

PROYECTO AGATAS Y AMATISTAS

EXPLORACION DETALLADA DE YACIMIENTOS DE AMATISTAS
DISTRITO GEMOLOGICO LOS CATALANES - ARTIGAS, URUGUAY



MIEMDINAMIGE
DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA

DIVISION GEOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA ECONOMICA
PROYECTO AGATAS Y AMATISTAS - FASE II

PROYECTO AGATAS Y AMATISTAS

Fase II :

EXPLORACION DETALLADA DE LOS YACIMIENTOS DE AMATISTA EN EL DISTRITO GEMOLOGICO LOS CATALANES

Autor / Coordinador

Javier Techera

Colaboradores en tareas de campo

Humberto Pirelli	[Geólogo]
Viviana Gianotti	[Geólogo]
Jorge Spoturno	[Geólogo]
Richard Arrighetti	[Geólogo]
Carlos Valverde	[Agrimensor]
Nelma Benia	[Agrimensor]
Luis Figueiras	[Chofer – Ayudante]
Leonardo Pifarretti	[Chofer – Ayudante]
Mateo Ramos	[Chofer – Ayudante]

Noviembre 2011

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.-1	Importancia de las Agatas y Amatistas	1
1.-2	Situación Actual	2
1.-3	Instrumentación del Proyecto	4
2	OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	5
2.1	Objetivos	5
2.-2	Metodología	6
3	GEOLOGÍA DEL DISTRITO MINERO	14
3.-1	Síntesis de los Resultados de la Fase I	14
3.-2	Geoquímica del Distrito Gemológico Los Catalanes	20
4	CANTERAS PILOTO	26
4.-1	Ubicación y Contexto Geológico de las Canteras Piloto	26
4.-2	Taras Ejecutadas en las Canteras Piloto	30
5	YACIMIENTO	35
5.-1	Características Generales	35
5.-2	Geometría de los Yacimientos	39
5.-3	Distribución Espacial de la Mineralización	40
6	MINERALIZACION	45
6.-1	Generalidades	45
6.-2	Características del Material Explotado en las Canteras Piloto	47
6.-3	Modelos Genéticos – Nuevas Ideas	53
7	PLANIFICACION	59
7.-1	Generalidades	59
7.-2	Método Extractivo	59
7.-3	Proceso de Extracción	61
7.-4	Metodología-Criterios de Planificación	79
8	CONSIDERACIONES FINALES	86
9	BIBLIOGRAFÍA	90

LISTADO DE CUADROS

Cuadro	Leyenda	Pág.
1.-1.1	Importancia de las ágatas y amatistas en Artigas.	1
1.-2.1	Avances en el conocimiento del Distrito Gemológico los Catalanes.	3
1.-3.1	Instrumentación y fases del Proyecto Agatas y Amatistas.	4
2.-1.1	Canteras subterráneas preseleccionadas para estudio de detalle en la Fase II del Proyecto.	6
2.-2.1	Esquema de estudio y tareas ejecutadas en las canteras piloto.	7
3.-1.1	Estratigrafía propuesta para el Distrito Gemológico.	14
3.-2.1	Cantidad de muestras e interpretación de su ubicación.	21
3.-2.2	Clasificación de magmas basálticos de la Provincia de Paraná. [Peate et a. – 1992].	22
4.-1.1	Detalle de las tareas ejecutadas en las Canteras Piloto.	31
5.-1.1	Resumen de las características de la parte superior e inferior del nivel mineralizado número 3.	36
5.-1.2	Principales características de los niveles mineralizados del Distrito Gemológico Los Catalanes.	38
6.-1.1	Principales criterios para la evaluación geodas con amatista.	46
6.-3.1	Nuevos estudios analíticos en la investigación de la génesis de geodas con amatista.	54
6.-3.2	Sucesión de eventos en la génesis de geodas con amatista.	57
7.-3.1	Relación entre fugas y potencia adicional del compresor.	69
7.-3.2	Descripción de los mapas usados para el análisis espacial.	73
7.-3.3	Cuadro resumen del análisis espacial.	74
7.-3.4	Cálculo de rendimiento global del yacimiento.	76
7.-3.5	Estimación de recurso medido en la mina piloto la Cordillera.	77

LISTADO DE TABLAS

Tabla	Leyenda	Pág.
6.-2.1	Resumen del tamaño de la piezas “arrancadas” en la mina La Cordillera.	48
7.-3.1	Medida de avance en los frentes seleccionados.	75
7.-3.2	Geodas extraídas durante medición de avance.	75
7.-3.3	Rendimiento estimado en zonas de avance.	76
7.-3.4	Productividad en la explotación de la Mina La Cordillera.	85

LISTADO DE FIGURAS

Figura	Leyenda	Pág.
2.-2.1	Metodología para posicionar el centro de la boca de entrada de los túneles con GPS de alta precisión.	8
2.-2.2	Mediada con GPS_diferencial del punto auxiliar y medida con cinta y brújula (y luego estación total) de la distancia-dirección al centro de la boca del túnel.	13
2.-2.3	Metodología y simbología utilizada en el mapeo de túneles de labores mineras subterráneas del Distrito Gemológico.	9
2.-2.4	Diferente tipo de medidas con GPS_diferencial, equipo de iluminación utilizado y relevamiento de frentes de trabajo.	13
2.-2.5	Equipos utilizados para la ejecución del proyecto : Magnetómetro, GPS_diferencial y brújula minera.	13
2.-2.6	Planilla para relevamiento de túneles.	13
2.-2.7	Planilla para relevamiento geológico-minero.	13
2.-2.8	Planilla para relevamiento de la mineralización.	13
3.-1.1	Variaciones de espesores en la pila volcánica dentro del Distrito Minero y alrededores.	15
3.-1.2	Relieve del Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
3.-1.3	Mapa geológico del Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
3.-1.4	Cortes Geológicos esquemáticos en el Distrito Minero.	25
3.-1.5	Perfiles esquemáticos de las coladas mineralizadas.	25
3.-1.6	Litologías observadas en el Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
3.-1.7	Estructuras observadas en el Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
3.-2.1	Clasificación geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
3.-2.2	Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
3.-2.3	Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
3.-2.4	Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
3.-2.5	Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
3.-2.6	Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes.	25
4.-1.1	Localización de canteras piloto.	26
4.-1.2	Perfil característico del tope de la Mina La Cordillera.	28
4.-1.3	Contexto geológico, Mina La Cordillera.	28
4.-1.4	Contexto geológico, Mina Santiño	30
4.-2.1	Mapa de labores subterráneas, Mina La cordillera	34
4.-2.2	Actividad en la Mina La cordillera.	34
4.-2.3	Mapa de curvas de nivel, Mina La cordillera.	34
4.-2.4	Mapa de Iso-Cobertura, Mina La cordillera.	34
4.-2.4	Mapa de labores subterráneas, Mina Santiño – sector W.	34
4.-2.6	Mapa de labores subterráneas, Mina Santiño – sector E.	34
5.-1.1	Variación del espesor máximo de los niveles mineralizados.	35
5.-1.2	Estructuración del nivel mineralizado 3.	44
5.-2.1	Modelos Geométricos de Yacimientos de Amatista	39
5.-2.2	Foto Mostrando Geometría de un Yacimiento de Amatista	44
5.-2.3	Perfil esquemático de un Yacimiento de Amatista.	44
5.-3.1	Perfil esquemático geológico y minero de un yacimiento de amatista.	41
5.-3.2	Distribución de zonas productivas/improductivas en túneles de la Mina Cordillera.	44

LISTADO DE FIGURAS - continuación

Figura	Leyenda	Pág.
5.-3.3	Distribución de zonas productivas/improductivas en túneles de la Mina Santiño.	44
5.3-.4	Distribución “potencial” de la mineralización económica en la Mina La Cordillera.	44
6.-2.1	Planilla de relevamiento de Geodas - Ejemplo.	58
6.-2.2	Cantidad de Kg. de geodas extraídas por frente de trabajo en la mina La Cordillera.	58
6.-2.3	Distribución del peso de geodas extraídas de la mina La Cordillera.	58
6.-2.4	Tamaño de las geodas de la mina La Cordillera, medido en términos de eje mayor de la pieza extraída.	58
6.-2.5	Distribución de la calidad de las geodas en la mina La Cordillera.	50
6.-2.6	Formas más comunes de las geodas de la mina La Cordillera.	51
6.-2.7	Fotografía de geodas de la mina La Cordillera.	
6.-2.8A	Fotografía de geodas de la mina Santiño y nivel mineralizado 3.	58
6.-2.8B	Fotografía de geodas de la mina Santiño y nivel mineralizado 3.	58
6.-2.9	Megageodas en bruto de Mina Santiño y del nivel mineralizado 3.	58
6.-2.10	Megageodas “limpias” de Mina Santiño y del nivel mineralizado 3.	58
7.-3.1	Esquema de secuencia de iniciación-detonación en el desmonte de roca estéril en la minería subterránea en Artigas.	62
7.-3.2	Descripción y características de material explosivo (Uranfo) utilizado en desmonte de roca en la minería subterránea de Artigas.	85
7.-3.3	Descripción y características del cordón detonante utilizado en desmonte de roca en la minería subterránea de Artigas.	85
7.-3.4	Descripción y características de mecha lenta utilizada en desmonte de roca en la minería subterránea de Artigas.	85
7.-3.5	Descripción y características de detonadores utilizado en desmonte de roca en la minería subterránea de Artigas.	85
7.-3.6	Imágenes de preparación de un frente para su desmonte y material explosivo ya preparado para su uso en la minería subterránea de Artigas.	85
7.-3.7	Tipos de martillo neumático y barrenas utilizadas en las minas de Artigas.	85
7.-3.8	Metodología de extracción de geodas - corte con martillo neumático.	85
7.-3.9	Descripción y características de la pólvora utilizada en desmonte de roca en la minería subterránea en Artigas.	85
7.-3-10	Esquema de arranque de roca con pólvora en la minería subterránea en Artigas.	66
7.-3-11	Modalidad de carga-descarga y ubicación de compresores en las minas de Artigas.	85
7.-3-12	Sistema de ventilación utilizado en la minería subterránea en Artigas.	85
7.-3.13	Procesamiento y análisis espacial del yacimiento de la mina piloto La Cordillera.	85
7.-3.14	Representación esquemática de la geometría simplificada de un yacimiento de geodas con amatista.	85
7.-4.1	Procedimientos para estimación de fugas en un sistema de aire comprimido.	85
7.-4.2	Características del afilado de insertos de barrenas integrales.	85
7.-4.3	Afiladoras de insertos de barrenas integrales y plantillas para control de desgaste.	85

1. INTRODUCCION

1.-1 Importancia de las Agatas y Amatistas

Las piedras preciosas uruguayas, en especial la amatista de primera calidad, son conocidas y admiradas en muchas partes del mundo. En este sentido estas piedras han sido exportadas a más de 40 países, siendo los principales mercados: Europa (en especial Alemania), Estados Unidos, Brasil y China, con exportaciones que alcanzaron 8,6 millones de dólares y cerca de 17,5 millones de kg. en el 2010.

La importancia de esta riqueza mineral se manifiesta de dos formas diferentes. Por un lado y como es obvio, es la base de los emprendimientos mineros, que generan en forma directa e indirecta una importante demanda de empleo y servicios. Pero además estrechamente vinculada a la minería, esta riqueza mineral sustenta una importante actividad microempresarial, como son los talleres de transformación-lapidación de piedras preciosas.

IMPORTANCIA DEL RECURSO MINERAL AGATAS-AMATISTAS

Social

- Una de las principales actividades generadoras de empleo de Artigas
 - Directa : actividad extractiva y exploratoria
 - Relacionada : procesamiento de material silicio
 - Indirecta : Servicios

Económica

- La actividad genera importante circulación de dinero
 - Millones de dólares de exportación de material
 - Demanda de grandes cantidades de insumos y servicios

Recurso natural

- Uno de los más importantes distritos mineros de amatistas del mundo
 - Unico a nivel mundial por la extracción de megageodas
 - Enorme potencial para el descubrimiento de nuevas áreas

Historia extractiva

- Más de 1 siglo de conocimiento y explotación de esta riqueza
- El principal distrito minero del Uruguay

Cuadro 1.-1.1 : Importancia de las ágatas y amatistas en Artigas.

1.-2 Situación Actual

A pesar de la importancia socio-económica de este bien mineral y de la larga historia extractiva, son muy escasos los datos de base e información general, así como prácticamente nulo los conocimientos geocientíficos básicos y aplicados de este “patrimonio” mineral único en el mundo.

Esta falta de información básica y aplicada y la ausencia casi total de estudios geocientíficos, repercute negativamente en este subsector minero de diversas maneras :

- ✓ Carencia de criterios y elementos de control geológicos válidos para la exploración y explotación del recurso.
- ✓ Desconocimiento de parámetros básicos de los yacimientos, que impide la cuantificación real y potencial de los depósitos.
- ✓ Desconocimiento de la geometría del depósito y distribución de la mineralización lo que dificulta una correcta planificación y se traduce en una extracción poco racional de los yacimientos y despilfarro de material.
- ✓ Falta de datos de base, lo que impide una adecuada planificación, gestión y control de la actividad minera.

Es a mediados del 2006, cuando se comienzan a ejecutar los primeros estudios del presente Proyecto, que se empieza a revertir esta falta de información geocientífica – aplicada.


AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DEL DISTRITO GEMOLOGICO LOS CATALANES	
Situación antes del 2006 (pre Proyecto Agatas-Amatistas)	Situación después del 2006 (Proyecto Agatas-Amatistas)
1. Geología Del Distrito	
No existen cartas geológicas del distrito, no hay casi conocimiento de la estratigrafía y de las estructura intraderrame.	Primer mapa geológico del distrito minero, con delimitación espacial de derrames, estructura interna y ubicación temporal-espacial de cada colada, estudios-caracterización petro-geoquímica. (Fase I)
2. Labores Mineras	
No existen cartas con ubicación de labores mineras del distrito, ni documentos con información básica de formas, métodos y características de la extracción.	Primera carta de labores mineras del DGLC, con ubicación precisa de cada frente y descripción y clasificación de tipos de métodos de extracción y material explotado. (Fase I)
3. Yacimiento – Mineralización	
Información casi nula.	<ul style="list-style-type: none"> • Primeros modelos descriptivos sobre geometría de la roca hospedera y la distribución de las zonas productivas. • Mapas de labores, subterráneas, distribución de mineralización, zonas potenciales, etc. • Caracterización cuali/cuantitativa de la mineralización. Forma, tamaño, calidad, paragénesis minerales, tenor/tonelaje, etc. • Metodología de estudio. • Trabajo conjunto con mineros para aplicación de criterios técnicos en la exploración / extracción. (Fase II y IV)
4. Planificación	
En general sin criterios técnicos – geológicos. Sin discusión minero-técnico.	<ul style="list-style-type: none"> • Discusión con mineros de metodología – sistemática de extracción. • Discusión con mineros de costos relacionados con tareas de extracción. • "Testeo" de productos generados por el proyecto en la extracción / planificación de la mina. (Fase II y IV – en desarrollo)
5. Exploración geofísica (Georadar)	
Prácticamente nulo.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de técnica indirectas para la exploración detallada y direccionamiento de la extracción. • Entrenamiento a técnicos. • Creación de metodología. (Fase III – en etapa de ejecución)
6. Divulgación y enseñanza	
Pocos datos, cualitativos y dispersos.	<ul style="list-style-type: none"> • Amplia recopilación de datos geológicos, mineralógicos, económicos, etc. • Contactos e intercambio de información, datos y experiencia con investigadores Brasileños (CPRM, DNPM, UFRGS). • Difusión / enseñanza a través de exposiciones y publicaciones.

Cuadro 1.-2.1 : Avances en el conocimiento del Distrito Gemológico los Catalanes.

1.3 Instrumentación del Proyecto

Una vez terminada la Fase I del Proyecto Agatas y Amatistas, se comenzaron las tareas para los estudios de detalle de los yacimientos del distrito minero.

La Fase II, Exploración detallada de los yacimientos de amatista, se comenzó a ejecutar en el 2009, con el posterior desarrollo de las tareas de seguimiento y levantamiento de información. La Fase III, evaluación y aplicación del método geofísico “georadar” en yacimientos de amatistas, se comenzó a ejecutar a principios del 2010, en paralelo con la Fase II y utilizando los conocimientos generados en esta Fase.

PROYECTO AGATAS Y AMATISTAS				
FASE	ACTIVIDAD	PRODUCTOS	ESTADO	GASTOS / DETALLE
I	Cartografía geológica Relevamiento minero Geoquímica / petrografía Mineralogía	Carta geológica Carta minera Carta exploratoria	EJECUTADA TOTALMENTE Informe final, setiembre 2007	
II	Cartografía / relevamiento de canteras piloto. Análisis estructurales Estudios de la mineralización Geoquímica / petrografía	Modelo Geológico-Metodología <small>(Geometría, distribución de la mineralización, guías-controles geológicos, estimación de reservas, metodología de evaluación, etc.)</small>	EJECUTADA TOTALMENTE Informe final, noviembre 2011	
III	Exploración Geofísica Georadar Magnetometría Entrenamiento	Perfiles geofísicos (radargrama) Creación de metodología Formación de personal	Comienzo mayo 2010 A. Entrenamiento B. Ajuste de metodología C. Exploración geofísica	
IV	Verificación de productos - Modelo geológico-exploratorio - Metodológica de estudio-evaluación - Exploración con georadar	Seguimiento de extracción - Canteras "piloto" - Trabajo en conjunto Minero-Técnico	A desarrollarse a partir de los primeros resultados de las Fases II y III (aproximadamente 2º semestre 2010)	
CARTOGRAFIA GEOLOGICA-EXPLORATORIA DE NUEVAS AREAS		Aplicación de metodología y experiencia en la búsqueda y delimitación de zonas favorables, para la exploración detallada / explotación fuera del Distrito Los Catalanes		

Cuadro 1.-3.1 : Instrumentación y fases del Proyecto Agatas y Amatistas.

2. OBJETIVOS y METODOLOGIA

2.-1 Objetivos

En esta fase del proyecto se comenzó con los estudios de mayor detalle en el distrito minero, a escala de yacimiento. Para ello se identificaron previamente, durante la ejecución de la Fase I, cuales serán los aspectos sustantivos a estudiar y conocer en este tipo de yacimiento, y que se resumen a continuación :

- Definir lo más precisamente posible los parámetros básicos de los yacimientos de piedras preciosas :
 - ✓ Geometría del cuerpo mineralizado
 - ✓ Distribución de la mineralización dentro del yacimiento
 - ✓ Características de la mineralización (cantidad y calidad)
- Encontrar elementos geológico-estructurales que permitan prever, con el mayor grado posible de certeza, la existencia de zonas mineralizadas (guías y controles exploratorio-extractivos).
- Obtener un conocimiento previo del yacimiento que permita seleccionar los mejores sitios para los estudios geofísicos con Georadar, y a la vez alcanzar un mayor grado de certeza cuando se procesen e interpreten los datos geofísicos (Fase III, del presente Proyecto).

Para la ejecución del estudio se preseleccionaron 5 labores mineras, todas ellas con explotación subterránea. En esta primera etapa se optó por comenzar los trabajos en solo 2 de ellas, las cuales presentan mayor continuidad de la actividad extractiva, lo que permite tener un flujo de información constante en el tiempo (ver Cuadro 2.-1.1).

El trabajo consiste básicamente en un relevamiento geológico detallado, en 3 dimensiones, de los cuerpos mineralizados y un seguimiento en el tiempo de las características de la mineralización extraída y de la roca portadora, en labores subterráneas preseleccionadas en la Fase I del presente Proyecto.

TITULAR / EMPRESA	MINA *	NIVEL MINERALIZADO	PRIORIDAD
Montevital S.A.	Cordillera	4	1
Valle del Puma S.A.	Santiño	3	1
Homero Oliveira	Tотора	3	2
Lomybor S.A.	Mojarra	2	2
Azur S.A.	Catalán	3	3

* Nombre informal dado en este trabajo

Cuadro 2.-1.1 : Canteras subterráneas preseleccionadas para estudio de detalle en la Fase II del Proyecto.

2.-2 Metodología

Es importante destacar que no existen antecedentes de este tipo de estudios en Uruguay. En Brasil existen yacimientos similares (especialmente en Ametista do Sul) los cuales presentan mayor cantidad de estudios, pero en la gran mayoría de los casos son de tipo de investigación básica.

En otras palabras, los estudios aplicados, ejecutados en esta fase del proyecto, son inéditos. Por lo que también forma parte de este trabajo el crear, desarrollar y evaluar una posible metodología de estudio de este tipo de yacimientos "Geodas rellenas de amatista en derrames sub-aéreos basálticos-andesíticos".

En forma esquemática podemos diferenciar dos sectores en las canteras de amatistas con extracción subterránea :

- Sector de túneles donde la información en gran parte se "perdió" al producirse la extracción. Es decir no se conoce la ubicación espacial de las zonas mineralizadas y las características de la misma.
- Sector de frentes de trabajo activos, donde es posible recabar la información completa: zonas mineralizadas, zonas estériles, características de las geodas, etc.

Por otra parte en función del modelo geométrico teórico de estos yacimientos se pueden distinguir dos zonas :

- Zonas con geodas con valor "económico" conocida por los mineros como manchas, con roca caja basáltica.
- Zonas estériles, sin mineralización o de bajo valor, donde la roca caja puede ser el basalto o la brecha del techo, conocida por los mineros como "fallas".

En función de lo anterior y a los efectos de posicionar espacialmente la información geológica, se ejecutarán en forma simultánea un mapeo de las labores subterráneas y una cartografía geológica de los túneles y de las zonas activas. Ver cuadro 2.-2.1

1. MAPEO DE GALERIAS			
a.	▪ Posicionamiento con GPS_diferencial de los puntos centrales de las bocas de los túneles a mapear (línea de base)		
b.	▪ Relevamiento con cinta y brújula minera de longitud y dirección de los túneles		
	▪ Relevamiento con estación total de longitud y dirección de los túneles (segunda etapa)		
c.	▪ Medidas periódicas de altura y ancho de túneles		
2. CARTOGRAFIA GEOLOGICA DEL YACIMIENTO			
a.	MAPEO DE PAREDES DE TÚNELES	▪ Delimitación, extensión y descripción de materiales con diferentes características lito-estructurales. Mapeo de zonas de manchas y fallas a partir de información del minero	
b.	MAPEO DE FRENTES DE TRABAJO	b ₁ Zonas improductivas ("falla")	▪ Delimitación, extensión, geometría
			▪ Características de roca caja : Petrografía Textura Alteración Geoquímica
			▪ Características estructurales
			▪ Características de la mineralización (si existe)
		b ₂ Zonas productivas ("manchas")	▪ Delimitación, extensión, geometría
			▪ Características de roca caja : Petrografía Textura Alteración Geoquímica
			▪ Características estructurales
			▪ Estructuras relacionadas a la mineralización (filones, venas, brechas hidráulicas, zonas hidrotermalizadas, zonas con cristalización, etc.)
			▪ Mineralización Posición y orientación de geodas en el frente Forma y tamaño de geoda Calidad de la mineralización (color /tamaño de cristal/ casco/ otros minerales / etc.)

Cuadro 2.-2.1 : Esquema de estudio y tareas ejecutadas en las labores subterráneas seleccionadas de la Fase II.

EJECUCION PRACTICA DEL TRABAJO

- Reconocimiento general y discusión con el equipo de trabajo en las labores subterráneas, observando número de bocas, zonas a mapear (toda o parte de la cantera), dirección y extensión general de túneles, bifurcaciones, geología de paredes, etc.
- Numeración de cada boca de entrada de túneles (código B1...Bn) con pintura en spray al costado de la entrada y una marca (cruz) sobre el piso en el centro de la entrada.
- Posicionamiento con GPS_diferencial del centro de entrada de cada galería (marcado previamente con una cruz). Para evitar el efecto de "apantallamiento" de la señal GPS por parte del frente de la labor minera (lo que produciría pérdidas de señal y/o medidas poco precisas y confiables) se optó en la práctica por medir un Punto Auxiliar alejado de la pared del frente. Luego desde el punto auxiliar se midió con cinta y brújula y posteriormente con estación total, la distancia y dirección al centro de la boca de la galería. Ver Figura 2.-2.1 y 2.-2.2 – Fotos A, B y C / Anexo.

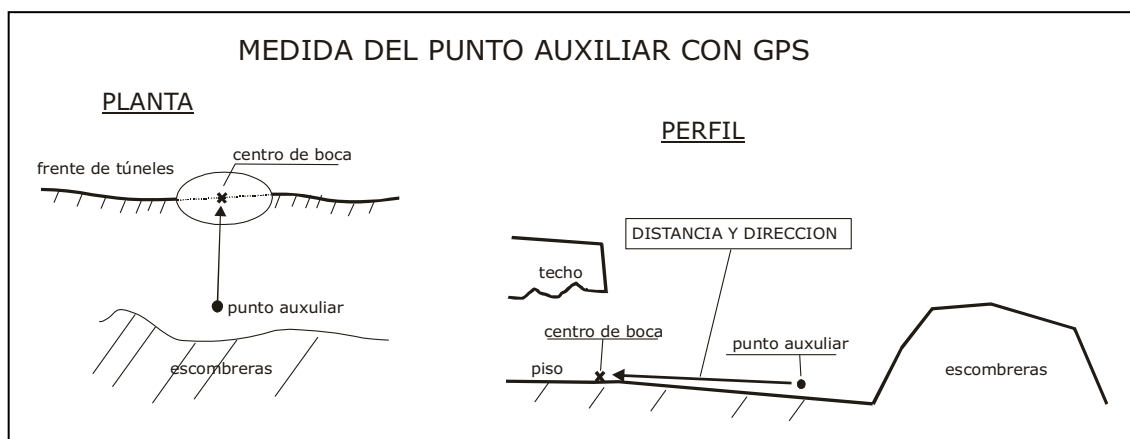


Figura 2.-2.1 : Metodología para posicionar el centro de la boca de entrada de los túneles con GPS de alta precisión.

- La siguiente etapa fue comenzar a mapear las galerías conjuntamente con la cartografía geológica de las mismas :
 - ✓ Una vez posicionado precisamente el punto central de la boca de entrada de los túneles, se comienza a medir la dirección y extensión de cada tramo. Cada tramo queda definido por la unión de 2 de los 3 tipos de

puntos “especiales” : i. Centro de boca de galería, ii. Bifurcación de los túneles y iii. Cambio de rumbo de los túneles. Para prevenir errores, en especial en aquellas labores con múltiples bifurcaciones de los túneles, se tomó como criterio al encontrar una bifurcación relevar primero la de la izquierda e ir marcando con spray los puntos especiales en las paredes de los túneles. Ver Figura 2.-2.3 y 2.-2.4 / Anexo-Foto C.

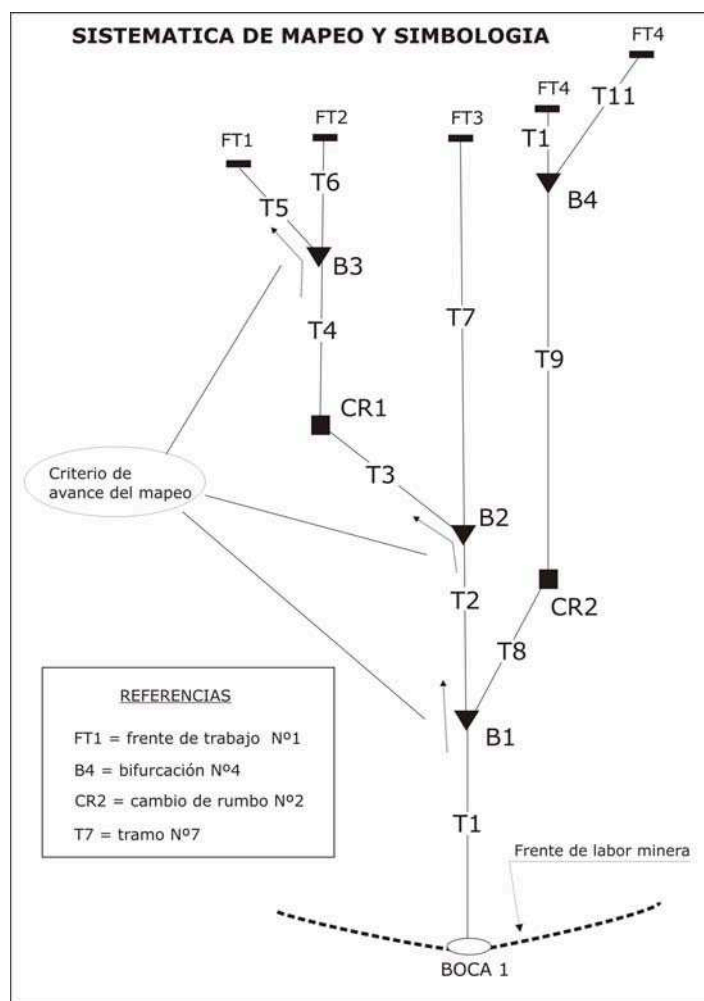


Figura 2.-2.3 : Metodología y simbología utilizada en el mapeo de túneles de labores mineras subterráneas del Distrito Gemológico.

✓ Para medir la longitud y dirección de cada tramo se utilizó en una primera instancia, cinta métrica y brújula minera. En una segunda etapa del trabajo, para mejorar la precisión y evitar posibles efectos de interferencia magnética sobre la brújula por parte del basalto, se optó por

utilizar un equipo de Estación Total. Ver Figuras 2.-2.2 / foto D y Figura 2.-2.5 / foto E - Anexo

- Para ir recogiendo los datos se confeccionaron diferentes tipos de planilla
 - ✓ Relevamiento de túneles. Planilla en donde en cada fila se pondrá el número de tramo, el punto especial inicial, el punto especial final, la longitud y dirección del tramo considerado y el ancho y alto del túnel.

Ver Figura 2.-2.6 / Anexo

- ✓ Cartografía geológica de paredes Paralelamente al mapeo de galerías, se irá haciendo un relevamiento detallado de las paredes de los túneles. Se utilizará como referencia espacial los puntos especiales definidos en el mapeo de galerías. Para mejorar las observaciones se utilizó un equipo portátil de iluminación y generador para aquellas labores/sectores sin energía eléctrica. Ver Figura 2.-2.4 - Foto C / Anexo.

- ✓ Relevamiento de frentes activos Al final de cada túnel, una pared perpendicular marca la presencia del frente de trabajo, que puede estar activo o inactivo. En esta zona, existe potencialmente información única y de gran valor por lo que será relevada en detalle. Los trabajos a futuro, realizados a través de giras periódicas, serán principalmente relevamiento detallado de estos frentes activos a medida que avanza la extracción. Para esta zona además de la información lito-estructural de la roca caja, se levantará información detallada de la mineralización que se vaya encontrando en la medida que avanza el frente. Para esta tarea se confeccionaron 2 planillas. Una para el relevamiento de zonas de falla y manchas, a realizarse durante las visitas periódicas del equipo de trabajo y otra planilla para el relevamiento de la mineralización, para ser rellenada por los mineros, durante los intervalos entre giras. Además se irá marcando con spray las zonas de manchas y fallas para ser posicionadas en el mapa de la labor minera actualizado en forma periódica. Ver Figuras 2.-2.4 - Fotos D y Figuras 2.2-.7 y 8 / Anexo.

- Procesamiento de datos.

- ✓ Todos los datos crudos levantados con el receptor gps Leica SR510 serán procesados con el software SKIPro 2.1 para la obtención de una planilla de coordenadas X , Y y Z (altura elipsoidal) de los puntos

auxiliares, de control y cinemáticos. Posteriormente con la planilla de coordenadas planas se creará una capa de puntos auxiliares en el ArcGis que servirá como línea de base. A partir de dicha línea de base se comenzará a digitalizar los diferentes tramos de los túneles utilizando los valores de dirección y distancia y aplicando la herramienta de ArcGis conocida como COGO. El resultado final es un mapa detallado de la mina, con todos los elementos (bocas, cambio de rumbos, bifurcaciones, tramos de túneles y frentes de trabajo).

✓ En una segunda etapa, para mejorar la precisión de los tramos de túneles principales, se utilizó la información X e Y levantada con GPS y Estación Total. En este caso a partir del par de coordenadas de cada punto especial se realizó una capa de puntos (shapefile) y luego se digitalizó para obtener la traza de los túneles.

✓ Los datos de magnetometría y alturas (elipsoidales) fueron procesados con el software Surfer para la obtención de un mapa de isolíneas del campo magnético total y altura relativa.

✓ Los datos geológicos (litológicos, estructurales, petrográficos, geoquímicos y de la mineralización), previamente procesados y evaluados, serán posicionados en el mapa de la mina para su análisis espacial.

Tareas Adicionales

1. Relevamiento con GPS

Fue utilizado para posicionamiento de puntos en el campo, un equipo GPS de alta precisión marca Leica modelo SR510. Dentro de las tareas se destacan : a) Posicionamiento por el método estático-rápido de puntos auxiliares, puntos de control y puntos especiales. b) Posicionamiento de puntos, por el método cinemático / para y seguir, para la ejecución de una malla de magnetometría y para la realización de curvas de nivel del yacimiento. Figuras 2.-2.4 – Fotos A y B y 2.-2-5 - Fotos C y D / Anexo

2. Magnetometría

Dentro de las diversas tareas de investigación se ejecutó una malla de magnetometría de prueba, para ver si existía algún tipo de correlación entre los valores magnéticos obtenidos y la mineralización en el basalto portador subyacente.

Para la ejecución del estudio geofísico se utilizó un magnetómetro marca Geometrics, modelo G-826. El instrumento es del tipo “protón presesión” con un fluido de kerosene. Mide la intensidad total del campo magnético de la tierra, con una sensibilidad de 1 gama y rango que va desde 20.000 hasta 90.000 gamas. Figura 2.-2.5 - Fotos A y B / Anexo.

ANEXO 2 – Objetivos y Metodología

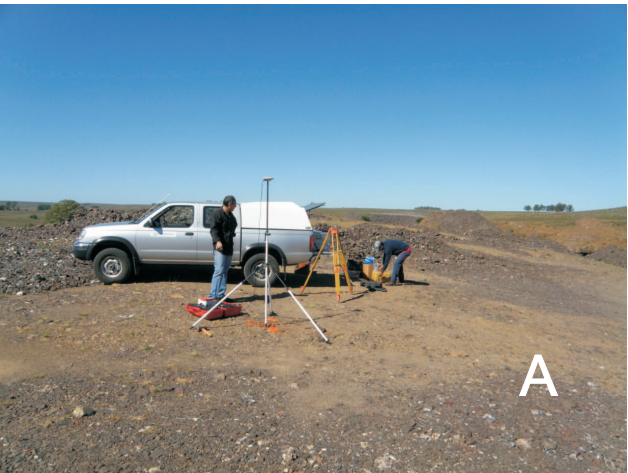


Figura 2.-2.2 : Relevamiento de bocas y túneles en Mina La cordillera.
 Foto A medición en conjunta con GPS y Estación Total.
 Foto B medida de dirección-distancia desde punto auxiliar, posicionado con GPS, a boca de túnel con brújula minera y cinta . Foto C posicionamiento de centro de boca de túnel con Estación Total a partir de puntos medidos con GPS.
 Foto D medidas con Estación Total en el interior de la mina.

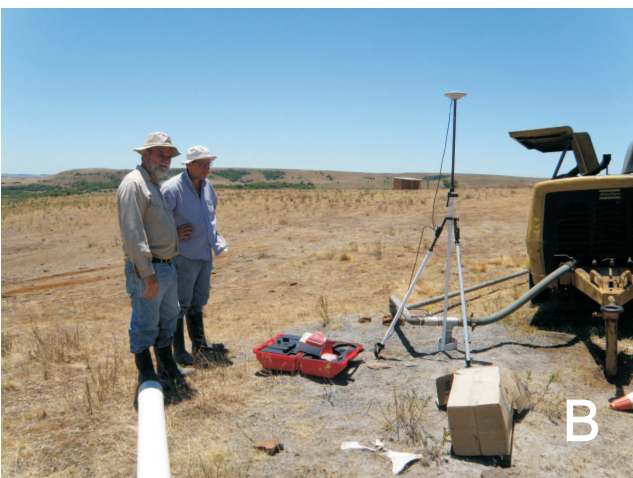


Figura 2.-2.4 : Diferentes tareas efectuadas en la Mina La Cordillera. Foto A medidas con GPS en puntos de control para georeferenciamiento de los documentos gráficos. Foto B posicionamiento con GPS de parte superior de pozos (para aire comprimido) utilizado para el control del mapeo subterráneo. Foto C parte del equipo de iluminación para el relevamiento geológico-minero, ubicado en una zona de bifurcación de túneles. Foto D Relevamiento sistemático de frentes de trabajo (en este caso una zona de "mancha").

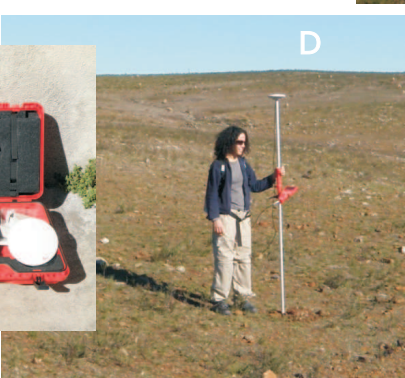
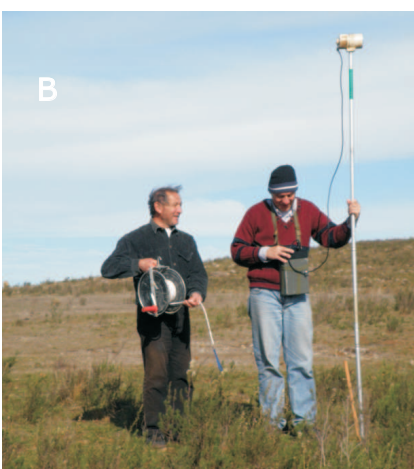


Figura 2.-2.5 : Equipos/métodos utilizados para la ejecución del relevamiento.
 Foto A: Magnetómetro portátil marca Geometrics. Foto B : ejecución de la malla geofísica.
 Foto C : Equipo GPS de alta precisión Leica/SR510. Foto D : Posicionamiento de puntos con
 GPS por el método cinemático para la realización de la malla geofísica y topografía.
 Foto E : Brújula minera colgante y eclímetro para el relevamiento de túneles.

PLANILLA 1		PROYECTO AGATAS-AMATISTAS, FASE II : FICHA DE MAPEO DE GALERÍAS					
ASUNTO		MINA		BOCA			FECHA
TRAMO n°	INICIO	FINAL	RUMBO (N °)	LONGITUD (m)	ALTO PROMEDIO (m)	ANCHO PROMEDIO (m)	OBSERVACION
T1	Bo-1	B-1	170	23	4	4,3	
T2	B-1	CR-1	190	15	4,2	5	

Bo= boca / T= tramo / B= bifurcación / CR= cambio de rumbo

Figura 2.-2.6 : Planilla de relevamiento de túneles en labores subterráneas de amatistas.

PLANILLA 2		PLANILLA DE RELEVAMIENTO GEOLÓGICO : GALERIAS	
CANTERA :		BOCA :	FECHA :
		AUTOR :	
TRAMO Nº	PROGRESIVA CADA X m	DESCRIPCIÓN (Petrografía, textura, estructuras, mineralización, muestras)	

Figura 2.-2.7 : Planilla para relevamiento geológico de túneles en labores subterráneas de amatistas.

Figura 2.-2.8 : Ficha de relevamiento de zonas mineralizadas en labores subterráneas de amatistas.

Ficha 4

FICHA DE RELEVAMIENTO DE ZONA MINERALIZADA

Geoda N°	Largo (m)	Ancho (m)	Peso (kg)	Ubicación ¹	Disposición ²	Color ³

¹Ubicación de la geoda en el frente de trabajo : Tope (T) , Medio (M) o Base (B)
²Disposición del eje mayor de geoda: Vertical (V), Horizontal(H), Inclínada (I)
³Color de la amatista : Extra (E), Primera (1), Segunda (2), Tercera (3), Cuarta (4), Incoloro(I)

Nombre del minero :

FRENTE No :



3.- GEOLOGIA DEL DISTRITO GEMOLOGICO LOS CATALANES

3.-1 Síntesis Del Resultados De La Fase I

En el área ocupada por el distrito minero fueron individualizados durante la Fase I del presente Proyecto, 6 derrames volcánicos, de composición principalmente basáltica-andesítica y con disposición groseramente horizontal. Entre los diferentes pulsos magmáticos es muy común la presencia de pequeños cuerpos, en general lenticulares de arena eólica.

La relación espacial propuesta para este grupo de derrames y dentro de la región minera, se muestra en forma esquemática en el cuadro siguiente :

CUADRO 1 : ESTARTIGRAFIA RELATIVA DEL DISTRITO GEMOLÓGICO LOS CATALANES							
COLADA	COTA	NIVEL GEODICO		PERFIL SUPERIOR	ARENISCA INTERDERRAME	ZONA MEDIA E INFERIOR	ZONAS DE AFLORAMIENTO Y MORFOLOGÍA
			CARACTERISTICAS				
6	≥300/280	No		• Solo nivel masivo basal (erosión)	?	?	Cuchilla Belén (SW del Area) / Cordilleras y "cascos" en cumbres de cerros.
5	≤300/280	No		•Vesicular/brechoide poco desarrollado	•Niveles de arenisca puntuales	Masivo con buen desarrollo de nivel columnar inferior.	Cno. La Bolsa-Menezes, Cuchilla Belén, (sur del área) / Planos altos y "cascos" en cerros
4	≤240	Si	•Espesor ~2 m •Basalto masivo, gris •Geodas cilíndricas, verticales de 50 a 500 kg	•Nivel vesicular /brechoide bien desarrollado	•No fue observado (granos de arena en la matriz de la brecha)	Masivo con nivel prismático corto aplanado en la base	Zona La Cordillera y sur del área / extensos planos altos
3	≤200	Si	•Espesor de 1 a 8 m •Textura masiva a vesicular •Estructuración en 2 zonas •Hidrobrecas, fracturas mineralizadas y zonas de alteración hidrotermal •Geodas horizontales de hasta 15.000 kg	•Nivel vesicular /brechoide con desarrollo variable. Fuerte variaciones laterales	•Niveles, bloques y filones de arenisca, + arena en la matriz de la brecha	Masivo, con frecuente vesículas dispersas. Nivel basal prismáticos achatado y lajoso	Cursos de Catalán Grande, Chico, Seco, / Valles y planos bajos de la cuenca inferior del Catalán Gde.
2	≤170	Si	•Espesor de 1-6 m •Textura vesicular •Geodas-vesículas orientadas horizontalmente •Estructuración en 2 zonas •Geodas horizontales de hasta 100 kg	•Vesicular/brechoide poco desarrollado o ausente	•Niveles de arenisca frecuentes	Masivo	Cursos de Catalán Chico, Seco, J. Fernández, Z. Talas / Valles de cursos de agua al N del Distrito
1	220-270	No		•Macro-brecha superior ?	•Niveles de arenisca frecuente y arena en la matriz de la brecha	?	Zona S-SE y E del DGLC / Planos con superficie rugosa

Cuadro 3.-1.1 : Cuadro estratigráfico propuesto para el Distrito Gemológico Los Catalanés.

En base a las observaciones geológicas y la descripción de 7 perforaciones dentro y en los alrededores del área cartografiada se puede establecer que la pila volcánica en el distrito parece ser relativamente poco potente, con espesores que en general no superarían los 150 m, con disminución del mismo desde el W al E y un aumento aparente del espesor y número de coladas hacia el N-NW. Los niveles de arenisca interderrame presentarían espesores máximos de 4 m.

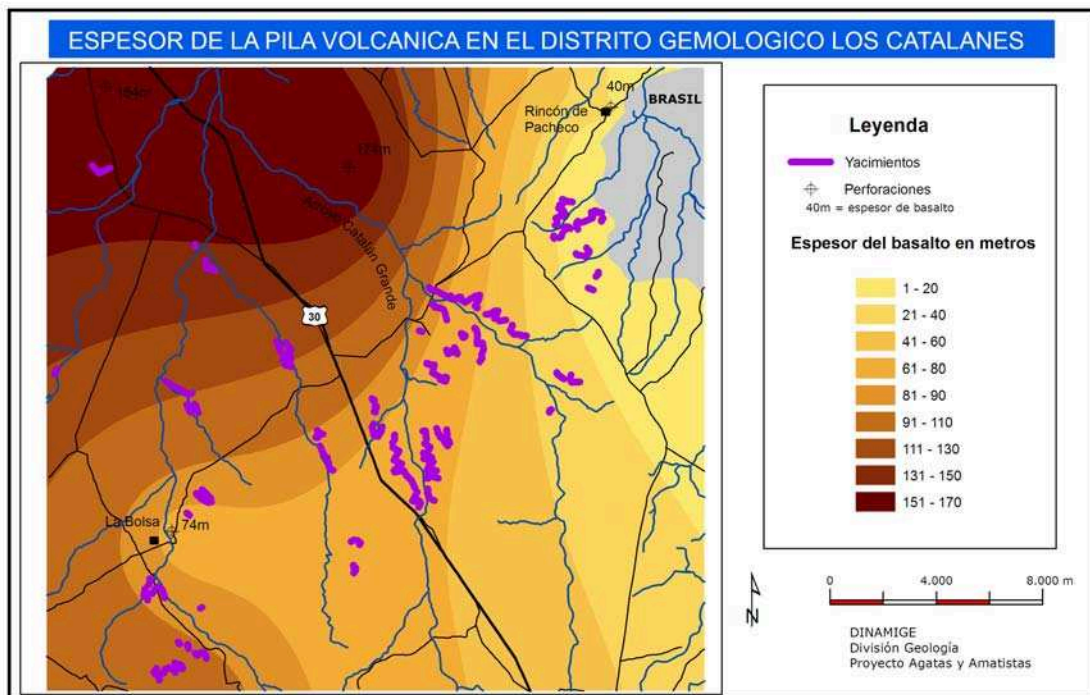


Figura 3.-1.1 : Variaciones del espesores de la pila volcánica dentro del Distrito Minero y alrededores.

El relieve del distrito es bastante abrupto, en comparación con las zonas vecinas. Esta conformado por planos suavemente inclinados, cordilleras, cerros aislados y valles encajonados, posiblemente producto de la erosión diferencial. Esta morfología esta controlada en parte por la geología: disposición en "capas" sub-horizontales de los derrames, la estructura interna de las distintas coladas, con niveles con diferente respuesta a la alteración-erosión y posiblemente los fenómenos de intensa silicificación asociados a la mineralización que le confieren una resistencia diferencial a los sectores afectados por el fenómeno. Ver Figura 3-1.2 / Anexo.

Como ya se mencionó fueron identificadas y separadas 6 coladas dentro del distrito minero. Algunas de ellas afloran totalmente (coladas 3, 4 y 5), otras en forma parcial (coladas 1 y 2) y por último la colada 6, parcialmente erosionada, solo aparece la parte basal.

Ver Figuras 3.-1.3, 3.-1.4 y 3.-1.5 / Anexo.

Colada basal : Colada 1 en la estratigrafía relativa, aflora extensamente en el S-SE y E del área cartografiada. Este derrame presenta características morfológicas y texturales muy particulares. Apareciendo como una especie de “mega-brecha” integrada por dos litologías :

- Bloques centimétricos hasta métricos de una roca afanítica, rojiza, muy tenaz, que en algunos sectores desarrolla un fuerte bandeamiento magmático.
- Al lado de la facie afanítica, a manera de “matriz” se observa un material altamente vesicular, de color rojizo o grisáceo, medianamente tenaz, de aspecto terroso.

La relación entre la colada 1 y 3 es incierta, en principio para este trabajo se asume una posición basal para la colada 1, pero no se puede descartar el “pasaje” gradual de la colada basal a la colada 3.

Colada 2 : Aflora exclusivamente en la mitad norte del Distrito, casi siempre restringida a los valles de los cursos de agua, ya que hacia las zonas más altas es cubierta por la colada 3. En general aparece por debajo de la cota altimétrica 170 m. y presentaría una potencia del orden de 40 m. La estructura intraderrame presenta las siguientes características:

BASE : Basalto gris, de grano fino, con densa fracturación horizontal, que posiblemente representa el nivel lajoso de la zona inferior del derrame.

MEDIO : 30-35 m de basalto masivo, de grano fino, color gris a gris verdoso, con fracturación muy irregular, tanto en espaciado como orientación y con un horizonte superior macro-vesicular muy irregular, tanto en potencia como en tamaño, densidad y relleno de vesículas. En algunos sectores restringidos, este horizonte se hace más potente (hasta 5 m) y presenta buena concentración y tamaño de geodas (de hasta 0,6 m) con paragénesis silíceas de calcedonia/ágata-cuarzo-amatista.

Tope : En general esta formado por basalto vesicular, poco potente y muy alterado, con sectores donde se desarrolla basalto brechoide.

Colada 3 : Aflora principalmente en los valles de los cursos de agua en la mitad sur y en planos altos hacia el norte del distrito, cubriendo buena parte de la colada 2. En general aparece por debajo de la cota altimétrica 200 m. y presentaría una potencia estimada del orden de 30-40 m. La estructura intraderrame presenta las siguientes características :

BASE : 1 m máximo de basalto masivo, grano fino, color gris, con disyunción esferoidal aplanada o columnar poco desarrollada y puntualmente nivel lajoso.

MEDIO : unos 25-35 m de basalto masivo (con frecuentes vesículas centimétricas, vacías y muy dispersas), de grano fino, color gris acero y fracturación muy irregular tanto en espaciado como orientación. En la parte superior se suele desarrollar un nivel macrovesicular, que en algunos sectores presenta una muy buena calidad de mineralización y continuidad lateral, alcanzando hasta 8 m de potencia. Es común que este nivel mineralizado se presente estructurado en 2 partes que pueden aparecer en un mismo perfil : - Parte inferior formada por basalto masivo a masivo vesicular, gris verdoso y con alteración hidrotermal localizada. - Parte superior basalto vesicular, marrón con fuerte alteración meteórica.

TOPE : Hasta 4-5 m de un basalto vesicular marrón, con densidad de vesículas de entre 10-30 %, de tamaño entre 0,1 y 5,0 cm., vacías o tapizadas de arcillo-minerales y/o basalto brechoide conformado por fragmentos de basalto vesicular (\pm fragmentos de basalto masivo, fragmento de arenisca) en una matriz basáltica-sedimentaria.

Colada 4 : Este derrame aflora extensamente en la mitad sur del distrito minero, cubriendo en esta zona gran parte de la colada 3, a su vez, es cubierto en forma continua por la colada 5 en el extremo SW o en forma parcial por algunos cerros aislados de esta misma colada al sur del distrito. En su límite sur, una buena parte de esta colada se apoya directamente sobre la colada 1, a través de un contacto muy irregular. Dicho contacto parece representar, en algunos sectores, una especie de “barrera” al avance hacia sur de la colada 4.

La cota altimétrica 240 marca, en gran parte de la zona de afloramiento, el tope de la colada, aunque en algunos sectores puede llegar hasta los 280 m. La mayor parte de esta colada está conformada por extensos planos sub-horizontales, representados por el nivel masivo medio-inferior y basal. El espesor de este derrame sería del orden de 40-50 m.

La estructura intraderrame presenta las siguientes características:

BASE : 1 m de basalto masivo, grano fino, color gris, con disyunción esferoidal aplanada o columnar poco desarrollada.

MEDIO : unos 30-40m de basalto masivo de grano fino, color gris acero a gris verdoso y fracturación muy irregular tanto en espaciado como orientación. En la parte cuspidal de este nivel medio, aparecen en forma constante abundantes vesículas centimétricas a decimétricas, con frecuente relleno silíceo.

TOPE : hasta 2-3 m de un basalto vesicular y/o brechoide.

Colada 5 : Este derrame aflora en forma continua en el borde S-SW del distrito en donde aparece el perfil completo. En el resto del área constituye la parte cuspidal (a manera de “casco”) de muchos cerros-cordilleras aislados y está representada por el nivel masivo medio-basal.

Se apoya generalmente sobre la colada 4, aunque en algunos sectores llega a solapar a esta colada y apoyarse directamente sobre la colada 1.

BASE : 1 a 2 m de basalto masivo, grano fino, color gris, con disyunción columnar bien desarrollada y piso frecuentemente lajoso.

MEDIO : unos 40-45 m de basalto masivo de grano fino, color gris acero y fracturación muy irregular tanto en espaciado como orientación.

TOPE : hasta 1-2 m de un basalto vesicular marrón, con vesículas vacías o tapizadas de arcillo-minerales o rellenas de calcita y/o basalto brechoide : fragmentos de basalto vesicular en una matriz basáltica.

Colada 6 Solo aparece su parte basal, en general por encima de cotas altimétrica 280 m., exclusivamente en el extremo SW del Distrito, en especial en las zonas altas de la Cuchilla de Belén. Presenta espesores mínimos del orden de 20-30 m, formado por un basalto masivo de grano fino, gris-rojizo.

Areniscas interderrame : En la parte superior de algunos derrames es frecuente la presencia de material sedimentario, aparentemente en la gran mayoría de los casos de procedencia eólica y de tamaño granulométrico arena.

Este material es conocido en la literatura como arena “intertrapp” y se deposita en períodos de “tranquilidad efusiva”, entre derrame y derrame.

En función de su geometría y disposición se pueden distinguir varios tipos :

a. Mantos de arena, en general lenticulares, de espesor máximo 4 m; que pueden abarcar grandes extensiones como en la zona de Rincón de Pacheco.

b. Arena rellenando fracturas (filones y diques de areniscas) verticales a subverticales, de espesor de hasta 20 cm; fragmentos de arenisca, de tamaño en general centimétrico y granos de arena, en proporción variable, en general mezclados con material volcánico formando parte de la matriz de las brechas. Este material podría corresponder, al menos en parte, a arena fluidificada e inyectada dentro de las discontinuidades preexistentes y principalmente en los niveles superiores de los derrames (inyectitos de arena).

Formación Tacuarembó : Aflora en un pequeño sector del NE del distrito, en el valle del Río Cuareim y esta formado por arena eólica.

Estaría además conformando el “piso” del distrito minero, sobre el cual se apoya la pila volcánica.

Ver Figuras 3.-1.6 y 3.-1.7 / Anexo.

3.-2 Geoquímica Del Distrito Gemológico Los Catalanes

Introducción

Dentro de las diferentes tareas para lograr la caracterización del contexto geológico del distrito minero, se incluía un estudio geoquímico. Para ello, una vez definido la estratigrafía del distrito y la estructura interna de cada derrame, se recogieron varias muestras de roca de las coladas aflorantes.

Cada muestra de roca, estratégicamente ubicada dentro de cada colada, fue molida y analizada en los laboratorios de DINAMIGE.

Lamentablemente la precisión de los resultados químicos obtenidos, no permite realizar tareas de análisis y comparación entre distintos derrames o entre los distintos niveles de una misma colada.

Por otra parte, la geóloga de la UFRGS, Da Cunha Duarte L. realizó su tesis de doctorado en el distrito minero y como parte del estudio tomó y analizó varias muestras de roca. Duarte, gentilmente nos proporcionó una copia de su tesis y la ubicación precisa donde se levantaron las muestras. También se publicó un trabajo reciente (Morteani G et al.- 2009) con análisis químico de las diferentes coladas. Con la información química de estos dos trabajos, y en base a la geología-estratigrafía definida en el proyecto, se efectuó un análisis geoquímico básico.

Procesamiento

Fueron tomados del trabajo de Da Cunha - 2008 46 análisis químico de mayores, menores y trazas realizados por los métodos ICP-ES y ICP-MS.

En base de las coordenadas GPS de cada muestra y la cartografía 20 mil ejecutada en el presente Proyecto se ubicó en forma bastante precisa la colada y el nivel muestreado por la autora.

También fueron utilizados para este estudio 4 análisis de la colada 1, presentado en el trabajo de Morteani G et al.- 2009. Ver Cuadro siguiente.

FUENTE	CANTIDAD DE MUESTRAS	COLADA SEGÚN FUENTE	REINTERPRETACION	
			Colada	Nivel
Morteani	4	1	1	tope
Da Cuña	8	1	2	Base-Medio?
Da Cuña	5	Catalán	3	Geódico
Da Cuña	7	Jachetti	4	Geódico
Da Cuña	9	3	4	Base-Medio
Da Cuña	10	5	5	Base-Medio ?
Da Cuña	4	6	6	Base

Cuadro 3.2-1 : Cantidad de muestras e interpretación de su ubicación.

Resultados

Dado que se trata de gran cantidad de datos numéricos, los resultados obtenidos del análisis de la información geoquímica, para una mejor visualización y comprensión, se presentan en forma gráfica acompañados de un breve comentario.

1. Desde el punto de vista geoquímico las lavas del distrito pueden ser clasificadas mayoritariamente como basaltos a andesito-basaltos.

Algunas muestras, como las de la colada 1, se presentan relativamente ácidas, con muestras que se ubican en el campo andesita-dacitas.

En función de su textura, petrografía y relaciones de campo estas muestras “ácidas” serían, al menos en parte, el producto de interacción del derrame basalto-andesítico con las areniscas.

En general se pueden ordenar de mayor a menor “acidez” : derrames 1, 5, 3-G (nivel geódico), 4-G (nivel geódico), 6, 2 y 4-b (nivel medio-basal).

Ver figura 3.2-1, Gráfico A / Anexo.

2. Otro tipo de clasificación utilizado para los derrames de la Provincia Volcánica de Paraná es el propuesto por Peate D. W. et al. – 1992. (Cuadro 3.2-2).

Esta clasificación se basa en el contenido de Ti y varios elementos mayores y principalmente elementos incompatibles como Sr, Ba, Y, Zr, etc., la cual permitiría discriminar entre diferentes magmas.

	Alto TiO ₂			Bajo TiO ₂		
	Urubici	Pitinga	Paranapanema	Ribeira	Esmeralda	Gramado
SiO ₂	>49	>47	48 - 53	49 - 52	48 - 55	49 - 60
TiO ₂	> 3,3	> 2,8	1,7 - 3,2	1,5 - 2,3	1,1 - 2,3	0,7 - 2,0
P ₂ O ₅	> 0,45	> 0,35	0,2 - 0,8	0,15 - 0,50	0,1 - 0,35	0,05 - 0,40
Fe ₂ O ₃ (t)	< 14,5	12,5 - 18	12,5 - 17	12 - 16	12 - 17	9 - 16
Sr	> 550	> 350	200 - 450	200 - 375	< 250	140 - 400
Ba	> 500	> 200	200 - 650	200 - 600	90 - 400	100 - 700
Zr	> 250	> 200	120 - 250	100 - 200	65 - 210	65 - 275
Ti/Zr	> 57	> 60	> 65	> 65	> 60	< 70
Ti/Y	> 500	> 350	> 350	> 300	< 330	< 330
Zr/Y	> 6,5	> 5,5	4,0 - 7,0	3,5 - 7,0	2,0 - 5,0	3,5 - 6,5
Sr/Y	> 14	> 8	4,5 - 15	5 - 17	< 9	< 13
Ba/Y	> 14	> 9	5 - 19	6 - 19	< 12	< 19

Cuadro 3.2-2 : Clasificación de magmas basálticos de la Provincia de Paraná.
[Peate et al. – 1992]

Para las rocas del distrito, el análisis de los datos químicos, permite clasificar a los derrames como “basaltos” de bajo titanio, facies Gramado y/o Esmeralda. En los gráficos B y D de la Figura 3.2-1 / Anexo, se muestra el ploteo de las muestras de los diferentes derrames.

En los diagramas Ti/Zr vrs. Sr y Ti/Y vrs. Ti/Zr se observa :

- ✓ Facie Gramado : derrames 1, 6, 3-G y 4-G
- ✓ Facie Esmeralda : derrame 4-B
- ✓ Facie Esmeralda-Gramado : 2 y 5

3. Se realizaron diferentes procesamientos gráficos con los distintos, elementos químicos dosificados, tratando de determinar la existencia de diferencias geoquímicas entre las coladas. La mejor respuesta se obtuvo cuando se plotearon los elementos Mg, Ca, K, Ti, P, Ba, Zr, Rb, Sr, Y, Nb.

✓ Cuando se comparan el contenido de elementos mayores, se pueden diferenciar claramente dos grupos de coladas. Por un lado las coladas 2, 4 y 5 con valores relativamente altos de Ca y Mg y valores relativamente bajos de P y Ti. El otro grupo de coladas, 1, 3 y 6 tienen un comportamiento exactamente inverso. La colada 4, parece presentar cierta diferencia entre su nivel basal y geódico. Con un comportamiento del nivel geódico similar al grupo de coladas de baja Ca/Mg y alto P/Ti y el nivel basal con comportamiento similar al otro grupo. Se debe mencionar además que las muestras de la colada 3 son del nivel geódico. Ver Figuras 3.2-2 / Anexo.

✓ Cuando se realiza una correlación entre estos elementos, además de la separación clara en dos grupos de coladas, se observa también una buena diferenciación entre las coladas 1, 3 y 6. Ver Figura 3.2-3 / Anexo.

✓ Para los elementos menores y trazas la situación es muy similar a la descrita anteriormente, en el sentido de que se observan claramente dos grupos de coladas. Las coladas 2, 4 y 5 con valores relativamente bajos en todos los elementos analizados Ba, Zr, Rb, Y y Nb. Y altos valores relativos de estos elementos para las coladas 1, 3 y 6. Ver Figura 3.2-4 / Anexo.

✓ Se realizaron varias gráficas de correlación, que muestran una buena diferenciación entre los grupos de bajos y altos valores de elementos menores/trazas. Además se observa una clara separación entre los valores de estos elementos químicos, en las coladas 1, 3 y 6.

Es bastante llamativo el comportamiento de la colada 4, donde se puede separar bastante bien el nivel geódico (4-G) del nivel basal (4-B).

Ver Figuras 3.2-5 y 6 / Anexo.

Estos resultados deben tomarse con cierta precaución, ya que son pocas muestras y su ubicación exacta, en el perfil de la colada, no es totalmente conocida (ya que fueron tomadas por otros autores).

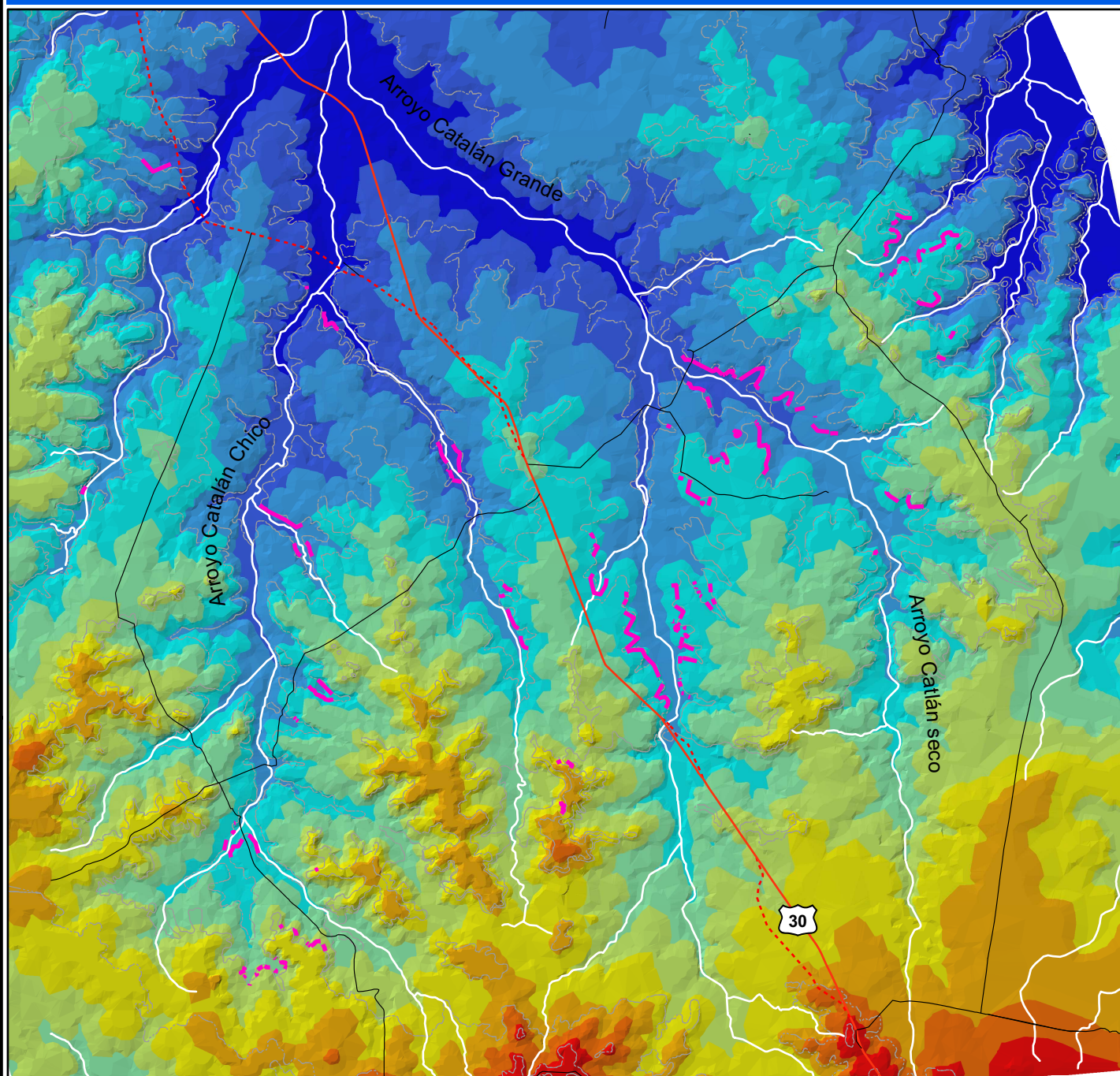
Teniendo presente esta limitación, podemos observar, a través de las distintas gráficas presentadas, que existen diferencias químicas entre las coladas extruídas en el distrito minero.

Estas diferencias pueden deberse a distintas causas, tanto a una diferenciación magmática, contaminación de la lava o a cambios producidos por el propio proceso mineralizador.

En la medida que se realicen estudios geoquímicos más detallados, podría usarse esta herramienta, apoyada en una buena cartografía, para identificar y correlacionar coladas y hasta para identificar zonas mineralizadas.

ANEXO 3 - Geología

MODELO DIGITAL DE TERRENO - DISTRITO GEMOLOGICO LOS CATALANES



LEYENDA

Elevación (m)

310 - 330
290 - 310
270 - 290
250 - 270
230 - 250
210 - 230
190 - 210
170 - 190
150 - 170
130 - 150

Yacimiento

Límite de Coladas

Camino-Trilho

Ruta Nacional Nº 30

Ex Ruta Naconal

Arroyos Principales

0 3.000 6.000 m

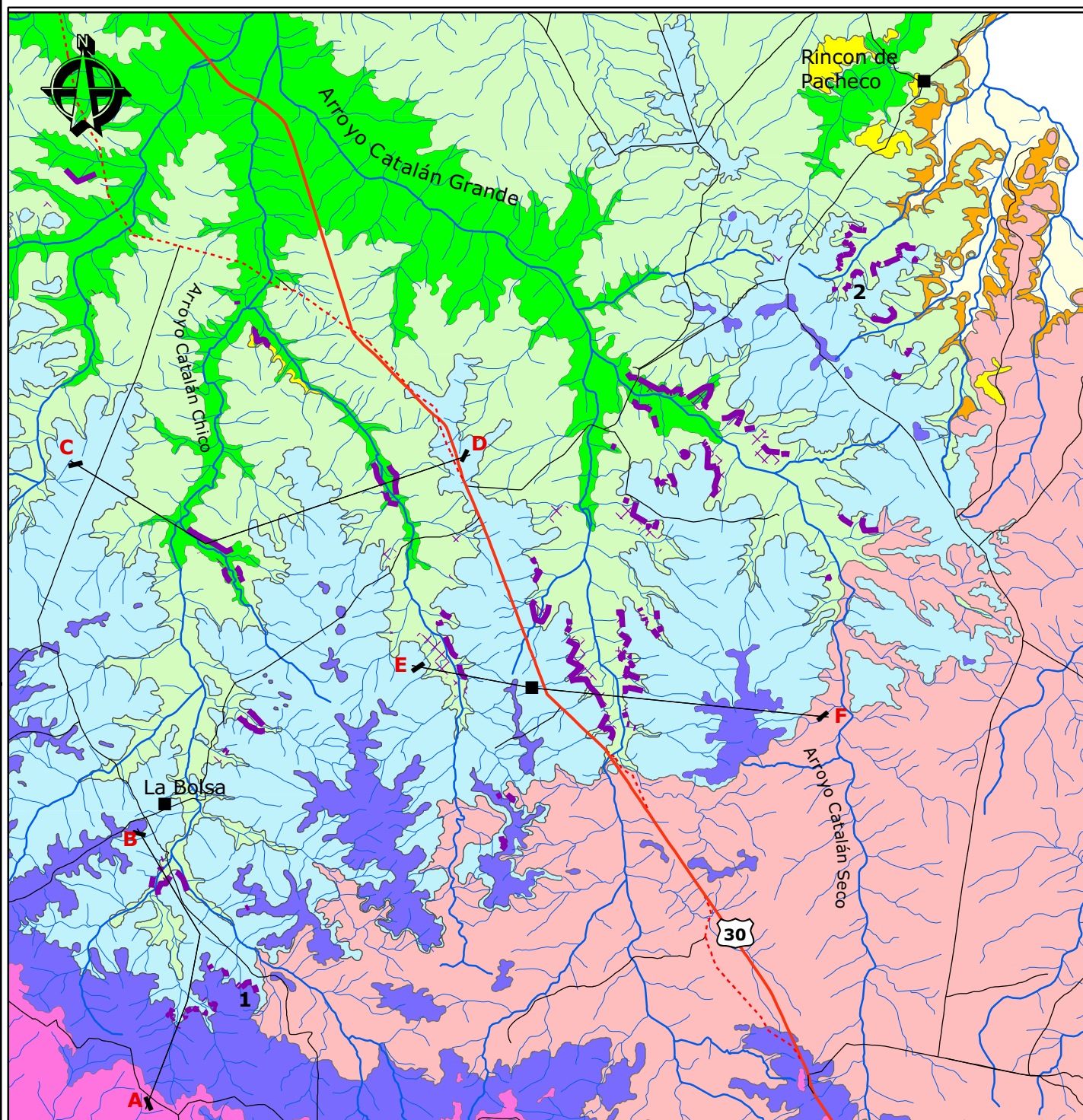


DINAMIGE
División Geología
Proyecto Agatas y Amatistas

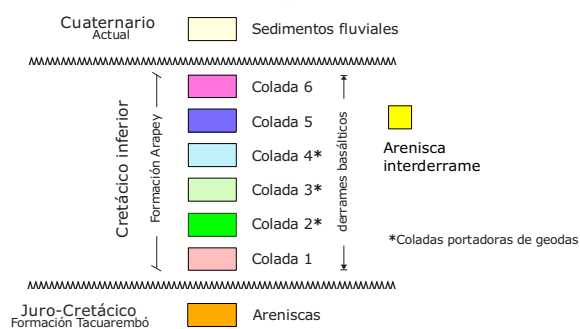


Figura 3.-1.2 : Modelo Digital de Terreno del Distrito Gemológico Los Catalanes.

MAPA GEOLÓGICO DEL DISTRITO GEMOLÓGICO LOS CATALANES



Columna Estratigráfica



Nivel mineralizado

Zona mineralizada

Area para estudios de detalle - Fase II

- 1 MINA LA CORDILLERA
- 2 MINA VALLE DEL PUMA

Cortes Geológicos

0 2,500 5,000 m

MIEMDINAMIGE
DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA

DINAMIGE
División Geología
Proyecto Agatas y Amatistas

Figura 3.-1.3 : Carta Geológica del DGLC.

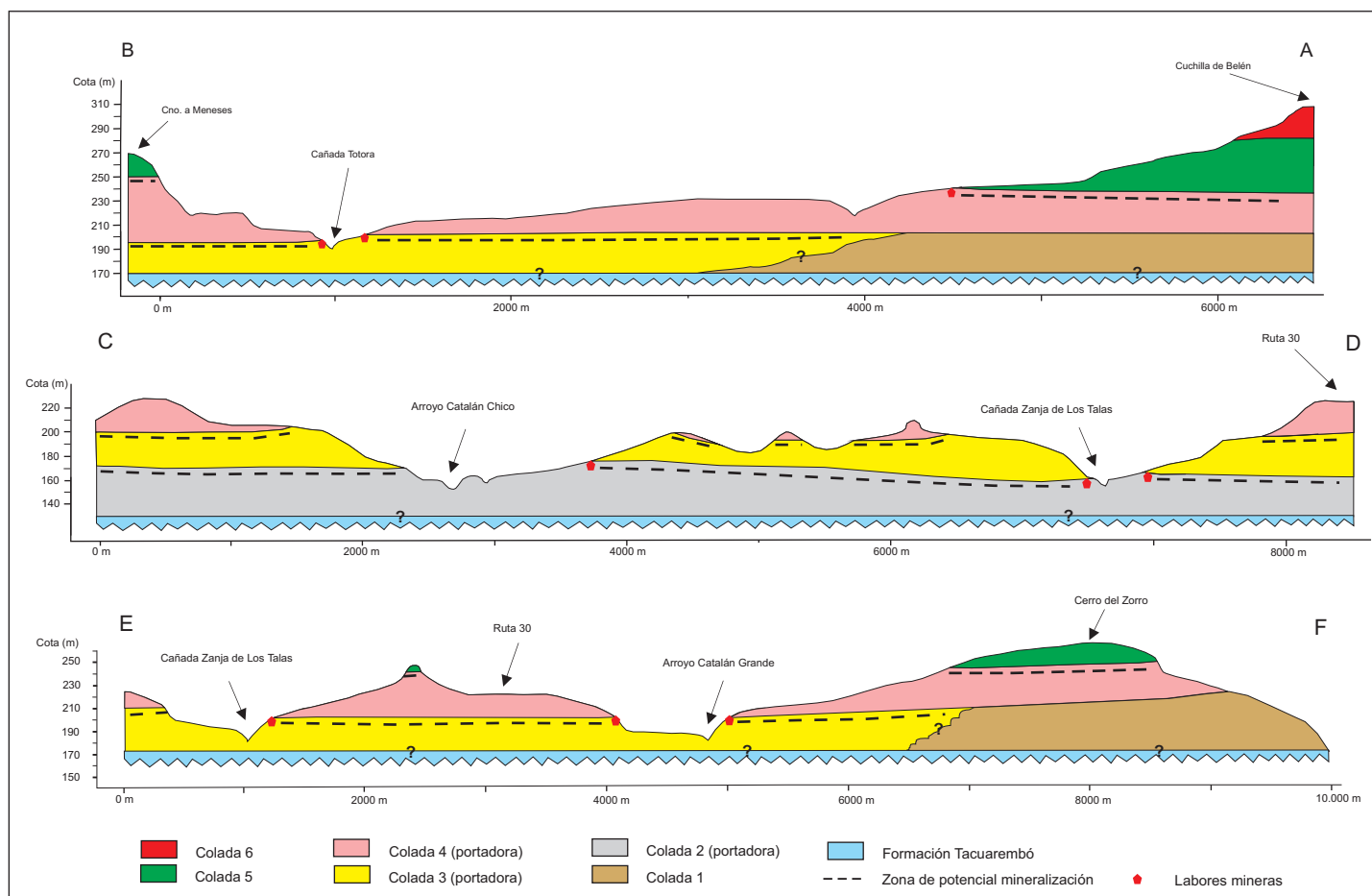


Figura 3.1-4 : Cortes geológicos de algunos sectores del Distrito Gemológico Los Catalanes (ver figura 3.1-3). Los contactos entre las coladas 3-1 y la base de la pila volcánica y F. Tacuarembó son inferidos.

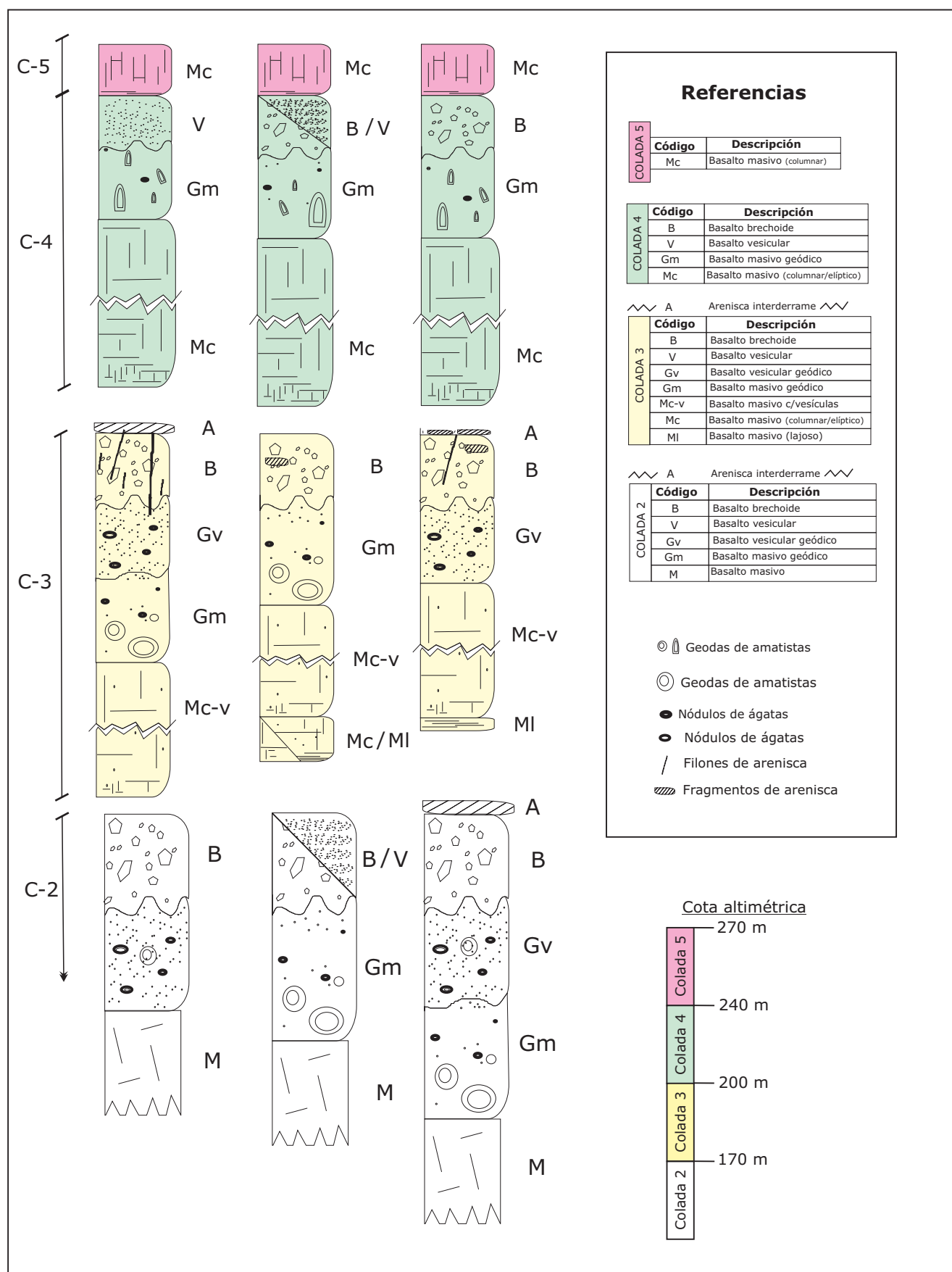


Figura 3.-1.5 : Perfiles esquemáticos de las tres coladas mineralizadas (2, 3 y 4), con especial detalle de la parte superior donde se localiza el nivel mineralizado.

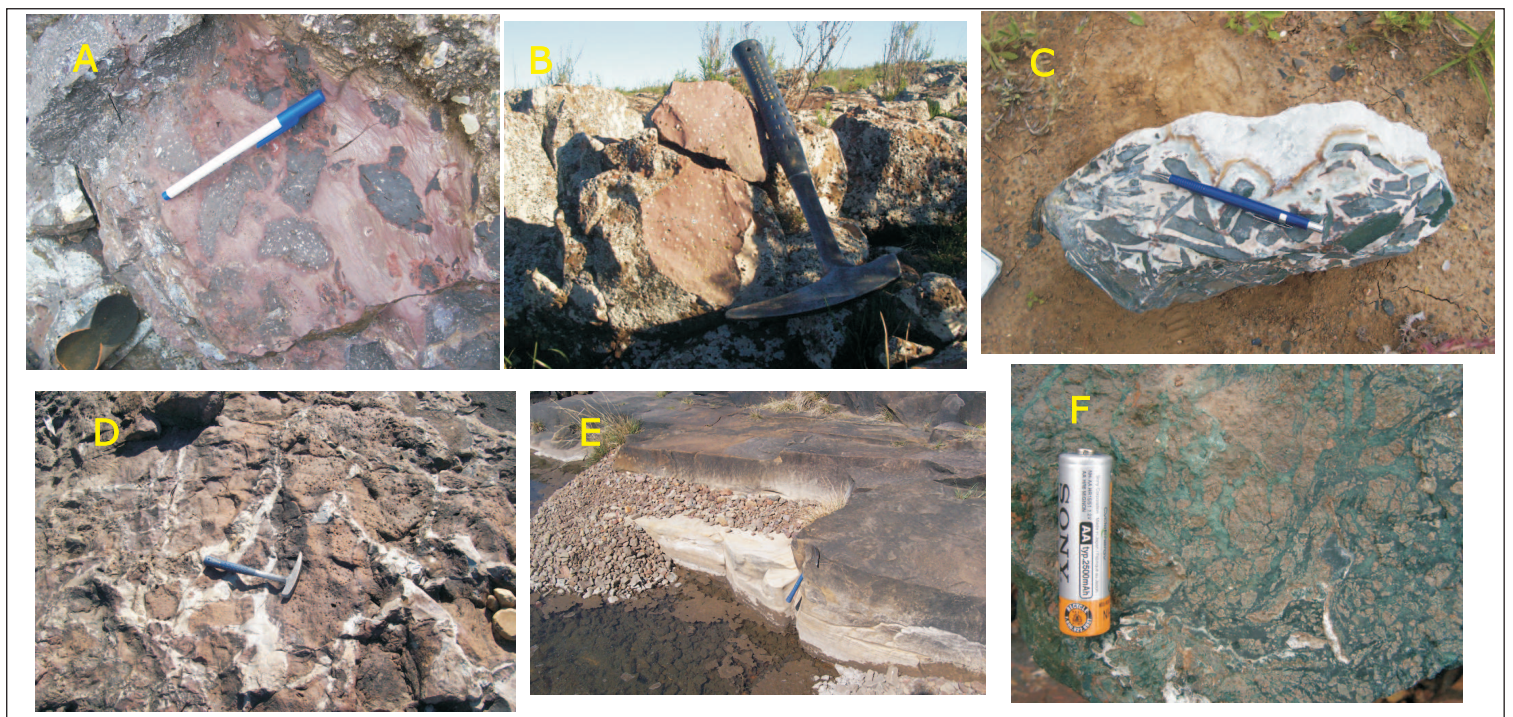


Figura 3.-1-6 : Algunas "litologías" observadas en el distrito. Foto A Basalto brechoide (fragmentos de basalto vesicular englobados en una "matriz" fina volcánica - tope colada 4 / Foto B basalto altamente vesicular - tope colada 3 / Foto C : fragmentos de basalto masivo cementados por sílice "Hidrobrecha" - nivel mineralizado 3 / Fotos D: Filones "contorsionados" y fragmentos de arena dentro de un basalto vesicular (inyectitos de arena ?) / Foto E : Potente cuerpo de arena (2 m aflorante) sobre la colada 3, con granos a la vista y estratificación horizontal, laminación por minerales negros (sedimento eólico ?) / Foto F : Basalto densamente atravesado por "filoncillos" de mineral verde (clorita ?) - Basalto Hidrotermalizado.



Figura 3.-1.7 : Algunas "estructuras" observadas en el distrito. Foto A : Estructuración en dos partes del nivel mineralizado 3 : A-1 basalto geódico roca "blanda" (con intensa alteración meteórica), A-2 basalto geódico roca "dura" sin/poca alteración meteórica , con probable alteración hidrotermal. Foto B Estructura columnar en base de colada 5 (1), estructura brechoide (2) y nivel geódico (3) en tope de colada 4. Foto C Estructura "lajosa" de la base de la colada 3. Fotos D: Contacto brecha ígnea -sedimentaria tope colada 3 (C3_B) y masivo con estructura en "bloques" base colada 4 (C4_b). Foto E Textura bandeada de la colada 1.

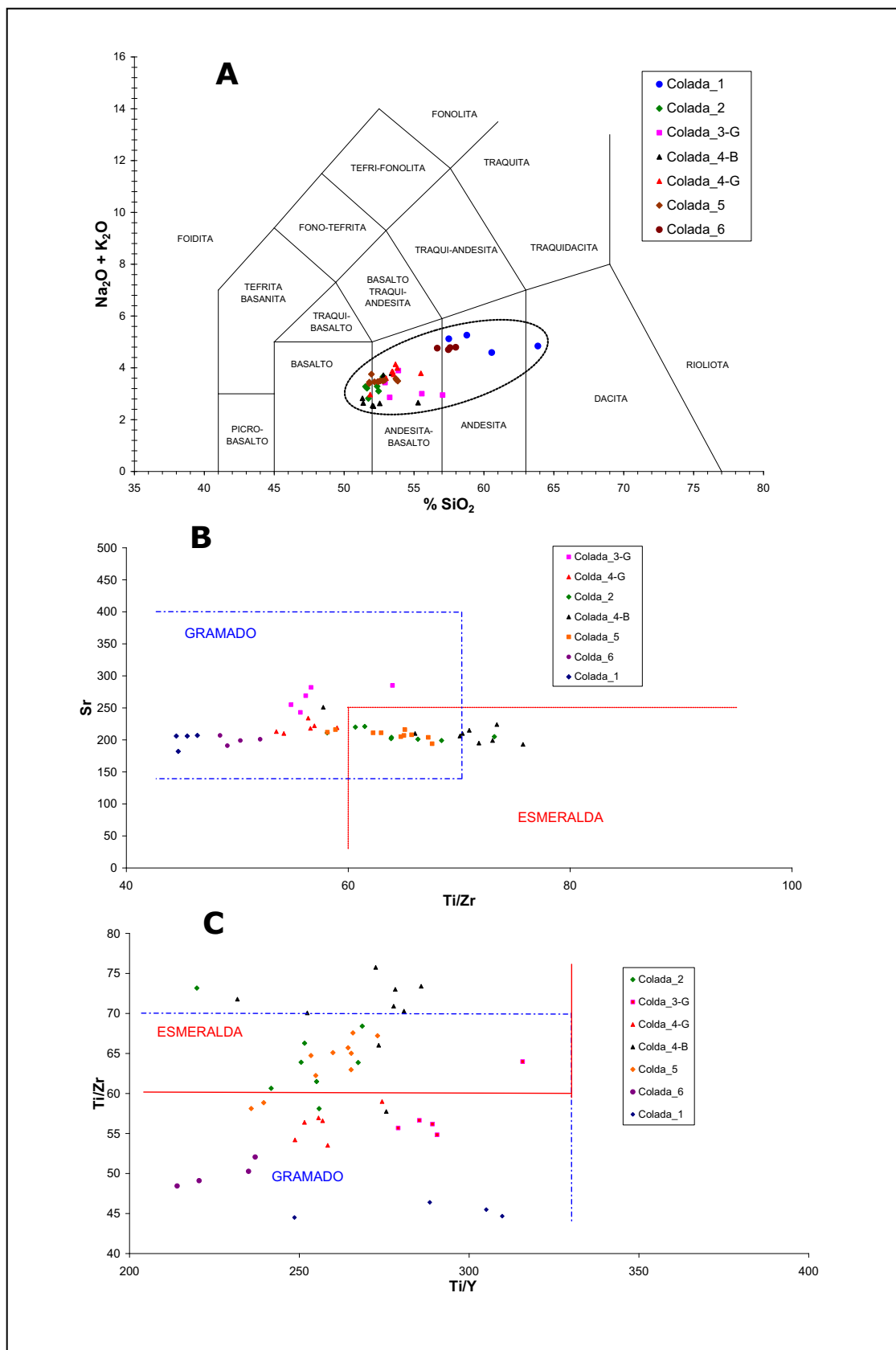


Figura 3.-2.1 : Clasificación geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes. (Datos químicos tomados de Da Cuña Duarte L. – 2008 y Morteani G. et al.- 2009)

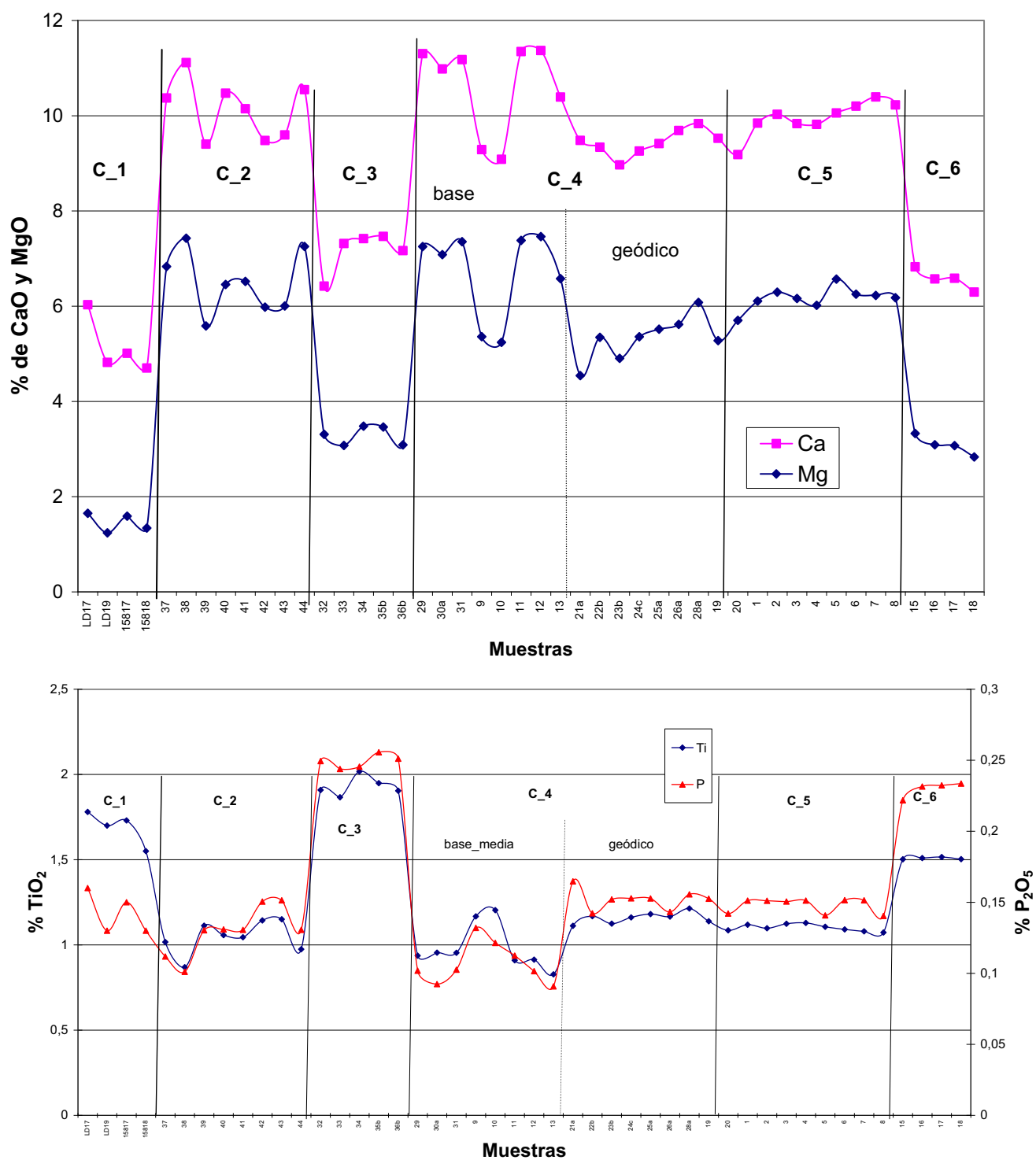


Figura 3-2.2 : Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes. (Datos químicos tomados de Da Cuña Duarte L. – 2008 y Morteani G. et al.- 2009)

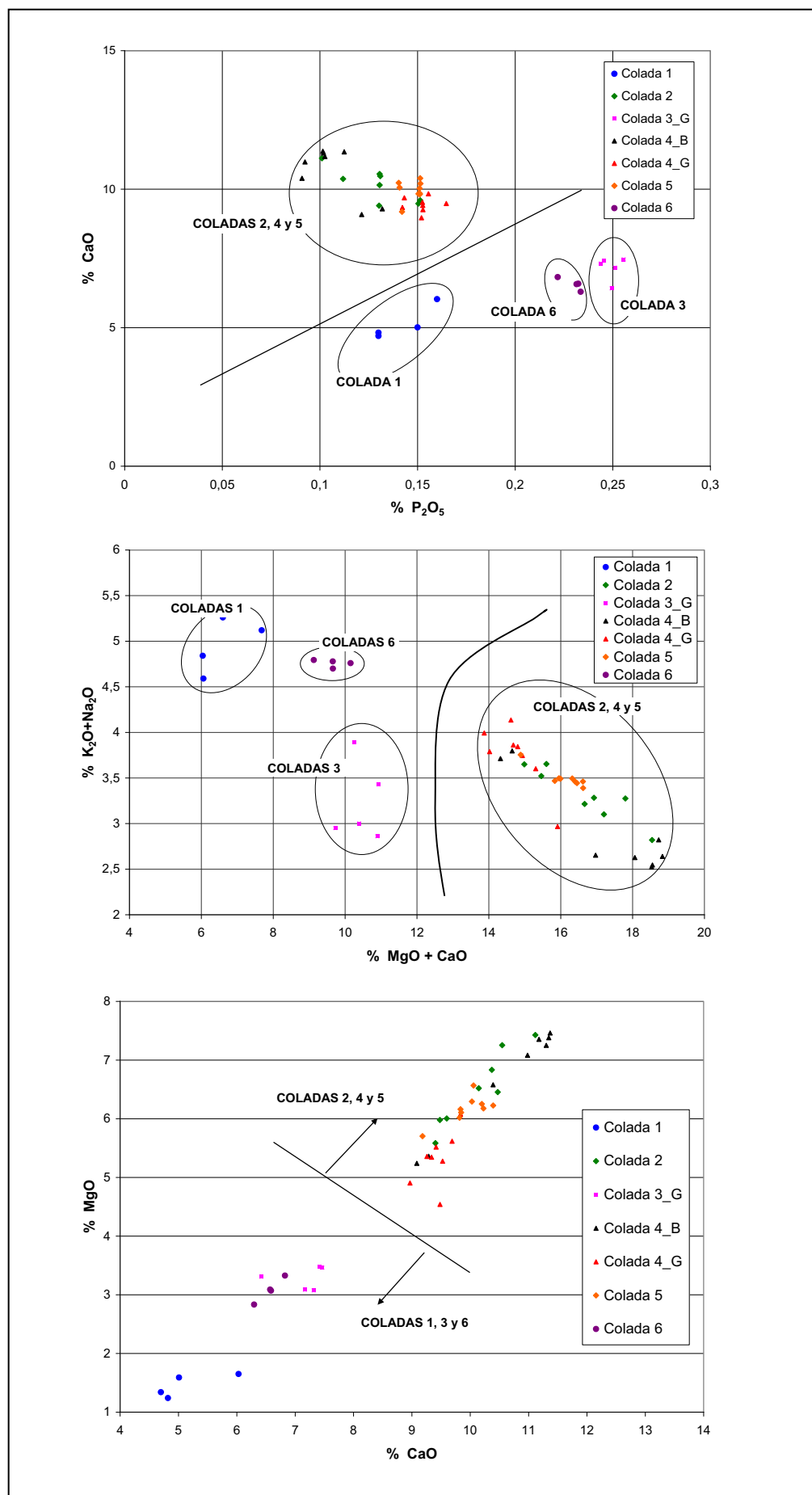


Figura 3-2.3 : Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes. (Datos químicos tomados de Da Cuña Duarte L. – 2008 y Morteani G. et al.- 2009)

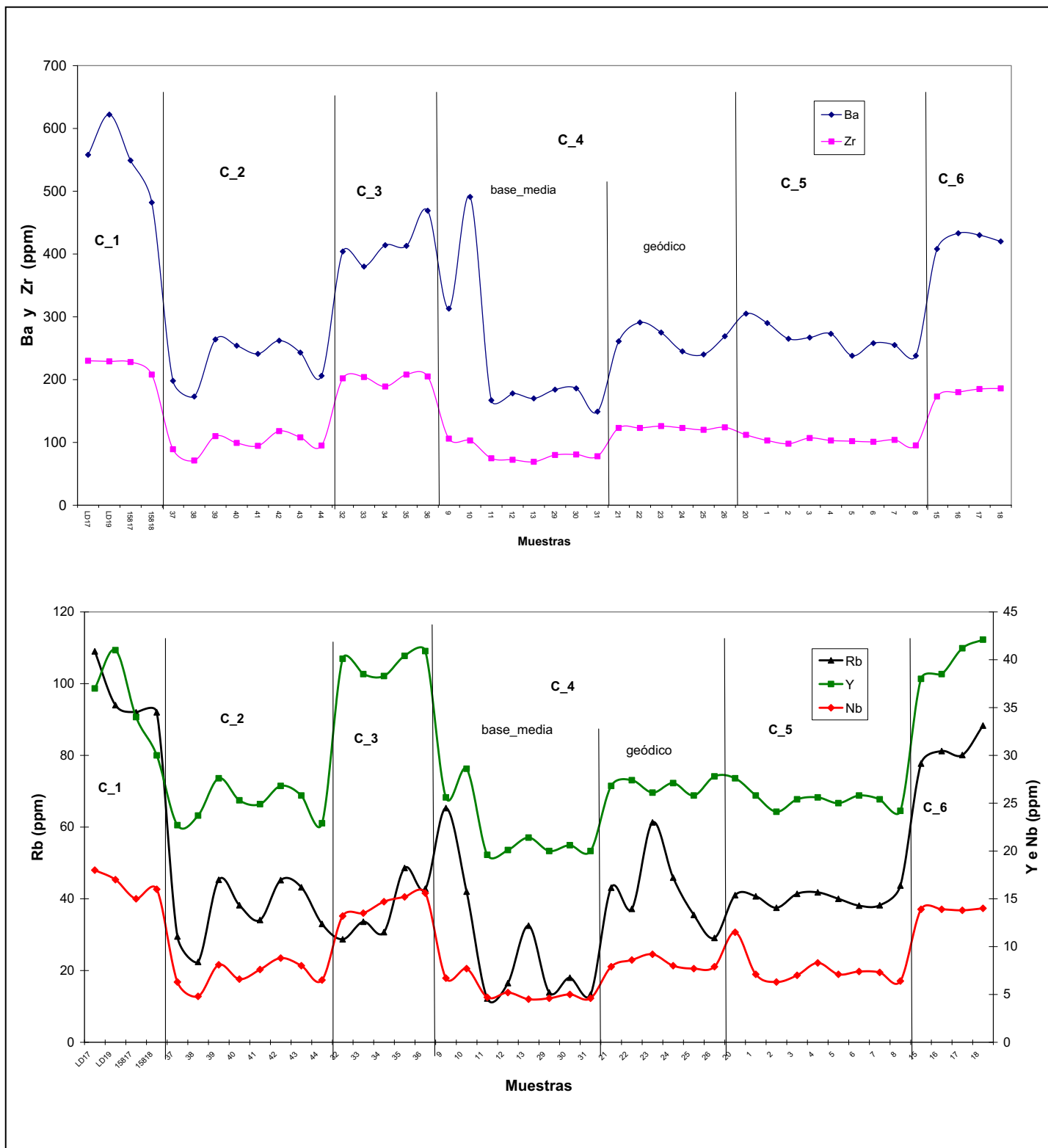


Figura 3.-2.4 : Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes. (Datos químicos tomados de Da Cuña Duarte L. – 2008 y Morteani G. et al.- 2009)

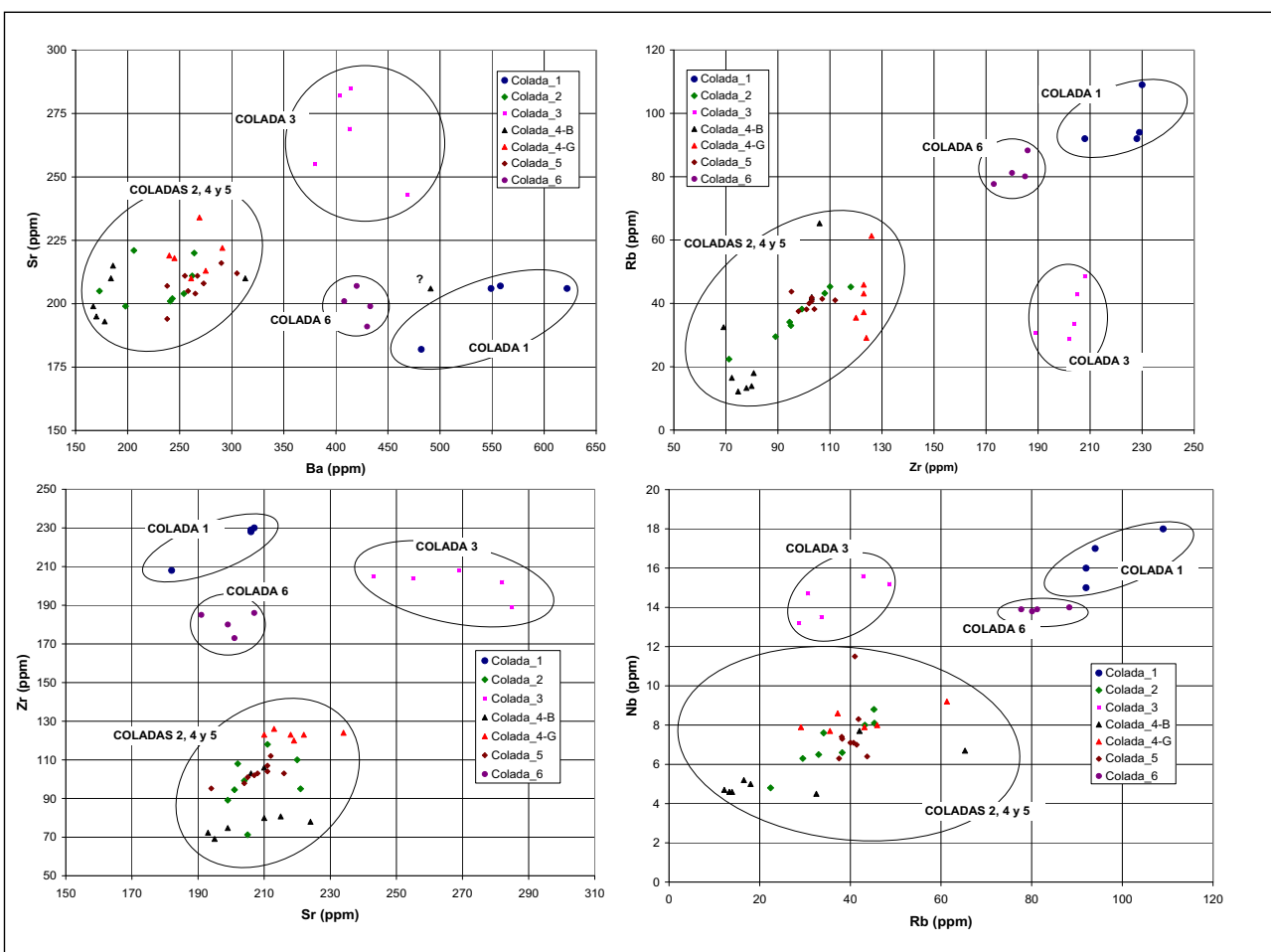


Figura 3.-2.5 : Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes.
(Datos químicos tomados de Da Cuña Duarte L. – 2008 y Morteani G. et al. – 2009)

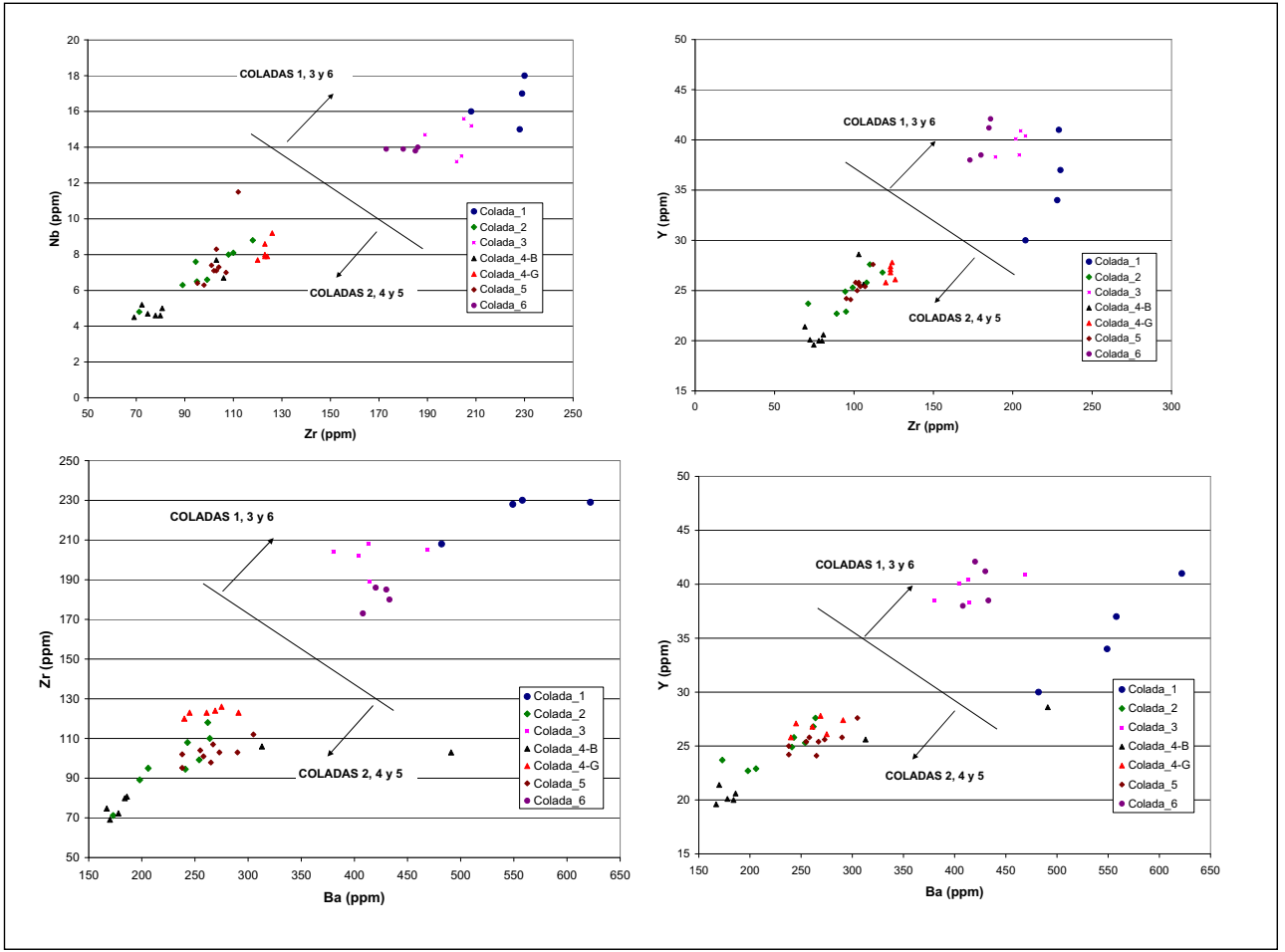


Figura 3.-2.6: Caracterización geoquímica de los derrames del Distrito Gemológico Los Catalanes.
(Datos químicos tomados de Da Cúña Duarte L. – 2008 y Morteani G. et al. – 2009)

4 CANTERAS PILOTO

4.-1 Ubicación y contexto geológico de las canteras piloto

Durante la ejecución de la Fase I del presente proyecto se seleccionaron 5 posibles canteras “piloto” para la realización de estudios de detalle. En esta primera etapa se optó por concentrar los trabajos en 2 de ellas, que son las que presentan mayor actividad extractiva. Más adelante, se evaluará si es necesario y posible, también estudiar en detalle el resto de los emprendimientos preseleccionados. En forma informal las dos canteras estudiadas fueron denominadas Mina Cordillera y Mina Santiño.

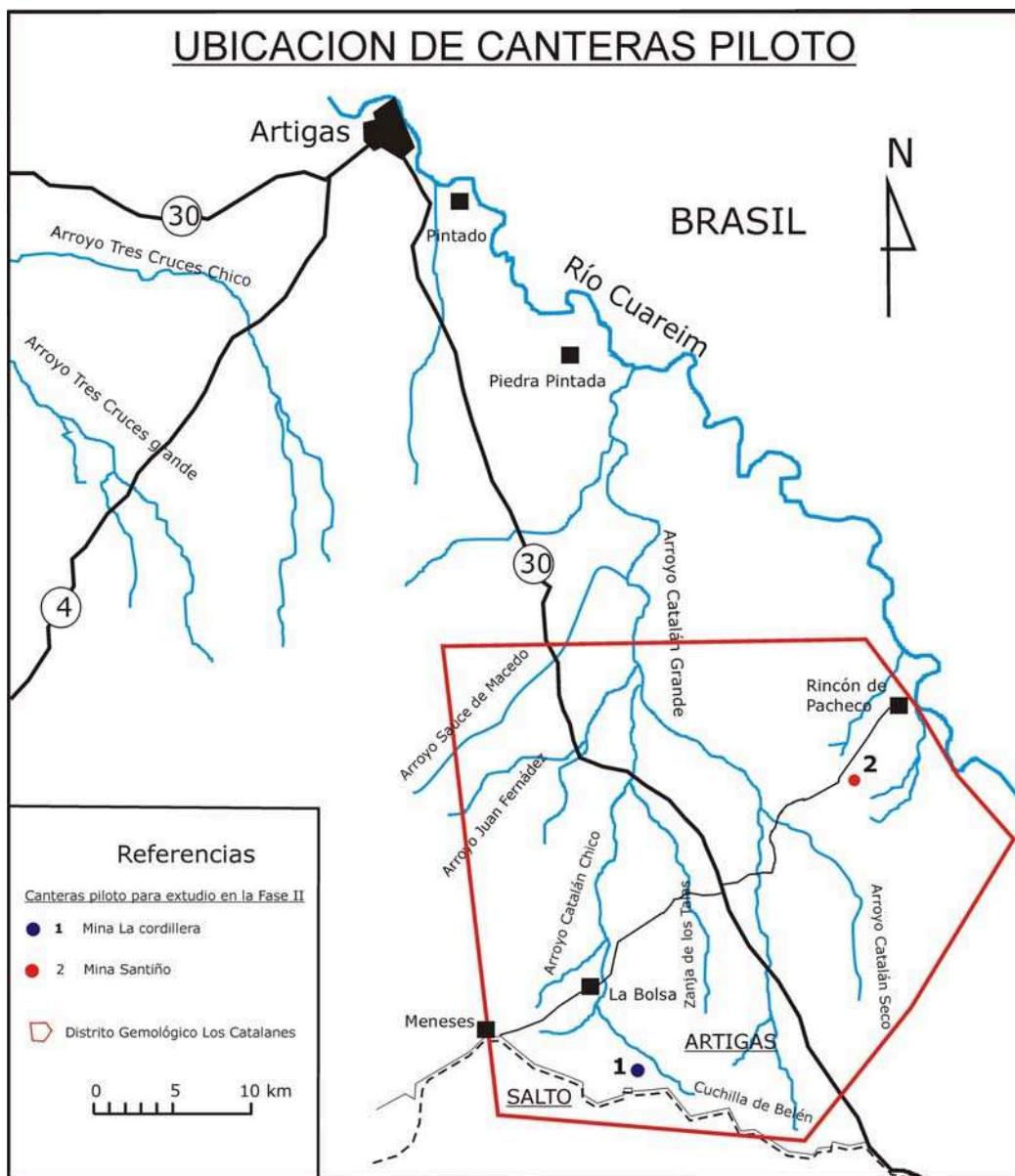


Figura 4.-1.1 : Localización de canteras piloto.

Mina Cordillera

- Esta labor minera se localiza en el extremo SW del distrito minero, a unos 5 km del Poblado La Bolsa, en una zona conocida como La Cordillera. Para acceder a la misma se debe tomar hacia el SW, a la altura del kilómetro 178, de la Ruta Nacional N° 30 y recorrer unos 15 km por el camino que va a las localidades de la Bolsa y Meneses (ver Figura 4.-1.1).
- La geología del entorno de la cantera esta conformada por 3 derrames (Ver Figura 4.-1.2 y 3) :
 - ✓ La colada 1 aflorando en las zonas bajas, en la cuenca del Arroyo Catalán Chico, desapareciendo por debajo de la colada 4 o 5 hacia las zonas altas. Solo se observa el tope, la cual presenta el aspecto típico de este derrame (Ver Capítulo 3 – Síntesis Geológica).
 - ✓ La colada 4, es la portadora, en su parte superior, del nivel mineralizado, el cual se explota en la mina La Cordillera. Su potencia es variable, pero se reduce rápidamente hacia el sur, hasta que desaparece, siendo solapada por la colada 5. El perfil característico de base a tope es :
 - ◇ 10 a 30 m de basalto masivo, con fracturas dispersas.
 - ◇ 2-3 m de basalto masivo con “macrovacuolas” de hasta 1,5 m de eje mayor, con frecuente relleno silicio (nivel geódico).
 - ◇ 2 a 4 m de un nivel conformado por una “brecha ígnea” y/o basalto vesicular. Este nivel constituye el techo de la cantera.
 - ✓ La colada 5 ubicada en las zonas altas (por encima de la cota 240/250) conformando el tope del yacimiento. En la zona de la cantera, tan solo aparece la base y la parte media-inferior. Se trata de un basalto masivo, que presenta en forma frecuente en la parte basal la típica morfología columnar de este tipo de rocas.

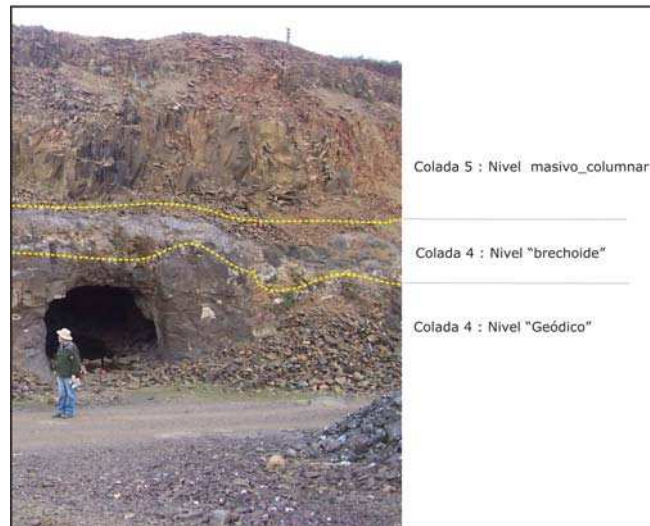


Figura 4.-1.2 : Perfil característico del tope de la Mina La Cordillera.

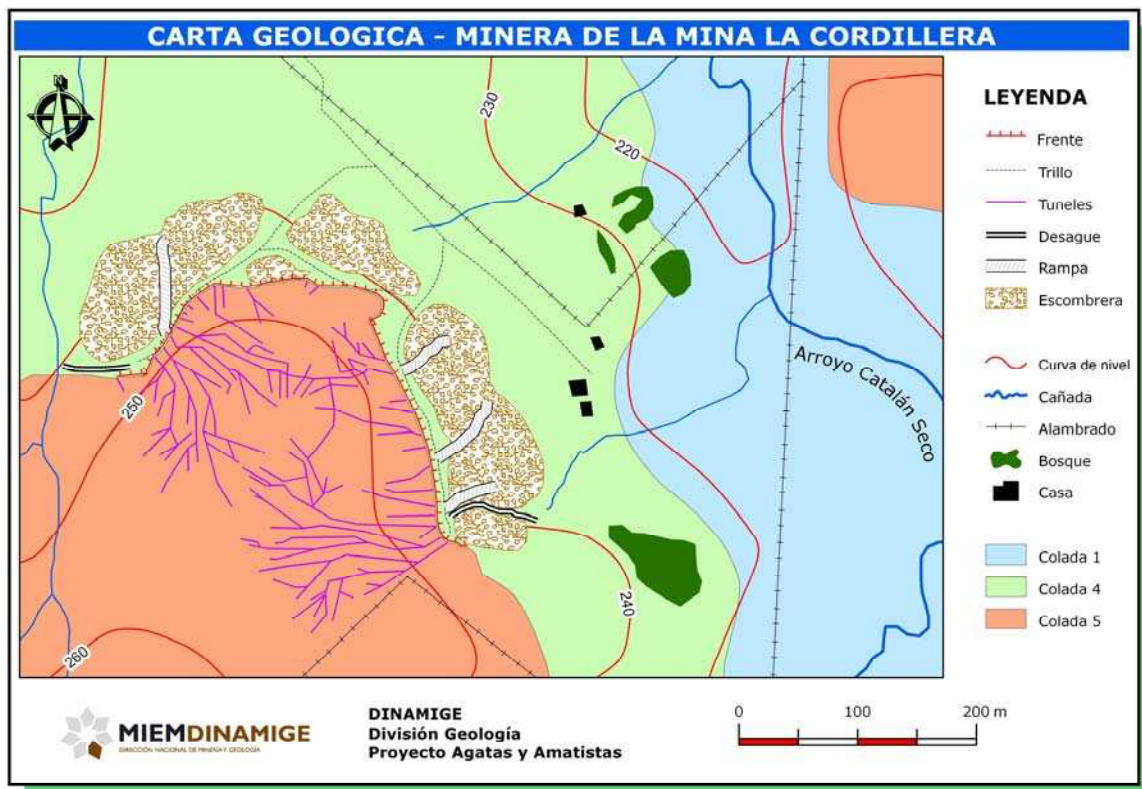


Figura 4.-1.3 : Contexto geológico, Mina La Cordillera.

Mina Santiño

- Esta labor minera se localiza en el extremo NE del distrito minero, cerca de la frontera con Brasil, en una zona conocida como Tres Cerros de Santiño. Para acceder a la misma se debe, tomar hacia el E-NE a la altura del kilómetro 177,5 de la Ruta Nacional Nº 30 y recorrer unos 12 km por el camino que va a la localidad de Rincón de Pacheco. (ver Figura 4.-1.1)
- La geología del entorno de la cantera esta conformada por 2 derrames (Ver Figura 4.-1.4) :

- ✓ La colada 3 aflorando en las zonas bajas y media, en la cuenca de la zanja del Quebracho, desapareciendo por debajo de la colada 4 hacia las zonas altas. En esta zona solo se realizaron observaciones en el tope de la colada, donde aparece la mineralización, ya que el resto del derrame presenta una cubierta continua de suelo.

Esta parte superior está conformada por :

- ◊ 2-3 m de basalto masivo a masivo-vesicular con gran densidad de “macrovacuolas” de tamaño muy variado, que puede llegar hasta los 7 m de eje mayor (megageodas), con frecuente relleno silicio (nivel geódico). Es muy común, especialmente en la base del nivel mineralizado y cerca (asociado ?) de geodas, la presencia de zonas con fragmentos de basalto cementados por sílice ± arcilla y pirita (brecha hidráulica).
- ◊ 2 a 5 m de un nivel conformado por una “brecha ígnea - sedimentaria”. Aparece en forma frecuente arenisca “frita” en forma de diques clásticos y/o bloques. Es relativamente frecuente la presencia de pirita diseminada en la matriz de la brecha.
- ✓ La colada 4, ubicada en las zonas altas (por encima de la cota 190/200 m) conformando el tope del yacimiento. En la zona de la cantera, tan solo se observa la base. Se trata de un basalto masivo, con disyunción elipsoidal.

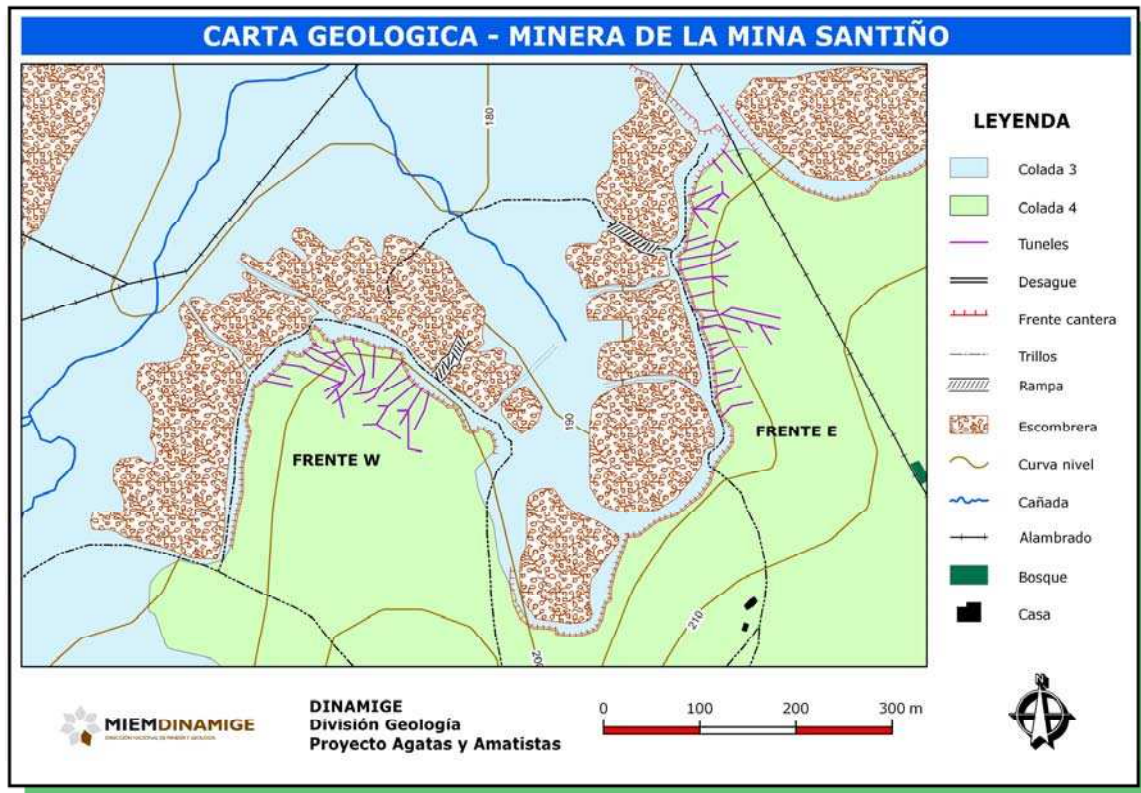


Figura 4.-1.4 : Contexto geológico, Mina Santiño.

4.-2 Taras ejecutadas en las canteras piloto

Para esta fase del proyecto fueron programadas una serie de tareas /actividades, a ejecutarse en forma más o menos paralelas en las dos canteras piloto. Por distintos motivos solo se llevaron a cabo en forma completa las tareas previstas en la cantera piloto La Cordillera.

Un resumen de las actividades desarrolladas en las canteras piloto se muestra en el siguiente cuadro :

TAREA / ACTIVIDADES	CANTERA PILOTO	
	LA CORDILLERA	SANTIÑO
Reconocimiento previo	si	si
Mapeo de túneles	si	si
Observaciones geológicas	si	si
Observaciones de la mineralización	Si (en detalle)	Si (puntuales)
Mapeo de zonas productivas	si	parcial
Seguimiento de la explotación	si	no
Relevamiento del material extraído	si	no
Mapa de curvas de nivel	si	no
Mapa de iso-espesor de cobertura	si	no
Malla geofísica - magnetometría	si	no
Seguimiento de avance	si	no
*Planificación de la extracción y criterios / direccionamiento de avance	Discusión c/ minero	no
*Aplicación práctica de documentos elaborados, en la extracción	si	no
*Discusión con minero de aspectos más "sensibles" en costos de extracción	si	no
*Parte de las tareas desarrolladas, fue la continúa discusión con el responsable de la cantera, sobre diferentes aspectos relacionados con la extracción, así como el "testeo" del material generado durante el proyecto.		

Cuadro 4.-1.1 : Tareas ejecutadas en las Canteras Piloto.

La primera tarea fue levantar un mapa de las labores subterráneas, el que servirá de "soporte" espacial sobre el cual se volcarán todos los datos geológico-mineros recogidos en esta primera etapa y durante las campañas siguientes. (También servirá como soporte para los estudios con georadar a realizarse a nivel de mina – Fase III).

La información recogida en las dos minas “piloto”, para la elaboración de los mapas de labores, se resume a continuación :

MINA LA CORDILLERA / tareas de mapeamiento de labores subterráneas :

- Se mapearon 185 túneles o tramos de túneles totalizando alrededor de 3 km de longitud acumulada.
- Se relevaron 78 frentes de trabajo y 27 bocas de entrada.
- Se ejecutaron 740 medidas entre longitud, dirección, altura y ancho de cada tramo relevado. (con brújula y cinta)
- Unas 120 medidas adicionales con Estación Total (unos 2600 m de túneles), para mejorar la precisión de los puntos.
- Se ejecutaron 27 medidas longitud-dirección para posicionar con alta precisión las bocas, utilizando GPS_diferencial Leica SR510 en 7 estaciones estáticas rápidas y con Estación Total.
- Se ubicaron con GPS_diferencial de alta precisión 5 puntos de control identificados en la imagen satelital Google Earth y 4 perforaciones que atraviesan el techo de la mina La Cordillera.
- Se realizaron unas 187 medidas con GPS_diferencial Leica SR510 para la obtención de coordenadas planas y alturas elipsoidales, con las cuales se elaboro un mapa de curvas de nivel relativo y un mapa de iso-espesor de la cobertura de la mina.

Ver Figura 4.-2.1, 2, 3 y 4 / Anexo.

MINA SANTIÑO / tareas de mapeamiento de labores subterráneas:

- Se relevaron 94 túneles o tramos de túneles totalizando alrededor de 1,9 km de longitud acumulada.
- Se relevaron 54 frentes de trabajo y 34 bocas de entrada.
- Se ejecutaron 376 medidas entre longitud, dirección, altura y ancho de cada tramo relevado (con brújula y cinta).
- Unas 40 medidas adicionales con Estación Total (unos 760 m de túneles), para mejorar la precisión de los puntos.
- Se realizaron 34 medidas longitud-dirección para posicionar con alta precisión las bocas, utilizando GPS_diferencial Leica SR510 en 11 estaciones estáticas rápidas y Estación Total.
- Se ubicaron con GPS_diferencial de alta precisión 5 puntos de control identificados en la imagen satelital Google Earth.

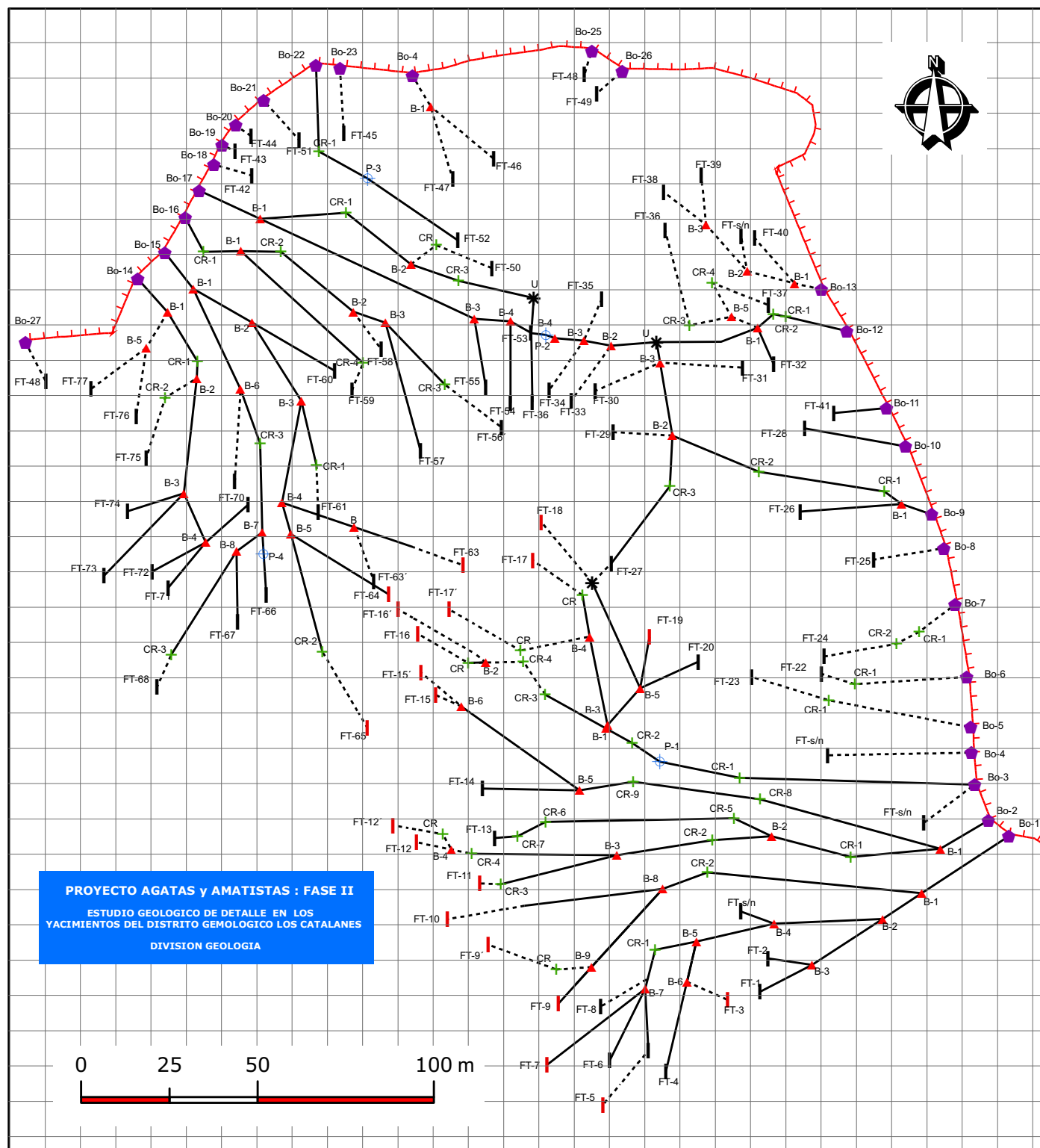
Ver Figura 4.-2.5 y 6 / Anexo.

El resto de tareas / actividades (mapeo-observaciones geológicas, mapeo de las zonas mineralizadas, seguimiento del avance, etc.) serán detalladas en los capítulos 5 y 6.

ANEXO 4 – Canteras Piloto

MAPA DE LABORES SUBTERRANEAS

Cantera Piloto : La Cordillera



PROYECTO AGATAS y AMATISTAS : FASE II
 ESTUDIO GEOLOGICO DE DETALLE EN LOS
 YACIMIENTOS DEL DISTRITO GEMOLOGICO LOS CATALANES
 DIVISION GEOLOGIA

SIMBOLOGIA

- Bo-1 Boca de entrada N° 1 a túneles
- B-1 Bifurcación N° 1 : punto donde 2 o más túneles se separan
- CR-1 Cambio de rumbo N° 1 : variación importante en el eje del túnel
- * Unión de túneles
- FT-1 Frente de trabajo N° 1 : pared al final del túnel, perpendicular a este.
- Frente de trabajo activo
- Frente de trabajo inactivo

- Perforación N° 1 (para "bajada" de aire comprimido)
- Túnel tramo del eje central, aprox. recto, del túnel relevado
- Alta precisión
- Media precisión

Frente de las labores subterráneas

GRILLA : Líneas N-S y E-W, separadas 10 metros

CUADRICULA PLANA LOCAL

Elipsoide : Hayford
 Datum : Yacaré
 Meridiano de contacto : 55,8° W
 Proyección : Gauss-Krüger
 Falso Norte : 10002288,299
 Falso Este : 500000
 Factor de escala : 1,000
 Unidad de medida : metros



Figura 4.-2.1 : Mapa de labores subterráneas - mina La Cordillera

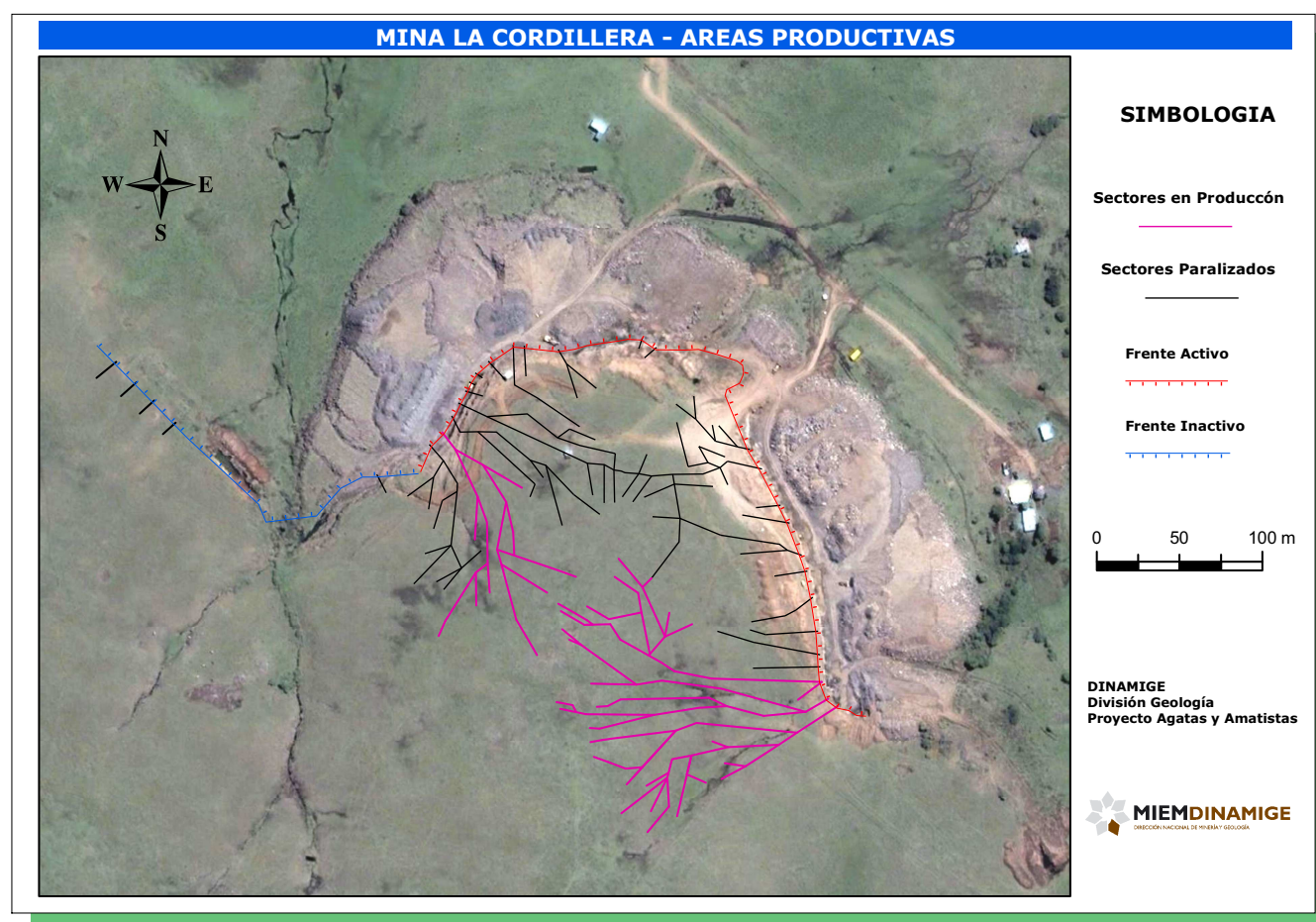
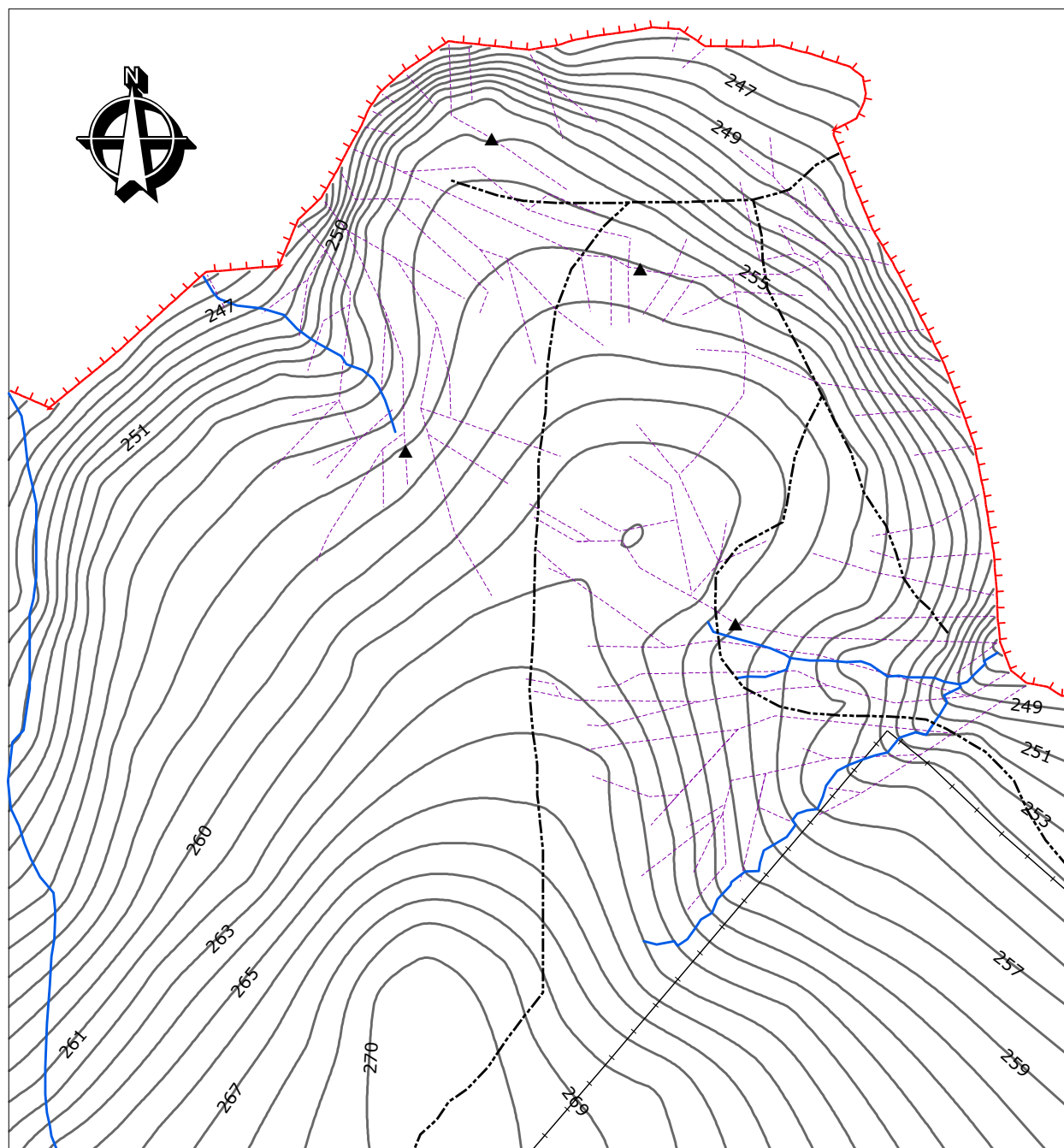





Figura 4.-2.2 : Sectores activos e inactivos en la mina La Cordillera, al 2009.

CURVAS DE NIVEL - MINA LA CORDILLERA



Leyenda

-  Frente Cantera
-  Trazas de Tuneles
-  Cañada
-  Alambrado
-  Curvas de Nivel (metros)
-  Trillo
-  Pozos

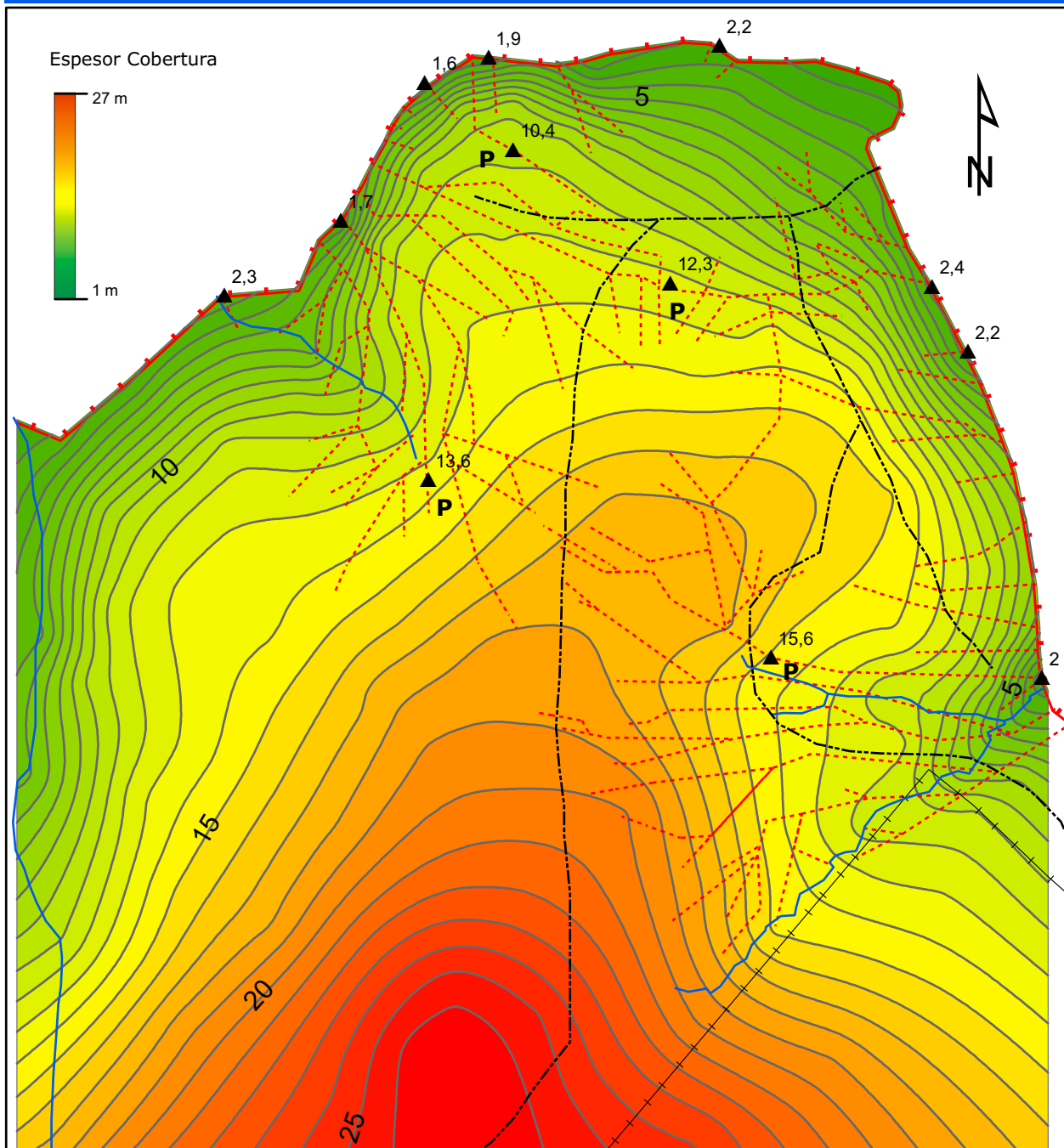
0 25 50 100 m











DINAMIGE
División Geología
Proyecto Agatas y Amatistas

Figura 4.-2.3 : Mapa de curvas de nivel de la mina La Cordillera

ESPESOR DE COBERTURA : Mina La Cordillera



LEYENDA

-  Iso-cobertura
-  Cañada
-  Trazas de Tuneles
-  Frente de Cantera
-  2,3
Puntos de referencia (2,3 m de cobertura)
-  Trillo
-  Alambrado
-  Perforación

0 50 100 m

DINAMIGE
División Geología
Proyecto Agatas y Amatistas



FIGURA 4.2-.4 : Mapa de iso-cobertura en la Mina La Cordillera.

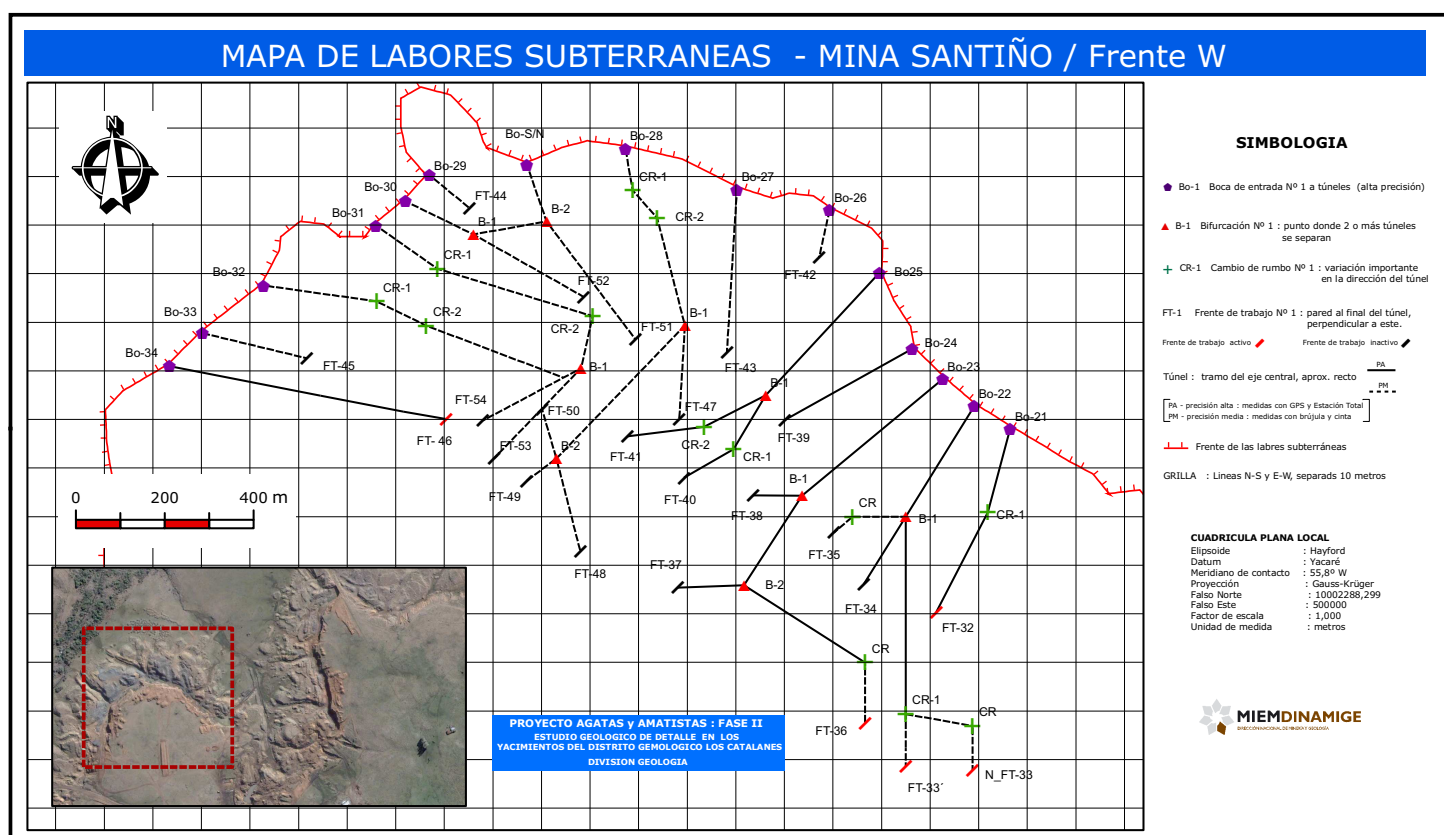
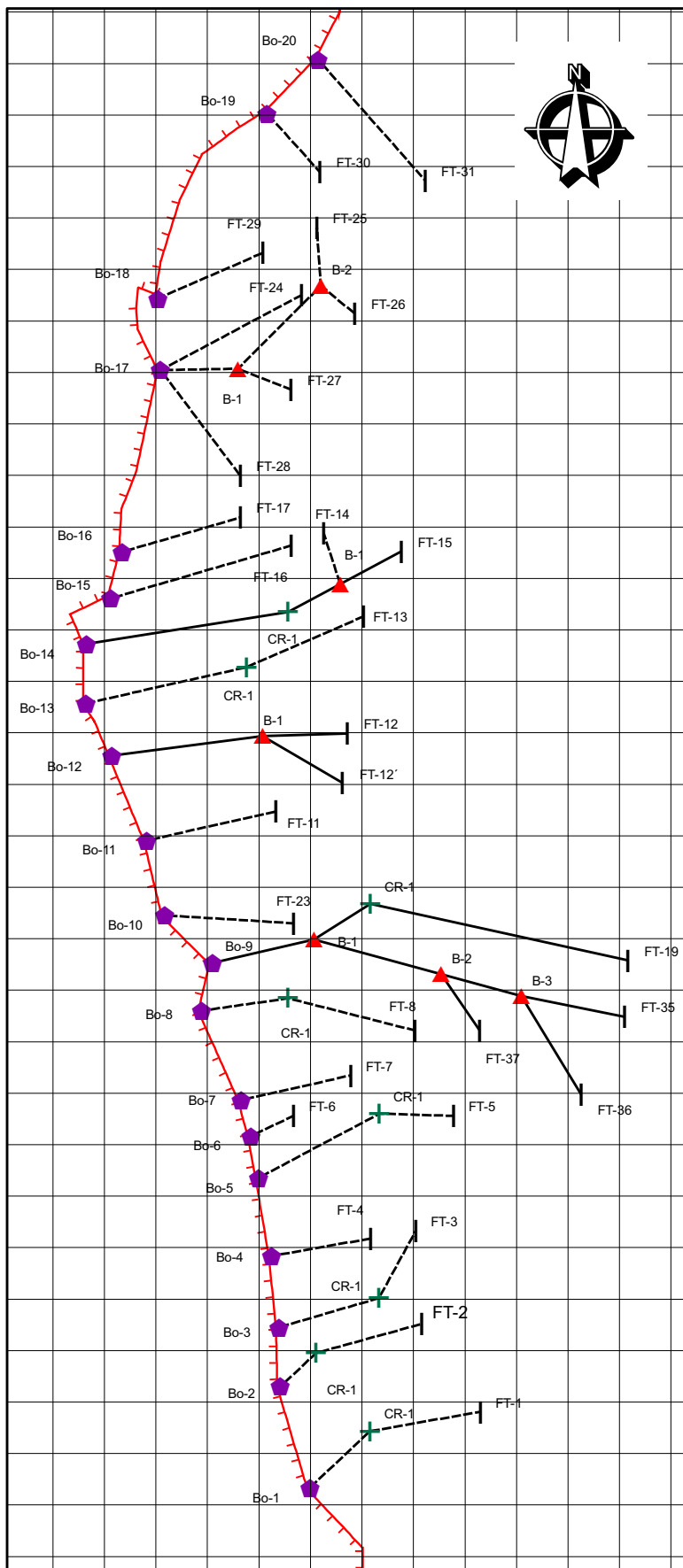


Figura 4.-2.5 : Mapa de Labores Subterráneas - Mina Santiño / Sector W.

MAPA DE LABORES SUBTERRANEAS - MINA SANTIÑO / Frente E



SIMBOLOGIA

- Bo-1 Boca de entrada Nº 1 a túneles (alta precisión)
- B-1 Bifurcación Nº 1 : punto donde 2 o más túneles se separan
- CR-1 Cambio de rumbo Nº 1 : variación importante en la dirección del túnel

FT-1 Frente de trabajo Nº 1 : pared al final del túnel, perpendicular a este.

Frente de trabajo activo — Frente de trabajo inactivo —

Túnel : tramo del eje central, aprox. recto
 PA —
 PM —

PA - precisión alta : medidas con GPS y Estación Total
 PM - precisión media : medidas con brújula y cinta

— Frente de labor subterránea

GRILLA : Líneas N-S y E-W, separados 10 metros



CUADRICULA PLANA LOCAL

Elipsoide : Hayford
 Datum : Yacaré
 Meridiano de contacto : 55,8° W
 Proyección : Gauss-Krüger
 Falso Norte : 10002288,299
 Falso Este : 500000
 Factor de escala : 1,000
 Unidad de medida : metros

PROYECTO AGATAS y AMATISTAS : FASE II

ESTUDIO GEOLOGICO DE DETALLE EN LOS
 YACIMIENTOS DEL DISTRITO GEMOLOGICO LOS CATALANES
 DIVISION GEOLOGIA

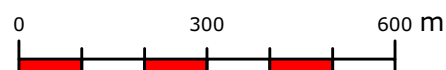


Figura 4.-2.6 : Mapa de Labores Subterráneas - Mina Santiño / Sector E.

5. YACIMIENTOS

5.-1 Características generales

De las 6 coladas identificadas y separadas en el DGLC, 3 de ellas presentan un nivel macrovesicular superior con frecuente relleno silíceo (ágata/calcedonia y cuarzo/amatista) y en algunos sectores, donde la calidad y la cantidad lo permiten, soportan una actividad extractiva.

Los 3 niveles mineralizados o geódicos (niveles mineralizados 2, 3 y 4) se localizan sistemáticamente en la parte superior de las coladas portadoras (coladas portadoras 2, 3 y 4), por debajo de un nivel vesicular/brechoide que marca el fin del derrame.

A continuación se presenta un resumen de las características de los niveles mineralizados.

▪ Nivel Mineralizado 3

El nivel mineralizado localizado en la parte superior de la colada portadora 3, a cotas altimétricas en el entorno de los 200-190 m, es el más intensamente explotado del distrito.

El nivel mineralizado (basalto geódico) presenta espesores muy variables, que pueden situarse entre <0,5 a 7 m. Ver Figura 5.-1.1.

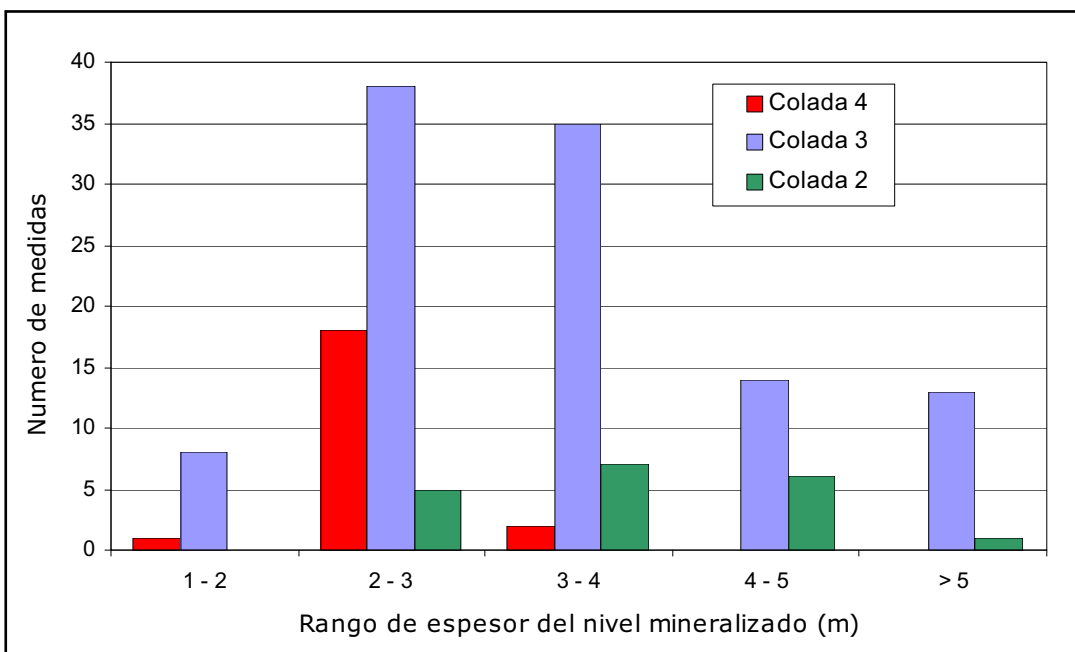


Figura 5.-1.1 : Variación del espesor máximo de los niveles mineralizados medido en 148 frentes, sobre las 3 coladas portadoras.

El nivel geódico de esta colada suele presentarse estructurado en 2 partes, que puede o no estar presente en un mismo perfil y que se describe en forma resumida en el siguiente cuadro (Ver figura 5.-1.2 – Anexo) :

ESTRUCTURACION DEL NIVEL MINERALIZADO 3	
PARTE SUPERIOR	PARTE INFERIOR
<ul style="list-style-type: none"> • Hasta 5 m de basalto con fuerte alteración meteórica 	<ul style="list-style-type: none"> • Hasta 3 m de basalto sin/escasa alteración meteórica y con alteración hidrotermal, localizada ?
<ul style="list-style-type: none"> • Color marrón claro 	<ul style="list-style-type: none"> • Color gris acero, gris verdoso o verde
<ul style="list-style-type: none"> • Textura vesicular 	<ul style="list-style-type: none"> • Textura masiva a masiva vesicular
<ul style="list-style-type: none"> • Predominan las geodas total o casi totalmente rellenas de calcedonia y/o ágata 	<ul style="list-style-type: none"> • Predominan geodas con relleno parcial de cuarzo o amatista • Grandes cuerpos “vacíos” alargados horizontalmente
<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de las geodas, en general no mayor a los 50 cm de eje mayor 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño 0,3 a 1,5 m (además de megageodas de hasta 7-8 m)
<ul style="list-style-type: none"> • Forma de geodas esféricas y elípticas achatadas, fluido-dinámica 	<ul style="list-style-type: none"> • Forma elípticas, cilíndricas, esféricas-aplanadas, irregulares en posición sub- horizontal a horizontal
<ul style="list-style-type: none"> • Estructura sub-horizontal tipo fluidal 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuentes hidrobrechas, zonas ricas en sílice + arcilla verde + pirita y fracturas mineralizadas

Cuadro 5.-1.1 : Resumen de características de la parte superior e inferior del nivel mineralizado 3.

Cuando aparecen en un mismo perfil, el contacto entre las partes mineralizadas, superior e inferior, detallado anteriormente es en general neto y frecuentemente sub-horizontal o suavemente curvo.

▪ Nivel Mineralizado 2

Localizado en el tope de la colada portadora 2, presenta características similares al nivel mineralizado 3.

Se ubica en general a cota altimétrica de entre 160 y 170 m, siendo una de las mayores diferencias con el nivel mineralizado 3, que no presenta megageodas (geodas de varias toneladas).

▪ Nivel Mineralizado 4

El nivel mineralizado, localizado en la parte superior de la colada portadora 4, es explotado actualmente solo en una pequeña zona del distrito, conocida como La Cordillera. Se ubica a cotas aproximadamente 240 m.

Este nivel mineralizado presenta espesores máximos bastante constantes, nunca mayor a los 3 m. y con un promedio de 2 m.

Ver Figura 5.-1.1.

Presenta varias diferencias con los niveles mineralizados anteriormente descritos. Una que más llama la atención es la ausencia de la parte geódica superior, altamente vesicular, muy alterada y que puede alcanzar varios metros de espesor, que aparece frecuentemente en los niveles mineralizados 2 y 3. La mineralización de la parte superior de la colada 4 se restringe a un nivel conformado por basalto masivo, de grano fino, en general con muy escasas vesículas dispersas, muy tenaz, de color gris a gris verdoso. Esto se traduce que todas las explotaciones son en roca “dura” y actualmente solo por métodos subterráneos.

Otro aspecto, distintivo del nivel mineralizado 4, es que la enorme mayoría de las geodas métricas son de forma cilíndrica, en general con la base más ancha y se disponen en posición vertical en el yacimiento.

El tamaño promedio de las geodas de este nivel está en el entorno de los 50 a 200 kg., pero con frecuentes grandes geodas de varios cientos de kilos. En cambio parecería que no existen megageodas de 1000 kg. o más, como han sido encontradas en el nivel mineralizado 3.

Otra característica distintiva mencionada por algunos autores son tamaño de cristal, color y aptitud para la quema. Ver cuadro 5.-1.2.

	NIVEL MINERALIZADO		
	II	III	IV
Colada portadora (tope)	2	3	4
Mineralización ⁽¹⁾	Débil	Moderada/fuerte	Moderada
Continuidad lateral ⁽²⁾	Baja	Moderada-alta	Alta
Cota altimétrica (m)	160/170	190/200	240/250
Espesor nivel mineralizado	2 a 7	1 a 7	2 a 3
Textura nivel mineralizado	Vesicular y/o masivo		Masivo
Tamaño máximo de Geodas (m de eje mayor)	< 1	Hasta 7	< 2
Posición de eje mayor de geoda	Horizontal	Horizontal	Vertical
Presencia de Hidrobrechas	Escasas	Frecuentes	Muy escasas
Presencia de pirita	No	Si	No
Calcita	Muy Abundante	Abundante	Frecuente
Frecuencia de buen color de cristales ⁽³⁾	media	alta	baja
Frecuencia de cristales de buen tamaño ⁽⁴⁾	media	alta	baja
Presencia de ágatas	abundante	abundante	baja
Areniscas (techo)	Muy frecuente		no
Frentes relevados	37	141	21
⁽¹⁾ Mineralización : medida en términos de cantidad / tamaño / calidad ⁽²⁾ Continuidad lateral : persistencia en la horizontal del nivel macrovesicular ⁽³⁾ Parecería más frecuente la amatista de buen color en los niveles II y III, siendo mejor la respuesta a la "quema" de los cristales del nivel IV ⁽⁴⁾ Sería más frecuente encontrar cristales más grandes en los niveles II y III			

Cuadro 5.-1.2 : Principales características de los niveles mineralizados del Distrito Gemológico Los Catalanes.

5.-2 Geometría de los yacimientos

En base a las observaciones realizadas sobre los niveles mineralizados de la colada 4 y de la colada 3 (parte inferior) se pudo definir en forma aproximada la forma del cuerpo mineralizado.

Los cuerpos mineralizados a nivel de yacimiento no son tabulares ni de espesor constante, sino todo lo contrario, su geometría es irregular, con importante disminución del espesor, a veces en cortos tramos laterales.

Estas variaciones, están asociadas con un descenso del contacto entre el nivel mineralizado y el nivel vesicular-brechoide que actúa como techo en las labores mineras subterráneas. En forma esquemática se muestra en la siguiente figura las alternativas geométricas que presentarían los yacimientos :

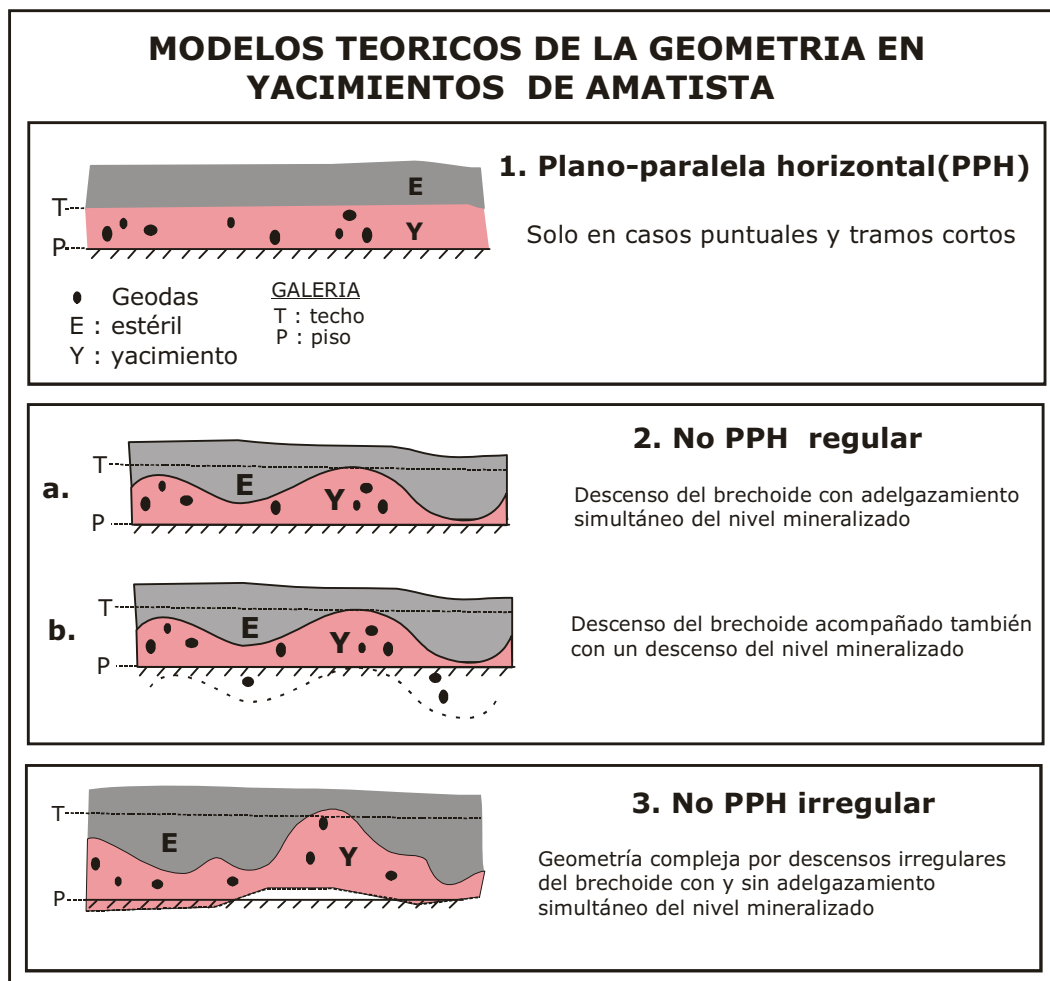


Figura 5.-2.1 Posibles modelos de la geometría de los cuerpos mineralizados con geodas rellenas de amatista.

Lo más frecuente es encontrar una geometría “compleja” con descensos del “brechoide” irregulares y solo en algunos sectores y/o cortos tramos existen zonas con contacto regular plano paralelo.

En las zonas donde se produce un descenso del nivel brechoide (techo del túnel) no se pudo verificar si el nivel mineralizado se adelgaza o mantiene su espesor y acompaña a dicho descenso (ver figura 5.-2.1). Si es correcta esta segunda opción, significaría que en estos sectores la mineralización quedaría por debajo del piso del túnel al ir avanzando la explotación.

Ver demás figuras 5.-2.2 y 3 / Anexo.

Para el nivel mineralizado 4 se tienen algunos datos, producto de la investigación aplicada con georadar en el piso de la Mina La Cordillera. Los resultados provisionarios indicarían que la mineralización, salvo algunas excepciones, se restringe al nivel explotado. Por lo que el nivel mineralizado no acompañaría el descenso del brechoide.

5.-3 Distribución espacial de la mineralización

Otro aspecto muy importante es la distribución espacial de la mineralización dentro del nivel geódico. En este sentido hay que distinguir entre :

- Zonas con mineralización “económica”, en donde las geodas presentan las condiciones adecuadas (calidad/tamaño) que justifique el costo de extracción. Estas zonas “ricas” son denominadas por los mineros como zona de manchas.
- Zonas con mineralización silíceas de baja calidad representada por geodas pequeñas, de forma irregular, totalmente rellenas de cuarzo, huecos vacíos tapizados generalmente con una fina capa de ágata/calcedonia y que pueden alcanzar varios metros de eje mayor (“barreros” en la terminología minera), filones y formas irregulares de sílice.
- Zonas mixtas con mineralización económica, barreros y rellenos silíceos, etc.
- Zona totalmente estéril, donde la roca presenta características lito-texturales idénticas al basalto con geodas, pero prácticamente ningún tipo de mineralización silícea.

Aquellos sectores donde la mineralización es de baja calidad o no existe mineralización (basalto portador “seco” y/o descenso importante del brechoide) son denominados por los mineros como zonas de “falla”

En base a observaciones en los túneles, frentes de trabajo y frentes exteriores de las canteras piloto se realizó un perfil geológico esquemático de la posible geometría de los yacimientos de amatista (ver Figura 5.-3.1).

La presencia de sectores con alteración hidrotermal en forma de “halos” alrededor de las zonas de “manchas” es supuesta.

Por otra parte, si se considera solo aspectos minero-económicos el perfil puede ser representado por dos tipos de zonas que se alternan en profundidad : zona de manchas y zonas de falla como se muestra en la imagen inferior.

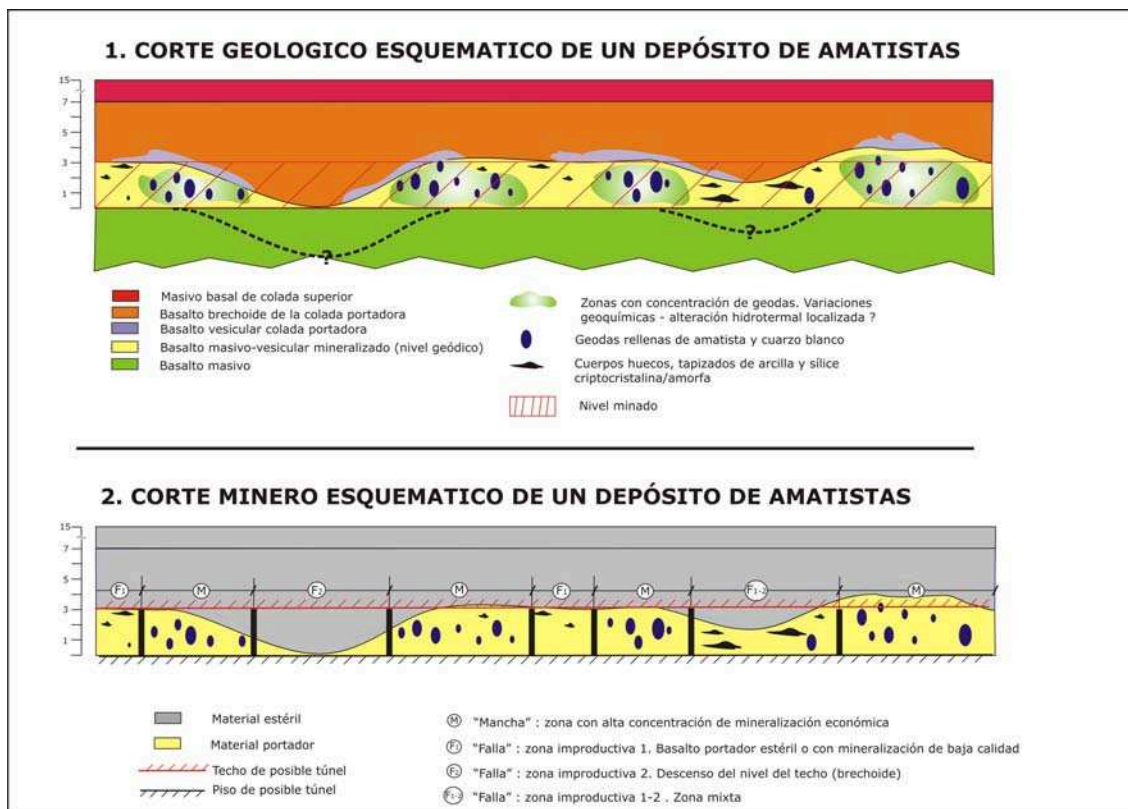


Figura 5.-3.1 : Perfil esquemático geológico y minero de un yacimiento de geodas de amatistas.

Por otra parte se constató que al ir progresando la explotación hacia el interior del cuerpo mineralizado, se alternan zonas donde existen geodas de buena calidad ("manchas") con zonas improductivas o estériles ("fallas"). En este sentido, se realizó un relevamiento de la mineralización de cada sector ya explotado, en la totalidad de la mina La Cordillera y de parte de la mina Santiño. En dicho relevamiento, se separó en conjunto con los mineros, túneles (o tramos de túneles) que presentaron mineralización económica de aquellos improductivos. Dicha información fue posicionada sobre la carta de labores subterráneas de cada mina, con la que se elaboró un mapa de la productividad del yacimiento ya explotado, separándose 3 tipos de sectores : zonas de "manchas", zonas de "falla" y zonas sin datos.

El largo de cada zona es muy variable, pero en general estaría en el orden de algunos pocos metros, aunque se han atravesado zonas de "falla" de más de 50 m de longitud.

Además, la posición espacial y la longitud de estas zonas es variable aún en túneles paralelos y muy próximos entre sí (a veces separados unos pocos metros). Ver Figuras 5.-3.2 y 3 / Anexo.

Para la mina La Cordillera, donde se posee más y mejor información se elaboró un mapa de la posible distribución de la mineralización económica dentro del cuerpo en explotación. Para ello se realizó un mapa en base a la interpolación entre las diferentes zonas de manchas y fallas mapeadas a lo largo de los túneles. Dicho mapa representa en forma aproximada una vista en planta del nivel horizontal explotado y de cómo se distribuiría la mineralización económica a lo largo del mismo.

Fueron delimitadas 3 tipos de áreas :

- Zonas de Potencial Alto, que corresponden a zonas donde existe alta probabilidad de ubicar mineralización económica o zonas de "manchas".
- Zonas de Bajo Potencial : zonas con alta probabilidad de ser improductivas o zonas de "fallas".
- Zonas Indefinidas : zonas sin información que permita precisar la probabilidad de mineralización.

En principio, no parece existir un padrón regular de la distribución de la mineralización económica. Se observa una gran zona central mineralizada con ramificaciones y variaciones importantes en el ancho. Y áreas mineralizadas más pequeñas, separadas del área mayor por zonas improductivas. Ver Figuras 5.-3.4 / Anexo.

ANEXO 5 – Yacimientos

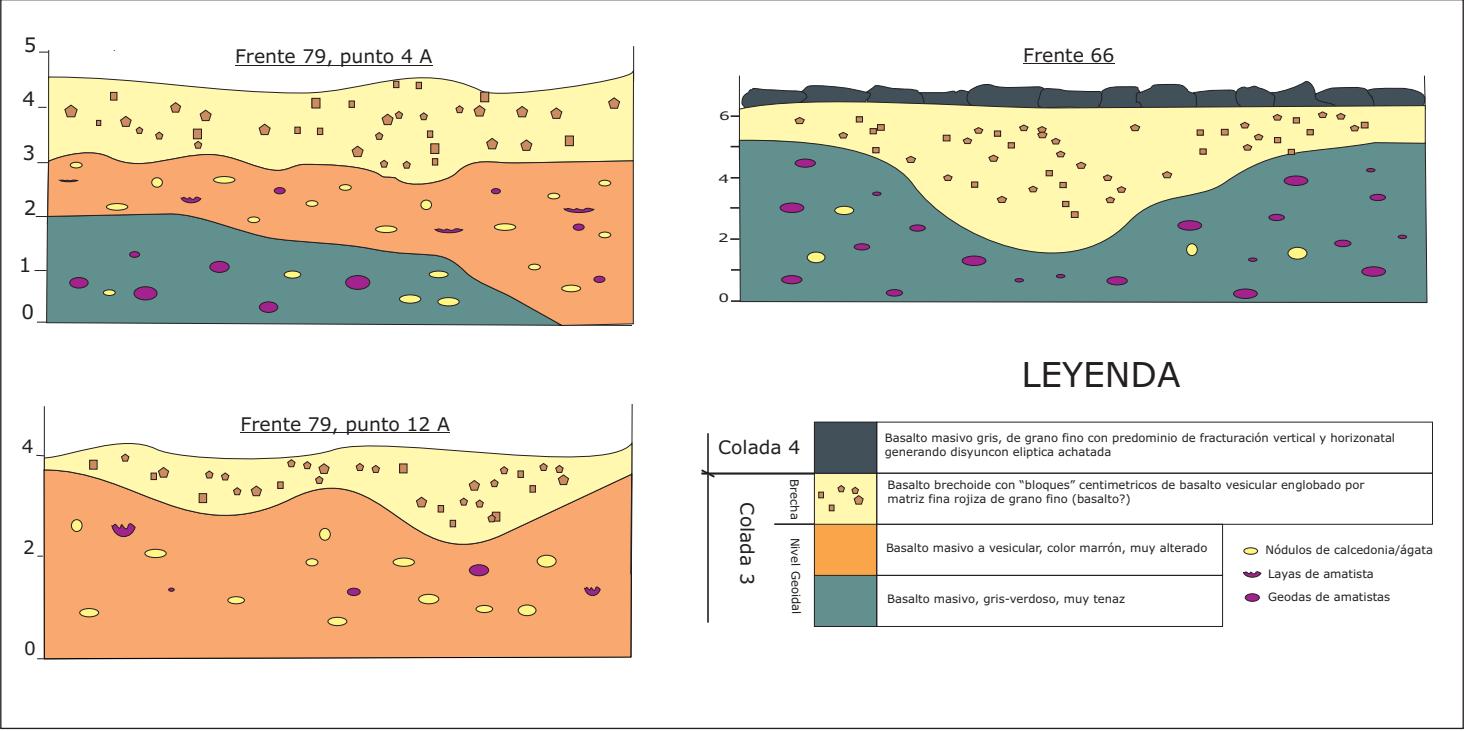


Figura 5.-1.2 : Perfiles esquemáticos de frentes extractivos sobre la colada 3. Se observa la estructuración en dos partes del nivel mineralizado (geoidal) y la forma irregular del contacto nivel geoidal-brechoide.

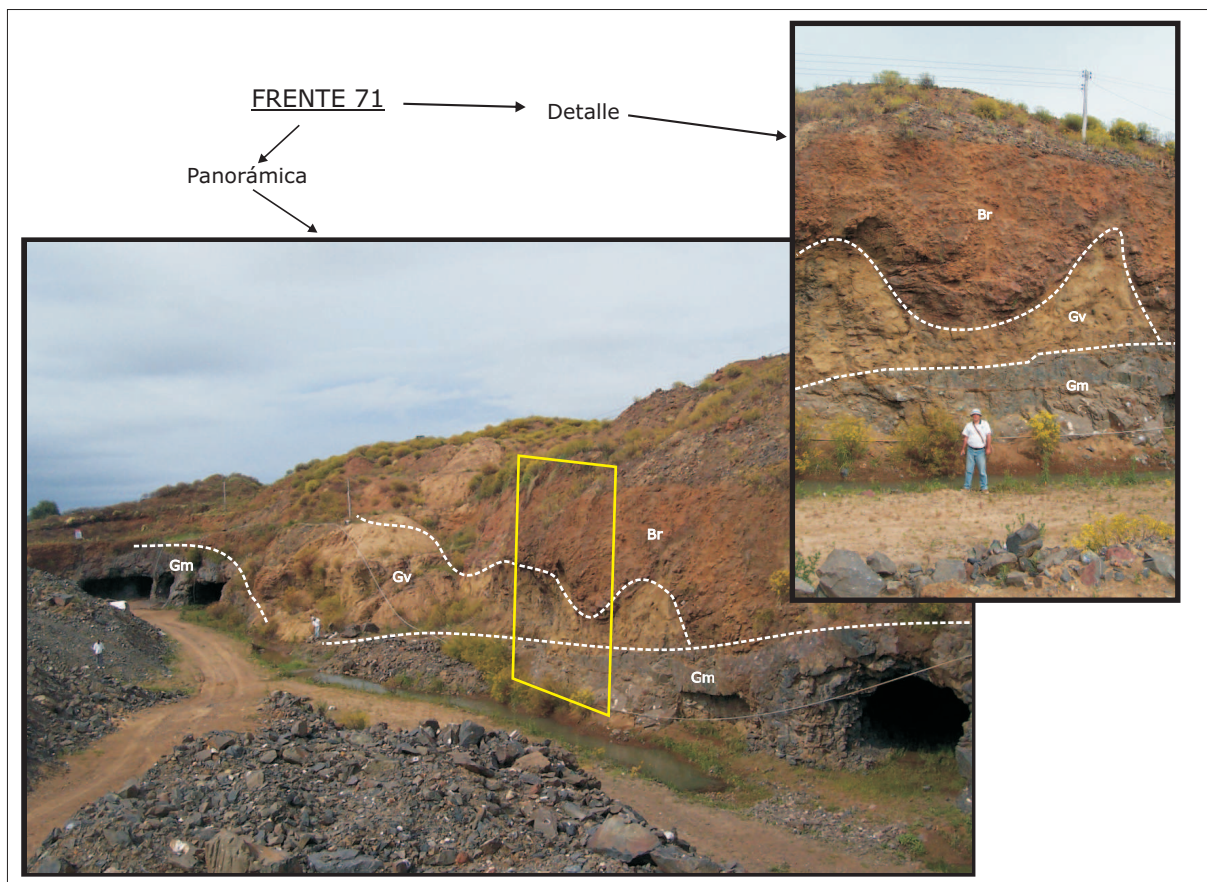


Figura 5.2-2 : Fotografía de cantera con galería sobre colada 3. Obsérvese el contacto irregular entre el nivel brechoide y el nivel geódico, la estructuración en dos partes del nivel mineralizado y la "curvatura" del nivel geódico inferior . En la parte superior-derecha detalle, que se corresponde aproximadamente con el rectángulo amarillo (Gm=geódico masivo / Gv=Geódico vesicular / Br=Brechoide). Ver Figura 5.2-3.

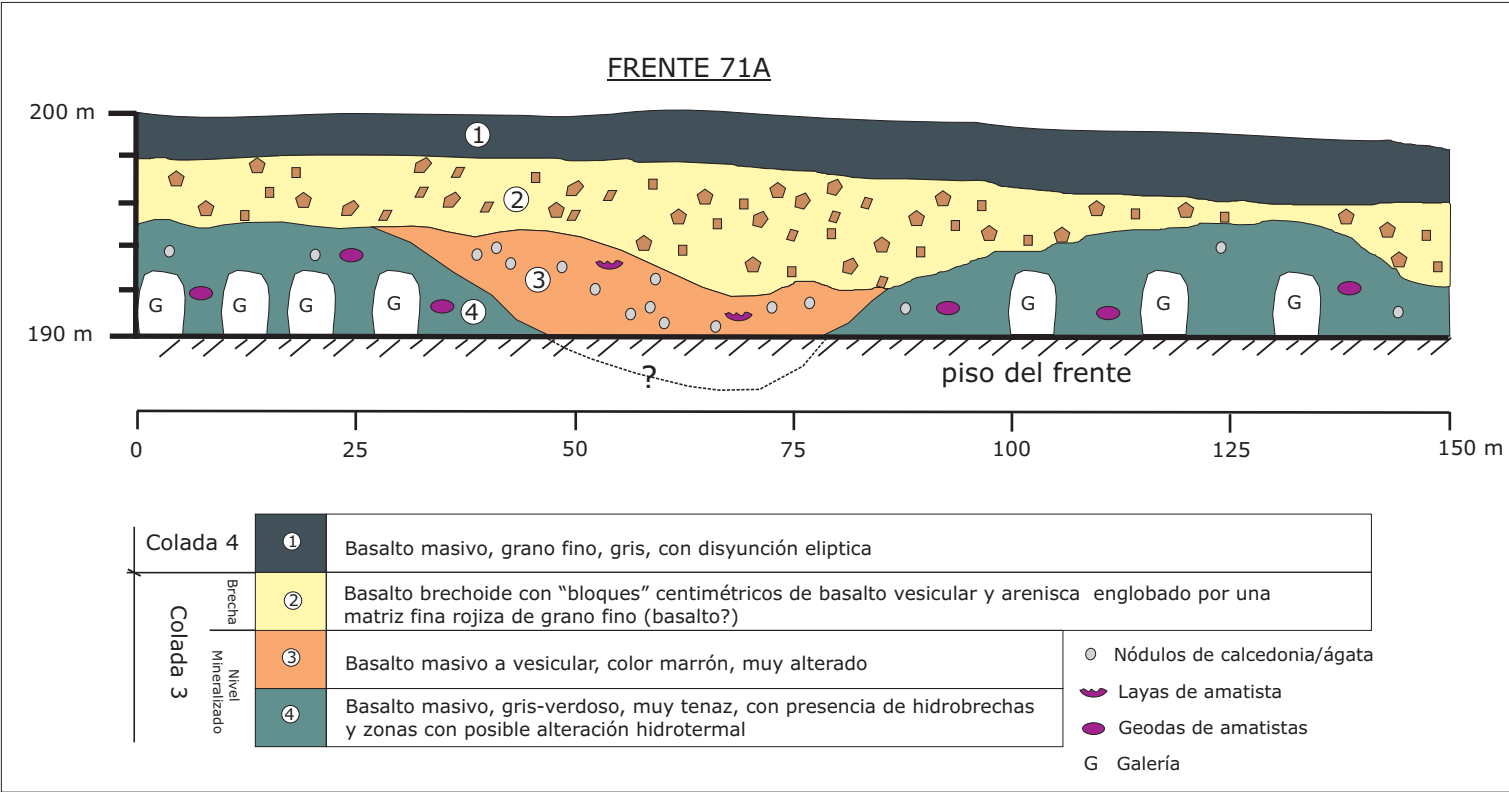
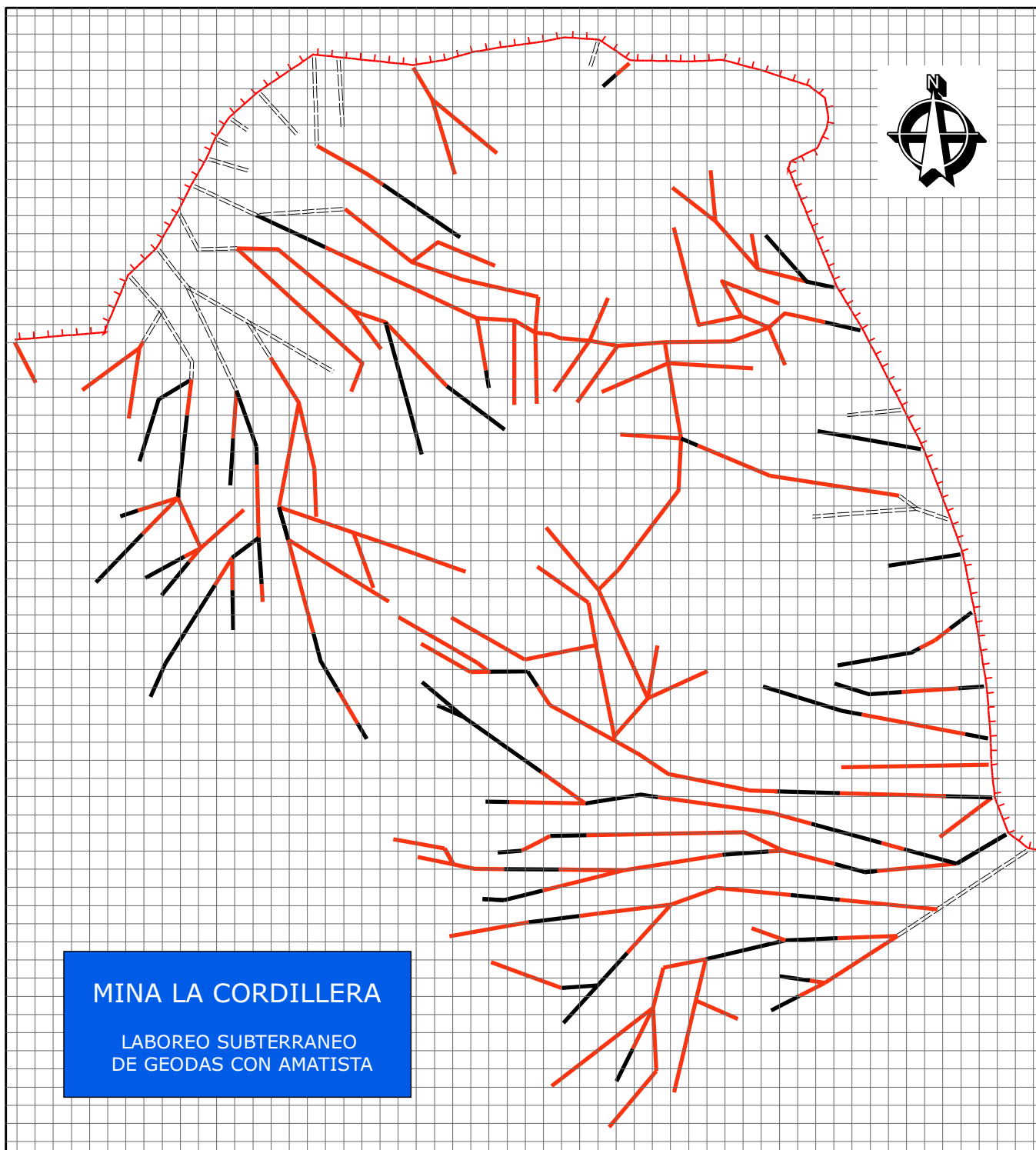


Figura 5.-2.3 : Perfil esquemático de frente con galerías sobre la colada 3. Se observa la estructuración en dos partes del nivel mineralizado (geódico) y la forma irregular del contacto nivel geódico-brechoide. (Ver Figura 5.2-2).

MAPA DE DISTRIBUCION ESPACIAL DE SECTORES PRODUCTIVOS E IMPRODUCTIVOS



MINA LA CORDILLERA

LABOREO SUBTERRANEO
DE GEODAS CON AMATISTA

Legenda

Sector trabajado

— Productivo

— Improductivo

=== Sin Datos

— Frente de cantera

— malla cuadrada de 5 x 5 metros

0 50 m



DINAMIGE
División Geología
Proyecto Agatas y Amatistas

Figura 5.-3.2 : Distribución de zonas productivas e improductivas en los túneles de la Mina La Cordillera

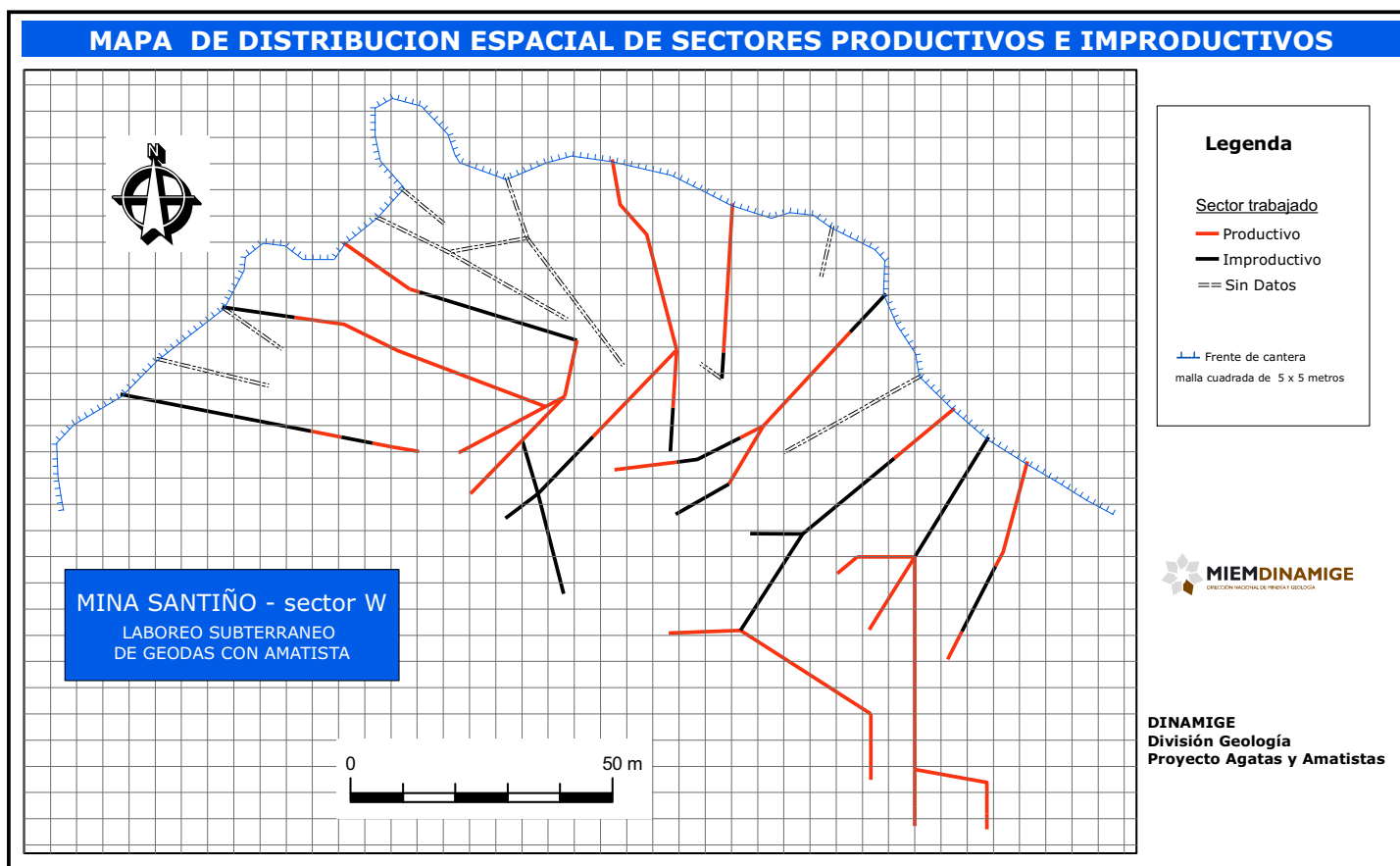
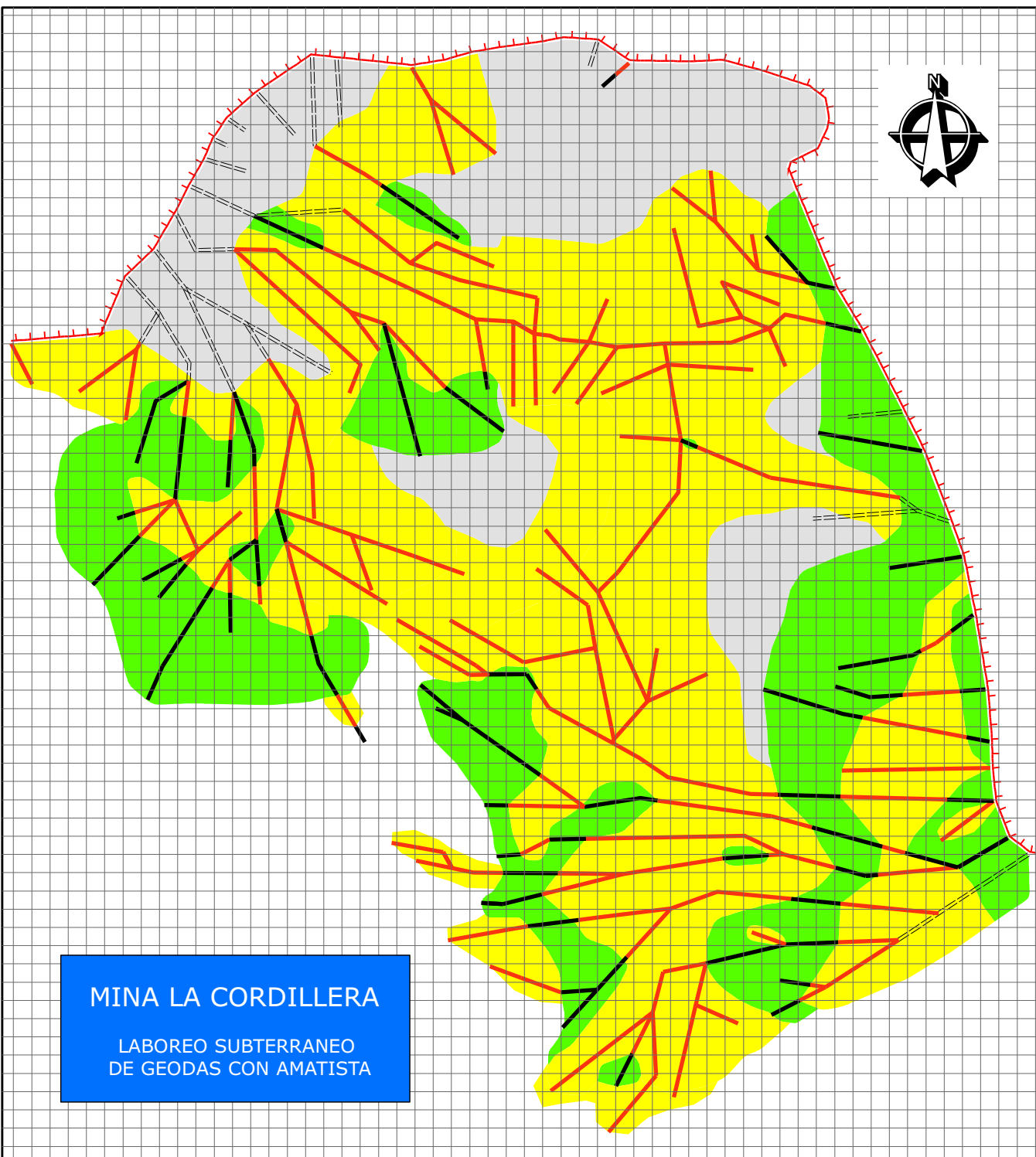


Figura 5.-3.3 : Distribución de zonas productivas e improductivas en los túneles de la Mina Santiño

MAPA DE DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA MINERALIZACION ECONOMICA DE AMATISTA



MINA LA CORDILLERA

LABOREO SUBTERRANEO
DE GEODAS CON AMATISTA

Legenda

Sector trabajado

- Productivo
- Improductivo
- Sin Datos

Potencial de mineralización

- Alto
- Bajo
- Indefinido

--- Frente de cantera

mallla cuadrada de 5 x 5 metros



MIEMDINAMIGE
DIRECCIÓN NACIONAL DE MINERÍA Y GEOLOGÍA

DINAMIGE
División Geología
Proyecto Agatas y Amatistas

Figura 5.-3.4 : Distribución potencial de la mineralización en la Mina La Cordillera

6. MINERALIZACIÓN

6.-1 Generalidades

En el distrito gemológico de Los Catalanes se explota y comercializa una gran variedad de productos que tienen en común pertenecer a la familia de la sílice (cuarzo). Las distintas variedades de cuarzo extraído/comercializado se diferencian en base a su grado de cristalización (calcedonia/ágatas vrs. cuarzo cristal) y color (cuarzo incoloro vrs. amatista).

En las dos canteras piloto estudiadas, el producto de explotación es principalmente piezas enteras (geodas) rellenas de amatistas y en menor medida de cuarzo cristal.

Estas geodas son de diferente tamaño y forma, rellenas parcialmente, desde la periferia al centro de calcedonia/ágata-cuarzo blanco-amatista. La cáscara puede estar cubierta con una película de color verde (celadonita ?). Además en general, a las geodas se les deja una delgada capa exterior de basalto, principalmente cuando son muy grandes o el nivel de ágata es muy delgado.

Las geodas de buen tamaño y calidad de cristalización son vendidas como piezas enteras para ornamentación / colección o pueden ser “desmontadas” (fragmentación de la pieza) para la extracción de picos para lapidación.

En algunos yacimientos (como la mina La Cordillera) es muy frecuente que la piedra de color claro tenga buena respuesta a la quema y pueda ser transformada y comercializada como falso citrino, a través de un proceso térmico.

No todas las piezas halladas en el yacimiento tienen un valor tal que justifique su descalce del macizo rocoso. Estos cuerpos conocidos comúnmente como “geodas” son evaluados con criterios económicos, en el propio yacimiento, para decidir si conviene o no invertir tiempo y dinero en su extracción. Estos criterios son variados y de difícil cuantificación ya que dependen en general del buen “ojo” del minero.

Según Juchem-1999 el proceso de calificación de amatista es realizado en cuatro etapas en las cuales se evalúa :

- a. Calidad de la geoda.
- b. Calidad y variedad del relleno mineral de la geoda.
- c. Calidad de los cristales.
- d. Calidad de las puntas de los cristales.
- e. Respuesta a la quema

EVALUACION DE GEODAS		
CARACTERISTICA	ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS
Tamaño	<ul style="list-style-type: none"> Mayor de 0,5 m o mejor 1,0 m (+ de 50 kg) 	<ul style="list-style-type: none"> Centimétrico a decimétrico
Forma	<ul style="list-style-type: none"> Regular Exótica 	<ul style="list-style-type: none"> Irregulares
Corteza exterior	<ul style="list-style-type: none"> Regular y homogénea 	<ul style="list-style-type: none"> Irregular
Casco	<ul style="list-style-type: none"> Poco espeso Regular 	<ul style="list-style-type: none"> Muy espeso Irregular
EVALUACION DE LA MINERALIZACION DE LA GEODAS		
MINERALIZACION	ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS
Calcedonia/ágata	<ul style="list-style-type: none"> Capa fina Capa gruesa con diseño atractivo 	<ul style="list-style-type: none"> Capa espesa de baja calidad
Cuarzo blanco	<ul style="list-style-type: none"> Ausencia o capa fina 	<ul style="list-style-type: none"> Capa espesa
Amatista	<ul style="list-style-type: none"> Capa espesa Cristales bien formados y grandes 	<ul style="list-style-type: none"> Capa fina Cristales muy pequeños y/o intercrecidos
Otros minerales	<ul style="list-style-type: none"> Color y hábito adecuado Distribución localizada 	<ul style="list-style-type: none"> Capas o pátinas continuas que recubren la mineralización principal
EVALUACION DE LOS CRISTALES DE AMATISTA		
CARACTERISTICAS	ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS
Color	<ul style="list-style-type: none"> Violeta intenso Homogéneo 	<ul style="list-style-type: none"> Violeta pálido Zonas muy contrastantes (manchas)
Limpidez	<ul style="list-style-type: none"> Pocas fracturas Pocas inclusiones 	<ul style="list-style-type: none"> Fracturamiento intenso
Tamaño	<ul style="list-style-type: none"> Cristales grandes y bien formados 	<ul style="list-style-type: none"> Cristales muy pequeños y/o intercrecidos
EVALUACION DE LAS PUNTAS DE CRISTALES DE AMATISTA		
CARACTERISTICAS	ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS
Color	<ul style="list-style-type: none"> Violeta intenso Homogeneo 	<ul style="list-style-type: none"> Violeta pálido Zonación y distribución irregular
Limpidez	<ul style="list-style-type: none"> Buena transparencia Ausencia de fracturas e inclusiones 	<ul style="list-style-type: none"> Poca transparencia Fracturas e inclusiones
Tamaño	<ul style="list-style-type: none"> Diámetro mayor a 1 cm 	<ul style="list-style-type: none"> Diámetro menor a 1 cm

Cuadro 6.-1.1 : Principales criterios para la evaluación geodas de amatista

6.-2 Características del material explotado en las canteras piloto

Uno de los principales elementos que se tuvieron en cuenta para la selección de las canteras pilotos fue la continuidad en el tiempo de la extracción. Esto permitió obtener abundante información acerca de las características de los productos extraídos en un periodo de tiempo relativamente corto.

Para levantar la información se elaboró una planilla (Ver Figura 2.-2.8 / Anexo del Capítulo 2) la cual era rellena diariamente por el propio minero. La información que debía recoger el minero era tamaño, peso, posición y disposición espacial en el frente y calidad de cada pieza extraída. Como información complementaria se incluyó período de extracción y nombre del operario. Además, se realizó una planilla para cada frente de trabajo para conocer las características de las geodas extraídas en cada sector del yacimiento Ver Figura 6.-2.1 / Anexo.

Este seguimiento diario del material extraído fue complementado con visitas periódicas a las canteras piloto, de ajuste, coordinación y evaluación con el propio minero.

Para la cantera La Cordillera se logró una muy buena coordinación con el minero, con un seguimiento de la extracción durante casi 1 año lo que permite tener una idea precisa sobre las características de las piezas extraídas. Lamentablemente, para la otra cantera no se logro coordinar el seguimiento con los mineros. Por lo que la información sobre las características de las geodas extraídas en la Mina Santiño, se basa solamente en las observaciones del material que aún estaba en la cantera durante las visitas periódicas.

A. Mina La Cordillera

Para esta labor minera se realizó un seguimiento diario de las piezas extraídas desde octubre de 2008 a setiembre de 2009, esto equivale a aproximadamente 275 días de trabajo. La información proviene de 22 frentes de trabajo, con actividad durante algún día dentro del período de seguimiento.

En el período considerado se extrajeron de la mina 655 piezas, lo que representó un total de 102.355 kg de geodas de amatista. Los tamaños variaron entre un mínimo de 40 kg a un máximo de 1100 kg, con un promedio para todo el yacimiento de 157 kg. En la tabla siguiente se muestra un resumen de los pesos de las piezas extraídas de la mina discriminadas por frente de trabajo:

Frente N°	Cantidad de geodas	Peso en Kg		
		Total	Rango	Promedio
3	5	550	80 a 150	110
4	25	3960	60 a 400	158
7	3	420	100 a 180	140
9	5	400	60 a 90	80
9'	11	2160	80 a 450	197
11	2	250	120 a 130	125
12	22	4050	35 a 1000	185
12'	13	1960	60 a 400	151
15	35	4365	45 a 400	125
15'	11	2410	50 a 700	219
16	28	4120	60 a 300	147
16'	25	4460	40 a 1000	179
17	69	11.190	40 a 650	163
17'	68	12.040	40 a 1100	177
18	95	11.780	50 a 700	124
19	41	5230	50 a 700	128
20	2	500	100 a 400	250
27	25	4.130	40 a 100	165
63'	16	3.140	60 a 400	197
63	129	21.530	50 a 500	167
64	13	1.710	50 a 250	132
65	12	2.000	70 a 350	167
TOTAL	655	102.355	40 a 1100	157

Tabla 6.-2.1 : Resumen del tamaño de la piezas “arrancadas” en la mina La Cordillera

En la figura 6.-2.2 / Anexo se representa en forma gráfica la cantidad de kg de geodas arrancadas por frente de trabajo. Si bien existe una relación entre cantidad de geodas arrancadas y concentración de geodas por frente

de trabajo, también influye, a veces en forma importante, la destreza del operario de cada frente para extraer más geodas en menos tiempo. Ya que en general cada operario se lo destina a un mismo frente.

Teniendo en cuenta esta salvedad, se podría concluir en principio que los frentes de trabajo 17, 17', 18 y 63 fueron los más "ricos".

Si tenemos en cuenta el total del yacimiento, se puede observar en la Figura 6.-2.3 /Anexo, que la gran mayoría de las piezas (alrededor del 75 %) presentan pesos comprendidos entre 50 y 200 Kg. Por otra parte, un pequeño porcentaje (el 2 %) es mayor a 500 Kg. y apenas el 0,6 % mayor a 1000 Kg.

Si tenemos en cuenta el tamaño de las geodas medidas en base a su eje mayor vemos que la gran mayoría (más del 80 %) presentan tamaños comprendidos entre 0,5 y 1,0 m. Cerca del 13 % presentan tamaños mayores a 1 m y alrededor de un 5 % tamaños menores a 0,5 m.

La pieza más grande extraída midió 1,6 m y la menor 0,25 m, siendo el promedio para el yacimiento de 0,80 m. Ver Figura 6.-2.4 / Anexo.

Otro aspecto evaluado fue la posición en el frente de trabajo, la disposición del eje mayor y la calidad de la mineralización de la pieza extraída.

La gran mayoría de las geodas se localizaron en la zona central del frente de trabajo, en una faja de aproximadamente 1,5 m de espesor y a unos 0,5 m tanto del piso como del techo del túnel.

Casi la totalidad de las piezas presentan el eje mayor de forma vertical, es decir paralelo al frente de trabajo y perpendiculares al piso o techo del túnel.

En lo que respecta a la calidad, en la mina se manejan 3 categorías : primera, segunda y tercera. Esta división se realiza para poder definir un valor de la pieza y calcular el monto que percibirá el operario que la extrajo. No es posible relacionar estas categorías con la clasificación comercial de la amatista que se maneja comúnmente: Súper-Extra, Extra, 1ra, 2da, etc.

En general los colores de amatista más fuertes se incluyen dentro de la categoría primera, las piedras con colores "débiles" se clasifican como de tercera y las piedras con coloración intermedia en la categoría segunda.

Por otra parte en esta mina es común la presencia de piedras “claras” pero con muy buena respuesta a la quema, para la elaboración del falso citrino. Estas piedras se incluirían también en la categoría primera.

En base a esta clasificación, más de la mitad de las geodas extraídas serían de primera categoría, el 41 % de segunda y apenas un 5 % de tercera. Ver Figura 6.-2.5

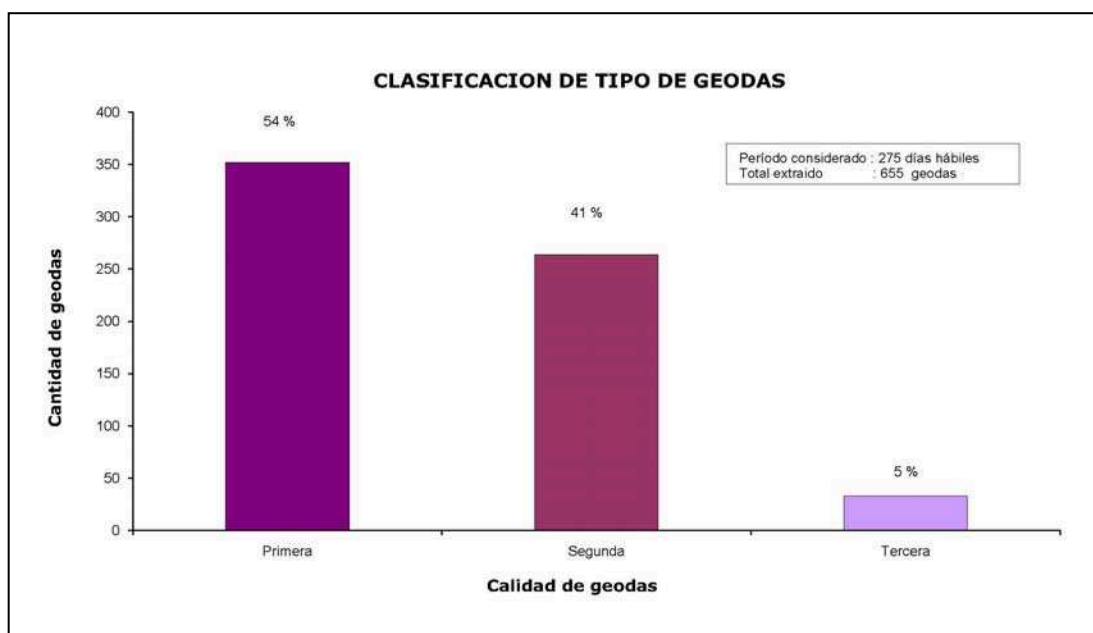


Figura 6.-2.5 : Distribución de la calidad de las geodas en la mina La Cordillera

También se realizó una evaluación de las formas de las geodas a través de observaciones periódicas de las piezas que se almacenaban en el taller, ya descascaradas y prontas para exportar.

Como ya se dijo, la gran mayoría de las geodas presentan un eje mayor que los otros y éste está dispuesto en forma vertical.

La forma que predomina es cilíndrica o cónica, con una base ancha y un extremo superior fino. Es común la presencia de una prolongación lateral en la base a manera de “pie”. También se encuentran geodas “compuestas” en donde la parte superior presenta varias (en general 2 o 3) “chimeneas” . Raras veces se encuentran geodas isométricas de sección cuadrada o cuerpos esféricos o elípticos. Ver Figuras 6.-2.6 y 6.-2.7 / Anexo

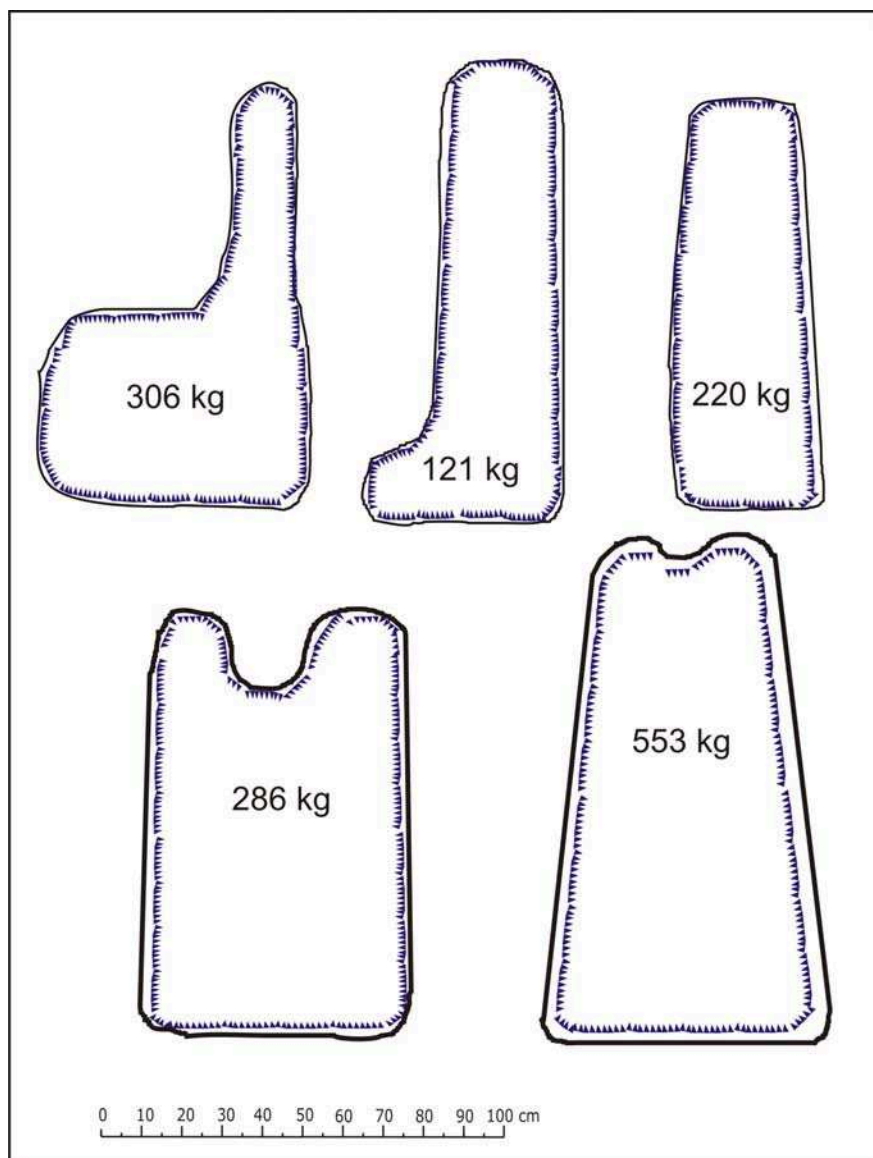


Figura 6.-2.6 : Formas más comunes de las geodas de la mina La Cordillera

B. Mina Santiño

Por distintos motivos no se logró una coordinación adecuada con el minero, por lo que no se tiene información, de las características de las geodas, tan detallada y precisa como en la mina Cordillera.

Para esta mina la información que se dispone se basa en las observaciones realizadas durante el relevamiento de las galerías, las observaciones realizadas durante las vistas periódicas y la información suministrada por los mineros.

La forma y tamaño de las piezas extraídas en esta mina (así como en otras minas ubicadas en el mismo nivel mineralizado) son extremadamente variadas.

En cuanto al tamaño varía desde pequeñas geodas de forma esférica a elípticas conocidos como “bollos” con pesos de 30 a 50 Kg. y diámetro de 30 a 50 cm. hasta enormes piezas de más de 10.000 Kg. y eje mayor de hasta 7 m. En general predominan las piezas desde 50 kg. hasta algunos cientos de kg. Siendo las formas más comunes esféricas, elípticas, cilíndricas y compuestas. Ver Figura 6.-2.8 A y B / Anexo.

En particular se puede destacar las “megageodas” piezas gigantes, que posiblemente sean únicas en el mundo y que presentan dimensiones métricas y pesos de varias toneladas. Este tipo de pieza se extrae en forma frecuente en la mina Santiago, pero también aparece en varias minas que explotan el mismo nivel mineralizado de dicha mina.

Ver Figura 6.2-9 y 6.-2.10 / Anexo.

En general la mineralización se ubica en la parte media a media-inferior del nivel mineralizado y cuando presentan un eje mayor este se dispone casi siempre en forma perpendicular al frente de trabajo.

La calidad es extremadamente variada, con muy frecuente presencia de cristales de calcita, que pueden adquirir grandes dimensiones cuando aparecen en las megageodas. Cabe resaltar, que otra característica que hace único a este distrito es que si bien el color de la amatista es muy variado, es muy frecuente la presencia de colores violeta-azulado muy intensos (calidad primera, extra y super-extra).

6.3 Modelos Genéticos - nuevas ideas

Las hipótesis genéticas tradicionales relacionan en forma directa el origen de las geodas rellenas con amatistas al evento efusivo Arapey (Serra Geral). Estas hipótesis con algunos matices pueden agruparse como modelos de tipo magmático, donde la mineralización se originó durante el emplazamiento y enfriamiento del derrame.

En los últimos tiempos se han ejecutado varios trabajos de investigación tanto en los yacimientos de Ametista do Sul (Brasil) como Los Catalanes (Uruguay). Estos nuevos estudios, con un importante soporte analítico (ver cuadro 6.-3.1) apuntan a que la génesis de estos yacimientos (en especial la mineralización), sería mejor explicado por un modelo de tipo “hidrotermal” pos evento efusivo.

La idea básica, es que la mineralización es resultado de percolación de agua subterránea desde el acuífero infrayacente (Acuífero Guaraní). Este fluido (agua y vapor?) caliente y presurizado disuelve y transporta sílice a través de las discontinuidades (preexistentes o creadas por la presión del fluido) hasta las zonas donde actualmente se localizan los depósitos. Además de la mineralización, el resultado de esta circulación de agua subterránea caliente, sería una importante alteración hidrotermal de baja temperatura, en la roca hospedera, generando varios minerales secundarios como esméctita, celadonita, zeolitas y minerales de la sílice. Algunas dataciones ^{40}Ar - ^{39}Ar en celadonitas alrededor de geodas de amatistas en Rio Grande do Sul, indican que la mineralización se habría producido mucho después del evento efusivo, reforzando el modelo hidrotermal. (Vasconcelos -1998)

TRABAJO / ZONA DE ESTUDIO	ESTUDIO ANALITICOS	INTERPRETACION
Juchem 1999 / Ametista do Sul	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de inclusiones fluidas en cuarzo, amatista. - Isótopos estables O en ágata, cuarzo y amatista. - Isótopos estables C en calcita. - Estudio geoquímico - mineralógico en fase silicosa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de la mineralización < 100 ° C - Fuente de fluido: fluido magmático residual más posibles aportes externos. - Origen de la sílice : El propio basalto +- areniscas
Gilg et al 2003 / Ametista do Sul	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de inclusiones fluidas en cuarzo, amatista. - Estudios geoquímicos en basalto y arenisca. - Estudio de TTRR en basalto, arenisca y calcita - Isótopos estables O y C en calcita. - Estudios de Rb-SR isótopos en basalto, arenisca y calcita. 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de la mineralización < 100 ° C - Origen fluido : agua meteórica. - Origen de la sílice : El propio basalto +- areniscas
Fischer et al 2010 / Ametista do Sul	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de inclusiones fluidas en cuarzo, amatista. - Estudio geoquímico-mineralógico en cuarzo, amatista y calcedonia. - Estudio de TTRR en cuarzo, amatista y calcedonia. - Estudios de Rb-SR isótopos en basalto, cuarzo, amatista y calcedonia 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de la mineralización < 100 ° C - Origen fluido : agua meteórica. - Origen de la sílice : El propio basalto.
Morteani et al 2009 / Los Catalanes	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios geoquímicos en basalto. - Estudio de TTRR en calcita. - Isótopos estables O y C en calcita. - Estudios de Rb-SR isótopos en basalto, arenisca y calcita. 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de la mineralización < 120 ° C - Origen fluido : agua meteórica. - Origen de la sílice :
Duarte 2008, Duarte et al 2011 / Los Catalanes	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de inclusiones fluidas en cuarzo, amatista. - Estudios geoquímicos en basalto y arenisca. - Estudio de TTRR en basalto, arenisca y calcita - Isótopos estables O y C en cuarzo, amatista, calcedonia. - Isótopos estables C en calcita. - Estudios de S isótopos en basalto. - Petrografía-geoquímica mineral. 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura de la mineralización < 100 ° C - Origen fluido : agua meteórica. - Origen de la sílice : Arenisca +- basalto.

Cuadro 6.-3.1: Nuevos estudios analíticos en los yacimientos de ágatas-amatistas de Ametista do Sul y Los Catalanes.

Suponiendo válida la hipótesis de un modelo hidrotermal-epigenético, quedan por resolver varios aspectos relacionados con los procesos y mecanismos que dieron origen a las geodas con amatistas, en especial la formación de las cavidades receptoras de la mineralización (protogeodas). En este sentido existen dos hipótesis que se resumen a continuación:

A. La hipótesis de Gilbert et al 1993 (que coincide en algunos aspectos con Proust & Fontain 2007 b y Morteani et al 2010), postula que la generación de estos yacimientos se proceso en dos etapas :

i.- Etapa magmática / protogeoda :

El crecimiento de burbujas es el resultado de la difusión de gas disuelto en el magma (crecimiento por difusión) y de la descompresión dentro de la burbuja cuando decrece la presión hidrostática (crecimiento descompresivo) [Proust & Fontaine – 2007]. Dado que la difusión de gases dentro del magma no es instantánea, la formación y crecimiento de burbujas puede continuar a una tasa decreciente, por un período de tiempo posterior a la descompresión del magma, es decir luego que el magma alcanza la superficie.

La nucleación, crecimiento y ascenso de burbujas se produce hasta que son interceptadas y “atrapadas” por los límites termale inferior y superior que avanzan hacia el interior. De esta manera se originan los niveles vesiculares, típicos de las lavas y en algunos casos pueden originarse “macrovesículas” por la unión de varias vesículas menores a través del fenómeno de coalescencia de burbujas. La formación de protogeodas sería el resultado de nucleación, crecimiento y migración ascendente de burbujas, junto a una masiva coalescencia y enfriamiento paulatino de la lava. Según Gilbert et al 1993, la formación de protogeodas solo en algunas coladas, estaría relacionado con alto contenido de volátiles de los flujos mineralizados, la viscosidad del fluido suficientemente baja para lograr un eficiente transporte, extracción y coalescencia de burbujas.

ii. Etapa post-magmática / mineralización:

Luego de emplazada y enfriada la lava con un nivel de protogeoda en su parte superior se produce la mineralización a baja temperatura. Este sería el resultado de la circulación de agua meteórica caliente, posiblemente proveniente del acuífero infrayacente. El fluido habría percolado a través de

fracturas, disolviendo y transportando sílice del propio basalto, hasta las cavidades preexistentes para formar la geoda con amatista.

B. La otra hipótesis es planteada por Duarte y Hartmann en diferentes trabajos (Duarte et al. 2009 y 2011 / Hartmann et al. 2010 y 2011). Para estos investigadores la formación de la cavidad y su relleno es el resultado de una sucesión de eventos que comienzan luego de emplazado y enfriado el derrame. El principal promotor de estos eventos es la circulación de agua caliente y vapor, proveniente del acuífero infrayacente, que promueve un proceso hidrotermal a gran escala. La sucesión de eventos según la teoría de Duarte y Hartmann produce los siguientes procesos/estructuras (Ver cuadro 6.-3.2):

- ✓ H1 - Alteración hidrotermal de la lava, generando deposición de zeolitas en las vesículas preexistentes y sellado de su inicial alta porosidad.
- ✓ H2 - Intrusión explosiva de arena fluidificada, dentro de la lava.
- ✓ H3 - Intensa alteración de la lava que transforma a la roca en una metalava y silicificación de arenisca. Durante este evento se produciría la formación de las grandes geodas y su relleno.

La formación de las geodas durante el evento H3, comienza con una etapa en fase rígida, donde la circulación del fluido y presión de vapor generan en el tope de la lava fracturas horizontales y de bajo ángulo. El fracturamiento por sobrepresión de vapor de agua aumenta la permeabilidad y permite el acceso a mayor cantidad de fluido, promoviendo la alteración de la lava. Esta alteración intensa cambia las propiedades reológicas de la lava, por el aumento de minerales arcillosos, especialmente esmectita. Es dentro de esta lava rica en arcilla (esmectita basalto), en fase dúctil y con alta presión de vapor, que se forma la geoda. La apertura de la cavidad se produce en el extremo de las fracturas inclinadas preexistentes donde el fluido a presión genera “bolas de arcilla” (ballooning processes). Luego de formada la protogeoda se produce el relleno con minerales de la sílice por la continuación de circulación de fluido.

En definitiva, para estos Autores la formación de la cavidad y la mineralización es el resultado de una secuencia de eventos, incluidos

dentro de un proceso a gran escala de alteración hidrotermal, promovida por la circulación de agua subterránea caliente y su vapor.

Event	Process	Structures	Porosity (P) - permeability (p)	Cavity formed
M H	Magmatism, 1150°C Hydrothermalism, 30-150°C	Lava flows, dikes, sills Polygonal faults - hexagonal, irregular	High Fault seal action, high P-p evolving to low P-p	Vesicle Geode
H1	Basalt alteration, zeolites, and native copper formation, <100-30°C	Filling of vesicles to form amygdalae	Sealing of P-p	None
H2	Fracturing of basalt, injection of stockwork of fluidized sand, and silicification, ~100°C	Sealing of lava, event 1 Dikes, sills, flows of sand; filling of geodes with sand	Initially high, evolving to low P-p	Geode
H3	Alteration of basalt and silicified sandstone, opening of cavities following explosive lifting of upper part of lava, 100-30° C, dissolution of zeolites	Sealing of lava, event 2 Horizontal fractures, feeding channels to protogeodes, filling of geodes with quartz and amethyst	Very low P-p	Giant geode
F	Subvertical, transcurrent Faulting	Fault zones, no hydrothermal minerals	High P-p	None
G	Weathering, soil, gossan, supergene alteration of amethyst deposits and native copper occurrences	Polygonal blocks at surface, tainted either brown or light green		

Cuadro 6.-3.2: Sucesión de eventos que dio origen a la formación de geodas y su relleno silicio. (Tomado de Hartmann et al. 2011) .

ANEXO 6 : Mineralización

FICHA DE RELEVAMIENTO DE ZONA MINERALIZADA						
GEODA N°	LARGO (m)	ANCHO (m)	PESO (kg)	UBICACIÓN ¹	DISPOSICIÓN ²	COLOR ³
1	0.90	0.45	180	M	V	1
2	0.80	0.30	90	M	V	1
3	1.00	0.60	250	M	V	1
4	0.70	0.25	70	M	V	2
5	0.90	0.40	120	M	V	1
6	0.70	0.20	60	M	V	2
7	0.90	0.30	100	M	V	2
8	1.00	0.60	300	M	V	1
9	0.80	0.40	100	M	V	2
10	0.60	0.25	70	M	V	1
11	0.90	0.25	90	M	V	1
12	0.80	0.30	90	M	V	1
13	0.70	0.30	80	M	V	2
14	0.90	0.35	120	M	V	1
15	0.80	0.30	90	M	V	2
16	0.70	0.25	70	M	V	2
17	0.80	0.30	80	M	V	1
18	0.90	0.40	150	M	V	2
19	0.80	0.35	120	M	V	2
20	0.80	0.35	100	M	V	1
21	0.80	0.40	90	M	V	2
22	0.80	0.35	120	M	V	2
23	0.80	0.50	160	M	V	2
24	0.90	0.90	400	M	V	3
25	1.00	0.45	150	M	V	1
MINA : LA CORDILLERA			Boca Bo-15	Frente de Trabajo : FT-63		Minero Marcos y Luis Cardozo
FECHA aprox. de relevamiento : 20/10 al 28/11 2008				Mancha :		
¹ Ubicación de la geoda en el frente de trabajo :Tope (T), Medio (M), Base (B) ² Disposición del eje mayor de la geoda : Vertical (V), Horizontal (H), Inclinado (I) ³ Color de la amatista : Extra (E), Primera (1), Segunda (2), Tercera (3), Cuarta (4), Incolora (I)						

Figura 6.-2.1 : Ficha de relevamiento del material extraído en la Mina La Cordillera – Frente de trabajo N° 63, período 20/10 al 28/11 de 2008

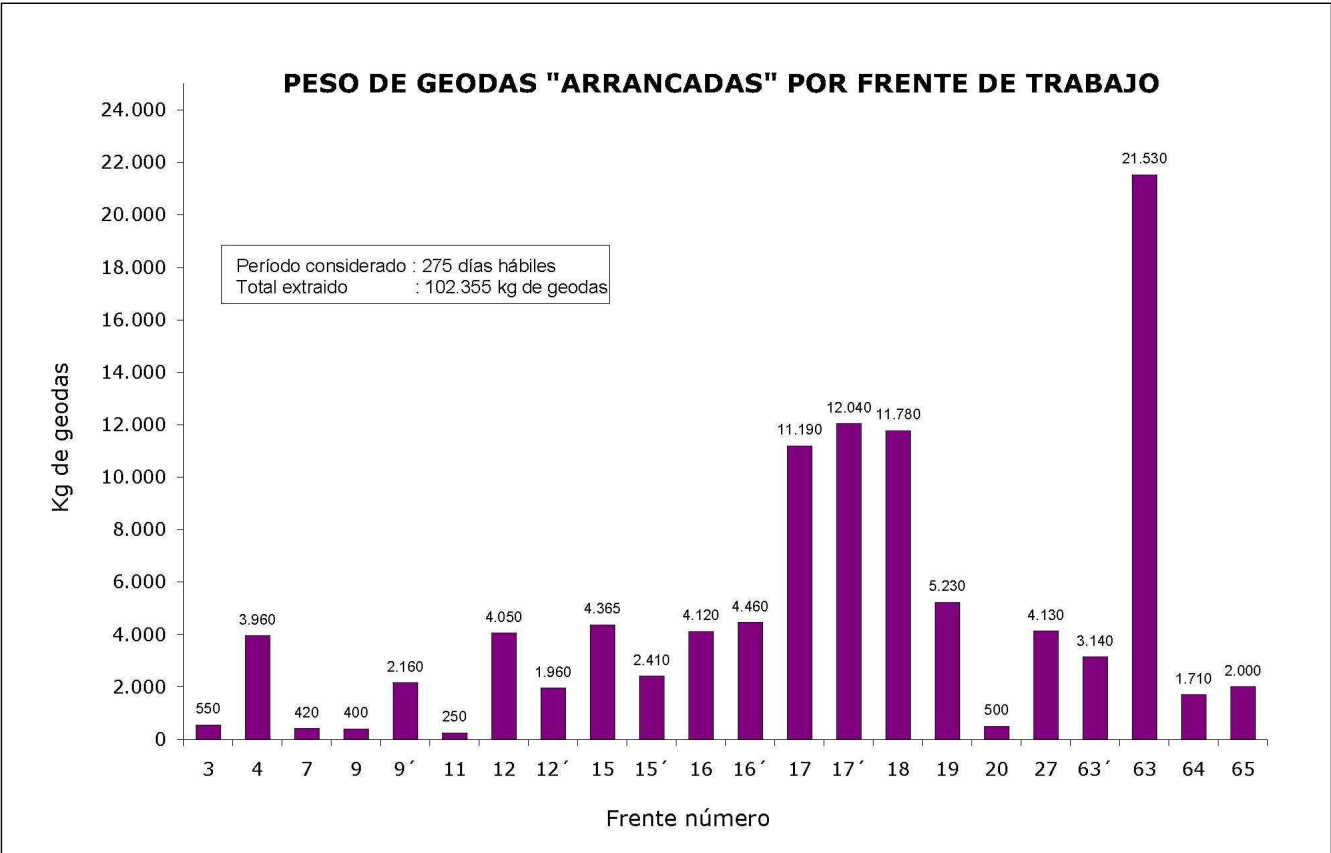
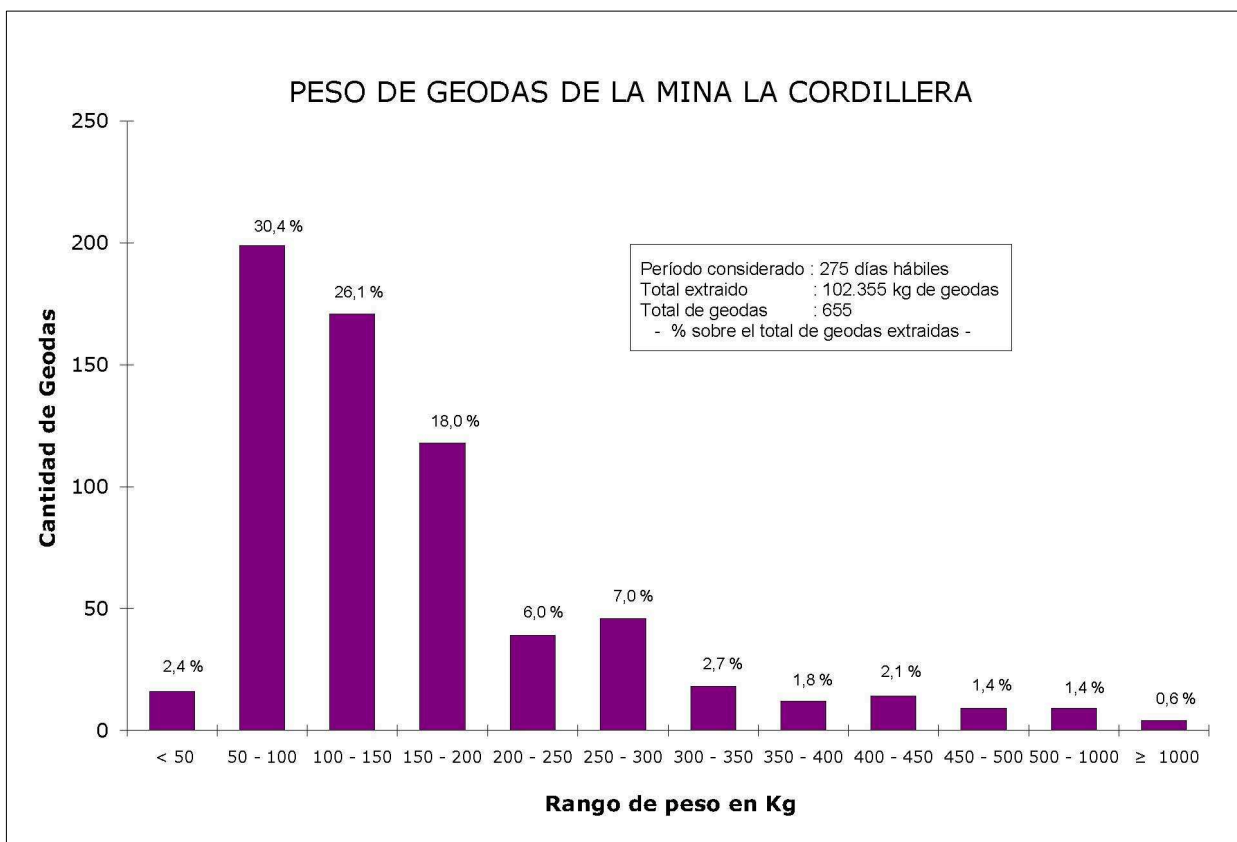


Figura 6.-2.2 : Cantidad de Kg. de geodas extraídas por frente de trabajo en la mina La Cordillera



6.-2.3 : Distribución del peso de geodas extraídas de la mina La Cordillera

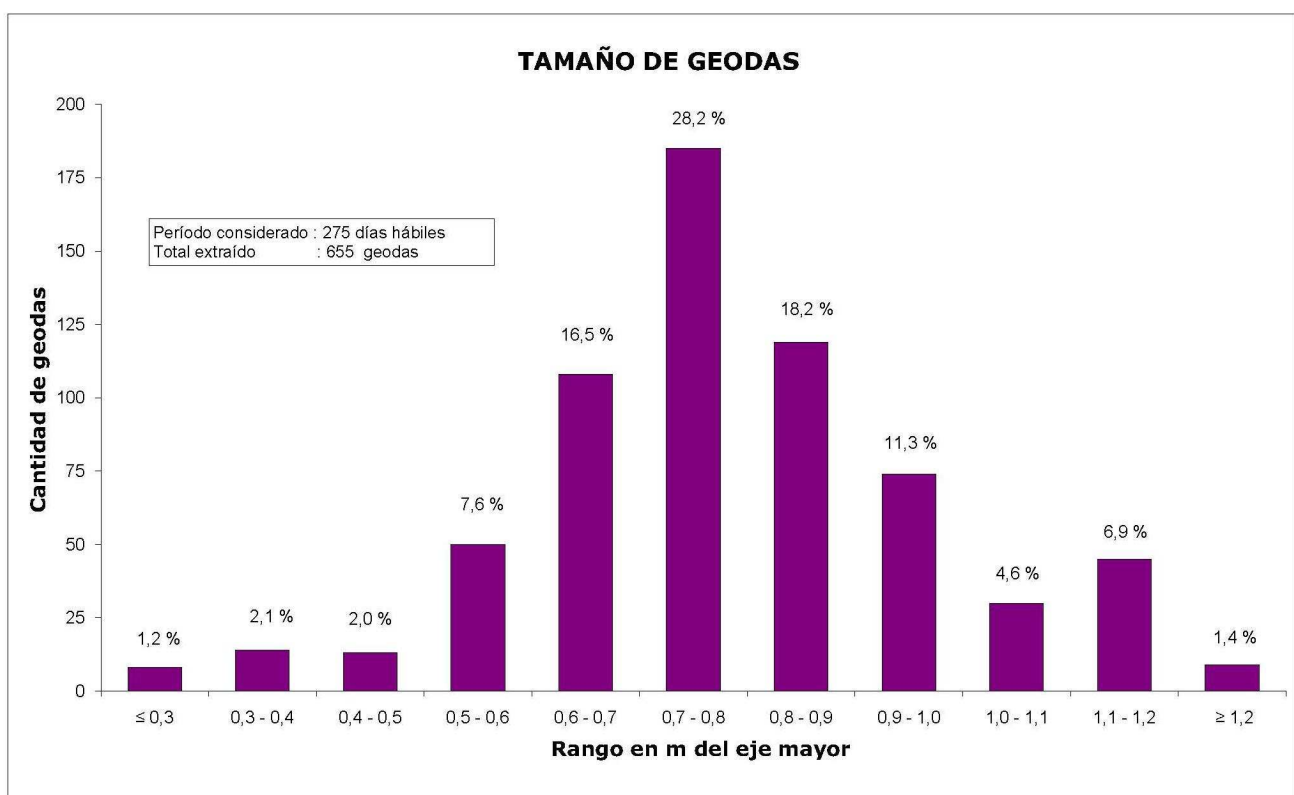


Figura 6.-2.4 : Tamaño de las geodas de la mina La Cordillera, medido en términos de eje mayor de la pieza extraída



Figura 6.-2.7 : Geodas extraídas de la mina La Cordillera. Se observan formas cilíndrica, cónicas, así como piezas con 2 y 3 "chimeneas". El número en rojo representa el peso en kg. de cada pieza



Figura 6.-2.8A : Geodas de muy diferente forma y tamaño extraídas de la mina Santiño y del nivel mineralizado 3



Figura 6.-2.8B : Geodas de muy diferente forma y tamaño, extraídas de la mina Santiño y del nivel mineralizado 3

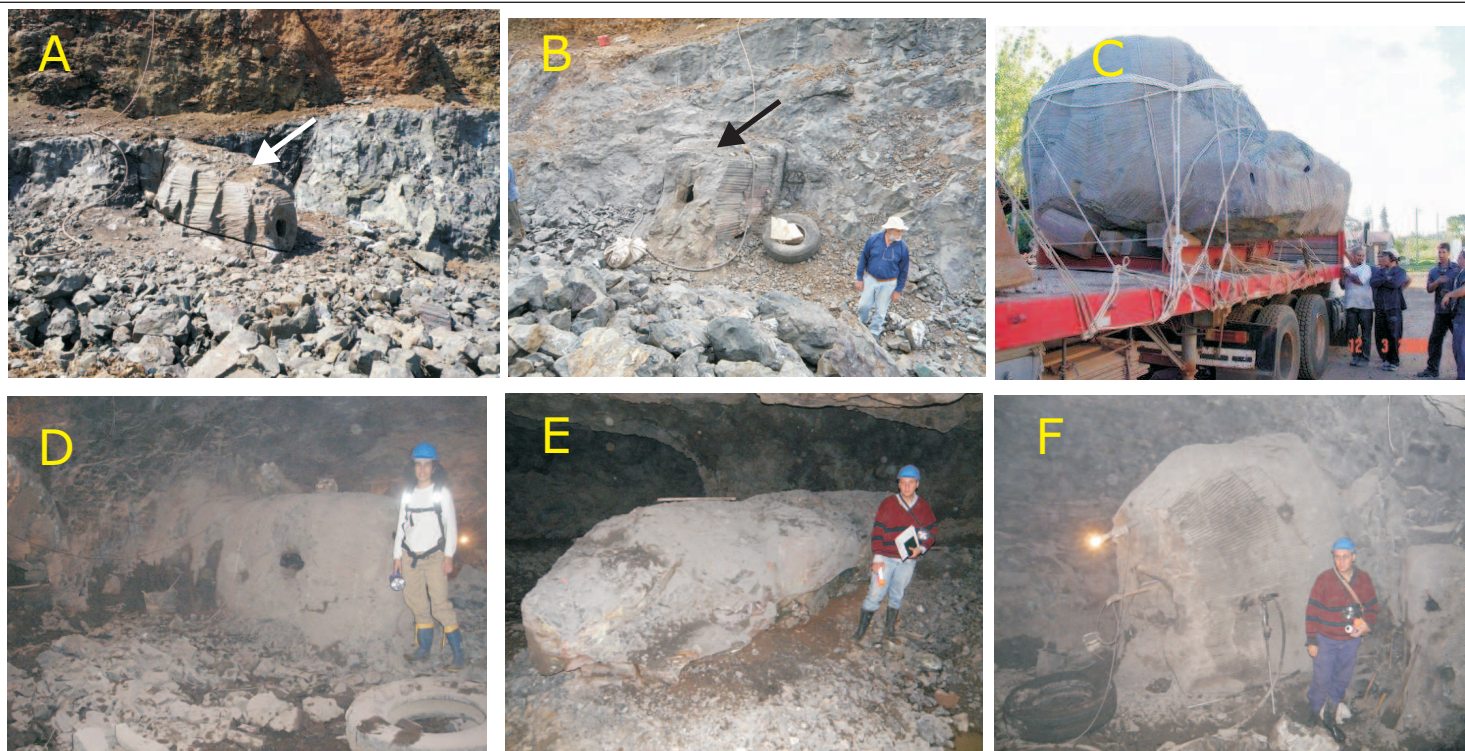


Figura 6.-2.9 : Megageodas en bruto del nivel mineralizado 3 (tope de colada portadora 3). Foto A gran geoda de la mina Homero Oliveira, dimensiones 3x0,8x0,6 m y unos 3 o 4 mil kg. de peso. / Foto B megageoda de la misma mina, dimensiones 5 m de largo y más de 5 mil kg. / Foto C megageoda de mina Santiño de 15 mil kg. / Foto D megageoda de la misma mina, dimensiones 4x0,8x1,2 m y unos 10 mil kg. / Foto E megageoda de la misma mina, de dimensiones 7x2x1,5 m y alrededor de 15 mil kg. / Foto F megageoda, , mina Santiño de más de 5 mil kg



6.-2.10 : Megageodas ya procesadas, prontas para la exhibición y venta.

7. PLANIFICACIÓN

7.-1 Generalidades

En este capítulo se presentan algunas ideas sobre la planificación y metodología de estudio en labores subterráneas de yacimientos de geodas con amatista. Una adecuada planificación en el proceso extractivo trae beneficios en la productividad, en el aprovechamiento del recurso y en las condiciones laborales. La planificación debe tener en cuenta las tareas y procesos que se necesitan para ejecutar la actividad extractiva. Y en base a dichas tareas, definir equipamiento-maquinaria e insumos necesarios para lograr el máximo beneficio posible.

Una planificación ideal, debe conjugar una buena relación beneficio/costo, con una explotación racional en un ambiente laboral saludable.

En una primera instancia se debe identificar y describir con detalle todas las tareas involucradas en el proceso extractivo y tratar de cuantificar insumos y rendimientos de equipo y operarios.

7.-2 Método extractivo

Los aspectos a tener en cuenta a la hora de realizar una correcta planificación dependen del método extractivo utilizado. En función de método se definen los procesos y tareas, así como el equipamiento-maquinaria e insumos necesarios.

La elección del método depende (entre otros factores) de las características básicas del yacimiento a explotar, en especial: geometría del cuerpo a minar, distribución y tipo de mineralización, así como aspectos mecánicos de la roca.

En el caso particular de yacimientos de amatista las características básicas son:

- ✓ Cuerpos mineralizados groseramente tabulares y sub-horizontales.
- ✓ Distribución de mineralización irregular tipo “bolsones”, alternando zonas productivas (“manchas”) con zonas improductivas (“fallas”).
- ✓ El producto a obtener son piezas enteras (geodas rellenas de amatista o cuarzo).

✓ Roca caja masiva, competente, tenaz, con fracturas espaciadas (basalto masivo) y roca superior masiva y muy tenaz (basalto brechoide de techo).

En forma básica, el método de extracción subterránea en los yacimientos de amatistas consiste en la ejecución de túneles por desmonte de roca con explosivos en las zonas improductivas, así como piso y techo del cuerpo minado. Una vez localizada la zona rica (con una o más geodas) se ejecutan 2 tareas básicas: **a.** arranque de roca en las cercanías de las geodas, con pólvora (tiros); **b.** extracción de las geodas a través de la ejecución de decenas a centenas de perforaciones alrededor de las piezas.

Todas las tareas se ejecutan dentro del nivel mineralizado, avanzando en forma horizontal y dejando sectores sin explotar, que actúan como soporte del techo.

No se realizan tareas sistemáticas de exploración, seguimiento y levantamiento de información geológica-minera del yacimiento y zonas potenciales. Esto, sumado a la irregular distribución espacial de las geodas y a la no existencia de indicadores/guías geológicas confiables de la mineralización, se traduce que el avance para localizar “manchas” se ejecute por el método “prueba y error”, sin ningún criterio técnico.

7.-3 Proceso de extracción

Una adecuada planificación debe identificar y conocer lo más precisamente posible las tareas-actividades que se ejecutan durante el proceso extractivo. En base a la metodología utilizada en Artigas para la explotación de geodas con amatistas y a prácticas comunes en la minería, se pueden diferenciar 4 grupos de tareas en el proceso productivo y de evaluación:

A. Tareas de desmonte de roca

B. Tareas de extracción de Geodas

B.1 Corte de Geodas

B.2 Arranque de rocas

C. Tareas auxiliares

C.1 Tareas de limpieza

C.2 Tareas de suministro de aire comprimido

C.3 Ventilación

D. Tareas de evaluación geo-minera

D.1 Tareas de evaluación de recurso/reserva

D.2 Tareas de exploración

A. Tareas de desmonte de roca

Esta tarea se desarrolla principalmente en las zonas improductivas, conocidas como “fallas” por los mineros. La sistemática de esta operación, en base a las observaciones en la mina piloto La cordillera, se detalla a continuación:

1.- Ejecución de una fila de perforaciones en la base-piso del frente de trabajo. La profundidad de cada perforación es de aproximadamente 80 cm, el diámetro es de 3,5 cm y en general se realizan en forma inclinada. Las perforaciones se ejecutan con martillo neumático, en un total que varía entre 5 a 10 por fila.

2.- Cargado de las perforaciones con Anfo, previamente encartuchado. Cada cartucho, presenta una longitud de 40 cm y un diámetro aproximadamente de 2 cm. Dentro del cartucho, se introduce unos 90 cm de cordón detonante parcialmente enrollado en su extremo, para mejorar la iniciación. Luego se completa el barrenado con polvo (tapón) y se procede al estacado de la columna, dejando parte del cordón detonante libre.

3.- Empalme del cordón detonante de cada barreno a un cordón maestro (línea principal). En el extremo libre de esta línea principal se coloca un detonador simple y una mecha lenta.

4.- Desmante de la roca a través de la detonación de la fila de barrenos: Encendido de la mecha lenta con fuego, que inicia el detonador, este el cordón detonante principal y luego a los secundarios que hacen detonar al cartucho con anfo.

5. Repetición de los pasos 1 a 4 en las filas siguientes hasta desmontar toda la pared. Para la mina la Cordillera, con una altura del frente de promedio de 2,5 m y ancho de unos 5 m. se realizan entre 5 a 6 filas de barrenos para avanzar aproximadamente 0,80 m. Ver Figuras 7.-3-1 y 7.-3-2 a 6 / Anexo.

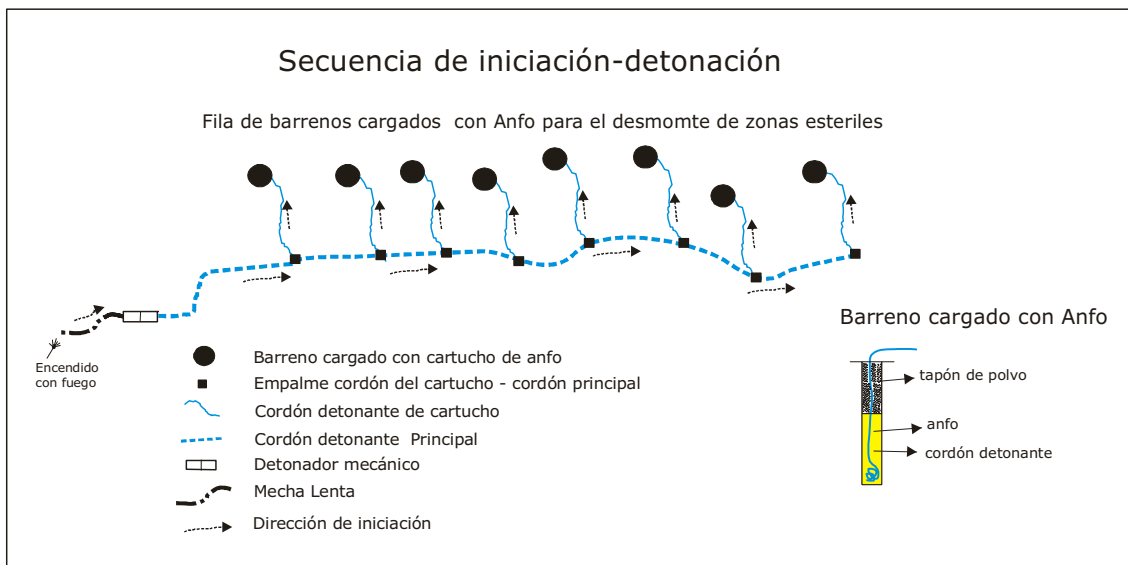


Figura 7.-3-1: Esquema de secuencia de iniciación-detonación en el desmante de roca estéril en la minería subterránea en Artigas.

B. Tareas extracción de Geodas

En las zonas productivas, conocidas como manchas por los mineros, las geodas aparecen distribuidas en forma irregular dentro de la roca hospedera. El objetivo principal, es arrancar del macizo rocoso la pieza en forma entera o al menos con el menor daño posible, previamente evaluada en lo que tiene que ver con su calidad.

Para lograr esto se realizan 2 tipos de operaciones básicas:

- ✓ B.1 Corte de Geodas
- ✓ B.2 Arranque de material entre geodas

B.1 Corte de Geodas

Una vez localizada una geoda, primero se evalúa su calidad, tamaño y forma. De esta manera se define o no su extracción y delinea la zonas de corte, de tal manera que quede unos 5-10 cm de roca entre el borde de la geoda y la zona de corte. Esta “cáscara” de roca protege a la pieza durante las tareas de arranque y traslado al taller. Posteriormente será total o parcialmente retirada, descascarando la pieza con punta y maceta.

Para el “arranque” de la geoda del frente de trabajo (Corte) se procede a la ejecución de decenas a centenas de perforaciones alrededor de la pieza.

Las perforaciones se ejecutan con martillos neumáticos, livianos (13-15 Kg.) y utilizando “barreminas” o cinceles de largo máximo de 0,80 m y unos 3,5 cm de diámetro, con puntas con insertos de carburo de tungsteno tipo plaquita (barrena integral) o puntas con brocas intercambiables con insertos tipo botones. 7.3.7 / Anexo.

El “corte” de la geoda se realiza a través de perforaciones horizontales y paralelas, dejando un “tabique” de unos centímetros entre los agujeros. Posteriormente se ejecuta un segundo corte (recorte) en los tabiques, para liberar totalmente la cara de la pieza. En general se corta primero las caras laterales y superior, luego la espalda y por ultimo el piso de la geoda. Ver Figura 7.3.8-A / Anexo.

Si la pieza tiene un eje horizontal grande, el corte se procesa en varias etapas, hasta poder alcanzar la espalada de la geoda. La cantidad de perforaciones depende del tamaño y posición del eje mayor de la pieza. Para grandes geodas y con eje mayor horizontal se puede necesitar ejecutar el corte en varias etapas (cada una de ellas con decenas de perforaciones

para el corte y recorte de cada cara). Además puede ser necesario ir arrancando el material estéril lateral (ver más adelante) y la liberación total del macizo rocoso de estas grandes piezas puede demorar varias semanas. Ver Figura 7.3.8-B / Anexo.

B.2 Arranque de Roca

La roca caja de las zonas ricas, es decir el material localizado entre las geodas, debe ser removida para poder seguir avanzando la labor minera o para poder acceder a zonas que permitan realizar determinados cortes en la geoda (por ejemplo para ejecutar perforaciones en la parte trasera de una pieza grande).

Para remover este material próximo a las geodas y al mismo tiempo no dañar a las mismas se utilizan básicamente dos procedimientos:

1. En estas zonas ricas (manchas) no es recomendable el uso de anfo. Este explosivo, al detonar, genera importantes vibraciones que pueden comprometer la integridad de la pieza. Para tratar evitar la rotura de las piezas se ejecutan “tiros” con pólvora negra en estas zonas ricas del yacimiento. Este material explosivo es elaborado especialmente por el Servicio de Material y Armamento del Ejército (pólvora negra Artigas). Tiene la ventaja de presentar una baja velocidad de combustión lineal, por lo que no se producen ondas de choque, lo que minimiza la potencial rotura de las geodas. Ver Figura 7.-3.9 / Anexo

La operativa básica es la ejecución de uno o más perforaciones en zonas laterales de la geoda. Cada perforación es cargada con cartuchos de pólvora previamente preparados. En algunas canteras, también es práctica común cargar la pólvora “suelta” dentro del barreno, utilizando un caño de plástico cortado en forma longitudinal. En ambos casos, se introduce un cable conductor que en su extremo contiene un hilo metálico que actúa como resistencia. Ver Figura Figuras 7.-3.6 (foto D) / Anexo.

La carga con pólvora ocupa aproximadamente 15 a 20 cm. del fondo del barreno, el resto de la columna se completa con polvo de perforación (previamente zarandeado), conocido como tapón.

Por último la columna es estacada (apisonada) con una barra de madera o plástico.

Luego de preparado cada barreno (carga de pólvora + cable eléctrico con extremo de hilo-resistencia + tapón + atacado) la etapa siguiente es la iniciación.

La secuencia de iniciación es: pasaje de corriente eléctrica por un cable desde una batería hasta el "hilo-resistencia" localizado en el fondo del barreno cargado con pólvora. El "hilo-resistencia" se pone incandescente e inflama la pólvora produciendo la deflagración de la misma. Ver Figura 7.-3.10. Los gases calientes liberados durante la reacción empujan la roca hacia la cara libre, produciendo el desmonte de zonas del frente de trabajo. La cantidad de tiros es muy variable, dependiendo de la situación de cada frente en particular: numero, tamaño y forma de geodas, disposición del eje mayor y localización en el frente de la pieza.

Si se decide ejecutar más de un barreno (tiro en el lenguaje minero), se preparan todos los barrenos, pero se inician de uno a la vez, para disminuir lo más posible las vibraciones que puedan dañar a las geodas.

2. Arranque de pequeños bloques con pinchotes, abridores, macetas y marrones. Se suelen usar debilidades preexistentes en la roca para favorecer el desprendimiento de bloques.

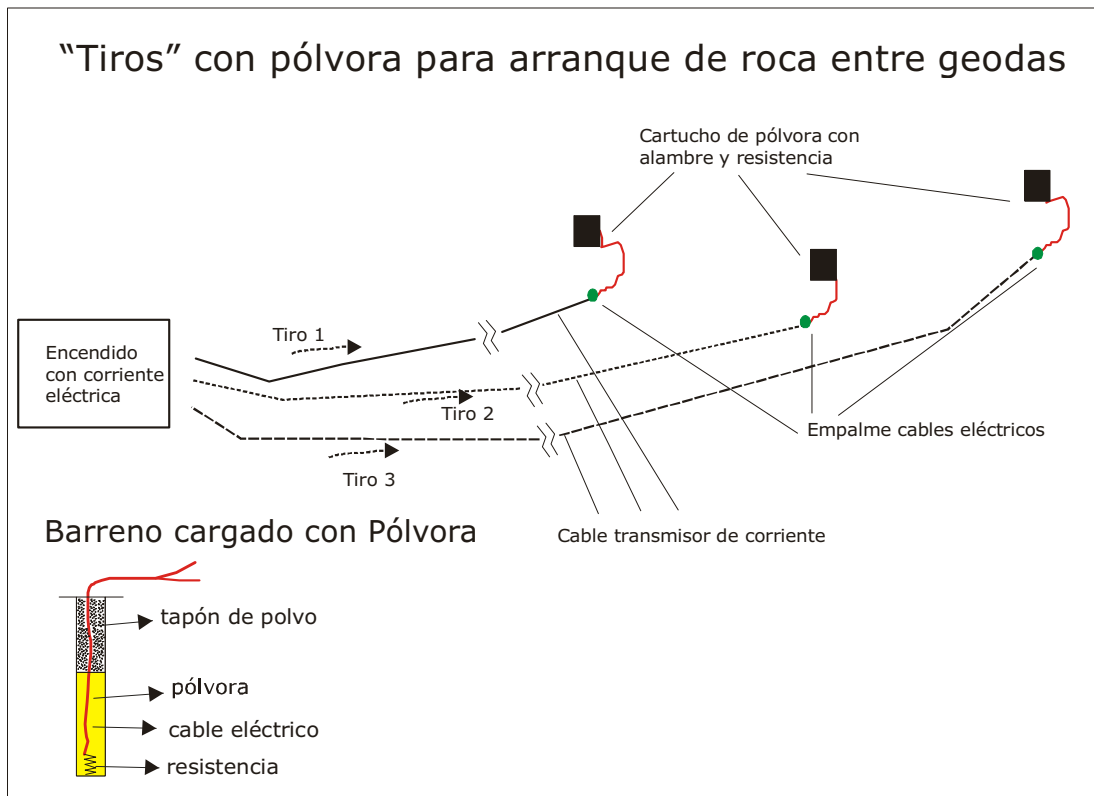


Figura 7.-3-10: Esquema de arranque de roca con pólvora en la minería subterránea en Artigas.

C. Tareas auxiliares

Si bien las tareas auxiliares no tienen como cometido específico el arranque de material estéril ni de geodas, su ejecución es imprescindible para poder desarrollar las actividades propiamente extractivas y avanzar en las labores subterráneas.

En las labores subterráneas de Artigas se realizan 3 tipos de tareas que denominamos auxiliares y que se describen a continuación:

- ✓ C.1 Tareas de limpieza
- ✓ C.2 Tareas de suministro de aire comprimido
- ✓ C.3 Ventilación

C.1 Tareas de limpieza

La explotación de un yacimiento de amatista genera un importante volumen de material estéril, especialmente en las tareas de desmonte de roca. Estos “escombros” deben ser removidos continuamente para poder seguir avanzando dentro del nivel mineralizado, trasladando el mismo desde los

frentes de trabajo en el interior de la mina hasta las escombreras ubicadas en la periferia del emprendimiento.

El ciclo de carga-descarga se repite varias veces al día, en especial si la dinámica de la cantera es importante o se están trabajando varios frentes a la vez o si la labor minera presenta gran desarrollo. En las canteras subterráneas de Artigas se han observado 3 modalidades para la ejecución de esta tarea de carga-transporte de escombros:

1. La modalidad “tradicional” es que una pala frontal cargue-transporte el material estéril desde los frentes en explotación en el interior de la mina, hasta la zona de deposición final (escombrera).

2. En una variante a la anterior modalidad, la pala frontal traslada el material estéril desde los frentes en explotación en el interior de la mina, hasta la “boca” del túnel, donde se carga en un camión. Este ciclo se repite hasta completar la capacidad del camión, que luego transporta-descarga el material en la escombrera. Ver Figura 7.-3.11 – Foto B / Anexo

3. Una nueva modalidad, viene siendo aplicada en una de las minas piloto estudiadas en este proyecto. La pala frontal queda “fija” dentro de la mina realizando tareas de limpieza y acopio. Otra máquina, en este caso un tractor con “zorra” volcadora, entra hasta la zona de carga-acopio interior, es cargada por la pala y luego traslada los escombros hasta el sitio de deposición seleccionado, donde los descarga. Ver 7.-3.11 – Foto A / Anexo.

Un factor muy importante, que tiene un fuerte impacto en el tiempo y costos de la limpieza, es la distancia que debe recorrer la máquina. Esta distancia varía en función de la profundidad de la labor subterránea y de la ubicación de la zona de descarga. Esta puede variar desde unas pocas decenas de metros en labores incipientes hasta cerca de 300 m en minas muy desarrolladas. Se debe destacar que en parte del ciclo de carga-descarga (entre la escombrera y el frente de trabajo) la máquina realiza el recorrido en vacío, y que este recorrido sin trabajo útil aumenta con la profundización de la mina.

El método de carga-transporte con dos máquinas (pala frontal-tractor con zorra volcadora) tiene varias ventajas con respecto al método tradicional, según la experiencia práctica de la mina que usa actualmente esta modalidad:

- ✓ Uso de la pala frontal solo en recorridos cortos, donde este tipo de máquina tiene un mejor desempeño y eficiencia. En general el rendimiento de este tipo de máquina, medido en m^3/h , disminuye con la distancia.
- ✓ Una relación capacidad de carga/distancia mucho más favorable que con el método tradicional. Mientras el tractor con zorra realiza un ciclo de carga-descarga, la pala debe realizar 7 a 8 ciclos para retirar la misma cantidad de material.
- ✓ Menor desgaste de la pala frontal. Por ejemplo, el traslado de los escombros con pala, produce una continua caída de “ripios” delante de la máquina, desde la cuchara. Esto se traduce en un importante desgaste de los neumáticos delanteros, especialmente en recorrido largos.

C.2 Tareas de suministro de aire comprimido

El aire comprimido es un insumo fundamental para los martillos neumáticos, con los cuales se ejecutan cientos de perforaciones diarias en las tareas de desmonte de roca y corte de geodas.

El suministro de aire comprimido se realiza a través de una red de caños galvanizados y mangueras de goma que llevan el insumo desde los compresores hasta los martillos neumáticos.

El diseño de la red de aire comprimido (RAC) varía en forma periódica acompañando los cambios en la configuración de la labor minera: profundización de túneles, desviaciones, apertura de nuevos frentes o abandono de otros.

Estas modificaciones periódicas en la RAC potencian las caídas de presión y las fugas de aire. Esto a su vez se traduce en ineficiencia en los equipos de producción, fuerza a los compresores a trabajar más provocando mayor desgaste y aumentando costos.

Un buen programa de control-mantenimiento-reparación de la red de aire comprimido puede traer importantes beneficios económicos.

En especial las fugas de aire comprimido que representan un desperdicio de energía y provocan caídas de presión en el sistema con los siguientes posibles problemas. Ver cuadro 7.-3.1.

- ✓ Las fluctuaciones en el sistema de presión producen equipamientos menos eficientes y pueden afectar la producción.

- ✓ Exige más trabajo al compresor resultando costos más altos que los necesarios.
- ✓ Reduce vida útil y aumenta el mantenimiento del equipamiento relacionado al suministro de aire comprimido.

La "caída de presión" es un término utilizado para caracterizar la reducción en la presión del aire desde la descarga del compresor hasta el punto final de uso. Las caídas de presión en un sistema bien diseñado no deberían tener más de 0,7 bar, desde el compresor hasta la última aplicación. Un sistema con mucha pérdida de presión obliga a sobrepresurizar los compresores. Las causas más comunes de caídas de presión son el subdimensionamiento de tuberías, configuración de líneas de aire incorrectas, uso de válvulas no adecuadas, condensación de agua en las tuberías, filtros saturados o muy pequeños, secadores en mal estado, etc.. La caída de presión aumenta con la longitud de la red y la mayor cantidad de puntos de estrangulación (accesorios, codos, curvaturas, derivaciones, etc.).

Fugas vrs. potencia adicional (a 6 bar)				
Diámetro del orificio (mm)	Volumen de fuga de aire comprimido		Potencia adicional requerida por el compresor	
	m ³ /min	l/s	HP	KW/h
1	0,06	1,05	0,556	0,415
2	0,25	4,20	2,225	1,659
3	0,57	9,45	5,006	3,733
5	1,58	26,25	13,905	10,369
8	4,03	67,20	35,597	26,545
9	5,10	85,05	45,053	33,596
10	6,30	105,00	55,621	41,476
12	9,07	151,20	80,094	59,726

Cuadro 7.-3.1: Relación entre fugas y potencia adicional del compresor.

En la mayoría de las canteras es común la ubicación del compresor en las proximidades de la boca de entrada a los túneles. Desde aquí se extiende la RAC por el interior de la mina hasta los puntos de consumo. Ver 7.-3.11 – Foto C / Anexo.

Pero en la medida que se profundiza y ramifican los túneles pueden aumentar los costos por varios motivos como:

- ✓ Mayor extensión y complejidad de la red con lo que se precisan más cañerías y accesorios.
- ✓ Mayor caída de presión, con lo que se precisa mayor potencia en los compresores para mantener una presión adecuada en los martillos.
- ✓ Mayor problema con la humedad en el sistema.
- ✓ Mayor problema con las fugas.

En una de las canteras piloto estudiadas se implementó un diseño novedoso de la RAC, que según la experiencia de la empresa trajo varios beneficios, como por ejemplo menores gastos de compresión de aire.

Para la implementación de este nuevo diseño de la RAC se ejecutaron 3 perforaciones verticales de 12 a 16 m en el techo de la mina. Las mismas fueron ubicadas de tal manera que la boca de salida dentro de la mina está próxima a las diferentes zonas activas actualmente. Se reubicaron los compresores cerca de la boca de entrada de las perforaciones y se bajo la tubería de aire desde el techo hasta el interior de la mina. Ver 7.-3.11 – Foto D / Anexo. Esta innovación en el diseño de la RAC, trajo según la experiencia de la mina y comparando con el diseño anterior los siguientes beneficios:

- ✓ Menor consumo de gas-oil de los compresores.
- ✓ Menor uso de cañerías y accesorios por la reutilización de estos materiales que se localizaban en zonas ya explotadas del yacimiento.

C.3 Ventilación

Las tareas de ventilación tienen el objetivo de renovar el aire dentro de la mina y permiten:

- ✓ Remoción/dilución de material particulado producto de la ejecución de las perforaciones.
- ✓ Remoción/dilución de gases generados por la detonación de anfo y quema de pólvora.
- ✓ Remoción/dilución de material particulado y gases calientes producto del uso de motores a explosión.

En las labores subterráneas de Artigas se utilizan 3 tipos de modalidades de ventilación:

- ✓ Ventilación natural, aprovechando las corrientes de aire que se producen en algunos sectores del interior de la mina. Muchas veces para mejorar esta ventilación natural se ejecutan “aberturas” entre túneles cercanos.

- ✓ Uso de grandes ventiladores, localizados en las proximidades de las zonas activas para introducir aire fresco o extraer el aire viciado.

- ✓ Introducción de aire fresco desde el exterior, con la colocación de potentes ventiladores axiales en la boca del túnel, que conducen el aire a través de ductos hasta los frentes de trabajo. (ventilación forzada).

Esta modalidad de ventilación forzada es la de mayor costo y requiere un mantenimiento periódico. Pero es la única forma efectiva y rápida de remoción de aire contaminado en labores profundas y túneles ciegos.

En este sentido se realizaron estudios experimentales en labores subterráneas de Ametista do Sur (RGS – Brasil) que presentan características similares a las del Distrito Los Catalanes. El sistema de ventilación evaluado en estas minas de amatista consiste en ventilador-ductos que introduce aire fresco hacia los frentes de trabajo. Este sistema es de bajo costo, fácil construcción-mantenimiento y fácil operación. Ver Figura 7.-3.12 / Anexo.

Los resultados experimentales muestran que esta ventilación forzada logra una rápida remoción del polvo y una renovación rápida del aire en los sectores de trabajo. Las principales ventajas del uso de este tipo de sistema de ventilación son:

- ✓ Logra rápidamente un ambiente más saludable para los operarios.
- ✓ Permite al operario retornar más rápidamente a su local de trabajo, aumentando el rendimiento.

D. Tareas de evaluación geo-minera

D.1 Tareas de evaluación de recurso/reserva

D.2 Tareas de exploración

Toda explotación minera debe ir acompañada de una continua evaluación del yacimiento así como de la exploración de zonas potenciales.

Para el caso de los yacimientos de geodas con amatista, no existe una manera de conocer, aunque sea en forma aproximada, la cantidad/calidad de material existente, ni su distribución espacial, previo a la explotación.

Este se debe principalmente a dos motivos:

- ✓ La muy irregular distribución espacial de las geodas y las importantes variaciones de la calidad de las mismas.
- ✓ La falta de estudios técnicos sistemáticos que permitan antes y durante la explotación obtener valores de referencia confiables.

En ninguna cantera se tiene la costumbre de recoger información en forma sistemática y ubicada espacialmente dentro del cuerpo minado. Posiblemente esta tarea sea más vista como un gasto y pérdida de tiempo, sin embargo, a nuestro entender, esta información que se puede levantar fácilmente, puede ser muy valiosa y traer beneficios a mediano y largo plazo:

- ✓ Permite tener una idea de la geometría del cuerpo minado y de la distribución espacial de la mineralización.
- ✓ Es posible cuantificar las características principales de la mineralización.
- ✓ Permite realizar estimaciones, más próximas a la realidad, de los recursos y reservas.
- ✓ Permite tomar decisiones con criterios técnicos y mayor seguridad de la dirección de avance de la explotación/exploración.
- ✓ Permite contar con información confiable para extrapolar a zonas en exploración y una evaluación más certera de las mismas.

En este sentido, se realizó a manera de experiencia una evaluación geominera en la mina La Cordillera. Los resultados y la metodología utilizada, a modo de ejemplo, se presentan a continuación (parte de los datos utilizados para esta evaluación ya fueron presentados en los capítulos 5 y 6):

Con la información levantada en la mina la Cordillera se realizó un mapa de productividad de los túneles explotados (zonas de manchas, de fallas y sin información) y a través del procesamiento de dicho mapa se confeccionó una carta en la cual se delimitan áreas con diferente favorabilidad minera (alta, baja e indefinida) ver figura 5.-3.4, Capítulo 5. A partir del análisis espacial de la información gráfica (ver cuadro siguiente y Figura 7.-3.13 / Anexo) se calcularon áreas y volúmenes del yacimiento, discriminadas por tipo y características mineras.

Para facilitar el cálculo se supuso una geometría del cuerpo a minar y del nivel mineralizado tabular, con límites horizontales y paralelos. Ver Figura 7.-3.14 / Anexo.

El espesor del cuerpo a minar se obtuvo del promedio de más de 180 medidas de altura de los túneles, realizada durante el relevamiento de la labor subterránea.

Para el cálculo del área y volumen de túneles se utilizó el ancho promedio, que se midió paralelamente a la altura de los túneles.

Para el cálculo del volumen de nivel mineralizado se utilizó el espesor obtenido a partir de decenas de observaciones de frentes de trabajo. Este valor fluctúa entre 0,5 a 2,0 m (controlado principalmente por la geometría del nivel brechoide del techo). En la práctica se tomó como espesor promedio el valor 1,5 m., el cual es el espesor más común observado.

Mapa 1	Mapa con zonas de favorabilidad minera y productividad de túneles. Mapa "base" para el análisis espacial
Mapa 2A	Zonas con alta probabilidad minera y túneles productivos
Mapa 2B	Zonas con alta probabilidad minera sin los sectores ya explotados
Mapa 3A	Zonas con baja probabilidad minera y túneles improductivos
Mapa 3B	Zonas con baja probabilidad minera sin los sectores ya explotados
Mapa 4A	Zonas con probabilidad minera indefinida y túneles sin datos de productividad
Mapa 4B	Zonas con probabilidad minera indefinida y sin los sectores ya explotados

Cuadro 7.-3.2: Descripción de los mapas usados para el análisis espacial y que se muestran en la Figura 7.-3.13

En el siguiente cuadro se presenta los resultados del procesamiento y análisis espacial del yacimiento de la Mina La Cordillera.

CUADRO RESUMEN DE ANALISIS ESPACIAL (elaborado con datos hasta el 2009)						
TUNEL	Tipo	Longitud		Area (planta)		Volumen
	Mancha	2.566		12.958		32.655
	Falla	984		4.969		12.522
	S/datos	286		1.444		3.640
	TOTAL	3.836		19.372		48.817
CUERPO A MINAR	Favorabilidad	Area_total		Volumen		
				Total	Remanente	Extraído
	Alta	27.790		70.031	37.376	32.655
	Baja	13.085		32.974	20.452	12.522
	Indefinida	9.276		23.376	19.736	3.640
NIVEL MINERALI - ZADO	Total	50.151		126.381	77.564	48.817
	Favorabilidad	Area		Volumen		
		Total	Remanente	Total	Remanente	Extraído
	Alta	27.790	14.832	41.685	22.248	19.437
	Baja	13.085	8.116	19.628	12.174	7.454
	Indefinida	9.276	7.832	13.914	11.748	2.166
	Total	50.151	30.779	75.227	46.169	29.058
- Unidades : Longitud (m), Area (m ²), Volumen (m ³) - Altura promedio de túneles: 2,5 m / Ancho promedio de túneles: 5,0 m / Espesor del nivel mineralizado 1,5 m. <u>Definiciones</u> ▪ Alta favorabilidad son áreas con buena probabilidad de localizar una zona con concentración de geodas. Se delimitaron en base a la cartografía de las zonas de manchas (túneles productivos) y a su interpolación /extrapolación. ▪ Baja favorabilidad son áreas desfavorables para encontrar geodas y fueron delimitadas en base a la cartografía de las zonas de fallas (túneles improductivos) y a su interpolación /extrapolación. ▪ Indefinida: áreas donde no existe información sobre la productividad del túnel.						

Cuadro 7.-3.3

Observando dicho cuadro se puede destacar lo siguiente (los valores son hasta el 2009):

- ✓ El volumen total de material removido del yacimiento durante el laboreo subterráneo de la mina fue de cerca de 49.000 m³. La mayor parte de este material (basalto portador y brecha de techo) está hoy en las escombreras.
- ✓ El volumen original del cuerpo minado era aproximadamente de 127.000 m³ y si descontamos lo ya extraído, el volumen remanente es cercano a 78.000 m³, lo que representa aprox. un 60 % del total.
- ✓ El área que ocupa el nivel mineralizado (y el cuerpo minado) es de aproximadamente 50.000 m². El volumen total, tomando como espesor medio del nivel mineralizado el valor de 1,5 m, es de aprox. 75.000 m³. y si descontamos lo ya explotado el volumen remanente del nivel mineralizado es de aprox. 46.000 m³

- ✓ El volumen de cuerpo a minar actual (descontado lo ya explotado) es de aprox. **77.500 m³**. Dentro de este cuerpo se desarrollan las labores mineras y en su parte central se localiza el nivel mineralizado. Este puede ser discriminado en dos categorías, de acuerdo a su grado de favorabilidad para hallar o no geodas.

Durante algunas campañas a la mina La Cordillera se realizó un seguimiento del avance de algunos de los frentes más dinámicos del yacimiento y se levantó información del material extraído en estos sectores.

Los resultados del procesamiento y análisis de la información recogida durante un periodo de trabajo de la mina de aproximadamente de 261 días hábiles se presentan en las siguientes tres tablas.

En la tabla 7.-3.1 se muestra el avance lineal de cada frente de trabajo seleccionado, medido durante 3 giras de campo consecutivas. Con la altura y ancho promedio de cada túnel se calculó el volumen de material removido necesario para la extracción de las geodas.

AVANCE DE FRENTES SELECCIONADOS – MINA LA CORDILLERA						
FRENTE	Avance (m)			Túnel geometría promedio		
	1	2	3	Altura (m)	Ancho (m)	Volumen (m ³)
FT9´	11,6	9	0	2,4	4,8	237,31
T12´	7,3	2,6	4,4	2,4	5,5	188,76
FT16´	8	4,4	4,8	2,4	5,3	218,78
FT17´	6,3	9	8	2,5	4,6	267,95
FT17	8,7	8,5	0	2,5	4,6	197,80
FT18	7,7	7	0	2,4	6,8	239,90
FT63	11,1	1,6	4	2,6	6,5	282,23

Tabla 7.-3.1

En la tabla 7.-3.2 se muestra las características de las geodas, en términos de cantidad, peso y tamaño, extraídas durante la medición del avance de cada frente.

GEODAS EXTRAIDAS DURANTE MEDICION DE AVANCE					
FRENTE	Características de las geodas				
	Cantidad	Peso promedio (kg)	Rango (kg)	Total (kg)	Eje mayor promedio (m)
FT9´	11	196,4	80 a 450	2160	1,0
FT12´	13	150,8	60 a 400	1960	0,8
FT16´	25	178,4	40 a 1000	4460	0,8
F17´	68	177,1	40 a 600	12040	0,9
F17	55	159,3	40 a 600	8760	0,8
FT18	40	133,3	50 a 400	5330	0,8
FT63	61	182,1	50 a 600	11110	0,9

Tabla 7.-3.2

En la tabla 3 se muestra el rendimiento del yacimiento en base a la información de las 2 tablas anteriores. Este rendimiento se expresa en cantidad y peso de geodas por m³ de avance, para cada frente explotado y el promedio general de los 7 frentes relevados.

RENDIMIENTO ESTIMADO EN ZONAS DE AVANCE			
FRENTE	Volumen de yacimiento extraído (m ³)	TENOR medido como cantidad y peso de geodas por m ³ de yacimiento extraído	
		Geodas / m ³	Kg de geodas / m ³
FT9´	237,312	0,05	9,10
FT12´	188,76	0,07	10,38
FT16´	218,784	0,11	20,38
F17´	267,95	0,25	44,93
F17	197,8	0,28	44,29
FT18	239,904	0,17	22,22
FT63	282,23	0,22	39,36
Promedio general		0,16 geodas/m ³	27,24 kg/m ³

Tabla 7.-3.3

Este rendimiento de 0,16 geodas o 27,24 kg de amatista por m³ minado de yacimiento se corresponde principalmente a zonas de manchas con pequeñas intercalaciones de zonas de estériles (fallas).

Podemos estimar en forma aproximada el rendimiento global del yacimiento, incluyendo las zonas de fallas en el cálculo. La proporción entre las dos zonas (excluidas las zonas indefinidas) es de 68 % de zonas de mancha y 32 % de zonas de fallas (ver cuadro 7.-1.2). Si suponemos que esta relación se mantiene también en las zonas indefinidas (zonas sin información), el rendimiento global es de aproximadamente 18,5 kg de amatista por m³ de yacimiento aun no explotado, debido a la "dilución" por las zonas estériles:

CALCULO DEL RENDIMINETO GLOBAL	
Volumen total remanente de cuerpo a minar : 77.564m ³	
Zonas favorables (68 %)	- Volumen remanente : 52.743 m ³ - Rendimiento : 27,24 Kg./ m ³
Zonas no favorables (32 %)	- Volumen remanente : 24.820 m ³ - Rendimiento : 0 Kg./ m ³
Rendimiento Global* : 18,52 kg de amatista por m ³ de cuerpo minado	
* Total de kg. de amatista (supuestos) en las zonas favorables, dividido el total de volumen de cuerpo a minar (incluido las zonas no favorables).	

Cuadro 7.-3.4

En base al volumen de cuerpo a minar remanente (Cuadro 7.-3.3) y del rendimiento global podemos estimar el recurso medido in situ que aún queda en el yacimiento. Por otra parte dado el método de extracción (tipo cámaras y pilares), en donde parte del yacimiento no se explota ya que actúa como soporte del techo, el recurso medido extraíble es menor. No es posible tener un valor preciso del porcentaje máximo de yacimiento que puede ser “recuperado” sin comprometer la seguridad de la mina. Para esto se habría que realizar estudios geotécnicos y de mecánica de roca en base a los cuáles dimensionar los pilares y los espacios vacíos (cámaras). Pero en base a las experiencias en otros yacimientos, la tasa de recuperación utilizando este método en roca dura, oscilan entre 65 y 80 %.

En definitiva los valores de recursos estimados para la mina piloto evaluada en este trabajo se resumen en el siguiente cuadro:

RECURSO MEDIDO EN LA MINA LA CORDILLERA	
Volumen del cuerpo a minar remanente	77.564 m ³
Rendimiento Global	18,5 kg/m ³
Tasa de recuperación ¹	65 %
Recurso medido in situ (kg. de amatista)	1.434.934
Recurso medido extraíble (kg. de amatista)	932.707
Valor estimado ² (en millones de U\$S)	9,3 a 14
¹ Se toma el valor más conservador	
² En base a un precio de venta de entre 10 a 15 U\$S el kg. de amatista	

Cuadro 7.-3.5: Estimación de recurso medido en la mina piloto la Cordillera

Con la información recogida se puede realizar un cálculo aproximado de la productividad de cada frente y minero. Parte de los datos necesarios fueron levantados en la fichas de relevamiento de zonas mineralizadas (ver figura 2.2-6) durante un período de aproximadamente 127 días hábiles. Pero para el cálculo de la productividad se precisa además los días efectivos trabajados en cada frente y el nombre del minero. Esos días efectivos de trabajo pueden o no coincidir con el periodo de relevamiento realizado en este estudio. Esto es debido a que es común que los frentes sean explotados durante un periodo y luego paralizados momentáneamente o mismo abandonados, por la presencia de zonas de fallas y/o a la planificación de la mina. De todas formas se presenta a modo de ejemplo

una planilla para control de la productividad, que una vez obtenido el dato de días efectivos trabajados, es fácil poder calcular la productividad de cada frente de trabajo, medida en kilos de piedra diarias y tiempo en días (u horas) para extraer una pieza. Estos valores dependen básicamente de dos factores (ver Tabla 7.3-6 / Anexo) :

- ✓ La concentración de geodas en cada frente de trabajo y la presencia y espesor de zonas de fallas.
- ✓ La destreza de cada operario para el corte de las piezas localizadas.

Como parte de los trabajos planificados en esta fase del proyecto estaba la utilización de los datos y de los documentos gráficos elaborados para la orientación espacial de las tareas de exploración/explotación⁵.

Por diferentes razones, no se pudo realizar en forma directa un seguimiento menos espaciado en el tiempo, del avance de la explotación. Por este motivo se optó por preparar documentos gráficos a escala adecuada, con referencias claras y de fácil lectura, ha ser utilizados por el encargado de una de las minas piloto. Y en cada visita periódica se discutía y evaluaba con el encargado el uso y aplicación práctica de la documentación en diferentes tareas de la explotación. Las conclusiones preliminares parecen indicar como positivo el uso adecuado de la información-documentos y se pueden destacar algunos beneficios potenciales:

Material Utilizado y Características del mismo	Usos/Beneficios potenciales
Un documento gráfico a escala donde se puede medir distancias y localizar diferentes puntos de interés, con una visión general de todo el yacimiento y de los distintos elementos que integran la labor minera (bocas, túneles, desvíos, etc.).	Diseño y modificaciones en la red de aire comprimido, red eléctrica, ventilación y rutas de carga-descarga.
Un documento gráfico a escala donde se puede medir distancias con ubicación espacial de productividad de túneles explotados y áreas de favorabilidad.	Direccionamiento del avance, ubicación de zonas para exploración. Evaluación de reservas.
Planillas (y metodología) de levantamiento de información sobre la mineralización.	Caracterización precisa de la mineralización (peso, tamaño, calidad). Estimación de rendimiento y reservas.

7.-4 Metodología-Criterios de planificación

No se puede realizar ninguna planificación seria si no se cuenta primero con información, lo más precisa y detallada posible, de los procesos y tareas sustantivas necesarias para ejecutar la explotación minera. Por lo tanto la primera etapa es el levantamiento sistemático de datos relacionados a equipamiento-máquinas, insumos, rendimiento, etc. necesarios para ejecutar las tareas/procesos antes descritos. En este sentido es necesario previamente definir los siguientes aspectos:

- ✓ Metodología y criterios de adquisición de datos.
- ✓ Definir datos a levantar y forma de cuantificar los mismos.
- ✓ Realizar el levantamiento en forma metódica en un período de tiempo prudencial que permita obtener por lo menos valores promedios.
- ✓ Crear los documentos básicos (planillas, mapas, etc.) para la adquisición y almacenamiento de datos.

En una primera aproximación se presenta a continuación algunas ideas-sugerencias de los datos a obtener y su posible forma de cuantificación para el análisis y planificación en labores subterráneas de amatistas, discriminados por tarea-actividad.

a. TAREA : DESMONTE DE ROCA

- Función : Avance en zonas estériles (fallas).
- Equipo : Martillo neumático liviano.
- Insumos principales : Material explosivo (anfo, cordón detonante, detonares mecánicos, mecha lenta), energía (aire comprimido), barrenas, otros.
- Metodología posible : Seguimiento de cantidad de insumos y horas-hombre para avanzar el frente de trabajo un determinado volumen.

Durante un período adecuado y en diferentes frentes de avance sobre falla, realizar medidas de cantidad de perforaciones, tiempo necesario para ejecutar cada una, horas-hombre requeridas, material explosivo necesario. Y relacionar los valores obtenidos con volumen de roca desmontado.

- Datos a obtener : Cantidad de material explosivo, de perforaciones, de barrenas (duración medida en m. perforados), horas-hombre, por m³ de roca desmontada. También se debería estimar aproximadamente la energía

(gas-oil) para generación de aire comprimido por m³ desmontado. Para ello se podría realizar mediciones-cálculos de tiempo necesario para de cada perforación, el consumo de aire comprimido necesario por perforación y la velocidad de avance.

b. TAREA : TIROS

- Función : Arranque de roca en las cercanías de las geodas (zonas de manchas).
- Equipo : Martillo neumático liviano.
- Insumos principales : Pólvora, energía (aire comprimido), barrenas, otros.
- Observación : La cantidad de tiros (y por lo tanto los insumos necesarios) es muy variable, dependiendo de la situación particular de cada frente de trabajo. La cantidad de geodas localizadas, su disposición espacial, su forma y tamaño definen la cantidad de tiros necesarios para la remoción de la roca estéril alrededor de las geodas (o grupo de geodas).
- Metodología posible : Realizar medidas dentro de las zonas de manchas, durante un tiempo prudencial y en distintos frentes de trabajo, del volumen de roca portadora arrancada y de los kilogramos de amatista obtenida. Paralelamente controlar la cantidad de perforaciones para ejecutar los tiros, consumo de pólvora y horas hombre para estas zonas relevadas.
- Datos a obtener : De esta forma es posible obtener un valor de "referencia" de cantidad de pólvora, energía, barrenas y horas hombre y relacionarlo con el volumen de la zona de mancha (m³) y kilos de amatista.

c. TAREA : CORTE DE GEODA

- Función : Arranque del macizo rocoso de la geoda entera (pieza).
- Equipo : Martillo neumático liviano.
- Insumos principales : Energía (aire comprimido), barrenas, otros.
- Observación : El tamaño de la geoda es el principal factor que influye en la cantidad de perforaciones y horas-hombre necesarias para cortar la pieza. Las formas muy irregulares pueden tener cierta influencia, pero como el corte se realiza a cierta distancia de la geoda, dejando una "cáscara" de basalto, la forma puede considerarse groseramente prismática regular. Las

piezas grandes, con eje horizontal, pueden también influir en la cantidad de perforaciones necesarias. Pero en forma aproximada existe una relación directa entre tamaño (peso) de la geoda, cantidad de perforaciones y horas hombres necesarias para cortar la pieza.

- Metodología posible : Para cada pieza cortada medir cantidad de perforaciones necesarias, peso de la misma en bruto y descascarada, dimensiones de los ejes (especificar la posición del el eje mayor vertical u horizontal) y horas-hombre requeridas. Estas medidas se deben hacer en un número importante de piezas de forma y tamaño variado.
- Datos a obtener : Cantidad de perforaciones y horas hombre por pieza arrancada (Kg. de amatista). De esta forma es posible obtener un valor promedio de cantidad energía (aire), barrenas y horas-hombre y relacionarlo con la cantidad de amatista.

d. TAREA : LIMPIEZA DE FRENTES

- Función : Extracción de estéril.
- Equipo : Pala frontal o pala frontal y vehículo de carga.
- Insumos principales : Combustible e insumos varios (aceite, repuestos, neumáticos, etc.).
- Observación : Hay que considerar la modalidad de carga-transporte adoptada y las distancias frente-zona de descarga. (Ver C. Tareas Auxiliares / C.1 Tareas de Limpieza para más detalle).
- Metodología posible : Para cada frente y en función de la modalidad de limpieza utilizada se debe medir : distancias, tiempo y número de cada ciclo, consumo de gas-oil e insumos y volumen de material retirado.
- Datos a obtener : Los datos básicos a obtener son horas-hombre, gas-oil e insumos por m³ de material removido. Dado que generalmente la distancia varía en función de la limpieza simultánea de diferentes frentes y la profundización de los mismos con el tiempo, se debe recoger los datos para cada frente de trabajo. Para comparar la información se puede uniformizar la misma utilizando el valor de distancia de cada frente y obtener el volumen de m³ de material removido en función de la distancia. En el siguiente cuadro se detalla los datos a recoger para cada frente de trabajo en función de la modalidad utilizada :

Modalidad de carga-transporte	Datos
Solo pala frontal	Distancia frente-escombrera, tiempo del ciclo, consumo de gas-oil e insumos, volumen de material retirado.
Pala frontal-camión en boca	-Pala : distancia frente-boca, tiempo del ciclo, consumo de gas-oil e insumos, volumen de material retirado -Camión: distancia boca-escombrera, tiempo de ciclo, consumo de gas-oil e insumos, volumen de material retirado.
Pala frontal-equipo de transporte en el interior de mina	-Pala : distancia frente-zona de acopio, tiempo ciclo, consumo de gas-oil e insumos, volumen de material removido -Tractor con zorra : distancia zona de acopio-escombrera, tiempo del ciclo, consumo de gas-oil e insumos, volumen de material retirado.

e. TAREA : SUMINISTRO DE AIRE COMPRIMIDO

- Función : Proveer de energía (aire comprimido) a los martillos neumáticos.
- Equipo : Compresor.
- Insumos principales : Combustible, aceite, cañerías, accesorios, etc.
- Observación : El control del funcionamiento y eficiencia del sistema de aire comprimido puede traer importantes beneficios económicos. Por lo que es altamente recomendable realizar acciones/inversiones en localizar/eliminar fugas, minimizar las caídas de presión y control de la presión en el sistema.
- Metodología posible : La contratación de expertos sería una medida positiva para evaluar y diagnosticar al sistema de aire comprimido y proponer soluciones para mejorar la eficiencia del mismo. De todas formas se puede realizar estimaciones del nivel de fugas midiendo tiempos de vaciado o caídas de presión con las unidades consumidoras sin funcionar. Ver Figura 7.-4.1 / Anexo.
- Datos a obtener : -Compresor : volumen m³/hora, número de martillos posible de alimentar, consumo de combustible, ubicación, etc.
-Cañerías y accesorios : tipo, características, costos, diseño de red.
Sería conveniente relacionar consumo de combustible con material desmontado y cantidad de geodas extraídas.

e. TAREA : VENTILACION

- Función : Proveer de aire limpio (extraer aire viciado) a (de) los frentes de trabajo.
- Equipo : Ventiladores.
- Insumos principales : Material para los ductos, energía eléctrica.
- Observación : Hay que considerar la modalidad de ventilación adoptada. (Ver C. Tareas Auxiliares / C.3 Ventilación para más detalle).
- Metodología posible : Habría que definir cada caso particular, en función de la modalidad de ventilación y características geométricas de la labor minera.
- Datos a obtener : Costos de energía eléctrica, material para ductos, etc.

f. TAREA : EVALUACIÓN GEO-MINERA

La función, metodología y datos a obtener ya fueron detallados ampliamente en ítem **E. Tareas de evaluación geo-minera.**

Consideraciones Generales

A partir de la recopilación de información, cuantificación de datos, ordenamiento y análisis de los mismos se debería sugerir soluciones y alternativas para mejorar y/o optimizar los diferentes etapas/procesos que involucran la extracción de piedra :

i. Elaborar plano detallado a escala, de la labor minera actualizado periódicamente para ser utilizado como soporte de las diferentes tareas/actividades :

- ✓ diseño de la red de aire comprimido y ubicación de compresores, diseño del sistema de ventilación, rutas de retiro de material.
- ✓ mapeamiento continuo de zonas de mancha y falla, avance, mineralización.

ii. Mejoras/alternativas al retiro de estéril para disminuir costos y tiempo.

iii. Ventilación, posibles soluciones que mejoraría el ambiente para los operarios y al mismo tiempo haría más corto la espera para retornar al frente de trabajo.

- iv. Personal destinado solo al avance en zonas de falla y a la exploración detallada y otro destinado al arranque – corte en zonas de mancha.
 - v. Persona idónea (capataz-técnico) que esté continuamente en los frentes de trabajo y conozca toda la problemática de la cantera. Encargado de evaluar continuamente y cuantificar el uso de insumos, la cantidad y tipo de piedra extraída, mapeo de zonas de mancha y falla, definir funciones y distribución del personal de la cantera, coordinar las voladuras, etc.
 - vi. Usos para direccionamiento de avance (que debería hacerlo el capataz-técnico con posible asesoramiento de Geólogo) mapa de zonas de manchas/fallas, de observaciones geológicas y georadar más criterios tradicionales.
 - vii. Cuantificar en forma continúa la cantidad (número / peso) de geodas por volumen de roca.
 - vi. Evaluación de posibles mejoras (técnicas / innovaciones) para bajar costos, aumentar la competitividad de la empresa y mejorar las condiciones de trabajo. Algunos ejemplos ya fueron mencionados en las tareas de carga-descarga y el suministro de aire comprimido que se ejecutan en una de las minas piloto estudiadas (ítem 7.-3 Proceso de extracción).
- Otro ejemplo interesante practicado en la misma mina, es el cambio de afilado de barrenas a “ojo” al afilado con una máquina específica para esta operación. Esto permitió un afilado más rápido, con la geometría correcta y menor desgaste del inserto. En la práctica se tradujo un aumento sustancial en la vida útil de este insumo de uso intensivo y por lo tanto disminución de costos. Ver Figura 7.-4.2 y 3 / Anexo.

ANEXO 7 : Planificación

URUANFO

Descripción

Es un explosivo tipo ANFO granulado de baja densidad, ideal para rocas de medio y bajo grado de dureza que necesitan para su voladura un gran volumen de gases. Recomendado su uso en carga de columna.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

ENERGÍA:	920 Kcal/kg
DENSIDAD:	0,75 – 0,80 g/ cm ³
VELOCIDAD DE DETONACIÓN:	3000 a 3200 m/s. Cilindro hierro de 50 mm
SENSIBILIDAD:	iniciación con 10 % de alto explosivo (Pesmul)
RESISTENCIA AL AGUA:	mala
VOLUMEN DE GASES:	970 Lts./Kg.
DIÁMETRO CRÍTICO:	1"
PRESENTACIÓN:	bolsas de 30 Kg.
ALMACENAMIENTO:	en lugar seco, cerrado y aislado de materiales incompatibles.
TRANSPORTE:	producto explosivo de clase 1,5D ONU 0331, solo pudiendo ser transportado con espoletas en compartimientos separados.

Figura 7.-3.2 : Descripción y características de material explosivo utilizado en desmonte de roca en la minería subterránea de Artigas .
Fuente : <http://www.ejercito.mil.uy/cal/sma/pesma/folletos-pesma/URUANFO.pdf>

CORDON DETONANTE

DESCRIPCIÓN:

Es un cordón explosivo conformado básicamente por un núcleo central de pentrita (PETN) recubierto por una serie de hilados, fibras textiles y una cubierta exterior de plástico, que conforman en conjunto un cordón flexible resistente a la tracción e impermeable.



Según las concentraciones lineales de PETN se ofrecen diferentes tipos de cordones. Así se tienen cordones de 3, 5 y 10 gramos por metro.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Gramos/Metro	Diámetro (mm)	Carga (g/m)	Resistencia a la tracción kg/m ²	Velocidad de Detonación m/s
3	3,6	3,2	90	7100
5	4,2	5,3	110	7100
10	5,3	10,6	120	7100

Figura 7.-3.3 : Descripción y características del cordón detonante utilizado en desmote de roca en la minería subterránea de Artigas.
Fuente : <http://www.ejercito.mil.uy/cal/sma/pesma/folletos-pesma/cordon-detonante-pesma.pdf>

MECHA LENTA DE SEGURIDAD

Descripción

Este accesorio consiste básicamente en un cordón compuesto por un núcleo central de pólvora negra, con un tiempo de combustión conocido, recubierto por una serie de hilados, fibras textiles y una cubierta de plástico que en conjunto le dan una alta resistencia a la tracción, una buena flexibilidad y una gran impermeabilidad.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

DIÁMETRO (mm) :	5,2 ± 0,1
TIEMPO DE COMBUSTIÓN (± 8%):	140 seg/mt.
SALTO DE CHISPA:	Mayor de 30 mm
RESISTENCIA A LA HUMEDAD:	24 hrs. (mínimo)
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:	120 kgs.
RESISTENCIA A LA TENSIÓN:	3 HRS con 10 Kg

Figura 7.-3.4 : Descripción y características de mecha lenta utilizado en desmote de roca en la minería subterránea en Artigas.

Fuente: <http://www.ejercito.mil.uy/cal/sma/pesma/folletospesma/mecha-lenta-pesma.pdf>

DETONADORES MECANICOS

Descripción

Es un accesorio diseñado para iniciar en forma segura distintos tipos de cargas explosivas, mediante un sistema constituido por elementos explosivos ubicados en el interior de una cápsula de Aluminio.

Los elementos explosivos están constituidos por una carga secundaria sensible a la chispa de la mecha y una carga primaria que aporta la energía para iniciar la carga explosiva de la patrona.



Aplicaciones

Este accesorio utiliza una mecha de seguridad para transmitir la iniciación al detonador, al mismo tiempo que permite proporcionar una cierta secuencia de salida y el tiempo necesario para que el personal que realice el encendido llegue a un lugar seguro.

Se utiliza para iniciar cordón detonante, Pesmul, Pesmagel y tubos no eléctricos.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

POTENCIA:	Nº .8
LONGITUD(mm) :	45 ± 0,5
DIÁMETRO EXTERNO(mm)	6,2 ± 00,5
RESISTENCIA AL IMPACTO 2 Kg. DESDE 90 cm DE ALTURA	No Detona
CARGA SECUNDARIA(AZIDA):	300 mg.
CARGA PRIMARIA(PETN):	500 mg.

Figura 7.-3.5 : Descripción y características de detonadores utilizado en desmante de roca en la minería subterránea en Artigas.

Fuente : <http://www.ejercito.mil.uy/cal/sma/pesma/folletos-pesma/detonadores-mecanicos-pesma.pdf>

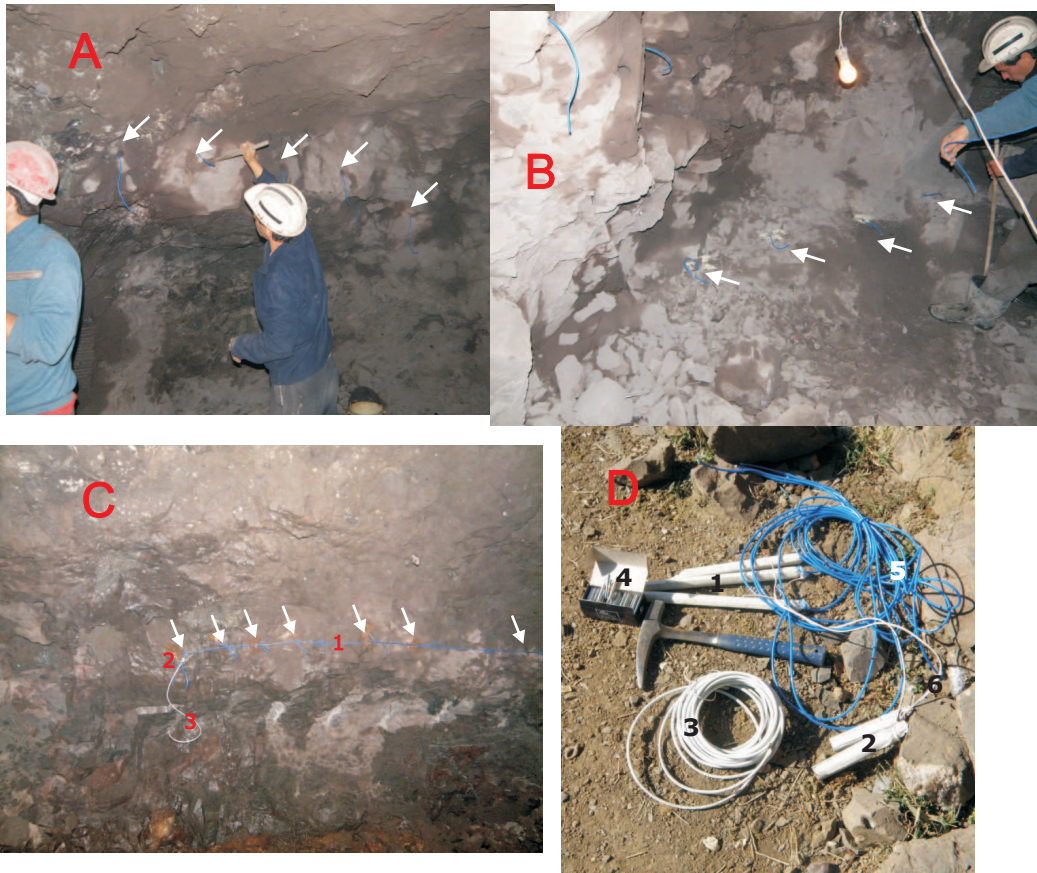


Figura 7.-3.6: Foto A carga de cartuchos de anfo en el techo del frente de trabajo, Foto B ídem pero en el piso, Foto C fila de explosivos ya armada, barrenos (flechas blancas) unidos al cordón detonante principal (1), mecha lenta (3), empalme cordón-mecha con detonador mecánico (2), Foto D insumos principales : 1-cartucho de anfo, 2-cartucho de pólvora, 3-mecha lenta, 4-detonadores mecánicos, 5-cordón detonante, 6-cable gemelo para encendido de cartucho de pólvora.

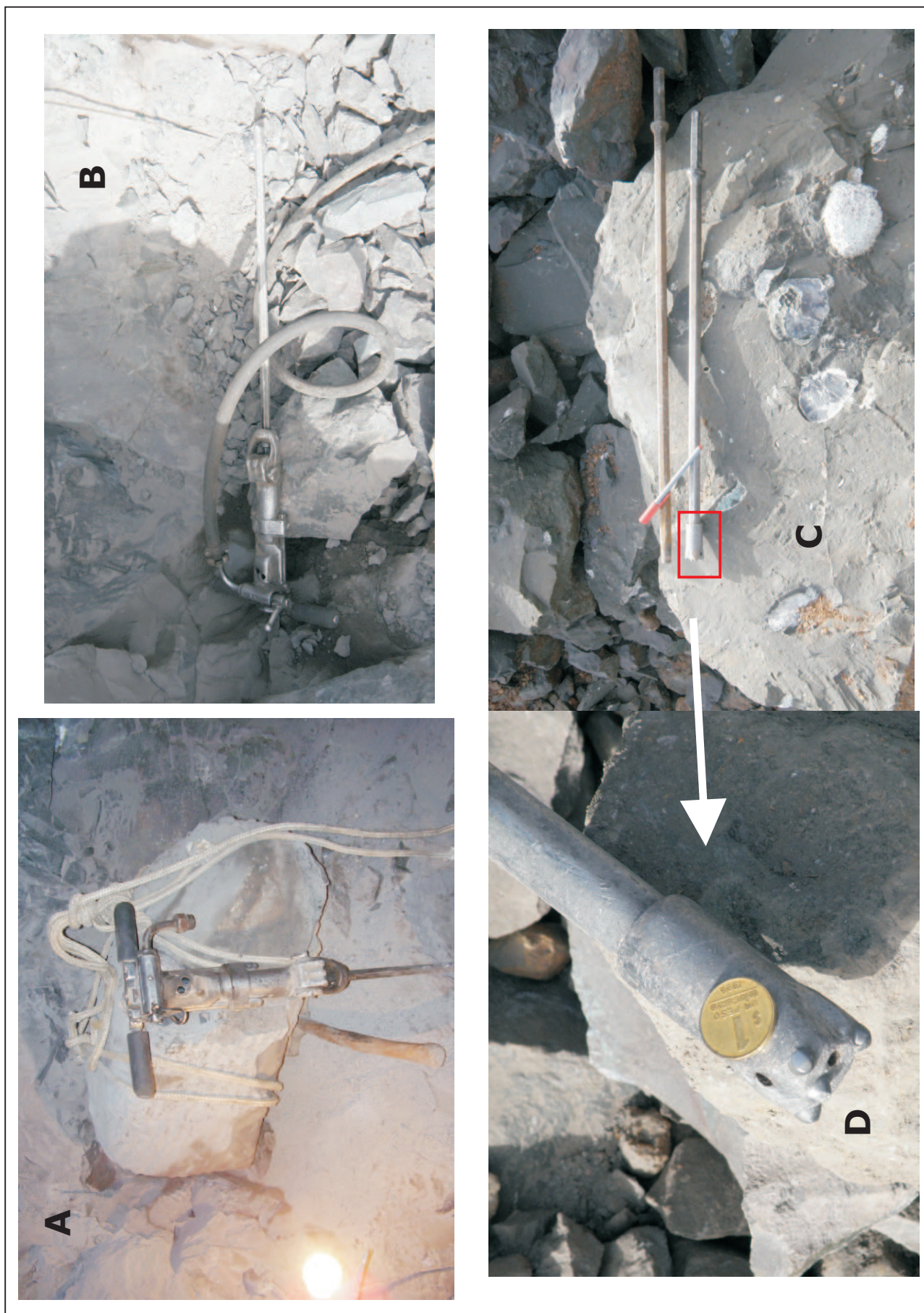


Figura 7.-3.7 : Martillos neumáticos livianos y barrenas utilizadas en las minas de Artigas. Foto A martillo con barrena integral corta (80 cm). Foto B martillo con barrena larga(160 cm) con corona de botones. Foto C barrenas cónicas con corona de botones. Foto D detalle de la corona de botones.

CORTE DE GEODAS EN UNA LABOR A CIELO ABIERTO



Figura 7.-3.8-A : Fase inicial en la extracción de geodas (G1, G2 y G3) con cara frontal libre. En esta primera fase, se corta/libera las caras laterales y superior a través de la ejecución de una gran cantidad de perforaciones. En la Foto B se observa 2 etapas de esta fase inicial : 1. Geoda aun unida al frente a través de un "tabique" entre perforaciones (G3). 2. Geoda parcialmente separada del frente, luego de ejecutar un segundo corte que rompe los " tabiques" (G2 - flecha roja). Para ello se usa una barremina que sirve como guía del segundo corte (G2 - flecha negra). También se observa los orificios en el frente de las geodas por donde se realizo la evaluación de calidad y tamaño/forma de la misma.

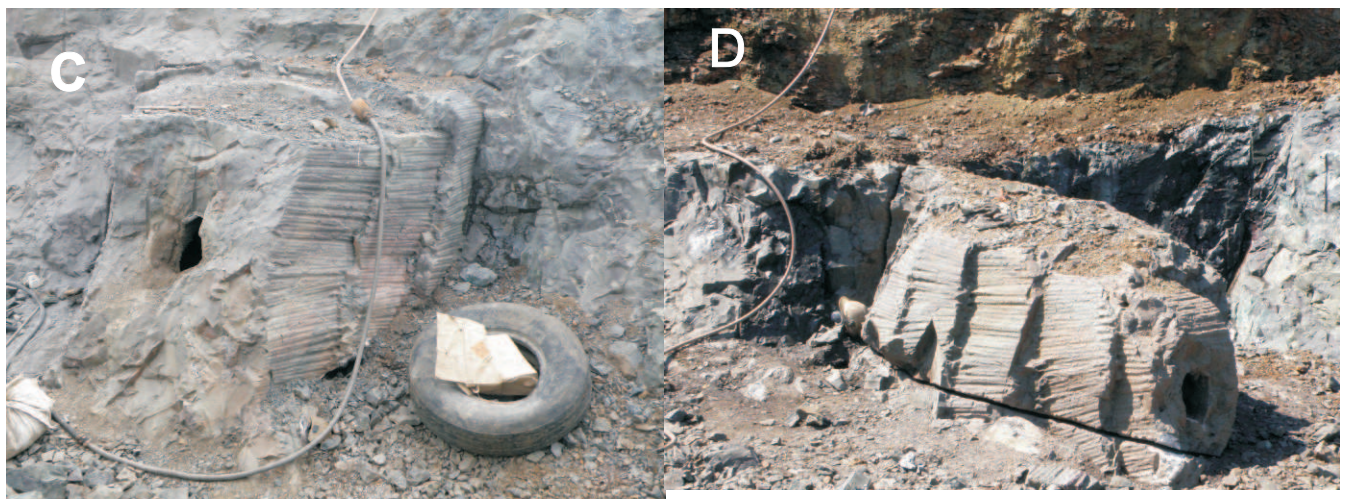


Figura 7.-3.8-B : Fase media (Foto C) y final (Foto D) en la extracción de una geoda. Obsérvese que estas enormes piedras, con eje mayor horizontal, precisan decenas a centenas de cortes ejecutados en varias etapas . Entre cada etapa de corte debe arrancarse el material lateral. Para ello se utiliza tanto puntas, separadores y marrones como "tiros" con pólvora. La geoda de la Foto D ya fue cortada la base, por lo que esta totalmente "despegada" del macizo rocoso.

Figura 7.-3.8 : Tarea de corte de geodas en una labor a cielo abierto. Los procedimientos son los mismo que en una labor subterránea.

POLVORA NEGRA ARTIGAS

Es una pólvora a base de nitrato de potasio, nitrato de sodio, carbón vegetal y azufre.

Sus proporciones y granulometría fueron desarrolladas por el Departamento Técnico de la PESMA, luego de visitas técnicas e intercambio de experiencias con nuestros clientes para su uso en el mercado uruguayo, donde se usan productos de mediana velocidad de deflagración y potencia.

Especialmente recomendada para su uso en corte de todo tipo de granitos ornamentales así como para la extracción de piedras semipreciosas.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

VELOCIDAD DETONACIÓN:	300 – 400 m/s confinada
INICIACIÓN MÍNIMA RECOMENDADA:	Chispa de mecha lenta
PRESENTACIÓN:	Caja de 20 Kgs. conteniendo 4 bolsas de 5 kgs.
ALMACENAMIENTO:	En lugar seco, cerrado y aislado de materiales incompatibles. Evitar el almacenamiento en contacto con el aire
VIDA ÚTIL:	1 año
TRANSPORTE:	Producto explosivo de clase 1,1D ONU 0027
PRECAUCIONES:	Como todas las pólvoras negras es un producto sensible a la iniciación por roce, choque y/o chispas. Deberá ser manipulada en sus envases originales y se evitará el contacto con cualquier tipo de metales chisposos, ya sea en su carga como en su atacado.

Figura 7.-3.9 : Descripción y características de la pólvora utilizado en desmante de roca en la minería subterránea en Artigas.

Fuente: <http://www.ejercito.mil.uy/cal/sma/pesma/folletos-pesma/polvora-negra-sma.pdf>

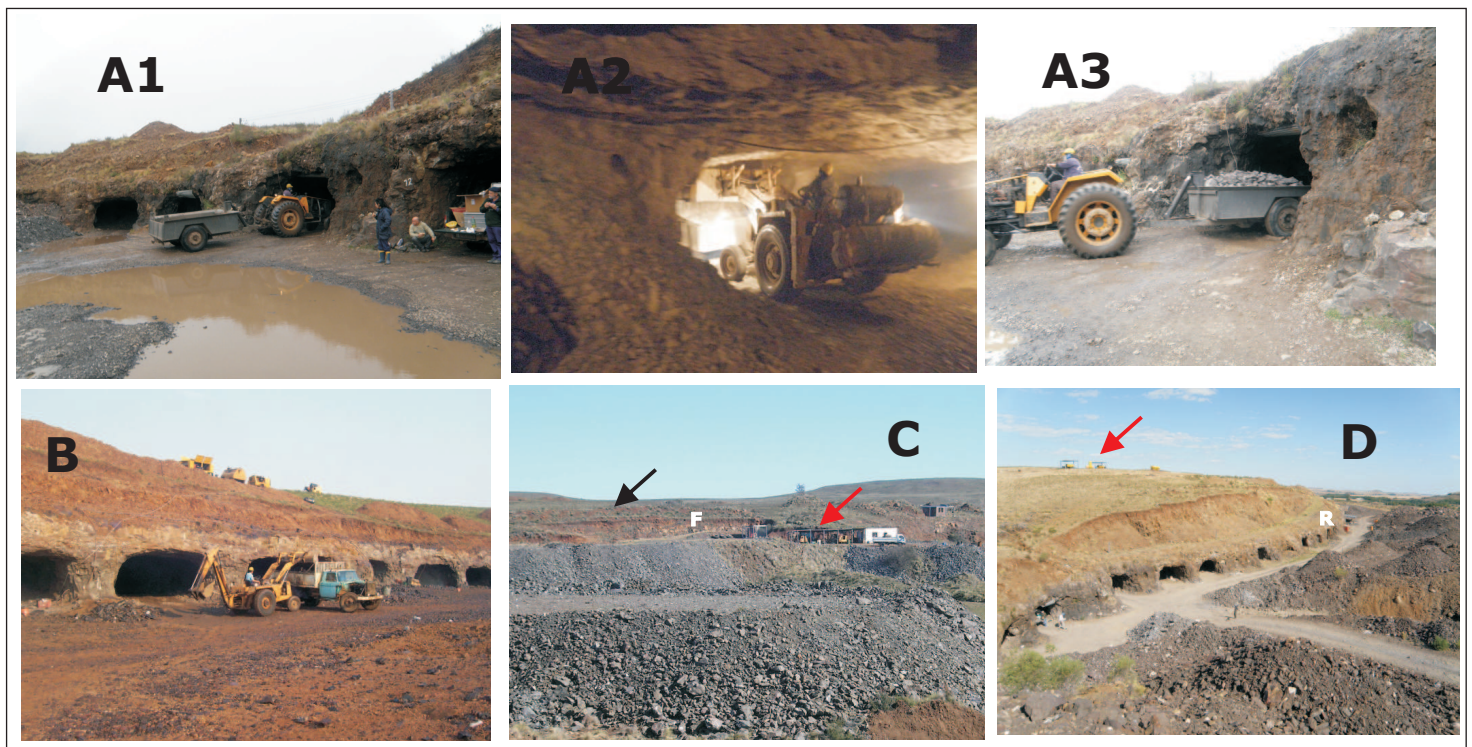


Figura 7.-3.11 : 1. Modalidad de carga-transporte en las minas subterráneas de Artigas. Fotos superiores secuencia de modalidad con 2 equipos : Foto A1 tractor con zorra entrando a la mina para retirar escombros, Foto A2 cargado de zorra en el interior de la mina con pala, Foto A3 transporte de material hacia las escombreras. Foto B variante de la modalidad tradicional, con pala en el interior de la mina, cargando-transportando escombros hasta un camión ubicado en la boca de túnel.

2. Localización de compresores (flechas rojas). Foto C compresores ubicados al costado de la mina a cierta distancia de las bocas de entrada. Se observa el frente (F) y el techo de la mina (flecha negra). Foto D variante de la localización anterior, con compresores en el techo de la mina por encima de los frentes de trabajo. Se observa el reservorio o pulmón de color amarillo (R) mostrando la antigua ubicación de los compresores.

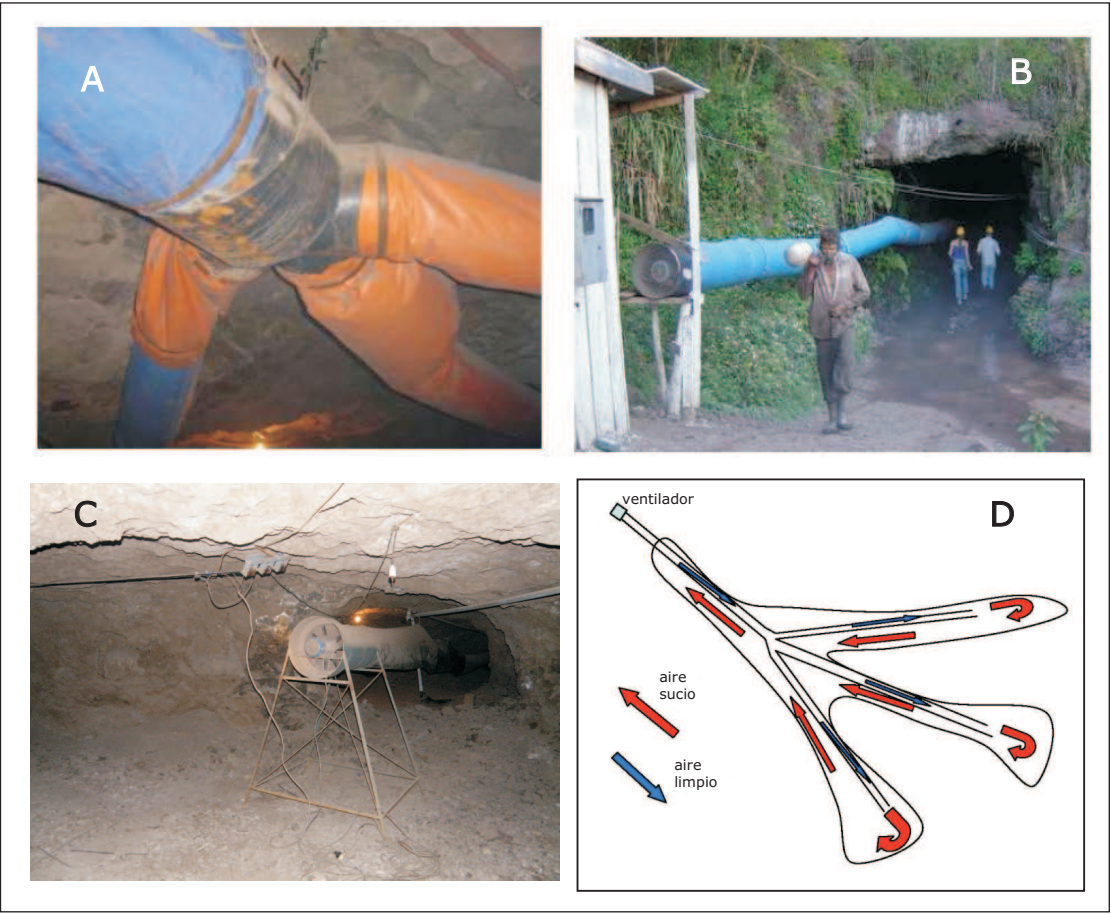


Figura 7-3.12 : Sistema de ventilación Forzada. Foto A y B sistema de ventilación forzada con ventilador (en la boca) y ductos en labores subterráneas de Ametista do Sur. Foto C ventilación forzada con ventilador (en el interior de la mina) y ductos en labores subterráneas de Artigas. Imagen D esquema de circulación de aire en labores subterráneas con una entrada y salida de aire (resultado de investigación en labores de Ametista do Sur)

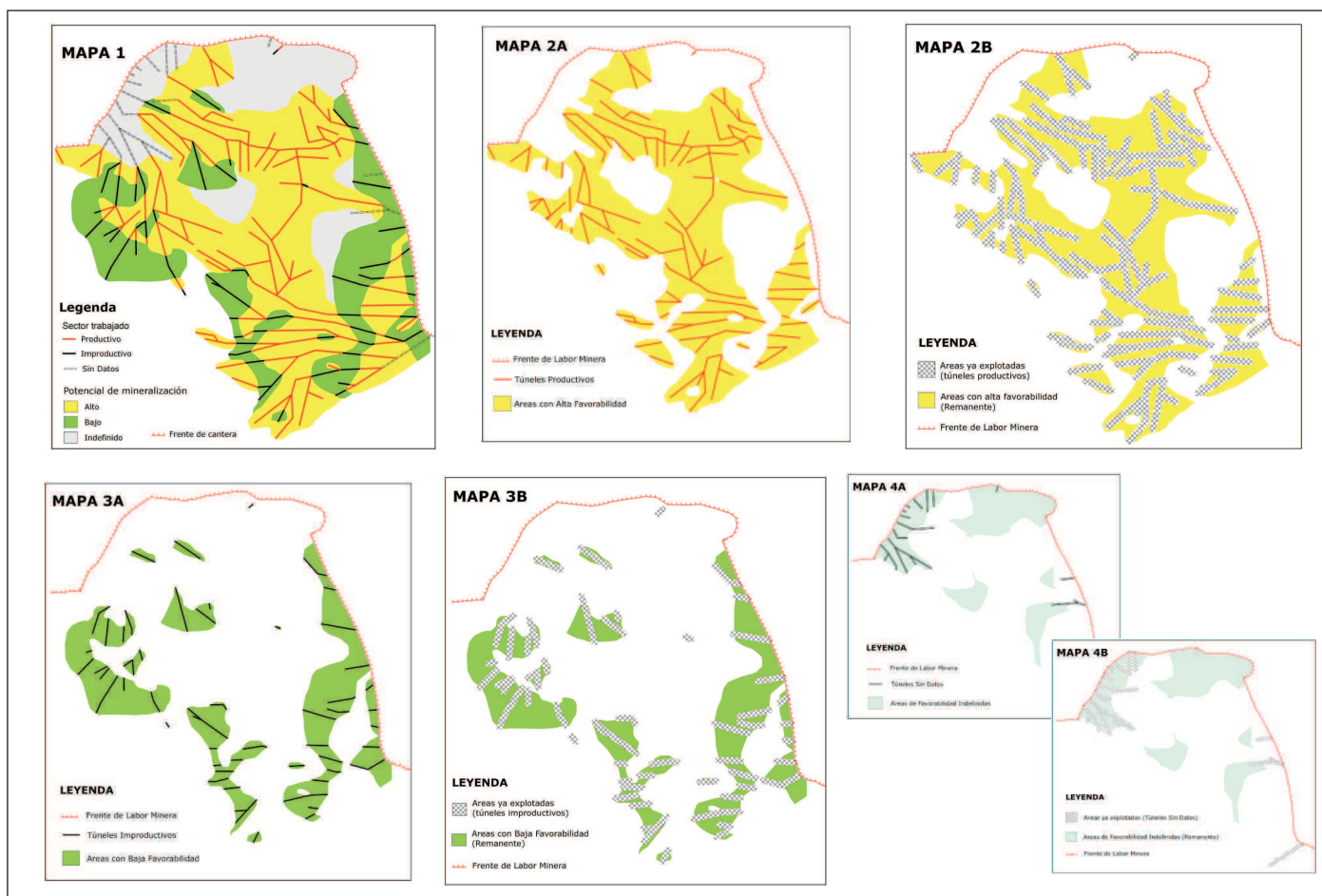
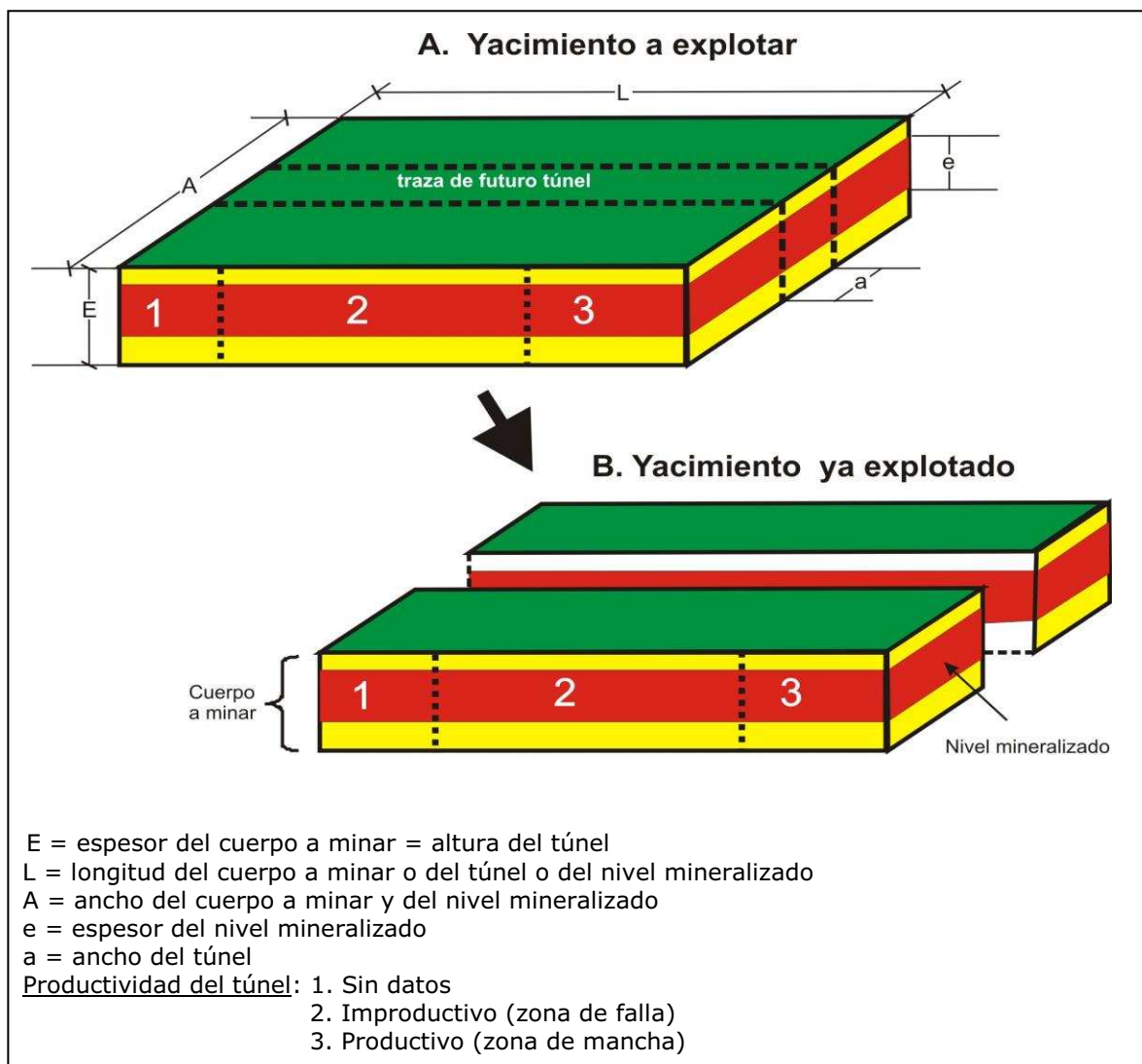


Figura 7.-3.13 : Procesamiento y análisis espacial del yacimiento de la mina La Cordillera (ver cuadro 7.-3.1)



Fórmulas utilizadas para la cuantificación del yacimiento	
TUNEL	área (planta) = $L \times a$
	volumen = $E \times L \times a$
CUERPO A MINAR	área = $L \times A$
	volumen total = $L \times A \times E$
	volumen remanente = $[(L \times A) - (L \times a)] \times E$
NIVEL MINERALIZADO	área = $L \times A$
	volumen total = $L \times A \times e$
	volumen remanente = $[(L \times A) - (L \times a)] \times e$
<p>* Cuerpo a minar : Abarca el nivel mineralizado más el sector del piso y techo en general estéril, pero que es extraído para poder trabajar con maquinaria.</p> <p>* Nivel mineralizado : sector ubicado generalmente en la parte media del cuerpo minado, de espesor de entre 1.5 a 2 m, donde se concentra la gran mayoría de las geodas.</p> <p>* Volumen total : volumen calculado sin tener en cuenta el material extraído por el minado del yacimiento.</p> <p>* Volumen remanente : volumen total menos los espacios vacíos generados por la extracción (túneles).</p>	

Figura 7.-3.14: Representación esquemática de la geometría simplificada de un yacimiento de geodas con amatista.

FRENTE DE TRABAJO RELEVADOS		PERIODO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION		NUMERO DE GEODAS EXTRAIDAS	PESO DE GEODAS EXTRAIDAS EN Kg.			PRODUCTIVIDAD	
Nº	Nombre del Minero	Días Hábles	Días Efectivos (D.E.)		Rango	Promedio	Total	Kg. / D.E.	Geodas / D.E.
FT-3	A	62	?	5	80 a 150	110	550		
FT-4	B	65	?	16	60 a 350	130	2030		
FT-7	C	62	?	3	100 a 180	140	420		
FT-9	D	30	?	5	60 A 90	80	400		
FT-11	E	35	?	2	120 a 130	125	250		
FT-12	F	127	?	17	25 a 1000	141	3140		
FT-15	G	127	?	17	70 a 350	126	2130		
FT-16	H	127	?	28	60 a 300	150	4120		
FT-17-18	I	107	?	14	50 a 400	175	2430		
FT-18	J	127	?	55	90 a 450	120	6450		
FT-19	K	127	?	41	60 a 300	130	5230		
FT-20	L	35	?	2	100 a 400	250	500		
FT-27	M	35	?	3	20 a 200	120	360		
FT-63	N	127	?	69	60 a 400	155	10420		
FT-64	Ñ	127	?	13	50 a 250	130	1710		
FT-65	O	92	?	8	100 a 250	180	1440		
TOTAL DE LA MINA		127	?	298	25 a 1000	142	41580		
* Días Efectivos (D.E.) : se corresponde a los días reales durante el cual el frente fue explotado, dentro del periodo de levantamiento de información. ** Productividad : Medida tanto en Kg. de amatista como cantidad de piezas extraída por días efectivos trabajados y por frente. (Peso total de geodas / D.E. o cantidad total de pieza / D.E. por frente de trabajo y para el total de la mina)									

Cuadro 7.-3.4 : Tabla modelo para calcular la productividad de cada frente de trabajo y del total de la mina.

1. Observando el vaciado del depósito de aire comprimido

Se mide en qué tiempo disminuye la presión en una cantidad determinada. Al efectuar la medición es necesario que todas las unidades consumidoras estén desconectadas y no se debe alimentar aire comprimido al depósito.

$$V_L = \frac{V_B \cdot (P_A - P_E)}{t}$$

V_L Cantidad de aire perdido por la fuga, expresada en l/min.

V_B Capacidad depósito de aire comprimido en litros (l)

P_A Presión inicial en el depósito en bar

P_E Presión final en el depósito en bar

t Duración de la operación de medición en min.

2. Observando cantidad de aire para mantener la presión de trabajo

En el momento en que la presión de trabajo corresponde al nivel previsto, el compresor se desconecta. A continuación se produce la fuga de aire comprimido en la red. Transcurrido un tiempo determinado (t_2), el compresor se vuelve a conectar debido a la caída de presión que se produjo en la red por la fuga. Además tienen que medirse con un cronómetro los tiempos de rellenado (t_1). También en este caso es necesario que las unidades consumidoras estén desconectadas

$$L_V = \frac{t_1}{t_2 + t_1} \cdot 100$$

L_V Pérdida de aire comprimido en tanto por ciento

t_1 Tiempo necesario para recuperar la presión de red

t_2 Tiempo de inactividad del compresor

3. Observando los tiempos para mantener la presión

Para obtener un resultado más preciso, es recomendable repetir la medición varias veces (siempre empezando en el momento en que se para el compresor).

$$V_L = \frac{V_K \cdot \sum_{i=1}^n t_i}{T}$$

V_L Cantidad de aire perdido por la fuga en m³/min.

V_K Caudal del compresor en m³/min.

t_i Duración del ciclo "i" para recuperar la presión de red

n Cantidad de ciclos de recuperación de la presión de red

T Duración total de la operación de medición

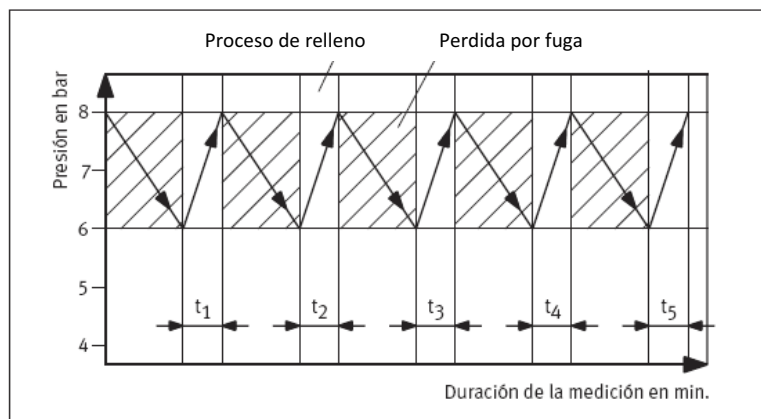


Figura 7.-4.1 : Procedimientos para estimación de fugas en un sistema de aire comprimido.
Fuente : Stefan Hesse 2002 - Aire comprimido, Fuente de Energía.

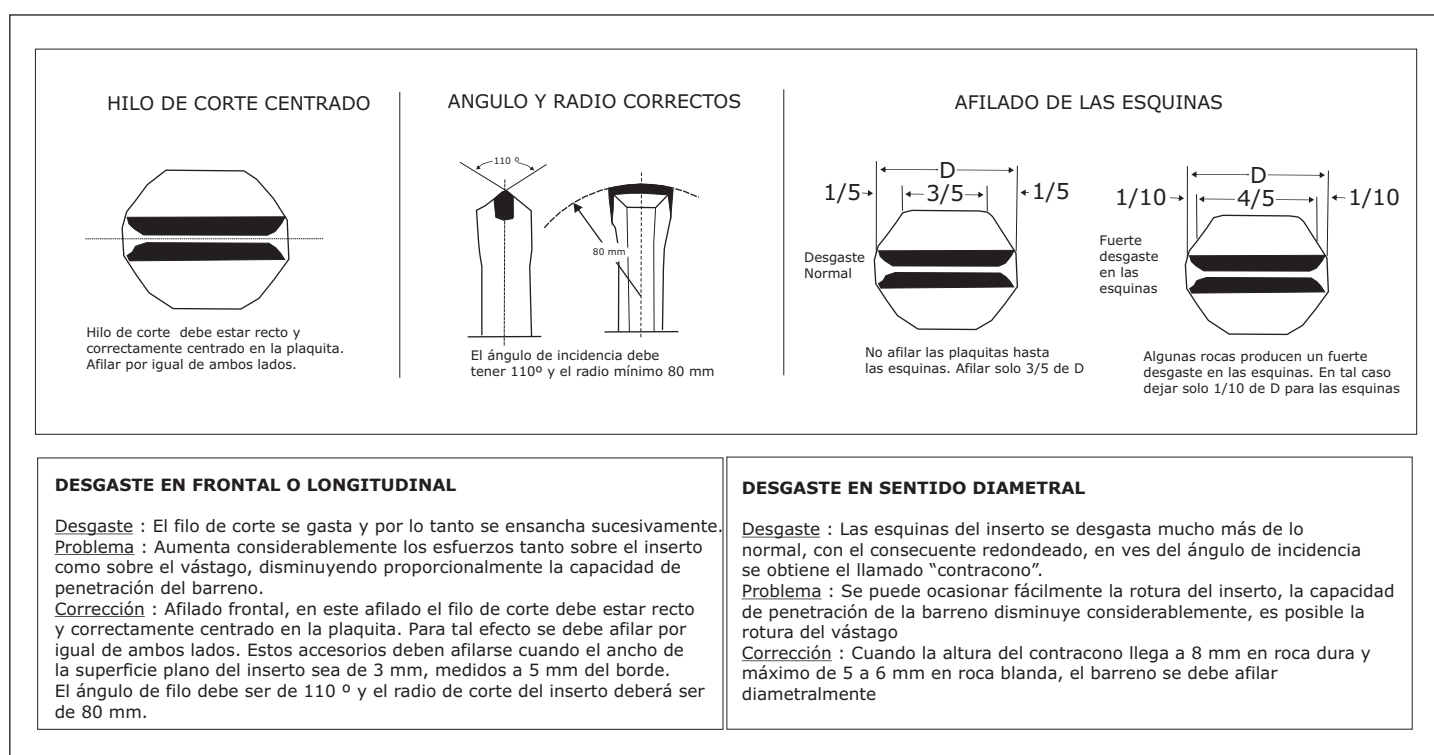
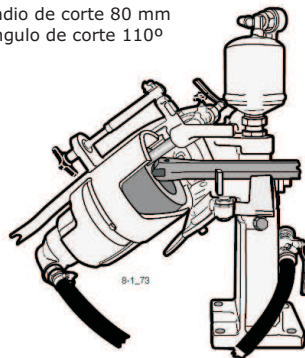


Figura 7.-4.2 :Características y recomendaciones en afilado de insertos de barrenas integrales

Afiladora de barrenas integrales
Marca SANDVIK , Modelo RG100P

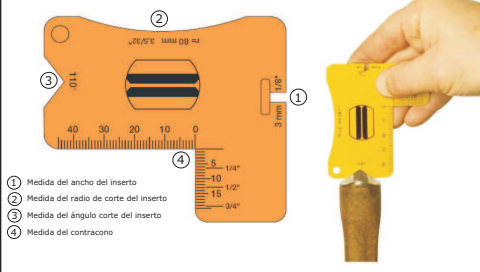
Radio de corte 80 mm
Angulo de corte 110°



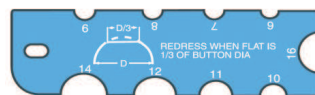
Afiladora de barrenas integrales
usada en la Mina La Cordillera



PLANTILLA PARA EL CONTROL DE DESGASTE DE BROCAS CON INSERTOS



PLANTILLA PARA EL CONTROL DE DESGASTE DE BROCAS CON BOTONES



El afilado de botones tiene por objeto
devolverles su forma esférica original,
pero sin reducir demasiado su altura



Figura 7.-4.3 : Afiladoras de insertos de barrenas integrales y plantillas para control de desgaste.

8. CONSIDERACIONES FINALES

El objetivo general de esta fase del proyecto era alcanzar el mayor grado posible de conocimiento de los yacimientos de geodas rellenas con amatistas en roca “dura”. Para ello se estudiaron en detalle dos yacimientos ubicados respectivamente en la parte inferior del nivel mineralizado número 3 (mina piloto Santiño) y en el nivel mineralizado número 4 (mina piloto La Cordillera).

Los objetivos específicos fueron definir los parámetros geométricos de los cuerpos con geodas rellenas de amatistas y las características de la mineralización. Y la aplicación práctica de los conocimientos/metología generada en tareas de exploración/explotación.

El nivel mineralizado explotado en la mina La Cordillera se localiza en la parte superior de la colada portadora número 4. Su potencia es relativamente constante y es del orden de 3 m., quedando restringida la gran parte de la mineralización económica a su zona central de 1,5 m. de potencia. Por encima de esta zona mineralizado central aparece aproximadamente 0,5 m. de basalto masivo, en general estéril, en contacto neto con el basalto vesicular-brechoide, que actúa como techo-guía de las explotaciones.

Los estudios ejecutados con georadar a nivel de piso de la mina La Cordillera, el chequeo posterior de los resultados geofísicos con la ejecución de cateos y la propia experiencia de los mineros, indica que por debajo de los 3 m del nivel mineralizado no existen más geodas.

El yacimiento explotado en la mina Santiño se ubica en la parte inferior (roca sin alteración meteórica) del nivel mineralizado número 3 (ver capítulo 5 para más detalles). En este nivel parece existir una relación entre densidad/tamaño de geodas y espesor del nivel mineralizado. Los sectores dentro de este nivel con alta concentración de geodas en general pequeñas (<0,50 cm) pueden alcanzar potencias de hasta 4 a 5 m. En cambio los sectores con menor densidad de geodas, pero de mayor tamaño (> 0,5-1 m.) presentan potencia del orden de los 2-3 m. Este segundo caso es el que se presenta en la Mina piloto Santiño y en otras minas que explotan grandes geodas del nivel mineralizado inferior. Por lo tanto para ambos niveles mineralizados las grandes cavidades se concentran en un

“horizonte” de como máximo 3 m y en general menor a los 2 m de potencia. Este horizonte rico en grandes geodas en la mayoría de los casos también se localiza muy próximo al basalto brechoide del techo de las minas que explotan el nivel mineralizado 3. Esta situación es diferente en un sector de la mina ubicada en las márgenes de la cañada Totorá. Aquí el nivel mineralizado número 3, que se explota actualmente a cielo abierto, está despegado de la brecha del tope de la colada unos 2 a 3 m. Por lo que, si bien en la mayoría de los casos puede la “brecha” ser utilizada como nivel guía para el avance de los túneles, debe estudiarse posibles “despegues” del horizonte con geodas con respecto a dicha brecha, para no pasar por arriba de la mineralización.

Otro aspecto investigado en el estudio fue la distribución espacial de la mineralización económica y las características de la misma. En ambas minas piloto estudiadas, las geodas no están distribuidas regularmente dentro del yacimiento, sino que se localizan en especies de “bolsones” separados por zonas sin mineralización económica. En la práctica minera, esta distribución irregular, se traduce que al ir avanzando los túneles se van atravesando sucesivamente zonas ricas (manchas) y zonas improductivas (fallas).

El espesor de estas “fallas” es variable, pudiendo alcanzar decenas de metros, aunque en general es de unos pocos metros. Además su ubicación puede diferir en forma importante aún en sectores muy próximos entre sí. Se ha observado, en túneles paralelos y cercanos, que un frente está produciendo geodas y el frente de al lado está en una zona de falla.

Estas zonas de falla están conformadas tanto por el descenso de la brecha del techo (que puede alcanzar hasta el piso de la mina) como por roca caja estéril. En este último material no se observó diferencias macroscópicas (litológicas y de estructuras) con la roca caja de la zona de manchas.

Las geodas en la zona de manchas tampoco presentan una distribución regular, pudiendo aparecer sectores con gran densidad de geodas (a veces separadas por unos pocos decímetros de roca caja) así como manchas con geodas muy dispersas.

Todo lo anterior hace que en principio sea muy difícil realizar cualquier modelado del yacimiento, que permita prever con cierta certeza, el comportamiento de la mineralización en sectores aún no explotados.

Hasta el presente y con la información que se cuenta, la única forma de saber la ubicación de las geodas a nivel de mina es la realización de cateos y túneles exploratorios, siguiendo las manchas. Esto es lo que se realiza en la práctica, en la minería subterránea de Artigas, generando túneles con un padrón de distribución muy irregular y a veces hasta caótico. En este sentido un diseño más regular de los túneles, con mapeo y seguimiento continuo del avance y dirección del mismo, podría mejorar el rendimiento y aprovechar mejor el yacimiento. Por ejemplo con la ejecución de túneles principales aproximadamente paralelos y túneles secundarios exploratorios perpendiculares, especialmente cuando se atraviesa una zona de mancha. Se ha constatado que algunos sectores abandonados, luego fueron reevaluados a través de la ejecución de cateos y se descubrió zonas de manchas, en algunos casos con abundantes geodas.

El empleo del georadar podría ser una ayuda importante para la exploración detallada, pero por ahora su uso se encuentra en fase de investigación aplicada. Los primeros estudios, donde se realizaron perfiles geofísicos y posteriormente se ejecutaron cateos de prueba en las zonas “anómalas” (posibles cavidades) son alentadores. Pero falta más investigación para intentar mejorar la resolución y penetración de la señal. En es sentido se evaluara en un futuro diferentes aspectos, como metodología de levantamiento, configuración más adecuada del equipo y tratamiento e interpretación de resultados.

En lo que tiene que ver con la planificación de la explotación subterránea, las empresas seguramente tienen información de costos globales, pero muy posiblemente no tengan cuantificado el peso de cada tarea/actividad. Es importante el conocer en forma relativamente precisa la cantidad de insumos, horas hombres y rendimiento por tarea/equipamiento y relacionarla a la producción de m³ de material removido y/o Kg. de amatista extraída. Esto, junto a la evaluación continua del yacimiento, es un aspecto que puede traer beneficios a mediano plazo:

- ✓ Un control de los costos e insumos más efectivo y detallado que le permite detectar posibles ineficiencias y tomar las acciones correctivas necesarias.
- ✓ Preveer necesidades a mediano y largo plazo de insumos, equipamiento y personal en función de los niveles de producción.

- ✓ Introducir modificaciones/innovaciones en las tareas de explotación y poder medir la posible mejora, comparando los resultados con parámetros de referencia obtenidos en la planificación.
- ✓ La información del yacimiento (como distribución y características de la mineralización) recogida en forma periódica y metódica, permita el direccionar la explotación y la exploración en zonas cercanas, con un criterio técnico y con mayores probabilidades de un resultado satisfactorio.

9. BIBLIOGRAFIA

Aguirre de Amorim V. (2007) : Modelagem geológica e controle dos depósitos em geodos no distrito mineiro de ametista do sul (Rs, Brasil) UFRGS. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia. Porto Alegre 2007.

Amorim V., A. Strieder, P. Juchem (2005) : Pulsos de mineralização nos geodos e mapeamento da qualidade de gemas no Distrito Mineiro de Ametista do Sul (RS). Seminário do Geologia e Mineração em áreas de garimpo de pedras preciosas no estado do Rio Grande do Sul. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.

Atlas Copco : Secoroc Rock. Drilling Tools Product, catalogue – Grinding Equipment.

Augustin A. H. (2007) : Geologia do depósito de ágata e ametista da mina Novo São João, Santana do Livramento, Rs. UFRGS. Instituto de Geociências. Programa de pós-graduação em geociências. Dissertação de mestrado. Porto Alegre – 2007.

Commin-Fischer A, Berger G, Polvé M, Dubois M, Sardini P, Beaufort D, Formoso M. (2010) Petrography and chemistry of SiO₂ filling phases in the amethyst geodes from the Serra Geral Formation deposit, Rio Grande do Sul, Brazil. Journal of South American Earth Sciences, 29, 751–60.

Duarte L. C., Hartmann L. A., Ronchi L. H. ; Berner Z., Theye T. Massonne H. J. (2011) : Stable isotope and mineralogical investigation of the genesis of amethyst geodes in the Los Catalanes Gemological District, Uruguay, southernmost Paraná volcanic province. Mineralium Deposita, v. 46, p. 239-255, 2011.

Duarte L. C., Hartmann L. A., Vasconcellos M. A. Z., Medeiros J. T. N., Theye T. (2009) : Epigenetic formation of amethyst-bearing geodes from Los Catalanes Gemological District, Artigas, Uruguay, southern Paraná Magmatic Province. Journal of Volcanology and Geothermal Research. Volume 184, Issues 3-4, July 2009, Pages 427-436.

Fischer, A.C. (2004) : Petrografia e Geoquímica das Fases Silicosas dos Geodos Mineralizados a Ametista (Região do Alto Uruguai, RS, Brasil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Curso de Pós-Graduação em Geociências e Université Toulouse III-Tese de Doutorado. 159p.

Gilg, H.A., Morteani, G., Kostitsyn, Y., Preinfalk, C., Gatter, I., Strieder, A.J. (2003) : Genesis of amethyst geodes in basaltic rocks of the Serra Geral Formation (Ametista do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil) : a fluid inclusion, REE, oxygen, carbon and Sr isotope study on basalt, quartz, and calcite. Mineralium Deposita, 38:1009-1025.

Hartmann, L. A., Medeiros, J. T. N. and Petruzzellis, L. T. (2011) :
Numerical simulations of amethyst geode cavity formation by ballooning of altered Paraná volcanic rocks, South America. *Geofluids*.

Hartmann, L. A., Duarte, L., Massonne H-J., Michelin C., Rosenstengel L. M., Bergmann M., Theye T., Pertille J., Arena K. R., Duarte S. K., Pinto V. M., Barboza E.G., Rosa M. L., Wildner W. (2010) :
Sequential opening and filling of cavities forming vesicles, amygdalae and giant amethyst geodes in lavas from the southern Paraná volcanic province, Brazil and Uruguay, *International Geology Review*, First published on: 06 August 2010 (First).

Hartmann, L. A., Techera J. (2010) : *Geologia dos geodos de ametista de Quaraí, Brasil, e Los Catalanes, Uruguai – Uma imersão no vulcanismo, hidrotermalismo e exploração mineral no grupo Serra geral (Arapey)*
Publicação do Roteiro de Campo: Programa De Pós-Graduação Em Geociências (Ig/Ufrgs) 19, 20 e 21 de agosto de 2010.

Hesse Stefan (2002) : Aire comprimido, fuente de energía - Preparación y distribución. Editorial Festo AG & Co.

Juchem, P.L. (1999) : Mineralogia, geologia e gênese dos depósitos de ametista da região do Alto Uruguai, Rio Grande do Sul. IG/USP, São Paulo, Tese de Doutorado. 225p.

López Jimeno C., López Jimeno E., García P. (2003) : Manual de Perforación y voladura de rocas - Accesorios de perforación rotopercutiva. Instituto Tecnológico Geominero de España.

Morteani G., Kostitsyn Y., Preinfalk C., H. A. Gilg (2010) : The Genesis of the amethyst geodes at Artigas (Uruguay) and the paleohydrology of the Guaraní aquifer: structural, geochemical, oxygen, carbon, strontium isotope and fluid inclusion study. *International Journal of Earth Sciences*, Volume 99, Number 4, pp.927-947. Junio de 2010.

Munaretti E., Klippel D., Strieder A., Córdova R., Cotica E., Pinto D., Conceição B., de Carli C. (2005) : Estudos iniciais de um sistema de ventilação para garimpo de pedras preciosas no Distrito Mineiro de Ametista do Sul (RS). Seminário geologia e mineração em áreas de garimpo de pedras preciosas no estado do Rio Grande do Sul. UFRGS.

Munaretti E., Klippel D., Strieder A., Cotica E., Córdova R., Conceição B., (2005) : Desenvolvimento de sistema de martelete pneumático leve com injeção de água para garimpo de pedras preciosas no Distrito Mineiro de Ametista do Sul (RS). Seminário geologia e mineração em áreas de garimpo de pedras preciosas no estado do Rio Grande do Sul. UFRGS.

Programa APEMIN II : Guía de Laboreo Minero y Seguridad Industrial
Programa Apoyo al Desarrollo Económico Sostenible en Áreas Mineras
Empobrecidas del Occidente de Bolivia. Comisión Europea - República de
Bolivia. http://www.apemin.eu/Plantillas/Pag_General.htm

Proust D. and Fontaine C. (2007 a) : Amethyst-bearing lava flows in the
Paraná Basin (Rio Grande do Sul, Brazil): cooling, vesiculation and
formation of the geodic cavities. Geological Magazine 144 (1), 2007, pp.
53–65. Cambridge University Press.

Proust D. and Fontaine C. (2007 b) : Amethyst geodes in the basaltic flow
from Triz quarry at Ametista do Sul (Rio Grande do Sul, Brazil): magmatic
source of silica for the amethyst crystallizations Geological Magazine 144
(4), 2007, pp. 731–739. Cambridge University Press.

Techera J., Loureiro J., Spoturno J. (2007) : Cartografía geológica y
relevamiento minero en el Distrito Gemológico Los Catalanes, Artigas –
Uruguay. Proyecto Agatas y Amatistas - Fase I. DINAMIGE, División
Geología.