aditivos para el fraguado y la mezcla del cemento. Generalmente las lechadas usadas en la inyección de micropilotes es una mezcla entre agua y cemento con acelerantes de fraguado y aditivos que permitan una mayor resistencia en el concreto, esto con el fin de no presentar problemas a la hora de inyectar.

Durante la inyección se implementaron nuevas técnicas de llenado a presión, usando motobombas de 300 cc, ya que, debido a las condiciones del terreno, la tolva mezcladora se ubicó en la parte superior del frente de trabajo.



Imagen 7. Tolla de mezcla con capacidad máxima de 5 bultos

Según la imagen anterior, se puede observar la mezcla de la lechada. La inyección presentó varios inconvenientes con las mangueras, ya que frecuentemente se llenaban de cemento las uniones de la tubería. También se perdía gran tiempo debido a que el cemento debía ser suministrado a obra, pero en ocasiones no llegaba a la hora estipulada generando retrasos en la obra.

(Aguila, 2016) según su estudio de Sistemas DSI para micropilotes, menciona que “no hay método de mayor exactitud que el bombeo de inyección por secciones progresivo” ya que al usar este mecanismo de inyección se puede tener una claridad y seguridad que el pilote está lleno totalmente y sin vacíos, lo cual podría ser muy peligroso en una cimentación.



Imagen 8. Inyección de agua-lechada, con zanja para evitar problemas ambientales

La anterior imagen presenta el llenado de cada micropilote el cual debe hacerse metro a metro, manejando las presiones en las diferentes profundidades, logrando así que se puedan llenar las grietas de la perforación.

#### **4.3.5. ARMADO DE PLATINAS**

Después de terminar todos los pilotes de cada pila, el consorcio Ruta del Cacao según el contrato se estipula que es necesario cubrir con una platina de 30 cm de diámetro en la cabeza del pilote, esta platina debe tener 4 pie amigos para encajar con el tubo de acero de 6", para la ejecución de esta actividad, fue necesario acomodar el lugar de soldadura, ya que debido al crecimiento del rio no estaba en buenas condiciones de seguridad el terreno donde se instalaron las platinas.



Imagen 9. Instalación de platinas Pila 2

Como se puede ver y observar en la imagen 9, para realizar esta actividad de soldadura de platinas no es necesario gran cantidad de personal, por tal motivo una opción eficaz que puede realizar el encargado de la obra es la de organizar días especiales para que el personal necesario solde las platinas y así no intervenir con otras actividades adelantando el proceso de entrega de la obra, ya que la instalación de platinas es la última fase de la cimentación del puente. (Gavilan, 2003)

Cuando se terminan las actividades estipuladas en el contrato es necesario proceder a organizar el sitio de trabajo, es la última actividad a realizar en la obra, pero se requiere hacer de manera rápida en el caso del puente de la Putana, ya que la actividad siguiente a la cimentación con micropilotes es la fundida de las vigas de concreto en las cuales estaría colocada la plataforma como tal del puente, para poder dar inicio a la segunda fase del puente, fue necesario organizar de manera ordenada el desalojo de los equipos, maquinaria y herramientas usadas en obra, verificando según el inventario todo lo perteneciente a la empresa, para no generar pérdidas significativas.

Para acomodar el terreno, es necesario utilizar la retroexcavadora para desocupar las piscinas de lodos y subir contenedores y equipos a los camiones para la retirada, esta actividad fue organizada en dos semanas debido a la no disponibilidad de los recursos. La entidad ambiental generalmente está pendiente de este retiro, ya que puede generar contaminación el vertimiento de estos lodos, y el relleno de estas piscinas. Por tal motivo se necesita organizar muy bien la salida de equipos y el acopio del lugar para evitar inconvenientes.



Imagen 10. Retiro de tanques y equipo de inyección



Imagen 11. Arreglo de piscinas de lodo, en total fueron 4 piscinas de 5 m<sup>3</sup>

## 5. CRONOGRAMA INICIAL DE ACTIVIDADES DEL SUPERVISOR DE OBRA

Obra Ferrocil Micropilotes - Cronograma de Actividades Supervisión																						
Actividad	Abril					Mayo				Junio				Julio				Agosto				
	1 al 7	8 al 14	15 al 21	22 al 28	29 al 5	6 al 12	13 al 19	20 al 26	27 al 2	3 al 9	10 al 16	17 al 23	24 al 30	1 al 7	8 al 14	15 al 21	22 al 28	29 al 4	5 al 11	12 al 18	19 al 25	26 al 1
Estudio detallado del proyecto (planos, diseños, especificaciones del contrato)	■	■	■	■																		
Organización de inventario de maquinaria, materiales y equipos para la obra			■	■																	■	
Realización de cronogramas semanales de actividades y programación de obra			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Controlar las condiciones de seguridad del lugar y de los trabajadores			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Toma de fotografías y realización de informes de obra			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Vigilar y aprobar cada una de las actividades realizadas (Perforación de micropilotes, llenado de pilotes, soldadura de tubos de acero, instalación de platinas en micropilotes)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Ayudar en el control de transporte de insumos necesarios para realizar la obra			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Llenar formatos exigidos por la entidad contratante e interventoría			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Tabla 2. La tabla anterior, muestra el cronograma específico de las actividades propias del supervisor de obra, estas actividades son generales y permiten la buena organización de la obra, si se realiza de acuerdo a lo planeado.

Pese a las diferentes actividades que hacen parte de la construcción de la cimentación del puente la Putana, el supervisor de obra encargado debe cumplir con las funciones ya mencionadas en el esquema de trabajo (Ver tabla 1), para ello se realiza un cronograma en el cual se debe especificar estas funciones y llevar a cabo un seguimiento de las mismas.

Debido a que la obra pertenece al consorcio Ruta del Sol, las revisiones por parte de la entidad contratante FERROCOL S.A, y la interventoría son más constantes, y se hacen diariamente, por tal motivo se evalúa constantemente el trabajo realizado por el contratista.

## 6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES CUMPLIDAS

Obra Ferrocil Micropilotes - Cronograma de Actividades Cumplidas por la Supervisión																						
Actividad	Abril					Mayo				Junio				Julio				Agosto				
	1 al 7	8 al 14	15 al 21	22 al 28	29 al 5	6 al 12	13 al 19	20 al 26	27 al 2	3 al 9	10 al 16	17 al 23	24 al 30	1 al 7	8 al 14	15 al 21	22 al 28	29 al 4	5 al 11	12 al 18	19 al 25	26 al 1
Estudio detallado del proyecto (planos, diseños, especificaciones del contrato)																						
Organización de inventario de maquinaria, materiales y equipos para la obra																						
Realización de cronogramas semanales de actividades y programación de obra																						
Toma de fotografías y realización de informes de obra																						
Vigilar y aprobar cada una de las actividades realizadas (Perforación de micropilotes, llenado de pilotes, soldadura de tubos de acero, instalación de platinas en micropilotes)																						
Ayudar en el control de transporte de insumos necesarios para realizar la obra																						
Llenar formatos exigidos por la entidad contratante e interventoría																						
Elaboración de Actas de Obra y Memorias Graficas																						
Control de Materiales de Obra																						

Tabla 3. Se muestran las actividades realizadas por el supervisor de obra en la cimentación del puente la Putana.

Como se puede observar en la Tabla \_\_, hay varias diferencias entre el Cronograma de la Supervisión Propuesto, con el Cronograma de la supervisión de las actividades realizadas, debido a algunos cambios que se propusieron durante el transcurso de la obra.

Estos cambios fueron los siguientes:

- Las actividades se corrieron una semana debido a demoras en el arranque de la obra, pero se finaliza una semana antes debido a la eficiencia y eficacia de las actividades realizadas. Esto no afectó el rumbo del proyecto, ni los resultados planeados.
- Debido a que se contrató un Supervisor HSE de Seguridad y Bienestar en el Trabajo, la responsabilidad de velar constantemente por el cuidado y el uso de los implementos de seguridad de todo el personal recae principalmente en él, por tal motivo se dejó a un lado ese ítem.
- Al cronograma estipulado no se le había tenido en cuenta la realización de las actas mensuales de obra, en donde se facturan las actividades realizadas por mes, para poder cobrar el dinero según los ítems planeados con el consorcio. Estas actas debían enviarse antes del 21 de cada mes, para su respectiva revisión y verificación.
- El control de materiales no se tenía previsto en el cronograma inicial, por esta razón fue necesario agregarlo, para poder llevar un control seguido y detallado de los mismos, y emplear nuevas estrategias para su cuidado y durabilidad.

## 7. APORTE AL CONOCIMIENTO

El tiempo de practica realizada en la empresa NACIONAL DE PERFORACIONES enriqueció mi vida profesional en gran manera, ya que me formó en aspectos tanto técnicos como éticos, y fortaleció mi capacidad de organización y destreza a la hora de tomar decisiones y dar órdenes de trabajo. Aprendí temas relacionados a la cimentación de una obra con micropilotes, todo el comportamiento del suelo en dicha zona, y sus características en diferentes puntos, el manejo y cuidado de la maquinaria de perforación. También tuve la oportunidad de aprender técnicas de mejoramiento de taludes; anclajes pasivos y activos, drenes, lanzado de concreto y todo su proceso constructivo y las diferentes técnicas usadas, para mi enfoque en mi futuro laboral.

En cuanto a la empresa NACIONAL DE PERFORACIONES en la cual continúo laborando el día de hoy, he aportado organización en su estructuración de obra y todo lo relacionado con insumos y orden, logrando así que la empresa tenga mejor efectividad y organización en las demás obras.

También he aportado estrategias en el manejo de los recursos económicos logrando así la confianza de las directivas de la empresa, ya que he implementado técnicas de ahorro y de buen manejo de recursos y así reducir el gasto aumentando el beneficio y la efectividad de una obra, usando todo lo aprendido en las clases de Presupuesto y programación de obra y Gerencia y gestión Humana.

Debido a la buena efectividad en la obra realizada en el puente la Putana, y la buena relación que se afianzo con la entidad contratante FERROCOL, pudimos ganarlos 3 frentes mas de trabajo a lo largo del proyecto, garantizando trabajo por los próximos 2 años, cosa que favoreció enormemente a la empresa y todo esto se logró debido a la buena organización y al buen desempeño realizado durante la construcción de la cimentación del puente La Putana con micropilotes.

## 8. ANEXOS

Tabla 4. Formato Preoperacional Antiguo de maquinaria perteneciente a Nacional de Perforaciones

	<b>PREOPERACIONAL DE EQUIPOS COMPRESORES</b>													<b>Código:</b> HSE-F-31	
														<b>Fecha:</b> 13/05/2013	
														<b>Versión:</b> 00	
<b>PROYECTO :</b>	<b>REVISIÓN :</b>														
<b>UBICACIÓN :</b>	<b>EQUIPO:</b>										<b>CONSECUTIVO:</b>				
<b>UNIDAD MOTRIZ/ MOTOR</b>															
<b>CODIGO:</b>	<b>L.</b>		<b>M.</b>		<b>M.</b>		<b>J.</b>		<b>V.</b>		<b>S.</b>		<b>D.</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>C</b>	<b>NC</b>	<b>C</b>	<b>NC</b>	<b>C</b>	<b>NC</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>NC</b>	<b>OBS</b>
VERIFICAR FUNCINAMIENTO PULSADOR EMERG.															
VERIFICAR NIVEL DE ACEITE MOTOR															
VERIFICAR NIVEL DE REFRIGERANTE															
VERIFICAR QUE NO HAYA EXISTENCIA DE FUGAS															
AVERIFICAR AJUSTE FILTRO AIRE															
VERIFICAR AJUSTE FILTRO SEPARADOR COMBUSTIBLE															
VERIFICAR AJUSTE FILTRO DE ACEITE															
VERIFICAR NIVEL DE COMBUSTIBLE ADECUADO															
PRUEBAS FUNCIONALES															

(ENCENDIDO Y APAGADO)															
UNIDAD COMPRESORA															
CODIGO:	L.		M.		M.		J.		V.		S.		D.		
ACTIVIDAD	C	NC	C	NC	C	NC	C	N	C	N	C	N	C	NC	OBS
NIVEL DE COMBUSTIBLE ADECUADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
DRENAR UNIDAD SEPARADORA															
VERIFICAR ACEITE MOTOR FULL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
VERIFICAR ACEITE HIDRAULICO FULL															
VERIFICAR AJUSTE DE FILTRO DE AIRE SEPARADOR															
VERIFICAR AJUSTE DE FILTRO DE COMBUSTIBLE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
FECHA	FIRMA OPERRARIO						FIRMA SUPERVISOR								

La tabla 1 muestra el archivo actualmente usado para llevar el control semanal de los equipos usados en la obra.

Tabla 5. Formato Nuevo de Preoperacionales de Maquinaria y equipos de obra

	<b>PREOPERACIONAL DE EQUIPOS COMPRESORES</b>													<b>Código:</b> HSE-F-31		
														<b>Fecha:</b> 18/05/2019		
														<b>Versión:</b> 00		
<b>PROYECTO :</b>	<b>REVISIÓN :</b>															
<b>UBICACION :</b>	<b>EQUIPO:</b>										<b>CONSECUTIVO:</b>					
<b>UNIDAD MOTRIZ/ MOTOR</b>																
<b>HORA INICIO:</b>															<b>C: SI</b>	
<b>HORA FINAL:</b>															<b>NC: NO</b>	
<b>CODIGO: NP-CP-</b>	<b>L.</b>	<b>M.</b>		<b>M.</b>		<b>J.</b>		<b>V.</b>		<b>S.</b>		<b>D.</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>NC</b>	<b>OBS</b>
VERIFICAR FUNCIONAMIENTO PULSADOR EMERG.																
VERIFICAR NIVEL DE ACEITE MOTOR																
VERIFICAR NIVEL DE REFRIGERANTE																
VERIFICAR QUE NO HAYA EXISTENCIA DE FUGAS																
AVERIFICAR AJUSTE FILTRO AIRE																
VERIFICAR AJUSTE FILTRO SEPARADOR COMBUSTIBLE																
VERIFICAR AJUSTE FILTRO DE ACEITE																
VERIFICAR NIVEL DE COMBUSTIBLE ADECUADO																
PRUEBAS FUNCIONALES (ENCENDIDO Y APAGADO)																

UNIDAD COMPRESORA															
HORA INICIAL:															
HORA FINAL:															
CODIGO: NP-CP-	L.	M.	M.	J.	V.	S.	D.								
ACTIVIDAD	C	N C	C	N C	C	N C	C	N C	C	N C	C	N C	C	NC	OBS
NIVEL DE COMBUSTIBLE ADECUADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
DRENAR UNIDAD SEPARADORA															
VERIFICAR ACEITE MOTOR FULL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
VERIFICAR ACEITE HIDRAULICO FULL															
VERIFICAR AJUSTE DE FILTRO DE AIRE SEPARADOR															
VERIFICAR AJUSTE DE FILTRO DE COMBUSTIBLE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N/A
PRUEBAS FUNCIONALES															
ACCION	RESPONSABLE				FECHA				ESTADO						
FECHA	FIRMA OPERRARIO				FIRMA SUPERVISOR										
L															
M															
M															
J															
V															
S															
D															

En este nuevo preoperacional se anexa horas de uso, dias usados, referencia de compresor y pruebas funcionales necesarias a realizar diariamente. Todo esto con el fin de tener equipos mucho mas seguros y en optimas condiciones en cuanto a mantenimientos y cambios necesarios.

Tabla 6. Formato de registro de gasto de acpm semanal.

		CONTROL DE COMBUSTIBLE		Código: HSE-F-32	
				Fecha: 18/05/2019	
				Versión: 00	
DIA	COMBUSTIBLE		FIRMA OPERARIO	FIRMA SUPERVISOR	
	HORAS	CANT. GAL			
LUNES					
MARTES					
MIERCOLES					
JUEVES					
VIERNES					
SABADO					
DOMINGO					

La tabla 6 nace de la necesidad de ejercer un control de consumo del acpm, debido a los grandes desperdicios que se han generado.




<b>REGISTRO FOTOGRAFICO Y/O GRAFICO (Debe incluir fecha de la toma)</b>			
Actividad:		Actividad:	
Localizacion:		Localizacion:	
Actividad:		Acvtividad:	
Localizacion:		Localizacion:	
<b>COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES POR FRENTE DE TRABAJO:</b> Se ha dificultados las labores del traslado de los postes por la inclinación de la montaña y nos ha generado pérdida de tiempo.			
<b>ELABORÓ</b>		<b>APROBÓ</b>	
Nombre		Nombre	
Cargo		Cargo	
Empresa		Empresa	
Firma		Firma	

En este formato se llenara las actividades diarias a realizar según corresponda

Tabla 8. Formato de Perforación e información de pilotes

		CONSTRUCCION DE PILOTE								19/07/2019	
CLIENTE	Ferropol	NOMBRE DEL PROYECTO	CONSTRUCCION DE LA CIMENTACION DEL PUENTE LA PUTANA, UBICADO VIA BUCARAMANGA-BARRANCA-YONDO POR MEDIO DE MICROPILOTES A 16MT DE PROFUNDIDAD								
CONTRATO			COORDENADAS		PERFORACION					MEZCLA EN SITIO	
INFORMACION DE PILOTES	PILOTE	PILOTEADOR A	NORTE	ESTE	FECHA	HORA INICIAL	HORA FINAL	LONGITUD (M)	DIAMETRO (Pulg)	BENTONITA	LT
		<b>Soilmec SM 140</b>									

## 9. OBSERVACIONES

Cuando se empezó la obra, durante el primer mes se presentaron demoras por parte de la empresa debido a la entrega de materiales para la perforación de los micropilotes, demoras con la contratación de personal, con la disponibilidad de recursos, entre otros, generando así un atraso considerable al inicio de la obra, pero a medida que pasó el tiempo mejoró notablemente cada uno de los factores anteriormente mencionados, logrando acabar 15 días antes de lo esperado la obra.

El consorcio Ruta Del Cacao y la empresa Ferrocol, exigía un reporte diario de actividades en formatos empresariales en donde se especificara las actividades a realizar, el personal necesario para ellas, la maquinaria usada y especificaciones del lugar de trabajo, pero la empresa Nacional de Perforaciones no contaba con dichos formatos, por tal motivo se debió crear un formato en donde se registraran dichas actividades y fuera específico y claro de entender.

Como positivo cabe resaltar el apoyo de la gente de la zona con el proyecto, debido a que brindaron todo tipo de ayudas posibles, con suministros de agua y alimentación tanto para la obra como para los trabajadores, ya que este proyecto ha servido para generar empleos para todas las personas que residen en ese lugar.

## 10. CONCLUSIONES

- La cimentación del puente la Putana fue todo un éxito, debido a la eficiencia en el cumplimiento de tiempos de entrega y resultados de calidad de la obra, logrando una entrega final de la obra 18 días antes de lo esperado, logrando así una buena imagen frente al consorcio Ruta del Cacao, lo cual permitió abrir paso a tres proyectos más en la zona, que son reforzamientos de talud con anclajes activos y pasivos.
- Se implementaron nuevos formatos y se modificaron algunos más existentes, que permitieron una gran mejora en el control de materiales; su uso, su durabilidad, su eficiencia y todo lo relacionado con el manejo de los mismos, logrando así que tanto el consorcio como la empresa Nacional De Perforaciones diera el visto bueno e implementaran dichos formatos para todo el transcurrir de la obra. (Ver formato 1 en lista de Tablas)
- A pesar de las condiciones climáticas de la obra, debido a que el invierno duró aproximadamente 1 mes haciendo que el río creciera a gran nivel por varios días y se inundara la zona a laborar, se implementaron medidas efectivas de desagüe y secado del agua, permitiendo así reincorporar labores en poco tiempo para no perder efectividad y no afectar el rendimiento de la obra.
- La empresa Nacional de Perforaciones se dio a conocer en la Ruta del cacao como una empresa responsable y sostenible, ya que logró cumplir a cabalidad con las tres restricciones de una obra civil; el costo, el tiempo y el alcance del proyecto, esto hizo generar nuevas oportunidades laborales a lo largo de la Ruta y mejorar la sostenibilidad de la empresa.
- El cronograma de obra es esencial realizarlo con fechas objetivas y con anterioridad, ya que permite organizar efectivamente los tiempos de las actividades a realizar y llevar un control de los tiempos gastados en la ejecución de las mismas.
- La práctica de grado es una oportunidad en la cual el estudiante aspirante a profesional puede obtener grandes conocimientos y dar sus primeros pasos en su vida laboral, por esta razón es muy importante y esencial que ese tiempo sea de muy buen provecho y haya muy buena disposición por parte del estudiante.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acevedo Oscar (2013). Proceso constructivo micropiles.  
<http://www.nacionaldeperforaciones.com/micropilotes.php>

Carvajal Pedro L (2015). Triple Restriccion de una Obra; Tiempo, Costo y beneficio  
<https://aprendercompartiendo.com/triple-restriccion-proyecto/>

Cala Hemerson A (2010). Manual de supervisión de obra.

Cerron Del Castillo E. (2018). diseño de micropilotes para soportar las cargas de las viviendas del condominio villa chorrillos en la avenida hernando de lavalle

Da Silva Nuno Miguel (2016) alumno del Master e Gestion de Proyectos de IMF Business School

Del Aguila S. (2016). Sistemas DSI para micropilotes, año 2016.

Garcia Gavilan Silvia T. (2003). Sistema de fundación sobre micropilotes: alternativa para edificaciones livianas

Valdes Pedro (2011). Manual de diseño y construccion de Muros anclados de Hormigon Projectado

Department of Transportation Publication (2015) No. FHWA NHI-05-039 Federal Highway Administration. Micropile Design and Construction

Rodriguez Da Silva Nuno Miguel (2005) student of Master and Proyect Desingneer of IMF Business School

Del Aguila S. (2016). Sistemas DSI para micropilotes, año 2016.

Garcia Gavilan Silvia T. (2003). Sistema de fundación sobre micropilotes: alternativa para edificaciones livianas

Arora Hiters (2019). Thermal and structural modelling of arc welding processes: A literature review

[https://www.researchgate.net/publication/333880634\\_Thermal\\_and\\_structural\\_modelling\\_of\\_arc\\_welding\\_processes\\_A\\_literature\\_review](https://www.researchgate.net/publication/333880634_Thermal_and_structural_modelling_of_arc_welding_processes_A_literature_review)