

**ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EN LA
CONCESIÓN DE LA VÍA BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA-
YONDÓ**

MARIA PAULA APARICIO GARZÓN



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA
2014**

**ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EN LA
CONCESIÓN DE LA VÍA BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA-
YONDÓ**

MARIA PAULA APARICIO GARZÓN

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniera Civil**

**DIRECTORA DE PROYECTO
ING. MSc. LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ**

**JEFE DE PRÁCTICA EMPRESARIAL
ING. JULIO CESAR TORRES CAMARGO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA
2014**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Supervisor de la empresa

Firma del Supervisor en la Universidad

Bucaramanga, Julio 2014

“A Dios quien es la razón de cada paso que doy y la motivación para seguir adelante, a mi madre mis hermanos y mi abuela por hacer parte activa de este sueño”

AGRADECIMIENTOS

“Quiero iniciar dando mi mayor agradecimiento a Dios, quien ha sido el que me ha guiado cuidado y fortalecido en este camino y que estoy segura seguirá estando conmigo en la carrera que emprenda, así también quiero agradecerle a mi familia, porque han sido fuente de inspiración para seguir adelante han sido quienes han visto mi proceso completo y me han apoyado a pesar de las dificultades que esto pudo ocasionar, me han enseñado a superar los retos que la vida presenta juntos, quiero agradecer a todos aquellos amigos que han estado conmigo haciendo de este proceso más sencillo siendo cómplices y tolerantes en muchas situaciones, agradezco a la Ingeniera Luz Marina Torrado por su dedicación y ayuda en este proceso decisivo para mi carrera, y por último quiero agradecer de manera especial al equipo de trabajo de Torres I.N.G S.A.S quienes me permitieron desarrollar mis prácticas profesionales en su compañía y depositar en mí una semilla de confianza”.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS	2
2.1.	Objetivo General.	2
2.2.	Objetivos Específicos.	2
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	3
3.1.	MISIÓN TORRES ING S.A.S	3
3.2.	VISIÓN TORRES ING S.A.S	3
3.3.	ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	4
4.	ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA EMPRESA	5
5.	MARCO GENERAL DEL PROYECTO	6
5.1.	DESCRIPCIÓN DE LA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	9
6.	MARCO TEÓRICO	13
6.1.	DEFINICIÓN DE UNA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	13
6.1.1.	ENSAYOS MÁS COMUNES PARA REALIZAR LA EXPLORACIÓN	13
6.1.1.1	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)	14
6.1.1.2	EXPLORACIÓN MEDIANTE SONDEOS A ROTACIÓN	15
6.2	ENSAYOS DE LABORATORIO	17
6.2.1	HUMEDAD NATURAL	18
6.2.2.	DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG	19
6.2.2.1	LÍMITE LÍQUIDO	19
6.2.2.2	LÍMITE PLÁSTICO	20
6.2.2.3	GRANULOMETRÍA	20
6.1.2.	CARTA DE CASAGRANDE	21
6.2.	LABORATORIOS PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO	22
6.2.1.	CORTE DIRECTO:	22
6.2.2.	COMPRESIÓN INCONFINADA	23
6.3.	LABORATORIOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS.	23
6.3.1.	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	23
6.3.2.	RELACIÓN DE SOPORTE EN EL SUELO (C.B.R)	24
6.3	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	24

7.	<i>METODOLOGÍA DEL TRABAJO</i>	26
7.1.	. Recolección de la Información Existente	26
7.2.	. Organización de la Información:	28
7.3.	. Desarrollo de la logística de cada sondeo:	29
7.4.	. Control del inventario y suministros:	30
7.5.	. Revisión y Digitalización de los Laboratorios realizados:	33
8.	<i>DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA EXPLORACIÓN</i>	36
9.	<i>REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE ACTIVIDADES DE CAMPO</i>	46
9.1.	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS APIQUES	48
10.	<i>APORTE AL CONOCIMIENTO</i>	51
11.	<i>CONCLUSIONES</i>	53
12.	<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</i>	55

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla No.1</i>	<i>Relación de los tramos planteados en el proyecto</i>	8
<i>Tabla No. 2</i>	<i>Relación Mayo y Junio de combustible Hilux 2013</i>	31
<i>Tabla No. 3</i>	<i>Relación Mayo y Junio de combustibles en los vehículos</i>	31
<i>Tabla No.4</i>	<i>Relación Mayo y Junio de combustible</i>	32
<i>Tabla No.5</i>	<i>Relación de trabajos de campo mes de febrero</i>	38
<i>Tabla No.6</i>	<i>Relación de actividades de campo mes de Marzo</i>	39
<i>Tabla No.7</i>	<i>Relación de trabajos de campo mes de Mayo</i>	40
<i>Tabla No.8</i>	<i>Relación de trabajos de campo mes de Junio</i>	41

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura No. 1 Alineamiento proyectado Bucaramanga-Barrancabermeja</i>	7
<i>Figura No. 2 Alineamiento Existente Bucaramanga-Barrancabermeja</i>	7
<i>Figura No. 3 Alineamiento Propuesto por la ANI en el tramo 5</i>	9
<i>Figura N. 4 Localización de los puntos en estudio</i>	10
<i>Figura No.5 Apiques planteados al final del alineamiento</i>	11
<i>Figura No.6 Apiques planteados al final del alineamiento</i>	11
<i>Figura No.7 Esquema de materiales y equipos implementados en el SPT</i>	14
<i>Figura N.8 Carta de Casagrande</i>	21
<i>Figura No.9 Perfil Geológico del sector de Túnel de la Sorda</i>	44
<i>Figura No.10 Perfil Geológico del sector de Túnel de la Paz.</i>	45

LISTA DE ESQUEMAS

<i>Esquema N. 1 Metodología para la recolección de la información</i>	27
<i>Esquema N. 2 Metodología utilizada para la organización de la información</i>	28
<i>Esquema N. 3 Metodología utilizada para el desarrollo de la logística de cada sondeo</i>	29
<i>Esquema N. 4 Control de las actividades de campo</i>	30
<i>Esquema No.7 Metodología implementada para la revisión y digitalización de los laboratorios realizados.</i>	34
<i>Esquema No. 8: Metodología utilizada para el desarrollo de la actividad</i>	37

LISTA DE ANEXOS

1. Anexo No. 1 Formatos de Laboratorio
2. Anexo No. 2 Formato Perfiles_ Actividades Diarias de campo

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ASISTENCIA TÉCNICA EN LA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA EN LA CONCESIÓN DE LA VÍA BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA-YONDÓ

AUTOR(ES): Maria Paula AparicioGarzón

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): MSc. Luz Marina Torrado Gómez

RESUMEN

La concesión vial Bucaramanga, Barrancabermeja, Yondó corresponde a un proyecto de infraestructura en el cual se proyecta la construcción de un nuevo alineamiento que comuniquen a estos entes territoriales, en él se proyecta la construcción de estructuras como puentes viaductos y túneles, para el diseño de estas estructuras es necesario conocer los parámetros físicos y mecánicos del suelo de fundación por lo que se solicita el desarrollo de una exploración geotécnica en los puntos demarcados para este tipo de construcciones. La exploración geotécnica se planeó 28 puntos de sondeos mecánicos y 12 puntos de apiques, en los cuales se recolectó la información necesaria para realizar la determinación en el laboratorio y parámetros de resistencia, se realizaron laboratorios de clasificación límites de atterberg humedad natural, densidad aparente, corte directo, compresión inconfida, proctor modificado y CBR. Los resultados obtenidos mediante los perfiles estratigráficos son favorables, ya que al unir este proceso con los sondeos geofísicos de líneas sísmicas realizados paralelos a la exploración geotécnica se puede evidenciar que el alineamiento se encuentra en su mayoría sobre formaciones sólidas con densidades considerables, como la formación Umir, la formación La Paz y la Formación La Lisama, muy pocos sectores se presentan sobre suelo coluvial o residual por lo que geotécnicamente el alineamiento se podría presentar como viable.

PALABRAS CLAVES:

Exploración Geotécnica, Sondeos, Apiques, Perfil Estratigráfico, Alineamiento, Coluvial

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: TECHNICAL ASSISTANCE IN GEOTECHNICAL EXPLORATION IN THE GRANTING OF ROUTE BUCARAMANGA-BARRANCABERMEJA-YONDÓ

AUTHOR(S): Maria Paula Aparicio Garzón

FACULTY: Civil Engineering

DIRECTOR: MSc. Luz Marina Torrado Gómez

ABSTRACT

The highway concession Bucaramanga, Barrancabermeja, Yondó agree to an infrastructure project in which the construction of a new alignment to communicate to those authorities, in building structures he projects as bridges viaducts and tunnels, is projected for design these structures is necessary to know the physical mechanics foundation soil so the development of a geotechnical exploration in points demarcated for this type of construction is requested parameters. The geotechnical exploration boreholes 28 points and 12 points diggings planned, in which the information necessary to make the determination in the laboratory and strength parameters was collected, grading laboratories Atterberg limits were performed natural moisture, bulk density, direct shear, compression, proctor and CBR. The results obtained by the stratigraphic profiles are favorable, since this process by joining with the geophysical surveys conducted seismic lines parallel to the geotechnical exploration can be demonstrated that the projection is mostly on solid formations with considerable densities, such as training Umir, training and La Paz formation Lisama, few sectors are presented on colluvium or residual soil so geotechnically alignment could be presented as feasible.

KEYWORDS:

Geotechnical Exploration, Survey, Diggings, Stratigraphic Profiles, Alignment, Colluvium

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de obras civiles optimizadas y seguras, se precisa conocer las características del suelo sobre el cual dicha obra se ejecutará, para esto se deben realizar estudios geotécnicos que determinen las propiedades mecánicas, características y capacidad de soporte de éste, con el fin de determinar los posibles problemas o ventajas que presente el suelo para así plantear las soluciones a dichos problemas y aprovechar de manera óptima las ventajas que posea el suelo.

Históricamente la vía Bucaramanga Barrancabermeja-Yodó ha presentado problemas de tipo geológico y geotécnico, por lo que se hace necesario tomar medidas de mitigación y preventivas para disminuir los problemas que viene presentado la misma, por esto se plantea la opción del cambio del alineamiento de la vi actual, proponiendo una nueva ruta que comunique estos municipios de gran afluencia de tráfico. Entre las obras planteadas se encuentra proyectado la ejecución de puentes los cuales se distribuyen en diferentes tramos del alineamiento, se requiere precisas las características físicas y mecánicas del suelo sobre el cual se cimentaran dichos puentes , viaductos y estructuras de pavimentos, para esto se requiere la realización sondeos mecánicos y manuales en los lugares donde se ubicaran dichas obras.

A continuación se presenta la metodología implementada para el desarrollo del proyecto junto con los avances que él ha tenido a través de la experiencia de practica empresarias, también se muestran las conclusiones del proyecto y los aportes que el mismo trajo al estudiante.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General.

Realizar acompañamiento técnico en la exploración Geotécnica en la Concesión de la Vía Bucaramanga-Barrancabermeja-Yondó.

2.2. Objetivos Específicos.

- Realizar el seguimiento continuo de los avances del proyecto mediante revisión de bitácoras de obra y elaboración de informes.
- Implementar una base de datos que permita a la empresa realizar un control del personal y los trabajos de exploración realizados en cada sector.
- Coordinar la ejecución de los ensayos a realizar sobre las muestras, digitar y analizar los resultados obtenidos.
- Realizar visitas de campo a los puntos de estudio.

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Antes de introducirnos al tema tratado en la práctica se hace importante realizar la descripción de la empresa en la que se están realizando las prácticas empresariales y la encargada directamente de realizar el proyecto en mención.

3.1. MISIÓN TORRES ING S.A.S

“Somos una empresa dedicada a la prestación de servicios especializados en Asesoría, Diseño y Construcción de obras civiles viales, basados en nuestra experiencia y en la mejor atención especializada, con el más alto nivel de eficiencia y eficacia en todo aspecto técnico y constructivo mediante la implementación de procesos de control y evaluación de cada paso, distinguiéndonos tanto por la calidad de nuestros servicios como por la atención y calidez de nuestro personal”¹.

3.2. VISIÓN TORRES ING S.A.S

“En un periodo de 5 años ser una empresa sólida ante el mercado de servicios de diseño e interventoría y construcción de obras civiles viales y geotécnicas, a nivel nacional e internación con la filosofía permanente de mejoramiento continuo, mediante la capacitación y evaluación de nuestros ingenieros especialistas y la aplicación del estado más avanzado del conocimiento, la tecnología y software de diseño, con el fin de ampliar la cobertura de atención en servicios a todos los niveles y zonas de nuestro país. Nuestro compromiso cotidiano se encamina a superar las expectativas de nuestros clientes, y desarrollo investigativo de ingeniería de diseño para solucionar los problemas con la mayor efectividad en cada trabajo.”²

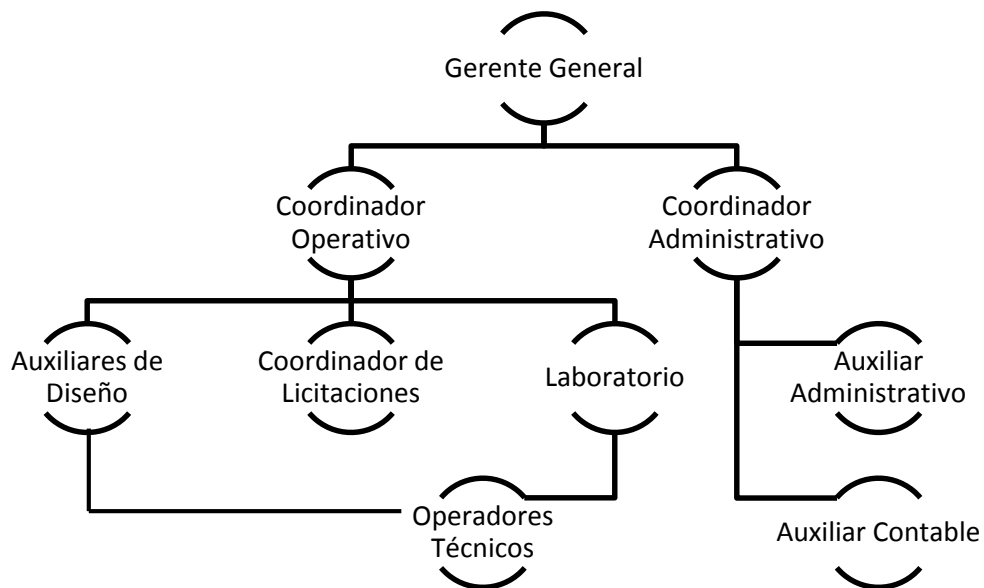
¹ Portafolio Torres ING. S.A.S/ 24 e Agosto del 2013

² Portafolio Torres ING. S.A.S/ 24 e Agosto del 2013

3.3. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

En el siguiente esquema se presenta la organización Jerárquica de la empresa TORRES ING S.A.S.

Esquema No 1. Organigrama de la empresa



Fuente: TORRES ING S.A.S

El nivel en el que se encuentra el practicante corresponde al auxiliar de ingeniería, teniendo como nivel inmediatamente superior al coordinador operativo y como instancia superior el Gerente General.

4. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA EMPRESA

Torres Ing. S.A.S es una empresa dedicada a la consultoría en el campo de la geotecnia, para lo cual se hace necesario realizar estudios de las condiciones físicas y mecánicas del suelo con el fin de dar un parámetro de viabilidad a las estructuras próximas a ejecutar, teniendo en cuenta la naturaleza de la empresa la actividad general a realizar en las prácticas profesionales corresponde a la labor como auxiliar de Ingeniería en el desarrollo de la exploración geotécnica Mecánica y sondeos para las estructuras a ejecutar en la concesión de la vía Bucaramanga-Barrancabermeja-Yondó que lleva a cabo Torres Ing. S.A.S.

Las actividades detalladas a realizar dentro de la empresa en el marco de dicho proyecto son:

- La realización de la base de datos del personal de campo y su asistencia a los puntos de estudio mediante la verificación de la bitácora de actividades
- El registro de perforación de cada uno de los sondeos ya realizados junto con su respectivo perfil estratigráfico y fotografías tanto del lugar de estudio como de las cajas de muestras ya entregadas
- Indicar la nomenclatura y ubicación de cada uno de los puntos siguiendo las indicaciones dadas por el Ingeniero Supervisor.
- El monitoreo de los avances de cada uno de los Sondeos
- Analizar los resultados de cada uno de los ensayos realizados a las muestras encontradas en los diferentes sondeos de acuerdo a las especificaciones INVIAS. Los ensayos realizados dentro del marco del proyecto son: Clasificación del suelo (Granulometría límites Plástico, Límite Líquido), ensayo de compresión inconfiada y Corte directo.

5. MARCO GENERAL DEL PROYECTO

La comunicación entre municipios siempre ha sido un interés marcado en la sociedad ya que esto nos permite tener interacciones comerciales turísticas y sociales, por esto se crean corredores que permitan el acceso de un punto a otro; en el caso del Municipio de Bucaramanga y Barrancabermeja estas relaciones de comunicación son importantes, ya que estos entes Territoriales comparten actividades importantes para el desarrollo municipal.

Lamentablemente la comunicación vial entre estos municipios se ha visto afectada debido a los daños que la malla vial ha sufrido a través de la historia.

En busca de una solución técnicamente viable se pretende Desarrollar la Concesión Bucaramanga-Barrancabermeja-Yondó, la cual permitirá comunicar estos municipios por zonas que presenten mayor estabilidad geológica y mitiguen los daños que históricamente se han presentado en este corredor vial.

Figura No. 1 Alineamiento existente Bucaramanga-Barrancabermeja

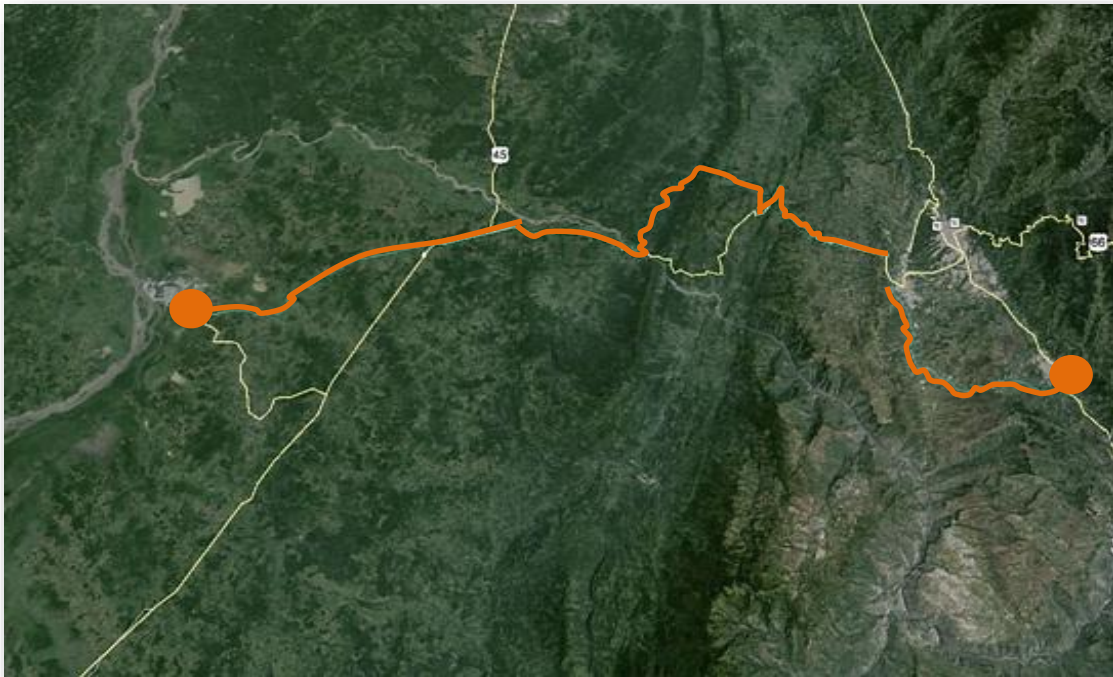


Fuente: Google Earth

El proyecto fue adjudicado a la Unión temporal Estructuración APP Vial Bucaramanga-Yondó, compuesta por las firmas Tecnoconsulta SAS con un 60 por ciento, Estructuras en Finanzas con un 30 por ciento, Bateman Ingeniería, con un

7,5 por ciento, Corporación Helios, con un 2,5 por ciento.³ La propuesta expuesta por la ANI para este corredor vial comprende obras como túneles, puentes y viaductos repartidos a lo largo del alineamiento; en la siguiente figura se presenta el nuevo alineamiento propuesto para unir al municipio de Bucaramanga con Barrancabermeja.

Figura No. 2 Alineamiento proyectado Bucaramanga-Barrancabermeja



Fuente: Google Earth

Actualmente la vía comprende una longitud de 144 Km, la longitud propuesta es de 166.7 Km, de las cuales se ampliarán a doble calzada 57.42 Km, se mejorará la calzada existente en 57.42 Km, se rehabilitarán 19.47 Km, se proyecta la construcción de dos túneles los cuales suman 5.64 Km, diez viaductos, la construcción de vías nuevas en 47.67 Km.

³ <http://www.ani.gov.co/article/ani-adjudica-estructuracion-de-corredor-bucaramanga-barrancabermeja-yondo-2770#sthash.f10evWrT.dpuf>

El proyecto se divide en 5 tramos, a continuación se presenta la relación de cada uno de estos tramos.

Tabla No.1 Relación de los tramos planteados en el proyecto

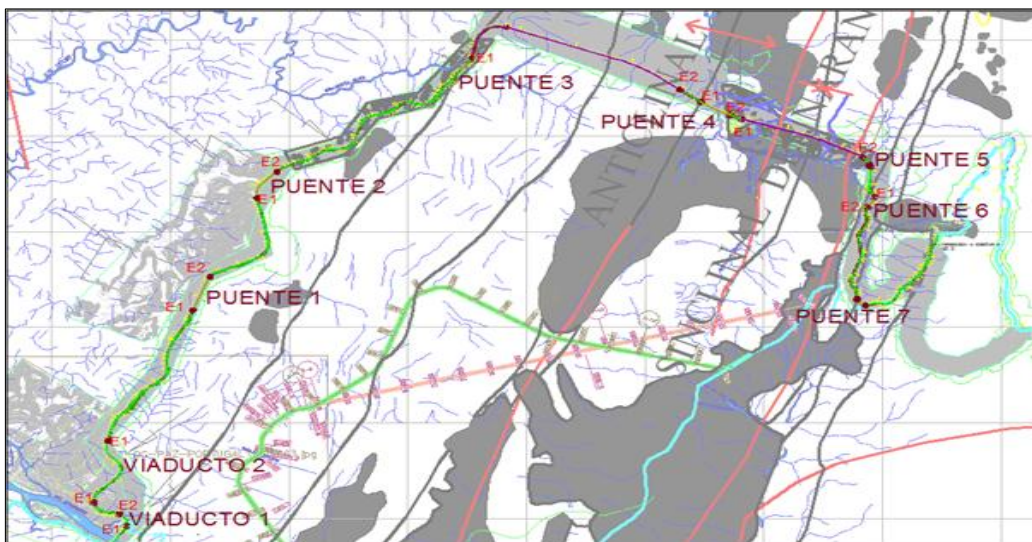
No.	SECTOR	LONGITUD [m]	DESCRIPCIÓN
1	Yondó-Puente Guillermo Gaviria-La Virgen	34.47	Rehabilitación de la vía existente en los tramos Yondó-Puente Guillermo Gaviria y Barrancabermeja- La Virgen mantenimiento y operación del tramo Puente Guillermo Gaviria- La Virgen (Proyecto YUMA)
2	La Virgen-La Lizama	21.05	Mejoramiento de la vía existente existente construcción de segunda calzada
3	La Fortuna-Puente La Paz-Lisboa	39.47	Mejoramiento de la vía existente y construcción de segunda calzada, mantenimiento y operación de la vía sustitutiva, conservación de la vía actual
4	Puente La Paz-Santa Rosa	15.12	Construcción vía nueva en calzada sencilla incluye viaductos
5	Túnel La Paz	3.14	Construcción túnel
6	Rio Sucio-Lisboa	7.05	Construcción vía nueva en calzada sencilla incluye viaductos y el Túnel La Sorda
7	Lisboa-Lebrija	18.4	Mejoramiento de la vía existente y construcción de segunda calzada
8	Girón-Chocoita	10	Construcción vía nueva en calzadas sencillas
9	Chocoita-Tres Esquinas	18	Construcción vía nueva en calzada sencilla incluye viaductos y el Túnel La Sorda

Fuente: <http://www.ani.gov.co/article/ani-adjudica-estructuracion-de-corredor-bucaramanga-barrancabermeja-yondo-2770#sthash.f10evWrT.dpuf>

Entre los trabajos proyectados en el Proyecto se presenta la construcción de un nuevo alineamiento el cual se encuentra en el tramo cinco del proyecto entre el Puente La Paz y Lisboa, este es el tramo más importante del alineamiento, ya que esta alternativa se planteó con el fin de inhibir los riesgos causados por la falla a

continuación se presenta en detalle el alineamiento y las obras proyectadas en este tramo.

Figura No. 3 Alineamiento Propuesto por la ANI en el tramo 5



Fuente: Tecnoconsulta S.A.S

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Con el fin de determinar las características físicas y mecánicas del suelo se realizaron Sondeos mecánicos a lo largo del alineamiento propuesto, a continuación se presenta la relación de los puntos a estudiar a lo largo del alineamiento.

Para la exploración se dividió el alineamiento en 7 tramos en los cuales inicialmente se plantearon 22 Sondeos mecánicos con profundidades que varían de 15 metros a 60 metros, estos sondeos se ubicaban únicamente en el tramo 5, se propuso realizar estos sondeos en los puntos donde se proyectaban los túneles y puentes, sin embargo estos 22 Sondeos fueron reducidos a 10 más 7 apiques en todos en el tramo 5, posterior a estos trabajos fueron solicitados 16 Sondeos más los cuales corresponden a los puntos en los que se proyecta la construcción de puentes y viaductos, a lo largo de esta segunda etapa de exploración los sondeos se realizaron

a profundidades de 15 metros cada uno y Finalmente fueron solicitados dos sondeos más ubicados en el tramos 5, correspondientes a la construcción de Túneles, estos presentan una profundidad de 130 y 70 metros.

En la figura No 4 se presentan los puntos de exploraciones mecánicas a lo largo del alineamiento en el tramo 5 correspondientes a la primera etapa, en la figura No 4 se muestra la ubicación de los puntos en los que se desarrollan los sondeos manuales (apiques).

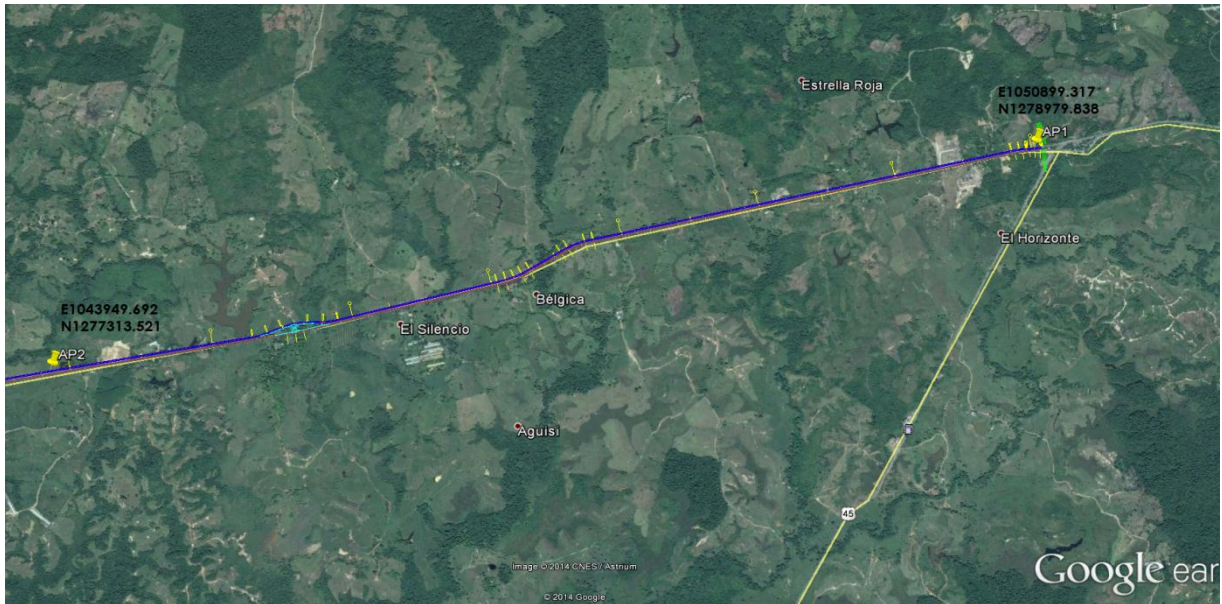
Figura N. 4 Localización de los puntos en estudio



Fuente: Google Earth-Torres Ing. S.A.S

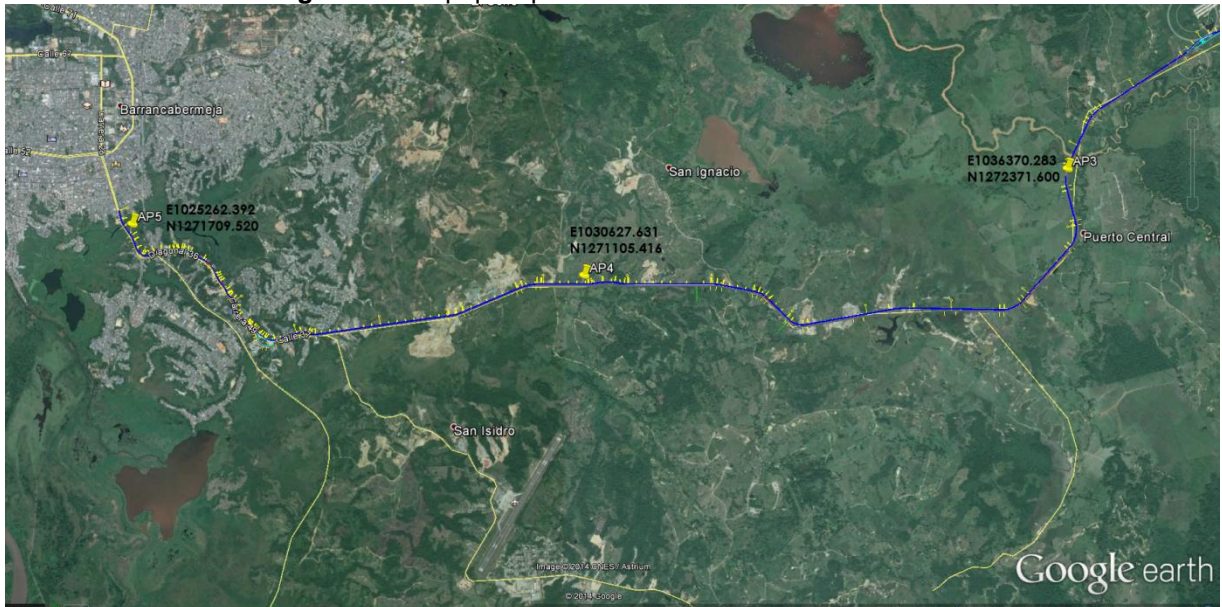
Posterior a estos apiques se plantearon 5 apiques mas en el tramo comprendido entre Barrancabermeja y La Lizama:

Figura No.5 Apiques planteados al final del alineamiento



Fuente: Torres ING S.A.S

Figura No.6 Apiques planteados al final del alineamiento



Fuente: Torres ING S.A.S

Dentro de la actividad de conocimiento de los datos actuales del proyecto, se realizaron labores de localización cartográfica, es decir ubicación en el plano de los puntos de estudio teniendo como referencia las coordenadas dadas por la entidad contratante.

Para este estudio se hace necesario realizar Sondeos Mecánicos entre los cuales se encuentra el SPT Y ROTACIÓN ya que las profundidades manejadas en las perforaciones oscilan entre los 15 y los 60 metros de profundidad.

Posterior a la realización de los Sondeos se transporta el material al Laboratorio y se realizan los ensayos correspondientes para determinar la clasificación del suelo y sus parámetros de resistencia; Ya con los resultados obtenidos en el laboratorio se determina la capacidad de soporte y el asentamiento del suelo en el que se desea cimentar la estructura.

6. MARCO TEÓRICO

En el ámbito de la geotecnia la exploración y el muestreo cobra gran relevancia en razón a que un estudio geotécnico consiste en un conjunto de actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de la edificación, protegiendo ante todo la integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo, además de proteger vías, instalaciones de servicios públicos, predios y construcciones vecinas⁴.

6.1. DEFINICIÓN DE UNA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

La exploración Geotécnica es una actividad realizada con el fin de investigar el subsuelo para cualquier tipo de estudios definitivos, esta consta de la ejecución de apiques, trincheras, perforaciones o sondeos con muestreos o sondeos estáticos o dinámicos, con el fin de conocer y caracterizar el perfil del suelo que será afectado por el proyecto, la ejecución de pruebas directas o indirectas sobre los materiales encontrados y obtener muestras representativas para la ejecución de ensayos de laboratorio.

La exploración debe tener como objetivo la recolección suficiente de conocimiento del subsuelo hasta la profundidad afectada por la construcción.

6.1.1. ENSAYOS MÁS COMUNES PARA REALIZAR LA EXPLORACIÓN

A continuación se presentarán los métodos más utilizados para la realización de una exploración geotécnica.

⁴ Reglamento Colombiano Sismo resistente. NSR-10 capítulo H, Bogotá, Enero del 2010

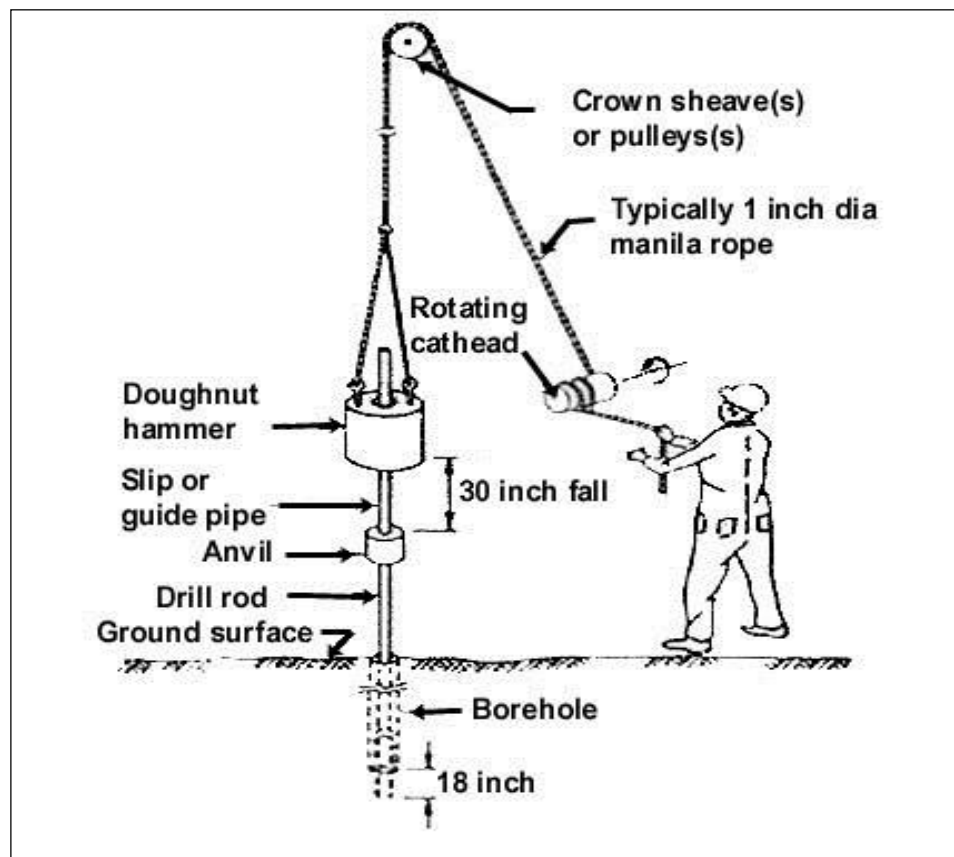
6.1.1.1 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT)

Este ensayo consiste en contar el número de golpes que son necesarios para introducir dentro del suelo, un tubo partido a diferentes profundidades, este método se utiliza en especial en terrenos que requieran realizar un reconocimiento geotécnico; Él toma muestras es golpeado con una energía constante, con una masa de caída libre de 145 lb y una altura de caída de 0.7 metros.

Este ensayo debe realizarse en depósitos de suelo arenosos y de arcilla blanda, no es recomendado en suelos de roca, gravas o arcillas consolidadas ya que el equipo puede dañarse.

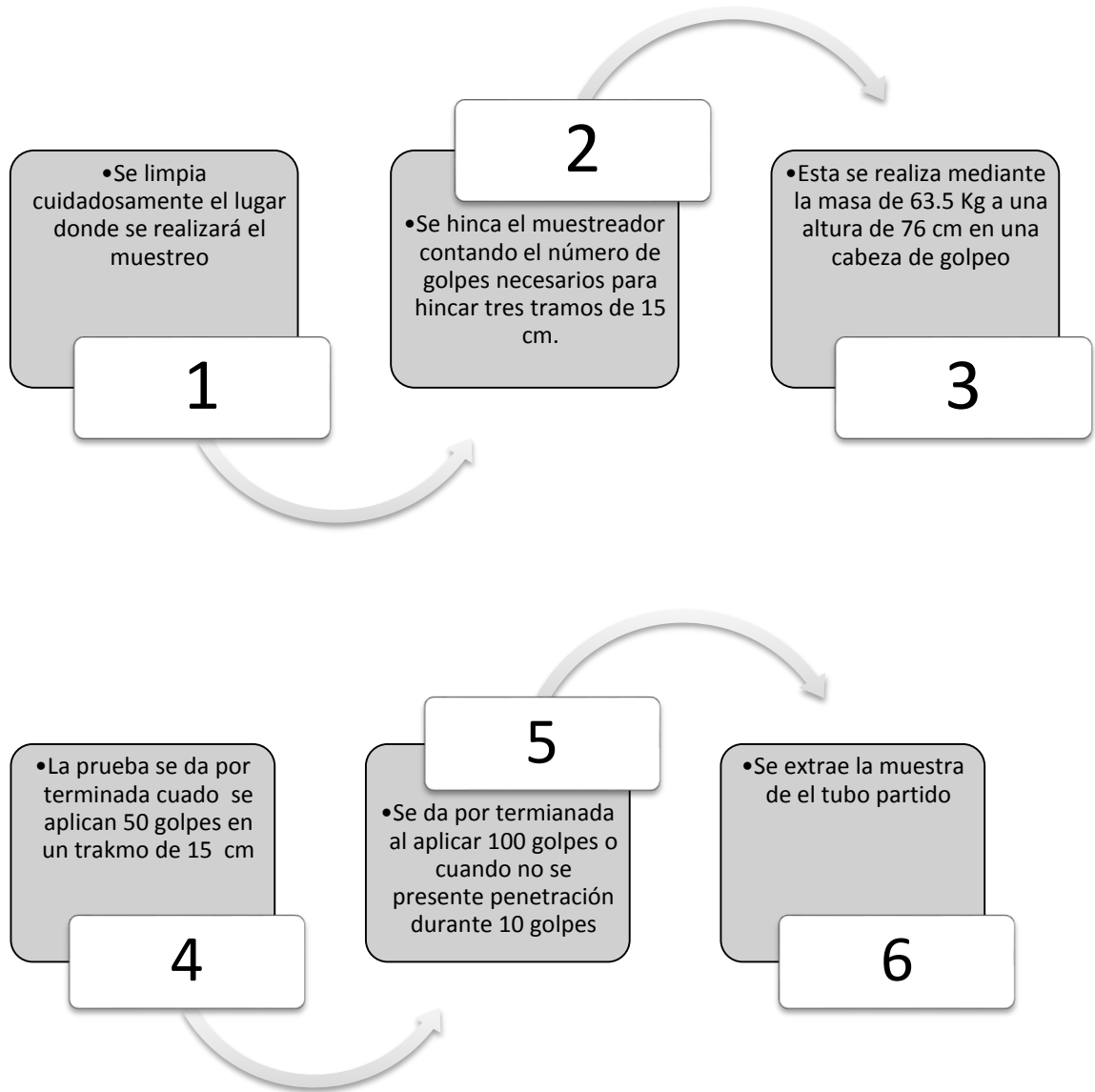
- **Materiales y Equipos**

Figura No.7 Esquema de materiales y equipos implementados en el SPT



Fuente: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2012/04/historia-de-la-geotecnia-terzaghi-y-el.html>

- **Metodología:**



6.1.1.2 EXPLORACIÓN MEDIANTE SONDEOS A ROTACIÓN

Corresponde al procedimiento más empleado para obtener muestras en cualquier tipo de investigación geotécnica, en este método se utiliza una barrena en cuya boca se implementa una broca, que presenta como elemento de corte un diamante.

- **Perforación con hélice:**

Las barrenas helicoidales se utilizan en terrenos de blanda consistencia, estas barrenas pueden ser de varios tipos, con cabeza helicoidal exclusiva, en los cuales se realizan agujeros de gran diámetro.

Otro tipo corresponde a la barrena continua, la cual puede ser normal o hueca, consta de una serie de barrenas que se empalman sucesivamente, estas perforaciones deben realizarse a pocas revoluciones; En el caso de la barrena hueca se emplea en formaciones poco consolidadas en las que la barrena hace de camisa y evita el hundimiento de las paredes del sondeo.

- **Perforación a rotación con corona y obtención de testigos:**

Con este sistema pueden obtenerse muestras en cualquier tipo de terreno, aunque en suelos cohesivos deben tomarse precauciones.

La corona al ir avanzando en el terreno corta un cilindro de roca el cual queda alojado en una tubería interna la cual puede ser simple o doble giratorio.

Para los terrenos sueltos o muy blandos se empleará el tubo simple y para el resto el giratorio, la tubería de revestimiento se introduce en el sondeo para contener hundimientos o cortar fugas de agua, estos son de tipo telescópico y permiten el paso del tubo testigo para continuar la perforación.

6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

En general los ensayos que se efectuaron en este proyecto corresponden a los necesarios para realizar la caracterización del suelo y los necesarios para determinar los parámetros de resistencia del mismo.

Para la ejecución de los ensayos del laboratorio se siguen los procedimientos expuestos en la NSR-10 TÍTULO H.3.3, la cual expone directrices claras sobre:

- **LA SELECCIÓN DE MUESTRAS:** Las muestras deben ser objeto de manejos y cuidados que garanticen que la muestra se considera como inalterada, las muestras deberán ser seleccionadas y deben corresponder a los diferentes materiales afectados por el proyecto.
- **TIPO Y NÚMERO DE ENSAYOS:** El tipo y número de ensayos depende de las características propias del suelo, del objetivo del proyecto, se deben ordenar los ensayos de laboratorio que expongan de manera clara la clasificación, peso unitario y permeabilidad de las muestras escogidas, adicionalmente a esta los ensayos deben presentar las características geomecánicas.
- **PROPIEDADES BÁSICAS:** Las propiedades mínimas para la caracterización del suelo son peso unitario, humedad y clasificación completa para cada una de las unidades estratigráficas, se debe determinar como mínimo las propiedades de resistencia en cada uno de los materiales típicos encontrados en el sitio ya sea con un ensayo de compresión o corte directo en suelos cohesivos y corte directo o el ensayo de penetración estándar en suelos granulares⁵. Para las rocas las propiedades básicas corresponden al peso unitario, compresión simple y ocasionalmente los ensayos de durabilidad o afines.

⁵ **CRESPO, Carlos.** Mecánica de suelos y cimentaciones, Tomo 1, Vol. 1, 6ta Edición, 2010.

A continuación se presenta de manera detallada la descripción de los ensayos necesarios para realizar una caracterización con resultados representativos.

6.2.1 HUMEDAD NATURAL

La finalidad de este ensayo es determinar el contenido de humedad que se encuentra en la muestra de suelo obtenida. Este contenido de humedad se forma por la suma de sus aguas libres, capilar e higroscópica⁶

La importancia de la determinación de la humedad se encuentra en que representa una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este.

El método para determinar esta humedad en el laboratorio es mediante el secado del horno tal como lo describe la NTC 1495 En la cual relacionan en porcentaje el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas tal como se muestra en la siguiente ecuación.

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100 \%$$

⁶ **ICONTEC**-NTC1495 ensayo para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas, con base en la masa [EN LINEA]< <http://tienda.icontec.org/brief/NTC1495.pdf> >Citado el 14 de Febrero del 2014

Dónde:

W = Contenido de humedad expresado en (%)

Ww = Peso del agua existente en la masa del suelo

Ws = Peso de las partículas sólidas

6.2.2. DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG

Estos se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, esta determinación se basa en sostener que el suelo fino solo posee cuatro estados: el Sólido, semisólido, plástico y líquido

Los límites de Atterberg corresponden al límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, los cuales influyen de manera fundamental en la clasificación del Suelo

6.2.2.1 LÍMITE LÍQUIDO

Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado en que una mezcla de suelo y agua, que se pueda moldear, se deposita en la Cazuela de Casagrande, se realiza una ranura que divida la muestra del suelo simétricamente y se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar una manivela, hasta que la ranura se cierra en una longitud de 12 mm (1/2"). Si el número de golpes para que se cierre la zanja es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua contenida en el suelo/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido. Dado que no siempre es posible que la zanja se cierre en la longitud de 12 mm exactamente con 25 golpes, el cálculo se realiza trazando una gráfica en tres puntos como mínimo con el número de golpes en coordenadas logarítmicas, contra el contenido de humedad correspondiente, en coordenadas normales, e interpolando para la humedad correspondiente a 25 golpes, la humedad obtenida es el Límite Líquido.

6.2.2.2 LÍMITE PLÁSTICO

Esta propiedad se mide en laboratorio mediante un procedimiento normalizado pero sencillo consistente en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm. Para esto, se realiza una mezcla de agua y suelo, la cual se amasa entre los dedos o entre el dedo índice y una superficie inerte (vidrio), hasta conseguir un cilindro de 3 mm de diámetro. Al llegar a este diámetro, se desarma el cilindro, y vuelve a amasarse hasta lograr nuevamente un cilindro de 3 mm. Esto se realiza consecutivamente hasta que no es posible obtener el cilindro de la dimensión deseada. Con ese contenido de humedad, el suelo se vuelve quebradizo (por pérdida de humedad) o se vuelve pulverulento. Se mide el contenido de humedad, el cual corresponde al Límite Plástico⁷. Se recomienda realizar este procedimiento al menos 3 veces para disminuir los errores de interpretación o medición.

6.2.2.3 GRANULOMETRÍA

La granulometría es un proceso mediante el cual el suelo es separado por tamaños de grano, los datos de la granulometría son utilizados junto con los datos obtenidos en el ensayo de límite líquido y límite plástico para determinar si se tiene un suelo gravoso, arenoso, limoso, arcilloso o una combinación entre estos. Para la realización de la granulometría se toma una muestra suficiente del suelo a estudiar y se registra su peso posteriormente se procede a realizar un lavado sobre el tamiz No. 200 el cual separa los suelos gruesos de los suelos finos, después del lavado se seca el material retenido sobre este tamiz para que una vez seca la muestra esta sea sometida al proceso de tamizado que consiste en pasar el suelo por una serie de mallas las cuales tienen diferentes tamaños (1", 3/4", 1/2", 3/8", 4, 10, 20, 40, 60, 100, 200) cada porción de suelo retenida en cada una de estas malla se pesa y registra para los cálculos posteriores.

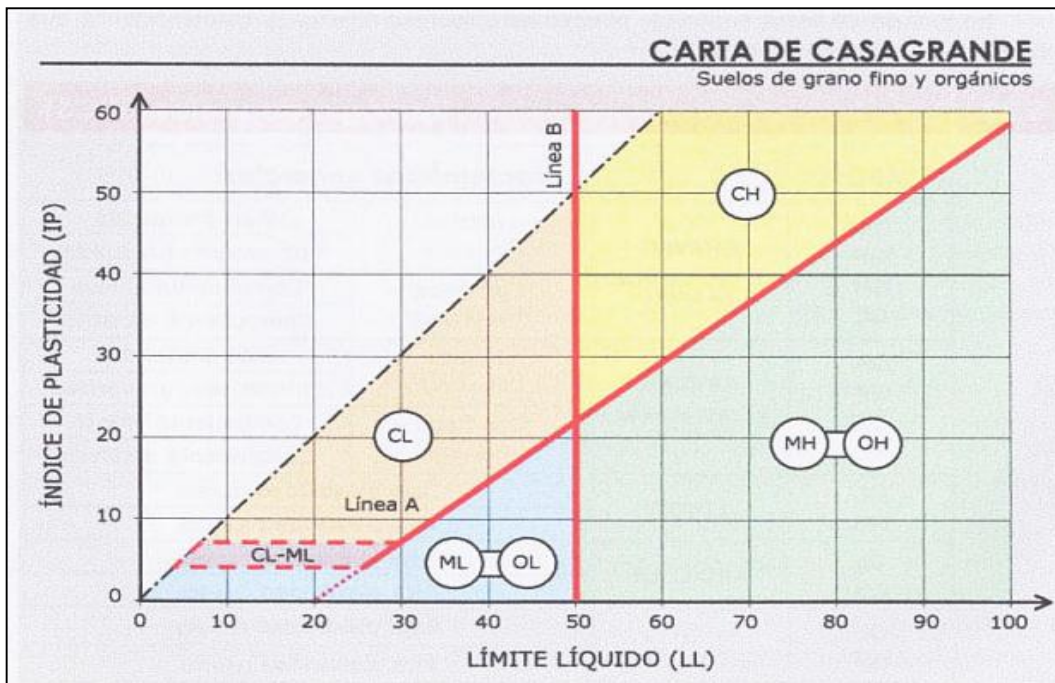
⁷ **ICONTEC-NTC4630- MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS**
[EN LINEA]< <http://tienda.icontec.org/brief/NTC1495.pdf> >Citado el 14 de Febrero del 2014

6.1.2. CARTA DE CASAGRANDE

Esta clasificación se vale de unos símbolos de grupo que consisten en prefijos que designan la composición del suelo, en la siguiente tabla N. 1 se describe la asignación de cada uno de estos prefijos para cada una de las características que presenta el Suelo⁸.

Tras una larga experimentación de muestras de granos finos, Casagrande consigue describirlos dentro de los parámetros de un diagrama, el cuál relaciona su límite líquido con su respectivo índice de plasticidad, este diagrama es el conocido como la carta de Casagrande⁹

Figura N.8 Carta de Casagrande



Fuente: http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02010103.pdf

⁸ D.GRAUX-Fundamentos de Mecánica de Suelos Muros y Cimentaciones, Tomo 1, Segunda edición, editores técnicos asociados.

⁹ BLÁZQUEZ LUIS BLAÑÓN-Manual de Carreteras-Capítulo 15,Página 22, Vol. 1, España,2000

6.2. LABORATORIOS PARA DETÉRMINAR LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO

Adicional a los ensayos a los cuales es sometido el suelo para determinar sus características físicas también se requiere realizar ensayos de Corte y compresión confinada para determinar la cohesión y ángulo de fricción de las muestras de suelo y Roca.

6.2.1. CORTE DIRECTO:

Este ensayo se realiza con el fin de determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo.

El ensayo consiste en ubicar la muestra de ensayo en el dispositivo de corte directo, se aplica una carga normal determinada, se humedece la muestras con el fin de realizar la consolidación de la misma, se liberan los marcos que sostienen la muestra, se aplica una fuerza de corte hasta producir la falla en la muestra. En este ensayo se prueban tres o más muestras bajo una fuerza normal diferente, para determinar los efectos sobre la resistencia al corte y las deformaciones.

El procedimiento para realizar este ensayo debe ser el establecido por las normas dadas por el Instituto Nacional de Vías en el artículo I.N.V.E -154-07, así como los resultados deben coincidir con las tolerancias admisibles en el mismo documento¹⁰.

Adicional a la norma nombrada se deben tener en cuenta las indicaciones de la ASTM D3080-98 y AASHTO T236-03, las cuales son normas guías para el procedimiento de este ensayo.

¹⁰ Instituto Nacional de Vías, Determinación de la resistencia al corte método de corte directo I.N.V.E-154-07

6.2.2. COMPRESIÓN INCONFINADA

La resistencia a la compresión confinada es la carga por unidad de área a la que un testigo de suelo falla a compresión por la aplicación de una carga axial.

Este ensayo se emplea para suelos cohesivos, ya que en suelos no cohesivos no puede formarse una probeta sin confinamiento lateral.

Para este ensayo se talla una probeta de acuerdo a las indicaciones dadas por la norma, se procede a medir tres alturas y tres diámetros, se determina la masa de la muestra, se ubica la probeta en la prensa de tal forma que quede totalmente centrada, el ensayo se realiza controlando la deformación o la carga, los resultados y cálculos se deben realizar de acuerdo a lo establecido en la norma I.N.V.E-152-07, así como la presentación de los datos¹¹.

6.3. LABORATORIOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS.

Adicional a los estudios para conocer las características físicas y mecánicas del subsuelo, se hace necesario realizar la caracterización del suelo en el cual se desarrollará la estructura del pavimento, para lo que se realizan apiques o calicatas con el fin de extraer el material necesario para realizar la caracterización del suelo mediante los ensayos de Proctor Modificado y CBR.

6.3.1. ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

Este ensayo se realiza para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de los suelos compactados en un molde de 101.6 o 152.4 mm de diámetro con un martillo de 44.5KN que se deja caer desde una altura de 457 mm, este produce un esfuerzo de compactación de 2700 kNm/m³, este ensayo se realiza teniendo en cuenta lo establecido en la norma Invias E-142, los resultados y

¹¹ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, NORMA I.N.V.E-152-07, Compresión confinada de muestras de suelo.

tolerancias también se deben sujetar a los propuestos por la norma antes mencionada¹².

6.3.2. RELACIÓN DE SOPORTE EN EL SUELO (C.B.R)

El ensayo del C.B.R. se realiza con el fin de determinar el índice resistencia del suelo denominada relación de soporte de California, esta proyectado para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan tamaño máximo de partículas de menos de 19 mm.

La prueba se realiza compactando tres especímenes de tal forma que los límites de sus densidades compactadas sean de 95% a 100%.

El procedimiento del ensayo se debe realizar de acuerdo a lo establecido por la IN.V.E- 148, también se deben tener en cuenta las tolerancias establecidas en el mismo.

6.3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL

Como se ha reiterado a través de este documento, los ensayos del laboratorio se realizan con el fin de tener parámetros claros y representativos del suelo en el cual se pretende realizar algún tipo de obra civil.

En el caso del proyecto es para conocer los parámetros geotécnicos de diseño para suelos de fundaciones en puentes y túneles, por lo que estos demarcan un papel prioritario en el diseño de los mismos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio los terrenos de estudio se pueden expresar de la siguiente manera:

¹² INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Norma E-142

6.3.1.1 TIPOS DE TERRENOS DE CIMENTACIÓN

Los Tipos de terrenos existentes se pueden clasificar en terreno Vegetal, Rellenos y Terrenos naturales.

En cuanto a los terrenos Vegetales, corresponden a aquellos suelos con predominio de materia orgánica, en este tipo de suelos está prohibido cimentar cualquier tipo de estructuras.

Los rellenos son aquellos suelos creados por el hombre, en los que se producen hundimientos a través del tiempo este no se recomienda como suelo de fundación ya que es propenso a deslizamientos y asentamientos pronunciados.

Los terrenos naturales corresponde a los suelos que se producen de manera natural, se pueden presentar suelos granulares así como suelos finos.

Entre los suelos finos se presentan suelos arcillosos, estos pertenecen al grupo de materiales que al tamizarlos pasan por la rejilla # 200, este tipo de suelo es peligroso para cimentar por sus excesivos asentamientos a través del tiempo, la durabilidad de los asentamientos se causa por la humedad que posee el estrato y su impermeabilidad; este tipo de suelo puede utilizarse como suelo de cimentación pero se debe tener las precauciones debidas, las cargas se deben entregar al suelo de la forma distribuida.

Los Suelos arenosos, corresponden al grupo de los suelos granulares, son recomendados como suelos de cimentación ya que a diferencia de los suelos arcillosos este tiene un ángulo de fricción alto.

7. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

A continuación se describe la metodología implementada para cumplir cada una de las actividades desarrolladas dentro del proyecto.

7.1. . Recolección de la Información Existente

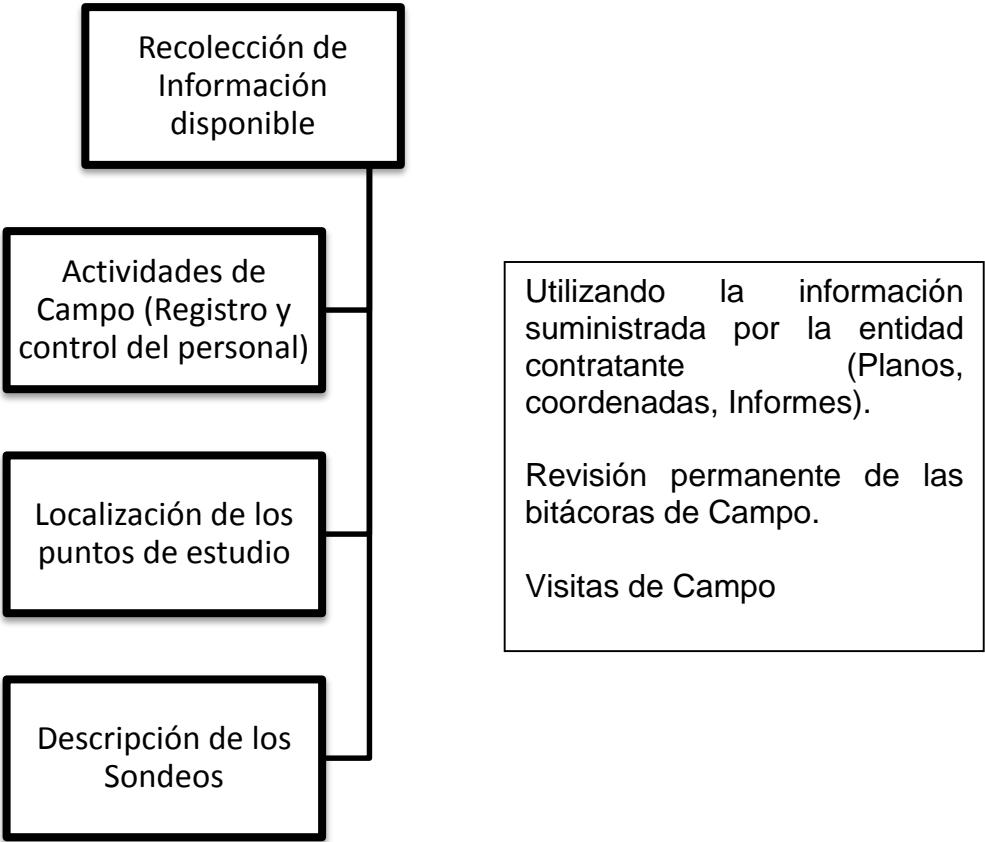
Al iniciar el proyecto la información el objeto y el alcance del mismo son trascendentales para conocer el curso y los lineamientos a seguir, para recolectar la información disponible se utilizó la información suministrada por la entidad contratante:

- ✓ Planos del alineamiento proyectado, en este paso se revisa la cantidad de puntos a estudiar, se revisan las localizaciones ubicaciones y sectores geográficos exportando las capas de los alineamientos de AutoCad Civil 3d a Google Earth.
- ✓ Tipos de estructuras proyectadas sobre el suelo de cimentación ya que estas definen la profundidad a la cual se desarrollaran los sondeos, si se encuentran ubicados en puntos que presentan proyección de puentes o viaductos la profundidad será de 15 metros, mientras que si estos corresponden a puntos en los que se proyectan túneles la profundidad será de 30 a 130 metros dependiendo de lo solicitado por la entidad contratante.
- ✓ Ubicaciones y coordenadas geográficas de cada uno de los puntos de estudio, ya sean sondeos o apiques.

Entre la información disponible se debe tener en cuenta el personal de trabajo cuantos frentes de trabajo se disponen para realizar el trabajo en el tiempo solicitado, la ubicación y rendimiento de cada equipo de trabajo.

A continuación se presenta el resumen de la metodología de la actividad

Esquema N. 2 Metodología para la recolección de la información

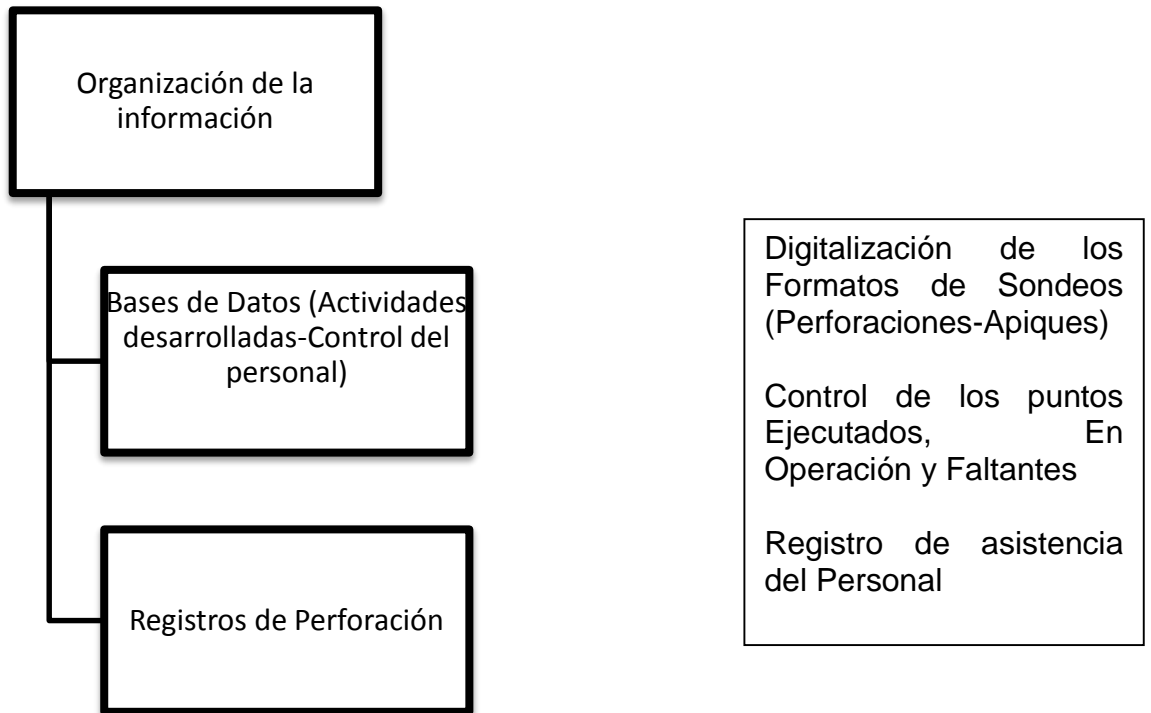


Fuente: Autor del proyecto

7.2. . Organización de la Información:

Ya teniendo la información completa del proyecto se procede a organizar la misma, teniendo en cuenta los avances tenidos en campo, esta organización se realiza utilizando los formatos diarios de actividades de campo, los registros de perforación los registros fotográficos y las visitas a campo.

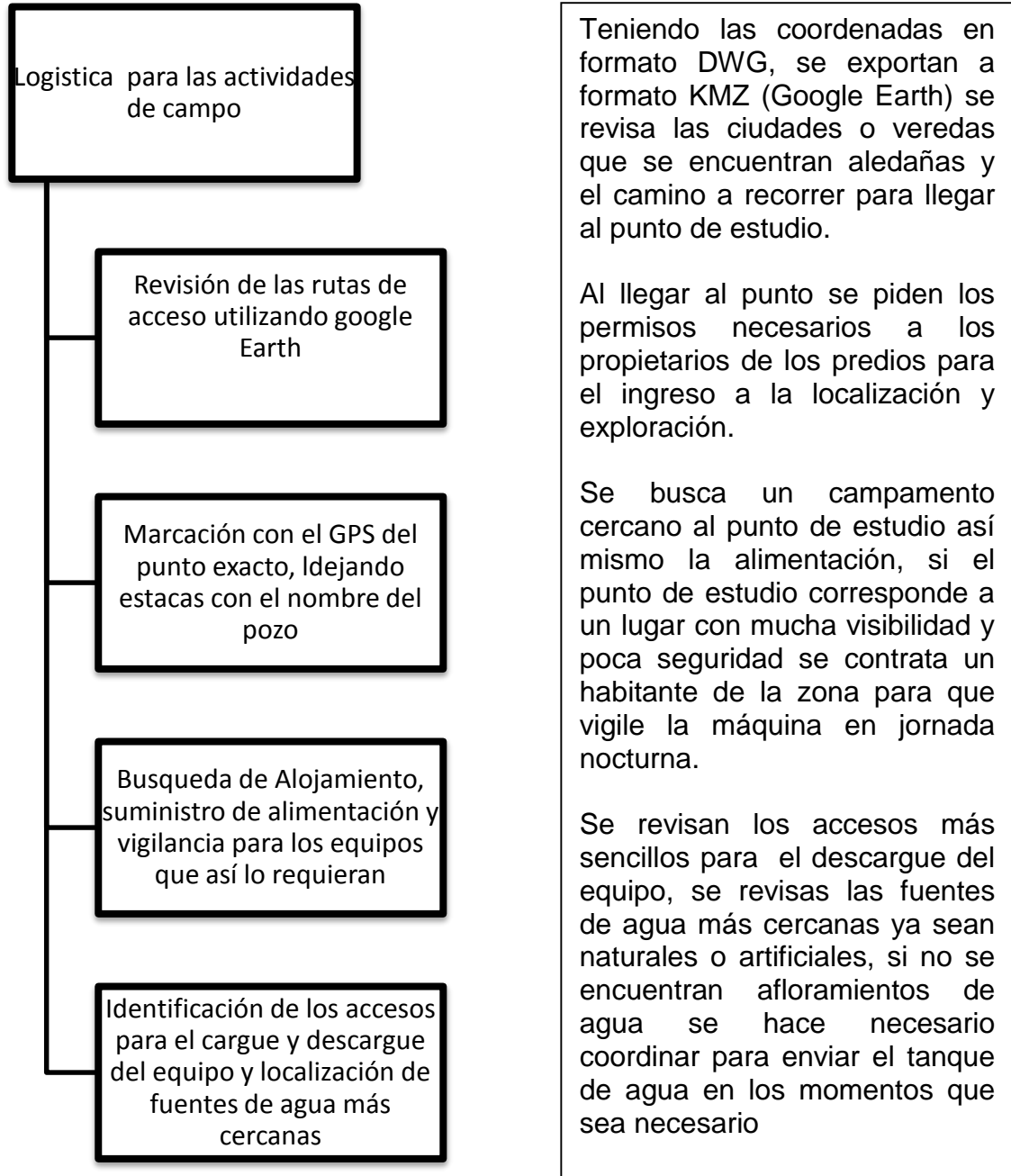
Esquema N. 3 Metodología utilizada para la organización de la información



Fuente: Autor del Proyecto

7.3. . Desarrollo de la logística de cada sondeo:

Esquema N. 4 Metodología utilizada para el desarrollo de la logística de cada sondeo



Fuente: Autor del Proyecto

7.4. . Control del inventario y suministros:

Esquema N. 5 Control de las actividades de campo



Es fundamental tener claro que elementos son necesarios para realizar la exploración geotécnica, para esto se realiza el inventario de maquinaria y herramientas, con el fin de enviar a campo los implementos necesarios realizar la actividad.

Es necesario llevar el control del gasto de combustible en cada uno de los equipos que se encuentran encendidos.

Así se presupuesta el gasto total a lo largo del proyecto.

En cuanto a los suministros se debe revisar la cantidad de aditivos o lodos de perforación que solicita cada uno de los pozos en desarrollo.

Entre los suministros también se incluye la alimentación del personal y el hospedaje de cada frente de trabajo

Todos estos datos son recopilados en una base de datos que resume el consumo tanto de los equipos como de los vehículos utilizados en el proyecto.

A continuación se presenta el resumen del gasto de combustible de un vehículo utilizado en el proyecto y el gasto de ACPM de los equipos utilizados en el mes de Mayo y Junio.

Tabla No. 2 Relación Mayo y Junio de combustible Hilux 2013

HILUX 2013				
FECHA	GASTO UND (Gal)	KM INICIO	KM FIN	KM RECORRIDOS
16-may-2014	6.031	51252	51489	237
19-may-2014	6.031			
21-may-2014	16.889	51489	51641	152
26-may-2014	6.031	51641	52167	526
28-may-2014	16.406	52167	52306	139
6-jun-2014	6.038	52306	52723	417
7-jun-2014	14.711	52723	52915	192
12-jun-2014	12.077	52915	53543	628
16-jun-2014	15.253	53543	53837	294
21-jun-2014	1.436	53837	54904	1067
21-jun-2014	2.415	54904	55098	194
23-jun-2014	6.038	55098	55265	167
24-jun-2014	8.453	55265	-	
TOTAL	117.809			4013

Fuente: Autor del proyecto

Tabla No. 3 Relación Mayo y Junio de combustibles en los vehículos

CUADRO RESUMEN				
MÁQUINA	GALONES	km Recorridos	Total combustible	CANT DÍAS
HILUX 2013	117.809	4013	\$ 836,626.80	34
FOTON	23.000	415	\$ 204,700.00	24
HILUX 2005	52.381	622	\$ 439,476.59	24
TOTAL	193.19	5050	\$ 1,480,803.39	

Fuente: Autor del proyecto

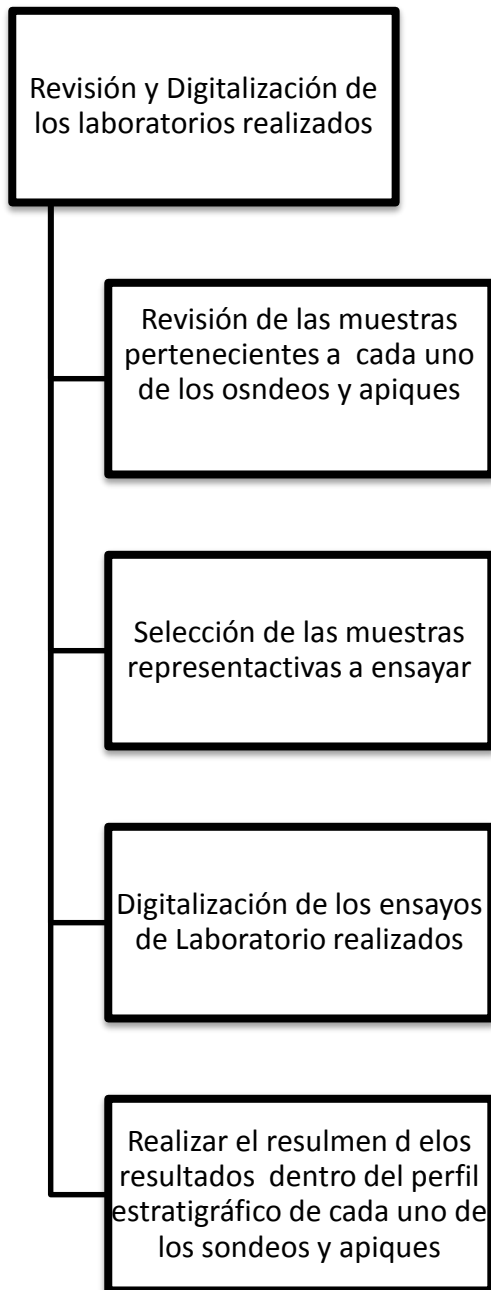
Tabla No.4 Relación Mayo y Junio de combustible

EQUIPO	SONDEO	UBICACIÓN	GASTO UND (Gal)	ML PERFORADOS	MOTOBOMBAS EN USO
PETTY 1	SDP11	GIRÓN	6	15.6	3
	SIP12		7	15	2
	SIP11		5.5	15	2
	SIP13	GUATIGUARÁ	9	15.3	3
	SDP12	GIRÓN	7.5	15	3
	SDP9	LISBOA	7	15	2
	SIP8	LIZAMA	6.5	15	3
	SIP7	EL ZARZAL	7	15	3
	SDV1	LA MARTHA	6.5	13.5	3
PETTY 2	SDP13	GUATIGUARÁ	11	15	3
	SDP8	LIZAMA	4	15	2
	SDP7	EL ZARZAL	6.5	15.3	2
SPRAGUER	SIP10	BRISAS DE LEBRIJA	10.5	14.5	3
	SDP10		12	15	3
	S5T2	LA AZUFRADA	63	73.1	3
TOTAL			169	282.3	

Fuente: Autor del proyecto

No. 1 se presentan los formatos utilizados para los ensayos de laboratorio ejecutados a lo largo del proyecto.

Esquema No.7 Metodología implementada para la revisión y digitalización de los laboratorios realizados.



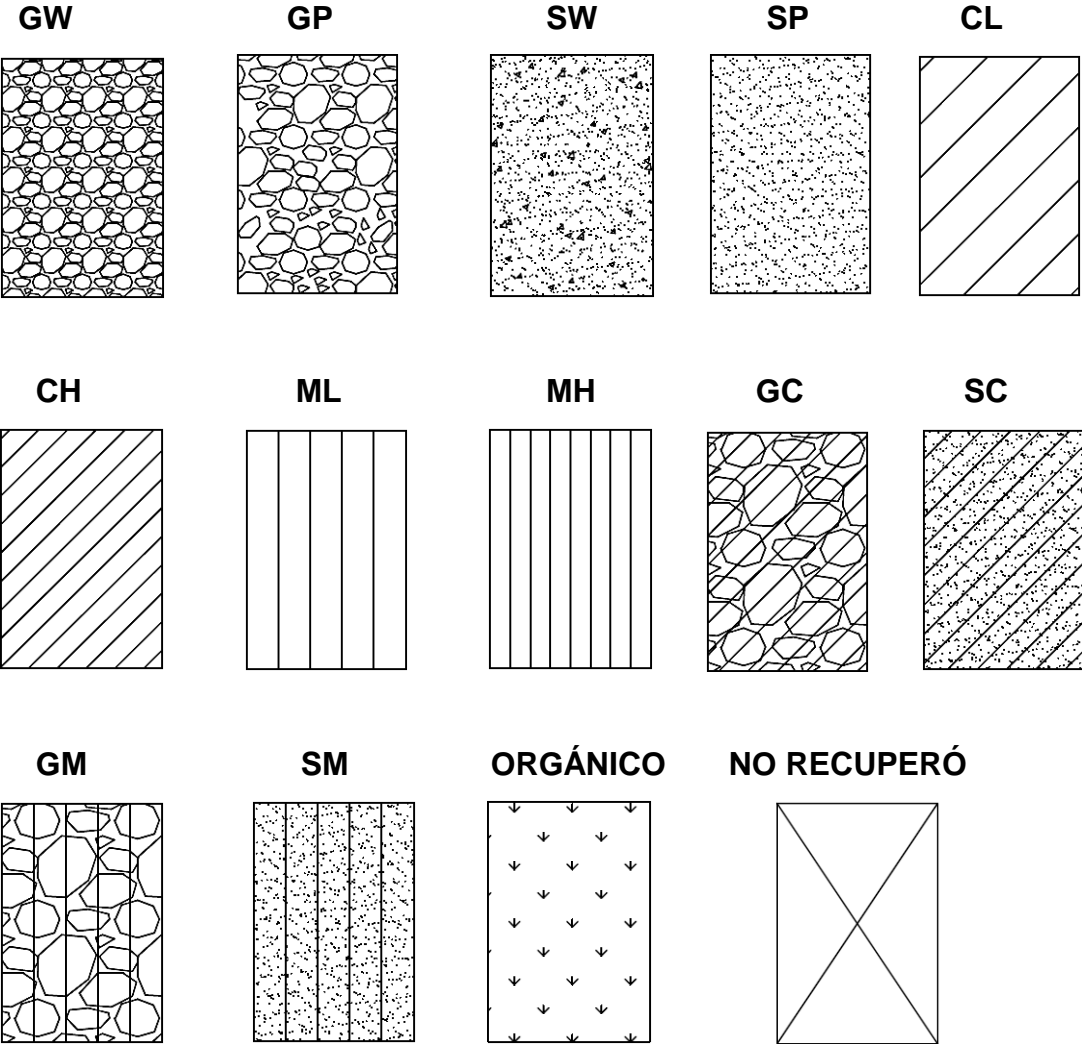
Al llegar las muestras al laboratorio se revisa el estado de llegada y el almacenamiento de las mismas, se revisan los cambios de material y se escogen las muestras representativas que serán sometidas a los ensayos que se requieren para su caracterización.

Se digitalizan los laboratorios revisando que los resultados obtenidos correspondan a la descripción de los materiales encontrados, de lo contrario, solicitar la repetición del ensayo.

Fuente: Autor del proyecto

En los anexos se presentan los formatos de laboratorio implementados en el proyecto, los resultados obtenidos en cada una de las muestras escogidas en el sondeo se especifica de manera resumida en el perfil estratigráfico, a continuación se presentan los diagramas utilizados para simbolizar cada una de las descripciones del material encontrado en los sondeos.

Figura No. 9 Diagramas utilizados para caracterizar las muestras



Fuente: Autor del proyecto

8. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA EXPLORACIÓN

Es importante tener detalles de las actividades y los avances que se realizan en el proyecto, por esto se hace necesario acoplar bases de datos que le permitan tanto al contratante revisar los avances del proyecto, como a la empresa para ejercer un control en las actividades que se realizan en campo.

A continuación se presenta la metodología utilizada para realizar la base de datos.

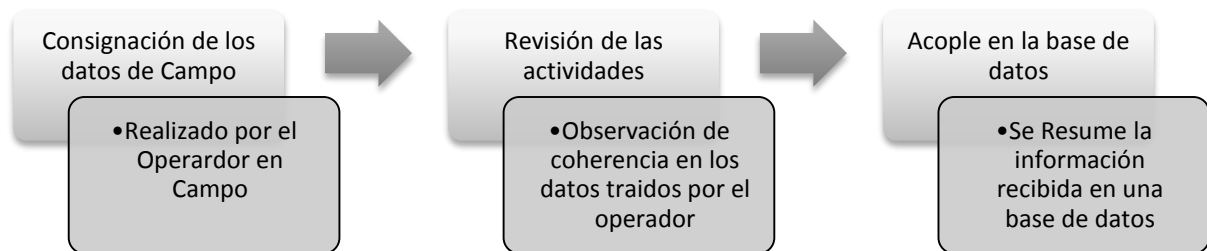
Con el fin de tener un control de las actividades en campo, se determina por la empresa la utilización del “Formato de Actividades de Campo”, en los que el operador encargado debe consignar los siguientes datos:

- Fecha, Nombre del Operador, Nombre de los Ayudantes
- Punto de Estudio
- ML perforados en el día
- Maquina utilizada
- Descripción de la actividad desarrollada

Estas planillas se hacen llegar diariamente a la empresa y a partir de los datos encontrados en los formatos se procede a realizar la revisión de los mismos, en la revisión se observa que la información de ubicación dadas por los operadores correspondan a las presentes en el plano (Nombre del Punto, Metros perforados, Fecha de inicio Fecha de Finalización), ya con la información revisada se procede a realizar la base de datos, la cual debe contener Ubicación, metros perforados, fecha de inicio y fecha de finalización, esta información se envía al supervisor y este a su vez a los contratistas. Alterna a la base de datos ya mencionada, se realiza otra la cual se utiliza para realizar control interno de las actividades. es esta base de datos se consigna la información del operario, los días trabajados de cada uno de los integrantes de la cuadrilla de trabajo, los metros lineales realizados por cada uno, la máquina utilizada, las ausencias y las observaciones dadas por el operario, esta

segunda base de datos le permite a la empresa tener la información necesario para el pago de nómina de cada trabajador.El formato utilizado tanto para los frentes de trabajo como para los conductores se precisa en el anexo No. 2.

Esquema No. 8: Metodología utilizada para el desarrollo de la actividad



Fuente: Autor del Proyecto

A continuación se presenta la base de datos realizada hasta el primero de Julio de las actividades realizadas por el personal en campo, en ella se resume la información de los avances o retrasos que se han presentado en el proyecto.

Tabla No.5 Relación de trabajos de campo mes de febrero

REGISTRO DE TRABAJO SONDEOS VÍA-BARRANCA FEBRERO																													
	Semana 1							semana2							semana 3							semana 4							TOTAL DÍAS
Trabajadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	TRABAJADOS
Noel	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28
METROS POR DÍA	0	2.4	8.2	0	3.4	5.1	7	5.4	8	0	0	0	0	0	0	2.6	6.1	9	0	0	12.1	3	12.4	6.1	8.85	0	0	99.6	
Heverth	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		10
METROS POR DÍA	0	2.4	8.2	0	3.4	0	0	0	0	0	0																		14
Abelardo		1	1		1	1	1																						5
METROS POR DÍA	0	2.4	8.2	0	3.4	5.1	7																						26.1
Santos	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	
METROS POR DÍA	5	6.7	5.6	8	1.4	0						0	0	0	3	2	3	2	2	0	0	0	0	4	7.5	4.5	7.5	67.2	
Luis	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	27	
METROS POR DÍA	5	0	5.6	8	1.4	5.1	7	5.4	8	0	0	0	0	0	0	2.6	6.1	9	0	0	12.1	3	12.4	6.1	8.85	0	0	105.6	
Mauricio	1	1	1		1	1																						5	
METROS POR DÍA	5	6.7	5.6		1.4	0																						18.7	
Filiberto																												0	
METROS POR DÍA																												0	
Javier		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					20	
METROS POR DÍA		6.7	5.6	8	1.4	0		5.4	8	0	0	0		3	2	3	2	2	0	0	0	0	0					47.1	
Cesar Perez													1	1	1	1			1	1	1	1		1		1	1	12	
METROS POR DÍA													0	0	0	0			9	0	0	12.1		12.4		8.85	0	42.3	
David														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	
METROS POR DÍA														3	2	3	2	2	0	0	0	0	0	4	7.5	4.5	7.5	40.5	
Wilson Ruiz																								1	1	1	1	4	
METROS POR DÍA																								7.5	4.5	7.5	5	24.5	

Fuente: Autor del proyecto

Convenciones:

PETTY 1	
PETTY 2	
SPRAGUER	
AUCENCIAS	

Tabla No.6 Relación de actividades de campo mes de Marzo

REGISTRO DE TRABAJO SONDEOS Y APIQUES VÍA-BARRANCA MARZO																																	
	Semana 1								semana 2								semana 3								semana 4								TOTAL DÍAS
Trabajadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TRABAJADO	
Noel																																0	
METROS POR DÍA	0	0																														0	
Santos																																4	
METROS POR DÍA	1.5	6	3	0																												10.5	
Luis																																0	
METROS POR DÍA	0	0																														0	
Cesar Perez																																0	
METROS POR DÍA		0																														0	
David																																4	
METROS POR DÍA	1.5	6	3	0																												10.5	
Wilson Ruiz																																4	
METROS POR DÍA	1.5	6	3	0																												10.5	
	Semana 1								semana 2								semana 3								semana 4								TOTAL DÍAS
Trabajadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TRABAJADO	
Jorge Duarte																																8	
Victor																																7	
Enzo																																3	
Auxiliar1																																2	
Auxiliar2																																1	

Fuente: Autor del proyecto

PETTY 1	
PETTY 2	
SPRAGUER	
AUCENSIAS	
ASISTENCIA	

Tabla No.7 Relación de trabajos de campo mes de Mayo

REGISTRO EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA VIA A BARRANCA II																																	
	Semana 1							semana 2							semana 3							semana 4							TOTAL DÍAS TRABAJADOS				
Trabajadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
NOEL MENDEZ																																	18
m perforados													0	0	0	1.2	13.8	0.6		1.8	9.2	2.3	1.7	0	0	0	0	0	2.4	1.5	1.5	36	
WILSON RUIZ																																	7
m perforados													0	0	1.2	13.8	0.6		1.8													17.4	
JAIRO																																	14.5
m perforados																1.2	13.8																15
LUIS DÍAZ																																	10.5
m perforados																				1.8	9.2	2.3	1.7	0	0	0	0		2.4			17.4	
JUAN PABLO PEDRAZA																																	8
m perforados																																	4.1
Dubán (Vigilante)																																	4
MIGUEL (Mecánico)																																	5
EDWIN																																	2
m perforados																																	3
OSCAR																																	2
m perforados																																	3

Fuente: Autor del proyecto

	TRABAJOS EN TORRES
	PETTY 1
	SPRAGER
	VIGILANCIA

Tabla No.8 Relación de trabajos de campo mes de Junio

REGISTRO EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA VIA A BARRANCA II																																		
Trabajadores	Semana 1							semana 2							semana 3							semana 4							TOTAL DÍAS TRABAJADOS					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30	31		
NOEL MENDEZ																																		29
m perforados	7.5	1.8	0	0	0	0	0	2.4	9.6	2.5	0	5.0	9.5	0	0	0	8.3	21	0.00	0	0	15	0	3	9	0	0	2	0				96.55	
WILSON RUIZ																																		0
m perforados																																		0
JAIRO																																		21.0
m perforados																																		0
LUIS DÍAZ																																		24.5
m perforados					0	0	0	0	0	15.3	0	0	0	0	0	0	4.2	3	2.6	5.2	0.6	0	0	2.4	8.6	4	0	3.6	8.4	6.6			64.5	
JUAN PABLO PEDRAZA																																		9.5
m perforados					0	0	0	0	0	15.3	0	0	0	0																			15.3	
MIGUEL (Mecánico)																																	3.5	
EDWIN																																	1.5	
m perforados	7.5	1.8																															9.3	
OSCAR																																		1.5
m perforados	7.5	1.8																															9.3	
MAURICIO QUINTANILLA																																		26
m perforados	1.8							2.4	9.6	2.5		5.0	9.5			8.3	21	17.80			15	0	3	9	0	0							104.85	
ABELARDO CÁRDENAS																																		22.00
m perforados								2.4	9.6	2.5		5.0	9.5			8.3	21	17.80			15	0	3	9	0	0							103.05	
EDGLAR CLAVIJO																																		8.0
m perforados														2	0.5	1.5	3.5	3	4.5														15.0	
WEIDER																																		12.0
m perforados														2	0.5	1.5	3.5	3	4.5														15.0	
WISTON																																		1.0
m perforados																																		0.0
JAVIER CORREA																																		17.0
m perforados										AP				2	0.5	1.5	3.5	3	4.5														32.6	
FERNANDO																																		15.5
m perforados																																		40.8
ALFONSO (VIGILANTE PIEDECUESTA)																																		5.0
VIGILANTE AZUFRAJA JAVIER																																		14.0
VIGILANTE LISBOA JESUS																																		4.0
YONNIIS																																		10.0
m perforados																																		33.6
LUIS FELIPE																																		5.0
m perforados																																		15.3
DUBER																																		5.0
m perforados																																		15.3

Fuente: Autor del proyecto

A continuación se presentan las bases de datos con la información recopilada de los apiques y las perforaciones a lo largo del proyecto:

Tabla No. 9 Relación de las perforaciones

ABSCISA	SONDEO	Este	Norte	PROF. (m)	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN
K91+740	S3T1	1082382	1287118	39.5	30/01/2014	10/02/2014
k92+000	S4T1	1082596	1286958	38.8	03/01/2014	18/01/2014
K92+431	SIP4	1082938	1286710	15	04/01/2014	10/01/2014
K93+000	SDP4	1083426	1286438	15	11/01/2014	18/01/2014
K93+200	S1T2	1083622	1286360	29	18/01/2014	27/01/2014
K95+405	S4T2	1085660	1285555	28.5	30/01/2014	05/02/2014
K96+280	SIP6	1085856	1284721	15	19/01/2014	28/01/2014
K96+530	SDP6	1085751	1284514	12	14/02/2014	21/02/2014
k94+800	S3T2	1085128	1285827	60.1	17/02/2014	26/02/2014
K93+900	S2T2	1084288	1286147	39	20/02/2014	04/03/2014

Fuente: Torres ING S.A.S

Tabla No. 10 Relación de los sondeos finalizados fase 2

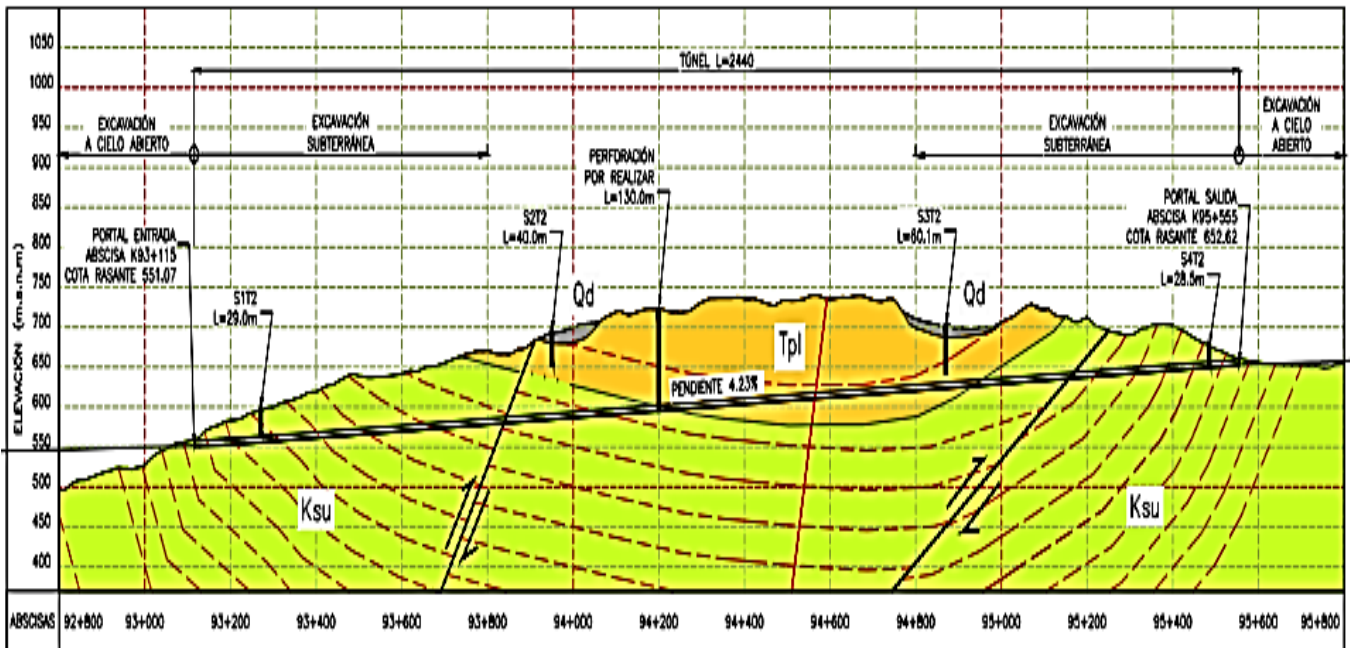
SONDEO	ABSCISA	ESTE	NORTE	Profundidad Alcanzada	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN
SIP7	K13+824	1036456	1272588	15	01/07/2014	03/07/2014
SDP7	K13+891	1036485	1272648	15	01/07/2014	03/07/2014
SIP8	K1+879	1059029	1280943	15.3	28/06/2014	30/06/2014
SDP8	K1+939	1059091	1280964	15	29/06/2014	30/06/2014
SIV1	K74+140	1073235	1277886	13.5	04/07/2014	11/07/2014
SDV1	K74+385	1073106	1278078	-	-	-
SIP9	K98+560	1085564	1282589	En op.	10/07/2014	
SDP9	K98+770	1085705	1282462	15.6	22/06/2014	27/06/2014
SIP10	K102+720	1087942	1285788	15.3	11/06/2014	14/06/2014
SDP10	K102+870	1088060	1285866	14.5	7/06/2014	11/06/2014
SIP11	K2+070	1099313	1272406	15.1	23/05/2014	27/05/2014
SDP11	K2+570	1099581	1272014	15	15/05/2014	18/05/2014
SIP12	K3+360	1099954	1271326	15	19/05/2014	22/05/2014
SDP12	K3+740	1100074	1270969	15.6	7/06/2014	20/06/2014
SIP13	K17+340	1106261	1262524	15.3	28/05/2014	6/06/2014
SDP13	K17+440	1106334	1262591	15	5/06/2014	12/06/2014
Metros Totales Perforados				207.7		

Fuente: Torres ING S.A.S

En los siguientes perfiles se presentan algunas gráficas de los sondeos realizados en el alineamiento, el perfil topográfico como geotécnico y las perforaciones realizadas:

En estos se evidencia las formaciones geológicas en las que se están realizando los sondeos, el perfil expuesto corresponde al tramo entre Lisboa y la cerranía de la Paz, ya que esta es la que presenta mayor riesgo geológico, según los estudios geotécnicos y geofísicos se puede evidenciar que el túnel de la Sorda pasara por la formación Umir en su gran mayoría, esta corresponde a Lutitas blandas color gris oscura con manto de carbón en la parte superior, También pasa por la formación Lisama, en la que se encuentran lutitas abigarradas de grano fino y poco manto de carbón, en muy pocos sectores se presenta suelo coluvial.

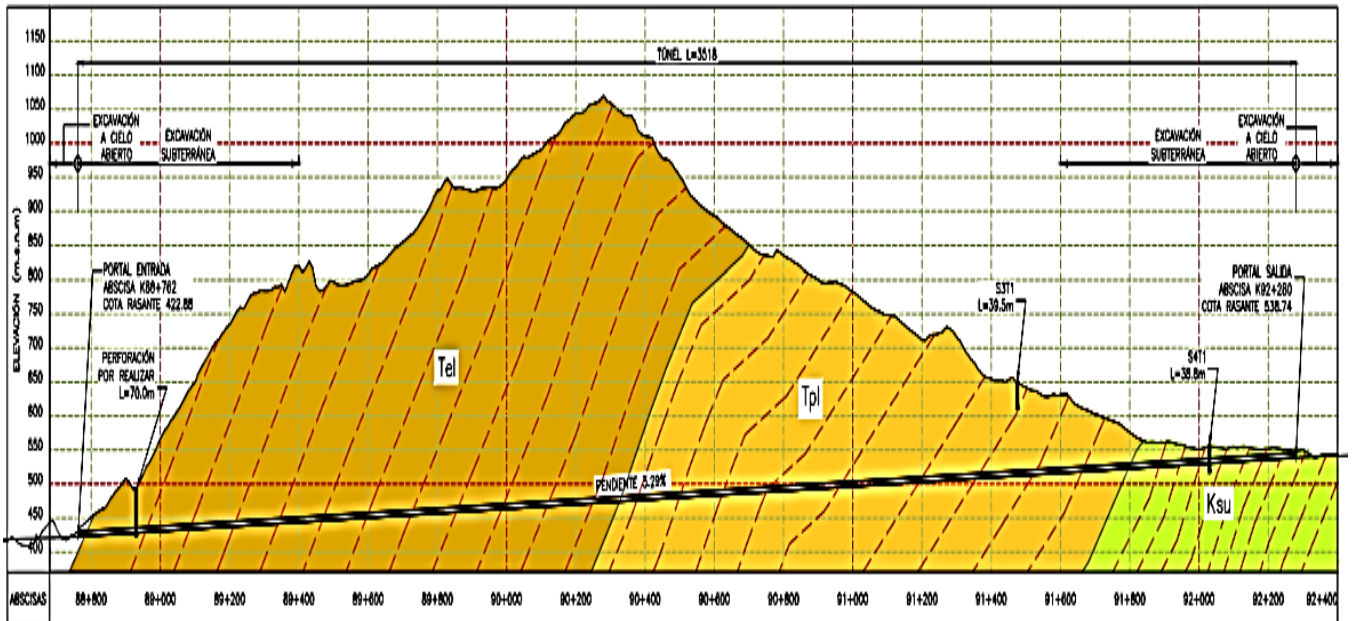
Figura No.10 Perfil Geológico del sector de Túnel de la Sorda



Fuente: Tecnoconsulta S.A.S

En cuanto al túnel de la Paz, este estaría ubicado entre la Formación Umir, Formación Lisama y adicional la Formación La Paz que esta constituida por Arenisca gris clara, conglomerática masiva y lutita gris.

Figura No.11 Perfil Geológico del sector de Túnel de la Paz.



Fuente: Tecnoconsulta S.A.S

9. REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE ACTIVIDADES DE CAMPO

A continuación se presenta el registro fotográfico de algunos sondeos finalizados:

Fotografía No 1 Traslado de los sondeos en Lebrija



Fuente: Autor del proyecto

Fotografía No 2 Sondeos mecánicos en Girón



Fuente: Autor del proyecto

Fotografía No 3 Sondeos mecánicos en Lisboa.



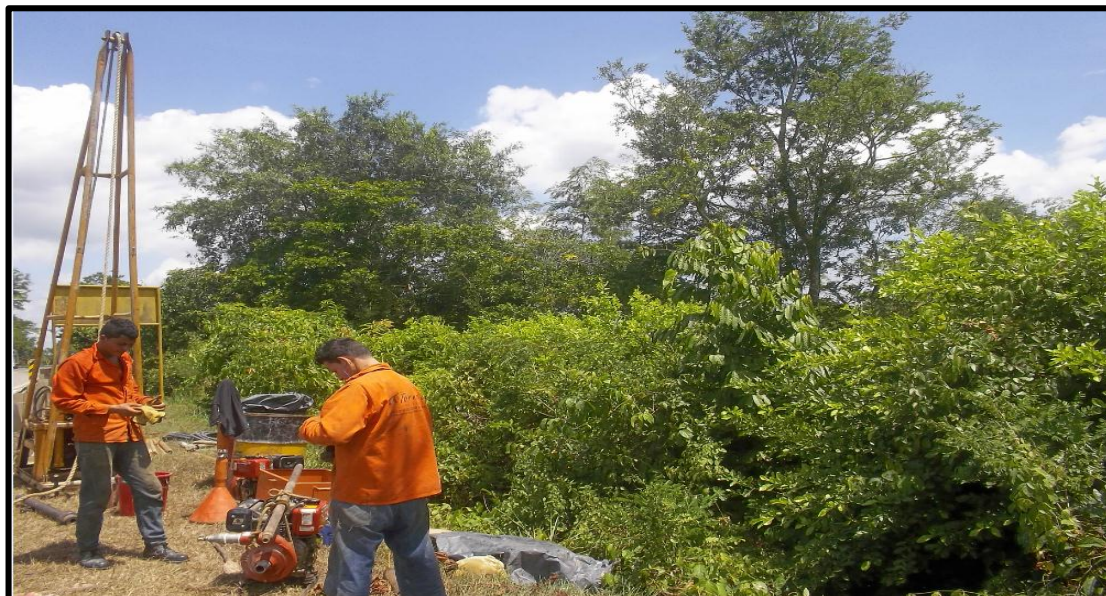
Fuente: Autor del proyecto

Fotografía No 4 Sondeos mecánicos en Lisboa



Fuente: Autor del proyecto

Fotografía No 5 Sondeos mecánicos en Lisboa



Fuente: Autor del proyecto

9.1. DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS APIQUES

Tabla No.11 Relación de los apiques finalizados

DESCRIPCIÓN	Coordenadas		FECHA
	Este	Norte	
AP1	1073066	1278836	14/03/2014
AP2	1073730	1280839	15/03/2014
AP3	1075118	1283300	16/03/2014
AP4	1076479	1285639	16/03/2014
AP5	1078516	1286910	16/03/2014
AP6	1085804	1284964	16/03/2014
AP7	1086195	1282616	16/03/2014
APB1	1025262	1271709	08/07/2014
APB2	1030627	1271105	08/07/2014
APB3	1036370	1272371	08/07/2014
APB4	1043949	1277313	08/07/2014
APB5	1050899	1278979	08/07/2014

Fuente: Autor del proyecto

A continuación se presentan los registros fotográficos de algunos de los apiques realizados:

Fotografía No 6 Apiques paralelos a la vía existente



Fuente: Autor del proyecto

Fotografía No 7 Apiques paralelos a la vía existente



Fuente: Autor del proyecto

Fotografía No 8 Perfil encontrado en los apiques



Fuente: Autor del proyecto

10. APORTE AL CONOCIMIENTO

A lo largo de la práctica empresarial se han tenido aportes significativos al conocimiento, entre estos se resalta el manejo continuo de Softwares como AutoCad- Civil 3d, Plaxis así como la utilización de herramientas como el GPS.

Entre las experiencias significativas se menciona el conocimiento de todos los pasos en un estudio geotécnico, partiendo desde la localización del punto de estudio hasta el momento de tener los resultados del laboratorio.

El conocimiento de características en suelos rocosos como lo son el porcentaje de recobro que corresponde a la relación entre la profundidad total de la muestra obtenida sobre la recuperación; Así como la implementación del porcentaje de RQD el cual se aplica a las rocas, este porcentaje corresponde a la relación de la suma de las porciones de roca con longitudes superiores a 10 centímetros sobre la recuperación de la muestra.

Además de los puntos expuestos anteriormente se resaltan los siguientes ítems relacionados al aporte al conocimiento

- La rápida identificación del tipo de suelo encontrado y sus características mecánicas.
- El conocimiento de métodos geofísicos para determinar las características y estratos del suelo, como en ensayo de Refracción sísmica.
- La correcta presentación y entrega de informes tal como lo expresan las normas INVIAS.
- La planeación de una exploración Geotécnica, los detalles a tener en cuenta las herramientas y equipos utilizados.
- Rendimientos en cuanto a Perforaciones Apiques y excavaciones.
- La aplicación de los diferentes tipos de coordenadas utilizadas para georeferenciar un punto.

- El conocimiento de las herramientas necesarias para realizar una perforación, así como el funcionamiento de los equipos utilizados en este proceso.
- La capacitación en procesos de perforación del subsuelo y los requerimientos de que emplean los pozos tanto poco profundos como profundos.
- El conocimiento de los equipos que realizan los sondeos mecánicos en esto se incluye el funcionamiento mecánico de los mismos así como la tubería (de rotación, de golpeo, Revestimiento) Barrena (Cuerpo de Barrena, Tubería interna con sus piezas anillo retenedor portar retenedor), Barrenas con sistema convencional y sistema Wire Line, Brocas, Rimas, también el equipo adicional, swivel, mangueras motobombas entre otras.

Otro punto importante ha sido el manejo de personal, siendo este un punto fundamental en cualquier tipo de proyecto civiles, el control de las actividades, el registro de los avances y la comparación con la programación inicial.

11. CONCLUSIONES

- A lo largo del proceso se han desarrollado actividades que han complementado la formación del estudiante, ya que le han permitido enfrentarse a situaciones de tipo profesional como es el caso del análisis de un perfil estratigráfico, el liderazgo en un frente de trabajo el análisis y comparación de resultados, el análisis de viabilidad de proyectos entre otros.
- Los resultados de los sondeos han sido favorables para la viabilidad del proyecto en cuanto al punto de vista geológico y geotécnico, ya que de acuerdo a los perfiles estratigráficos de los sondeos realizados en las zonas de mayor inestabilidad geológica, el alineamiento planteado encuentra muy pocas zonas coluviales, en su mayoría presenta formaciones con mayor densidad capacidad portante.
- En cuanto a los resultados obtenidos en los apiques evidencian que la capacidad de la Subrasante en el tramo número 5 que corresponde a Lisboa—La Paz, no presenta una capacidad de soporte favorable, por lo que se requiere el mejoramiento de la misma.
- Aunque la mayoría de los resultados de CBR del tramo 3 correspondiente a la Lisama- Barrancabermeja no se encuentran finalizados, de acuerdo a la descripción obtenida en campo este material se presenta con mayor dureza y aparentemente presenta una resistencia mayor, exceptuando en tramo cercano a la Universidad de la Paz en la que se presenta suelo con Turba y nivel freático a 1.1 metros de profundidad.
- Entre los aportes del estudiante a la empresa se presenta la realización de relaciones tanto de personal como de combustible como de comidas de actividades finalizadas, estas relaciones se presentan en las tablas.
- Otro aporte significativo ha sido el control permanente de las actividades que se realizan en campo, estas siendo reportadas a través del formato de actividades diarias de campo que se presenta en el anexo No. 2 página 2.
- En cuanto al el área de laboratorios del aporte del estudiante fue la reforma del

formato del ensayo de compresión inconfiada, la reforma del formato del perfil estratigráfico mostrando allí la totalidad de los ensayos que se realizaron a cada una de las muestras tal como lo presenta el anexo No. 2 página 1 y el desarrollo del formato de Densidad Aparente mediante el método del terrón parafinado en este también se desarrolló el procedimiento de para entregarle al laboratorista.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] [2] Portafolio Torres ING. S.A.S/ 24 de Agosto del 2013
- [3] Agencia Nacional de Infraestructura <en Linea>[<http://www.ani.gov.co/article/ani-adjudica-estructuracion-de-corredor-bucaramanga-barrancabermeja-yondo-2770#sthash.f10evWrT.dpuf>] <citado el 24 de marzo del 2014>
- [4] Reglamento Colombiano Sismo resistente. NSR-10 capitulo H, Bogotá, Enero del 2010
- [5] **CRESPO, Carlos**. Mecánica de suelos y cimentaciones, Vol. 1, 6ta Edición, 2010.
- [6] **ICONTEC**-NTC1495 ensayo para determinar el contenido de humedad de suelos y rocas, con base en la masa [EN LINEA]< <http://tienda.icontec.org/brief/NTC1495.pdf> >Citado el 14 de Febrero del 2014.
- [7] **ICONTEC**-NTC4630- MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS [EN LINEA]< <http://tienda.icontec.org/brief/NTC1495.pdf> >Citado el 14 de Febrero del 2014.
- [8] **BLÁZQUEZ LUIS BLAÑÓN**-Manual de Carreteras-Capítulo 15, Página 22, Vol.1, 2000.
- [9] **D.GRAUX**-Fundamentos de Mecánica de Suelos Muros y Cimentaciones, Tomo 1, Segunda edición, editores técnicos asociados. 1975.
- [10] **INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS**, Determinación de la resistencia al corte método de corte directo I.N.V.E-154-07.
- [11] **INSTITUTO NACIONAL DE VIAS**, NORMA I.N.V.E-152-07, Compresión inconfiada de muestras de suelo.
- [12] **INSTITUTO NACIONAL DE VIAS**, Norma I.N.V.E. E-142, RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR DE LABORATORIO)-2007.
- [13] **RODRÍGUEZ, Fernando**-Cimentaciones Superficiales, Volumen 1,1998.
- [14] **Nayan, K.A.M., Rafek, A.G., Ismail, A., Taha, M.R. & Rosyidi, S.A.P.**, 2003, An Integration of the Seismic Methods in Characterization of An Unsaturated Granitic

Residual Soil Site, Proc.of The 2nd Asian Conference on Saturated Soils, Osaka, Japan, 15-17 April 2003:85-90.

[15] **RUIZ VAZQUEZ**, Mariano “Geología aplicada a la ingeniería civil” México 2008