

**FORMULARIO N° 3**

**1. NOMBRE DEL PROYECTO:** **PROYECTO EXPLOTACION PILAR NORTE – ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

**2. NUMERO DE CODIGO:** **T05M210**

**3. DIVISION:** **El Teniente**

**4. LOCALIZACION REGION:** **Sexta**

**LUGAR:** **RANCAGUA**

**5. DESCRIPCION:**

El proyecto Pilar Norte es un sector que posee recursos explotables del orden de 38,6 Mt, 1,29% CuT. La excelente calidad de estas reservas permitirá a la División El Teniente adicionar o reemplazar reservas de inferior calidad. Evidentemente esta condición se reflejará de manera benigna en la economía divisional.

La explotación será implementada usando LHD de 7yd3 para extraer mineral y LHD de 15 yd3 para ejecutar un transporte intermedio que permite llevar el mineral hasta los piques principales de traspaso al nivel Teniente 8, desde donde los trenes lo llevarán a su beneficio en la planta de Colón.

En la actualidad la planificación del proyecto Pilar Norte se encuentra enmarcada en el criterio de maximizar el uso de infraestructura existente, principalmente ubicadas en los sectores Esmeralda (ventilación) y Reservas Norte (traspaso, talleres, accesos). Por lo tanto, ponerlo en marcha demanda menos inversiones que un proyecto sin estas prerrogativas.

El área explotable del cuerpo se ubica sobre la cota de socavación del Proyecto NNM, cuya secuencia de explotación y variante más probable de bajada de la columna de mineral (Inicio), lo involucraría. Sin ser la anterior una consideración definitiva, se recomienda iniciar la etapa de producción del PS6E Norte a la brevedad, para maximizar la recuperación de sus reservas y agotarlas antes de 2016.

A través de este documento, Codelco Chile División El Teniente solicita recursos, con el objetivo de realizar el Estudio de Factibilidad del sector Pilar Norte.

**5.1 DECLARACION AMBIENTAL:**

No existe impacto, por la naturaleza del Proyecto

D.I.A.

E.I.A.

**6. INVERSION (moneda Promedio 2005 – T/C \$/US\$ 585)**

	MONEDA NACIONAL (US\$ MILES)	MONEDA EXTRANJERA (US\$ MILES)	TOTAL (US\$ MILES)
<b>2005</b>	984		984
<b>2006</b>	316		316
<b>2007</b>			
<b>2008</b>			
<b>Posterior a 2008</b>			
<b>TOTAL ESTIMADA</b>	<b>1.300</b>		<b>1.300</b>

**7. RESULTADOS DE LA EVALUACION: (Potencial del Proyecto)**

**a) Inversión Total**

Tasa descuento 8,0 %	ANTES DE IMPUESTO			DESPUES DE IMPUESTO		
	80 ¢/lb	90 ¢/lb	100 ¢/lb	80 ¢/lb	90 ¢/lb	100 ¢/lb
<b>VAN (US\$ MILES)</b>	85.313	136.262	187.189	32.355	54.263	76.162
<b>TIR (%)</b>	32%	44%	54%	22%	30%	37%
<b>IVAN</b>	2,15	3,43	4,72	0,82	1,37	1,92
<b>PERIODO DE PAGO</b>						

Precio que hace cero el VAN:

Tasa descuento 10 %	ANTES DE IMPUESTO			DESPUES DE IMPUESTO		
	80 ¢/lb	90 ¢/lb	100 ¢/lb	80 ¢/lb	90 ¢/lb	100 ¢/lb
<b>VAN (US\$ MILES)</b>	69.426	113.848	158.251	24.889	43.990	63.083
<b>TIR (%)</b>	32%	44%	54%	22%	30%	37%
<b>IVAN</b>	1,84	3,01	4,19	0,66	1,16	1,67
<b>PERIODO DE PAGO</b>						

Precio que hace cero el VAN:

**8. INVERSION POR ACTIVIDAD**

FASE	INVERSION (US\$ MILES)					
	2005			TOTAL PROYECTO		
	MONEDA NACIONAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL	MONEDA NACIONAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
<b>INGENIERIA</b>	984		984	1.300		1.300
<b>ADQUISICIONES</b>						
<b>CONSTRUCCION</b>						
<b>TOTAL</b>	<b>984</b>		<b>984</b>	<b>1.300</b>		<b>1.300</b>

**9. PLAZOS Y PROGRAMACION DE LA INVERSION**

**a) Duración**

<b>DURACION PROYECTO (MESES)</b>
7

**b) Carta GANTT**

	2005	2006	2007	2008	POSTERIOR 2008
<b>INGENIERIA</b>	■				
<b>ADQUISICIONES</b>					
<b>CONSTRUCCION</b>					

**INICIO:** Agosto de 2005 (Sujeto a la fecha de aprobación de usos de fondos).

**TERMINO:** Febrero de 2006

**10. ANALISIS TECNICO ECONOMICO**

La definición del método de explotación, diseño minero, programa de explotación, etc., están basados en criterios técnicos que proponen maximizar el uso de las infraestructuras existentes, y en el empleo de procedimientos de planificación que posee DET, los cuales permiten caracterizar adecuadamente un sistema de explotación en sus particulares condiciones técnico-operacionales. Diversos estudios han sido efectuados previamente concernientes a la explotación del Pila Norte. El presente, recoge ese know-how, para proponer la explotación de 38,6 MT de 1.29% CuT.

**a) Evaluación Privada del proyecto Pilar Norte**

Tal como se expone en el anexo respectivo (Anexo D), el proyecto Pilar Norte ha sido tratado como un proyecto independiente, para determinar su contribución neta al valor del escenario de planificación del Plan de Negocios y Desarrollo 2005. Para ello, ha sido necesario estimar sus costos de operación y de inversión, relevantes al método de explotación elegido. En este contexto, se adoptó valorizar sus beneficios por venta de concentrado de cobre a Fundición Caletones. Adicionalmente fueron considerados los ingresos provenientes de la venta de los subproductos generados a partir del mineral enviado a la planta de beneficio. Por último se ha considerado el beneficio de la totalidad del mineral extraído de la mina en la planta de beneficio de Colón.

Un resumen de la evaluación económica para precios mínimo, medio y máximo, se entrega en los párrafos subsiguientes.

## PILAR NORTE - ESTUDIO PREFACTIBILIDAD

NEGOCIO MINA-CONCENTRADORA  
DIVISION TENIENTE

### CUADRO DE FLUJO DE CAJA

Precio del Cobre (US\$/lb)	Medio
Precio del Molibdeno (US/kg Mo)	11,0
Moneda	Promedio 2005
Tasa de Descuento	8,0%

ANO	INVERSION [kUS\$]	INGRESO TOTAL [kUS\$]	DEPRECIACION [kUS\$]	TOTAL COSTOS Y GASTOS NETOS [kUS\$]	FLUJO DE CAJA A/I [kUS\$]	FLUJO DE CAJA D/I [kUS\$]
2005	933	0	0	0	-933	-933
2006	12.682	0	0	0	-12.682	-12.682
2007	33.799	1.392	0	7.348	-39.755	-39.361
2008	978	26.788	11.854	37.156	-11.346	1.320
2009	605	88.755	12.098	40.789	27.361	18.316
2010	0	105.941	12.249	49.684	56.256	31.172
2011	0	109.468	12.249	49.684	59.784	32.689
2012	0	107.071	396	45.813	61.258	26.566
2013	0	88.401	151	38.167	50.234	21.687
2014	0	73.434	0	31.935	41.498	17.844
2015	0	67.432	0	29.846	38.586	16.592
2016	0	24.084	0	11.627	12.457	5.356
2017	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0	0
2025	0	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>48.998</b>	<b>672.764</b>	<b>48.998</b>	<b>341.050</b>	<b>282.716</b>	<b>121.568</b>
<b>VAN (8,5%)</b>	<b>39.699</b>	<b>372.790</b>	<b>32.103</b>	<b>196.829</b>	<b>136.262</b>	<b>54.263</b>
<b>VAN (10%)</b>	<b>37.767</b>	<b>325.069</b>	<b>29.057</b>	<b>173.453</b>	<b>113.848</b>	<b>43.990</b>

	8,0%	
	ANTES IMP.	DESP. IMP.
VAN (kUS\$)	136.262	54.263
TIR (%)	44%	30%
IVAN	3,43	1,37

	10,0%	
	ANTES IMP.	DESP. IMP.
VAN (kUS\$)	113.848	43.990
TIR (%)	44%	30%
IVAN	3,01	1,16

**PILAR NORTE - ESTUDIO PREFACTIBILIDAD**  
NEGOCIO MINA-CONCENTRADORA  
DIVISION TENIENTE

CUADRO DE FLUJO DE CAJA

Precio del Cobre (US\$/lb)	Mínimo
Precio del Molibdeno (US/kg Mo)	9,9
Moneda	Promedio 2005
Tasa de Descuento	8,0%

ANO	INVERSION [kUS\$]	INGRESO TOTAL [kUS\$]	DEPRECIACION [kUS\$]	TOTAL COSTOS Y GASTOS NETOS [kUS\$]	FLUJO DE CAJA A/I [kUS\$]	FLUJO DE CAJA D/I [kUS\$]
2005	933	0	0	0	-933	-933
2006	12.682	0	0	0	-12.682	-12.682
2007	33.799	1.197	0	7.348	-39.950	-36.444
2008	978	23.144	11.854	37.156	-14.990	-246
2009	605	59.408	12.098	40.789	18.014	14.297
2010	0	91.505	12.249	49.684	41.821	24.965
2011	0	94.507	12.249	49.684	44.822	26.256
2012	0	92.401	396	45.813	46.588	20.258
2013	0	75.288	151	38.167	38.122	16.479
2014	0	63.370	0	31.935	31.435	13.517
2015	0	58.181	0	28.846	29.335	12.514
2016	0	20.773	0	11.627	9.146	3.933
2017	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0	0
2025	0	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>48.998</b>	<b>580.775</b>	<b>48.998</b>	<b>341.050</b>	<b>190.727</b>	<b>82.013</b>
<b>VAN (8,5%)</b>	<b>39.699</b>	<b>321.841</b>	<b>32.103</b>	<b>196.829</b>	<b>85.313</b>	<b>32.355</b>
<b>VAN (10%)</b>	<b>37.767</b>	<b>280.646</b>	<b>29.057</b>	<b>173.453</b>	<b>69.426</b>	<b>24.889</b>

	8,0%	
	ANTES IMP.	DESP. IMP.
VAN (kUS\$)	85.313	32.355
TIR (%)	32%	22%
IVAN	2,15	0,82

	10,0%	
	ANTES IMP.	DESP. IMP.
VAN (kUS\$)	69.426	24.889
TIR (%)	32%	22%
IVAN	1,84	0,66

## PILAR NORTE - ESTUDIO PREFACTIBILIDAD

NEGOCIO MINA-CONCENTRADORA  
DIVISION TENIENTE

### CUADRO DE FLUJO DE CAJA

Precio del Cobre (US\$/lb)	Máximo
Precio del Molibdeno (US/kg Mo)	12,3
Moneda	Promedio 2005
Tasa de Descuento	8,0%

ANO	INVERSION [kUS\$]	INGRESO TOTAL [kUS\$]	DEPRECIACION [kUS\$]	TOTAL COSTOS Y GASTOS NETOS [kUS\$]	FLUJO DE CAJA A/I [kUS\$]	FLUJO DE CAJA D/I [kUS\$]
2005	933	0	0	0	-933	-933
2006	12.682	0	0	0	-12.682	-12.682
2007	33.799	1.587	0	7.348	-39.561	-38.277
2008	978	30.430	11.854	37.156	-7.704	2.886
2009	605	78.098	12.098	40.789	36.704	22.334
2010	0	120.370	12.249	49.684	70.685	37.377
2011	0	124.423	12.249	49.684	74.738	39.120
2012	0	121.735	396	45.813	75.922	32.872
2013	0	100.508	151	38.167	62.341	26.893
2014	0	83.493	0	31.935	51.557	22.170
2015	0	76.678	0	28.846	47.832	20.568
2016	0	27.393	0	11.627	15.766	6.779
2017	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0	0
2025	0	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>48.998</b>	<b>764.713</b>	<b>48.998</b>	<b>341.050</b>	<b>374.655</b>	<b>161.106</b>
<b>VAN (8,5%)</b>	<b>39.699</b>	<b>423.717</b>	<b>32.103</b>	<b>196.829</b>	<b>187.189</b>	<b>76.162</b>
<b>VAN (10%)</b>	<b>37.767</b>	<b>369.472</b>	<b>29.057</b>	<b>173.453</b>	<b>158.251</b>	<b>63.083</b>

	8,0%	
	ANTES IMP.	DESP. IMP.
VAN (kUS\$)	187.189	76.162
TIR (%)	54%	37%
IVAN	4,72	1,92

	10,0%	
	ANTES IMP.	DESP. IMP.
VAN (kUS\$)	158.251	63.083
TIR (%)	54%	37%
IVAN	4,19	1,67

**d) Empleo Generado por el Proyecto (Futuro Proyecto de Inversión)**

NIVEL DE CALIFICACION	CALIFICADA	SEMICALIFICADA	NO CALIFICADA
ETAPA DE EJECUCION (Hombres - mes)			
ETAPA DE OPERACIÓN (*) (Empleos permanentes adicionales)	12	166	

(\*) Extraído de informe de ingeniería "Estudio de Prefactibilidad Proyecto Pilar Norte"

**e) Cuantificación de Inversiones, Costos y Ahorros o Ingresos**

El monto estimado de la inversión asciende a KUS\$ 1.300.

**11. OBSERVACIONES**

**12. ORIGEN DE LA INFORMACION**

Los antecedentes utilizados para la formulación del Estudio de Prefactibilidad del proyecto, los cuales fundamentan este API, están contenidos principalmente en:

- Informe final consolidación Ingeniería Conceptual Reservas Norte- Mina Teniente, realizado en el año 1998 por la empresa Minmetal.
- Alternativas de manejo mineral grueso Pilar Sub-6/Esmeralda, a nivel de ingeniería de perfil, realizado en diciembre del año 2004 por la empresa Minmetal.
- Informe INF-RN-38-02-0 Informe Final Fase II. Aquí se desarrolla y propone para el sector Pilar Sub 6 Esmeralda global una alternativa de explotación de mineral fino a nivel de Ingeniería Básica.

**13. EXPLICACION DE LA INVERSION ANUAL (KUS\$)**

	M/N	M/E
Administración, Dirección	52	
Contraparte Técnica	207	
Ingeniería	494	
Estudios Transversales	54	
Servicios para Ingeniería	34	
Plan de Ejecución	15	
Contingencias (15%)	128	
<b>TOTAL</b>	<b>984</b>	

#### 14. HITOS RELEVANTES

Presentación API Etapa Factibilidad	: Mayo 2005
Aprobación del API Etapa Factibilidad	: Julio 2005
Inicio de Estudio de factibilidad	: Agosto 2005
Termino Ingeniería	: Enero 2006
Cierre API	: Febrero 2006



	<p>CORPORACION NACIONAL DEL COBRE DE CHILE GERENCIA CORPORATIVA DE ABASTECIMIENTO</p> <p><b>MANUAL DE CONTRATACIÓN DE SERVICIOS</b></p>	<p>Manual Nº Doc. : GCAB-M-002 Rev. : 0 Vigencia : 01/06/2004 Pág. : 38 de 70</p>
---	---	---

## **ANEXO Nº2: DEFINICION DE ROLES Y RESPONSABILIDADES MATRIZ DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES PRINCIPALES**

### **6.0 Del Administrador del Contrato**

Participar desde el inicio del proyecto o generación de la idea en el proceso de contratación del servicio, sugerir el método de evaluación de las ofertas, participar en la preparación de las bases administrativas especiales, bases técnicas, bases de medición y pago y del presupuesto estimado del servicio u obra, seleccionar desde el registro de contratistas de el panel de participantes y proponer a las unidades de gestión de contratación los participantes en la licitación, y coordinar la visita de terreno o la reunión explicativa, según corresponda.

Preparar las respuestas a las consultas de los licitantes sobre el trabajo o servicio a realizar, participar en el análisis técnico-económico de las propuestas recibidas, y emitir las aclaraciones a las bases de la propuesta durante la etapa de licitación.

Exigir el cumplimiento de las cláusulas estipuladas en el contrato.

Debe someter a la revisión del área de control de riesgos operacionales, el programa de control de riesgos del contratista. Además deberá hacer cumplir con todo lo estipulado por dicha área, en relación con el control de riesgos operacionales por contratistas.

Establecer el control permanente de normas y reglamentos de seguridad y verificar su práctica por parte de los contratistas.

Debe velar por el cumplimiento, por parte del contratista del programa de protección del medio ambiente, asumiendo las responsabilidades inherentes a los procedimientos ambientales definidos por la división en el manual correspondiente.

Autorizar disminuciones de obras o servicios, proponer y negociar aumentos de obras o servicios y los aumentos de plazo correspondientes, previa autorización del nivel que corresponda de acuerdo al manual de alcance de facultades; coordinar y controlar el cumplimiento del trabajo o servicio estipulado en el contrato, recibir, aprobar o rechazar los estados de avance de la obra o servicio contratado y los estados de pago correspondientes.

Disponer la creación de la Hoja de Entrada de Servicio en sistema SAP por los avances de obra o servicios aprobados.

Liberar en sistema SAP las Hojas de Entrada de Servicios, de acuerdo a los montos aprobados en los Estados de Pagos, verificando la aplicación de los polinomios de reajuste aplicadas por el sistema SAP, cuando corresponda.

En aquellos casos en que haya más de un contratista para una obra o servicio y existan interferencias entre ellos y con la operación del proceso productivo, debe coordinar los programas

de actividades, de manera de controlar las interferencias y evitar o minimizar las pérdidas de producción correspondientes.

Mantener informados, por escrito, a los contratistas sobre los cambios de planes, especificaciones, condiciones de trabajo y programas.

Revisar y aprobar planes y métodos de trabajo del contratista.

Ordenar, por escrito, la paralización de la actividad contratada cuando se estime que se están cometiendo errores graves durante el desarrollo del contrato.

Preparar y mantener registros para los informes de avance en las obras o servicios, preparar pruebas de puesta en marcha y registrar datos de éstas y comportamiento de los equipos.

Controlar, permanentemente, el avance financiero del contrato considerando sus modificaciones o cambios, los estados de pago cursados y los saldos correspondientes. Debe controlar cualquier desviación gastos importantes que pueda condicionar el avance de los trabajos.

Fijar los lugares y fechas de recepción de entrega de los informes, documentos, libro de obra, libro de comunicaciones y la correspondencia oficial.

Será el representante de la división frente al contratista, teniendo la responsabilidad del manejo del libro de obras o de comunicaciones, según sea el caso.

Mantener y resguardar el archivo de todos los documentos originales y copias, informes y correspondencia oficial que la obra o servicio genere.

Solicitar a los departamentos contraloría, la aplicación de multas o premios conforme a las reglas del contrato, debidamente documentadas.

Recibir las obras o servicios contratados, calificar técnicamente el desempeño del contratista, informando a las unidades de gestión de contratación.

Resolver los reclamos formulados por el contratista, pedir las asesorías correspondientes en este tema.

Calcular los saldos de obras o servicios, correspondientes al período de cierre de fin de año, que serán provisionados, por la Gerencia Contraloría, identificando las respectivas cuentas de cargo, de acuerdo al plan de cuentas establecido.

Le corresponde ajustarse al programa de gastos del contrato, de acuerdo con el presupuesto estimado y la programación de los trabajos entregados.

### 3 OBJETIVO

El objetivo de este informe es entregar los antecedentes necesarios para respaldar el API T05M210, que contempla la solicitud de recursos económicos para ejecutar la etapa de factibilidad del Proyecto Explotación Pilar Norte. Aquí se expone los argumentos que, en opinión de División El Teniente, fundamentan la decisión de invertir en la explotación de este sector. Tales recursos permitirán financiar los gastos directos e indirectos asociados tanto al estudio de factibilidad, como así también los productos entregables requeridos para abordar la siguiente etapa de ingeniería.



#### **4.2 Tasa de Explotación**

La tasa de régimen calculada para el proyecto Pilar Norte es del orden de 17.000 tpd. Esto le confiere al proyecto la potencialidad de asumir un rol significativo en el plan de negocio divisional.

#### **4.3 Inicio Producción**

El área explotable del cuerpo se ubica sobre la cota del sector Nuevo Nivel Mina (NNM), cuya entrada en producción está programada para el año 2.016 (ref. PEX 2006). La secuencia de explotación del NNM y la variante más probable de bajada de la columna de mineral (Inicio vía sublevel caving), involucra el Pilar Norte, por lo que se haría imperativo abandonarlo en el año 2.016. Esta situación recomienda iniciar la etapa de producción del proyecto a la brevedad, Noviembre 2.007, para maximizar la recuperación de reservas.

#### **4.4 Utilización infraestructura existente**

Para disminuir los costos de capital del proyecto, su planificación estuvo a priori enmarcada en el criterio de maximizar el uso de infraestructura existente, principalmente ubicadas en los sectores Esmeralda (equipos y túneles de ventilación) y Reservas Norte (talleres, accesos). Por lo tanto, poner en marcha el sector Pilar Norte demanda menos inversiones que un proyecto sin estas prerrogativas.

#### **4.5 Evaluación Económica**

Los indicadores económicos del proyecto ratifican el atractivo de explotarlo. Véase la Tabla 4.1 siguiente.

Tabla 4.1: Indicadores de Rentabilidad, Pilar Norte. Plan Minero 17.000 tpd

#### 4.6 Oportunidad

De acuerdo a la información anotada en los párrafos precedentes, y según los análisis que la DET ha realizado, es importante comenzar cuanto antes el estudio de factibilidad del proyecto. El objetivo principal de la etapa de factibilidad es confirmar y/o precisar las expectativas económicas pronosticadas en la etapa de prefactibilidad.

## 5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 5.1 Geología

#### 5.1.1 Litología

En el sector en estudio se reconocieron los siguientes tipos litológicos: Pórfido Andesítico, Complejo Máfico El Teniente (CMET), Pórfido Diorítico, Brecha Ígnea de Pórfido Diorítico y Brecha Hidrotermal de Anhidrita.

##### **Pórfido Andesítico**

Se presenta como una apófisis irregular, que intruye al CMET. Corresponde a una roca de color gris oscuro, de textura porfídica, con un 30% de fenocristales de plagioclasas inmersos en una masa fundamental afanítica de color gris oscuro.

El contacto con la Brecha Ígnea de Pórfido Diorítico en la calle 6, coincide con una veta hidrotermal tardía de 10 a 25 cm de espesor, con relleno de anhidrita, calcopirita, yeso y carbonatos. Esta roca, de característico color oscuro, se presenta muy descolorada (blanqueada) producto de la intensa alteración hidrotermal principal (HP) que la afecta.

##### **Brecha Ígnea de Pórfido Diorítico**

Esta unidad corresponde a una apófisis de roca intrusiva que se desarrolla de manera adyacente al Pórfido Diorítico.

Este tipo litológico está constituido por fragmentos redondeados y semiangulosos de CMET e intrusivos de color blanco, de hasta 60 cm de diámetro, envueltos en una matriz afanítica, de color gris oscuro.

Los clastos de intrusivos blancos son predominantemente de Pórfido Diorítico de textura holocristalina hipidiomórfica equigranular, con cristales de plagioclasas, cuarzo y biotita alterada a clorita.

##### **Pórfido Diorítico**

En el sector en estudio, este cuerpo intrusivo se presenta como una apófisis irregular cuyo centro se ubica, aproximadamente, en la intersección de la calle 3 con la Zanja 5 –Sur de la galería de exploración. En la vertical este cuerpo presenta un ancho que varía entre los 80 y 120 m.

Corresponde a una roca intrusiva de color gris verdoso claro con texturas porfídica de grano fino y porfídica de grano grueso, alternadamente. En el contacto con el CMET se observan clastos de CMET dentro de una matriz de Pórfido Diorítico.

##### **Complejo Máfico El Teniente**

Es la principal roca de caja del sector de estudio. Es de textura porfídica fina y afanítica, de color gris oscuro a negro característico de la intensa biotitización que le afecta.

Al microscopio (corte SG-98-276') la textura es holocristalina, porfídica hipidiomórfica, los fenocristales (<15%) son de plagioclasas envueltos en una matriz de biotita, microlitos de plagioclasa y en menor medida cuarzo.

### **Brecha Hidrotermal de Anhidrita**

Esta unidad se encuentra asociada a cuerpos intrusivos (dispuesta en forma adyacente a los pórfidos dacítico, diorítico y andesítico).

Esta brecha presenta entre un 5% y un 60% en volumen de cemento, el cual se compone principalmente de anhidrita, minoritariamente de cuarzo y sulfuros.

El contacto entre brecha de anhidrita y CMET es gradacional y se caracteriza por la disminución gradual de la anhidrita.

### **5.1.2 Geología Estructural**

En el yacimiento El Teniente han sido reconocidos 36 Dominios Estructurales. Los dominios estructurales que se encuentran en el polígono del Proyecto son los siguientes:

Dominio Estructural 9, Dominio Estructural 10, Dominio Estructural 11, Dominio Estructural 12, Dominio Estructural 13, Dominio Estructural 14 y Dominio Estructural 15 (ver plano anexo GL 9 -10015-0).

A continuación se presenta una caracterización de cada dominio según las estructuras intermedias.

#### **A. Caracterización del dominio 9 según las estructuras intermedias**

Para caracterizar el Dominio Estructural 9 se ha considerado los mapeos estructurales de los siguientes niveles: Sub 6 UCL, Sub 6 LHD, Sub 6 Extr. y Trasp. y Ten 8. La información recopilada suma un total de 915 estructuras, caracterizadas por tener un relleno relativamente blando, cuyo ploteo de polos se muestra en la siguiente figura. La Tabla 5.1 resume el porcentaje relativo de cada tipo de estructura respecto al total de ellas.

**Tabla 5.1** - Porcentajes relativos de cada estructura respecto al total de las estructuras intermedias

TIPO ESTRUCTURA	NUMERO DE POLOS	% RELATIVO
Fallas	10	1,1 %
Fallas HT	220	24 %
Fallas HP	79	8,6 %
Vetillas HT	314	34,3 %
Vetillas HP	292	32 %

Las estructuras intermedias del Dominio Estructural 9 poseen dos orientaciones preferenciales: la primera entre N 50°-70° W, la segunda entre N 10°-20° E. Una tercera orientación, de menor relevancia, tiene un rumbo aproximadamente E-W.

### Definición y caracterización de los sets estructurales del dominio 9

El Dominio Estructural 9 quedó caracterizado por 6 sets estructurales, representados. La Tabla 5.2 resume las principales características de cada set.

**Tabla 5.2** - Principales características de los sets estructurales determinados para el Dominio 9

Set	Relevancia	Rumbo	Rumbo Gran Círculo	Manteo	Manteo Gran Círculo	K	Nº Polos	% Relativo
1	principal	N 31° W a N 75° W	N 58° W	54° a 90° al NE 62° a 90° al SW	87° NE	16,2	215	23,5 %
2	principal	N60°E a E-W E-W a N76°W	N 85° E	63° a 90° al N 67° a 90° al S	89° S	22,0	192	21 %
3	principal	N29°E a N-S N-S a N5°W	N 13° E	58° a 90° al E 67° a 90° al W	81° E	24,7	131	14,3 %
4	secundario	N 26° W a N 74° W	N 51° W	35° a 63° al SW	51° SW	40,9	88	9,6 %
5	secundario	N 29° E a N 58° E	N 44° E	60° a 90° al SE 85° a 90° al NW	78° SE	44,3	57	6,2 %
6	secundario	N 18° W a N 72° W	N 46° W	23° a 47° al NE	34° NE	60,5	53	5,8 %

### B. Caracterización del dominio 10 según las estructuras intermedias

La caracterización del Dominio Estructural 10 ha sido realizada sobre la base de los datos estructurales de los siguientes niveles: Pipa Norte UCL, Pipa Norte LHD, Pipa Norte Inyección, Ten 6, Sub 6 UCL, Sub 6 LHD, Sub 6 Extr. y Trasp. y Ten 8. El total de discontinuidades con relleno blando reconocidas en estos niveles, suma la cantidad de 1080 estructuras. En la Tabla 5.3 se resumen los porcentajes relativos de cada tipo de estructura respecto al total de ellas.

**Tabla 5.3** - Porcentajes relativos de cada estructura respecto al total de las estructuras intermedias.

TIPO ESTRUCTURA	NUMERO DE POLOS	% RELATIVO
Fallas	47	4,4 %
Fallas HT	391	36,2 %
Fallas HP	4	0,4 %
Fallas TM	3	0,3 %
Vetillas HT	603	55,8 %
Vetillas HP	32	2,9 %

### Definición y caracterización de los sets estructurales del dominio 10

El análisis realizado ha permitido reconocer tres sets estructurales, cuyas características se resumen en la Tabla 5.4.

**Tabla 5.4** - Principales características de los sets estructurales determinados para el Dominio 10.

Set	Relevancia	Rumbo	Rumbo Gran Círculo	Manteo	Manteo Gran Círculo	K	N° Polos	% Relativo
1	principal	N59°E a E-W E-W a N77°W	N 82° E	57° a 90° al S 69° a 90° al N	82° S	24,6	571	52,9 %
2	secundario	N 22° E a N 58° E	N 44° E	62° a 90° al SE 80° a 90° al NW	79° SE	28,4	121	11,2 %
3	menor	N 52° W a N 84° W	N 68° W	30° a 51° al SW	39° SW	107,4	60	5,6 %

### C. Caracterización del dominio 11 según las estructuras intermedias

Para caracterizar el Dominio Estructural 11 se han tomado en cuenta los datos estructurales levantados mediante el mapeo geológico de los niveles Esmeralda LHD y Esmeralda UCL. En la Tabla 5.5 se resumen los porcentajes relativos de cada tipo de estructura respecto al total de ellas.

**Tabla 5.5** - Porcentajes relativos de cada estructura respecto al total de las estructuras intermedias.

TIPO ESTRUCTURA	NUMERO DE POLOS	% RELATIVO
Fallas HT	161	26,2 %
Fallas HP	1	0,2 %
Vetillas HT	437	71,2 %
Vetillas HP	15	2,4 %

### Definición y caracterización de los sets estructurales del dominio 11

Para este dominio se definieron 4 sets estructurales. En la Tabla 5.6 se resumen las principales características de cada set.

**Tabla 5.6** - Principales características de los sets estructurales determinados para el Dominio 11.

Set	Relevancia	Rumbo	Rumbo Gran Círculo	Manteo	Manteo Gran Círculo	K	N° Polos	% Relativo
1	principal	N 42° W a N 86° W	N 60° W	62° a 90° al NE 62° a 90° al SW	85° NE	22,6	271	44,1 %
2	secundario	N1°E a N-S N-S a N41°W	N 22° W	62° a 90° al NE 73° a 90° al SW	80° NE	25,4	121	19,7 %
3	secundario	N29°E a N82°E	N 55° E	61° a 90° al SE 65° a 90° al NW	87° SE	14,4	108	17,6 %
4	menor	N 14° W a N 55° W	N 33° W	34° a 60° al NE	45° NE	44,9	31	5 %

### D. Caracterización del dominio 12 según las estructuras intermedias

La caracterización del Dominio Estructural 12 ha sido realizada analizando los datos estructurales, levantados mediante el mapeo geológico, de los niveles Esmeralda LHD,

Esmeralda UCL y Ten 4 Sur LHD. En la Tabla 5.7 se resumen los porcentajes relativos de cada tipo de estructura respecto al total de ellas.

**Tabla 5.7** - Porcentajes relativos de cada estructura respecto al total de las estructuras mayores.

TIPO ESTRUCTURA	NUMERO DE POLOS	% RELATIVO
Fallas HT	303	28,1 %
Fallas HP	10	0,9 %
Vetillas HT	430	39,8 %
Vetillas HP	337	31,2 %

### Definición y caracterización de los sets estructurales del dominio 12

Se han podido determinar la existencia de 4 sets estructurales para el Dominio 12. Los elementos distintivos de cada set se resumen en Tabla 5.8.

**Tabla 5.8** - Principales características de los sets estructurales determinados para el Dominio 12

Set	Relevancia	Rumbo	Rumbo Gran Circulo	Manteo	Manteo Gran Circulo	K	Nº Polos	% Relativo
1	principal	N 42° W a N 88° W	N 61° W	60° a 90° al NE 64° a 90° al SW	86° NE	21,7	319	29,5 %
2	secundario	N 2° W a N 41° W	N 24° W	60° a 90° al NE 65° a 90° al SW	84° NE	18,3	214	19,8 %
3	secundario	N 42° E a N 87° E	N 63° E	70° a 90° al SE 58° a 90° al NW	84° NW	24,5	212	19,6 %
4	secundario	N 1° W a N-S N-S a N 40° E	N 20° E	60° a 90° al SE 65° a 90° al NW	85° NW	17,4	150	13,9 %

### E. Caracterización del dominio 13 según las estructuras intermedias

La caracterización del Dominio Estructural 13 ha sido realizada analizando los datos estructurales, levantados mediante el mapeo geológico, de los niveles Esmeralda LHD y Esmeralda UCL. En la Tabla 5.9 se resumen los porcentajes relativos de cada tipo de estructura respecto al total de ellas.

**Tabla 5.9** - Porcentajes relativos de cada estructura respecto al total de las estructuras intermedias.

TIPO ESTRUCTURA	NUMERO DE POLOS	% RELATIVO
Fallas HT	41	10,9 %
Vetillas HT	175	46,7 %
Vetillas HP	159	42,4 %

### Definición y caracterización de los sets estructurales del dominio 13

Las principales características de cada set se resumen en Tabla 5.10.

**Tabla 5.10** - Principales características de los sets estructurales determinados para el Dominio 13

Set	Relevancia	Rumbo	Rumbo Gran Círculo	Manteo	Manteo Gran Círculo	K	N° Polos	% Relativo
1	principal	N 35° W a N 77° W	N 58° W	60° a 90° al NE 64° a 90° al SW	88° NE	18,4	99	26,4 %
2	principal	N 13° E a N 62° E	N 38° E	58° a 90° al SE 73° a 90° al NW	84° SE	19,1	93	24,8 %
3	secundario	N 62° E a N-S N-S a N 89° W	N 83° E	75° a 90° al S 62° a 90° al N	88° N	25,5	64	17,1 %
4	menor	N 65° E a N-S N-S a N 77° W	N 84° E	52° a 70° al S	61° S	56,2	31	8,3 %
5	menor	N 33° W a N 58° W	N 46° W	31° a 58° al SW	45° SW	72,7	16	4,3 %

#### F. Caracterización del dominio 14 según las estructuras intermedias

Las fallas y vetillas, de relleno relativamente blando, que conforman el Dominio Estructural 14 han sido reconocidas mediante el mapeo geológico de los niveles Esmeralda LHD, Esmeralda UCL y Ten 4 Sur LHD. En la Tabla 5.11 se resumen los porcentajes relativos de cada tipo de estructura respecto al total de ellas.

**Tabla 5.11** - Porcentajes relativos de cada estructura respecto al total de las estructuras intermedias.

TIPO ESTRUCTURA	NUMERO DE POLOS	% RELATIVO
Fallas	54	3,2 %
Fallas HT	279	16,6 %
Fallas HP	105	6,2 %
Vetillas HT	95	5,6 %
Vetillas HP	1154	68,4 %

#### Definición y caracterización de los sets estructurales del dominio 14

Las principales características de cada set se resumen en Tabla 5.12.

**Tabla 5.12** - Principales características de los sets estructurales determinados para el Dominio 14

Set	Relevancia	Rumbo	Rumbo Gran Círculo	Manteo	Manteo Gran Círculo	K	N° Polos	% Relativo
1	principal	N 9° W a N 58° W	N 32° W	63° a 90° al SW 87° a 90° al NE	77° SW	36,1	303	18 %
2	principal	N 47° E a N 84° E	N 64° E	76° a 90° al SE 59° a 90° al NW	83° NW	28,4	343	20,3 %
3	menor	N 17° W a N 56° W	N 36° W	38° a 66° al NE	53° NE	53,2	152	9 %

### G. Caracterización del dominio 15 según las estructuras intermedias

La caracterización del Dominio Estructural 15 ha sido realizada analizando los datos estructurales, levantados mediante el mapeo geológico, de los niveles Esmeralda LHD y Esmeralda UCL. En la Tabla 5.13 se resumen los porcentajes relativos de cada tipo de estructura respecto al total de ellas.

**Tabla 5.13** - Porcentajes relativos de cada estructura respecto al total de las estructuras intermedias.

TIPO ESTRUCTURA	NUMERO DE POLOS	% RELATIVO
Fallas	1	0,2 %
Fallas HT	107	20,1 %
Fallas HP	45	8,4 %
Vetillas HT	62	11,7 %
Vetillas HP	317	59,6 %

### Definición y caracterización de los sets estructurales del dominio 15

La Tabla 5.14 resume las principales características de cada set.

**Tabla 5.14** - Principales características de los sets estructurales determinados para el Dominio 15

Set	Relevancia	Rumbo	Rumbo Gran Circulo	Manteo	Manteo Gran Circulo	K	N° Polos	% Relativo
1	principal	N 40° E a N 75° E	N 57° E	72° a 90° al SE 65° a 90° al NW	84° NW	47,8	226	42,5 %
2	menor	N 41° W a N 62° W	N 52° W	73° a 90° al SW 72° a 90° al NE	90°	44,7	49	9,2 %

La información estructural anterior sugiere que las condiciones han permanecido muy similares a lo evaluado en el estudio conceptual del proyecto Pilar Sub 6 Esmeralda, antecesor del presente proyecto Pilar Norte.

## 5.2 Geotécnia

La geotécnia contempló el estudio de las propiedades del macizo rocoso sobre ensayos de laboratorio en muestras de roca, la determinación del fracturamiento y la estimación de la calidad del macizo rocoso.

### 5.2.1 Propiedades de la roca intacta

Los ensayos geotécnicos de laboratorios fueron realizados durante el mes de diciembre del 2000. Los tipos de ensayos consistieron en propiedades índices (peso unitario), propiedades mecánicas (compresión confinada y no confinada, tracción) y propiedades de deformabilidad (módulo de Young y razón de Poisson, ambos estáticos).

La estimación de las propiedades geotécnicas se basó en la metodología propuesta para seleccionar y analizar resultados de ensayos geotécnicos representativos de la roca intacta (Marambio et al., 1999; 2000).

Las unidades geotécnicas evaluadas corresponden a CMET, Pórfido Andesítico y Pórfido Diorítico, estas correspondientes a mena primaria. El resumen de las propiedades geotécnicas estimadas para la roca intacta, se entrega en tabla 5.15.

<b>Tabla 1.15. - PROPIEDADES GEOTÉCNICAS ROCA INTACTA.</b>						
<b>PROYECTO PILAR SUB-6 ESMERALDA</b>						
<b>Parámetros</b>	<b>CMET</b>	<b>Coefficiente de variación (%)</b>	<b>Pórfido Andesítico</b>	<b>Coefficiente de variación (%)</b>	<b>Pórfido Diorítico</b>	<b>Coefficiente de variación (%)</b>
E [GPa]	55	43	64	18	47	19
$\nu$	0.25	31	0.25	9	0.25	8
B [GPa]	36.7	-	42.7	-	31.3	-
G [GPa]	22.0	-	25.6	-	18.8	-
$\gamma$ [ton/m <sup>3</sup> ]	2.84	1	2.74	1	2.71	1
UCS [MPa]	121	26	123	27	144	30
T <sub>i</sub> [MPa]	13	30	14	30	16	30
E/UCS	455	-	520	-	326	-
UCS/ T <sub>i</sub>	9	-	9	-	9	-
m <sub>i</sub>	12.1	-	20.3	-	7	-
$\sigma_{ci}$ [MPa]	132	-	111	-	148	-
$\sigma_{ti}$ [MPa]	-11	-	-5.5	-	-21	-
c [MPa]	24	-	18	-	30	-
$\Phi$ [°]	42	-	48	-	34	-

**NOTAS:** E: Módulo de Young.  $\nu$ : Razón de Poisson. B: Módulo de deformación volumétrica  
G: Módulo de corte  $\gamma$ : Densidad UCS: Resistencia a la compresión T<sub>i</sub>: Resistencia a la tracción  
m<sub>i</sub>: Parámetro del criterio de falla de Hoek-Brown.  
 $\sigma_{ci}$ : Resistencia a la compresión según el criterio de falla de Hoek-Brown.  $\sigma_{ti}$ : Resistencia a la tracción según el criterio de falla de Hoek-Brown. c: Cohesión.  $\Phi$ : Angulo de fricción interna.

## 5.2.2 Calidad del macizo rocoso

De acuerdo a los estándares de la Superintendencia de Geología (SGL-I-123/03), la caracterización geotécnica del macizo rocoso de un sector en particular se realiza definiendo Unidades Geotécnicas. Estas últimas dependen de las propiedades físicas del macizo rocoso, la litología, alteración y dominios estructurales.

En la industria existen variados índices geotécnicos de clasificación del macizo rocoso, tales como IRMR (Laubscher y Jakubec, 2001), GSI (Marinos y Hoek, 2000), RMR (Bieniawski, 1989), Q y Q' (Barton et al., 1974). Estos difieren principalmente en los parámetros geológicos usados para su cálculo. Históricamente estos índices no han mostrado diferencias relevantes para distintos sectores del yacimiento El Teniente, en contraste con el diferente comportamiento geomecánico observado entre los distintos tipos litológicos de la mina. Sin embargo son relevantes para los distintos procesos mineros, desde la

planificación hasta la operación, y permite zonificar el macizo rocoso de acuerdo a su calidad geotécnica. El índice de resistencia geológico GSI (marinos y Hoek, 2000) se incluye con el propósito de efectuar “escalamientos” a las propiedades del macizo rocoso de Tte.Sub6.

La caracterización del macizo rocoso se desglosa para cada unidad geotécnica en las Tablas 5.16, 5.17, 5.18 y 5.19 y se presenta en el plano GL8-10017-0.

**TABLA 5.16. – Resumen de índices geotécnicos calidad macizo rocoso**

LITOLOGIA	IRMR	Q'	Q	RMR(B)	GSI
Pórfido Diorítico (PDI) - central (proyecto PES6)	59-60	347-355	2.24-2.29	71-72	70-90
Pórfido Diorítico (PDI) - norte (Sub6)	59-62	263-355	1.7-2.29	68-72	70-90
Pórfido Dacítico (PDA)	58-63	400-576	1.57-2.26	72-77	75-90
Pórfido Andesítico	59-60	347-355	2.24-2.29	71-72	70-90
CMET Hw (HT adyacente a la BXBraden)	62-65	218-355	0.91-1.97	74-75	75-90
CMET Hw (HT)	55-58	148-258	0.82-1.43	66-74	70-90
CMET Central y Fw (HP)	52-57	148-220	0.74-1.22	66-72	70-85
BX Braden	69	329	0.98	72	85-100
BX ANH - central (proyecto PES6)	58-61	468-504	1.74-1.87	70-72	80-90
BX ANH - norte y Hw (Sub6)	58-62	468-513	1.74-1.9	70-74	80-90
BX Hidrotermal (Clorita y Turmalina)	69	329	0.98	72	85-100

**Tabla 5.17. – Caracterización geotécnica según el IRMR**

LITOLOGIA	UCS (IRS)	Frecuencia de vetillas blandas/m	Dureza (Mohs)	# set	Espaciamiento de vetillas que forman bloques /m	P(JC)	IRMR
PDI- central (proyecto PES6)	142-144	3,1	3	2 a 3	0.52-0.59	22.3-22.8	59-60
PDI - norte (Sub6)	142-144	3,1	3	2 a 3	0.39-0.59	23.3-22.8	59-62
PDA	110	1.22-2.5	3	3	0.42-0.85	22.1-22.6	58-63
BXBraden	85	0,68	2,5	2	1,47	22	69
BX ANH - central (proyecto PES6)	102	1.68-2.39	3,5	3	0.42-0.59	23,6	58-61
BX ANH - norte y Hw (Sub6)	102	1.43-2.39	3,5	3	0.42-0.7	23,6	58-62
BX Hidrotermal (Clorita y Turmalina)	66-69	-	-	-	-	-	69 <sup>1</sup>
P. Andesítico	123	-	-	-	-	-	59-60 <sup>1</sup>
CMET Hw (HT adjacente a la BXBraden)	120-135	1,7	4	3	1	19.8-22.4	62-65
CMET Hw (HT)	132-135	3.7-5.4	3	3	0.36-0.62	21.5-23	55-58
CMET Central y Fw (HP)	121-135	5.8-11	3	2 a 3	0.38-0.8	22.1-23.5	52-57

<sup>1</sup> Valores estimados

**Tabla 5.18. – Caracterización geotécnica según el Q de Barton**

LITOLOGIA	RQD	Jn	Jr	Ja	Q'	Jw	SRF	Q
PDI - central (proyecto PES6)	96-98	0.65	1,88	0,8	347-355	1	155	2.24-2.29
PDI - norte (Sub6)	90-98	0.65	1.52-1.88	0,8	263-355	1	155	1.7-2.29
PDA	92-100	0.5	1.68-2.16	0.75-0.77	400-576	1	220-255	1.57-2.26
BXBraden	100	0.5	1,56	0,95	329	1	335	0.98
BX ANH - central (proyecto PES6)	91-98	0.65	2,5	0,75	468-504	1	270	1.74-1.87
BX ANH - norte y Hw (Sub6)	91-100	0.65	2,5	0,75	468-513	1	270	1.74-1.9
BX Hidrotermal (Clorita y Turmalina)	100	-	-	-	329	-	-	0.98
P. Andesítico	96-98	-	-	-	347-355	-	-	2.24-2.29
CMET Hw (HT adjacente a la BXBraden)	100	0.65	1.21-1.96	0,85	218-355	1	180-240	0.91-1.97
CMET Hw (HT)	88-99	0.85	1.6-1.96	0.85-0.95	148-258	1	180-200	0.82-1.43
CMET Central y Fw (HP)	89-100	1.00	1.59-2.09	0,95	148-220	1	180-220	0.74-1.22

**Tabla 5.19. – Caracterización geotécnica según el RMR de Bieniawski**

LITOLOGIA	UCS (IRS)	RQD	S	JC	WC	RMR(B)
PDI- central (proyecto PES6)	142-144	96-98	517-591	14,26	15	71-72
PDI - norte (Sub6)	142-144	90-98	389-591	13.15-14.26	15	68-72
PDA	110	92-100	425-855	16.14-18.39	15	72-77
BXBraden	85	100	1471	11,47	15	72
BX ANH - central (proyecto PES6)	102	91-98	419-594	16,5	15	70-72
BX ANH - norte y Hw (Sub6)	102	91-100	419-698	16,5	15	70-74
BX Hidrotermal (Clorita y Turmalina)	66-69	-	-	-	-	72
P. Andesítico	123	-	-	-	-	71-72
CMET Hw (HT adjacente a la BXBraden)	120-135	100	1000	13,98	15	74-75
CMET Hw (HT)	132-135	88-99	361-617	12.65-12.98	15	66-74
CMET Central y Fw (HP)	121-135	89-100	380-800	11.28-12.75	15-16	66-72

Otra metodología para la determinación de la calidad del macizo rocoso de las distintas unidades litológicas y de ambientes hidrotermales utiliza la caracterización de detalle de las estructuras a diferentes escalas y las características litológicas.

Los resultados obtenidos del mapeo de estructuras en sondajes se presentan en los gráficos 5.1, 5.2 y 5.3. En ellos se representa la frecuencia acumulada de vetillas a mayor resistencia, es decir, aumenta la frecuencia al incluir vetillas más resistentes o duras. La roca es de menor calidad geotécnica, cuando la curva graficada tiene mayor pendiente y esta se inclina más cerca del eje "Y", es decir, la roca contiene mayor cantidad de estructuras menos resistentes o más blandas.

En los gráficos señalados se indica con un rectángulo amarillo el rango de valores que realmente marcan la diferencia de calidad entre distintas unidades. En este rango son relevantes las vetillas de calcopirita, pues son las vetillas de baja resistencia más abundantes de este yacimiento (tipo 3 en las Tablas 5.20, 5.21 y 5.22).

Los gráficos 5.1 y 5.2 que se presentan a continuación, representan el stockwork a la escala intermedia de las litologías del sector. En ambos gráficos se repiten el pórfido Diorítico y CMET FW, en el gráfico 1 está la información presentada en el anterior informe de avance (GL-250/00) y el gráfico 5.2 representa la información tomada con posterioridad. Los valores parciales de ambos gráficos se presentan en las Tablas 5.20 y 5.21.

De los gráficos 5.1 y 5.2 se puede interpretar que el CMET FW es la roca de menor calidad geotécnica, le siguen el CMET HW-FW, luego el CMET HW y por último los cuerpos intrusivos y brechas. La información que proporciona esta escala de análisis podría estar relacionada al fenómeno de la fragmentación y de la estabilidad de las galerías. Entonces, se puede esperar una fragmentación más gruesa para los cuerpos intrusivos y brechas asociadas y una fragmentación más benigna en el CMET FW. La estabilidad de las labores seguirán este mismo patrón, como ha acontecido con la estabilidad de los pilares en el nivel de hundimiento de la mina Esmeralda durante los años 1999 y 2000 (Seguel et al. 2000).

Gráfico 5.1.-Características del stockwork a escala intermedia.

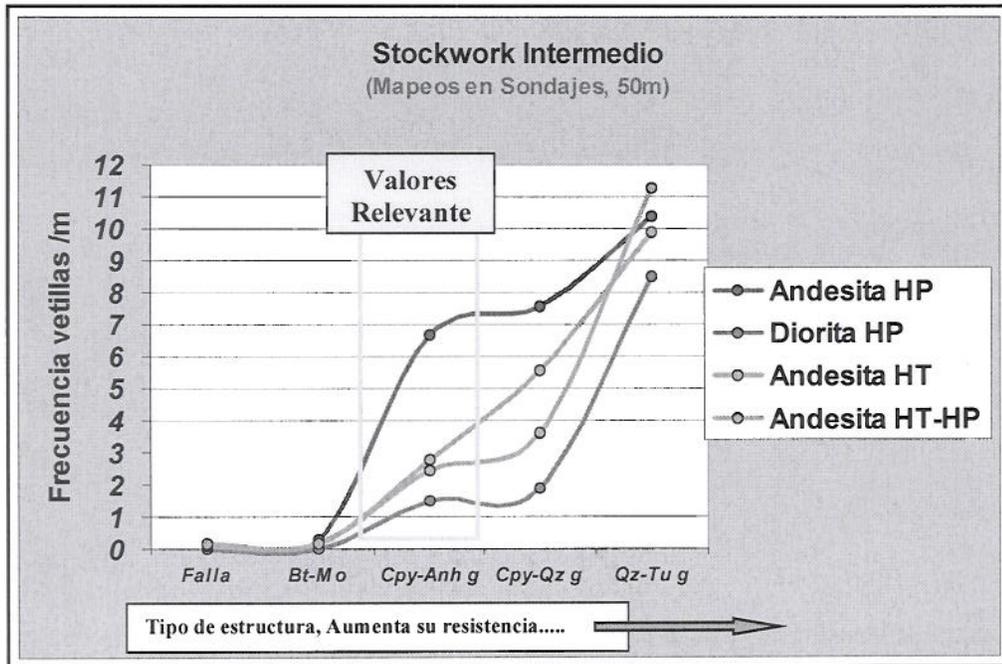
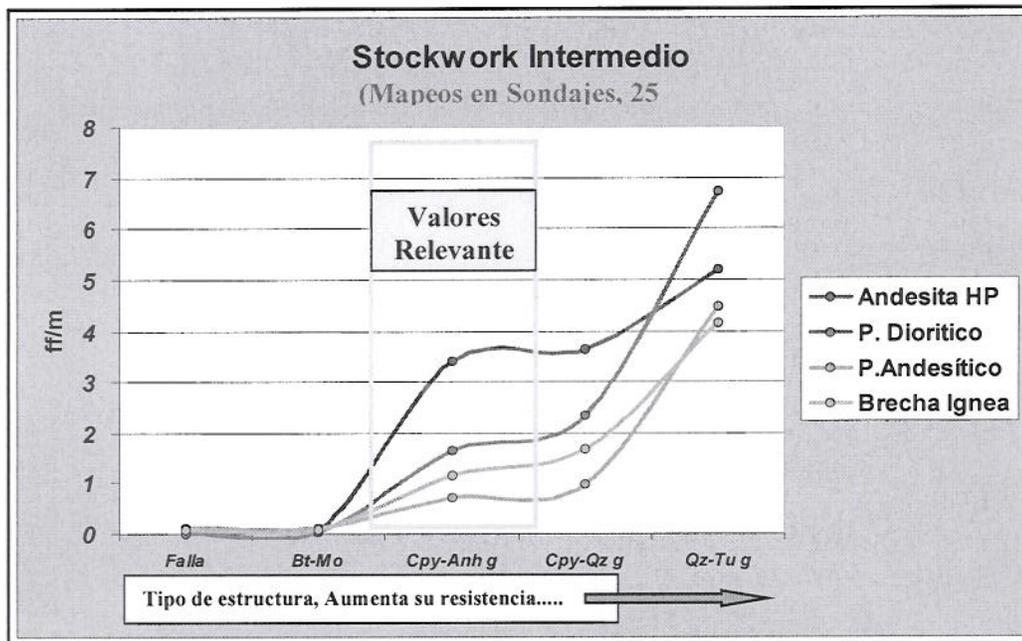
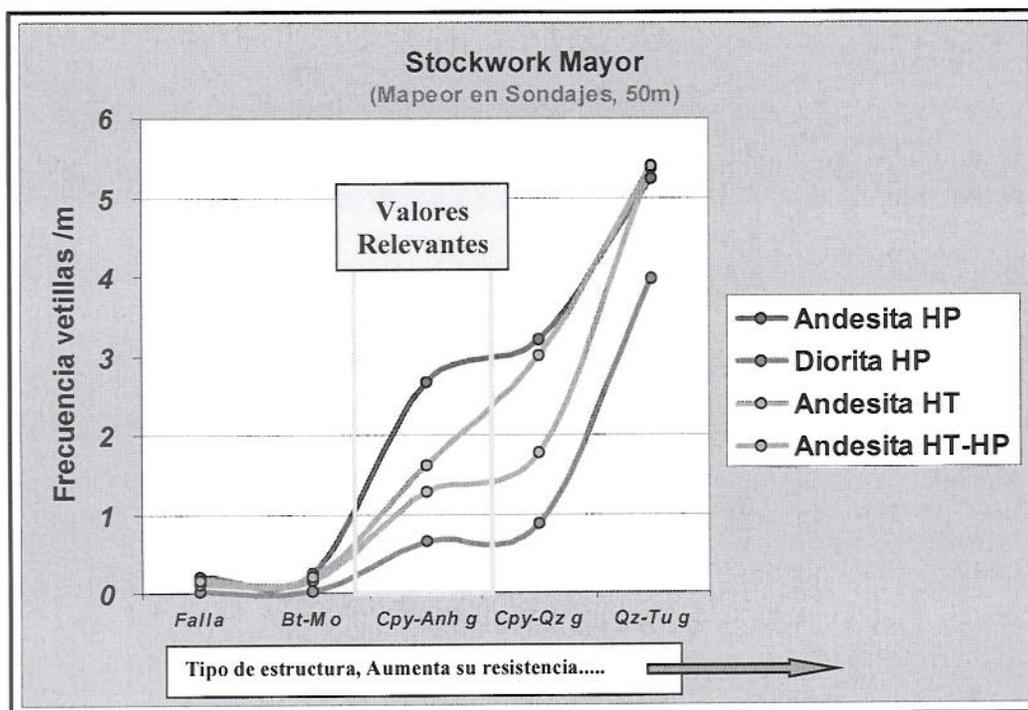


Gráfico 5.2.-Características del stockwork a escala intermedia.



El gráfico 5.3 representa la escala del stockwork mayor para el CMET, en distintos ambientes hidrotermales, y el cuerpo de Pórfido Diorítico. En este gráfico se observa una situación bastante similar a los anteriores respecto de la calidad del macizo rocoso y nos puede dar una idea general del potencial de hundibilidad y/o de inicio de caving de cada unidad en estudio. Los valores parciales de este gráfico se presentan en la Tabla 5.22.

Gráfico 5.3.-Características del stockwork a escala Mayor.



Para usar estos antecedentes, las características de las estructuras a diferentes escalas y las características propias de cada litología, es que se presenta un plano integrado de calidad geotécnica y hundibilidad relativa para el sector (GL1-9226-1). Este plano será de gran ayuda en la toma de algunas decisiones respecto del diseño minero.

Independiente de esta última información, los antecedentes litológicos y estructurales reconocidos en el sector, permiten asegurar una continuidad geológica entre los sectores Esmeralda y Teniente Sub-6. Entonces, para conocer mejor la hundibilidad del área Pilar Sub-6 Esmeralda (o cualquier otro parámetro minero), sólo hay que referirse a las experiencias de estos 2 importantes sectores productivos.

TABLA 5.20 - STOCKWORK A ESCALA INTERMEDIA				
Frecuencia Acumulada				
TIPO ESTRUCTURA	Andesita HP	P.Dioritico	P.Andesítico	Bx.Ignea
La resistencia	En 25.2 m	En 24.4 m	En 23.4 m	En 24.4 m
En orden decreciente	fv/m A	fv/m A	fv/m A	fv/m A
1 Fallas	0.1	0	0.1	0.1
2 CA -CL - BT -MO >70%	0.1	0	0.1	0.1
3 CPY-ANH (>70%) >=2 mm	3.4	1.6	0.7	1.1
5 1/3 = QZ-TU	3.7	2.3	1.0	1.7
6 QZ-TU > 1/3	5.2	6.7	4.5	4.1
Total	5.2	6.7	4.5	4.1

TABLA 5.21 - STOCKWORK A ESCALA INTERMEDIA				
Frecuencia Acumulada				
TIPO ESTRUCTURA	Andesita HP	P.Dioritico	Andesita HT-HP	Andesita HT
La resistencia	En 51.77 m	En 46.88 m	En 48.72 m	En 48.72 m
En orden decreciente	fv/m A	fv/m A	Fv/m A	fv/m A
1 Fallas	0.2	0	0.2	0.1
2 CA -CL - BT -MO >70%	0.3	0	0.2	0.1
3 CPY-ANH (>70%) >=2 mm	6.7	1.5	2.8	2.5
5 1/3 = QZ-TU	7.6	1.9	5.6	3.6
6 QZ-TU > 1/3	10.4	8.5	9.9	11.3
Total	10.4	8.5	9.9	11.3

TABLA 5.22 - STOCKWORK A ESCALA MAYOR				
Frecuencia Acumulada				
TIPO ESTRUCTURA	Andesita HP	P.Dioritico	Andesita HT-HP	Andesita HT
La resistencia	En 51.77 m	En 46.88 m	En 48.72 m	En 48.72 m
En orden decreciente	fv/m A	fv/m A	fv/m A	fv/m A
1 Fallas	0.2	0.0	0.2	0.1
2 CA -CL - BT -MO >70%	0.3	0.0	0.2	0.2
3 CPY-ANH (>70%) >=3 mm	2.7	0.7	1.6	1.3
5 1/3 = QZ-TU	3.2	0.9	3.0	1.8
6 QZ-TU > 1/3	5.2	4.0	5.4	5.4
Total	5.2	4.0	5.4	5.4

### 5.2.3 Fragmentación

Las curvas de predicción de la fragmentación están basadas en la información geológica de las distintas unidades y bajo los siguientes supuestos o criterios (Celhay, 1998):

- Los fragmentos de roca, producto del caving están limitados en su forma y tamaño principalmente por estructuras geológicas. Las estructuras geológicas que intervienen en el proceso de ruptura para generar estos bloques son aquellas que presentan una resistencia menor: fallas y vetillas con relleno blando (principales y tardías).
- Si se establece la distribución en el macizo rocoso de estas estructuras “débiles” es posible determinar la distribución del tamaño teórico de los bloques. Las características de las estructuras que intervienen en el proceso de fragmentación se obtienen a través de líneas de detalle, rescatándose el rumbo, manteo y espaciamiento de los sistemas de estructuras.
- Los espaciamientos de los sistemas de estructuras tienen una distribución de probabilidad según la función exponencial. Se asume que los bloques de roca también siguen una distribución de este tipo.

$e^{-ax}$  donde  $a$  corresponde al espaciamiento medio de las estructuras.

- De esta forma se relaciona directamente el espaciamiento medio de las estructuras geológicas con la distribución que presentan los ejes mayores de las colpas (curva de fragmentación). Para obtener la distribución del volumen de las colpas, debe multiplicarse el tamaño del eje mayor de las colpas por el factor de forma 0,35 (obtenido en Celhay, 1995).

Debe tenerse presente que dadas todas las desviaciones que presenta esta forma de estimar la distribución granulométrica de los bloques de roca, ya sea por los errores en la toma de datos o en las suposiciones que simplifican el problema, estas predicciones presentan una alta varianza.

La Tabla 5.23 presenta el detalle de los valores para colpas mayores a 1 m<sup>3</sup> en la fragmentación primaria y secundaria de las unidades litológicas del proyecto.

En las Figuras 5.1 a 5.4 se presentan las curvas de predicción de fragmentación para las unidades litológicas del proyecto: CMET en ambiente hidrotermal tardío (HT), CMET en ambiente hidrotermal principal (HP), Pórfido Diorítico en ambiente hidrotermal principal y Pórfido Dacítico.

Tabla 5.23 - Fragmentación primaria y secundaria Ten. Sub-6

Unidades	Frecuencia fracturas ff/m <sup>3</sup>	Fragmentación primaria % > 1 m <sup>3</sup>			Fragmentación secundaria % > 1 m <sup>3</sup>		
		Valor Mínimo	Valor medio	Valor Máximo	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo
CMET HW	6 - 9	15	18	25	5	9	15
CMET FW	10 - 13	10	12	20	3	4	12
Pórfido Dacítico	4 - 6	35	42	50	15	22	30
Pórfido Diorítico	4 - 8	30	35	40	10	20	30

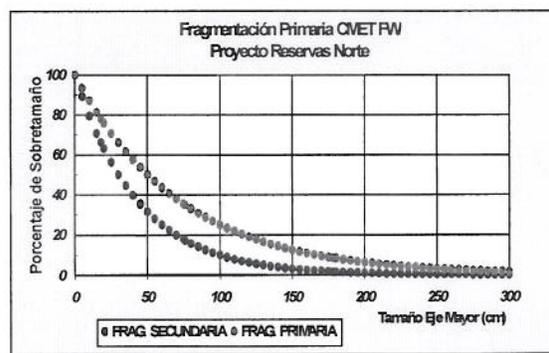
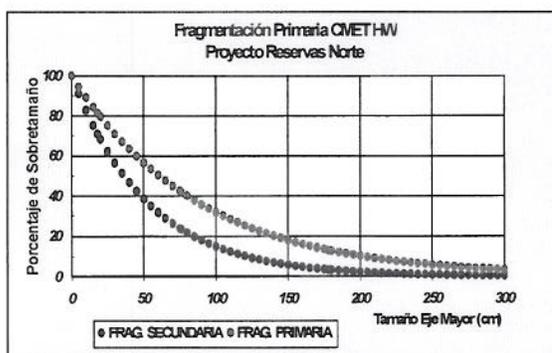


Figura 5.1 - CMET en ambiente HT.

Figura 5.2 - CMET en ambiente HP.

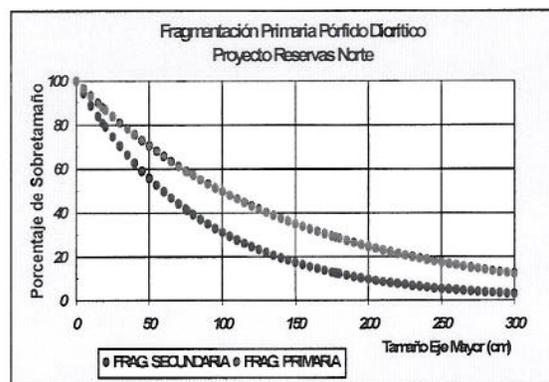
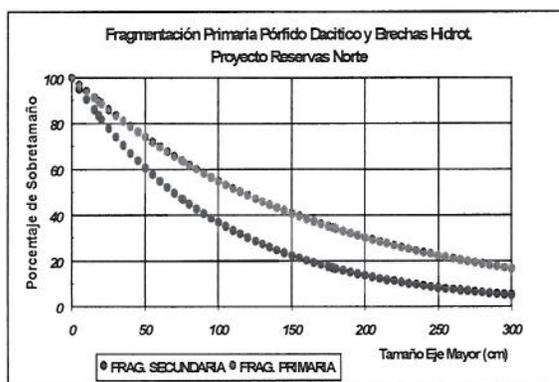


Figura 5.3 - Pórfido Dacítico.

Figura 5.4 - Pórfido Diorítico en ambiente HP.

## 5.2.4 Degradación del macizo rocoso

El área Pilar S6E, al interior del cual subyace el proyecto Pilar Norte, se encuentra limitada hacia el extremo sur por la mina Esmeralda (cota Sub-5) y hacia el norte por la mina Teniente Sub-6. Ambos sectores productivos vienen realizando minería desde varios años atrás, situación que debió haber producido un cambio de las características geotécnicas del macizo rocoso in situ, hacia un macizo más degradado.

Parte de los objetivos de los sondajes geotécnicos diseñados para el sector, consideró estudiar este fenómeno, a través de determinar los ángulos de la pared del caving de los respectivos frentes de hundimiento (ver programas de sondajes en notas internas GL-264/99, GL-217/00 y GL-005/01).

La información recolectada, con solo una parte de los sondajes desarrollados, indica que los frentes de hundimiento del sector Teniente Sub-6 presentan paredes bastante verticales ( $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$ ), en cambio para la mina Esmeralda son más inclinados ( $65^{\circ}$ ). Estos antecedentes pueden parecer contradictorios entre si, tomando en cuenta el mayor tiempo de explotación de la mina Teniente Sub-6.

Sin embargo, en ambos sectores productivos se encontró un sector adyacente a la cavidad de mayor fracturamiento, por donde circulan aguas de infiltraciones superficiales. Este sector, cercano a la cota 2188, tiene un ancho aproximado de 10 a 20 metros (plano adjunto GL1-9305-1). En las galerías de exploración también se delimitó un sector de estructuras abiertas con circulación de aguas, inmediatamente cercano al frente de hundimiento y denominado frente de aguas (GL-188/00). En las galerías este sector tiene un ancho que oscila entre los 30 y 40 metros. Ambas zonas, son las mismas y son el resultado final del deterioro del macizo rocoso, producto de la concentración de altos esfuerzos delante del frente de hundimiento.

## 5.3 Geomecánica

### 5.3.1 Estado Tensional

Las mediciones de esfuerzos pre-minería obtenidas durante el plan de diagnóstico, entregó como resultado que, en promedio, estos son levemente más altos que los encontrados en otros sectores actualmente explotados en mina El Teniente. Sin embargo, dado el error que poseen tanto la técnica de medición Hollow Inclusión, empleada, como la imprecisión natural en la magnitud de las propiedades elásticas de la roca (módulo de Young & Poisson) se puede señalar que el ambiente tensional presente en el sector de las galerías de exploración es razonablemente similar al existente en mina Esmeralda y Sub-6 (PL-I-036/01).

El programa de diagnóstico (PL-I-011/01 y PL-I-036/01) realizado en el sector del pilar consideró 6 sitios de medición de esfuerzos, todos ellos localizados y distribuidos en las galerías de exploración geomecánica calle 3 y calle 6, tal como se ilustra en Figura 5.26. En primera instancia, se puede deducir que algunos de los sitios (1, 3, 2 y 4) podrían estar ubicados dentro de la zona de abutment del sector Sub-6 y que el resto de las mediciones (sitios 5 y 6) serían más característicos de la zona del pilar. Ello queda confirmado al evaluar las razones de esfuerzos que se determinaron desde cada sitio. La Figura 5.5 muestra la orientación de los esfuerzos.

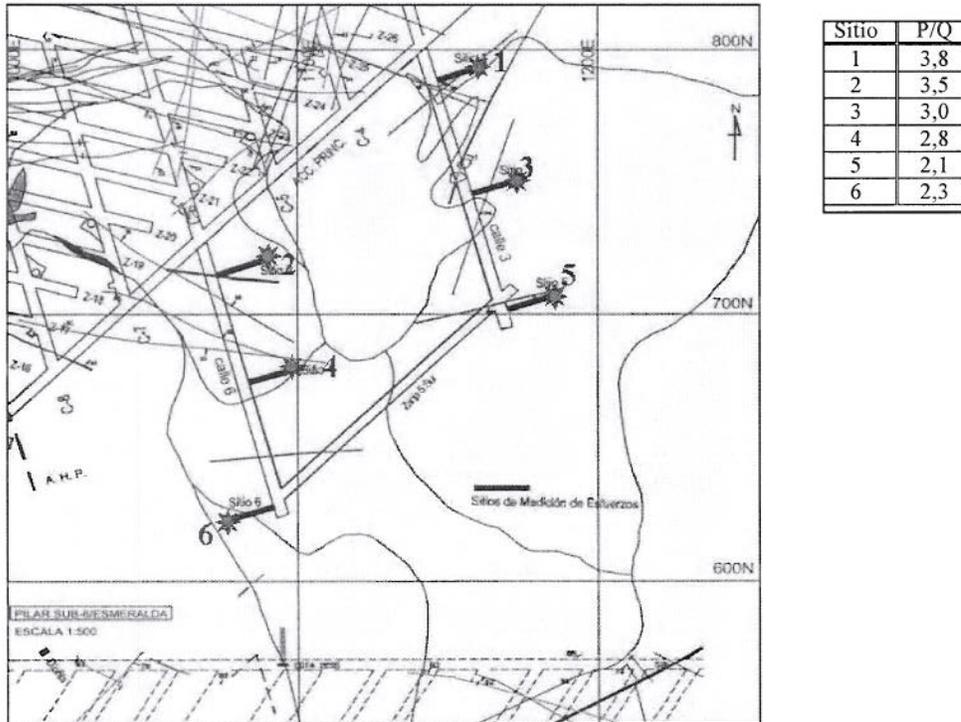


Figura 5.5 Disposición de los sitios de medición de esfuerzos pre-minería, sector Pilar Sub-6 / Esmeralda; tomada de PL-I 036/2001

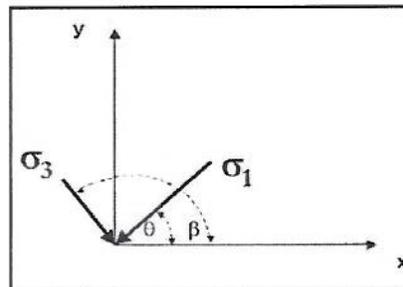


Figura 5.6: Orientación de esfuerzos principales en el plano horizontal (y: Norte, x: Este)

Todo lo anterior, permite hacer una primera estimación del estado tensional predominante, en términos de los esfuerzos en las direcciones vertical y horizontal (PL-I-036/01), el que quedaría definido por:

- Un esfuerzo vertical ( $\sigma_v$ ) con una magnitud en el rango de -40 a -50 MPa.