

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y  
CIVIL**

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA DE  
MINAS**



**“PERFORACIÓN E INSTALACIÓN DE PIEZOMETROS DE TUBO  
ABIERTO PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE CANTIDAD Y CALIDAD  
DE AGUA SUBTERRANEA”  
UNIDAD MINERA - LAGUNAS NORTE**

**TESIS**

Para Optar el Título de Ingeniero de Minas

**PRESENTADO POR:**

Julio César Gaspar Barrientos

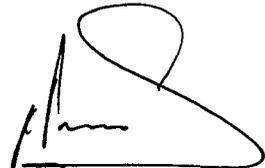
2015

Tesis  
M750  
Gas  
Eje 1

**"PERFORACION E INSTALACION DE PIEZOMETROS DE TUBO ABIERTO PARA EL  
MANEJO AMBIENTAL DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEA- UNIDAD  
MINERA LAGUNAS NORTE"**

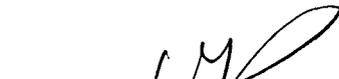
**RECOMENDADO** : 19 DE OCTUBRE DEL 2015

**APROBADO** : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2015



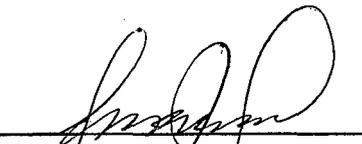
---

**MSc. Ing. Carlos A. PRADO PRADO**  
**PRESIDENTE**



---

**MSc. Ing. Andrés PORTUGAL PAZ**  
**MIEMBRO**



---

**Ing. Juan J. ZAGA HUAMAN**  
**MIEMBRO**



---

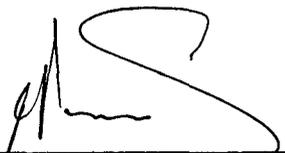
**Dr. Ing. Ciro BACA GUTIERREZ**  
**MIEMBRO**



---

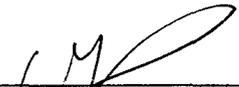
**Ing. Floro N. YANGALI GUERRA**  
**SECRETARIO DOCENTE**

Según el acuerdo constatado en el Acta, levantada el 04 de noviembre del 2015, en la Sustentación de Tesis Profesional presentado por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas Sr. Julio Cesar GASPAR BARRIENTOS, con La Tesis Titulado "PERFORACION E INSTALACION DE PIEZOMETROS DE TUBO ABIERTO PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEA- UNIDAD MINERA LAGUNAS NORTE" fue calificado con la nota de DIECISÉIS (16) por lo que se da la respectiva APROBACIÓN.



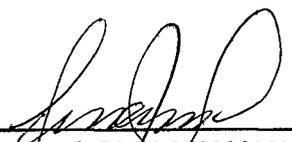
---

MSc. Ing. Carlos A. PRADO PRADO  
PRESIDENTE



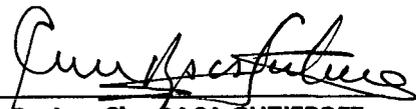
---

MSc. Ing. Andrés PORTUGAL PAZ  
MIEMBRO



---

Ing. Juan J. ZAGA HUAMAN  
MIEMBRO



---

Dr. Ing. Ciro BACA GUTIERREZ  
MIEMBRO



---

Ing. Floro N. YANGARI GUERRA  
SECRETARIO DOCENTE

## **TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1-2</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACION</b>	
<b>1.1 Planteamiento del Problema</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Justificación del Proyecto</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Objetivo</b>	<b>4</b>
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivo Específicos	5
<b>1.4 Hipótesis</b>	<b>5</b>
<b>1.5 Variables</b>	<b>5</b>
1.5.1 Variables Independientes	5
1.5.2 Variables Dependientes	5
<b>1.6 Metodología</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO TEORICO</b>	
<b>2.1 Agua Subterránea</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Origen y Evolución</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Ubicación y Vías de Acceso</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Clima</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Minería</b>	<b>13</b>
2.5.1 Operaciones Mineras	14-15
<b>2.6 Medio Ambiente</b>	<b>17</b>
<b>2.7 Alcances</b>	<b>19</b>
<b>2.8 Política Ambiental de Minera Barrick Misquichilca</b>	<b>20-24</b>
<b>2.9 Aspectos Ambientales Significativos</b>	<b>24-28</b>

## **CAPITULO III**

### **GEOLOGIA**

<b>3.1 Geomorfología</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Geología Regional</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Estratigrafía Sedimentaria</b>	<b>30</b>
3.3.1 Formación Chicama	30
3.3.2 Formación Chimú	31
3.3.3 Formación Santa Carhuaz	31
3.3.4 Formación Farrat	31
3.3.5 Formación Chulec	31
<b>3.4 Geología Estructural</b>	<b>33</b>
<b>3.5 Geología de Alto Chicama</b>	<b>33</b>
3.5.1 Estratigrafía	34
3.5.2 Alteración Y Mineralización	35
3.5.3 Reservas	37

## **CAPITULO IV**

### **HIDROLOGIA**

<b>4.1 Precipitación</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Drenaje Superficial</b>	<b>39</b>
4.2.1 Datos de Caudal en el Área	39
4.2.2 Datos Regionales de Caudal	40
4.2.3 Evaporación	41
4.2.4 Evapotranspiración	42
<b>4.3 Balance de Agua</b>	<b>44</b>
<b>4.4 Presentación General del Modelo</b>	<b>45</b>
<b>4.5 Análisis de la Vida del Proyecto</b>	<b>47</b>
<b>4.6 Definiciones</b>	<b>48</b>

## **CAPITULO V**

### **HIDROGEOLOGIA**

<b>5.1 Condiciones Hidrogeológicas de Línea de Base</b>	<b>50</b>
<b>5.2 Niveles de Aguas Subterráneas y Dirección de Flujo</b>	<b>51</b>
<b>5.3 Permeabilidad de la Formación</b>	<b>53</b>
5.3.1 Estratos de Baja Permeabilidad	53
5.3.2 Estratos de Permeabilidad Moderna	54
5.3.3 Estratos de Alta Permeabilidad	54
5.3.4 Depósitos de Suelos	54
<b>5.4 Recarga y Descarga del Agua Subterránea</b>	<b>54</b>
5.4.1 Rio Chuyuhual	55
5.4.2 Rio Negro	56
5.4.3 Rio Perejil	57
5.4.4 Regiones Pantanosas y Humedales	57

## **CAPITULO VI**

### **EQUIPO Y MATERIALES**

<b>6.1 Piezómetro de Tubo Abierto</b>	<b>59</b>
<b>6.2 Nivel de Agua</b>	<b>59</b>
<b>6.3 Agua Subterránea</b>	<b>60</b>
<b>6.4 Caudal</b>	<b>60</b>
<b>6.5 Perforación</b>	<b>60</b>
<b>6.6 Recipiente Aforado</b>	<b>60</b>
<b>6.7 Instrumento Tipo Para Medir el Nivel de la Napa Freática</b>	<b>60</b>
<b>6.8 Equipo de Perforación Foremost Barber DR24</b>	<b>62</b>

<b>6.9 Consideración Para la Perforación del Taladro, Muestreo y Toma de Datos</b>	<b>64</b>
<b>6.10 Características Físico Químicas del Agua Subterránea</b>	<b>65</b>
6.10.1 Turbiedad	65
6.10.2 Color	66
6.10.3 Potencial de Hidrogeno	66
6.10.4 Temperatura	66
6.10.5 Conductividad y Solidos Disueltos Totales	67
6.10.6 Alcalinidad	67

## **CAPITULO VII**

### **EJECUCION Y EVALUACION DE LA PERFORACION DEL PIEZOMETRO**

<b>7.1 Perforación Instalación y Evaluación de Piezómetros de tubo abierto</b>	<b>68</b>
7.1.1 Seguridad	69
7.1.2 Construcción de Acceso y Plataformas	69
7.1.3 Construcción de Pozas de Sedimentación	69
7.1.4 Perforación con Circulación Reversa	70
7.1.5 Recepción y Envasado de Muestreo	71
<b>7.2 Parámetros Tomados en Cuenta Durante la Perforación Para el Diseño de los Piezómetros</b>	<b>72</b>
7.2.1 Datos Generales que se Tomaron de Cada Sondaje Perforado	72
7.2.2 Descripción Litológica (Logeo Geológico)	72
7.2.3 Presencia de Agua y Pruebas de Air Lift	72
<b>7.3 Materiales Utilizados Para la Instalación y Construcción de Piezómetros</b>	<b>75</b>
7.3.1 Tubería PVC liza y Ranurada	75

7.3.2	Tapa y Tapón Punta Para Tubería PVC	74
7.3.3	Arena Silíceo	74
7.3.4	Bentonita de Sellado	74
7.3.5	Cemento Portland	74
7.3.6	Bentonita en Polvo	75
7.3.7	Herramientas y Materiales Para Protección de Piezómetros de Tubo Abierto	75
<b>7.4</b>	<b>Diseño e instalación de piezómetros</b>	<b>75</b>
<b>7.5</b>	<b>PIEZOMETRO N° HWPJ-01</b>	<b>77</b>
<b>7.6</b>	<b>PIEZOMETRO N° HWPJ-02</b>	<b>82</b>
<b>7.7</b>	<b>PIEZOMETRO N° HWPJ-03</b>	<b>86</b>
<b>7.8</b>	<b>PIEZOMETRO N° HWPJ-04</b>	<b>92</b>
<b>7.9</b>	<b>PIEZOMETRO N° HWPJ-05</b>	<b>97</b>
<b>7.10</b>	<b>PIEZOMETRO N° HWPJ-06</b>	<b>102</b>
<b>7.11</b>	<b>PIEZOMETRO HWCH-02</b>	<b>107</b>
<b>7.12</b>	<b>PIEZOMETRO HWCH-03</b>	<b>112</b>
<b>7.13</b>	<b>PIEZOMETRO HWCH-04</b>	<b>118</b>
<b>7.14</b>	<b>PIEZOMETRO HWCH-05</b>	<b>123</b>
<b>7.15</b>	<b>PIEZOMETRO HWCH-06</b>	<b>128</b>

## **CAP VIII**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **8.1 NIVELES REGISTRADOS DE AGUA SUBTERRÁNEA 132-145**

<b>8.2</b>	<b>CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEA</b>	<b>146</b>
8.2.1	Series de Parámetros Analíticos	146
8.2.2	Procedimientos para el Muestreo del Agua Subterránea	147
8.2.3	Estándares de Calidad del Agua	149

<b>8.3 RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA SUBTERRANEA</b>	<b>150-159</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>161</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>163</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>164</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>166</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 01. Vías de Acceso	6
Tabla N° 02 Leyes Minerales de U. M. Lagunas Norte	35
Tabla N° 03. Evaluación de los Coeficientes Mensuales de Escorrentía de Alto Chicama	38
Tabla N° 04 Precipitación Mensual y Escorrentía Promedio Derivada en Alto Chicama	39
Tabla N° 05 Evaporación del Lago Mensual y Anual Derivadas Para Alto Chicama	40
Tabla N° 06 Evapotranspiración del Lago Mensual y Anual Derivadas Para Alto Chicama	41
Tabla N° 07 Resumen de Datos Meteorológicos Promedio Mensual	41
Tabla N° 08 Rangos de Profundidad	60
Tabla N° 09 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWPJ-01	75
Tabla N° 10 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-01	77
Tabla N° 11 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWPJ-02	80
Tabla N° 12 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-02	82
Tabla N° 13 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWPJ-03	84
Tabla N° 14 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-03	86
Tabla N° 15 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWPJ-04	90
Tabla N° 16 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-04	92
Tabla N° 17 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWPJ-05	95
Tabla N° 18 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-05	97
Tabla N° 19 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWPJ-06	100
Tabla N° 20 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-06	102
Tabla N° 21 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWCH-02	105

Tabla N° 22 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWCH-02	107
Tabla N° 23 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWCH-03	110
Tabla N° 24 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWCH-03	112
Tabla N° 25 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWCH-04	116
Tabla N° 26 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWCH-04	118
Tabla N° 27 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWCH-05	121
Tabla N° 28 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWCH-05	123
Tabla N° 29 Consumo de Materiales en el Piezómetro HWCH-06	126
Tabla N° 30 Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWCH-06	128
Tabla N° 31 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-01	133
Tabla N° 32 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-02	134
Tabla N° 33 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-03	135
Tabla N° 34 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-04	136
Tabla N° 35 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-05	137
Tabla N° 36 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-06	138
Tabla N° 37 Elevación del Nivel de Agua HWCH-02	139
Tabla N° 38 Elevación del Nivel de Agua HWCH-03	140
Tabla N° 39 Elevación del Nivel de Agua HWCH-04	141
Tabla N° 40 Elevación del Nivel de Agua HWCH-05	142
Tabla N° 41 Elevación del Nivel de Agua HWCH-06	143
Tabla N° 42 Resumen de Procedimiento de Muestras	146
Tabla N° 43 Resumen de estándares de Calidad de Agua Subterránea	
Tabla N° 44 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea HWPJ-01	148
Tabla N° 45 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea HWPJ-02	149
Tabla N° 46 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua	

Subterránea HWPJ-03	150
Tabla N° 47 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua	
Subterránea HWPJ-04	151
Tabla N° 48 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua	
Subterránea HWPJ-05	152
Tabla N° 49 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua	
Subterránea HWPJ-06	153
Tabla N° 50 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua	
Subterránea HWCH-02	154
Tabla N° 51 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua	
Subterránea HWCH-03	155
Tabla N° 52 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua	
Subterránea HWCH-04	156
Tabla N° 53 Calidad de Agua en el Pozo de Monitoreo de Agua	
Subterránea HWCH-05	157

## **LISTA DE PLANOS**

Plano N° 01 Plano de Ubicación	11
Plano N° 02 Plano Geológico Regional	34
Plano N° 03 Estratigrafía Simplificada	37
Figura N° 04 Plano de Niveles Inferidos de Aguas Subterráneas y Dirección del Flujo del Basamento	55
Figura N° 05 Caudales Base de Agua Subterránea en Alto Chicama	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 01 Operaciones Mina	13
Figura N° 02 Diagrama de Flujo General	14
Figura N° 03 Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001	15
Figura N° 04 Certificación ISO 14001	16
Figura N° 05 Declaración de Compromisos	17
Figura N° 06 Manejo de Residuos	18
Figura N° 07 Acorde con las Leyes	18
Figura N° 08 Investigación	19
Figura N° 09 Organizaciones Públicas	19
Figura N° 10 Programas Ambientales	20
Figura N° 11 Comunicación al Público	20
Figura N° 12 Documentación del Sistema de Gestión Ambiental	21
Figura N° 13 Prácticas Ambientales	21
Figura N° 14 Autoridades	22
Figura N° 15 Disposición de Residuos Sólidos	22
Figura N° 16 Material Particulado	23
Figura N° 17 Efluentes Tratados	23
Figura N° 18 Combustibles	24
Figura N° 19 Sedimentos	24
Figura N° 20 Aguas Acidas	25
Figura N° 21 Almacenamientos de Productos Químicos	25
Figura N° 22 Soluciones Cianuradas	26
Figura N° 23 Derrame de Hidrocarburos	26
Figura N° 25 Esquema Simplificado de Balance de Agua	44
Figura N° 26 Esquema del Modelo del Balance de Agua General	47
Figura N° 27 Instrumento para Medir la Napa Freática	59

Figura N° 28 Partes de la perforadora	61
Figura N° 29 Desarrollo de la Perforadora	61

## **LISTA DE FOTOGRAFIAS**

Fotografía N° 01 Equipo de Perforación Foremost Barber DR24	60
Fotografía N° 02 Poza de Sedimentación	68
Fotografía N° 03 Muestras de Roca (Chips)	69
Fotografía N° 04 Agua que Sale del Pozo	71
Fotografía N° 05 Tubería de PVC Liza y Ranurada	71
Fotografía N° 06 Tapa y Tapón PVC	72
Fotografía N° 07 Colocación de Arena en el Piezómetro	74
Fotografía N° 08 Registro de la Litología del Sondaje HWPJ- 01	79
Fotografía N° 09 Registro de la Litología del Sondaje HWPJ- 02	83
Fotografía N° 10 Registro de la Litología del Sondaje HWPJ- 03	89
Fotografía N° 11 Registro de la Litología del Sondaje HWPJ- 04	93
Fotografía N° 12 Registro de la Litología del Sondaje HWPJ- 05	99
Fotografía N° 13 Registro de la Litología del Sondaje HWPJ- 06	104
Fotografía N° 14 Registro de la Litología del Sondaje HWCH- 02	109
Fotografía N° 15 Registro de la Litología del Sondaje HWCH- 03	115
Fotografía N° 16 Registro de la Litología del Sondaje HWCH- 04	120
Fotografía N° 17 Registro de la Litología del Sondaje HWCH- 05	125
Fotografía N° 18 Registro de la Litología del Sondaje HWCH- 06	129

## LISTAS DE ANEXOS

### **A. PROGRAMACION DE LOS PIEZOMETROS EJECUTADOS Y MATERIALES CONSUMIDOS**

A 01. Sondajes y piezómetros programados y ejecutados	167
A 02. Resumen general del consumo de materiales de los piezómetros del proyecto LOM 2012 de la cuenca perejil	168
A 03. Resumen general del consumo de materiales de los piezómetros del proyecto LOM 2012 de la cuenca chuyuhual	169
A 04 Total de materiales utilizado en el proyecto de piezómetros LOM 2012	170

### **B. REGISTROS FOTOGRAFICO DE PIEZOMETROS PROYECTO LOM**

B 01 Plataforma de Perforación Estandarizada	171
B 02 Estándar de las pozas de sedimentación utilizadas durante la perforación, lavado y desarrollo del piezómetro.	171
B 03 Personal de Ak-Drilling probando el martillo con la broca de 7 7/8" para hacer el colocado del Casing Temporal de 8" de diámetro.	172
B 04 Personal de Ak-Drilling perforando el HWCH-08 guardia noche	172
B 05 Perforista tomando muestra del material que sale por posible zona fracturada y ver tipo de roca por donde se está perforando.	173
B 06 Componentes para poder armar el Torpedo para hacer la prueba de SLUG TEST. (Block Elevador, Tapa de fondo, y tubería PVC de 1" de Diámetro y 3m de longitud).	173
B 07 Herramientas utilizadas para hacer la prueba de permeabilidad (Block elevador, Level Logger, Tapa de fondo y el Cable de Transferencia de datos del Level Logger a la computadora.)	174
B 08 Personal de Ak-Drilling preparando la lechada de cemento al 2% de bentonita en polvo.	174
B 09 Construcción del dado de concreto	175
B 10 Equipo Multi-Parámetro de Golder usado en la perforación y	

construcción de los piezómetros	175
B 11 Desmontaje de la perforadora para realizar el traslado de la misma a una nueva plataforma.	176
B 12 Apilamiento de las muestras secas del piezómetro	176
B 13 Vista Panorámica del Punto de Perforación	177
B 14 Agua del Piezómetro HWCH – 10, después de haber realizado el lavado desarrollo del pozo.	177
<b>C. TRABAJO FINAL DE PIEZOMETROS CUENCA PEREJIL Y CHUYUGUAL</b>	
C 01 Piezómetro HWPJ-01 candado, tubo protector y base de concreto	178
C 02 Piezómetro HWPJ-02 candado, tubo protector y base de concreto	178
C 03 Piezómetro HWPJ-03 candado, tubo protector y base de concreto	179
C 04 Piezómetro HWPJ-04 candado, tubo protector y base de concreto	179
C 05 Piezómetro HWCH-02 candado, tubo protector y base de concreto	180
C 06 Piezómetro HWCH-03 candado, tubo protector y base de concreto	180
C 07 Piezómetro HWCH-04 candado, tubo protector y base de concreto	181
C 08 Piezómetro HWCH-05 candado, tubo protector y base de concreto	181
C 09 Piezómetro HWCH-06 candado, tubo protector y base de concreto	182
OBSERVACIONES	183

***DEDICATORIA***

*A MI MADRE, FELIPA BARRIENTOS ARONI Quien con su amor y apoyo señaló el camino para este logro tan importante en mi vida.*

**AGRADECIMIENTO:**

*Por las valiosas revisiones críticas y comentarios realizados a la presente Tesis. A los Docentes de la E. F. P. de Ingeniería de Minas, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.*

*-M.A.Sc. Ing. Carlos Prado Prado, Decano de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil.*

*-M.A.Sc. Ing. Andrés Portugal Paz, Presidente de la Comisión Evaluadora.*

*-Dr. Ciro Baca Gutiérrez, Jurado Miembro de la Comisión Evaluadora.*

*-Ing. Juan Julio Zaga Huamán, Jurado Miembro de la Comisión Evaluadora.*

*Asimismo, deseo extender mi agradecimiento a todas aquellas personas que de diversa manera colaboraron en este trabajo.*

## RESUMEN

El presente proyecto muestra la importancia de proporcionar lineamientos para diseñar y ejecutar programas de muestreo en las aguas subterráneas por la presencia de contaminantes de las posibles infiltraciones de las explotaciones de los diferentes tajos y de las cuales estas impactarían a las Cuenca Chuyuhual y Cuenca Perejil.

En la instalación y manipulación de los piezómetros se realizó pruebas de permeabilidad para conocer el estado de las paredes de la perforación y utilizar casing de revestimiento para la protección del pozo, también se realizó descripción litológica como fracturas, fallas y derrumbes del sondaje, se llevó a cabo 11 instalaciones de piezómetros, de las cuales todos estos quedan habilitados.

La instalación de piezómetros fue diseñada pensando en la protección de las aguas subterráneas, así también como fuente de agua para el consumo humano o industrial en lo industrial estas aguas pueden ser utilizadas para rellenar los tajos de explotación con el agua que proviene de cada pozo piezométrico.

Realizado y Habilitado el Piezómetro podemos identificar el riesgo de contaminación de los acuíferos con análisis físico-químicos llevadas a cabo in situ y en laboratorio; causadas por las actividades industriales, explotaciones mineras y sobre todo de las infiltraciones de las minas abandonadas de las cuales estas generan aguas ácidas.

Los resultados obtenidos de mayor relevancia es que los coliformes totales superan a la Ley General del Ambiente establecidas, las cuales se llega a una conclusión que los pozos fueron lavados con agua de las lagunas lo que nos da que estos sobrepasan de los efectos obtenidos.

## **ABSTRACT**

The present the importance of providing guidelines to lay plans and to play programs of sampling in the groundwaters for the presence of contaminants which these would impact the Basin Chuyuhual of the possible infiltrations of the exploitations of the different chunks and Basin Perejil evidences project.

In the installation and manipulation of the piezometers realized proofs of permeability to know the status of the walls of the perforation and to use casing of coating for the protection of the well itself, also lithologic accomplished description itself as fractures, faults and landslides of the sounding, walked away with to stub 11 facilities of piezometers, the ones that all these act as enabled.

The installation of piezometers was designed thinking about the protection of groundwaters, that way also like water source for the human or industrial consumption in the industrialist you can be these waters used to refill the chunks of exploitation with the water that originates of every well pizometrico.

Accomplished and Enabled the Piezometer we can identify the risk of contamination of the water-bearing with physical chemical analysis taken to stub in situ and at laboratory; Caused for the industrial activities, mining operations and on whole of the infiltrations of the mines abandoned of the ones that these generate acid waters of.

It is the results obtained of bigger relevance than them coliform totals prove better than the General Law of the Environment established, which what the fact that these surpass of the obtained effects gives us arrive myself to a conclusion that wells were washings with water of the lagoons.

## INTRODUCCION

En el presente siglo la demanda de agua subterránea para llevar a cabo proyectos mineros se ha incrementado sustancialmente. Así Lagunas Norte de Minera Barrick Misquichilca requería una evaluación en cantidad y calidad de agua para lograr un modelo hidrogeológico de la Cuenca Perejil y la Cuenca Chuyuhual de la Mina Lagunas Norte de Minera Barrick Misquichilca S.A. Se construyeron Piezómetros de Tubo Abierto dada la necesidad de conocer el comportamiento de las aguas subterráneas y datos de la calidad de agua de las mismas. Estos piezómetros servirán para complementar el modelo hidrogeológico de ambas cuencas.

La calidad de agua se mide a través de parámetros que la caracterizan física, Química y biológica. Los parámetros de calidad de agua son muy diversos y permiten detectar el grado de contaminación o pureza del agua y determina si es apta para los diferentes usos.

El Área de Desarrollo de Proyectos de Minera Barrick Misquichilca (MBM) desarrolló la Campaña de Perforaciones RC, Instalación de Piezómetros de Tubo Abierto (LOM 2012). La campaña de perforaciones se realizó con una sola maquina (FOREMOST – W750). La campaña de construcción de piezómetros se realizó con apoyo de la Empresa Consultora (**Golder Associates**), para la supervisión y verificación de los trabajos efectuados.

El trabajo consta de 6 capítulos. El primer capítulo se refiere a fundamentos de la investigación entre ellos el problema de investigación y cuales son su solución al problema de las mismas. En el capítulo 2 del marco teórico se describe antecedentes de la mina ubicación mapas conceptuales, sus operaciones mineras y medio ambiente

en el manejo ambiental, su sistema de gestión ambiental (ISO 14001) y su política ambiental de Minera Barrick Misquichilca. En el capítulo III se menciona las formaciones geológicas, tanto en geología regional y geología de alto chicama, como está formado la mina desde la deposición glacial del cuaternario, su estratigrafía y las alteraciones del yacimiento de Lagunas Norte. En el capítulo 3 nos enfocamos en la hidrología dentro de los parámetros de medición en temperatura, humedad relativa, precipitación y evaporación. Dando a conocer las estaciones y los datos de SENAMHI. En el capítulo 4 se refiere al estudio de línea base hidrogeológica (aguas subterráneas) la cual proporciona una interpretación de la geología e hidrogeología existente centrándose desde el área de estudio regional (AER) hasta el área de estudio local (AEL). En el capítulo 5 se toca algunas definiciones de los equipos de perforación y herramientas necesarias para la instalación. En el capítulo 6 desarrollamos el procedimiento para llevar a cabo la ejecución y evaluación de la perforación e instalación de los piezómetros dando a conocer la descripción de la instalación de los piezómetros para cada punto establecido por Minera Barrick Misquichilca (MBM). En el capítulo 7 damos a conocer los resultados obtenidos en los análisis de cada pozo de monitoreo tanto en cantidad y calidad, registrados en tablas por la normas establecido de los parámetros del agua y la organización mundial de la salud (OMS) y las discusiones que estas pudieran llevar para su mejora en la perforación e instalación de piezómetros. (Jorge Tovar P. , Ing. Hidrogeólogo UNI).

Adicionalmente se anexa tablas con los resultados en la perforación y fotografías para su mayor entendimiento.

## **CAPITULO I**

### **FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACION**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Minera Lagunas Norte para dar a conocer su interés e importancia en temas relacionados medioambientales propuso el Proyecto LOM - Life Of Mine (Vida de la Mina), cabe resaltar que para dicho proyecto conto con la participación de la contrata (Golder), el tema relacionado a un estudio de un modelo hidrogeológico para una evaluación en cantidad y calidad de agua subterránea de entre las cuencas Perejil y Chuyuhual dada la importancia y relevancia del estudio de dicho proyecto.

Empleando recursos de instalaciones de piezómetros de tubo abierto para dar a conocer los resultados próximos a una contaminación ya sea por la profundización de los tajos de explotación de mina.

La evaluación en cada tramo de profundización del piezómetro tanto en geotecnia y la presión de agua de las mismas dan a conocer un cambio en los niveles piezómetros.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El tema está enmarcado dentro del comportamiento de las aguas subterráneas y como ésta influye en el medio ambiente, su comportamiento está ligado a su origen de infiltraciones de aguas superficiales y sumado a la formación geológica estas pueden formar aguas que están saturadas de contaminantes.

El tema se considera de alto interés ambiental ya que se dispone de piezómetros que permita controlar la calidad y cantidad de aguas subterráneas. Las características físico-químicas de las aguas subterráneas son el resultado final de diversos procesos aquellos que ocurren en la zona no saturada y los que se producen en la propia zona saturada aguas arriba del punto de muestreo.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar la información obtenida durante el monitoreo a los puntos de piezómetros localizados en el área del proyecto LOM de la Unidad Minera Laguna Norte. En cuanto a cantidad y calidad y determinar si existe la presencia de agentes contaminantes.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Proporcionar lineamientos para diseñar y ejecutar programas de muestreo en aguas subterráneas.
2. Conocer la instalación y manipulación de los piezómetros.

3. Determinar la conveniencia del agua subterránea como fuente de agua para consumo humano o industrial y monitorear o controlar su calidad durante el suministro.
4. Identificar a tiempo el riesgo de contaminación de acuíferos causada por actividades industriales, explotaciones mineras, agricultura y otras que puedan producir impacto sobre las aguas subterráneas.
5. Conocer y entender el transporte de contaminantes respecto a la calidad de las aguas subterráneas, para ello la necesidad de contar con instalaciones de pozos de monitoreo.

#### **1.4 HIPOTESIS**

La perforación e instalación de los piezómetros para la obtención de cantidad y calidad de agua son válidos a través de la experimentación.

#### **1.5 VARIABLES**

##### **1.5.1 Variables Independientes**

Las presiones o alturas piezométricas.

**Indicadores.** Recolección de datos por cada metro de perforación e instalación del tubo piezométrico cada 6 metros de tubería.

##### **1.5.2 Variables Dependiente**

El caudal de bombeo, la permeabilidad, las distancias a los puntos de monitoreo y la calidad de agua subterránea.

**Indicadores.** Necesidad de realizar las pruebas de Air Lift en cada tramo de perforación cada 3 a 6 metros, realizar prueba de permeabilidad (prueba de lugeon) y desarrollar in situ de lecturas de calidad de agua con el multiparametro.

## **1.6 METODOLOGIA**

La metodología empleada para la elaboración de este proyecto de investigación es mixta, ya que llevamos por medio de dos etapas, principalmente a través de recopilación de información sobre agua subterránea y la extracción del agua mediante instalaciones de piezómetros para la evaluación en cantidad y calidad de agua subterránea.

El método deductivo es el que utilizamos en la investigación, esta se desarrolla de la general a lo particular, primeramente realizamos una investigación documental elaborando un estudio de aguas subterráneas y su extracción mediante pozos. Incluimos desde los antecedentes hasta la perforación e instalación de los piezómetros de tubo abierto y por último, realizamos una investigación en el análisis y el comportamiento de las aguas subterráneas.

El nivel de investigación que utilizamos es explicativo, ya que los resultados finales se trabaja en laboratorio y en in situ dichos resultados son sometidos a los parámetros de calidad de agua subterránea por las normas establecidas de la leyes peruanas.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 AGUA SUBTERRANEA**

El agua subterránea es un recurso muy extendido, pero oculto e inaccesible y en contraste con el agua superficial, los cambios en su cantidad y calidad frecuentemente son procesos muy lentos que ocurren debajo de la tierra en grandes extensiones. Puesto que no es posible determinar estos cambios simplemente con un único recorrido breve de campo, es necesario utilizar redes de monitoreo e interpretar los datos obtenidos. El monitoreo de la respuesta de un acuífero y de sus tendencias de calidad son básicos para lograr una gestión eficaz del agua subterránea y cumplir con la principal meta de gestión, o sea, controlar los impactos de la extracción del agua subterránea y de las cargas de contaminantes.

Para evaluar aspectos importantes del agua subterránea y poder implementar soluciones de gestión se requieren datos hidrogeológicos, tanto de la 'condición básica inicial' como de las 'variaciones en el tiempo'.

La recolección de los datos que registran las '*variaciones en el tiempo*' es lo que generalmente se considera como el '*monitoreo del agua subterránea*'. Dicho monitoreo comprende la recolección, análisis y almacenamiento de un número determinado de datos en forma regular, conforme a circunstancias y objetivos específicos. El tipo y volumen de datos requeridos varía considerablemente en función del aspecto de gestión de que se trate, pero inevitablemente también dependerá de los recursos financieros disponibles.

Dunnicliff (2010), define a los piezómetros como dispositivos sellados dentro del suelo para que respondan solamente a la presión de agua subterránea alrededor del mismo y no a presiones de agua subterránea a otras elevaciones, e indica que son usados para monitorear presión de poro y presión conjunta de agua.

Además, afirma que el monitoreo de presión de poro y agua conjunta permite hacer estimados de deformación efectiva y así una valoración de la resistencia, y para esto se debe realizar una campaña de monitoreo en donde se utilizan piezómetros de tubo vertical abierto y piezómetros de hidráulicos de doble tubo. También explica que los piezómetros de tubo abierto, llamados también piezómetros Casagrande, requieren del sellado de un elemento de filtro poroso para que el instrumento responda solamente a la presión de agua alrededor del mismo y no a la presión de agua a otras elevaciones.

En las últimas décadas, las necesidades de consumo han llevado a una gran demanda no solo en cuanto a disponibilidad de grandes cantidades de recursos sino también en cuanto a gran calidad de estos recursos hídricos. Esto ha llevado a importante y

destacado desarrollo de la perforación de nuevas y mejores captaciones de aguas subterráneas, así como la expansión de redes de sondeos y piezómetros para la vigilancia y control de acuíferos. Es por claro una actividad en claro auge. (María Paula Collazo Caraballo, Jorge Montaña Xavier)

## **2.2 ORIGEN Y EVOLUCIÓN**

La actividad minera en la Región de Alto Chicama se remonta a los tiempos prehispánicos, siendo la extracción de carbón la actividad minera principal en la zona. La explotación del carbón en la zona ha sido principalmente artesanal y de corta duración.

Entre los años 1926 y 1931, la Compañía Northern Perú Mining Company trabajó en las áreas de carbón de Callacuyán, apenas al Oeste de la zona del proyecto y construyeron un cable carril hasta Quiruvilca.

En los años 1940, algunas minas pequeñas operaron en áreas como Los Andes, La Victoria, Julio Cesar, José Antonio, Tres Amigos, Shulcahuanga y Yanahuanca. En los años 1970, Minero Perú, junto con Kopex de Polonia, exploró el área en busca de carbón. Ellos construyeron 59 socavones y 321 zanjas. También hicieron ocho perforaciones diamantinas y estimaron una reserva de 270 millones de toneladas métricas de carbón.

Minero Perú construyó campamentos e instalaciones auxiliares, donde se encuentra ubicado actualmente el campamento de exploración de MBM. (Minera Barrick Misquichilca) MBM ejerció la opción de transferencia en noviembre de 2002 presentando un Informe del Estudio de Factibilidad y efectuando el pago requerido de US\$2 millones a Centromin. Centromin y Barrick suscribieron el Contrato de Opción Minera el 28 de febrero del 2001. La Escritura Pública del Contrato de Opción Minera

fue firmada el 28 de marzo del 2001 y fue inscrita en el Registro de La Libertad el 18 de abril del 2001.

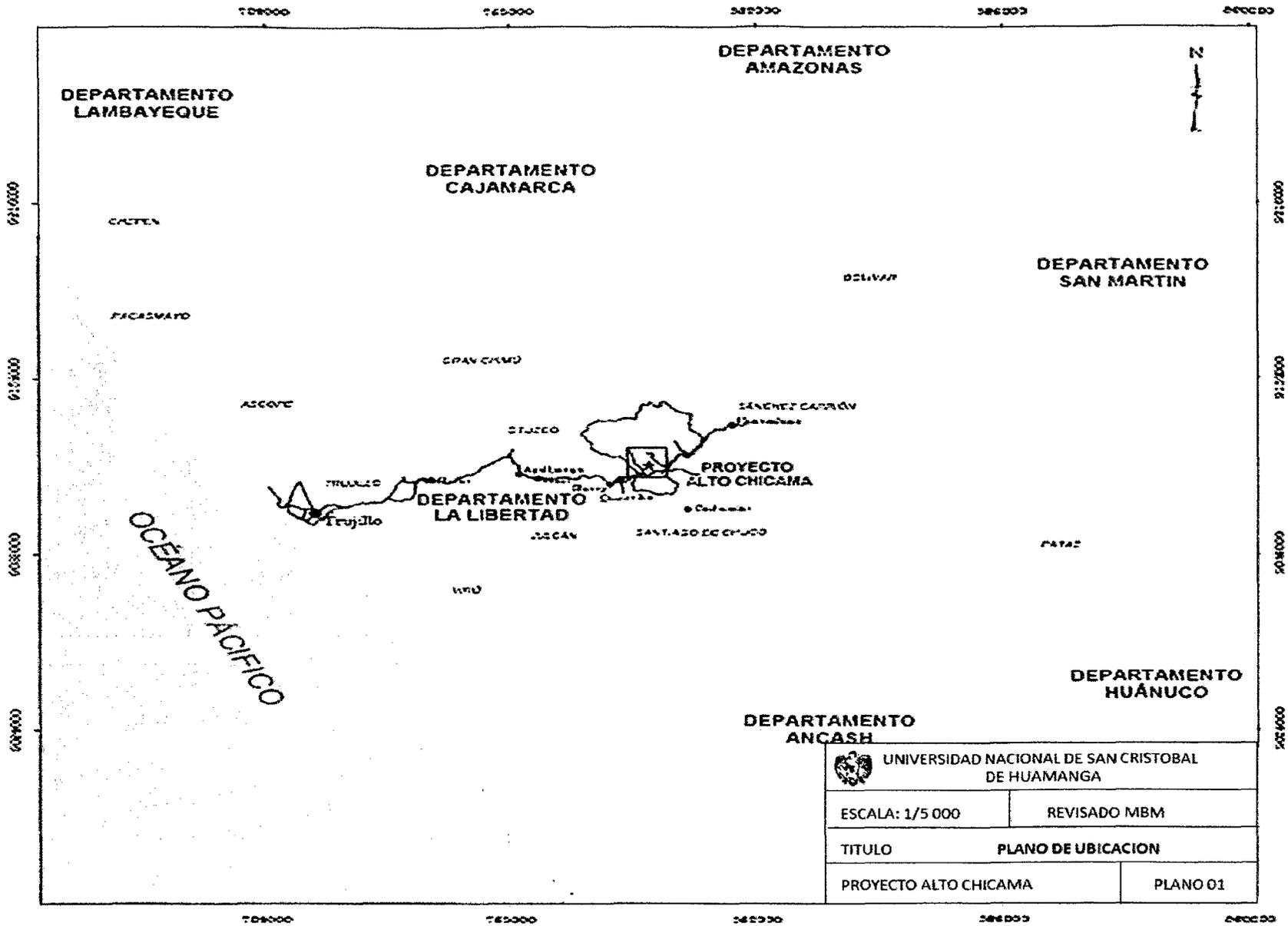
### **2.3 UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO**

El Mina está ubicado en el Departamento de La Libertad, Provincia de Santiago de Chuco, Distrito de Quiruvilca, (Figura 1), aproximadamente 90 kilómetros al este de Trujillo. Por carretera, la distancia es 130 km, lo que actualmente toma unas cinco horas de viaje aproximadamente. Se espera reducir este tiempo de viaje a aproximadamente 2.5 horas después de la culminación de las obras para el mejoramiento de la carretera de acceso que se tienen planificadas.

La mina se ubica a 7°50' de latitud sur y 78°15' de longitud oeste. El acceso al lugar se realiza por una bifurcación de la carretera que conecta Shorey y Quiruvilca con Huamachuco. Esta carretera se conecta a la carretera principal entre Trujillo y Otuzco.

**Tabla N° 01 Vías de Acceso**

<b>RUTA</b>	<b>KILOMETROS</b>	<b>TIEMPO HR</b>	<b>TRAMO</b>
<b>AYACUCHO-LIMA</b>	565	10	asfaltado
<b>LIMA-TRUJILLO</b>	560	08	asfaltado
<b>TRUJILLO-MINA</b>	130	5	asfaltado



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA	
ESCALA: 1/5 000	REVISADO MBM
TITULO <b>PLANO DE UBICACION</b>	
PROYECTO ALTO CHICAMA	PLANO 01

## **2.4 CLIMA**

El clima en Alto Chicama es frío todo el año con temporadas con y sin lluvias. La temperatura anual promedio del aire es de aproximadamente 7°C. La temperatura en la noche puede bajar ligeramente por debajo del punto de congelación en cualquier momento del año; mientras que la temperatura en la tarde generalmente oscila entre 10°C y 15°C. La temporada de lluvias dura aproximadamente de octubre a marzo y la temporada sin lluvias de mayo a agosto. Abril y septiembre son los meses de transición. La precipitación anual promedio es de aproximadamente 1,400 mm, que mayormente cae en forma de lluvia. La precipitación anual es variable, entre menos de 1,000 mm a más de 2,100 mm.

## **2.5 MINERÍA**

El depósito contiene reservas de oro y plata de baja ley. El depósito aflora en un terreno montañoso y constituye un caso típico para la aplicación de métodos de extracción a tajo abierto.

### **2.5.1 Operaciones Mineras**

La operación a tajo abierto de Alto Chicama comprenderá una mina estándar con camiones y cargadores, similar en alcance y operación. A continuación se describe algunas de las operaciones unitarias primarias y las funciones de apoyo en la operación a tajo abierto.

- **Perforación.** Los patrones de perforación dependen del tipo de material que va a ser extraído (mineral o roca de desmonte), la dureza del mineral y el grado de fractura natural presente en el mineral. Se dan las instrucciones de perforación al departamento de perforación para cada patrón. Los barrenos de perforación, perforan en secuencia a la profundidad del banco con unos 1.5 a

2.5 m (sub-grado) adicionales de perforación debajo de la altura del banco del fondo. La perforación de sub-grado y voladura permiten una fragmentación eficiente en el respaldo bajo.

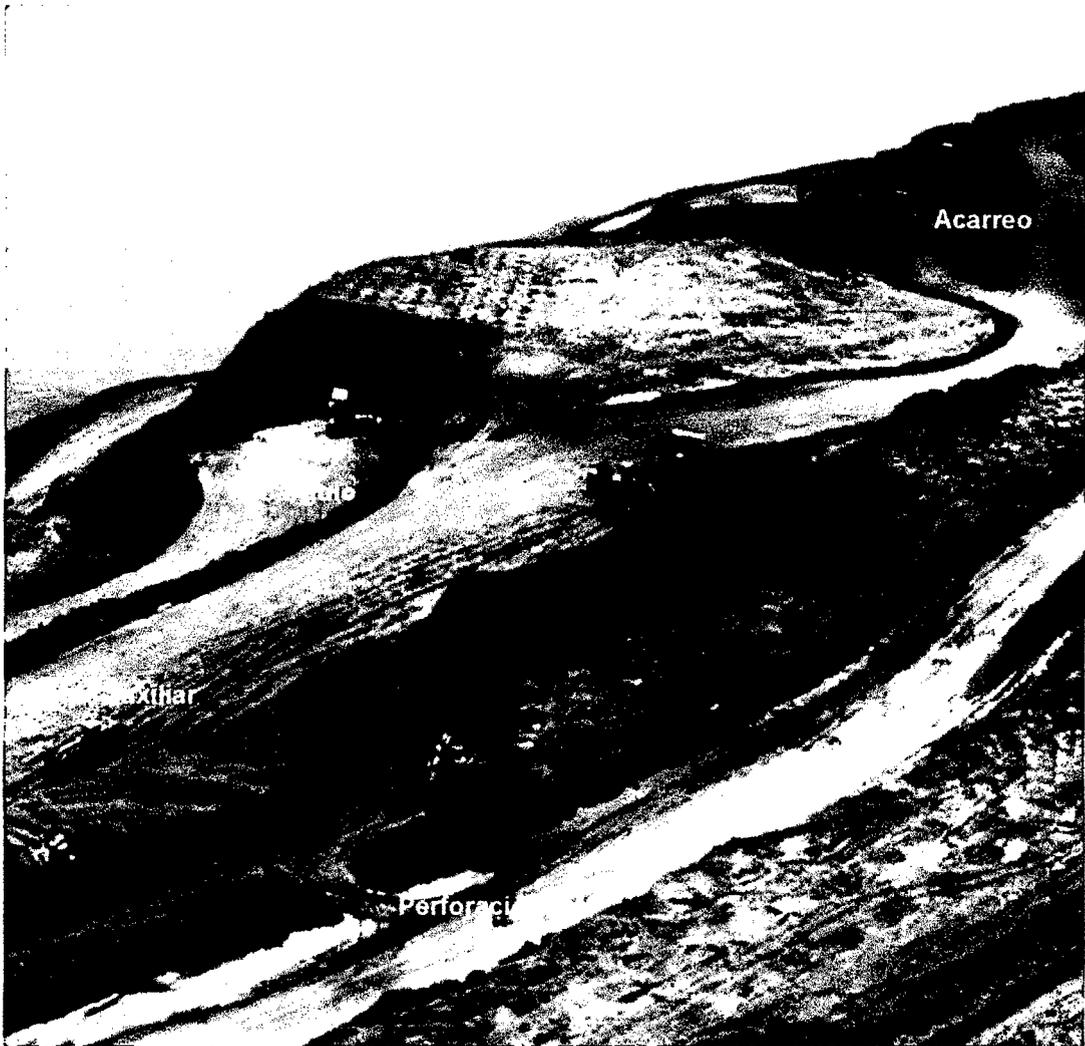
Los diámetros de los orificios empleados para voladura son generalmente de 6 a 12 pulgadas y las brocas de los barrenos son de la variedad martillo o tricono rotatorio. Se pueden emplear orificios más pequeños y patrones de perforación más ajustados cuando se trabajen las paredes finales del tajo.

- **Voladura.** Después de la perforación, y con las instrucciones de los departamentos de ingeniería y voladuras, se cargan los orificios con agentes de voladura. Generalmente los agentes de voladura son el nitrato de amonio y el aceite combustible. El tipo de agente de voladura empleado en un patrón específico de voladura, puede depender de la dureza de la roca y la cantidad de agua presente en el orificio. La cantidad de agente de voladura aplicado a cada orificio es determinada por el espaciamiento del orificio, la dureza de la roca, el grado de fractura natural y el grado deseado de fragmentación de la roca. El volumen del orificio comprendido entre el inicio del orificio y la parte superior de la columna explosiva se rellena con un material llamado “taco”, que por lo general son los cortes de barreno o roca chancada extraída en la zona.
- **Control de Mineral.** Luego de que se hayan perforado los orificios de acuerdo con el patrón de voladuras y antes de cargarlos con explosivos y agentes de voladuras, los perforadores recogen muestras de los cortes de perforación producidas al perforar cada orificio. Las muestras son enviadas al laboratorio de ensayos de la mina y sometidas a pruebas para analizar metales y elementos.

El propósito del muestreo y ensaye es determinar qué porciones del material que se extraerá es mineral y qué porción es roca de desmonte. Además se podrían requerir algunas muestras para determinar si la roca de desmonte es NAG o PAG. (Generación Neta de Ácidos o Potencial de Neutralización).

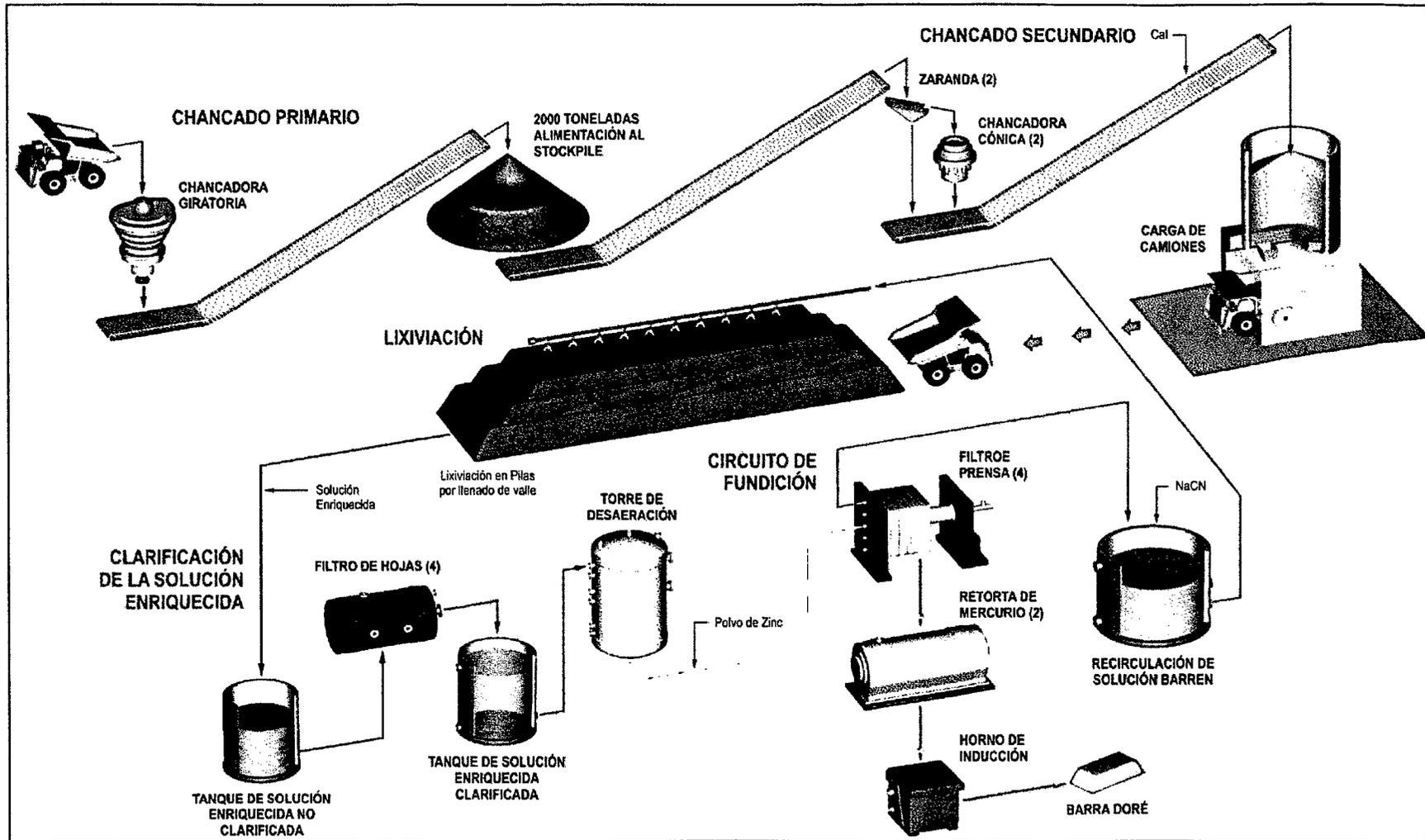
- **Carga.** los cargadores frontales realizarán la carga de mineral y roca de desmonte en los camiones de acarreo. Los operadores de carga, utilizando las líneas de control de excavación de mineral como guía, cargarán el camión de transporte con mineral hasta que dicho camión se haya llenado hasta el tonelaje determinado por el departamento minero. Al finalizar la carga del camión de transporte, el operador de carga indicará ya sea visualmente, oralmente o electrónicamente al conductor del camión de transporte el destino del mineral. Este destino será por lo general la chancadora de mineral, el stock pile o los botaderos.
- **Transporte.** El mineral y la roca de desmonte son transportados por el camión desde la mina hasta la chancadora o área de acopio de minerales o al botadero designado. Además, los camiones de carga son empleados para transportar el mineral chancado desde el compartimiento de descarga de la chancadora secundaria a la cancha de lixiviación para que dicho material pueda ser colocado en el área de lixiviación designada. Cuando el operador de carga le informa al conductor del camión sobre el destino apropiado, el conductor emprende viaje empleando los caminos y rampas dentro del tajo la mina hasta llegar a la red de transporte descarga en la superficie y posteriormente a su destino final.

**Figura 01**  
**Operaciones de Mina**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

**Figura 02**  
**DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO**



BIBLIOTECA E INFORMACIÓN  
 CULTURAL  
 U.N.S.C.H.

Fuente: Minera Barrick Misquichilca

## 2.6 MEDIO AMBIENTE

Minera Lagunas Norte estableció con ISO 14000 que viene hacer un compendio de normas que establecen los lineamientos para implementar un Sistema de Gestión Ambiental y la ISO 14001 que es la única norma auditable que establece los requisitos para una certificación de un SGA.

Los beneficios de contar con un Sistema de Gestión Ambiental- ISO 14001 son:

Reducción y control de impactos ambientales, mejor imagen.

Optimizar la utilización de recursos.

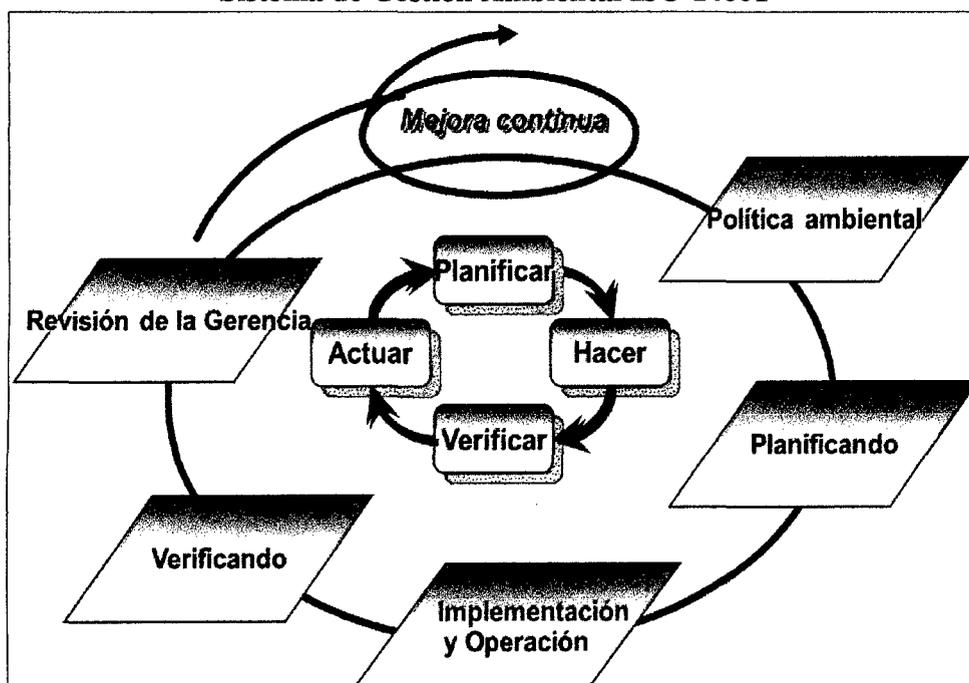
Mejora en el cumplimiento de los requisitos legales ambientales.

Mejora la imagen ante la comunidad, los trabajadores y autoridades.

Disminución de los riesgos ambientales.

Ayuda a la identificación de las áreas en las podemos mejorar.

**Figura 03**  
**Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001**



Fuente: WEB Gestión Ambiental

**Figura 04**  
**Certificación ISO 14001**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

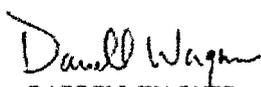
**2.7 Alcance.** Abarca a Mina Lagunas Norte, en todas las actividades de explotación y beneficio de minerales auríferos y servicios auxiliares. Integrado por todos los trabajadores de Minera Barrick Misquichilca (MBM) y colaboradores.

**Figura 05  
Declaración de Compromisos Ambientales**

## DECLARACIÓN DE COMPROMISOS AMBIENTALES MINA LAGUNAS NORTE

Minera Barrick Misquichilca S.A., Mina Lagunas Norte, dedicada a la explotación y beneficio de minerales auríferos, ubicada en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad - Perú, se compromete a:

<p>Prevenir la contaminación ambiental en todas las actividades y procesos.</p> <hr style="width: 20%; margin: 5px auto;"/> <p>Cumplir con la legislación ambiental en el país y otros compromisos suscritos por la empresa.</p> <hr style="width: 20%; margin: 5px auto;"/> <p>Promover trabajos de investigación que apliquen el conocimiento científico en materia ambiental, relacionados con la actividad minera.</p> <hr style="width: 20%; margin: 5px auto;"/> <p>Colaborar voluntariamente con organizaciones públicas y privadas en el desarrollo de una mutua comprensión de asuntos ambientales.</p> <hr style="width: 20%; margin: 5px auto;"/> <p>Promover programas para difundir las buenas prácticas ambientales a los trabajadores, sus familias y a las comunidades del entorno inmediato.</p>	<p>Comunicar y difundir la Declaración de Compromisos Ambientales a nuestros trabajadores y sus familias, y ponerla a disposición del público en general.</p> <hr style="width: 20%; margin: 5px auto;"/> <p>Revisar, documentar y mantener el Sistema de Gestión Ambiental para hacer el seguimiento de su desempeño ambiental, buscando la mejora continua, con la participación de todos los empleados.</p> <hr style="width: 20%; margin: 5px auto;"/> <p>Requerir a los proveedores de bienes y servicios un óptimo desempeño acorde con nuestras buenas prácticas ambientales.</p> <hr style="width: 20%; margin: 5px auto;"/> <p>Contar con la autoridad y los recursos necesarios para mantener el Sistema de Gestión Ambiental y los estándares y prácticas ambientales asociados.</p>
---	---



**DARRELL WAGNER**  
Gerente General Distrito Perú



**BARRICK**  
Minera Res. A. S. C.



**ZETTI GAVELAN**  
Gerente General de Operaciones Mina Lagunas Norte

DOC : MAN-EN-001  
N° REV : 01  
FECHA APROB : 2002.12

Fuente: Minera Barrick Misquichilca

## 2.8 Política Ambiental de Minera Barrick Misquichilca (MBM)

Declaración de compromisos ambientales:

### 1º Compromiso

Prevenir la contaminación ambiental en todas sus actividades y procesos.

**Figura 06**  
**Manejo de Residuos**

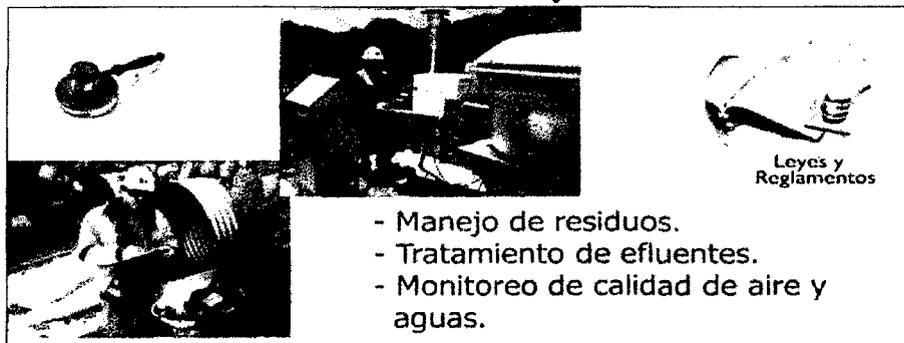


Fuente: Minera Barrick Misquichilca

### 2º Compromiso

Cumplir con la legislación ambiental en el país y otros compromisos suscritos por la empresa.

**Figura 07**  
**Estar Acorde con las Leyes**

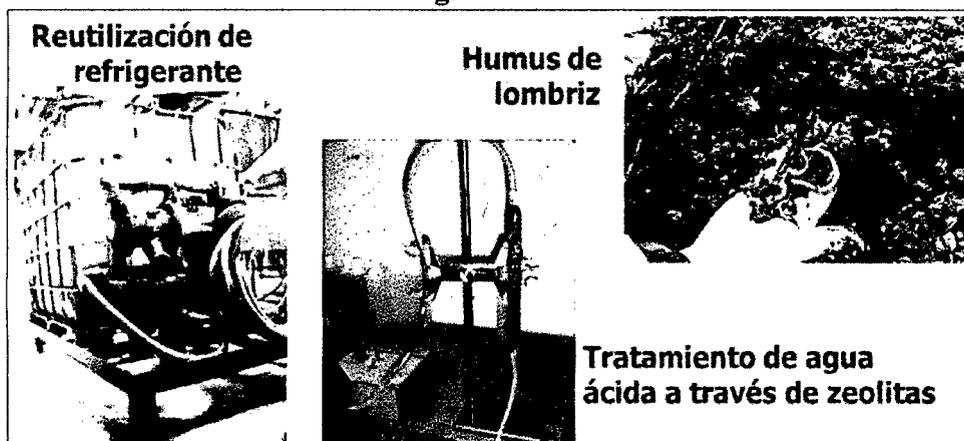


Fuente: Minera Barrick Misquichilca

### 3° Compromiso

Promover trabajos de investigación que apliquen el conocimiento científico en materia ambiental, relacionados con la actividad minera.

**Figura 08**  
**Investigaciones**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

### 4° Compromiso

Colaborar voluntariamente con las organizaciones públicas y privadas en el desarrollo de una mutua comprensión de asuntos ambientales.

**Figura 09**  
**Organizaciones Públicas**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

### 5° Compromiso

Promover programas para difundir las buenas prácticas ambientales a los trabajadores sus familias y a las comunidades del entorno inmediato.

**Figura 10**  
**Programas Ambientales**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

### 6° Compromiso

Comunicar y difundir la Declaración de Compromisos Ambientales a nuestros trabajadores y sus familias y ponerlas a disposición del público en general.

**Figura 11**  
**Comunicación al Público**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

### 7º Compromiso

Revisar, documentar y mantener el Sistema de Gestión Ambiental para hacer el seguimiento de su desempeño ambiental, buscando la mejora Continua con la participación de todos los empleados.

**Figura 12**  
**Documentación del Sistema de Gestión Ambiental**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

### 8º Compromiso

Requerir a los Proveedores de bienes y servicios un óptimo desempeño acorde con nuestras buenas prácticas ambientales.

**Figura 13**  
**Prácticas Ambientales**

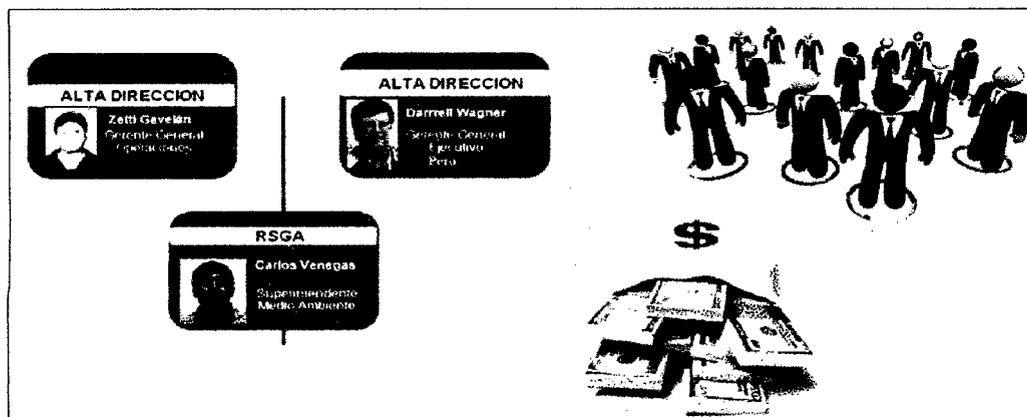


Fuente: Minera Barrick Misquichilca

## 9º Compromiso

Contar con la autoridad y los recursos necesarios para mantener el Sistema de Gestión Ambiental y los estándares y prácticas ambientales asociados.

**Figura 14**  
**Autoridades**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

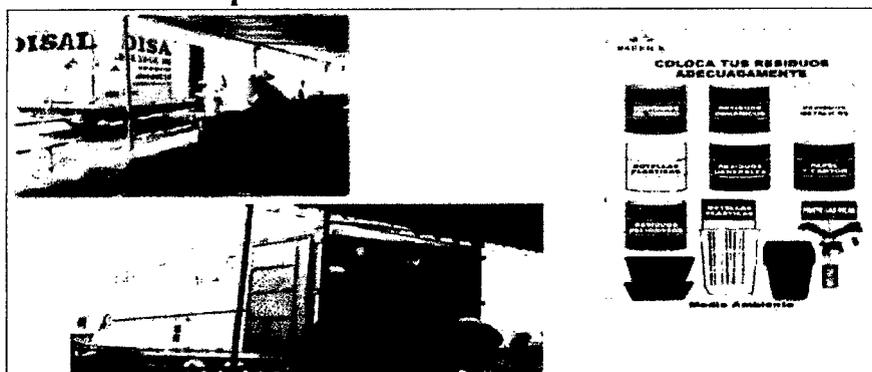
## 2.9 Aspectos Ambientales Significativos en Minera Lagunas Norte

Los aspectos ambientales significativos con controlados con ayuda del Sistema de Gestión Ambiental tales como:

### 1. Generación y/o Disposición de RSP y RSNP (Residuos Sólidos Peligroso y No peligrosos)

Las áreas involucradas con de Mantenimiento y Procesos.

**Figura 15**  
**Disposición de Residuos Solidos**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

## 2. Emisión de Material Particulado

Áreas involucradas con de Construcción y Operaciones Mina.

**Figura 16**  
**Material Particulado**

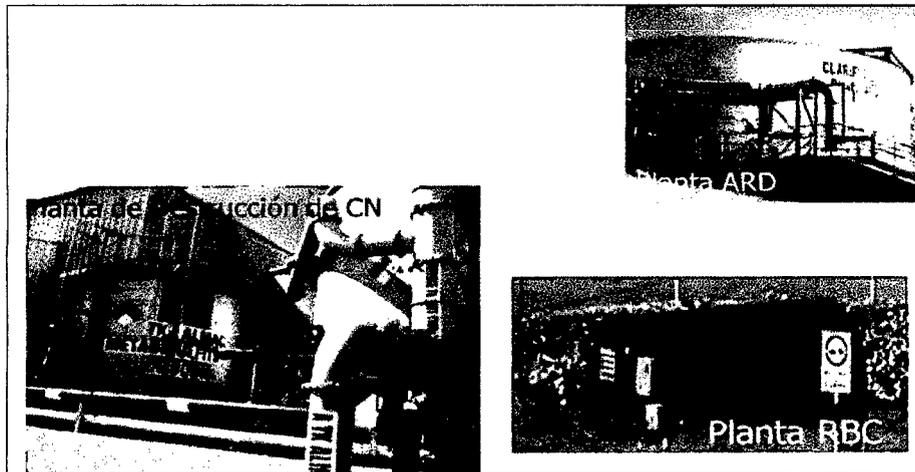


Fuente: Minera Barrick Misquichilca

## 3. Generación de Efluentes Tratado

Área Procesos dentro de los cuales realiza los trabajos de neutralización de aguas acidas, destrucción de cianuro y tratamiento efluentes domésticos (planta RBC).

**Figura 17**  
**Efluentes Tratado**

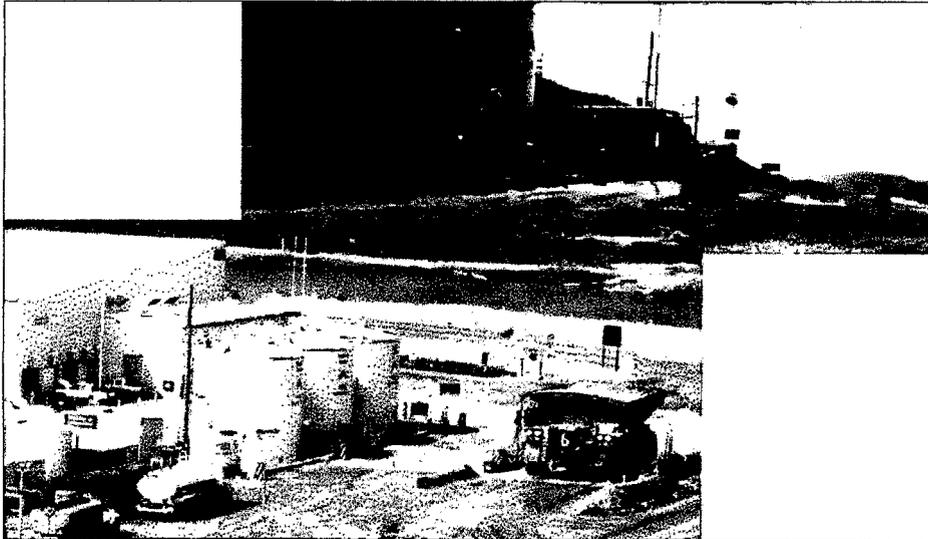


Fuente: Minera Barrick Misquichilca

#### 4. Potencial Explosión de Combustibles

Área Logística.

**Figura 18**  
**Combustibles**

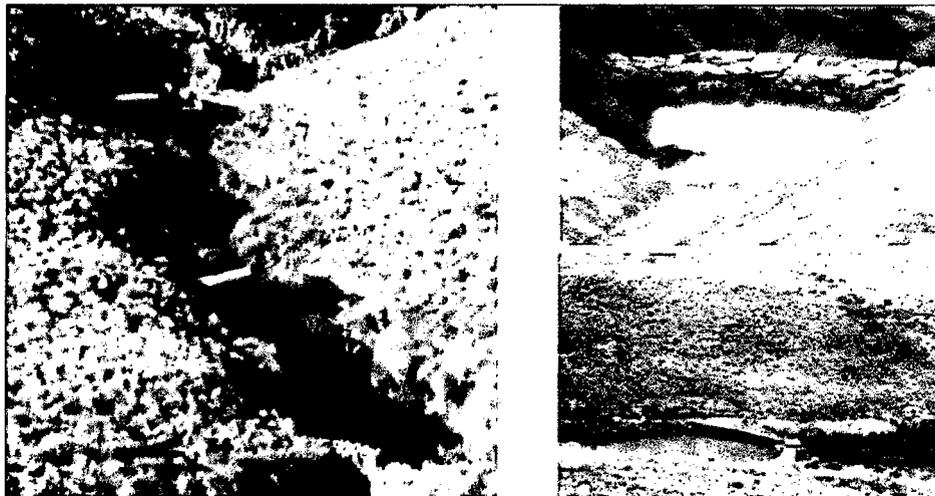


Fuente: Minera Barrick Misquichilca

#### 5. Generación de Agua con Sedimentos

Áreas involucradas Construcción, Operaciones Mina y Desarrollo de Proyectos.

**Figura 19**  
**Sedimentos**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

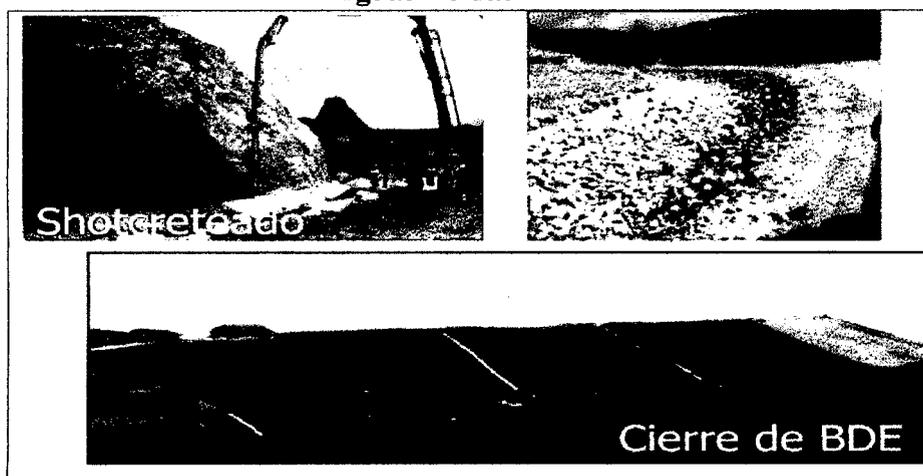
## 6. Generación de Aguas Acidas

Áreas Construcción y Operaciones Mina.

## 7. Potencial Fuga y/o Derramen de Aguas Acidas

Áreas Construcción, Operaciones Mina y Procesos.

**Figura 20**  
**Aguas Acidas**

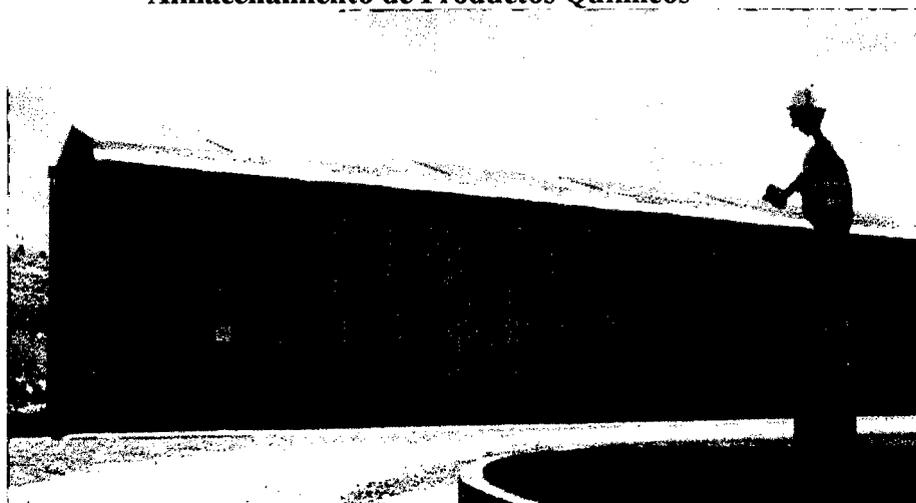


Fuente: Minera Barrick Misquichilca

## 8. Potencial Derrame de Productos Químicos, Ácidos y Reactivos

Área Logística transporte, descarga y almacenamiento.

**Figura 21**  
**Almacenamiento de Productos Químicos**

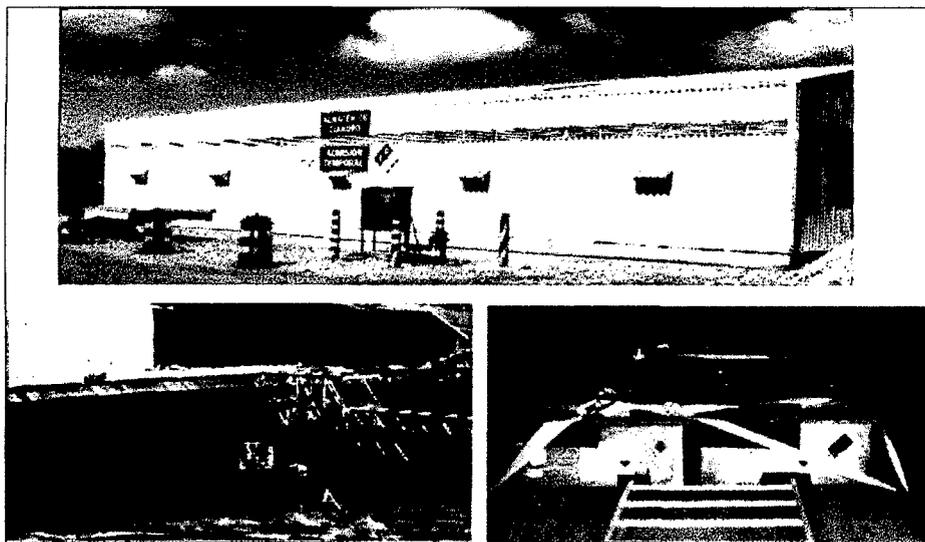


Fuente: Minera Barrick Misquichilca

**9. Potencial Fuga, Derrame y/o Filtración de Solución Cianurada, Cianuro y Mercurio**

Áreas Logística y Procesos.

**Figura 22**  
**Soluciones Cianuradas**

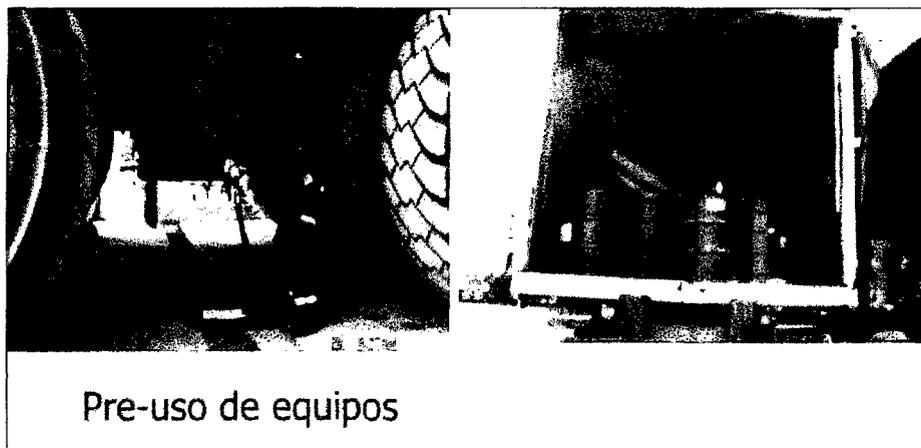


Fuente: Minera Barrick Misquichilca

**10. Potencial Fuga y Derrame de Hidrocarburos**

Áreas Construcción, Logística, Mantenimiento, operaciones Mina, Desarrollo de Proyectos y Medio Ambiente.

**Figura 23**  
**Derrame de Hidrocarburos**



Fuente: Minera Barrick Misquichilca

## **CAPITULO III**

### **GEOLOGIA**

#### **3.1 GEOMORFOLOGÍA**

El área está dominada por dos unidades geomorfológicas: el antiplano sobre los 3500 hasta los 4200 msnm, de topografía suave interrumpida por algunos valles glaciares y bajo los 3500 msnm predominan valles, con erosión activa que han generado fallarones.

El yacimiento se extiende a ambos lados de la divisoria continental entre la vertiente del océano Atlántico por el oriente y la vertiente del Océano Pacífico por el Occidente, las nacientes del río Chuyuhual fluyen hacia el este y las nacientes del río Negro fluyen hacia el oeste. El río Negro desemboca en el río Perejil, el cual se convierte aguas abajo en el río Alto Chicama.

## **3.2 GEOLOGÍA REGIONAL**

La geología regional del área está dominada por una secuencia densa de rocas sedimentarias de carbonatos y clastos marinos del Mesozoico, que se encuentran entre el Mesozoico y el Batolito de la Costa del Terciario Temprano al oeste y rocas metamórficas precambrianas del Complejo Marañón hacia el este. La secuencia mesozoica se ha visto afectada al menos por una y posiblemente dos etapas de deformación compresiva durante la orogenia andina. Las rocas del Mesozoico tienen superpuesta una capa irregular de rocas volcánicas del Grupo Calipuy.

## **3.3 ESTRATIGRAFÍA SEDIMENTARIA**

**3.3.1 Formación Chicama:** La Formación Chicama se caracteriza por la presencia de lodolita finamente intercalada, lodolita bituminosa, limolita y areniscas menores con intercalaciones locales de arcillas y material tufáceo retrabajado. Cuando entran en contacto con rocas intrusivas más recientes, esta formación se transforma en esquisto.

Con frecuencia forma suelos rojos cuando se ve afectada por la intemperización debido a la presencia de limonita y hematitas.

**3.3.2 Formación Chimú:** La Formación Chimú está principalmente compuesta de secuencias de segundo orden que se van afinando según la altura compuesta casi exclusivamente de granos muy limpios de cuarzo. Cada serie de segundo orden empieza con la sedimentación de arenas angulares gruesas en lechos espesos, lo que indica una elevación del continente, y está seguida de una deposición de lechos cada vez más delgados de granos de arena más fina hasta terminar con la deposición de material de tamaño de la arcilla. Debido al metamorfismo regional, estas rocas están localmente transformadas en

cuarcitas de color grisáceo a blanco, resistentes a la erosión, que dan como resultado una topografía abrupta en la forma de anticlinales bien conservados (isoclinales) como el Anticlinal de Algamarca.

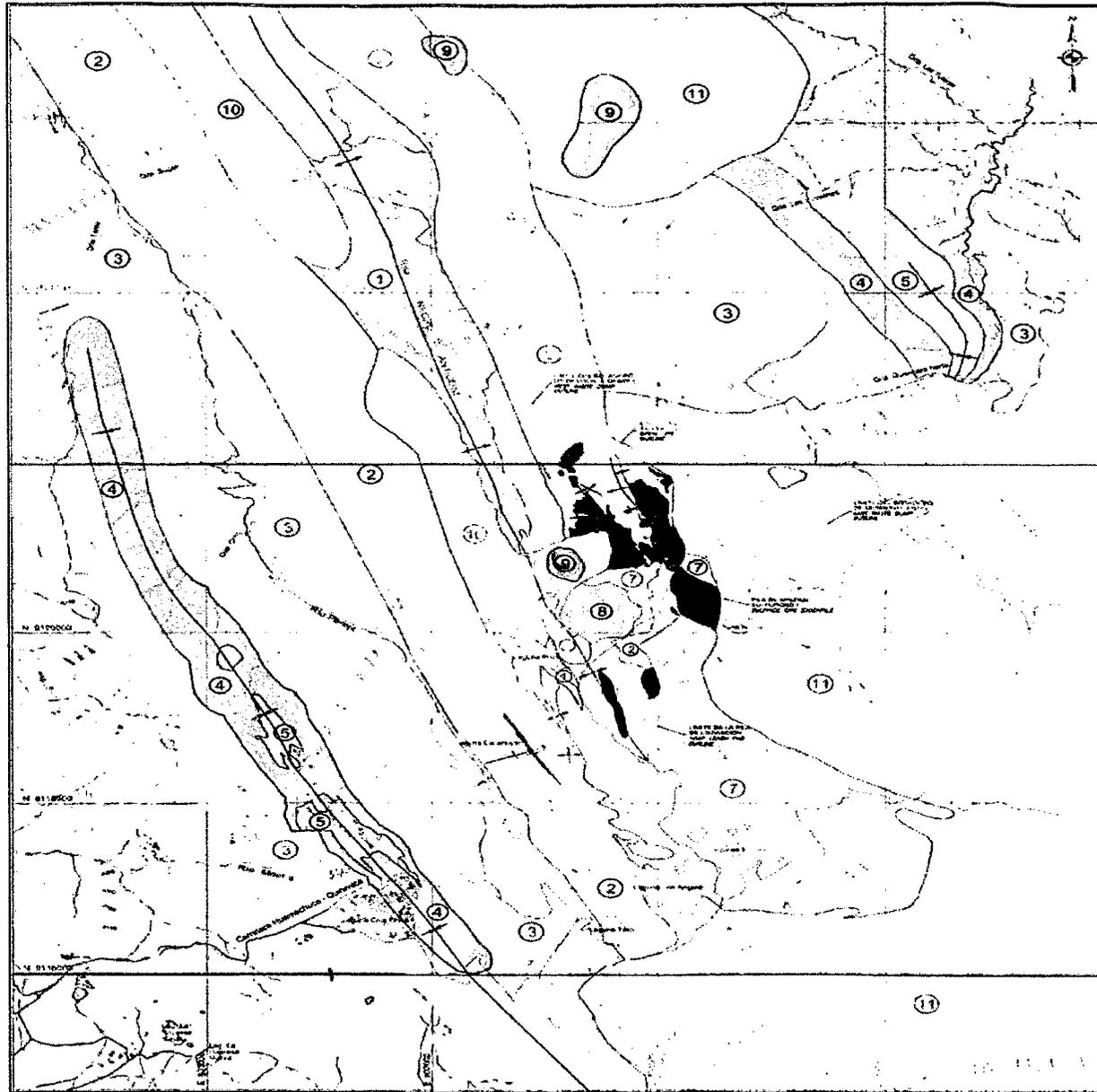
### **3.3.3 Formación Santa-Carhuaz:**

La Formación Santa-Carhuaz concordantemente se extiende sobre la Formación Chimú y corresponde a una etapa de sedimentación indicativa de un periodo tectónico más pasivo sin elevaciones del continente o magmatismo activo y se relaciona con la transgresión marina.

La Formación Carhuaz consiste de areniscas sucias de color grisáceo con tonalidades de rojiza a púrpura, intercaladas con lodolitas grises. Se observan lechos de cuarcita blanca intercaladas con areniscas y lodolitas en la parte superior de la secuencia.

**3.3.4 Formación Farrat:** La Formación Farrat se extiende concordantemente sobre la Formación Carhuaz poniendo punto final a la etapa de sedimentación clástica del Cretáceo inferior. También subyace a la Formación Inca del Cretáceo Intermedio que marca el inicio de la deposición de una espesa secuencia de carbonatos. La Formación Farrat consiste de lechos espesos de ondas y estratificaciones cruzadas de arenisca blanca e incluye arenisca de grano grueso que puede formar localmente micro-conglomerados.

**3.3.5 Formación Chulec:** La Formación Chulec se extiende concordantemente sobre la Formación Inca y subyace a la Formación Pariatambo. Comprende una sucesión de finos lechos de calizas arenosas grises fosilíferas, intercaladas con lodolitas ricas en carbonatos y nódulos de calizas que contienen margas.



**GEOLOGICAL LEGEND - BEDROCK**

<b>TERCIARIO INFERIOR / LOWER TERTIARY</b>	
<b>Fm. Calipuy / Calipuy Formation</b>	<b>11</b>
Tufos andesíticos y flujos. Fase tardía, capa gruesa a masiva / <i>Andesitic Tuffs and Flows Late stage, thickly to massive bedded</i>	
<b>Tufos y flujos andesíticos Shulcahuanga capa gruesa a masiva / Shulcahuanga Andesitic Tuffs and Flows, thickly to massive bedded</b>	<b>10</b>
<b>Domos andesíticas Shulcahuanga, andesita porfírica / Shulcahuanga Andesitic Domes, porphyritic andesite</b>	<b>9</b>
<b>Domo andesítico, andesita porfírica / Andesitic Dome, porphyritic andesite</b>	<b>8</b>
<b>Tufos y Flujos andesíticos, capa gruesa a masiva, mineralizados con sulfuro diseminado (pirita) / Andesitic Tuffs and Flows, thickly to massive bedded, mineralized with disseminated sulfide (pyrite)</b>	<b>7</b>
<b>Tufos andesíticos a dacíticos, Brechas, domos / Andesitic to Dacitic Tuffs, Breccias, Domes</b>	<b>6</b>
<b>CRETÁCEO INFERIOR / LOWER CRETACEOUS</b>	
<b>Fm. Inca / Inca Formation</b>	<b>5</b>
Areniscas y lodolitas calcáreas rojas a ferruginosas / <i>Red calcareous to ferruginous sandstone and mudstone</i>	
<b>Fm. Ferrat / Ferrat Formation</b>	<b>4</b>
Arenisca gris clara, lodolitas / <i>light grey sandstone, siltstone</i>	
<b>Fm. Carhuaz, intercalaciones de arenisca marrón, limolitas, lodolitas carbonosas / Carhuaz Formation, interbedded brown sandstone, siltstone, carbonaceous mudstone</b>	<b>3</b>
<b>Fm. Chimu, Cuarcita, gra clara, capa gruesa a masiva, con intercalaciones menores de lodolitas carbonosas y carbón entracico / Chimu Formation, Quartzite, light gray, thickly to massive bedded, with minor interbedded carbonaceous mudstone and anthracite coal</b>	<b>2</b>
<b>JURASICO SUPERIOR / UPPER JURASIC</b>	
<b>Fm. Chicama, Lodolita, negra, carbonosa, capa delgada / Chicama Formation, mudstone, black, carbonaceous, thin bedded</b>	<b>1</b>
 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b>	
ESCALA: 1/20 000	REVISADO MBM
TITULO	
PLANO GEOLOGICO REGIONAL	
PROYECTO ALTO CHICAMA	PLANO 02

### **3.4 Geología Estructural**

El término del Cretáceo culminó en sedimentación marina y elevación de la cuenca sedimentaria con deformación proveniente de las fuerzas compresivas este-oeste y sureste-noroeste. Esta primera etapa de deformación es conocida como la fase peruana y se caracteriza por el intenso plegamiento en las unidades sedimentarias que originaron una reducción. Los ejes de los anticlinales y sinclinales siguen una dirección noroeste sureste.

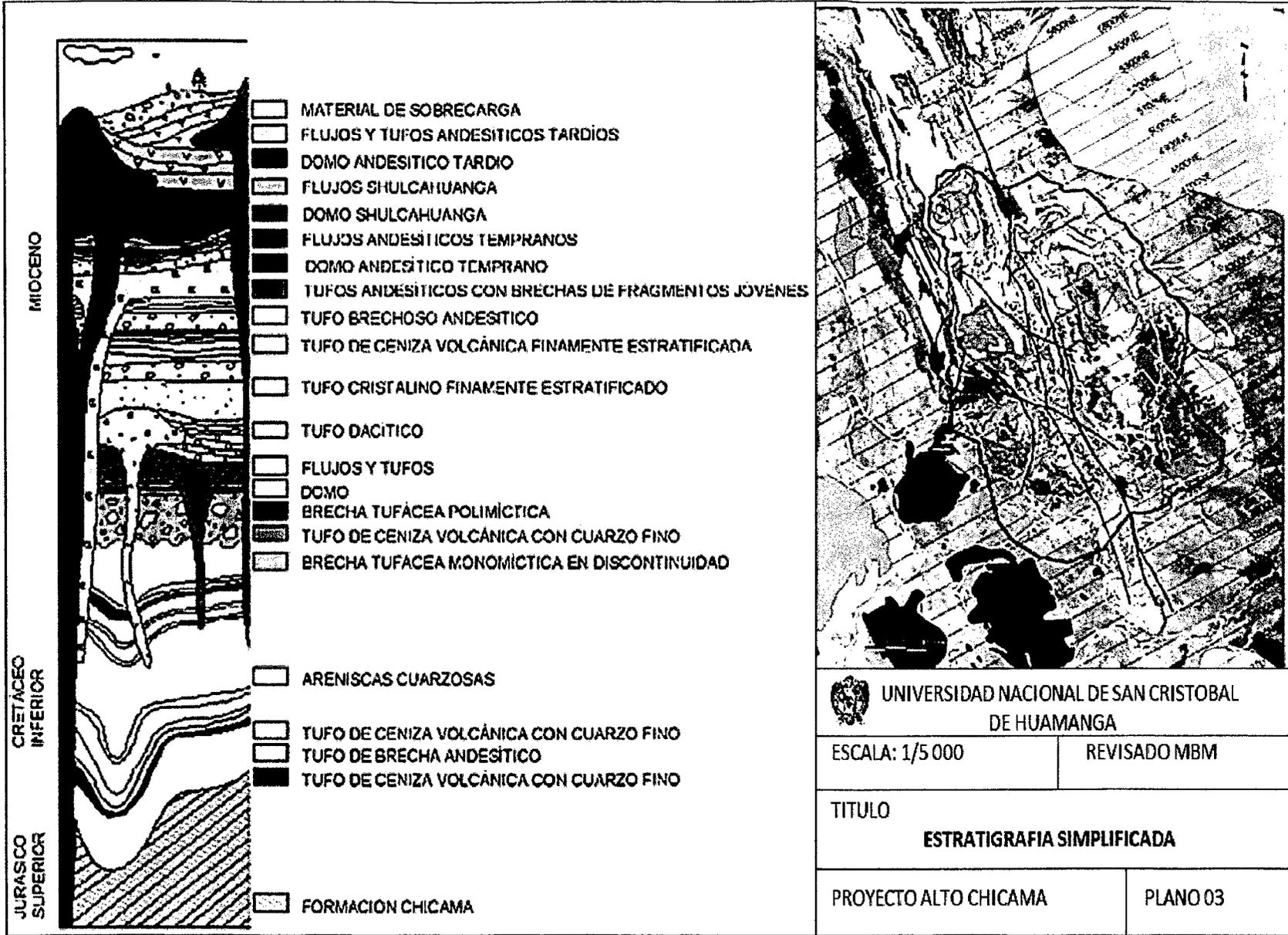
La elevación que acompañó a la deformación tectónica produjo una erosión extensa de las capas más nuevas y formó amplios depósitos sedimentarios continentales del Terciario.

La deformación y la fractura durante el Terciario Superior dieron como resultado fallamientos concordantes con la dirección de los plegamientos, fallas en dirección noreste-suroeste y desarrollo de fallas en dirección norte-sur y este-oeste, que se encuentran en toda la región.

### **3.5 Geología de Alto Chicama**

#### **3.5.1 Estratigrafía**

La estratigrafía de Alto Chicama comprende rocas sedimentarias del Jurásico al Cretáceo, sobre las cuales yacen rocas volcánicas mucho más recientes del Grupo Calipuy (Plano 02). La estratigrafía incluye la Formación Chicama del Jurásico tardío, la Formación Chimú del Cretáceo, la Formación Santa, la Formación Carhuaz, la Formación Farrat y la Formación Inca. Sobre la secuencia mesozoica se extienden irregularmente rocas volcánicas del Mioceno del Grupo Calipuy.



### 3.5.2 Alteración y Mineralización

El yacimiento de Lagunas Norte difiere de otros grandes yacimientos auríferos de alta sulfuración en América del Sur (por ejemplo, Yanacocha, Pierina, Pascua-Lama, Veladero) en que la mayor parte del recurso aurífero está contenido en estratos sedimentarios silicioclásticos, en lugar de roca volcánica.

MBM Minera Barrick Misquichilca definió una secuencia de alteración/mineralización (Gaboury, comunicación personal) involucrando hasta cuatro etapas distintas que incluyen:

- Un periodo temprano de silicificación masiva;
- Lixiviación ácida intensa acompañada por sulfuración finamente diseminada;
- Deposición de cuarzo en geodas y fracturas abiertas; y
- Una segunda etapa de mineralización de sulfuros con piritita gruesa, enargita y sulfosales.

La mineralización es el resultado de múltiples eventos volcánicos e hidrotermales. La mineralización está encajada tanto en la roca volcánica del Terciario de la Formación Calipuy como en las rocas sedimentarias subyacentes de la Formación Chimú. La alteración asociada con la mineralización es típica de un ambiente epitermal de alta sulfuración, caracterizada por sílica ( $\text{SiO}_2$ ), rodeado por alunita [ $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ], dickita [ $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ] y pirofilita [ $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ]. Los elementos traza típicamente asociados a estos yacimientos incluyen cobre, arsénico, bario, bismuto, zinc, plomo y cantidades variables de mercurio. El yacimiento presenta concentraciones muy bajas de minerales carbonatados u otros minerales potencialmente neutralizantes de ácido.

Existen controles tanto estructurales como estratigráficos en la mineralización. Los fluidos de mineralización ascendieron a lo largo de los principales sistemas de falla y migraron lateralmente a través de los contactos estratigráficos, tanto en la roca sedimentaria como en la volcánica. Por lo menos, se identifica dos etapas de mineralización de sulfuros. La asociación de sulfuro comprende principalmente piritita [FeS<sub>2</sub>] con menores cantidades de enargita [Cu<sub>3</sub>AsS<sub>4</sub>] y se presenta como estructuras de reemplazamiento, vetas y diseminaciones en brechas volcánicas y areniscas Chimú brechadas altamente fracturadas. La mayor parte del yacimiento del mineral (85%) se presenta como material oxidado, comprendiendo aproximadamente 15% del yacimiento del mineral como material de sulfuro. La oxidación supergénica alteró gran parte de la asociación sulfurosa generando óxidos y sulfatos de hierro.

El alcance de esta oxidación oscila entre unos cuantos metros a más de 300 m por debajo de la superficie. Aproximadamente el 80% de la reserva está contenida dentro de los sedimentos Chimú y el 20% restante está depositada en las rocas volcánicas del Calipuy.

La mineralización de Lagunas Norte se considera como de tipo de alta sulfuración. Está diseminada y se encuentra en brechas y tufos volcánicos y sedimentarios. La mineralización ha sido definida en un área de 1,600 metros por 750 metros y tiene una orientación noroeste-sureste. La mineralización de Lagunas Norte se produce en la superficie y se extiende hasta 300 metros de profundidad en algunas áreas. La mineralización es relativamente plana y controlada por la litología y la estructura. La mayor parte de la mineralización de Lagunas Norte está contenida en brechas de óxido, presentándose aproximadamente 15% en brechas de sulfuro.

**Tabla N° 02 Leyes Minerales de U. M. Lagunas Norte**

Tipo	Descripción	LEYES				Recuperación
		Au (g/t)	TCM (%)	S TOT (%)	Cu (ppm)	
M 1	Limpio	>=0.13	<0.1	<0.25		86%
M-3	Con sulfuros	>=0.15	<0.1	>=0.40	<350	77%
M-3 A	Con sulfuros y cobre	>=0.40	<0.1	>=0.25	>=350	15%

### 3.5.3 Reservas

Las leyes estáticas de corte para la reserva estimada en diciembre del 2002 fueron aproximadamente 0,45 g/t Au para mineral de óxido y aproximadamente 0,75 g/t para el mineral de sulfuro. Se asumió una recuperación metalúrgica constante de 80% para el material de óxido. El oro y la plata se recuperarán del óxido mediante lixiviación en pila. La roca mineralizada con oro pero con contenido de material carbonoso, arcilla, leyes altas de cobre o azufre o con encapsulación sulfídica de oro, no se pueden procesar económicamente mediante lixiviación en pila y se almacenarán en pilas para su potencial procesamiento o rehabilitación futuras. La presencia de cobre y azufre en sulfuros que se presentan principalmente en la pirita y enargita, puede reducir la recuperación (e incrementar el uso de reactivos) por encima de los valores umbral, al crear un enlace con el cianuro o consumiendo oxígeno.

## **CAPITULO IV**

### **HIDROLOGIA**

#### **4.1 Precipitación.**

La precipitación promedio anual en el área del Proyecto fue evaluada sobre la base del registro de precipitación de 39 años en el pueblo de Shorey, colectado por la mina Quiruvilca. Estos registros se consideraron confiables y representativos de las condiciones del área del Proyecto.

Se derivaron los siguientes parámetros estadísticos de precipitación promedio anual:

- Precipitación promedio anual: 1 439 mm/año
- Año lluvioso con un retorno de 100 años: 2 136 mm/año
- Año lluvioso con un retorno de 20 años: 1 894 mm/año
- Año seco con un retorno de 20 años: 1 061 mm/año

- Año seco con un retorno de 100 años: 941 mm/año

## **4.2 Drenaje Superficial.**

El área del Proyecto se ubica en la naciente de tres cuencas hidrográficas: Río Chuyuhual, Río Perejil y Quebrada Caballo Moro. Sólo la carretera de acceso principal al Proyecto se ubica en la cuenca del Río Moche, las instalaciones del Proyecto no están ubicadas en la cuenca del Río Moche. A escala regional, el área del Proyecto está situada en la divisoria continental entre las vertientes del Océano Pacífico y el Océano Atlántico. Las condiciones del drenaje superficial regional y local en el área del Proyecto se analizan de acuerdo con el Área de Estudio Regional (AER) y el Área de Estudio Local (AEL), definidas para el EIA.

### **4.2.1 Datos de Caudal en el Área**

MBM (Minera Barrick Misquichilca) construyó estructuras hidráulicas de concreto (vertederos y canales de control) con el propósito de monitorear continuamente el flujo. Estas estructuras se equiparon con sensores electrónicos para medir el nivel del agua y dispositivos de almacenamiento de datos. Se estableció un programa intensivo de monitoreo para confirmar el desempeño de las estructuras hidráulicas y la precisión de los datos de flujo recogidos. Adicionalmente a la operación de las estaciones de monitoreo continuo de flujo, se realizaron mediciones puntuales de flujo en el área en muchas otras estaciones, como parte del programa de monitoreo de la calidad del agua.

#### 4.2.2 Datos Regionales de Caudal

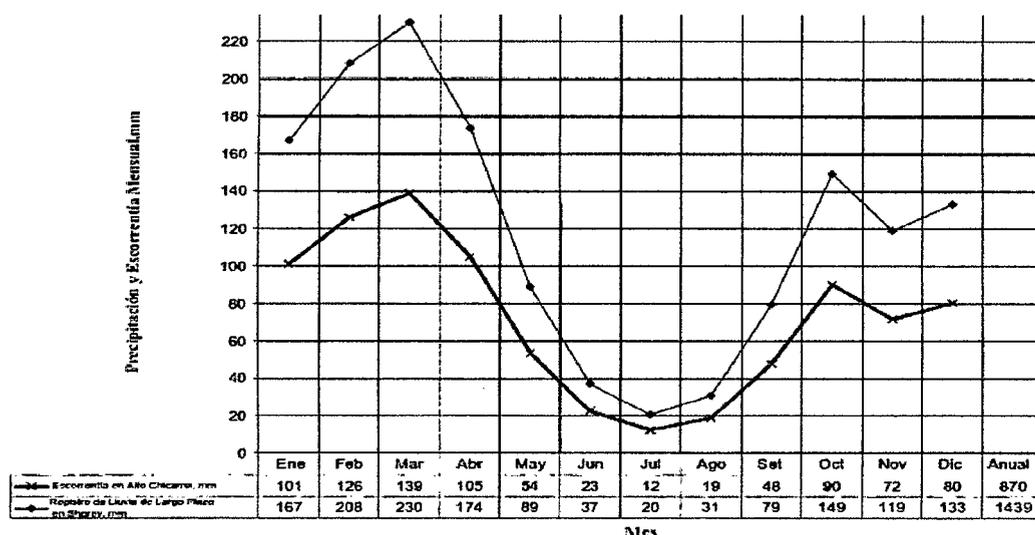
Los datos del caudal en la región fueron recogidos e informados por varias entidades independientes del Proyecto. Como se mencionó anteriormente, la entidad peruana encargada de recoger y publicar los datos hidrometeorológicos en todo el país es el SENAMHI. Otras entidades también llevan a cabo investigaciones hidrológicas, tales como ElectroPerú, con fines de desarrollo hidroeléctrico, y el Ministerio de Agricultura, con fines de desarrollo agrícola.

Los registros de caudal recogidos por el SENAMHI y otras entidades pueden ser de largo plazo (hasta de 20 años o más).

**Tabla N° 03**  
**Evaluación de los Coeficientes Mensuales de Escorrentía de Alto Chicama**

Mes	Precipitación en Alto Chicama	Escorrentía Promedio Mensual en el Río Chuyuhual		Coeficiente de Escorrentía	Notas
	mm	mm	l/s/km <sup>2</sup>		
Ene-03	122	60	23	0,5	Caudal medido
Feb-03	139	106	40	0,8	Caudal medido
Mar-03	205	115	44	0,6	Caudal medido
Abr-02	176	106	40	0,6	Caudal estimado usando el coeficiente de escorrentía
May-02	33	13	5	0,4	Caudal estimado usando el coeficiente de escorrentía
Jun-02	39	16	6	0,4	Caudal estimado usando el coeficiente de escorrentía
Jul-02	13	10	4	n/a	No aplicable. La mayor parte del caudal proviene de filtraciones y no de la precipitación
Ago-02	0	6	2	n/a	No aplicable. La mayor parte del caudal proviene de filtraciones y no de la precipitación
Sep-02	28	5	2	0,2	Caudal medido
Oct-02	208	125	48	0,6	Caudal estimado usando el coeficiente de escorrentía
Nov-02	212	127	48	0,6	Caudal estimado usando el coeficiente de escorrentía
Dic-02	166	118	45	0,7	Caudal medido
Anual	1 343	807	26	0,6	

**Tabla N° 04**  
**Precipitación Mensual y Escorrentía Promedio Derivada en Alto Chicama**

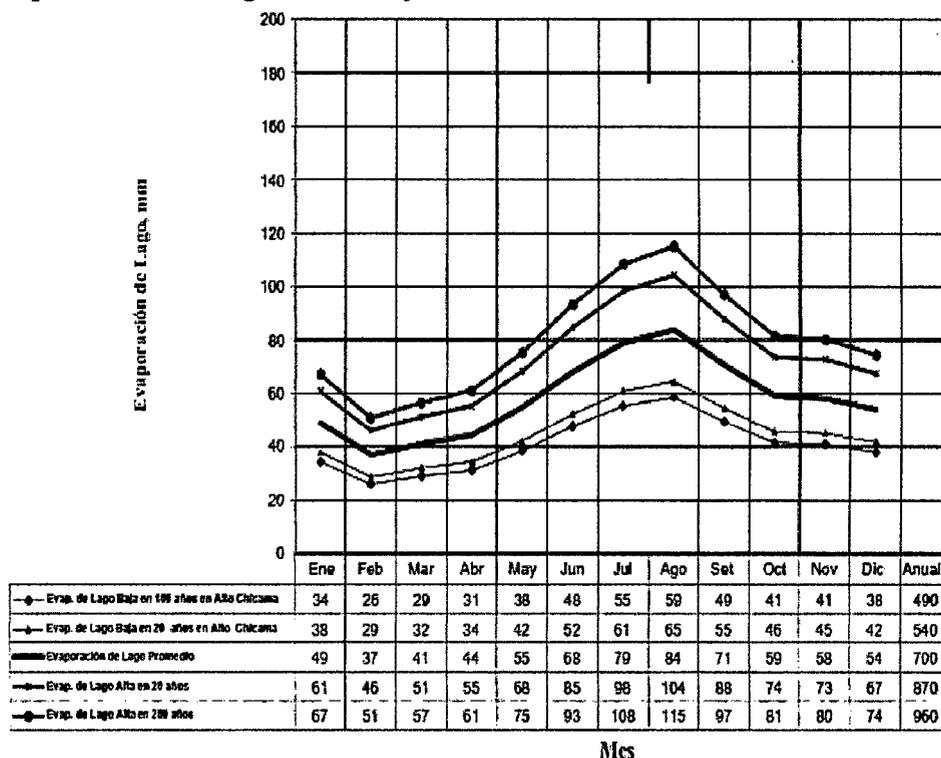


De manera similar a los datos sobre precipitación y caudal, se hace una distinción entre los datos regionales y los datos del área. Los datos para la evaporación regionales son aquellos que se registran en las estaciones instaladas y operadas por el SENAMHI y por las compañías mineras independientes del Proyecto, mientras que los datos del área son aquellos derivados o calculados por Minera Barrick Misquichilca (MBM) y sus consultores como parte del Proyecto.

### 4.2.3 Evaporación

La evaporación desde una superficie del agua o evaporación del lago es la cantidad de agua que se pierde desde la superficie de los cuerpos de agua abiertos. La evaporación del lago no se mide en forma directa. Se utiliza, por lo común, bandejas de evaporación para medir la evaporación de la superficie del agua, pese al hecho de ser mucho más pequeñas que los cuerpos de agua que se investigan (por ejemplo, lagunas o reservorios).

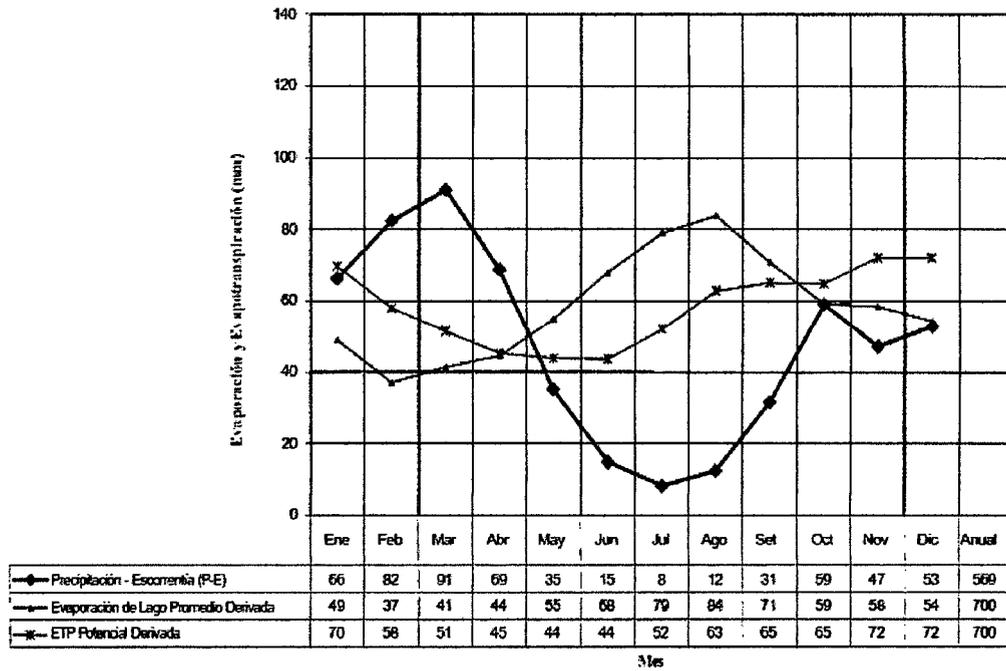
**Tabla N° 05**  
**Evaporación del Lago Mensual y Anual Derivadas Para Alto Chicama**



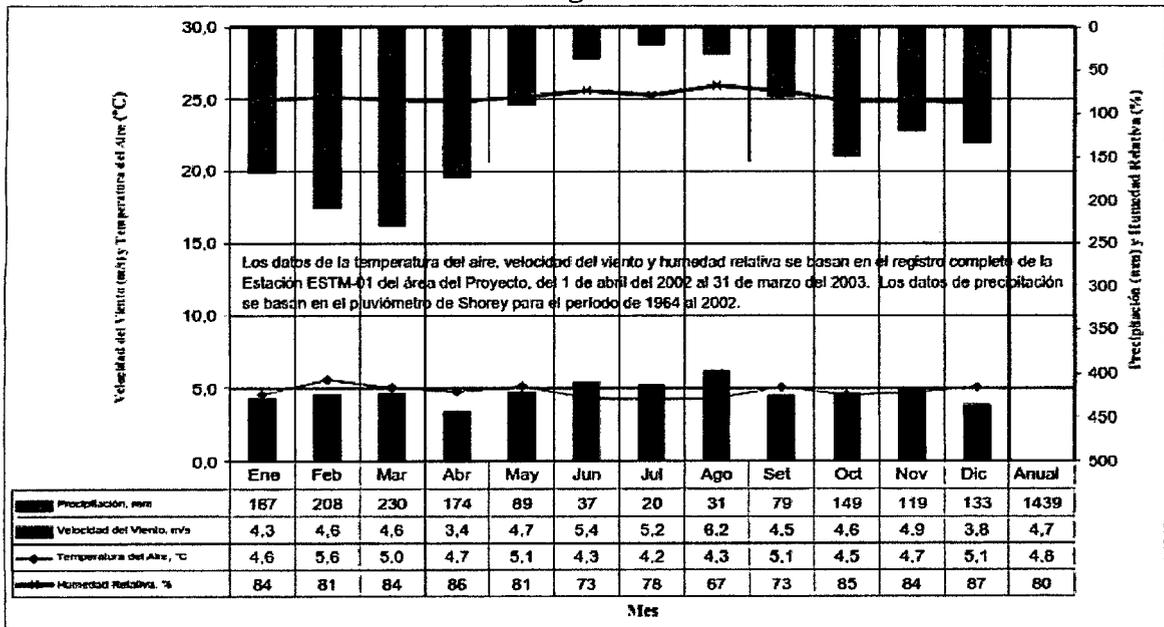
#### 4.2.4 Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial representa la cantidad de humedad que se puede evaporar desde una superficie y la que es transpirada por las plantas, siempre que exista un suministro ilimitado de agua. La evapotranspiración potencial se calcula tomando como base una serie de parámetros meteorológicos, como temperatura del aire, humedad, presión de vapor, velocidad del viento y radiación solar.

**Tabla N° 06**  
**Evapotranspiración del Lago Mensual y Anual Derivadas Para Alto Chicama**



**Tabla N° 07**  
**Resumen de Datos Meteorológicos Promedio Mensual**



### **4.3 BALANCE DE AGUA**

El modelo de balance de agua de toda el área predice los flujos de agua relacionados con la precipitación, agua de reemplazo, infiltración, evaporación, filtraciones y escorrentía superficial.

El modelo ha sido desarrollado para simular la variación de las áreas alteradas, de los volúmenes de desmonte y del mineral procesado, así como las estrategias de manejo de agua durante la vida del Proyecto. La operación incluye las cuatro fases de construcción y operación de la pila de lixiviación, la excavación del tajo abierto y la colocación del desmonte, continuando con la rehabilitación y el cierre de las instalaciones.

El balance de agua general constituye una herramienta para pronosticar las cantidades totales de agua colectada y descargada desde el área del Proyecto, relacionadas con la precipitación, el aporte del agua subterránea, escorrentía superficial y uso en el proceso. Cada una de las instalaciones del Proyecto presenta aspectos particulares de manejo de agua y requiere un análisis específico de los flujos de ingreso y de salida. Se pueden ver las instalaciones más importantes propuestas para el Proyecto, incluyendo:

- El tajo abierto;
- Botaderos de desmonte y pila de mineral;
- Reservorio de Laguna Negra;
- Reservorio de agua fresca (RAF);
- Pila de lixiviación (PL);
- Poza de solución enriquecida de lixiviación (SEL);

- Poza de rebose;
- Poza de sedimentación este;
- Poza de sedimentación oeste;
- Planta de procesamiento;
- Instalaciones varias y plantas de tratamiento de aguas servidas;
- Planta de destrucción de cianuro;
- Poza de colección de drenaje de ácido de roca (DAR);
- Planta de tratamiento de DAR; y
- Poza de limpieza.

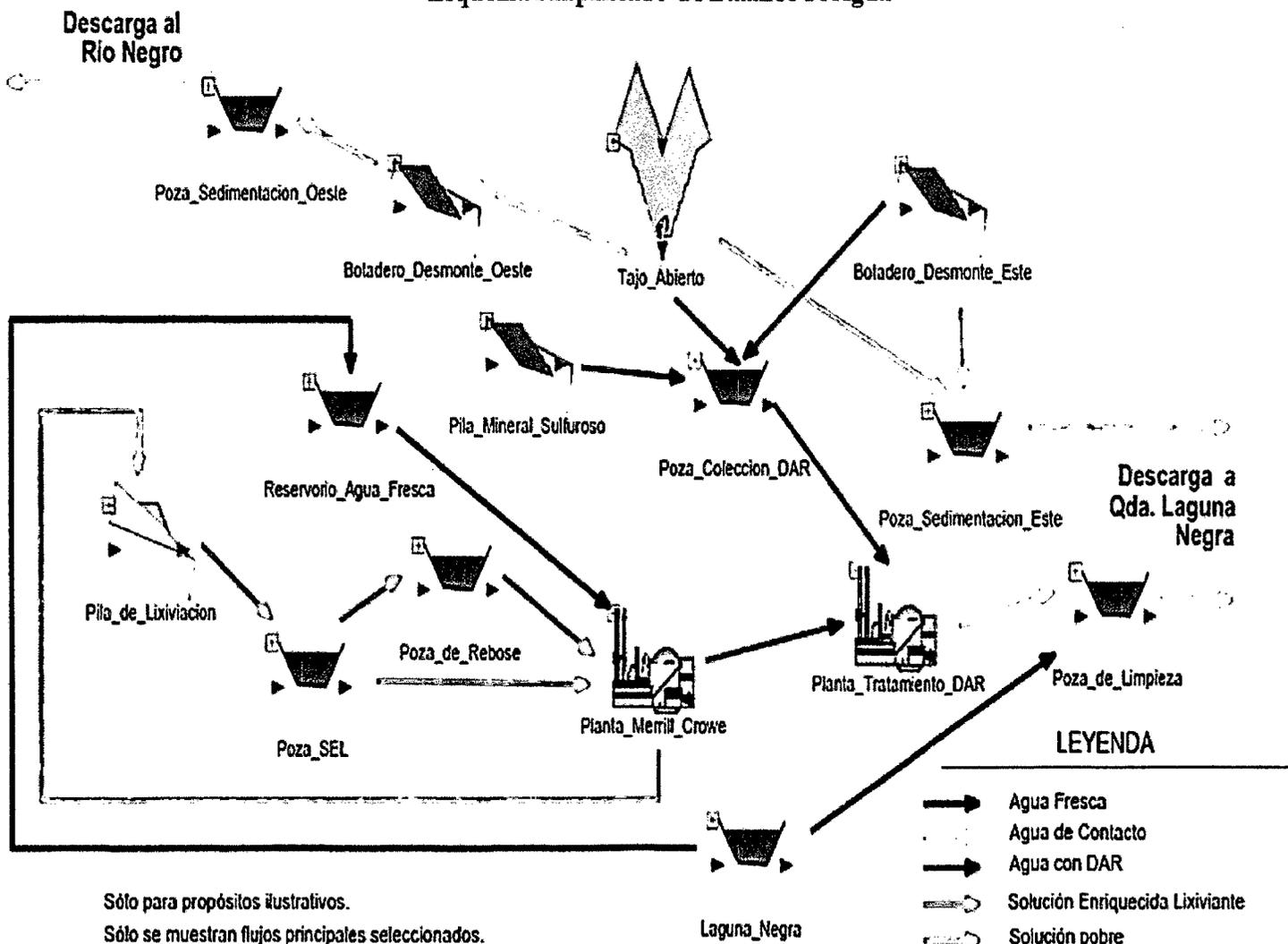
#### **4.4 PRESENTACIÓN GENERAL DEL MODELO**

El balance de agua general está compuesto por una serie de balances de agua relacionados entre sí, uno para cada instalación principal del Proyecto. Generalmente, el balance de agua de cada instalación incluye los siguientes componentes:

- Parámetros de entrada climáticos para la precipitación y la evaporación;
- Volúmenes de la instalación, áreas de cobertura y fases de construcción;
- Propiedades de los materiales para los contenidos iniciales de humedad, capacidad de campo, humedad de lixiviación, absorción de humedad y coeficientes de escorrentía;
- Tasas de diseño de aplicación de agua de proceso; y
- Tasas de tratamiento, si fueran aplicables.

Figura 25

Esquema Simplificado de Balance de Agua



Sólo para propósitos ilustrativos.  
Sólo se muestran flujos principales seleccionados.

#### **4.5 ANÁLISIS DE LA VIDA DEL PROYECTO**

El balance de agua realiza una evaluación de las siguientes fases de la vida del Proyecto:

- Operaciones (2005 a 2013) – Esta fase incluye el desarrollo, explotación del tajo abierto, las cuatro fases de construcción de la pila de lixiviación y el proceso de lixiviación, tratamiento y descarga de la solución pobre (si fuera necesario), disposición del desmonte en dos áreas, almacenamiento del mineral carbonáceo y sulfuroso, manejo del agua de tormentas, y el tratamiento y descarga del drenaje ácido de roca y lixiviación de metales (DAR/LM).
- Cierre y Rehabilitación (2013 a 2015) – Esta fase comprende la reducción del inventario del agua de proceso de la pila de lixiviación (incluyendo tanto la evaporación como el tratamiento de la solución pobre y descarga) seguida de la rehabilitación y cobertura de los botaderos de desmonte y de la pila de mineral sulfuroso, la rehabilitación del tajo abierto y de la planta de procesamiento y demoliciones de otra infraestructura. En este balance de agua se asume que se requerirá del tratamiento de DAR/LM para la fase de cierre y rehabilitación.
- Post-Cierre (2015 y en adelante) – La fase final comprende el manejo de agua en el área, incluyendo el ajuste del pH del agua de la laguna del tajo abierto, colección de agua de DAR/LM, si fuera el caso, su tratamiento y descarga.

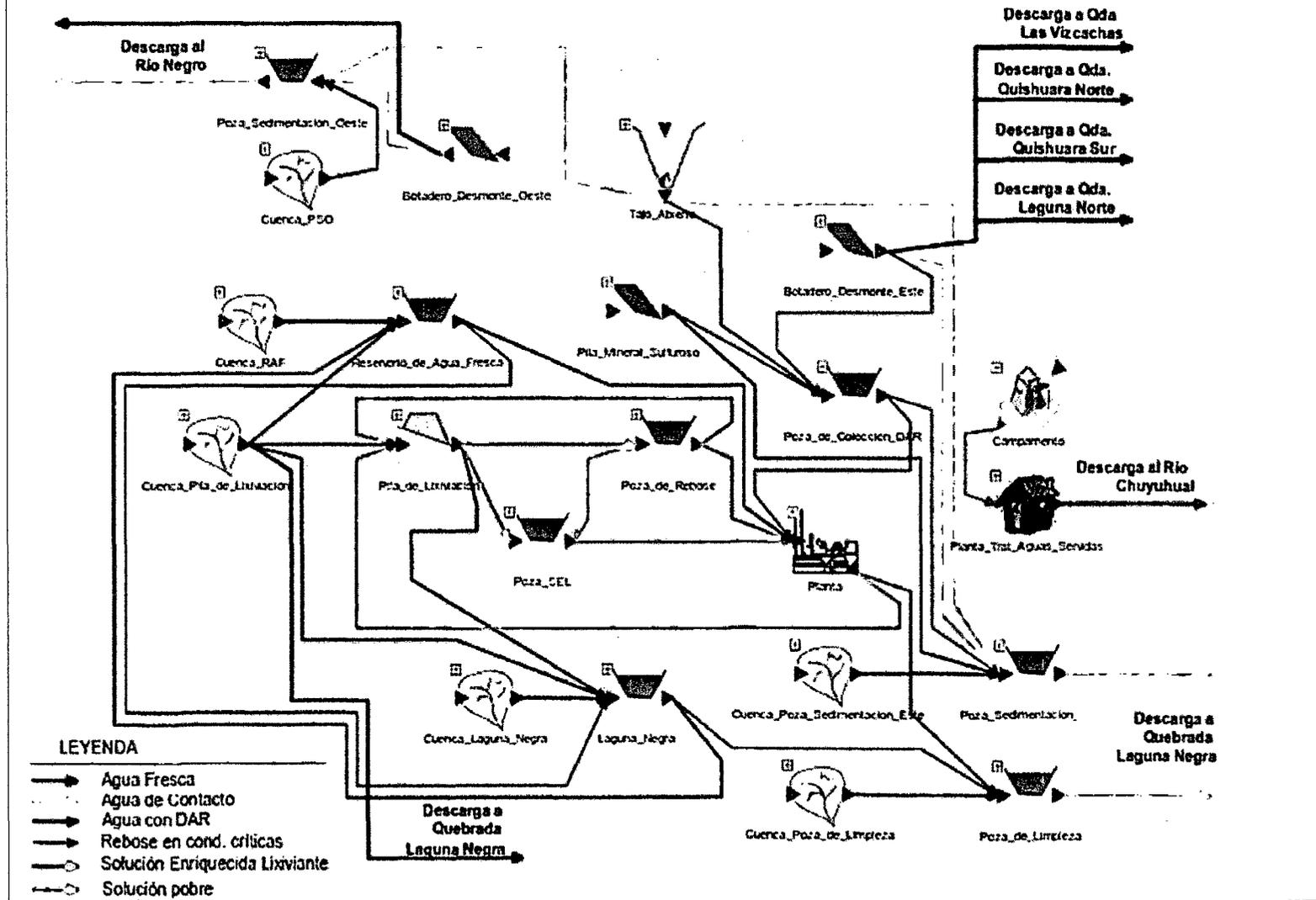
## 4.6 DEFINICIONES

Los términos se definen como sigue:

- El agua sin contacto es el agua superficial o subterránea que no ha estado en contacto con las paredes del tajo, desmonte, material de la pila de mineral, material de lixiviación o áreas bastante alteradas. Generalmente este tipo de agua se descarga al ambiente sin ningún tratamiento previo. El agua sin contacto que se mezcla con agua de contacto, se convierte en agua de contacto.
- El agua de contacto es el agua superficial o subterránea que ha sido expuesta a las paredes del tajo, desmonte, material de la pila de mineral, material de lixiviación o áreas bastante alteradas, tales como las áreas de los botaderos de desmonte y el tajo abierto que hayan sido pre-desbrozadas. El agua de contacto puede ser clasificada en función de su calidad, de la siguiente manera:
  - Agua de contacto sin DAR/LM, que es el agua que ha tenido contacto con materiales no generadores de acidez (NGA) o que ha tenido contacto brevemente con materiales potencialmente generadores de acidez (PGA). Este tipo de agua es de calidad aceptable en lo que se refiere a contaminantes disueltos (metales traza, acidez) asociados con DAR/LM, aunque puede contener sólidos en suspensión.
  - Agua de contacto con DAR/LM, que es el agua que ha filtrado a través de los materiales PGA, y por lo tanto se asume que requerirá tratamiento químico para remover el DAR/LM antes de ser descargada al ambiente.

Figura 26

Esquema del Modelo del Balance de Agua General



## **CAPITULO V**

### **HIDROGEOLOGIA**

#### **5.1 Condiciones Hidrogeológicas de Línea de Base**

El conocimiento de las condiciones hidrogeológicas de línea base en el área del Proyecto se estableció a partir de las investigaciones de monitoreo de las aguas subterráneas. Las investigaciones de línea base hidrogeológica incluyeron la perforación de pozos de monitoreo, monitoreo del nivel de aguas subterráneas, pruebas de conductividad hidráulica y monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas.

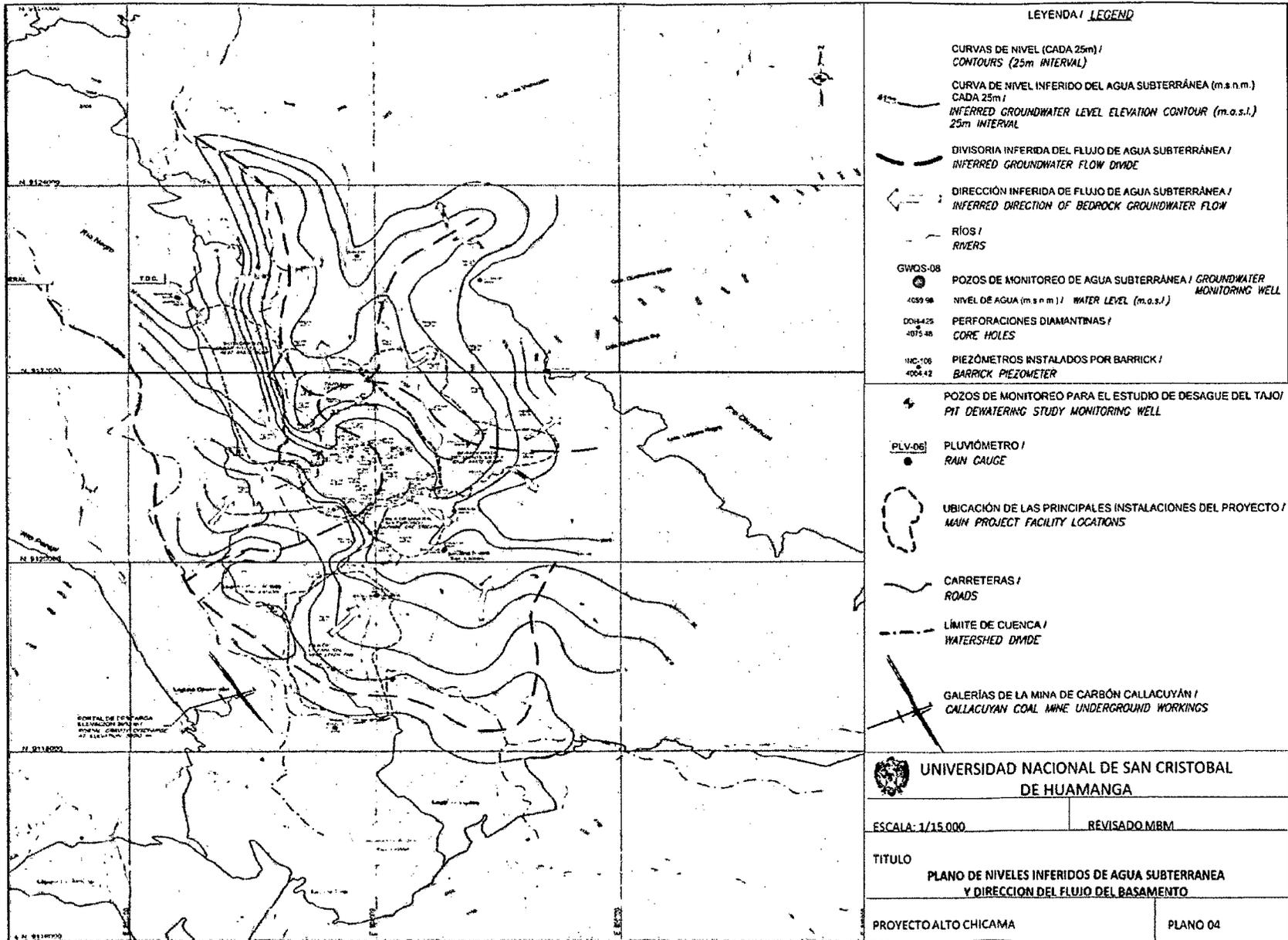
Las aguas subterráneas dentro del área de Proyecto no se utilizan para el abastecimiento de agua mediante los pozos de producción, sin embargo, son importantes durante la época de estiaje con respecto al mantenimiento del flujo base, de los ríos que drenan el área. El Proyecto propuesto tiene el potencial de afectar tanto

la cantidad como la calidad del flujo base proveniente de las aguas subterráneas en algunas zonas de las cuencas del Río Chuyuhual y Río Negro. En las siguientes secciones se describen las condiciones existentes de las aguas subterráneas, que proporcionan la base para el EIA.

## **5.2 Niveles de Aguas Subterráneas y Direcciones de Flujo**

La interpretación del mapa se basa en tres fuentes principales de información: los niveles de las aguas subterráneas medidos en los pozos de monitoreo de línea base, las perforaciones abiertas de exploración; y en los pozos para el monitoreo del desagüe del tajo abierto. Los datos sobre el nivel de las aguas subterráneas se obtuvieron durante la época de estiaje del 2002 y la época de lluvias del 2003. Así, estos niveles no representan un solo punto en el tiempo, sino una vista combinada de períodos de tiempo que abarcan tanto niveles de agua de la época de estiaje como de la época de lluvias. Sin embargo, dado que el relieve topográfico es lo suficientemente pronunciado y el intervalo de curvas de nivel de las aguas subterráneas es cada 25 m y está muy espaciada, las fluctuaciones estacionales no afectan la interpretación global de las direcciones de flujo de las aguas subterráneas.

Los niveles de aguas subterráneas se encontraron a profundidades de 1 a 80 m por debajo de la superficie del terreno, siendo por lo general menos profundos en áreas de suave topografía o en áreas adyacentes a lagunas y ríos, y más profundos por debajo de terrenos elevados y empinados, como es el área del tajo abierto.



### **5.3 Permeabilidad de la Formación**

Se ha evaluado la permeabilidad de las diversas formaciones que se encuentran por debajo del área de Alto Chicama, mediante observaciones de campo que incluyen la producción de agua encontrada en las formaciones durante la perforación con circulación reversa, en las pruebas de conductividad hidráulica en los pozos de monitoreo de línea base y en las observaciones de los flujos base durante la época de estiaje en los ríos que drenan del área.

La información disponible es relativamente escasa considerando la extensión del área que se muestra. Sin embargo, esta información se considera suficiente para establecer la naturaleza general de las formaciones con respecto a su permeabilidad baja, moderada o alta. Estos términos se usan en sentido relativo con respecto a las condiciones encontradas en Alto Chicama, tal como se describe más adelante.

#### **5.3.1 Estratos de Baja Permeabilidad**

La mayoría de los estratos de roca conformados por esquistos de barro de la Formación Chicama y por andesitas volcánicas de la Formación Calipuy, se consideran de baja permeabilidad. Esto refleja las bajas producciones de agua en los pozos (típicamente menos de 0,1 l/s) y conductividades hidráulicas del orden de  $1 \times 10^{-6}$  a  $1 \times 10^{-8}$  cm/s.

#### **5.3.2 Estratos de Permeabilidad Moderada**

La permeabilidad moderada se encuentra localmente asociada con secciones intemperizadas de secuencia volcánica poco profunda, donde se obtuvo producciones de agua moderadas a altas, entre 0,5 y 1,0 l/s. Las conductividades hidráulicas asociadas a estos pozos oscilaron entre aproximadamente  $1 \times 10^{-3}$  a  $1 \times 10^{-5}$  cm/s.

### **5.3.3 Estratos de Alta Permeabilidad**

Se encontró que la cuarcita de la Formación Chimú contenía sistemas intemperizados de fracturas abiertas que fueron más productivos con respecto a la producción de agua en los pozos.

### **5.3.4 Depósitos de Suelos**

Los depósitos de suelos son importantes localmente con respecto a la permeabilidad, particularmente en las áreas donde los suelos son más amplios, a partir de las observaciones generales de campo, el depósito glacial que comprende limo arcilloso con cantos rodados y piedras grandes, será de baja permeabilidad debido a la granulometría fina. Se pueden anticipar conductividades hidráulicas del rango de  $10^{-6}$  a  $10^{-8}$  cm/s, dependiendo de las variaciones en la granulometría del suelo. Las arcillas blandas creadas a partir de las formaciones de los depósitos de lagunas que se encuentran localmente en el depósito glacial, tendrán similarmente una baja permeabilidad.

## **5.4 Recarga y Descarga del Agua Subterránea**

La mayor parte del área del Alto Chicama es un área de recarga de aguas subterráneas, consistente con la naturaleza elevada del terreno, donde la precipitación puede infiltrarse en los depósitos superficiales y en el basamento rocoso. Una vez infiltrada, el agua subterránea fluye a través de las formaciones hacia elevaciones menores, donde típicamente ocurre la descarga en las lagunas y en los ríos.

Se considera que el flujo base de agua subterránea descarga a lo largo de todo los cursos de agua, suministrando el agua que mantiene el flujo de los ríos durante la época de estiaje. Sin embargo, en una revisión del flujo base durante la época de estiaje en los ríos, se obtuvo la identificación de las áreas de descarga de agua subterránea más importantes, las cuales incluyen:

- El cañón del Río Chuyuhual, aguas abajo de la Quebrada Quishuara Sur;
- Las minas de carbón abandonadas y el contacto de la Formación Chicama/Chimú en el Río Negro; y
- La mina de carbón Callacuyán en el Río Perejil.

#### **5.4.1 Río Chuyuhual**

El Río Chuyuhual discurre en su mayor parte con dirección norte, en la parte oriental del AEL. El río atraviesa el pueblo de Chuyuhual antes de cambiar de dirección hacia el este para dirigirse hacia el pueblo de Sanagorán, en donde se une con otros ríos de tamaño similar.

El flujo base durante la época de estiaje del Río Chuyuhual muestra un cambio significativo entre la mitad superior y la mitad inferior de la cuenca, lo cual se advierte al observar casi el doble del flujo desde el cañón empinado directamente aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Quishuara Sur (Plano 05). Este cañón disminuye su elevación en aproximadamente 125 a 150 m en una distancia horizontal de 800 m, cortando al volcánico Terciario que se encuentra por debajo de la mitad superior de la cuenca, exponiendo la disconformidad asociada con las rocas sedimentarias del Cretáceo de la Formación Carhuaz. El marcado incremento en el flujo no está asociado

con la escorrentía superficial de los afluentes adyacentes (Plano 05), lo cual indica que la descarga de las aguas subterráneas es la fuente dentro del cañón, tal como se describe más adelante.

una gran parte de este flujo base en el valle del Río Chuyuhual, debajo del área del Alto Chicama, parece estar asociada con el incisivo cañón Chuyuhual, reflejando un control litológico y estructural en la descarga de las aguas subterráneas. Asumiendo que el flujo base de las aguas subterráneas promedio en la cuenca es 2 l/s/km<sup>2</sup>, la tasa de recarga necesaria para alimentar anualmente este flujo base, se encontraría en el rango del 4% de la precipitación total anual.

#### **5.4.2 Río Negro**

El área de drenaje es de aproximadamente 9,8 km<sup>2</sup> y la descarga durante el periodo de agosto a setiembre del 2002, varió entre 13,4 y 26,9 l/s. Se efectuaron dos mediciones semanales de 4 a 5 l/s, lo cual es irregularmente bajo y no se incluyen en el rango de flujo antes indicado, ya que estos valores bajos reflejan posiblemente la toma de aguas por los canales de regadío ubicados aguas arriba. Los flujos normalizados para el rango de 13,4 a 26,9 l/s son de 1,4 a 2,7 l/s/km<sup>2</sup>, respectivamente. Estos flujos base de descarga de las aguas subterráneas se consideran consistentes con los manantiales que descargan en el área de las minas de carbón abandonadas de la Formación Chimú y en las regiones pantanosas a lo largo de las zonas de contacto entre los esquistos de barro de la Formación Chicama y las cuarcitas de la Formación Chimú tanto en los flancos anticlinales este como oeste, en donde aparentemente se descarga el agua subterránea. Asimismo, el Río Negro presenta áreas extensas de morrena glaciar que podrían infiltrar aguas de precipitación que sustentan el flujo base.

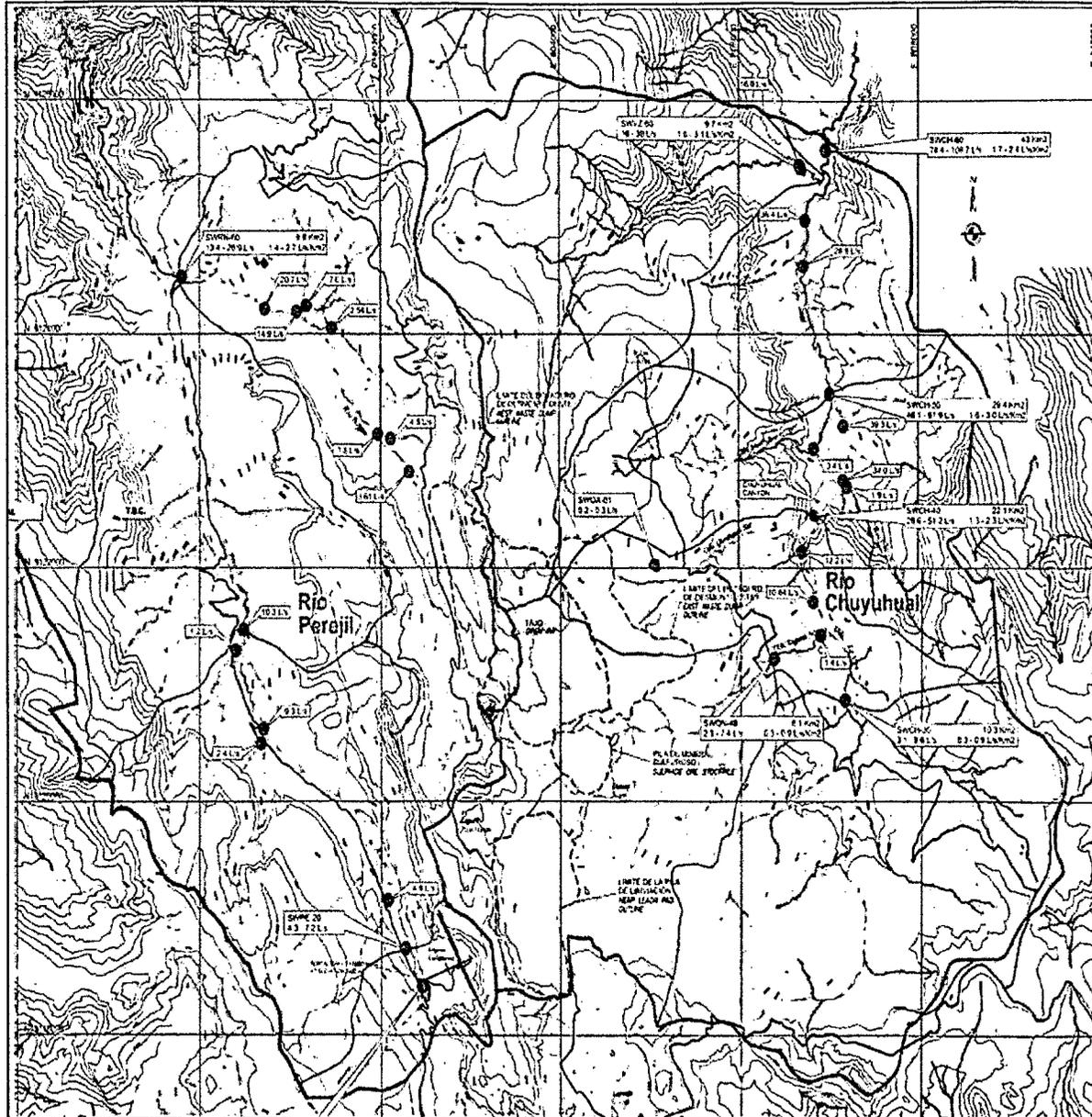
### **5.4.3 Río Perejil**

El Río Perejil nace cerca al área donde se ubica el campamento minero actual (Campamento Callacuyán), al sur de la Laguna Callacuyán. La cabecera de la cuenca se encuentra ubicada a una altura de 3 960 msnm. El Río Perejil se encuentra fuera del área designada para los trabajos mineros del Proyecto; sin embargo, recibirá agua superficial que proviene de algunas áreas que se encuentran dentro de las instalaciones. El área de captación del Río Perejil incluye también numerosas minas artesanales.

El flujo base de las aguas subterráneas será con un componente importante del flujo del Río Perejil debido a la extensa área de morrena glacial debajo del lado este del valle. Es difícil determinar las relaciones exactas, debido al agua que se extrae a través de los canales de regadío durante la época de estiaje.

### **5.4.4 Regiones Pantanosas y Humedales**

Existen diversas regiones pantanosas y humedales asociados que existen a lo largo de la época de estiaje dentro de las partes bajas, con muy poco drenaje en el área del Proyecto. La excavación de calicatas y las perforaciones llevadas a cabo como parte de los estudios geotécnicos de factibilidad de Golder (Golder 2003s) indicaron que muchas de estas características se presentan en lentes de arcilla glacial de baja permeabilidad y arcilla lacustre blanda que permiten la retención de aguas empozadas.



**SIMBOLOGIA / SYMBOLS**

- CURVAS DE NIVEL (CADA 25m) / CONTOURS (25m INTERVAL)
- RÍOS / RIVERS
- LÍMITE DE CUENCAS PRINCIPALES / MAIN WATERSHED BOUNDARY
- LÍMITE DE SUBCUENCAS / SUB-WATERSHED BOUNDARY
- UBICACIÓN DE LAS PRINCIPALES INSTALACIONES DEL PROYECTO / MAIN PROJECT FACILITY LOCATIONS
- GALERÍAS DE LA MINA DE CARBÓN CALLACUYÁN / CALLACUYAN COAL MINE UNDERGROUND WORKINGS

**LEYENDA MEDIO**

FLUJO EN ALTO CHICAMA / ALTO CHICAMA STREAM FLOW	AGOSTO / SEPTIEMBRE 2002 AUGUST / SEPTEMBER 2002
ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE FLUJO* STREAM FLOW STATION *	ÁREA DE CAPTACIÓN CATCHMENT AREA
RANGO DEL FLUJO L/s RANGE OF STREAM FLOW L/s	FLUJO NORMALIZADO L/s/m <sup>2</sup> NORMALIZED FLOW L/s/m <sup>2</sup>
MEDICIONES DE FLUJO PLUVIALES SOFT FLOW MEASUREMENTS	SEPTIEMBRE / OCTUBRE 2002 SEPTEMBER / OCTOBER 2002
__ L/s	

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

ESCALA: 1/20 000 REVISADO MBM

TITULO  
**CAUDALES BASE DE AGUA SUBTERRANEA EN ALTO CHICAMA**

PROYECTO ALTO CHICAMA PLANO 05

## **CAPITULO VI**

### **EQUIPO Y MATERIALES**

#### **6.1 Piezómetro de Tubo Abierto:** Pozo construido con una tubería de PVC.

Los piezómetros pueden ser múltiples en una sola perforación, porque pueden ser ejecutados con variados propósitos, por ejemplo: se observa dos o más acuíferos, se muestrea independientemente cada uno de los acuíferos para su caracterización - su comportamiento en el tiempo puede resultar diferente - se emplazan en diferente tipo de alteración hidrotermal, reportan información de dos tipos diferentes de cronología hidrogeológica.

#### **6.2 Nivel de Agua:** Profundidad (m) a la que se encuentra el nivel superior del agua subterránea (medida desde la superficie), de acuerdo a la medición efectuada con instrumentos específicos (Sonda Eléctrica u otros).

**6.3 Agua Subterránea:** Agua que se encuentra debajo del suelo entre grietas y espacio porosos de la roca, incluyendo depósitos cuaternarios. La parte superior de esta zona saturada se le conoce como el nivel freático y/o nivel piezométrico. El nivel freático (se mide en acuíferos libres) puede encontrarse a unos centímetros por debajo del suelo como a centenas de metros debajo de la superficie. El nivel piezométrico se mide en acuíferos confinados y podría observarse inclusive por arriba del nivel del terreno en caso de piezómetros surgentes llamados también “Artesianos”.

**6.4 Caudal:** Cantidad de agua u otra sustancia que mana o corre, sus unidades son dadas por unidades de volumen entre una unidad de tiempo.

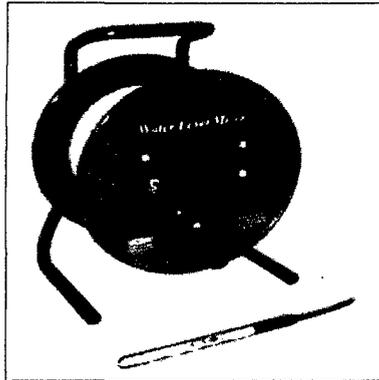
**6.5 Perforación:** Es la realización de un agujero de forma cilíndrica que atraviesa el terreno donde se hace, el terreno puede ser no consolidado, consolidado o roca. Su propósito es el de abrir en el terreno huecos cilíndricos destinados a alojar a uno o varios piezómetros en cada uno de ellos, se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos producen el astillamiento y trituración de la roca en un área proporcional al diámetro de la broca.

**6.6 Recipiente Aforado:** Durante los trabajos de perforación se realizan mediciones de aforo conforme avanza la perforación, para ello se usa un recipiente graduado que puede ser balde de 15 litros o de mayor capacidad (graduado cada 1 litro). La dimensión del recipiente dependerá del caudal entregado por la perforación.

**6.7 Instrumento Para Medir el Nivel de la Napa Freática.** Estas unidades portátiles se caracterizan por su forma sencilla, rápida y precisa de medir el nivel del agua.

Con la variedad de modelos disponibles se puede seleccionar la unidad adecuada de acuerdo con las necesidades particulares de utilización o de longitud de cable.

**Figura 27**  
**Instrumento para Medir la Napa Freática**



Fuente: Imagen Google

### **6.8 Equipo de Perforación Foremost Barber DR24**

El equipo de perforación dual Foremost DR 24 nos permite perforar a través de todos los tipos de superficies tales como arena, grava y balones. El cabezal inferior de rotación puede introducir casing de hasta 24 pulgadas de diámetro a la vez que un cabezal superior independiente maneja tubería de perforación equipada con un martillo para interior de pozo, broca de retiro o broca cónica de roca, utilizando ya sea métodos de circulación reversa regular o inundada.

El equipo de perforación de rotación dual puede manejar formaciones difíciles sin utilizar martillos de casing, rimadores inferiores o lodo de perforación. Dado que los cabezales son independientes, la broca de perforación puede perforar al interior, al lado o antes del casing dependiendo del tipo de superficie encontrada.

El método de perforación de Rotación Dual tiene aplicaciones ilimitadas desde exploración, perforación de pozos de agua, taludes investigación de embalses y logros geotécnicos por nombrar algunos.

El equipo Barber DR 24 no sólo puede trabajar en las condiciones más extremas sino que a su vez produce muestras de alta calidad en todo momento.

**Tabla N°08**  
**Rangos de Profundidad**

Rangos de profundidad reportados por operadores de DR:

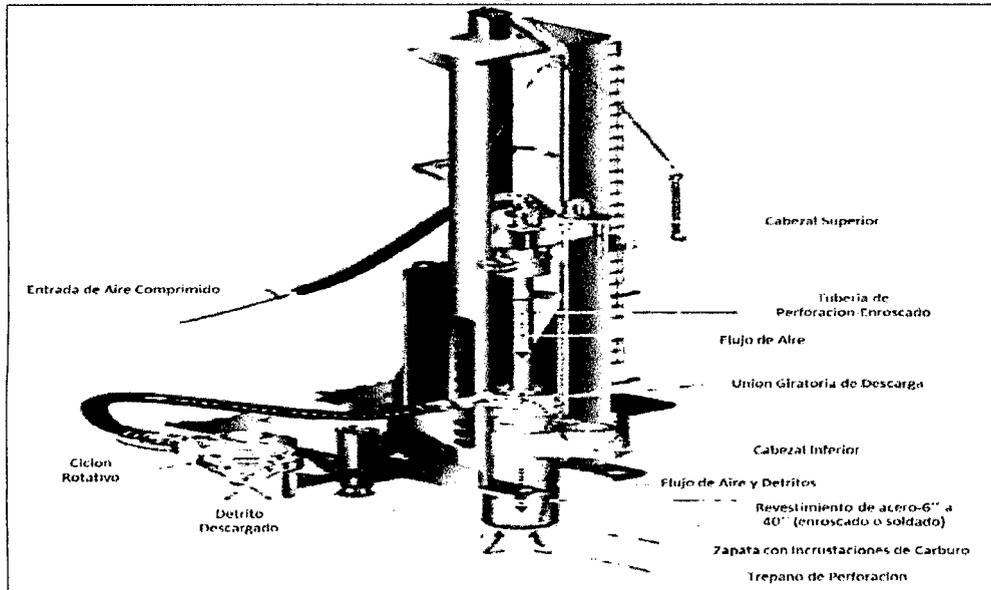
Diámetro tubería		Rango de profundidad	
6" - 8"	152 - 203mm	200 - 1300 ft	60 - 400 m
10" - 14"	254 - 356mm	100 - 800 ft	30 - 244 m
16" - 24"	406 - 610mm	100 - 500 ft	30 - 244 m
26" - 40"	660 - 1016mm	50 - 350 ft	15 - 106 m
> 40"	> 1016mm	Sólo para entubado de superficie	

**Fotografía N° 01**  
**Equipo de Perforación Foremost Barber dr24**



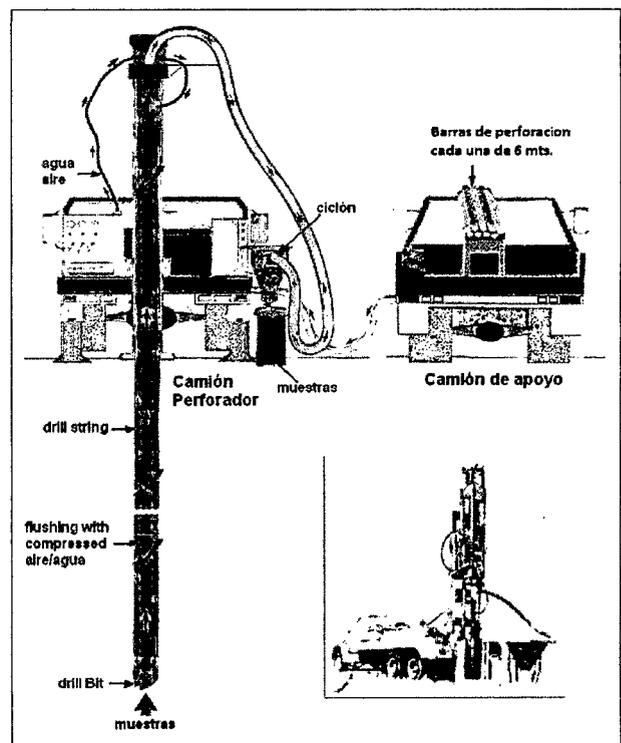
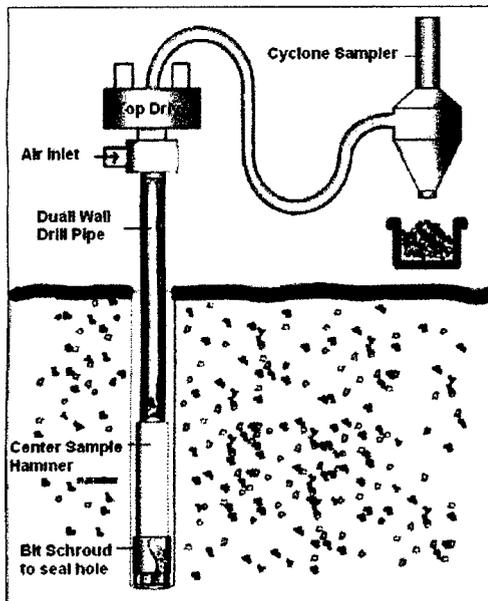
Fuente: Elaboración Propia

**Figura N° 28**  
**Partes de la perforadora**



Fuente: Web

**Figura N° 29**  
**Desarrollo de la Perforadora**



Fuente: Web

## **6.9 Consideraciones para la Perforación del taladro, muestreo y tomas de datos:**

El método de perforación elegido es el de Rotación con circulación invertida, la perforación de roto-percusión para pozos de sondeo. Esta técnica, es la más conocida hasta hoy en el mundo, permite la perforación de pozos hasta 500 metros de profundidad, aún en los suelos más difíciles.

La Perforación de los primeros metros se desarrolla con la broca de mayor diámetro de perforación que ha de usarse durante toda campaña. Luego se estabiliza las paredes de este taladro con la ayuda de un casing y el relleno del espacio anular libre entre el taladro y el casing con bentonita granulada de 3/8".

En los metros siguientes se puede reducir el diámetro y se puede perforar con martillo y/o tricono, dependiendo del terreno y del equipo de perforación.

Es necesario llevar un control estricto durante la perforación de:

- ✓ Inicio y detención del trabajo.
- ✓ Tipo y longitud de montaje (martillo o tricono, adaptadores o intercambios).
- ✓ Diámetro de perforación.
- ✓ Conteo de barras de perforación para saber la profundidad exacta del taladro perforado.
- ✓ Muestreo de detritos de perforación cada 1, 2 o más metros de profundización, según cada Mina.
- ✓ Profundidad a la cual se tuvo la primera presencia de agua y medida de caudal, medida de caudal cada 6 m y/o al finalizar la corrida de tubería en forma obligatoria

y en cada cambio brusco de esta (aumento o disminución de caudal con sus respectivas profundidades).

- ✓ La prueba de Air Lift se debe realizar a presión constante durante 10 minutos hasta estabilizar el flujo de agua, a partir del minuto 11 se debe de empezar a tomar las medidas de caudal, con la ayuda de un cronómetro y recipiente graduado. Es recomendable tomar la medida tres veces para ajustar el error. Este dato debe quedar registrado en la libreta de campo, en los formatos de caudal y en los reportes diarios de perforación.
- ✓ Consumo de aditivos e insumos utilizados durante esta actividad en cada turno.
- ✓ Usar en todo momento los formatos entregados por la supervisión para llevar un buen control de las actividades (Reportes diarios, Control de tubos, Control de Caudal, de diseño propuesto, de diseño final de instalación, ERNG, Inspección de Plataforma de Perforación, De Charlas de Seguridad.)

## **6.10 Características Físico Químicas del Agua Subterránea**

El agua subterránea natural como consecuencia de su composición química y acciones naturales externas presenta una serie de propiedades o característica fisicoquímicas como: color, turbidez, sabor, temperatura, conductividad, etc.

### **6.10.1 Turbiedad**

La turbiedad en un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían de tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, entre otros (GlynHeinke 2000).

### **6.10.2 Color**

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición. La determinación del color es importante para evaluar las características del agua, fuente del color y la eficacia del proceso usado para su remoción (Kiely 2003).

### **6.10.3 Potencial de Hidrogeno**

Mide la acidez del agua. Es igual a  $\log(H^+)$ . Siendo  $(H^+)$  la actividad de iones hidrogeno.

Por ejemplo, un agua con pH=6 tiene más  $(H^+)$  que un agua con pH=8 (las respectivas actividades de  $H^+$  serian  $10^{-6}$  y  $10^{-8}$ ). En las aguas naturales oscila entre 5.5 y 8.5 en agua subterránea habitual entre 6.5 y 8.5.

### **6.10.4 Temperatura**

La temperatura del agua subterránea, en un punto y momento determinado, representa un estado de equilibrio entre los "aportes" y las "extracciones" caloríficas en ese punto.

La distribución espacial de temperatura en un acuífero depende de la conductividad térmica e hidráulica del medio, de la relación longitud /profundidad de la cuenca, configuración del nivel freático, distribución de la temperatura ambiente respecto a las zonas de recarga y descarga etc.

En cualquier caso la temperatura de las aguas subterráneas es muy poco variable, sin embargo este es un parámetro importante en lo que se refiere al control del conjunto

de transformaciones químicas (quimismo) de las aguas en particular cuando entre áreas diferentes del acuífero existen notables diferencias de temperatura.

#### **6.10.5 Conductividad y Sólidos Disueltos Totales**

Facilidad del agua para conducir corriente eléctrica. El agua destilada es prácticamente aislante, pero la conductividad aumenta rápidamente con la cantidad de iones disueltos. Su importancia se basa en que se mide muy fácilmente y nos indica aproximadamente la salinidad del agua

El total de sólidos disueltos (SDT) mide el peso de todas las sustancias disueltas en el agua, sean o no volátiles.

Los valores de conductividad de las aguas subterráneas naturales varían considerablemente. Los valores normales en aguas dulces oscilan entre 100 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en aguas salmueras pueden alcanzar valores de 100.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### **6.10.6 Alcalinidad**

La alcalinidad de un agua determina su capacidad para neutralizar ácidos, esta capacidad debe definirse para ciertos rangos de pH. Así la alcalinidad TAC mide la capacidad de neutralización hasta  $\text{pH} = 4.5$  y la alcalinidad TA hasta  $\text{pH} = 8.3$ .

En la mayoría de las aguas naturales la alcalinidad está producida prácticamente por los iones carbonato y bicarbonato aunque, en ocasiones, otros ácidos débiles como el silícico, fosfórico, bórico y ácidos orgánicos pueden contribuir de forma notable al desarrollo de esta propiedad (Glynn, Heinke 2000).

## **CAPITULO VII**

### **EJECUCION Y EVALUACION DE LA INSTALACION DE PIEZOMETROS**

#### **7.1 Perforación Instalación y Evaluación de Piezómetros de Tubo Abierto**

##### **7.1.1 Seguridad**

Exposición al ruido y al polvo en cantidades apreciables en el proceso de perforación, por lo que es necesario usar Tapones para oídos y Respiradores, realizando las pruebas de presión positiva y negativa para los respiradores y pruebas de audición a los tapones periódicamente (cada hora).

Durante el programa de perforación no se registraron incidentes con ningún personal de MBM o con el personal de la contrata AK Drilling.

El personal de geotecnia del Área de Desarrollo de Proyectos cumplió con la Evaluación de Riesgos a Nivel Grupal (ERNG) a diario, así como la supervisión del cumplimiento de procedimientos y estándares de perforación de Minera Barrick Misquichilca.

### **7.1.2 Construcción de Acceso y Plataformas**

La construcción de accesos y plataformas estuvo a cargo de personal del área de Desarrollo de Proyectos, quienes habilitaron todos los puntos para los sondajes tanto en la cuenca Perejil como en la cuenca Chuyuhual, cierre de accesos y plataformas luego de terminar la perforación en cada punto.

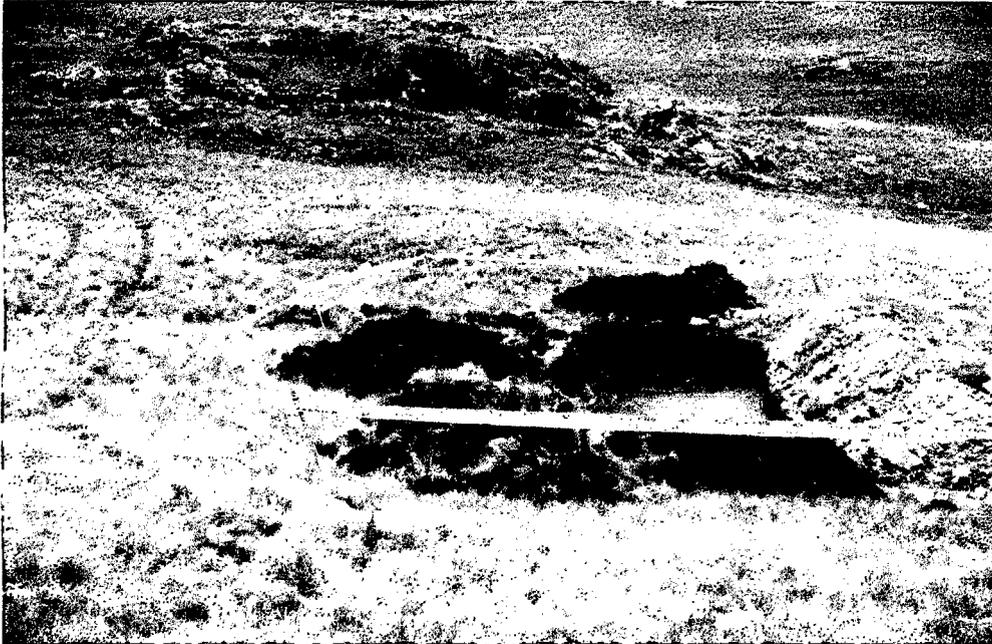
Cabe resaltar que se tuvo algunos inconvenientes en algunas plataformas, por ser muy corta el área de trabajo o por presencia de lodo en la plataforma así como en el acceso.

Para la realización del proceso de realizar plataformas son las ubicaciones de los puntos establecidos para luego delimitar la zona de trabajo 8x8 y 6x6 en el caso de perforaciones diamantinas y 15x15 en el caso de perforación de aire reverso. Seguidamente se hace el desbroce del topsoil y acumulación en una zona segura para su posterior remediación.

### **7.1.3 Construcción de Pozas de Sedimentación.**

Uno de los objetivos es almacenar las aguas con sedimentos provenientes de las máquinas perforadoras diamantinas y/o RC, para contener y evitar derrames o descargas al medio ambiente.

**Fotografía N° 02**  
**Poza de Sedimentación**



Fuente: Elaboración Propia

#### **7.1.4 Perforación con Circulación Reversa (RC)**

El Programa Geotécnico 2012 de Perforación de sondajes e Instalación de piezómetros de Tubo Abierto, se planificó y realizó bajo la Supervisión el Área de Desarrollo de Proyectos con el apoyo de la Empresa Consultora Golder Associates Perú, cumpliendo todos los procedimientos de operación, seguridad y medio ambiente de Minera Barrick Misquichilca.

Se realizaron 11 perforaciones RC para la construcción de Piezómetros de Tubo Abierto para el Estudio de Impacto Ambiental Proyecto LOM en la Cuenca Perejil y la Cuenca Chuyuhual. Cada uno de los 11 piezómetros ejecutados tiene su respectivo código alfanumérico.

En la Cuenca Perejil se ejecutaron 6 piezómetros, se inició con la perforación y construcción del piezómetro HWPJ-01 el día 04 de Octubre del 2012 y se finalizó con el piezómetro HWPJ-06 el día 20 de noviembre del 2012

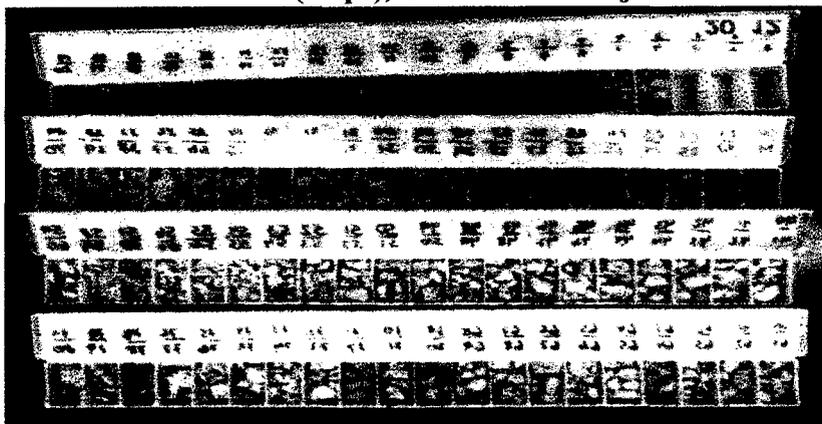
En la Cuenca Chuyuhual se ejecutaron 5 piezómetros se inició con la perforación y construcción del piezómetro HWCH-02 el día 21 de noviembre del 2012 y se finalizó con el piezómetro HWCH-06 el día 12 de diciembre del 2012.

#### **7.1.5 Recepción y Envasado de Muestreo (MUESTREO)**

Las muestras fueron recuperadas por el método de circulación reversa (RC), recepcionadas y envasadas cada metro de perforación en bolsas de polietileno, debidamente codificadas colocando código del sondaje y metraje correspondiente, además se sacó una muestra representativa la cual fue colocada en cajas plásticas (muestras de chips).

El muestro fue realizado por personal capacitado y entrenado de Minera Barrick Misquichilca del Área de Desarrollo de Proyectos.

**Fotografía N° 03**  
**Muestras de Roca (chips), Colocadas en Cajas Plásticas**



Fuente: Elaboración Propia

## **7.2 Parámetros Tomados en Cuenta Durante la Perforación para el Diseño de los Piezómetros**

### **7.2.1 Datos Generales que se Tomaron de Cada Sondaje Perforado.**

Los datos generales del sondaje que deben encabezar cada uno de las hojas de todos los formatos correspondiente (reporte diario, control de perforación, control de tubería), a un determinado sondaje, incluyen datos como la denominación, identificación o nombre del sondaje, ubicación geográfica general (localidad), longitud total de la perforación, fechas de inicio y término de la perforación, ubicación (especificándose cota y coordenadas), nombre del contratista si corresponde, equipo de perforación y el nombre del Geotecnista ó Supervisor responsable de la perforación, diseño e instalación de los piezómetros).

### **7.2.2 Descripción Litológica (Logueo Geológico).**

El registro litológico se realiza in situ y de acuerdo al avance de perforación, como tipo de roca, alteración si presenta mineralización.

### **7.2.3 Presencia de agua y Pruebas de Air Lift**

En la caracterización hidrogeológica, es importante registrar el nivel de agua, donde aparece por goteo, cantidad medible y los tramos que se pierde el agua o si es continua hasta el final de la perforación y aumento o disminución de caudal, además se realizó pruebas de Air Lift cada 6m o 3m para determinar el caudal de agua que se tiene en cada uno de los puntos, además estos datos fueron tomados y procesados de acuerdo a los procedimientos establecidos por Minera Barrick Misquichilca, los cuales son empleados para diseñar el piezómetro.

#### Fotografía N° 04

Se aprecia el agua que sale del pozo, y se está esperando que estabilice para poder medir el caudal.



Fuente: Elaboración Propia

### 7.3 Materiales Utilizados para la instalación y Construcción de Piezómetros

#### 7.3.1 Tubería PVC Liza y Ranurada

Tubos de PVC de junta machihembrada con rosca de perfil cuadrado. Cada tubo sólido o criba (tubo ranurado) tiene un promedio de longitudes de:  $L= 6.00$  m,  $\varnothing_E=2\ 1/4''$ ,  $\varnothing_I=2''$ , peso 8.8kg aproximadamente, espesor 5.54mm.

#### Fotografía N° 05

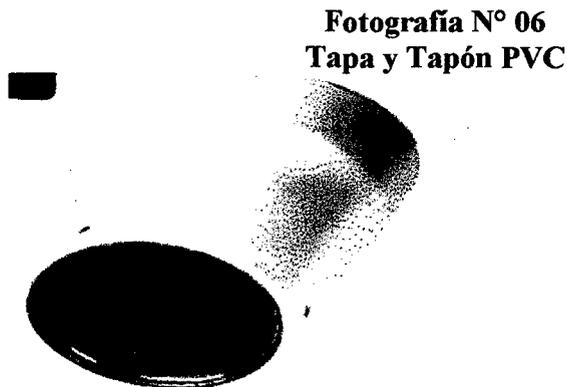
#### Tubería de PVC liza y ranurada



Fuente: Imagen Web

### **7.3.2 Tapa y Tapón Punta Para Tubería PVC**

De material duro y durable con rosca para adaptar fácilmente a la tubería que impide el ingreso de materiales extraños dentro de la línea de PVC.



Fuente: Imagen Web

### **7.3.3 Arena Silíce**

Utilizada para el paquete de filtros, la arena utilizada es 8 x 12 (1.7 - 2.0 mm). Este material viene en sacos de 40 Kg.

### **7.3.4 Bentonita de Sellado**

En el sellado de Piezómetro se utilizó bentonita granular de 3/8". La presentación de este aditivo son en sacos de 50 lb.

### **7.3.5 Cemento Portland**

De preferencia tipo I por ser compatibles con las condiciones geológicas, hidrogeológicas. La presentación de este material es en sacos de 42.5 Kg.

### **7.3.6 Bentonita en polvo**

Montmorillonita sódica. Se utiliza 2 % del peso de cemento para la dosificación de la lechada.

### **7.3.7 Herramientas y Materiales Para Protección de Piezómetros de Tubo Abierto**

- Herramientas de construcción (lampa, pico.)
- Tablas de madera.
- Cemento, arena.
- Revestimiento metálico de protección (“casing”).
- Tapa metálica para revestimiento.
- Candado.
- Letreros (informativo, restrictivo).
- Radio de comunicación.

### **7.4 Diseño e Instalación de Piezómetros**

Los piezómetros HWPJ-01 y HWPJ-02 fueron diseñados por MBM, los demás piezómetros fueron diseñados por la empresa consultora Golder Associates en coordinación con MBM (Desarrollo de Proyectos), para el diseño de los piezómetros se tomaron en cuenta los siguientes datos.

Litología, fallas o grado de fracturamiento de la roca, además la presencia (nivel freático) y las pruebas de Air Lift; todos estos datos fueron tomados en campo.

Los piezómetros instalados en este proyecto fueron 11 en total, haciendo un total de **1578 m** de perforación RC. (En la Cuenca Perejil se perforaron 6 sondajes haciendo

un total de 867.80 m de perforación, mientras que en la Cuenca Chuyuhual se perforaron 5 sondajes haciendo un total de 710.20 m de perforación).

En cada piezómetro ejecutado se deja un casing permanente de diferentes longitudes de 6" de diámetro interior, para proteger al piezómetro (PVC), que en total suman **33.95m** de longitud. (En la cuenca Perejil se deja 9.10m de casing permanente en total, mientras que en la cuenca Chuyuhual se deja 24.85m en total).

De los 11 piezómetros ejecutados tres de ellos fueron piezómetros dobles, dos en la cuenca Perejil y uno en la cuenca chuyuhual. Hay dos que no se llegaron a habilitar completamente al momento de hacer el desarrollo del pozo.

#### **Fotografía N° 07**

**Se aprecia la colocación de arena sílicea en la construcción del piezómetro**



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se detalla los datos de la perforación y/o parámetros tomados en campo y diseño de cada uno de los piezómetros, así como los materiales empleados en la construcción de los mismos.

### 7.5 PIEZOMETRO N° HWPJ-01

**Fecha de Ejecución:** Desde: 04 de octubre de 2012 hasta: 09 de octubre del 2012

**Coordenadas:** E: 802931.828 N: 9118270.455 Cota: 4117.469

**Longitud de perforación:** 204.70 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8)'' de 0.00 m a 6.00 m.

(5 1/2)'' De 6.00 m a 130.00 m

(5 3/8)'' De 130.00 m a 204.70 m

**Casing Permanente (D= 6''): 1.50 m**

#### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Este piezómetro demoro en su perforación y construcción 8 días aproximadamente.
- La litología predominante es arenisca aunque se encontró 27m de limolita en el tramo de 123m hasta 160m.
- El máximo caudal que se encontró fue de 200.11 L/min a los 193m de perforación.
- El piezómetro HWPJ-01B quedo inhabilitado por obstrucción de la tubería PVC de 2'' de diámetro a los 118m.
- El piezómetro HWPJ-01A queda habilitado.

**Tabla N° 09  
Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWPJ-01**

MATERIALES UTILIZADOS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	31	bolsas
Bentonita Granular	0.58	bolsas
Arena de Sílice	22	bolsas
Canto Rodado	0	bolsas
Bentonita Fina	1.35	bolsas
PVC Lisos	55	unidad
PVC Ranurados	4	unidad

### INFORMACION DE INSTALACION DE PIEZOMETRO - HWPJ-01

Nombre del Piezómetro: HWPJ-01 Controlador de Perforaciones: C.Campos / C. Salazar  
 Fecha Inicio Construcción: Turno: Noche  
 Fecha Final Construcción: Turno: Dia

**Información de Casing (revestimiento):**

Profundidad (m): De: +0.40m. Hasta: 1.10m.  $\phi_p = 6"$  ( $\phi$  Interior)  
 Diámetro Final (Pulgada):  $\phi_p =$

**Información de Pozo:**

Profundidad (m): De: 0.00m. Hasta: 204.70m.  
 Diámetro (Pulgada): (7 7/8)" De: 0.00m. hasta: 6.00m.  
 Diámetro (Pulgada): (5 1/2)" De: 6.00m. hasta: 130.00m.  
 Diámetro (Pulgada): (5 3/8)" De: 130.00m. hasta: 204.70m.

**Información de PVC:**

Profundidad de los Tubos de PVC (m):  
 De: +0.40m. Hasta: 204.20m.  
 De: +0.40m. Hasta: 142.25 m.  
 Profundidad de los Tubos Ranurados (m):  
 De: 186.20m. Hasta: 198.20m. Piezometro A  
 De: 124.25 m. Hasta: 136.25 m. Piezometro B  
 Profundidad de los Tubos Sólidos (m):  
 De: +0.40m. Hasta: 186.20m. Piezometro A  
 De: 198.20m. Hasta: 204.20m. Piezometro A  
 De: +0.40m. Hasta: 124.25 m. Piezometro B  
 De: 136.25 m. Hasta: 142.25 m. Piezometro B

Diámetro de los Tubos de PVC (Pulgada):  $\phi_i = 2"$   $\phi_e = 2.36"$

**Información de Arena/Grava:**

Profundidad (m):  
 De: 118.00m. Hasta: 142.75 m. Volumen (L): 132  
 Bolsas(bls): 4  
 De: 161.70m. Hasta: 204.70m. Volumen (L): 594  
 Bolsas(bls): 18

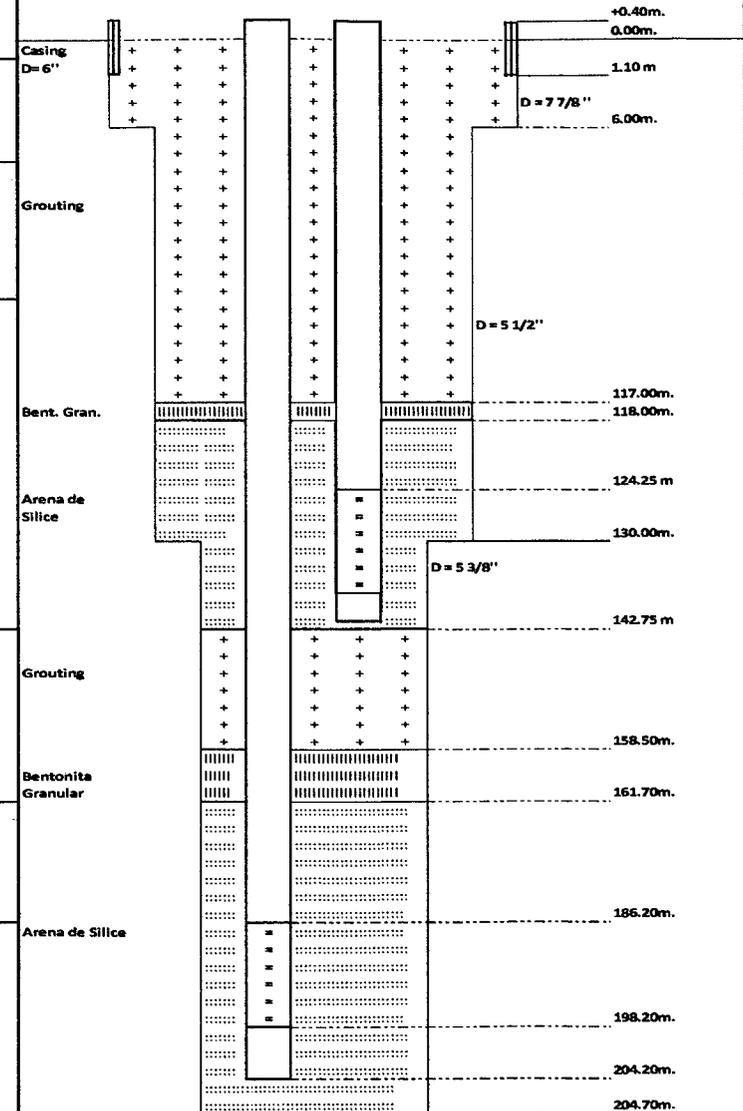
**Información de Bentonita 3/8":**

Profundidad (m):  
 De: 117.00m. hasta: 118.00m. Volumen (L): 8.25  
 Bolsas (bls): 0.25  
 De: 158.50m. hasta: 161.70m. Volumen (L): 10.89  
 Bolsas (bls): 0.33

**Información de cemento:**

Profundidad (m):  
 De: 0.00m. Hasta: 117.00m. Volumen (L): 858  
 Bolsas(bls): 26  
 De: 142.75 m. Hasta: 158.50m. Volumen (L): 165  
 Bolsas(bls): 5  
 Bentonita Fina Bolsas(bls): 1.35  
 Profundidad (m): Volumen (L): 44.55

### Diseño de Piezometro

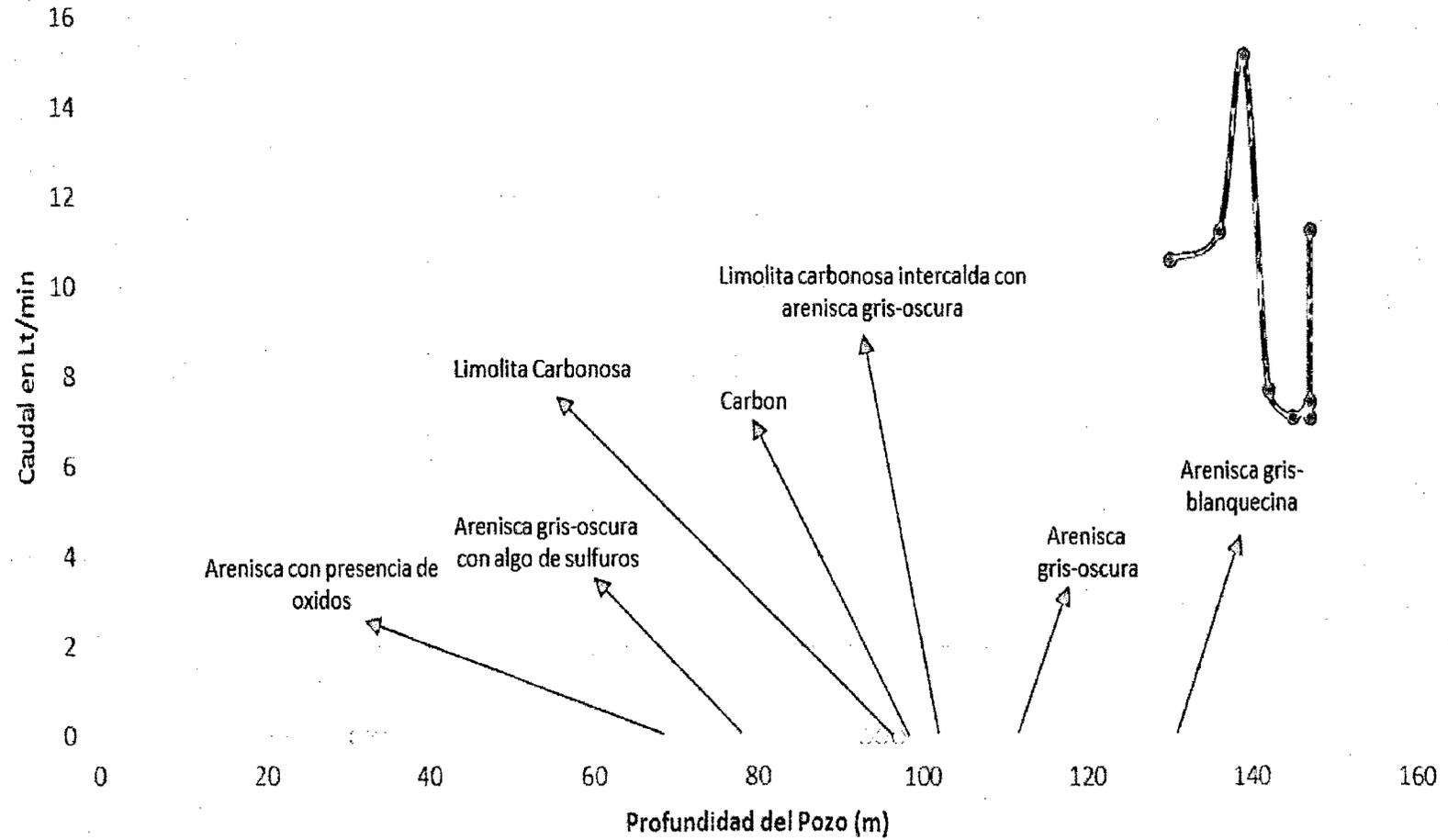


**Tabla N° 10**  
**Datos de Prueba y geotecnia del Piezómetro HWPJ-01**

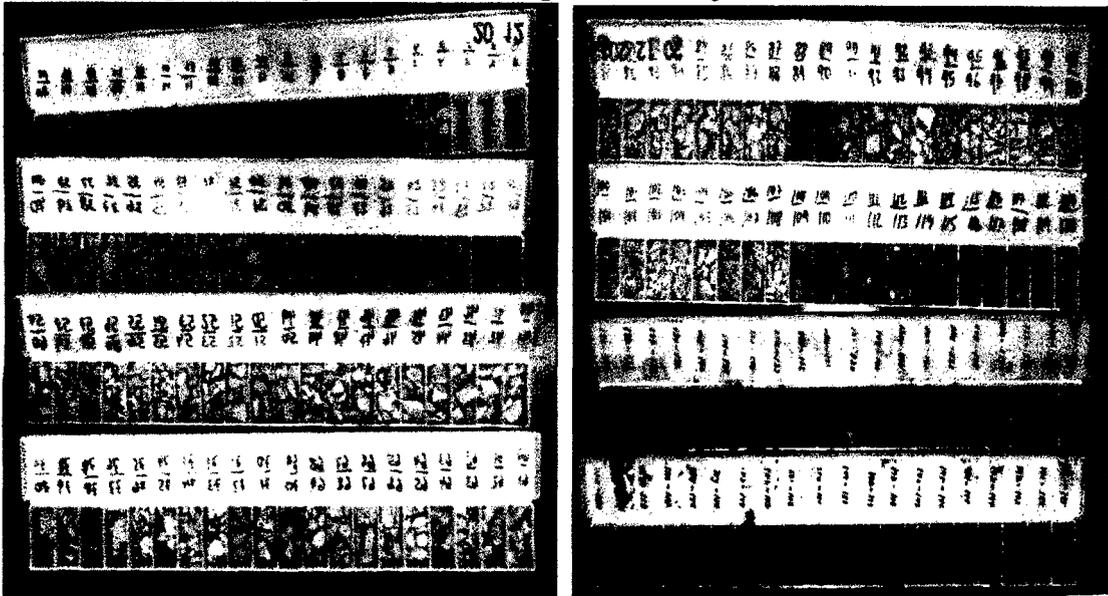
<b>DATOS DE CAUDAL DE AGUA</b>			
<b>PRUEBA DE AIR LIFT</b>			
Número de Pozo: <u>    </u> HWPJ-01		C. Salazar / C. Campos	
Fecha: <u>  </u> 10/12/2012			
<b>Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)</b>	<b>Profundidad del Casing (m)</b>	<b>Caudal (lt/min) ó (lpm)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
138.00	6.00	5.80	
144.00	6.00	25.64	
166.00	6.00	6.76	
181.00	6.00	23.81	
187.00	6.00	48.78	
193.00	6.00	48.00	
199.00	6.00	49.70	
204.70	6.00	46.11	
<p><b>Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos. Medir el caudal cada 6 metros (es obligatorio). Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal. Cualquier Variación debe ser registrada.</b></p>			
<p><b>COMENTARIOS</b></p> <p>127.00 m    empieza a salir muestra humeda            129.50 m    sale agua por goteo            144.80 m    se perdio el agua            151.00 m    sale agua por goteo            156.00 m    se perdio el agua            159.00 m    sale agua por goteo            167.50 m    se perdio el agua            180.00 m    se perdio el agua</p>			
<p><b>MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.</b></p> <p><b>Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)</b></p>			
<p><b>Quick Log</b></p>			
Geotecnistas: C. Campos / C. Salazar			
Hole Number : HWPJ-01			
<b>Geology</b>			<b>Comments</b>
<b>From</b>	<b>To</b>	<b>Rock</b>	
0.00	108.00	Arenisca con presencia de oxidos	
108.00	123.00	Arenisca gris-oscura con algo de sulfuros	
123.00	152.00	Limolita carbonosa	
152.00	154.00	Carbon	
154.00	160.00	Limolita carbonosa intercalada con arenisca gris-oscura	
160.00	175.00	Arenisca gris-oscura	
175.00	204.70	Arenisca gris-blanquecina	

# CAUDAL DE AGUA HWPJ-01

—●— Caudal (lt/min)    ○ características de la roca



**Fotografía N° 08**  
**Registro fotográfico de la litología del sondaje HWPJ-01**



Fuente: Elaboración Propia

## 7.6 PIEZOMETRO N°: HWPJ-02

**Fecha de Ejecución:** Desde: 13 de octubre de 2012 hasta: 22 de octubre de 2012

**Coordenadas:** E: 801845.069 N: 9122793.984 Cota: 3886.238

**Longitud de perforación:** 120.00 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8)'' de 0.00 m a 56.60 m.

(5 1/2)'' de 56.60 m a 120.00 m

**Casing Permanente (D= 6''): 1.50 m**

### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Este piezómetro demoró en su perforación y construcción 9 días aproximadamente.
- Se encontró 30 m de morrenas y la litología predominante es limolita carbonosa. Todo el terreno es muy inestable, razón por la que se demoró en la perforación y construcción del piezómetro, se colocó 67 m de casing temporal para estabilizar el terreno.
- El máximo caudal que se encontró fue de 15.62 l/min a los 106 m de perforación.
- El piezómetro quedo habilitado.

**Tabla N° 11**  
**Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWPJ-02**

MATERIALES PERIZADOS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	30	bolsas
Bentonita Granular	3	bolsas
Arena de Sílice	2.25	bolsas
Canto Rodado	0	bolsas
Bentonita Fina	1.00	bolsas
PVC Lisos	18	unidad
PVC Ranurados	1	unidad

### INFORMACION DE INSTALACION DE PIEZOMETRO - HWPJ-02

Nombre del Piezómetro: **HWPJ-02** Controlador de Perforaciones: C.Campos / C. Salazar  
 Fecha Inicio Construcción: Turno: Noche  
 Fecha Final Construcción: Turno: Día

**Información de Casera (revestimiento):**

Profundidad (m): De: +0.40 m. Hasta: 1.10 m.  $\phi_p = 6''$  ( $\phi$  Interior)  
 Diámetro Final (Pulgada):  $\phi_p =$  \_\_\_\_\_

**Información de Pozo:**

Profundidad (m): De: 0.00 m. Hasta: 120.00 m.  
 Diámetro (Pulgada): 7 7/8'' De: 0.00 m. hasta: 56.60 m.  
 Diámetro (Pulgada): (5 1/2)'' De: 56.60 m. hasta: 120.00 m.

**Información de PVC:**

Profundidad de los Tubos de PVC (m): De: +0.40 m. Hasta: 110.85 m.  
 Profundidad de los Tubos Ranurados (m): De: 104.85 m. Hasta: 110.85 m.  
 Profundidad de los Tubos Sólidos (m): De: +0.40 m. Hasta: 104.85 m.

Diámetro de los Tubos de PVC (Pulgada):  $\phi_l = 2''$   $\phi_e = 2.36''$

**Información de Arena/Grava:**

Profundidad (m): De: 102.90 m. Hasta: 111.30 m. Volumen (L): 74.25  
 Bolsas(bls): 2.25

**Información de Bentonita 3/8'':**

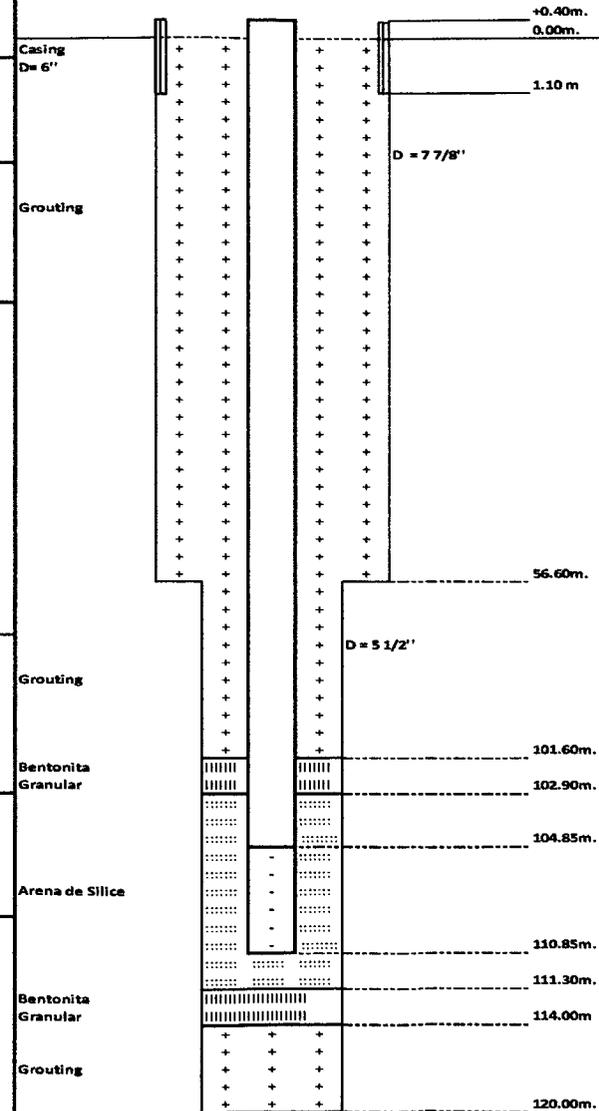
Profundidad (m): De: 101.60 m. hasta: 102.90 m. Volumen (L): 33  
 Bolsas (bls): 1  
 De: 111.30 m. hasta: 114.00 m. Volumen (L): 66  
 Bolsas (bls): 2

**Información de cemento:**

Profundidad (m): De: 0.00 m. Hasta: 101.60 m. Volumen (L): 924  
 Bolsas(bls): 28  
 De: 114.00 m. Hasta: 120.00 m. Volumen (L): 66  
 Bolsas(bls): 2

Bentonita Fina Volumen (L): 33  
 Profundidad (m): Bolsas(bls): 1.00

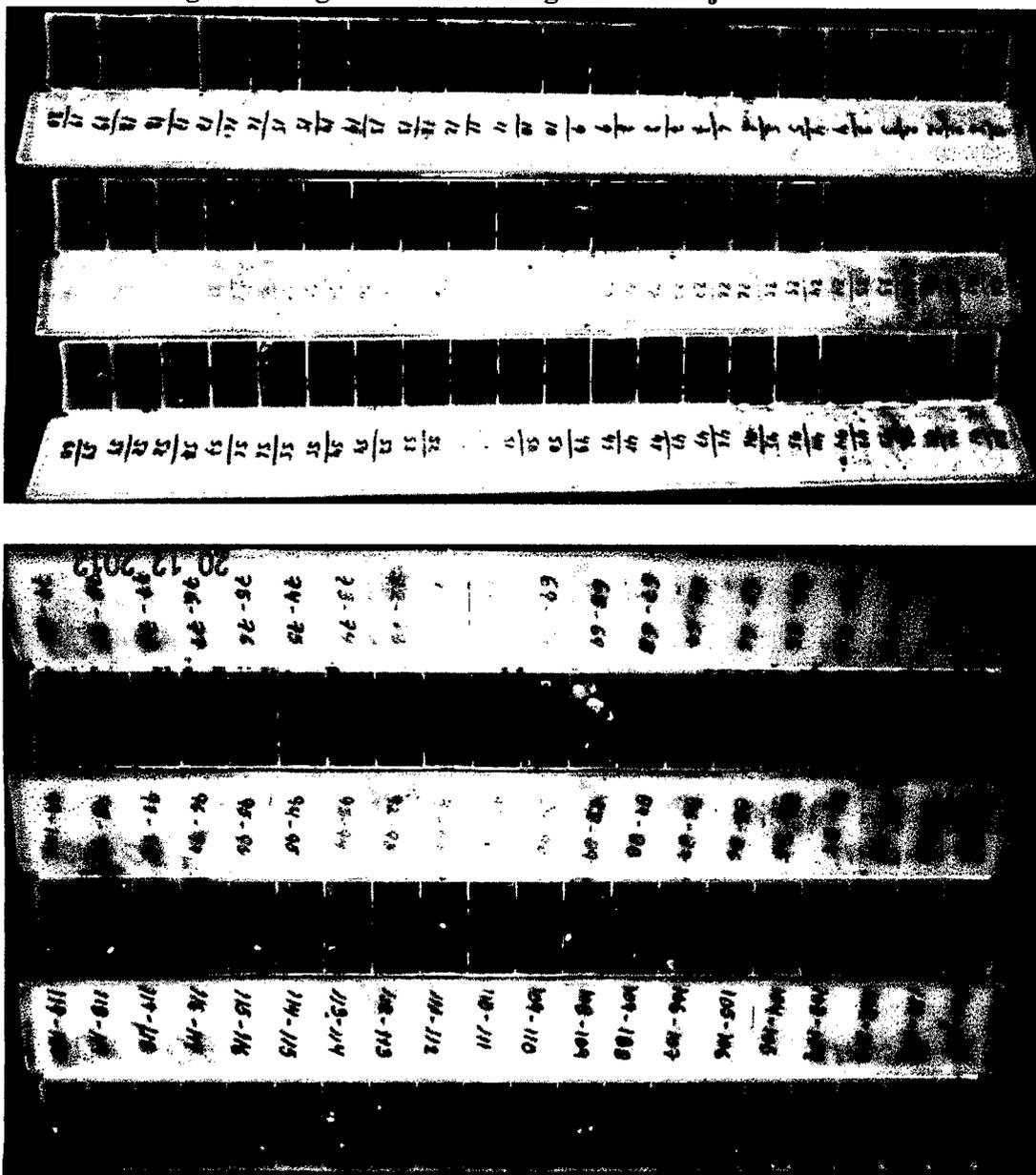
### Diseño de Piezómetro



**Tabla N° 12**  
**Datos de Prueba y geotecnia del Piezómetro HWPJ-02**

<b>DATOS DE CAUDAL DE AGUA PRUEBA DE AIR LIFT</b>			
Número de Pozo: ___ HWPJ-02		Cristhian Campos / Celso Salazar	
Fecha: ___ 17/10/2012			
Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)	Profundidad del Casing (m)	Caudal (lt/min) ó (lpm)	OBSERVACIONES
108.00	34.00	15.62	
114.00	34.00	15.60	
<p><b>Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos.</b>  <b>Medir el caudal cada 6 metros (es obligatorio).</b>  <b>Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal.</b>  <b>Cualquier Variación debe ser registrada.</b></p>			
<b>COMENTARIOS</b>			
96.00m.      empieza a salir muestra humeda 102.00m.    sale agua por goteo 108.00m.    se perdió el agua			
<b>MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A</b>			
<b>Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)</b>			
<b>Quick Log</b>			
<b>Geotecnistas: C. Campos / C. Salazar</b>			
<b>Hole Number : HWPJ-02</b>			
Geology			Comments
From	To	Rock	
0.00	30.00	Morrenas	
30.00	120.00	Limolita Carbonosa	
<b>COMENTARIOS.</b>			
0.00m. - 57.00m.      Derrumbes 76.00m. - 77.00m.    Falla 80.00m. - 90.00m.    Derrumbes 102.00m. - 108.00m. se pierde el agua, posible falla 119.00m. - 120.00m. Falla			

Fotografía N° 09  
 Registro fotográfico de la litología del sondaje HWPJ-02



Fuente: Elaboración Propia

## 7.7 PIEZOMETRO HWPJ-03

**Fecha de Ejecución:** Desde: 25 de octubre de 2012 hasta: 29 de octubre del 2012

**Coordenadas:** E: 802008.507 N: 9123735.602 Cota: 3931.153

**Longitud de perforación:** 156.00 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8)'' de 0.00 m a 10.14 m.

(5 1/2)'' De 10.14 m a 106.00 m

(5 3/8)'' De 106.00 m a 156.00 m

**Casing Permanente (D= 6''): 1.50 m**

### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Este piezómetro demoro en su perforación y construcción 7 días aproximadamente.
- Se tiene una capa de arenisca hasta los 52m luego se tiene limolita.
- El máximo caudal que se encontró fue de 238.10 L/min a los 152m de perforación.
- El piezómetro HWPJ-03A quedo inhabilitado por atasco de un fierro de 1.5m que se utilizaba para hacer el desarrollo del pozo.
- El piezómetro HWPJ-03B queda habilitado

**Tabla N° 13**  
**Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWPJ-03**

MATERIALES Y CANTIDADES		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	25	bolsas
Bentonita Granular	10.5	bolsas
Arena de Sílice	30.5	bolsas
Canto Rodado	0	bolsas
Bentonita Fina	17.5	bolsas
PVC Lisos	29	unidad
PVC Ranurados	6	unidad



**Tabla N° 14**  
**Datos de Prueba y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-02**

<b>DATOS DE CAUDAL DE AGUA</b>			
<b>PRUEBA DE AIR LIFT</b>			
<b>Número de Pozo:</b>	<b>HWPJ-03</b>		<b>Celso salazar / Cristhian campos</b>
<b>Fecha:</b>	<b>24/10/2012</b>		
<b>Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)</b>	<b>Profundidad del Casing (m)</b>	<b>Caudal (lt/min) ó (lpm)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
46.00	10.14	30.30	
52.00	10.14	37.73	
58.00	10.14	42.37	
64.00	10.14	64.31	
70.00	10.14	52.77	
76.00	10.14	66.46	
82.00	10.14	87.72	
88.00	10.14	73.26	
94.00	10.14	101.01	
99.50	10.14	111.11	
106.00	10.14	2.69	
108.00	10.14	75.42	
114.00	10.14	116.95	
120.00	10.14	95.92	
126.00	10.14	163.93	
132.00	10.14	47.06	
138.00	10.14	188.68	
144.00	10.14	188.68	
150.00	10.14	206.19	
151.00	10.14	100.00	
152.00	10.14	238.10	
153.00	10.14	192.30	
154.00	10.14	195.12	
155.00	10.14	202.02	
156.00	10.14	195.00	
150.00	10.14	29.41	Prueba realizada durante el desarrollo del pozo
150.00	10.14	26.67	Prueba realizada durante el desarrollo del pozo
150.00	10.14	25.97	Prueba realizada durante el desarrollo del pozo

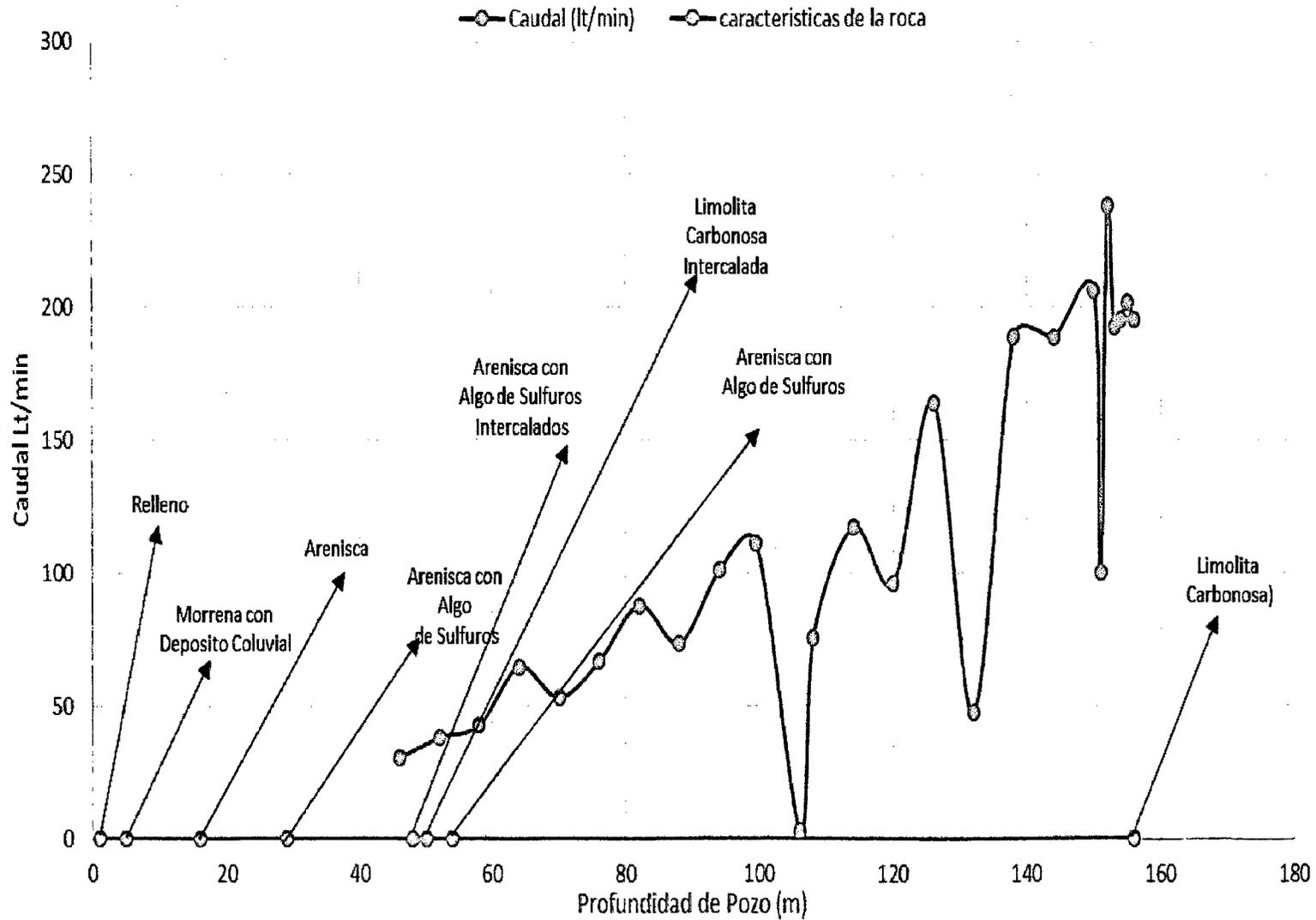
**Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos. Medir el caudal cada 6 metros (es obligatorio). Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal. Cualquier Variación debe ser registrada.**

**Comentarios**

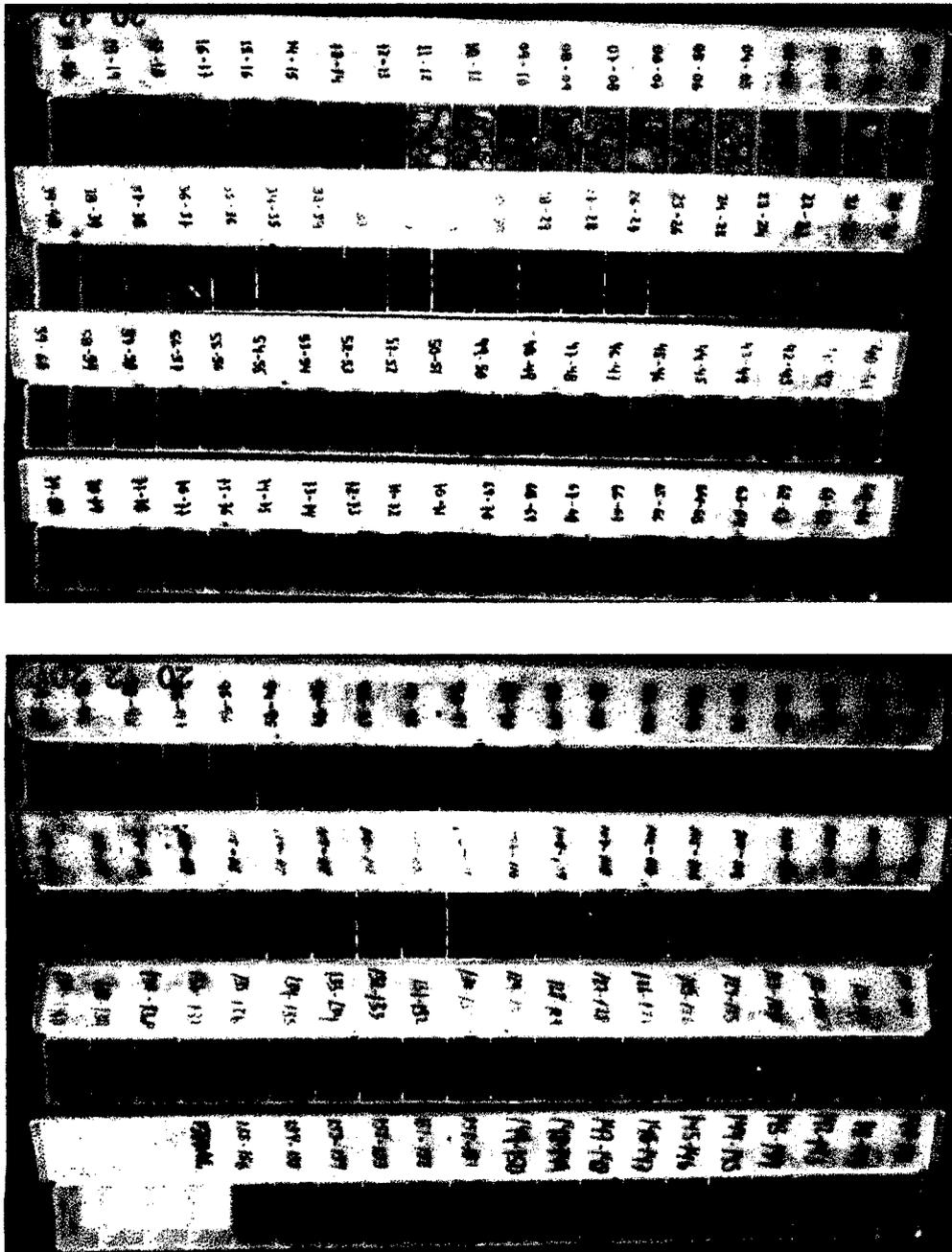
28.00m. sale agua por goteo  
 36.00m. se perdió el agua  
 42.00m. sale agua  
 48.00m. se perdió el agua  
 50.00m. sale agua

<b>MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.</b>			
<b>Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)</b>			
<b>Quick Log</b>			
<b>Geotecnistas: C. Campos / C. Salazar</b>			
<b>Hole Number : HWPJ-03</b>			
<b>Geology</b>			<b>Comments</b>
<b>From</b>	<b>To</b>	<b>Rock</b>	
0.00	1.00	Relleno	
1.00	5.00	Morrena con Deposito	
		Coluvial	
5.00	16.00	Arenisca	
16.00	29.00	Arenisca Sucia	
29.00	48.00	Arenisca con algo de	
		Sulfuros	
48.00	50.00	Limolita Carbonosa inter-	
		calada con Arenisca Sucia	
50.00	54.00	Arenisca con algo de	
		Sulfuros	
54.00	156.00	Limolita carbonosa	

# Caudal de Agua HWPI-03



**Fotografía N° 10**  
**Registro fotográfico de la litología del sondaje HWPJ-03**



## 7.8 PIEZOMETRO HWPJ-04

**Fecha de Ejecución:** Desde: 30 de octubre de 2012 hasta: 10 de noviembr de 2012

**Coordenadas:** E: 802603.06                      N: 9122693.601                      Cota: 3975.764

**Longitud de perforación:** 104.60 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8) '' de 0.00 m a 21.60 m.

(5 1/2) '' de 21.60 m a 104.60 m

**Casing Permanente (D= 6''): 1.50 m**

### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Este piezómetro demoro en su perforación y construcción 11 días aproximadamente.
- La litología predominante es arenisca aunque se encontró 10m de limonita en el tramo de 87m hasta 97m.
- El máximo caudal que se encontró fue de 112.36 L/min a los 102m de perforación.
- En este pozo se empieza a usar grava (canto rodado) con coordinación con el personal de Golder.
- El piezómetro queda habilitado.

**Tabla N° 15**

### Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWPJ-04

MATERIALES CONSUMIDOS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	53	bolsas
Bentonita Granular	8	bolsas
Arena de Sílice	13	bolsas
Canto Rodado	23	bolsas
Bentonita Fina	11.5	bolsas
PVC Lisos	12	unidad
PVC Ranurados	3	unidad



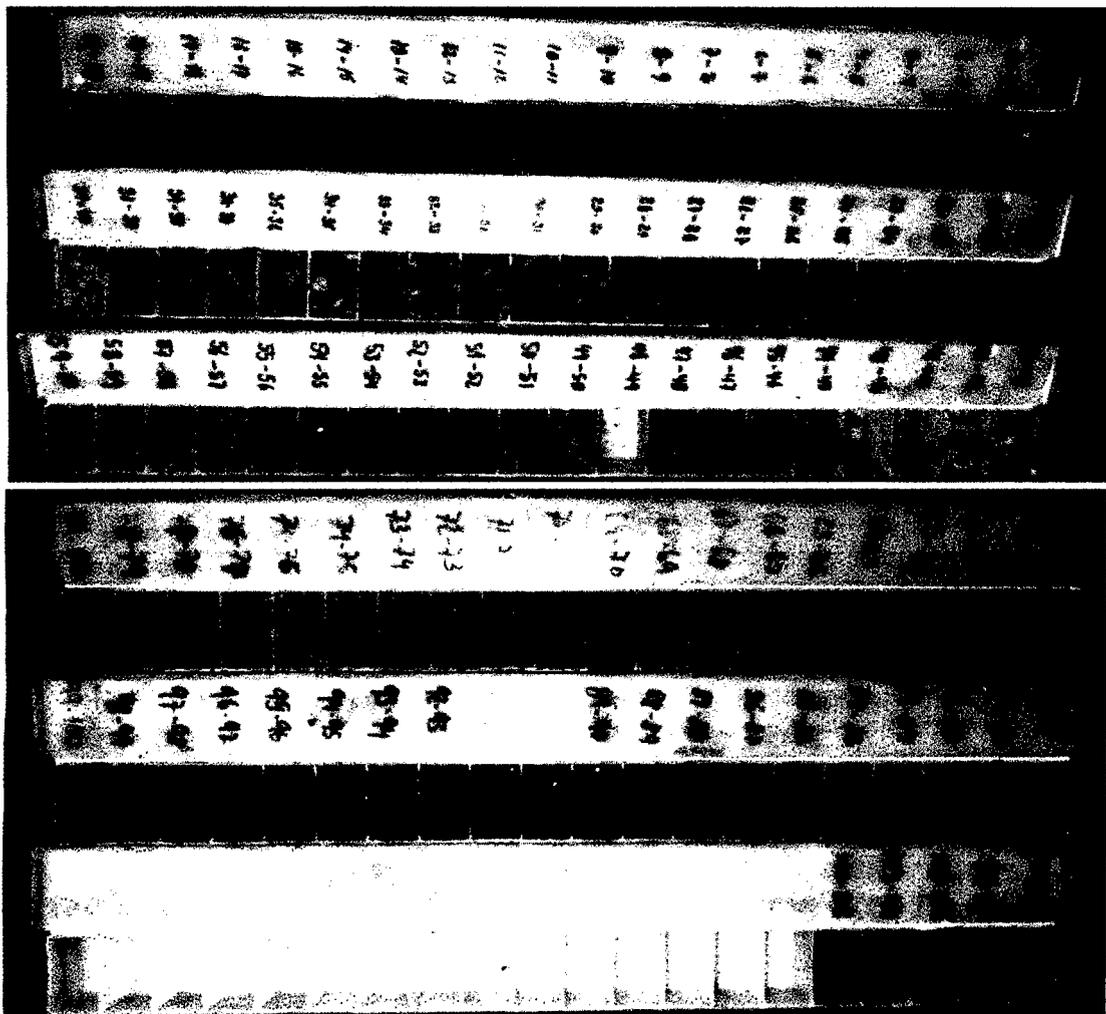
**Tabla N° 16**  
**Datos de Caudal y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-04**

<b>DATOS DE CAUDAL DE AGUA</b>			
<b>PRUEBA DE AIR LIFT</b>			
<b>Número de Pozo:</b>	<b>HWPJ-04</b>	<b>Cristhian Campos / Celso Salazar</b>	
<b>Fecha:</b>	<b>05/11/2012</b>		
<b>Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)</b>	<b>Profundidad del Casing (m)</b>	<b>Caudal (lt/min) ó (lpm)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
66.00	21.60	56.40	
72.00	21.60	66.89	
78.00	21.60	74.53	
84.00	21.60	93.38	
90.00	21.60	110.80	
96.00	21.60	97.09	
102.00	21.60	112.36	
<p><b>Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos. Medir el caudal cada 6 metros (es obligatorio). Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal. Cualquier Variación debe ser registrada.</b></p>			
<p><b>MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.</b> Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)</p>			
<p><b>Quick Log</b></p>			
<b>Geotecnistas: C. Campos / C. Salazar</b>			
<b>Hole Number : HWPJ-04</b>			
<b>Geology</b>			<b>Comments</b>
<b>From</b>	<b>To</b>	<b>Rock</b>	
0.00	1.00	Depositos Coluviales	fragmentos de arenisca
1.00	42.00	SAMQM	arenisca con oxidos en fracturas y diseminado
42.00	44.00	Sin recuperacion de muestra	posible falla
44.00	48.00	SAMQM	arenisca con oxidos en fracturas y diseminado
48.00	49.00	Sin recuperacion de muestra	posible falla
49.00	56.00	SAMQM	arenisca con oxidos en fracturas y diseminado
56.00	63.00	SAMQM	arenisca con oxidos en fracturas y diseminado
63.00	81.00	SAMQM	arenisca con oxidos en fracturas y diseminado
81.00	83.00	SAMQM	arenisca con oxidos diseminados y fracturas 1%
83.00	87.00	SAMQM	
87.00	91.00	Carbon / Limolitas carbonosas	Carbon intercalado Py.tz en limolitas carbonosas
91.00	97.00	Limolitas carbonosas	Limolita carbonosa con Py1 Tz
97.00	104.60	SAMQM	Arenisca Grs (arenisca sucia)

**Comentarios.**

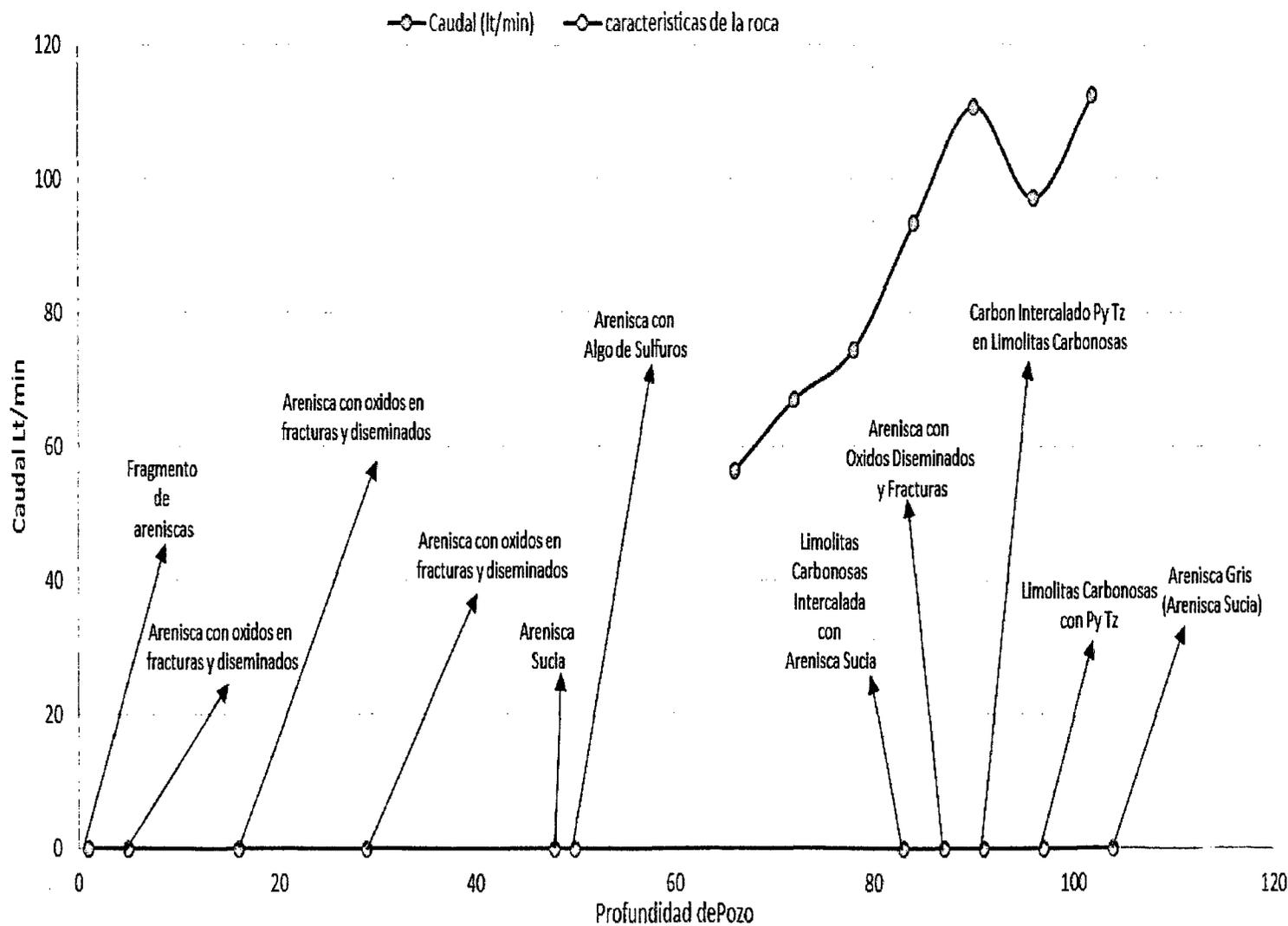
36.00m. - 42.00m.	Derrumbes
42.00m. - 44.00m.	Falla, no se recupera muestra
44.00m. - 48.00m.	Derrumbes
48.00m. - 49.00m.	Falla, no se recupera muestra
49.00m. - 54.00m.	Derrumbes
54.00m. - 55.00m.	Posible falla
55.00m. - 60.00m.	Derrumbes

**Fotografía N° 11**  
**Registro fotográfico de la litología del sondaje HWPJ-04**



Fuente: Elaboración Propia

### Caudal de Agua HWPJ-04



## 7.9 PIEZOMETRO HWPJ-05

**Fecha de Ejecución:** Desde: 10 de noviembre de 2012 hasta: 16 de noviem de 2012

**Coordenadas:** E: 802456.892                      N: 9121527.902                      Cota: 3989.076

**Longitud de perforación:** 167.50 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8)'' de 0.00 m a 21.45 m

(5 1/2)'' De 21.45 m a 167.50 m

**Casing Permanente (D= 6''): 1.50 m**

- Este piezómetro demoro en su perforación y construcción 6 días aproximadamente.
- La litología predominante es limolita en toda la columna con pequeñas venillas de cuarzo por tramos.
- El máximo caudal que se encontró fue de 19.2 l/min a los 167m de perforación.
- El piezómetro queda habilitado.

**Tabla N° 17**

**Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWPJ-05**

MATERIALES Y PIEZÓMETROS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	19.5	bolsas
Bentonita Granular	5	bolsas
Arena de Sílice	2	bolsas
Canto Rodado	48	bolsas
Bentonita Fina	3	bolsas
PVC Lisos	19	unidad
PVC Ranurados	9	unidad

**INFORMACION DE INSTALACION DE PIEZOMETRO - HWPJ-05**

Nombre del Piezómetro: **HWPJ-05** Controlador de Perforaciones: C. Campos / C. Salazar  
 Fecha Inicio Construcción: \_\_\_\_\_ Turno: Noche  
 Fecha Final Construcción: \_\_\_\_\_ Turno: Día

**Información de Casera (revestimiento):**

Profundidad (m): De: +0.50m. Hasta: 1.00m.  $\phi_p = 6" (\phi \text{ interior})$   
 Diámetro Final (Pulgada):  $\phi_p =$  \_\_\_\_\_

**Información de Pozo:**

Profundidad (m): De: 0.00m. Hasta: 167.50m.  
 Diámetro (Pulgada): (7 7/8)" De: 0.00m. hasta: 21.45m.  
 Diámetro (Pulgada): (5 1/2)" De: 21.45m. hasta: 167.50m.

**Información de PVC:**

Profundidad de los Tubos de PVC (m): De: +0.50m Hasta: 166.70m

**Profundidad de los Tubos Ranurados (m):**

De: 58.70m. Hasta: 64.70m.  
 De: 70.70m. Hasta: 76.70m.  
 De: 82.70m. Hasta: 88.70m.  
 De: 94.70m. Hasta: 100.70m.  
 De: 106.70m. Hasta: 112.70m.  
 De: 118.70m. Hasta: 124.70m.  
 De: 130.70m. Hasta: 136.70m.  
 De: 142.70m. Hasta: 148.70m.  
 De: 154.70m. Hasta: 160.70m.

**Profundidad de los Tubos Sólidos (m):**

De: +0.50m. Hasta: 58.70m.  
 De: 64.70m. Hasta: 70.70m.  
 De: 76.70m. Hasta: 82.70m.  
 De: 88.70m. Hasta: 94.70m.  
 De: 100.70m. Hasta: 106.70m.  
 De: 112.70m. Hasta: 118.70m.  
 De: 124.70m. Hasta: 130.70m.  
 De: 136.70m. Hasta: 142.70m.  
 De: 148.70m. Hasta: 154.70m.  
 De: 160.70m. Hasta: 166.70m.

Diámetro de los Tubos de PVC (Pulgada):  $\phi_i = 2"$   $\phi_e = 2.36"$

**Información de Arena/Grava:**

Profundidad (m):	De: <u>53.60m.</u>	Hasta: <u>166.70m.</u>	Volumen (L): <u>1584</u>	Canto rodado
			Bolsas (bts): <u>48</u>	
	De: <u>51.40m.</u>	Hasta: <u>53.60m.</u>	Volumen (L): <u>49.5</u>	Arena de Silice
			Bolsas (bts): <u>1.5</u>	
	De: <u>166.70m.</u>	Hasta: <u>167.50m.</u>	Volumen (L): <u>16.5</u>	Arena de Silice
			Bolsas (bts): <u>0.5</u>	

**Información de Bentonita 3/8":**

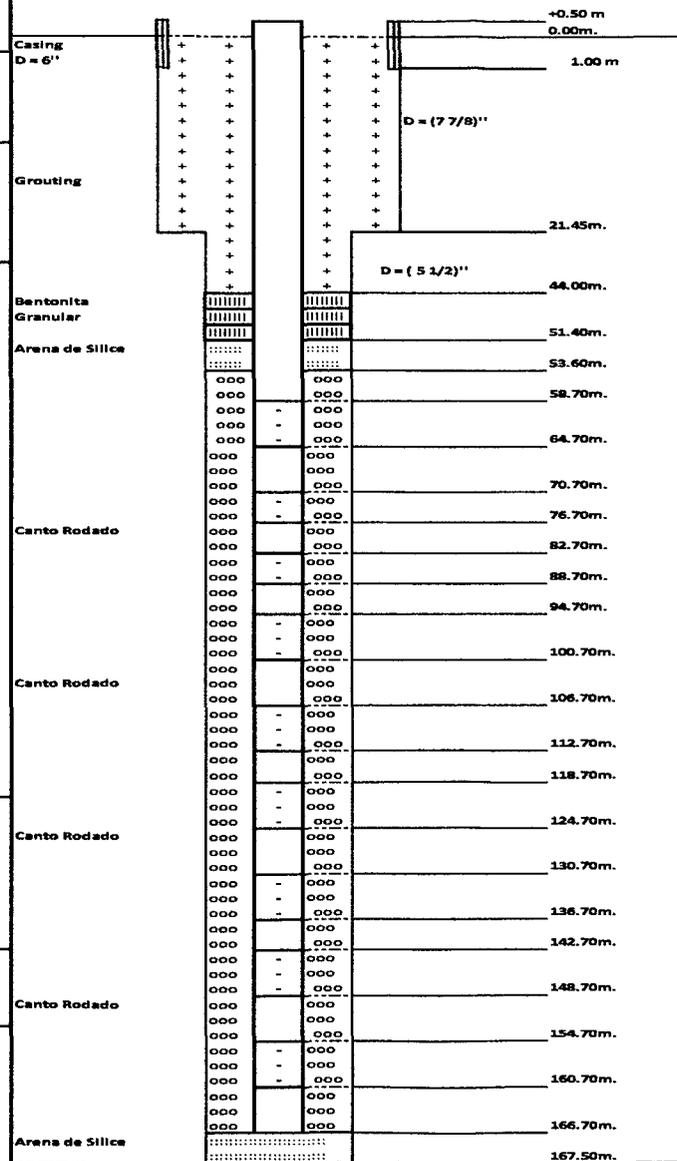
Profundidad (m): De: 44.00m. hasta: 51.40m. Volumen (L): 165  
 Bolsas (bts): 5

**Información de cemento:**

Profundidad (m): De: 0.00m. Hasta: 44.00m. Volumen (L): 643.5  
 Bolsas (bts): 19.5

Bentonita Fina Bolsas (bts): 99  
 Profundidad (m): Bolsas (bts): 3

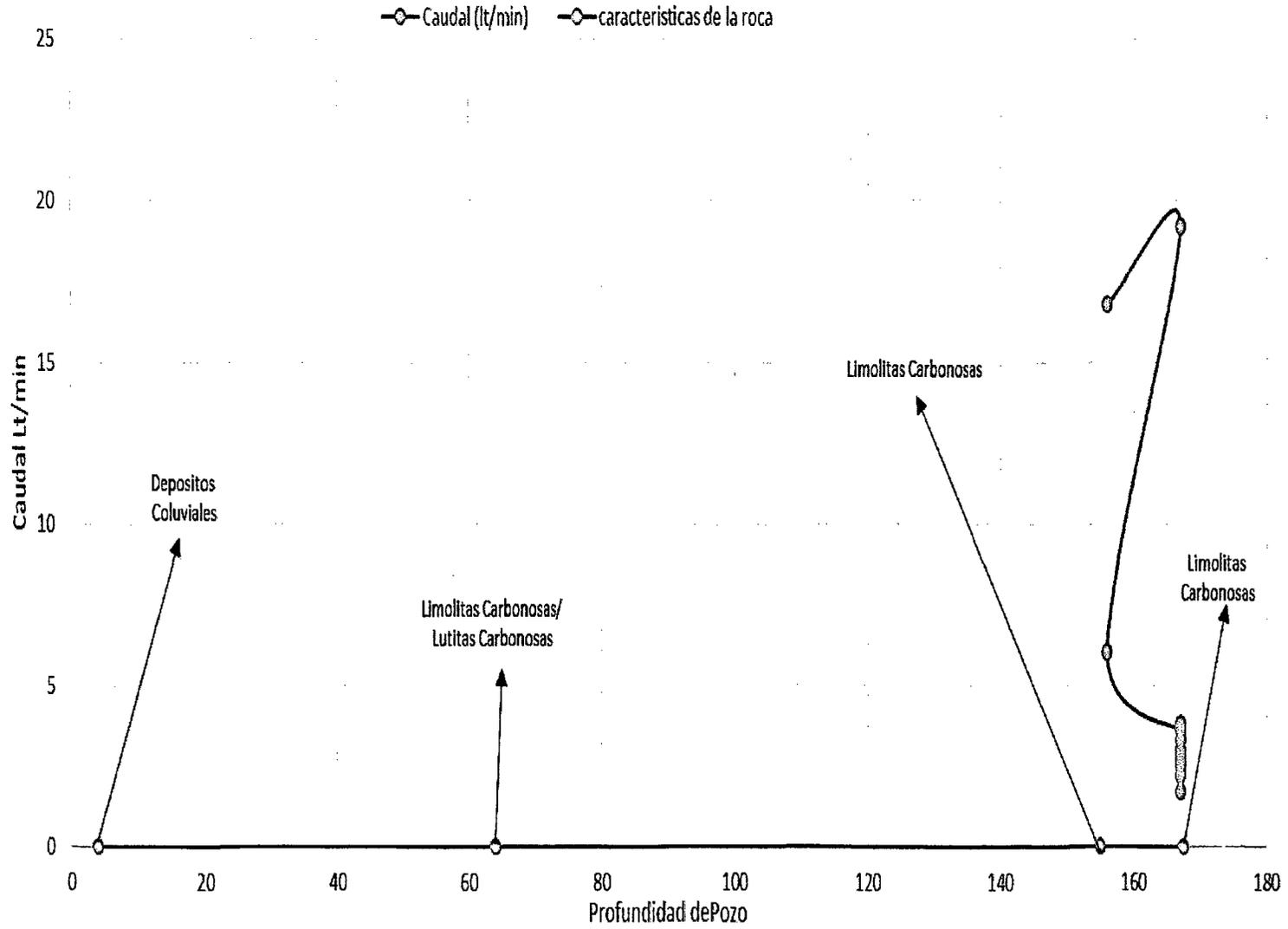
**Diseño de Piezometro**



**Tabla N° 18**  
**Datos de Caudal y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-05**

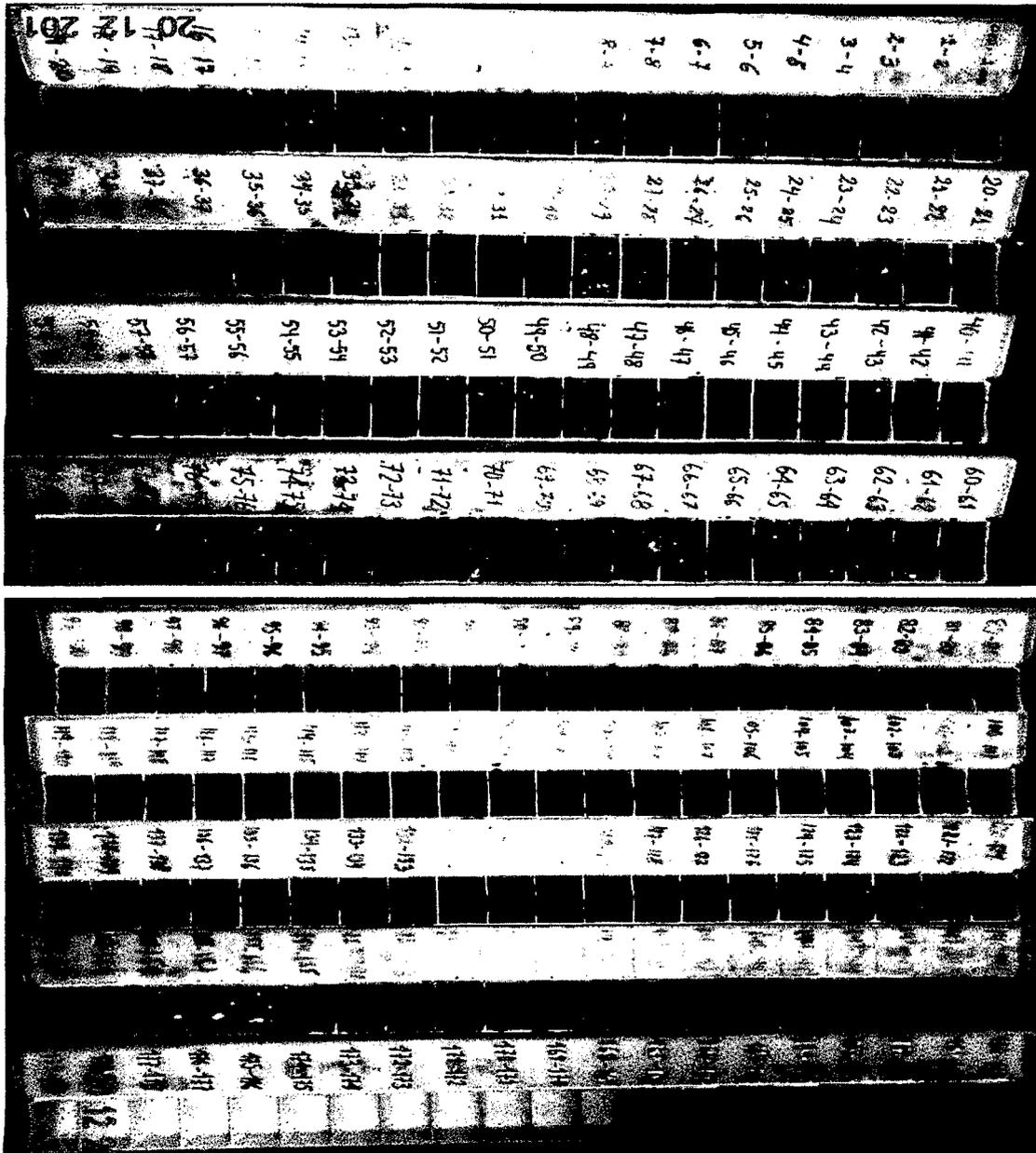
<b>DATOS DE CAUDAL DE AGUA</b>			
<b>PRUEBA DE AIR LIFT</b>			
<b>Número de Pozo:</b>	<b>HWPJ-05</b>		<b>Cristhian Campos / Celso Salazar</b>
<b>Fecha:</b>	<b>12/11/2012</b>		
<b>Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)</b>	<b>Profundidad del Casing (m)</b>	<b>Caudal (lt/min) ó (lpm)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
156.00	21.45	16.80	
167.00	21.45	19.20	
156.00	21.45	6.04	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	3.60	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	3.81	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	3.31	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	3.00	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	2.51	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	2.63	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	2.21	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	2.80	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	1.70	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
167.00	21.45	2.70	Desarrollo del pozo, tomas realizadas con 5 litros
<p><b>Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos. Medir el caudal cada 6 metros (es obligatorio). Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal. Cualquier Variación debe ser registrada.</b></p>			
<p><b>MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.</b> Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)</p>			
<p><b>Quick Log</b></p>			
<b>Geotecnistas: C. Campos / C. Salazar</b>			
<b>Hole Number : HWPJ-05</b>			
<b>Geology</b>			<b>Comments</b>
<b>From</b>	<b>To</b>	<b>Rock</b>	
0.00	4.00	Depositos coluviales	
4.00	64.00	Limolitas carbonosas / Lutias carbonosas	Limolitas carbonosas intercaladas con lutias carbonosas
64.00	155.00	Limolitas carbonosas	
155.00	167.50	Limolitas carbonosas	Limolitas carbonosas con venillas de cuarzo

# Caudal de Agua HWPJ-05



100

**Fotografía N° 12**  
**Registro fotográfico de la litología del sondaje HWPJ-05**



Fuente: Elaboración Propia

## 7.10 PIEZOMETRO HWPJ-06

**Fecha de Ejecución:** Desde: 17 de noviembre de 2012 hasta: 20 de noviem de 2012

**Coordenadas:** E: 802662.614                      N: 9120045.999                      Cota: 4097.706

**Longitud de perforación:** 115.00 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8) '' de 0.00 m a 4.50 m.

(5 1/2) '' De 4.50 m a 115.00 m

**Casing Permanente (D= 6''): 1.60 m**

### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Este piezómetro demoro en su perforación y construcción 3 días aproximadamente.
- Se encontró toba andesítica hasta los 59 m luego arenisca hasta los 91 metros y luego limolita carbonosa hasta el final del pozo.
- El máximo caudal que se encontró fue de 74.6 L/min a los 106m de perforación.
- En este pozo hay presencia de varias fallas razón por la que se pierde el agua en varios tramos.
- El piezómetro queda habilitado.

**Tabla N° 19**

### Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWPJ-06

MATERIALES UTILIZADOS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	11.5	bolsas
Bentonita Granular	14	bolsas
Arena de Sílice	3	bolsas
Canto Rodado	14	bolsas
Bentonita Fina	5.25	bolsas
PVC Lisos	12	unidad
PVC Ranurados	4	unidad

## INFORMACION DE INSTALACION DE PIEZOMETRO - HWPJ-06

**Nombre del Piezómetro:** HWPJ-06      **Controlador de Perforaciones:** C. Salazar / C. Campos  
**Fecha Inicio Construcción:** 18/11/12      **Turno:** Noche  
**Fecha Final Construcción:** 20/11/12      **Turno:** Noche

### Información de Casing (revestimiento):

**Profundidad (m):** De: +0.60 m.      Hasta: 1.00 m.      **Ø interior= 6"**  
**Diámetro Final (Pulgada):** Øp = \_\_\_\_\_

### Información de Pozo:

**Profundidad (m):** De: 0.00 m      hasta: 115.00 m  
**Diámetro (Pulgada):** (7 7/8)" De: 0.00m.      hasta: 4.50 m  
**Diámetro (Pulgada):** (5 1/2)" De: 4.50 m.      hasta: 115.00 m

### Información de PVC:

**Profundidad de los Tubos de PVC (m):**  
 De: +0.55 m      Hasta: 94.0 m.  
**Profundidad de los Tubos Ranurados (m):**  
 De: 64.00 m      Hasta: 88.00 m  
**Profundidad de los Tubos Solidos (m):**  
 De: +0.55 m      Hasta: 64.00 m  
 De: 88.00 m      Hasta: 94.00 m

**Diámetro de los Tubos de PVC (Pulgada):** Øi= 2"      **Øe= 2.36"**

### Información de Arena/Grava:

<b>Profundidad (m):</b>	De: 59.15 m	hasta: 61.90m	<b>Bolsas(bis):</b>	2.5	
			<b>Volumen (L):</b>	82.5	
	De: 61.90 m	hasta: 92.13 m	<b>Bolsas(bis):</b>	14	(canto rodado 3-6mm)
			<b>Volumen (L):</b>	462	
	De: 92.13 m	hasta: 94.30 m	<b>Bolsas(bis):</b>	0.5	
			<b>Volumen (L):</b>	16.5	

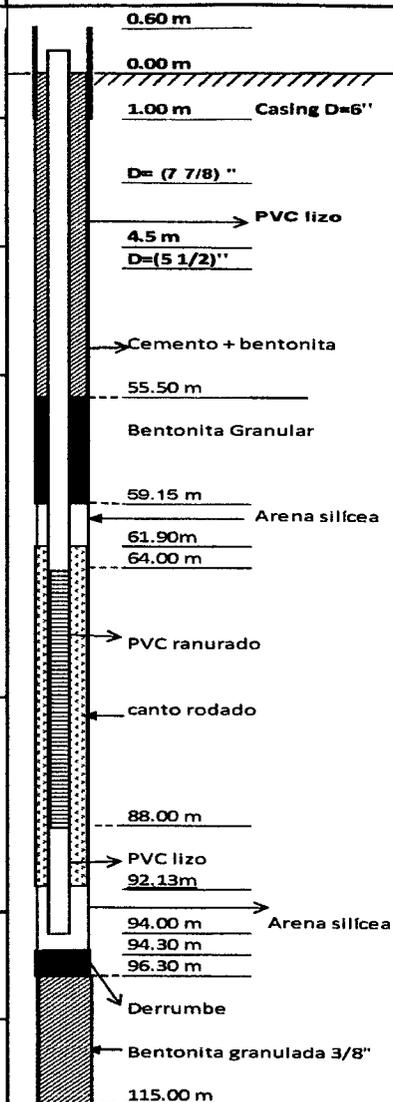
### Información de Bentonita 3/8":

<b>Profundidad (m):</b>	De: 55.50 m	hasta: 59.15 m	<b>Bolsas (bis):</b>	2
			<b>Volumen (L):</b>	66
	De: 96.30 m	hasta: 115.00m	<b>Bolsas (bis):</b>	12
			<b>Volumen (L):</b>	396

### Información de cemento:

<b>Profundidad (m):</b>	De: 0m	Hasta: 55.50 m	<b>Bolsas(bis):</b>	11.5
			<b>Volumen (L):</b>	379.5
<b>Bentonita Fina</b>	De: 0m	Hasta: 55.50 m	<b>Bolsas(bis):</b>	5 1/4
<b>Profundidad (m)</b>			<b>Volumen (L):</b>	173 1/4

### Instalación final



**Tabla N° 20**  
**Datos de Caudal y Geotecnia del Piezómetro HWPJ-06**

DATOS DE CAUDAL DE AGUA					
PRUEBA DE AIR LIFT					
Número de Pozo:	HWPJ-06				Celso Salazar - Crithian Campos
Fecha:	20/11/2012				
Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)	Profundidad del Casing (m)	Caudal (lt/seg)	Caudal (lt/min) ó (lpm)	Presión (PSI)	OBSERVACIONES
52	4.5		24.51	180	para todas las pruebas se realizo 3 medidas y se saco promedio
58	4.5		24.87	180	se tomo 20 litros de agua en todas las medidas
64	4.5		25.68	180	
70	4.5		41.90	180	
76	4.5		29.76	180	
82	4.5		47.68	180	
88	4.5		56.52	180	
94	4.5		44.58	180	
100	4.5		46.89	180	
106	4.5		74.06	160	
112	4.5		66.00	180	
114.6	4.5		48.19	180	
114.6	4.5		34.60	140	
114.6	4.5		26.11	130	
114.6	4.5		34.25	130	
114.6	4.5		28.57	130	

**Nota.-** Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos.  
Medir el caudal cada 6 metros (es obligatorio).  
Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal.  
Cualquier Variación debe ser registrada.

**Comentarios**

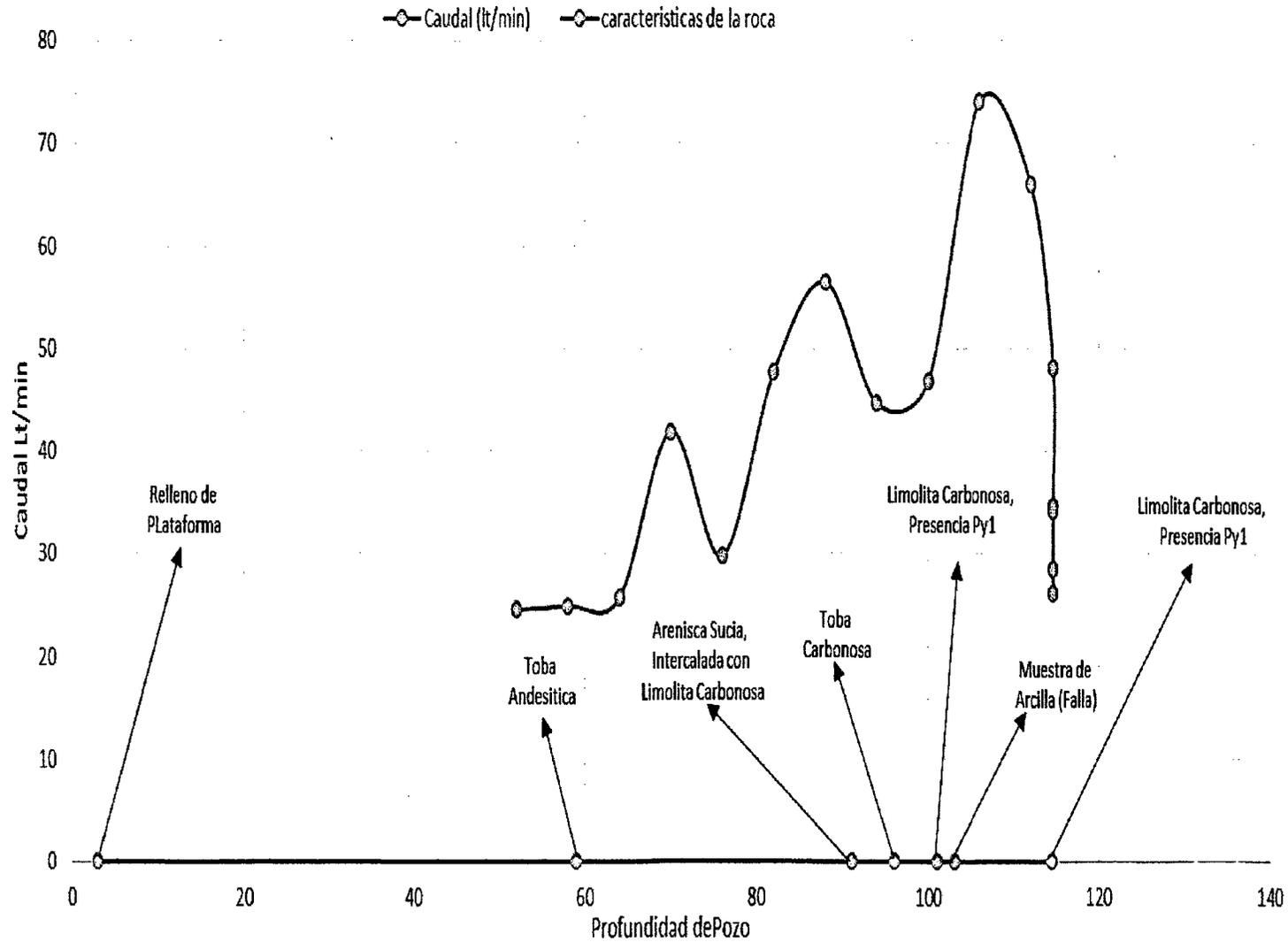
- A los 13m empieza a salir agua por goteo.
- A los 76m se pierde el agua (sale muestra seca de 76 a 77m).
- A los 77m nuevamente sale agua.

MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.					
Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)					
Quick Log					
Geologist: C. Salazar					
Hole Number : HWPJ-06					
Geology			Comments		
From	To	Rock			
0.00	3.00	Arena arcillosa, gravosa	Relleno de plataforma		
3.00	59.00	Toba andesítica	Toba andesítica, presenta alteracion argilica		
59.00	91.00	Arenisca interdigitada	Arenisca sucia, intercalada con limolita carbonosa		
91.00	96.00	Toba andesítica	Toba andesítica, presenta alteracion argilica		
96.00	101.00	limolita carbonosa	Limolita carbonosa, presenta Py1-Py2, en fracturas y deseminado 1%		
101.00	103.00	Arcilla	Muestra de arcilla, (falla)		
103.00	114.50	limolita carbonosa	Limolita carbonosa, presenta Py1-Py2, en fracturas y deseminado 1%		

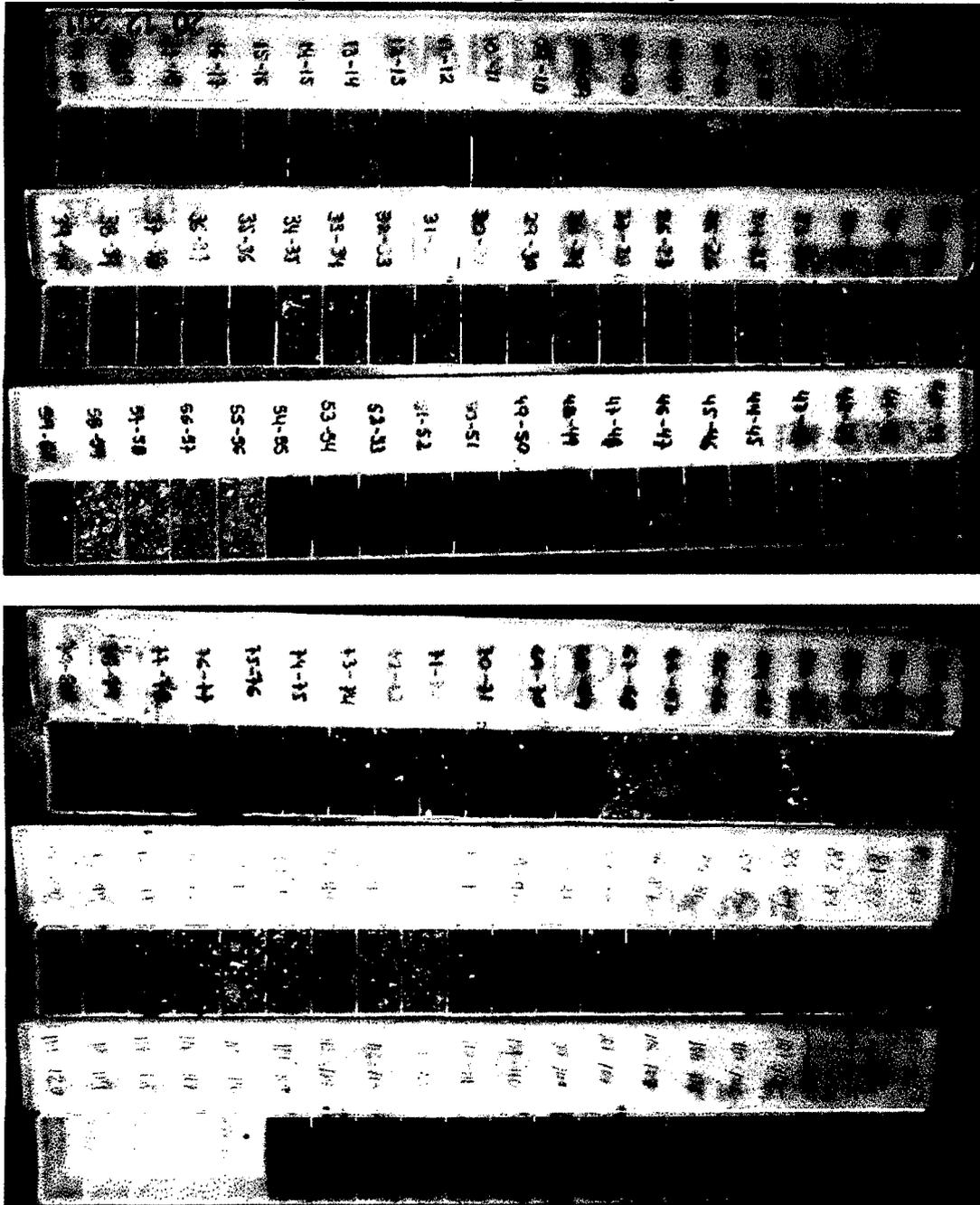
**Comentarios.**

- 76-77m Sale muestra seca posible falla o fractura
- 101 - 103m presenta muestra de arcilla (Falla).

# Caudal de Agua HWPI-06



**Fotografía N° 13**  
**Registro fotográfico de la litología del sondaje HWPJ-06**



Fuente: Elaboración Propia

## 7.11 PIEZOMETRO HWCH-02

**Fecha de Ejecución:** Desde: 21 de noviembre de 2012 hasta: 25 de noviem del 2012

**Coordenadas:** E: 804519.74                      N: 9122504.893                      Cota: 3991.808

**Longitud de perforación:** 115.60 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8)'' de 0.00 m a 27.88 m

(5 1/2)'' De 27.88 m a 115.60 m

**Casing Permanente (D= 6''): 15.70 m**

### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Este piezómetro demoro en su perforación y construcción 4 días aproximadamente.
- Se encontró 30m de material morrenico y la litología en este terreno es variado, presencia de pequeñas capas intercaladas de limolitas, conglomerado, brechas y areniscas.
- Se dejó 15.70m de casing permanente por seguridad para no perder el pozo porque se atascó con parte de la lechada de cemento.
- El piezómetro queda habilitado.

**Tabla N° 21**

### Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWCH-02

MATERIALES CONSUMIDOS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	20	bolsas
Bentonita Granular	2	bolsas
Arena de Sílice	17	bolsas
Canto Rodado	0	bolsas
Bentonita Fina	1	bolsas
PVC Lisos	17	unidad
PVC Lisos	3	unidad

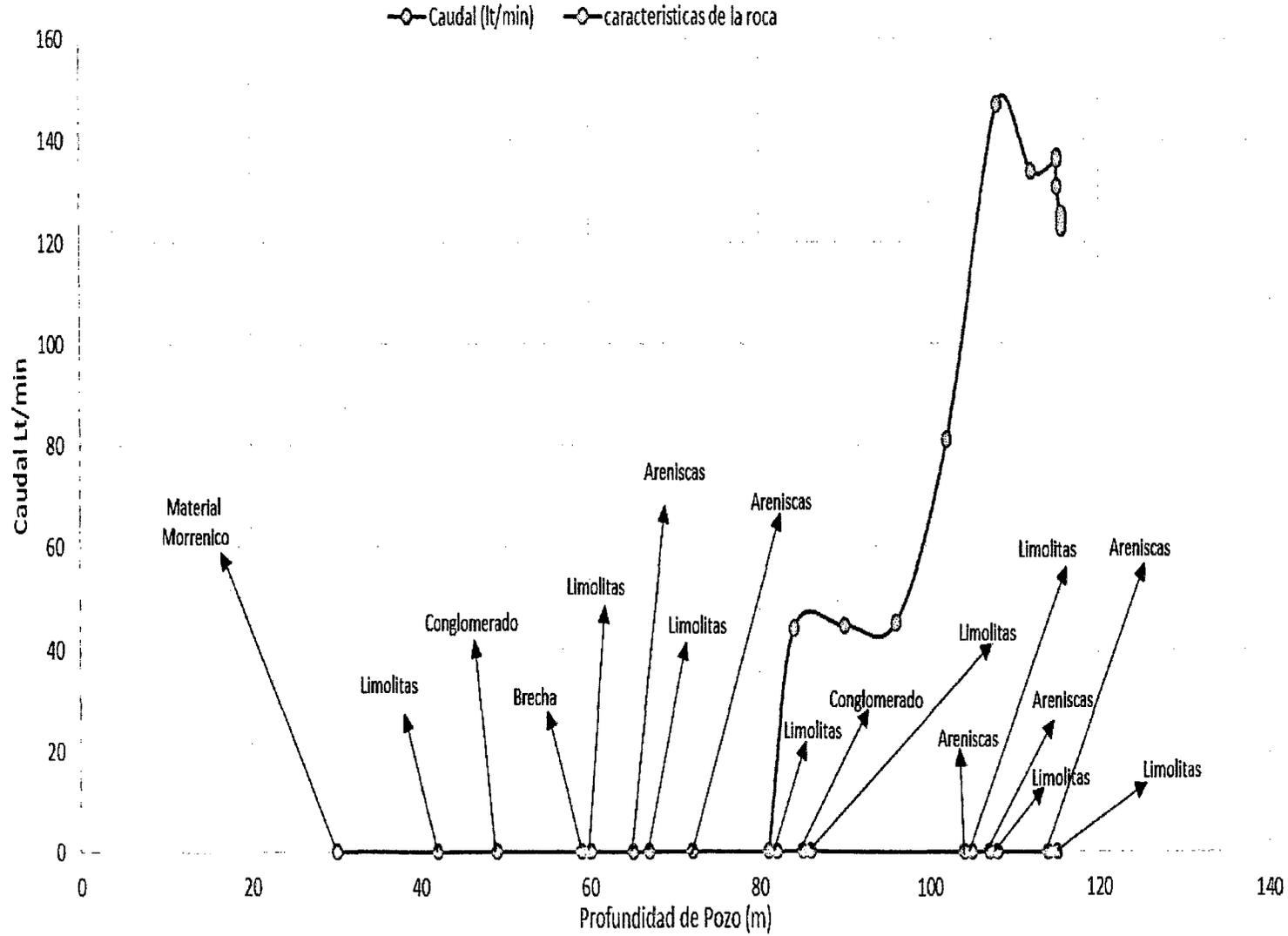


**Tabla N° 22**  
**Datos de Caudal y Geotecnia del Piezómetro HWCH-02**

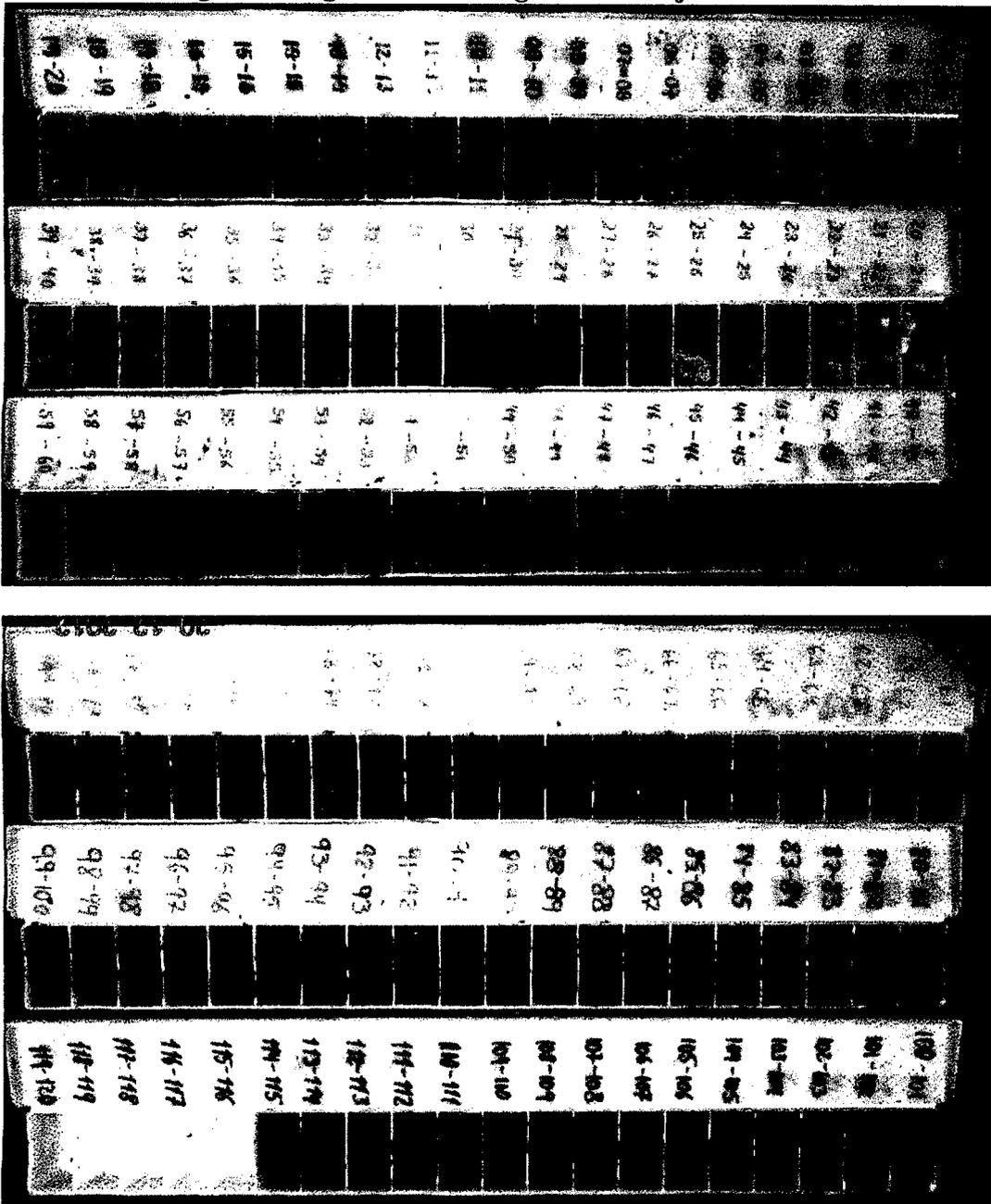
DATOS DE CAUDAL DE AGUA			
PRUEBA DE AIR LIFT			
Número de Pozo:	HWCH-02		Cristhian Campos / Celso Salazar
Fecha:	23/11/2012		
Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)	Profundidad del Casing (m)	Caudal (lt/min) ó (lpm)	OBSERVACIONES
81.00		0	presencia de agua por goteo
84.00		43.8	
90.00		44.4	
96.00		45	
102.00		81	
108.00		147	
112.00		133.8	
115.00		136.2	dato tomado al finalizar pozo
115.00		136.8	dato tomado al finalizar pozo
115.00		130.8	dato tomado al finalizar pozo
115.60		124.26	prueba tomada en el desarrollo del pozo
115.60		124.62	prueba tomada en el desarrollo del pozo
115.60		125.52	prueba tomada en el desarrollo del pozo
115.60		122.82	prueba tomada en el desarrollo del pozo
<b>Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos. Medir el caudal cada 6 metros (es obligatorio). Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal. Cualquier Variación debe ser registrada.</b>			

MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.			
Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)			
Quick Log			
Geotecnistas: C. Salazar			
Hole Number : HWCH-02			
Geology			Comments
From	To	Rock	
0.00	30.00	Material Morrenico	
30.00	42.00	Limolitas	
42.00	49.00	Conglomerado	
49.00	59.00	Brecha	
59.00	60.00	Limolitas	
60.00	65.00	Areniscas	
65.00	67.00	Limolitas	
67.00	72.00	Areniscas	
72.00	82.00	Limolitas	
82.00	85.00	Conglomerado	
85.00	86.00	Limolitas	
86.00	104.00	Areniscas	
104.00	105.00	Limolitas	
105.00	107.00	Areniscas	
107.00	108.00	Limolitas	
108.00	114.00	Areniscas	
114.00	115.00	Limolitas	

# Caudal de Agua HWCH-02



**Fotografía N° 14**  
**Registro fotográfico de litología del sondaje HWCH-02**



Fuente: Elaboración Propia

## 7.12 PIEZOMETRO HWCH-03

**Fecha de Ejecución:** Desde: 28 de noviembre de 2012 hasta: 30 de noviem del 2012

**Coordenadas:** E: 803734.55

N: 9123338.796

Cota: 3968.792

**Longitud de perforación:** 120.50 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8)'' de 0.00 m a 15.95 m.

(5 1/2)'' de 15.95 m a 120.50 m

**Casing Permanente (D= 6''): 1.65 m**

### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Este piezómetro demoro en su perforación y construcción 3 días.
- En este pozo predomina las limolitas con pequeñas capas de arenisca.
- El máximo caudal que se encontró fue de 57.60 L/min a los 120m de perforación.
- El piezómetro queda habilitado.

**Tabla N° 23**

### Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWCH-03

MATERIALES IDENTIFICADOS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	25	bolsas
Bentonita Granular	9.25	bolsas
Arena de Sílice	20	bolsas
Canto Rodado	0	bolsas
Bentonita Fina	1.25	bolsas
PVC Lisos	16	unidad
PVC Lisos	4	unidad



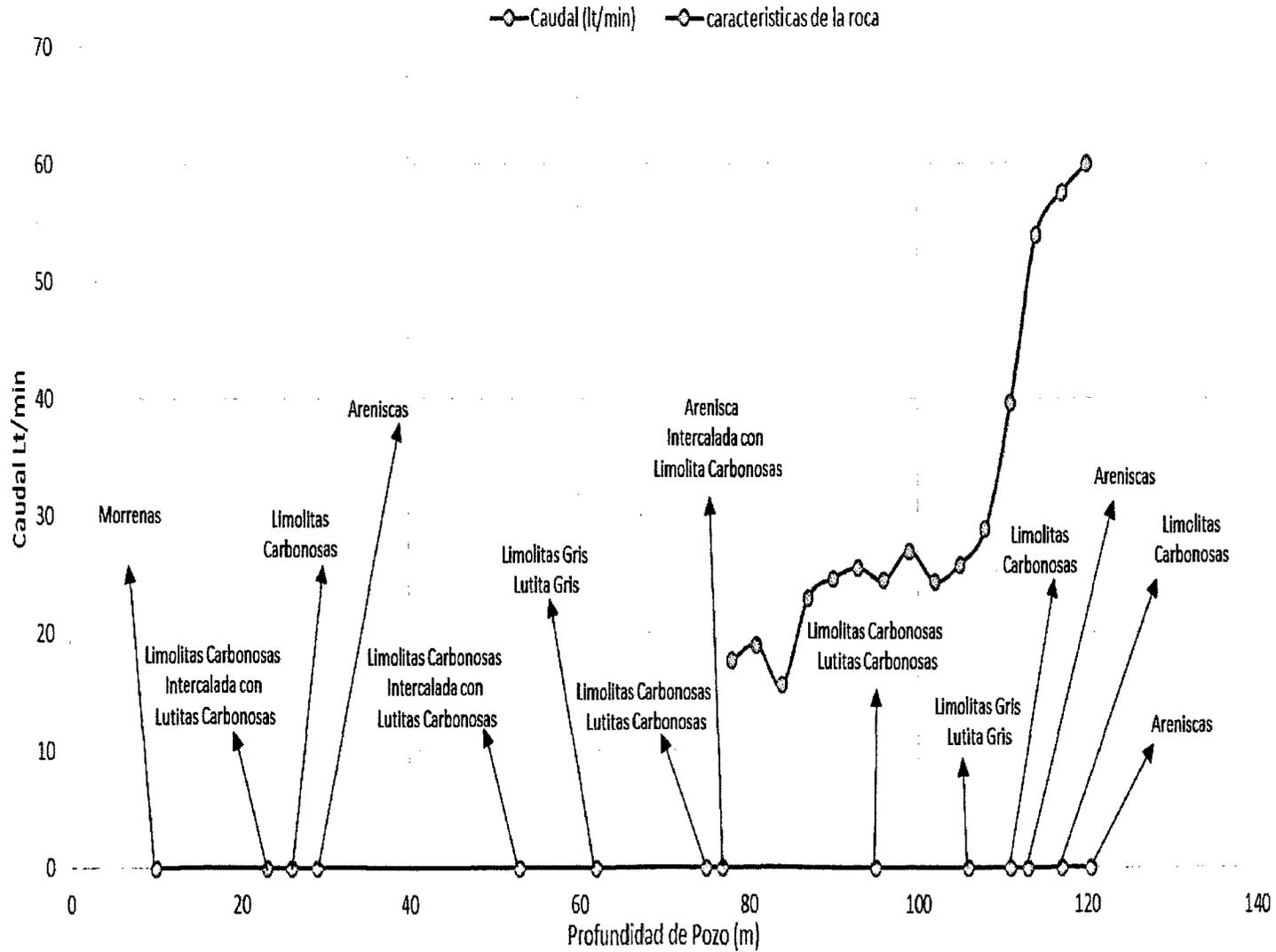
**Tabla N° 24**  
**Datos de Caudal y Geotecnia del Piezómetro HWCH-03**

DATOS DE CAUDAL DE AGUA					
PRUEBA DE AIR LIFT					
Número de Pozo:	HWCH-03			Cristhian Campos / Celso Salazar	
Fecha:	28/11/2012				
Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)	Profundidad del Casing (m)	Caudal (lt/seg)	Caudal (lt/min) ó (lpm)	Presión (PSI)	OBSERVACIONES
78.00	15.95		17.70	180	
81.00	15.95		18.90	180	
84.00	15.95		15.50	180	
87.00	15.95		22.93	180	
90.00	15.95		24.63	180	
93.00	15.95		25.53	180	
96.00	15.95		24.45	180	
99.00	15.95		26.95	180	
102.00	15.95		24.39	180	
105.00	15.95		26.40	180	
108.00	15.95		25.80	180	
111.00	15.95		28.80	180	
114.00	15.95		39.60	180	
117.00	15.95		54.00	180	
120.00	15.95		57.60	180	
120.00	15.95		60.00	180	
120.00	15.95		60.00	180	
120.00	15.95		55.80	200	
120.00	15.95		60.60	200	
120.00	15.95		60.00	200	
105.00	0.95		23.14	180.00	durante el desarrollo del pozo
105.00	0.95		23.94	180.00	durante el desarrollo del pozo
105.00	0.95		25.98	180.00	durante el desarrollo del pozo
105.00	0.95		25.95	180.00	durante el desarrollo del pozo
105.00	0.95		23.77	180.00	durante el desarrollo del pozo
105.00	0.95		23.39	180.00	durante el desarrollo del pozo
105.00	0.95		23.11	180.00	durante el desarrollo del pozo
105.00	0.95		23.31	180.00	durante el desarrollo del pozo

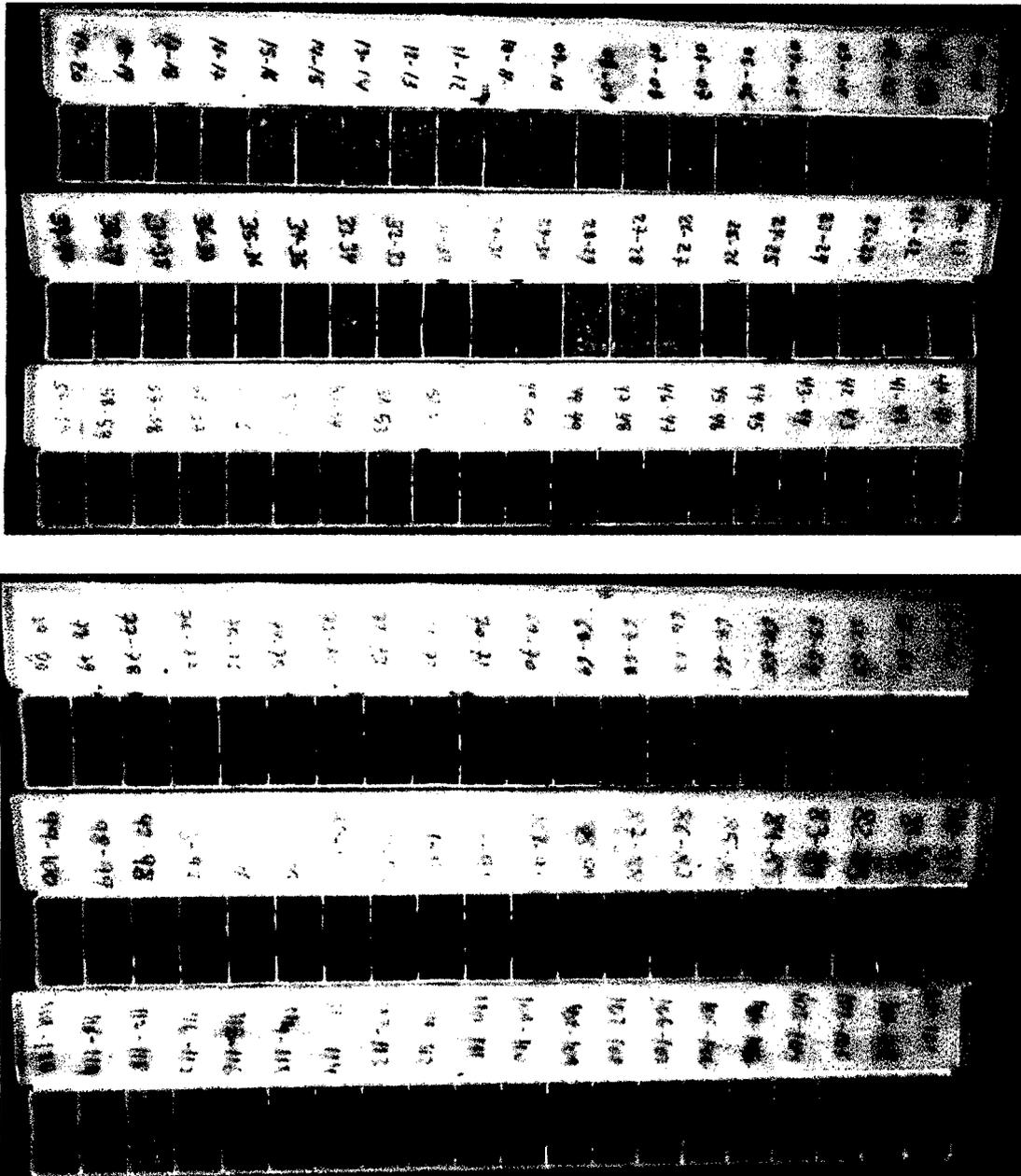
**Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos. Medir el caudal cada 3 metros (es obligatorio). Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal. Cualquier Variación debe ser registrada.**

<b>MINERA BARRICK MSQUICHILCA S.A.</b>			
<b>Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)</b>			
<b>Quick Log</b>			
<b>Geologist</b>		<b>C. Salazar</b>	
<b>Hole Number</b>		<b>HWCH-03</b>	
<b>Geology</b>			<b>Comments</b>
<b>From</b>	<b>To</b>	<b>Rock</b>	
0.00	10.00	Morenas	depositos cuaternarios morrenicos fragmentos de arenisca con oxidos en fracturas y diseminados
10.00	23.00	Limolitas intercaladas con lutitas	limolita gris con intercalacion de lutitas grices, no se observa mineralizacion
23.00	26.00	limolita carbonosa	limolita carbonosa no se aprecia mineralizacion
26.00	29.00	arenisca	arenisca gris con venillas de silice, no se observa mineralizacion
29.00	53.00	limolita carbonosa intercalada con lutitas carbonosas	limolita carbonosa intercalada con lutita carbonosa, no se observa mineralizacion (presencia de arcillas )
53.00	62.00	limolita gris, lutita gris	limolita gris intercalada con lutita gris, Py2-Py1 Tz diseminado en fracturas
62.00	75.00	limolita carbonosa lutita carbonosa	limolita carbonosa intercalada con lutita carbonosa Py1-Py2 Tz (puntual)
75.00	77.00	arenisca intercalada con limolita carbonosa	arenisca gris oscura con limolita carbonosa Py1 Tz en fracturas y diseminado
77.00	95.00	limolita carbonosa lutita carbonosa	limolita carbonosa intercalada con lutita carbonosa Py2-Py1 Tz fx i disc. (puntual)
95.00	106.00	limolita gris, lutita	limolita gris intercalada con lutita gris, Py2-Py1 diseminado y fracturas
106.00	111.00	limolita carbonosa	
111.00	113.00	arenisca	arenisca, no presenta mineralización
113.00	117.00	limolita carbonosa	Limolita carbonosa, Py1 Tz. Diseminado y en fracturas
117.00	120.50	arenisca	arenisca, no presenta mineralización

### Caudal de Agua HWCH-03



**Fotografía N° 15**  
**Registro fotográfico de litología del sondaje HWCH-03**



Fuente: Elaboración Propia

### 7.13 PIEZOMETRO HWCH-04

**Fecha de Ejecución:** Desde: 01 de diciembre de 2012 hasta: 03 de diciem del 2012

**Coordenadas:** E: 805342.627 N: 9120901.322 Cota: 4028.094

**Longitud de perforación:** 149.50 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8) ” de 0.00 m a 16.00 m.

(5 ½) ” De 16.00 m a 149.50 m

**Casing Permanente (D= 6”):** 1.50 m

#### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Este piezómetro demoro en su perforación y construcción 2 días aproximadamente.
- La litología predominante es de volcánico andesítico.
- El máximo caudal que se encontró fue de 100 L/min a los 148m de perforación.
- El piezómetro queda habilitado.

**Tabla N° 25**  
**Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWCH-04**

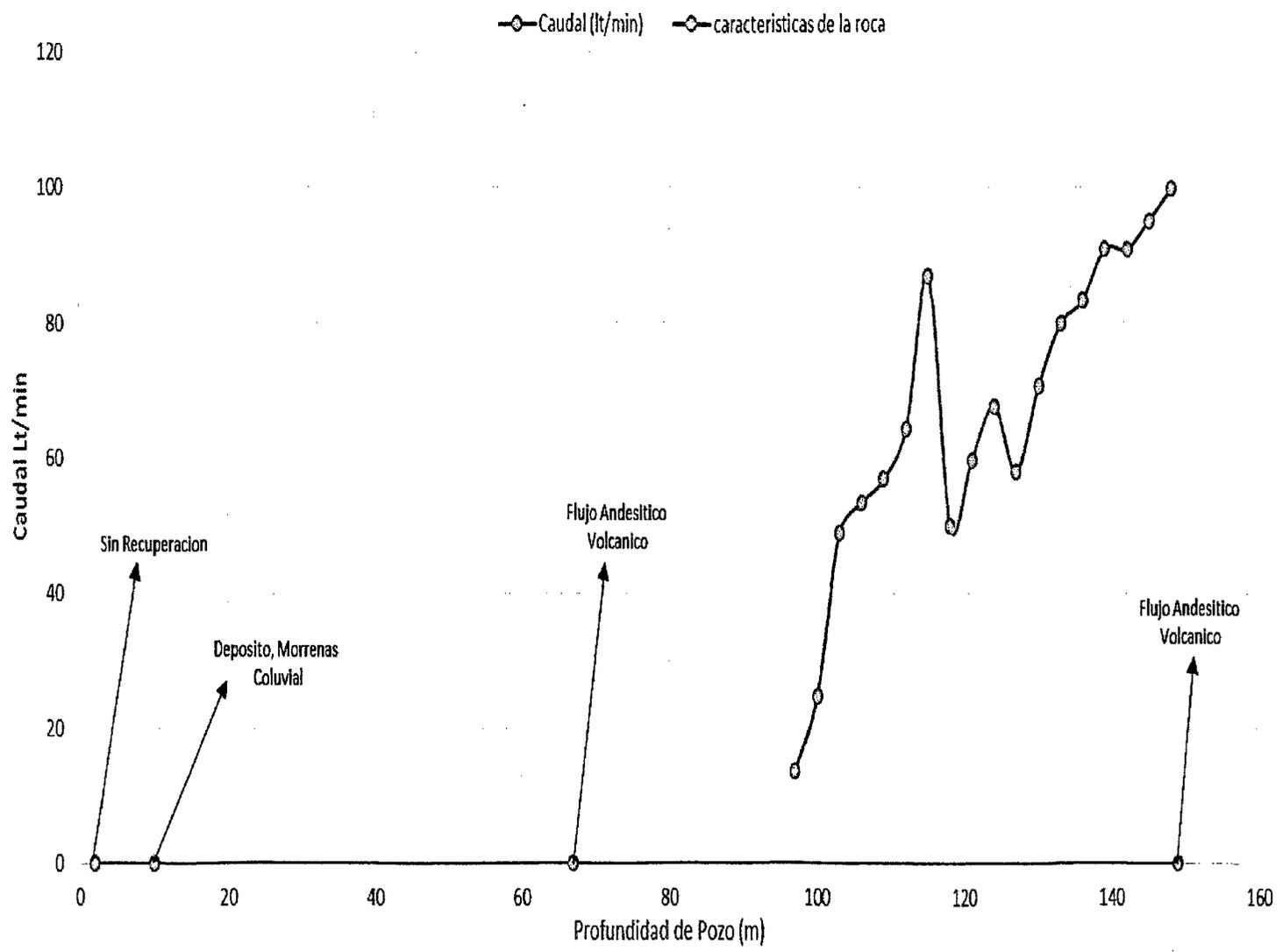
MATERIALES UTILIZADOS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	28	bolsas
Bentonita Granular	4	bolsas
Arena de Sílice	27	bolsas
Canto Rodado	0	bolsas
Bentonita Fina	1.5	bolsas
PVC Lisos	21	unidad
PVC Ranurados	4	unidad

INFORMACION DE INSTALACION DE PIEZOMETRO - HWCH-04		Diseño de Piezometro	
<b>Nombre del Piezómetro:</b> HWCH-04 <b>Controlador de Perforaciones:</b> C. Campos / C. Salazar <b>Fecha Inicio Construcción:</b> <b>Turno:</b> Noche <b>Fecha Final Construcción:</b> <b>Turno:</b> Día		+0.70m. 0.00m.	
<b>Información de Casing (revestimiento):</b> Profundidad (m): De: +0.70 m. Hasta: 0.80m. $\phi_p = 6"$ ( $\phi$ interior) Diámetro Final (Pulgada): $\phi_p =$		Casing D = 6"	
<b>Información de Pozo:</b> Profundidad (m): De: 0.00 m. Hasta: 149.50mm. Diámetro (Pulgada): 7 7/8" De: 0.00m. hasta: 16.00m. Diámetro (Pulgada): (5 1/2)" De: 16.00m. hasta: 149.50m.		Grouting D=(7 7/8)" D=(5 1/2)" 16.00m.	
<b>Información de PVC:</b> Profundidad de los Tubos de PVC (m): De: +0.70m. Hasta: 149.00m. Profundidad de los Tubos Ranurados (m): De: 107.00m. Hasta: 113.00m. De: 119.00m. Hasta: 125.00m. De: 131.00m. Hasta: 143.00m. Profundidad de los Tubos Sólidos (m): De: +0.70m. Hasta: 107.00m. De: 113.00m. Hasta: 119.00m. De: 125.00m. Hasta: 131.00m. De: 143.00m. Hasta: 149.50m. Diámetro de los Tubos de PVC (Pulgada): $\phi_i = 2"$ $\phi_e = 2.36"$		Bentonita Granular 85.14m. 91.00m. 107.00m. 113.00m. 119.00m.	
<b>Información de Arena/Grava:</b> Profundidad (m): De: 91.00m. Hasta: 149.00m. Volumen (L): 891 Bolsas(bls): 27		Arena de Silice 125.00m. 131.00m.	
<b>Información de Bentonita 3/8":</b> Profundidad (m): De: 85.14m. hasta: 91.00m. Volumen (L): 132 Bolsas (bls): 4		143.00m.	
<b>Información de Grouting:</b> Cemento: Profundidad (m): De: 0.00m. Hasta: 85.14m. Bolsas(bls): 28 Volumen (L): 924 Bentonita Fina Profundidad (m): Bolsas(bls): 1.5 Volumen (L): 49 1/2		Derrumbe 149.00m. 149.50m.	

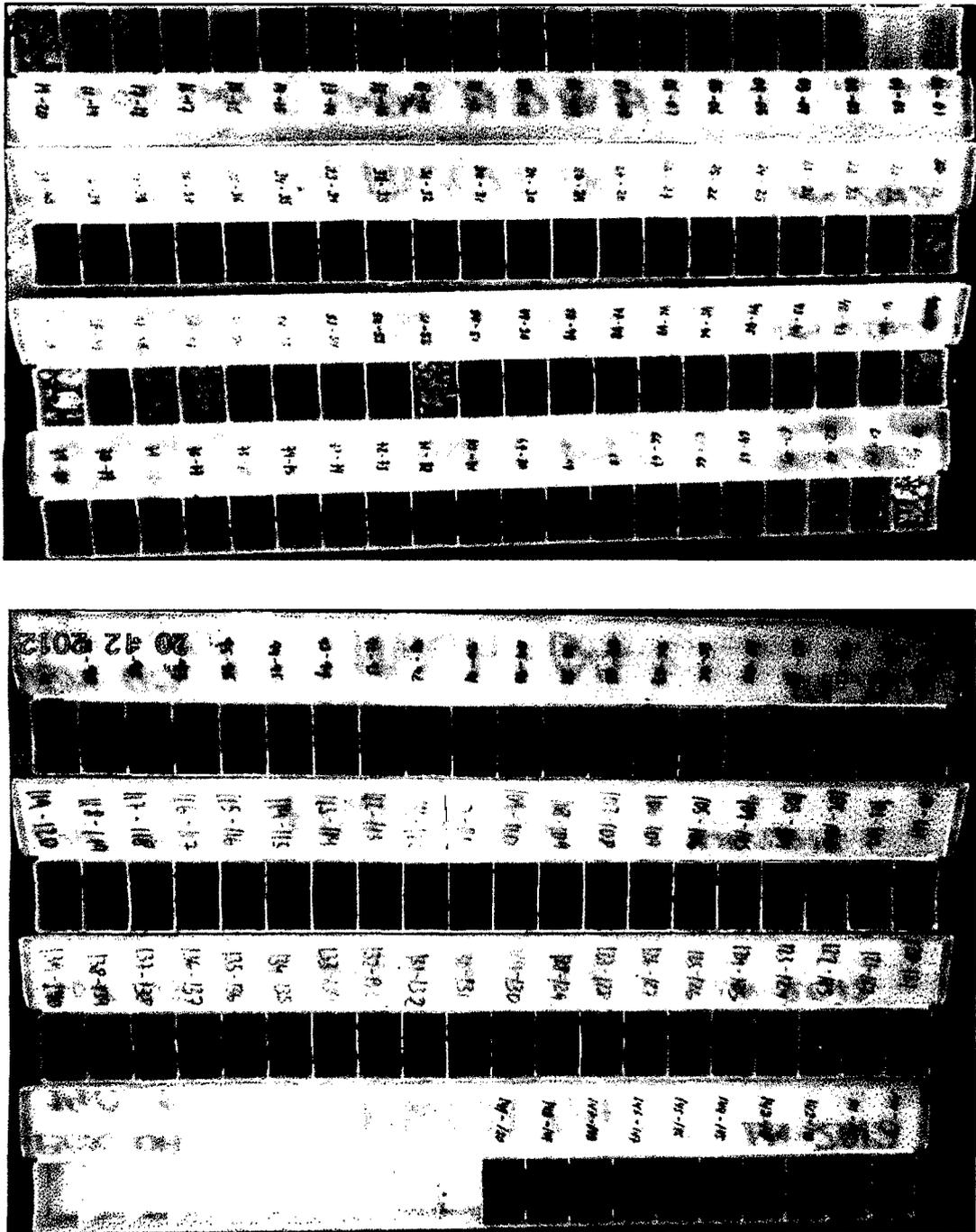
**Tabla N° 26**  
**Datos de Caudal y Geotecnia del Piezómetro HWCH-04**

DATOS DE CAUDAL DE AGUA			
PRUEBA DE AIR LIFT			
Número de Pozo:	HWCH-04		Cristhian Campos / Celso Salazar
Fecha:	02/12/2012		
Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)	Profundidad del Casing (m)	Caudal (lt/min) ó (lpm)	OBSERVACIONES
97.00	16.00	13.45	
100.00	16.00	24.77	
103.00	16.00	48.76	
106.00	16.00	53.29	
109.00	16.00	56.76	
112.00	16.00	64.17	
115.00	16.00	86.89	
118.00	16.00	49.88	
121.00	16.00	59.67	
124.00	16.00	67.61	
127.00	16.00	57.94	
130.00	16.00	70.67	
133.00	16.00	80.00	
136.00	16.00	83.33	
139.00	16.00	90.91	
142.00	16.00	90.91	
145.00	16.00	95.24	
148.00	16.00	100.00	
<p><b>Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos. Medir el caudal cada 3 metros (es obligatorio). Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal. Cualquier Variación debe ser registrada.</b></p>			
<b>MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.</b>			
Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)			
Quick Log			
Geotecnistas: C. Campos / C. Salazar			
Hole Number : HWCH-04			
Geology			Comments
From	To	Rock	
0.00	2.00	sin recuperacion	
2.00	10.00	Depositos, morrenas coluviales	depositos cuaternarios, morrenas coluviales
10.00	67.00	flujo andesítico volcanico	flujo andesítico color rojiso presenta oxidos 2% en la matriz, presencia de horblenda presenta ojos de cuarzo (escazo)
67.00	149.50	flujo volcanico andesítico	flujo volcanico andesítico color gris verdoso presencia de horblenda presenta ojos de cuarzo escazo, oxidos hm tz en fx y diss.

### Caudal de Agua HWCH-04



**Fotografía N° 16**  
**Registro fotográfico de litología del sondaje HWCH-04**



Fuente: Elaboración Propia

#### 7.14 PIEZOMETRO HWCH-05

**Fecha de Ejecución: Desde:** 04 de diciembre de 2012 hasta: 08 de diciem del 2012

**Coordenadas:** E: 805215.69

N: 9121496.783

Cota: 3936.962

**Longitud de perforación:** 150.60 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8) '' de 0.00 m a 21.40 m.

(5 1/2) '' de 21.40 m a 150.60 m

**Casing Permanente (D= 6''): 1.50 m**

#### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Este piezómetro demoro en su perforación y construcción 4 días.
- Se tiene un tramo de 80m aproximadamente de volcánico andesítico, una pequeña capa de limolita y luego arenisca hasta el final del pozo.
- El máximo caudal que se encontró fue de 15.15 L/min a los 139m de perforación.
- El piezómetro queda habilitado.

**Tabla N° 27**

#### Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWCH-05

MATERIALES UTILIZADOS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	55	bolsas
Bentonita Granular	1.5	bolsas
Arena de Sílice	3.75	bolsas
Punta de Lápiz y Tapa(PVC)	1	bolsas
Bentonita Fina	2	bolsas
PVC Lisos	23	unidad
PVC Ranurado	1	unidad

### INFORMACION DE INSTALACION DE PIEZOMETRO - HWCH-05

Nombre del Piezómetro: HWCH-05 Controlador de Perforaciones: F.Ramos / J.Juscamaíta  
 Fecha Inicio Construcción: Turno: Noche  
 Fecha Final Construcción: Turno: Día

**Información de Casinga (revestimiento):**

Profundidad (m): De: +0.70 m. Hasta: 0.80 m.  
 Diámetro interior = 6" Diámetro exterior =

**Información de Pozo:**

Profundidad (m): De: 0.00 m. Hasta: 150.60m.  
 Diametro (Pulgada): (7 7/8)" De: 0.00m. hasta: 21.40 m  
 Diametro (Pulgada): (5 1/2)" De: 21.40 m hasta: 150.60m.

**Información de PVC:**

Profundidad de los Tubos de PVC (m): De: +0.70 m Hasta: 139.00 m  
 Profundidad de los Tubos Ranurados (m): De: 133.00 m hasta: 139.00 m  
 Profundidad de los Tubos Solidos (m): De: +0.70m. hasta: 133.00 m

Diametro de los Tubos de PVC (Pulgada):  $\phi$ l= 2"  $\phi$ e= 2.36"

**Información de Arena/Grava:**

Profundidad (m): De: 131.95 m hasta: 139.50 m Volumen (L): 123.75  
 Bolsas(bis): 3.75

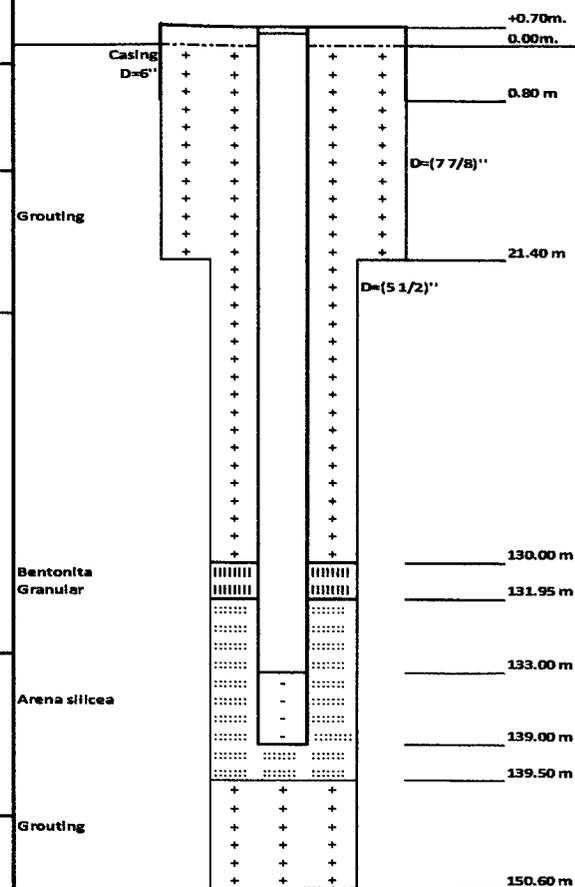
**Información de Bentonita 3/8":**

Profundidad (m): De: 130.00 m hasta: 131.95 m Volumen (L): 49.5  
 Bolsas (bis): 1.50

**Información de Grouting:**

Cemento: Bolsas(bis): 2  
 Profundidad (m): De: 139.50 m hasta: 150.60 m Volumen (L): 66  
 Bentonita: Bolsas(bis):  
 Volumen (L):  
 Cemento: Bolsas(bis): 53  
 Profundidad (m): De: 0.00 m hasta: 130.00 m Volumen (L): 1749  
 Bentonita: Bolsas(bis): 2  
 Volumen (L): 66

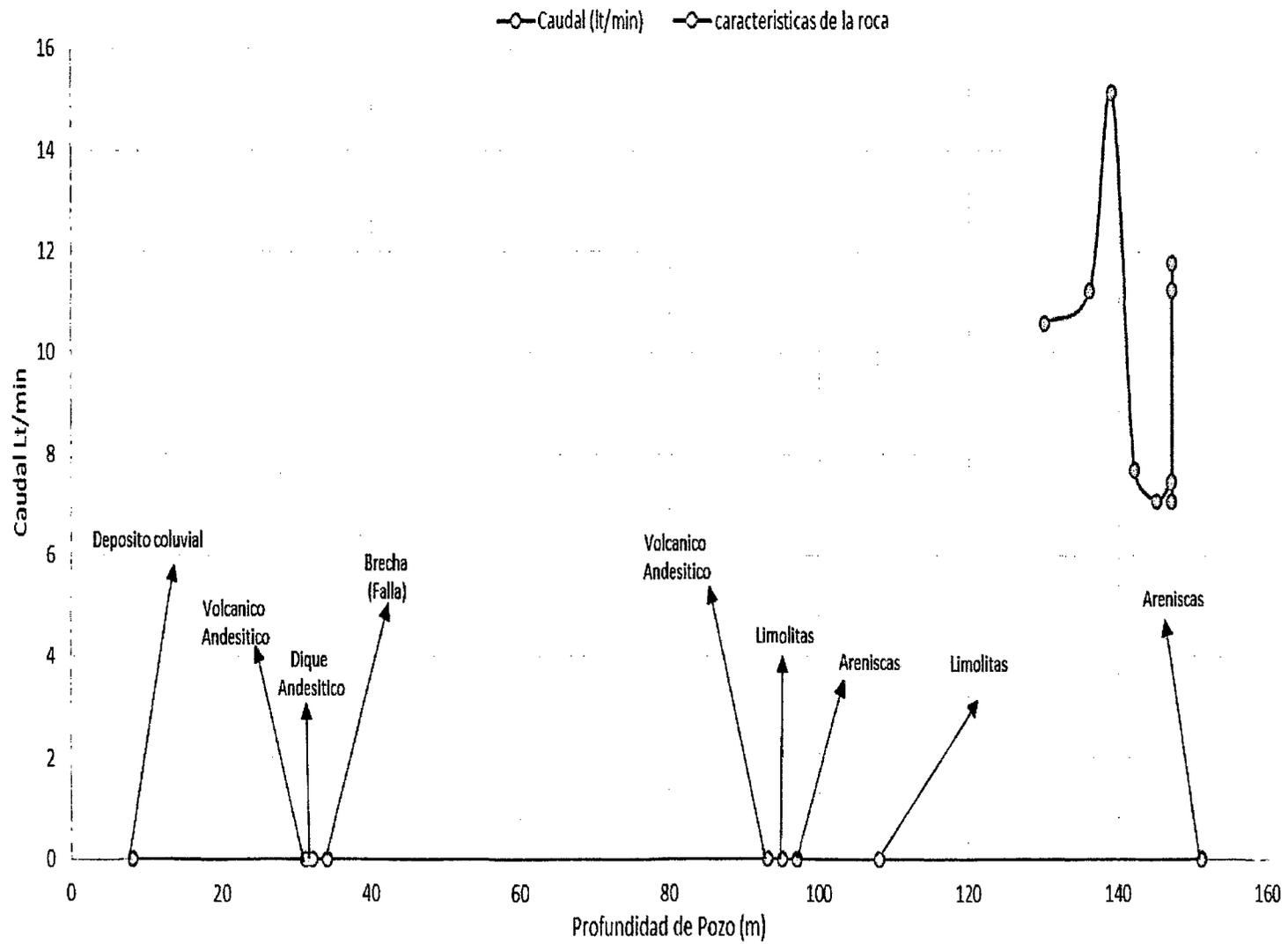
### Diseño de Piezometro



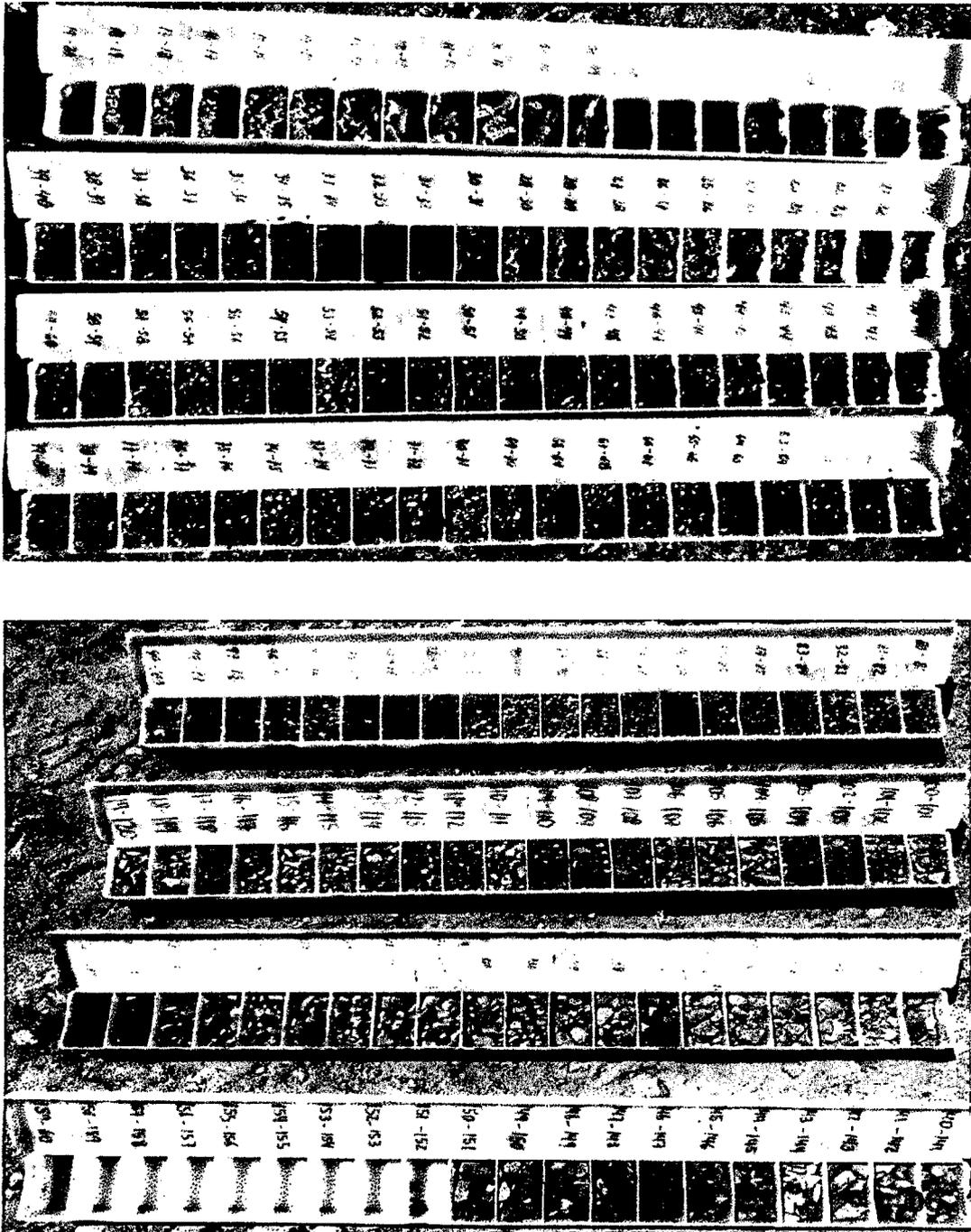
**Tabla N° 28**  
**Datos de Caudal y Geotecnia del Piezómetro HWCH-05**

<b>MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.</b>			
<b>Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)</b>			
<b>Quick Log</b>			
<b>Geotecnistas: C. Campos / C. Salazar</b>			
<b>Hole Number : HWCH-05</b>			
<b>Geology</b>			<b>Comments</b>
<b>From</b>	<b>To</b>	<b>Rock</b>	
0.00	8.00	Deposito coluvial	
8.00	31.00	Volcanico andesitico	
31.00	32.00	Dique andesitico	
32.00	34.00	Brecha(Falla)	
34.00	93.00	Volcanico andesitico	
93.00	95.00	Limolitas	
95.00	97.00	Areniscas	
97.00	108.00	Limolitas	
108.00	151.00	Areniscas	
<b>DATOS DE CAUDAL DE AGUA</b>			
<b>PRUEBA DE AIR LIFT</b>			
<b>Número de Pozo:</b>	HWCH-05		Fredy Ramos / Jony Justamaita
<b>Fecha:</b>	05/12/2012		
<b>Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)</b>	<b>Profundidad del Casing (m)</b>	<b>Caudal (lt/min) ó (lpm)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
130.00	21.40	10.58	
136.00	21.40	11.24	
139.00	21.40	15.15	
142.00	21.40	7.69	
145.00	21.40	7.09	
147.00	21.40	7.46	dato tomado al finalizar la perforacion del pozo
147.00	21.40	7.09	dato tomado al finalizar la perforacion del pozo
147.00	21.40	11.26	dato tomado al finalizar la perforacion del pozo
147.00	21.40	11.79	dato tomado al finalizar la perforacion del pozo
<p><b>Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos.</b>  <b>Medir el caudal cada 6 metros (es obligatorio).</b>  <b>Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal.</b>  <b>Cualquier Variación debe ser registrada.</b></p>			

# Caudal de Agua HWCH-05



Fotografía N° 17  
Registro fotográfico de litología del sondaje HWCH-05



Fuente: Elaboración Propia

### 7.15 PIEZOMETRO HWCH-06

**Fecha de Ejecución:** Desde: 08 de diciembre de 2012 hasta: 12 de diciem del 2012

**Coordenadas:** E: 803185.03

N: 9119621.299

Cota: 4131...416

**Longitud de perforación:** 174.00 m

**Diámetro de perforación:** (7 7/8) '' de 0.00 m a 30.88 m.

(5 1/2) '' De 30.88 m a 174.00 m

**Casing Permanente (D= 6'')**: 4.50 m

#### Observaciones Generales en la Elaboración del Piezómetro

- Se encontró andesita argilizada hasta los 127m, luego presencia de limolitas hasta el final del pozo.
- El máximo caudal que se encontró fue de 3.3 L/min a los 156m de perforación.
- En este pozo no se encontró caudal de agua considerable, pero se notó presencia de humedad y agua por goteo en toda la columna del pozo.
- El piezómetro queda habilitado.

**Tabla N° 29**  
**Consumo de materiales en la construcción de Piezómetros HWCH-06**

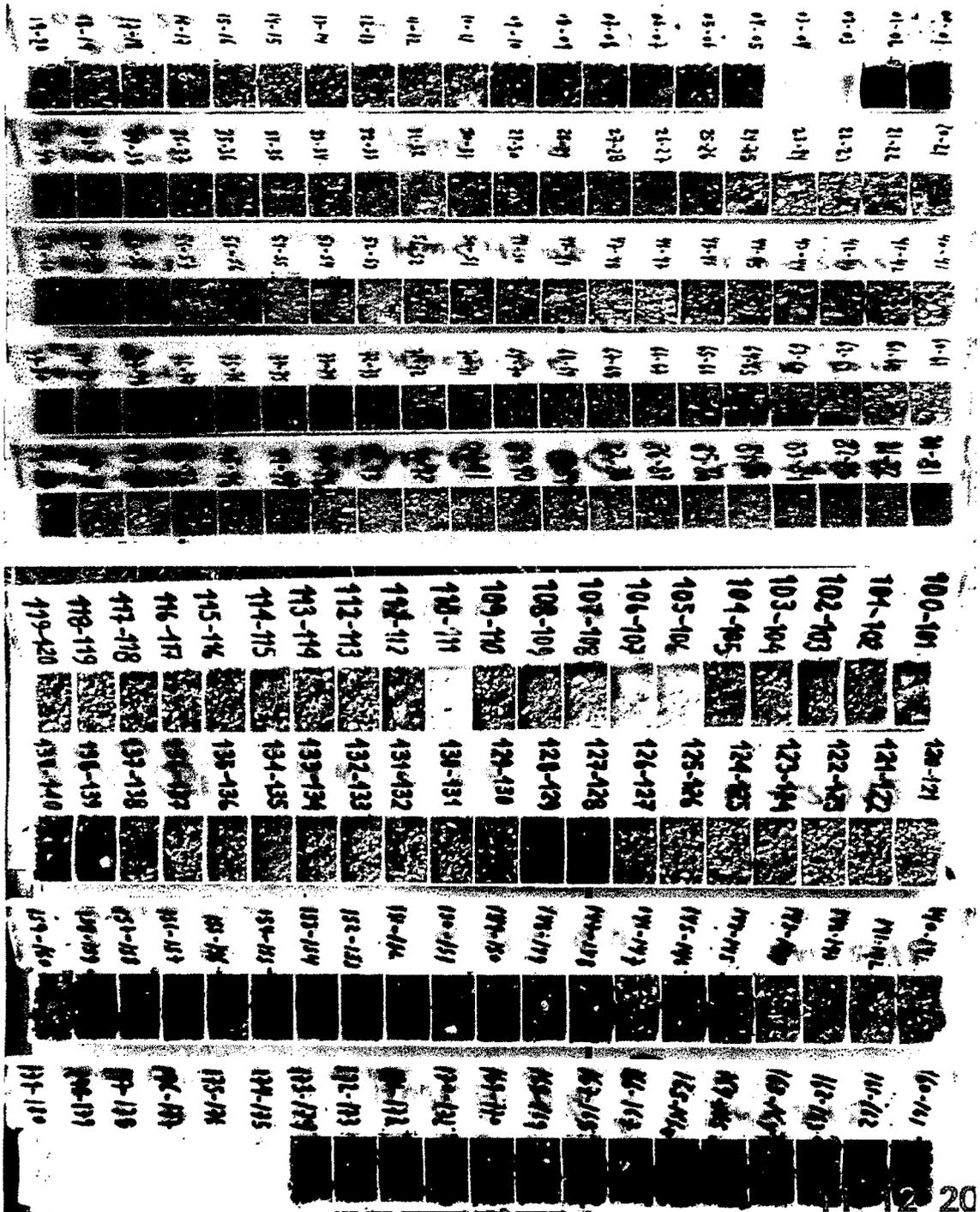
MATERIALES UTILIZADOS		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	42	bolsas
Bentonita Granular	3	bolsas
Arena de Sílice	26.5	bolsas
Punta de Lápiz y Tapa(PVC)	2	pares
Bentonita Fina	2	bolsas
PVC Lisos	39	unidad
PVC Ranurados	4	unidad

INFORMACION DE INSTALACION DE PIEZOMETRO - HWCH-06				Diseño de Piezómetro	
Nombre del Piezómetro: HWCH-06		Controlador de Perforaciones: F.Ramos / J. Juscamaíta			
Fecha Inicio Construcción:		Turno: Noche			
Fecha Final Construcción:		Turno: Día			
<b>Información de Casings (revestimiento):</b>					
Profundidad (m):	De: +0.70 m.	hasta: 3.80 m			
Diámetro interior=6"					
Diámetro exterior=					
<b>Información de Pozo:</b>					
Profundidad (m):	De: 0.00 m.	hasta: 174.00 m			
Diámetro (Pulgada):	(7 7/8)" De: 0.00m.	hasta: 30.88 m			
Diámetro (Pulgada):	(5 1/2)" De: 30.88m.	hasta: 174.00 m			
<b>Información de PVC:</b>					
Profundidad de los Tubos de PVC (m):					
	De: +0.70m.	Hasta: 170.85 m			
	De: +0.70m.	Hasta: 81.80 m			
Profundidad de los Tubos Ranurados (m):					
	De: 158.85 m	Hasta: 170.85 m			
	De: 69.80 m	Hasta: 81.80 m			
Profundidad de los Tubos Sólidos (m):					
	De: +0.70m.	Hasta: 158.85 m			
	De: +0.70m.	Hasta: 69.80 m			
Diámetro de los Tubos de PVC (Pulgada): $\phi_i = 2"$ $\phi_e = 2.36"$					
<b>Información de Arena/Grava:</b>					
Profundidad (m):	De: 145.50	Hasta: 171.85	Bolsas (bls): 396		
			Volumen (L): 12		
Profundidad (m):	De: 64.60 m	Hasta: 118.45 m	Bolsas (bls): 478.5		
			Volumen (L): 14.5		
<b>Información de Bentonita 3/8":</b>					
Profundidad (m):	De: 60.40 m	hasta: 64.60 m	Bolsas (bls): 1.5		
			Volumen (L): 49.5		
Profundidad (m):	De: 141.25 m	hasta: 145.50 m	Bolsas (bls): 1.5		
			Volumen (L): 49.5		
<b>Información de Grouting:</b>					
Cemento					
Profundidad (m):	De: 118.45 m	hasta: 141.25 m	Bolsas (bls): 6.5		
			Volumen (L): 214.5		
Bentonita Fina					
Profundidad (m):	De: 118.45 m	hasta: 141.25 m	Bolsas (bls): 0.25		
			Volumen (L): 8.3		
Cemento					
Profundidad (m):	De: 0.00m.	hasta: 60.40 m	Bolsas (bls): 35.5 m		
			Volumen (L): 1171.5		
Bentonita Fina					
Profundidad (m):	De: 0.00m.	hasta: 60.40 m	Bolsas (bls): 1.75		
			Volumen (L): 57.8		

**Tabla N° 30**  
**Datos de Caudal y Geotecnia del Piezómetro HWCH-06**

<b>DATOS DE CAUDAL DE AGUA</b>			
<b>PRUEBA DE AIR LIFT</b>			
<b>Número de Pozo:</b>	<b>HWCH-06</b>		<b>Cristhian Campos / Celso Salazar</b>
<b>Fecha:</b>	<b>10/12/2012</b>		
<b>Profundidad del Taladro ó Sondaje (m)</b>	<b>Profundidad del Casing (m)</b>	<b>Caudal (lt/min) ó (lpm)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
156.00	30.88	3.30	
<p><b>Nota.- Antes de realizar las mediciones bombear a presión constante por lo menos 10 minutos. Medir el caudal cada 6 metros (es obligatorio). Tomar más medidas si observa un aumento o disminución de Caudal. Cualquier Variación debe ser registrada.</b></p>			
<b>MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.</b>			
<b>Desarrollo de Proyectos (Proyecto -LOM)</b>			
<b>Quick Log</b>			
<b>Geotecnistas:</b>		<b>F. Ramos / J. Juscamaita</b>	
<b>Hole Number : HWCH-06</b>			
<b>Geology</b>			<b>Comments</b>
<b>From</b>	<b>To</b>	<b>Rock</b>	
0.00	2.00	Relleno	
2.00	4.00	Sin recuperacion	
4.00	10.00	Andesita meteorizada	
10.00	91.00	Andesita argilizada	
91.00	93.00	Falla	
93.00	105.00	Andesita argilizada	
105.00	107.00	Sin recuperacion	
107.00	110.00	Andesita argilizada	
110.00	111.00	Sin recuperacion	
111.00	127.00	Andesita argilizada	
127.00	130.00	Limolita carbonosa	
130.00	138.00	Limolita con Py(Falla)	
138.00	140.00	Limolitas	
140.00	144.00	Andesitas	
144.00	174.00	Limolitas carbonosas	

Fotografía N° 18  
 Registro fotográfico de litología del sondaje HWCH-06



Fuente: Elaboración Propia

## **CAPITULO VIII**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **8.1 NIVELES REGISTRADOS DE AGUA SUBTERRÁNEA**

Los datos de nivel de agua subterránea obtenidos de la red de pozos durante y después de la instalación y perforación de piezómetros son datos tomados manualmente y que son registrados en los diagramas hidrográficos de elevación de agua subterránea.

**HWPJ-01** Los niveles de agua se han registrado manualmente en forma semanal desde que se instaló el pozo de monitoreo el 09 de octubre del 2012. Los niveles de agua registrados manualmente y los registros del transductor se presentan en el Diagrama HWPJ-01. Los gráficos del transductor registran los eventos de rápida recuperación después del muestreo del agua subterránea. Los niveles de agua pueden tomar entre 10 a 20 días, para recuperar su estado estático luego de los eventos mensuales de bombeo para el muestreo. Se estima que los niveles estáticos del agua han incrementado su

elevación desde alrededor de 4113.3 msnm entre el periodo comprendido entre el 05 de octubre y el 06 de diciembre, hasta 4116.5 msnm el 06 de marzo.

**HWPJ-02** Los niveles de agua subterránea han sido registrados manualmente con una frecuencia semanal desde 25 de octubre del 2012 Diagrama WWPJ-02 los niveles de agua subterránea en el pozo han sido afectados por la baja permeabilidad del pozo y por lo tanto, los niveles de agua subterránea se recuperan lentamente con niveles estáticos entre 3881.09 y 3881.19 msnm.

**HWPJ-03** El pozo fluyo en condiciones artesianas luego de contemplar su instalación el 29 de octubre del 2012 y continuo fluyendo de esta forma el 1 de marzo del 2013 Diagrama HWPJ-03, sobre una elevación de 3931.2 msnm la cual representa el borde superior del pozo, se desconoce el nivel total del estado estático.

**HWPJ-04** El pozo fluyo en condiciones artesiana desde el borde superior, a una elevación de 3975.8 msnm Diagrama-04 desde el día de su instalación el 10 de noviembre del 2012. El pozo continuo fluyendo se desconoce el nivel total del estado estático.

**HWPJ-05** Los niveles de agua subterránea han demostrado muy poca variación desde el inicio del monitoreo el 06 de diciembre del 2012 hasta el final de abril del 2013 con niveles al comienzo del periodo de monitoreo a una elevación de 3985.66 y aumentado hasta una elevación de aproximadamente 3985.84msnm.

**HWPJ-06** Los niveles de agua han sido monitoreados regularmente en esta ubicación desde que se instaló el pozo el 20 de noviembre del 2012. En la lectura inicial se registró una elevación de 4094.07 msnm. Los niveles de agua subieron en forma

regular en la siguiente semana y se estabilizaron en diciembre del 2012 en una elevación de 4098.62 msnm Diagrama HWPJ-06

**HWCH-02** El pozo fluyó en condiciones artesianas luego de contemplar su instalación el 25 de noviembre del 2012, a una elevación de 3991.8 msnm Diagrama HWCH-02 y siguió fluyendo agua.

**HWCH-03** El monitoreo manual de niveles de agua comenzó el 30 de diciembre del 2012 y ha continuado de forma semanal. Los niveles de agua subterránea en este pozo de monitoreo se han mantenido constantes a lo largo de este periodo de monitoreo y varían entre una elevación de aproximadamente 3964.57 a 3967.33 msnm demostrando un pequeño aumento en el periodo de monitoreo.

**HWCH-04** El pozo fluyó en condiciones artesiana desde el borde superior, a una elevación de 4028.1 msnm Diagrama HWCH-04 desde el día de su instalación el 03 de diciembre del 2012. El pozo continuo fluyendo se desconoce el nivel total del estado estático.

**HWCH-05** Los niveles de agua subterránea han demostrado muy poca variación desde el inicio del monitoreo el 06 de enero del 2013 hasta final de abril del 2013 con niveles al comienzo del periodo de monitoreo a una elevación de 3930.09 msnm y aumentando hasta una elevación aproximadamente de 3930.15 msnm Diagrama HWCH-05.

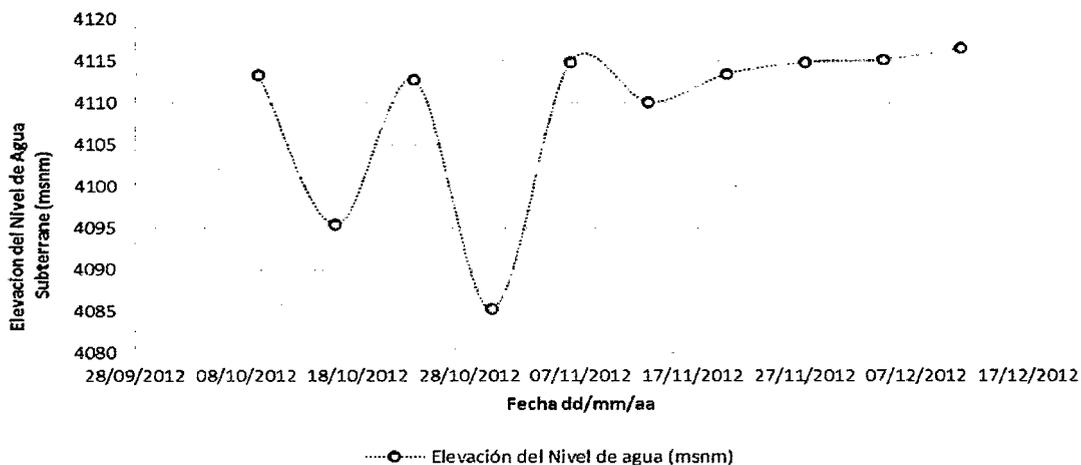
**HWCH-06** Los niveles de agua subterránea han demostrado muy poca variación desde el inicio del monitoreo el 12 de enero del 2013 hasta final de mayo con niveles bajos con una elevación de 4125.78 msnm y aumentando una elevación aproximadamente de 4125.80 msnm Diagrama HWCH-06.

## MEDICIONES MANUALES DE NIVELES DE AGUA SUBTERRANEA EN LOS POZOS DE MONITOREO

**Tabla N° 31 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-01**

Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea	Fecha	Profundidad del Nivel de agua(m)	Elevación del Nivel de agua (msnm)
HWPJ-01	09/10/2012	4.65	4113.30
HWPJ-01	16/10/2012	22.61	4095.34
HWPJ-01	23/10/2012	5.28	4112.67
HWPJ-01	30/10/2012	32.74	4085.21
HWPJ-01	06/11/2012	3.15	4114.80
HWPJ-01	13/11/2012	7.92	4110.03
HWPJ-01	20/11/2012	4.53	4113.42
HWPJ-01	27/11/2012	3.13	4114.82
HWPJ-01	04/12/2012	2.77	4115.18
HWPJ-01	11/12/2012	1.44	4116.51

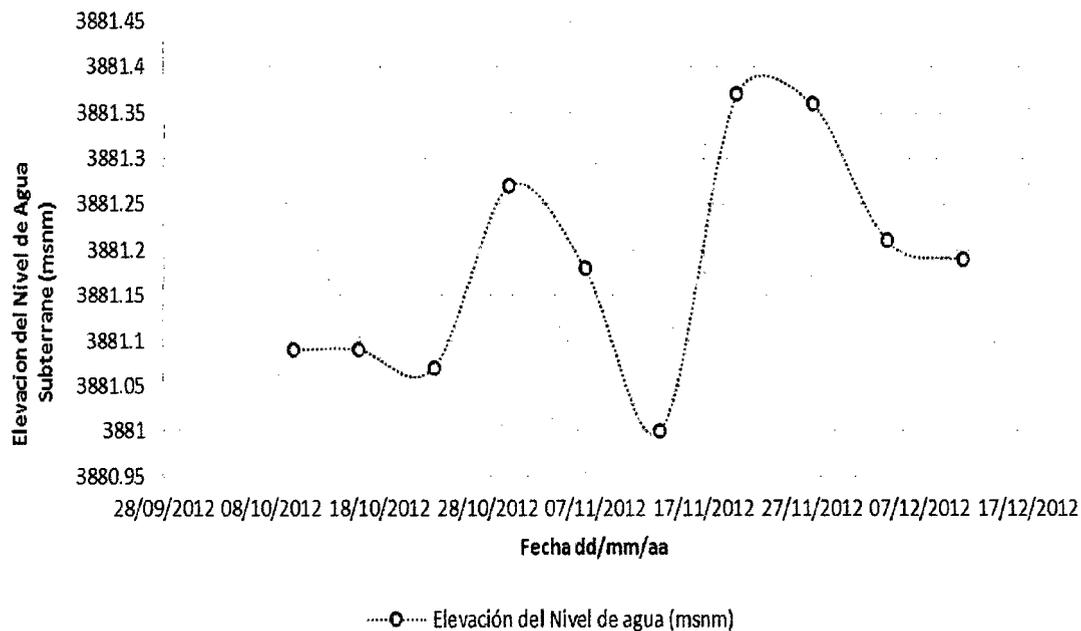
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWPJ-01**



**Tabla N° 32 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-02**

Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea	Fecha	Profundidad del Nivel de agua(m)	Elevación del Nivel de agua (msnm)
HWPJ-02	10/10/2012	3.60	3881.09
HWPJ-02	16/10/2012	3.60	3881.09
HWPJ-02	23/10/2012	3.62	3881.07
HWPJ-02	30/10/2012	3.49	3881.27
HWPJ-02	06/11/2012	3.58	3881.18
HWPJ-02	13/11/2012	3.76	3881.00
HWPJ-02	20/11/2012	3.39	3881.37
HWPJ-02	27/11/2012	3.40	3881.36
HWPJ-02	04/12/2012	3.55	3881.21
HWPJ-02	11/12/2012	3.57	3881.19

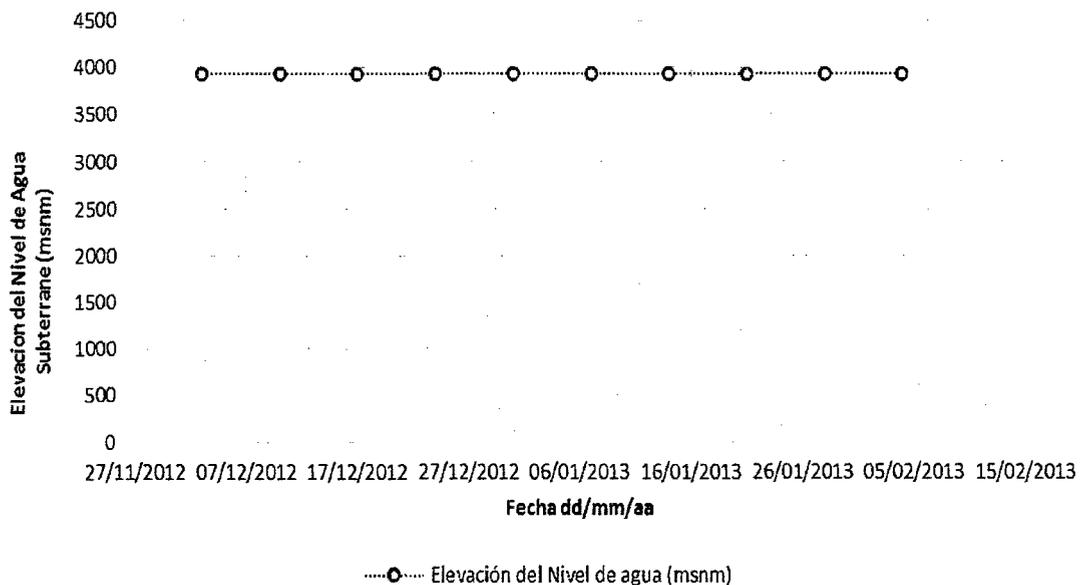
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWPJ-02**



**Tabla N° 33 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-03**

Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea	Fecha	Profundidad del Nivel de agua(m)	Elevación del Nivel de agua (msnm)
HWPJ-03	03/12/2012	0	3931.2
HWPJ-03	10/12/2012	0	3931.2
HWPJ-03	17/12/2012	0	3931.2
HWPJ-03	24/12/2012	0	3931.2
HWPJ-03	31/12/2012	0	3931.2
HWPJ-03	07/01/2013	0	3931.2
HWPJ-03	14/01/2013	0	3931.2
HWPJ-03	21/01/2013	0	3931.2
HWPJ-03	28/01/2013	0	3931.2
HWPJ-03	04/02/2013	0	3931.2

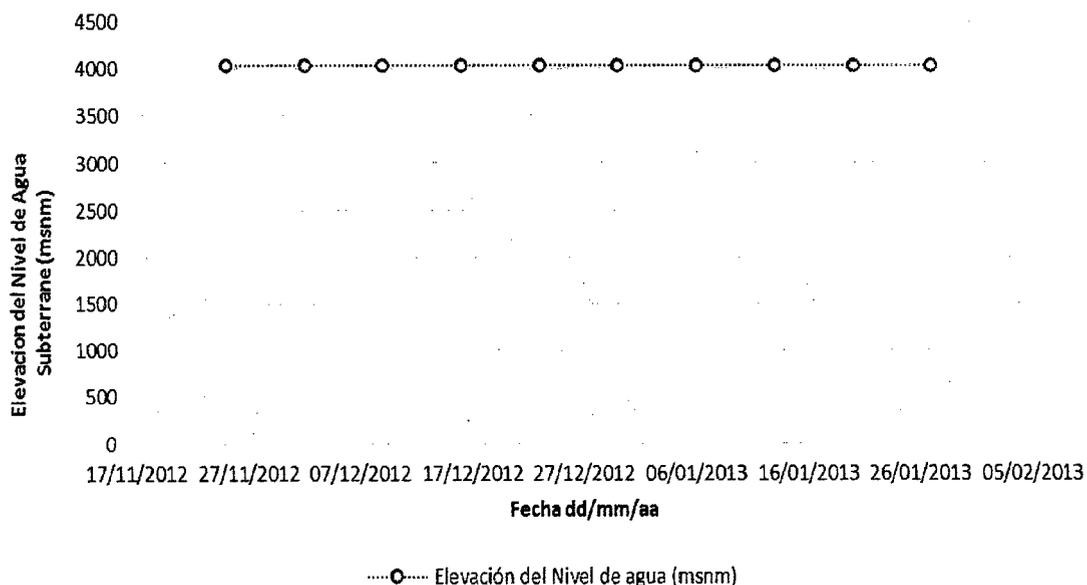
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWPJ-03**



**Tabla N° 34 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-04**

<b>Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea</b>	<b>Fecha</b>	<b>Profundidad del Nivel de agua(m)</b>	<b>Elevación del Nivel de agua (msnm)</b>
HWPJ-04	25/11/2012	0	4028.1
HWPJ-04	02/12/2012	0	4028.1
HWPJ-04	09/12/2012	0	4028.1
HWPJ-04	16/12/2012	0	4028.1
HWPJ-04	23/12/2012	0	4028.1
HWPJ-04	30/12/2012	0	4028.1
HWPJ-04	06/01/2013	0	4028.1
HWPJ-04	13/01/2013	0	4028.1
HWPJ-04	20/01/2013	0	4028.1
HWPJ-04	27/01/2013	0	4028.1

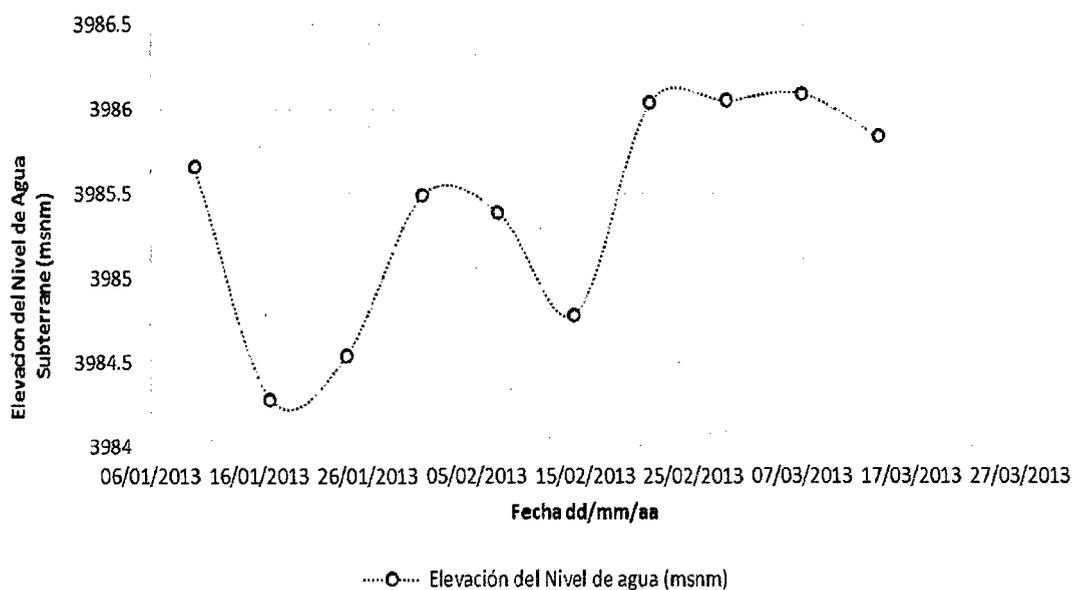
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWPJ-04**



**Tabla N° 35 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-05**

Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea	Fecha	Profundidad del Nivel de agua(m)	Elevación del Nivel de agua (msnm)
HWPJ-05	10/01/2013	2.53	3985.66
HWPJ-05	17/01/2013	3.91	3984.28
HWPJ-05	24/01/2013	3.65	3984.54
HWPJ-05	31/01/2013	2.70	3985.49
HWPJ-05	07/02/2013	2.80	3985.39
HWPJ-05	14/02/2013	3.41	3984.78
HWPJ-05	21/02/2013	2.15	3986.04
HWPJ-05	28/02/2013	2.14	3986.05
HWPJ-05	07/03/2013	2.10	3986.09
HWPJ-05	14/03/2013	2.35	3985.84

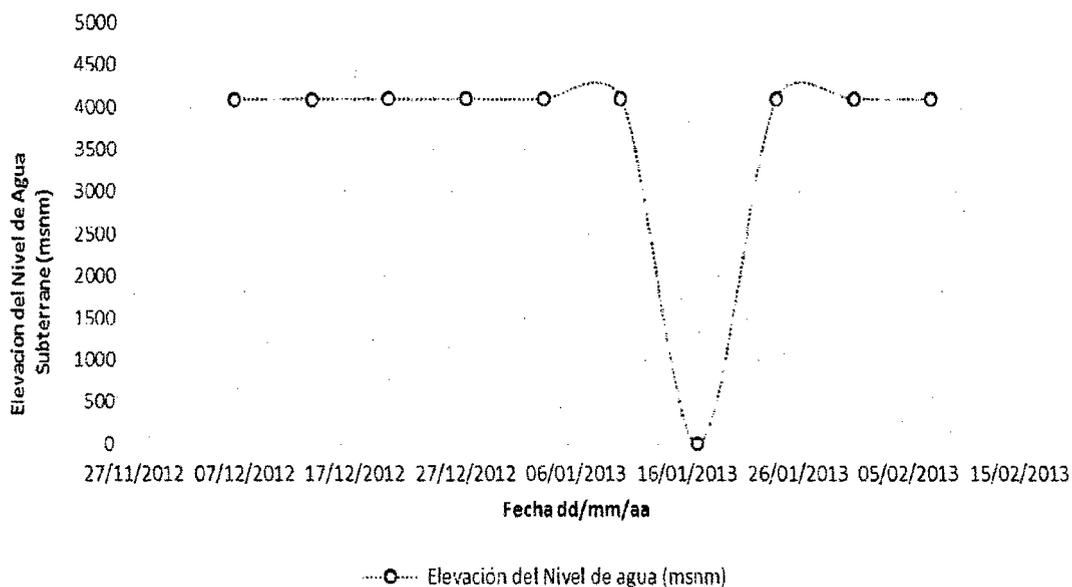
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWPJ-05**



**Tabla N° 36 Elevación del Nivel de Agua HWPJ-06**

<b>Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea</b>	<b>Fecha</b>	<b>Profundidad del Nivel de agua(m)</b>	<b>Elevación del Nivel de agua (msnm)</b>
HWPJ-06	06/12/2012	37.85	4094.07
HWPJ-06	13/12/2012	35.61	4096.31
HWPJ-06	20/12/2012	33.92	4098.00
HWPJ-06	27/12/2012	33.66	4098.26
HWPJ-06	03/01/2013	33.52	4098.40
HWPJ-06	10/01/2013	33.44	4098.48
HWPJ-06	17/01/2013	33.40	4098.52
HWPJ-06	24/01/2013	33.35	4098.57
HWPJ-06	31/01/2013	33.25	4098.67
HWPJ-06	07/02/2013	33.30	4098.62

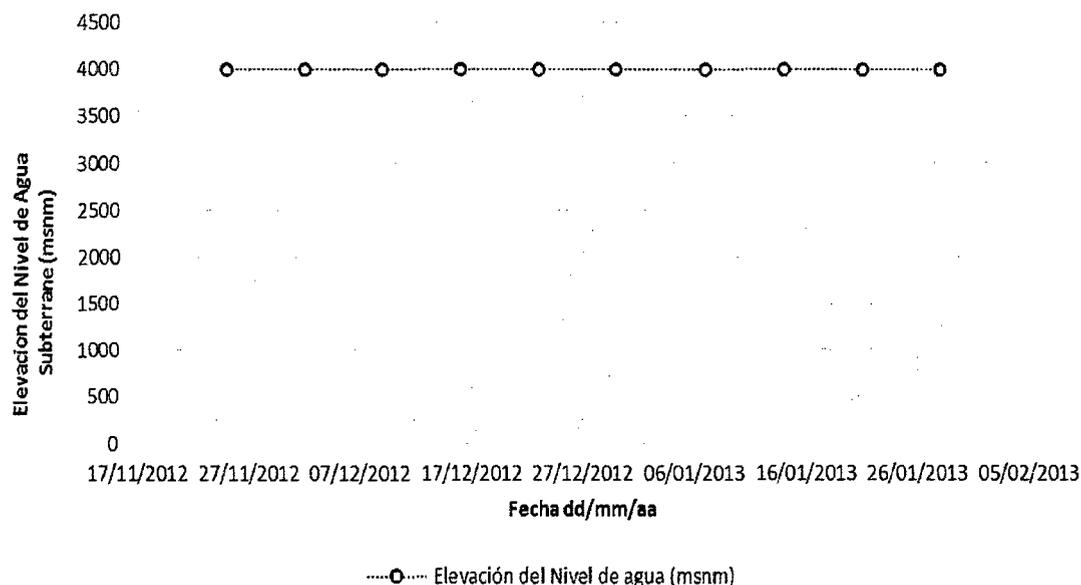
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWPJ-06**



**Tabla N° 37 Elevación del Nivel de Agua HWCH-02**

<b>Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea</b>	<b>Fecha</b>	<b>Profundidad del Nivel de agua(m)</b>	<b>Elevación del Nivel de agua (msnm)</b>
HWCH-02	25/11/2012	0	3991.8
HWCH-02	02/12/2012	0	3991.8
HWCH-02	09/12/2012	0	3991.8
HWCH-02	16/12/2012	0	3991.8
HWCH-02	23/12/2012	0	3991.8
HWCH-02	30/12/2012	0	3991.8
HWCH-02	07/01/2013	0	3991.8
HWCH-02	14/01/2013	0	3991.8
HWCH-02	21/01/2013	0	3991.8
HWCH-02	28/01/2013	0	3991.8

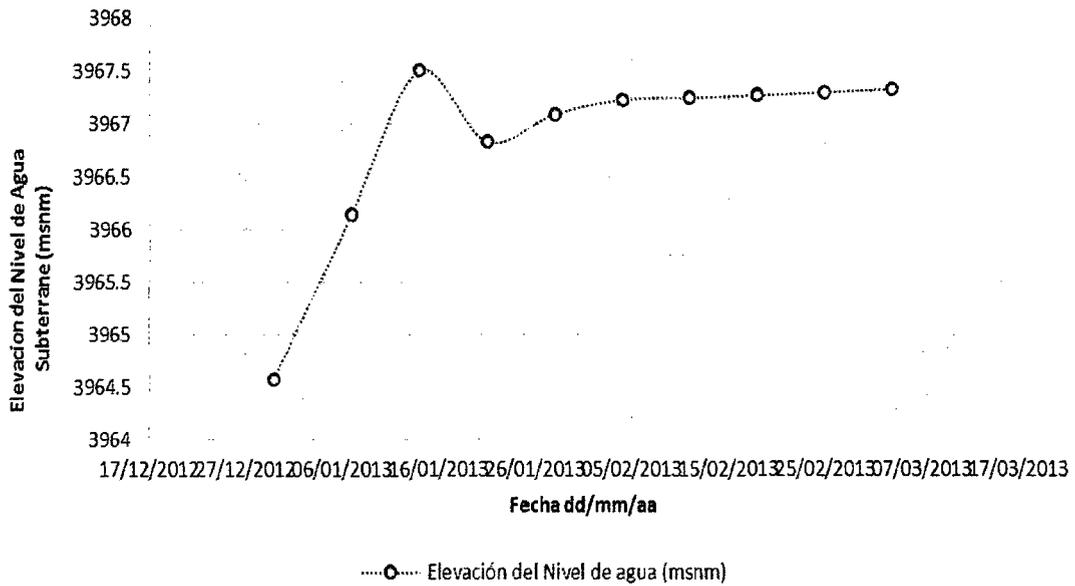
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWCH-02**



**Tabla N° 38 Elevación del Nivel de Agua HWCH-03**

Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea	Fecha	Profundidad del Nivel de agua(m)	Elevación del Nivel de agua (msnm)
HWCH-03	30/12/2012	25.18	3964.57
HWCH-03	07/01/2013	23.61	3966.14
HWCH-03	14/01/2013	22.25	3967.50
HWCH-03	21/01/2013	22.92	3966.83
HWCH-03	28/01/2013	22.66	3967.09
HWCH-03	04/02/2013	22.52	3967.23
HWCH-03	11/02/2013	22.50	3967.25
HWCH-03	18/02/2013	22.48	3967.27
HWCH-03	25/02/2013	22.45	3967.30
HWCH-03	04/03/2013	22.42	3967.33

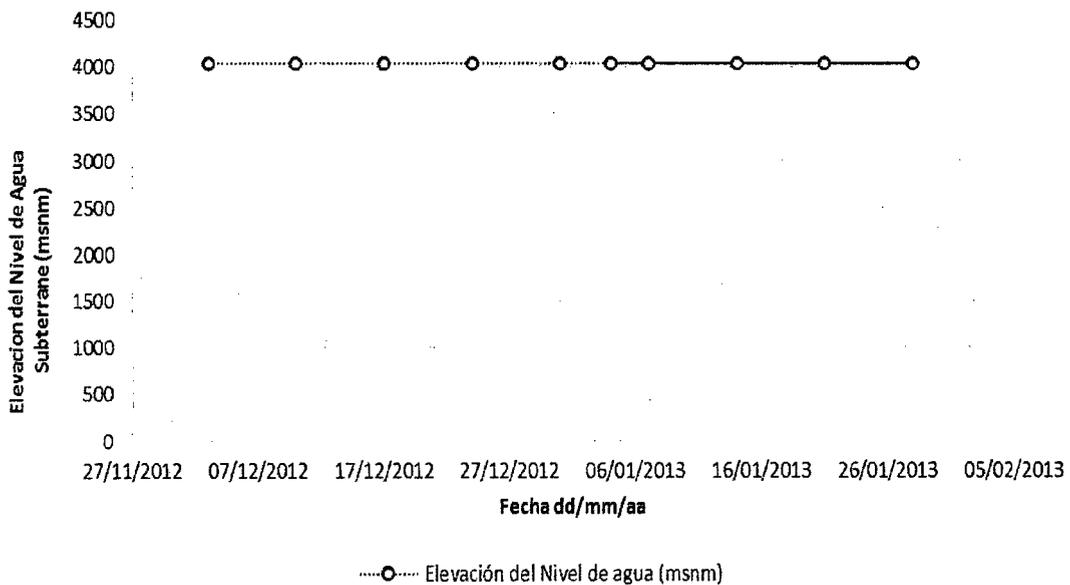
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWCH-03**



**Tabla N° 39 Elevación del Nivel de Agua HWCH-04**

Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea	Fecha	Profundidad del Nivel de agua(m)	Elevación del Nivel de agua (msnm)
HWCH-04	03/12/2012	0	4028.1
HWCH-04	10/12/2012	0	4028.1
HWCH-04	17/12/2012	0	4028.1
HWCH-04	24/12/2012	0	4028.1
HWCH-04	31/12/2012	0	4028.1
HWCH-04	07/01/2013	0	4028.1
HWCH-04	14/01/2013	0	4028.1
HWCH-04	21/01/2013	0	4028.1
HWCH-04	28/01/2013	0	4028.1
HWCH-04	04/01/2013	0	4028.1

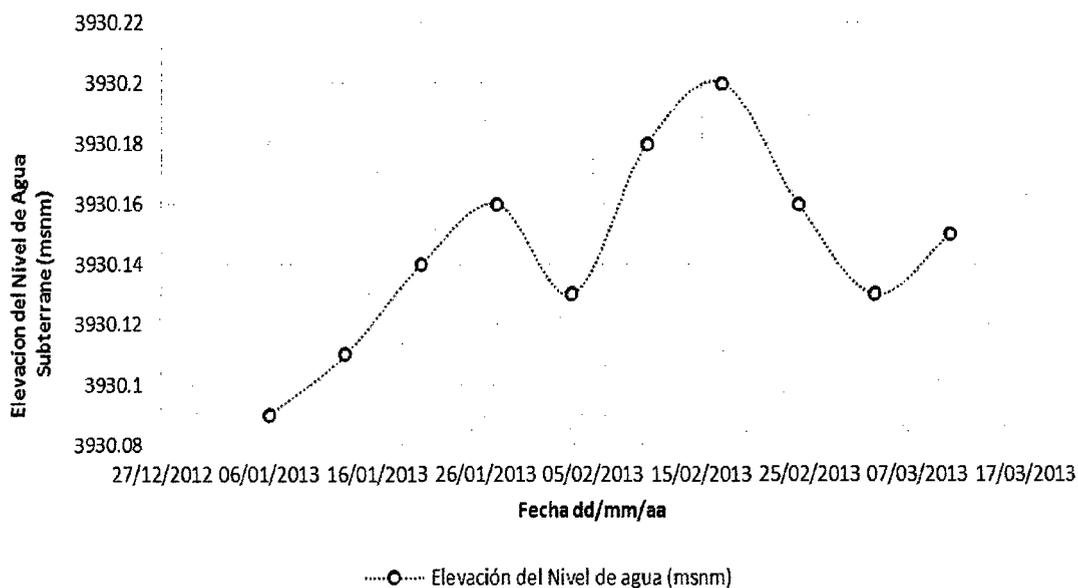
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWCH-04**



**Tabla N° 40 Elevación del Nivel de Agua HWCH-05**

<b>Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea</b>	<b>Fecha</b>	<b>Profundidad del Nivel de agua(m)</b>	<b>Elevación del Nivel de agua (msnm)</b>
HWCH-05	06/01/2013	1.99	3930.09
HWCH-05	13/01/2013	1.97	3930.11
HWCH-05	20/01/2013	1.94	3930.14
HWCH-05	27/01/2013	1.92	3930.16
HWCH-05	03/02/2013	1.95	3930.13
HWCH-05	10/02/2013	1.90	3930.18
HWCH-05	17/02/2013	1.88	3930.20
HWCH-05	24/02/2013	1.92	3930.16
HWCH-05	03/03/2013	1.95	3930.13
HWCH-05	10/03/2013	1.93	3930.15

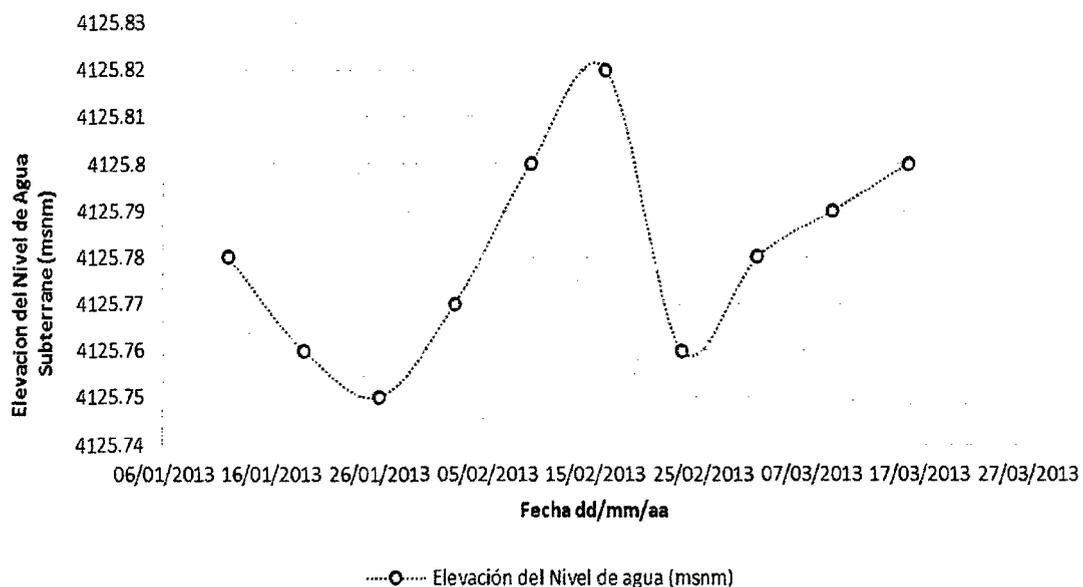
**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWCH-05**



**Tabla N° 41 Elevación del Nivel de Agua HWCH-06**

<b>Pozo de Monitoreo de Agua Subterránea</b>	<b>Fecha</b>	<b>Profundidad del Nivel de agua(m)</b>	<b>Elevación del Nivel de agua (msnm)</b>
HWCH-06	12/01/2013	1.23	4125.78
HWCH-06	19/01/2013	1.25	4125.76
HWCH-06	26/01/2013	1.26	4125.75
HWCH-06	02/02/2013	1.21	4125.77
HWCH-06	09/02/2013	1.18	4125.80
HWCH-06	16/02/2013	1.16	4125.82
HWCH-06	23/02/2013	1.22	4125.76
HWCH-06	02/03/2013	1.20	4125.78
HWCH-06	09/03/2013	1.19	4125.79
HWCH-06	16/03/2013	1.18	4125.80

**Diagrama del Pozo de Monitoreo HWCH-06**



## **8.2 CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA**

Mínera Barrick Misquichilca S.A. (MBM) estableció un programa de monitoreo del agua subterránea como parte del monitoreo general del Proyecto LOM. El programa de monitoreo de la calidad del agua subterránea incluye el muestreo mensual de los pozos de monitoreo de dicho proyecto, el cual comenzó en octubre del 2012 cuando los diferentes pozos fueron terminados. El monitoreo tiene la finalidad de establecer la calidad del agua subterránea dentro de las diferentes formaciones. El muestreo secuencial de los pozos individuales ofrece la variación de la calidad en el tiempo.

Para asegurar que se tomen muestras representativas, se siguieron varios protocolos específicos para la toma de muestras. Las muestras se mandaron después al laboratorio CEPIS en Lima para su análisis. Las secciones siguientes discuten las series de parámetros analíticos, los procedimientos para el muestreo y los estándares de calidad del agua usados para efectos de cumplir con la normatividad.

### **8.2.1 Series de Parámetros Analíticos**

Las series de parámetros analíticos definidos para el monitor mensual de la calidad de agua subterránea se denominaron serie de parámetros G y serie de parámetros H. Los parámetros comprendidos en cada serie y frecuencia del muestreo se resumen en la Tabla N° 18.

La serie de parámetros G incluyó los parámetros físicos pH y sólidos disueltos totales, bacterias coliformes, aceites y grasas, cianuro total, amonio, aniones disueltos y cationes disueltos incluyendo metales traza (Tabla N° 18-A) La serie de parámetros H muestreo a la vez los pesticidas y parámetros orgánicos.

### **8.2.2 Procedimientos para el Muestreo del Agua Subterránea**

El siguiente procedimiento se llevó a cabo durante el muestreo de agua subterránea mensual del proyecto LOM.

- Se registró el nivel de agua en el pozo de monitoreo y en la profundidad total hasta el fondo del pozo.
- Se calculó el volumen de agua contenido en el pozo.
- El pozo fue purgado hasta remover un total de tres volúmenes del pozo para asegurar que el agua representativa de la formación entrara al pozo para ser muestreada.
- Se registraron parámetros de campo incluyendo pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales. Para ello se utilizó un medidor de parámetros múltiple.
- Se completó una hoja de muestreo de campo y se llenaron las botellas de muestreo apropiadas de acuerdo con la serie de parámetros necesarios. Se llenó una cadena de custodia y se guardaron las muestras en un lugar frío y oscuro para su traslado al laboratorio para su análisis.

### **8.2.3 Estándares de Calidad del Agua**

La calidad del agua subterránea fue comparada con el Uso de I de la Ley General de Aguas para el agua potable, considerando que este es el uso potencial primario del agua. Se usaron también los valores guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el agua potable.

**Tabla N°42**  
**RESUMEN DE PROCEDIMIENTOS PARA LA PREPARACIÓN DE**  
**MUESTRAS**

Suite	Parámetros	Capacidad (ml)	Material	Filtración	Preservación
G	Fisicoquímico	1000	Plástico	-	Refrigerado
H	Fisicoquímico	1000	Plástico	-	Refrigerado
G, H	Nutrientes	500	Plástico	-	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
G, H	Metales Disueltos	2000	Plástico	45 u	HNO <sub>3</sub>
G, H	Cationes Principales (totales)				
G	Metales y cat. Principales (disueltos)	2000	Plástico	45 u	HNO <sub>3</sub>
G,H	Coliformes (totales y fecales)	250	Vidrio	-	Refrigerado
G, H	MEH	1000	Plástico	-	HCl
G,H	Boro	1000	Plástico	-	Refrigerado
G	Iones Principales	1000	Plástico	-	Refrigerado
H, G	Iones Principales + Fluoruro	1000	Plástico	-	Refrigerado
H	Cianuro	1000	Plástico	-	NaOH
H	BDO	1000	Plástico	-	Refrigerado
H	Pesticidas, PBC	1000	Vidrio	-	Refrigerado
H	Fenoles	1000	Vidrio	-	Refrigerado

**Fisicoquímico**

Temperatura, pH, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos.

**Nutrientes**

Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoníaco.

**Metales (disuelto)**

Aluminio, Antimonio, Bario, Berilio, Cadmio, Cobre, Cromo, Fierro, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Zinc.

**Metales y Cationes (disueltos)**

Aluminio, Antimonio, Bario, Berilio, Cadmio, Cobre, Cromo, Fierro, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Plomo, Zinc, Calcio, Potasio, Sodio.

**Cationes Principales (totales)**

Calcio, Potasio, Sodio.

**Iones Principales**

Bicarbonato, Carbonato, Sulfatos, Cloruros.

Tabla N° 43

**RESUMEN DE ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA PARA AGUAS  
SUBTERRANEAS**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Uso I</b>	<b>Uso II</b>	<b>WHO</b>
Selenio	mg/l	0.010	0.050	0.01
Mercurio	mg/l	0.002	0.010	0.001
Cadmio	mg/l	0.010	0.050	0.003
Cromo	mg/l	0.050	1.000	-
Níquel	mg/l	0.002	0.002	0.02
Cobre	mg/l	1.000	0.500	{2} [1]
Plomo	mg/l	0.050	0.100	0.01
Zinc	mg/l	5.000	25.000	[3]
Cianuro	mg/l	0.050	0.005	“libre de cianuro 0.07
Sulfuros	mg/l	5.000	0.002	-
Arsénico	mg/l	0.200	0.200	{0.011}
Nitratos	mg/l	0.010	0.100	11.3 como N
PCB	mg/l	0.001	0.002	
Esteres Ftalos	mg/l	0.0003	0.0003	-
Fenoles	mg/l	0.0005	0.001	-
MEH	mg/l	1.500	0.500	-
SAAM	mg/l	0.500	1.000	-
CAE	mg/l	1.500	5.000	-
CCE	mg/l	0.300	1.000	-
BOD	mg/l	5	15	-
DO	mg/l	3	3	-
Coliformes Totales	NMP/100ml (1)	8.8	5000	No detectados en muestra de 100ml
Coliformes Fecales	NMP/100ml (1)	0	1000	

**Nota:**

**Uso I** El agua puede ser usada como agua potable después de haber aplicado algún tratamiento simple adicional de desinfección

**Uso III** El agua puede ser usada para irrigación de cultivos y como agua para animales

**WHO** Estándares de la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization), 1996

{ } Estándares Provisionales

[ ] Estándares A estético

## RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA SUBTERRANEA EN CADA PUNTO DE MONITOREO

Tabla N° 44

CALIDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWPJ-01										
Parametro	Simbolo	Unidad	LDM	dic-12	ene-13	feb-13	Estandar LGA (l)	Valor Guia OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FSICOS</b>										
Temperatura de Aire	T	°C		10	13	9			4	0
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C		12.89	11.84	10.31			4	0
pH (Campo)	pH			8.52	8.59	8.59			4	0
pH (Laboratorio)	pH			8.32	7.96	8.01			4	0
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm		825	476	454			4	0
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0	978	562	549			4	0
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l		698	413	408			4	0
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5	533	350	344			4	0
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l		3.03	1.97	2.52	<3		4	0
<b>COLIFORMES</b>										
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2	<2	<2	<2			4	3
Coliformes Totales		NMP/100ml	2	700	4	80	8.8		4	0
<b>GRASAS</b>										
M.E.H.		mg/l	5	<5	<5	<5	1.5		4	4
<b>CIANURO</b>										
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.2	0.07	3	3
<b>AMONIO</b>										
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l		0.17	0.15	0.14			4	0
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>										
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1	26	43.9	40.7			4	0
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1	2	<1	<1			4	3
Sulfatos	SO4	mg/l	1	60.2	111.8	120.4			4	0
Cloruros	Cl	mg/l	1	248.8	65	63.9			4	0
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01	2.42	0.88	1.42		11	4	0
Nitritos	NO2-N	mg/l		0.051	0.112	1.265			4	0
Fluoruros	F	mg/l			0.21				2	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>										
Calcio	Ca	mg/l	0.01			20.17			2	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01	2.62	1.2	1.09			4	0
Potasio	K	mg/l	0.03			3.69			2	0
Sodio	Na	mg/l	0.03			80.68			2	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>										
Aluminio	Al	mg/l	0.15	<0.15	<0.15	<0.15			4	2
Antimonio	Sb	mg/l	0.01	<0.01	0.011	0.011		0.005	4	3
Arsenico	As	mg/l	0.0001	0.02021	0.06007	0.07561	0.1	0.01	4	4
Bario	Ba	mg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1		0.7	4	4
Berilio	Be	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002			4	0
Boro	Bo	mg/l	0.1	0.35	<0.1	0.22		0.5	4	3
Cadmio	Cd	mg/l	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.01	0.003	4	2
Cobre	Cu	mg/l	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1	2	4	4
Cromo	Cr	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.05	3	3
Hierro	Fe	mg/l	0.03			<0.03			2	2
Manganeso	Mn	mg/l	0.005	0.017	0.024	0.018		0.5	4	0
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001	<0.0001		<0.0001	0.002	0.001	2	2
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02		0.07	3	3
Niquel	Ni	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.002	0.02	3	3
Plomo	Pb	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	0.01	4	3
Selenio	Se	mg/l	0.0001	0.00302	0.00506	0.00379	0.01	0.01	3	0
Zinc	Zn	mg/l	0.007	<0.007	<0.007	<0.007	5		4	3

Tabla N° 45

CALIDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWPJ-02

Parametro	Simbolo	Unidad	LDM	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	Estandar LGA (l)	Valor Guia OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FISICOS</b>											
Temperatura de Aire	T	°C		6	12	16	13			5	0
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C		11.46	11.64	12.23	55.4			5	0
pH (Campo)	pH			7.34	7.69	7.67	7.51			5	0
pH (Laboratorio)	pH			7.94	7.8	8.33	7.82			5	0
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm		1331	1688	1748	1864			5	0
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0	1496	2010	2020	2010			5	0
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l		1167	1471	1503	1518			5	0
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5.0	1088	1297	1288	1272			5	0
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l		3.04		2.25	2.23	<3		4	0
<b>COLIFORMES</b>											
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2.0	300	50	4	<2			5	2
Coliformes Totales		NMP/100ml	2.0	1700	130	140	2	8.8		5	0
<b>GRASAS</b>											
M.E.H.		mg/l	5.0	<5	<5	<5	<5	1.5		5	5
<b>CIANURO</b>											
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005		0.2	0.07	3	3
<b>AMONIO</b>											
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l		2.2	2.4	2.1	3			5	0
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>											
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1.0	843.9	1165.3	952.6	1169.6			5	0
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1.0	<1	0.018	217.5	<1			5	2
Sulfatos	SO4	mg/l	1.0	4.8	13.1	9.1	8			5	0
Cloruros	Cl	mg/l	1.0	1.8	<1	<1	1.2			5	2
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01	0.16	<0.01	<0.01	<0.01		11	5	3
Nitritos	NO2-N	mg/l		0.007	0.018	0.005	0.013			5	0
Fluoruros	F	mg/l			1.6		1.3			3	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>											
Calcio	Ca	mg/l	0.01			15.36	11.17			3	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01	3.47	6.29	5.5	5.64			5	0
Potasio	K	mg/l	0.03			9.6	9.11			3	0
Sodio	Na	mg/l	0.03			476	482.47			3	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>											
Aluminio	Al	mg/l	0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15			5	5
Antimonio	Sb	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.005	5	5
Arsenico	As	mg/l	0.0001	0.00771	0.00534	0.00351	0.00351	0.1	0.01	5	0
Bario	Ba	mg/l	0.1	0.37	0.73	0.72	0.64		0.7	5	0
Berilio	Be	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002			5	5
Boro	Bo	mg/l	0.1	0.56	0.47	0.33	0.52		0.5	5	0
Cadmio	Cd	mg/l	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.01	0.003	5	5
Cobre	Cu	mg/l	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.0	2	5	5
Cromo	Cr	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.05	0.05	3	3
Hierro	Fe	mg/l	0.03			<0.03	<0.03			3	3
Manganeso	Mn	mg/l	0.005	<0.005	0.008	0.009	0.012		0.5	5	1
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001	<0.0001		0.00018		0.002	0.001	2	1
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02			0.07	3	3
Niquel	Ni	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02		0.002	0.02	3	3
Plomo	Pb	mg/l	0.005	0.014	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	0.01	5	4
Selenio	Se	mg/l	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001		0.01	0.01	3	3
Zinc	Zn	mg/l	0.007	<0.007	<0.007	0.022	0.07	5		5	3

Tabla N° 46

CALIDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWPJ-03

Parametro	Simbolo	Unidad	LDM	nov-12	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	Estandar LGA (l)	Valor Guia OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FISICOS</b>												
Temperatura de Aire	T	°C		13	7	12	20				4	0
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C		12.88	11.19	11.52	12.18				4	0
pH (Campo)	pH			7.76	7.91	7.62	7.5				4	0
pH (Laboratorio)	pH			7.96	8.19	7.62	8.13				4	0
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm		1298	333	328	336				4	0
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0		368	382	387				3	0
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l		1097	294	287	289				4	0
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5.0	888.0	628	230	256				4	0
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l		1.86	3.84	1.32	2.61		<3		4	0
<b>COLIFORMES</b>												
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2.0	800.0	800	<2	<2				4	2
Coliformes Totales		NMP/100ml	2.0	30000.0	30000	230	8000		8.8		4	0
<b>GRASAS</b>												
M.E.H.		mg/l	5.0	<5	<5	<5	<5		1.5		4	4
<b>CIANURO</b>												
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005		0.2	0.07	4	0
<b>AMONIO</b>												
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l		3.3	1.6	1.9	1.7				4	0
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1.0	167.8	152.1	199.8	161.1				4	0
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1.0	<1	<1	<1	40.3				4	0
Sulfatos	SO4	mg/l	1.0	65.2	10.8	4.6	8.4				4	0
Cloruros	Cl	mg/l	1.0	373.7	15.5	2.1	3.8				4	0
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01	3.3	1.6	1.9	0.06		11		4	0
Nitritos	NO2-N	mg/l		0.352	0.009	0.015	0.008				4	0
Fluoruros	F	mg/l				0.66					1	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Calcio	Ca	mg/l	0.01				12.37				1	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01	15.99	4.12	4.85	4.81				4	0
Potasio	K	mg/l	0.03				2.99				1	0
Sodio	Na	mg/l	0.03				66.98				1	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>												
Aluminio	Al	mg/l	0.15	<0.15	<0.15	0.18	<0.15				4	3
Antimonio	Sb	mg/l	0.01	0.029	<0.01	0.035	<0.01		0.005		4	2
Arsenico	As	mg/l	0.0001	0.00227	0.00543	0.01025	0.00982	0.1	0.01		4	0
Bario	Ba	mg/l	0.1	0.2	<0.1	0.26	<0.1		0.7		4	2
Berilio	Be	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002				4	4
Boro	Bo	mg/l	0.1	0.16	0.4	<0.1	<0.1		0.5		4	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.01	0.003		4	4
Cobre	Cu	mg/l	0.001	0.003	<0.001	<0.001	<0.001	1.0	2		4	3
Cromo	Cr	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.05		4	4
Hierro	Fe	mg/l	0.03				<0.03				1	1
Manganeso	Mn	mg/l	0.005	0.029	0.013	0.008	0.0014		0.5		4	0
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.002	0.001		2	2
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		0.07		4	4
Niquel	Ni	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.002	0.02		4	4
Plomo	Pb	mg/l	0.005	0.012	0.016	<0.005	<0.005	0.05	0.01		4	2
Selenio	Se	mg/l	0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.01	0.01		4	4
Zinc	Zn	mg/l	0.007	<0.007	25.571	<0.007	0.021		5.0		4	2

Tabla N° 47

CALIDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWPJ-04

Parametro	Simbolo	Unidad	LDM	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	Estandar LGA (l)	Valor Guia OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FISICOS</b>												
Temperatura de Aire	T	°C					13	19			2	0
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C					12.4	12.29			2	0
pH (Campo)	pH						7.47	7.91			2	0
pH (Laboratorio)	pH						7.96	7.8			2	0
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm					542	1026			2	0
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0				579	675.5			2	0
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l					466	344			2	0
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5.0				302	880			2	0
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l					2.42	2.27	<3		2	0
<b>COLIFORMES</b>												
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2.0				<2	<2			2	2
Coliformes Totales		NMP/100ml	2.0				2	<2	8.8		2	1
<b>GRASAS</b>												
M.E.H.		mg/l	5.0				<5	<5	1.5		2	2
<b>CIANURO</b>												
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005						0.2	0.07		
<b>AMONIO</b>												
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l					2.1	1.6			2	0
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1.0				180.3	186.4			4	0
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1.0				<1	<1			2	2
Sulfatos	SO4	mg/l	1.0				19.6	26.7			2	0
Cloruros	Cl	mg/l	1.0				60.7	81.2			2	0
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01				0.69	0.75		11	2	0
Nitritos	NO2-N	mg/l					0.152	0.072			2	0
Fluoruros	F	mg/l					0.61	0.64			2	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Calcio	Ca	mg/l	0.01				20.27	21.98			2	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01				9.57	9.12			2	0
Potasio	K	mg/l	0.03				2.83	3.19			2	0
Sodio	Na	mg/l	0.03				77.91	104.22			2	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>												
Aluminio	Al	mg/l	0.15				<0.15	<0.15			2	2
Antimonio	Sb	mg/l	0.01				<0.01	<0.01		0.005	2	2
Arsenico	As	mg/l	0.0001				0.00717	0.00869	0.1	0.01	2	0
Bario	Ba	mg/l	0.1				<0.1	<0.1		0.7	2	0
Berilio	Be	mg/l	0.002				<0.002	<0.002			2	2
Boro	Bo	mg/l	0.1				<0.1	<0.1		0.5	2	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.003				<0.003	<0.003	0.01	0.003	2	2
Cobre	Cu	mg/l	0.001				<0.001	<0.001	1.0	2	2	2
Cromo	Cr	mg/l	0.01						0.05	0.05		
Hierro	Fe	mg/l	0.03				0.04	<0.03			2	1
Manganeso	Mn	mg/l	0.005				0.027	0.026		0.5	2	0
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001						0.002	0.001		
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02							0.07		
Niquel	Ni	mg/l	0.02						0.002	0.02		
Plomo	Pb	mg/l	0.005				<0.005	<0.005	0.05	0.01	2	2
Selenio	Se	mg/l	0.0001						0.01	0.01		
Zinc	Zn	mg/l	0.007				<0.007	0.012	5.0		2	2

Tabla N° 48

CALIDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWPJ-05

Parametro	Simbolo	Unidad	LDM	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	Estandar LGA (l)	Valor Guia OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FISICOS</b>												
Temperatura de Aire	T	°C		7	13	18	11	11			6	0
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C		11.1	10.9	11.3	10.04	10.97			6	0
pH (Campo)	pH			8.16	8.15	8.06	7.76	7.91			6	0
pH (Laboratorio)	pH			8.2	8.08	8.38	8.07	7.8			6	0
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm		168	178	163	161	139			6	0
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0	189.1	192.5	192.4	192.6	187.6			6	0
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l		149	158	143	147	124			6	0
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5.0	125	132	130	126	130			6	0
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l		1.85	1.72	2.34	3.3	1.76	<3		6	0
<b>COLIFORMES</b>												
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2.0	170	50	500	50	4			6	0
Coliformes Totales		NMP/100ml	2.0	170	50	500	130	8	8.8		6	0
<b>GRASAS</b>												
M.E.H.		mg/l	5.0	<5	<5	<5	<5	<5	1.5		6	6
<b>CIANURO</b>												
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005	<0.005	0.007	<0.005			0.2	0.07	4	3
<b>AMONIO</b>												
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l		0.17	0.17	0.15	0.19	0.18			6	0
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1.0	95.8	94.4	94.9	94.4	94.7			6	0
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1.0	<1	<1	<1	<1	<1			6	5
Sulfatos	SO4	mg/l	1.0	3.2	7.8	7.3	6.6	6.4			6	0
Cloruros	Cl	mg/l	1.0	<1	<1	<1	0.1	<1			6	4
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01	<0.01	0.02	0.03	0.03	<0.01		11	6	2
Nitritos	NO2-N	mg/l		0.001	0.004	0.009	0.015	0.014			6	0
Fluoruros	F	mg/l			0.08			0.12			2	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Calcio	Ca	mg/l	0.01			8.57	13.28	11.5			3	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01	2.54	2.43	2.63	2.35	2.57			6	0
Potasio	K	mg/l	0.03			1.09	0.98	1.03			3	0
Sodio	Na	mg/l	0.03			16.6	19.84	18.9			3	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>												
Aluminio	Al	mg/l	0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15			6	6
Antimonio	Sb	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.005	6	6
Arsenico	As	mg/l	0.0001	0.00421	0.00375	0.00351	0.00301	0.00263	0.1	0.01	6	0
Bario	Ba	mg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		0.7	6	6
Berilio	Be	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002			6	6
Boro	Bo	mg/l	0.1	0.11	<0.1	<0.1	0.14	<0.1		0.5	6	3
Cadmio	Cd	mg/l	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.01	0.003	6	6
Cobre	Cu	mg/l	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.0	2	6	5
Cromo	Cr	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01			0.05	0.05	4	4
Hierro	Fe	mg/l	0.03			0.04	0.05	<0.03			3	1
Manganeso	Mn	mg/l	0.005	0.075	0.066	0.067	0.073	0.075		0.5	6	0
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001		<0.0001		<0.0001		0.002	0.001	2	2
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02			0.07	4	4
Niquel	Ni	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		0.002	0.02	4	4
Plomo	Pb	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	0.01	6	6
Selenio	Se	mg/l	0.0001						0.01	0.01	4	4
Zinc	Zn	mg/l	0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	5.0		6	6

Tabla N° 49

CALDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWPI-06

Parametro	Símbolo	Unidad	LDM	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	Estandar LGA (l)	Valor Guía OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FISICOS</b>												
Temperatura de Aire	T	°C		11	15	19	12	12			5	0
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C		11.49	11.66	11.64	11.27	11.56			5	0
pH (Campo)	pH			7.46	7.5	7.4	7.47	7.54			5	0
pH (Laboratorio)	pH			7.56	7.68	7.9	7.57	7.29			5	0
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm		253	253	224	228	198			5	0
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0	276	263	262	260	254.4			5	0
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l		222	221	195	201	174			5	0
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5.0	176	156	160	162	168			5	0
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l		2.3		2.59	2.73	1.98	<3		4	0
<b>COLIFORMES</b>												
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2.0	17	<2	<2	2	<2			5	3
Coliformes Totales		NMP/100ml	2.0	50	13	2	4	<2	8.8		5	1
<b>GRASAS</b>												
M.E.H.		mg/l	5.0	<5	<5	<5	<5	<5	1.5		5	5
<b>CIANURO</b>												
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005		0.2	0.07	4	4
<b>AMONIO</b>												
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05			5	5
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1.0	137.6	135.7	134.2	135.3	131.3			5	0
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1.0	<1	<1	<1	<1	<1			5	5
Sulfatos	SO4	mg/l	1.0	4.3	9	18.1	4.3	4.9			5	0
Cloruros	Cl	mg/l	1.0	1.8	<1	<1	0.1	<1			5	4
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	11		5	5
Nitritos	NO2-N	mg/l		0.002	0.001	0.002	<0.001	<0.001			5	2
Fluoruros	F	mg/l			0.07		0.07	0.09			3	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Calcio	Ca	mg/l	0.01			23.5	26.81	22.4			3	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01	7.13	6.25	6.41	7.7	5			5	0
Potasio	K	mg/l	0.03			0.82	0.83	0.86			3	0
Sodio	Na	mg/l	0.03			13.07	16.21	15.33			3	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>												
Aluminio	Al	mg/l	0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15			5	5
Antimonio	Sb	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.005	5	5
Arsenio	As	mg/l	0.0001	0.00421	0.00441	0.00353	0.00318	0.0028	0.1	0.01	5	0
Bario	Ba	mg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		0.7	5	5
Berilio	Be	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002			5	5
Boro	Bo	mg/l	0.1	<0.01	<0.1	0.14	<0.1	<0.1		0.5	5	4
Cadmio	Cd	mg/l	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.01	0.003	5	5
Cobre	Cu	mg/l	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.0	2	5	4
Cromo	Cr	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01			0.05	0.05	3	3
Hierro	Fe	mg/l	0.03			0.21	0.21	0.19			3	0
Manganeso	Mn	mg/l	0.005	0.099	0.084	0.081	0.087	0.085		0.5	5	0
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001	<0.0001		<0.0001			0.002	0.001	2	2
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02				0.07	3	3
Niquel	Ni	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02			0.002	0.02	3	3
Plomo	Pb	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	0.01	5	5
Selenio	Se	mg/l	0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00127			0.01	0.01	3	2
Zinc	Zn	mg/l	0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	5.0		5	5

Tabla N° 50

CALIDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWCH-02

Parametro	Símbolo	Unidad	LDM	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	Estandar LGA (l)	Valor Guia OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FISICOS</b>												
Temperatura de Aire	T	°C		14	13	11	14	12			5	1
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C		12.8	11.33	10.71	11.16	10.83			5	1
pH (Campo)	pH			7.46	8.96	7.02	6.68	8.64			5	1
pH (Laboratorio)	pH			7.23	8.83	6.96	6.82	7.36			5	1
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm		178	178	102	82	166			5	1
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0	203	223	117.2	85.1	189.1			5	1
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l		151	156	92	73	147			5	1
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5.0	142	142	76	66	130			5	1
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l		2.5	1.78	2.47	2.96	2.94	<3		4	0
<b>COLIFORMES</b>												
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2.0	2	<2	<2	<2	<2			4	3
Coliformes Totales		NMP/100ml	2.0	50000	2300	230	3000	1300	8.8		4	0
<b>GRASAS</b>												
M.E.H.		mg/l	5.0	<5	<5	<5	<5	<5	1.5		4	4
<b>CIANURO</b>												
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005			0.2	0.07	3	3
<b>AMONIO</b>												
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l		0.09	0.07	<0.05	<0.05	0.08			4	2
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1.0	39.3	57.2	37.7	21.9	49.8			5	1
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1.0	<1	<1	<1	<1	<1			4	4
Sulfatos	SO4	mg/l	1.0	50.5	46.8	21.9	18.9	42.5			5	1
Cloruros	Cl	mg/l	1.0	2.3	<1	<1	0.1	<1			4	3
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	11		4	3
Nitritos	NO2-N	mg/l		0.01	0.011	<0.001	0.007	0.003			5	2
Fluoruros	F	mg/l			0.67		0.07	0.74			2	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Calcio	Ca	mg/l	0.01			9.19	5.92	9.17			2	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01	0.34	0.47	0.53	0.35	0.43			5	1
Potasio	K	mg/l	0.03			0.44	0.38	0.46			2	0
Sodio	Na	mg/l	0.03			12.18	8.76	28.33			2	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>												
Aluminio	Al	mg/l	0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15			4	4
Antimonio	Sb	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.005	4	4
Arsenico	As	mg/l	0.0001	0.00948	0.03035	0.00342	0.00335	0.02326	0.1	0.01	4	0
Bario	Ba	mg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		0.7	4	4
Berilio	Be	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002			4	4
Boro	Bo	mg/l	0.1	0.3	0.15	0.18	<0.1	0.51		0.5	4	1
Cadmio	Cd	mg/l	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.01	0.003	4	4
Cobre	Cu	mg/l	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.0	2	4	4
Cromo	Cr	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.05	3	3
Hierro	Fe	mg/l	0.03			<0.03	<0.03	<0.03			2	2
Manganeso	Mn	mg/l	0.005	0.088	0.129	0.132	0.12	0.077		0.5	4	0
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001	<0.0001		<0.0001			0.002	0.001	2	2
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02			0.07	3	3
Niquel	Ni	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02			0.002	0.02	3	3
Plomo	Pb	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	0.01	4	3
Selenio	Se	mg/l	0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00127			0.01	0.01	3	2
Zinc	Zn	mg/l	0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	0.01	5.0		4	4

Tabla N° 51

CALIDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWCH-03

Parametro	Simbolo	Unidad	LDM	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	Estandar LGA (l)	Valor Guia OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FSICOS</b>												
Temperatura de Aire	T	°C		6	14	20	12				4	0
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C		10.61	11.16	11.49	10.66				4	0
pH (Campo)	pH			8.27	7.95	8.2	8.18				4	0
pH (Laboratorio)	pH			8.19	8.27	8.34	8.29	7.88			5	0
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm		118	123	125	125				4	0
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0		149.5	147.1	146.4	168.4			4	0
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l		105	106	110	112				4	0
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5.0	100	86	98	92	101			5	0
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l		0.7	1.45	2.48	2.62		<3		4	0
<b>COLIFORMES</b>												
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2.0	7	<2	<2	<2	<2			5	4
Coliformes Totales		NMP/100ml	2.0	500	300	220	23	2	8.8		5	0
<b>GRASAS</b>												
M.E.H.		mg/l	5.0	<5	<5	<5	<5	<5	1.5		5	5
<b>CIANURO</b>												
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005			0.2	0.07	3	3
<b>AMONIO</b>												
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l		0.09	0.07	<0.05	<0.05	<0.05			5	5
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1.0	56	61.4	60.2	61.1	73.7			5	0
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1.0	<1	<1	<1	2.1	<1			5	4
Sulfatos	SO4	mg/l	1.0	15.8	13.2	13.1	11.5	13.3			5	0
Cloruros	Cl	mg/l	1.0	1.2	<1	<1	<1	<1			5	4
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01	0.02	0.03	0.04	0.02	<0.01		11	5	0
Nitritos	NO2-N	mg/l		0.012	0.004	0.005	0.008	0.009			5	0
Fluoruros	F	mg/l			0.06		0.06	0.07			3	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Calcio	Ca	mg/l	0.01			16.12	19.09	21.67			3	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01	0.47	0.42	0.43	0.55	0.59			5	0
Potasio	K	mg/l	0.03			0.26	0.23	0.26			3	0
Sodio	Na	mg/l	0.03			9.08	10.24	11.52			3	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>												
Aluminio	Al	mg/l	0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15			5	5
Antimonio	Sb	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.005	5	5
Arsenico	As	mg/l	0.0001	0.01431	0.01375	0.01223	0.00928	0.01803	0.1	0.01	5	0
Bario	Ba	mg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		0.7	5	5
Berilio	Be	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002			5	5
Boro	Bo	mg/l	0.1	<0.1	<0.1	0.62	<0.1	<0.1		0.5	5	4
Cadmio	Cd	mg/l	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.01	0.003	5	5
Cobre	Cu	mg/l	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	1.0	2	5	5
Cromo	Cr	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01			0.05	0.05	3	3
Hierro	Fe	mg/l	0.03			<0.03	<0.03	<0.03			3	3
Manganeso	Mn	mg/l	0.005	0.064	0.064	0.064	0.079	0.096		0.5	5	0
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001	<0.0001		<0.0001			0.002	0.001	2	2
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02				0.07	3	3
Niquel	Ni	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02			0.002	0.02	3	3
Plomo	Pb	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.05	0.01	5	5
Selenio	Se	mg/l	0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00127			0.01	0.01	3	3
Zinc	Zn	mg/l	0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	5.0		5	5

Tabla N° 52

CALIDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWCH-04

Parametro	Simbolo	Unidad	LDM	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	Estandar LGA (l)	Valor Guía OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FISICOS</b>												
Temperatura de Aire	T	°C		11	7	11	9				4	0
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C		11.89	10.74	10.58	10.51				4	0
pH (Campo)	pH			6.4	6.71	7.01	7.12				4	0
pH (Laboratorio)	pH			6.64	6.89	6.99	6.89				4	0
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm		270	255	244	458				4	0
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0	355		302	529				3	0
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l		247	227	219	412				4	0
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5.0	238	180	184	354				4	0
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l		2.94	2.77	1.83	2.06		<3		4	0
<b>COLIFORMES</b>												
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2.0	4	14	<2	<2				4	2
Coliformes Totales		NMP/100ml	2.0	1300	1300	30000	50000		8.8		4	0
<b>GRASAS</b>												
M.E.H.		mg/l	5.0	<5	<5	<5	<5		1.5		4	4
<b>CIANURO</b>												
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005		0.2	0.07	4	4
<b>AMONIO</b>												
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l		0.15	0.1	0.13	0.14				4	0
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1.0	51.2	63.8	76.5	75.5				4	0
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1.0	<1	<1	<1	<1				4	4
Sulfatos	SO4	mg/l	1.0	83.4	70.2	68	111.5				4	0
Cloruros	Cl	mg/l	1.0	22	2.9	<1	39.1				4	1
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01	0.82	0.14	0.05	1.28		11		4	0
Nitritos	NO2-N	mg/l		0.014	0.009	0.012	0.11				4	0
Fluoruros	F	mg/l				0.23					1	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Calcio	Ca	mg/l	0.01				14.15				1	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01	7.05	6.71	7.75	6.44				4	0
Potasio	K	mg/l	0.03				1.84				1	0
Sodio	Na	mg/l	0.03				55.89				1	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>												
Aluminio	Al	mg/l	0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15				4	4
Antimonio	Sb	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			0.005	4	4
Arsenico	As	mg/l	0.0001	0.01205	0.02502	0.02869	0.0264		0.1	0.01	4	0
Bario	Ba	mg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1			0.7	4	4
Berilio	Be	mg/l	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002				4	4
Boro	Bo	mg/l	0.1	0.14	0.12	<0.1	<0.1			0.5	4	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003		0.01	0.003	4	4
Cobre	Cu	mg/l	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		1.0	2	4	4
Cromo	Cr	mg/l	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.05	0.05	4	4
Hierro	Fe	mg/l	0.03				0.28				1	0
Manganeso	Mn	mg/l	0.005	0.344	0.504	0.413	0.227			0.5	4	0
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001		<0.0001		<0.0001		0.002	0.001	2	2
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02			0.07	4	4
Niquel	Ni	mg/l	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		0.002	0.02	4	4
Plomo	Pb	mg/l	0.005	<0.005	0.013	<0.005	<0.005		0.05	0.01	4	3
Selenio	Se	mg/l	0.0001	0.0033	<0.0001	<0.0001	0.00281		0.01	0.01	4	2
Zinc	Zn	mg/l	0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007		5.0		4	4

Tabla N° 53

CALIDA DE AGUA EN EL POZO DE MONITOREO DE AGUA SUBTERRANEA HWCH-05

Parametro	Simbolo	Unidad	LDM	dic-12	ene-13	abr-13	mar-13	abr-13	Estandar LGA (l)	Valor Guía OMS	N° de muestras	N° no Detectados
<b>FISICOS</b>												
Temperatura de Aire	T	°C					14	11			2	0
Temperatura de Agua (Campo)	T	°C					11.55	10.1			2	0
pH (Campo)	pH						7.22	7.36			2	0
pH (Laboratorio)	pH						7.68	7.52			2	0
Conductividad (Campo)	CE	uS/cm					320	281			2	0
Conductividad (Laboratorio)	CE	uS/cm	1.0				346	337			2	0
Total Solidos Disueltos (Campo)	TSD	mg/l					275	255			2	0
Total Solidos Disueltos (Lab)	TSD	mg/l	5.0				224	222			2	0
Oxigeno Disuelto	O2	mg/l					2.19	3.15	<3		2	0
<b>COLIFORMES</b>												
Coliformes Fecales		NMP/100ml	2.0				<2	<2			2	2
Coliformes Totales		NMP/100ml	2.0				230	80	8.8		2	0
<b>GRASAS</b>												
M.E.H.		mg/l	5.0				<5	<5	1.5		2	2
<b>CANURO</b>												
Cianuro Total	CN	mg/l	0.005						0.2	0.07	2	0
<b>AMONIO</b>												
Nitrogeno Amoniacal	NH3-N	mg/l					0.14	0.14			2	0
<b>ANIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Bicarbonato	HCO3-CaCO3	mg/l	1.0				140.6	142.2			2	0
Carbonato	CO3-CaCO3	mg/l	1.0				<1	<1			2	2
Sulfatos	SO4	mg/l	1.0				34.4	32.4			2	0
Cloruros	Cl	mg/l	1.0				3.7	1.5			2	1
Nitratos	NO3-N	mg/l	0.01				0.01	<0.01		11	2	0
Nitritos	NO2-N	mg/l					0.02	0.003			2	0
Fluoruros	F	mg/l					0.11	0.16			2	0
<b>CATIONES PRINCIPALES DISUELTOS</b>												
Calcio	Ca	mg/l	0.01				42.66	39.96			2	0
Magnesio	Mg	mg/l	0.01				11.22	9.04			2	0
Potasio	K	mg/l	0.03				1.26	1.03			2	0
Sodio	Na	mg/l	0.03				11.79	11.1			2	0
<b>ELEMENTOS DISUELTOS EN TRAZAS</b>												
Aluminio	Al	mg/l	0.15				<0.15	<0.15			2	2
Antimonio	Sb	mg/l	0.01				<0.01	<0.01		0.005	2	2
Arsenico	As	mg/l	0.0001				0.01068	0.01098	0.1	0.01	2	0
Bario	Ba	mg/l	0.1				<0.1	<0.1		0.7	2	2
Berilio	Be	mg/l	0.002				<0.002	<0.002			2	2
Boro	Bo	mg/l	0.1				<0.1	<0.1		0.5	2	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.003				<0.003	<0.003	0.01	0.003	2	2
Cobre	Cu	mg/l	0.001				<0.001	<0.001	1.0	2	2	2
Cromo	Cr	mg/l	0.01						0.05	0.05		
Hierro	Fe	mg/l	0.03				0.07	0.14			2	0
Manganeso	Mn	mg/l	0.005				0.296	0.285		0.5	2	0
Mercurio	Hg	mg/l	0.0001						0.002	0.001		
Molibdeno	Mb	mg/l	0.02							0.07		
Niquel	Ni	mg/l	0.02						0.002	0.02		
Plomo	Pb	mg/l	0.005				<0.005	<0.005	0.05	0.01	2	2
Selenio	Se	mg/l	0.0001						0.01	0.01		
Zinc	Zn	mg/l	0.007				<0.007	<0.007	5.0		2	2

Los resultados de los análisis respecto a coliformes totales está por encima de la ley general del ambiente en todos los puntos de monitoreo esto nos lleva al caso de que se utilizó agua de la laguna para el lavado de los pozos, la cual estas cuentan con coliformes mayores a lo establecido. Sobre los metales traza son superiores a lo establecido por la LGA (ley general del ambiente).

La perforación con aire reverso es fundamentalmente diferente de la de diamantina, tanto en términos de equipo y toma de muestras. La principal diferencia es que la perforación de aire reverso crea pequeñas astillas de roca en lugar de un testigo sólido. Otras diferencias importantes son en la tasa de penetración y el costo por metro perforado. El aire reverso es mucho más rápido que la perforación diamantina, y también mucho menos costosa.

En la instalación de los piezómetros se nota que había mucho derrumbe (termino geotécnico) en cada pozo eso comprometía en demoras en la instalación de dicho piezómetro.

En las muestras de roca molida proveniente de la perforación se recogen generalmente en intervalos de 1.5 m o 2 m. el gran diámetro de la perforación se crea un gran volumen de material para cada muestra, que suele ser dividida en terreno para obtener un volumen razonable de manejar y enviarla al laboratorio para su análisis. Se recoge 1/8 del total recogido. Se tiene que cuartear por cada uno de los que se divide la muestra a la mitad.

## CONCLUSIONES

1. Las perforaciones se realizaron por el método de Circulación Reversa (RC) 1578 m en total, En la Cuenca Perejil se perforaron 6 sondajes haciendo un total de 867.80 m de perforación, mientras que en la Cuenca Chuyuhual se perforaron 5 sondajes 710.20 m.
2. Se hizo el logueo litológica por cada tramo de perforación 1m, se tomaron muestras las cuales fueron guardadas en las cajas (chip) para su posterior análisis, también se tomaron datos como de algunas estructuras del macizo rocoso como fracturas, fallas y derrumbe del sondaje durante o después de la perforación.
3. Se realizaron para el estudio de permeabilidad la prueba de lugeon para conocer el estado del sondaje de perforación también se instalaron casing de revestimiento esto nos ayuda a tener una pared consolidada que no provoque derrumbes dentro de la perforación y también sirve para la protección sobre contaminantes que pudieran existir como escorrentías por presencia de lluvias.
4. En los resultados obtenidos los coliformes están por encima de lo establecido por la Ley General del Ambiente que sugiere estar por debajo de los 8.8 NMP/100ml pero en los resultados estos van desde los 80 hasta los 250 NMP/100ml por la cual se llega a la conclusión q todos los pozos fueron lavados con agua de las lagunas. Por lo tanto, ocurrió una contaminación con bacterias coliformes en todos los pozos a medida que el purgado y el muestreo progresaron, el número de bacterias descendió.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda utilizar arena silíceas para la construcción de todos los piezómetros para evitar la alteración de los parámetros fisicoquímicos del agua en el piezómetro.
2. Se recomienda colocar berma de protección u otro control similar a los piezómetros que se encuentra en accesos o en lugares donde ocurre caída de rocas para evita sean dañados o deteriorados.
3. Como medida de prevención se deberán identificar las actividades que implican el alto riesgo para la contaminación de las aguas subterráneas como son las minas abandonadas de carbón las cuales ocasionan aguas acidas.
4. Debe realizarse una evaluación de las aguas subterráneas periódicamente con el fin de obtener datos de todas la épocas, igualmente el número de muestreo debe aumentarse para obtener series estadísticas significativas que respalden los resultados para poder realizar conclusiones determinativas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**Albert Tuinhof, Stephen Foster, Karin Kemper, Héctor Garduño Marcella Nanni** (autor líder, autor de apoyo principal) Requerimientos de Monitoreo del Agua Subterránea -2002

**Auge, M. 2006.** Agua Subterránea. Deterioro de Calidad y Reserva. Buenos Aires, Argentina.

**Fernández-Rubio R.** (1986): Abandono de minas impacto hidrológico, Madrid, España.

**Chávez Guillen Rubén,** Hidrología Subterránea, IPN, 1975, 3ra. Edición.

**Compendio ISO 14001,** Sistema Integrado de Gestión- Ambiental. Minería Barrick Misquichilca.

**Golder. 2003d.** Informe de Línea Base de Hydrogeología para el Proyecto Alto Chicama Anexo PIV al Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Alto Chicama. Preparado para Minera Barrick Misquichilca S.A., Lima, Perú.

**Golder. 2003f.** Informe de Línea Base de Hidrología para el Proyecto Alto Chicama. Anexo PVI al Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Alto Chicama. Preparado para Minera Barrick Misquichilca S.A., Lima, Perú.

**Golder. 2003g.** Informe de Línea Base de Calidad de Agua para el Proyecto Alto Chicama. Anexo PVII al Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Alto Chicama. Preparado para Minera Barrick Misquichilca S.A., Lima, Perú.

**María Paula Collazo Caraballo, Jorge Montaña Xavier** Manual de Agua Subterránea, Montevideo, Uruguay. Primera ed. 2012.

**Tovar Pacheco, Jorge A.** El agua subterránea en el medio ambiente minero. Hydro-Geo ingeniería SAC. Lima –Perú 2001

**OMS (Organización Mundial de la Salud).** 1992. Guías de la Organización Mundial de la Salud 1983, 1984 and 1989.

**Tinajero Gonzales Jaime A.,** Aspectos Fundamentales en el Estudio del Agua Subterránea, UNAM, 1974.

**Senamhi,** Datos registrados y estaciones de monitoreo en el proyecto Alto Chicama.

**Sisgeo,** Asistencia técnica de soporte en Instrumentación e Instalación de Piezómetros de Tubo Abierto o Tipo Casa Grande. -[www.sisgeo.com](http://www.sisgeo.com)

## **ANEXOS**

**A. PROGRAMACION DE LOS PIEZOMETROS EJECUTADOS Y MATERIALES CONSUMIDOS**  
**A 01. SONDAJES Y PIEZÓMETROS PROGRAMADOS Y EJECUTADOS**

N°	Blanco	Hole N°	Inicio	Fin	Cuenca	Tipo	PROGRAMADO WGS - 84					EJECUTADO WGS - 84						
							Az	Dip	Este	Norte	Depth	Az	Dip	Este	Norte	Cota	Sección	F. Depth
1	PJ-05	HWPJ-01	05/10/2012	12/10/2012	Perejil	Piezómetro	0	-90	802932.20	9118270.13	240	0	-90	802931.83	9118270.46	4171.47		204.70
2	PJ-02	HWPJ-02	13/10/2012	22/10/2012	Perejil	Piezómetro	0	-90	801844.72	9122793.91	120	0	-90	801845.07	9122793.98	3886.24		120.00
3	PJ-01	HWPJ-03	22/10/2012	29/10/2012	Perejil	Piezómetro	0	-90	802007.39	9123736.93	150	0	-90	802008.51	9123735.60	3931.15		156.00
4	PJ-06	HWPJ-04	30/10/2012	10/11/2012	Perejil	Piezómetro	0	-90	802602.09	9122689.64	120	0	-90	802603.06	9122693.60	3975.76		104.60
5	PJ-03	HWPJ-05	10/11/2012	16/11/12	Perejil	Piezómetro	0	-90	802456.72	9121528.14	150	0	-90	802456.89	9121527.90	3989.08		167.50
6	PJ-07	HWPJ-06	17/11/12	20/11/12	Perejil	Piezómetro	0	-90	802638.47	9120112.73	150	0	-90	802662.61	9120046.00	4097.71		115.00
1	P-02	HWCH-03	28/11/2012	30/11/2012	Chuyugual	Piezómetro	0	-90	803736.71	9123340.36	150	0	-90	803734.55	9123338.80	3968.79		120.50
2	P-03	HWCH-02	21/11/2012	25/11/2012	Chuyugual	Piezómetro	0	-90	804520.79	9122505.25	150	0	-90	804519.74	9122504.89	3991.81		115.60
3	P-04	HWCH-05	04/12/2012	08/12/2012	Chuyugual	Piezómetro	0	-90	805254.91	9121556.72	150	0	-90	805215.69	9121496.78	3936.96	3350	150.60
4	P-05	HWCH-01	21/11/2012	21/11/2012	Chuyugual		0	-90	803012.06	9119572.56	150	0	-90	803021.42	9119562.73	4143.54		1.00
5	P-06	HWCH-04	01/12/2012	03/12/2012	Chuyugual	Piezómetro	0	-90	805349.06	9120880.36	150	0	-90	805342.63	9120901.32	4028.09		149.50
6	P-08	HWCH-06	08/12/12	12/12/2012	Chuyugual	Piezómetro	0	-90	803187.44	9119622.83	150	0	-90	803185.03	9119621.30	4131.42		174.00

Fuente: Elaboración Propia

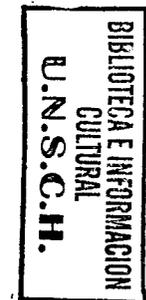
## A 02. RESUMEN GENERAL DEL CONSUMO DE MATERIALES DE LOS PIEZÓMETROS DEL PROYECTO LOM 2012 DE LA CUENCA PEREJIL

Código de piezómetro		Profundidad del sondaje (m)	Profundidad piezómetro (m)	PVC ranurado (u)	PVC ciegos (u)	Arena silicea (sacos)	Grava Canto rodado (sacos)	Bentonita 3/8 (sacos)	Cemento (bolsas)	Bentonita (sacos)	Casing Temporal (m)	Casing Permanente (m)
HWPJ-01	A	204.7	204.2	2	33	22	-	0.58	31	1.35	6	1.5
	B		142.25	2	22							
HWPJ-02		120	110.85	1	18	2.25	-	3	30	1	56.6	1.5
HWPJ-03	A	156	153.85	5	21	30.5	-	10.5	25	17.5	10.14	1.5
	B		52.25	1	8							
HWPJ-04		104.6	84.9	3	12	13	23	8	53	11.5	21.6	1.5
HWPJ-05		167.5	166.7	9	19	2	48	5	19.5	3	21.45	1.5
HWPJ-06		115	94	4	12	3	14	14	11.5	5.25	4.5	1.6
<b>TOTAL</b>		<b>867.8</b>	<b>1009</b>	<b>27</b>	<b>145</b>	<b>72.75</b>	<b>85</b>	<b>41.08</b>	<b>170</b>	<b>39.6</b>	<b>120.29</b>	<b>9.1</b>

### OBSERVACIONES

1. El piezómetro HWPJ-01B fue anulado porque al hacer el desarrollo no se pudo pasar los 118m por obstrucción de la tubería.
2. El piezómetro HWPJ-03A fue anulado porque se quedó en el fondo de la tubería un fierro de 1.5m y 25m de manguera.

Fuente: Elaboración Propia



**A 03. RESUMEN GENERAL DEL CONSUMO DE MATERIALES DE LOS PIEZÓMETROS  
DEL PROYECTO LOM 2012 DE LA CUENCA CHUYUHUAL**

<b>PIEZOMETROS DE LA CUENCA CHUYUHUAL</b>												
<b>Código de piezómetro</b>	<b>Profundidad del sondaje (m)</b>	<b>Profundidad piezómetro (m)</b>	<b>PVC ranurado (u)</b>	<b>PVC ciegos (u)</b>	<b>Arena silícea (sacos)</b>	<b>Grava Canto rodado (sacos)</b>	<b>Bentonita 3/8 (sacos)</b>	<b>Cemento (bolsas)</b>	<b>Bentonita (sacos)</b>	<b>Casing Temporal (m)</b>	<b>Casing Permanente (m)</b>	
HWCH - 02	115.6	114	3	17	17	-	2	20	1	27.88	15.7	
HWCH - 03	120.5	115	4	16	20	-	9.5	25	1.25	15.95	1.65	
HWCH - 04	149.5	149	4	21	27	-	4	28	1.5	16	1.5	
HWCH - 05	150.6	139	1	23	3.75	-	1.5	55	2	21.4	1.5	
HWCH - 06	A	174	170.85	2	27	26.5	-	3	42	2	30.88	4.5
	B		81.8	2	12							
<b>TOTAL</b>	<b>710.2</b>	<b>769.65</b>	<b>16</b>	<b>116</b>	<b>94.25</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>170</b>	<b>7.75</b>	<b>112.11</b>	<b>24.85</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**OBSERVACIONES**

1. El piezómetro HWCH-02 se quedó por seguridad 15.70m de casing permanente de 6" de diámetro porque no se pudo retirar por atasco.

## A 04 TOTAL DE MATERIALES UTILIZADO EN EL PROYECTO DE PIEZOMETROS LOM 2012

Código de piezómetro	Profundidad del sondaje (m)	Profundidad piezómetro (m)	PVC ranurado (u)	PVC ciegos (u)	Arena silícea (sacos)	Grava Canto rodado (sacos)	Bentonita 3/8 (sacos)	Cemento (bolsas)	Bentonita (sacos)	Casing Temporal (m)	Casing Permanente (m)
TOTAL	1578	-	43	261	167	85	61.08	340	47.35	232.4	33.95

Fuente: Elaboración Propia

**B. REGISTROS FOTOGRAFICO DE PIEZOMETROS PROYECTO LOM**

**B 01 Plataforma de Perforación Estandarizada**



Fuente: Elaboración Propia

**B 02 Estándar de las pozas de sedimentación utilizadas durante la perforación, lavado y desarrollo del piezómetro.**



Fuente: Elaboración Propia

**B 03 Personal de Ak-Drilling probando el martillo con la broca de 7 7/8" para hacer el colocado del Casing Temporal de 8" de diámetro.**



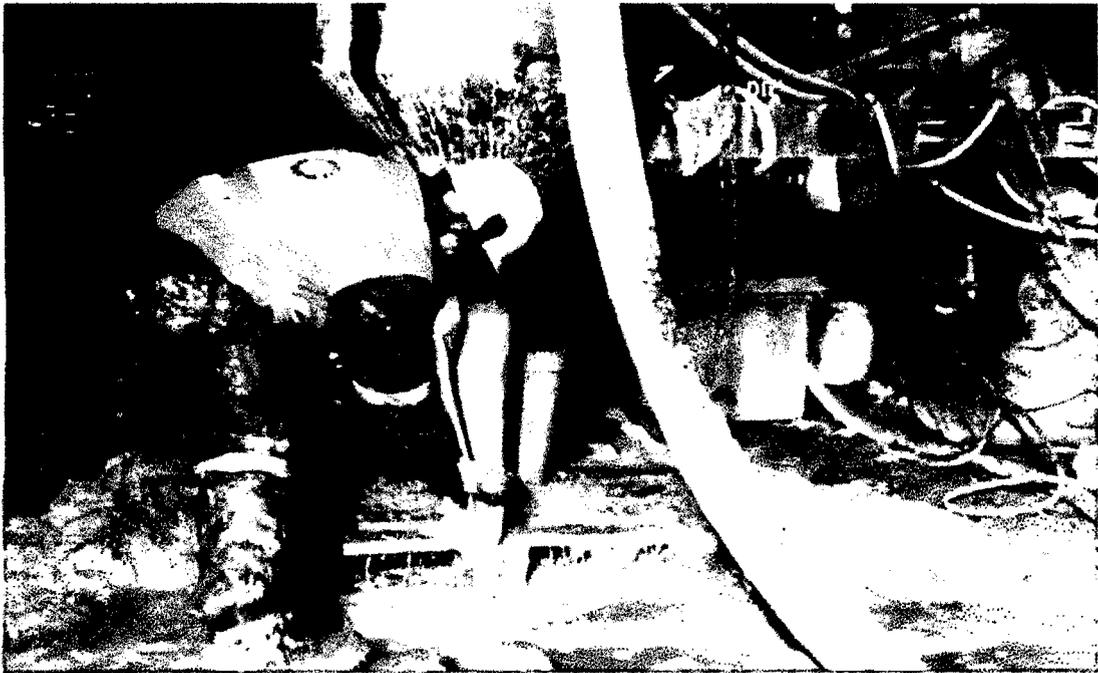
Fuente: Elaboración Propia

**B 04 Personal de Ak-Drilling perforando el HWCH-08 guardia noche**



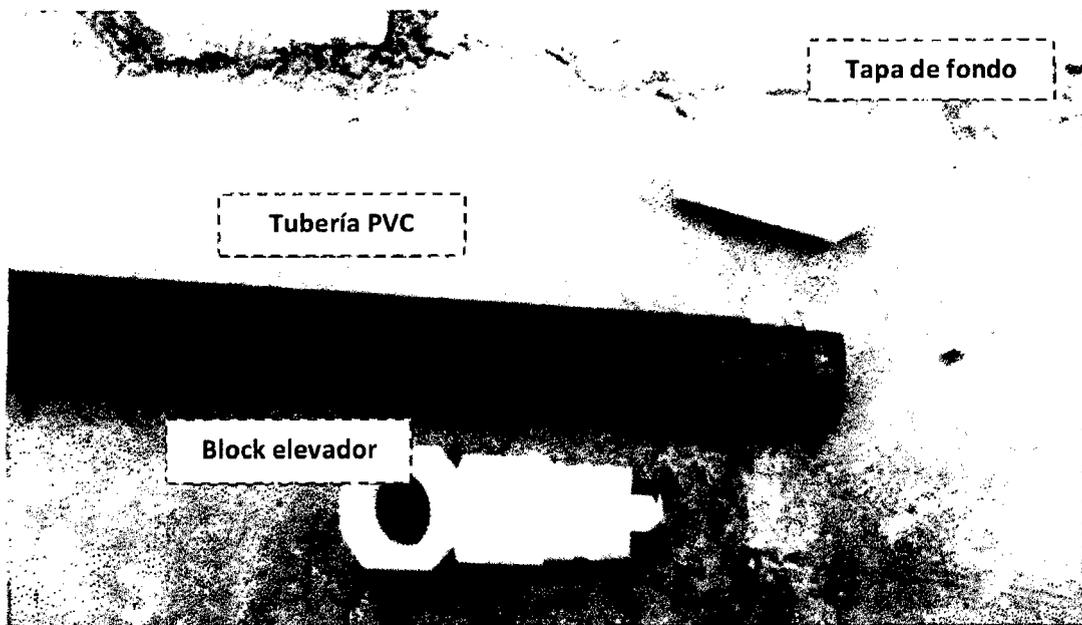
Fuente: Elaboración Propia

**B 05 Perforista tomando muestra del material que sale por posible zona fracturada y ver tipo de roca por donde se está perforando.**



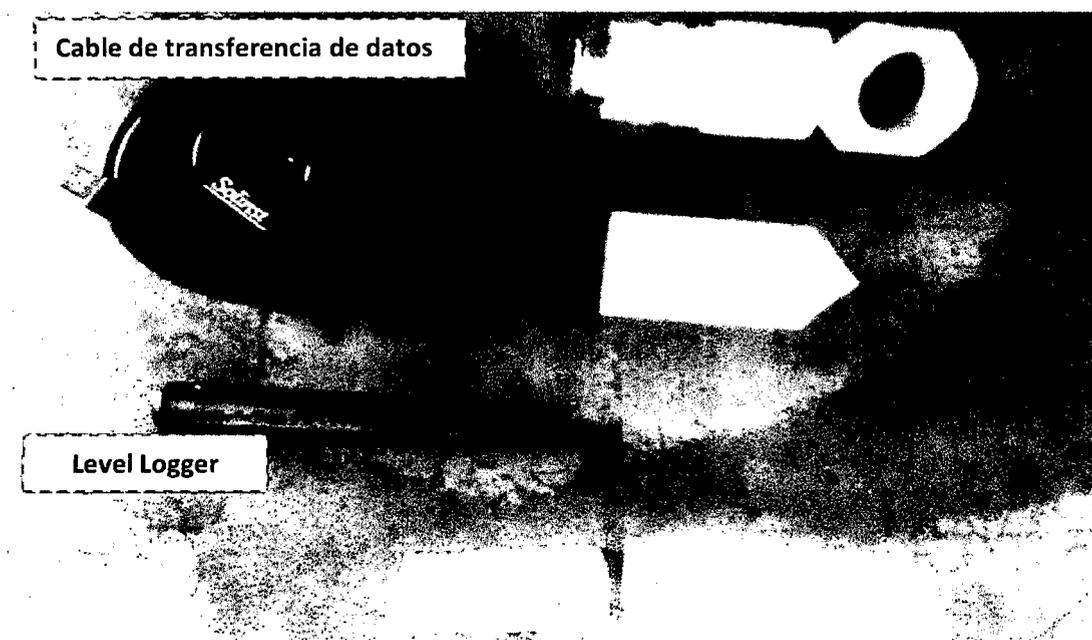
Fuente: Elaboración Propia

**B 06 Componentes para poder armar el Torpedo para hacer la prueba de SLUG TEST. (Block Elevador, Tapa de fondo, y tubería PVC de 1" de Diámetro y 3m de longitud).**



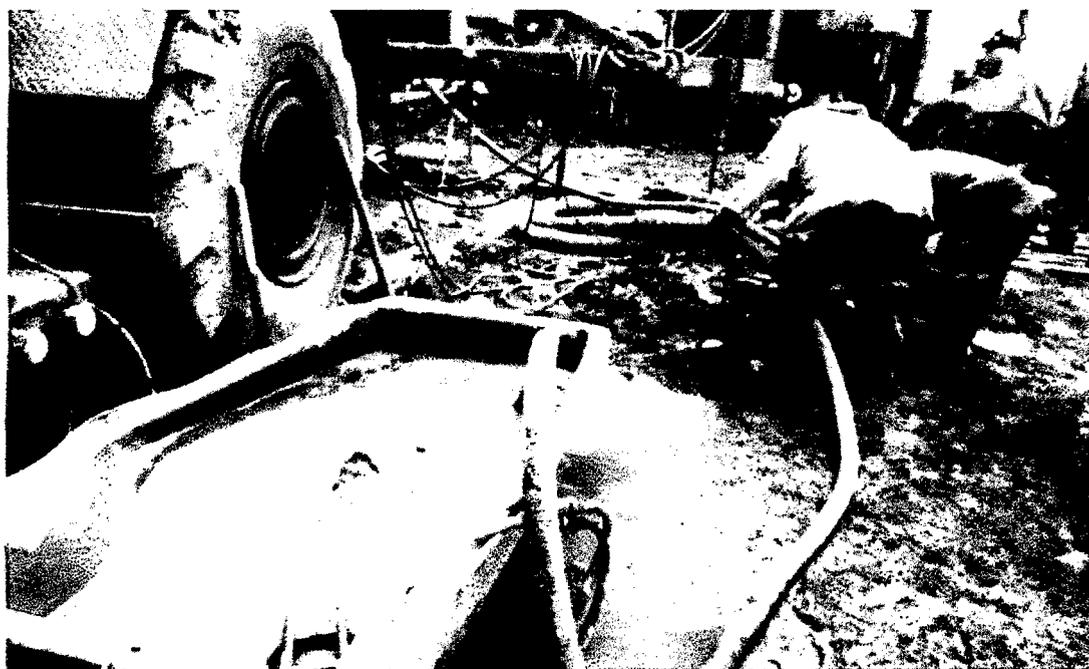
Fuente: Elaboración Propia

**B 07 Herramientas utilizadas para hacer la prueba de permeabilidad (Block elevador, Level Logger, Tapa de fondo y el Cable de Transferencia de datos del Level Logger a la computadora.)**



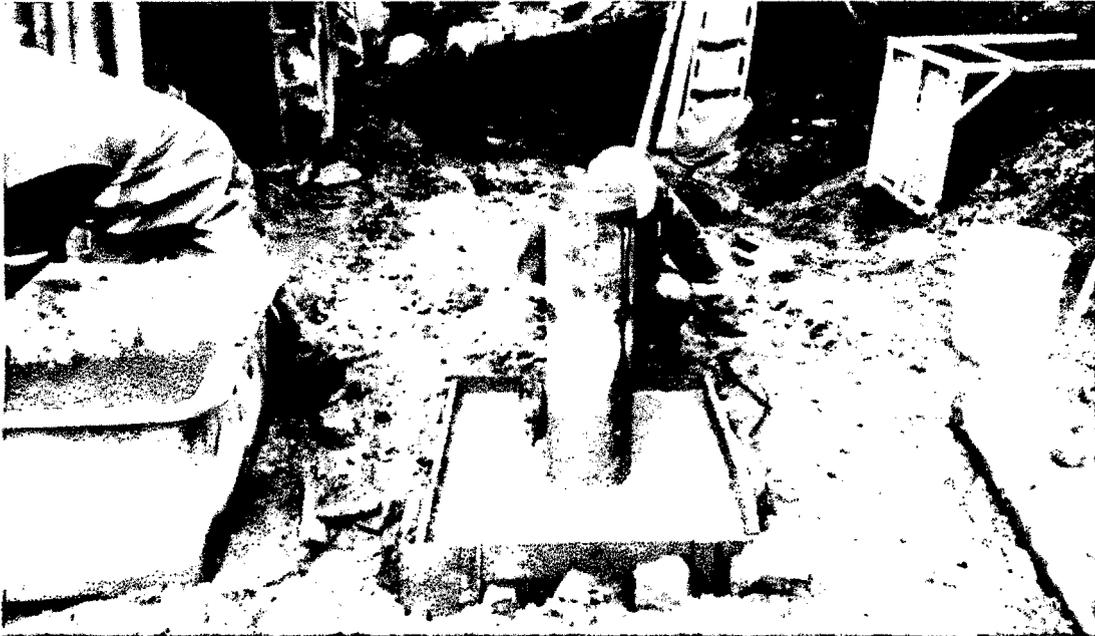
Fuente: Elaboración Propia

**B 08 Personal de Ak-Drilling preparando la lechada de cemento al 2% de bentonita en polvo.**



Fuente: Elaboración Propia

### **B 09 Construcción del dado de concreto**



Fuente: Elaboración Propia

### **B 10 Equipo Multi-Parámetro de Golder usado en la perforación y construcción de los piezómetros**



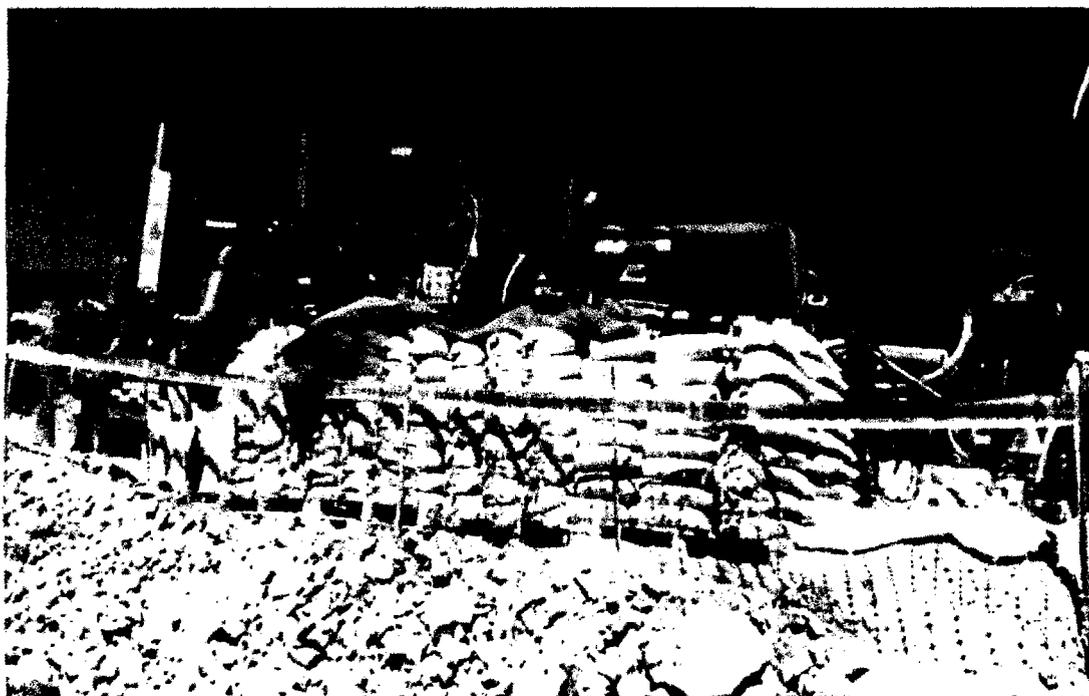
Fuente: Elaboración Propia

**B 11 Desmontaje de la perforadora para realizar el traslado de la misma a una nueva plataforma.**



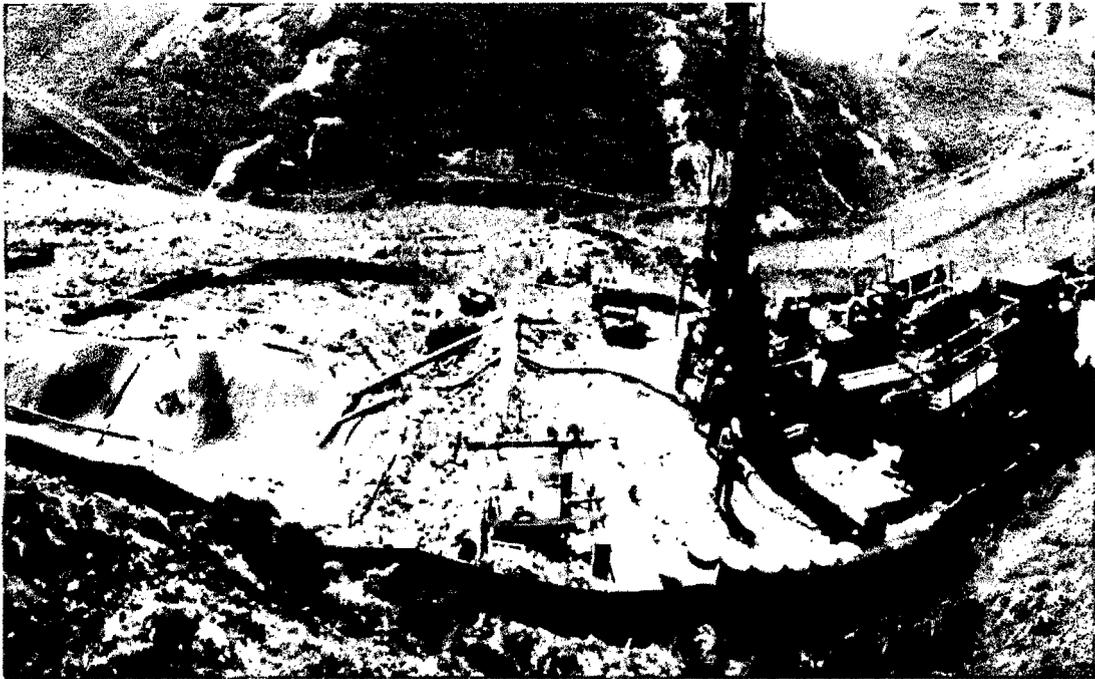
Fuente: Elaboración Propia

**B 12 Apilamiento de las muestras secas del piezómetro**



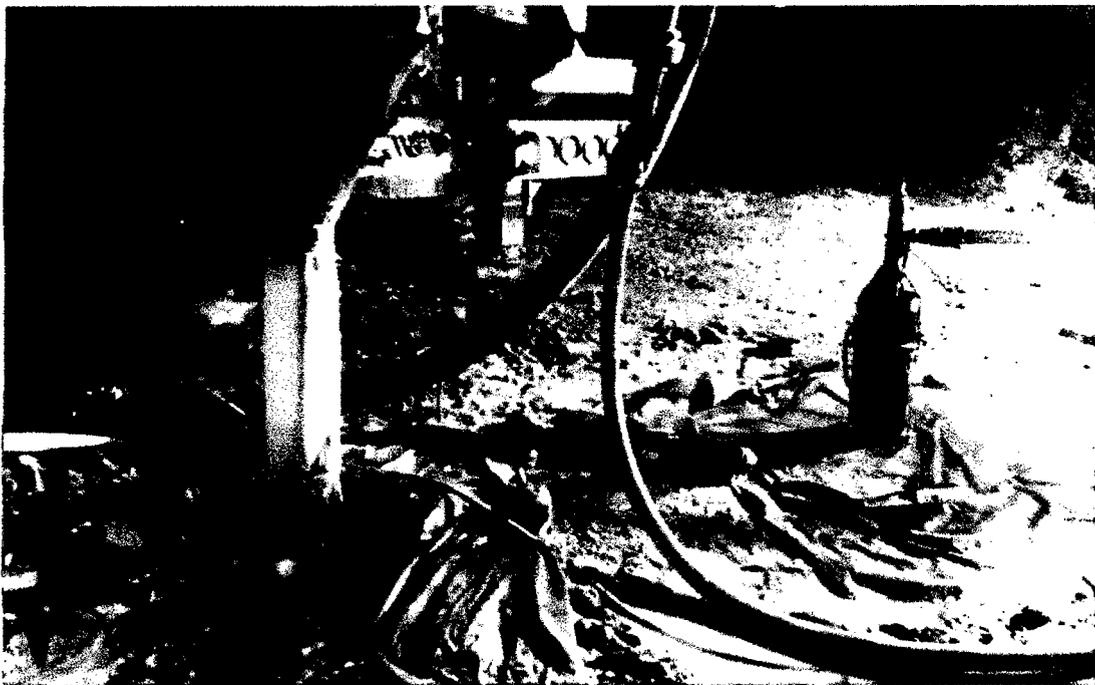
Fuente: Elaboración Propia

**B 13 Vista Panorámica del Punto de Perforación**



Fuente: Elaboración Propia

**B 14 Agua del Piezómetro HWCH – 10, después de haber realizado el lavado desarrollo del pozo.**



Fuente: Elaboración Propia

**C. TRABAJO FINAL DE PIEZOMETROS CUENCA PEREJIL**



Fuente: Elaboración Propia

**C 01 PIEZOMETRO HWPJ-01**

**CANDADO, TUBO  
PROTECTOR Y BASE DE  
CONCRETO**



Fuente: Elaboración Propia

**C 02 PIEZOMETRO HWPJ-02**

**CANDADO, TUBO  
PROTECTOR Y BASE DE  
CONCRETO**



Fuente: Elaboración Propia

**C 03 PIEZOMETRO HWPJ-03**

**CANDADO, TUBO  
PROTECTOR Y BASE DE  
CONCRETO**

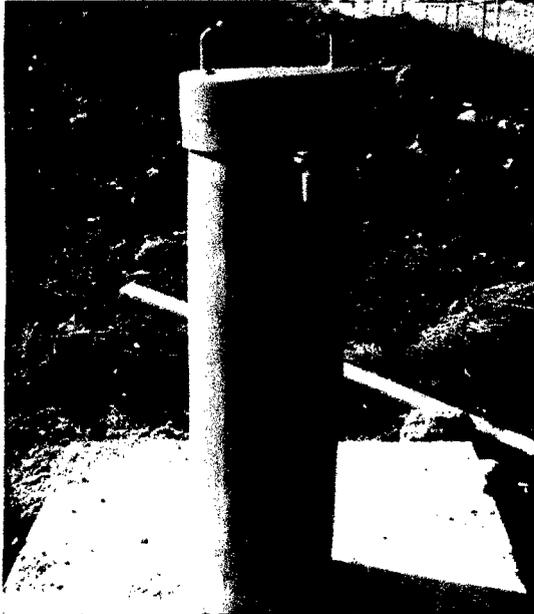


Fuente: Elaboración Propia

**C 04 PIEZOMETRO HWPJ-04**

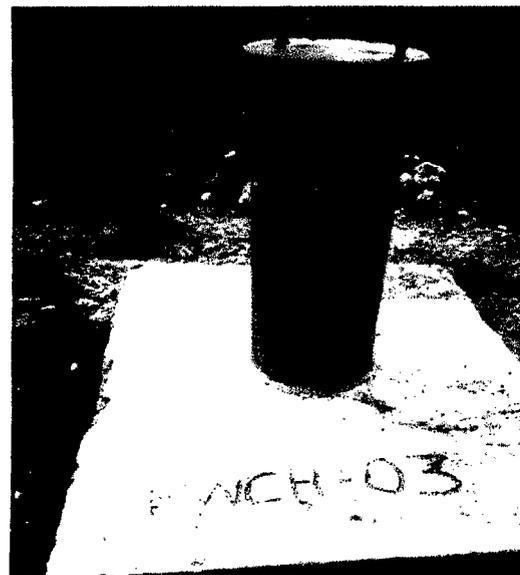
**CANDADO, TUBO  
PROTECTOR Y BASE DE  
CONCRETO**

**TRABAJO FINAL DE PIEZOMETROS CUENCA CHUYUHUAL**



Fuente: Elaboración Propia

**C 05 PIEZOMETRO HWCH-02  
CANDADO, TUBO PROTECTOR Y  
BASE DE CONCRETO**



Fuente: Elaboración Propia

**C 06 PIEZOMETRO HWCH-03  
CANDADO, TUBO PROTECTOR Y  
BASE DE CONCRETO**



Fuente: Elaboración Propia

**C 07 PIEZOMETRO HWCH-04**

**CANDADO, TUBO  
PROTECTOR Y BASE DE  
CONCRETO**



Fuente: Elaboración Propia

**C 08 PIEZOMETRO HWCH-05**

**CANDADO, TUBO  
PROTECTOR Y BASE DE  
CONCRETO**



Fuente: Elaboración Propia

**C 09 PIEZOMETRO HWCH-06**

**CANDADO, TUBO  
PROTECTOR Y BASE DE  
CONCRETO**

## OBSERVACIONES

- En el piezómetro **HWPJ – 01B** de 142.25m se obstruyó a los 118m y no se pudo habilitar el pozo.
- El piezómetro **HWPJ – 03A** de 154.15m al momento de hacer la limpieza se atascó en el fondo un fierro corrugado de media de 1.5 m y 25 m de manguera con la cual hacían la limpieza del pozo, por lo cual los dos piezómetros quedaron inhabilitados.
- En el piezómetro **HWCH – 02** se dejó 15.70m de casing permanente de 6” de diámetro porque la lechada de cemento había alcanzado el casing y había riesgo de perder el piezómetro al intentar sacarlo, razón por la que se decidió dejar esa longitud de casing para el pozo en coordinación con el Ing. Jesús Yalan y la supervisión.
- En el piezómetro **HWCH – 06** se dejó 4.5 m de casing permanente pues desde los 2.00 m hasta los 4.00 m no se tuvo recuperación y por seguridad para evitar algún derrumbe de rocas grandes, que deslicen y rompan las tuberías del piezómetro se decide junto con la supervisión dejar esa longitud de casing permanente.