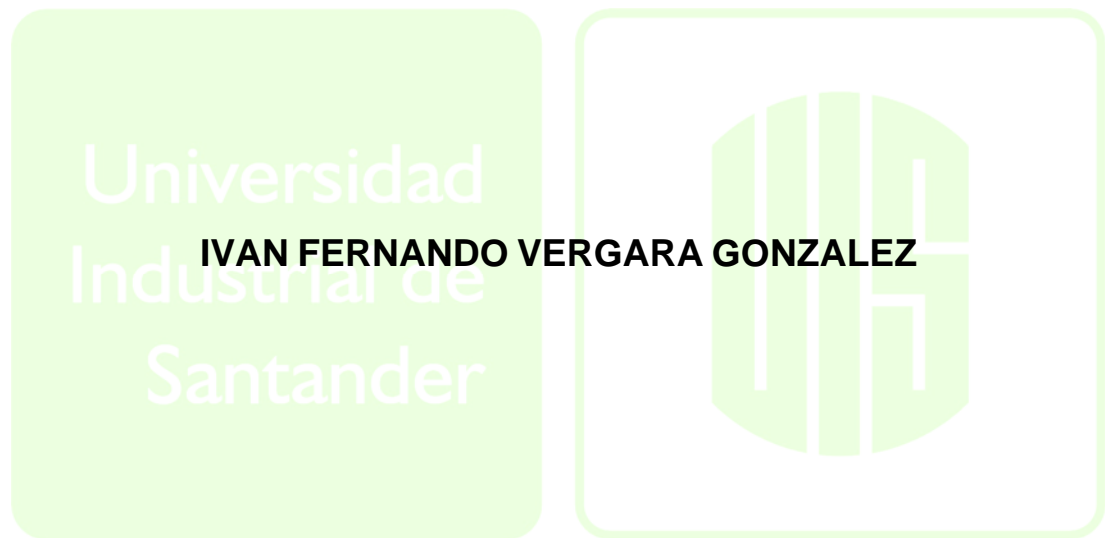


**NOTAS SOBRE TRABAJO EN PERFORACION CON PROPOSITOS
DE INGENIERIA EN GEOTECNIA.**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2009**

**NOTAS SOBRE TRABAJO EN PERFORACION CON PROPOSITOS
DE INGENIERIA EN GEOTECNIA.**

IVAN FERNANDO VERGARA GONZALEZ

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

Universidad

Director de Proyecto

ING. M.Sc. WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ

Santander

Tutor en la empresa

ING. MANUEL ORTIZ PRADA

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

2009

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

0. INTRODUCCION.....	1
1. OBJETIVOS.....	2
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
2. ASPECTOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN	3
2.1 NOMBRE DE LA EMPRESA: P&P [POZOS Y PILOTAJES] LTDA.....	3
2.2 FECHA DE CONSTITUCIÓN	3
2.3 UBICACIÓN	3
2.4 OBJETO SOCIAL	3
2.5 ESPECIALIDADES Y SERVICIOS	4
2.6 RESEÑA HISTÓRICA DE LA FIRMA	5
2.7 MISION	6
2.8 VISION	6
2.9 ORGANIGRAMA	8
3. METODOLOGIA USADA EN DESARROLLO DEL PROYECTO	9
3.1 EVALUACION DE LA INFORMACIÓN PRELIMINAR.....	9
3.2 TRABAJO DE CAMPO	9
3.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.....	10
4. PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO.....	11

4.1	MÉTODOS MANUALES	11
4.1.1	INVESTIGACIÓN Y MUESTREO DEL SUELO MEDIANTE BARRENOS.....	12
4.1.2	EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO.....	14
4.2	METODOS MECANICOS	18
4.2.1	EXPLORACION POR EL METODO DE ROTACIÓN	18
4.2.1.1	Componentes del sistema de perforación a rotación.....	19
4.2.2	EXPLORACIONES POR PERCUSION.....	32
4.2.2.1	Ensayo normal de penetración SPT.	33
4.2.2.1.1	Equipo.	33
4.2.2.1.2	Procedimiento (I.N.V.E-111).....	37
4.2.3	EXPLORACION POR PERFORACION CON AIRE COMPRIMIDO.....	41
4.2.3.1	Componentes del sistema de perforación con aire comprimido.....	43
4.2.4	PERFORACIÓN A ROTACIÓN CON AIRE COMPRIMIDO Y VIBROPERCUSIÓN.....	48
4.2.5	PERFORACIÓN A ROTOPERCUSIÓN	51
5.	CONSTRUCCION	52
5.1	PILOTES.....	52
5.1.1	Marco teórico.....	52
5.1.2.1	Procedimiento.....	56
5.1.3	Pilote pre excavado en concreto vaciado in situ.....	63
5.2	ANCLAJES INYECTADOS.....	64
5.2.2	Descripción de la estructura.....	64
5.2.3	Procedimiento	70
5.3	DRENES HORIZONTALES DE PENETRACION.....	82

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especialidades y servicios P&P Ltda.	5
Tabla 2. Tamaños de tubería para perforación.	20
Tabla 3. Brocas de diamante comerciales	25
Tabla 4. Especificaciones Técnicas De Un Compresor 800 Cfm.	46
Tabla 5. Características de algunos modelos de compresores utilizados en perforadoras a roto percusión.	47

LISTA DE ILUSTRACIONES

Pág.

Ilustración 1... Organigrama de responsabilidades, autoridad y comunicación P&P Ltda.....	8
Ilustración 2. Barrenas para operación manual. (a) Posteadora. (b) Helicoidal.....	12
Ilustración 3. Barreno de vástago hueco.....	13
Ilustración 4. Excavación a cielo abierto.....	14
Ilustración 5. Toma de muestras cilíndricas.....	17
Ilustración 6. Tricono.....	22
Ilustración 7. Brocas corta núcleos.....	24
Ilustración 8. Esquema del sistema de perforación a rotación.....	27
Ilustración 9. Esquema del taladro para perforación a rotación.....	28
Ilustración 10. Recuperación de núcleo de roca usando perforación a rotación.....	30
Ilustración 11. Almacenamiento núcleos de roca.....	31
Ilustración 12. Ensayo normal de penetración.....	32
Ilustración 13. Martinete ensayo normal de penetración.....	34
Ilustración 14. Malacate de rotación en equipo a rotación.....	35
Ilustración 15. Muestreador de tubo partido estándar.....	36
Ilustración 16. Formato de registro de perforación para ensayo de penetración estándar.....	40
Ilustración 17. Sistema de perforación con aire comprimido.....	42
Ilustración 18. Esquema martillo de fondo.....	48
Ilustración 19. Broca para martillo de fondo.....	50
Ilustración 20. Transporte y ubicación de los equipos de perforación.....	56

Ilustración 21. Izado torre metálica para equipo de perforación.....	57
Ilustración 22. Perforación a rotación para pilote.	58
Ilustración 23. Colocación tubo metálico para pilote.	59
Ilustración 24. Esquema de inyección de lechada de cemento.....	60
Ilustración 25. Vaciado del concreto.....	61
Ilustración 33. Esquema de pilote en camisa metálica.....	62
Ilustración 34. Esquema de pilote en camisa metálica.....	66
Ilustración 28. Platina y dado para anclaje de dos torones.	67
Ilustración 29. Platina y dado para anclaje de tres torones.....	68
Ilustración 30. Platina y dado para anclaje de cuatro torones.....	69
Ilustración 31. Esquema de separadores para torones y líneas de inyección	70
Ilustración 32. Izado torre metálica para equipo de perforación.....	72
Ilustración 33. Izado torre metálica para equipo de perforación.....	74
Ilustración 34. Pantalla anclada (Vivero Nazaret, Bucaramanga).....	76
Ilustración 35. Formato de registro de actividades para construcción de anclaje inyectado	77
Ilustración 36. Montaje para tensionamiento.....	79
Ilustración 37. Montaje de la reglilla de referencia de elongación.....	80
Ilustración 38. Aplicación de carga y registro	81
Ilustración 39. Perforación subdrenes de penetración.	84
Ilustración 40. Tubería ranurada.	85
Ilustración 41. Tubería forrada en geotextil.....	86

RESUMEN

TITULO: NOTAS SOBRE TRABAJO EN PERFORACION CON PROPOSITOS DE INGENIERIA EN GEOTECNIA.*

AUTOR: VERGARA GONZALEZ, IVAN FERNANDO**

PALABRAS CLAVES: DOCUMENTACIÓN, PROCESOS CONSTRUCTIVOS, PILOTES, DRENES, ANCLAJES

DESCRIPCION:

Para desarrollar con éxito cualquier proyecto en la vida es imprescindible una planeación eficiente, una proyección de lo que se quiere, y para esto nos guiamos por la experiencia de quien ha recorrido ya ese camino, es entonces esta premisa el alma de este documento, se trata de la recopilación de información durante el trabajo de grado :“Asistencia técnica para la firma Pozos y Pilotajes Ltda.”, en el área de la perforación con fines de ingeniería dirigida a obras de geotecnia, en el mismo se pretende hacer una síntesis de conceptos básicos a tener en cuenta durante la ejecución de obras tales como estudios de suelos, drenes de perforación horizontal, anclajes pasivos y activos, pilotes pre excavados en concreto y con camisa metálica, pantallas ancladas y concreto lanzado, haciendo especial énfasis en los recursos relativos a la perforación.

Este compendio pretende ser una herramienta de guía dirigida a profesionales y estudiantes de ingeniería civil, que deseen ejercer en esta rama, que en algún momento de su ejercicio profesional se enfrenten a la necesidad de ejecución de una obra como las anteriormente mencionadas, la documentación es un paso importante hacia el mejoramiento de los procesos y el avance hacia la calidad.

*PROYECTO DE GRADO MODALIDAD PRACTICA EMPRESARIAL

** FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS. ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL. WILFREDO DEL TORO.

ABSTRACT

TITLE: NOTES ON WORK IN PERFORATION WITH GEOTECHNICAL ENGINEERING PURPOSES.

AUTHOR: VERGARA GONZALEZ, IVAN FERNANDO**.

KEY WORDS: DOCUMENTATION, CONSTRUCTIVE PROCESSES, STEER, DRAINS, ANCHORAGES

DESCRIPTION:

To develop successfully any project in the life is indispensable an efficient planning, a projection of what is wanted, and for this we are guided by the experience of the one who has already crossed this way, so this premise, the soul of this document, it is about the summary of information during the degree work: " Technical assistance to the firm Wells and Pilotajes Ltda. ", in the area of the perforation with engineering purposes directed to geotechnical works , it tries to do a synthesis of basic concepts to bearing in mind during the execution of such works as soil studies, horizontal perforation drains, passive and active anchorages, piles pre excavated in concrete and with metallic shirt, anchored screens and launched concrete, making special emphasis in the resources related to the perforation.

This compendium tries to be a guide tool directed to professionals and students of civil engineering, which want to perform in this branch, which in some moment of their professional exercise face the need of execution of a work as the ones previously mentioned, the documentation is an important step toward the improvement of the processes and the advance toward the quality.

* PROJECT OF GRADE, MANAGERIAL PRACTICAL MODALITY.

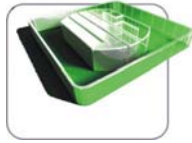
** FACULTY ENGINEERING'S PHYSIQUE MECHANICS. SCHOOL ENGINEERING'S CIVIL.
WILFREDO DEL TOR

0. INTRODUCCION

El presente texto busca generar una herramienta que facilite la introducción a la ejecución de obras propias del área de la geotecnia, específicamente al conocimiento de variables que implicadas en el proceso de perforación para obras como pilotes, anclajes, drenes horizontales de penetración e investigación del subsuelo.

Permitirá al profesional y al estudiante tener un punto de referencia para conocer de manera sencilla los recursos necesarios durante la ejecución de este tipo de obras y tener un panorama global bien estructurado en la etapa de planeación del proyecto desde el punto de vista de equipo, herramienta y material; y de las variables de control durante la ejecución del mismo, todo esto en base a la importancia que merece el conocimiento y estado del medio sobre el que vamos a cimentar y construir nuestra infraestructura civil.

El lector podrá encontrar en este documento información acerca de los métodos, equipos, estructuras desagregadas de trabajo con descripciones de los procesos involucrados en la perforación para obras de geotecnia y terminología técnica en general.



1. OBJETIVOS.

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Apoyar desde el punto de vista técnico a la firma P&P Ltda. en la ejecución de obras en el área de estabilización y geotecnia y en el laboratorio de pavimentos suelos y concreto.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Identificar y evaluar la información existente relativa a procesos y normatividad que rige los servicios que presta la empresa P&P LTDA.
- Generar una propuesta de mejoramiento del sistema desde el punto de vista tanto técnico y operativo como administrativo para aumentar la eficiencia en la prestación del servicio y procesos.
- Generar un documento para profesionales y estudiantes que sirva de guía en la ejecución de obras de geotecnia y estabilización.



2. ASPECTOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN

2.1 NOMBRE DE LA EMPRESA: P&P [POZOS Y PILOTAJES] LTDA.

2.2 FECHA DE CONSTITUCIÓN

Octubre 22 de 1981 - Escritura 3418 de la Notaría Segunda del Círculo de Bucaramanga.

2.3 UBICACIÓN

Oficinas

Calle 34 No. 18-64 Oficina 602-Edificio Pasaje Rosedal, Torre Norte

Teléfono: 7(7) 630 7243 - Fax: 57(7) 633 66 49 - Bucaramanga

Laboratorio

Diagonal 15 N° 61-36

Teléfonos: 57 (7) 642 2213, 642 8040 - Bucaramanga

2.4 OBJETO SOCIAL

El diseño, construcción e interventoría de obras civiles, la prestación de los servicios de laboratorio de control de calidad de los materiales y productos empleados en la construcción de las obras civiles y la minería, construcción,

Exploración, explotación, beneficio y comercialización, mediante proyectos y promociones, construcciones generales y desarrollos especializados de toda clase de suelos, rocas, minerales, agregados, estructuras, productos derivados y afines. En desarrollo de su objetivo podrá celebrar con el gobierno nacional y/o con cualquier persona toda clase de contratos y concesiones, adquirir, gravar, y enajenar toda clase de bienes muebles e inmuebles, tomar en arrendamiento los mismos, girar, aceptar, negociar, descontar, endosar, protestar letras de cambio, pagarés, cheques y en general toda clase de títulos, valores y demás documentos civiles y comerciales, tomar parte como socio o accionista, fundadora o no en otras compañías que tengan un objeto similar o complementario o igual al suyo propio, fusionarse con ellas o absorberlas; tomar dinero en mutuo, con garantía reales o personales o sin ellas.

2.5 ESPECIALIDADES Y SERVICIOS

Como ya se menciona P&P Ltda. es una empresa que ofrece servicios de construcción contando con la infraestructura, equipos y personal idóneo para la ejecución de obras especialmente de estabilización y geotecnia. Por otra parte presta el servicio control de calidad e interventoría en pavimentos, suelos y concreto servicio que se presta en las instalaciones del laboratorio con equipos debidamente calibrados dentro de un sistema de calidad avalado por el sello SGS. P&P es una firma ampliamente reconocida por la calidad de sus productos, cumplimiento con los tiempos de ejecución, experiencia y responsabilidad, la tabla 1 describe de manera sintética los servicios que ofrece P&P Ltda.

Tabla 1. Especialidades y servicios P&P Ltda.

	Actividad	Especialidad
1.	Construcción	Obras de infraestructura vial
		Pilotajes
		Anclajes
		Drenes
		Obras de estabilización de taludes
		Construcción de pozos
2.	Servicio de Laboratorio	Laboratorio de suelos, concretos y pavimentos
3.	Consultoría en Estudios	Estudios de Geología y Geofísica
		Estudios para Geotecnia y prospección minera
4.	Consultoría en Diseños	Ingeniería Civil

P&P Ltda. Manual de calidad.

2.6 RESEÑA HISTÓRICA DE LA FIRMA

Fue fundada el 22 de octubre de 1981 por los Ingenieros Civiles ALFREDO CARRIZOSA GÓMEZ y JAIME NIÑO INFANTE, ambos con título de *Master of Science* en Ingeniería Civil, vinculando también a su empresa ETA LTDA., con amplia experiencia desde 1969 en el campo de estudios, proyectos, Interventorías y construcciones en el área de obras civiles, vías, geología, geotecnia, minería, aguas superficiales y subterráneas, estructuras hidráulicas y otros.

Inicialmente P&P LTDA. dedicó toda su capacidad a realizar trabajos exclusivamente para ETA LTDA., en calidad de Subcontratista, y posteriormente, dentro de la medida de sus capacidades y por ampliación de su planta de personal y equipos, ha venido acometiendo, además, obras y contratos con terceros.

En 1983 se vinculó a P&P LTDA. en calidad de asociado el Ingeniero Civil MANUEL ORTIZ PRADA, con especialización en Aguas Subterráneas, quien ha sido desde entonces su Director Técnico. En 1992 se vinculó como gerente al Ingeniero Civil JAIME CARRIZOSA LORA, con Master en Recursos Hidráulicos e Ingeniería Ambiental.

ETA S.A., como socia fundadora que fue de P&P LTDA., mantiene opcionados permanentemente sus equipos y el respaldo de su grupo de ingeniería.

La perforación de pozos profundos para agua y su prospección, la perforación con recuperación de núcleos para evaluación de potenciales mineros, la perforación de drenajes horizontales, la construcción de anclajes pasivos y activos, la construcción de cimentaciones profundas y superficiales, la construcción y prueba de líneas de presión, son entre otras las principales actividades desarrolladas por la Firma.

P&P LTDA. también presta, servicios de laboratorios de suelos, concretos, asfaltos, lodos y aguas para investigaciones geotécnicas y de aguas.

El 24 de Septiembre del 2004 registra ante la Cámara de Comercio modificaciones en el objeto social de la organización, para incluir los servicios de Diseño, construcción e interventoría de obras civiles.

2.7 MISIÓN

P & P Ltda. es una empresa privada que presta sus servicios en estudios de geofísica, prospecciones mineras y de perforación; en el área de la Ingeniería Civil como constructor principalmente en obras especiales en las especialidades de geotecnia y agua subterránea, y como laboratorio de ensayos para la obtención de muestras, la caracterización de materiales y el control de calidad de los suelos, concretos y pavimentos.

2.8 VISION

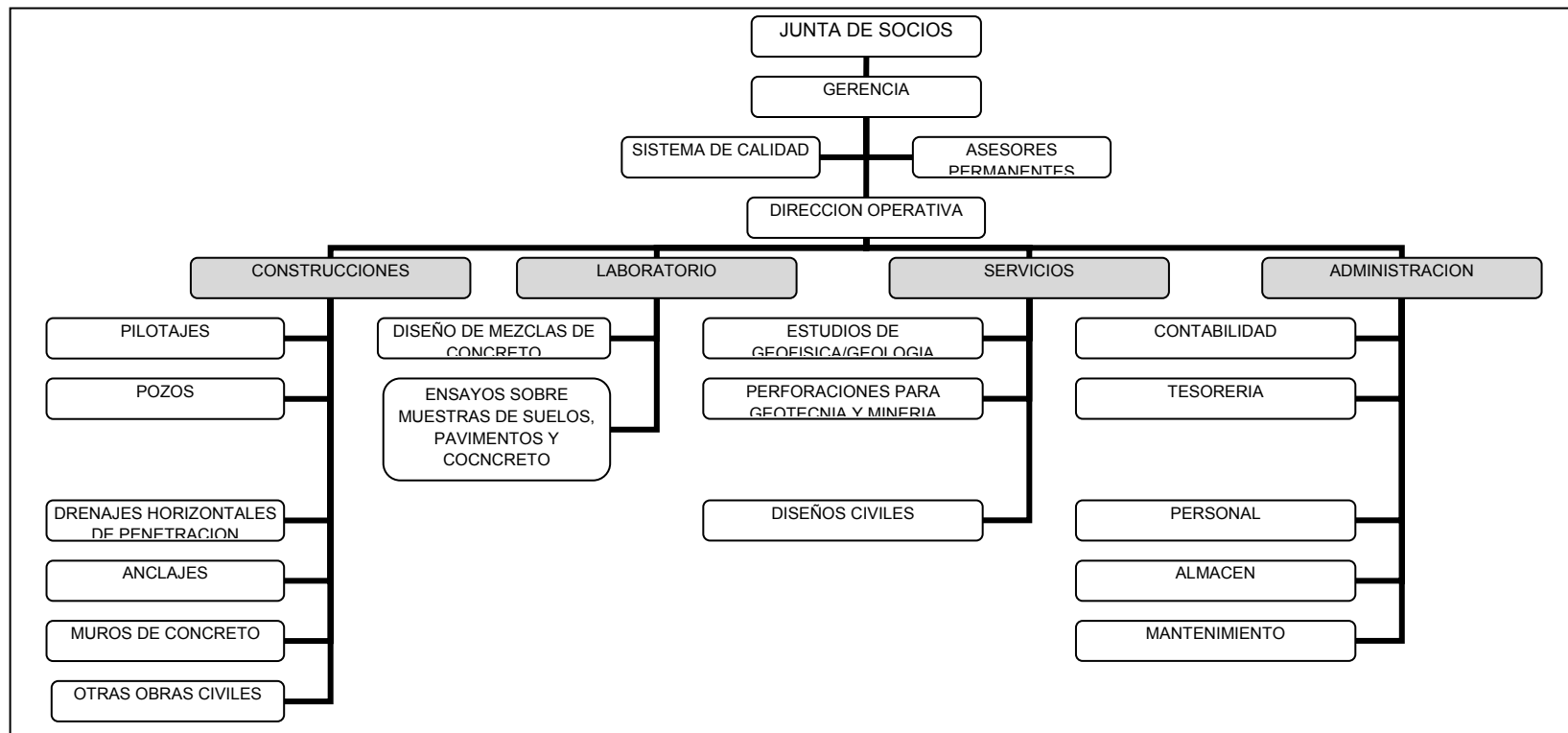
Una empresa consolidada en el mediano plazo, rentable, líder en el ámbito nacional en el sector de la construcción de obras especiales, con énfasis en el área de la geotecnia, innovadora e impulsora en la aplicación de nuevas técnicas y soluciones Ingenieriles a las obras encomendadas, con una vocación de servicio

soportada en el empoderamiento de la cultura empresarial por parte del personal, haciendo de la calidad un elemento dinámico en permanente superación.

2.9 ORGANIGRAMA

Como en toda organización, es importante definir una estructura organizacional que defina líneas de responsabilidad, autoridad y comunicación, la ilustración 1 nos describe este organigrama para P&P Ltda.

Ilustración 1... Organigrama de responsabilidades, autoridad y comunicación P&P Ltda.



P&P.Ltda., MANUAL DE CALIDAD, p. 6.



3. METODOLOGIA USADA EN DESARROLLO DEL PROYECTO

El trabajo desarrollado durante esta práctica empresarial esta se puede describir en tres fases en la primera se evaluó la información existente en los archivos de la empresa de experiencias en obras anteriores, en la segunda fase se, fase de ejecución se realiza observaciones las obras a ejecutar en el momento, finalmente en la fase tres se realiza el procesamiento y edición de la información obtenida.

3.1 EVALUACION DE LA INFORMACIÓN PRELIMINAR.

El sistema de calidad consigna instructivos de procesos constructivos, que aunque básicos ofrecen información importante acerca de las variables a tener en cuenta en la ejecución de cualquiera de las especialidades de la empresa, muy útil durante la fase de planeación de actividades.

En esta fase se recurrió al archivo de P&P en donde descansan registros de calidad de las obras que se han ejecutado, en estos registros se puede observar variables como planes de seguimiento y control, identificación de requisitos del proyecto, cronograma de actividades, precostos, etc.

3.2 TRABAJO DE CAMPO

Consiste en labores de ingeniería, administración de recursos, coordinación, seguimiento y control; para fines de este documento se genero un registro fotográfico y una descripción, basada principalmente en la observación de procesos que conforman la construcción cada estructura mencionada. Durante este parte del trabajo de grado fue muy importante y usado el manual publicado por el instituto nacional de vías INVIAS “NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES



METODOLOGÍA USADA EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO PARA CARRETERAS” como guía para la ejecución de ensayo de caracterización de materiales y descripción de ensayos para obtención de muestras en la fase de exploración geotécnica para cualquier proyecto. Resumiendo y presentando de manera descriptiva normas elaboradas por centros de investigación y normalización de reconocido prestigio, como la AASHTO, la ASTM y el CEDEX., así como los instructivos y documentos consignados en el sistema de calidad de la empresa.

3.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.

Se realizó una edición de la información recopilada en contraste con literatura existente, libros y normas en los casos de que estas existiesen. En este paso se llevó a cabo una retroalimentación de los procesos evaluando variables que intervienen en la ejecución de obras de geotecnia basadas en la perforación.



4. PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

La perforación y toma de muestras es uno de los métodos con mayor uso en la exploración del subsuelo, consiste en avanzar una excavación en el subsuelo mediante elementos de corte para la obtención de muestras de material para una evaluación visual y ensayos de laboratorio realizando así una caracterización adecuada del suelo de fundación.

4.1 MÉTODOS MANUALES

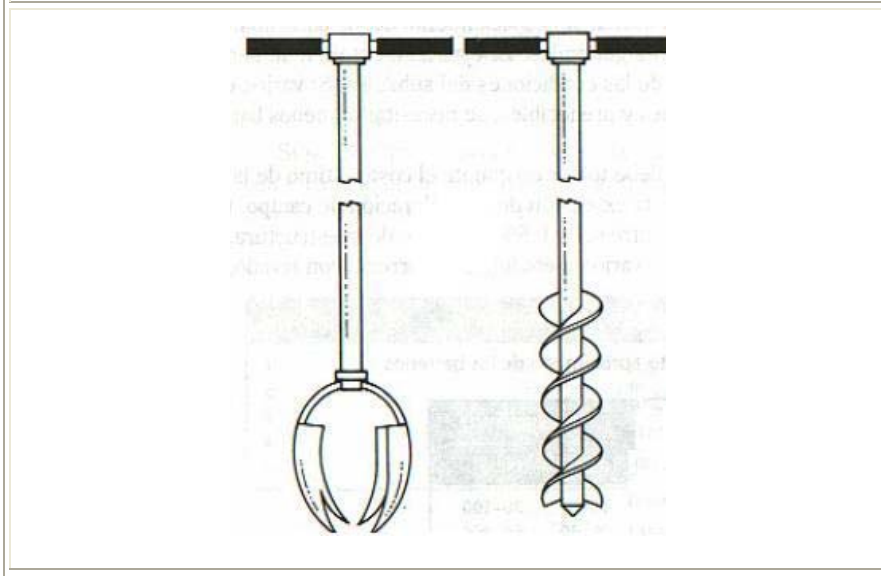
Entre los métodos más básicos para exploración geotécnica del subsuelo existen herramientas manuales que permiten realizar dichas operaciones, estas herramientas permiten avanzar la cavidad y obtención de muestras alteradas. Podemos observar las más comunes en la ilustración 2. Encontramos la barrena helicoidal y la posteadora, esta última es la más utilizada por su simplicidad de operación. “Cualquiera de de estas barrenas desarropa su acción cortadora al presionarla y rotarla dentro del suelo. Se inicia la perforación mediante el avance de la barrena por una distancia igual a su longitud. Se extrae a continuación con suelo adherido o suspendido de ella, el cual se remueve y se examina; si es necesario, se empaca parte del mismo como muestra. Se inserta de nuevo la barrena en la cavidad y se repite la operación de atornillado y extracción para proseguir con la perforación, el examen y el muestreo” ⁽¹⁾

(1)DELGADO VARGAS, Manuel. Ingeniería de Fundaciones. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 1996, p. 26.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

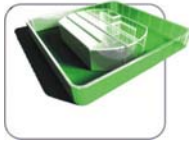
Ilustración 2. Barrenas para operación manual. (a) Posteadora. (b) Helicoidal.



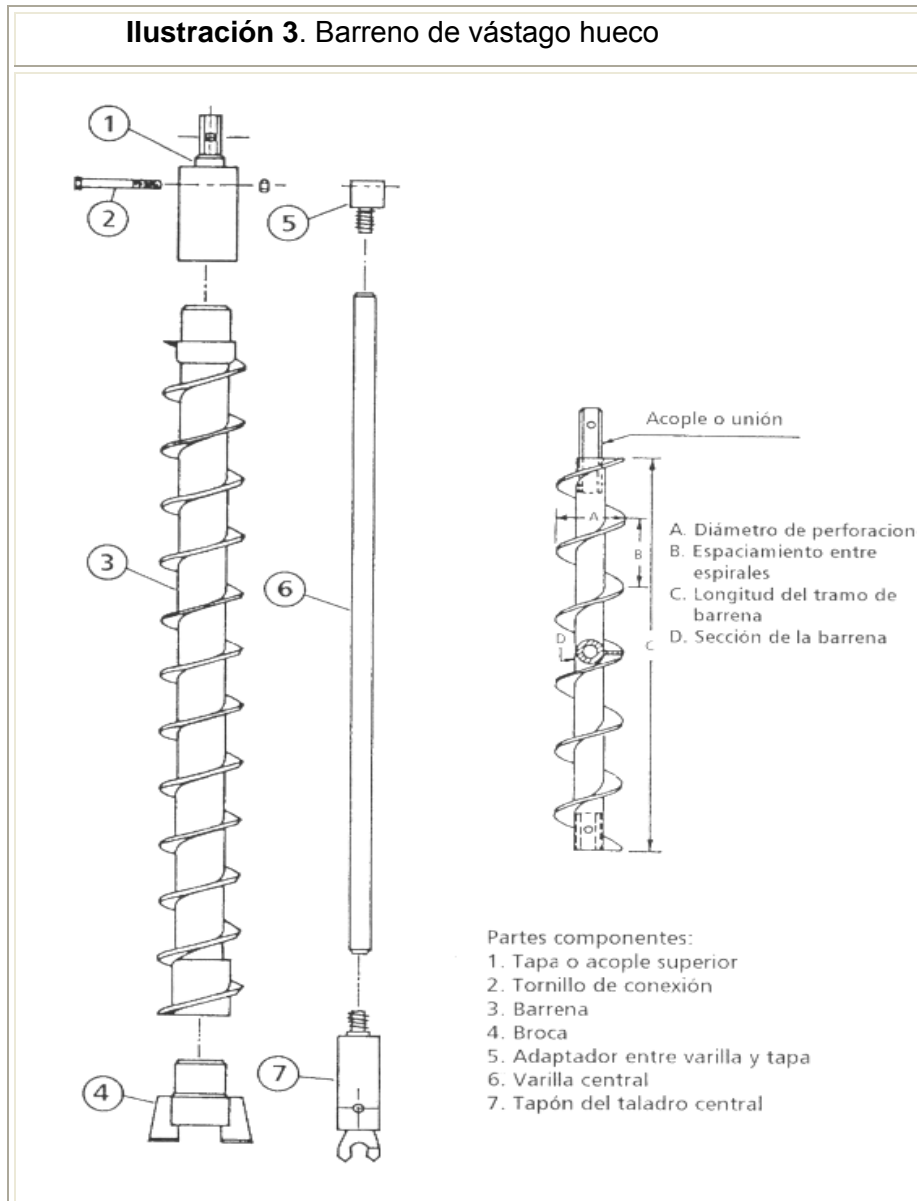
DELGADO VARGAS, Manuel. Ingeniería de Fundaciones.

4.1.1 INVESTIGACIÓN Y MUESTREO DEL SUELO MEDIANTE BARRENOS.

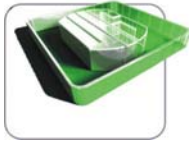
Normalizado por el instituto nacional de vías mediante la norma I.N.V. E-110. Este método se refiere al empleo de barrenos distintos al de vástago hueco, para la investigación de suelos y muestreo, donde se puedan utilizar muestras alteradas. El procedimiento es útil para la determinación del nivel freático. La profundidad con esta clase de barreno está limitada por las condiciones agua-suelo, las características del suelo y el equipo empleado. En este caso se trata de barrenos mediante métodos manuales o mecánicos.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO



INSTITUTUTO NACIONAL DE VIAS, normas de ensayo de materiales para carreteras, 1998.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

4.1.2 EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO.

Se realiza este proceso con el fin de obtener muestras cúbicas o cilíndricas con un mínimo de alteración. No se requieren equipos especializados para esta labor, bastando un pico y una pala. Estudiado el proyecto para el que se realiza el estudio geotécnico, se determinan los puntos más desfavorables, es decir, aquellos que soportarán la mayor carga y se localizan sobre el terreno, refiriéndolos topográficamente.

Ilustración 4. Excavación a cielo abierto





PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

TOMA DE MUESTRAS SUPERFICIALES DE SUELO INALTERADO.

Este tipo de exploración se limita a suelos cohesivos que conserven su estructura y humedad natural, mediante el pico y la pala se van extrayendo material uniformemente del área del rectángulo de trabajo cuyas dimensiones deben ser tal que permitan libre operación durante el proceso de tallado de la muestra por parte del técnico, se excava hasta una profundidad donde el terreno este fresco y haya un mínimo de pérdida de humedad.

Para una mejor descripción del terreno se recomienda tomar muestras para determinación del contenido de humedad (I.N.V E-122) a medida que se avanza en la excavación si se presentan cambios en la estructura del material.

PROCEDIMIENTO

Muestras en bloque de la superficie del terreno, fondo de un pozo o piso o pared de una galería.

1. Luego de llegar a la cota de muestreo se nivela la base de la galería excavada y se demarca el contorno de la que va a ser la cara superior del cubo (generalmente de 20 cm de lado)
2. Se excava una zanja de aproximadamente 10 cm de ancho en el contorno demarcado para permitir actividades de tallado y parafinado de la muestra.
3. Para que no se pierda la orientación relativa del cubo en el terreno, se recomienda colocar un rótulo en su parte superior. Una vez que la zanja esté



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO suficientemente honda y las caras perfiladas, se extrae la muestra, cortándola con un cuchillo, paleta, u hoja de sierra, y se retira cuidadosamente.

4. Para evitar perdida de humedad se procede a parafinarla aplicando con una brocha, una primera capa de parafina y a continuación se cubre con venda. Se repite el proceso hasta obtener un recubrimiento impermeable de 3 mm de espesor como mínimo.
5. Cuando por circunstancias de clima o acción directa del sol, se puede presentar pérdida apreciable de humedad, se deberá parafinar cada cara en forma inmediata a su talla, terminando estas labores de parafinado, cuando se desprenda la muestra por su cara inferior.
6. Antes de cerrar el empaque se debe colocar a la muestra una etiqueta con la siguiente información: procedencia, situación (se marcan las caras superior e inferior), profundidad y ubicación dentro de la obra; se cierra la caja y se coloca exteriormente otra etiqueta con los mismos datos, indicando adicionalmente advertencias de las precauciones requeridas.
7. Para muestras en bloque de la pared de la galería aplica el mismo procedimiento.

MUESTRAS CILÍNDRICAS.-

Estas muestras se pueden tomar directamente usando un anillo toma muestras de filo cortante que se ajusta al molde que tenga las dimensiones requeridas, o también con un pote de hojalata común, con un trozo de tubo o con cualquier otro recipiente metálico que tenga dimensiones adecuadas. La secuencia es la siguiente:

1. Se alisa la superficie del terreno y se aprieta el molde con el anillo contra el suelo, aplicando una presión moderada.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

2. Se excava la zanja alrededor del cilindro; manteniendo la presión hacia abajo. Se corta el suelo del lado exterior del anillo con el cuchillo, haciendo el corte hacia abajo y hacia afuera, para evitar afectar la muestra y para que el suelo continúe penetrando dentro del cilindro.
3. Se excava la zanja más profunda y se repite el proceso hasta que el suelo penetre bien dentro del cilindro.
4. Se corta la muestra por la parte baja del cilindro con una pala, cuchillo o sierra y se retira del hoyo.
5. Tanto la superficie superior como la inferior deben recortarse a ras. Se protegen los extremos con discos de madera y se rebordean y atan con cinta aislante u otro material adecuado.
6. Cuando se utilice como molde un pote de hojalata, el fondo se agujerea antes de hincarlo y luego de llenarlo con muestra, se sellan los agujeros con parafina, así como la superficie superior, cuando se haya cortado la muestra.

Ilustración 5. Toma de muestras cilíndricas





PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

4.2 METODOS MECANICOS.

4.2.1 EXPLORACION POR EL METODO DE ROTACIÓN

La mecánica de perforación en este método se basa en el corte por cizallamiento o desgaste por abrasión. Este efecto se produce en esquema mediante una herramienta de corte combinando presión/peso sobre la formación, y un movimiento rotativo, al tiempo que un fluido limpia, transporta y extrae los detritos arrancados.

La perforación a rotación utiliza el fluido de perforación (generalmente agua) que se inyecta a alta presión desde el cabezal giratorio (swivel) a la herramienta de corte a través del interior del tren de varillaje. El mecanismo impulsor de este líquido suele ser una bomba de pistones (bomba de lodos). El lodo inyectado sale a alta presión a través de la herramienta de corte (en el caso de los triconos por unos orificios llamados "jet") cumpliendo con la doble función de refrigerar y limpiar arrastrando los detritos. El lodo asciende, impulsado por la propia presión de inyección, por el espacio anular entre el varillaje y las paredes de la perforación hasta el exterior, donde es canalizado hacia las zanjas de retorno. Antes de rebombearlo al interior del sondeo se debe descargar en la medida de lo posible su contenido en detritos, bien mediante dispositivos tipos mesas vibrantes y tamices, o simplemente mediante decantación en balsas.

Los principales parámetros que se definen en la perforación a rotación son: el peso sobre la herramienta, la velocidad de rotación, las características de la herramienta de corte y la naturaleza y sentido de la circulación del fluido de perforación. El empuje aplicado sobre la broca debe ser suficiente para sobrepasar la resistencia a compresión de la formación, pero no debe ser excesivo para evitar fallas prematuras o anormales la broca. La velocidad de penetración aumenta proporcionalmente con el empuje, hasta llegar a un agarrotamiento de la broca contra la roca por efecto del enterramiento de los dientes o hasta que por la alta velocidad de penetración y el



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO
gran volumen de detritus que se produce no se limpia adecuadamente el barreno. En formaciones duras, un empuje elevado sobre la broca puede producir roturas en los insertos antes de presentarse un agarrotamiento o un defecto de limpieza. También disminuye la vida de los cojinetes, pero no necesariamente la longitud perforada por el tricono.

4.2.1.1 Componentes del sistema de perforación a rotación.

El equipo de perforación es un equipo ampliamente utilizado en la extracción de muestras del subsuelo, ya sea de estratos de roca o suelo. Un equipo de perforación es similar a otro en su diseño, pero sus diferencias generalmente van acordes con las ideas de cada fabricante en particular.

➤ Tubería De Perforación O Varillaje (*Drill Pipe*)

Los tubos de perforación, conocidos como barras de perforación o varillaje, son columnas de tubos de acero con 6 a 9 m de largo, provistos de punteras con roscas especiales, en distintos diámetros. Los cuales se encuentran normalizadas por la Asociación de Fabricantes de Brocas de Diamante para Perforación (DCDMA) de los Estados Unidos y se describen en la Tabla 2.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

Tabla 2. Tamaños de tubería para perforación.

	SIMBOLOS DEL DISEÑO DE TAMAÑO	DIAMETRO EXTERIOR		DIAMETRO INTERIOR		PESO (10 ft.) (3.05m)		HILOS DE ROSCA POR PULGADA	ACOPLE DIAMETRO INTERIOR		CAPACIDAD	
		in	mm			Lbf	Kg		in	mm	Gal/100 ft.	lt./30 m
PERFORACION	EW	1 3/8"	34,9	7/8	22,2	28,1	12,7	3	7/16	11,1	3,1	11,7
	AW	1 23/32"	44,4	1 7/32	31,0	42,6	19,3	3	5/8	15,9	6,1	23,1
	BW	2 1/8"	53,9	1 3/4	44,5	43	19,5	3	3/4	19,1	12,5	47,3
	NW	2 5/8"	66,6	2 1/4	57,2	54	24,5	3	1 3/8	34,9	20,7	78,4
	HW	3 1/2"	88,9	3 1/16	77,8	85	38,6	3	2 3/8	60,3	38,3	145,0
	AQ	1 3/4"	44,5	1 3/8	34,9	31	14,1	4			7,7	29,1
	BQ	2 3/16"	55,6	1 13/16	46,0	40	18,1	3	NO SE USA		13,4	50,7
	NQ	2 3/4"	69,9	2 3/8	60,3	52	23,6	3			23	87,1
	HQ	3 1/2"	88,9	3 1/16	77,8	77	34,9	3			38,2	144,6
	PQ	4 1/2"	114,3	4 1/16	103,2	103	46,7	3	4 1/16	103,2	67,3	254,8
REVESTIMIENTO	EW	1 13/16"	46	1 1/2	38,1	27,7	12,6	4	NO USA		9,2	34,8
	AW	2 1/4"	57,1	1 29/32	48,4	37,2	16,9	4			14,8	56,0
	BW	2 7/8"	73	2 3/8	60,3	70	31,8	4			23	87,1
	NW	3 1/2"	88,9	3	76,2	87	39,5	4			36,7	138,9
	HW	4 1/2"	114,3	4	101,6	113,5	51,5	4			65,2	246,8
	PW	5 1/2"	139,7	5	127,0	153,5	69,6	3			102	386,1
	SW	6 5/8"	168,2	6	152,4	195	88,5	3			146,8	555,7
	EX	1 13/16"	46	1 5/8	41,3	18	8,2	8	1 1/2	38,1	10,7	40,5
	AX	2 1/4"	57,1	2	50,8	30	13,6	8	1 29/32	48,4	16,3	61,7
	BX	2 7/8"	73	2 9/16	65,1	48	21,8	8	2 3/8	60,3	47,9	181,3
NX	3 1/2"	88,9	3 3/16	81,0	61	27,7	8	3	76,2	50	189,3	
HX	4 1/2"	114,3	4 1/8	104,8	92	41,7	5	3 15/16	100,0	67,3	254,8	

Diamond Core Drill Manufacturers Association (DCDMA)



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

- Cabezal giratorio o *swivel joint*.

Este componente se ubica en el extremo superior del conjunto, quedando colgados por un conjunto de poleas a la catalina (polea móvil). En el cabezal se realiza el acoplamiento con el Kelly en su parte inferior, y con la bomba de lodo en su parte superior. Ver ilustración 8.

- Barra Kelly

Barra hexagonal de acero, al cual el sistema de mesa de rotación transmite la potencia del motor y esta a su vez a la tubería de perforación. Ver ilustración 9.

- Mesa Rotativa

Se trata del corazón del sistema rotativo. Consiste de un conjunto que recibe la energía transmitida por una unidad matriz, permitiendo la rotación de la columna de perforación a través del Kelly. Ver ilustración 9.

- Sustitutos

Elementos para realizar transiciones de tipo de rosca o diámetro, por ejemplo puede empalmar una tubería diámetro AW a una de diámetro BW o acoplar cualquier tipo de rosca de una broca a los tipos estándar de tubería. Ver ilustración 8.



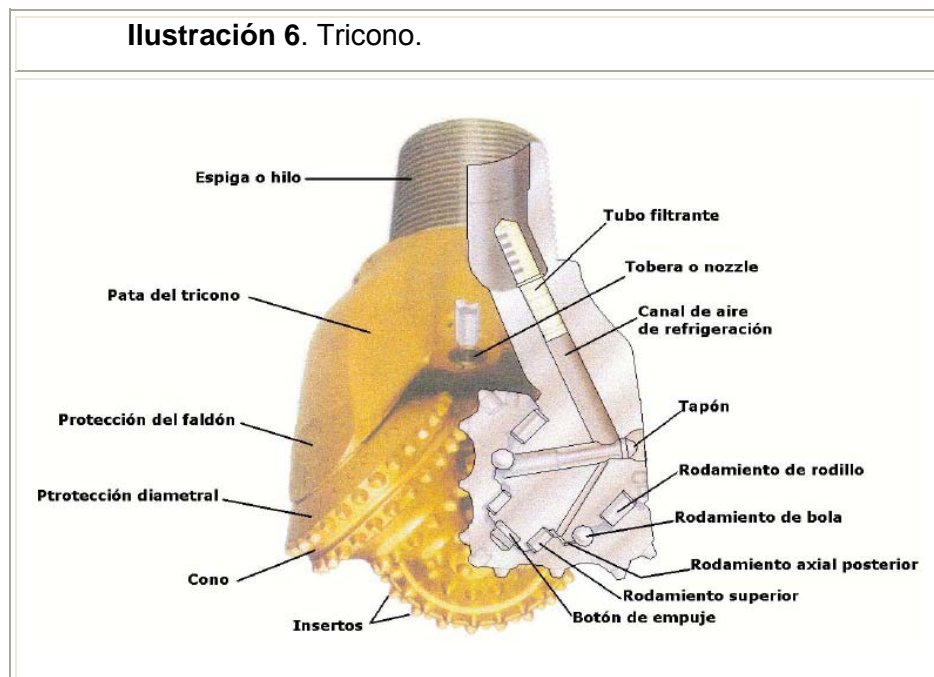
➤ Brocas

PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

En el extremo inferior de la columna de perforación existe una herramienta cortante que provoca la perforación de las rocas, denominada *broca*. Su trabajo involucra desde la fácil penetración en las rocas blandas, hasta la difícilísima “trituración” de las rocas duras. A continuación se hace una descripción de los principales tipos de brocas.

- Triconos:

Broca que trabaja básicamente generando abrasión y triturando el material, inyecta el fluido de inyección por orificios llamados *jets*, generalmente llevan incrustaciones (insertos) de diamante sintético (o natural en algunos casos) o capas de carburo de tungsteno. Ver ilustración 6.





PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

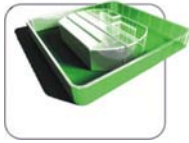
A principios de la década de 1970, la compañía estadounidense General Electric inventó un proceso para hacer diamantes sintéticos. Consiste en alternar capas delgadas de grafito de carbón y de cobalto en pequeñas latas, someterlas a una presión de 13,733 MPa (2 millones de psi) y llevarlas a una temperatura de 1500°C (2732°F) durante cinco minutos. Este proceso origina pequeños cristales de diamante sintético que se unen entre sí y se transforman en un compacto de diamante policristalino (PDC, por su sigla en inglés). A diferencia de los diamantes naturales, los cristales individuales son muy pequeños como para cortar roca dura. En cambio, los insertos de PDC se incrustan en los filos de los trépanos y van triturando la roca, como si fuera una lija extremadamente dura.

Muchos trépanos tienen filos para corte y trituración fabricados con una combinación de acero, carburo de tungsteno, PDC y diamante. Existe una amplia gama de combinaciones ideadas para perforar diferentes tipos de rocas. ⁽²⁾

➤ Brocas cortanúcleos y de revestimiento.

Trabajan por cizallamiento del material desgastando la formación suelo o roca en las paredes del hueco se puede adaptar a barrenos huecos para obtener núcleos de muestras alteradas o a la tubería de revestimiento (zapatas).

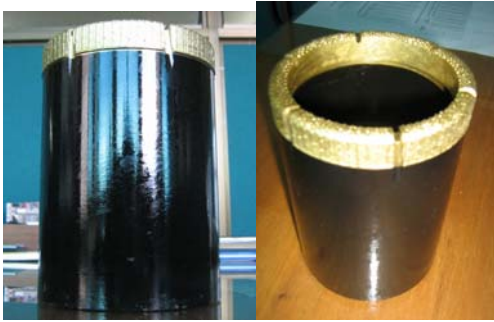
Según la norma INV-E 108 las brocas corta núcleos deben ser los siguientes tipos: a) con diamantes montados en la superficie, b) impregnadas con partículas de diamante c) con inserción de pequeñas piezas o franjas de carburo de tungsteno, d) recubiertas con diferentes materiales endurecedores de superficie y e) con dientes de sierra de material endurecido. Ver ilustración 5.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

Ilustración 7. Brocas corta núcleos

a. zapata diamantina NW



b. Zapata impregnada NW



c. Broca Forro BW 60ppq



(2) <http://www.seed.slb.com/es/scictr/watch/diamonds/drillbits.htm>

*A principios de la década de 1970, la compañía estadounidense General Electric inventó un proceso para hacer diamantes sintéticos. Consiste en alternar capas delgadas de grafito de carbón y de cobalto en pequeñas latas, someterlas a una presión de 13,733 MPa (2 millones de psi) y llevarlas a una temperatura de 1500°C (2732°F) durante cinco minutos. Este proceso origina pequeños cristales de diamante sintético que se unen entre sí y se transforman en un compacto de diamante policristalino (PDC, por su sigla en inglés). A diferencia de los diamantes naturales, los cristales individuales son muy pequeños como para cortar roca dura. En cambio, los insertos de PDC se incrustan en los filos de los trépanos y van triturando la roca, como si fuera una lija extremadamente dura.



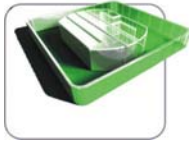
PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

La designación del tamaño y nomenclatura con que se conocen normalmente estas brocas son las normalizadas por la Asociación de Fabricantes de Brocas de Diamante para Perforación o *Diamond Core Drill Manufacturers Association* (DCDMA) de los Estados Unidos los tamaños estandarizados más comúnmente comerciales se resume a continuación en la tabla3.

Tabla 3. Brocas de diamante comerciales

TAMAÑO	DIAMETRO EXTERIOR		DIAMETRO INTERIOR	
	in	mm	in	mm
RWT	1,16	29,5	0,375	18,7
EWT	1,47	37,3	0,905	22,9
EWG-EWM	1,47	37,3	0,845	21,4
AWT	1,88	47,6	1,281	32,5
AWG-AWM	1,88	47,6	1,185	30
BWT	2,35	59,5	1,75	44,5
BWG-BWM	2,35	59,5	1,655	42
NWT	2,97	75,3	2,313	58,7
MWG-NWM	2,97	75,3	2,155	54,7
2 3/4 X 3 7/8	3,84	97,5	2,69	68,3
HWT	3,89	98,8	3,187	80,9
HWG	3,89	98,8	3	76,2
4X5 1/2	5,44	138	3,97	100,8
6 x 7 3/4	7,66	194,4	5,97	151,6

Diamond Core Drill Manufacturers Association (DCDMA)



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

➤ Fluido de perforación.

Se trata de un fluido inyectado a presión sobre el swivel a través del varillaje de perforación, que cumple dos funciones básicamente, la primera desalojar los detritos a través del espacio anular entre la tubería de perforación y las paredes del hueco (o la tubería de revestimiento) hasta las piscinas de sedimentación y la de refrigerar la herramienta de corte o broca. Cuando las paredes de la perforación empiezan a desmoronarse por acción del empuje del suelo se puede adicionar bentonita o cemento al fluido de inyección lo cual estabilizar las paredes de la excavación.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

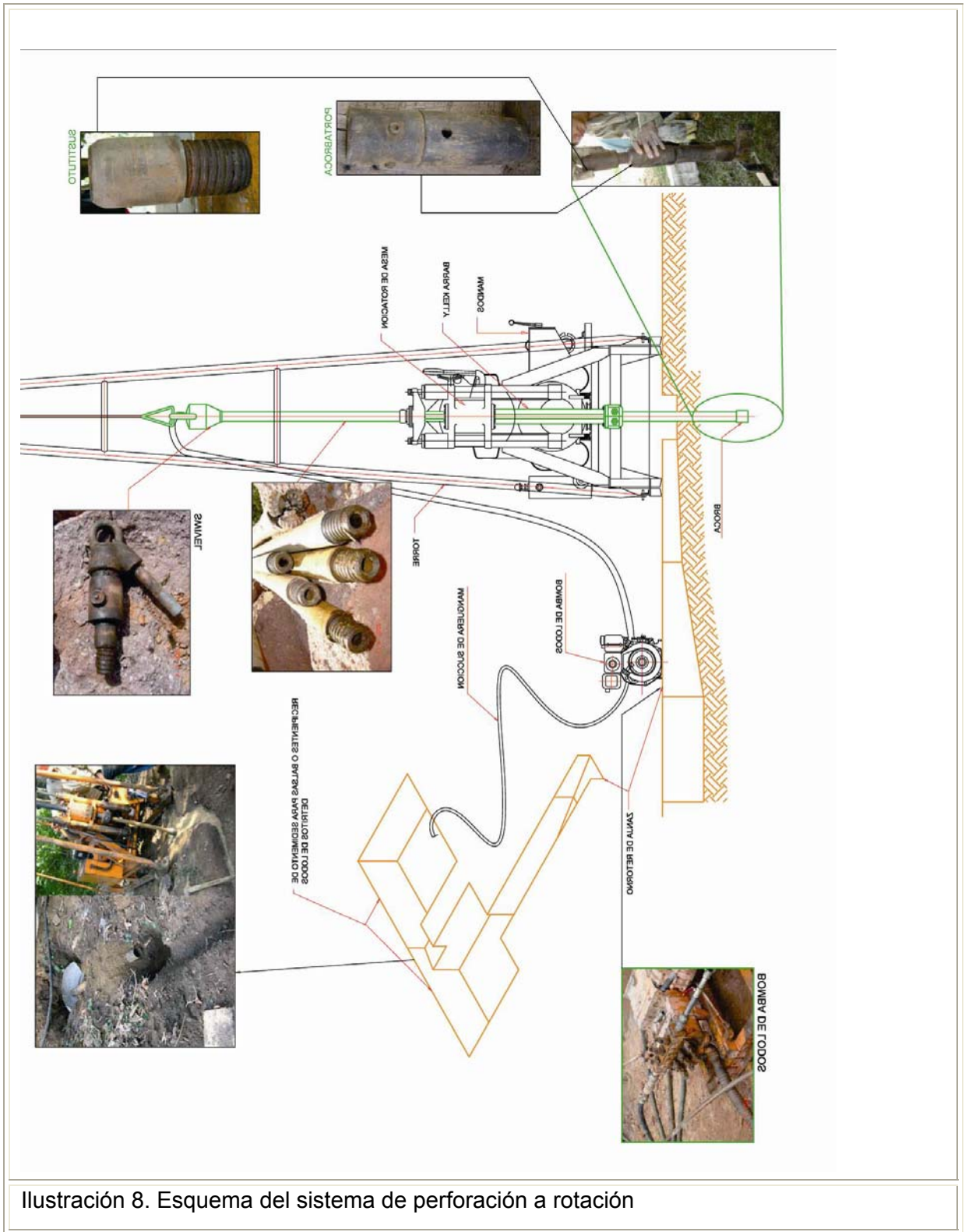


Ilustración 8. Esquema del sistema de perforación a rotación



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

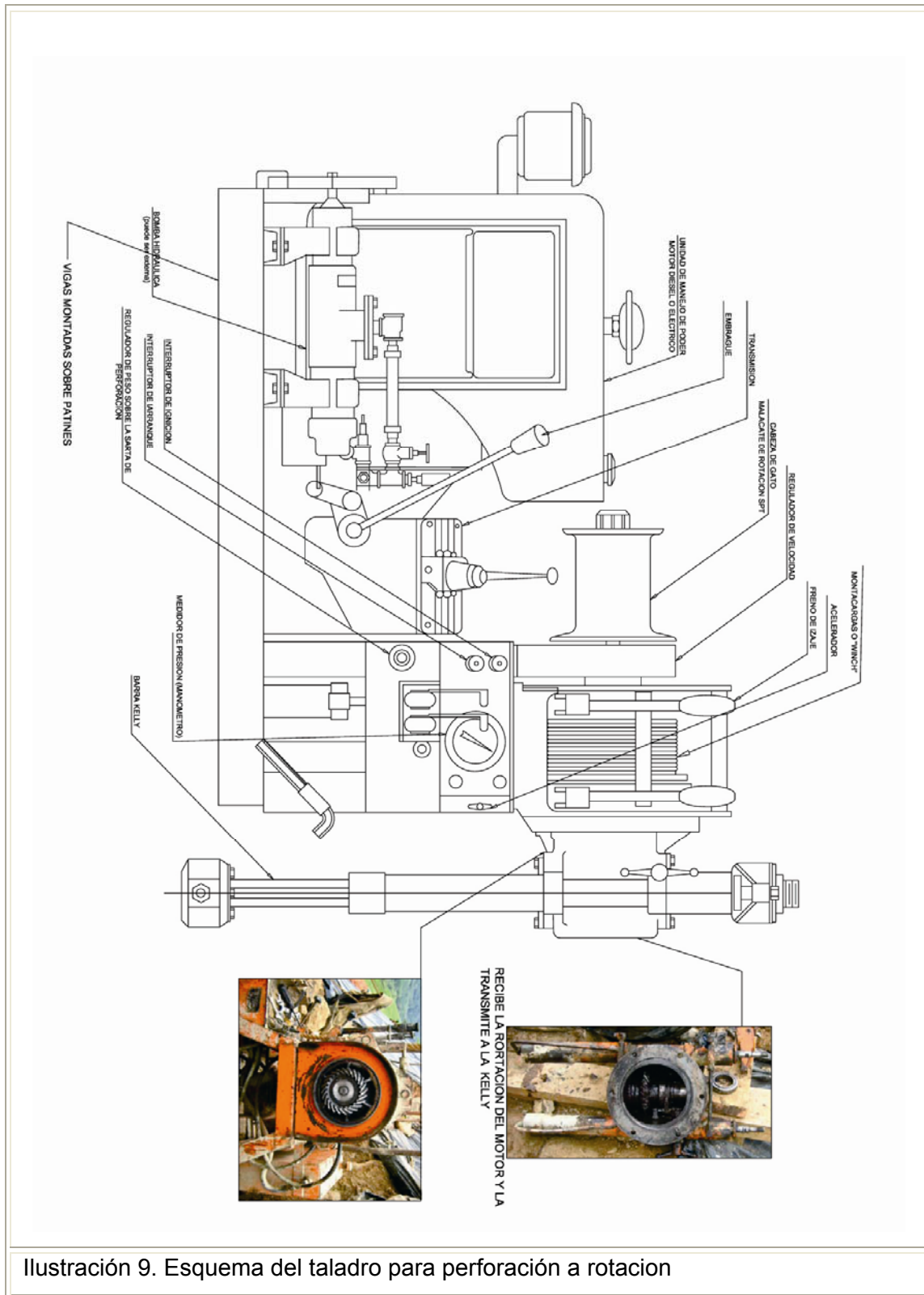


Ilustración 9. Esquema del taladro para perforación a rotación



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

3.1.1.1 Rotación con recuperación de núcleos.

La utilización de este método con fines exploratorios en ingeniería civil generalmente hace necesaria la obtención de muestras continuas. Se emplean para este fin brocas que cortan núcleos cilíndricos del material por muestrear, conectados por roscado a porta testigos; que consisten en tubos de pared doble o simple, en cuyo interior va quedando el núcleo de material cortado, al rotar la broca. Para esto se acopla una barrena

3.1.1.2 Investigación y muestreo en roca.

Se realiza con el fin de obtener núcleos de roca y de algunos suelos que no pueden ser muestreados mediante los métodos usuales por ser demasiado duros por ejemplo un suelo con penetración igual o menor de 25.4 mm (1") para 50 golpes de acuerdo con el método INV E-111 (Ensayo de Penetración Normal SPT y Muestreo con Tubo Partido de Suelos), se requiere perforación a rotación con brocas de diamante. Estos especímenes se obtienen con el fin de determinar las condiciones del material en el sitio y su integridad estructural.

PROCEDIMIENTO.

1. Se debe perforar con revestimiento hasta la formación de roca nivelándose con esta para evitar al máximo pérdida de fluido de perforación.
2. Inicia la perforación con el tomamuestras hasta su penetración completa, se procede entonces a la remoción de la sarta de perforación para la extracción del núcleo, una vez retirado debe ser correctamente almacenado mientras el técnico en perforación hace las respectivas observaciones y descripción del material.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

Ilustración 10. Recuperación de núcleo de roca usando perforación a rotación



3. Colóquese el núcleo recobrado en la caja de núcleos con el extremo superior (superficie) del núcleo, en la esquina izquierda de la caja. Continúese el almacenamiento de núcleos con marcadores y espaciadores apropiados. Envuélvase los núcleos friables o blandos, y los que se alteren con la pérdida de humedad, en bolsas plásticas, o recúbranse con parafina, o ambos, de ser necesario. Empléense bloques espaciadores debidamente marcados, para indicar cualquier vacío notorio en un núcleo recobrado que puede indicar un cambio o un vacío en la formación. Colóquense las piezas y fragmentos en la misma forma como se presentarían en la naturaleza.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

Ilustración 11. Almacenamiento núcleos de roca





PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

4.2.2 EXPLORACIONES POR PERCUSION.

Consiste en el movimiento alternativo de avance y retroceso de un elemento cortante y pesado que rompe y tritura el material

La técnica de perforación consiste en realizar un movimiento alternativo de bajada-subida de una masa pesada que en su caída va fracturando o disgregando la roca, desprendiendo de la misma trozos de variado tamaño, que después se extraen por medio de una válvula o cuchara de limpieza.

Desde el punto de vista de sondeos exploratorios el método mas ampliamente usado es el ensayo normal de penetración SPT. Ver ilustración 8.

Ilustración 12. Ensayo normal de penetración.





PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

4.2.2.1 Ensayo normal de penetración SPT.

Para realizar sondeos exploratorios ya que las muestras obtenidas no son representativas para fines de ingeniería, es decir ofrecen apenas una descripción cualitativa, modificando considerablemente las propiedades físicas del material.

En base a estas dificultades en 1958 la ASTM normalizo un ensayo y los equipos utilizados, como la prueba ASTM D-1586 que consiste en la determinación *in situ* de la compacidad del suelo correlacionándola con la resistencia con su resistencia a la penetración un muestreador del tubo partido.

El instituto nacional de vías (invias) describe el procedimiento estándar para realizar este ensayo en la norma I.N.V. E-111

4.2.2.1.1 Equipo.

- **Martinete.**- Conjunto de equipos consistente en un martillo o pesa, guía para la caída de éste, cabezote, y cualquier sistema que haga caer el martillo.
- **Cabezote.** La pieza cilíndrica que el martillo o pesa golpea y a través del cual la energía se transmite a las varillas o tubos de perforación.
- **Martillo o pesa.** La parte del martinete que consiste de una pesa que produce el impacto, la cual sucesivamente se levanta y suelta para que al caer, proporcione la energía necesaria para efectuar el muestreo y la



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO penetración, deberá pesar 63.5 ± 1 kg (140 ± 2 libras) y deberá ser una masa metálica sólida y rígida.

Ilustración 13. Martinete ensayo normal de penetración..

MARTILLO O
PESA



CABEZOTE

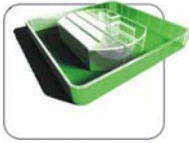


PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

- **Malacate de rotación.**- El cilindro o tambor de rotación o torno, alrededor del cual el operador enrolla un cable para subir y dejar caer el martillo, halando y aflojando sucesivamente el cable envuelto alrededor del cilindro. Ver ilustración 7. La forma de relizar el montaje del cable sobre el malacate de rotación se describe en las“NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES PARA CARRETERAS” norma I.M.V.E-111 Ilustración 1.

Ilustración 14. Malacate de rotación en equipo a rotación

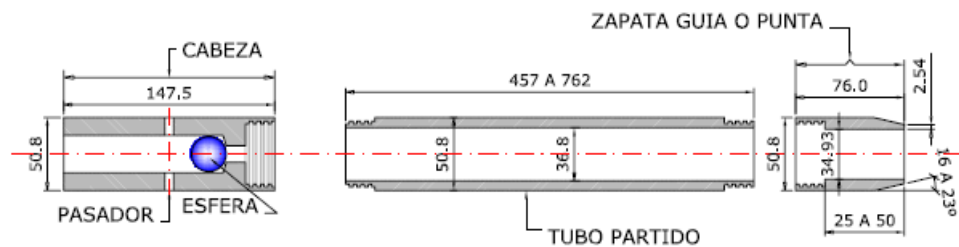
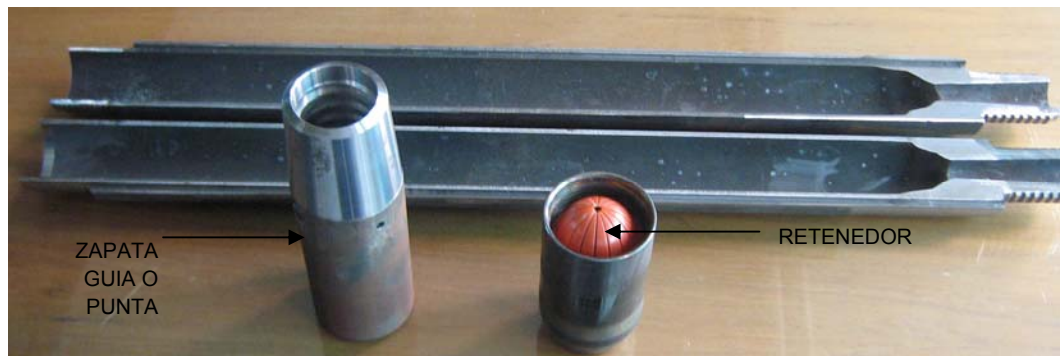
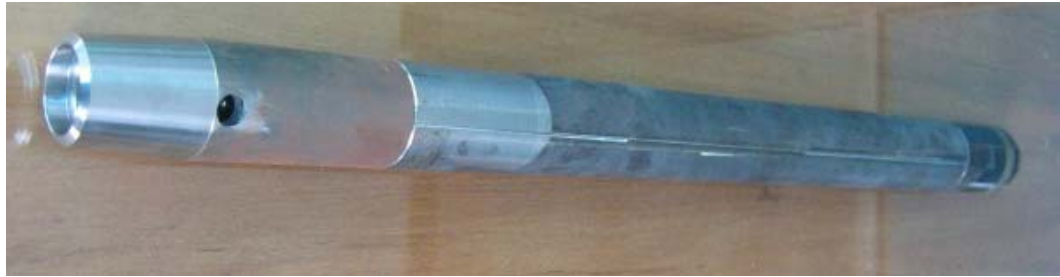




PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

- **Muestreador de tubo partido.** Tubo de acero de pared gruesa, cortado longitudinalmente en dos mitades (mediacaña). Ver ilustración.

Ilustración 15. Muestreador de tubo partido estándar





PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

- **Varillas o tubos de perforación.-** Varillas o tubos empleados para transmitir hasta abajo, la fuerza y el giro a la broca de perforación, mientras se perfora el hueco. También se emplean para avanzar por simple percusión y lavado.

4.2.2.1.2 Procedimiento (I.N.V.E-111)

- i. Se debe realizar una perforación hasta la profundidad a la cual se desea realizar el ensayo mediante métodos ya mencionados que permitan obtener un agujero limpio y estable ya sea por rotación y lavado (generalmente con revestimiento) o mediante barrena de espiral con vástago vacío.

No se recomienda inyectar agua a través del tubo muestreador para tomar la muestra al alcanzar la profundidad deseada ni bajar el revestimiento por debajo de la cota de ensayo antes de realizado este.

- ii. Conéctese el tubo partido a la tubería de perforación y bájese dentro del hueco, dejándolo caer suavemente, sin permitir que se introduzca dentro del suelo que va a ser muestreado.
- iii. Colóquese el martillo en posición e instálese el cabezote en la parte superior de la tubería de perforación.
- iv. Déjese en reposo el peso muerto del muestreador, tubería y cabezote, sobre el fondo del hueco y aplíquese un golpe de asentamiento. Si se hallan recortes excesivos en el fondo del hueco, extráigase el muestreador y la tubería para eliminar los recortes.
- v. Márquese el extremo superior de la tubería de perforación en tres incrementos sucesivos de 0.15 m (6") de manera que el avance del muestreador bajo el impacto del martillo, pueda ser observado fácilmente para cada incremento de 0.15m (6").



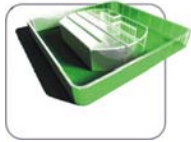
PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

- vi. Hínquese el muestreador con golpes del martillo de 63.5 kg (140 lb), con caída de 0.76 m (30"), cuéntese el número de golpes aplicados a cada incremento de 0.15 m (6"), hasta cuando ocurra una de las siguientes condiciones.
- Que se haya aplicado un total de 50 golpes en cualquiera de los tres incrementos de 0.15 m (6") vistos en el numeral 6.1
 - Que se haya aplicado un total de 100 golpes para 0.30 m (12").
 - Que no se observe avance del muestreador mediante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo.
 - Que el muestreador avance 0.45 m (18") completos, sin alcanzar las cuentas límites de golpes, descritas anteriormente.
- vii. Regístrese el número de golpes requeridos para efectuar cada 0.15 m (6") de penetración o de la fracción correspondiente. Se considera que los primeros 0.15 m (6") son para una penetración de asentamiento. La suma del número de golpes requeridos para el segundo y tercer avance de 0.15 m (6") de penetración, se llama la "resistencia a la penetración normal" o valor "N".en el formato que describe la ilustración
- viii. La información de la perforación deberá registrarse en el campo y deberá incluir lo siguiente:
- Nombre y localización de la obra.
 - Nombres del grupo: Ingeniero supervisor, laboratorista inspector, operador, auxiliar y ayudantes.
 - Tipo y marca del equipo de perforación.
 - Condiciones meteorológicas.
 - Fechas de iniciación y conclusión del sondeo.
 - Número de la perforación y su localización (abscisa o distancias a algún eje de referencia).
 - Elevación de la perforación, comúnmente con relación a un perfil del sitio de la obra.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

- Método de avance y limpieza de la perforación.
- Método para mantener abierto el hueco de la perforación.
- Profundidad hasta el nivel de agua, hasta el nivel de pérdida de agua, hasta el nivel artesiano; tiempo y fecha de cuando se hicieron las respectivas lecturas o anotaciones.
- Localización de los cambios de estratos.
- Tamaño del revestimiento, profundidad de la parte revestida de la perforación.
- Equipo y método de hincado del muestreador.
- Tipo de muestreador, su longitud y diámetro interior (anótase el empleo de camisa interior de pared delgada).
- Tamaño, tipo y longitud de la tubería de muestreo.
- Observaciones.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

Ilustración 16. Formato de registro de perforación para ensayo de penetración estándar.

PROYECTO: _____ SONDEO N°: _____
 LOCALIZACIÓN: _____
 ELEVACIÓN _____ **PYP** **LTDA.**
 SUPERFICIAL: _____ REFERENCIA: _____ **LABORATORIO**
 PROF. NIVEL FREATICO: _____ **SONDEOS**
 PROF. TOTAL _____
 SONDEO: _____
 METODO _____ DE _____
 PERFORACIÓN: _____ DIAMETRO: _____ TUBERIA: _____
 TOMA _____ CAIDA
 MUESTRA: _____ PESA: _____ LIBRE: _____
 FECHA DE _____
 INICIACIÓN: _____ OPERADOR: _____
 FECHA DE _____
 TERMINACIÓN: _____

PROF. T.M.		PROF. REVES.	No. DE GOLPES			MUESTRA			RECUPERACION			HUM	OBSERVACIONES
DE:	A:		0/15	15/30	30/45	Nº	Prof.	Tipo	H	Lg	Ln		

Donde H= Longitud recuperada Lg = longitud gopeada Ln = Longitud normal del tomamuestras



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

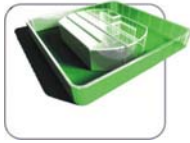
4.2.3 EXPLORACION POR PERFORACION CON AIRE COMPRIMIDO.

Se trata de un sistema desarrollado en los estados unidos que reemplaza el lodo como fluido de perforación, por aire comprimido. El aire comprimido hace las funciones del lodo, arrastrando y transportando el detritus. Para ello se dota a la perforadora de un compresor de aire que se inyecta a presión a través del varillaje hasta la herramienta de corte. Estos equipos, cuentan además en ocasiones con bomba de lodos lo que permite sustituir o alternar en función del tipo de terreno que se iba perforando la perforación con aire y la de lodo tradicional.

Una de las ventajas que presenta este sistema de perforación radica en la alta representatividad de las muestras obtenidas durante la perforación, tanto por su alta velocidad de ascenso como por la ausencia de contaminaciones por el propio lodo. Sin embargo presenta inconvenientes con respecto a la relación entre el diámetro-profundidad-capacidad del compresor, por cuanto resulta ineficiente realizar excavaciones de grandes diámetros y altas profundidades.

Aunque para el tipo de sondeos en los que aplicaba se ha generalizado el sistema de rotopercusión, debido a que la rotación con aire comprimido sigue estando bastante limitada para perforar terrenos muy duros y con diámetros importantes, por la baja velocidad de avance y por el rápido desgaste de las herramientas.

En la ilustración 15 se puede apreciar el sistema de perforación con aire comprimido a. taladro neumático mara stenuick la ficha técnica se describirá mas adelante, b. controles, c. compresor con especificaciones dependientes de la



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO
perforación a realizar (tipo de formación, profundidad, etc.), columna de
perforación.

Ilustración 17. sistema de perforación con aire comprimido

a. Taladro neumático



b. compresor 800 cmf y mandos el taladro



c. Columna de perforación.





PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

4.2.3.1 Componentes del sistema de perforación con aire comprimido.

➤ **TALADRO:**

- **Columna**

Previsto para tubo de 2.00 metros, longitud útil: 2.50 metros, longitud total: 3.63 metros

- **Rotación**

Versión 80P:

Motor neumático tipo F694B, torque: 80 kgm, Velocidad de rotación: 0 a 45 vpm, Consumo de aire: 1500 l/min. a 6 bar.

Versión 270P

Motor neumático tipo F622CA, torque: 270 kgm

Velocidad de rotación: 0 a 45 vpm, consumo de aire: 2500 l/min. a 6 bar.

- **Tracción**

Motores neumáticos tipo F575DB + F595B con freno, Capacidad de levantamiento: 2600 Kg, Consumo de aire: 3000 l/min. a 6 bar



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

- **Cadena**

Por cadena simple con paso de 31.75, encarga de rotura: 10 toneladas

La cadena es protegida por el tubo central de la columna, las devoluciones son aseguradas por arandelas subidas sobre rodamientos

- **Guía Inferior**

Guía con juego de 1/2 conchas según el diámetro de los tubos

- **Mandos**

Instalado sobre la columna, reagrupa todos los encargos relativos a la perforación:

- Encargo de la rotación (derecho - izquierdo)
- Encargo de tracción (arriba - abajo)
- Encargo de la regulación de empuje
- Encargo de la válvula de aire
- Manómetros de control
- Freno de urgencia

- **Lubricación**

Equipado de una maleta de lubricación Alta Presión para la perforación al martillo de fondo capacidad: 8 litros



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

- **Bastidor**

Bastidor ancho 2 ruedas, Anchura: 1600 mm, Inclinación de la columna antes – atrás. Posición regulable en terrenos atropellados gracias a las ruedas independientes y que también permiten el arreglo de la inclinación lateral de la columna, peso: 900 Kg.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

➤ **COMPRESORES:** la siguiente tabla describe de manera sintética las especificaciones técnicas de un compresor XATS-800 cfm. de la compañía Atlas Copco, sin embargo para perforaciones pequeñas se pueden utilizar equipos de menor caudal y presión.

Tabla 4. Especificaciones Técnicas De Un Compresor 800 Cfm.

dimensiones		
largo	m	5,1
ancho	m	2,0
alto	m	2,1
peso	Kg	3400
presion normal efectivo de trabajo	psig	150
	bar (e)	10,3
entrega real de aire	cfm	774
	l/s	365
maxima intensidad sonora	dB (A)	100
capacidad de aceite	gal.	8
temperatura ambiente maxima	°F	122
	°C	50
motor caterpillar		
tipo	Caterpillar C 7 acert T3	
numero de cilindros		6
potencia de salida	HP	253
	kW	186
cilindrada	in ³	439
velocidad (nominal)	rpm	2000
velocidad (descargado)	rpm	1300
capacidad sistema de aceite	gal	6
capacidad sistema de refrigeracion	gal	12
capacidad tanque de combustible	gal	106

P&P Ltda.



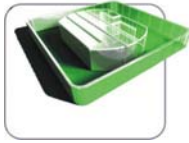
PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

A continuación observamos una serie de equipos compresores de diferentes gamas usados normalmente en labores de perforación, la selección de uno de ellos depende de variables como diámetro y profundidad de la perforación, tipo de formación a perforar, y desde luego factores económicos y de accesibilidad al sitio de trabajo.

Tabla 5. Características de algunos modelos de compresores utilizados en perforadoras ha roto percusión.

MARCA	MODELO	PRESION MAX (bares)	CAUDAL DE AIRE (m3/min)
Atlas Copco	XR 230/250	12	13-21
	XRH 280/350	20	17-21
	PNS 1200	20	34
	XRV 410	25	24,4
Ingersoll Rand	XL 600	6,8	8,5
	VHP/050	24,6	29,7
Bauer	DSF 12 H 13	13	24
	DSF 14 H 20	20	27
Hollman	ROTAIR 100	10,5	28,5

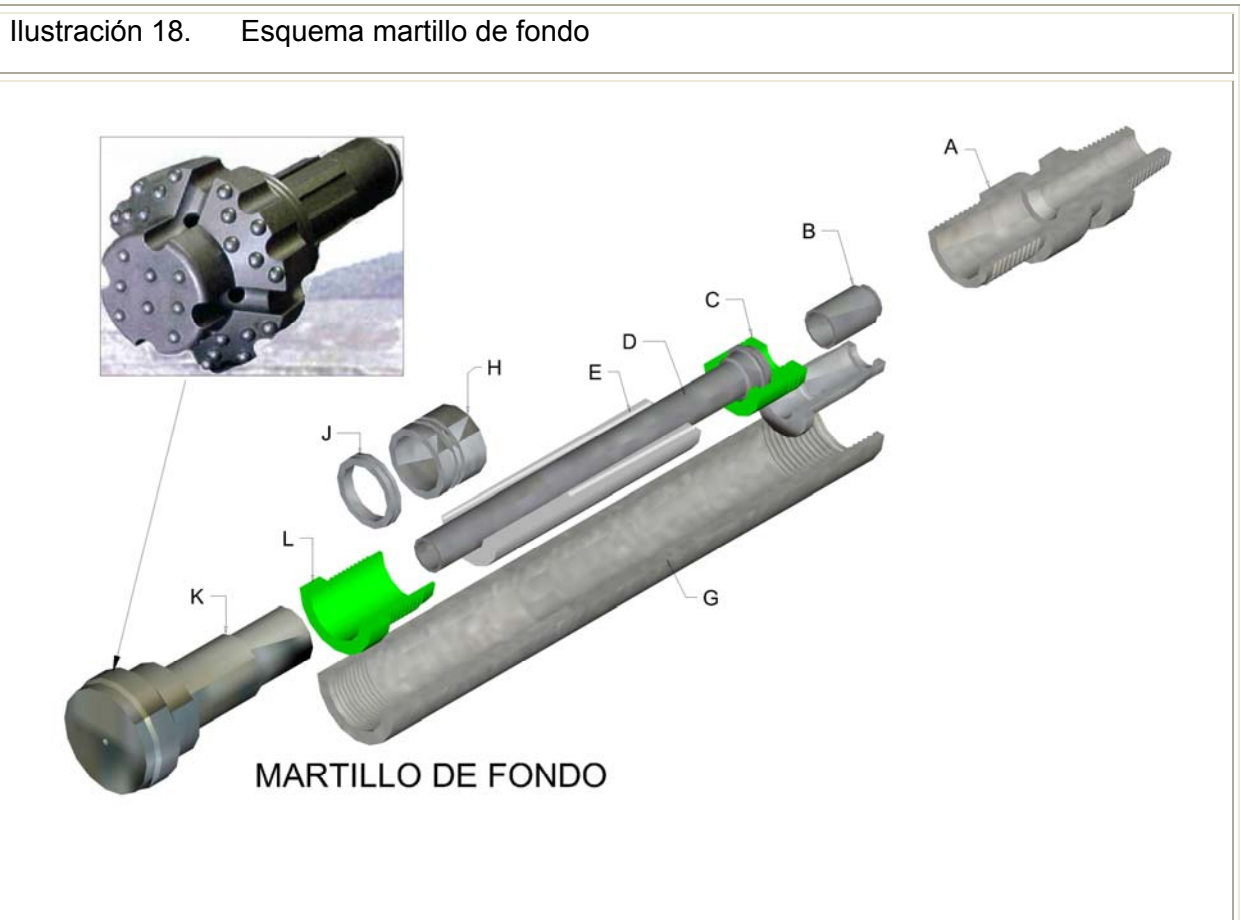
(Tomado de Martínez y Ruano, 1998)



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

4.2.4 PERFORACIÓN A ROTACIÓN CON AIRE COMPRIMIDO Y VIBROPERCUSIÓN

MARTILLO DE FONDO. (JACK HAMMER)



El sistema, desarrollado por Wagon-Drill consiste en un martillo neumático en superficie que golpeaba un tren de varillaje al final del cual se encontraba una herramienta de perforación, el martillo de fondo funciona en el fondo de un barreno formando una unidad con la broca.



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

Se compone de un cilindro **G**, que aloja una válvula de retención **B**, un aro de compresión **C**, un pistón **E**, un tubo central **D**, un casquillo **H**, un aro retenedor **J** y la culata de la broca **K**. el extremo posterior del cilindro está cerrado por una pieza superior roscada **A**. la pieza superior tiene una rosca macho para conectar los tubos de perforación, y también un rebaje para llave, en algunos martillos se encuentra, también, disponible la pieza superior con rosca hembra. Un portabrocas **L** va roscado en el extremo delantero del cilindro. Una unión estriada entre portabrocas y la culata de la broca **K** sirve para transmitir la rotación a esta. La parte delantera del portabrocas transmite la fuerza de avance a la broca la válvula de retención **B** impide q entren impurezas en el martillo cuando esta desconectada la presión de aire de accionamiento

Cuando se aplica la fuerza de avance, la broca es introducida en el martillo, donde presiona contra el casquillo **H**. el pistón **E** golpea directamente la culata **K** de la broca. El paso del aire de accionamiento a través del martillo es controlado por el pistón con la ayuda del tubo central **D**. Ambos componentes contienen unos conductos de regulación. Una cámara de amortiguación integrada amortigua la carrera de retorno del pistón y aumenta la frecuencia de impacto. Una vez que el aire de accionamiento ha transferido la mayor parte de su energía de presión al pistón de impactos, es desviado a los conductos de barrido en la broca y emerge a través de los orificios de barrido en la cabeza de la broca. Desde aquí se expande hacia arriba y sale del barreno, llevando detritos de perforación con él.

Cuando el martillo se eleva del fondo del barreno, la broca se sitúa en su posición exterior en la maquina. Cuando sucede esto, el pistón cae en la posición de soplado de aire. El mecanismo de percusión deja entonces de funcionar y solamente circula aire de soplado, es decir fluye un gran volumen de aire a través del martillo y la broca. El soplado también comienza si la broca pierde contacto con el fondo del barreno mientras se está perforando. El martillo empieza a funcionar otra vez cuando la broca vuelve a presionar contra el portabrocas. El



PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO
aire de soplado se utiliza cuando se necesita un barrido muy potente del barreno,
y también en determinadas condiciones difíciles de perforación.

Ilustración 19. Broca para martillo de fondo

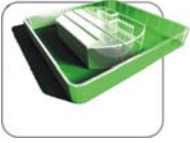




PERFORACION CON FINES DE INVESTIGACION DEL SUBSUELO

4.2.5 PERFORACIÓN A ROTOPERCUSIÓN

Sistema de perforación que se basa en el golpeteo de la formación con un martillo neumático situado en el fondo de la perforación accionado mediante aire comprimido generado por uno o varios compresores dispuestos sobre la plataforma de perforación. Al colocar la broca en el propio martillo la percusión se transmite de forma directa por lo que se optimiza el aprovechamiento de la energía y se superan muchas de las limitaciones e inconvenientes que presentaba el sistema precedente (perforación con martillo neumático). Simultáneamente a la percusión se imprime al tren de varillaje un movimiento rotativo lento mediante el cabezal de la perforadora, de manera que se consigue mayor destrucción de la roca y se homogeniza el desgaste del tallante.



5. CONSTRUCCION

5.1 PILOTES.

5.1.1 Marco teórico.

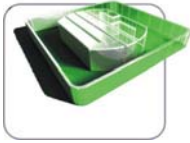
Se originan estas fundaciones en forma natural, en la necesidad técnica y económica de trasladar las cargas en la base de las estructuras a mantos profundos competentes, a través de mantos relativamente débiles y comprensibles no aptos para soportar en forma segura y eficiente elementos de fundación. Las caracteriza la condición común de que la profundidad requerida en las excavaciones y los problemas constructivos vinculados a las condiciones geotécnicas del sitio, hacen impracticable realizar una excavación convencional a cielo abierto, por lo cual se hace necesario recurrir a procedimientos constructivos que emplean técnicas y equipos especializados.

Se puede aplicar varios criterios para clasificar los pilotes. Los más utilizados son los siguientes:

- Material constitutivo del pilote.
- Función del pilote.
- Incidencia del procedimiento de instalación en las condiciones del suelo vecino al pilote

➤ **Material de pilote:**

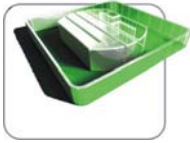
- Acero
- Concreto
- Compuesto



➤ **Incidencia del procedimiento de instalación en las condiciones del suelo**

Un criterio aplicado en muchos sistemas de clasificación es distinguir dos categorías referentes a diferencias básicas en las acciones sobre el suelo vecino al pilote durante la instalación y, por consiguiente, al comportamiento de los pilotes bajo carga.

1. **Pilotes de desplazamiento:** En este sistema el suelo es desplazado del espacio que va a ocupar el pilote, por acción de los esfuerzos de penetración. Pueden generarse una densificación, posiblemente benéfica, en los suelos granulares sueltos. En otros medios tiene lugar levantamientos del terreno, empujes sobre elementos vecinos y otras consecuencias casi siempre nocivas para estructuras y servicios aledaños al sitio de instalación. Dentro de esta categoría lo más importante son:
 - a. Pilotes prefabricados, hincados por el impacto de martillos
 - b. Pilotes hincados por impacto y fundidos en el sitio
 - c. Pilotes atornillados
 - d. Pilotes penetrados mediante presión continua, como la producida por gatos
2. **Pilotes preexcavados (o perforados):** En este sistema de pilotaje, se remueve el suelo del espacio que va a ocupar el pilote, al aplicar varias posibles técnicas de excavación o perforación, formando así una cavidad que en caso necesario se protege del derrumbe de sus paredes, en cuyo interior se funde el concreto integrante de cuerpo del pilote. Este criterio ha sido adoptado y precisado mejor en Gran Bretaña y considera que los pilotes caen en una de tres grandes clases:
 - a. Gran desplazamiento
 - b. Pequeño desplazamiento
 - c. Sin desplazamiento

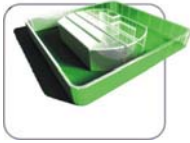


Cada una de estas clases tiene varias subdivisiones que obedecen a detalles constructivos, con ilustración de la sección y material.

PILOTES DE ACERO

Los pilotes de acero son generalmente a base de tubos o de perfiles H laminados. Los pilotes de tubo se hincan en el terreno con sus extremos abiertos o cerrados. Las vigas de acero patín ancho y de sección I también se usan.

La capacidad admisible estructural para pilotes de acero es $Q (adm) = A(s) f(s)$ Donde $A(s)$ = área de la sección transversal del acero $f(s)$ = esfuerzo admisible del acero Con base en consideraciones geotécnicas (una vez determinada la carga de diseño para un pilote), es siempre aconsejable calcular si $Q(diseño)$ está dentro del rango admisible definido en la ecuación anterior. Cuando es necesario, los pilotes de acero se empalman por medio de soldaduras, remaches o tornillo. La ilustración A muestra una condición típica de empalme por soldadura a un pilote H. En la ilustración B se muestra un típico caso de empalme por soldadura de un pilote tubo y en la ilustración C se muestra el empalme por remaches o tornillos de un pilote H, Cuando se esperan condiciones difíciles de hincado, como a través de grava densa, lutitas y roca blanca, los pilotes de acero se usan adaptados con puntas o zapatas de hincado, Las ilustracións D y E muestran dos tipos de zapatas usadas en pilotes de tubo. Los pilotes de acero llegan a estar sometidos a corrosión, como suelos pantanosos, las turbas y otros suelos orgánicos. Los suelos con un pH mayor a 7 no son muy corrosivos. Para compensar el efecto de la corrosión se recomienda considerar un espesor adicional de acero (sobre el área de la sección transversal real de diseño). En muchas circunstancias, los recubrimientos epóxicos, aplicados en la fábrica, sobre los pilotes funcionan satisfactoriamente. Esos recubrimientos no son dañados fácilmente por el hincado



del pilote. El recubrimiento con concreto también los protege contra la corrosión en la mayoría de las zonas corrosivas.

5.1.2 Pilotes pre excavados en camisa metálica.

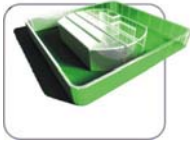
Clasificados por su función, dentro de los pilotes de fricción o de punta se trata de tubería metálica insertada dentro de una perforación de un diámetros mayor hecha mediante cualquiera de los métodos mencionados en este documento, y con una inyección de mortero con una relación A/C (agua- cemento) de 0.5 el cual además de brindar protección ante los efectos corrosivos del suelo genera una superficie rugosa aumentando así el efecto de fricción.

PROYECTO EJECUTADO. Ejecución de ocho (16) pilotes de diámetro 6", pre excavados en 10" sobre los márgenes del río Girón para la habilitación de un puente de paso vehicular.

Especificaciones del proyecto:

- Longitud de cada pilote, 12 m, el total de pilotaje presupuestado: 96. m
- Tubería metálica en diámetro 6".
- Concreto de relleno según especificaciones 3000 PSI.
- Diámetro de perforación 10".
-

La metodología empleada consiste en una perforación piloto mediante equipo neumático de perforación (alafeta) en diámetro de 3 pulgadas mediante martillo de fondo, perforación mediante equipo de rotación, hincado de la tubería, inyección de lechada en el espacio anular y para finalizar fundida del concreto de relleno.



5.1.2.1 Procedimiento.

1. Transporte y ubicación de los equipos de perforación: Luego de asegurar la guaya del montacargas (*winch*) se desliza sobre los patines a través de rieles diseñados para tal fin sobre el sitio a perforar, alternativamente los equipos ya sea neumáticos o hidráulicos se pueden transportar usando el brazo de una retroexcavadora, en este caso el equipo neumático trae un eje con llantas para su movilidad.

Ilustración 20. Transporte y ubicación de los equipos de perforación.



2. Izado de la torre metálica: el cable del *winch* o montacargas (ver ilustración 9.) se sujeta en el extremo a la punta de la torre, pasándola a través de un mástil para darle cierta altura al punto de apoyo del cable, mientras que con contravientos los auxiliares van controlando la dirección de la torre.

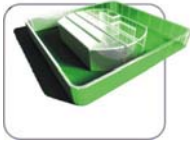


Ilustración 21. Izado torre metálica para equipo de perforación

a. amarre de la punta de la torre metálica al cable del montacargas del taladro



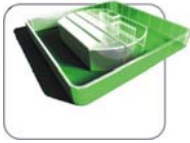
b. izamiento de la torre



c. torre montada.



3. Perforación piloto. Se realizo una perforación piloto mediante equipo de roto percusión con aire comprimido utilizando un martillo de fondo cop 32, con broca de 3 pulgadas aproximadamente, teniendo que se trataba de una formación coluvial



CONSTRUCCION

realizando una pequeña inyección de lechada de cemento para evitar un derrumbe antes de la perforación a rotación.

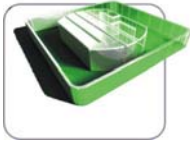
4. Se realiza la perforación en el diámetro requerido, si las condiciones de perforabilidad lo permiten, sin embargo como en este caso el terreno exige demasiado los equipos y se requiere hacer una perforación previa en un diámetro menor con un tricono de 6", con una inyección de lechada de bentonita y una tercera reperforación en el diámetro exigido para la inca de los pilotes.

Ilustración 22.
perforación para pilote.

Perforación a rotación

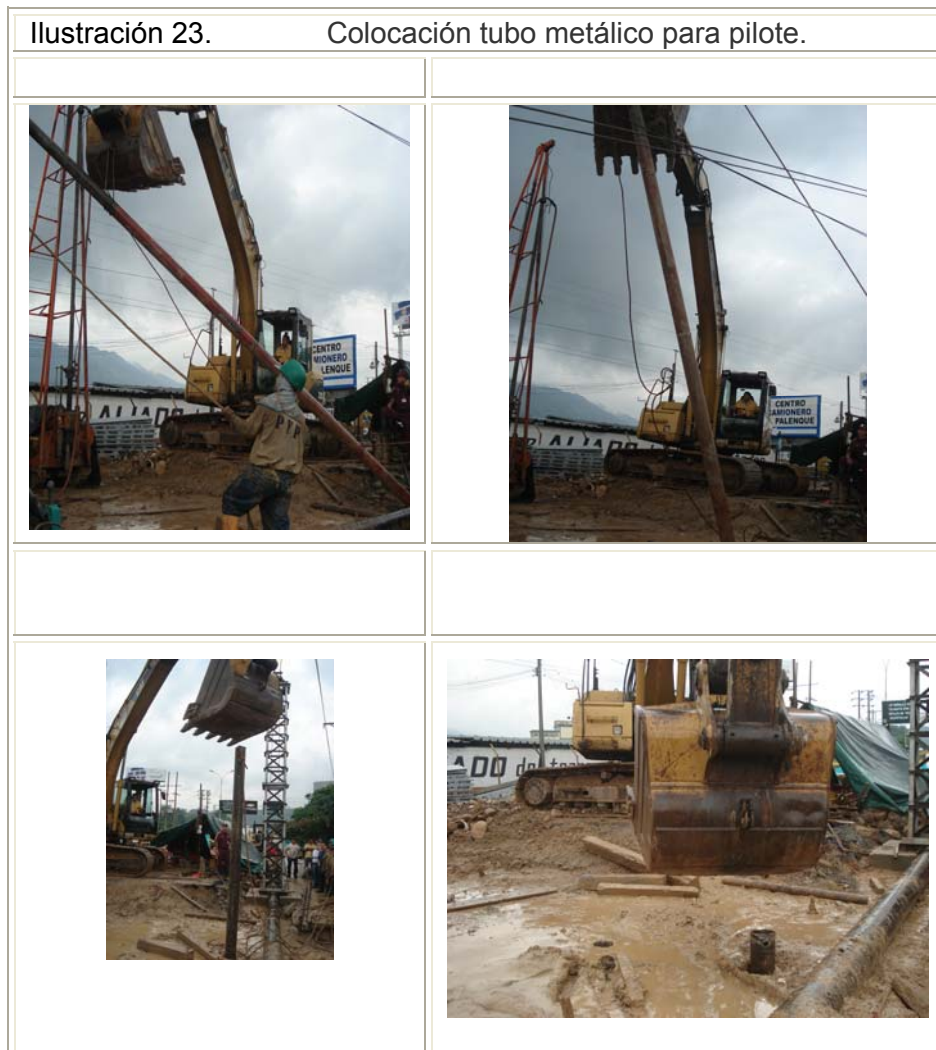


5. una vez realizada la perforación se desarrolla el izado y colocación del tubo o pilote metálico para lo cual se sujeta el una cuerda que amarre el extremo superior del pilote, pase por la punta de la torre metálica y termine en el malacate de rotación mientras ayudantes de perforación van direccionando la operación con contravientos, esto en caso de que sea necesaria la manipulación manual, pero se

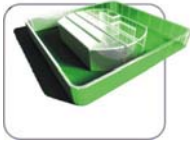


CONSTRUCCION

puede servir de una retro excavadora una grúa o cualquier mecanismo mecánico que proporcione fuerza para izar la camisa metálica.



6. luego de introducir el pilote se procede a la inyección de la lechada de mortero en la cavidad anular que forma la estructura metálica y la perforación, para lo cual se recurre a la bomba de lodos de manera similar al flujo de lodo y detritos que ocurre durante la perforación a rotación, inicialmente la mezcla que



sale presenta un color característico de lodo se debe recircular la lechada de mortero hasta que salga puro. se recomienda realizar previa a esta actividad una inyección de agua para limpiar la cavidad a rellenar.



7. ara finalizar se funde el concreto de relleno del pilote, el cual va a ser vaciado en la camisa metálica se puede hacer la dosificación y mezcla de manera manual o en una mezcladora y se vierte mediante un embudo.

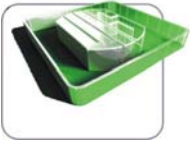


Ilustración 25. Vaciado del concreto.



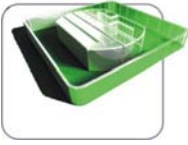
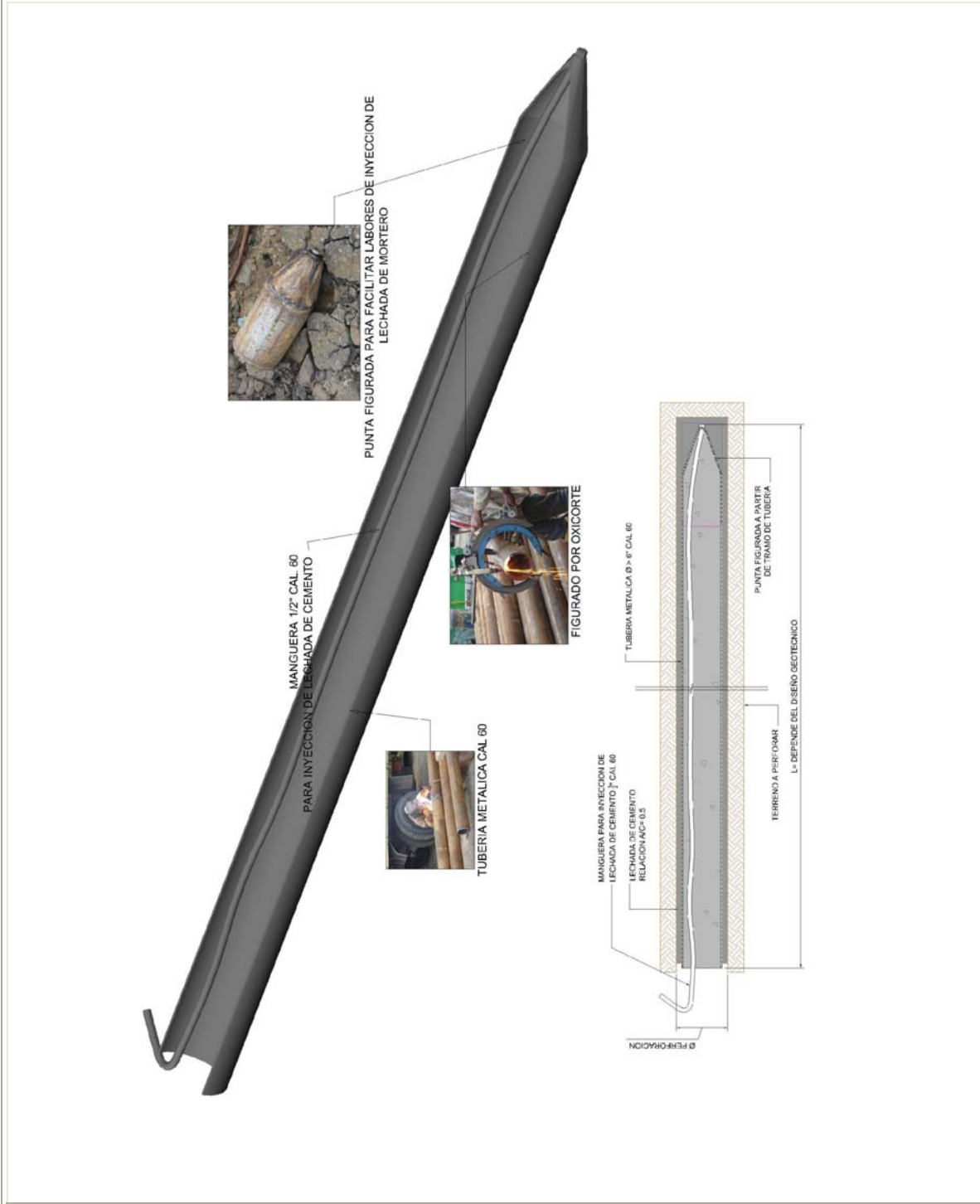
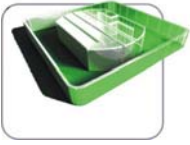


Ilustración 26. Esquema de pilote en camisa metálica.

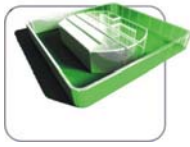




5.1.3 Pilote pre excavado en concreto vaciado in situ.

Se trata de pilotes de concreto reforzado, se trata de una estructura muy sencilla y se obtiene vaciando el concreto en una perforación con el diámetro requerido sobre el cual se ha colocado previamente el acero de refuerzo.

1. Perforación mediante barrenos, usando métodos de rotación con lavado, generalmente con lodo bentonítico.
2. Colocación de la armadura de refuerzo.
3. Fraguado del concreto.



5.2 ANCLAJES INYECTADOS.

5.2.1 Obra Ejecutada.

Contrato. Construcción de la pantalla anclada vivero Nazaret, (obras complementarias para el sistema integrado de transporte masivo Metrolinea “tramo 0”).

Contratante: Pavigas Ltda.

Especificaciones Del Proyecto.

ANCLAJES:

- Anclajes de dos (2) cables de resistencia ultima 270 ksi.
- Carga 20 ton.(10 por torón)
- Separación Horizontal entre Anclajes 3.00 m.
- Separación Vertical entre Anclajes 2.50 m
- Longitud libre de 5 m y Longitud de Bulbo 5 m.
- Inyección de lechada relación A/C = 0.50

CONCRETO PROYECTADO.

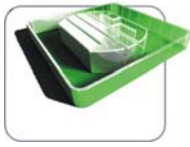
- m3 de concreto lanzado con resistencia 3000 PSI.

DRENES

- Perforación neumática.
- Drenajes de diámetro de 3”, con inclinación aproximada de+5 % con la horizontal.
- Tubería de revestimiento de 2” tipo sanitario, ranurada o perforada, con uniones de tipo pesado.
- Tubería revestida con geotextil no tejido del tipo NT - 1600.
- Longitud de los drenes promedio 40m

5.2.2 Descripción de la estructura.

Estos tipos de anclajes son armaduras metálicas un cable o torón tensionado en caso de anclajes activos o una varilla en el caso de los pasivos, alojadas en la



CONSTRUCCION

formación por medio de perforaciones y cementadas mediante inyecciones de lechada de cemento o mortero.

A través de la inyección, se forma un miembro empotrado en el extremo enterrado del tirante metálico colocado dentro de la perforación, por lo tanto las fuerzas que actúan sobre el anclaje inyectado no se transmiten al terreno en toda su longitud, sino solamente en el tramo de la zona inyectada.

Perforación: en diámetros entre 2” a 6”, dependiendo de las especificaciones del diseño. El método de perforación esta sujeto de condiciones como características de la formación a perforar, acceso a variables de cada sistema sea a rotación con lavado o roto percusión con aire comprimido, las partes que constituyen un anclaje se describen a continuación.

- **BULBO:** es la parte de la estructura que le transmite los esfuerzos al terreno se trata de un cuerpo de lechada de cemento en el fondo de la perforación inyectado a presión que aloja un torón o varilla sometida a tensión, transmitida hasta la cabeza del anclaje en la superficie del talud.
- **ZONA LIBRE:** Es la zona donde el tirante (guaya o varilla) puede alargarse bajo el efecto de la tracción. En esta zona el tirante está en contacto con la masa de suelo sin embargo durante el proceso constructivo se aísla mediante grasa y manguera para evitar efectos corrosivos.
- **CABEZA DEL ANCLAJE:** es el punto de unión entre la placa de apoyo (generalmente una zapata de concreto reforzado) y la superficie del talud.

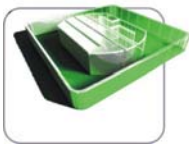
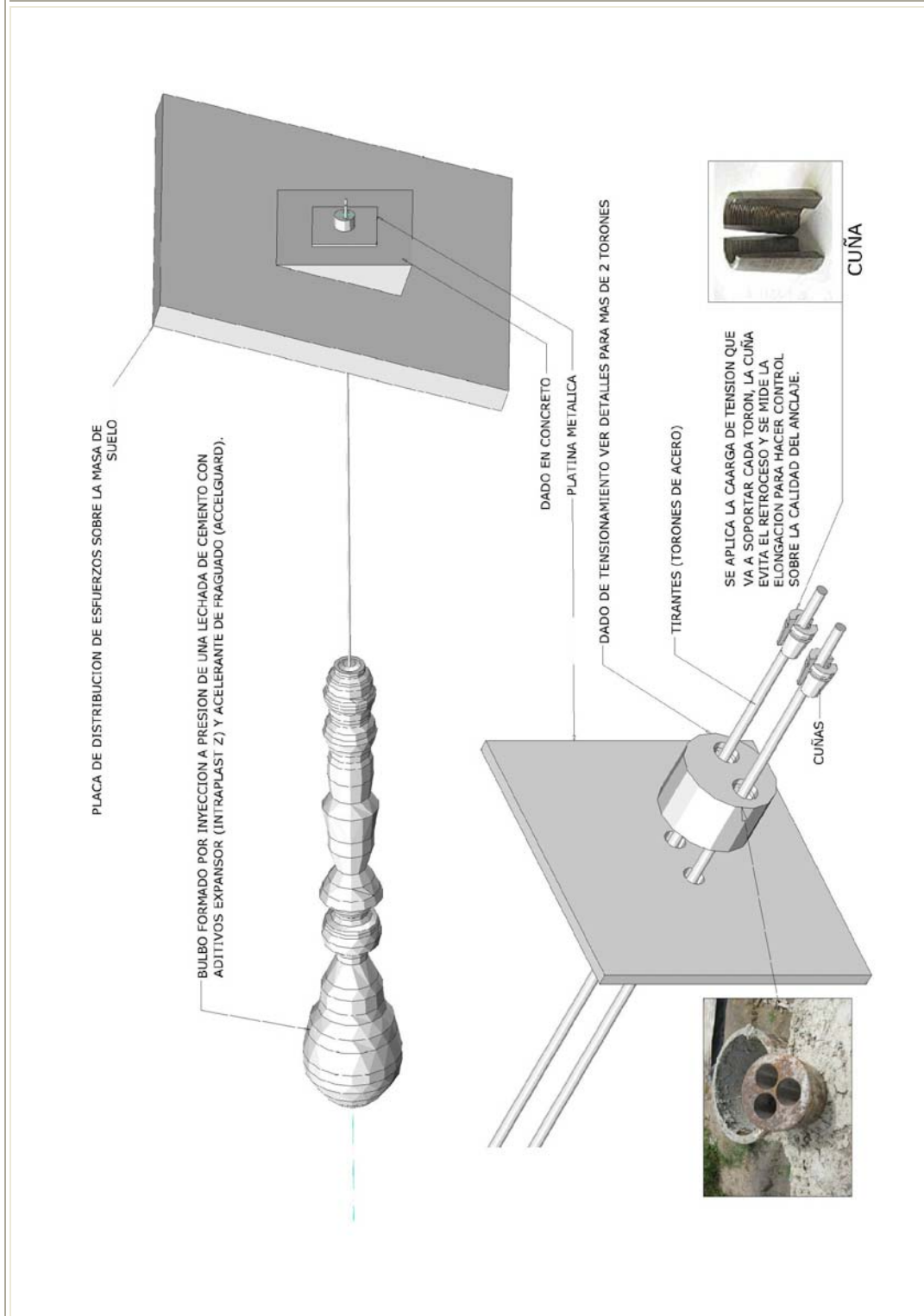


Ilustración 27. Esquema de pilote en camisa metálica.

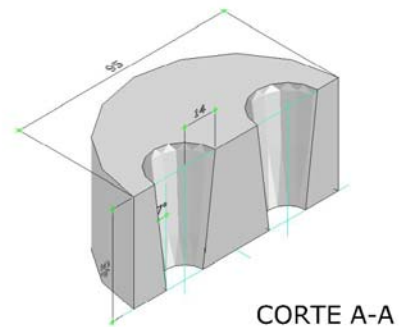
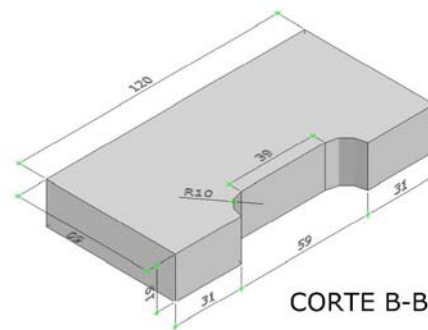




CONSTRUCCION

En la cabeza del anclaje encontramos algunos elementos que se describirán a continuación de manera un poco mas detallada, específicamente platinas y dados.

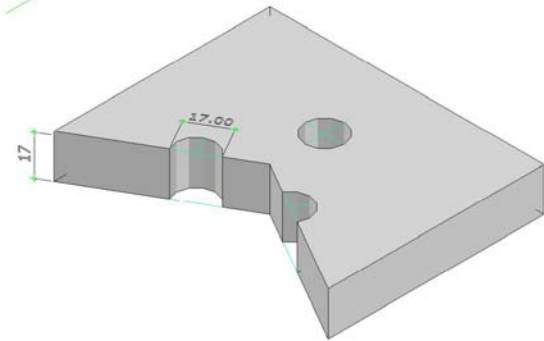
Ilustración 28. Platina y dado para anclaje de dos torones.



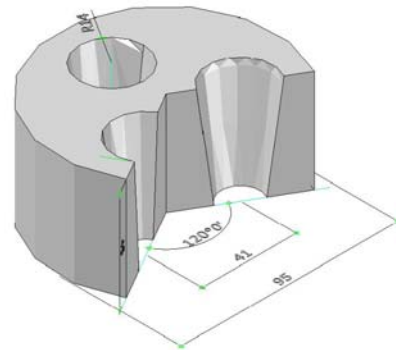
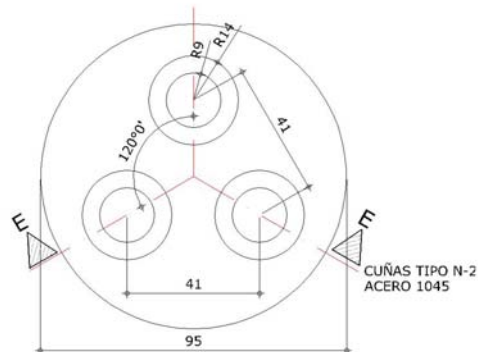
Archivo P&P Ltda



Ilustración 29. Platina y dado para anclaje de tres torones.



PLATINA ANCLAJE 3 CABLES Ø 1/2"
ESC_1:2



DADO DE TENSIONAMIENTO
PARA TRES CABLES
ESC_1:2

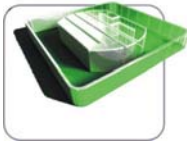
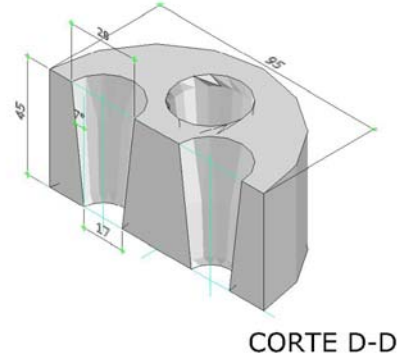
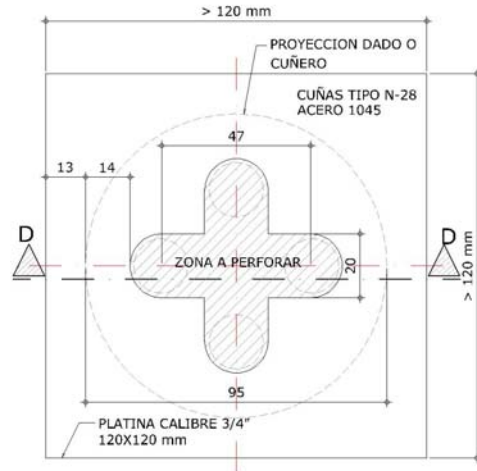
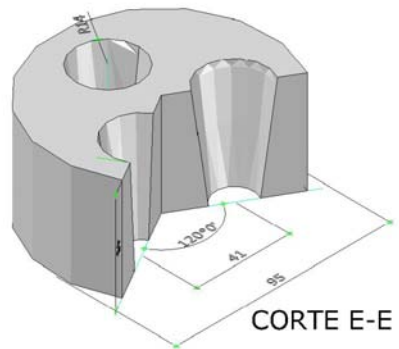
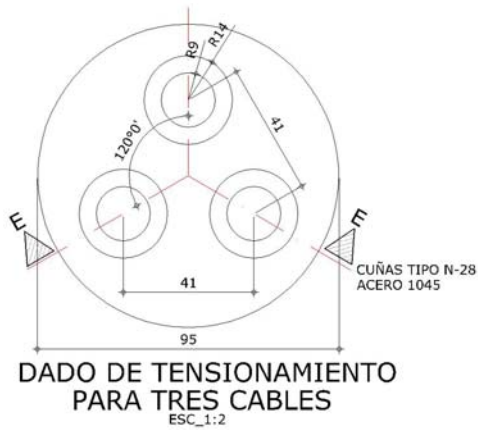


Ilustración 30. Platina y dado para anclaje de cuatro torones.



PLATINA ANCLAJE 4 CABLES $\varnothing \frac{1}{2}$ "
ESC_1:2

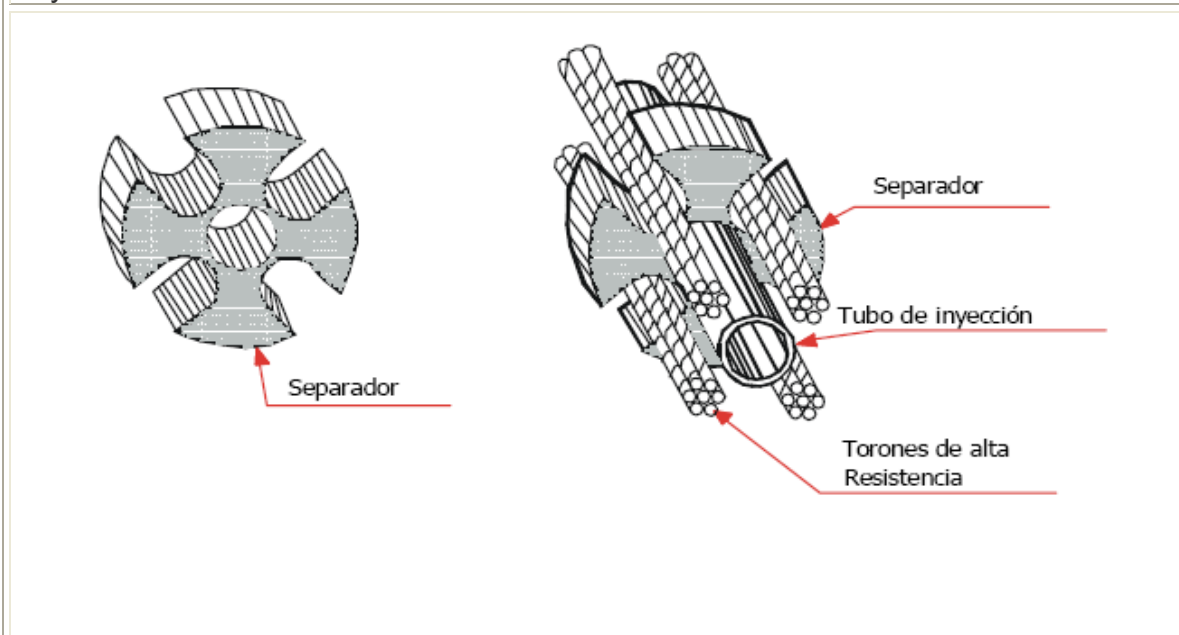


DADO DE TENSIONAMIENTO
PARA TRES CABLES
ESC_1:2

CORTE E-E

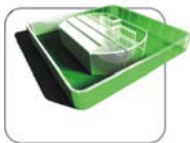
Ilustración 31.
inyección

Esquema de separadores para torones y líneas de



5.2.3 Procedimiento.

1. PERFORACION: se realiza una perforación según las especificaciones del estudio geotécnico, generalmente son perforaciones en diámetros entre 3", en ocasiones se requieren obras preliminares de adecuación del sitio por ejemplo armado de andamios, en tubería estructural y con abrazaderas metálicas.
2. ADECUACION DEL TIRANTE. De acuerdo al diseño el anclaje puede contar de 1 o más guayas en todo caso se debe hacer un tratamiento para acondicionar la estructura para maniobras de colocación, inyección y tensionamiento.
 - a) Corte de torones, manguera para inyección ($\Phi=1/2$ "cal. 60) y manguera para protección de los torones ($\Phi=3/4$ " cal. 40), una vez cortados se aplica una capa de grasa para facilitar el proceso de encauchetado.



CONSTRUCCION

- b) Se forra cada cable con manguera de $\frac{3}{4}$ " calibre 40 sellando uniones entre tramos de manguera con tiras de caucho y alambre negro.
- c) Se arma la estructura usando separadores de aluminio por donde se pasan los cables y la línea de inyección se recomienda colocar una línea auxiliar de inyección previendo taponamientos en la primera, en la parte del bulbo se colocan separadores cada 50 cm teniendo en cuenta que es el punto crítico de incidencia de la presión de inyección, en la zona libre se colocan separadores cada 1.5 m.
- d) Colocación: se introduce el conjunto de guayas con separadores en la perforación, sellando de la manera mas hermética posible (con sacos de cemento humedecidos), la entrada de la perforación para disminuir perdida de presión durante la inyección de la lechada.

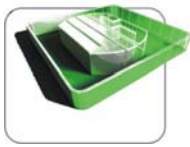


Ilustración 32. Izado torre metálica para equipo de perforación

a. torón de acero para anclajes



b. adecuación de los tirantes

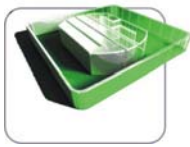


c. anclajes armados.



d. gancho en la punta para asegurar adherencia al la lechada de cemento





CONSTRUCCION

3. INYECCION. Se realiza el montaje del sistema de inyección el cual se describe en el procedimiento de inyección para pilotes(ver ilustración 31), conectando la línea del anclaje destinado a tal fin con un manómetro para realizar el control de presión de inyección con valores aproximados a los 200 psi, y este a su vez a la bomba de pistones, es recomendable tomar muestras cilíndricas de la lechada para ensayos de compresión con el fin de conocer el comportamiento de la mezcla en lo referente a tiempo de fraguado y adquisición de la resistencia requerida para garantizar la adherencia en la interfase bulbo-tirante. Para este proceso se usan aditivos combinación de acelerante y reductor de agua. Mejorando las propiedades plásticas y de endurecimiento del concreto tales como trabajabilidad, resistencia a la compresión y a la flexión y resistencia al congelamiento/descongelamiento; también se usa un aditivo expansor para mejorar la transmisión de esfuerzos entre masa de suelo y el bulbo.

4. FUNDICION DE PLACA DE ANCLAJE (DADOS): se trata de fundir una placa encargada de distribuir los esfuerzos sobre el talud, para esto se procede a hacer una excavación perfilando las dimensiones de la zapata, luego se procede a la colocación de la formaleta que por lo general es de madera debido a la irregularidad del terreno, se coloca entonces el refuerzo requerido por el diseño de la zapata o pantalla, se debe realizar una mezcla de concreto para una resistencia de 5000 psi ya sea manualmente o en mezcladora en este proceso se recomienda, tomar muestras representativas para el control de resistencia. En ocasiones por las condiciones de inclinación del terreno se recurre al sistema de colocación conocido como concreto proyectado.
En la ilustración se puede apreciar las etapas de la fundición del concreto, excavación, formaleteado y fundición.

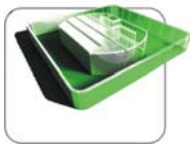


Ilustración 33. Izado torre metálica para equipo de perforación

a. excavación y armado de zapatas para anclaje

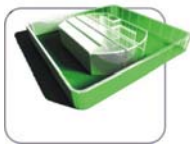


b. formateado del dado.



c. dados fundidos





CONSTRUCCION

TENSIONAMIENTO. Consiste en el proceso mediante el cual se le aplica la carga con la cual va a trabajar el anclaje, según el diseño. Para este procedimiento tanto el dado de concreto en la cabeza del anclaje como el bulbo deben haber alcanzado la resistencia de diseño.

La carga admisible de una armadura es igual al producto de la sección de acero por su límite elástico, multiplicado por un coeficiente de seguridad (0,6 para anclajes permanentes y 0,75 para anclajes provisionales). Por lo tanto, al utilizar anclajes permanentes la carga o tracción máxima admisible (*service load o design load*) corresponde a $T_a \leq 0,6 T_g$, siendo T_g la carga que representa el límite elástico considerando el 0,1% de la deformación en el diagrama $\sigma - \epsilon$, para barras o cables de alta resistencia, y 0,2 % para aceros normales.

En una forma aproximada $T_g \approx 0,85 F_{pu}$, es decir un 85% de la carga de rotura (*ultimate tensile load*), lo que conlleva a obtener finalmente que $T_a \approx 1/2 F_{pu}$.

Se trabaja los torones dentro del rango elástico por eso el control se realiza mediante la formula:

$$\Delta L = T * L / A * E$$

Donde:

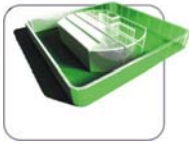
T= carga sobre el cable.

L= Longitud libre del cable.

A= Área de la sección transversal del cable.

E=Modulo de elasticidad del cable.

Estos datos son suministrados por el proveedor del torón, generalmente se les hace prueba de tensión y entregan una grafica de $\sigma - \delta$. A continuación se presenta el formato de para control de operaciones durante la construcción del anclaje, este formato tiene en cuenta las fechas para controlar tiempo de fraguado de la



lechada inyectada y dados, inyección de lechada, tensionamiento (elongaciones y cargas), etc.

Ilustración 34. Pantalla anclada (Vivero Nazaret, Bucaramanga)



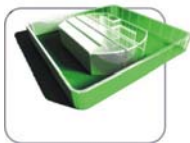


Ilustración 35. Formato de registro de actividades para construcción de anclaje inyectado

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> P&P <small>LABORATORIOS DE INGENIERIA</small> </div>	CONTROL DE PERFORACIÓN E INYECCIÓN DE ANCLAJES																							
	<small>CLIENTE:</small> _____ <small>PROYECTO:</small> _____ <small>LOCALIZACIÓN:</small> _____	<small>ADITIVO LECHADA</small> _____ <small>PROPORCIÓN:</small> _____																						
Actividad	No:	No:	No:	No:																				
Perforación: Equipo Diámetro (pulgadas) Longitud perforada (metros) Fecha de Perforación (d/m/a) Inclinación (grados) Tiempo: desde hasta Total (horas : Minutos) Material: Prof. = de a m = de a m = de a m																								
Inyección: Fecha (d/m/a) Bomba Consumo (bultos) Presión final de inyección (bares) Relación A/C Cemento usado Aditivo (proporción en peso)																								
Gato : Enerpac RCH 606 Capacidad : 60 t Altura : 32,4 cm (12,75 in)	Torón	ϕ : ½"	Área (mm ²) Carga de trabajo P _t (t) : 10,0 Resistencia última (t) : 18	Módulo E (t/mm ²) $\Delta L = (P_x L) / (A_x E)$																				
Descripción	Control de tensionamiento del anclaje																							
Características Anclaje Cable Carga de trabajo anclaje (P _{t en t}): No de cables Carga de trabajo / cable (P _{t en t}): Longitud anclaje (m) Longitud libre real (m) Longitud real bulbo (m)																								
Etapas Tensionamiento <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Primera</td> <td>Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P_t</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Segunda</td> <td>Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P_t</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Tercera</td> <td>Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P_t</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Cuarta</td> <td>Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P_t</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Primera	Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P _t				Segunda	Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P _t				Tercera	Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P _t				Cuarta	Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P _t							
Primera	Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P _t																							
Segunda	Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P _t																							
Tercera	Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P _t																							
Cuarta	Elongación leída (cm) Fecha Carga (t) = P _t																							
Responsable																								

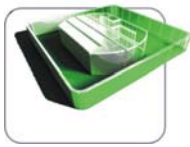
Abreviaturas: P = Carga de tensionamiento (t)
 L = Longitud libre del cable (cm)
 P_t = Carga de trabajo

ΔL = alargamiento teórico a
 A = Área efectiva del cable (cm²)
 E = Módulo de elasticidad del cable (t/cm²)
 [] = Valores de área y módulo de cable desnudo



CONSTRUCCION

1. Se debe verificar que el dado de concreto y bulbo hayan alcanzado la resistencia especificada, que las platinas y dados estén correctamente cortados y contar con la cantidad de cuñas necesarias. además verificar que se disponen de los siguientes datos:
 - Estiramiento o alargamiento nominal (teórico) que se debe obtener para cada etapa de tensionamiento.
 - Carga a la que se va a tensionar
 - Número de etapas con las que se va a tensionar.



2. Realizar el montaje de platinas, dados y cuñas enhebrados en los cables.

Ilustración 36. Montaje para tensionamiento

a. instalación platina



b. instalación dado,

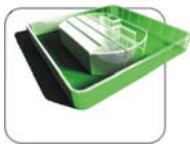


c. instalación cuñas



d. segundo dado





e. instalación mesa metálica y gato de tensionamiento.



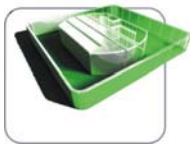
f. montaje terminado



3. Asegurar el gato aplicando un 10% de la carga de tensionamiento del torón, e instalar la reglilla como punto de referencia para medir elongaciones.

Ilustración 37. Montaje de la reglilla de referencia de elongacion





4. Aplicar la carga en forma continua hasta alcanzar el valor de la fuerza que se va a aplicar en la etapa de tensionamiento que se está haciendo. Usualmente el tensionamiento se divide en etapas generalmente 3 o 4. Al alcanzar la carga de cada etapa se debe medir y registrar la carga y la elongación. Las etapas se pueden aplicar en el mismo día o en diferentes fechas.

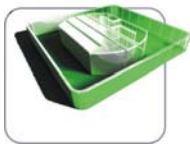
Ilustración 38. Aplicación de carga y registro

a. Aplicación de la carga.



b. registro de la elongación.





5.3 DRENES HORIZONTALES DE PENETRACION.

5.3.1 Obra ejecutada.

Construcción De Drenes Horizontales En El Pr 44 De La Vía La Fortuna - Lebrija.

5.3.2 Especificaciones del proyecto.

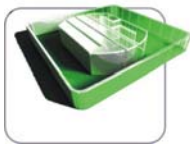
DRENES

- Perforación hidráulica y/o neumática.
- Drenajes de diámetro de 3", con inclinación aproximada de +10° con la horizontal.
- Tubería de revestimiento de 2" tipo sanitario, ranurada o perforada, con uniones de tipo pesado.
- Tubería revestida con geotextil no tejido del tipo NT - 1600.
- Longitud de los drenes promedio 50 m.

5.3.3 Descripción de la estructura de drenes de penetración.

Un dren horizontal o subdrén de penetración consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo mediante una perforación profunda sub-horizontal o ligeramente inclinada, con la cual se busca abatir el nivel freático hasta un nivel que incremente la estabilidad del talud al valor deseado .

El diámetro de las perforaciones es de aproximadamente 3 a 4 pulgadas dentro de las cuales se colocan tuberías perforadas. Generalmente, se recomienda



perforaciones con tricono unido a tubería de perforación NQ. Este hueco es de aproximadamente de 4 ½ pulgadas. La principal ventaja de los subdrenes horizontales es que son rápidos y simples de instalar y se puede obtener un aumento importante del factor de seguridad del talud en muy poco tiempo. ⁽²⁾.

En los subdrenes, generalmente la tubería ranurada va forrada en geotextil no tejido tipo NT – 1600. Para evitar el paso de material de sedimento al interior de la tubería una vez instalada.

5.3.4 Procedimiento.

- Instalación y montaje de los equipos de perforación sea cual fuere el método de perforación, en cualquier caso se debe evaluar la disponibilidad de material necesario, por ejemplo, si se trata de perforación a rotación y lavado se requiere cierta cantidad de agua para el flujo de lodo en operaciones de perforación. Si se trata de perforación con aire comprimido se requiere espacio adecuado para el compresor.
- Perforación, el montaje se realiza como se describió cada método de perforación, en este caso, a rotación, broca-sustituto-tren de varillaje-swivel. se recomienda revestir hasta cierta profundidad, inicialmente los primeros 6 metro de perforación para evitar el desmoronamiento de las paredes de la excavación. Normalmente se realiza perforación con tubería de AW y con tricono 2 15/16” para insertar tubería de 2” con uniones tipo presión.

(2) SUAREZ DIAZ, Jaime. Deslizamientos. Ediciones UIS. Bucaramanga 2009. p.80, c. 2.

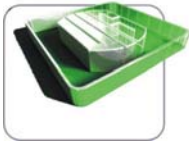


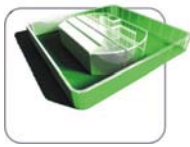
Ilustración 39. Perforación subdrenes de penetración.

a. perforación.



b. tubería de revestimiento.





- preparación del cuerpo del dren es decir se debe ranurar la tubería, según recomendaciones del profesor Jaime Suarez “La tubería se puede perforar con agujeros circulares o ranurar en sentido transversal (Fotografía 2.6). Los orificios de la tubería se hacen generalmente en diámetros de 5 a 1.5 milímetros, con una densidad de 15 a 30 agujeros por metro de tubería. Entre mayor sea la abertura de las ranuras, el tubo permite un paso de agua más fácil, pero al mismo tiempo permiten el paso de arena y limo a través de los orificios.”

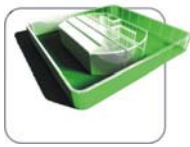
Ilustración 40. Tubería ranurada.

a. soporte para operaciones de ranurado.



b. tubería de revestimiento.





CONSTRUCCION

- una vez ranurada la tubería se procede a envolverla en geotextil, dejando una zona de traslapo para las uniones, además de esto el primer tubo se deja en punta, como se puede ver en la ilustración 41.b. para facilitar su colocación en la perforación, en ocasiones se requiere una reperfusión antes de instalar la tubería.

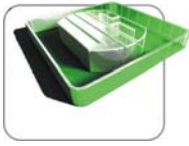
Ilustración 41. Tubería forrada en geotextil

a. Envolviendo la tubería en geotextil.



b. tubería de revestimiento.





CONSTRUCCION

- finalmente se instala la tubería dentro de la perforación, Terminada la instalación de la tubería, obture el anular de la boca del dren con arcilla o bentonita o una mezcla de pasta de mortero y bentonita, asegundo que la longitud obturada sea del orden de 50 cm.

CONCLUSIONES

- En términos generales se concluye que la documentación a través de la experiencia práctica, es una de las mejores alternativas desde el punto de vista de aprendizaje académico para la aplicación a los diferentes procesos de las actividades productivas, en especial en el área de ingeniería civil.
- El conocimiento detallado de las variables que intervienen en los procesos constructivos mencionados influirán de manera directa en el resultado y término eficiente de la misma, ya que la omisión de cualquiera de estas variables podría incurrir en demoras con el tiempo de ejecución planeado y a su vez en sobrecostos que serán cargados al proyecto.
- Es importante la documentación previa a la ejecución de una obra, el presente documento pretende ser una herramienta de fácil acceso para profesionales que en determinada etapa de su vida profesional se vean enfrentados a la ejecución de obras como pilotes, anclajes y exploración geotécnica.
- El presente documento recopila información básica para ejecutar las obras mencionadas de manera descriptiva, sirve como guía inicial para el profesional que decida ejecutar una.
- El presente documento espera ser de ayuda al ingeniero encargado en la firma P&P Ltda. para visualizar por lo menos en un principio de las actividades a realizar durante cada una de las obras que ejecutar dentro de la lista de especialidades de la firma, así desde este punto de vista mejorar el sistema.

BIBLIOGRAFIA.

- DELGADO VARGAS, Manuel. Ingeniería de Fundaciones. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 1996.
- COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Normas De Ensayo De Materiales Para Carreteras. Bogotá 1998.
- Plan de Calidad. Bucaramanga, P&P Ltda., 2002.