



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE AGRONOMÍA
CARRERA DE GEOLOGÍA Y MINAS

**“CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO EN EL
PROYECTO HIDROELÉCTRICO QUIJOS MEDIANTE EL
MÉTODO ALIMAK”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y MINAS**

AUTOR

JIMÉNEZ ROJAS FRANKLIN ESTALIN

MACAS- ECUADOR

2016

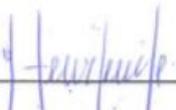
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR CERTIFICAN QUE: el trabajo de investigación titulado “CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO QUIJOS MEDIANTE EL MÉTODO ALIMAK”, de responsabilidad del Sr. Egresado Franklin Estalin Jiménez Rojas, ha sido prolijamente revisada quedando autorizada su presentación.

En la ciudad de Macas, a los 08 dias del mes de Enero del 2016

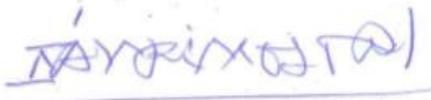
Para constancia de lo señalado, firman en unidad de acto:

TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. Henry Herman Remache.

DIRECTOR



Ing. Iván Arturo Pino

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Franklin Estalin Jiménez Rojas, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Macas, 08 de enero de 2016.



Franklin Estalin Jiménez Rojas

CC. 190071507-7

DEDICATORIA

Para triunfar en la vida no es importante llegar primero, para triunfar simplemente hay que llegar. Al culminar uno de mis objetivos dedico el presente Trabajo de titulación a:
Dios, por ser el creador de mi vida y darme fuerza para no desfallecer ante las adversidades y vencer todos los obstáculos.

Con mi corazón dedico a mis padres, Crisanto Jiménez y Lilia Rojas, que han dado todo de sí mismo, brindándome su comprensión, amor, consejos, cuidados y mucha motivación para salir adelante en los momentos de dificultades, ayudándome a cumplir un objetivo más en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso, por brindarme la dicha de la vida, además de darme salud y perseverancia para vencer los obstáculos en el transcurso de mi carrera.

A la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, hogar del conocimiento, cuyas aulas fueron testigos de los mejores momentos de carrera.

A los profesores de la Escuela de Geología y Minas, por impartirnos sus conocimientos y formarnos como verdaderos profesionales.

A mis amigos y compañeros por compartir los mejores momentos de mi carrera.

Y muy especial a mis padres Lilia y Crisantos, y a mi hermana Betty, las personas más importantes en mi vida, quienes han guiado cada uno de mis pasos enseñándome el valor de la constancia y perseverancia para alcanzar mis metas.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

N:	Norte
S:	Sur
E:	Este
O:	Oeste
EEQ:	Empresa Eléctrica Quito
PUCE:	Pontificia Universidad Católica del Ecuador
MW:	Mega Watts
PHQ:	Proyecto Hidroeléctrico Quijos
CELEC:	Corporación Eléctrica del Ecuador
CNEEC:	China National Electric Engineering Co. Ltd.
BGS:	British Geological Survey
EMAAPQ:	Empresa de Agua Potable de Quito
SCHE:	Sondeo de la Chimenea de Equilibrio
RQD:	Índice de Calidad de la Roca

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4 ALCANCE.....	3
1.5 DATOS GEOGRÁFICOS DE LA ZONA	3
1.5.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	3
1.5.2 Aspectos fisiográficos	6
1.5.2.1 Morfología	6
1.5.2.2 Hidrografía.....	6
1.5.2.3 Clima	7
1.5.2.4 Vegetación	7
1.5.3 Aspectos socioeconómicos.....	8
1.5.4 Trabajos anteriores	8
1.5.5 Problemas durante la construcción.....	10
1.5.6 Metodología	11
II. GEOLOGÍA REGIONAL	12
2.1 AMBIENTE GEOLOGICO REGIONAL	12
2.1.1 Geomorfología	12
2.1.2 Litología	13
2.1.2.1 Paleozoico.....	13

2.1.2.2 Mesozoico.....	13
2.1.2.3 Cenozoico	14
2.1.3 Geología estructural	16
2.2 GEOLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO	17
2.2.1 Morfología.....	17
2.2.2 Litologías y estructuras	19
2.2.2.1 Rocas del basamento	19
2.2.2.2 Unidades de los depósitos cuaternarios	20
2.2.2.3 Estructuras	27
2.2.3 Vulcanología y Sismología	29
2.2.3.1 Riesgo Volcánico.....	29
III. CARACTERISTICAS GEOTÉCNICAS DEL MACIZO ROCOSO	32
3.1 UBICACIÓN Y PROFUNDIDAD DEL SONDEO.....	32
3.2 CARACTERIZACIÓN DEL SONDEO SCHE-01 REALIZADO EN LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO.	34
3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO	41
3.4 CLASIFICACIÓN GEOLÓGICO –GEOTÉCNICO DEL SONDEO SCHE-01	42
3.5 MAPEO GEOLOGICO DEL SONDEO SCHE-01.....	47
3.5.1Litologías.....	47
3.5.1.1 Interpretación y mapeo geológico – geotécnico a partir del sondeo sche-01	47
3.5.1.2 Descripción del SCHE-01	48
IV. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA ALIMAK.....	50
4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PLATAFORMA ALIMAK	50
4.2 OBJETO DE CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS.....	56
4.3 PARÁMETROS A CONSIDERARSE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO QUIJOS.....	56
4.4 DISEÑO DE CHIMENEA PARA LA ELECCIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO.....	58

4.5 CALCULO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA	61
4.5.1 Sistemas de iniciación y accesorios de voladura.....	61
4.5.2 Tipo de sustancia explosiva.....	62
4.5.3 Cálculo y diseño del diagrama de perforación	63
4.5.3.1 Cálculo de las secciones del cuele.....	64
4.5.3.2 Cálculo de los anillos que incluye destroza y contorno.....	66
4.6 VENTILACIÓN	77
4.6.1 Cantidad de aire necesario en las labores	77
4.6.1.1 Por el número de personas.....	78
4.6.1.2 Por la cantidad de sustancia explosiva	79
4.6.2 Total de la cantidad de aire requerido	80
4.6.3 Velocidad de aire.....	80
4.6.4 Cálculo del diámetro de la tubería a utilizarse	81
4.6.5 Producción del aire del ventilador tomando en cuenta fugas (Qv)	81
4.6.6 Elección del ventilador.....	81
4.7 CARGUÍO Y TRANSPORTE.....	82
4.7.1 Elección del equipo de cargado.....	83
4.7.2 Ciclo de movilidad para el cargado y transporte	85
4.7.3 Tiempo de carguío y transporte del material.....	87
4.8 SOSTENIMIENTO PRELIMINAR	91
4.8.1 UNIDADES GEOMECÁNICAS.....	91
4.9 CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES DE AVANCE DE LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO	99
4.9.1 Costos de capital fijo	100
4.9.2 Costos directos	100
4.9.3 Costos indirectos	104
4.9.4 Costo total de perforación y voladura	104

4.10	SEGURIDAD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	117
4.10.1	Introducción	117
4.10.2	Equipo de protección personal (epp).....	117
4.10.3	Identificación y señalización.....	118
4.10.4	Medidas de seguridad con relación a la presencia de agua en la chimenea.....	121
4.10.5	Medidas de seguridad en la perforación.....	122
4.10.6	Medidas de seguridad en la carga de barrenos.....	122
4.10.7	Medidas de seguridad en el manejo y transporte de explosivos	123
4.10.8	Medidas de seguridad antes y después de la voladura.....	124
4.10.9	Medidas de seguridad en la excavación	124
4.10.10	Medidas de seguridad en el sostenimiento	125
4.10.11	Medidas de seguridad en la carga y transporte del escombros	127
4.11	ASPECTOS MEDIO AMBIENTALES	127
4.11.1	Introducción	127
4.11.2	Zona de influencia.....	128
4.11.3	Alteración de la calidad del aire	128
4.11.4	Residuos sólidos y líquidos	129
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
5.1	CONCLUSIONES	130
5.2	RECOMENDACIONES.....	132
VI.	RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
VII.	BIBLIOGRAFÍA	135
VIII.	ANEXOS	137

LISTA DE TABLAS.

		Pag.
Tabla 1.	Coordenadas Proyecto hidroeléctrico Quijos.....	4
Tabla 2.	Velocidad de avance del sondeo y recuperación.....	36
Tabla 3.	Recuperación de los testigos de perforación.....	36
Tabla 4.	Índice de la calidad de la roca.....	37
Tabla 5.	Meteorización en el sondeo.....	38
Tabla 6.	Espaciamiento entre las discontinuidades.....	39
Tabla 7.	Resultados de ensayos de muestras.....	41
Tabla 8.	Calificación de la roca por RMR para la chimenea de equilibrio.....	43
Tabla 9.	Resistencia a la compresión uniaxial.....	43
Tabla 10.	RQD.....	44
Tabla 11.	Espaciado entre las discontinuidades.....	44
Tabla 12.	Condiciones de las discontinuidades.....	46
Tabla 13.	Agua.....	46
Tabla 14.	Características de la chimenea de equilibrio.....	58
Tabla 15.	Equipo LINDEN – ALIMAK.....	59
Tabla 16.	Unidad Alimak STH – SEE.....	59
Tabla 17.	Características Stoopor Fujian YSP45.....	60
Tabla 18.	Generalidades para la elección del explosivo.....	61
Tabla 19.	Parámetros de las sustancias explosivas seleccionadas.....	63
Tabla 20.	Clasificación de la roca por tipo y geomecánica.....	74
Tabla 21.	Conectores de retardo.....	77
Tabla 22.	Categorías en función de la seguridad.....	78
Tabla 23.	Flujo de aire en función de la cota.....	78
Tabla 24.	Características del ventilador.....	82
Tabla 25.	Especificaciones de cargadora frontal Liu-Gong 835CLG.....	83
Tabla 26.	Especificaciones de camión Forland volquete.....	85
Tabla 27.	Parámetros de roca para clase V.....	92
Tabla 28.	Parámetros de roca para case IV.....	94
Tabla 29.	Parámetros de resistencia y deformabilidad de la unidad III.....	95
Tabla 30.	Parámetros de resistencia y deformabilidad de la unidad II.....	96

Tabla 31.	Parámetros de resistencia y deformabilidad de la unidad II.....	98
Tabla 32.	Ciclo de trabajo, personal de labores y duración.....	99
Tabla 33.	Duración de la excavación de la chimenea de equilibrio.....	99
Tabla 34.	Costo del ventilador.....	100
Tabla 35.	Costos de un perforista.....	101
Tabla 36.	Resumen costos hora de mano de Obra.....	102
Tabla 37.	Costos de los equipos.....	103
Tabla 38.	Costos de alquiler de la plataforma Alimak.....	103
Tabla 39.	Costos de explosivo de una pega de 2,70.....	104
Tabla 40.	Porcentaje a tomarse en cuenta.....	104
Tabla 41.	Costos saneo.....	105
Tabla 42.	Costos carguío.....	106
Tabla 43.	Costo del transporte del material fragmentado.....	107
Tabla 44.	Topografía.....	108
Tabla 45.	Perforación.....	109
Tabla 46.	Carguío de sustancias explosivas y disparo.....	111
Tabla 47.	Costos de ventilación.....	112
Tabla 48.	Costos de instalación de agua, aire y electricidad.....	113
Tabla 49.	Costo total por avance.....	115
Tabla 50.	Costo total de excavación aplicando la metodología Alimak.....	116

LISTA DE FIGURAS

		Pag.
Figura 1.	Ubicación del área de estudio.....	5
Figura 2.	Últimas modificaciones “Alternativa Alta” al proyecto Quijos.....	10
Figura 3.	Establecimiento de la geodinámica del arco ecuatoriano en convergencia de las placas de Nazca y Sudamericanas.....	17
Figura 4.	Esquema de un corte de dirección norte – sur de los depósitos cuaternarios.....	26
Figura 5.	Mapa de principales estructuras geológicas regionales del área.....	28
Figura 6.	Ubicación del volcán Antisana, centro eruptivo más cercano al área de estudio.....	31
Figura 7.	Coordenadas de la chimenea de equilibrio.....	32
Figura 8.	Esquema de la geología de la chimenea de equilibrio.....	33
Figura 9.	Esquema del equipo plataforma y nido, modificado de LINDEN.....	51
Figura 10.	Secuencia operacional con el Alimak.....	55
Figura 11.	Ciclo de trabajo Alimak.....	61
Figura 12.	Esquema del diagrama de perforación de la chimenea de 4,20 de diámetro.....	64
Figura 13.	Diagrama del cuele	66
Figura 14.	Ventilador Axial Fbcz-4-N°12 CHINA COAL.....	82
Figura 15.	Cargadora frontal.....	84
Figura 16.	Señales de Advertencia.....	118
Figura 17.	Señales de Obligación.....	119
Figura 18.	Señales de Peligro.....	119
Figura 19.	Señales de Evacuación.....	120
Figura 20.	Señales de Información.....	120
Figura 21.	Señales de Prohibición.....	121

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

		Pag.
Fotografía 1.	Morfología del Proyecto hidroeléctrico Quijos.....	18
Fotografía 2.	Depósitos aluviales en el cauce del rio papallacta.....	21
Fotografía 3.	Afloramiento de lava columnar de la Unidad Q3I.....	23
Fotografía 4.	Detalle del material aluvial de arena fina de la unidad Q3i.....	25
Fotografía 5.	Volcán Antisana cercano al área de estudio.....	30
Fotografía 6.	Caja de porta-testigos de 0,00 a 4,00m.....	48
Fotografía 7.	Plataforma trepadora alimak, modelo STH-5E.....	50
Fotografía 8.	Jaula y el carril de la plataforma alimak a ser colocado entre la cámara y chimenea.....	52
Fotografía 9.	Perforadora neumática stooper YSP45 FUJIAN CHINA.....	60
Fotografía 10.	Metodología de cargado.....	86
Fotografía 11.	Brechas volcánicas con niveles de paleosuelos.....	91

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Glosario
Anexo B	Mapa geológico general
Anexo C.	Mapa geológico local
Anexo D.	Ubicación de la chimenea de equilibrio
Anexo E.	Perfil geológico geotécnico de la chimenea de equilibrio
Anexo F.	Registros Fotográficos de los testigos SCHE-01
Anexo G.	Reportes del sondeo SCHE-01
Anexo H.	Pruebas de permeabilidad Lefranc y Lugeon
Anexo I.	Ensayos de laboratorio
Anexo J.	El Mapeo Geológico – Geotécnico de la CHE-01 del Tramo I
Anexo K.	Diagrama de voladura y secuencia de encendido
Anexo L.	Ventilación Chimenea Alimak – Sondeo
Anexo LL.	Volquete Forland
Anexo M.	Esquema de movilidad
Anexo N.	Detalle del sostenimiento para roca tipo V
Anexo Ñ.	Vista de la chimenea en sección, cerchas cada metro
Anexo O.	Sección de la chimenea con pernos y drenajes puntuales, roca tipo III
Anexo P.	Detalles del perno en roca tipo II
Anexo Q.	Pernos eventuales en roca tipo I
Anexo R.	Cronograma de actividades

I. INTRODUCCIÓN

En vista del continuo crecimiento de la demanda de energía en el país se ha incentivado la incorporación de varias leyes que pretenden impulsar la expansión del sector eléctrico, considerando así un sector estratégico para el desarrollo económico y productivo de la Nación en Proyectos de mediana y baja potencia que en conjunto superan los 1700 MW.

Es así que, se ha puesto en marcha la construcción de 16 centrales hidroeléctricas, basándose en los estudios que se encontraban archivados, como es el caso del Proyecto Hidroeléctrico Quijos.

El presente Trabajo guarda relación con el Proyecto Hidroeléctrico Quijos, por lo que se describe la zona en la cual se ubica el proyecto y sus características geológicas, pero lo más relevante es que define una propuesta constructiva para la chimenea de equilibrio, la cual constituye una labor de gran importancia en el proyecto.

El estudio va exponiendo la secuencia de construcción a través de sus litologías aplicando el método constructivo Alimak, con sus respectivos cálculos de perforación y voladura, equipamiento, sistema de ventilación y revestimiento de la Chimenea.

A través de la aplicación del método constructivo Alimak y organización de los diferentes trabajos se presentará esta propuesta al interesado, poniendo como énfasis su maniobrabilidad y ventajas costo -beneficio.

1.1 ANTECEDENTES

El proyecto de titulación se desarrolla con base a las investigaciones geológicas geotécnicas efectuadas en la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Quijos. Los estudios definitivos del Proyecto Hidroeléctrico Quijos culminaron en el 2001, a cargo de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ). En los años siguientes el proyecto pasó a formar parte de los proyectos emblemáticos del sector hidroeléctrico, ofreciéndose su generación para el 2016.

Las obras civiles en el proyecto iniciaron a inicios del 2012, con varias empresas públicas y privadas, tales como: Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) (Contratante), China National Electric Engineering Co. Ltd (CNEEC) (Constructora) y ASTEC – INTEGRAL (Fiscalización). Hasta la fecha el porcentaje de avance de construcción del PH Quijos es de 45,8%.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Proponer la metodología constructiva ALIMAK para la chimenea de equilibrio del Proyecto Hidroeléctrico Quijos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Recopilación de la información geológico – geotécnica.
- b) Análisis del modelo geológico actualizado con nuevas investigaciones geotécnicas.
- c) Definir unidades geotécnicas en la Chimenea de Equilibrio
- d) Diseñar el sostenimiento adecuado para cada una las unidades geotécnicas
- e) Describir la metodología ALIMAK y estimar los costos y tiempos de duración.

1.4 ALCANCE

Este estudio no contempla la realización de una nueva cartografía geológica, tan solo se limita a una compilación de mapas geológicos e investigaciones de laboratorios, realizados por CELEC y otros. Además, se incluye el reconocimiento geológico de superficie de la Chimenea, conjuntamente con la supervisión y revisión del sondeo SCHE-01, dicha perforación fue solicitada por el equipo de expertos.

1.5 DATOS GEOGRÁFICOS DE LA ZONA

1.5.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La chimenea de equilibrio se localiza en la parroquia Cuyuja, del cantón Quijos perteneciente a la provincia de Napo, distante a 80 km al sureste de Quito y a 17 km de la población de Papallacta, en la vía hacia Baeza.

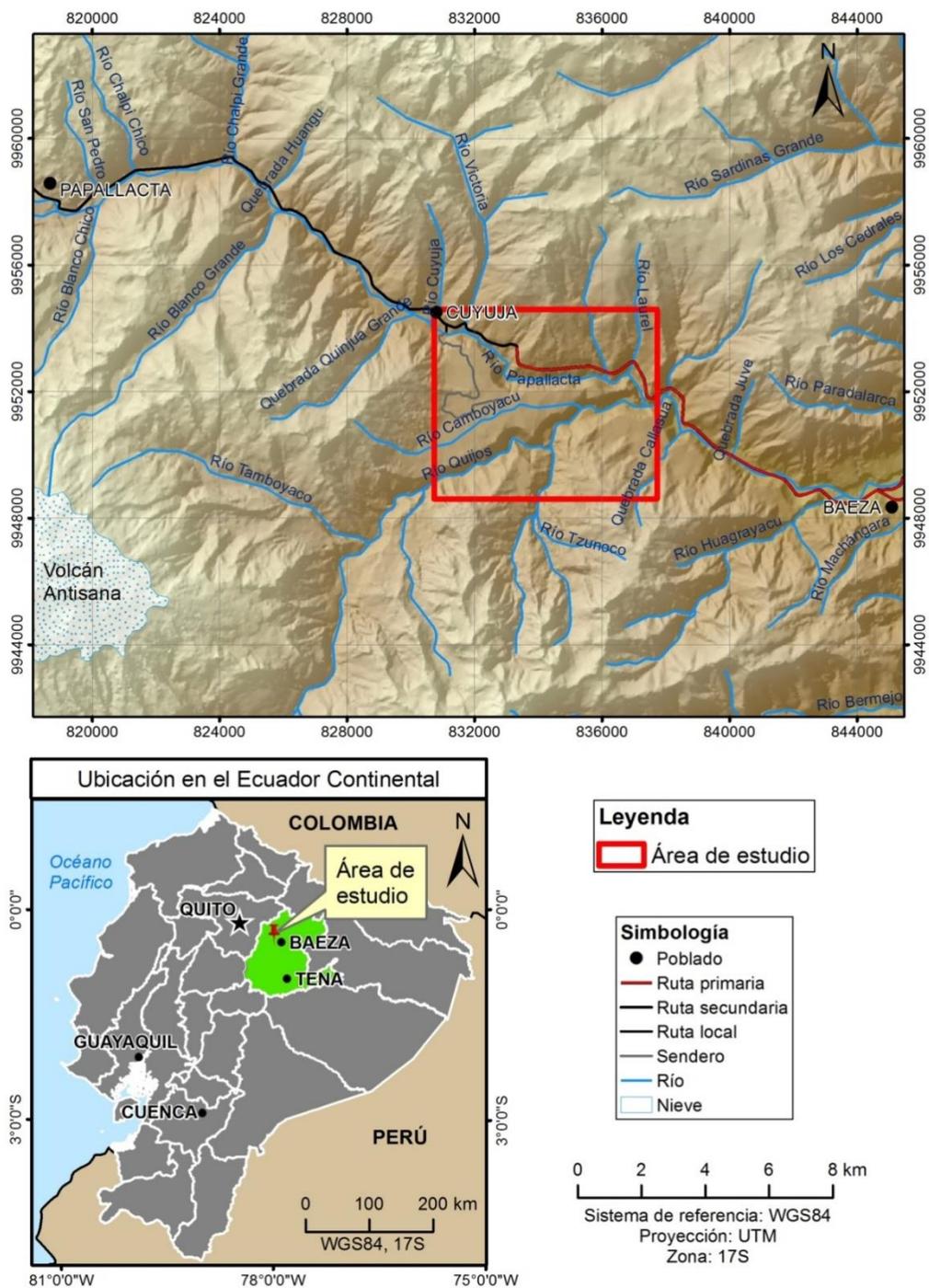
Para acceder a la zona de estudio se debe avanzar desde la ciudad de Quito, por la carretera asfaltada Pifo-Papallacta-Baeza. Antes de Baeza está la parroquia Cuyuja, hacia la Chimenea de Equilibrio se recorre una vía de segundo orden, aproximadamente 7 km. Los caminos de acceso del proyecto, están contruidos a la toma del río Papallacta, ventana 1, ventana 2, casa de máquinas y se encuentran en construcción los caminos hacia la chimenea de equilibrio y la toma del río Quijos.

La zona de estudio consta de 1 Ha, formando un rectángulo que se extiende de norte a sur con 100 m y de este a oeste con 100 m. Las coordenadas UTM del área de la chimenea se presentan en la Tabla N°1.

Tabla 1. Coordenadas proyecto hidroeléctrico quijos.

COORDENADAS DEL AREA DE LA QUIMENEA DE EQUILIBRIO		
ESTACION	E (m)	N (m)
Punto A	836980	9952500
Punto B	836980	9952480
Punto C	837020	9952500
Punto D	837020	9952480
PUNTOS DE REFERENCIA DE CH-1		
PUNTO	E (m)	N (m)
CH-1	837000.14	9952492.14

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



1.5.2 Aspectos fisiográficos¹

1.5.2.1 Morfología

La zona de estudio se ubica en la región fisiográfica de la Sierra, en las estribaciones orientales de la Cordillera Real. La morfología presenta relieves de cumbres, picos y mesetas, con elevaciones de 2.600 a 2.000 m. La principal elevación de la cuenca del Quijos es el volcán Antisana, de algo más de 5.753m de altura.

La meseta de Huila-La Esperanza (18833183E; 19952104N, ± 2.600 msnm) cuyo eje mayor tiene una dirección oeste-este, donde se implantarán las obras de conducción (túneles de carga, principal, chimenea de equilibrio, etc.) es una zona semiplana, favoreciendo áreas de encharcamiento temporales y humedales. Esta se formó por la depositación de productos del Volcán Antisana y por depósitos de los ríos Quijos y Papallacta.

Debido a la pendiente elevada de las cumbres, se tiene áreas muy inestables observándose desprendimientos de bloques, deslizamientos y reptación, fluencia de arcillas (material fino), detritus y arrastres torrenciales (fango, lodo).

1.5.2.2 Hidrografía

La zona de estudio hidrográficamente se ubica en la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Quijos-Coca, incluida en la cuenca del río Napo, los principales drenajes son Quijos y Papallacta que desembocan a la cuenca Amazónica y seguidamente al Océano Atlántico. El área de influencia del PH Quijos está entre la Reserva Ecológica Cayambe - Coca y la Reserva Ecológica Antisana.

El PH Quijos no tiene contemplado un embalse, sino aprovecha el caudal a filo de agua, la cual utiliza parte del flujo de los ríos Papallacta y Quijos con un total de 22 m³/s (caudal de diseño). Una característica adicional es que alimentará con sus aguas turbinadas a la central Baeza de la EEQ.

¹ASTEC - Integral.(2013). *Informe Geológico de avance. Proyecto Hidroeléctrico Quijos.-Ecuador.*

1.5.2.3 Clima

Las condiciones climáticas en el área de estudio son desfavorables, con una temperatura promedio anual entre los 5 a 29,8°C. En la zona prácticamente llueve todos los días, la precipitación promedio anual va entre 1.300 a 1.950 mm/año.

Las horas de sol, son escasas, con un valor promedio de 50 a 60 días al año.

Otro factor climático es el viento, los valores son: 28 km/hora en Papallacta y en el Reventador 41 km/hora. Los vientos son más fuertes a las 13 horas.

1.5.2.4 Vegetación

La vegetación de la zona de influencia del PH. Quijos corresponde a Bosque lluvioso montano alto y bosque siempre verde pie montano.

Debido a la intervención del hombre se tienen pastizales y cultivos. Los cultivos son por demás esporádicos y corresponden a especies de ciclo corto y únicamente sustentan el autoconsumo.

Dentro del área de influencia del proyecto Quijos-Baeza, se puede aún apreciar especies maderables y de valor económico tal es el caso del cedro y nogal, dichas especies al parecer fueron dejadas con la finalidad de un aprovechamiento posterior.

En la parte alta del proyecto, fuera de la hacienda La Esperanza en el sector denominado “La Cuchilla” existe un remanente de bosque en el que se pudo observar algunas especies de aves.

1.5.3 Aspectos socioeconómicos

La población en la zona de estudio se incrementó con la apertura del camino de herradura Pifo – Papallacta – Baeza a finales del siglo XIX, y posteriormente se fundó como parroquia de Cuyuja el 7 de febrero de 1.963.

La principal actividad económica de la población es agrícolas – ganaderas (haciendas: vacuno, ovino, avícola y porcino) y agroindustriales (piscícolas). El ganado vacuno es alrededor de 300 cabezas de ganado en la Hacienda Esperanza.

Los ingresos de un trabajador van entre 15 y 20 dólares diarios sin comida.

Otra actividad son las plantaciones forestales, cultivos, pastos y bosques. El turismo y recreación está presente con piscinas, senderos ecológicos y miradores para contemplación del paisaje.

También la gente trabaja en entidades gubernamentales, tales como estaciones de Bombeo de Papallacta, Chalpi Chico, Baeza, tanques de combustibles y reservorios de agua.

1.5.4 Trabajos anteriores

Los trabajos previos en la Cordillera Real deben su mayor aporte al mapeo regional del British Geological Survey (BGS) entre 1.986 y 1.990 con los mapas geológicos a escala 1:500.000 del norte y sur del país.

La extinta Dirección de Geología y Minas (DGGM) en 1986 publicó el mapa geológico de Pintag escala 1:50.000 separando a las rocas de la zona en volcánicos pliocenos (Fm. Pisayambo y volcánicos pleistocenos (Volcánicos Antisana).

Sobre el volcanismo Hall (1.977) presenta una descripción del Antisana y de su actividad en la que se describe el flujo de lava Antisanilla (Pinantura).

Sevilla y otros (2.008), en un estudio para la Empresa de Agua Potable de Quito EMAAPQ realizan una descripción de las unidades litológicas entre la población de Papallacta y el valle de Carihuaycu.

Varios tesisistas realizaron trabajos de geología, geotermia e hidrogeología en los flancos del volcán Antisana, con énfasis al norte del mismo.

La Empresa Eléctrica Quito S.A. (EEQ S.A.), adjudicó en junio del 2.002, la elaboración de “Los estudios y diseños para los Proyectos Hidroeléctricos Quijos y Baeza”, a las compañías ASTEC- INTEGRAL, trabajos que fueron culminados en junio del 2.003.

Es importante describir como fue concebido el proyecto Quijos y todas las transformaciones que sufrió desde que inició su construcción en el 2.013.

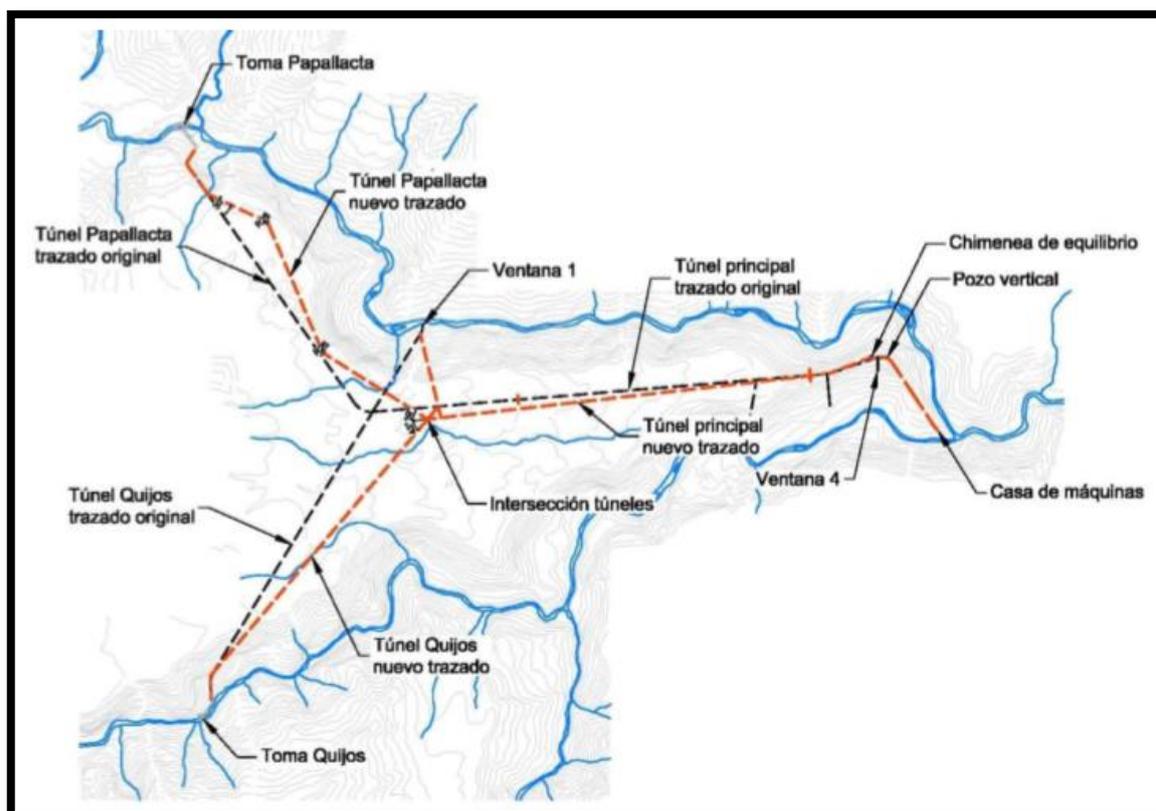
El esquema de construcción planteada en el estudio del 2.003 preveía un esquema de "alta presión" constituido por 2 obras de captaciones con pozos anexos de 150-240m de profundidad, 2 túneles de carga, denominados Túnel Papallacta y Quijos, de alrededor 2.500m de longitud, que se intersecaban y seguían por medio de un sólo Túnel Principal de 3.300m hasta la chimenea de equilibrio y finalmente con el Túnel de Presión de 1.220m hasta la Casa de Máquinas. Los túneles estaban diseñados entre las cotas de 2.170m y 2.000m con pendiente de 2% y diámetro de 3,8m. Se asumió una excavación con tuneladora.

Para la construcción (año 2.013), la empresa CNEEC ha propuso excavar todos los túneles con técnica convencional (perforaciones y voladuras) y modificar consiguientemente el trazado altimétrico de los túneles. Se quitaron los pozos y las entradas de los túneles subieron a la cota de las obras de toma, alrededor de 2.300m. Una pendiente constante del 5% fue planeada por el sistema de conducción hasta la Casa de Máquinas (2.041msnm). Además, la chimenea de equilibrio fue trasladada 500m al este de la anterior. El cambio de sistema de excavación necesitó de proveer la realización de 3 ventanas de acceso (Ventanas 1, 2 y 3).

Un nuevo esquema de conducción se plantea para inicios del 2.014, manteniendo los túneles del sistema de conducción y aprovechando los túneles ya excavados, pero se aumenta la Ventana 4, de 105m de longitud, a la cota de 2.214msnm.

La siguiente figura muestra el nuevo esquema de proyecto.

Figura 2. Últimas modificaciones “Alternativa alta” al proyecto Quijos.



Fuente: LOMBARDI – MARZO 2014²

1.5.5 Problemas durante la construcción

La incertidumbre del modelo geológico fue la razón para aumentar las perforaciones, sísmica y otras investigaciones, inclusive varias consultoras extranjeras emitieron informes sobre el estado de construcción del proyecto.

²Battaglia, D. (2014). *Informe Geológico-Geotécnico*. GEORISK. Italia.

Durante la construcción (2.013), se encontraron problemas en la excavación de los túneles y ventanas, por causa de aspectos geológicos críticos y cargas hidráulicas elevadas. Al fin de diciembre 2.013, las excavaciones subterráneas estaban paradas a las siguientes abscisas:

- 0+471 en el Túnel Papallacta;
- 0+870 en el Túnel de Presión;
- 0+686 en la Ventana 1;
- 0+197 en la Ventana 2;
- 0+224 en la Ventana 3.

El frente del Túnel Quijos no se había todavía excavado, por falta del camino de acceso a la obra de toma.³

1.5.6 Metodología

El proyecto de titulación comprendió las siguientes actividades:

- Estudio de los informes de diseño y de las informaciones disponibles en literatura;
- Análisis de los datos de investigaciones disponibles representados por sondeos, ensayos de permeabilidad y ensayos de laboratorio.
- Revisión del modelo geológico del sitio.
- Logeo del sondeo SCHE-01.
- Definición de las unidades geotécnicas y caracterización de sus parámetros mecánicos, y
- Elaboración del texto final con toda la información obtenida de los trabajos de campo, logeo y resultados de laboratorio.

³Battaglia, D. (2014). *Informe Geológico-Geotécnico*. GEORISK. Italia..

II. GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 AMBIENTE GEOLOGICO REGIONAL

En este capítulo se describen a nivel regional los temas de geomorfología, litología y geología estructural basados en la configuración geológica indicada (Ver Anexo B).

2.1.1 Geomorfología⁴

En la parte occidental, sobre los 3.700 m s.n.m se encuentran cuchillas y picachos de taludes verticales, conformada por lavas remodeladas por acción glaciárica.

En la parte oriental las elevaciones tienen direcciones NNE a NE, cortadas por quebradas del mismo rumbo, manteniendo una relación directa con las discontinuidades regionales, la amplitud de las cimas de las cuchillas está ligada con la composición litológica de los materiales rocosos.

Los taludes hacia los dos ríos principales son abruptos, formando farallones cuando están constituidos de rocas volcánicas o rocas metamórficas aflorantes, pero pueden estar suavizados por la presencia de coluviones; estos depósitos dan lugar a movimientos de tierra de dimensiones variables.

Una morfología que se destaca en la zona del proyecto, es la presencia de las mesetas del Huila-La Esperanza; está ubicada entre los ríos Papallacta y Quijos. Esta tiene una pendiente hacia el este de aproximadamente 4% y ocupa un área de 6 km². La meseta tiene bordes muy abruptos, cercanos a la vertical, dando un ligero contraste con la disposición de las rocas metamórficas inferiores.

El Huila- La esperanza se originó por flujos de lavas que fluyeron por paleocauces y se depositaron sobre las rocas metamórficas, dejando una plataforma más o menos uniforme; sobre las lavas se desarrolló una actividad glaciárica localizada depositando a su paso materiales de diferente granulometría (bloques, gravas, arenas y limos). Más importante

⁴ Informe general - Anexo B: Geología y Geotecnia, Fase II del Diseño de Licitación

fue la caída de piroclastos (tobas y capaz de pómez) que cubrió el 90% del área mapeada. Estos relieves relativamente planos están disectados por drenajes someros que posteriormente terminan en cascadas.

2.1.2 Litología

A continuación se describe la litología de las unidades, formaciones y depósitos de materiales geológicos presentes en el área del Proyecto Hidroeléctrico Quijos, procediendo desde las formaciones más antiguas hacia las más recientes⁵.

2.1.2.1 Paleozoico

a. Unidad Agoyán (PzA). Está delimitada entre el río Maspá y la quebrada Culinyacu, intercalada entre las rocas metamórficas de la unidad Chiguinda (Pzc). El espesor estimado en la zona de estudio es de 1.500 m y la edad, según la CODIGEM (1993), es paleozoica. Litológicamente esta unidad se compone de esquistos y gneis semipelíticos, color gris verdoso.

b. Unidad Chiguinda (Pzc). Este material se encuentra en la parte occidental del área; se destacan dos franjas, la primera entre los ríos Chalpi y Maspá, y la segunda en el sector de la quebrada Culinyacu y el río Cuyuja. El espesor en la zona de estudio se estima entre 3.000 y 1.500 m para la primera y segunda franjas, respectivamente. Según la CODIGEM (1993) la edad se considera como paleozoica y litológicamente se compone de esquistos pizarrosos, cuarcitas (meta areniscas) y gneis micáceo.

2.1.2.2 Mesozoico

a. Granito gnésico (Try). Esta unidad se ubica desde el extremo occidental del área y avanza hasta el río Chalpi Grande. Según la CODIGEM (1993) los granitos gnésicos se datan como del período triásico (anteriormente se los había incluido dentro de las rocas metamórficas paleozoicas). La potencia se calcula en más de 5 km; litológicamente esta

⁵ Informe general - Anexo B: Geología y Geotecnia, Fase II del Diseño de Licitación

unidad está conformada por granito masivo a bandeado de grano fino a medio, con abundante cuarzo azul, con intercalaciones de migmatitas y pegmatitas.

b. Unidad Upano (Ju). La unidad ocupa la parte oriental del área de estudio, se extiende desde aguas abajo de la confluencia de los ríos Papallacta y Quijos hasta la población de Baeza. El contacto oriental con las calizas de la formación Napo de edad cretácica es fallado. La potencia en la zona es mayor a 1.000 m y la CODIGEM (1993) las tiene datadas en el período jurásico. Litológicamente se describe como intercalaciones de esquistos, metalavas y metagrauwacas y rocas sedimentarias con bajo grado de metamorfismo.

c. Unidad Cuyuja (Jy). Esta unidad de importancia fundamental para el Proyecto Quijos, se extiende desde los alrededores de la población de Cuyuja en el oeste y llega hasta la cercanía de la confluencia de los ríos Papallacta y Quijos; o sea, que constituye el basamento rocoso del área del proyecto. Según CODIGEM (1993), la unidad está ubicada en el período jurásico y su potencia estimada en la zona de estudio es mayor a 1.000 m. Litológicamente se compone de alternancia de esquistos cloríticos, grafíticos y micáceos (esquistos pelíticos) y esquistos cuarzo feldespáticos, cuarcitas y anfibolitas (esquistos verdes).

2.1.2.3 Cenozoico⁶

a. Formación Pisayambo (MPlp). Son depósitos volcánicos que se han acumulado principalmente en las zonas, central y occidental del área estudiada, cubriendo discordantemente las rocas jurásicas y paleozoicas. La CODIGEM (1993) les asigna una edad miocénica y los espesores varían de 100 a 1.000 m; esta formación se compone de lavas de composición media (andesita) a ácida (riolita), con intercalaciones de productos piroclásticos.

b. Volcánicos del Antisana (Qvan). Son facies volcánicas proximales del volcán Antisana, que se encuentran en los sectores de la Hacienda Huila y se extienden en forma relativamente continua hasta la población de Baeza. La CODIGEM (1993) ubica estos

⁶ Informe general - Anexo B: Geología y Geotecnia, Fase II del Diseño de Licitación

materiales en el cuaternario; las potencias varían desde pocas decenas de metros hasta unos 300 m y pueden variar de un sitio a otro. Desde el punto de vista litológico se encuentran lavas andesítico-basálticas con disyunción columnar; escóreas volcánicas, clastolavas con bloques soldados y productos piroclásticos (aglomerados volcánicos).

c. Depósito glaciar (Qdg). Se localiza en pequeñas áreas en la planicie de Huila y en las partes altas del valle del río Papallacta. Se trata de materiales morrénicos depositados por los glaciares que han modelado un relieve glaciárico típico. Por la correlación estratigráfica y disposición morfológica a estos depósitos se les atribuye una edad cuaternaria. Los afloramientos principales se encuentran en los nacimientos de los ríos Victoria y Chalpi y en el camino de acceso desde Cuyuja hasta el río Quijos. El espesor de estos depósitos no sobrepasan los 30 m. Litológicamente están constituidos de una mezcla heterogénea de bloques, conglomerados, arenas y limos; la fracción gruesa contiene bloques métricos de tipo andesítico y metamórfico.

d. Depósito piroclástico (Qp). Se ubica en la parte superior de las planicies de Huila, Estación de Bombeo y Huagrayacu; afloramientos típicos se localizan en el cauce de la quebrada Cambuyacu. Se trata de tobas de color marrón-amarillento, de tipo limo arcilloso que corresponden a facies piroclásticas de las erupciones del complejo volcánico Chalcana, del Cotopaxi y del Antisana (Hall, 1994). El espesor visible alcanza 15 metros y la edad de estos depósitos es cuaternaria.

e. Depósitos coluviales (Qc). Se encuentran distribuidos en toda el área del proyecto, principalmente en terrenos de pendiente media a suave. En la designación de depósitos coluviales a nivel regional, se incluyen también escombros de talud y suelos residuales. Los espesores en los depósitos coluviales dependen de la pendiente de las áreas de depósitos y varían de 1 a 20 m; los suelos residuales pueden variar de 1 a 5 m dependiendo de la litología de los materiales. Se componen de fragmentos de roca en una matriz limosa; la proporción entre la fracción gruesa a fina es muy variable de un sitio a otro.

f. Depósitos aluviales (Qa). Es un término común para describir los depósitos fluviales, localizados en o cerca de los cauces de los ríos principales; según su posición pueden encontrarse aluviales de cauce, aluviales terrazados y conos de deyección.

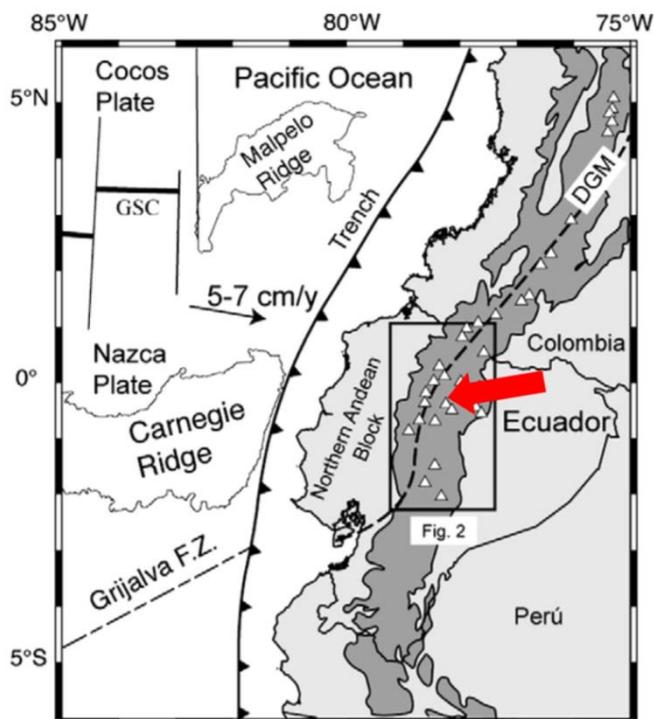
Los depósitos aluviales de cauce son importantes en el río Papallacta y Quijos, con espesores estimados entre 1 y más de 26 m. Los depósitos de terraza con áreas menores a 1 km² se encuentran principalmente en el río Papallacta, en su tramo medio y bajo; en forma menos regular se presentan en el río Quijos y están conformados por bloques, gravas y finos, de granulometrías y composición heterogénea. Los conos de deyección se presentan en la desembocadura de los ríos de primer y segundo orden en el río Papallacta, sobre todo en aquellos que se desarrollan en pendientes abruptas a muy abruptas.

2.1.3 Geología estructural

El sitio del Proyecto Quijos se ubica a nivel regional en correspondencia de la Cordillera Real de Ecuadorque, como la Cordillera Occidental, se ha establecido por la subducción de la Placa de Nazca, debajo de la Placa Continental Sudamericana. Este fenómeno comenzó hace alrededor de 2-9 millones de año (Gutscher et al., 1999; Witt et al., 2006), cuando la Placa Nasza y el Carnegie Ridge empezaron movimientos hacia el Este con una convergencia de 8-9 cm por año con el continente sudamericano (Pilger, 1984; Kellogg y Vega, 1995 – Figura 3), y fue responsable del vulcanismo Cuaternario en el país⁷.

⁷ASTEC - Integral.(2013). *Informe Geológico de avance. Proyecto HidroeléctricoQuijos.-Ecuador.*

Figura 3. Establecimiento de la geodinámica del arco ecuatorial en la convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana.



Fuente: Informe geológico-geotécnico (Pilger, 1984; Kellogg y Vega, 1995)

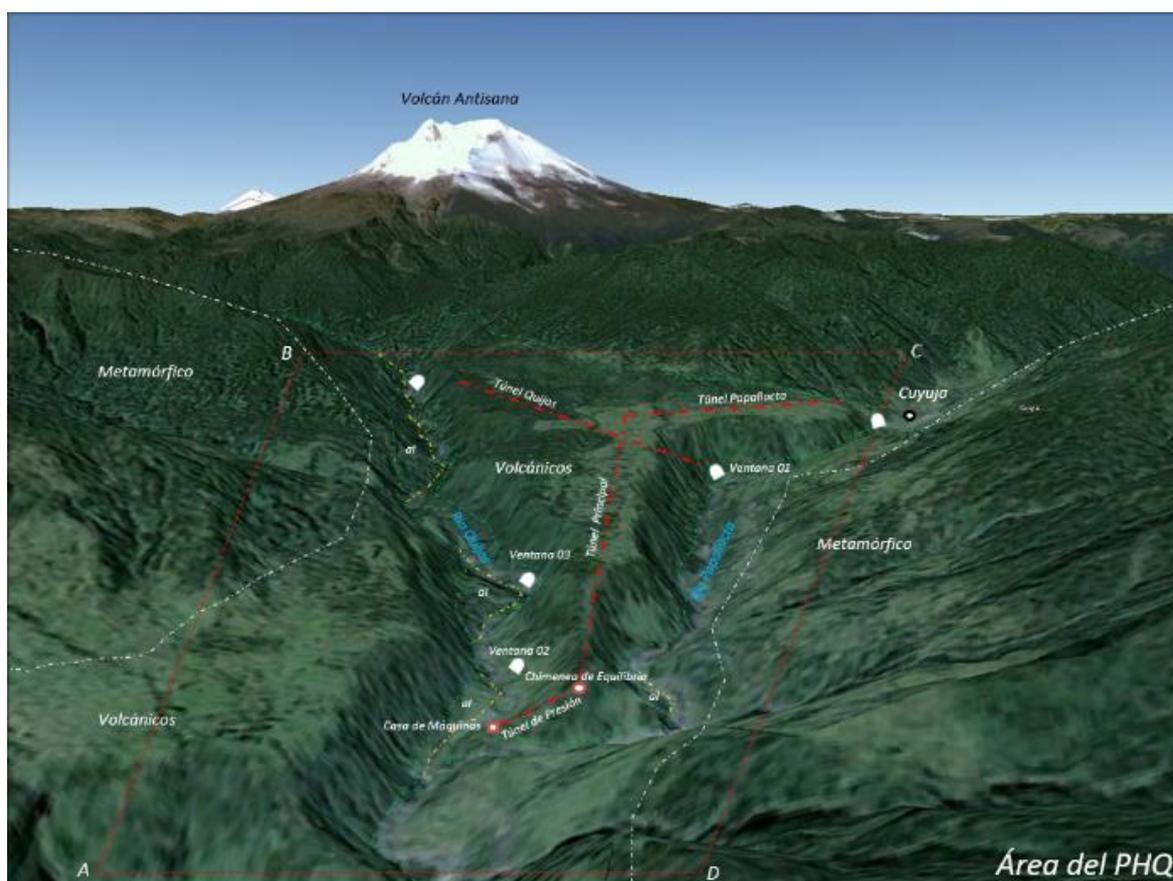
2.2 GEOLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO

2.2.1 Morfología⁸

En la zona del Proyecto, el relieve se caracteriza por la presencia de los valles de los ríos Quijos y Papallacta, que tienen parte de sus vertientes empinadas, abruptas, en donde afloran las rocas volcánicas y otras partes más moderadas, en las zonas de las rocas metamórficas y coluviones. Entre los dos valles se desarrolla la planicie de Huila que constituye una superficie casi plana (Ver Anexo C)

⁸ASTEC - Integral.(2013). *Informe Geológico de avance. Proyecto Hidroeléctrico Quijos.-Ecuador.*

Fotografía 1. Morfología del Proyecto Hidroeléctrico Quijos



Fuente: ExpertosBoard (Área de Geología Diciembre 2013)

Planicies aluviales contemporáneas se han desarrollado de una manera esporádica y ocupan actualmente pequeñas superficies a lo largo del río Papallacta y en el curso inferior del río Quijos. Dos niveles de terrazas fueron identificados en los dos ríos, siendo las bajas las más modernas.

Farallones de lavas columnares y de rocas metamórficas son bastante comunes en el área.

Cabe indicar que los dos ríos arriba mencionados, en épocas pretéritas labraron su cauce por sectores ocupados actualmente por la planicie de Huila

Los deslizamientos son muy comunes en la zona, debido a la presencia de material de cobertura saturado y ubicado en taludes empinados. En épocas invernales estos deslizamientos son muy comunes y son los responsables de la interrupción de la carretera y rotura del oleoducto.

2.2.2 Litologías y estructuras

En el basamento de la zona del proyecto se presentan rocas jurásicas que subyacen discordantemente a lavas y productos piroclásticos; toda el área tiene una cobertura cuaternaria actual de depósitos coluviales y aluviales. Parcialmente se encuentran recubiertas por depósitos glaciáricos⁹.

2.2.2.1 Rocas del basamento

Rocas metamórficas de edad jurásica, que pertenecen a la unidad Cuyuja; se extienden desde el sector de aguas arriba de las obras de toma hasta aguas abajo de la confluencia de los ríos Papallacta y Quijos.

La unidad se compone de dos subunidades: esquistopelíticos (Jyp) y esquistos verdes (Jyv).

Los esquistos pelíticos se localizan en los flancos exteriores de la antifforma, aflorando en la parte inferior de la cuenca del Papallacta, y en la cuenca del río Quijos.

Genéticamente corresponden a sedimentos que han sufrido metamorfismo y litológicamente se presentan como intercalaciones de esquistos gráfíticos, sericíticos, cloríticos y esporádicamente cuarcitas.

Las asociaciones mineralógicas reconocidas (EPN 1993) son grafito-cianita-clorita-apatito; calcita-zoisita-clorita; biotita-granate-clorita.

⁹Informe general - Anexo B: Geología y Geotecnia, Fase II del Diseño de Licitación

Los esquistos verdes se ubican en el núcleo de la antiforma aflorando al occidente del río Laurel, quebrada Molana y quebrada Yaguana en la cuenca del río Papallacta.

Genéticamente se trata de lavas básicas y/o sedimentos arcillo-carbonáticos que por efecto del metamorfismo se han transformado en esquistos verdes y anfibolitas. Macroscópicamente se han reconocido los siguientes minerales: clorita, plagioclasa (posiblemente albita), cuarzo, hornblenda. Los esquistos verdes tienen un color verde claro y las anfibolitas color gris.

En el estudio petrográfico de las muestras del área del proyecto, se han detectado como minerales principales: cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasa, clorita, muscovita, sericita, zoisita, clinozoisita, epidota, biotita, grafito.

2.2.2.2 Unidades de los depósitos cuaternarios¹⁰

La geología del cuaternario de la región debe su configuración a tres factores, tales como:

- (1) Tasa de levantamiento del basamento o Cordillera Real,
- (2) Actividad volcánica cuaternaria y
- (3) Erosión fluvial.

El levantamiento geológico de los depósitos vulcano sedimentarios cuaternarios al inicio de los estudios fue subestimado, pero en la etapa constructiva tomó gran importancia ya que los túneles atravesarían debajo de una meseta que contiene los antiguos paleocauces de los ríos Quijos y Papallacta. Para la definición de la geología a detalle se contrataron consultorías con geólogos italianos, los mismos que diferenciaron hasta nueve unidades geológicas del cuaternario, que se describen a continuación desde la más reciente a la más antigua.

¹⁰Battaglia, D. (2014). *Informe Geológico-Geotécnico*. GEORISK. Italia.

Q1a - Depósitos aluviales

Los depósitos aluviales corresponden a los sedimentos depositados y movidos por los ríos Quijos y Papallacta en sus cauces actuales. Se trata de suelos constituidos por bloques de tamaño hasta 5 m³ y guijarros redondeados de naturaleza principalmente metamórfica pero también volcánica. En algunos lugares se observa una matriz compuesta por arena y grava sueltas.

Fotografía 2. Depósitos aluviales en el cauce del río Papallacta. En la margen derecha aflora roca metamórfica.



Q1t - Depósitos aluviales en terrazas

A lo largo de los ríos Papallacta y Quijos, se diferenciaron la presencia de depósitos producidos por eventos aluviales anteriores que generaron terrazas más elevadas al lado de los cauces. Están constituidos por guijarros y bloques de tamaño hasta 1-2 m³, de naturaleza diferente (volcánica, metamórfica) en una matriz de arena y grava de cementación mediana-baja (clast-supported).

Q1b - Depósitos de abanico

Son materiales depositados por obra del río Cuyuja y cubren toda la población al Norte-Oeste del sitio con una forma clásica de abanico (fan) hacia el río Papallacta, constituidos por bloques y guijarros heterogéneos en matriz granular de grava y arena.

Q2 – Toba

La unidad Q2 cubre uniformemente la parte superior de la meseta de “Huila- La Esperanza”. Sus características estratigráficas se observan en el cauce de la quebrada Cambuyacu y también a lo largo de las excavaciones por el camino a la obra de toma Quijos.

La unidad está constituida por tobas, resultado de la caída de cenizas volcánicas expulsada en las fases eruptivas ácidas del volcán Antisana. Su espesor máximo definido en base a los sondeos, alcanza los 15-20m. Es organizada por estratos finos, subhorizontales, de limo, limo arenoso y limo arcilloso plástico, de compactación entre media y elevada. La coloración es marrón claro y beige. En los primeros 4-5m el depósito se encuentra meteorizado.

Q3 – Secuencia Vulcano-sedimentaria

La unidad Q3 comprende los flujos volcánicos y depósitos sedimentarios entre volcánicos conexos a las erupciones cuaternarias del volcán Antisana. La unidad, conocida también como “flujo de Cuyuja” (Pleistoceno superior), rellenó los paleocauces de los ríos Papallacta y Quijos, recubriendo en discordancia estratigráfica los sedimentos pre-volcánico Q4 y el basamento metamórfico.

La secuencia volcánico-sedimentaria se extiende en el área del proyecto principalmente a lo largo de la meseta Huila-La Esperanza, debajo de la unidad Q2, y aflora a lo largo de las laderas que bordean la meseta.

Está constituida por varios flujos decamétricos de lava basáltica con intercalados sedimentos aluviales y de lahares. El espesor promedio es de 250-300m, con un máximo que podría llegar a 400m a lo largo del túnel Quijos.

Q3I – Lavas masivas

La primera, denominada Q3I, está compuesta por flujos de lavas masivas de basalto, basalto-olivínico, basalto-andesítico, y andesita-basáltica de coloración variable entre gris claro y negro. Las lavas tienen una textura porfirítica, de grano fina hasta mediana, heterogranular, con masa basal de vidrio volcánico y fenocristales compuestos mayormente por plagioclasas y piroxenos, con bajo porcentaje de olivino. Se identifican también vesículas distribuidas en la masa, hasta 1cm de tamaño.

Las lavas están sujetas a fracturación columnar, debidas al enfriamiento del flujo, en dirección vertical al centro de la corriente y más horizontales a la base y encima del flujo mismo. Las juntas tienen forma planar y lisa, raramente rugosa, llegando a persistencias lineales de algunos metros. En los sondeos se observan casi siempre poco o no meteorizados, solo a veces rellenos de material limoso y oxidaciones.

En la base de las estratigrafías de los sondeos, la subunidad Q3I constituye el 54.5% del espesor total de la secuencia vulcano-sedimentaria, mientras el espesor promedio de los flujos es de 15.3m.

Fotografía 3. Afloramiento de lava columnar de la Unidad Q3I arriba del portal.



Q3e – Escorias

La segunda sub-unidad, denominada Q3e, está constituida por escorias volcánicas, clasto-lavas con bloques soldados y aglomerados volcánicos. Las escorias presentan textura porosa, vacuolar y vidriosa de aspecto arrugado de coloración desde gris hasta negruzco. Se distinguen clastos brechados hasta 40-50cm de tamaño y cementados por material arenoso bien soldado. Resistencia y compactación son generalmente muy elevadas, pero en los sondeos se identificaron también tramos débiles y meteorizados, reducidos en arena. Oxidación y relleno arenoso-limoso se encuentran en algunas superficies de fractura.

Afloramientos extensos se observan a lo largo del camino por la Ventana 4 y por la toma Quijos, intercalados con bancos de lava masiva.

En la base de las estratigrafías de los sondeos, la subunidad Q3e constituye el 38.4% del espesor total de la secuencia vulcano-sedimentaria, mientras el espesor promedio de los estratos brechados es de 14,7m.

Q3i – Sedimentario entre volcánico

La tercera y última sub-unidad, identificada con el código Q3i, está compuesta por lahares y sedimentos aluviales que se depositaron en los cauces excavados entre los diversos flujos lávicos. Los depósitos fueron identificados en los sondeos y en un afloramiento a lo largo del camino por la toma Quijos. Están constituidos por granulometrías muy variables desde bloques hasta arenas y organizados en estratos y lentes.

Los lahares, formados por flujos de lodo y agua, presentan por casi la totalidad clastos y bloques de origen volcánico, redondeados y englobados en una matriz arenosa-limosa de color marrón. En las perforaciones, en correspondencia de los tramos con matriz débil, solamente se recuperan clastos.

Los depósitos aluviales se presentan como lentes bien seleccionadas de gravas o arenas, con cementación desde mediana hasta baja, a veces sueltos.

A la sub-unidad Q3i pertenecen también los paleosuelos, constituidos por sedimentos meteorizados de coloración marrón rojizo, formados in situ en períodos de estasis en la sedimentación, que pueden alcanzar algunos metros de espesor. No se excluye la presencia en la secuencia vulcano-sedimentaria de depósitos lacustres, que no fueron observados.

En la base de las estratigrafías de los sondeos la subunidad Q3i constituye el 7.2% del espesor total de la secuencia vulcano-sedimentaria, mientras el espesor promedio de los depósitos es de 8,6m.

Fotografía 4. Detalle del material aluvial de arena fina de la unidad Q3i, tomada en el sondeo SCHE-01 a la profundidad de 49,60m.



Q4 – Depósitos pre-volcánicos

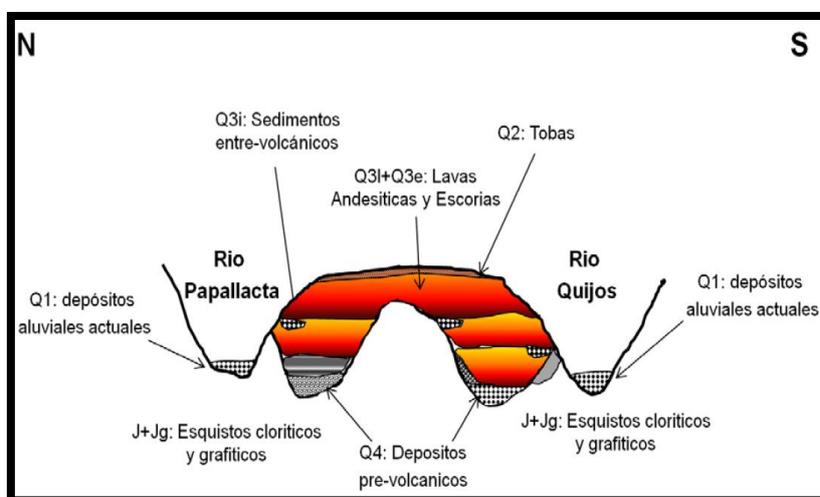
Son depósitos cuaternarios más antiguos de la unidad vulcano sedimentaria que incluyen sedimentos de varios medioambientes: aluvial, lacustre, de derrumbe, de ladera, de lahares, coluvial y no se excluye también glaciales. Se trata de suelos depositados arriba del basamento metamórfico a lo largo de los paleocauces y paleo laderas de los ríos Quijos y Papallacta, que fueron después recubiertos o sepultados casi totalmente por los flujos de lava.

Se observan en superficie solo en correspondencia de algunas excavaciones realizadas por las obras: a lo largo del camino hasta la toma Quijos, al Oeste de la pared de escalada en Cuyuja, en frente al portal de la Ventana 2 y del camino por la Ventana 3. Por la mayoría los depósitos pre-volcánicos fueron encontrados en el curso de la excavación de las Ventanas y del Túnel de Papallacta causando varios problemas de estabilidad, de hecho los pocos sondeos que encontraron estos depósitos están caracterizados por la presencia de varios tramos a baja o sin recuperación.

Resumen del modelo geológico cuaternario¹¹

Los cauces fueron excavados en roca metamórfica (J: esquistos clóricos y Jg: esquistos grafiticos) y fueron rellenados, a partir de poco más de 45.000 años desde la fecha actual, por flujos de lavas originados por el Volcán Antisana creando una secuencia vulcano-sedimentaria (Q3) constituida por lavas (Q3l), escorias (Q3e) y sedimentos intravolcanicos (Q3i). Entre la roca metamórfica e la secuencia vulcano-sedimentaria se encuentran varios tipos de sedimentos pre volcánicos (Q4), constituidos por depósitos de laguna, de ladera, de derrumbe y aluviales.

Figura 4. Esquema de un corte de dirección norte – sur de los depósitos cuaternarios.



Fuente. STUDIO GEORISK, Informe Geológico - Geotécnico, R04-22-13

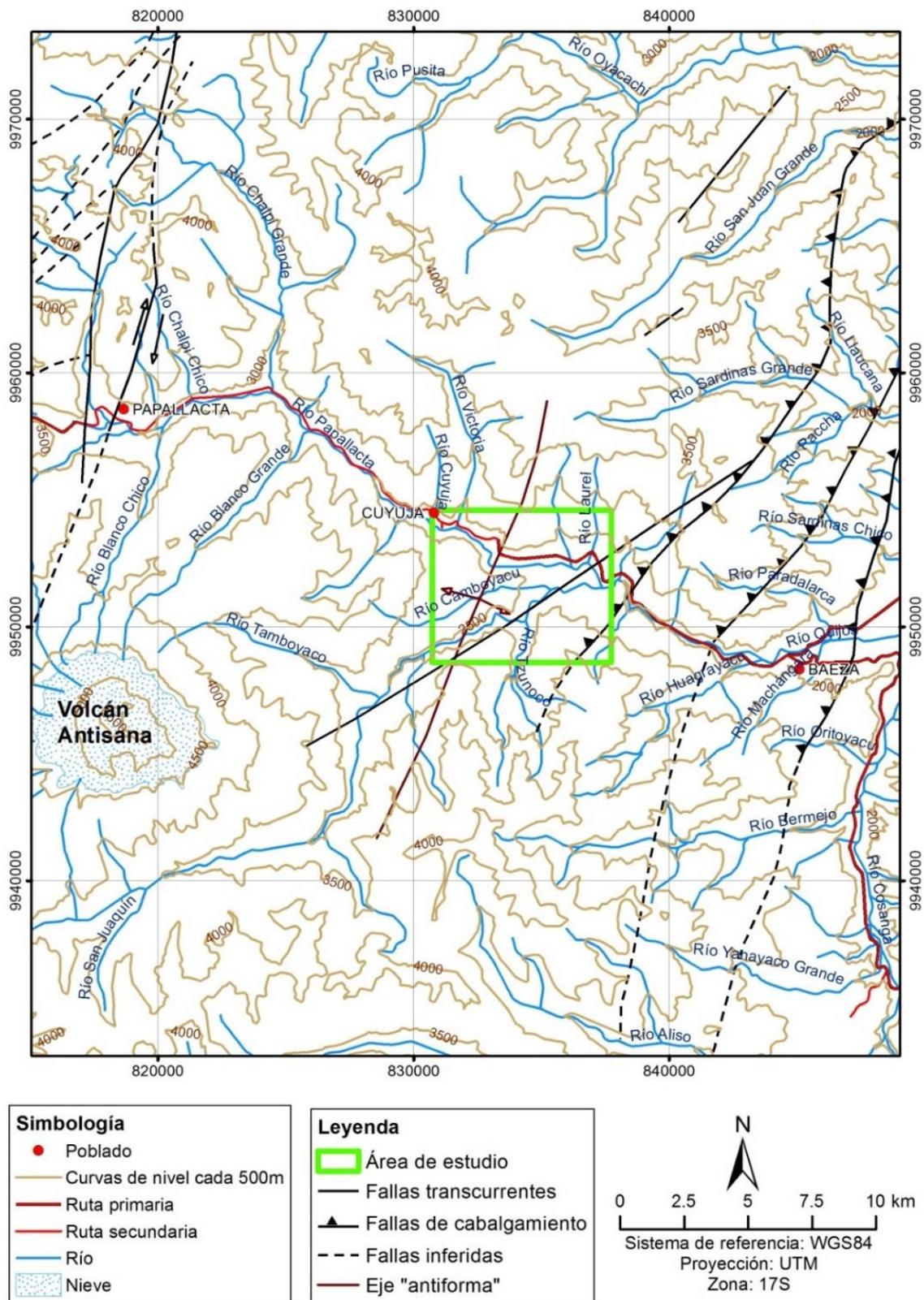
¹¹Battaglia, D. (2014). *Informe Geológico-Geotécnico*. GEORISK. Italia

2.2.2.3 Estructuras

Las estructuras geológicas principales en el área de estudio corresponden a fallas inversas de tras arco, por el proceso de subducción de la Placa Oceánica Nazca bajo la Placa Continental de América del Sur. Algunos autores definen la Falla Subandina, entre Cuyuja y Baeza se encuentra afectando los terrenos de la Unidad Upano, también definen la falla Cosanga, ubicada hacia el oriente de Baeza, corre a la largo del río Quijos en sentido aproximado norte 30 grados este, es el contacto entre materiales del Grupo Margajitas y rocas volcánicas continentales ubicadas hacia el oriente.

Todas estas fallas (inversas) tienen buzamiento hacia el oeste y constituyen planos de cabalgamiento o sobre corrimiento de oeste a este, procesos de los que han quedado remanentes o relictos conocidos como napas. En los trabajos de fotointerpretación realizados para la zona de estudio, se han determinado únicamente segmentos de falla que posiblemente pertenecen o son parte de las fallas regionales antes señaladas (Figura 5).

Figura 5. Mapa de principales estructuras geológicas regionales del área.



Fuente: Estructuras tectónicas regionales (Petrotransporte Universidad Central 1991)

2.2.3 Vulcanología y Sismología

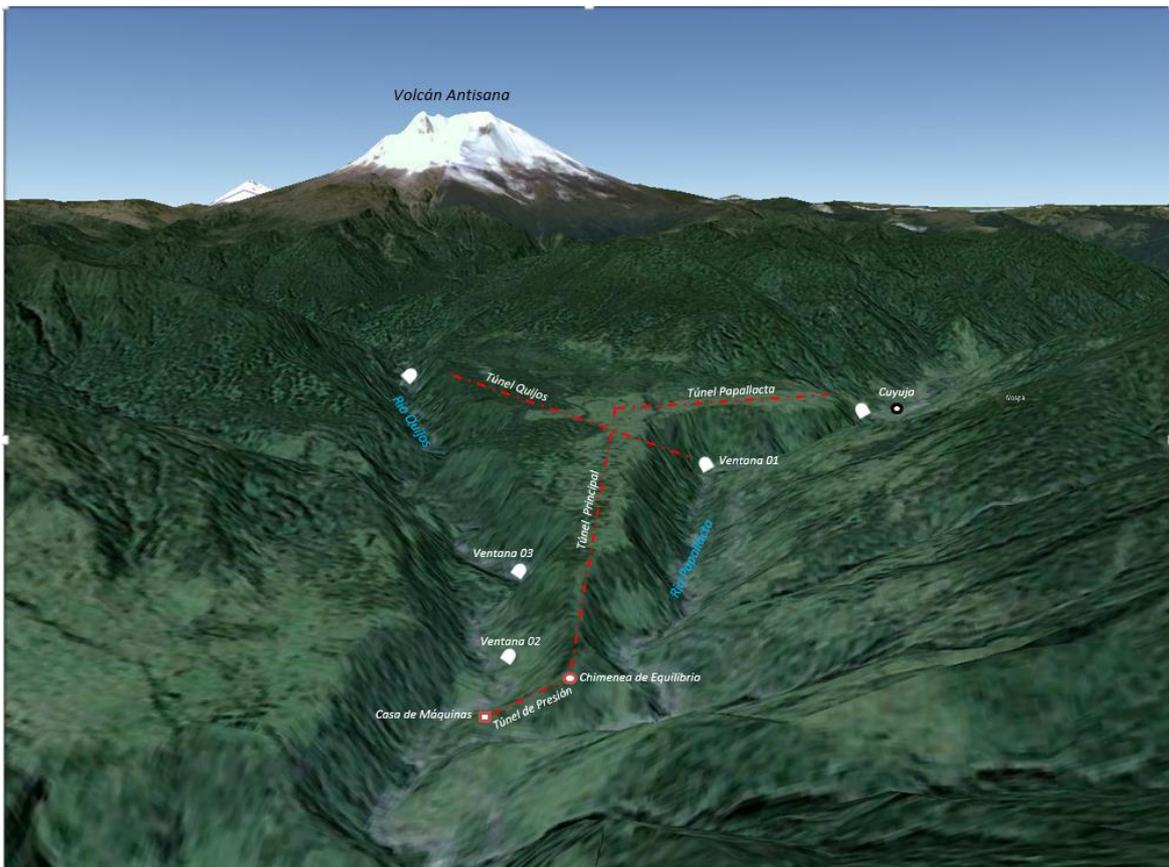
Se realiza una descripción detallada en lo referente al riesgo volcánico y sísmico. A continuación se resumen las conclusiones y recomendaciones más importantes.

2.2.3.1 Riesgo Volcánico

Los complejos volcánicos cuya actividad podría afectar al Proyecto son Chalcana, Sumaco, Reventador y Antisana.

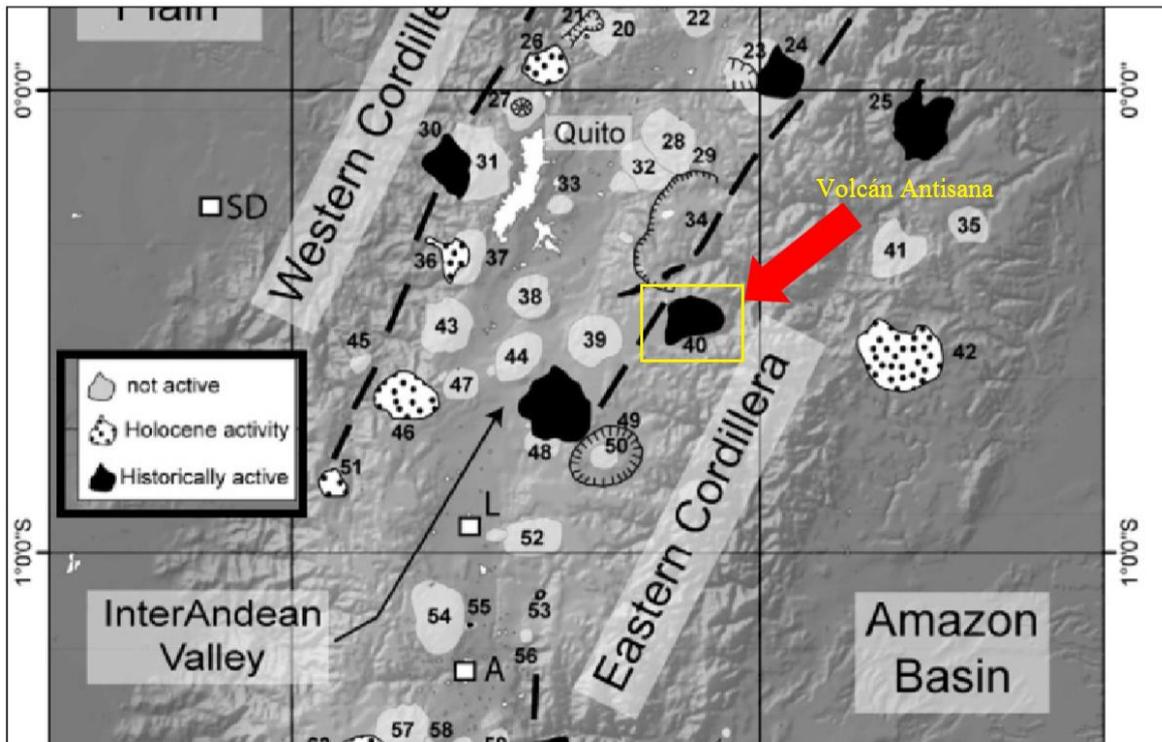
El peligro volcánico de la Caldera de Chalcana y del volcán Sumaco es despreciable y una eventual reactivación del Reventador originaría un depósito de ceniza de 1 mm de espesor en el área del Proyecto, lo que sería insignificante. El volcán Antisana es el único aparato volcánico capaz de originar peligro para el Proyecto. De los probables eventos que se producirían por efecto de una erupción, el de mayor peligro es el flujo de lodo (lahares). Para poder obtener una información confiable sobre el real peligro sería necesaria una simulación numérica. Con la información que se dispone al momento, se estima que el tamaño esperado para los flujos de lodo del Antisana es modesto, inferior a 15 metros de alto en el área de la confluencia de los ríos Quijos y Papallacta.

Fotografía 5. Volcán Antisana cercano al área de estudio



Fuente: ExpertosBoard (Área de Geología Diciembre 2013)

Figura 6. Ubicación del volcán Antisana, centro eruptivo más cercano al área de estudio.



SIMBOLOGIA	
40 - Volcán Antisana	
Cercanos:	
48 - Cotopaxi	
34 - Chachma	
24 - Nevado Cayambe.	
25 - Reventador	
39 - Sincholagua	
42 - Sumaco	

Fuente: (Tomado de Hall y otros, 2008)

III. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL MACIZO ROCOSO

3.1 UBICACIÓN Y PROFUNDIDAD DEL SONDEO.

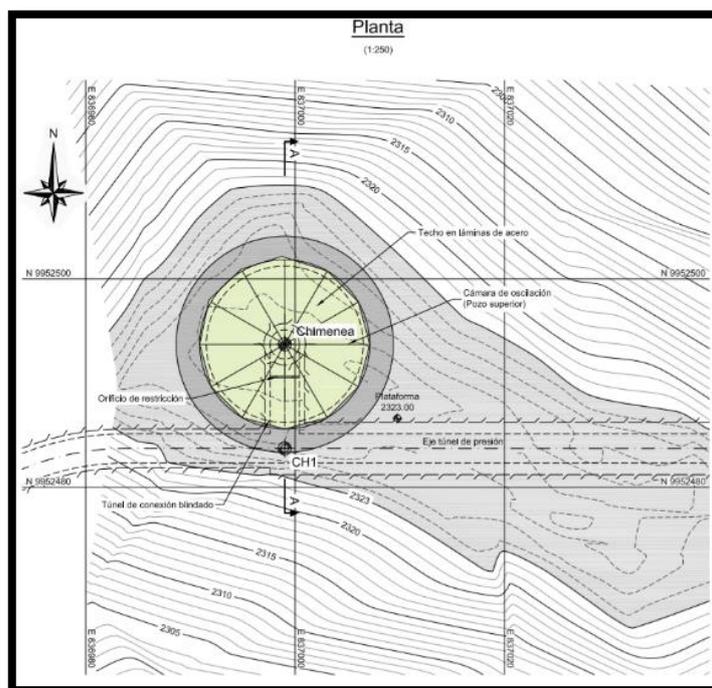
El sondeo se encuentra ubicado en la parte alta entre los ríos Quijos y Papallacta donde se construirá la Chimenea de Equilibrio del Proyecto Hidroeléctrico Quijos, las coordenadas son (Ver Anexo D).

Norte: 9'952.492,14

Este: 837.000,14

Cota: 2.328,94 m.s.n.m.

Figura 7. Coordenadas de la Chimenea de equilibrio.

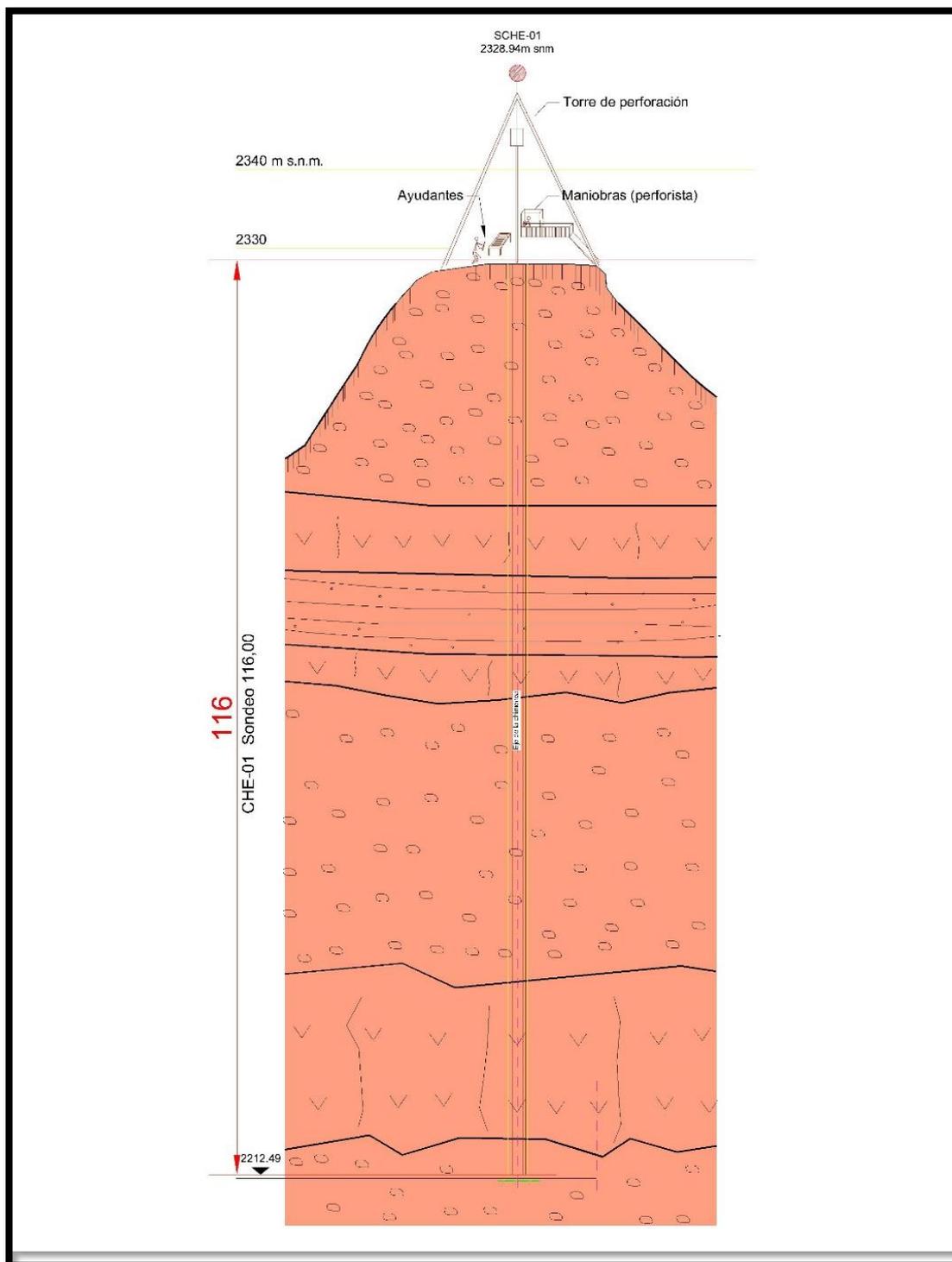


Fuente: Lombardi Ecuador-03-Proyecto ejecutivo Quijos – Planos 6744.1

La chimenea de equilibrio, de 116m de longitud, se extenderá entre las cotas 2.328,94 m hasta la 2.212,49m. La estratigrafía de la perforación SCHE-01, realizada en el eje del

pozo, indica que toda la excavación será realizada en la unidad volcano-sedimentaria Q3 (Figura 8)

Figura 8.Esquema de la geología de la chimenea de equilibrio.



Fuente: Realizado por. Jiménez, F(2015)

Características técnicas

El sondeo SCHE-01 se perforó en 94 días, desde el 15 de enero hasta el 19 de abril del 2013 y fue realizado por las Empresas Hidrosuelos e HIGGECO. El trabajo consiste en un sondeo vertical con una profundidad de 280 metros. Esto, de acuerdo a los diseños anteriores de la planta baja. Por las dificultades que se presentó en el sondeo fue cementado hasta 200 m de profundidad y revestido hasta 220 m, apenas a 60 m del final del mismo.

La perforación se desarrolló con un taladro marca LONGYEAR 38. El método de avance fue a rotación con recuperación de testigos mediante barril de doble pared de 4 metros.

Para la perforación se utilizó coronas de diamante de grado 08, los diámetros de tubería fueron HQ hasta los 36 metros, a partir de los 36 metros se continúa con diámetro NQ hasta 145 metros, luego desde 145 se perfora en diámetros HQ hasta los 166 metros y a partir de esta profundidad se perfora en diámetros NQ hasta los 280 metros, el revestimiento HWT está hasta los 45,15 y revestimiento HQ hasta los 219 metros, además se cemento el pozo hasta los 200 metros de profundidad.

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL SONDEO SCHE-01 REALIZADO EN LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO.

Con el propósito de conocer las características geológicas y geotécnicas del sitio donde se excavará la Chimenea de Equilibrio se ha efectuado el sondeo mecánico SCH-01 de 280 m de profundidad (desde la cota 2.329 msnm hasta la 2.049 msnm). El túnel principal, en este sitio, se encuentra aproximadamente en la cota 2.212,49 msnm (Ver Anexo E)

Para el presente estudio tomaremos en cuenta la longitud de la “Alternativa Alta” en la que según los diseños de Lombardi, la Chimenea de equilibrio tiene una longitud de 116m.

A fin de dar una visión general del tramo rocoso a ser excavado para la implantación de la Chimenea de Equilibrio se comentan algunas características geotécnicas a lo largo del tramo perforado en el Sondeo SCH-1, entre ellas:

- a. Velocidad de Avance del sondeo y recuperación del material rocoso
- b. Índice de Calidad de la Roca, RQD
- c. Meteorización del macizo rocoso
- d. Espaciamiento entre las diferentes capas que caracteriza el pozo a ser ocupado por la Chimenea de Equilibrio
- e. Características hidrogeológicas.

Para describir las características geotécnicas del macizo rocoso se han preparado las tablas con información de los principales parámetros obtenidos de la perforación.

El estudio se centra en el paquete volcánico, ya que es el que atraviesa toda la longitud de 116 m de la Chimenea de Equilibrio.

A continuación se describen cada uno de los parámetros geotécnicos:

- a) Velocidad de Avance y recuperación de testigos.

Se puede observar que los materiales volcánicos han sido perforados de una manera lenta a muy lenta esto da un 64%

Resulta interesante destacar que un 16% de los materiales volcánicos han tenido una rápida y muy rápida perforación, esto se debería a un importante grado de meteorización de las rocas volcánicas.

En cuanto a la recuperación de testigos, se observa que para el volcánico se tiene un 74% de éxito en la obtención de muestras, que significa una recuperación entre el 60% y 100%, de acuerdo a la escala usada por la empresa perforista (ver leyenda).

Se puede evidenciar que se ha recuperado un 77% de núcleos de materiales volcánicos. Las fotografías de las cajas de perforación son muy evidentes (Ver Anexo F)

Tabla 2. Velocidad de Avance del sondeo y recuperación del macizo rocoso.

VELOCIDAD DE AVANCE DE LA PERFORACIÓN EN EL SONDEO SCHE-01							
Todo el sondeo – 280m			Tramo volcánico – 149m			Leyenda	
	L (m)	%		L (m)	%		
Muy Rápida	12	4%	Muy Rápida	12	8%	Muy Rápida	> 4 cm/ min.
Rápida	12	4%	Rápida	12	8%	Rápida	3.1-4 cm/min.
Media	34	12%	Media	31	21%	Media	2.1-3 cm/min.
Lenta	178	64%	Lenta	61	41%	Lenta	1.1-2 cm/min.
Muy Lenta	44	16%	Muy Lenta	34	23%	Muy Lenta	0.1-1 cm/min.
	280	100%		149	100%		

Fuente. Informe de avance del Proyecto Quijos Diciembre 17- 2013.

Tabla 3. Recuperación de los testigos de perforación.

RECUPERACIÓN DE LOS TESTIGOS DE PERFORACIÓN DEL SONDEO SCHE-01							
Todo el sondeo – 280m			Tramo volcánico – 149m			Leyenda	
	L (m)	%		L (m)	%		
Excelente	161	58%	Excelente	90	60%	Excelente	81% - 100%
Bueno	45	16%	Bueno	26	17%	Bueno	61% - 80%
Regular	24	9%	Regular	15	10%	Regular	41% - 60%
Bajo	27	10%	Bajo	13	9%	Bajo	21% - 40%
Muy Bajo	23	8%	Muy Bajo	5	3%	Muy Bajo	0% - 20%
	280	100%		149	100%		

Fuente. Informe de avance del Proyecto Quijos Diciembre 17- 2013.

b) RDQ

El término RDQ, es un parámetro que sirve para conocer el estado de la fracturación de un macizo rocoso y según su autor el Profesor Deere, se refiere a los bloques de núcleos de roca, separados por fracturas naturales, de longitudes igual o mayores a 10 cm y relacionados a un metro de longitud de macizo perforado, expresado en porcentaje. Un porcentaje mayor al 75% es sinónimo de una buena calidad de un macizo rocoso.

De lo obtenido en el sondeo SCH-01, no se tienen resultados halagadores.

En efecto el tramo de rocas volcánicas, apenas 11 m de los 149 m perforados, tiene un RDQ, superior a bueno (mayor a 75%). El resto del tramo (138 m) tiene un RQD Regular, Bajo y muy Bajo, esto es de regulares a pobres calidades rocosas. Vale resaltar que el 58% del total del tramo volcánico atravesado tiene un RQD inferior a 25%, esto es, una roca de muy pobre calidad geomecánica.

Esta situación denota claramente que el macizo, estudiado hasta 280 m de profundidad y que caracteriza el sitio donde será excavada la Chimenea de Equilibrio, presenta importantes problemas geológicos.

Tabla 4. Índice de calidad de la roca RQD.

INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA – RQD – DEL SONDEO SCHE-01							
Todo el sondeo – 280m			Tramo volcánico – 149m			Leyenda	
	L (m)	%		L (m)	%		
excelente	35	13%	excelente	6	4%	excelente	> 90 - 100%
buna	16	6%	buna	5	3%	buna	> 75 - 90%
regular	32	11%	regular	19	13%	regular	> 50 - 75%
baja	40	14%	baja	32	21%	baja	> 25 - 50%
muy baja	157	56%	muy baja	87	58%	muy baja	> 0% - 25%
	280	100%		149	100%		

Fuente. Informe de avance del Proyecto Quijos Diciembre 17- 2013.

c) Meteorización

De los valores indicados, se observa que el 59% del tramo de los 280 m perforados está altamente y completamente meteorizado, es decir muy alterados en cambio Roca fresca y Ligeramente alterada es apenas el 18%. El resto es moderadamente alterada (23%).

Para el caso particular de los 149 m de materiales volcánicos, se observa que el 64% del tramo perforado está altamente y completamente meteorizado, es decir muy alterados

en cambio Roca fresca y Ligeramente alterada es apenas el 5%. El resto es moderadamente alterada (31%).

Por lo indicado se señala que un denominador común del macizo rocoso a lo largo de la Chimenea de Equilibrio es poseer un alto porcentaje (> 55%) de roca altamente y completamente alterado.

Tabla 5. Meteorización en el sondeo.

METEORIZACIÓN EN EL SONDEO SCHE-01							
Todo el sondeo – 280m			Tramo volcánico – 149m			Leyenda	
	L (m)	%		L (m)	%		
roca fresca	33	12%	roca fresca	5	3%	roca fresca	1
ligeramente meteorizada	17	6%	ligeramente meteorizada	3	2%	ligeramente meteorizada	2
Moderadamente meteorizada	63	23%	Moderadamente meteorizada	46	31%	Moderadamente meteorizada	3
altamente meteorizada	65	23%	altamente meteorizada	56	38%	altamente meteorizada	4
completamente meteorizada	102	36%	completamente meteorizada	39	26%	completamente meteorizada	5
	280	100%		149	100%		

Fuente. Informe de avance del Proyecto Quijos Diciembre 17- 2013.

d) Espaciamiento de las fisuras

El espaciamiento es la separación entre dos planos de discontinuidad y refleja la buena o mala calidad del macizo rocoso. Una discontinuidad es cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza bloques de roca intacta en un macizo rocoso. Un macizo rocoso cuyas fracturas o planos de discontinuidad estén más separados refleja mejores condiciones geomecánicas que un macizo cuyos planos de debilidad estén muy poco separados, puesto que dicha separación va a condicionar el tamaño de los bloques y por tanto el comportamiento mecánico del macizo rocoso. Se ha considerado como extremos una clase superior con separaciones mayor a 2.000 mm (2 metros) y una clase

inferior, por debajo de 60 mm (0.06 m). Entre los dos incluye 3 clases intermedias. (Ver leyenda).

En todo el tramo perforado de 280 m, se observa que apenas un 15% del macizo rocoso tiene separaciones mayores a 60 cm pero un importante 38% presenta discontinuidades separadas apenas 6 cm.

En lo que se refiere al paquete volcánico, solo un 6% tiene separaciones mayores a 60 cm mientras que un 28% presenta espaciamientos menores a 6 cm. El resto presenta una gama de separación entre 6 y 60 cm (Ver Anexo G)

Estos porcentajes de espaciamiento (o tamaño de los bloques más pequeños) tendrán directa relación con los volúmenes de inyección que deberían realizarse en la fase constructiva de la Chimenea de Equilibrio.

Tabla 6. Espaciamiento entre las discontinuidades.

ESPACIAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES EN EL SONDEO SCHE-01							
Todo el sondeo – 280m			Tramo volcánico – 149m			Leyenda	
	L (m)	%		L (m)	%		
muy amplio	26	9%	muy amplio	5	3%	muy amplio	>2000 mm
amplio	18	6%	amplio	4	3%	amplio	601 - 2000
moderada	60	21%	moderada	45	30%	moderada	201 -600
estrecho	69	25%	estrecho	54	36%	estrecho	60 - 200
muy estrecho	107	38%	muy estrecho	41	28%	muy estrecho	<60
	280	100%		149	100%		

Fuente. Informe de avance del Proyecto Quijos Diciembre 17- 2013.

e) Características hidrogeológicas: nivel freático

El agua subterránea influencia las condiciones en una excavación subterránea de diversas maneras, entre ellas: a) añadiendo esfuerzos al terreno alrededor de la excavación y por tanto reduciendo la estabilidad; b) debilitando el relleno de las juntas o lavándolas

cuando lo atraviesa la excavación; o, c) como un flujo de agua afectando las condiciones normales de trabajo del personal encargado de la excavación.

A continuación algunos aspectos sobre las condiciones hidrogeológicas a lo largo de los 280 m de profundidad del sondeo SCH-01:

1) el flujo de retorno fue disminuyendo paulatinamente hasta los 172 m y luego desapareció; posteriormente hasta los 250 m (cota 2.079 msnm) hubo retornos variables entre 70% - 30% y 50% y finalmente el agua de retorno desapareció a esa profundidad;

2) en cuanto al nivel freático, éste se mantuvo a 140 m hasta llegar a los 225 m de profundidad en la cual desapareció pero a los 250 m de profundidad el nivel freático se estabilizó a los 213 m (cota 2.116 msnm). Cabe recalcar que el nivel freático se encuentra bajo el túnel principal y chimenea de equilibrio de acuerdo a la “Alternativa alta”.

f) Ensayos de Permeabilidad del macizo rocoso

Se realizaron dos tipos de ensayos: Legranc y Lugeon y su objetivo es conocer el coeficiente de permeabilidad “k”. El primero normalmente se realiza en suelos, sin aplicar presión, constituidos por terrenos permeables o semipermeables tipo granular pero también se lo utiliza en terrenos rocosos muy fisurados o diaclasados. El segundo ensayo se realiza en macizos rocosos, aplicando presión, y su permeabilidad puede variar entre 10^{-8} - 10^{-10} cm/s en macizos rocosos sanos hasta 10^{-2} - 10^{-3} cm/s en macizos rocosos diaclasados. En macizos rocosos, la permeabilidad se mide en unidades Lugeon, la cual es una absorción de 1 litro de agua por metro de sondeo y por minuto, realizando el ensayo a una presión de 10 bares durante 10 minutos. Para dar una idea general de una unidad Lugeon, ésta es aproximadamente equivalente un coeficiente de permeabilidad k de 1×10^{-5} cm/s. (Ver Anexo H)

Las pruebas Lefranc se realizaron en tramos de 5 m entre las profundidades 155 – 220 m (cotas 2.174 – 2.169 msnm) correspondiente a las rocas metamórficas fisuradas y dieron resultados de permeabilidad k entre 5×10^{-3} y 15×10^{-3} cm/s, los cuales son valores bastante altos (similares a suelos arenosos).

En cuanto a los ensayos Lugeon se realizaron 4 ensayos, en los últimos 45 m del sondeo, en el metamórfico, igualmente en tramos de 5 m en los tramos 230-235; 240-245; 250-255; y 275-280 m. Los valores Lugeon variaron entre 13 y 3, conforme avanzaba la profundidad y los coeficientes de permeabilidad entre 1×10^{-4} y 5×10^{-5} cm/s, valores igualmente altos, característico de terrenos permeables. Un valor notablemente alto se habría producido en el “ensayo Lugeon 4” (el informe no indica el tramo ensayado) en el que se registró una permeabilidad de 579.6 litros de agua/minuto, “debido al intenso fracturamiento de la roca”.

3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Para la caracterización de las condiciones geomecánicas de los materiales atravesados con el sondeo SCHE-01, se realizaron ensayos sobre muestras tomadas a diferentes profundidades, cuyos resultados se resumen en la (Tabla 7.)

Tabla 7. Resultados de ensayos de muestras.

Muest. N°	Prof.	Ensayos					
		Peso Esp. (gr/cm ³)	Porosidad (%)	Absorción (%)	Carga Puntual (kg/cm ²)	Comp. Simple (MPa)	Trac. Indirecta (kg/cm ²)
1	2.58 – 2.82	2.80	3.39	0.43		57.08	125.80
2	12.67 – 13.0	2.39	18.08	2.95	44.40	45.82	42.70
3	77.0 – 77.3	2.70	11.94	1.57	39.40		63.30
4	103.0 – 103.26	2.64	14.02	1.91		57.27	
6	148.6 – 148.9	2.75	11.21	1.42	12.70		
8	184.7 – 185.0	2.45	15.29	2.40	36.80	28.66	37.60
9	249.8 – 250.0	2.77	2.91	0.38		26.82	

Fuente: Informe de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la Escuela Politécnica Nacional.

Del análisis de estos resultados se concluye que los materiales volcánicos tienen densidades variable y por lo general alta porosidad (se trata de lavas vesiculares y

escorias volcánicas). En los materiales metamórficos alterados también se mantienen estas características y son claramente mejores a profundidades mayores, donde el macizo rocoso se muestra más sano y competente.

Los valores de resistencia a la compresión no son muy altos, lo cual ratifica que se trata de materiales no muy buenos. En condiciones de lavas frescas la resistencia a la compresión por lo general es mayor de 70 MPa al igual que los esquistos cuarcíticos frescos.

Estos resultados de ensayos de laboratorio confirman la interpretación dada en los párrafos anteriores.

En anexo se presentan los resultados de los sondeos ejecutados sobre muestras tomadas en el sondeo SCHE-01.

Así mismo en Anexo se presentan el informe del sondeo SCHE – 01, que incluye los registros del sondeo, las pruebas de permeabilidad y las fotografías de las cajas donde se guardan las muestras extraídas.(Ver Anexo I)

3.4 CLASIFICACIÓN GEOLÓGICO –GEOTÉCNICO DEL SONDEO SCHE-01

Se han realizado varios estudios respecto a la clasificación geológica geotécnica del proyecto y de la chimenea de equilibrio. Las más relevantes son la consultoría por el geólogo italiano Battaglia (2.014) y el estudio de tesis de la Universidad Central por Parra y Ruiz (2.015).

En el estudio de Battaglia se realiza una excelente recopilación de toda la información de perforaciones y ensayos de laboratorio, agrupando las unidades geotécnicas estadísticamente y en gran parte apoyado en la geología. El estudio de Parra y Ruiz clasifica a las unidades en base al Rock Mass Rating (RMR) de Bieniawski, a continuación presentamos una tabla comparativa de los dos trabajos y las clasificaciones de cada uno según el RMR.

Tabla 8. Calificación de la roca por RMR para la chimenea de equilibrio

Profundidad del sondeo o tramo	Battaglia (2014)	Parra y Ruiz (2015)
0 a 40m	Roca tipo III (50%) y roca tipo IV (50 %)	Roca tipo IV
40 a 50m	Roca tipo III y IV (50%) y roca tipo V (50 %)	Roca tipo V
50 a 56m	Roca tipo II (100%)	Roca tipo III
56 a 92m	Roca tipo III (50%) y roca tipo IV (50 %)	Roca tipo IV
92 a 112m	Roca tipo II (100%)	Roca tipo III
112 a 118m	Roca tipo III (50%) y roca tipo IV (50 %)	Roca tipo IV

Fuente: Informe preliminar 001. Dos de diciembre de 2013 (Daniele Battaglia).

El RMR se obtiene estimando cinco parámetros:

- Resistencia a la compresión uniaxial:

Estos ensayos tienen por objeto medir la resistencia a la compresión de una muestra de ensayo cilíndrica con el propósito de clasificar y caracterizar la resistencia de la roca matriz.

En función de la resistencia de la muestra Bieniawski asigna un puntaje como se indica a continuación:

Tabla 9. Resistencia a la compresión uniaxial

Resistencia de la roca a compresión uniaxial	>250 (MPa)	100-250 (MPa)	50-100 (MPa)	25-50 (MPa)	5-25 (MPa)	1-5 (MPa)	< 1 (MPa)
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0

Fuente. (Clasificación Bieniawski)

- RQD (Rock Quality Designation)

El índice RQD desarrollado por Deere, se define como el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje) sin tener en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación respecto de la longitud total del sondeo.

En función del índice de calidad de la muestra Bieniawski asigna un puntaje como se indica a continuación:

Tabla 10. RQD

RQD	100-90%	90-75%	75-50%	50-25%	<25%
Puntaje	20	17	13	8	3

Fuente: Clasificación Bieniawski.

- Separación entre las discontinuidades

Es la separación media entre discontinuidades adyacentes y controla el tamaño de bloques individuales de material rocoso. Cuando el espaciamiento es muy denso tiende a presentarse condiciones de baja cohesión de masa, mientras que si es amplio la condición de entramamiento de bloques es por lo general favorable.

En función del espaciamiento entre discontinuidades Bieniawski asigna un puntaje como se indica a continuación:

Tabla 11. Espaciado entre las discontinuidades.

Espaciado entre discontinuidades	>2m	0,6 – 2m	200-600mm	60-200mm	<60mm
Puntaje	20	15	10	8	5

Fuente. (Clasificación Bieniawski)

- Condiciones de las discontinuidades

Representa en qué condiciones se encuentra la discontinuidad en función a 5 factores:

- a) **Persistencia:** Este factor está relacionado con el grado de continuidad de las diaclasas; en promedio determina la extensión para la cual el material rocoso y la diaclasa afectan separadamente las propiedades mecánicas de la masa.
- b) **Separación:** Es la distancia perpendicular que existe entre las paredes de la diaclasa.
- c) **Rugosidad:** Las discontinuidades estructurales de los macizos de roca dura, no son planas y lisas: Presentan irregularidades visibles o sensibles al tacto.
- d) **Relleno:** Las diaclasas pueden estar completamente cerradas o presentar diferentes grados de abertura y en los espacios abiertos generalmente se aloja material extraño que afecta de manera variable la resistencia al corte a lo largo de una discontinuidad.
- e) **Meteorización:** Corresponde al proceso destructivo, por el cual la roca cambia, al estar expuesta a los agentes atmosféricos en o cerca de la superficie de la tierra, y comprende una desintegración física y una descomposición química de la roca.

En resumen el puntaje se lo realiza de la siguiente manera:

Tabla 12. Condiciones de las discontinuidades

Condiciones de las discontinuidades						
Persistencia		<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m
	Puntaje	6	4	2	1	0
Separación		<0,1mm	0,1-0,5mm	0,5-2,5mm	2,5-10mm	>10mm
	Puntaje	6	5	4	1	0
Rugosidad		Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Lisa	Muy lisa
	Puntaje	6	5	3	1	0
Relleno		Ninguno	Duro <5mm	Duro >5mm	Blando <5mm	Blando >5mm
	Puntaje	6	4	2	2	0
Meteorización		Inalterada	Ligera meteorización	Moderada meteorización	Alta meteorización	Descompuesta
	Puntaje	6	5	3	1	0

Fuente. (Clasificación Bieniawski)

- Presencia de agua freática

En los macizos de roca el flujo de agua está concentrado preferencialmente en las diaclasas abiertas, y las cabezas hidráulicas generadas dependen de la intercomunicación que existe entre las discontinuidades. Es muy común la ocurrencia de fallas, como consecuencia de altas cabezas que operan como cuñas hidráulicas.

Tabla 13. Agua

Agua (Tramo de 10m)	Completamente seco	Húmedo (<5lts/seg)	Mojado (5-10lts/s)	Goteo (10-25lts/s)	Flujo (>25lts/s)
Puntaje	15	10	7	4	0

Fuente. (Clasificación Bieniawski)

Finalmente al resultado de cada uno de los parámetros se le asigna, según las tablas, un valor y se suman todos ellos para obtener el índice de calidad RMR sin correcciones.

RMR= Resistencia a la compresión uniaxial + RQD + Abertura + Condición de las discontinuidades + Presencia de agua.

3.5 MAPEO GEOLOGICO DEL SONDEO SCHE-01

3.5.1 Litologías

Los resultados obtenidos se desglosan de la siguiente manera: 148.4 m de productos volcánicos, en su parte superior y el resto, 131.6 m corresponde a rocas metamórficas tipo esquistos micáceos y grafitosos, de un total de 280 metros perforados. Los 280 m fueron planificados con los diseños anteriores, para este proyecto tomaremos los datos del sondeo hasta la cota de los nuevos diseños de construcción de la Chimenea de Equilibrio (2212,49).

3.5.1.1 Interpretación y mapeo geológico – geotécnico a partir del sondeo sche-01

Los resultados de las operaciones de perforación se presentan en estadillos, junto con los datos de testificación geotécnica realizada en los testigos.

La testificación geotécnica consiste en la descripción geológico-geotécnico y muestras obtenidas en los sondeos, así como de los datos de perforación.

Los testigos obtenidos, han sido estudiados detalladamente de cada una de las cajas portatestigos. (Ver Anexo 5. Registro fotográfico)

Fotografía 6. Caja de portatestigos de 0,00 a 4.00m.



Fuente. Hidro -Suelos diciembre 2012

Luego de haber interpretado los sondeos se procede a la realización de los mapas geológicos – geotécnicos con los datos obtenidos en el sondeo SCHE-01, donde están representados los diferentes tipos de materiales (volcano-sedimentarios) con sus respectivas descripciones litológicas y clasificaciones geomecánicas.

El Mapeo Geológico – Geotécnico de la CHE-01 (Ver Anexo J)

3.5.1.2 Descripción del SCHE-01

- **Andesita Basáltica (0.00 m a 116.00 m)**

De 0,00 a 5,00 m: ESCORIA BASÁLTICA, roca de tonalidad gris altamente meteorizada, contiene minerales como plagioclasas, se presenta fragmentada y fracturada, las fracturas tienen ángulos entre 50 y 60 grados con respecto al eje del sondeo y la calidad de la roca es muy baja.

De 5,00 a 40,15 m. ANDESITA BASÁLTICA, roca de color gris, presenta porosidad, los principales minerales son plagioclasas, anfíboles, con un fracturamiento intenso, cuyos ángulos van entre 30 y 60 grados.

De 40,15 a 50,00 m. ESCORIA BASÁLTICA, roca de color gris, poroso con presencia de óxidos, se evidencia plagioclasas y anfíboles, completamente meteorizada.

De 50,00 a 56,00 m. ANDESITA BASÁLTICA, roca de color gris, presenta porosidad, los principales minerales son plagioclasas, anfíboles, con un fracturamiento intenso, cuyos ángulos van entre 30 y 45 grados, presentando oxidaciones en las paredes de las fracturas.

De 56,00 a 92,00 m ESCORIA BASÁLTICA, con intercalación de andesitas basálticas de color gris, de alta porosidad, presenta fracturas con ángulos entre 30 y 45 grados, presenta óxidos de hierro en las paredes de las fracturas.

De 92,00 a 112,00 m. ANDESITA BASÁLTICA, con intercalaciones de escoria basáltica, de color gris, los minerales principales son plagioclasas, anfíboles, presenta fracturamiento con ángulos entre 40 y 50 grados con respecto al eje del sondeo, es notable la presencia de óxidos de hierro en las paredes de las fracturas.

De 112,00 a 116,00 m. ESCORIA BASÁLTICA, roca de color gris, porosa, presenta minerales como plagioclasas y anfíboles además de minerales arcillosos producto de la meteorización y un intenso fracturamiento evidenciado por ángulos de 30 y 40 grados con respecto al eje del sondeo. En este tramo la recuperación es de media a baja debido al fracturamiento descrito anteriormente y la fuerte meteorización, teniendo así una roca de mala calidad.

IV. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA ALIMAK

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PLATAFORMA ALIMAK

El ALIMAK consiste en una jaula con plataforma de trabajo que se desliza a lo largo de guías fijadas a la pared de la chimenea.

Posee un circuito de aire y agua, un equipo de señales, una bomba y un ascensor de servicio, todos instalados en el “nido” de la plataforma, la cual regresa al momento de realizar una voladura.

Fotografía 7. Plataforma Trepadora Alimak, modelo STH-5E

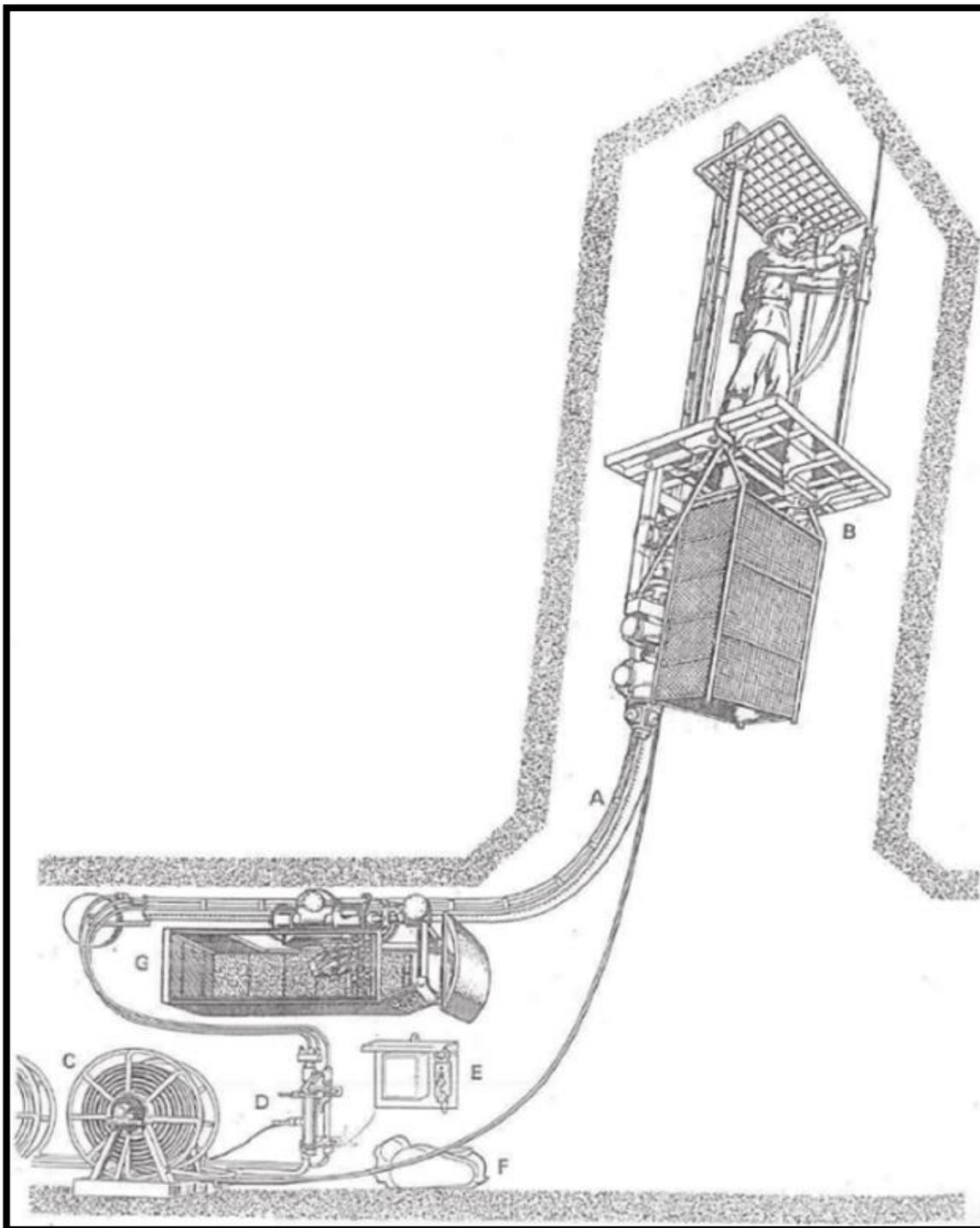


Fuente. (KiusaHuamaniHuaylla, Ayacucho- julio 2012)

La perforación se realizará mediante martillos neumáticos y empujadores en barrenos paralelos, consiguiéndose avances por pega de hasta 3 m. La fijación del carril a la roca se lleva a cabo con bulones de anclaje, y tanto las tuberías de aire como de agua necesarias

para la perforación, ventilación y el riego se sitúan en el lado interno del carril guía para su protección.

Figura 9. Esquema del equipo, plataforma y nido, modificado de linden.



Fuente: <http://es.slideshare.net/fvilches1/ejecucin-de-chimeneas-mediante-sistema-alimak-y-raise-borer>.

La Plataforma Trepadora es propulsada mediante un sistema de cremallera y piñón a lo largo de un carril guía de diseño especial. El carril guía consiste de elementos de 1018 mm y 1998 mm de longitud que se anclan al muro mediante pernos de expansión. Las secciones de carril incorporan un sistema de tuberías para el suministro de aire y agua a las perforadoras. Este sistema también ventila la chimenea después de la voladura.

Fotografía 8.Jaula y el carril curvado de la Plataforma alimak a ser colocado entre la cámara y chimenea.



Fuente. (KiusaHuamaniHuaylla, Ayacucho- julio 2012)

Los componentes básicos de la Plataforma Trepadora son¹²:

Unidad propulsora con piñones engranados a la cremallera de linterna del carril guía. La propulsión puede ser neumática, eléctrica o diésel-hidráulica. Un elemento importante de la unidad es el freno centrífugo que limita la velocidad de la Plataforma Trepadora en descenso por gravedad.

¹²Huamani, K. (2012) *Construcción de chimenea por el método convencional y plataforma alimak en la mina Raúl*. Ayacucho - Perú.

Armazón con su conjunto de correderas de rodillos y dispositivo de seguridad, que automáticamente frena la Trepadora si la velocidad de descenso excede el límite predeterminado de seguridad.

Plataforma de trabajo que permite a los trabajadores realizar el armado del carril guía, barrenar, cargar, emparejar, etc.

Techo protector que puede ser de operación manual o neumática.

Jaula para obreros durante el ascenso y el descenso.

Tambor de enrollado automático de manguera o cable que funciona cuando la trepadora asciende o desciende (esto no es necesario para Trepadoras propulsadas a diésel).

Otros conformados por: central múltiple de aire y agua para las perforadoras, equipo telefónico y eléctrico, bomba de alta presión y trepador de servicio y emergencia.

Secuencia operacional

La elevación de la plataforma se realiza a través de un carril guía curvado empleando motores de aire comprimido, eléctricos o diésel.

Los accionamientos de aire comprimido son adecuados para longitudes inferiores a 200m, los eléctricos hasta 800m y posteriormente se recomienda motores diésel.

La Plataforma utiliza un ciclo operativo de cuatro pasos:

1. Instalación del Riel, Perforación y Carga.

Instalación Riel Guía: Después de cada voladura y una vez ventilado frente, el personal sube a la jaula deteniéndola aproximadamente 0.2 m del extremo del riel, y luego de ajustar el techo de seguridad y verificar que la jaula se encuentra en posición e inclinación correcta, se realizan las perforaciones y se instala la extensión del riel guía.

Perforación y Carga: Una vez instalada la extensión del riel, se sube hasta la frente, en la cual se realizan las perforaciones para la voladura y se plantan las cargas de explosivo. Luego la jaula desciende al nido o a un punto seguro.

2. Voladura.

La cantidad y tipo de explosivo utilizado dependerá de la sección de la excavación y el tipo de roca de la chimenea.

Una vez que los tiros han sido conectados, la jaula sólo debe ser activada de forma mecánica o por gravedad, porque los sistemas eléctricos pueden activar los detonadores accidentalmente.

Finalmente se procede a volar el frente, habiendo puesto en marcha los nebulizadores del equipo.

3. Ventilación

Después de cada disparo, se ventilara la chimenea con aire comprimido y agua, soltando desde la válvula múltiple y en la salida existe el cabezal de disparo que tiene la función de expandir. El tiempo de ventilación debe ser como mínimo de 20min.

4. Limpieza y desmontaje

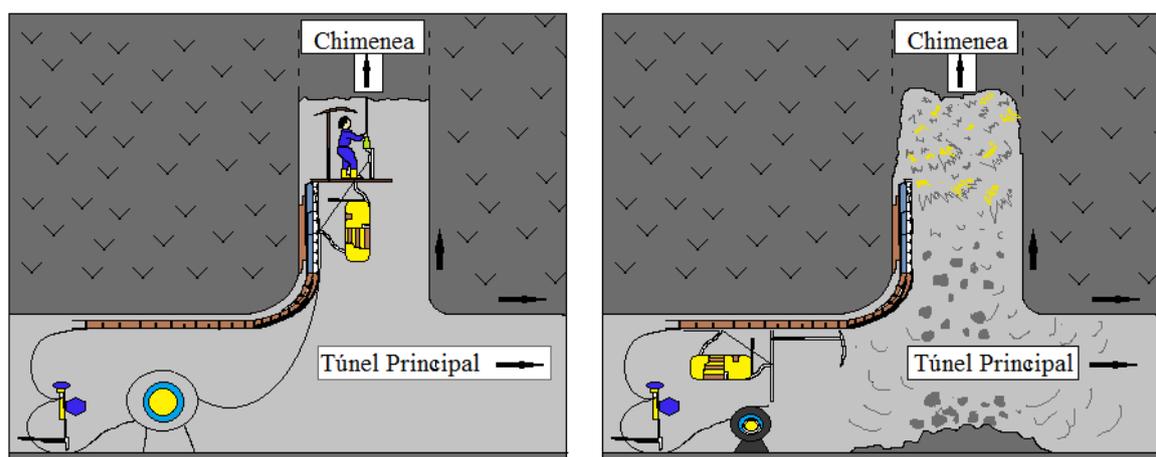
Limpieza: El material producto de la voladura de la chimenea se deposita en la cámara de almacenamiento cuya fragmentación es variado y la limpieza es afectada mediante una máquina scoop.

Desmontaje: Concluida la ejecución de la chimenea, se realiza un chequeo minucioso en lo que respecta a seguridad y se inicia la recuperación de los carriles de la parte superior, todo en forma descendente y la integridad de las partes es recuperable y se vuelve

a utilizar en una próxima chimenea, además se debe verificar algunas piezas que tengan cierto deterioro para su reparación y darle de baja.

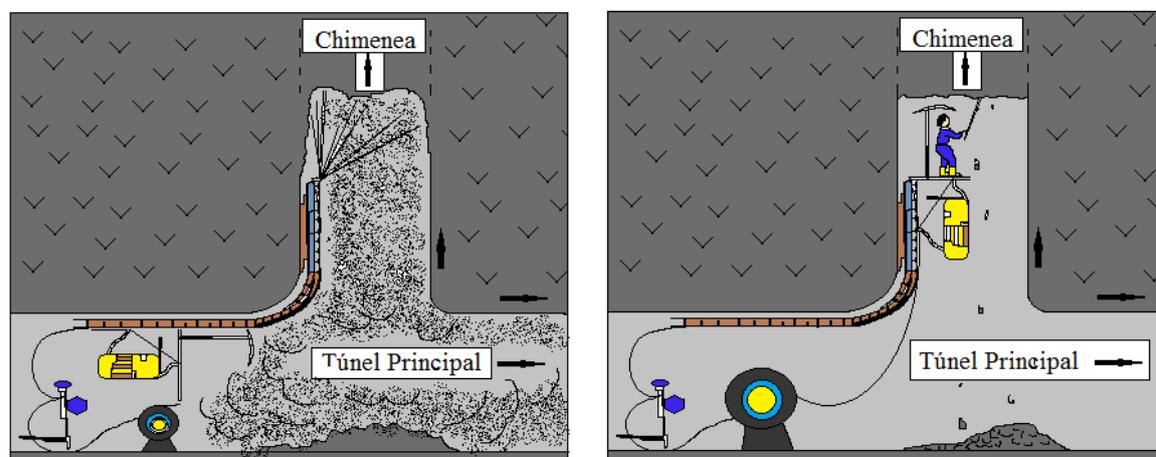
Una vez efectuada la pega se ventila el fondo de la chimenea inyectando aire comprimido y agua pulverizada. A continuación, se sube la plataforma y se procede al saneo del techo reiniciándose de nuevo el ciclo de trabajo.

Figura 10. Secuencia operacional con el Alimak



1. Perforación y carga de barrenos

2. Descenso de la plataforma y voladura.



3. Ventilación y riego

4. Elevación de la plataforma y saneo del techo.

Fuente: Realizado por Jiménez, F. (2015)

4.2 OBJETO DE CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS.

Las chimeneas son labores verticales implementadas en las centrales hidroeléctricas, que actúan a modo de una torre piezometrica, con la finalidad de:

1. Controlar fluctuaciones de presión (Golpe de ariete) debido a cambios bruscos en el caudal (al encender y apagar maquinas hidráulicas o al abrir y cerrar elementos de bloqueo.)
2. Las Excavaciones verticales exigen condiciones de trabajo muy diferentes a las de las labores horizontales, tanto en equipo, metodología de excavación y normativas de seguridad.
3. Una chimenea a diferencia de un pozo se franquea de manera ascendente es decir de un nivel inferior hacia el superior.
4. El Método de excavación ascendente mayormente aplicado es el de Plataforma Trepadora Alimak.

Este método de excavación de chimeneas se introdujo en 1.957, y desde entonces debido a su flexibilidad, economía y velocidad se ha convertido en uno de los más usados del mundo.

4.3 PARÁMETROS A CONSIDERARSE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO QUIJOS

La chimenea de equilibrio de acuerdo con las necesidades del sistema hidráulico en el Proyecto Hidroeléctrico Quijos fue diseñado bajo las siguientes premisas:

1. Optimizar el sistema de conducción a presión.

2. Dotar de la carga hidráulica suficiente (sumergencia) para evitar entradas de aire y problemas de cavitación (formación de burbujas que puedan arrancar parte de la tubería en la que viajan) en las turbinas y conducciones.
3. Resistir las oscilaciones de la columna de agua presente en el pozo, como consecuencia de los rechazos y admisiones de carga que se producen por el cierre y apertura de las válvulas en casa de máquinas.

Los parámetros considerados para el diseño de la chimenea son los siguientes:

- Caudal de diseño: 22 m³/s en el túnel de principal
- Cota de la cresta del vertedero de la presa Quijos: 2.331,0 m.s.n.m
- Cota de la cresta del vertedero en la presa Papallacta: 2.327,1 m.s.n.m.
- Características de las turbinas: tipo Francis de eje vertical de 17 MW.
- Ley de operación de las válvulas de las turbinas: Operación lineal, y el tiempo efectivo de apertura y cierre de las válvulas de las turbinas que es 10 segundos.
- Niveles del agua en los túneles de carga:
En la toma Papallacta: 2.326,40 m.s.n.m
En la toma Quijos: 2.330,68 m.s.n.m.
- Nivel del agua en el túnel de presión: 2.080,69 m.s.n.m.
- Nivel del eje de las turbinas: 2.039,50 m.s.n.m.
- Nivel del agua en el canal de descarga: 2.036,20 m.s.n.m.
- Salto bruto empleado para la generación de electricidad desde las tomas hasta el canal de descarga es de 292,80 metros.
- Salto desde el túnel de presión hasta la casa de máquinas es de 41,20 metros.

Después de analizar las características del proyecto, el sistema de conducción hidráulico y principalmente el golpe de ariete, la geometría de la chimenea de equilibrio se ha definido de la siguiente manera:

- Diámetro interno de la chimenea de equilibrio: 4,20 m.
- Diámetro del tanque de la chimenea de equilibrio: 12,0 m.

Tabla 14. Características de la chimenea de equilibrio.

CARACTERISTICAS DE LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO	
Cota inicial	2.328,94
Cota final	2.212,49
Longitud total	1.16,45
Diámetro de la chimenea	4,20
Diámetro de la ampliación	12
Caudal de diseño	22 m ³ /s

Fuente. Informe técnico general, Lombardi 6764.1-R-005.C. Junio 2015.

4.4 DISEÑO DE CHIMENEA PARA LA ELECCIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO.

La Chimenea a levantarse mediante la metodología Alimak se diseñó considerando los siguientes parámetros:

Longitud: 116m

Sección circular: 13,85m²

Inclinación: 90°

Tipo de roca: II, III, IV, V.

En función a los parámetros anteriores se precisa la elección de la unidad. Para esto se lo realizará en base al catálogo de equipos Alimak de la empresa LINDEN-ALIMAK con sucursal en el Perú.

Tabla 15.Equipos LINDEN-ALIMAK

Modelo	Altura Máxima (m)	Longitud Máxima 45°-65° (m)	Área máxima de chimenea vertical (m²)	Área máxima de chimenea inclinada 45° (m²)
STH-5L	-	150	-	9
STH-5LL	-	150	15	18
STH-5E	400	900	7	10
STH-5EE	400	800	15	18
STH-5D	-	1.100	5	9
STH-5DD	-	1.100	15	18

Fuente: Catalogo LINDEN ALIMAK.

De acuerdo a las características anteriormente mencionadas el modelo STH-5EE cumple con los requerimientos.

Unidad Alimak STH-5EE

Está compuesta por dos unidades propulsoras con un motor eléctrico cada una y sistema de descenso por gravedad. En la siguiente tabla se describe sus características técnicas:

Tabla 16.Unidad Alimak STH-5EE

Área máxima aproximada de chimenea vertical	15m²
Área máxima aproximada de chimenea inclinada	18m ²
Altura máxima de excavación	400m
Longitud máxima de excavación	800m
Velocidad ascendente a 50 ciclos	0,3m/seg (18m/min)
Velocidad ascendente a 60 ciclos	0,36m/seg (21,6m/min)
Velocidad de descenso por gravedad	0,4-0,5m/s (25-30m/min)
Capacidad de los motores	7,5Kw

Fuente: Catalogo LINDEN ALIMAK

Martillo perforador

Para la perforación se lo realizará mediante 2 perforadoras neumática tipo stoper (FUJIAN YSP45), con barrenos de 2,00m de longitud y de sección de broca tipo cincel.

Fotografía 9. Perforadora neumática stoper YSP45 FUJIAN CHINA



Fuente: Perforadora+neumática+stopper+YSP45+FUJIAN+CHINA

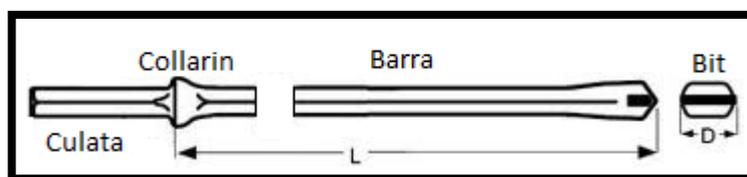
Tabla 17. Características Stoper Fujian YSP45

CARACTERISTICAS	STOPPER
Lugar de origen	Fujian China
Tipo	Neumática
Estilo	Martillo neumático
Modelo	YSP45
Peso	44 Kg
Consumo de aire	83 L/s
Frecuencia de impactos	47 Hz
Carrera	47 mm
Diámetro del pistón	95 mm
Velocidad de rotación	350 r/min
Presión de aire	0.5 MPa
Largo de las barras	3.0m
Bit de perforación	Tipo Cincel
Diámetro del bit de perforación	38 mm

Fuente. (Fujian China).

Las barras integrales para la perforación poseen un bit de sección tipo cincel de 38 mm de diámetro.

Figura 11. Ciclo de trabajo Alimak



Fuente. Fujian China.

4.5 CALCULO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

En el diseño de la malla de perforación se utilizará barrenos paralelos verticales, ya que el equipo seleccionado brinda mayor facilidad de ejecución con este método.

La malla de perforación se conformará de un cuele tipo barrenos central, el cual tendrá un diámetro de 2 pulgadas y se complementará con barrenos de destroza, apoyo y de contorno.

Tabla 18. Generalidades para la elección del explosivo.

Generales	Especificaciones
Diámetro de la excavación	4,20 metros
Densidad de la roca(SG_r)	Volcánico =2,41g/ cm ³
Densidad del explosivo(SG_e)	1,05 g/ cm ³
Diámetro del explosivo (D_e)	29 mm
Diámetro de taladro cargado (\varnothing_1):	45 mm
Diámetro de taladro vacío (\varnothing_2)	96 mm
Características del explosivo	EMULSEN III

Fuente: Manual-practico-de-voladura-exsa.

4.5.1 Sistemas de iniciación y accesorios de voladura

Iniciar un explosivo significa provocar la detonación del mismo. Para que un explosivo pueda detonar es necesaria una fuerza exterior de potencia suficiente que genere un

impulso inicial. La acción de este impulso inicial en la sustancia explosiva, permite la iniciación de la misma. Este proceso normalmente se efectúa mediante los accesorios de voladura que comprenden a los fulminantes o detonadores, mecha de seguridad y mecha rápida, conectores, retardadores y cordones detonantes. Estos accesorios pueden ser utilizados de forma combinada o individual para iniciar la detonación de una voladura.

Se prevé emplear un sistema detonador, no eléctrico de retardos cortos de manera que se garantiza altos rendimientos en la voladura. El uso de micro retardos ayuda a controlar la salida de los barrenos detonados lo cual disminuye el efecto sísmico; además, mejora el grado de fragmentación de la roca debido a que en el momento de la detonación, hace que la roca se proyecte y golpee entre sí en intervalos mínimos de tiempo, aumentando así el rendimiento de los trabajos posteriores a la voladura.

4.5.2 Tipo de sustancia explosiva

Para determinar el tipo de explosivo más idóneo a utilizar en voladuras de rocas, es necesario conocer las características más importantes de los mismos y a partir de ellas, optar por el explosivo que más convenga de acuerdo al tipo de aplicación que se precise. Se tomaron los explosivos gelatinosos Tipo Explogel III como carga de fondo de poca resistencia al agua ya que la Chimenea de Equilibrio no tiene agua y de tipo emulsión como carga de columna, para tener una mejor eficiencia de la voladura.

Tabla 19.Parámetros de las sustancias explosivas seleccionadas.

Características	Unidad	Explogel III	Emulsen 910	Explogel de contorno
Densidad	g/cm ³	1,05	1,12	1,05
Volumen de Gases	l/Kg	922	877	922
Calor de Explosión	Kcal/Kg	1013	992	1013
Potencial	KJ/Kg	4238	3541	4238
Ensanchamiento de Traulz	cm ³ /10g	420	325	420
Poder rompedor	mm	17,5	22,4	17,5
Resistencia al agua	Min	15	180 días	20 días
Vida útil	año	1	1	1
Dimensiones	Pulg	1 1/8" x 7"	1 1/4" x 8"	7/8" x 16 1/2"
Peso cartucho	g	119	203	146
Velocidad de detonación	m/s	4.715	5.400	3.352

Fuente. Explocen

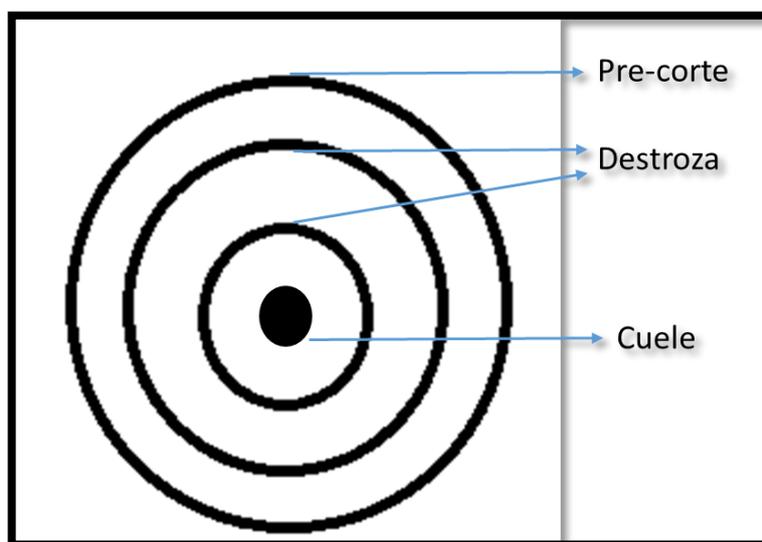
4.5.3 Cálculo y diseño del diagrama de perforación

El avance en chimeneas se efectúa a través de rocas de diferente dureza. Por esta razón se debe utilizar un diseño de perforación y voladura capaz de volar rocas de diferente dureza, sin la necesidad de cambiar el diseño.

Los principios utilizados en el diseño de voladuras para pozos son análogos a los de los túneles o galerías, pero se deben modificar ciertos parámetros por circunstancias especiales. La dificultad de desescombro obliga a fragmentar la roca en tamaños lo suficientemente pequeños para ser cargada y elevada con relativa facilidad. Esta limitación provoca que tanto la carga individual de explosivo de cada barreno, así como la separación entre ellos (piedra), difiera en cuanto a las excavaciones horizontales. Aumentando la carga individual de cada barreno y/o disminuyendo la separación de los mismos se consigue un material de granulometría más pequeña.

Para el diseño de perforación de la chimenea se utilizará barrenos paralelos verticales, divididos en cuele, destroza y pre-corte.

Figura 12.Esquema del diagrama de perforación de la chimenea de 4,20 m de diámetro.



Fuente: Técnica sueca de voladuras (RuneGustafson)

Los cálculos de la voladura son de acuerdo al texto: TÉCNICA SUECA DE VOLADURAS de RuneGustafsson¹³, en el que se determina el número exacto de barrenos de acuerdo a su distribución en el frente, tomando en cuenta parámetros como la línea de menor resistencia (piedra) y el espaciamiento de barrenos

4.5.3.1 Cálculo de las secciones del cuele.

Para diseñar la primera sección es necesario determinar la bisectriz que no es más que la distancia entre la pared del barreno central de alivio hasta la pared del barreno cargado (Figura 13). Se la puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Bisectriz} = 0,7 * \varnothing_2$$

Datos:

¹³Gustafson, R. (1977). *Técnica sueca de voladuras*. Suecia.

Diámetro del barreno cargado (\emptyset_1) = 45 mm = 0,045 metros

Diámetro del barreno grueso (\emptyset_2) = 96 mm = 0,096 metros

$$\text{Bisectriz (B}_1\text{)} = 67,2 \text{ mm} = 67 \text{ mm}$$

La distancia entre las paredes (d_p) de los barrenos se establece por la fórmula:

$$d_p = B_1 + \frac{\emptyset_2}{2} + \frac{\emptyset_1}{2}$$

Donde:

d_p : Distancia entre las paredes

\emptyset_2 : Diámetro del barreno grueso (mm)

\emptyset_1 : Diámetro del barreno cargado (mm)

$$d_p = 67 + \frac{96}{2} + \frac{45}{2}$$

$$d_p = 137,5 \text{ mm}$$

Para el cálculo del ancho del orificio volado (a_1) se considera la distancia entre paredes de los barrenos y se aplica la fórmula:

$$a_1 = \sqrt{2} * d_p$$

Donde:

d_p : Distancia entre las paredes

$$a_1 = \sqrt{2} * 137,5$$

$$a_1 = 194,45 \text{ mm}$$

El cual nos permite calcular la nueva distancia entre la siguiente fila de los barrenos siguientes:

$$B_2 = 0,7 a_1$$

Donde:

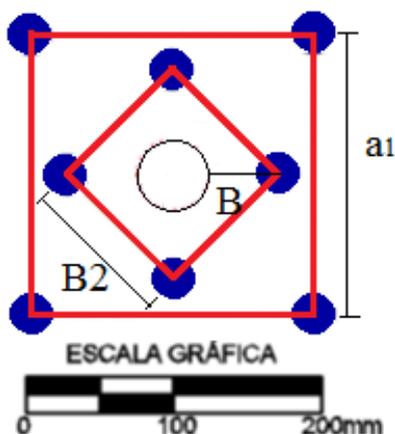
a_1 : Ancho del orificio volado

$$B_2 = 0,7 * 194,45$$

$$B_2 = 136,12 \text{ mm}$$

En el siguiente gráfico está representado B_1 , a_1 , B_2

Figura 13. Diagrama del cuele.



Fuente. Realizado por.: Jimenez, F

4.5.3.2 Cálculo de los anillos que incluye destroza y contorno

1.) **Burden (B)** es la separación de entre la cara libre y la carga.

$$B = 0,012 \left(\frac{2SG_e}{SG_r} + 1,5 \right) D_e$$

Donde:

SG_e : Densidad del Explosivo

SG_r : Densidad de la Roca

D_e : Diámetro del Explosivo, 1 1/8" = 29 mm

$$B_V = 0,012 \left(\frac{2 * 1,05}{2,41} + 1,5 \right) 29 = 0,82m$$

B_V es el Burden calculado para la densidad del material Volcánico que se presenta en la excavación de la Chimenea de Equilibrio.

2.) Número de anillos (N_R)

$$N_R = \frac{\left(R_{SH} - \frac{B}{2} \right)}{B} + 1$$

Donde:

R_{SH}: Radio de la excavación (m)

B: Burden (m)

$$N_{R1} = \frac{\left(2,10 - \frac{0,82}{2} \right)}{0,82} + 1 = 3,06 \approx 3$$

N_{R1} es el número de anillos calculados para la voladura.

3.) Burden real (B_A)

$$B_A = \frac{2R_{SH}}{2N_R - 1}$$

Donde:

R_{SH}: Radio de la excavación (m)

N_R: Número de anillos

$$B_A = \frac{2 * 2,10}{2(3) - 1}$$

$$B_A = 0,84 \approx 0,80 \text{ metros}$$

El **burden real (B_A)** se calcula una vez determinado el número de anillos de barrenos que serán necesarios para el diseño de la malla de perforación.

4.) Espaciamiento (S)

$$S = B = 0,80 \text{ metros}$$

Para el tercer anillo calculado, se utilizará un espaciamento diferente, porque se utilizará una voladura de contorno (pre-corte), este se calcula con la siguiente fórmula:

$$S_{\text{contorno}} = 16\phi_1$$

Donde:

ϕ_1 : Diámetro del barreno

$$S_{\text{contorno}} = 16 * 45 \text{ mm}$$

$$S_{\text{contorno}} = 720 \text{ mm}$$

$$S_{\text{contorno}} = 0,72 \text{ metros}$$

5.) Número de barrenos (N_H)

$$N_H = \frac{2R_R\pi}{S}$$

Donde:

R_R : Radio del Anillo (m)

S: Espaciamiento (m)

Anillo1

$$N_H = \frac{2 * 0,5 * \pi}{0,80} = 3,93 \approx 4$$

Anillo2

$$N_H = \frac{2 * 1,3 * \pi}{0,80} = 10,20 \approx 10$$

Anillo 3 (pre-corte)

$$N_H = \frac{2 * 2,10 * \pi}{0,72} = 18,31 \approx 18$$

6.) Espaciamiento real por anillo (S)

$$S = \frac{2R_R\pi}{N_H}$$

Donde:

R_R : Radio del Anillo (m)

N_H : Número de Barrenos

Anillo 1

$$S = \frac{2 * 0,5 * \pi}{4} = 0,79 \text{ metros}$$

Anillo 2

$$S = \frac{2 * 1,3 * \pi}{10} = 0,82 \text{ metros}$$

Anillo 3

$$S = \frac{2 * 2,10 * \pi}{18} = 0,73 \text{ metros}$$

El total de número de barrenos en los anillos es de 32, al cual se le añaden 9 barrenos, para conformar el cuele, dando así un total de 41 barrenos por voladura.

7.) Profundidad de Perforación (L)

$$L = 0,15 + 34,1(\phi_2) - 39,4(\phi_2)^2$$

Donde:

ϕ_2 : Diámetro del barreno central grueso

$$L = 0,15 + 34,1(0,096) - 39,4(0,096)^2$$

$$L = 3,060 \approx 3 \text{ metros}$$

8.) Sub - barrenación (J)

$$J = 0,3B_A$$

Donde:

B_A : Burden Real

$$J = 0,3 * 0,80$$

$$J = 0,24 \text{ metros}$$

9.) Taco (T)

$$T = 10\phi_1$$

Donde:

ϕ_1 : Diámetro del barreno cargado

$$T = 10 * 0,045$$

$$T = 0,45 \text{ metros}$$

10.) Ángulo de ajuste (LO)

$$LO = 0,1 + 3 (\tan 2^\circ)$$

$$LO = 0,1 + 0,10$$

$$LO = 0,20 \text{ metros}$$

Para calcular el consumo de explosivos se aplica el método Ashby (1.970) el cual correlaciona parámetros geomecánicos del índice RMR y resistencia de cizallamiento de las mismas, el consumo específico de explosivos. Posteriormente se calcula la concentración lineal. Esta fórmula no incluye a los barrenos de contorno porque al ser de recorte implica otra metodología¹⁴.

¹⁴Jimeno, L. (1994). *Manual de perforación y voladura de rocas*. España: Instituto tecnológico geominero.

La ecuación de Ashby para el consumo específico de explosivo (CE) es:

$$CE = \frac{0,56 * \rho_r * \tan(\varphi + i)}{\sqrt[3]{Jv}}$$

Dónde:

CE: Consumo específico de explosivo (kg /m³)

ρ_r : Densidad de la roca (ton/m³)

φ : Ángulo de fricción interno

i : Ángulo de rugosidad

Jv : Frecuencia de fracturas en un m³ de macizo rocoso

Paso 1.

Para empezar se sabe que: $\varphi + i = \text{ángulo de fricción del macizo } (\emptyset)$

Ahora la ecuación es:

$$CE = \frac{0,56 * \rho_r * \tan(\emptyset)}{\sqrt[3]{Jv}}$$

Ahora tomamos la ecuación de:

$$\emptyset = 5 + \frac{RMR}{2}$$

Reemplazando en la ecuación de Ashby tenemos:

$$CE = \frac{0,56 * \rho_r * \tan\left(5 + \frac{RMR}{2}\right)}{\sqrt[3]{Jv}}$$

Paso 2.

Se plantea utilizar “ Jv ” mediante la ecuación de Palmstrom (1.974).

$$RQD = 115 - 3,3Jv$$

Despejando la ecuación tenemos:

$$J_v = \frac{115 - RQD}{3,3}$$

Si se reemplaza en la ecuación de Ashby se tiene la la ecuación final:

$$CE = \frac{0,56 * \rho_r * \tan\left(5 + \frac{RMR}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115 - RQD}{3,3}}}$$

Dónde:

CE: Consumo específico de explosivo (kg /m³)

ρ_r : Densidad de la roca (ton/m³)

RMR: Clasificación Geomecánica de Bieniawski

RQD: Rock Quality Designation

Paso 3.

Cálculo de la constante de roca "C" según la ecuación

$$C = 0,8784 * CE + 0,0052$$

"C" es la cantidad de explosivo necesaria para fragmentar 1m³ de roca. Se la utiliza para determinar la concentración de carga lineal que se indicara a continuación:

Paso 4.

Cálculo de concentración de carga lineal de explosivo (q)

$$q = \frac{540 * \phi_1 * C * a_1}{RWS_{ANFO}}$$

Donde:

q: Concentración lineal de carga (Kg/m)

ϕ_1 : Diámetro del barreno cargado (m)

C : Constante de roca

a_1 : Ancho del orificio volado del primer burden del cuele (m)

RWS_{ANFO} : Potencia relativa en peso del explosivo referida al ANFO

$$RWS_{ANFO} = \frac{AWS_{EP}}{AWS_{ANFO}} * 10$$

Donde:

AWS_{EP} : Calor de explosión del explosivo EMULSEN 910 Kcal/Kg

AWS_{ANFO} : Calor de explosión del ANFO Kcal/Kg

Para el presente caso es:

$$RWS_{ANFO} = \frac{992}{922} * 10$$

$$RWS_{ANFO} = 108\% \approx 1,08$$

Reemplazando en la ecuación:

$$q = \frac{540 * \phi_1 * C * a_1}{1,08}$$

La carga para los barrenos de contorno exige menor concentración de explosivo por lo tanto la carga lineal se calcula de la siguiente manera:

$$q' = 90\phi_1^2$$

Donde:

q' : Concentración lineal de carga para los barrenos de contorno (Kg/m)

ϕ_1 : Diámetro del barreno cargado (m)

En este caso se encuentra con los siguientes datos:

Tabla 20. Clasificación de roca por tipo y geomecánica.

Clase de roca	Desde (m)	Hasta (m)	Tipo de roca	Desde (m)	Hasta (m)	RQD (%)	RMR
Andesita Basáltica	0,00	116,00	Escoria Basáltica	0,00	5,00	20	33
			Andesita Basáltica	5,00	40,15	20	30
			Escoria Basáltica	40,15	50,00	20	26
			Andesita Basáltica	50,00	56,00	30	45
			Escoria Basáltica	56,00	92,00	20	30
			Andesita Basáltica	92,00	112,00	50	46
			Escoria Basáltica	112,00	116,00	20	36

Fuente. Realizado por.: Jiménez, F

- Resolución para el primer tramo: Tramo 0.00m - 5.00m

Cálculo de la concentración específica:

$$CE = \frac{0,56 * \rho_r * \tan\left(5 + \frac{RMR}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115-RQD}{3,3}}}$$

$$CE = \frac{0,56 * 2,41 * \tan\left(5 + \frac{33}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115-20}{3,3}}}$$

$$CE = 0,17\text{kg/m}^3$$

Cálculo de la constante de roca:

$$C = 0.8784 * CE + 0.0052$$

$$C = 0.8784 * 0.17 + 0.0052$$

$$C = 0.16$$

Cálculo de concentración de carga lineal de explosivo (q)

$$q = \frac{540 * \phi_1 * C * a_1}{1,08}$$

$$q = \frac{540 * 0,045 * 0,16 * 0,194}{1,08}$$

$$q = 0,70 \text{kg/m}$$

La cantidad de explosivo se determina con 22 barrenos (sin incluir barreno central y barrenos de contorno) de una longitud de carga de 2,55m con la siguiente ecuación:

Cantidad de explosivo_{destroza} = $q * \text{Número de taladros} * \text{Longitud de carga}$

$$\text{Cantidad de explosivo}_{\text{destroza}} = 0,70 * 22 * 2,55$$

$$\text{Cantidad de explosivo}_{\text{destroza}} = 39,27 \text{Kg}$$

Número de cartuchos:

$$\text{N}^\circ \text{ de cartuchos} = \frac{\text{Cantidad de explosivo}_{\text{destroza}}}{\text{Peso cartucho de explosivo}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de cartuchos} = \frac{39,27 \text{ Kg}}{0,203 \text{ Kg}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de cartuchos} = 193,44 \approx 194$$

Para los barrenos de contorno:

$$q = 90\phi_1^2$$

$$q = 90(0,045)^2$$

$$q = 0,18\text{Kg/m}$$

La cantidad de explosivo se determina para los 18 barrenos de contorno con una longitud de carga de 2,55m así:

$$\text{Cantidad de explosivo}_{\text{contorno}} = q * \text{Número de taladros} * \text{Longitud de carga}$$

$$\text{Cantidad de explosivo}_{\text{contorno}} = 0,18 * 18 * 2,55$$

$$\text{Cantidad de explosivo}_{\text{contorno}} = 8,26\text{Kg}$$

Número de cartuchos:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de cartuchos taladro} = \frac{\text{Cantidad de explosivo}_{1\text{taladro contorno}}}{\text{Peso del cartucho de explosivo}}$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ de cartuchos} = \frac{0,459}{0,146}$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ de cartuchos} = 3,144 \approx 4$$

Cantidad de explosivo total utilizado en la malla de perforación para el primer tramo:

$$\text{Explo. Ttal.} = \text{Cantidad de expl.}_{\text{destroza}} + \text{Cantidad de expl.}_{\text{contorno}}$$

$$\text{Explosivo total} = 8,26\text{Kg} + 39,27\text{Kg}$$

$$\text{Explosivo Total} = 47,53\text{Kg}$$

De acuerdo a los cálculos anteriormente descritos se determina el diagrama de voladura y la secuencia de encendido. (Ver anexo K)

Tabla 21. Conectores de retardo.

CONECTORES DE RETARDO	
Serie No.	Serie periodo corto (ms) Manguera de color rojo
1	25ms
2	75ms
3	125ms
4	175ms
5	225ms

Fuente. Catálogo de Explocen

4.6 VENTILACIÓN

Después de cada disparo, se ventilará la chimenea con aire comprimido y agua, soltando desde la válvula múltiple y en la salida existe el cabezal de disparo que tiene la función de expandir. El tiempo de ventilación debe ser como mínimo de 20 minutos.

La ventilación tiene como objetivo suministrar aire fresco a las labores subterráneas para crear condiciones adecuadas para todo el personal que labora, así como también para el correcto funcionamiento de los equipos¹⁵.

Para el caso de construcción de labores verticales ascendentes, con método de perforación y voladura hay que tener mucha precaución por la acumulación de gases en el techo de la chimenea.

4.6.1 Cantidad de aire necesario en las labores

Para calcular la cantidad de aire necesario en las labores, se toman dos parámetros: el número de personal y la cantidad de explosivo utilizado.

¹⁵Gallardo, S. (2.008) “Guía metodológica de seguridad para ventilación de minas”, Santiago de Chile.

Previo a este proceso, es necesario determinar el coeficiente de seguridad (k_p) para las labores subterráneas de construcción, el que está contemplado en tres categorías

Tabla 22. Categorías en función de la seguridad.

CATEGORIAS	DESCRIPCIÓN
I	Bajo contenido de gases.- 1m^3 de aire/ton extraída.
II	Medio contenido de gases (minerales sulfurosos + agua subterránea).- $1,25\text{ m}^3$ de aire/ton extraída.
III	Alto contenido de gases (minería de carbón).- $1,5\text{ m}^3$ de aire/ton. extraída

Para el caso el coeficiente de seguridad será de categoría I, es decir, $k_p=1,00$.

4.6.1.1 Por el número de personas.

La cantidad mínima de aire para una persona en labores subterráneas es de $3\text{m}^3/\text{min}$, esto según el artículo 49 del Reglamento de Seguridad Minera del Ecuador y la Asociación Chilena de Seguridad.

Sin embargo existe una recomendación para determinar el flujo de aire por persona en función a la altitud a la que se encuentra el estudio.

Tabla 23. Flujo de Aire en función de la cota

Altura (m.s.n.m.)	Flujo de aire (m^3/min)
0-1500m	3,0
1500-3000	4,2
3000-4000	5,1
4000-5000	6,0

Fuente. Reglamento de seguridad minera del Ecuador.

Tomando en cuenta la cantidad de flujo de aire en función a la altitud, se procede a realizar cálculos partiendo que el caudal requerido por persona es de 4,2 m³/min.

El número de personas laborando en la chimenea simultáneamente será 7 aproximadamente entre operadores y visitas

A continuación, se procede al cálculo del caudal necesario en función a la cantidad de personas en el frente de la labor, como se muestra a continuación:

$$Q_t = q_t * N_t * k_p$$

Donde:

q_t : Cantidad de aire por persona 4.2 m³/min

N_t: Número de personas trabajando simultáneamente

k_p: Coeficiente de seguridad

$$Q_t = 4,2 * 7 * 1$$

$$Q_t = 29,4 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.6.1.2 Por la cantidad de sustancia explosiva

El equipo Alimak posee un sistema aspersor de aire comprimido más agua, acción que se lo ejecuta una vez culminada la voladura que para cuyo efecto la manguera de aire se dejara a 5m del techo de la chimenea.

Además se tiene el sondeo SCHE-01 la cual funciona también a manera de ducto de evacuación para los gases. (Ver Anexo L)

Estos gases deben ser diluidos y para esto es necesario suministrar una cantidad de aire limpio, esta cantidad de aire se determina aplicando siguiente fórmula.

$$Q = \frac{100 \times A \times a}{d \times t}$$

Dónde:

Q : Caudal por sustancia explosiva (m³/min)

A : Cantidad de explosivo empleado. (Kg)

a : Volumen de gases generados por cada Kg de explosivo utilizado 0,04 (m³/Kg de explosivo); valor tomado como norma general.

d : Porcentaje de dilución de los gases en la atmósfera, deben ser diluidos a no menos de 0,008 % que se aproxima a 0.01%

t: Tiempo de dilución de los gases (minutos); generalmente el tiempo empleado no es mayor de 30 minutos en el PHQ.

$$Q = \frac{100 \times 65,50 \times 0,04}{0,01 \times 30}$$

$$Q = 873,33 \text{ m}^3 / \text{min}$$

4.6.2 Total de la cantidad de aire requerido

Al ser el caudal para la evacuación de los gases de voladura mayor al del equipo utilizado sumado al personal, el aire total requerido será el valor de Q.

$$\text{Aire total requerido} = Q$$

$$\text{Aire total requerido} = 873,33 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.6.3 Velocidad de aire

El reglamento de seguridad para labores subterráneas en minería según el artículo 50 recomienda que la velocidad mínima de aire debe ser 0.15m/s, así:

$$\frac{Q(\text{m}^3/\text{min})}{S(\text{m}^2)} \geq 0,15\text{m}/\text{seg}$$

$$\frac{873,33/60}{13,85} \geq 0,15\text{m/seg}$$

$$1,05\text{m/seg} \geq 0,15\text{m/seg}$$

4.6.4 Cálculo del diámetro de la tubería a utilizarse

A continuación se propone la fórmula para el cálculo del diámetro de la tubería en función de la sección de la labor:

$$d_{tu} = 0,22 * \sqrt{S \cdot luz}$$

$$dtu = 0,22 * \sqrt{18,077}$$

$$dtu = 0,94\text{m}$$

4.6.5 Producción del aire del ventilador tomando en cuenta fugas (Qv)

Se realiza un cálculo del caudal necesario del aire por producto de las fugas que pueden producirse a lo largo de la manga.

$$Q_v = Q_p^{\max} * \left(1 + 0,065 * \frac{L}{100}\right)$$

$$Q_v = 873,33 * \left(1 + 0,065 * \frac{802}{100}\right)$$

$$Q_v = 874,86\text{m}^3/\text{min}$$

4.6.6 Elección del ventilador

Para la elección del ventilador dada las condiciones de construcción del presente proyecto (empresa constructora china) se opta por la implementación de equipos originarios de su país, es así que buscando en la oferta del mercado chino se opta por el siguiente ventilador:

Figura 14. Ventilador Axial Fbcz- 4- N° 12 CHINA COAL

Fuente: <https://www.jznm.en.alibaba.com>

Tabla 24. Características ventilador

Modelo	Girar (r/min)	Caudal (m ³ /s)	La presión del aire (Pa)	Motor eléctrico de potencia (kW)
Fbcz- N°12	4- 720	17,85~ 15,89	510~920	15

Fuente: <https://www.jznm.en.alibaba.com>

A medida que el caudal de aire vaya disminuyendo en función de la presión por el aumento de longitud del túnel, será necesario la instalación de boosters para mantener la presión necesaria para el caudal de aire requerido.

Los booster corresponderán al mismo ventilador seleccionado.

4.7 CARGUÍO Y TRANSPORTE

El trabajo de excavación y transporte es eficiente cuando se ha seleccionado correctamente la maquinaria necesaria para realizar este proceso la misma que desempeña una función adecuada en el ciclo de movilidad.

4.7.1 Elección del equipo de cargado.

La selección de los equipos y maquinaria de cargado, debido a que el proyecto ya se encuentra en ejecución, está ya ha sido seleccionada por la contratista.

El equipo seleccionado para realizar la limpieza del material que sale de la excavación de la chimenea de equilibrio será una cargadora frontal LiuGong 835CLG(Figura 15), que tiene una capacidad volumétrica de la cuchara de 1,70 m³.

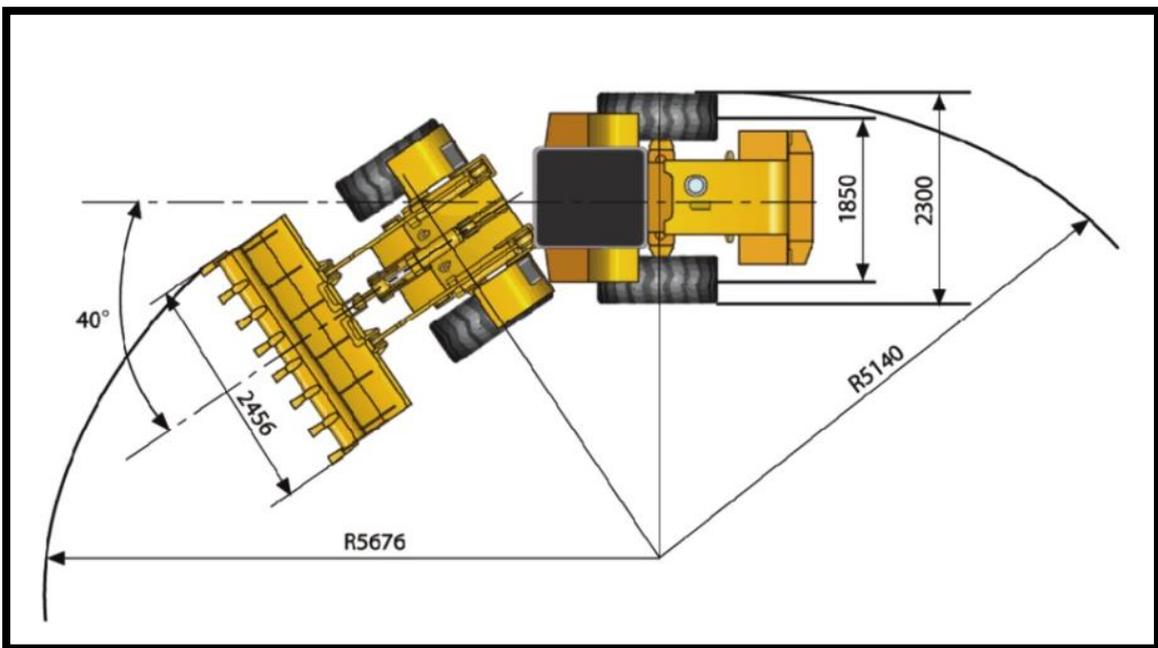
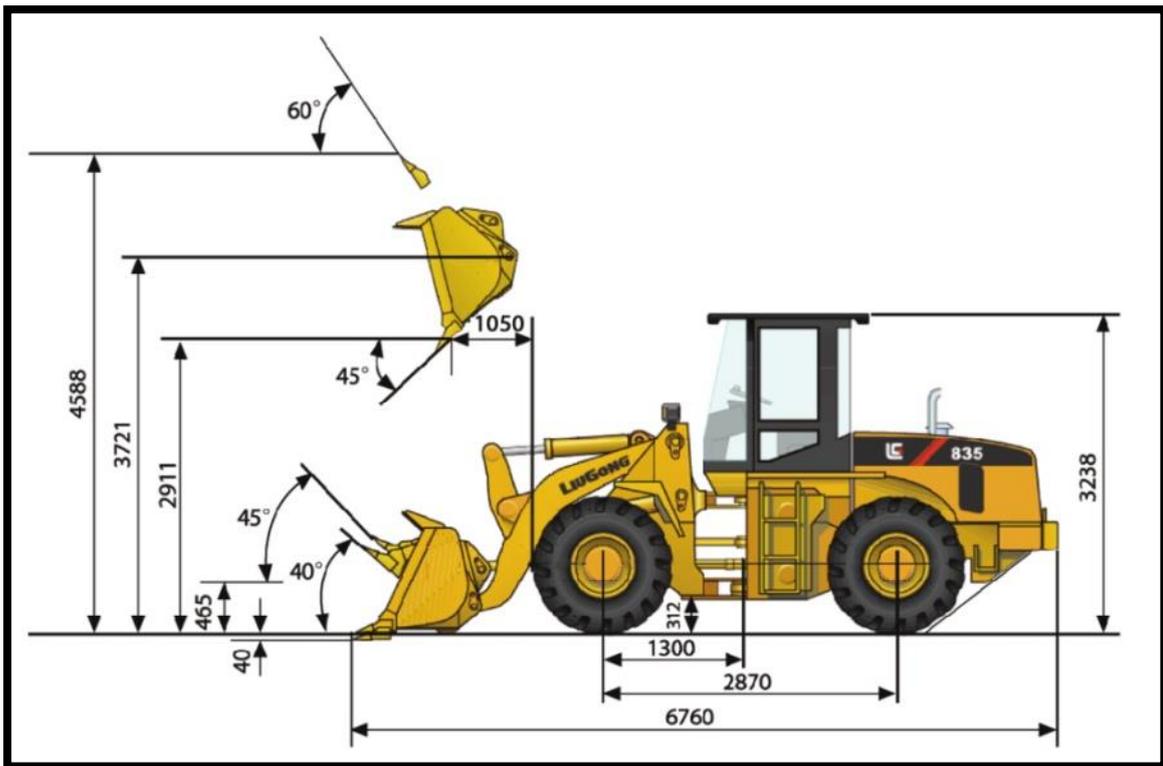
Las características de la cargadora se detallan a continuación:

Tabla 25. Especificaciones de cargadora frontal LiuGong 835CLG

Medidas Generales con cucharón referencial	
A. Altura hasta borde de la cabina	3.238mm
B. Espacio libre del piso	312mm
C. Largo desde el centro del eje	1.300mm
D. Distancia entre ejes	2.870mm
E. Largo general	6.760mm
F. Máxima altura	60°
G. Máximo vaciado de cucharón	45°
H. Alcance de vaciado	1.050mm
J. Altura de levante al pasador	3.721mm
K. Altura de carga	2.911mm
L. Movimiento máximo al nivel del suelo	40°
M. Altura del pasador de bisagra en posición de carga.	465mm
N. Máxima profundidad de excavación	40mm
O. Ancho sobre las llantas	2.300mm
P. Ancho de huellas	1.850mm
Q. Radio de giro sin las llantas	5.140mm
R. Angulo máximo de giro (a cada lado).	40°
S. Ancho del cucharón	2.456mm
T. Radio de giro afuera el cucharón	5.676mm

Fuente: Manual Liugong.

Figura 15. Cargadora frontal



Fuente: Manual Liugong.

El equipo de transporte estará conformado por volquetas de la marca Forland procedente del país de origen de la empresa constructora (China), estas tienen una capacidad volumétrica de 6m^3 (Ver anexo LL)

Tabla 26. Especificaciones de camión Forland volquete.

CARACTERISTICAS DEL VOLQUETE	
Marca	KUNMING
Norma de emisión	EURO II
Inyección	Diesel
Modelo	490QZL
Potencia	125HP/3.000rpm
Cilindrada	4.087 c.c
Aspiración	Turbo Intercooler
Longitud total (OAL)	5.770mm
Ancho total (OAW)	2.100mm
Altura Total	2.380mm
Distancia entre ejes	3.400mm
Peso máximo por eje (delantero)	4.200Kg
Peso máximo por eje (trasero)	5.620Kg

Fuente. (ForlandTechnology manual de rendimiento)

4.7.2 Ciclo de movilidad para el cargado y transporte

El ciclo de movilidad del cargado y el transporte se determinaran entre los nichos construidos dentro del túnel principal, entre las abscisas 0+590 - 0+600 (Nicho N.3) y 0+790 - 0+800 (Nicho N.4). (Ver Anexo M)

Fotografía 10. Metodología de Cargado

Las maniobras que realizará la cargadora son los siguientes:

1. Cargado de material fragmentado.
2. Movilización hacia el nicho N°4.
3. Vaciado de material cargado en la volqueta.
4. Retorno hacia el lugar de cargado de material.

Las maniobras que realizará la volqueta son los siguientes:

1. Ingreso por el túnel de presión hacia el nicho N°4.
2. Espera en el nicho N°4 mientras es cargada con material fragmentado.
3. Maniobra de giro.
4. Salida por el túnel de presión hacia la escombrera.

En el nicho N°3 es un punto de espera para el resto de las volquetas, mientras una de ellas está siendo cargada.

4.7.3 Tiempo de carguío y transporte del material.

- Volumen real de roca esponjada: (V_e)

$$V_e = (Lef * Eo) * [A * (1 + I) * Ke]$$

$$V_e = (3.00 * 0.90) * [15.90 * (1 + 0.02) * 1.31]$$

$$V_e = 57,36 \text{ m}^3$$

Donde:

Lef: Longitud efectiva de perforación (m)

Eo: Eficiencia de la voladura (%)

A: Área de la excavación (m)

I: Irregularidad del área por defecto de la voladura (%)

Ke: Coeficiente de esponjamiento

- Número de viajes de la pala cargadora para limpiar el disparo (n_{viajes})

$$n_{\text{viajes}} = \frac{V_e}{V}$$

Donde:

V_e : Volumen real de roca esponjada (m^3)

V: Capacidad del Cucharón (m^3)

$$n_{\text{viajes}} = \frac{57,36}{1,70}$$

$$n_{\text{viajes}} = 33.74 \approx 34 \text{ viajes}$$

- Número de viajes que la pala debe hacer para llenar el volquete

$$n = \frac{V_{\text{car}}(1 + \varphi)}{V}$$

Donde:

V_{car} : Capacidad de carga del volquete (m^3)

φ : Coeficiente de llenado (%)

$$n = \frac{6(1 + 0,1)}{1,70}$$

$$n = 3,88 \approx 4 \text{ viajes}$$

- Tiempo del ciclo de la pala cargadora

$$T_{\text{C-DESP}} = \frac{L_{\text{max}} * (1 + C_R)}{V_D}$$

$$T_{\text{C-DESP}} = \frac{48 * (1 + 0,2)}{166,67}$$

$$T_{\text{C-DESP}} = 0,345 \text{ min}$$

Donde:

L_{max} : Longitud máxima de desplazamiento de la pala cargadora (m)

C_R : Porcentaje de reducción de velocidad por desplazarse cargado y en sentido contrario.

V_D : Velocidad de desplazamiento de la pala cargadora (m/min)

- Tiempo de desplazamiento de la pala cargadora: ($T_{\text{d-Des}}$)

$$T_{\text{d-des}} = \frac{L_{\text{max}}}{V_D}$$

$$T_{d_{des}} = \frac{48}{166,67}$$

$$T_{d_{des}} = 0,287 \text{ min}$$

Tiempo de cargado de material: $T_c = 0,5 \text{ min}$

Tiempo de descargado de material: $T_d = 0,5 \text{ min}$

Tiempo de maniobra: $T_m = 1 \text{ min}$

Tiempo de ciclo de la pala cargadora (Tciclo)

$$T_{ciclo} = T_{c-despl} + T_{D-des} + T_c + T_d + T_m$$

$$T_{ciclo} = 0,345 + 0,287 + 0,5 + 0,5 + 1$$

$$T_{ciclo} = 2,63 \text{ min}$$

Tiempo del ciclo del volquete ($T_{Volq-CICLO}$)

- Tiempo de cargado del volquete (T_{CV})

$$T_{CV} = n * T_{ciclo}$$

$$T_{CV} = 4 * 2,63$$

$$T_{CV} = 10,52 \text{ min}$$

Los tiempos que se presentan a continuación están basados en datos tomados en campo en el PHQ.

Tiempo de descarga del Volquete $T_{DV} = 3 \text{ min}$

Tiempo de desplazamiento del volquete cargado: $T_{CV-DESPLA} = 8 \text{ min}$

Tiempo de desplazamiento del volquete descargado: $T_{DV-DESPLA} = 5 \text{ min}$

Tiempo de maniobra: $T_{MV} = 2 \text{ min}$

$$T_{\text{Volq-CICLO}} = T_{\text{CV}} + T_{\text{DV}} + T_{\text{CV-DESPLA}} + T_{\text{DV-DESPLA}} + T_{\text{MV}}$$

$$T_{\text{Volq-CICLO}} = 10,52 + 4 + 11 + 7 + 3$$

$$T_{\text{Volq-CICLO}} = 35.52 \text{ min}$$

Tiempo total para cumplir las labores de carguío y transporte.

- Número de viajes del volquete ($n_{\text{Viaje-Volq.}}$)

$$n_{\text{Viaje-Volq}} = \frac{V_e}{V_{\text{vol}} + (1 + \varphi)}$$

$$n_{\text{Viaje-Volq}} = \frac{57.36}{6(1 + 0,1)}$$

$$n_{\text{Viajes-Volq}} = 8.69 \approx 9 \text{ viajes}$$

La suma de tiempos del ciclo de los volquetes excluyendo el tiempo de cargado es de $T_e = 18 \text{ min}$ esto significa que los volquetes no deberán esperar para ser cargados, pero la pala cargadora esperará 4 min hasta que el volquete arribe para ser cargado.

Expuesto este evento se determina el tiempo total del ciclo de carguío y transporte de la siguiente manera:

$$T_{\text{CARGA Y TRASNPORTE}} = \frac{T_{\text{CV}} + [T_e * (n_{\text{Viaje-Volq.}} - 1)] + [(T_e - T_{\text{CV}}) * (n_{\text{Viaje-Volq}} - 1)]}{60}$$

$$T_{\text{CARGA Y TRASNPORTE}} = \frac{10.52 + [18 * (9 - 1)] + [(18 - 10.52) * (9 - 1)]}{60}$$

$$T_{\text{CARGA Y TRASNPORTE}} = 3,15 \approx 3,2 \text{ horas}$$

4.8 SOSTENIMIENTO PRELIMINAR

4.8.1 UNIDADES GEOMECÁNICAS

Las unidades geomecánicas fueron definidas en base a la recopilación de información y a la clasificación de RMR del sondeo SCHE-01 de Battaglia 2014. Las primeras tres unidades (I, II y III) se refieren a macizos rocosos con diferente grado de fracturación. La cuarta unidad (UG4) se refiere a un macizo muy alterado y a suelos parcialmente cementados, que muestran un comportamiento geotécnico al límite entre rocas débiles y suelos, mientras la última unidad (UG5) representa los suelos sueltos, que son materiales granulares con baja o sin cohesión¹⁶.

La descripción de las unidades es de menor a mayor calidad rocosa o RMR.

Roca tipo V

La Roca tipo V, representa los depósitos sedimentarios pre y entra-volcánicos (Q4 y Q3i), constituidos por suelos de arena, grava, guijarros, y bandas limosas en estado suelto, con cohesión débil o ausente.

Fotografía 11. Brechas volcánicas con niveles de paleosuelos



Fuente. Hidrosuelos.

¹⁶Battaglia, D. (2014). *Informe Geológico-Geotécnico*. GEORISK. Italia.

Son materiales con resistencia típica de suelos por los cuales no se pueden aplicar las clasificaciones geomecánicas. Se interpretan al límite inferior de la Clase V de Bieniawski. La permeabilidad es medio-alta, variable en función de las características granulométrica. La presencia de agua en presión es un elemento muy crítico en cuanto puede causar la pérdida completa de cohesión y condiciones de suelos fluyentes (Flowingground) según la clasificación de Terzaghi. El avance en estos materiales no es posible sin pre-consolidación en cuanto el frente y el túnel son inestables en el corto plazo. Son necesarias medidas sistemáticas de pre sostenimiento del frente asociado, en presencia de presiones hidráulicas, a inyecciones de lechada de cemento por su impermeabilización.

El sostenimiento del túnel necesita de cerchas metálicas poco espaciadas y una espesa capa de hormigón lanzado.

Los parámetros geotécnicos de referencia de la unidad UG5 se muestran en la tabla siguiente (Tabla 27)

Tabla 27. Parámetros de roca, para Clase V

Parámetro Roca V	U.M.	Moda	Variabilidad
Peso volumétrico	kN/m ³	22	20-24
Permeabilidad	(m/s)	1,00E-05	5,00E-04 - 1,00E-06
Cohesión de pico	(MPa)	0,05	0,0-0,2
Ángulo de fricción de pico	(°)	28	25-30
Cohesión residual	(MPa)	0	-
Ángulo de fricción residual	(°)	25	-
Dilatancia	(°)	0	-

Fuente. LOMBARDI, Junio 2015.

La roca V permanecerá estable 1 a 4 horas, se puede tener tramos excavados de 0,5 a 2 metros, para lo cual el sostenimiento debe ser colocado inmediatamente después de la rezaga del material excavado.

El sostenimiento para este tipo de roca es hormigón lanzado + malla electrosoldada y cerchas reticulares; el hormigón con un espesor de entre 5 a 20 cm, la malla con retículos de 150 X 150 mm y un diámetro de la malla de 6 mm, las cercha instaladas cada medio metro¹⁷(Ver Anexo N).

Roca tipo IV

La Unidad UG4 consiste en rocas metamórficas y volcánicas (Q3e, Q3l) con meteorización elevada y depósitos sedimentarios de lahares, aluviales y lacustres (Q3i, Q4) caracterizados por la presencia de alta compactación y/o débil cementación.

Se trata de materiales con resistencia baja, al límite entre las rocas débiles y los suelos, por los cuales las clasificaciones geomecánicas son de difícil aplicación. El valor de GSI es inferior a 30, mientras el RMR es inferior a 35.

La permeabilidad puede ser muy variable, desde baja hasta elevada, en función de la litología, del nivel de meteorización y del estado de fracturación. Presencia de agua en presión es un elemento crítico que afecta la estabilidad del frente.

La excavación requiere la utilización de voladuras a bajo potencial o martillo rompedor. El frente se muestra inestable en el corto plazo y el túnel necesita de sostenimientos sistemáticos con cerchas y hormigón lanzado. En presencia de cargas hidráulicas puede ser necesaria la perforación de paraguas y drenajes en fase de pre-avance. Fenómenos de “squeezing”, con alta convergencia de las paredes del túnel pueden ocurrir en presencia de alta carga litostática, sobre todo en los esquistos grafíticos meteorizados.

Los parámetros geotécnicos de referencia de la unidad UG4 se muestran en la tabla siguiente.

¹⁷Lombardi, G. (2015) *Informe Técnico General*. Quito.

Tabla 28.Parámetros de roca tipo IV.

Parámetro Roca IV	U.M.	Moda	Variabilidad
Peso volumétrico	kN/m ³	23	22 – 24
Permeabilidad	(m/s)	1,00E-05	5,00E-06-1,00E-04
Permeabilidad	(m/s)	5,00E-05	1,00E-04-1,00E-07
Cohesión de pico	(MPa)	0,2	0,1-0,3
Ángulo de fricción de pico	(°)	30	28-32
Módulo de deformación	(GPa)	1,0	0,5-1,5
Coefficiente de Poisson	(-)	0,3	
Cohesión residual	(MPa)	0	-
Ángulo de fricción residual	(°)	25	-
Dilatancia	(°)	2	-

Fuente. LOMBARDI, Junio 2015.

El sostenimiento para este tipo de roca permanecerá estable 4 horas a 2 días, y se puede tener tramos excavados de 1 a 5 metros sin sostenimiento.

El sostenimiento para la roca tipo IV es hormigón lanzado + malla electrosoldada y cerchas reticulares; el hormigón con un espesor de entre 5 a 15 cm, la malla con retículos de 150 X 150 mm y un diámetro de la malla de 6 mm, las cercha instaladas cada metro (Ver Anexo Ñ)

Roca tipo III

La Unidad UG3 comprende los macizos de lava (Q3l), de escorias (Q3e) y de esquistos, constituidos por rocas resistentes y meteorización medio-baja. Los macizos son interesados por varias juntas lisas, moderadamente meteorizadas y en algunos casos son rellenadas por material fino. Las escorias son caracterizadas por una textura brechada, sino parcialmente cementada.

La permeabilidad es media y en presencia agua subterránea, sobre todo a lo largo del túnel Quijos, se pueden haber infiltraciones difusas.

El valor de referencia por el índice GSI es de 35 y por el RMR es de 40, por lo tanto, el macizo rocoso se considera al límite entre las Clases III y IV de Bieniawski.

La excavación requiere la utilización sistemática de voladuras. El frente es estable, mientras en el túnel pueden ocurrir convergencias de la bóveda y de los hastiales con deformaciones inferiores al 5%. El sostenimiento del túnel necesita la colocación sistemática de cerchas metálicas y la aplicación de hormigón lanzado.

Tabla 29. Parámetros de resistencia y deformabilidad de la unidad III

Parámetro Roca III	U.M.	Moda	Variabilidad
Peso volumétrico	kN/m ³	26	25-27
Permeabilidad	(m/s)	5,00E-06	1,00E-05-1,00E06
Cohesión de pico	(MPa)	0,8	0,5-1,0
Ángulo de fricción de pico	Residual (°)	35	32-37
Módulo de deformación	(GPa)	2,2	1-5
Coefficiente de Poisson	(-)	0,3	
Cohesión residual	(MPa)	0,1	-
Ángulo de fricción residual	(°)	30	-
Dilatancia	(°)	0	-

Fuente. LOMBARDI, Junio 2015.

El sostenimiento para la roca tipo III permanecerá estable 2 días a 1 mes, y se puede tener tramos excavados de 5 a 12 metros sin sostenimiento.

Los parámetros geotécnicos de la unidad III se muestran en la tabla siguiente.

El sostenimiento para la roca tipo III es hormigón lanzado, malla electrosoldada y pernos eventuales; el hormigón con un espesor de entre 5 a 10 cm, la malla con retículos de

150 X 150 mm y un diámetro de la malla de 6 mm, no van cerchas en este tipo de roca, la longitud de los pernos es 3 m y su diámetro es 25,4 mm (Ver Anexo O)

Roca tipo II

La Unidad UG2 consiste en los macizos de lava (Q3l) y de esquistos, constituidos por rocas resistentes y sin meteorización. Los macizos son fracturados por juntas frecuentes, cerradas o un poco abiertas. La permeabilidad es baja, superior respecto a la anterior de un orden de magnitud.

El valor de referencia por el índice GSI es de 50 y por el RMR es de 55, por lo tanto, el macizo rocoso se considera en la Clases III de Bieniawski.

La excavación requiere la utilización sistemática de voladura; el comportamiento del frente y del túnel es generalmente estable, sin embargo el caso necesita de refuerzos por concreto lanzado y pernos esporádicos por el sostenimiento de cuñas y piedras inestables en la bóveda.

La roca Tipo II permanecerá estable 30 días a 10 meses, y se puede tener tramos de excavados de 5 a 20 m sin sostenimiento.

Los parámetros geotécnicos de la unidad UG2 se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 30. Parámetros de resistencia y deformabilidad de la unidad II

Parámetro Roca II	U.M.	Moda	Variabilidad
Peso volumétrico	kN/m ³	26	25-28
Permeabilidad	(m/s)	5,00E-07	1,00E-06-1,00E07
Cohesión de pico	(MPa)	1,2	1-1,3
Ángulo de fricción de pico	(°)	42	40-45
Módulo de deformación	(GPa)	6,1	5-8
Coefficiente de Poisson	(-)	0,25	
Cohesión residual	(MPa)	0,2	-
Ángulo de fricción residual	(°)	35	-
Dilatancia	(°)	5	-

Fuente: LOMBARDI, Junio 2015.

El sostenimiento para la roca tipo II es pernos eventuales + hormigón lanzado; el hormigón con un espesor de 5 cm, la longitud de los pernos es 3 m y su diámetro es 25,4 mm (Ver Anexo P)

Roca tipo I

La Unidad UG1 consiste en los macizos de lava (Q31) y de esquistos, constituidos por rocas resistentes y sin meteorización. Los macizos son generalmente sanos y muy poco fracturados, con juntas raras y cerradas. La permeabilidad es muy baja, pero a nivel local se puede haber, en presencia de agua subterránea, infiltraciones por algunas fracturas abiertas.

El valor de referencia por el índice GSI es mayor de 65 y por el RMR es mayor de 70, por lo tanto, el macizo rocoso se considera en la Clases I y II de Bieniawski.

La excavación requiere la utilización sistemática de voladura; el comportamiento del frente y del túnel es estable, necesitando sólo de esporádicos pernos y anclajes para el

soporte de algunas cuñas inestables. Los parámetros geotécnicos de la unidad UG1 se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 31. Parámetros de resistencia y deformabilidad de la unidad I.

Parámetro Roca I	U.M.	Moda	Variabilidad
Peso volumétrico	kN/m ³	27	26-28
Permeabilidad	(m/s)	5,00E-08	1,00E-07-1,00E08
Cohesión de pico	(MPa)	1,7	1,5-2
Ángulo de fricción de pico	(°)	46	45-48
Módulo de deformación	(GPa)	12,6	10-15
Coefficiente de Poisson	(-)	0,2	
Cohesión residual	(MPa)	0,5	-
Ángulo de fricción residual	(°)	40	-
Dilatancia	(°)	8	-

Fuente: Realizado por.: LOMBARDI, Junio 2015.

El sostenimiento para la roca tipo I es solamente pernos eventuales; no tiene considerado hormigón lanzado, la longitud de los pernos es 3 m y su diámetro es 25,4 mm (Ver Anexo Q)

4.9 CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES DE AVANCE DE LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO

Para el cronograma de actividades se han realizado toma de tiempos del ciclo rezaga en el campo con los equipos a implementarse para la ejecución del trabajo, así como los tiempos del ciclo de perforación.

De los datos obtenidos se tiene los siguientes resultados (Ver anexo R)

Se realizan dos voladuras diarias como se indica en el Anexo 18 con lo que se puede determinar la culminación de la excavación. La ejecución estará al frente de un grupo de trabajo que se detalla a continuación.

Tabla 32. Ciclo de Trabajo, personal de labores y duración.

Ciclo	Tiempo (h)	Nº Personal
Perforación	4	4
Carga y Voladura	2	4
Ventilación	0,5	1
Desquinche	0,5	2
Rezaga	3,1	3
Topografía	0,5	3
Inst. Riel	1	3
Supervisor		1
TOTAL	11,6	21

Fuente: Realizado por. Jiménez, F. (2015)

Tabla 33. Duración de la excavación de la Chimenea de Equilibrio.

Avance por pega	Tiempo total por ciclo	Longitud de la Chimenea	Tiempo Total de ejecución
2,76 m	11,6 h	116 m	22 días

Fuente: Realizado por. Jiménez, F. (2015)

4.9.1 Costos de capital fijo

Los costos de capital fijo describen el capital invertido en cada una de las máquinas adquiridas por la empresa constructora y el costo de operación de cada una de las máquinas. A continuación se detallan los costos de capital fijo:

Tabla 34. Costo del ventilador.

VENTILADOR	
COSTO DE PROPIEDAD	\$hora
C. Depreciación	5,9
C.Capital Invertido	0,92
C. Seguro	0,09
Total	6,91
COSTO DE OPERACIÓN	
Energía	131,56
Mantenimiento	4,72
Recambio	0,14
Total	136,42
Subtotal	143,33
Gastos Generales (10%)	43,33
COSTO HORARIO	157,66

Fuente: Realizado por. Jiménez, F. (2015).

4.9.2 Costos directos

Los costos directos de operación en la excavación utilizando el método de perforación y voladura se toman en cuenta la mano de obra, equipos y materiales. En las tablas a continuación se detallan los costos unitarios:

1.) Mano de obra.

En el costo de mano de obra se toma en cuenta, el número de trabajadores, el jornal que reciben, y la incidencia de cada uno en la tarea que van a realizar.

Tabla 35. Costos de un perforista

Costos Perforista		
Días en el año	365	días
Jornada	334	días
Vacaciones por jornada	0	días
Vacaciones por año	31	días
Días festivos	3	días
Permisos	4	días
Días no laborables	34	días
Días laborables	331	días
Salario nominal (SN)	550	\$/mes
Salario nominal por día	18,05	\$/día
Factor de mayorización (fm)	0,093	
SN x fm	1,63	\$/día laborable
Décimo tercero	340	\$
	1,03	\$/día laborable
Décimo cuarto	2,43	\$/día laborable
	801,90	\$
Aporte patronal	2,42	\$/día laborable
Fondos de reserva	1,66	\$/día laborable
Factor real de pago	1,46	
SALARIO REAL	25,82	\$/día laborable
Salario por hora	3,22	\$/hora

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Para determinar los salarios por hora de cada uno de los trabajadores se realizan los respectivos cálculos.

Tabla 36. Resumen costos hora de mano de obra.

COSTOS DE MANO DE OBRA					
FUNCION	CANTIDAD	Salario nominal \$/mes	Factor Real de Pago	Salario real/ \$/mes	Costo por Hora \$/H
Operador Alimak	1	550	1,46	803	3,22
Perforista	1	550	1,46	803	3,22
Ayudante	1	550	1,46	803	3,22
Electricista	1	550	1,46	803	2,15
Bodeguero	1	550	1,46	803	2,15
Total					13,96

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Cabe acotar que los costos detallados en la Tabla 35, se encuentran en función de las remuneraciones mensuales que cada trabajador percibe por la Empresa contratista.

2.) Equipos a utilizarse

El costo \$/unidad del equipo tomada para el cálculo de costos se la obtuvo del precio de cada equipo en función de su vida útil.

Tabla 37. Costos de los equipos

COSTO DE LOS EQUIPOS		
EQUIPO	COSTO \$	VIDA UTIL
Stooper YSP45	1.420	1 año
Accesorios para stooper	Barrena	300
	Broca	50
Compresor eléctrico	1.200	5
Ventilador AG-90 (50HP)	9.000	2

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Para la excavación de la Chimenea se Adquiere la Plataforma Alimak, la misma que será alquilada durante el tiempo de excavación.

Tabla 38. Costos de Alquiler de la plataforma Alimak.

COSTO DE ALQUILER DE LA PLATAFORMA ALIMAK		
EQUIPO	COSTO \$/mes	COSTO \$/hora
Plataforma Alimak	240,000	604,84

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

3.) Materiales

Dentro los materiales que se ocupan en la excavación, se encuentran los de voladura los cuales se detallan a continuación, teniendo en cuenta la cantidad de materiales que se necesita, su costo unitario y costo total de cada uno de los elementos.

Tabla 39. Costo de explosivo en una pega de 2,70.

COSTO TOTAL DE EXPLOSIVOS EN UNA VOLADURA (2,70m por pega)				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO \$/kg	TOTAL \$
Emulsen 910	82	kg	5	410
Fanel	41	Unidades	3,5	143,5
Cordón Detonante	11,35	Metros	0,29	3,3
Fulminante Eléctrico	1	Unidad	4,05	4,05
Total				560,85

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

4.9.3 Costos indirectos

En los costos indirectos se tomará en cuenta un porcentaje para la administración e imprevistos.

Tabla 40. Porcentajes a tomarse en cuenta.

Descripción	%
Administración	10
Imprevistos	5

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

4.9.4 Costo total de perforación y voladura

Para determinar el costo total de perforación y voladura en la construcción de la chimenea de equilibrio, se estableció el costo de cada una de las actividades que se van a

realizar para conseguir un avance de 2,70 metros por pega. Las actividades a realizarse se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 41. Costos Saneo

SANEO			
DESCRIPCIÓN:	Saneo		RENDIMIENTO: 2,7 m/h

1. COSTOS DIRECTOS

1.1 Mano de Obra

Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Alimentación \$/u	Total \$/h	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Jefe de Frente	1	3,22	2,00	5,22	2,7	1,933
Ayudante	1	3,22	2,00	5,22	2,7	1,933
Total						3,866

1.2 Equipo

Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Marca	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Plataforma Alimak	1	604,84		2,7	224,040
Total					224,040

1.3 Materiales

Personal	Unidad	Costo Unitario \$/h	Cantidad Aproximada u/m	Costo Unitario \$/m
Barra	Unidad	5	1	5
Varios	Global	5	1	5
Total				10

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	237,906
---------------------------------	----------------

2. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	%	Costo Unitario \$/m
Administración	10	23,791
Imprevistos	5	11,895
Total		35,686

TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	35,686
-----------------------------------	---------------

3. TOTAL DE COSTOS

Descripción	Costo Unitario \$/m
-------------	---------------------

Total de costos Directos	237,906
Total de costos Indirectos	35,686
Total	273,592 \$/m

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Tabla 42. Costos Carguío.

CARGUIO			
DESCRIPCIÓN:	Carguío	RENDIMIENTO:	12m ³ /h

1. COSTOS DIRECTOS

1.1 Mano de Obra

Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Alimentación \$/u	Total \$/h	Rendimiento m ³ /h	Costo Unitario \$/m
Jefe de Frente	1	3,22	2,00	5,22	12	0,435
Ayudante	1	3,22	2,00	5,22	12	0,435
Total						0,870

1.2 Equipo

Personal	Costo Horario \$/h	Marca	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Cargadora Frontal	47,07	Luigong	12	3,923
Herramienta menor	1	Varios	12	0,083
Total				4,006

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	4,876
---------------------------------	--------------

2. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	%	Costo Unitario \$/m ³
Administración	10	0,488
Imprevistos	5	0,244
Total		0,731

TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	0,731
-----------------------------------	--------------

3. TOTAL DE COSTOS

Descripción	Costo Unitario \$/m
Total de costos Directos	4,876
Total de costos Indirectos	0,731
Total	5,607 \$/m³

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Tabla 43. Costo de Transporte del material fragmentado

COSTO DE TRANSPORTE DEL MATERIAL FRAGMENTADO						
DESCRIPCIÓN:	Transporte		RENDIMIENTO:	1550m/h		
1. COSTOS DIRECTOS						
1.1 Mano de Obra						
Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Alimentación \$/u	Total \$/h	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Jefe de Frente	1	3,22	2,00	5,22	1550	0,003
Chofer	3	9,66	2,00	11,66	1550	0,008
Total						0,011
1.2 Equipo						
Personal	Costo Horario \$/h	Marca	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m		
Volqueta	31	Forland	1550	0,020		
Herramienta menor	1	Varios	1550	0,001		
Total				0,021		
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS					0,032	
2. COSTOS INDIRECTOS						
Descripción	%	Costo Unitario \$/m				
Administración	10	0,003				
Imprevistos	5	0,002				
Total		0,005				
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS					0,005	
3. TOTAL DE COSTOS						
Descripción	Costo Unitario \$/m					
Total de costos Directos	0,032					
Total de costos Indirectos	0,005					
Total	0,036 \$/m					

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Tabla 44. Topografía

TOPOGRAFÍA			
DESCRIPCIÓN:	Topografía	RENDIMIENTO:	2,7 m/h

1. COSTOS DIRECTOS

1.1 Mano de Obra

Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Alimentación \$/u	Total \$/h	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Jefe de Frente	1	3,22	2,00	5,22	2,7	1,933
Topógrafo	1	3,22	2,00	5,22	2,7	1,933
Cadenero	1	3,22	2,00	5,22	2,7	1,933
Total						5,799

1.2 Equipo

Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Marca	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Estación Total	1	40	SOKIA	2,7	14,815
Total					14,815

1.3 Materiales

Personal	Unidad	Costo Unitario \$/h	Cantidad Aproximada m/h	Costo Unitario \$/m
Varios	Global	2	2,7	0,74
Total				0,74

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	21,355
---------------------------------	---------------

2. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	%	Costo Unitario \$/m
Administración	10	2,135
Imprevistos	5	1,068
Total		3,203

TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	3,203
-----------------------------------	--------------

3. TOTAL DE COSTOS

Descripción	Costo Unitario \$/m
Total de costos Directos	21,355
Total de costos Indirectos	3,203
Total	24,558 \$/m

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Tabla 45. Perforación

PERFORACIÓN			
DESCRIPCIÓN:	Perforación		RENDIMIENTO: 31,15 m-per/h

1. COSTOS DIRECTOS

1.1 Mano de Obra

Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Alimentación \$/u	Total \$/h	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Jefe de Frente	1	3,22	2,00	5,22	31,15	0,168
Operador Alimak	1	3,22	2,00	5,22	31,15	0,168
Perforistas	2	6,44	2,00	10,44	31,15	0,335
Ayudante	2	6,44	2,00	10,44	31,15	0,335
Valvulero	1	2,15	2,00	2,65	31,15	0,085
Electricista	1	2,15	2,00	2,65	31,15	0,085
					Total	1,176

1.2 Equipo

Descripción	Costo Horario \$/h	Marca	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Plataforma Alimak	604,84	LINDEN	31,15	9,42
Stopper YPS45	25	Fujian	31,15	0,803
Compresor	60	Varios	31,15	1,926
Electricidad	20	Varios	31,15	0,642
			Total	22,788

1.3 Materiales

Descripción	Unidad	Costo Unitario \$/h	Vida útil m	Costo Unitario \$/m	
Barras de perforación	Unidad	300	882	0,340	
Barra de 38 mm	Unidad	50	630	0,079	
Varios	Global	5	1	5,000	
				Total	5,42

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	29,383
---------------------------------	---------------

2. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	%	Costo Unitario \$/m	
Administración	10	2,938	
Imprevistos	5	1,469	
		Total	4,407

TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	4,407
-----------------------------------	--------------

3. TOTAL DE COSTOS

Descripción	Costo Unitario \$/m
Total de costos Directos	29,383
Total de costos Indirectos	4,407
Total	33,790 \$/m-per

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Tabla 46. Carguío de sustancias explosivas y disparo.

CARGUIO DE SUSTANCIAS EXPLOSIVAS Y DISPARO			
DESCRIPCIÓN:	Carguío de explosivos	RENDIMIENTO:	45,5 m-carg/h

1. COSTOS DIRECTOS**1.1 Mano de Obra**

Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Alimentación \$/u	Total \$/h	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Jefe de Frente	1	3,22	2,00	5,22	45,5	0,115
Perforistas	2	6,44	2,00	10,44	45,5	0,229
Ayudante	2	6,44	2,00	10,44	45,5	0,229
Total						0,574

1.2 Equipo

Descripción	Costo Horario \$/h Marca		Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Plataforma Alimak	604,84	Linden Alimak	45,5	3,29
Total				13,293

1.3 Materiales

Descripción	Unidad	Costo Unitario \$/h	Cantidad Aproximada u/m carga	Costo Unitario \$/m
Emulsen 910	Kilogramos	5	20,4	102,000
Fanel	Unidad	3,5	15,19	53,165
Cordón detonante 5gr	Metros	0,29	4,2	1,218
Fulminante Eléctrico	Unidad	4,05	0,37	1,499
Total				157,88

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	171,748
---------------------------------	----------------

2. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	%	Costo Unitario \$/m
Administración	10	17,175
Imprevistos	5	8,587
Total		25,762

TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	25,762
-----------------------------------	---------------

3. TOTAL DE COSTOS

Descripción	Costo Unitario \$/m
Total de costos Directos	171,748
Total de costos Indirectos	25,762

Total	197,511 \$/m-carg
--------------	--------------------------

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Tabla 47. Costos de Ventilación

VENTILACIÓN			
DESCRIPCIÓN:	Ventilación	RENDIMIEN TO:	10 m-inst/h

1. COSTOS DIRECTOS

1.1 Mano de Obra

Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Alimentación \$/u	Total \$/h	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Jefe de Frente	1	3,22	2,00	5,22	10	0,522
Electricista	1	3,22	2,00	5,22	10	0,522
Ayudante	1	3,22	2,00	5,22	10	0,522
Total						1,566

1.2 Equipo

Descripción	Costo Horario \$/h	Marca	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Ventilador	157,681		10	5,77
Total				15,768

1.3 Materiales

Descripción	Unidad	Costo Unitario \$/h	Cantidad Aproximada u/m carga	Costo Unitario \$/m
Manga de ventilación	Metros	27,31	1	27,310
Acoples	Unidad	3,5	3	10,500
Soporte	Unidad	1,2	1	1,200
Varios	Global	3	1	3,000
Total				42,01

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	59,344
---------------------------------	---------------

2. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	%	Costo Unitario \$/m
Administración	10	5,934
Imprevistos	5	2,967
Total		8,902

TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	8,902
-----------------------------------	--------------

3. TOTAL DE COSTOS

Descripción	Costo Unitario \$/m
Total de costos Directos	59,344
Total de costos Indirectos	8,902
Total	68,246 \$/m-inst

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

Tabla 48. Costos de instalación de agua, aire y electricidad

INSTALACIÓN DE AGUA, AIRE Y ELECTRICIDAD			
DESCRIPCIÓN:	Instalación de agua, aire y electricidad	RENDIMIENTO:	10 m-inst/h

1. COSTOS DIRECTOS

1.1 Mano de Obra

Personal	Nº	Costo Horario \$/h	Alimentación \$/u	Total \$/h	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Jefe de Frente	1	3,22	2,00	5,22	10	0,522
Electricista	1	3,22	2,00	5,22	10	0,522
Ayudante	1	3,22	2,00	5,22	10	0,522
Total						1,566

1.2 Equipo

Descripción	Costo Horario \$/h	Marca	Rendimiento m/h	Costo Unitario \$/m
Plataforma Alimak	604,84	Linden Alimak	10	0,48
Total				60,484

1.3 Materiales

Descripción	Unidad	Costo Unitario \$/h	Cantidad Aproximada u/m carga	Costo Unitario \$/m
Cable eléctrico	Metros	1,94	1	1,940
Tubería	Unidad	5,26	1	5,260
Pernos	Unidad	0,4	2	0,800
Soportes	Unidad	0,8	1	0,800
Varios	Global	3	1	3,000
Total				11,80

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	73,850
---------------------------------	---------------

2. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	%	Costo Unitario \$/m
-------------	---	---------------------

Administración	10	7,385
Imprevistos	5	3,693
	Total	11,078
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS		11,078

3. TOTAL DE COSTOS

Descripción	Costo Unitario \$/m
Total de costos Directos	73,850
Total de costos Indirectos	11,078
Total	84,928 \$/m-inst.

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

En la siguiente Tabla se indican los costos de cada actividad realizada.

Tabla 49. Costo total por avance.

COSTO TOTAL DE EXPLOSIVOS EN UNA VOLADURA (2,70m por pega)				
DESCRIPCION	COSTO \$	UNIDAD	CANTIDAD POR PEGA (UNIDAD)	COSTO TOTAL POR PEGA \$
Desquinche	273,592	\$/m	2,7	738,698
Carguío	5,607	\$/m3	37,4	209,710
Costo del Transporte del material fragmentado	0,036	\$/m	1.550	56,212
Topografía	24,558	\$/m	2,7	66,306
Perforación	33,790	\$/m-per	126	4257,583
Voladura	197,511	\$/m-carga	110,7	21864,419
Ventilación	68,246	\$/m- instalación	2,7	184,263
Instalación Agua, Aire y electricidad	84,928	\$/m- instalación	2,7	229,304
			Total	27606,495

El costo total de construcción de la Chimenea de Equilibrio por el método de perforación y voladura se calcula en función del número de veces que se va a repetir la actividad de excavación, así se detalla el mismo en la siguiente tabla.

Tabla 50. Costo Total de excavación aplicando la metodología Alimak

COSTO TOTAL DE EXCAVACIÓN DE LA CHIMENEA			
LONGITUD DE LA CHIMENEA (metros)	AVANCE POR PEGA (metros)	COSTO TOTAL POR PEGA (\$/Avance)	COSTO TOTAL DE EXCAVACIÓN (\$)
116,00	2,7	27606,495	1186056,82

Fuente: Realizado por. Jiménez, F (2015)

4.10 SEGURIDAD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

4.10.1 Introducción

El trabajo en la construcción de una chimenea es una labor dura y a la vez tiene su alto grado de dificultad, donde el personal como la maquinaria está expuesto a grandes esfuerzos y riesgos. Es por esto que se debe implementar y exigir el cumplimiento de las normas de seguridad para efectuar los trabajos en las condiciones seguras.

A continuación se mencionan los riesgos asociados a las distintas fases de construcción de la chimenea de equilibrio, así como las medidas y acciones que deberán de tomarse para prevenir los mismos.

4.10.2 Equipo de protección personal (epp)

El EPP que está siendo usado por el personal del proyecto, cumple con las especificaciones técnicas para su diseño, además deben ser capaces de evitar, prevenir cualquier tipo de lesión y ser cómodos, no impidiendo movimientos que pudieran reducir la capacidad operativa de cada trabajador.

Los elementos indispensables para proteger la integridad de los trabajadores son:

- Casco
- Guantes
- Protección auditiva
- Respirador
- Cinturón de seguridad
- Lámpara unipersonal
- Botas punta de acero
- Ropa impermeable
- Lentes de seguridad

4.10.3 Identificación y señalización

Componen un conjunto de letreros o avisos que informan a las personas sobre las conductas adecuadas a seguir en un cierto lugar, a fin de evitar cualquier tipo de accidente.

Durante la excavación de la chimenea se deberá señalar las diferentes áreas de trabajo para evitar actos inseguros, así como las obligaciones que los trabajadores tienen en esos sitios. Las diferentes tipos de señales a implementar se describen a continuación:

- Señalización de advertencia

El fondo es de color amarillo, de forma triangular cuya banda y símbolo de seguridad deben ser de color negro.

Figura 16.Señales de Advertencia



Fuente. Normas Universales

- Señalización de obligación

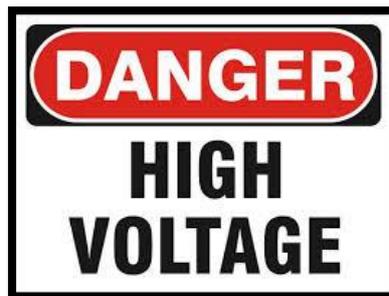
Son de color azul, el símbolo está ubicado en el centro, es de color blanco y de forma circular.

Figura 17. Señales de Obligación

Fuente. Normas Universales

- Señalización de peligro

Son de color rojo y la leyenda de color negro.

Figura 18. Señales de Peligro

Fuente. Normas Universales

- Señalización de evacuación

Permiten indicar las salidas de emergencia, rutas de acceso. Son de color verde y su símbolo de color blanco.

Figura 19. Señales de Evacuación

Fuente. Normas Universales

- Señalización de información

Se utiliza en equipos de seguridad en general y según la conveniencia se ubica el símbolo o el texto.

Figura 20. Señales de Información

Fuente. Normas Universales

- Señalización de prohibición

Su forma es circular, tiene una barra transversal de color rojo, el fondo es blanco y el símbolo está ubicado en el centro, es de color negro.

Figura 21. Señales de prohibición



Fuente. Normas Universales

4.10.4 Medidas de seguridad con relación a la presencia de agua en la chimenea

Normalmente en toda obra subterránea se presenta agua, la cual origina problemas para los trabajadores, pero no para la seguridad.

Los problemas más importantes ocasionados por el agua son:

- El riesgo de accidentes asociados al uso de la electricidad.
- Disminuye la calidad del ambiente de trabajo, pero también afecta negativamente a la estabilidad del terreno.

Las medidas a implantar para disminuir los problemas derivados de la presencia de agua son:

- El agua se extraerá del área de trabajo tan pronto como sea posible, mediante bombas, tuberías y cunetas de desagüe.
- En el caso de utilizar cunetas de desagüe, estas deben ir por los lados de las pistas.

4.10.5 Medidas de seguridad en la perforación

La perforación se realiza cuando se utiliza explosivos para fragmentar la roca. Las medidas de seguridad generales son:

- Antes de la perforación, lavar el frente y sanearlo para asegurarse que no quedan restos de explosivos.
- Nunca se deben usar los fondos de los barrenos de la pega anterior como emboquille de los nuevos taladros.
- Los fondos de los barrenos suelen concentrarse en la zona del cuele, por lo que se recomienda descentrar ligeramente el cuele y alternar su posición en cada pega.
- Finalizada la perforación, se revisarán todos los barrenos que no estén tapados, ya que cuando comienza la carga del explosivo no se puede perforar.

4.10.6 Medidas de seguridad en la carga de barrenos

En la carga de barrenos los accidentes se producen debido a la mala operación de carga y otras a la manipulación de explosivos.

En accidentes debidos a la operación de carga las causas pueden ser debido a:

- Accidentes producto del manejo inadecuado de explosivos.
- Desprendimientos de roca del frente.

Las medidas más importantes en este caso son:

- Realizar las actividades de perforación y de carga separadamente. La carga no debe comenzar hasta que toda la perforación haya terminado y las maquinas se hayan retirado.
- La carga debe realizar personas calificadas para la actividad.
- Debe existir un mecanismo de alarma para evacuar al personal del frente en caso de accidente durante el proceso de carga.
- Al utilizar detonadores eléctricos, estos deben ser de alta insensibilidad. Conjuntamente, se deben comprobar las corrientes inducidas por las líneas eléctricas cercanas.
- Los detonadores deben mantenerse en cortocircuito con los terminales conectados entre sí.
- Utilizar plataformas de trabajo para acceder a puntos altos.

4.10.7 Medidas de seguridad en el manejo y transporte de explosivos

- Utilizar siempre explosivos resistentes al agua o especialmente encartuchados para este fin.
- En condiciones de bajas temperaturas se utilizarán explosivos adecuados con bajo punto de congelación. Para asegurar la transmisión de la detonación.
- Los explosivos se ajustarán al número de detonadores utilizados en la pega, porque deben tener suficiente energía para iniciarlos, evitando se produzcan fallos.
- Todas las líneas deben cortocircuitarse cuando no se utilicen.
- Comprobar la continuidad de las líneas de tiro mediante un medidor de resistencia desde la posición de tiro. Si se detecta algún fallo se rectificará antes de volar.

- En el caso de utilizar detonadores no eléctricos se deberá utilizar la mecha de seguridad para la iniciación de la línea de tiro.
- Los detonadores y el explosivo no deben ser transportados conjuntamente, estando almacenados por separado hasta el momento de su utilización. La realizará por una persona autorizada en vehículos especialmente diseñados para este propósito y la cantidad de explosivos transportada será la precisa para su uso inmediato.

4.10.8 Medidas de seguridad antes y después de la voladura

Las medidas a tomar, una vez que se ha cargado el explosivo y antes de que las líneas de tiro se hayan conectado, son:

- Alertar a todo el personal de la iniciación de la voladura.
- Abandonar los frentes y mantenerse fuera del área de seguridad. Los últimos en abandonar los frentes serán los artilleros.

Una vez que se ha producido la detonación las medidas a tomar son las siguientes:

- Mediante la ventilación extraer el polvo y los humos producidos por la detonación.
- El artillero debe ser el primero en entrar en la zona, comprobando que el explosivo se ha consumido y han detonado todos los barrenos.
- En el caso de fallar la pega, se revisarán las conexiones y se repetirá el ciclo.

4.10.9 Medidas de seguridad en la excavación

La construcción de obras subterráneas son las más peligrosas por dos razones: por los desprendimientos, y por el uso de grandes máquinas.

La excavación mecánica en la construcción de la chimenea se realiza utilizando la plataforma Alimak.

La excavación convencional lleva una serie de riesgos asociados a la operación, que se pueden resumir en los siguientes:

- Proyección de material procedente del frente.
- Golpes y caídas de herramientas.
- Golpes de las mangueras al soltarse un acoplamiento

Las medidas básicas de seguridad son las siguientes:

- Usar siempre el equipo de protección personal
- Organizar las labores para que no haya interferencias entre el personal, procurando que nadie de la espalda al compañero. El ayudante del perforador se mantendrá siempre por detrás de él.
- Nunca se debe realizar dos operaciones a distinto nivel, cuando la zona de trabajo están en la misma vertical.
- Usar el tamaño de barreno apropiado, así el riesgo de rotura disminuirá al no ser demasiado largos.

4.10.10 Medidas de seguridad en el sostenimiento

El trabajo de sostenimiento en las obras subterráneas es una tarea dura, dividiéndose en un gran número de trabajos existiendo múltiples causas de accidentes. A continuación se describen unas normas de carácter general:

- El tipo de sostenimiento será el adecuado al terreno en el que se esté trabajando.
- Una vez excavado el terreno, el sostenimiento se colocará tan pronto como sea posible.
- Sanear primero la zona donde se coloque el sostenimiento, así se disminuirá los riesgos de accidentes.

Las medidas de seguridad más importantes son:

- Utilizar maquinaria adecuada.
- En el caso del saneo manual, utilizar plataformas de trabajo.
- Limitar la entrada de personal a las áreas donde se esté trabajando.
- Trabajar desde una zona ya saneada o revestida para eliminar el riesgo de caída de bloques.

En la colocación de mallas, marcos metálicos o cerchas para el refuerzo del techo, hastiales y de bulones para el sostenimiento de bloques, al realizar estos trabajos se tiene una serie de peligros, tales como: trabajar a cierta altura o acarrear materiales pesados o cortantes.

Las medidas de seguridad básicas se pueden resumir en las siguientes:

Para trabajos en altura, usar siempre plataformas de trabajo y equipos de soporte adecuados.

- Usar guantes de protección
- No realizar otras tareas en el frente o en la zona de refuerzo
- Los bulones se usaran y ajustarán al tipo de terreno para el cual han sido concebidos
- La malla se colocará entre el terreno y la placa de presión del perno.

Al realizar los trabajos de hormigón proyectado las medidas de seguridad están referidas tanto a proyectar hormigón como a la manipulación del cemento y de la maquinaria empleada. Los riesgos que se presentan son los siguientes:

- Caída del personal desde maquinas no aptas para proyectar las zonas más altas.
- Riesgos de enfermedades y molestias en ojos y vías respiratorias, ocasionadas por el polvo.
- Rebote del material proyectado, producto de un mal control de la presión de salida.

Las medidas a tomar en cuenta para evitar estos accidentes son las siguientes:

- Usar plataformas de trabajo adecuadas para trabajar a una cierta altura
- Utilizar siempre el equipo de protección personal.
- Durante los trabajos de hormigón proyectado, no se realizará ningún otro tipo de trabajo en las cercanías.
- Iluminación perfecta del área de trabajo

Las medidas de seguridad en la instalación de cerchas y cuadros metálicos son las siguientes:

- El cuadro metálico debe colocarse en contacto con el terreno y elegir aquel que pueda soportar la presión del terreno.
- No usar cerchas ni cuadros que estén oxidados o en malas condiciones
- Los huecos que quedan entre el cuadro metálico y el terreno se deben rellenar mediante madera o chapas de acero. De esta manera el cuadro entra en carga lo más rápido.

4.10.11 Medidas de seguridad en la carga y transporte del escombro

- Utilizar vestimenta de alta visibilidad.
- Respetar los límites de velocidad.

4.11 ASPECTOS MEDIO AMBIENTALES

4.11.1 Introducción

La construcción de obras subterráneas exige condiciones especiales de trabajo para lo cual se debe considerar medidas preventivas para precautelar la seguridad integral de los trabajadores. Las actividades realizadas en este tipo de trabajos ocasionan impactos ambientales en los diferentes recursos agua, aire y suelo.

4.11.2 Zona de influencia

La zona de influencia corresponde al desbroce y desmonte de la superficie del terreno que lleva hacia la parte de la chimenea superior así como de la utilización de las áreas que se deberán adecuar para el desalojo de los escombros.

4.11.3 Alteración de la calidad del aire

La calidad del aire se encuentra estrechamente relacionada a dos tipos de emisión atmosférica: el polvo producto de la voladura y por las concentraciones de gases nocivos que se pueden acumular dentro del túnel.

Emisión de polvo durante la excavación

El polvo consiste en un gran número de pequeñas partículas sólidas provenientes del terreno o de los materiales utilizados que son suspendidas y arrastradas por el aire.

Sus tamaños oscilan entre 1 y 100 μm y son causa de problemas tanto como para el personal y el medioambiente. Algunas de estas partículas son mantenidas en suspensión en el aire formando nubes polvorientas, mientras que otras se depositan generando suciedad.

La emisión de polvo se realiza en las voladuras, al fragmentarse y proyectarse la roca se producirá de forma puntual una gran cantidad de polvo en el frente de trabajo.

Prevención y control del polvo

La generación de polvo en este tipo de obras es inevitable, sin embargo se deben considerar medidas de atenuación para preservar la salud de los trabajadores y obtener los resultados esperados en el desarrollo de las actividades.

Se puede considerar las siguientes medidas para la mitigación de este impacto:

- Realizar diagramas de ventilación adecuados para la correcta evacuación del polvo producido durante los trabajos de excavación.
- Realizar mediciones de material articulado frecuentemente para llevar un control de los parámetros.

Por otra parte las labores de excavación realizadas por medio de perforación y voladura generan gases que en concentraciones determinadas pueden llegar a ser tóxicos. Por tal es necesario la medición frecuente de la concentración de los gases en función de la norma.

4.11.4 Residuos sólidos y líquidos

Las actividades en el trabajo de obra civil generan desechos, los cuales pueden ser sólidos o líquidos. Dentro de una obra subterránea se pueden generar desechos sólidos peligrosos para lo cual se debe mantener una adecuada gestión de los mismos. También se pueden producir desechos comunes los cuales deben ser clasificados en la fuente para cumplir con la responsabilidad ambiental de la empresa.

Los residuos líquidos generados durante la perforación corresponderán al agua para el enfriamiento de las brocas de los equipos de perforación y para la ventilación del sistema Alimak que se lo realiza con agua presurizada. Estos residuos deben ser canalizados hacia el exterior para poder sedimentarlos y el agua libre de partículas pueda ser descargada al ambiente.

Se debe evitar la mezcla del agua de infiltración con el agua de proceso.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El estudio previo a la obtención del título de ingeniero, cuyo tema es Construcción de la Chimenea de Equilibrio del PH. Quijos ha permitido tener las siguientes conclusiones.

- Según el Sondeo Geológico - geotécnico realizado en el eje de donde se construirá la Chimenea de Equilibrio (SCHE-01), que se extiende entre las cotas 2328,94m hasta la 2212,49m, se llegó a interpretar el tramo de 116 m llegando a conocer que para la construcción se atravesará los depósitos volcánicos intercalados de escoria y flujos columnares formados por eventos recientes del volcán Antisana.
- La calificación del macizo rocoso por RMR de la clasificación de Bieniawski aplicado a la chimenea de equilibrio evidenció que las excavaciones serán en rocas tipo II, III, IV y V. El tipo de roca II, III corresponden a macizos rocosos con diferente grado de fracturación y será en un porcentaje de excavación de 20 % del total de la chimenea. El tipo de roca (IV) se refiere a un macizo muy alterado y lahares parcialmente cementados, que muestran un comportamiento geotécnico al límite entre rocas débiles, con un porcentaje de excavación del 70% y por ultimo tipo fuera de la clasificación RMR que se denominó tipo V, que consiste de suelos sueltos, que son materiales granulares (arena de paleocauce) con baja o sin cohesión, en un 10 % de todo el tramo excavado. En resumen la calidad del macizo para la chimenea en un 70% será mala a muy mala, por lo cual se debe tener niveles de seguridad elevados, por la estabilidad de las paredes del pozo.
- El sostenimiento para el tipo de roca III es hormigón lanzado, malla electrosoldada, y pernos eventuales. El hormigón tiene un espesor de 5 a 10 cm, no van cerchas en este tipo de roca, la longitud de los pernos es 3 m y su diámetro 25,4 mm.
- El sostenimiento que se designó para la excavación en materiales poco cementados o medianamente consolidados según el tipo de roca IV es hormigón lanzado,

mallas electrosoldadas y cerchas reticulares; el espesor del hormigón es entre 5 a 15 cm, y las cerchas se instalan cada metro.

- El sostenimiento para el tipo de material V fuera de la clasificación del RMR debe ser calculado como suelo, sin embargo el sostenimiento definido es: hormigón lanzado, malla electrosoldada y cerchas reticulares. Las cerchas tienen una separación de 0,5 m. En este estudio recomendamos la utilización de encofrado para fundición de una losa por partes en las paredes del pozo.
- El cálculo de los parámetros de perforación y voladura con equipo Alimak contempla el diseño de la malla de barrenación tipo cuele con barrenos central y anillos concéntricos relacionados a la sección de la chimenea; es así que consta de un cuele grueso con un diámetro de 96mm, ayudada con barrenos de 45mm, en la malla se tiene un total de 41 barrenos, teniendo en el cuele 9 barrenos y 32 barrenos de ayuda entre destroza y contorno.
- El avance con la metodología de la Plataforma Alimak cumple el siguiente ciclo de trabajo: perforación, carga, voladura, ventilación, desquinche, rezagado, topografía e instalación del riel. Trabajo que se cumple en un ciclo de 11,6 horas, lo que implica que cuya construcción tendrá un tiempo de duración de 22 días.
- El costo de avance de 2,70m por pega es de 27.606,495, lo que da un total de excavación de 1`174.632,059, costo que demanda la construcción de la Chimenea de Equilibrio.

5.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar los resultados del presente trabajo con la metodología de la Plataforma Alimak, ya que proviene de un trabajo técnico y detallado de las características geológicas y geomecánicas de la litología que tendrá que atravesar la chimenea de equilibrio.
- Es de suma importancia conforme avanza la excavación realizar el mapeo geotécnico del frente de avance para disponer de información técnica permanente que permita replantear y optimizar el trabajo de franqueo de la chimenea de equilibrio.
- La eficiencia y el seguimiento que se de en todas la etapas de construcción de la chimenea de equilibrio dependerán de la organización que se haya dado por parte de la constructora y personal técnico en todas sus áreas de trabajo, cumpliendo con el cronograma establecido.

VI. RESUMEN

La siguiente investigación propone: análisis de la metodología constructiva Alimak para la construcción de la Chimenea de Equilibrio en el Proyecto Hidroeléctrico Quijos de 50MW, parroquia Cuyuja, cantón Quijos, provincia del Napo. Tomando en consideración el sondeo vertical SCHE-01 realizado en el eje de la Chimenea, de este registro se interpretó las diferentes unidades geotécnicas y geomecánicas de los materiales, clasificándoles por tipos de rocas y definiendo parámetros concretos para el sostenimiento adecuado para cada litología. Así se explica la metodología del sistema de excavación del Alimak considerando parámetros técnicos diseñados para la construcción de la chimenea y su objetivo principal por el cual se pondrá en marcha, también se conocerá su secuencia operacional, elección del equipo de trabajo, cálculos de perforación y voladura, diseño de la malla de perforación y secuencia de encendido, sistema de ventilación, ciclo de carga y transporte, cronograma de las actividades de avance de la chimenea de equilibrio, cálculo de costos, duración del proyecto, seguridad durante la construcción y aspectos ambientales. Aplicando la metodología de la plataforma Alimak la chimenea de equilibrio cuenta con una longitud de 116m, para su construcción atravesara los depósitos volcánico – sedimentarios, evidenciándose que las excavaciones serán en rocas tipo II, III, IV y V, cumpliendo con el siguiente ciclo de trabajo: perforación, carga, voladura, ventilación, desquinche, rezagado, topografía e instalación del riel. La eficiencia y el seguimiento que se de en todas la etapas de construcción de la chimenea de equilibrio dependerán de la organización que se haya dado por parte de la constructora y personal técnico en todas sus áreas de trabajo, cumpliendo con el cronograma establecido.

Palabras claves: Chimenea de equilibrio – Sondeo litológico - Plataforma Alimak – Unidades geotécnicas – Depósitos volcánico – sedimentarios.



ABSTRACT

Research proposes the following: analysis of Alimak construction methods for building the surge in 50 MW Quijos Hydroelectric Project, Cuyuja Parish, Quijos Canton, Napo province. Taking into consideration the vertical sounding SCHE-01 made in the axis of the chimney, with this record different mechanical geotechnical and geo units of materials were interpreted, classify by rock types and defining specific parameters for the appropriate maintenance for each lithology. So the methodology of excavation Alimak system considering technical parameters designed for the construction of the fireplace and the main purpose for which will be launched, operational sequence, choice of work equipment, drilling calculations also explained know and blasting mesh design drilling and firing sequence, ventilation, loading and transport cycle, schedule activities progress of the surge, costing, project duration, safety during construction and environmental aspects. Applying the methodology of the Alimak platform the surge has a length of 116m, to build tanks will cross the volcano – sedimentary demonstrating that the excavations will be in rock type II, III, IV and V, complying with the following cycle work: drilling, charging, blasting, ventilation, des quiche, behind, photography and installation of the rail. The efficiency and the follow – up at all stages of construction of the surge will depend on the organization has been given by the construction and technical personnel in all its areas of work, adhering to the timetable established.

Keywords: Chimney of balance – lithological Survey – Platform Alimak – geotechnical units – Volcano deposits – sedimentary.



VII. BIBLIOGRAFÍA

- ASTECC - Integral.(2013). *Informe Geológico de avance. Proyecto Hidroeléctrico Quijos.-Ecuador.*
- ASTECC - Integral. (2009). *Estudio de Impacto Ambiental Definitivo Proyecto Hidroeléctrico Quijos - Baeza.*
- AIME. (1995). *Método de explotación subterránea.* Editorial. Mc Graw Hill. Nueva York.
Consultado el 10 de agosto de 2014.
- Disponible en:<http://cip.org.pe/imagenes/temp/tesis/41248843.pdf>
- Battaglia, D. (2014). *Informe Geológico-Geotécnico.*GEORISK. Italia.
- Battaglia, D. (2012). *Informe General Geológico - Geotécnico.*GEORISK. Quito.
- Bieniawski, Z. T. (1995). *Engineering Rock Mass Classification.* New York: Wiley
- Bieniawski, R. Z. (2011). *Errores en la aplicación de las clasificaciones geomecánicas y su corrección.* New York: Wiley.
- Eguez, A. & Machete, M. (2003). *Map and Database and of Quaternary faults and folds of Ecuador and its offshore regions.*Ecuador.
- Empresa Electrica Quito. (2001). *Proyecto Hidroeléctrico Quijos. Fase II Diseño de Licitación. Informe general.* Quito
- Fernando, A. (2014). *La línea más completa para voladura (Slideshare).*Edición especial Consultado el 11 de septiembre de 2015. España. Disponible en <http://es.slideshare.net/AlfredoPangue/manual-practico-de-voladura-exsa?related=1>
- Gustafson, R. (1977). *Técnica sueca de voladuras.* Suecia
- Gavilanes, H.& Andrade, B (2004). *Introducción a la ingeniería de túneles.* Quito-Ecuador.
- Huamani, K. (2012) *Construcción de chimenea por el método convencional y plataforma alimak en la mina Raúl.* Ayacucho - Perú.
- Jimeno, L. (1994). *Manual de perforación y voladura de rocas.* España: Instituto tecnológico geominero IGME.
- Lombardi, G. (2015) *Informe Técnico General.* Quito.
- Hook, E. D. & Brown, E. T. (1985). *Excavaciones subterráneas en roca.* Mexico: MCGRAW - HILL / INTERAMERICANA DE MEXICO ISBN: 9789684516977.

Wikipedia. (2015). *Wikipedia Org*. Retrieved diciembre 2, 2015, from http://es.wikipedia.org/wiki/Golpe_de_ariete.

VIII. ANEXOS

Anexo A. Glosario

A

Andesita: La andesita es una roca ígnea volcánica de composición intermedia.

Aluvial: Son suelos de origen fluvial, poco evolucionados aunque profundos.

ANFO: Acrónimo de nitrato de amonio y óleo combustible (ammoniumnitrate and fuel oil). Mezcla de nitrato de amonio y combustible (aproximadamente 5,7%), el cual es mezclado normalmente en el sitio de trabajo. El ANFO no tiene resistencia al agua, tiene baja densidad, baja potencia (potencia/volumen), baja velocidad de detonación y no puede ser explotado por un solo detonador normal; posee un mejor acoplamiento a la roca, completa el llenado del barreno y posee un alto grado de seguridad.

B

Basamento: Masa de rocas formadas por material subyacente o más antiguo.

Banco aluvial: Acumulación inestable de material de gravas.

C

Cavitación: La cavitación o aspiraciones en vacío es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de Bernoulli.

Chimenea: Es una labor vertical entre dos galerías excavada en sentido ascendente.

D

Discontinuidad: Se llama así a la interrupción en una serie estratigráfica, ésta puede ser laguna o discordancia. Cuando la sedimentación tiene lugar sin interrupción origina una

estratificación concordante, en la que todos los estratos son paralelos. Su interrupción crea una laguna estratigráfica.

Depósitos aluviales (aluviones): Material detrítico, transportado por un río y depositado, casi siempre temporalmente, en puntos a lo largo de su llanura de inundación. Están normalmente compuestos por arenas y gravas (terracea fluvial, rejuvenecimiento, depósitos coluviales, depósitos eluviales).

E

Estratigrafía: Parte de la Geología que estudia la yuxtaposición y sucesión cronológica de los terrenos, es decir, estudia los estratos, los describe y establece un orden de sucesión cronológica a escala Terrestre.

Estudio de Impacto Ambiental (EIA): Informe escrito, compilado antes de la decisión de producción, que revisa los efectos que las actividades mineras propuestas tendrán en los alrededores naturales.

F

Farallón: Es un promontorio rocoso que se alza sobre el mar cerca de la línea de costa. Con el tiempo se formará un arco o puente que terminará por derrumbarse, dando lugar a unos salientes aislados que reciben el nombre de farallones.

Fenocristales: Los cristales relativamente grandes que se encuentran en una pasta de grano más fino, constituyendo la denominada textura porfídica. Los fenocristales son generalmente idiomórficos (euhedrales)

G

Geomecánica:(procedente del prefijo griego geo-significando "tierra"; y "mecánica") implica el estudio geológico del comportamiento del suelo y rocas. Son las dos principales disciplinas de la geomecánica mecánica de suelos y mecánica de rocas.

H

Hidrogeología: Se ocupa principalmente del estudio de las aguas continentales, en especial de las aguas subterráneas.

J

Jaula: Una jaula es una caja cerrada con paredes hechas de enrejados de alambre de metal, madera, mimbre u otro material resistente, que se utiliza para mantener animales cautivos, en especial los pájaros. La forma y tamaño depende del animal al que se quiera capturar y suelen tener en su interior recipientes para la comida y bebederos para el agua.

L

Lahar: Corrientes de lodo y depósitos que resultan de aguaceros torrenciales, de masas fundidas de nieve y hielo o de la ruptura de un lago de cráter, que actúan sobre el material piroclásticos de grano fino y suelto (ceniza) en los flancos de un cono volcánico.

Lavas volcánicas: Son rocas fundidas de aspecto viscoso hasta que se solidifican.

M

Meteorización: Ataque inicial de la roca en su emplazamiento, que permite la liberación de partículas (término que se refiere a fragmentos, no a componentes elementales, y que pueden ser de muy diverso tamaño) que podrán ser removidas.

Meseta: Las grandes y extensas erupciones de lava basáltica que resultan de erupciones fisurales se denominan basaltos de meseta. El término también se ha utilizado como un

tipo de magma, originalmente para basaltos olivínicos, después para tholeíticos. En vista de la confusión existente debe abandonarse esta última acepción.

P

Paleocauce: Antiguo cauce fluvial actualmente desvinculado del sistema. Tramo de cauce que ha sido abandonado por el cambio de curso de un río. Puede formar un cuerpo de agua aislado, ser paulatinamente colmatado o retomado eventualmente por el río que lo abandonó u otro río.

R

Resistencia de materiales: Es una disciplina de la ingeniería mecánica, la ingeniería estructural y la ingeniería que estudia los sólidos deformables mediante modelos simplificados. La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Rocas metamórficas: Son las que se forman a partir de otras rocas mediante un proceso llamado metamorfismo. rocas ígneas, rocas sedimentarias u otras rocas metamórficas, cuando éstas queda alrededor de 1.500 bar), altas temperaturas (entre 150 y 200 °C) o a un fluido activo que provoca cambios en la composición de la roca, aportando nuevas sustancias a ésta.

S

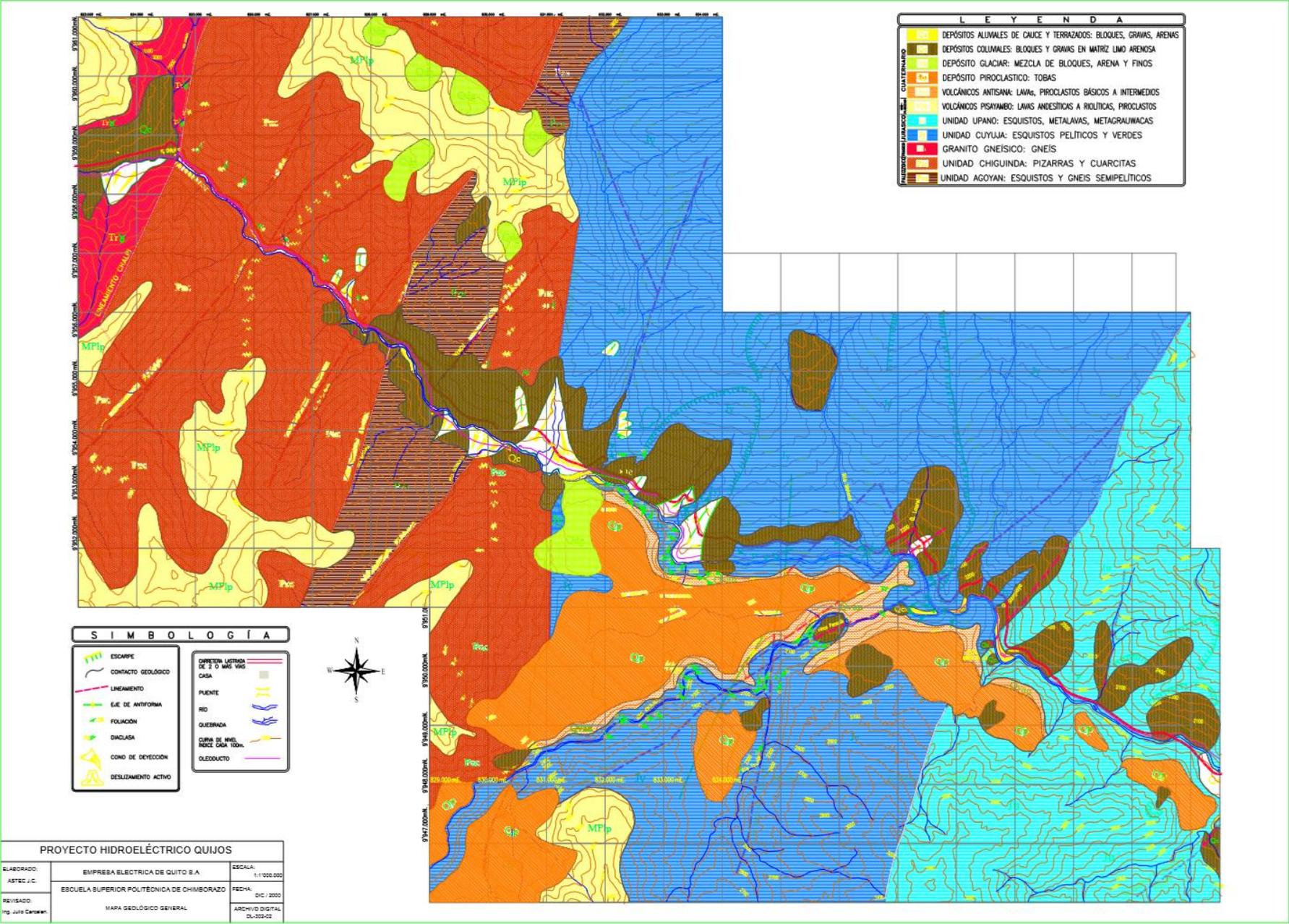
Sondeo geotécnico: Es un tipo de prospección manual o mecánica, perteneciente a las técnicas de reconocimiento geotécnico del terreno, llevadas a cabo para conocer sus características. Se trata de perforaciones de pequeño diámetro, (entre 65 y 140 mm) que, aunque no permiten la visión "in situ" del terreno, de ellos se pueden obtener testigos del terreno perforado, así como muestras, y realizar determinados ensayos en su interior.

T

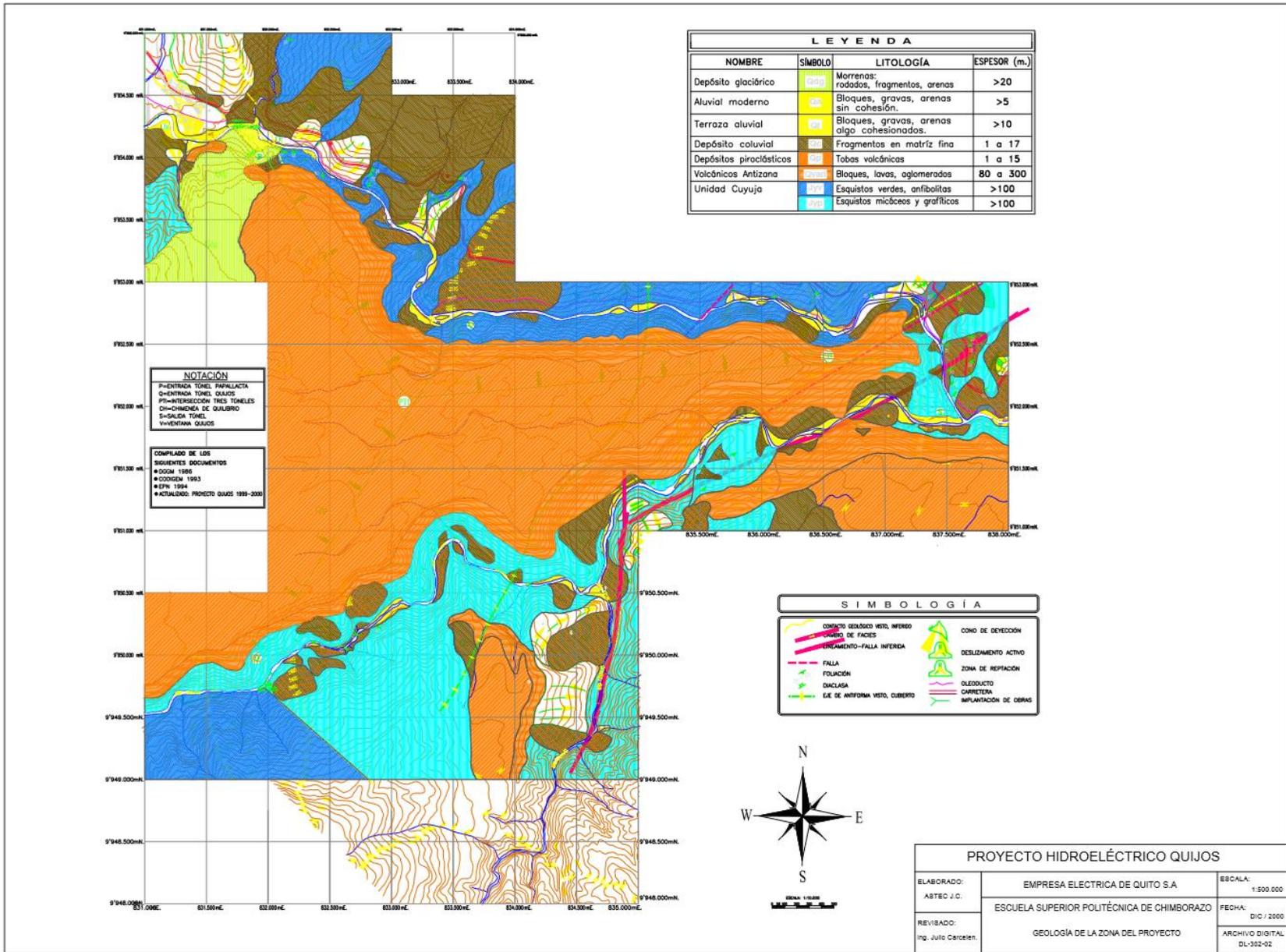
Tracción: Esfuerzo uniaxial que tiende a alargar el material en la dirección del esfuerzo.

Topografía: Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales.

Anexo B. Mapa geológico general

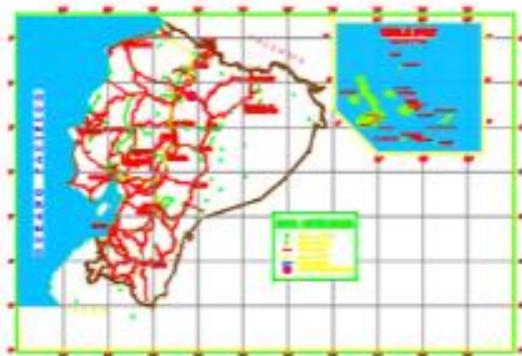


Anexo C. Mapa geológico local.



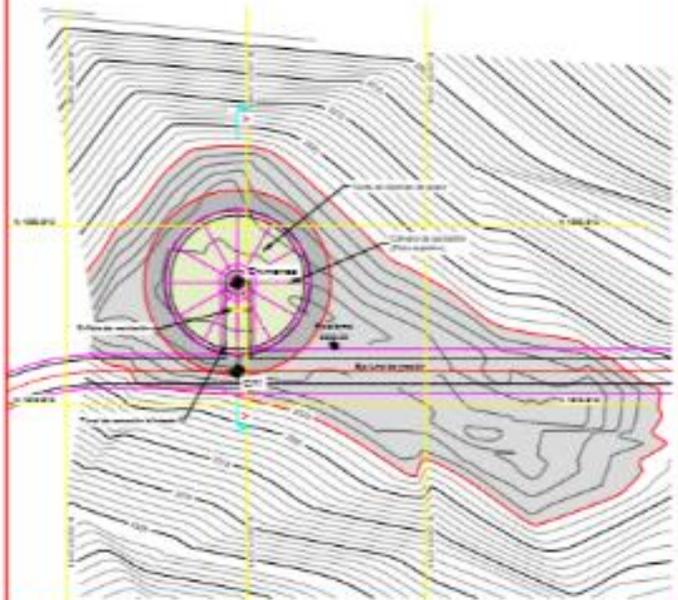
Anexo D. Ubicación de la chimenea de equilibrio

MAPA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

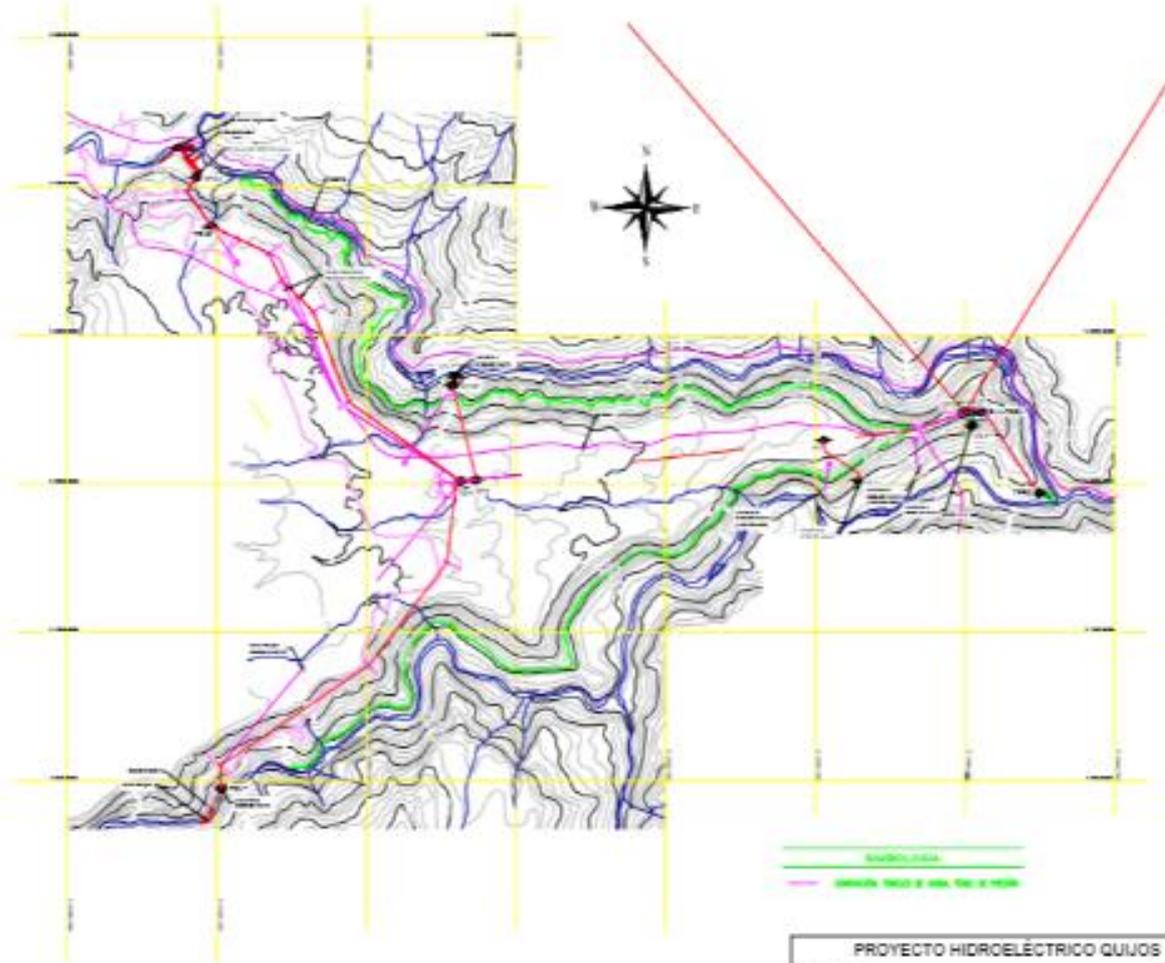


UBICACIÓN DE LA CHIMENEA (SCHE-01)

Esc. 1:250



MAPA TOPOGRÁFICO DEL PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS



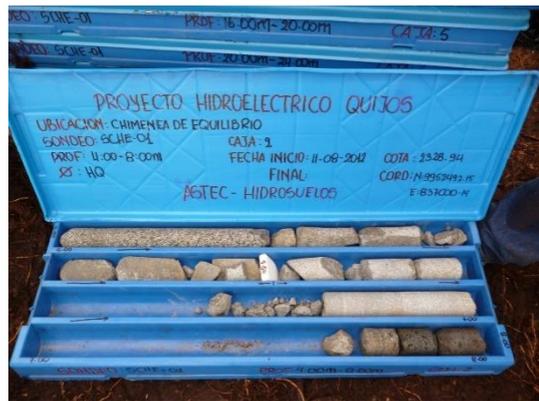
Esc. 1:15000

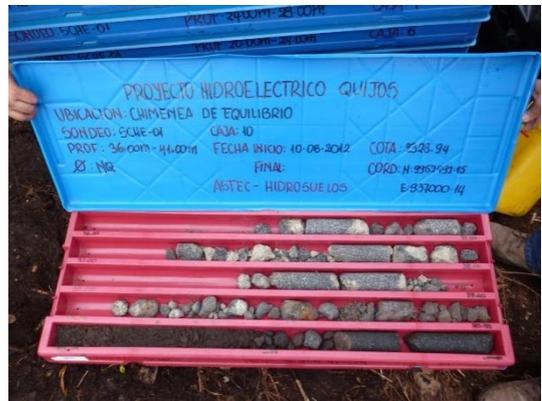


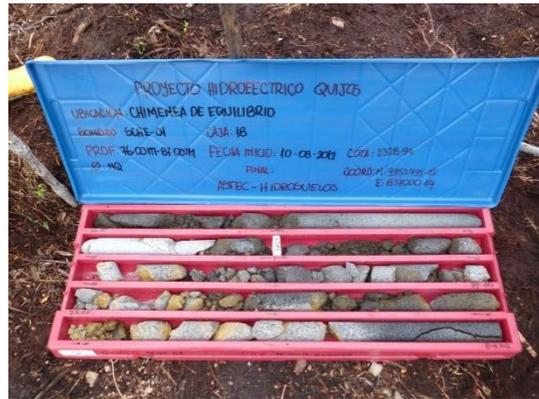
PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS		
ELABORADO	COMPAÑIA ELÉCTRICA DE QUITO S.A.	ESCALA
APROBADO		1:15000
REVISADO	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	FECHA
TRABAJADO	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA NACIONAL	01/05/2011
	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA NACIONAL	PROYECTO
		PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS

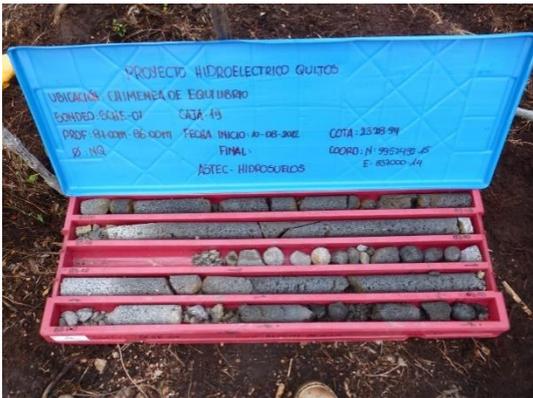
Anexo E. Perfil geológico geotécnico de la chimenea de equilibrio

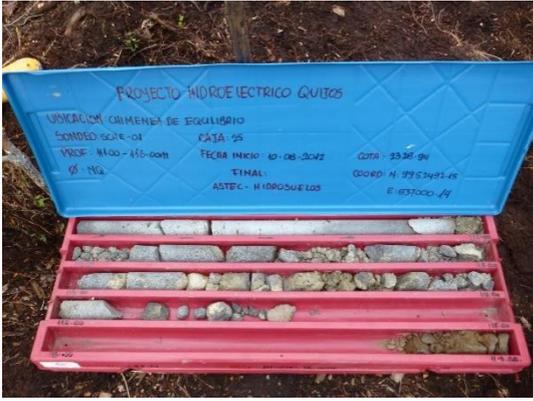
Anexo F. Registros Fotográficos de los testigos SCHE-01.









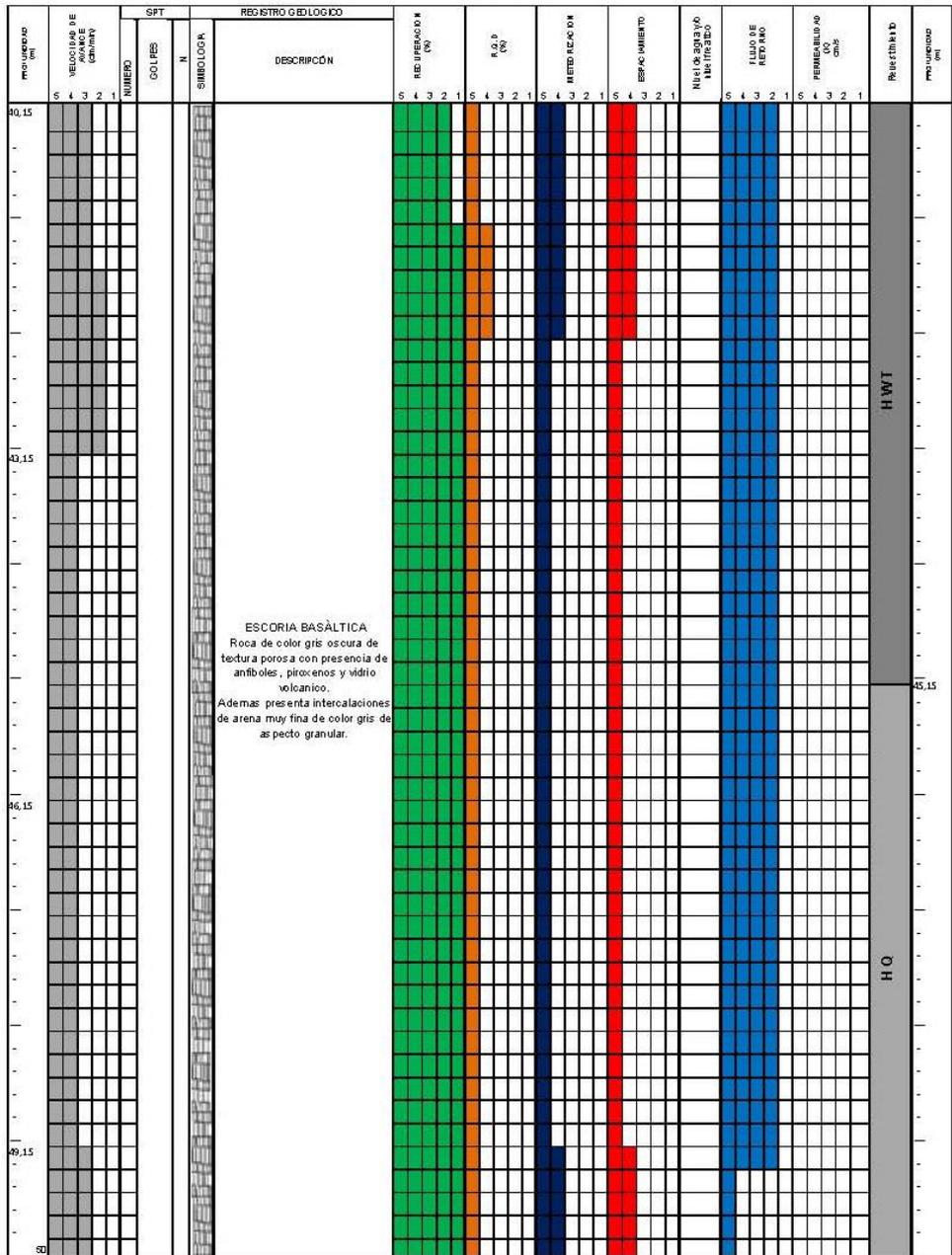


Anexo G. Reportes del sondeo SCHE-01.



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 05 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE 0,00 A 219,00
Sondeo Nº: SCHE01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN AGUA
PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m	
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/04/2013 SONDEO Fin 19/04/2013		



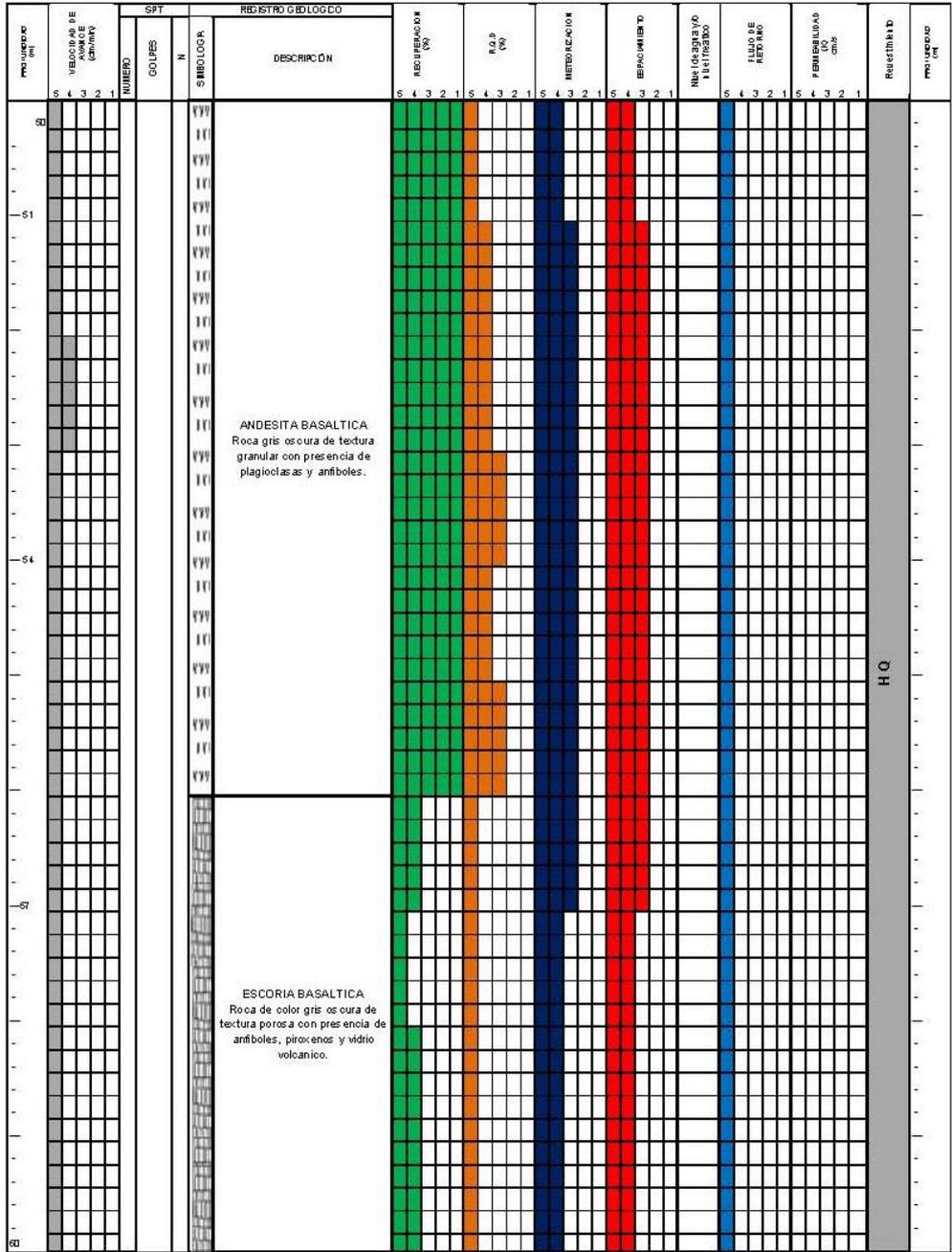
LEYENDA

VEL AVANCE (mm/min)	RECUPERACIÓN (%)	R.Q.D (%)	MÉTODOS	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUJO RETORNO (%)	PERMEABILIDAD (K)
1 > 4 Muy Rápida	1 100-91 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Rockfrenca	1 Muy Ancho >3000	1 100-91 Muy Alto	1 <1.0x10 ⁻⁷ Muy Baja
2 3,1-4 Rápida	2 80-91 Buena	2 50-76 Buena	2 Ultramanete Mecoriz.	2 Ancho 600-3000	2 80-91 Alto	2 1,1x10 ⁻⁷ -1x10 ⁻⁶ Baja
3 2,1-3 Media	3 60-81 Regular	3 15-51 Regular	3 Moderamente Mecoriz.	3 Moderado 200-600	3 60-81 Medio	3 1,1x10 ⁻⁶ -1x10 ⁻⁴ Media
4 1,0-2 Lenta	4 40-51 Mala	4 0-15 Mala	4 Alternante Mecoriz.	4 Estrecho 60-200	4 40-51 Bajo	4 1,1x10 ⁻⁴ -1x10 ⁻² Alta
5 <1 Muy Lenta	5 20-40 Muy Mala	5 25-0 Muy Mala	5 Completamente Mecoriz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-40 Muy Bajo	5 1,1x10 ⁻² -1x10 ¹ Muy Alta

REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 06 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE: 0,00 A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE REQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	



LEYENDA

VEL. AVANCE (mm/min.)	RECUPERACIÓN (%)	R.Q.D. (%)	MEJERICACION	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUJO RETORNO (%)	PERMEABILIDAD (D)
1 > 4 Muy Rápido	1 100-91 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Roca Masca	1 Muy Ancho >2000	1 10-91 Muy Alto	1 <10 ⁻¹⁰ Muy Bss
2 2,1-4 Regular	2 91-81 Buena	2 91-76 Buena	2 Uniforme Medioz.	2 Ancho 601-2000	2 81-61 Alto	2 1,1x 10 ⁻⁷ -1x 10 ⁻⁶ Bss
3 2,1-3 Medio	3 60-41 Regular	3 75-51 Regular	3 Moderamente Medioz.	3 Moderado 201-600	3 60-41 Medio	3 1,1x 10 ⁻⁶ -1x 10 ⁻⁴ Medio
4 1,0-2 Lento	4 40-21 Bss	4 50-25 Bss	4 Altemente Medioz.	4 Estrecho 60-200	4 40-21 Bss	4 1,1x 10 ⁻⁴ -1x 10 ⁻² Alto
5 <1 Muy Lento	5 20-0 Muy Bss	5 25-0 Muy Bss	5 Completamente Medioz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-0 Muy Bss	5 1,1x 10 ⁻² -1x 10 ¹ Muy Alto

Hoja: 07 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE 0,00 A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 Fin 19/04/2013	

Profundidad (m)	VELOCIDAD DE AVANCE CANTIN					SPT N	SÍMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN	REDUCCIÓN (%)					R.Q.D (%)					METEORIZACIÓN					ESPACIAMIENTO (mm)					FLUJO REFORMA (%)					PERMEABILIDAD (k)				
	5	4	3	2	1				5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
60								ESCORIA BASALTICA Roca de color gris oscura de textura porosa con presencia de anfíboles, piroxenos y vidrio volcánico.																														
65								Andesita basáltica de color gris, textura porfírica de mediana porosidad.																														
68								ESCORIA BASALTICA Roca de color gris, muy porosa con alto contenido de ferromagnesianos y con leves oxidaciones.																														

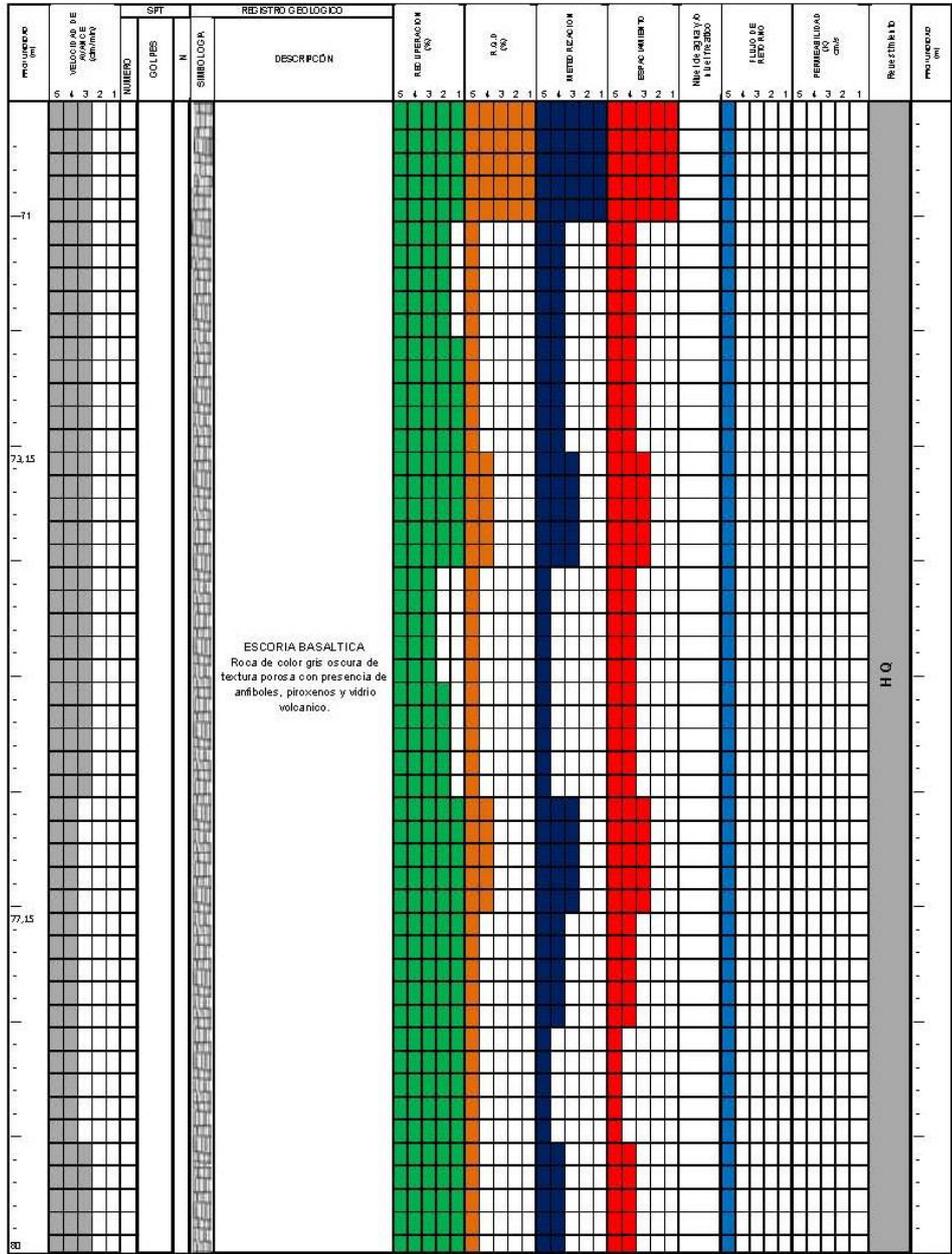
LEYENDA

VEL AVANCE (cm/min.)	REDUCCIÓN (%)	R.Q.D (%)	METEORIZACIÓN	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUJO REFORMA (%)	PERMEABILIDAD (k)
1 >4 Muy Rápido	1 100-81 Excelente	1 100-94 Excelente	1 Roca Fresca	1 Muy Ancho >2000	1 100-81 Muy Alta	1 <10 x 10 ⁻⁷ Muy Baja
2 3-4 Regular	2 80-61 Buena	2 75-91 Buena	2 Uvemente Meteoriz.	2 Ancho 601-2000	2 80-61 Alta	2 1.1 x 10 ⁻⁷ - 1 x 10 ⁻⁶ Baja
3 2-3 Medio	3 60-41 Regular	3 75-81 Regular	3 Moderamente Meteoriz.	3 Moderado 201-600	3 60-41 Media	3 1.1 x 10 ⁻⁶ - 1 x 10 ⁻⁵ Media
4 1-2 Lento	4 40-21 Mala	4 50-36 Bajo	4 Altemente Meteoriz.	4 Estrecho 60-200	4 40-21 Baja	4 1.1 x 10 ⁻⁵ - 1 x 10 ⁻² Alta
5 <1 Muy Lento	5 20-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Bajo	5 Completamente Meteoriz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-0 Muy Baja	5 1.1 x 10 ⁻² - 1 x 10 ¹ Muy Alta



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 08 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE 0,00 A 219,00
Sondeo Nº: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN AGUA
PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m	
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA SONDEO Inicio 15/01/2013 Fin 19/04/2013		



LEYENDA

VEL. AVANCE (mm/min)	RECUPERACIÓN (%)	R.Q.D (%)	METEORIZACIÓN	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUJO RETORNO (µ)	PERMEABILIDAD (s)
1 >= 1 Muy Rápido	1 80-90 Excelente	1 100-90 Excelente	1 Roca fresca	1 Muy Ancho >200	1 100-20 Muy Alto	1 <1x10 ⁻⁷ Muy Baja
2 31-4 Rápido	2 60-80 Buena	2 90-76 Buena	2 Ligeramente Meteoriz.	2 Ancho 80-200	2 80-90 Alto	2 1,1x10 ⁻⁷ -1x10 ⁻⁶ Baja
3 21-3 Medio	3 40-60 Regular	3 75-91 Regular	3 Moderadamente Meteoriz.	3 Moderado 20-80	3 60-80 Medio	3 1,1x10 ⁻⁶ -1x10 ⁻⁴ Media
4 10-2 Lento	4 20-40 Mala	4 60-76 Bajo	4 Altemente Meteoriz.	4 Estrecho 60-200	4 40-60 Bajo	4 1,1x10 ⁻⁴ -1x10 ⁻² Alta
5 <1 Muy Lento	5 20-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Bajo	5 Completamente Meteoriz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-40 Muy Bajo	5 1,1x10 ⁻² -1x10 ⁻¹ Muy Alta



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

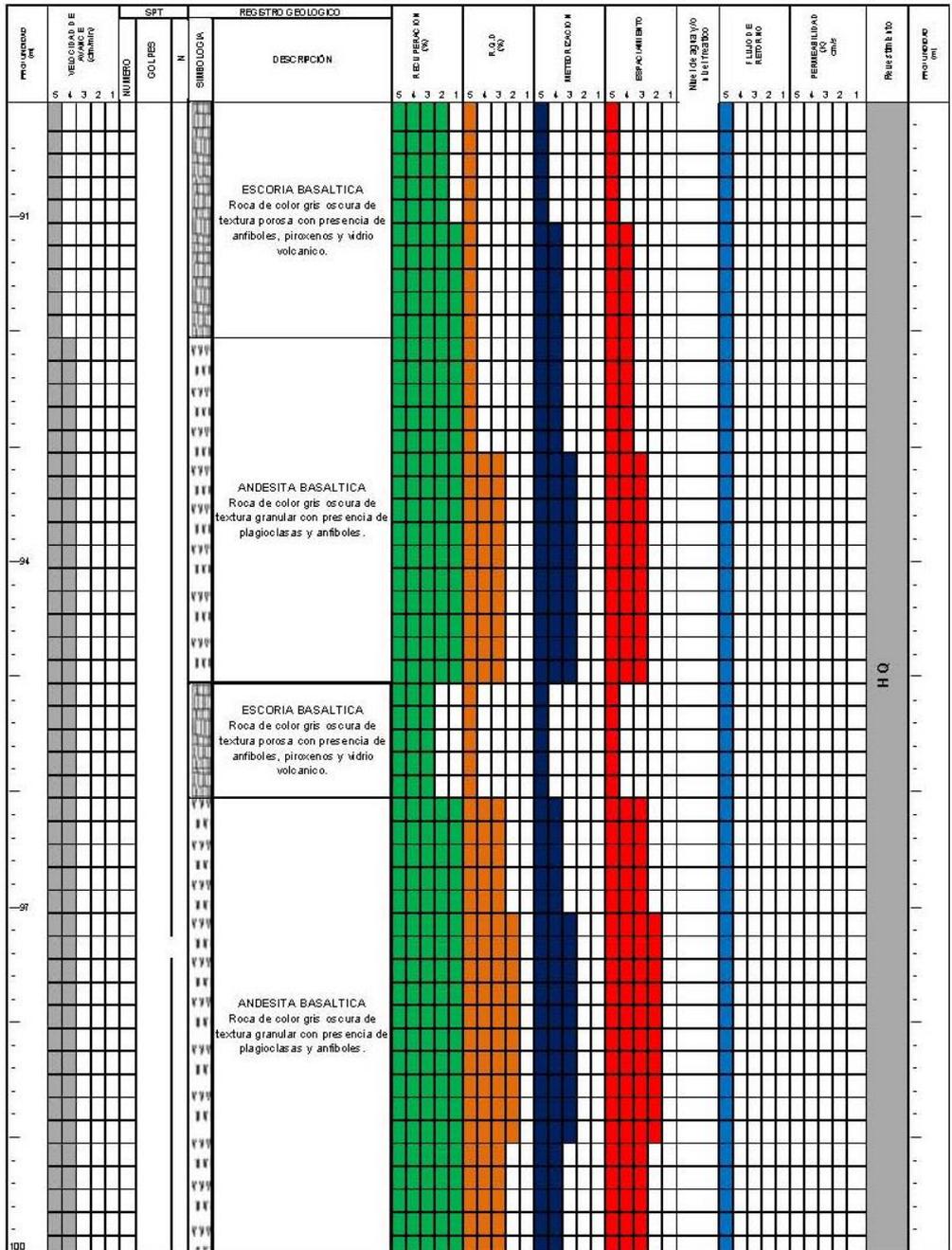
Hoja: 09 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 95,00 DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 95,00 DE 0,00 A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70 DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90° FLUIDO DE PERFORACIÓN AGUA
PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94 Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013

PROFUNDIDAD (m)	VELOCIDAD DE AVANCE (cm/min)	SPT	REGISTRO GEOLÓGICO		REPERFORACIÓN (%)	R.O.P (%)	METEN CACÓN	ESPACIAMIENTO	FILLO PERFORO (%)	PERMEABILIDAD (x)	PROFUNDIDAD (m)
			DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO							
82											
85				ESCORIA BASALTICA Roca de color gris oscura de textura porosa con presencia de anfíboles, piroxenos y vidrio volcánico.							
88											

LEYENDA

VELOCIDAD (cm/min)	REPERFORACIÓN (%)	R.O.P (%)	METEN CACÓN	ESPACIAMIENTO (mm)	FILLO PERFORO (%)	PERMEABILIDAD (x)
1 > 4 Muy Rápida	1 100-81 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Rocas Frescas	1 Muy Ancho >200	1 100-81 Muy Alta	1 <10 x 10 ⁻⁷ Muy Baja
2 3,1 - 4 Rápida	2 70-61 Buena	2 90-76 Buena	2 Ubranmente Me. tort.	2 Ancho 101-200	2 80-61 Alta	2 1,1 x 10 ⁻⁷ - 1 x 10 ⁻⁸ Baja
3 2,1 - 3 Media	3 60-41 Regular	3 75-61 Regular	3 Moderadamente Me. tort.	3 Moderado 201-100	3 60-41 Media	3 1,1 x 10 ⁻⁶ - 1 x 10 ⁻⁷ Media
4 1,0 - 2 Lenta	4 40-21 Mala	4 60-36 Bajo	4 Alcanzando Me. tort.	4 Estrecho 100-200	4 40-21 Baja	4 1,1 x 10 ⁻⁵ - 1 x 10 ⁻⁶ Alta
5 <1 Muy Lenta	5 20-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Bajo	5 Completamente Me. tort.	5 Muy Estrecho <50	5 20-0 Muy Baja	5 1,1 x 10 ⁻² - 1 x 10 ⁻¹ Muy Alta

Hoja: 10 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE 0,00 A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA
PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS		Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO		Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 Fin 19/04/2013	



LEYENDA

VEL AVANCE (mm/min.)	RECUPERACION (%)	R.G.D (%)	MEMBRACION	ESPESORAMIENTO (mm)	FLUJO RETORNO (%)	PERMEABILIDAD (K)
1 >= 4 Muy Rapido	1 100-91 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Rocafresca	1 Muy Ancho >2000	1 100-91 Muy Alto	1 <10^-10 Muy Baja
2 3,1-4 Rapido	2 80-61 Buena	2 50-76 Buena	2 Urganente Melcoz.	2 Ancho 601-2000	2 80-61 Alto	2 1,1x10^-7-1x10^-6 Baja
3 2,1-3 Medio	3 60-41 Regular	3 75-51 Regular	3 Medianamente Melcoz.	3 Moderado 201-600	3 60-41 Medio	3 1,1x10^-5-1x10^-4 Media
4 1,0-2 Lento	4 40-21 Mala	4 50-25 Mala	4 Homogene Melcoz.	4 Estrecho 60-200	4 40-21 Baja	4 1,1x10^-3-1x10^-2 Alta
5 <1 Muy Lento	5 20-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Mala	5 Completamente Melcoz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-0 Muy Baja	5 1,1x10^-2-1x10^-1 Muy Alta



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 12 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00 DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00 DE: 0,00 A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70 DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90° FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	

Profundidad (m)	VELOCIDAD DE CAÍDA (cm/min)	SPT		REGISTRO GEOLÓGICO										REACTIVO	Profundidad (m)						
		NÚMERO	COPIES	DESCRIPCIÓN	REF. PERFORACIÓN (%)		R.Q.D. (%)		METRIFICACIÓN		ESPACIAMIENTO		FLUIDO DE REBORNO			PERMEABILIDAD (Darcy)					
110				ANDESITA BASALTICA Roca de color gris oscura de textura granular con presencia de plagioclasas y anfíboles.	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1		
113				ESCORIA BASALTICA Roca de color gris oscura de textura porosa con presencia de anfíboles, piroxenos y vidrio volcánico. Presencia de arena fina con clastos de cuarzo y sericita.	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1		
116				ANDESITA BASALTICA Roca de color gris oscura de textura granular con presencia de plagioclasas y anfíboles.	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1		
119				ESCORIA BASALTICA Roca de color gris oscura de textura porosa con presencia de anfíboles, piroxenos y vidrio volcánico.	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1		

LEYENDA

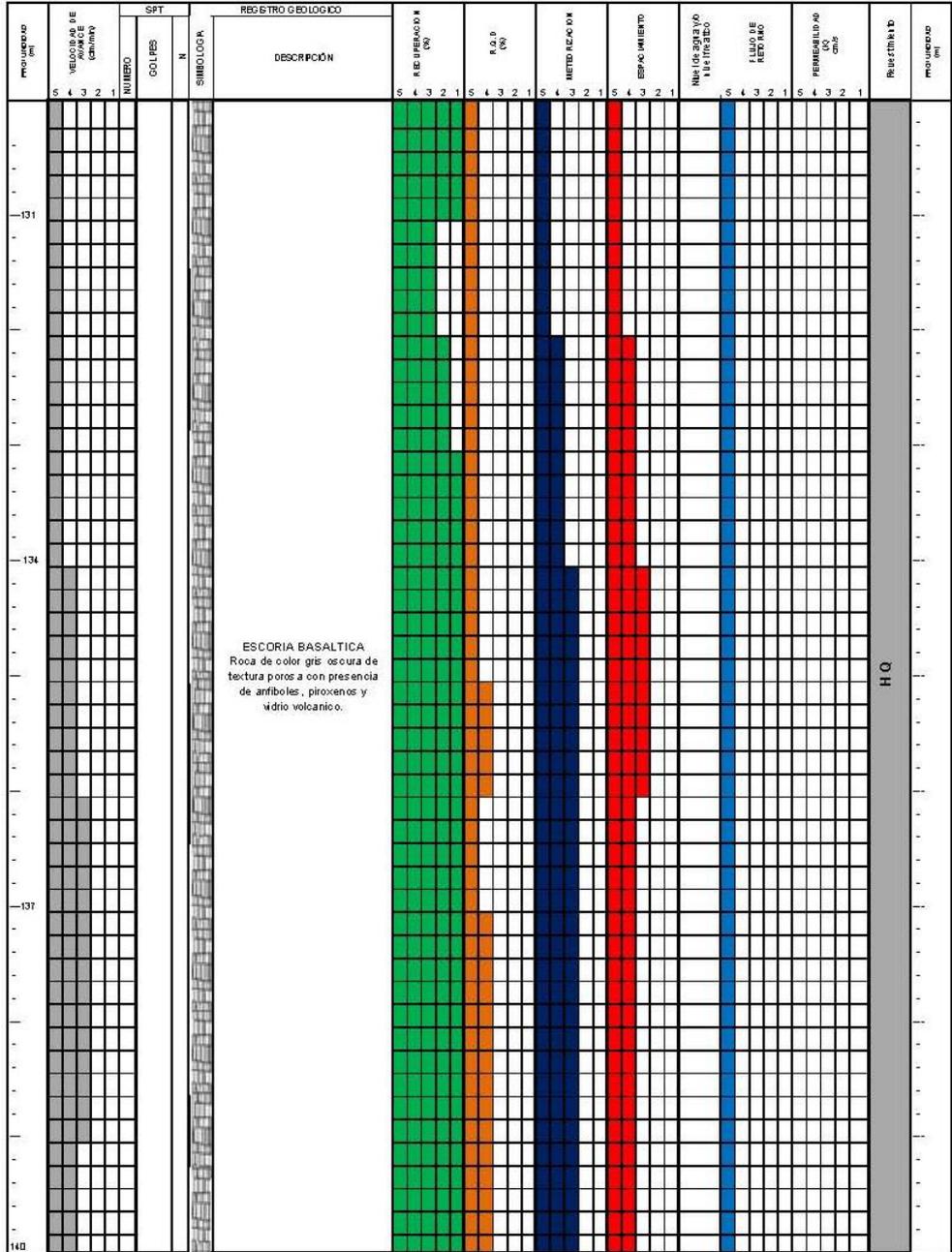
VE. ANCHO (mm/min)	REF. PERFORACIÓN (%)	R.Q.D. (%)	METRIFICACIÓN	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUIDO REBORNO	PERMEABILIDAD (D)
1 > 4 Muy Rápida	1 100-81 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Roca fresca	1 Muy Ancho >2000	1 100 SI Muy Alta	1 <1.0 x 10 ⁻⁷ Muy Baja
2 3.1 - 4 Rápida	2 80-61 Buena	2 90-76 Buena	2 Uperamente Metoz.	2 Ancho 601-2000	2 80-61 Alta	2 1.0 x 10 ⁻⁷ - 1 x 10 ⁻⁶ Baja
3 2.1 - 3 Media	3 61-41 Regular	3 75-61 Regular	3 Moderadamente Metoz.	3 Moderada 201-600	3 61-41 Media	3 Baja
4 1.0 - 2 Lenta	4 41-21 Mala	4 50-26 Bdo	4 Altamente Metoz.	4 Etrocho 60-200	4 41-21 Baja	4 1.1 x 10 ⁻⁶ - 1 x 10 ⁻⁵ Media
5 < 1.0 Muy Lenta	5 21-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Bdo	5 Completamente Metoz.	5 Muy Etrocho <60	5 21-0 Muy Baja	5 1.1 x 10 ⁻⁵ - 1 x 10 ⁻¹ Muy Alta



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 14 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE 0,00 A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio: 15/01/2013 Fin: 19/04/2013	SONDEO

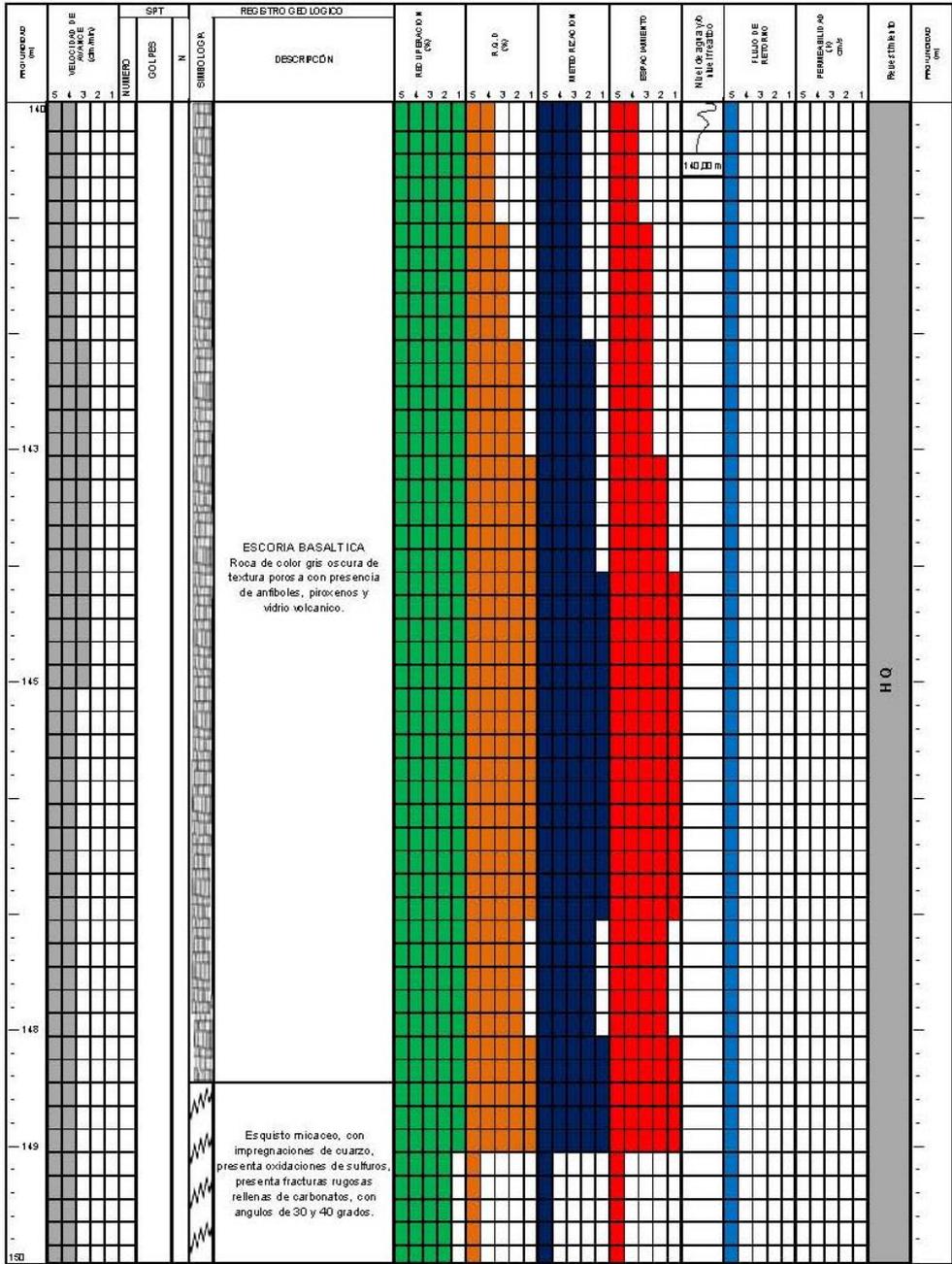


LEYENDA

VEL AVANCE (cm/min.)	RECUPERACIÓN (%)	R.G.D (%)	METEDRACION	ESPACIAMIENTO (mm)	FUGA DE AGUA (%)	PERMEABILIDAD (D)
1 > 4 Muy Buena	1 100-91 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Roca fresca	1 Muy Ancho >2000	1 100-91 Muy Alta	1 <1x10 ⁻⁷ Muy Baja
2 3,1-4 Regular	2 80-61 Buena	2 80-76 Buena	2 Superficie Meteoriz.	2 Ancho 801-2000	2 80-61 Alta	2 1,1x10 ⁻⁷ -1x10 ⁻⁶ Baja
3 2,1-3 Medio	3 60-41 Regular	3 75-61 Regular	3 Moderadamente Meteoriz.	3 Moderado 201-800	3 60-41 Media	3 1,1x10 ⁻⁶ -1x10 ⁻⁵ Media
4 1,0-2 lento	4 41-21 Mala	4 60-26 Malo	4 Altemer Meteoriz.	4 Estrecho 60-200	4 40-21 Baja	4 1,1x10 ⁻⁵ -1x10 ⁻² Alta
5 <1 Muy lento	5 20-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Malo	5 Completamente Meteoriz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-0 Muy Baja	5 1,1x10 ⁻² -1x10 ⁻¹ Muy Alta

Hoja: 15 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE 0,00 A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	



LEYENDA

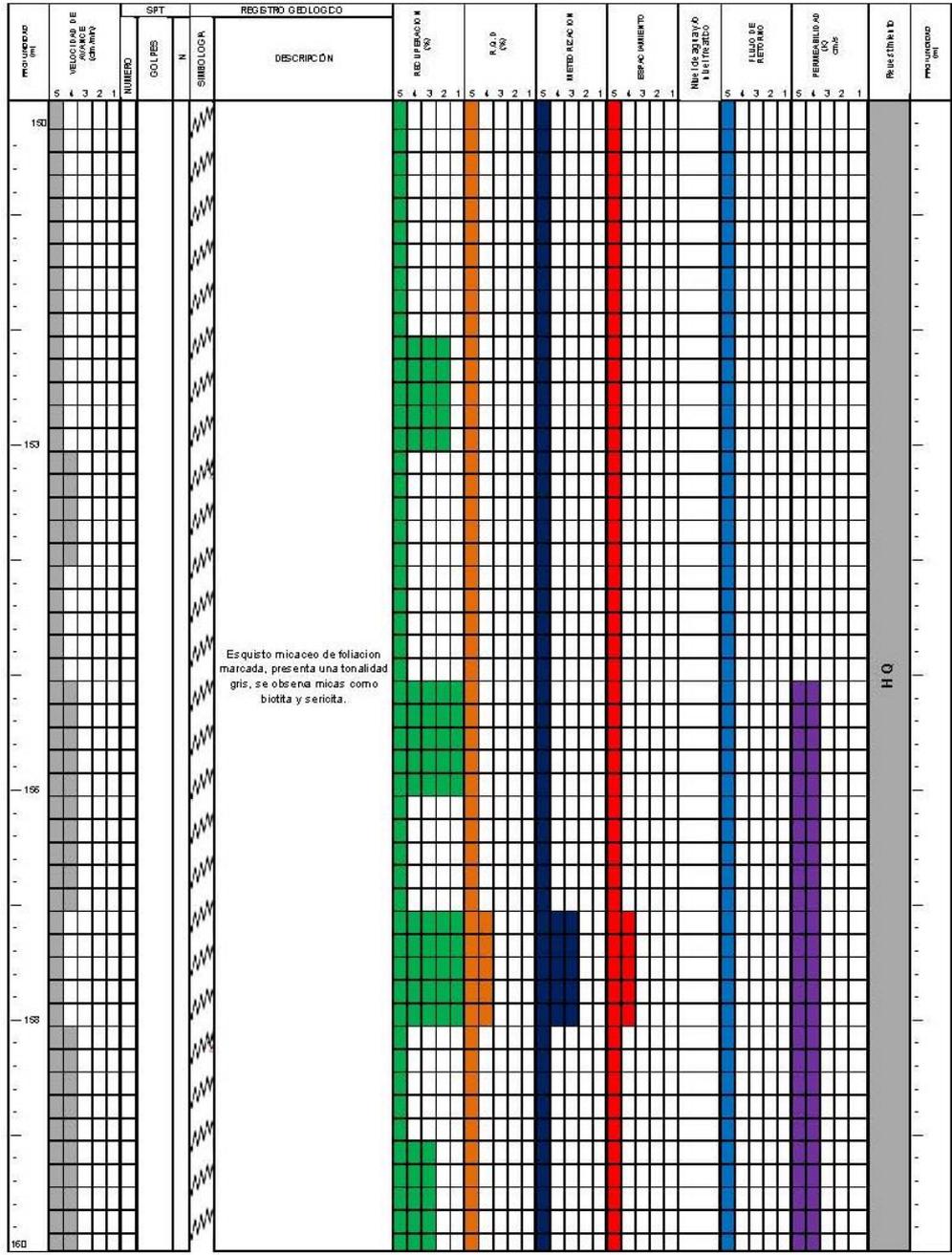
VEL. AVANCE (cm/min.)	RED. PERFORACIÓN (%)	R.Q.D. (%)	MEJORACIÓN	ESPESAMIENTO (mm)	FLUIDO PERFORACIÓN (%)	PERMEABILIDAD (K)
1 >= Muy Rápido	1 100-81 Excelente	1 100-99 Excelente	1 Rocas Frescas	1 Muy Ancho >2000	1 100-81 Muy Alta	1 <10^-10 Muy Baja
2 3,1-4 Rápido	2 80-61 Buena	2 80-76 Buena	2 Uptamante Meteoriz.	2 Ancho 501-2000	2 60-41 Alta	2 1,1 x 10^-7 - 1 x 10^-6 Baja
3 2,1-3 Media	3 60-41 Regular	3 75-61 Regular	3 Moderadamente Meteoriz.	3 Moderada 301-500	3 40-41 Media	3 1,1 x 10^-5 - 1 x 10^-4 Baja
4 1,0-2 Lenta	4 40-21 Mala	4 50-26 Mala	4 Altamente Meteoriz.	4 Estrecho 601-2000	4 20-21 Baja	4 1,1 x 10^-4 - 1 x 10^-3 Baja
5 <1 Muy Lenta	5 20-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Mala	5 Completamente Meteoriz.	5 Muy Estrecho <600	5 20-0 Muy Baja	5 1,1 x 10^-5 - 1 x 10^-4 Media



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 16 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE 0,00 A 219,00
Sondeo Nº: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	



LEYENDA

VEL AVANCE (mm/min.) 1 > 4 Muy Rápida 2 3,1 - 4 Rápida 3 2,1 - 3 Media 4 1,0 - 2 Lenta 5 < 1 Muy Lenta	RECUPERACION (%) 1 100-91 Excelente 2 90-81 Buena 3 60-41 Regular 4 40-21 Mala 5 20-0 Muy Mala	R.Q.D (%) 1 100-91 Excelente 2 90-76 Buena 3 75-51 Regular 4 50-25 Mala 5 25-0 Muy Mala	METEORIZACION 1 Roca Fresca 2 Uvemente Meteoriz. 3 Moderadamente Meteoriz. 4 Altemente Meteoriz. 5 Completamente Meteoriz.	ESPACIAMIENTO (mm) 1 Muy Ancho >2000 2 Ancho 600-2000 3 Moderado 200-600 4 Estrecho 60-200 5 Muy Estrecho <60	FLUJO RETORNO (%) 1 100-80 Muy Alto 2 60-80 Alto 3 60-41 Medio 4 40-21 Bajo 5 20-0 Muy Bajo	PERMEABILIDAD (K) 1 <1,0 x 10 ⁻⁷ Muy Baja 2 1,1 x 10 ⁻⁷ - 1 x 10 ⁻⁶ Baja 3 1,1 x 10 ⁻⁶ - 1 x 10 ⁻⁴ Media 4 1,1 x 10 ⁻⁴ - 1 x 10 ⁻² Alta 5 1,1 x 10 ⁻² - 1 x 10 ¹ Muy Alta
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 17 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 38,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE: 0,00 A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 38,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	

Profundidad (m)	VELOCIDAD DE AVANCE (cm/min)	SPT	REGISTRO GEOLOGICO		RESISTENCIA (%)	R.Q.D (%)	METRACCIÓN	ESPACIAMIENTO	Nivel de agua y/o Nivel freático	FLUJO DE RETORNO	PERMEABILIDAD cm/s	Resistencia	Profundidad (m)
			NUMERO	DESCRIPCIÓN									
160													
161,30													
163													
163,20													
166													
166,50													
168													
169													

Esquistos micaceos de foliación marcada, presenta una tonalidad gris, se observa micas como biotita y sericita.

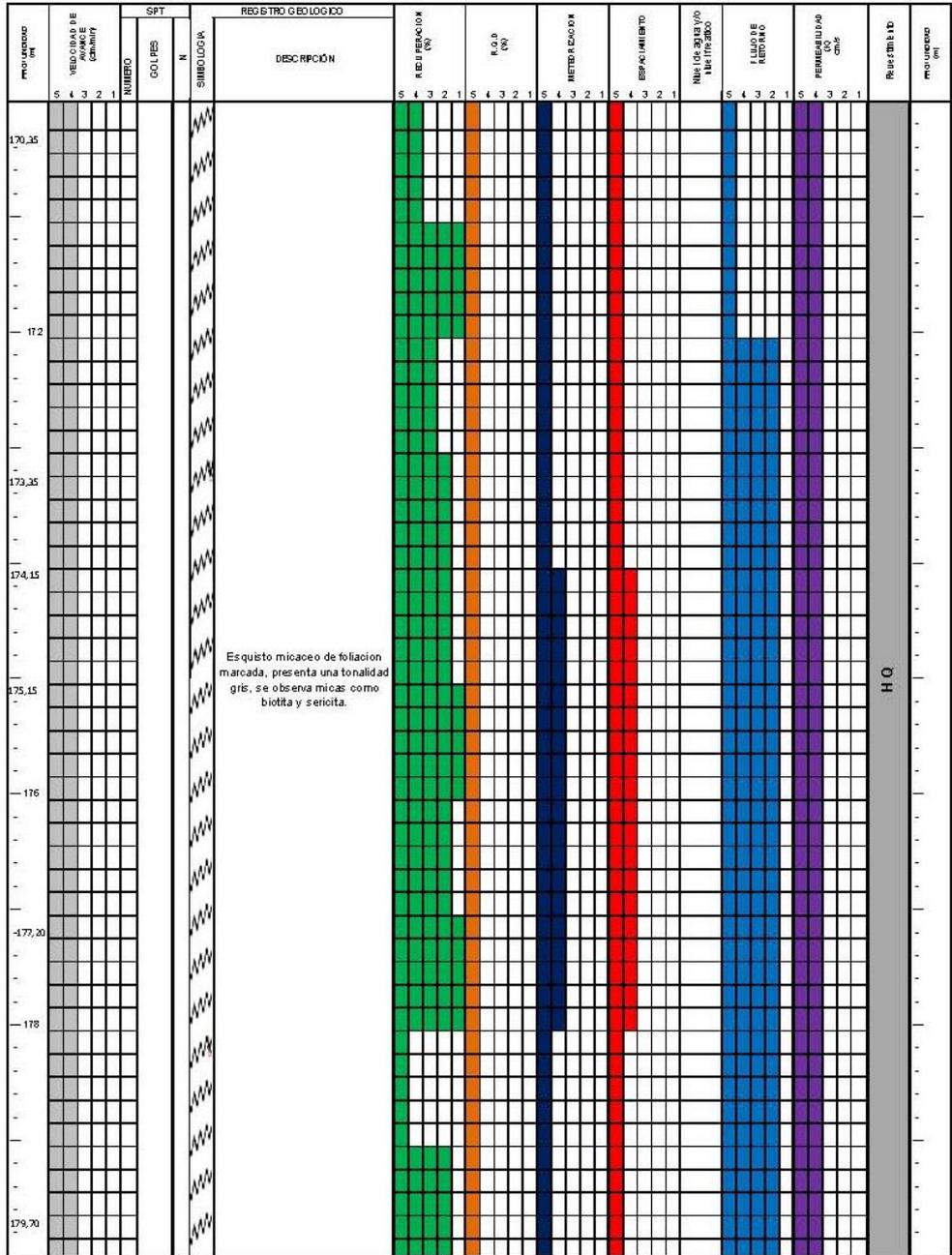
H Q

LEYENDA

VEL AVANCE (cm/min.)	RECUPERACION (%)	R.Q.D (%)	METRACCIÓN	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUJO RETORNO (%)	PERMEABILIDAD (s)
1 > 4 Muy Rápida	1 100-81 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Roca Fresca	1 Muy Ancho >2000	1 100-81 Muy Alta	1 <1x10 ⁻⁷ Muy Baja
2 3,1-4 Rápida	2 80-61 Buena	2 90-76 Buena	2 Ligera y moderada meteoriz.	2 Ancho 601-2000	2 60-41 Alta	2 1,1x10 ⁻⁷ -1x10 ⁻⁶ Baja
3 2,1-3 Media	3 60-41 Regular	3 75-91 Regular	3 Moderadamente meteoriz.	3 Moderado 201-600	3 40-21 Media	3 1,1x10 ⁻⁶ -1x10 ⁻⁵ Media
4 1,0-2 Lenta	4 40-21 Mala	4 50-28 Bajo	4 Altamente meteoriz.	4 Estrecho 60-200	4 20-0 Muy Baja	4 1,1x10 ⁻⁵ -1x10 ⁻² Alta
5 <1 Muy Lenta	5 20-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Bajo	5 completamente meteoriz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-0 Muy Baja	5 1,1x10 ⁻² -1x10 ⁻¹ Muy Alta

Hoja: 18 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 95,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 95,00	DE 0,00 A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	



Es questo micaeo de foliacion marcada, presenta una tonalidad gris, se observa micas como biotita y sericita.

H.Q.

LEYENDA

VEL AVANCE (mm/min.)	RECUPERACION (%)	R.Q.D (%)	MEJORACION	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUJO REBORNO (l/min)	PERMEABILIDAD (k)
1 > 4 Muy Rapido	1 100-91 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Roca Fresca	1 Muy Ancho >2000	1 100-81 Muy Alto	1 <1.0x10 ⁻⁷ Muy Baja
2 3.1-4 Rapido	2 80-91 Buena	2 80-76 Buena	2 Urganamente Metaco.	2 Ancho 601-2000	2 80-61 Alto	2 1.1x10 ⁻⁷ -1x10 ⁻⁶ Baja
3 2.1-3 Medio	3 60-81 Regular	3 76-61 Regular	3 Moderamente Metaco.	3 Moderada 201-600	3 60-41 Medio	3 1.1x10 ⁻⁶ -1x10 ⁻⁴ Media
4 1.0-2 Lento	4 40-76 Mala	4 60-26 Mala	4 Alamente Metaco.	4 Estrecha 60-200	4 40-26 Baja	4 1.1x10 ⁻⁴ -1x10 ⁻² Alta
5 <1 Muy Lento	5 20-40 Muy Mala	5 26-0 Muy Mala	5 Completamente Metaco.	5 Muy Estrecha <60	5 20-0 Muy Baja	5 1.1x10 ⁻² -1x10 ⁻¹ Muy Alta



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 20 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: 0,00 A 36,00	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE 0,00 A 249,00
Sondeo Nº: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 36,00 A 280,00	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	

Profundidad (m)	VELOCIDAD DE CAÍDA DE COLPES					SPT N	SMBOLÓGICA	DESCRIPCIÓN	RECUPERACIÓN (%)					R.Q.D. (%)					METEORIZACIÓN					ESPACIAMIENTO					Nivel de agua en el flector					FLUJO DE RETORNO					PERMEABILIDAD (K)					Resist. final (MPa)	Profundidad (m)		
	5	4	3	2	1				5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1				
-190,40																																															
-191																																															
-192,30																																															
-194,25																																															
-197,35																																															
-198,45																																															
-199,40																																															

Esquistos micáceos de foliación marcada, presenta una tonalidad gris, se observa micas como biotita y sericita.

HQ

LEYENDA

VEL. AVANCE (mm/m.)	RECUPERACIÓN (%)	R.Q.D. (%)	METEORIZACIÓN	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUJO DE RETORNO (%)	PERMEABILIDAD (K)
1 > 4 Muy Rápida	1 100-81 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Roca Fresca	1 Muy Ancho >2000	1 100-81 Muy Alto	1 <10 x 10 ⁻⁷ Muy Baja
2 3,1 - 4 Rápida	2 80-61 Buena	2 80-76 Buena	2 Urganmente Meteoriz.	2 Ancho 601-2000	2 80-61 Alto	2 1,1 x 10 ⁻⁷ -1 x 10 ⁻⁵
3 2,1 - 3 Media	3 60-41 Regular	3 75-51 Regular	3 Moderadamente Meteoriz.	3 Moderada 201-600	3 60-41 Medio	3 Baja
4 1,0 - 2 Lenta	4 40-21 Mala	4 50-26 Mala	4 Altamente Meteoriz.	4 Estrecho 60-200	4 40-21 Baja	4 1,1 x 10 ⁻⁵ -1 x 10 ⁻² Alto
5 <1 Muy Lenta	5 20-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Mala	5 Completamente Meteoriz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-0 Muy Baja	5 1,1 x 10 ⁻² -1 x 10 ⁻¹ Muy Alto



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 22 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00 DE: A	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00 DE: 0,00 A: 219,00
Sondeo N°: SCHE01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70 DE: 270 A: 280	INCLINACIÓN R.H.: 90° FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	

PROFUNDIDAD (m)	VELOCIDAD DE AVANCE (cm/min)					SPT		REGISTRO GEOLOGICO					REPERFORACION (%)	R.Q.D (%)	METEORIZACION	ESPACIAMIENTO	Nivel de agua y/o nivel freático	FLUJO DE RETORNO (%)	PERMEABILIDAD (cm ² /s)	Revestimiento	PROFUNDIDAD (m)
	5	4	3	2	1	NUMERO	GOLPES	DESCRIPCION													
0																					
-210,00																					
-212,4																					
-215,00																					
-216,00																					
-217,20																					
-218,20																					
220,00																					

Esquisto micáceo, de coloración gris, muy meteorizado, con presencia de sulfuros

Esquisto micáceo, con foliación marcada de coloración gris, presenta trazas de grafito. Las fracturas son rugosas rellenas de carbonatos con ángulos de 10 a 80 grados.

H Q

LEYENDA

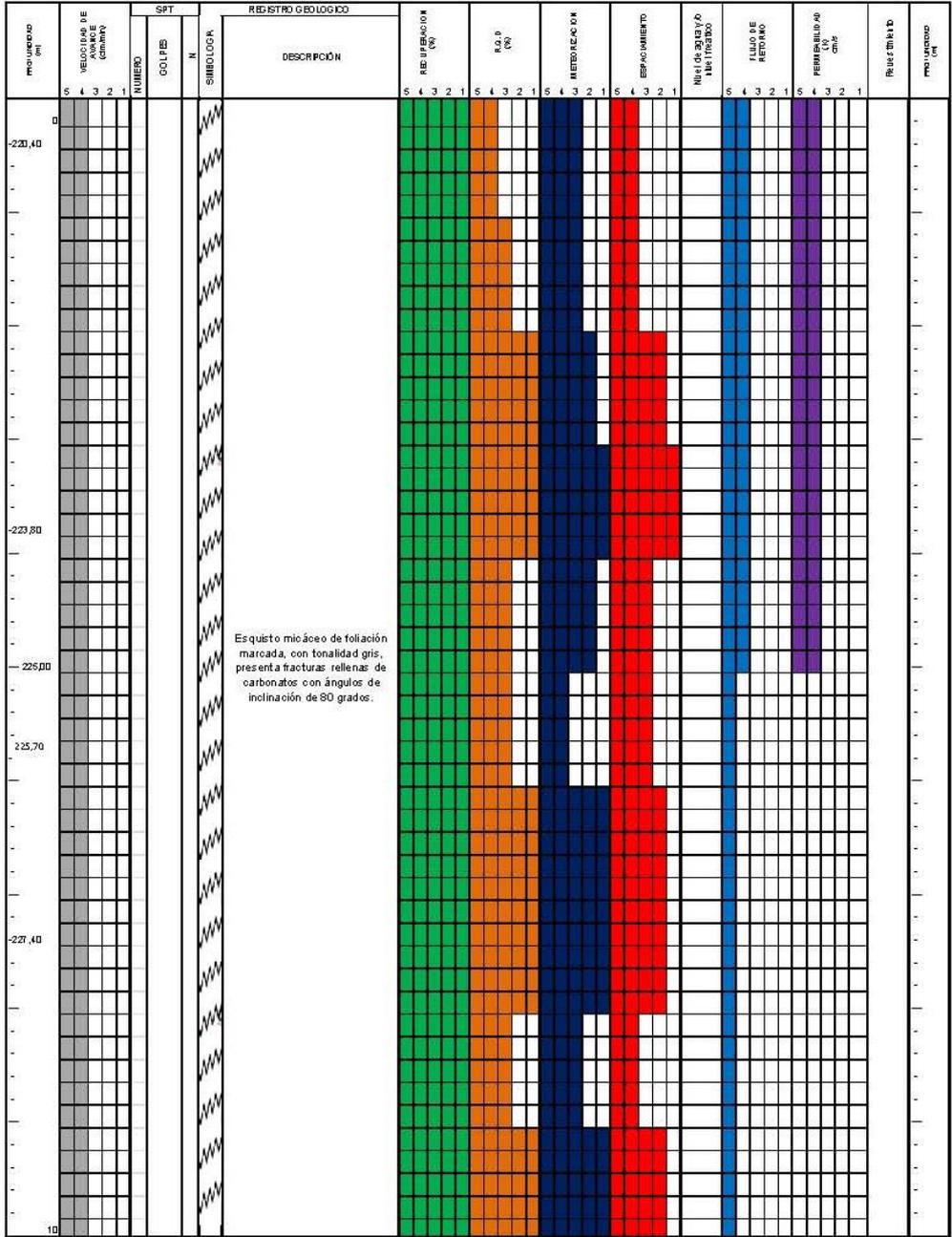
VEL AVANCE (cm/min)	REPERFORACION (%)	R.Q.D (%)	METEORIZACION	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUJO DE RETORNO (%)	PERMEABILIDAD (K)
1 >4 Muy Rápida	1 100-91 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Boca Fresca	1 Muy Amplia >2000	1 100-81 Muy Alta	1 <1.0x10 ⁻⁷ Muy Baja
2 3.1-4 Rápida	2 80-61 Buena	2 90-76 Buena	2 Ligera y Metéor.	2 Amplia 501-2000	2 80-61 Alta	2 1.1x10 ⁻⁷ -1x10 ⁻⁵ Baja
3 2.1-3 Media	3 60-41 Regular	3 75-61 Regular	3 Moderadamente Meteoriz.	3 Moderada 201-600	3 60-41 Media	3 1.1x10 ⁻⁵ -1x10 ⁻⁴ Media
4 1.0-2 Lenta	4 40-21 Baja	4 50-36 Bajo	4 Altamente Meteoriz.	4 Estrecho 60-200	4 40-21 Baja	4 1.1x10 ⁻⁴ -1x10 ⁻² Alta
5 <1 Muy Lenta	5 20-0 Muy Baja	5 25-0 Muy Bajo	5 Completamente Meteoriz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-0 Muy Baja	5 1.1x10 ⁻² -1x10 ⁻¹ Muy Alta



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 23 DE 28	DÍAMETRO SONDEO (mm): 95,00	DE: A	DÍAMETRO REVESTIMIENTO(mm): 95,00	DE 0,00	A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DÍAMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 220	A 230	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUILLOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	

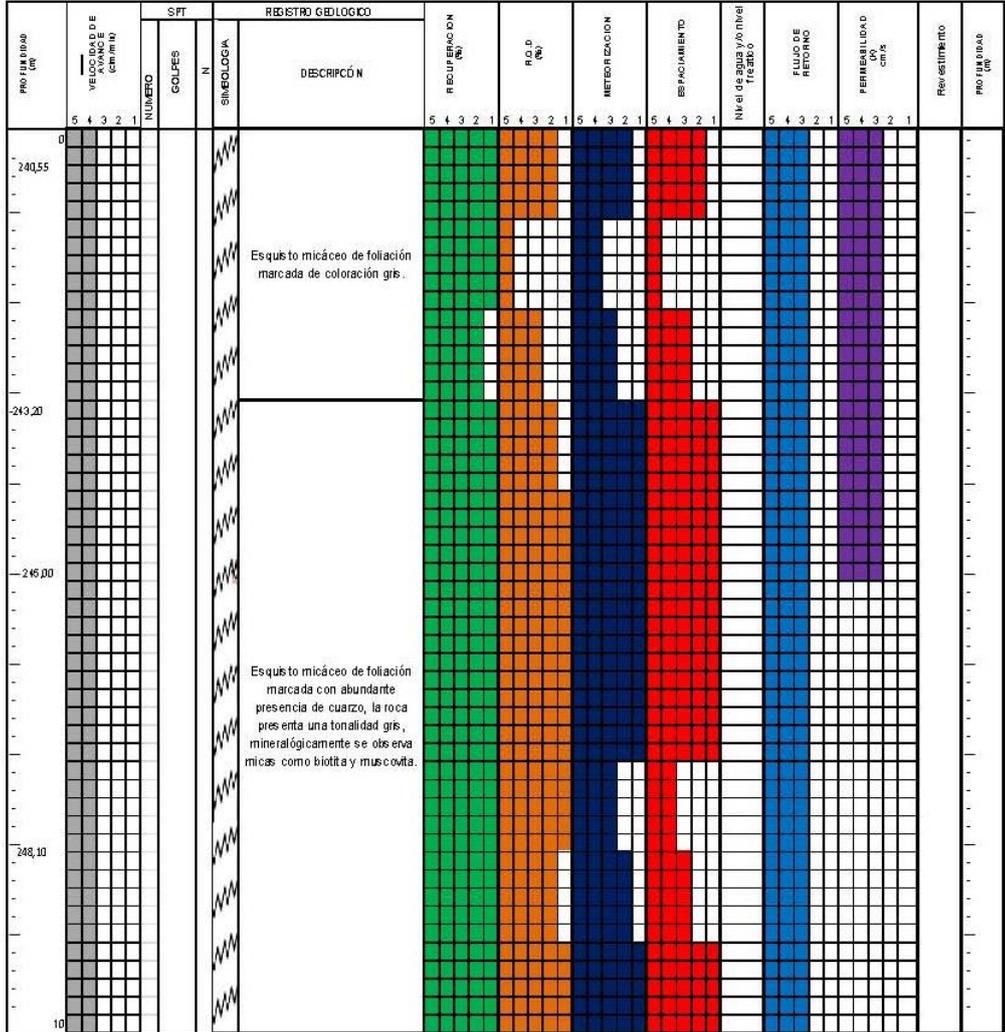


LEYENDA

VELOCIDAD (cm/min.)	RECUPERACIÓN (%)	R.O.P. (%)	MECANIZACIÓN	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUIDO RECIBIDO (kg)	PERMEABILIDAD (cm/s)
1 >= 4 Muy Rápida	1 100-51 Excelente	1 <= 51 Excelente	1 Rocas frescas	1 Muy Ancho >2000	1 100-51 Muy Alta	1 <10^-10 Muy Baja
2 3,1 - 4 Rápida	2 80-61 Buena	2 50-76 Buena	2 ligeramente Meteoriz.	2 Ancho 500-2000	2 50-61 Alta	2 1,1 x 10^-7 - 1 x 10^-6 Baja
3 2,1 - 3 Media	3 60-41 Regular	3 15-61 Regular	3 Moderadamente Meteoriz.	3 Moderado 200-500	3 20-41 Media	3 1,1 x 10^-6 - 1 x 10^-4 Media
4 1,0 - 2 Lenta	4 40-21 Mala	4 50-26 Malo	4 Altamente Meteoriz.	4 Estrecho 60-200	4 40-21 Baja	4 1,1 x 10^-4 - 1 x 10^-2 Alta
5 <1 Muy Lenta	5 20-0 Muy Mala	5 25-0 Muy Malo	5 Completamente Meteoriz.	5 Muy Estrecho <60	5 20-0 Muy Baja	5 1,1 x 10^-2 - 1 x 10^-1 Muy Alta

Hoja: 25 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: A	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE: 0,00	A: 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 240 A 250	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN	AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	



LEYENDA

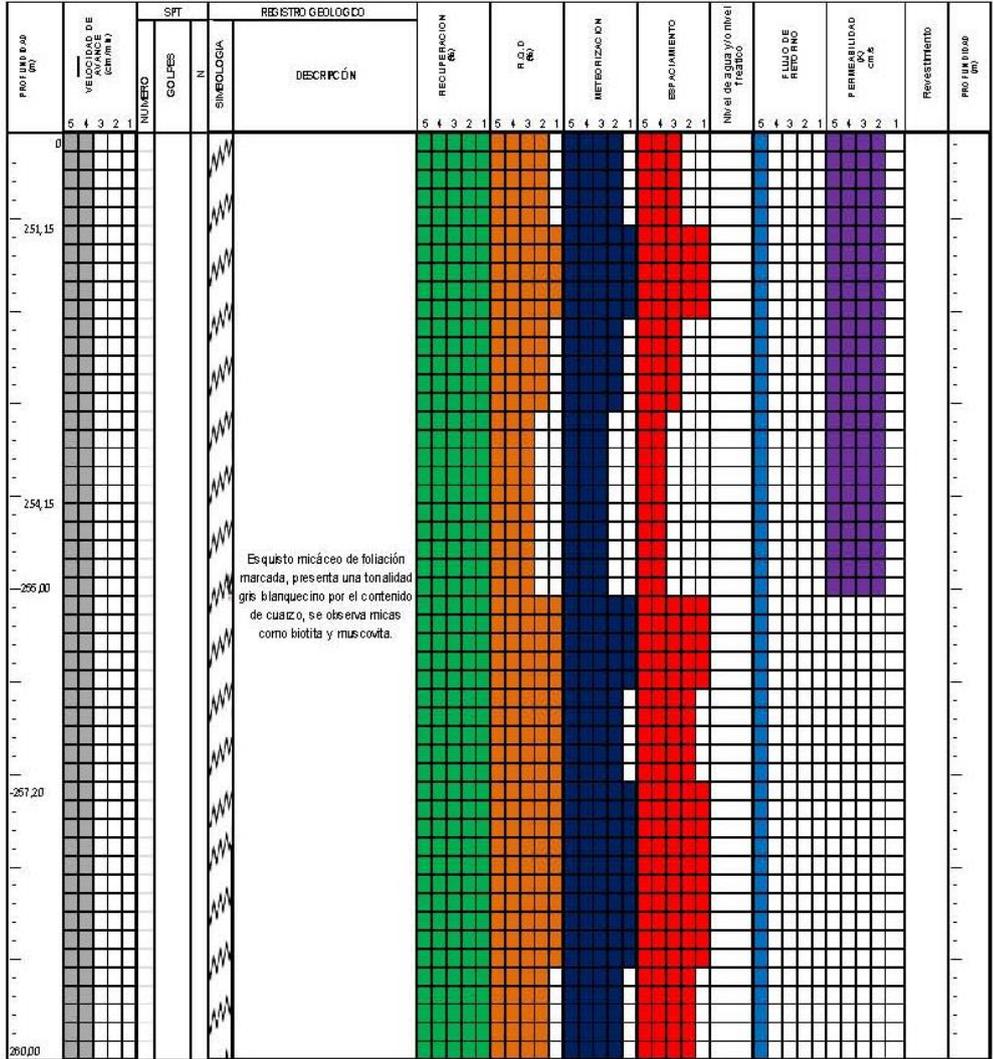
VEL AVANCE (cm/min.) 1 -4 Muy rápida 2 3,1-4 Rápida 3 2,1-3 Media 4 1,0-2 Lenta 5 <1 Muy Lenta	RECUPERACIÓN (%) 1 100-91 Excelente 2 80-91 Buena 3 60-84 Regular 4 40-71 Baja 5 20-0 Muy Baja	R.Q.D (%) 1 100-91 Excelente 2 80-75 Buena 3 75-51 Regular 4 50-25 Baja 5 25-0 Muy Baja	METEORIZACIÓN 1 Roca fresca 2 Ligera mente Meteoriz. 3 Moderadamente Meteoriz. 4 Atenuamiento de las propiedades mecánicas. 5 Completamente Meteoriz.	ESPACIAMIENTO (mm) 1 Muy Amplio >2000 2 Amplio 601-2000 3 Moderada 201-600 4 Escaso 61-200 5 Muy Escaso <60	FLUJO DE RETORNO (%) 1 100-81 Muy Alto 2 80-61 Alto 3 60-41 Medio 4 40-21 Bajo 5 20-0 Muy Bajo	PERMEABILIDAD (K) 1 <10 ⁻¹⁰ Muy Baja 2 1.1x 10 ⁻⁷ -1x 10 ⁻⁸ Baja 3 1.1x 10 ⁻⁵ -1x 10 ⁻⁴ Media 4 1.1x 10 ⁻⁴ -1x 10 ⁻² Alta 5 1.1x 10 ⁻² -1x 10 ⁻¹ Muy Alta
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 26 DE 26	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: A	DIÁMETRO REVESTIMIENTO (mm): 96,00	DE: 0,00	A: 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 250 A 260	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN	AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA SONDEO Inicio 15/01/2013 Fin 19/04/2013	



LEYENDA

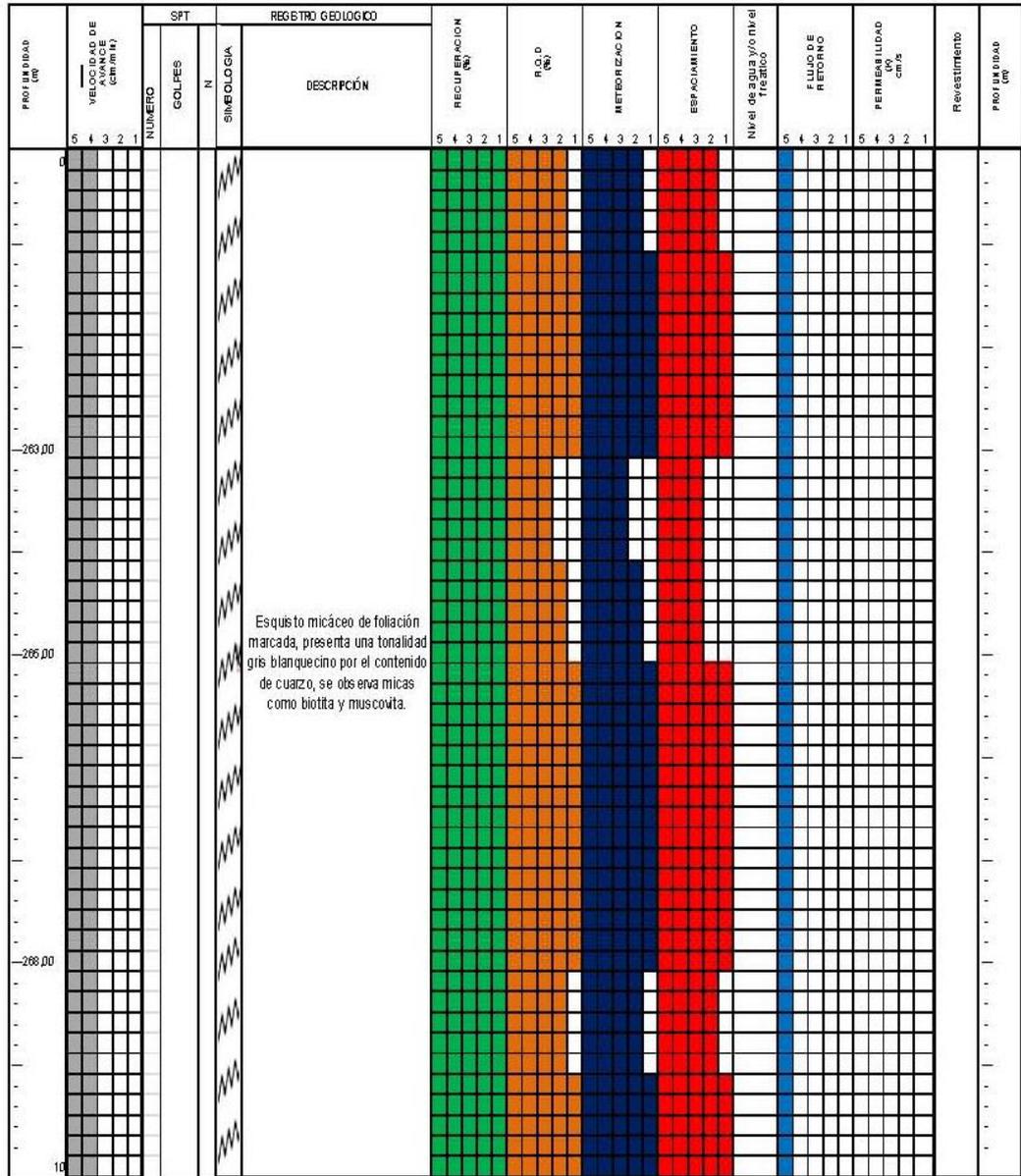
VEL. AVANCE (cm/min.) 1 >4 Muy Rápida 2 3.1-4 Rápida 3 2.1-3 Media 4 1.0-2 Lenta 5 <1 Muy Lenta	RECUPERACION (%) 1 100-91 Excelente 2 80-91 Buena 3 60-80 Regular 4 40-59 Baja 5 20-0 Muy Baja	R.Q.D. (%) 1 100-91 Excelente 2 90-76 Buena 3 75-91 Regular 4 50-25 Baja 5 25-0 Muy Baja	METEORIZACION 1 Roca Fresca 2 Ligeramente Meteoriz. 3 Moderadamente Meteoriz. 4 Atenuada Meteoriz. 5 Completamente Meteoriz.	ESPACIAMIENTO (mm) 1 Muy Ancho >3000 2 Ancho 601-3000 3 Moderada 201-600 4 Estrecho 60-200 5 Muy Estrecho <60	FLUJO RETORNO (%) 1 100-81 Muy Alta 2 30-81 Alta 3 60-41 Media 4 40-21 Baja 5 20-0 Muy Baja	PERMEABILIDAD (K) 1 <10x10 ⁻⁷ Muy Baja 2 1.1x10 ⁻⁷ -1.1x10 ⁻⁶ Baja 3 1.1x10 ⁻⁶ -1.1x10 ⁻⁴ Media 4 1.1x10 ⁻⁴ -1.1x10 ⁻² Alta 5 1.1x10 ⁻² -1x10 ⁻¹ Muy Alta
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 27 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00	DE: A	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00	DE: 0,00	A 219,00
Sondeo N°: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70	DE: 260 A 270	INCLINACIÓN R.H.: 90°	FLUIDO DE PERFORACIÓN	AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUIJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 Fin 19/04/2013	SONDEO Inicio 15/01/2013 Fin 19/04/2013



LEYENDA

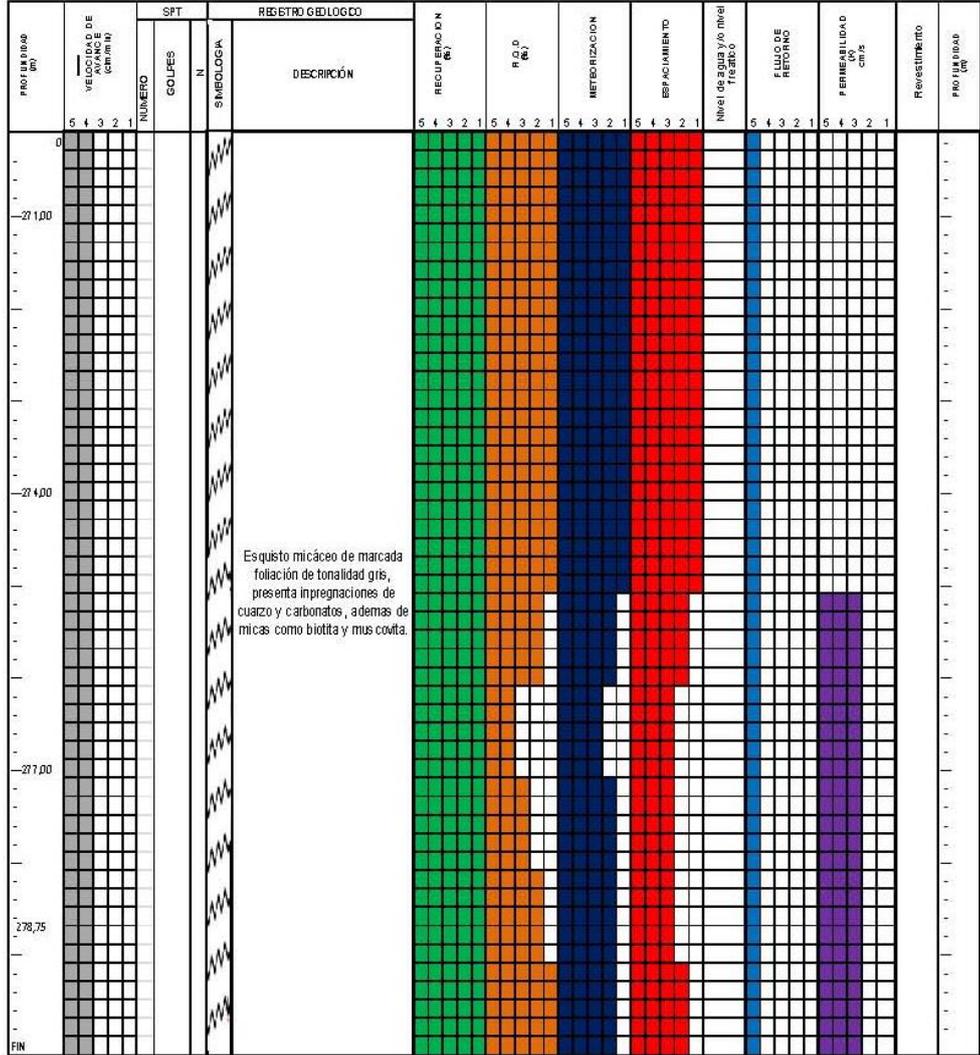
VEL. AVANCE (cm/min.) 1 >4 Muy Rápida 2 3.1-4 Rápida 3 2.1-3 Media 4 1.0-2 Lenta 5 <1 Muy Lenta	RECUPERACIÓN (%) 1 100-81 Excelente 2 80-61 Buena 3 60-44 Regular 4 40-21 Baja 5 20-0 Muy Baja	R.Q.D (%) 1 100-91 Excelente 2 80-76 Buena 3 75-51 Regular 4 50-26 Baja 5 25-0 Muy Baja	METEORIZACIÓN 1 Roca fresca 2 Ugeramente Meteoriz. 3 Moderadamente Meteoriz. 4 Altamente Meteoriz. 5 Completamente Meteoriz.	ESPACIAMIENTO (mm) 1 Muy Ancho >2000 2 Amplio 600-2000 3 Moderada 200-600 4 Estrecho 60-200 5 Muy Estrecho <60	FLUJO DE RETORNO (%) 1 100-81 Muy Alta 2 80-61 Alta 3 60-44 Media 4 40-21 Baja 5 20-0 Muy Baja	PERMEABILIDAD (K) 1 <1Dx 10 ⁻⁷ Muy Baja 2 1.1x 10 ⁻⁷ - 1x 10 ⁻⁶ Baja 3 1.1x 10 ⁻⁶ - 1x 10 ⁻⁴ Media 4 1.1x 10 ⁻⁴ - 1x 10 ⁻² Alta 5 1.1x 10 ⁻² - 1x 10 ⁻¹ Muy Alta
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO

Hoja: 28 DE 28	DIÁMETRO SONDEO (mm): 96,00 DE: A	DIÁMETRO REVESTIMIENTO(mm): 96,00 DE: 0,00 A: 219,00
Sondeo Nº: SCHE-01	DIÁMETRO SONDEO (mm): 75,70 DE: 210 A 220	INCLINACIÓN R.H.: 90° FLUIDO DE PERFORACIÓN: AGUA

PROYECTO: HIDROELÉCTRICO QUJOS	Coordenadas N: 9952492,14 E: 837000,14	Cota: 2328,94	Profundidad Final: 280 m
UBICACIÓN: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Nivel Freático Inicio 140 m Fin 213 m	FECHA Inicio 15/01/2013 SONDEO Fin 19/04/2013	



LEYENDA

V.B. AVANCE (cm/min.)	RECUPERACIÓN (%)	R.Q.D. (%)	METEORIZACIÓN	ESPACIAMIENTO (mm)	FLUIDO RETORNO (%)	PERMEABILIDAD (K)
1 >4 Muy rápida	1 100-81 Excelente	1 100-91 Excelente	1 Roca fresca	1 Muy amplia >2000	1 100-81 Muy Alta	1 <1Dx1E7 Muy Baja
2 3.1-4 Rápida	2 80-61 Buena	2 80-75 Buena	2 Ligeramente Meteoriz.	2 Amplia 601-2000	2 60-61 Alta	2 1.1x1D5-1x1D5 Baja
3 2.1-3 Media	3 60-41 Regular	3 75-51 Regular	3 Moderadamente Meteoriz.	3 Moderada 201-600	3 60-41 Media	3 1.1x1D4-1x1D4 Media
4 1.0-2 lenta	4 40-21 Baja	4 80-25 Baja	4 Atenuada Meteoriz.	4 Estrecha 61-200	4 40-21 Baja	4 1.1x1D4-1x1D2 Alta
5 <1 Muy lenta	5 20-0 Muy Baja	5 25-0 Muy Baja	5 Completamente Meteoriz.	5 Muy Estrecha <60	5 20-0 Muy Baja	5 1.1x1D2-1x1D1 Muy Alta

Anexo H. Pruebas de permeabilidad Lefranc y Lugeon.

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC

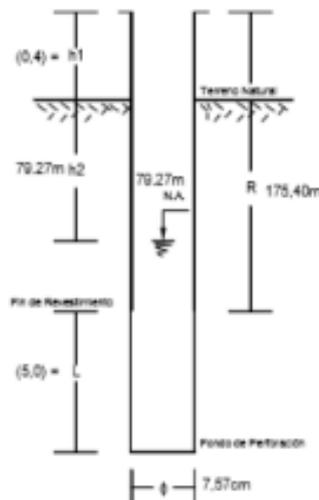
Sondeo: **SCHE-01** Ensayo N°: **5** Tramo Ensayado: Desde **175** Hasta **180** L = **5**

Diámetro Revestimiento: **9,6cm** Diámetro Sondeo: **7,57cm** Nivel de Agua : **79.27m**

Longitud Revestimiento: **175,40m** Revestimiento h1: **0,4** Fecha: **viernes, 19 octubre 2012**

Registro #	Tiempo Transcurrido min.	Ensayo de CAUDAL CONSTANTE				Ensayo de NIVEL CONSTANTE				
		Lectura Medidor m³	Volumen Agua m³	Altura Columna de Agua m	Caudal Calculado		Volumen Agua Parcial ml	Volumen Agua Acumulado cm³	Caudal Calculado	
					Parcial	Acumulado			Parcial	Acumulado
1	0									
2	1.0	0,0293	0,0293		0,49	0,49				
3	2.0	0,0293	0,0293		0,49	0,98				
4	4.0	0,0585	0,0585		0,49	1,46				
5	6.0	0,0583	0,0583		0,49	1,95				
6	8.0	0,0584	0,0584		0,49	2,44				
7	10.0	0,0581	0,0581		0,48	2,92				
8	15.0	0,1465	0,1465		0,49	3,41				
9	20.0	0,1467	0,1467		0,49	3,90				
10	25.0	0,1464	0,1464		0,49	4,39				
11	30.0	0,1471	0,1471		0,49	4,88				

DESCENSO		
Registro #	Tiempo Transcurrido min.	Altura Columna de Agua m
12	30.0	
13	31.0	2,35
14	32.0	4,7
15	34.0	9,38
16	36.0	14,07
17	38.0	18,74
18	40.0	23,39
19	45.0	35,01
20	50.0	46,61
21	55.0	58,17
22	60.0	69,68



N.A. Nivel de Agua
 R = Longitud de Revestimiento
 L = Longitud de Tramo Ensayado
 ϕ = Diámetro de la Perforación
 h1 = Columna de Agua sobre el Terreno Natural
 h2 = Columna de Agua desde el Terreno Natural hasta La Mitad del Tramo Ensayado o Hasta la Cota de Nivel Prefijado al hubiere
 h3 = h1 + h2

CÁLCULOS

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$C = \frac{2\pi D \sqrt{\left(\frac{L}{D}\right)^2 - 1}}{h \left[\frac{L}{D} + \sqrt{\left(\frac{L}{D}\right)^2 - 1} \right]}$$

$$K = \frac{Q}{C \times h \times m}$$

Volumen Inyectado = V = 146675 cm³

Tiempo transcurrido = t = 300 seg

Caudal = Q = 488,92 cm³/seg

Columna de agua = h = 79,67 m

Diámetro del tramo ensayado = ϕ = 7,6 cm

Longitud ensayada = L = 500 cm

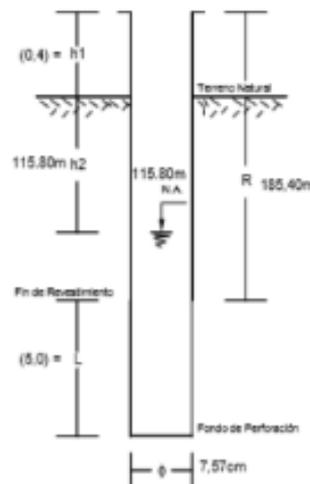
K = 9.54 E-03 cm/seg

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC

Sondeo: SCHE-01	Ensayo N°: 7	Tramo Ensayado: Desde 185	Hasta 190 L = 5
Diámetro Revestimiento: 9,6cm	Diámetro Sondeo: 7,57cm	Nivel de Agua : 115.80m	
Longitud Revestimiento: 185,40m	Revestimiento h1: 0,4	Fecha: domingo, 21 octubre 2012	

Registro	Tiempo Transcurrido min.	Ensayo de CAUDAL CONSTANTE					Ensayo de NIVEL CONSTANTE			
		Lectura Medidor m³	Volumen Agua m³	Altura Columna de Agua m	Caudal Calculado		Volumen Agua Parcial ml	Volumen Agua Acumulado cm³	Caudal Calculado	
					lts/seg				lts/seg	
					Parcial	Acumulado			Parcial	Acumulado
1	0									
2	1.0	0,0304	0,0304		0,61	0,51				
3	2.0	0,0304	0,0304		0,61	1,01				
4	4.0	0,0305	0,0305		0,25	1,27				
5	6.0	0,0305	0,0305		0,25	1,52				
6	8.0	0,0305	0,0305		0,25	1,78				
7	10.0	0,0306	0,0306		0,25	2,03				
8	15.0	0,1521	0,1521		0,61	2,54				
9	20.0	0,1523	0,1523		0,61	3,05				
10	25.0	0,1522	0,1522		0,61	3,55				
11	30.0	0,1524	0,1524		0,61	4,06				

DESCENSO		
Registro	Tiempo Transcurrido min.	Altura Columna de Agua m
12	30.0	
13	31.0	3,5
14	32.0	7,05
15	34.0	14,09
16	36.0	21,14
17	38.0	28,18
18	40.0	35,21
19	45.0	52,77
20	50.0	70,28
21	55.0	87,78
22	60.0	105,28



N.A. Nivel de Agua
 R = Longitud de Revestimiento
 L = Longitud de Tramo Ensayado
 ϕ = Diámetro de la Perforación
 h1 = Columna de Agua sobre el Terreno Natural
 h2 = Columna de Agua desde el Terreno Natural hasta el Nivel Práctico si hubiera
 La Mitad del Tramo Ensayado o Hasta la Cota del Nivel Práctico si hubiera
 $h = h1 - h2$

CALCULOS

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$C = \frac{2\pi D_s \sqrt{\frac{L}{D}} - 1}{h \left[\frac{L}{D} + \sqrt{\left(\frac{L}{D}\right)^2 - 1} \right]}$$

$$K = \frac{Q}{C \times h m}$$

Volumen Inyectado = V = 152250 cm³

Tiempo Inyectado = t = 300 seg

Caudal = Q = 507.50 cm³/seg

Columna de agua = hm = 116,2 m

Diámetro del tramo ensayado = ϕ = 7,6 cm

Longitud ensayada = L = 500 cm

K = 6.79 E-03 cm/seg

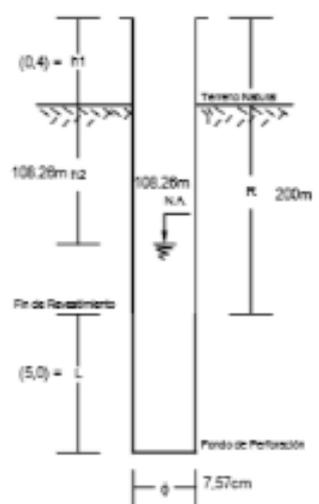
OBSERVACIONES: Ensayo realizado con hidrómetro

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC

Sondeo: SCHE-01	Ensayo N°: 10	Tramo Ensayado: Desde 200	Hasta 205	L = 5
Diámetro Revestimiento: 9,6cm	Diámetro Sondeo: 7,57cm	Nivel de Agua : 108.26m		
Longitud Revestimiento: 200m	Revestimiento h1: 0,4	Fecha: miércoles, 24 octubre 2012		

Registro m	Tiempo Transcurrido min.	Ensayo de CAUDAL CONSTANTE					Ensayo de NIVEL CONSTANTE			
		Lectura Medidor m³	Volumen Agua m³	Altura Columna de Agua m	Caudal Calculado		Volumen Agua Parcial m³	Volumen Agua Acumulado cm³	Caudal Calculado	
					lts/seg				lts/seg	
					Parcial	Acumulado			Parcial	Acumulado
1	0									
2	1,0	0,0322	0,0322		0,54	0,54				
3	2,0	0,0322	0,0322		0,54	1,07				
4	4,0	0,0644	0,0644		0,54	1,61				
5	6,0	0,0649	0,0649		0,54	2,15				
6	8,0	0,0647	0,0647		0,54	2,69				
7	10,0	0,0648	0,0648		0,54	3,23				
8	15,0	0,1610	0,1610		0,54	3,77				
9	20,0	0,1590	0,1590		0,53	4,30				
10	28,0	0,1600	0,1600		0,53	4,83				
11	30,0	0,1620	0,1620		0,54	5,37				

DESCENSO		
Registro m	Tiempo Transcurrido min.	Altura Columna de Agua m
12	30,0	
13	31,0	5
14	32,0	10
15	34,0	19
16	36,0	28
17	38,0	35
18	40,0	41
19	45,0	54
20	50,0	64
21	55,0	72
22	60,0	77



N.A. Nivel de Agua
 R = Longitud de Revestimiento
 L = Longitud de Tramo Ensayado
 ϕ = Diámetro de la Perforación
 h1 = Columna de Agua sobre el Terreno Natural
 h2 = Columna de Agua desde el Terreno Natural hasta la Línea del Tramo Ensayado o hasta la Cota del Nivel Freatico (si existe)
 h = h1 + h2

CÁLCULOS

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$C = \frac{2\pi D_s \sqrt{\frac{L}{D} - 1}}{\ln \left[\frac{L}{D} + \sqrt{\left(\frac{L}{D}\right)^2 - 1} \right]}$$

$$K = \frac{Q}{C \times h_m}$$

Volumen Inyectado = V = 100500 cm³
 Tiempo transcurrido = t = 300 seg
 Caudal = Q = 535,00 cm³/seg
 Columna de agua = h = 108,00 m
 Diámetro del tramo ensayado = ϕ = 7,5 cm
 Longitud ensayada = L = 500 cm

K = 7.65 E-03 cm/seg

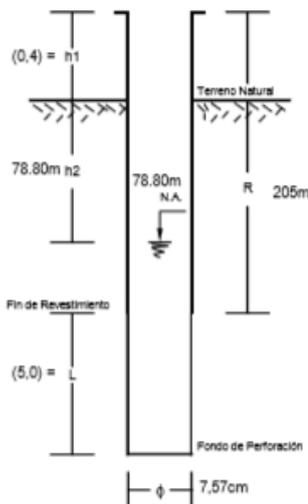
OBSERVACIONES: Ensayo realizado con hidrómetro

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC

Sondeo: SCHE-01	Ensayo N°: 11	Tramo Ensayado: Desde 205	Hasta 210	L = 5
Diámetro Revestimiento: 9,6cm		Diámetro Sondeo: 7,57cm		Nivel de Agua : 78.80m
Longitud Revestimiento: 205m		Revestimiento h1: 0,4		Fecha: miércoles, 24 octubre 2012

Registro #	Tiempo Transcurrido min.	Ensayo de CAUDAL CONSTANTE				Ensayo de NIVEL CONSTANTE				
		Lectura Medidor m ²	Volumen Agua m ³	Altura Columna de Agua m	Caudal Calculado		Volumen Agua Parcial ml	Volumen Agua Acumulado cm ³	Caudal Calculado	
					lts/seg				lts/seg	
					Parcial	Acumulado			Parcial	Acumulado
1	0									
2	1,0	0,0328	0,0328		0,55	0,55				
3	2,0	0,0328	0,0328		0,55	1,09				
4	4,0	0,0656	0,0656		0,55	1,64				
5	6,0	0,0658	0,0658		0,55	2,19				
6	8,0	0,0657	0,0657		0,55	2,74				
7	10,0	0,0660	0,0660		0,55	3,29				
8	15,0	0,1640	0,1640		0,55	3,83				
9	20,0	0,1660	0,1660		0,55	4,39				
10	25,0	0,1690	0,1690		0,58	4,95				
11	30,0	0,1680	0,1680		0,58	5,51				

DESCENSO		
Registro #	Tiempo Transcurrido min.	Altura Columna de Agua m
12	30,0	
13	31,0	3
14	32,0	5,5
15	34,0	10
16	36,0	18
17	38,0	26
18	40,0	32
19	45,0	44
20	50,0	56
21	55,0	62
22	60,0	65



N.A. Nivel de Agua
 R = Longitud de Revestimiento
 L = Longitud de Tramo Ensayado
 ϕ = Diámetro de la Perforación
 h1 = Columna de Agua sobre el Terreno Natural
 h2 = Columna de Agua desde el Terreno Natural hasta La Mitad del Tramo Ensayado o Hasta la Cota del Nivel Piezométrico (si hubiere)
 hm = h1 + h2

CÁLCULOS

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$C = \frac{2\pi D_s \sqrt{\left(\frac{L}{D}\right)^2 - 1}}{\ln\left[\frac{L}{D} + \sqrt{\left(\frac{L}{D}\right)^2 - 1}\right]}$$

$$K = \frac{Q}{C \times hm}$$

Volumen Inyectado = V = 168750 cm³

Tiempo transcurrido = t = 300 seg

Caudal = Q = 555,83 cm³/seg

Columna de agua = hm = 79,20 m

Diámetro del tramo ensayado = ϕ = 7,6 cm

Longitud ensayada = L = 500 cm

K = 1.09 E-02 cm/seg

OBSERVACIONES: Ensayo realizado con hidrómetro

Ensayos de permeabilidad Lugeon

CLIENTE:	ASC. ASTEC INTEGRAL		SITIO:	CHIMENEA DE EQUILIBRIO		PRUEBA LUGEON N°: 1/5					
PROYECTO:	HIDROELÉCTRICO QUIJOS		COORDENADAS				REALIZADO POR: HIDROSUELOS				
FECHA:	18/04/2013		NORTE:	9952492,14		ESTE:	837000,14				
SONDEO N°:	SCHE-01		ELEVACION:	2328,94 m							
Disturador tipo:	Neumático	Longitud (m) =	1,00	Bomba tipo:	Moyno - Tornillo	Caudal (l/min) =	> 130				
Manómetro No.:	sin	Hidrómetro No.	803021380	Prof. del ensayo (m) de:	230,00	a:	235,00				
Longitud del ensayo (cm):	L =	500,00		Profundidad sondeo (m):	235,00	Inclinación X (°) = 90					
Altura del manómetro (m):	Hm =	0,95		Diámetro sondeo D (cm):	7,570	N.A. Antes del ensayo*					
Nivel de agua (m):	Ha * Sen X =	0,00		Carga hidrostática (kg/cm ²):	Ph = (Hm+Ha)/10 =	0,095					
Tubería:	Longitud (m) =	l1 =	229,00	Manguera:	Longitud (m)	lm =	12,00	Reducciones:	Valv. uniones:	0,2	
	Diámetro ϕ_1 (m) =	0,0757			Diámetro ϕ_2 (m) =	0,0254		α	Obturador:	0,12	
	Coef. Rugosid. n1 =	0,01			Coef. rugosidad n2 =	0,008		Codo:	0,008		
PRELACION MANOMETRICA	PERDIDA DE CARGA TOTAL	PRELACION EFECTIVA	TIEMPO DE INYECCION	VOLUMEN INYECTADO	CAUDAL			ABSORCION ESPECIFICA	UNIDAD LUGEON	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	
Pm (kg/cm ²)	Pc = Pc1 + Pc2 + Pc3 (m/10 = (kg/cm ²))	Pe = Pm + Ph - Pc (kg/cm ²)	t (min)	V (l)	Q = V/t (l/min)	Q1 = Q/60000 (m ³ /s)	Q2 = Q*100/6 (cm ³ /s)	Ae = Q / (L/100) (l/min/m)	UL = $\frac{10 \cdot Ae}{Pc}$ U L	$K = \frac{Q_2}{2 \pi Pe L} \cdot \ln \frac{2L}{D}$ (cm/s)	
1,50	0,01087	1,58	10	119,30	11,93	1,99E-04	198,83	2,39	15,06	1,95E-04	
3,00	0,03671	3,06	10	219,30	21,93	3,68E-04	365,50	4,39	14,34	1,86E-04	
4,50	0,06902	4,53	10	300,70	30,07	5,01E-04	501,17	6,01	13,29	1,72E-04	
3,00	0,04941	3,05	10	254,40	25,44	4,24E-04	424,00	5,09	16,71	2,16E-04	
1,50	0,04277	1,55	10	236,70	23,67	3,95E-04	394,50	4,73	30,50	3,95E-04	
										1,16E-03	

PERDIDA DE CARGA TOTAL

$$Pc = Pc_1 + Pc_2 + Pc_3$$

$$Pc_1 = \frac{10.34 \cdot (n_1)^2 \cdot (Q_1^2) \cdot l_1}{(\phi_1^{5.33})}$$

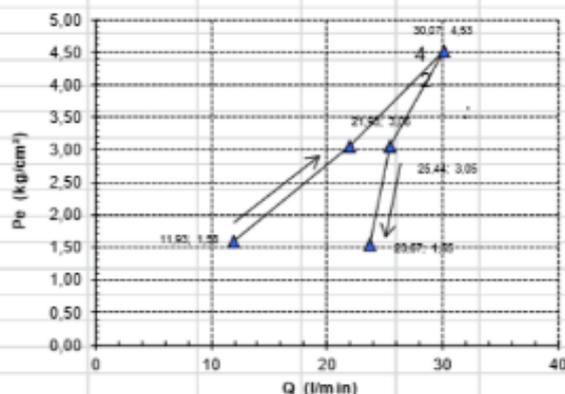
$$Pc_2 = \frac{10.34 \cdot (n_2)^2 \cdot (Q_2^2) \cdot l_m}{(\phi_2^{5.33})}$$

$$Pc_3 = \sum \alpha \cdot (Q_1)$$

Pc1= Pérdida de carga en tubería

Pc2= Pérdida de carga en mangueras

Pc3= Pérdida de carga en reducciones, válvulas y uniones



MODELOS DEL TIPO DE FLUJO



PERMEABILIDAD (UL) = 13,29
 PERMEABILIDAD (cm/s) = 1,72E-04

CLIENTE:	ASC. ASTEC INTEGRAL		SITIO:	CHIMENEA DE EQUILIBRIO		PRUEBA LUGEON N°: 2/5	
PROYECTO:	HIDROELÉCTRICO QUIJOS		COORDENADAS				
FECHA:	18/04/2013		NORTE:	9952492,14	ESTE:	837000,14	REALIZADO POR: HIDROSUELOS
SONDEO N°:	SCHE-01		ELEVACION:	2328,94 m			
Obturador tipo:	Neumático	Longitud (m) =	1,00	Bomba tipo:		Caudal (l/min) =	> 130
Manómetro No.:	s/n	Hidrómetro No.	803021380	Prof. del ensayo (m) de:	240,00	α:	245,00
Longitud del ensayo (cm):	L =	500,00	Profundidad sondeo (m):	245,00	Inclinación X (°) =	90	
Altura del manómetro (m):	Hm =	0,80	Diámetro sondeo D (cm):	7,570	N.A. Antes del ensayo =	120,00	
Nivel de agua (m):	Ha * Sen X * =	120,00	Carga hidrostática (kg/cm ²):	Ph = (Hm+Ha)/10 =	12,000		
Tubería:	Longitud (m) =	lt =	239,00	Manguera:	Longitud (m) l m =	12,00	Reducciones:
	Diámetro φ ₁ (m) =	0,0757			Diámetro φ ₂ (m) =	0,0254	Valv. uniones:
	Coef. Rugosid. n1 =	0,01			Coef. rugosidad n2 =	0,008	Obturador:
							Codo:
							0,008

PRESION MANOMETRICA	PERDIDA DE CARGA TOTAL	PRESION EFECTIVA	TIEMPO DE INYECCION	VOLUMEN INYECTADO	CAUDAL			ABSORCION ESPECIFICA	UNIDAD LUGON	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
					Q=V/t	Q1=Q*10000	Q2=Q*10000			
Pm (kg/cm ²)	Pc= Pc ₁ +Pc ₂ +Pc ₃ m/10=(kg/cm ²)	Pp= P _{ff} +P _{ff} .Pc (kg/cm ²)	t (min)	V (l)	(l/min)	(m ³ /s)	(cm ³ /s)	Ae = Q / (L/100) (l/min/m)	UL = $\frac{10 \cdot Ae}{Pp}$ U L	K = $\frac{Q^2}{2 \cdot \pi \cdot Pe \cdot L} \cdot \ln \frac{2L}{D}$ (cm/s)
1,50	0,12745	13,43	10	407,90	40,79	6,80E-04	679,83	8,16	6,07	7,87E-05
3,00	0,16527	14,87	10	491,80	49,18	8,20E-04	819,67	9,84	6,61	8,57E-05
4,50	0,33568	16,22	10	662,00	66,20	1,10E-03	1103,33	13,24	8,16	1,06E-04
3,00	0,19442	14,87	10	503,80	50,38	8,40E-04	839,67	10,08	6,78	8,78E-05
1,50	0,15684	13,40	10	452,50	45,25	7,54E-04	754,17	9,05	6,75	8,75E-05
										4,45E-04

PERDIDA DE CARGA TOTAL

$$Pc = Pc_1 + Pc_2 + Pc_3$$

$$Pc_1 = \frac{10.34 \cdot (n_1)^2 \cdot (Q_1^2) \cdot lt}{(\phi_1^{5.33})}$$

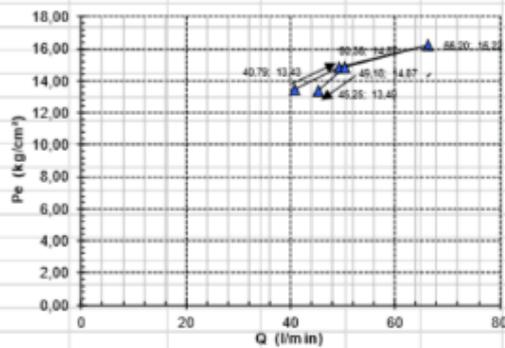
$$Pc_2 = \frac{10.34 \cdot (n_2)^2 \cdot (Q_2^2) \cdot lm}{(\phi_2^{5.33})}$$

$$Pc_3 = \sum \alpha \cdot (Q_i)$$

Pc1= Pérdida de carga en tubería

Pc2= Pérdida de carga en mangueras

Pc3= Pérdida de carga en reducciones, válvulas y uniones



MODELOS DEL TIPO DE FLUJO



PERMEABILIDAD (UL) = 8,16
 PERMEABILIDAD (cm/s) = 1,06E-04

CLIENTE:	ASC. ASTEC INTEGRAL		SITIO:	CHIMENEA DE EQUILIBRIO		PRUEBA LUGEON N°: 3/5				
PROYECTO:	HIDROELÉCTRICO QUIJOS		COORDENADAS							
FECHA:	19/04/2013		NORTE:	9952492,14	ESTE:	837000,14	REALIZADO POR: HIDROSUELOS			
SONDEO N°:	SCHE - 01		ELEVACION:	2328,94 m						
Dbturador tipo:	Neumático	Longitud (m) =	1,00	Bomba tipo:	Moyno - Tornillo	Caudal (l/min) =	> 130			
Manómetro No.:	s/n	Hidrómetro No.	803021380	Prof. del ensayo (m) de:	250,00	a:	255,00			
Longitud del ensayo (cm):	L =	500,00	Profundidad sondeo (m):	255,00	Inclinación X (°)=	90				
Altura del manómetro (m):	Hm =	0,80	Diámetro sondeo D (cm):	7,570	N.A. Antes del ensayo=	215,00				
Nivel de agua (m):	Ha * Sen X ° =	215,00	Carga hidrostática (kg/cm ²):	Ph=(Hm+Ha)/10 =	21,560					
Tubería:	Longitud (m) =	lt =	249,00	Manguera: Longitud (m) =	lm =	12,00	Reducciones: Valv. uniones: 0,2			
	Diámetro ϕ_1 (m) =	0,0757		Diámetro ϕ_2 (m) =	0,0254		α Obturador: 0,12			
	Coef. Rugosid. n1 =	0,01		Coef. rugosidad n2 =	0,008		Codo: 0,008			
PREISION MANOMETRICA	PERDIDA DE CARGA TOTAL	PREISION EFECTIVA	TIEMPO DE INYECCION	VOLUMEN INYECTADO	CAUDAL			ABSORCION ESPECIFICA	UNIDAD LUGEON	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
Pm (kg/cm ²)	Pc= Pc ₁ +Pc ₂ +Pc ₃ m/10=(kg/cm ²)	Pe= Pm+ Ph - Pc (kg/cm ²)	t (min)	V (l)	Q=V/t (l/min)	Q1=Q/60000 (m ³ /s)	Q2=Q*100/8 (cm ³ /s)	Ae = Q / (L/100) (l/min/m)	UL = $\frac{10 \cdot Ae}{Pe}$ U L	K = $\frac{Q^2}{2 \pi Pe L} + \ln \frac{2L}{D}$ (cm/s)
1,50	0,00180	13,56	10	48,40	4,84	8,07E-05	80,67	0,97	0,71	9,25E-06
3,00	0,02132	15,04	10	166,50	16,65	2,78E-04	277,50	3,33	2,21	2,87E-05
4,50	0,08276	16,48	10	328,10	32,81	5,47E-04	546,83	6,56	3,98	5,16E-05
3,00	0,06425	15,00	10	289,10	28,91	4,82E-04	481,83	5,78	3,86	4,99E-05
1,50	0,04297	13,52	10	236,40	23,64	3,94E-04	394,00	4,73	3,50	4,53E-05
										1,85E-04

PERDIDA DE CARGA TOTAL

$$Pc = Pc_1 + Pc_2 + Pc_3$$

$$Pc_1 = \frac{10.34 * (n_1)^2 * (Q_1^2) * lt}{(\phi_1)^{5.33}}$$

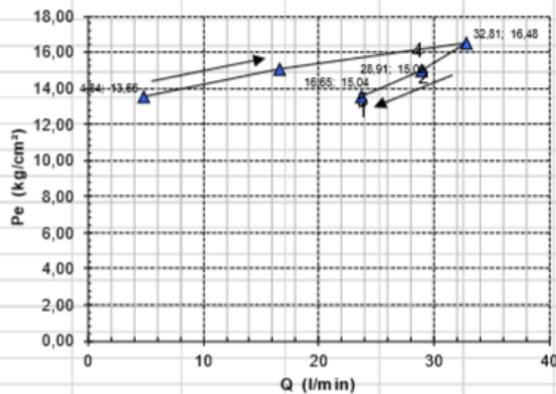
$$Pc_2 = \frac{10.34 * (n_2)^2 * (Q_1^2) * lm}{(\phi_2)^{5.33}}$$

$$Pc_3 = \sum \alpha * (Q_1)$$

Pc1= Pérdida de carga en tubería

Pc2= Pérdida de carga en mangueras

Pc3= Pérdida de carga en reducciones, válvulas y uniones



MODELOS DEL TIPO DE FLUJO



PERMEABILIDAD (UL) = 3,98
 PERMEABILIDAD (cm/s) = 5,97E-06

CLIENTE:	ASC. ASTEC INTEGRAL	SITIO:	CHIMENEA DE EQUILIBRIO	PRUEBA LUGEON N°:	5/5
PROYECTO:	HIDROELÉCTRICO QUIJOS	COORDENADAS:		REALIZADO POR:	HIDROSUELOS
FECHA:	19/04/2013	NORTE:	9952492,14	ESTE:	837000,14
SONDEO N°:	SCHÉ-01	ELEVACION:	2328,94 m		

Obturator tipo:	Neumático	Longitud (m) =	1,00	Bomba tipo:	Moyno - Tornillo	Caudal (l/min) =	> 130
Manómetro No.:	sin	Hidrómetro No.	803021380	Prof. del ensayo (m) de:	275,00	a:	280,00
Longitud del ensayo (cm):	L =	500,00	Profundidad sondeo (m):	280,00	Inclinación X (°):	00	
Altura del manómetro (m):	Hm =	0,80	Diámetro sondeo D (cm):	7,570	N.A. Antes del ensayo =	213,00	
Nivel de agua (m):	Ha * Sen X * =	213,00	Carga hidrostática (kg/cm²):	Ph = (Hm+Ha)/10 =	21,360		
Tubería:	Longitud (m) =	lt = 274,00	Manguera:	Longitud (m) lm = 12,00	Reducciones:	Valv. uniones:	0,2
	Diámetro ϕ_1 (m) =	0,0757		Diámetro ϕ_2 (m) =	0,0254	α :	0,12
	Coef. Rugosid. n1 =	0,01		Coef. rugosidad n2 =	0,008	Codo:	0,008

PERDIDA MANOMÉTRICA	PERDIDA DE CARGA TOTAL	PERDIDA EFECTIVA	TIEMPO DE INYECCIÓN	VOLUMEN INYECTADO	CAUDAL		ABSORCIÓN ESPECÍFICA	UNIDAD LUGEON	CORRIENTE DE PERMEABILIDAD	
Pm (kg/cm²)	Pc = Pc1 + Pc2 + Pc3 m/10 = (kg/cm²)	Pg = Pm + Ph - Pc (kg/cm²)	t (min)	V (l)	Q = V/t (l/min)	Q1 = Q/60000 (m³/s)	Q2 = Q*100/6 (cm³/s)	Ae = Q / (L/100) (l/min/m)	UL = $\frac{10 \cdot Ae}{Pm}$ U L	K = $\frac{Q^2}{2 \cdot n \cdot D \cdot L} + \ln \frac{2L}{D}$ (cm/s)
1,50	0,00408	22,86	10	72,50	7,25	1,21E-04	120,83	1,45	0,63	8,22E-08
3,00	0,01073	24,35	10	117,60	11,76	1,96E-04	196,00	2,35	0,97	1,25E-05
4,50	0,07941	25,78	10	320,00	32,00	5,33E-04	533,33	6,40	2,48	3,22E-05
3,00	0,05055	24,31	10	255,30	25,53	4,26E-04	425,50	5,11	2,10	2,72E-05
1,50	0,04103	22,82	10	230,00	23,00	3,83E-04	383,33	4,60	2,02	2,61E-05
										1,06E-04

PERDIDA DE CARGA TOTAL

$$Pc = Pc_1 + Pc_2 + Pc_3$$

$$Pc_1 = \frac{10.34 \cdot (n_1)^2 \cdot (Q_1^2) \cdot lt}{(\phi_1^{5.33})}$$

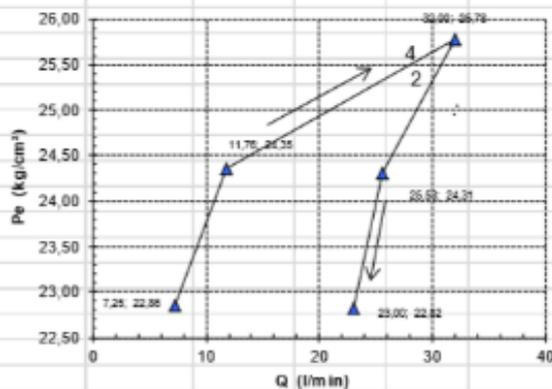
$$Pc_2 = \frac{10.34 \cdot (n_2)^2 \cdot (Q_2^2) \cdot lm}{(\phi_2^{5.33})}$$

$$Pc_3 = \sum \alpha \cdot (Q_1)$$

Pc1= Pérdida de carga en tubería

Pc2= Pérdida de carga en mangueras

Pc3= Pérdida de carga en reducciones, válvulas y uniones



MODELOS DEL TIPO DE FLUJO



PERMEABILIDAD (UL) = 2,48
 PERMEABILIDAD (cm/s) = 3,22E-05

Anexo I. Ensayos de laboratorio.

Ensayo Compresión Simple en Rocas



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO COMPRESION SIMPLE EN ROCAS

INF. 13-0744
Hoja 2 de 2

Quito, 23 de Mayo de 2013

PROYECTO: QUIJOS
SOLICITA: ASTEC - INTEGRAL
FECHA DE ENSAYO: 21-may-13
NORMA: ISRM

Litología:	SCHE - 01
Muestra:	CAJA 4
Profundidad(m):	12,67-13,00
Diámetro (cm):	6,30
Area (cm²):	31,17
Carga máxima (kg):	14282
Esfuerzo máximo a la compresión (kg/cm²):	458,16
Tipo de falla:	Vertical
Defectos:	Porosa
Fecha de extracción:	**_**_**
Fecha de ensayo:	21/05/13
Altura (cm):	12,60
Relación h/d:	2,00
Factor de corrección:	1,00
Esfuerzo a Compresión Corregido (kg/cm²):	458,16
Condiciones de humedad:	Natural
Peso de la muestra (gr):	947,20
Peso específico (gr/cm³):	2,41

MUESTRA ANTES DE ENSAYO



MUESTRA LUEGO DE ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS

JEFE DE LABORATORIO

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ING. JORGE VINTIMILLA

ENCARGADO DE SOPORTE TÉCNICO DEL ÁREA DE
ENSAYO DE MATERIALES Y ROCAS

Ensayo de peso específico, absorción y porosidad



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO, ABSORCIÓN Y POROSIDAD

INF 13-759
HOJA 1 DE 8

Quito, 29 de Mayo de 2013

SOLICITA: ING. JULIO CARCELÉN
PROYECTO: HIDROELECTRICO QUIJOS
CONTRATISTA: CELEC
FISCALIZADOR: ASTEC
SONDEO: SCHE-01
MUESTRA: CAJA 4
PROFUNDIDAD: 12,67m-13,00m
NORMA: ASTM C128-07a

MUESTRA		SCHE-01	CAJA 4
PESO ESPECIFICO :	gr/cm ³	2,39	
PESO ESPECIFICO S.S.S. :	gr/cm ³	2,46	
PESO ESPECIFICO APARENTE :	gr/cm ³	2,57	
ABSORCION DE AGUA :	%	2,95	
POROSIDAD :	%	18,08	


ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO




ING. JORGE VINTIMILLA
ENCARGADO DE SOPORTE TÉCNICO DEL ÁREA
DE ENSAYO DE MATERIALES Y ROCAS

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios SILA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO, ABSORCIÓN Y POROSIDAD

INF 13-759
HOJA 6 DE 8

Quito, 29 de Mayo de 2013

SOLICITA: ING. JULIO CARCELÉN
PROYECTO: HIDROELECTRICO QUIJOS
CONTRATISTA: CELEC
FISCALIZADOR: ASTEC
SONDEO: SCHE-01
MUESTRA: CAJA 23
PROFUNDIDAD: 249,78m-250,0m
NORMA: ASTM C128-07a

MUESTRA		SCHE-01 CAJA 23
PESO ESPECIFICO :	gr/cm3	2,77
PESO ESPECIFICO S.S.S. :	gr/cm3	2,78
PESO ESPECIFICO APARENTE :	gr/cm3	2,79
ABSORCION DE AGUA :	%	0,38
POROSIDAD :	%	2,91


ING. MERCEDES VILLACIS

JEFE DE LABORATORIO




ING. JORGE VINTIMILLA

ENCARGADO DE SOPORTE TÉCNICO DEL ÁREA
DE ENSAYO DE MATERIALES Y ROCAS

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios SILA

Ensayo mono-axial SCHE-01



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESION MONOAXIAL DE ROCAS

INFORME I3-0762

Quito, 29 de mayo de 2013.

01 de 03

PROYECTO: Proyecto Quijos
SOLICITA: ASTEC - INTEGRAL
FISCALIZADOR: ****
CONTRATISTA: ****
SONDEO: SCHE 01 -CAJA 23
PROFUNDIDAD: 249,78 - 250,00

CARACTERISTICAS DE LA PROBETA

DIAMETRO (D) (cm):	4,72	PESO(N):	4,32
ALTURA (L) (cm):	9,15	PESO UNITARIO(KN/m ³):	26,99
VOLUMEN(cm ³)	160,24		

DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LA MUESTRA

COLOR:	Plomo claro - betas blancas
FORMA DE FALLA:	Plano inclinado
COMPORTAMIENTO:	Ductil
PLANO DE DISCONTINUIDAD RESPECTO A LA CARGA-OBSERVACIONES:	Ninguna

MUESTRA ANTES DEL ENSAYO



MUESTRA LUEGO DEL ENSAYO



RESUMEN DE RESULTADOS

RELACION L/D	1,90
AREA (cm ²)	17,52
CARGA MAXIMA (KN)	46,99
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)	26,82
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL CORREGIDA(Mpa)	26,82
MODULO DE ELASTICIDAD LONGITUDINAL TANGENTE (Gpa)	12,58
MODULO DE ELASTICIDAD LONGITUDINAL SECANTE (Gpa)	10,02
REALACION DE POISSON TANGENTE	0,056
REALACION DE POISSON SECANTE	0,069

ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO



ING. JORGE VINTIMILLA
ENCARGADO DE SOPORTE TECNICO DEL AREA DE ENSAYO DE MATERIALES Y ROCAS

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del sistema Nacional de Laboratorios SILA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

COMPRESION MONOAXIAL DE ROCAS
DATOS DE ENSAYO

INFORME 13-0762

Quito, 29 de mayo de 2013.

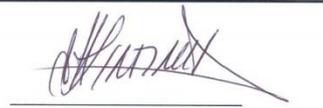
02 de 03

PROYECTO: Proyecto Quijos
SOLICITA: ASTEC - INTEGRAL
FISCALIZADOR: ****
CONTRATISTA: ****
SONDEO: SCHE 01 -CAJA 23
PROFUNDIDAD 249,78 - 250,00

CARGA (Kg)	DEF. AXIAL (cm/cm)*10-6	DEF. TRANSV. (cm/cm)*10-6	ESFUERZO (Kg/cm2)
0	0	0	0,00
500	280	0	28,54
1000	600	-10	57,07
1500	970	-40	85,61
2000	1270	-70	114,14
2500	1480	-100	142,68
3000	1680	-120	171,21
3500	1900	-150	199,75
4000	2110	-180	228,28
0	0	0	0,00
1000	730	-40	57,07
2000	1230	-90	114,14
3000	1675	-115	171,21
4000	1950	-140	228,28


ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO

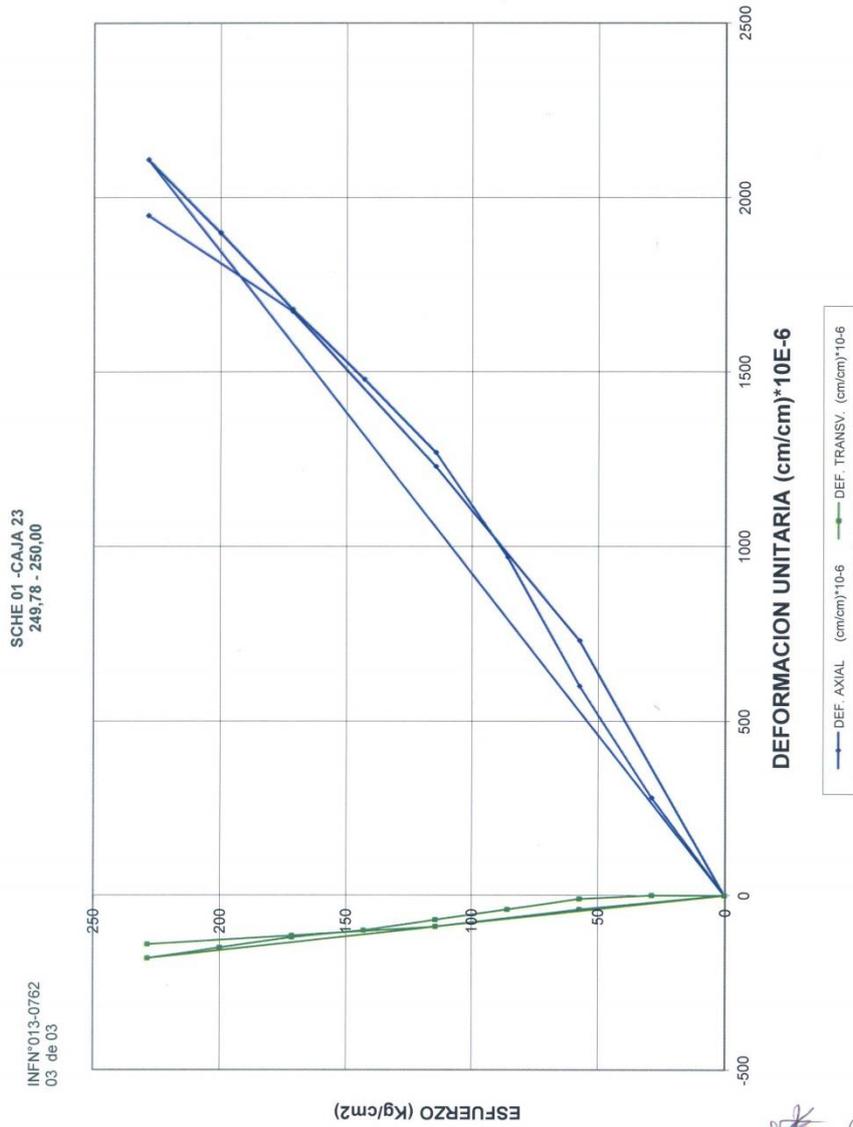



ING. JORGE VINTIMILLA
ENCARGADO DE SOPORTE TECNICO DEL AREA DE ENSAYO
DE MATERIALES Y ROCAS

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del sistema Nacional de Laboratorios SILA



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES



Índice de carga puntual



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

INDICE DE CARGA PUNTUAL

INF.No.13-0764
HOJA 1 de 4

Quito, 30 de Mayo de 2013

PROYECTO: QUIJOS
SOLICITA: ASTEC - INTEGRAL
MUESTRA: S-CHE - CAJA 4
UBICACIÓN: *****
FECHA DE ENSAYO: 27/05/2013
PROFUNDIDAD: 12,67 - 13,00
NORMA: ISRM - ASTM D5731 - 03

MUESTRA No.	DESCRIPCION	TIPO ENSAYO	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	DISTANCIA "D" (mm)	CARGA "P" (Kg)	Is (Kg/cm ²)	Is ₅₀ (Kg/cm ²)
1	CAJA 4	DIAMETRAL	63.0	65.0	63.0	1586.9	40.0	44.4

MUESTRA ANTES DEL ENSAYO



MUESTRA LUEGO DEL ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO



ING. JORGE VINTIMILLA
ENCARGADO DE SOPORTE TÉCNICO DEL ÁREA DE ENSAYO DE MATERIALES Y ROCAS

Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

INDICE DE CARGA PUNTUAL

INF.No.13-0764
HOJA 3 de 4

Quito, 30 de Mayo de 2013

PROYECTO: QUIJOS
SOLICITA: ASTEC - INTEGRAL
MUESTRA: S-CHE - CAJA 19
UBICACIÓN: *****
PROFUNDIDAD: 184,7 - 185
NORMA: ISRM - ASTM D5731 - 03

FECHA DE ENSAYO: 27/05/2013

MUESTRA No.	DESCRIPCION	TIPO ENSAYO	DIAMETRO (mm)	ALTURA (mm)	DISTANCIA "D" (mm)	CARGA "P" (Kg)	Is (Kg/cm ²)	Is ₅₀ (Kg/cm ²)
1	CAJA 19	DIAMETRAL	47,0	46,0	47,0	836,7	37,9	36,8

MUESTRA ANTES DEL ENSAYO




ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO



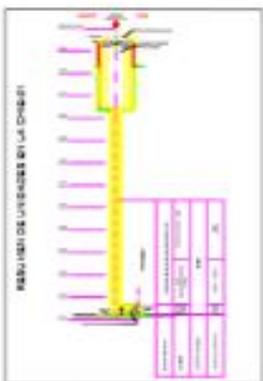
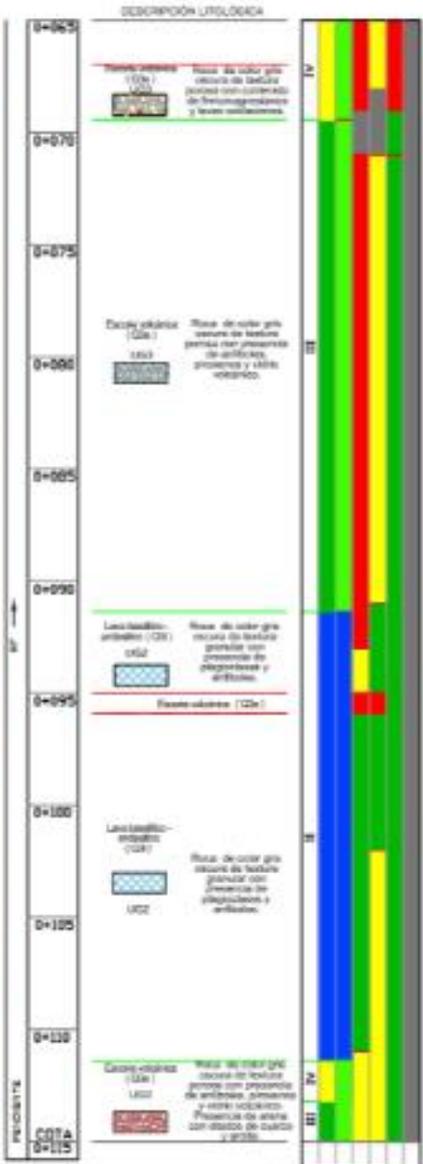
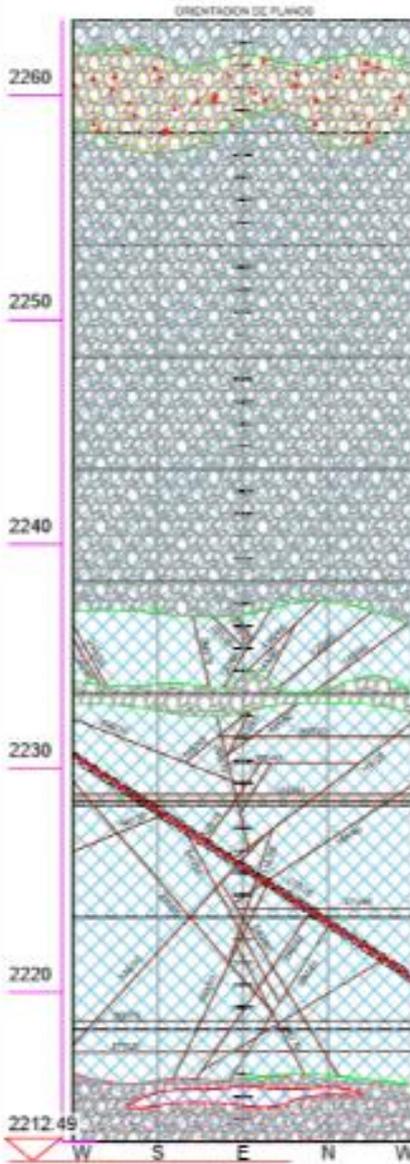
MUESTRA LUEGO DEL ENSAYO




ING. JORGE VINTIMILLA
ENCARGADO DE SOPORTE TECNICO DEL AREA DE ENSAYO DE MATERIALES Y ROCAS

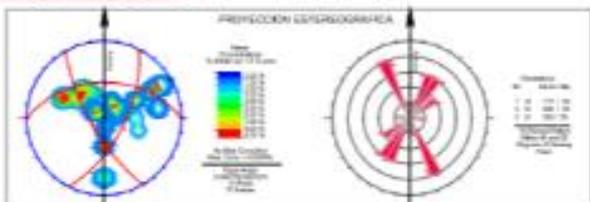
Laboratorio calificado por el INEN y miembro del Sistema Nacional de Laboratorios, SILA.

Anexo J.El Mapeo Geológico – Geotécnico de la CHE-01 del Tramo I



PARAMETROS GEOMECANICOS

TIPO DE TIENE	TIPO DE TIENE
0.000 - 0.005	0.000 - 0.005
0.005 - 0.010	0.005 - 0.010
0.010 - 0.015	0.010 - 0.015
0.015 - 0.020	0.015 - 0.020
0.020 - 0.025	0.020 - 0.025
0.025 - 0.030	0.025 - 0.030
0.030 - 0.035	0.030 - 0.035
0.035 - 0.040	0.035 - 0.040
0.040 - 0.045	0.040 - 0.045
0.045 - 0.050	0.045 - 0.050
0.050 - 0.055	0.050 - 0.055
0.055 - 0.060	0.055 - 0.060
0.060 - 0.065	0.060 - 0.065
0.065 - 0.070	0.065 - 0.070
0.070 - 0.075	0.070 - 0.075
0.075 - 0.080	0.075 - 0.080
0.080 - 0.085	0.080 - 0.085
0.085 - 0.090	0.085 - 0.090
0.090 - 0.095	0.090 - 0.095
0.095 - 0.100	0.095 - 0.100
0.100 - 0.105	0.100 - 0.105
0.105 - 0.110	0.105 - 0.110
0.110 - 0.115	0.110 - 0.115
0.115 - 0.120	0.115 - 0.120
0.120 - 0.125	0.120 - 0.125
0.125 - 0.130	0.125 - 0.130
0.130 - 0.135	0.130 - 0.135
0.135 - 0.140	0.135 - 0.140
0.140 - 0.145	0.140 - 0.145
0.145 - 0.150	0.145 - 0.150
0.150 - 0.155	0.150 - 0.155
0.155 - 0.160	0.155 - 0.160
0.160 - 0.165	0.160 - 0.165
0.165 - 0.170	0.165 - 0.170
0.170 - 0.175	0.170 - 0.175
0.175 - 0.180	0.175 - 0.180
0.180 - 0.185	0.180 - 0.185
0.185 - 0.190	0.185 - 0.190
0.190 - 0.195	0.190 - 0.195
0.195 - 0.200	0.195 - 0.200
0.200 - 0.205	0.200 - 0.205
0.205 - 0.210	0.205 - 0.210
0.210 - 0.215	0.210 - 0.215
0.215 - 0.220	0.215 - 0.220
0.220 - 0.225	0.220 - 0.225
0.225 - 0.230	0.225 - 0.230
0.230 - 0.235	0.230 - 0.235
0.235 - 0.240	0.235 - 0.240
0.240 - 0.245	0.240 - 0.245
0.245 - 0.250	0.245 - 0.250
0.250 - 0.255	0.250 - 0.255
0.255 - 0.260	0.255 - 0.260
0.260 - 0.265	0.260 - 0.265
0.265 - 0.270	0.265 - 0.270
0.270 - 0.275	0.270 - 0.275
0.275 - 0.280	0.275 - 0.280
0.280 - 0.285	0.280 - 0.285
0.285 - 0.290	0.285 - 0.290
0.290 - 0.295	0.290 - 0.295
0.295 - 0.300	0.295 - 0.300
0.300 - 0.305	0.300 - 0.305
0.305 - 0.310	0.305 - 0.310
0.310 - 0.315	0.310 - 0.315
0.315 - 0.320	0.315 - 0.320
0.320 - 0.325	0.320 - 0.325
0.325 - 0.330	0.325 - 0.330
0.330 - 0.335	0.330 - 0.335
0.335 - 0.340	0.335 - 0.340
0.340 - 0.345	0.340 - 0.345
0.345 - 0.350	0.345 - 0.350
0.350 - 0.355	0.350 - 0.355
0.355 - 0.360	0.355 - 0.360
0.360 - 0.365	0.360 - 0.365
0.365 - 0.370	0.365 - 0.370
0.370 - 0.375	0.370 - 0.375
0.375 - 0.380	0.375 - 0.380
0.380 - 0.385	0.380 - 0.385
0.385 - 0.390	0.385 - 0.390
0.390 - 0.395	0.390 - 0.395
0.395 - 0.400	0.395 - 0.400
0.400 - 0.405	0.400 - 0.405
0.405 - 0.410	0.405 - 0.410
0.410 - 0.415	0.410 - 0.415
0.415 - 0.420	0.415 - 0.420
0.420 - 0.425	0.420 - 0.425
0.425 - 0.430	0.425 - 0.430
0.430 - 0.435	0.430 - 0.435
0.435 - 0.440	0.435 - 0.440
0.440 - 0.445	0.440 - 0.445
0.445 - 0.450	0.445 - 0.450
0.450 - 0.455	0.450 - 0.455
0.455 - 0.460	0.455 - 0.460
0.460 - 0.465	0.460 - 0.465
0.465 - 0.470	0.465 - 0.470
0.470 - 0.475	0.470 - 0.475
0.475 - 0.480	0.475 - 0.480
0.480 - 0.485	0.480 - 0.485
0.485 - 0.490	0.485 - 0.490
0.490 - 0.495	0.490 - 0.495
0.495 - 0.500	0.495 - 0.500



MODA TFC
 FUR 3000000 1000
 FCS 1000
 FCS (N)
 SERVICIO DE PROYECTOS
 GEOMECANICOS
 ASIA SUBSISTEMAS

CLASIFICACION GEOMECANICA



PROYECTO HIDROELECTRICO GUIDE

PROYECTO	ESTACION DE TRANSFORMACION DE ENERGIA	FECHA
PROYECTO	ESTACION DE TRANSFORMACION DE ENERGIA	FECHA
PROYECTO	ESTACION DE TRANSFORMACION DE ENERGIA	FECHA
PROYECTO	ESTACION DE TRANSFORMACION DE ENERGIA	FECHA

SCHE-01
2328.94m snm

2340 m s.n.m.

Perfil del terreno natural (meteorizado)

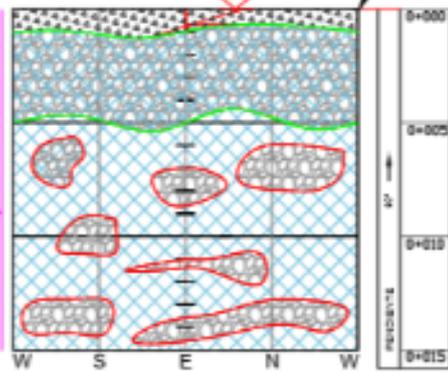
ORIENTACION DE PLANOS

COTA del SONDEO

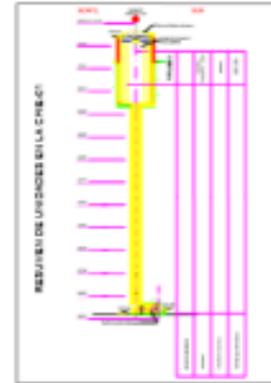
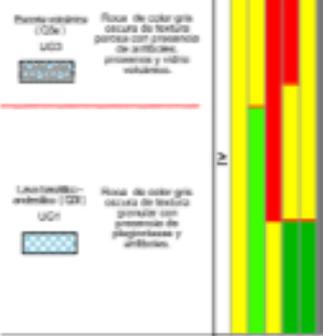
2330

2328.94

2320



DESCRIPCION LITOLÓGICA



PARAMETROS GEOMECANICOS

ROCA TIPO	ROCA DESCRIPCION
1: Muy blanda	10: 10.01 - Muy fuerte
2: Blanda	11: 11.01 - Blanda
3: Regular	12: 12.01 - Regular
4: Firme	13: 13.01 - Firme
5: Muy firme	14: 14.01 - Muy firme

ROCA TIPO	ROCA DESCRIPCION
1: Muy blanda	10: 10.01 - Muy fuerte
2: Blanda	11: 11.01 - Blanda
3: Regular	12: 12.01 - Regular
4: Firme	13: 13.01 - Firme
5: Muy firme	14: 14.01 - Muy firme

ROCA TIPO	ROCA DESCRIPCION
1: Muy blanda	10: 10.01 - Muy fuerte
2: Blanda	11: 11.01 - Blanda
3: Regular	12: 12.01 - Regular
4: Firme	13: 13.01 - Firme
5: Muy firme	14: 14.01 - Muy firme

CLASIFICACION GEOMECANICA

ROCA TIPO	ROCA DESCRIPCION
1: Muy blanda	10: 10.01 - Muy fuerte
2: Blanda	11: 11.01 - Blanda
3: Regular	12: 12.01 - Regular
4: Firme	13: 13.01 - Firme
5: Muy firme	14: 14.01 - Muy firme

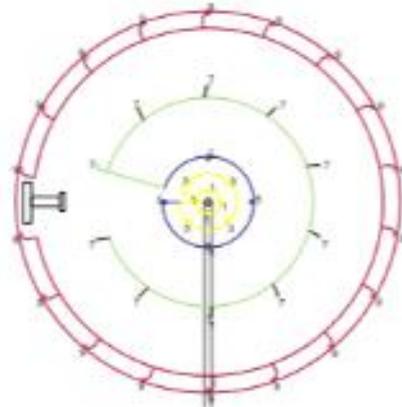


PROYECTO HIDROELECTRICO GUNDO

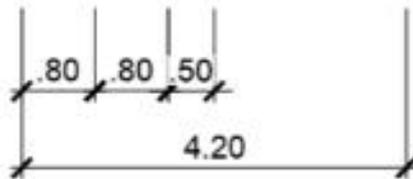
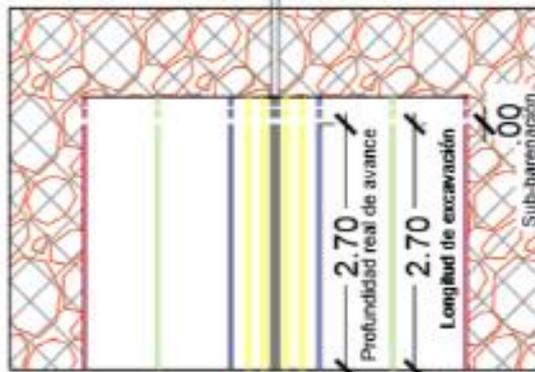
CLIENTE	AGENCIA EJECUTIVA DEL SECTOR DE TRANSPORTES	FECHA	2022
PROYECTO	DESARROLLO DEL PROYECTO "GUNDO"	ESCALA	1:1000
ELABORADO	INGENIERO DE CARBONO	REVISADO	INGENIERO DE CARBONO
APROBADO	ABRIL 2022	HOJA	1 DE 1

Anexo K. Diagrama de voladura y secuencia de encendido.

Amarrado de explosivo

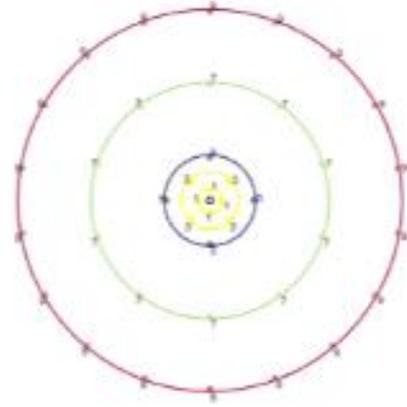


Vista en corte



Esc. 1:50

Secuencia de encendido



Esc. 1:50

Leyenda

- Cuele
- Anillo 1
- Anillo 2
- Anillo 3

Escala Gráfica

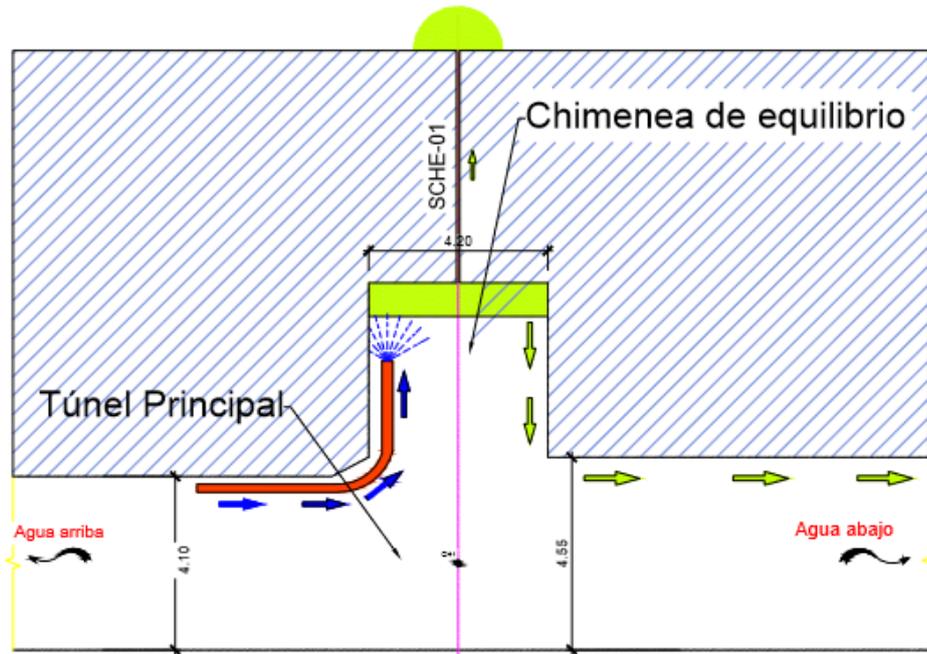


PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS

ELABORADO: Francis Jimenez	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ESCALA: 1:50
REVISADO: Ing. Henry Ramirez	CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO	FECHA: DIC / 2018
	DIAGRAMA DE VIGIADURA	HOJA: 01 / 00

Anexo L. Ventilación Chimenea Alimak-Sondeo

VENTILACIÓN CHIMENEA ALIMAK-SONDEO



Esc. 1:150

Leyenda

- Gases de voladura
- Aire comprimido + Agua.
- Manga de ventilación



Escala Gráfica

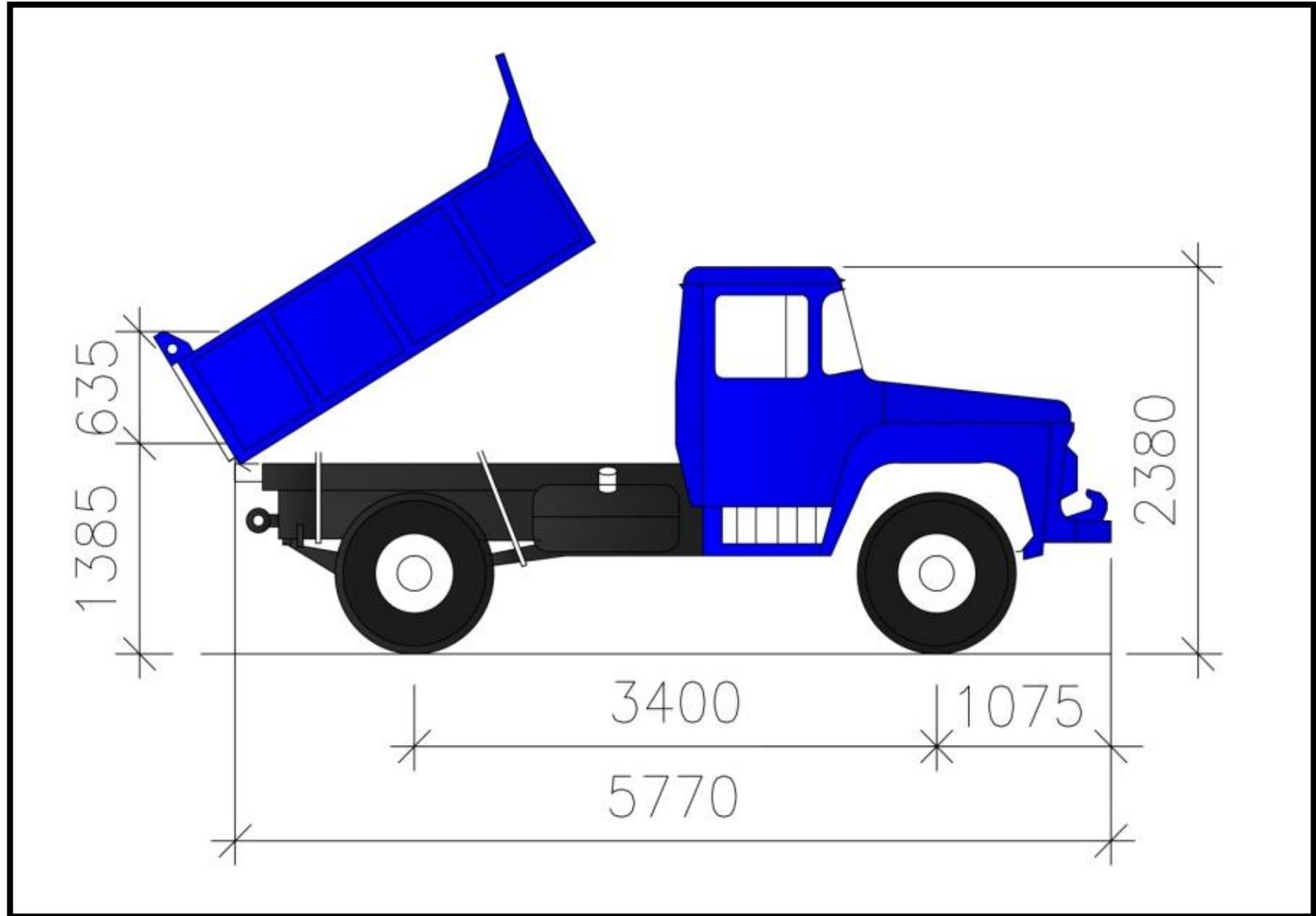


PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS

ELABORADO:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ESCALA:
Franklin Jiménez		1:150
REVISADO:	CONSTRUCCIÓN DE LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO	FECHA:
Ing. Henry Remache	VENTILACIÓN CHIMENEA ALIMAK-SONDEO	DIC / 2015
		HOJA / REV:
		1 / 00

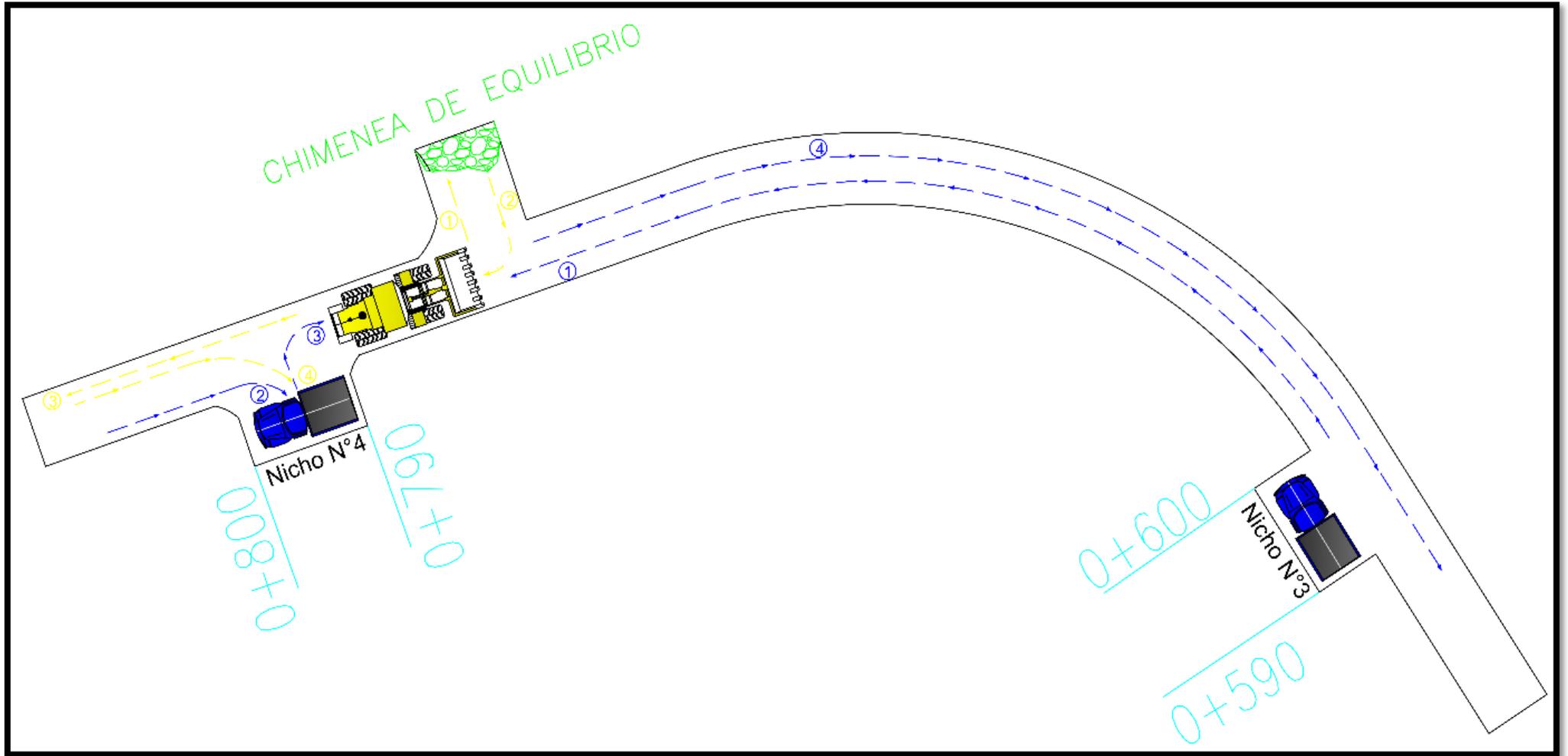
Anexo LL. Volquete Forland.

Vista lateral



Anexo M. Esquema de movilidad.

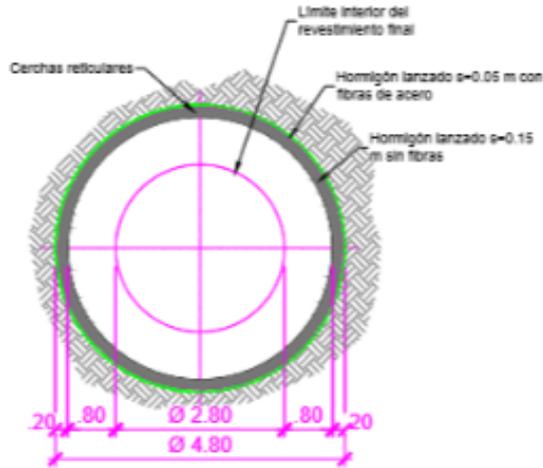
Sistema de movilidad de carguío y transporte



Anexo N. Detalle del sostenimiento para roca tipo V.

SECCION HORIZONTAL A-A

1:75

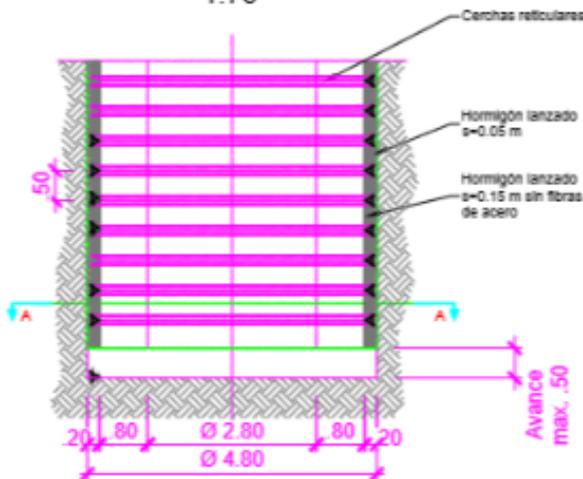


ROCA TIPO: V
UNIDAD GEOMECANICA

Depósitos sedimentarios pre y entra volcánicos (Q4 y Q3i), constituidos por suelos de arena, grava, guijarros y banda limosas en estado suelto, con cohesión débil o ausente.

SECCION LONGITUDINAL

1:75



NOTAS:

Longitud máxima de avance de 0.50m.

- 1) Colocacion de una capa de hormigón proyectado con reforzado con fibra de acero $s=0.05m$
- 2) Instalación de cerchas metálicas y revestimiento de hormigón proyectado.



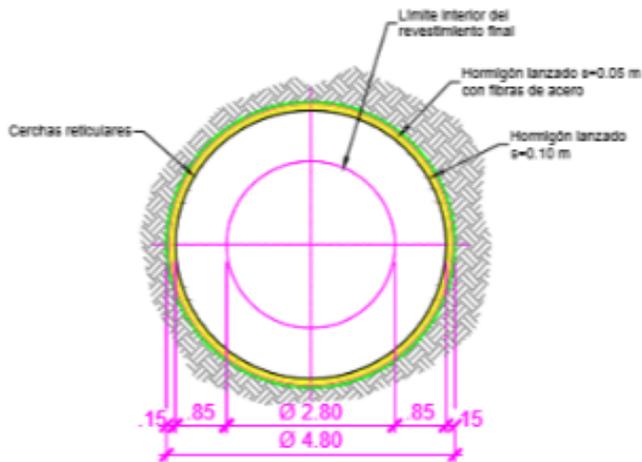
PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS

ELABORADO: Franklin Jiménez	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ESCALA: 1:75
REVISADO: Ing. Henry R.	SOSTENIMIENTO PRELIMINAR CHIMENEA DE EQUILIBRIO DISEÑO DE SOSTENIMIENTO PARA ROCA TIPO V	FECHA: DIC / 2015
		HOJA: REV: 1 00

Anexo Ñ. Vista de la chimenea en sección, cerchas cada metro.

SECCION HORIZONTAL A-A

1:75

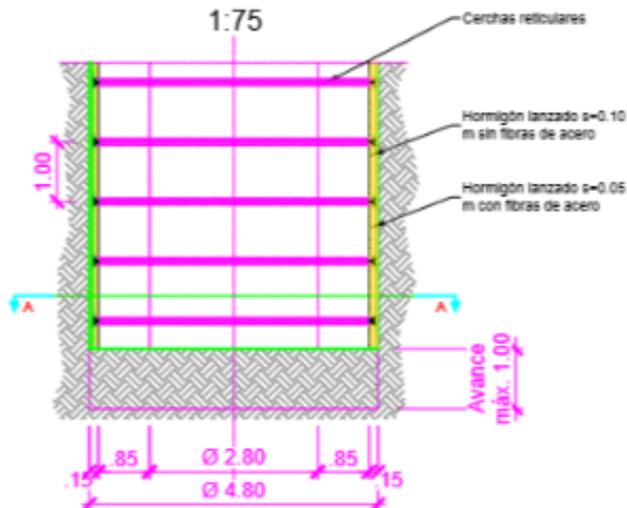


ROCA TIPO: IV UNIDAD GEOMECANICA

Depósitos volcánicos (Q3e y Q3l), con meteorización elevada y depósitos sedimentarios de lahares, aluviales y lacustres (Q3i, Q4) caracterizados por la presencia de alta compactación y débil cementación.

SECCION LONGITUDINAL

1:75



NOTAS:

Longitud máxima de avance de 1.00m.

- 1) Colocación de una capa de hormigón proyectado reforzado con fibra de acero $s=0.05m$
- 2) Instalación de cerchas metálicas y revestimiento de hormigón proyectado $s=0.10m$



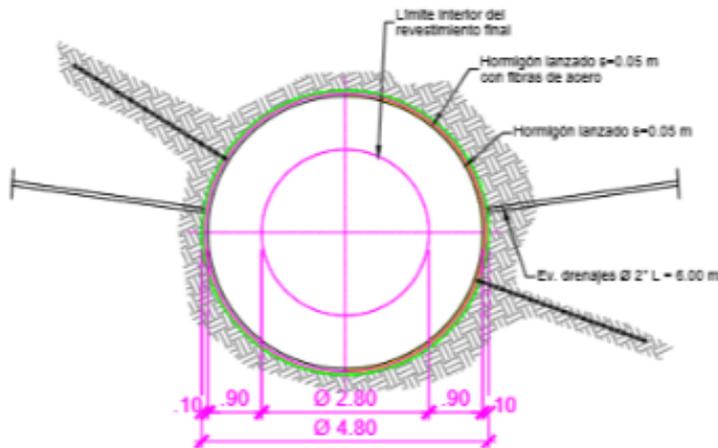
PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS

ELABORADO: Franklin Jiménez	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ESCALA: 1:75
REVISADO: Ing. Henry R.	SOSTENIMIENTO PRELIMINAR CHIMENEA DE EQUILIBRIO	FECHA: DIC / 2015
VISTA DE LA CHIMENEA EN SECCIÓN CERCHAS CADA METRO EN ROCA TIPO IV		HOJA: REV: 2 00

Anexo O.Sección de la chimenea con pernos y drenajes puntuales, roca tipo III.

SECCION HORIZONTAL A-A

1:75

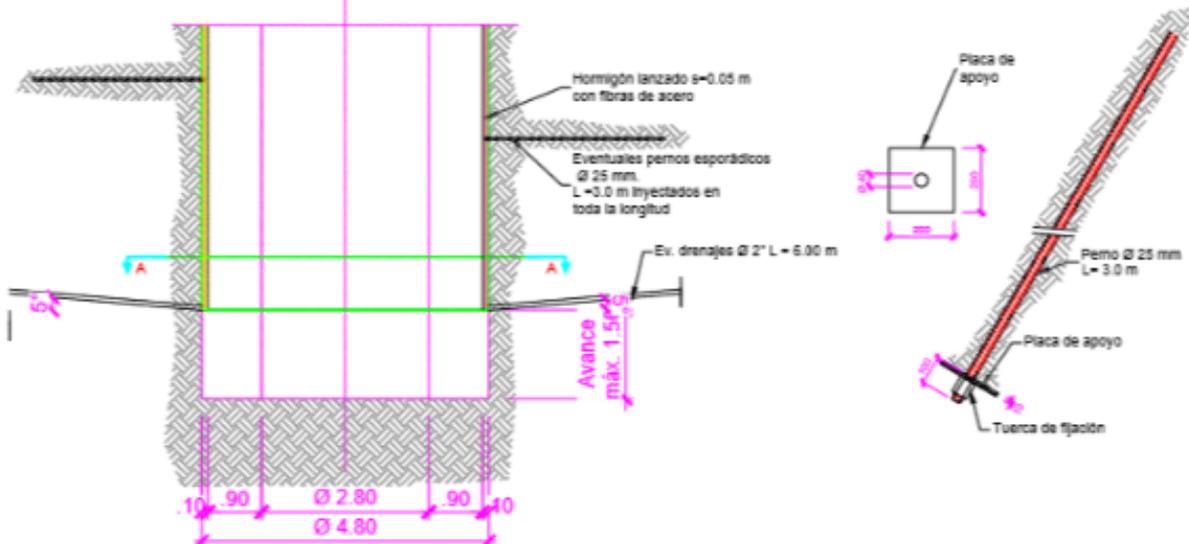


ROCA TIPO: III
UNIDAD GEOMECANICA

Comprenden macizos de lavas (Q3I), de escoria (Q3e), constituidos por rocas resistentes y meteorización medio-baja. La escoria son caracterizadas por una textura brechada, parcialmente cementada.

SECCION LONGITUDINAL

1:75



NOTAS:

Longitud máxima de avance de 1.50m.

- 1) Colocacion de una capa de hormigón proyectado reforzado con fibra de acero s=0.05m
- 2) Instalación de cerchas metálicas y revestimiento de hormigón proyectado s=0.05m



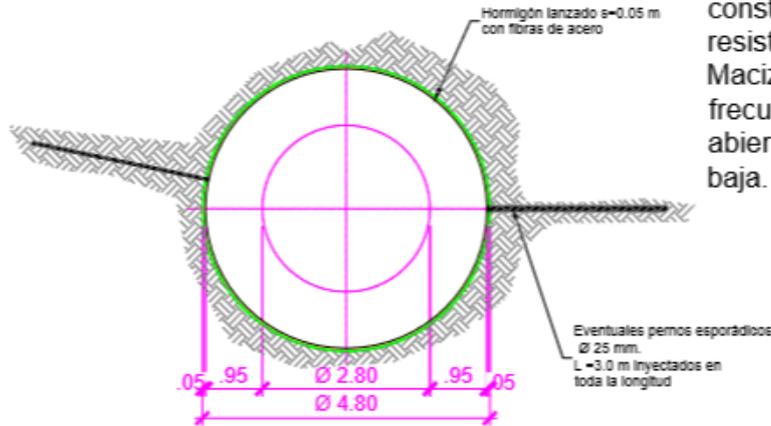
PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS

ELABORADO: Franklin Jiménez	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ESCALA: 1:75
REVISADO: Ing. Henry R.	SOSTENIMIENTO PRELIMINAR CHIMENEA DE EQUILIBRIO	FECHA: DIC / 2015
SECCIÓN DE LA CHIMENEA CON PERNOS Y DRENAJES PUNTALES, ROCA TIPO III		HOJA: 3 REV: 00

Anexo P. Detalles del perno en roca tipo II.

SECCION HORIZONTAL A-A

1:75

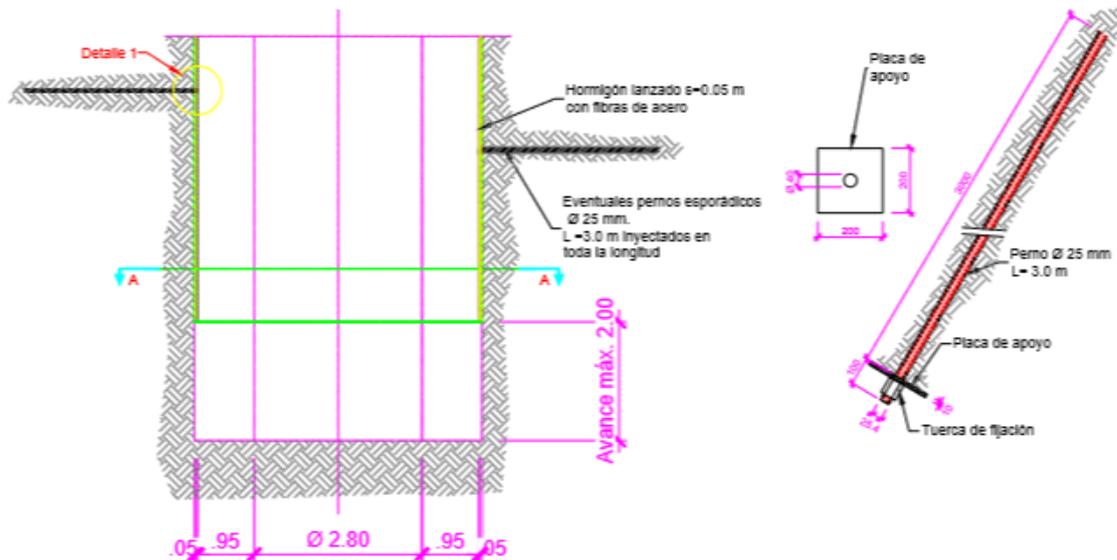


**ROCA TIPO: II
UNIDAD GEOMECANICA**

Consiste macizos de lavas (Q3I), constituidos por rocas resistentes y sin meteorización. Macizos fracturados por juntas frecuentes, cerradas o un poco abiertas. La permeabilidad es baja.

SECCION LONGITUDINAL

1:75



NOTAS:

Longitud máxima de avance de 2.00m.

- 1) Colocacion de una capa de hormigón proyectado reforzado con fibra de acero s=0.05m
- 2) Eventual colocacion de pernos.



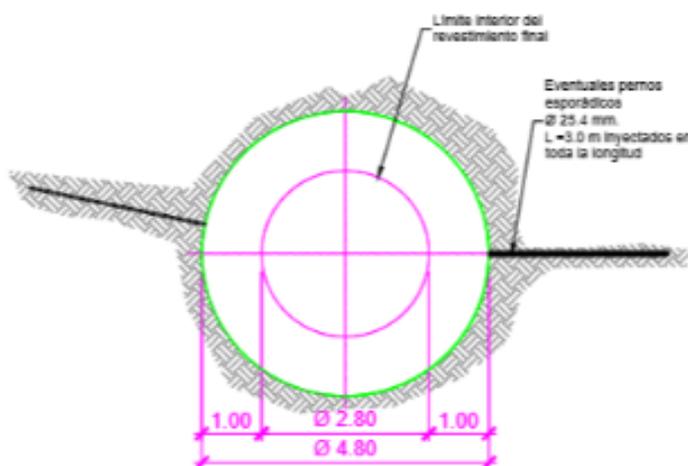
PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS

ELABORADO: Franklin Jiménez	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ESCALA: 1:75
REVISADO: Ing. Henry R.	SOSTENIMIENTO PRELIMINAR CHIMENEA DE EQUILIBRIO	FECHA: DIC / 2015
	DETALLES DEL PERNO EN ROCA TIPO II	HOJA: 4 REV: 00

Anexo Q.Pernos eventuales en roca tipo I.

SECCION HORIZONTAL A-A

1:75

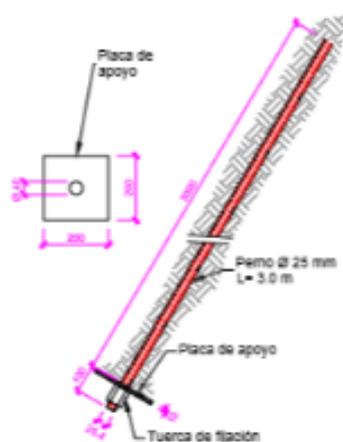
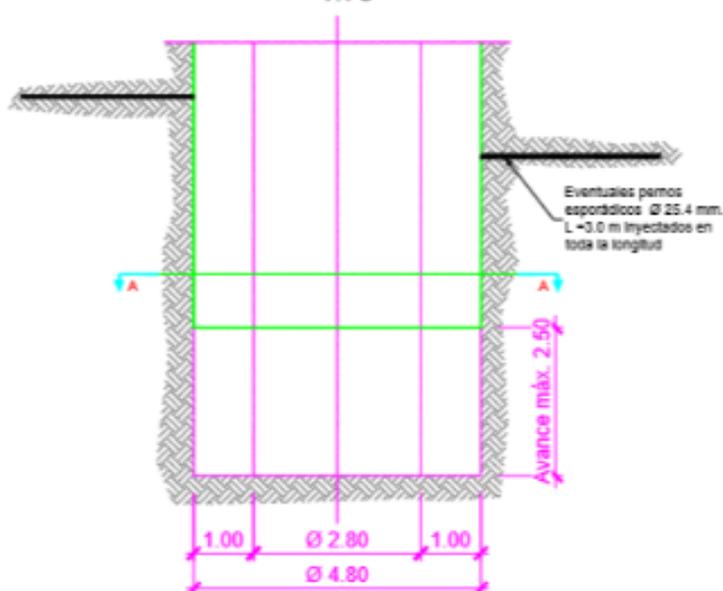


**ROCA TIPO: I
UNIDAD GEOMECANICA**

Consiste macizos de lavas (Q3I), constituidos por rocas resistentes y sin meteorización. Macizos sanos y muy poco fracturados con juntas raras y cerradas. La permeabilidad es muy baja.

SECCION LONGITUDINAL

1:75



- NOTAS:**
 Longitud máxima de voladura 2..50m.
 1) Eventual colocacion de pernos.



PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS		
ELABORADO: Franklin Jiménez	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	ESCALA: 1:75
REVISADO: Ing Henry R.	SOSTENIMIENTO PRELIMINAR CHIMENEA DE EQUILIBRIO PERNOS EVENTUALES EN ROCA TIPO I	FECHA: DIC / 2015
		HOJA: 5 REV: 00

Anexo R. Cronograma de actividades.

