

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA**



**“GEOLOGÍA DEL DISTRITO MINERO DE  
COLQUIJRCA Y CONTROL ESTRUCTURAL EN  
MARCAPUNTA Y SMELTER  
SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.  
CERRO DE PASCO”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PRESENTADO POR**

**RAUL DANTES CABALLERO BEDRIÑANA**

**LIMA – PERU**

**2012**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por la vida, que aún me permite disfrutarla y por la oportunidad que me brindó para la culminación del presente estudio.

## SUMARIO

El Distrito Minero de Colquijirca está constituido por un núcleo central (Diatrema Marcapunta): Depósito epitermal “high sulfidación” de Au-(Ag) en rocas sub volcánicas alrededor del cual, alejándonos del núcleo en dirección norte, en Smelter y Colquijirca se desarrolla una zona de metales base asociada a un yacimiento tipo Cordillerano con un ensamble de Cu-Au, Cu-Zn-Pb-Ag-Au respectivamente, en rocas carbonatadas (Formación Calera).

A escala del yacimiento, la mineralización del depósito Cordillerano es concordante con la estratificación.

La sedimentación se inicia en el Triásico y revela una sucesión de eventos deposicionales, tectónicos y volcánicos controlados por una Falla regional de dirección Norte-Sur al igual que en Cerro de Pasco y localmente se completó con el acomodo gravitacional mediante bloques transversales E-W, fallas de poco desplazamiento, diaclasas y zonas de cizallamiento que cortan el Manto Mineralizado de edad post mineral, como lo evidencia las fallas Smelter, Marcapunta Norte y otros (Diatrema Marcapunta), a escala local se identifica dominios estructurales de edad pre mineral.

## INDICE

Agradecimiento	2
Sumario	3
Índice	4
Prólogo	9
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES</b>	<b>10</b>
<b>I.1. Introducción</b>	<b>10</b>
<b>I.2. Ubicación del área de estudio</b>	<b>11</b>
<b>I.3. Antecedentes</b>	<b>12</b>
<b>I.4. Accesibilidad</b>	<b>14</b>
<b>I.5. Clima, recursos del suelo y flora</b>	<b>15</b>
<b>I.5.1. Clima y Meteorología</b>	<b>15</b>
<b>I.5.2. Recurso Suelo</b>	<b>15</b>
<b>I.5.3. Flora y Ecosistemas</b>	<b>16</b>
<b>I.6. Objetivo General</b>	<b>18</b>
<b>I.7. Objetivo Especifico</b>	<b>18</b>
<b>I.8. Metodología de trabajo</b>	<b>18</b>

<b>I.9.</b>	Recursos y suministros	19
<b>I.10.</b>	Fisiografía y topografía	19
<b>I.11.</b>	Geomorfología	20
<b>I.12.</b>	Hidrogeología	20
 <b>CAPITULO II: GEOLOGIA REGIONAL</b>		<b>22</b>
<b>II.1.</b>	Estructuración Pre-Cenozoica	22
<b>II.2.</b>	Estratigrafía y sedimentología	23
<b>II.2.1.</b>	Grupo Pocobamba	23
<b>II.2.1.1.</b>	Formación Cacuán	23
<b>II.2.1.2.</b>	Formación Shuco	25
<b>II.2.1.3.</b>	Formación Calera	29
<b>II.3.</b>	Evolución tectono- sedimentaria	31
 <b>CAPITULO III: GEOLOGIA LOCAL</b>		<b>35</b>
<b>III.1.</b>	Estratigrafía	35
<b>III.1.1.</b>	Paleozoico	35
<b>III.1.1.1.</b>	Grupo Excélsior (Devónico)	35

<b>III.1.1.2.</b>	Grupo Mitu (Pérmico superior – Triásico inferior)	36
<b>III.1.2.</b>	Mesozoico	37
<b>III.1.2.1.</b>	Grupo Pucará (Triásico superior – Jurásico inferior)	37
<b>III.1.3.</b>	Cenozoico	38
<b>III.1.3.1.</b>	Grupo Pocobamba	38
<b>III.1.3.1.1.</b>	Formación Cacuan	38
<b>III.1.3.1.2.</b>	Formación Shuco	39
<b>III.1.3.1.3.</b>	Formación Calera	40
<b>III.2.</b>	Complejo volcánico Marcapunta	42
<b>CAPITULO IV:</b>	<b>GEOLOGIA ECONOMICA</b>	<b>46</b>
<b>IV.1.</b>	Asociación mineralógica en el Tajo Norte	46
<b>IV.2.</b>	Alteraciones Hidrotermales en el Tajo Norte	52
<b>IV.2.1.</b>	Silicificación	52
<b>IV.2.2.</b>	Dolomitización	52
<b>IV.2.3.</b>	Argilización	53
<b>IV.2.4.</b>	Decarbonatización	53

<b>IV.2.5.</b>	<b>Oxidación</b>	<b>54</b>
<b>IV.3.</b>	<b>Tipo de mineralización en Marcapunta</b>	<b>59</b>
<b>IV.3.1.</b>	<b>Fases de mineralización en Marcapunta</b>	<b>59</b>
<b>IV.3.2.</b>	<b>Alteraciones Hidrotermales en Marcapunta</b>	<b>62</b>
<b>IV.3.3.</b>	<b>Zonamiento</b>	<b>63</b>
<b>CAPITULO V:</b>	<b>GEOLOGIA ESTRUCTURAL</b>	<b>66</b>
<b>V.1.</b>	<b>Control estructural Regional</b>	<b>66</b>
<b>V.2.</b>	<b>Control estructural Local</b>	<b>68</b>
<b>CAPITULO VI:</b>	<b>DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE</b>	
	<b>RESULTADOS</b>	<b>94</b>
<b>VI.1.</b>	<b>Geología estructural de la mina Marcapunta Norte</b>	<b>94</b>
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>96</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>99</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		<b>100</b>

**ANEXO**

**101**

PLANO

## **PROLOGO**

Este informe tiene como propósito presentar una evaluación de la geología y definir los dominios estructurales pre y post mineral del depósito que controlan la mineralización en el Distrito Minero de Colquijirca.

Se revisó información sobre el depósito de Colquijirca, en base a datos de gabinete y campo enfocado a la parte geológica – estructural. Se cuenta con información de conocimiento público a través de instituciones como la Sociedad Geológica del Perú, el INGEMMET, Universidades (tesis).

Desde ya, el agradecimiento a la empresa Sociedad Minera el Brocal S.A.A. por la oportunidad que me brindó para el desarrollo del presente informe.

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **I.1. Introducción**

Durante el Paleógeno la región de Cerro de Pasco albergó una sedimentación continental detrítica y carbonatada, los depósitos distales desde la base del Grupo Pocobamba, Formación Cacúan, seguida de los depósitos aluviales de la Formación Shuco, depósitos sintectónicos derivados de la erosión del alto del antepais expuestos durante los movimientos Incaicos, tanto al este de la Falla Rio San Juan – Venenococha, como al oeste de la Falla Longitudinal. El abundante material volcánico predominantemente epiclástico, intercalado en los carbonatos de la Formación Calera, provinieron del vulcanismo del Eoceno superior. La deformación ulterior de los sedimentos Cenozoicos pudo ocurrir durante el Oligoceno terminal – Mioceno inferior. Estos depósitos se sitúan en una suerte de

sinclinatorio con cabalgamiento asociado, éstos sedimentos se hallan flanqueados al Este por un accidente regional, la Falla Longitudinal, en este sector las erosiones pre-Terciarias fueron importantes.

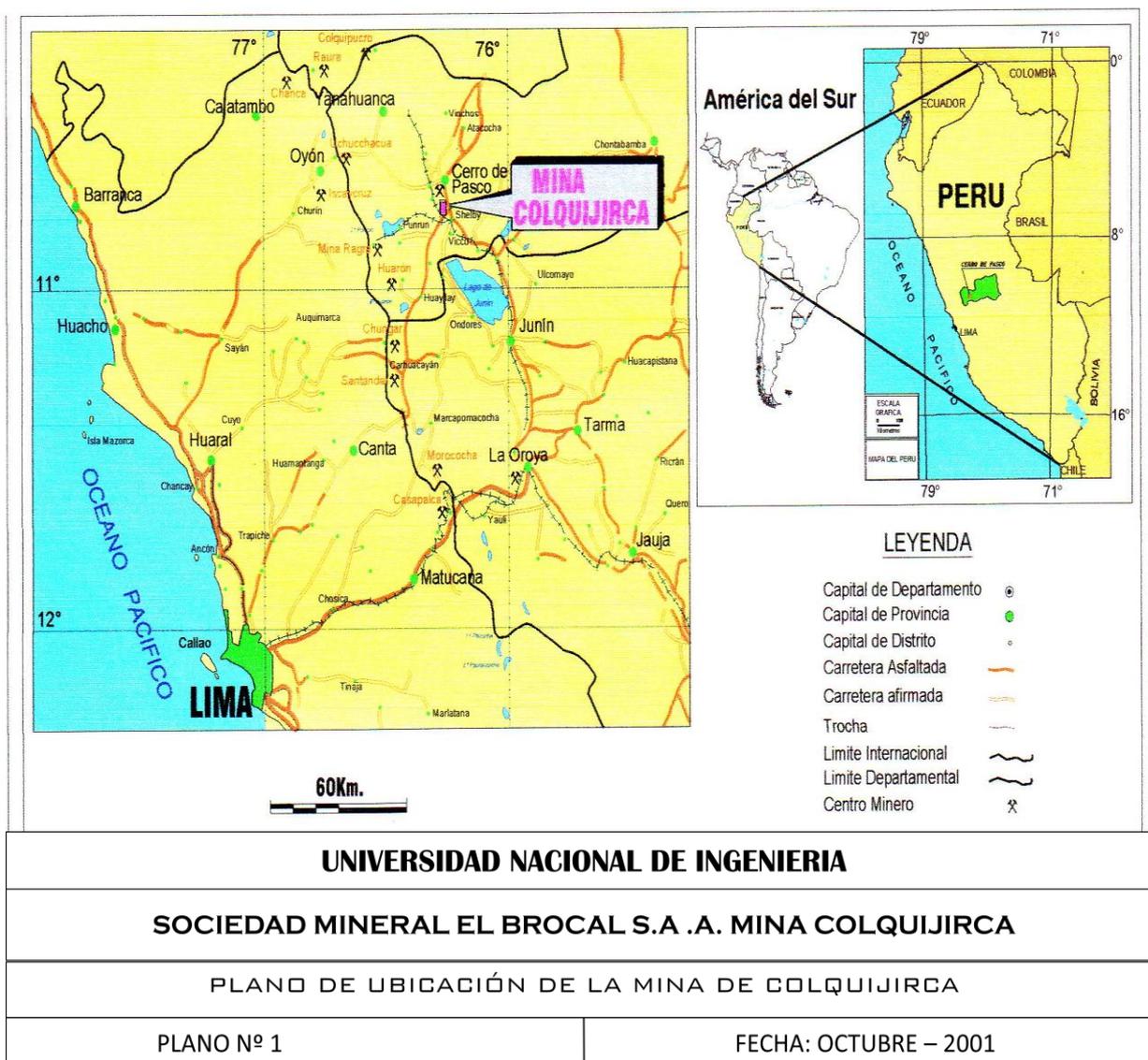
En el yacimiento de Colquijirca se tiene a escala regional la Falla Longitudinal de dirección N – S, que controló el emplazamiento del Complejo Volcánico Marcapunta, al igual que el de Cerro de Pasco.

## **I.2. Ubicación del área de estudio**

El Distrito minero de Colquijirca, está ubicado en el Departamento de Pasco, provincia de Pasco y distrito de Tinyahuarco. Se encuentra a 8 Km de la ciudad de Cerro de Pasco, a una altura de 4 280 m.s.n.m. y a 295 Km (PlanoNº 01) de la ciudad de Lima. Está delimitada por las siguientes coordenadas UTM:

N 8 806000 – N 8 812 500 y

E 360 000 – E 362 000.



### I.3. Antecedentes

Durante las dos primeras décadas del siglo XX el yacimiento de Colquijirca llegó a ser, en diferentes años, el principal productor de

plata en toda América. Poco después, a partir de 1930 la mina empezó a producir plomo, zinc y posteriormente cobre, debido al rápido agotamiento de sus ricas reservas argentíferas. Actualmente Sociedad Minera “El Brocal” S.A.A. continúa explotando minerales polimetálicos por tajo abierto y mina subterránea a un ritmo de 10,000 TM. /día con leyes de 3.5% en Zn 1.8% Pb, 2Oz/ TM. Ag y 1.8% de Cu.

Ahlfeld (1932), Lindgren (1935) y McKinstry (1936) publicaron estudios geológicos en relación a este importante asiento minero. Estos autores concluyeron que las concentraciones metálicas en forma de mantos se habrían depositados, a partir de soluciones hidrotermales, reemplazando selectivamente ciertos horizontes sedimentarios plegados de las “Calizas Calera”, posteriormente fue reinterpretada la génesis de este depósito negando el mecanismo de reemplazamiento y postulando un proceso exhalativo sedimentario anterior al plegamiento regional, Noble (1981) ha abogado decididamente por un origen epigenético e hidrotermal de la mineralización, basándose en la presencia de fuertes alteraciones aluníticas tanto en el Cerro Marcapunta como en algunos mantos más al Norte.

Aunque en menor grado, la edad de las rocas encajonantes también es materia de controversia científica, las “Calizas Calera” fueron consignadas por Mc. McLaughlin (1924) y Jenks (1951) al

Terciario; Ahlfeld (1932) y Boit (1953) asignan a la misma unidad litoestratigráfica una edad Triásico Superior.

Con la notable excepción de Lindgren (1935). Todos los trabajos publicados sobre la geología económica de Colquijirca, coinciden en señalar que la roca encajonante pertenece al Terciario Inferior. Megard (1968) concluye, en base a una correlación estratigráfica regional, que la edad mínima de las “Calizas Calera” Sería Eoceno Medio.

Los últimos estudios definen en Colquijirca como un “Depósito epitermal de alta sulfuración de Au (Ag) en su núcleo central, en lavas cuarzo latitas a dacíticas, aisladamente brechas y piroclastos, y un Depósito de tipo Cordillerano en la zona distal de metales base: Cu – Zn – Pb – Ag en rocas carbonatadas”, (Bendezú Juárez Ronner, 2007).

#### **I.4. Accesibilidad**

##### VÍAS DE ACCESO LIMA – CERRO DE PASCO

El acceso es por medio de la carretera asfaltada Lima-La Oroya-Cerro de Pasco, a partir de la cual se toma una bifurcación en el Km 294 que va hacia la mina de Colquijirca.

## **I.5. Clima, recursos del suelo y flora**

### **I.5.1. Clima y Meteorología.**

El clima es frígido seco de alta montaña, según la clasificación de tipos climáticos para el Perú, propuesta por R. Schroeder (1969). Uno de los rasgos típicos que se puede distinguir en esta región es la marcada diferencia en el régimen de precipitaciones a lo largo del año, con una temporada de lluvias comprendida entre los meses de octubre y abril, seguida por una época de estiaje bien marcada que se extiende entre los meses de mayo y setiembre. Es característico también el registro de temperaturas promedio bajas por debajo del punto de congelación, aunque con un fuerte gradiente diario. El riesgo de heladas durante el invierno es alto debido principalmente a la ausencia de la nubosidad y los valores promedio de humedad relativa son bajas, como ocurre con frecuencia en altura.

### **I.5.2. Recurso Suelo**

De acuerdo a la clasificación dada por la ONERN (1976), la aptitud de dichos suelos corresponde a las zonas de uso de tierras de tipo V y VII. Los suelos del tipo V son tierras de topografía plana, que bajo las condiciones climáticas adversas son relegadas para

vegetación permanente referida a pastizales principalmente, y al desarrollo de una actividad pecuaria.

Las mismas condiciones climáticas y las limitaciones físicas del terreno, hacen que las tierras de clase VII no ofrezcan condiciones racionales y económicas de uso agrícola, quedando relegadas a sustentar una actividad pecuaria lanar extensiva y temporal en algunas áreas, características de los suelos de la clase VI agropecuarios, hacerlos aptas para tales fines.

### **I.5.3. Flora y Ecosistemas**

De acuerdo a la clasificación de Zonas de vida de L. Holdridge (1967), adaptada en el mapa de influencia de la mina (ZIM) comprende la zona de vida.

- ✓ Páramo pluvial Subalpino tropical
- ✓ Páramo muy húmedo subalpino Tropical.

El ZIM es un ambiente heterogéneo que presenta a manera de parches ecosistemas y/o habitats diversos. Cada uno de estos ambientes está definido por uno o muy pocos elementos denominados, entre los cuales se puede mencionar:

- Roquedal

Zona de rocas y pedregales, de pendientes pronunciadas, con presencia de líquenes briofitas ortigas e ichu.

- Pradera Altoandina

Zona de plantas de porte muy bajos, algunos arrosetada. Presentan una buena cantidad de "Garbancillo" y "margiricarpus", plantas indicadores de suelos pobres.

- Pajonal de Puna

Zona de formación de gramíneas principalmente, dispuestas en manojos aislados. Estas gramíneas se conocen como "Pajas".

- Bofedal

Zona con suelo húmedo, que permite el desarrollo de especies vegetales típicas que forman un tapiz muy compacto, especialmente Distichiamuscoides, presenta pequeños cuerpos de agua estancada y corriente.

- Aguas Lénticas

Cuerpos de agua estancada, tales como lagunas alto andinas típicas, con abundante flora y fauna.

- Aguas Lógicas

Cuerpos de agua corriente, tales como ríos riachuelos.

#### **I.6. Objetivo General**

Este informe tiene como objetivo presentar una evaluación de la geología y control estructural del Distrito Minero de Colquijirca.

#### **I.7. Objetivo Especifico**

El presente informe busca definir los dominios estructurales del depósito que controlan la mineralización, en Marcapunta y Smelter.

#### **I.8. Metodología de trabajo**

- Se revisó información sobre el depósito de Colquijirca y se fue elaborando el informe enfocado a la parte geológica – estructural.
- Se revisó el mapa base para los trabajos de geología estructural en superficie, proviene de un levantamiento a escala 1/5000.

- Se revisó el mapeo geológico de interior mina a escala 1/1000
- Se registró y procesó los datos geológico - estructurales
- Interpretación y conclusión de resultados.

#### **I.9. Recursos y suministros,**

- La mina cuenta con servicios dentro y fuera de las labores mineras.
- Se cuenta con información de conocimiento público a través de instituciones como la Sociedad Geológica del Perú, el INGEMMET, Universidades (tesis).
- El personal calificado y no calificado son de la zona y fuera del lugar.

#### **I.10. Fisiografía y topografía**

Morfológicamente se distingue por una topografía relativamente suave en comparación con la Cordillera Occidental y Oriental, llegando a terminar en las pampas de Junín cuyas elevaciones varían entre 3800 a 4500 m.s.n.m.

La zona queda delimitada por dos valles jóvenes casi paralelos conocidos como Ocshapampa y Andacancha en dirección E - W del Cono Volcánico Marcapunta cuya orientación es N 80° W para ambos casos. Las zonas positivas conforman las lomadas que se encuentran en los flancos de los valles con pendientes moderadas a fuertes, otras manifestaciones están conformadas por pequeñas colinas ubicadas hacia el oeste del Tajo principal, también se encuentra grandes fallas longitudinales de dirección NO – SE a NNO – SSE, como la Falla Longitudinal de Cerro de Pasco.

#### **I.11. Geomorfología**

La geomorfología del área de estudio muestra una zona de laderas y lomas abruptas con pendientes entre 50° a 80° definida por el tipo de roca y alteración local.

#### **I.12. Hidrogeología**

En la zona de San Gregorio, se ha identificado dos acuíferos bien diferenciados, el acuífero superior está conformado por la cobertura aluvial y tiene unos 100 m de potencia, el acuífero inferior tiene unos 3 m de potencia y está conformado por las rocas

mineralizadas de la formación Pucara, este último debido a su naturaleza calcárea puede aportar eventualmente caudales significativos de agua a través de sus cavernas cársticas.

También se menciona la posible existencia de una conexión hidrogeológica entre la zona de Marcapunta y el Socavón Smelter.

## **CAPITULO II**

### **GEOLOGIA REGIONAL**

#### **II.1. Estructuración Pre-Cenozoica**

Los rasgos estructurales mayores del substrato pre Terciario de la región de Cerro de Pasco son la Falla Longitudinal (FL) y la Falla del Río San Juan Venenococha (FRSJV). Por lo menos el primero de éstos accidentes con toda probabilidad una estructura antigua. Su control sobre la sedimentación del Triásico carbonatado fue demostrado por Jenks (1951), atribuibles a la Fm Chambará, tal como es descrita por Megard (1968) depositados al E de la falla, contra los no más de 350 m de dolomías y calizas subordinadas, de la misma edad, depositados al oeste de la FL, estas últimas son las “western facies” de Jenks (1951) y aquí las denominaremos bajo el apelativo informal de Pucara occidental. La FRSJV fué postulada por Jenks (1951) y es en efecto necesaria para explicar el notable contraste

entre el estado altiplanicie sudoccidental, abierto y simple de los anticlinales con núcleo Pucara, situados al oeste del Río San Juan. La notable participación del volumen situado entre la FRSJV y la FL (anti forma andina de Cerro de Pasco), como relieve tectónico alimentador de parte de los clastos de la Fm Shuco.

Alrededor de Cerro de Pasco, los sedimentos Terciarios: Fm Cacúan / Fm Shuco / Fm Calera, se concentran en dos áreas diagonalmente separadas por la Falla Quiulacocha y hacia el Complejo Volcánico Marcapunta entre la Falla Longitudinal (FL) y la Falla Río San Juan Venenococha (FRSJV), Hacia Smelter y Colquijirca la Fm Shuco reposa sobre el Gp Mitú.

## **II.2. Estratigrafía y sedimentología**

### **II.2.1. Grupo Pocobamba**

#### **II.2.1.1. Formación Cacúan**

El extremo NO del Sinclinal de Cacúan expone una de las columnas más completas de 100 - 150 m de potencia.

En el Río San Juan, al E de Sacra Familia una potencia de 100 m de capas rojas, descansan sobre el Pucará

Occidental, formada por secuencias grano crecientes de unos 10 a 25 m de espesor cada una, sus partes inferiores consisten de argilitas limosas y limolitas rojas, laminadas. Siguen areniscas de grano fino y luego medio, con laminación en artesa de escala pluridecimétrica y hacia los topes del banco, algunas escasas láminas volcadas. Las secuencias mayores se completan con uno o más canales de sección plurimétrica de base erosiva, rellenos de conglomerados y areniscas muy gruesas. Los elementos pueden ser de 10 a 12 cm, pero comúnmente no sobrepasan los 3 ó 4 cm, los clastos son subredondeados y en menor proporción subangulosos, el cemento es calcáreo. Una tosca estratificación en artesa, así como cierta imbricación de los clastos, puede verse en algunos de estos canales. Las calizas mudstone, gris oscuras, a veces con silex, sin duda provenientes de la Fm Chambará, constituyen los elementos predominantes, hay también algunos clastos de areniscas y limolitas rojas provenientes del Grupo Mitu o de la Fm. Goyllarisquizga. Al S de Sacra Familia la proporción de brechas aumenta notablemente.

La Formación Cacuán del bloque situado entre las Falla Rio San Juan Venenococha y la Falla Longitudinal está ausente hacia el E ("sinclinal" de Laguna Cuchis - Colquijirca), en parte posiblemente por "onlap" proximal contra el paleorelieve; pero probablemente sobre todo por erosión previa

a contemporánea con el depósito de la Fm Shuco (Jenks 1951).

#### **II.2.1.2. Formación Shuco**

En la región de Colquijirca - Cerro de Pasco esta formación se compone sobre todo de brechas sedimentarias y conglomerados, con escasos lentes de limolitas arenosas y aún más escasas areniscas muy gruesas con guijarros. La composición, calibre y morfometría de los elementos varía notablemente en función de la distancia, en primer lugar a la FL (Jenks.1951), y subsidiariamente a la FRSJV. Así a proximidad de la primera estructura se trata de una brecha casi monolitológica, consistente de clastos de calizas y sílex Chambará. El depósito es muy heterométrico, con bloques excepcionales de hasta 6m (al SE de la laguna Quiulacocha) y la mayor parte de clastos tiene tallas de entre unos 2 y 30 cm de diámetro. Los elementos son angulosos a subredondeados y frecuentemente en lascas, con escasa matriz carbonatada. Algo más al O de la FL (Cerro Shuco), NO de la laguna Quiulacocha, O y SO de la laguna Cuchis las brechas se componen siempre de material Chambará, pero están algo más seleccionadas, con el tamaño máximo de bloque entre los 2 -

0.5 m (Cerro Shuco), el grado de redondez es muy variable, predominando los clastos subredondeados a subangulosos.

Al NO del Complejo Volcánico Cerro de Pasco, al O de la FRSJV la brecha incorpora hasta más de un 50% de clastos de dolomías del Pucara occidental, especialmente en la fracción mayor que pasa de 1 m de largo, en cambio los elementos de material Chambará se restringe sobre todo a las fracciones menores y más trabajadas. También aparecen aquí algunos bloques de unos pocos dm de tamaño, compuesto de brechas sedimentarias con clastos de solo algunos mm hasta unos 2cm de calibre, no siempre bien cementados. Estas brechas podrían provenir de los propios depósitos Shuco, sin embargo hacia el E, tales fallas son muy raras dentro de la misma unidad; en cambio son más frecuentes entre las brechas de la Fm Cacuán.

Los bancos de brechas y conglomerados son potentes (entre 0.5 y 6 m), casi sin organización interna cerca de la FL, excepto una muy tenue tendencia grano decreciente, la base es levemente erosiva, y más bien muy plana, pudiendo seguirselas por decenas y a veces centenas de m. Estas facies muy predominantes en la Fm Shuco, son reminiscentes de Gm desorganizada.

Al alejarse de la FL los bancos pueden complementarse con intervalos lenticulares de algunos dm de espesor, de conglomerados con clastos desde algunos mm, hasta un máximo de unos 10 cm, medianamente seleccionados y frecuentemente imbricados, de una tenue estratificación algo cóncava hasta casi plana. La base de estas facies de conglomerado organizados, son erosivas, dibujando canales muy irregulares. Estas facies corresponden probablemente a Gt (Decelles, 1987). Una segunda litofacies complementaria en la constitución de la Fm Shuco, son limolitas arenosas y variablemente argiláceas rojas, con contenido de guijarros y bloques, no tangentes entre sí, y a veces muy aislados de hasta 40 cm de longitud. Estos sedimentos afloran en el Cerro Huiscas (O de la Laguna Huicra) como lentes, con bases erosivas y situados al tope de algunos de los bancos de conglomerado. Unos 3 km al NO de Colquijirca, el corte del ferrocarril expone las mismas facies con varios metros de espesor. Se trata de facies Gms (Miall, 1978).

El conglomerado Shuco es esencialmente un depósito aluvial, las facies están controladas, entre otros factores, por la distancia e importancia de los relieves alimentadores (Jenks, 1951). Estos fueron el bloque Pucará Oriental (Fm. Chambará), al E de la FL; y el bloque de Cerro de Pasco, al Este de la FRSJV (Pucara occidental en parte), la constitución y

geometría de la mayoría de los bancos, de facies Gm, desorganizada (Decelles, 1987), indican un predominio de depósitos en hojas ("sheet flood deposits"). Este tipo de facies de sedimentación esporádica y violenta, alcanza su mejor desarrollo en la parte intermedia a superior de los abanicos aluviales semiáridos (Marocco, 1989). Las facies Gt pueden tanto corresponder a las fases menguantes de los episodios mayores, así como a crecidas menores, canalizadas. Los depósitos de facies Gms parecen ser pequeños flujos de lodo, en su mayor parte canalizado, desarrollados al final de las avenidas mayores.

J.A. Noble (1931) cartografió un afloramiento atribuido a la Fm Shuco de alrededor de una hectárea de extensión, al NE de la Laguna Chaquicocha, al este de la FL. Este descansa sobre la Fm Chambará y consiste de brechas relativamente homométricas y finas con clastos que en promedio tienen unos pocos cm pero que incluyen bloques de hasta 1,7 m de calizas de la misma formación. El pequeño afloramiento se prolonga hacia el E por un canal de solo algunos m de ancho, incidido en las calizas, que se abre a modo de embudo hacia el afloramiento principal, al O. Esta exposición podría pertenecer a la transición de una torrentera hacia la parte superior de un abanico aluvial.

### **II.2.1.3. Formación Calera**

La primera mención de este intervalo la encontramos en Mc Laughlin (1924), donde se le llama “caliza Calera”, Mc Kinstry (1936) la llamó Formación Calera, Noble (1992), en vista de la aparición de una considerable fracción de material volcánico desde la base de la unidad, encontró aconsejable referirse a ella como formación. Si bien este intervalo es grosso modo concordante, aunque disarmónico en los pliegues con la Fm Shuco en la mayor parte de la región, su superposición directa sobre el paleorelieve de Pumagaga refuerza esta opción.

La mejor exposición de la parte inferior de la Fm Calera se halla en la localidad de La Calera (OSO de Laguna Cuchis Grande). Allí predominan los sedimentos detríticos, en su mayor parte finos de procedencia volcánica; y en parte como delgados niveles de conglomerados de guijarros Chambará. Hay también algo de tobas riolíticas. El intervalo termina con alternancias de argilitas y calizas margosas. El espesor de esta facies es de 64 m.

La parte media de la Fm Calera contiene las facies de calizas gris muy claras en bancos prominentes que más características son de la unidad. En La Calera la parte baja del

intervalo es casi enteramente calcárea, la parte alta contiene además calizas margosas e intercalaciones de argilitas gris verdosas y verdes probablemente derivadas de piroclásticos. Este intervalo supera los 55 m.

La parte superior de la Fm Calera parece existir solamente al S de Laguna Cucha Grande, bajo un terreno casi totalmente cubierto por acarreos glaciares y fluvioglaciares. Su mejor exposición se halla en Colquijirca, en donde se compone de delgadas alternancias de argilitas, limolitas, arenitas, dolomías margosas, dolomías y chert. Su potencia supera los 150 m.

La sedimentación de la parte inferior de la Fm Calera comienza entonces con aportes detríticos, probablemente en cuerpo de agua temporales, sujeto a ocasionales avenidas fluviales, y con posiblemente 2 diferentes zonas de proveniencia. La más importante debió ser una provincia volcánica activa; la otra probablemente el relieve tectónico del bloque al E de la FL. Posteriormente, debió instalarse un cuerpo de agua más estable con sedimentación carbonatada. Los aportes volcano sedimentarios distales continuaron durante toda la evolución de la unidad.

Una datación radiométrica K – Ar, sobre biotita (toba ácida) de la parte inferior de la formación dió entre 36 y 37 Ma (Noble, 1999).

### **II.3. Evolución tectono- sedimentaria**

Atribuimos los depósitos de conos aluviales distales de la parte inferior de la Fm Cacúan a movimientos tectónicos a lo largo de la FL posiblemente de otros accidentes situados más al E. Los materiales debieron entonces transitar sobre una incipiente antiforma de Cerro de Pasco, con escaso aporte de este último sector. El amenguamiento de los aportes detríticos gruesos y la consiguiente aparición de sedimentos lacustres parecerían corresponder al decrecimiento de la actividad tectónica. La instalación en el área de la actividad tectónica y la instalación en el área de las facies de conos aluviales intermedias a superiores de la Fm Shuco, responde a un juego más importante del sistema FL- FRSJV.

La edad Eocena superior de la parte inferior de la Fm Calera suprayacente sugiere que los movimientos tectónicos concomitantes con las facies rudíticas del Grupo Pocobamba al que pertenece han sido incaicos (Noble et al, 1979). Si bien los depósitos responderían a dos pulsos discretos que serían Inca I y sobre todo Inca II (Noble et al, 1990) en particular la sedimentación de la Fm Shuco, con posibles

discordancias progresivas, podría reflejar cierta gradualidad dentro del pulso mayor (Noble et al, 1996).

La Fm Shuco es probablemente correlacionable con el Conglomerado el Carmen, de la región de Casapalca, depósito sintectónico discordante sobre las Capas Rojas del Cretáceo terminal (Jacay, 1994).

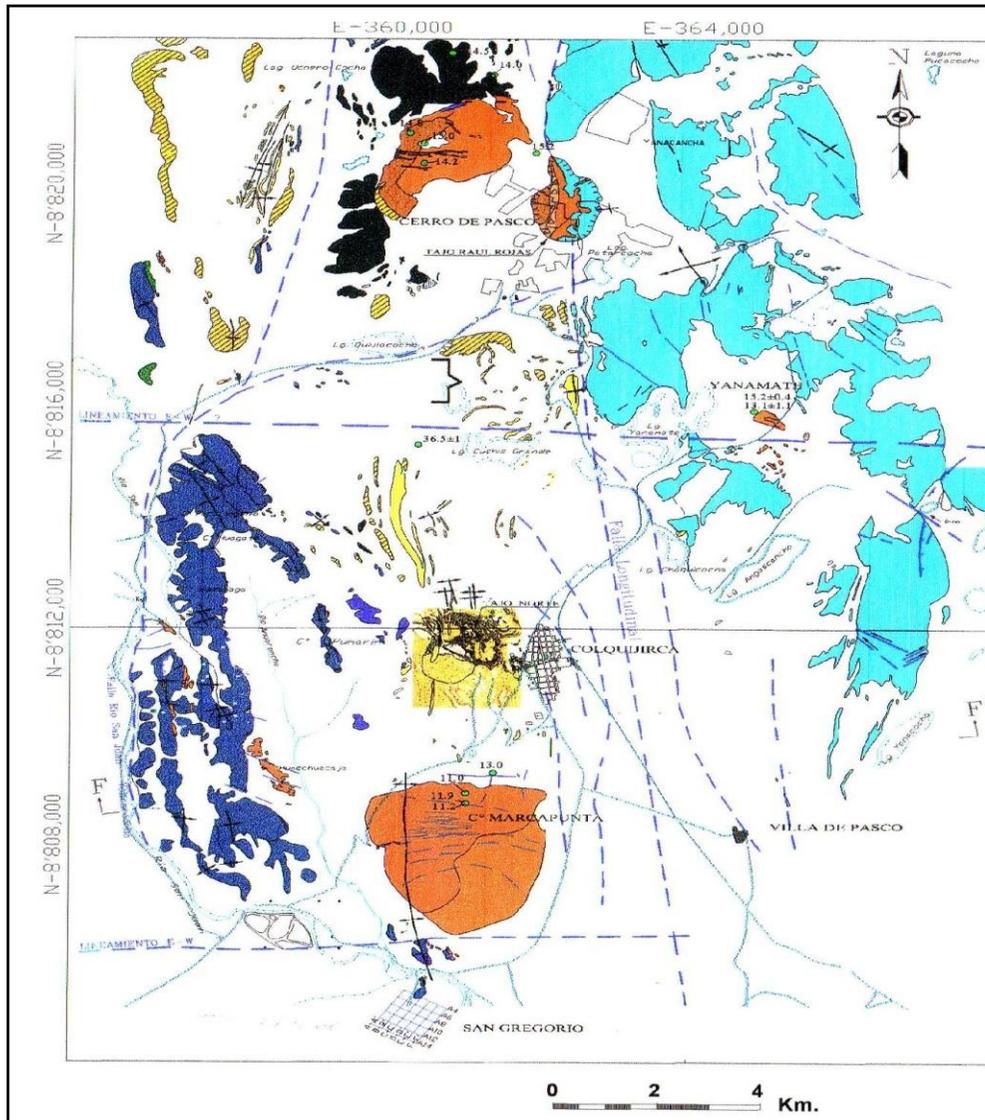
La movilidad del sistema FL-FRSJV de accidentes empinados, a todas luces profundos y esencialmente convergentes hacia el O, permitía que en el tiempo del Grupo Pocobamba, la región de Cerro de Pasco formara una suerte de alto de antepaís, al E de la entonces activa faja de pliegues y cabalgamiento del Marañón (Megard, 1984).

El material volcánico epiclástico fino, y volcánico distal de la Fm Calera provino muy probablemente de la Cordillera Occidental, en donde una importante actividad volcánica se inició alrededor de 40-41 Ma (Noble et al, 1979). A la razón la cuenca de Cerro de Pasco habría sido sujeta a una inversión hidrográfica, situándose en la porción más baja y distal de una paleogeografía que drenaba esencialmente desde el O. La Fm Calera sería correlacionable con la Fm Río Blanco (Mac Laughlin, 1924), discordante sobre el conglomerado El Carmen, y cuya parte inferior (Volcánico Carlos Francisco) se fechó en 39.8  $\pm$  1.9 Ma (Noble et al, 1979).

La deformación Cenozoica mayor de la región, ocurrida después del depósito de la Fm Calera está postdatada por los centros

volcánicos del Mioceno superior (Silvermann y Noble, 1977, Vidal et al, 1984). Es posible que esta tectónica haya ocurrido durante el Oligoceno terminal- Mioceno inferior.

El estilo estructural de la deformación Cenozoica es claramente compresivo, carente de fallamiento normal, los saltos de falla inversos son evidentes en las diversas exposiciones de las estructuras; sin embargo diversos indicios apuntan a componentes transcurrentes en los movimientos a lo largo de los accidentes longitudinales mayores (Soulas, 1988 y Megard, 1983), pero su determinación y cronología relativa quedan por evaluar.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.  
MINA COLQUIJIRCA

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

AUTOR: CARLOS ÁNGELES	FECHA: OCTUBRE - 1999
PLANO Nº 2	

**LEYENDA**

- Grupo Excelsior
- Grupo Mitu
- Pucará Oriental
- Pucará Occidental } Grupo Pucará
- Formación Pariahuanca
- Formación Shuco
- Formación Calera
- Bx. Piroclásticas
- Domos y Tobas
- Bx. Lourdes
- Diques Cuarzo Latita / Dacita
- Tufisita, brecha y tobas Rumiallana
- Diques Intrapucará
- Fallas
- Pliegues
- Edades Radiométricas

## **CAPITULO III**

### **GEOLOGIA LOCAL**

#### **III.1. Estratigrafía**

##### **III.1.1. Paleozoico**

###### **III.1.1.1. Grupo Excélsior (Devónico)**

Afloramientos del Perú Central (Devónico inferior y medio). Los escasos afloramientos se encuentran al NE del Distrito de Colquijirca, donde lo conforman filitas y pizarras gris parduscas, rara vez se encuentran estratos delgados de cuarcitas que forman el núcleo del anticlinal de Cerro de Pasco.

Se observa, además venillas de cuarzo hidrotermal, que se dispone casi perpendicular al plano de estratificación, los estratos de pizarras y filitas forman pliegues de tipo slump, y muestran una alta fisibilidad sobre todo en las pizarras.

#### **III.1.1.2. Grupo Mitu (Pérmico superior – Triásico inferior)**

La presencia del Grupo Mitu en la zona, fue plenamente establecido, por la presencia de fragmentos de fósiles como las Chaetetes of Radians Fisher – Lonodaleiasp Ripidonella. Las capas rojas del Mitu fueron reconocidas como Pérmicas.

En Colquijirca estas capas están conformadas por conglomerados polimícticos con una matriz areniscosa que se intercala con delgados estratos de areniscas limolíticas; por lo tanto se distingue unidades del Grupo Mitu: unidad inferior conglomerádica y la superior donde predominan las areniscas. Así los afloramientos que se encuentran al NW del Tajo corresponden al Mitu inferior y lo del Valle de Huacchuacaja y al sur de Marcapunta, correspondiente al Mitu superior.

### **III.1.2. Mesozoico**

#### **III.1.2.1. Grupo Pucará (Triásico superior– Jurásico inferior)**

Formada por secuencias calcáreas, está a su vez presenta dos conjuntos de facies diferentes, separadas por la Falla Longitudinal de Cerro de Pasco.

##### **- Pucará Occidental (Noriano- Retiano)**

La parte inferior la constituye una brecha tectónica de color gris verdosa, que es conocido como “Brecha Basal “, esta se constituye por elementos sub angulosos a subredondeados de cuarzo, dolomía y filita, el tamaño promedio es de 1cm. La matriz es generalmente areniscosa, asimismo se observa esta brecha en San Gregorio. Los afloramientos del Pucará se exponen en la cadena de cerros que constituyen el límite occidental del valle de Huacchaucaja.

##### **- Pucará Oriental (Fm Chambará: Noriano - Retiano).**

Representado por la formación Chambará cuyos afloramientos se encuentran hacia el E de la falla Longitudinal

de Cerro de Pasco, se caracteriza por presentar calizas de textura mudstone de color gris oscuro en estratos de espesores delgados con presencia de nódulos de Sílex. El espesor del Pucará Oriental es mucho mayor que al Pucará Occidental en esta zona del Perú Central ( Jenks, 1951) atribuye la presencia de estas facies al levantamiento y erosión de los sedimentos, como responsables en la diferencias de espesor de las secuencias en ambas facies.

### **III.1.3. Cenozoico**

La presencia únicamente del Grupo Pocobamba. Esta unidad lito estratigráfica está sub dividida en tres formaciones: Formación Cacuán (Capas Rojas de Sacra Familia), Formación Shuco (Conglomerado calcáreo Shuco) y Formación Calera.

#### **III.1.3.1. Grupo Pocobamba**

##### **III.1.3.1.1. Formación Cacuán**

En la zona de Colquijirca es conocido también como Capas Rojas de Sacra Familia. La disposición estratigráfica está conformada por limo arcillitas rojizas con moderada flexibilidad en la base, seguido de areniscas de

granulometría fina a media y hacia el tope areniscas gruesas con brechas conglomerádicas.

Por lo general, los elementos de los conglomerados alcanzan hasta 4 cm de tamaño, estos clastos tienen la forma subangulosa y subredondeada. Los afloramientos de esta unidad se encuentran entre los Cerros la Chipana y Pucaingenio, donde suprayace en discordancia angular, unas veces sobre el Pucara Occidental y en lugares más restringidos sobre el Conglomerado Mitu.

#### **III.1.3.1.2. Formación Shuco**

Boit, (1953) en la localidad de Shuco atribuye el origen para esta unidad como una brecha de fricción en la base de las calizas Triásicas regionales, debido a la fragmentación de sus capas más bajas de movimientos de traslación sobre el substrato y la extiende hasta la falda oeste del Cerro Colquijirca.

Un buen afloramiento de esta unidad en el área lo podemos hallar al oeste del Tajo Principal, a lo largo de la línea férrea la Oroya – Cerro de Pasco. Por otro lado, los afloramientos del Shuco no siempre se encuentran sobre el Mitu, si no que suprayace en algunas zonas el substrato

pre Terciario, como sucede en la quebrada Mishihuajanan (W del Cerro Cóndor Cayán), donde se halla sobre el Paleozoico inferior. Al SE del Cerro Cóndor Cayán, al N, y en el flanco NW del Cerro de Colquijirca, suprayace al grupo Mitu, distinguiéndose así la diversidad del basamento pre – Shuco.

#### **III.1.3.1.3. Formación Calera**

Aparentemente esta unidad suprayace paralelamente a la formación Shuco, siguiendo la triple división hecha en otros trabajos por otros autores. La formación Calera está subdividida en: Calera Inferior, Calera Medio, conocido también como Miembro Colquijirca y por último tenemos al Calera Superior.

##### **- Calera Inferior**

Es una secuencia donde se puede distinguir dos tipos de facies. La inferior, donde predomina el material detrítico y volcanoclástico, encontrando aquí estratos de calizas margosas con estilolitas ortogonales, conglomerados y algunas tobas riolíticas. Aunque los

afloramientos del Calera inferior son muy restringidos ya que la mayor parte se halla cubierto por material reciente.

Los sondajes efectuados en el Proyecto de Tajo Norte (SD 88 y SP 218) interceptaron cerca de 80 m de litología detrítica como conglomerados calcáreos en matriz piroclástica limoarcillitas rojas y horizontes calcáreos que se asemejan a las facies del Calera inferior, bajo este punto de vista, se ha considerado la presencia del Calera inferior debajo de la mineralización de Colquijirca y se prolonga hacia el sur por debajo del Cono volcánico Marcapunta en donde se emplaza parte de la mineralización de cobre. En la última campaña de perforación diamantina en el Cerro Marcapunta se ha puesto de manifiesto la existencia de esta unidad mediante los testigos de perforación.

#### - **Calera Medio (Miembro Colquijirca)**

En esta unidad se encuentra la mineralización Polimetálica de Colquijirca, lo constituyen principalmente calizas en estratos gruesos en la base, algunas veces conteniendo chert, la textura de la caliza puede variar entre Grainstone y Mudstone; en la parte media se tiene intercalación de calizas, margas, dolomías, calizas silicificadas, arcillitas y tobas volcánicas, en esta unidad los

primeros fósiles que se encontraron fueron Gasterópodos y Bivalvos en un estrato de caliza de textura brechosa en el Flanco Mercedes Chocayoc que pertenecen al piso Noriano (Triásico Superior) por lo tanto las rocas que lo contienen pertenecen al Grupo Pucará.

#### - **Calera Superior**

Sus afloramientos son definidos en Smelter y en el Tajo Principal, se caracteriza, por la alternancia de limoarcillitas, limolitas margosas y dolomías. El material piroclástico constituye parte de esta secuencia volcano sedimentaria. Las dolomías tienen una coloración beige o crema amarillenta aunque en superficie fresca se observa de color gris oscuro en éstos tramos se han encontrado niveles delgados de chert.

### **III.2. Complejo volcánico de Marcapunta**

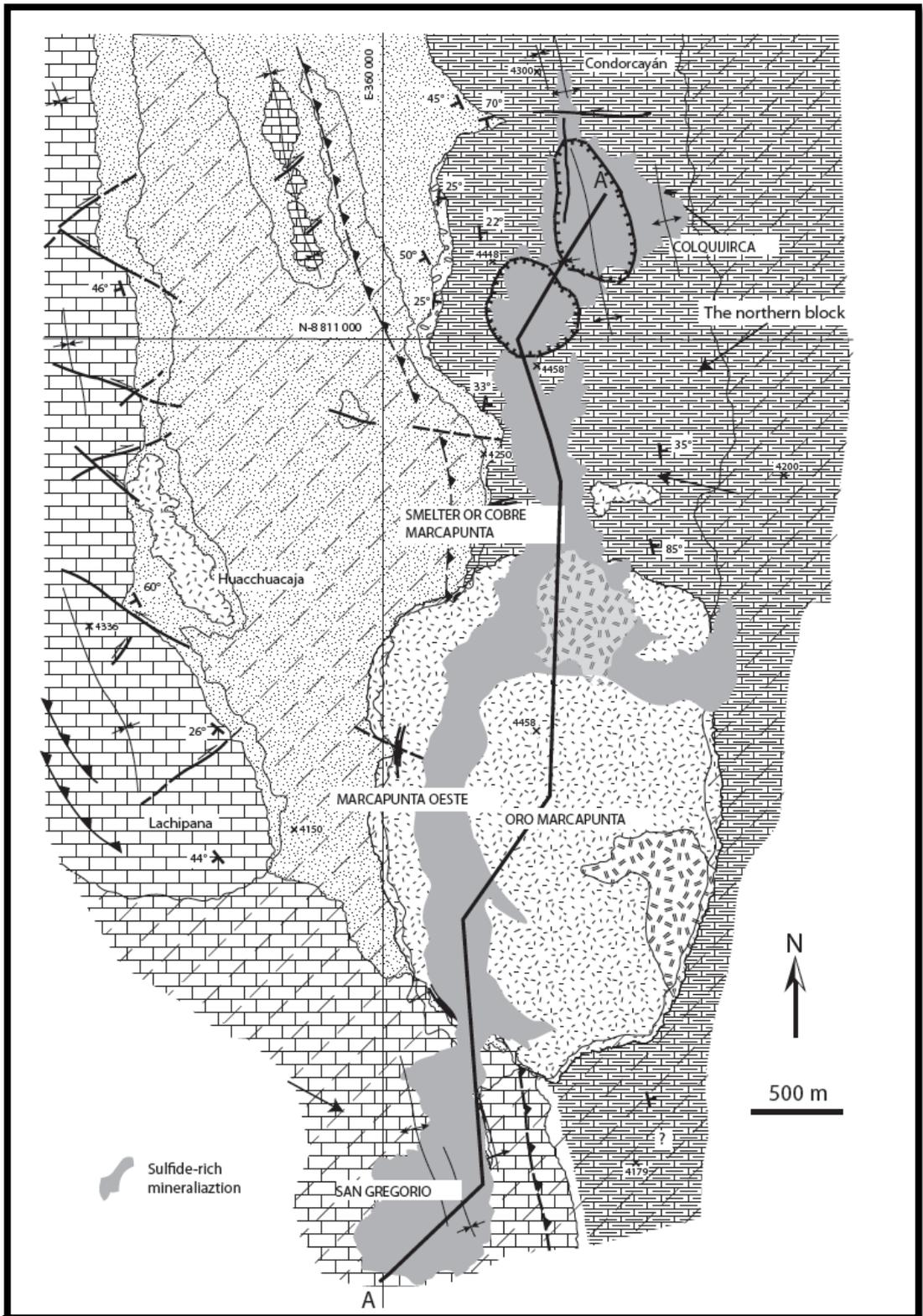
Su emplazamiento es controlado por la Falla Longitudinal al igual que el complejo de Cerro de Pasco. En este caso, se emplaza a manera de un conjunto de domos ácidos a intermedios de lava viscosa en forma de “hongos” o lacolitos sobre un paleorelieve Calera, Mitu y tal vez Pucará; esta geometría se observa muy bien en

las secciones longitudinales y transversales (Fig. N° 2). Se constituye principalmente por piroclastos a la base que es intruido por múltiples domos de composición dacítica con textura porfirítica, riolitas brechadas; estas unidades son cortadas por una serie subordinada de tufisitas, pebble dikes, brechas freatomagmáticas y brechas hidrotermales.

Comparado con el complejo volcánico de Cerro de Pasco, el diatrema o cuello volcánico de Marcapunta es aparentemente más pequeño, tal vez de unos 600 m de diámetro, pero su sistema mineralizado es igual de grande; así, entre San Gregorio y Colquijirca hay aproximadamente 8 Km en eje Norte–Sur. Es de destacar que Marcapunta se encuentra preservado de la erosión, la cual presenta un gran potencial para mineralización en las rocas circundantes a la diatrema o cuello volcánico bajo el lacolito; mientras que Cerro de Pasco, es una diatrema más grande, de 2,5 Km de diámetro aproximadamente, que ha sufrido una erosión más profunda, tanto que expone la diatrema misma.

Entre estos dos complejos volcánicos se emplaza la diatrema de Yanamate, modestamente expuesta algo más al Este de la traza de la Falla Longitudinal; se constituye de coladas piroclásticas, domos y diques de un pórfido aparentemente dacítico.

La Edad de Marcapunta fue fechada en  $11,5 \pm 0,4$  Ma por K/Ar sobre biotita y la actividad hidrotermal en  $10,8 \pm 0,3$  Ma por K/Ar en alunita (Vidal et al, 1984); Bendezú & Fontboté (2002) aportan edades Ar/Ar de 12,9 a  $12,4 \pm 0,1$  Ma sobre biotita para el complejo volcánico;  $11,6$  a  $11,3 \pm 0,1$  Ma para la actividad hidrotermal asociada a los metales preciosos y  $10,8$  a  $10,6 \pm 0,1$  Ma para los metales base. Estas edades K/Ar y Ar/Ar son más o menos consistentes entre sí.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A. MINA COLQUIJRCA

MAPA GEOLOGICO DE LA MINA DE COLQUIJRCA  
MINERALIZACION POLIMETALICA

AUTOR: RONNER BENDEZÚ J.

FECHA: 2007

PLANO N° 3

## **CAPITULO IV**

### **GEOLOGIA ECONOMICA**

#### **IV.1. Asociación mineralógica en el Tajo Norte**

En el tajo Norte se definen los siguientes tipos de mineralización:

##### **Tipo I (Núcleo de Cobre: Cu + Ag + Bi)**

Este tipo de mineralización está emplazada casi siempre en horizontes completamente silicificados de chert negro con una extensión aproximada de 1500 m y pudiendo alcanzar 150 m de ancho. Este núcleo de cobre con el fin de explotación y tratamiento se subdividen en:

### Tipo IA

Es la parte más interna de este núcleo que consiste de enargita – pirita – alunita, aquí se puede presentar la pirita en abundancia presentándose generalmente como reemplazamiento masivo. La ganga asociada está constituida por alunita, baritina, cuarzo. Entre los minerales secundarios están presentes en aquellas zonas de alteración supérgena malaquita, azurita y calcantita.

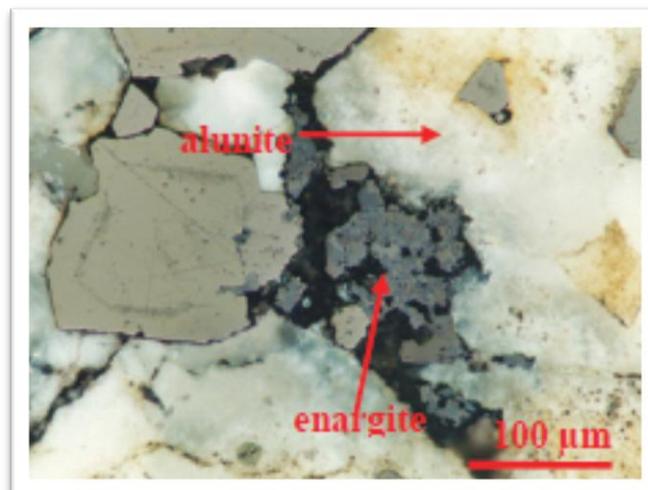


FOTO N° 1 (R. Bendezú J., 2007)

### - Tipo IB.

Es la parte más externa del núcleo de cobre y que está constituido principalmente por calcopirita, extendiéndose 800 m al N de los límites del tipo IB, la calcopirita se presenta a manera de venillas y como reemplazamiento masivo y disseminado; la baritina, dickita, caolín relleno de fracturas y cavidades, este tipo también está emplazado en chert negro albergando importantes valores de plata y bismuto.

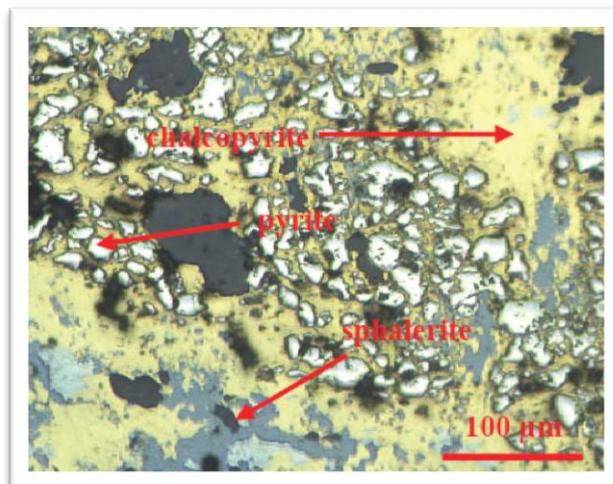


FOTO N° 2 (R. Bendezú J., 2007)

## Tipo II (zona de transición: Cu +Ag + Bi, Zn, Pb)

Este tipo de mineralización se caracteriza por su alto contenido de Ag, Cu, Bi, Zn y Pb, la que la hace una zona compleja por la gran variedad de especies mineralógicas. En composición mineralógica comprenden calcopirita, esfalerita y galena, acompañado por caolín, baritina y en menor proporción pirita y hematita. La ocurrencia de estos minerales se da como relleno de fracturas en oquedades y como reemplazamiento masivo, se subdivide en:

### - Tipo IIA

Esta zona está caracterizada por una completa decarbonatización cuya mineralogía consiste de caolín, pirita, dickita y

alunita; este tipo de mineralización coincide con el Tipo IA en posición.

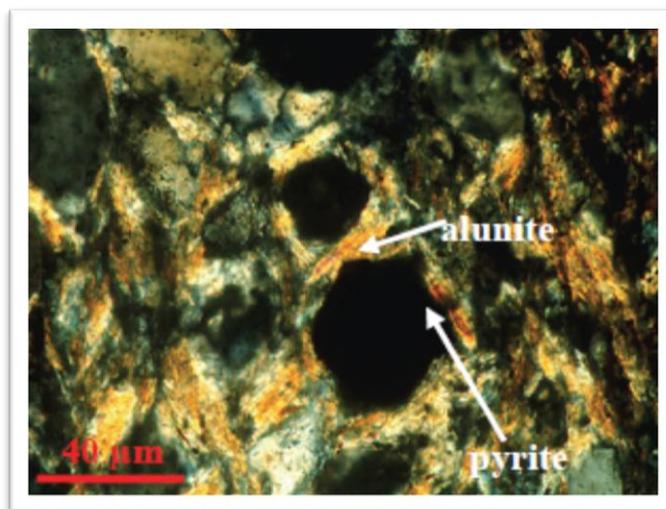


FOTO N° 3 (R. Bendezú J., 2007)

#### - **Tipo IIB**

Emplazado en chert negro y conformando zonas de “Roca Sulfurosa”, presentan importantes valores de Cu, Ag, Bi, Zn y Pb; este tipo se encuentra en las partes más distales del núcleo de cobre y coincide en posición con el tipo IB.

#### **Tipo III (Zona de metales base: Zn, Pb, Ag)**

Es el halo más externo de mineralización que por su volumen es de mayor importancia económica, se encuentra emplazada en rocas dolomíticas y en menor proporción en niveles de chert negro. Entre los minerales de mena tenemos la esfalerita y galena;

presentándose como relleno de fracturas y muchas veces llegando a constituir zonas de reemplazamiento masivo, como minerales secundarios tenemos la anglesita, cerusita y smithsonita, todas ellas presentes en la zona de alteración supérgena.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A. A. MINA COLQUIJIRCA**

**SECCION TRANSVERSAL IDEALIZADA DE LA MINERALIZACION TAJO NORTE**

**AUTOR: Ing. CARLOS YACILA G.**

**FECHA: OCTUBRE – 2011**

**FIGURA N° 1**

## **IV.2. Alteraciones Hidrotermales en el Tajo Norte**

Entre las principales alteraciones tenemos:

### **IV.2.1. Silicificación**

Presente en casi todo el yacimiento, principalmente en el núcleo de cobre, donde la silicificación es avanzada en donde ciertos tramos presentan un intenso brechamiento, esta alteración presenta mayor extensión con respecto a las demás.

### **IV.2.2. Dolomitización**

Característica del halo exterior y la de mayor desarrollo alrededor de la zona de transición. La intensidad de esta alteración va disminuyendo hacia los límites más externos; las zonas con esta alteración frecuentemente suelen presentar siderita botroidal, rellenando cavidades y fracturas.

### IV.2.3. Argilización

Representado por el ensamble caolín - dickita y caolín -alunita principalmente en el núcleo de cobre, acompañado de enargita – pirita, esta alteración es típica en la zona de transición y menos común en la zona de metales base. Las rocas afectadas por esta alteración presentan colores claros bastante blandas, salvo en aquella en donde está presente una silicificación avanzada a moderada (núcleo de cobre).

Zona de alteración supérgena, formación de sulfatos



FOTO N° 4

### IV.2.4. Decarbonatización

La roca resultante por este tipo de alteración presenta una apariencia detrítica y colores que varían entre gris a gris claro. Estas

zonas de decarbonatización se ubican usualmente en las zonas de transición y también en las zonas de metales base. Cuando la decarbonatización ocurre en la zona de transición (cerca del tipo IA) suele ir acompañada de una moderada agilización y trazas de pirita.

#### **IV.2.5. Oxidación**

Es de naturaleza supérgena y por consiguiente, más desarrollada cuando la estructura mineralizada se encuentra en o cerca de la superficie. La percolación de aguas meteóricas origina la formación de óxidos, hidróxidos, sulfatos y carbonatos a partir de sulfuros primarios tales como: limonita, hematita, smithsonita, anglesita, cerusita, etc.

**Nota:** Con la finalidad de entender mejor la asociación de minerales se ha efectuado estudios mineragráficos en secciones pulidas con los cuales se ha identificado los siguientes minerales en el yacimiento de Colquijirca:

Enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ )

Mineral de mayor cantidad junto a la pirita.

### Pirita ( $\text{Fe}_2\text{S}$ )

Se halla en forma masiva y reemplazando casi totalmente a la roca original.

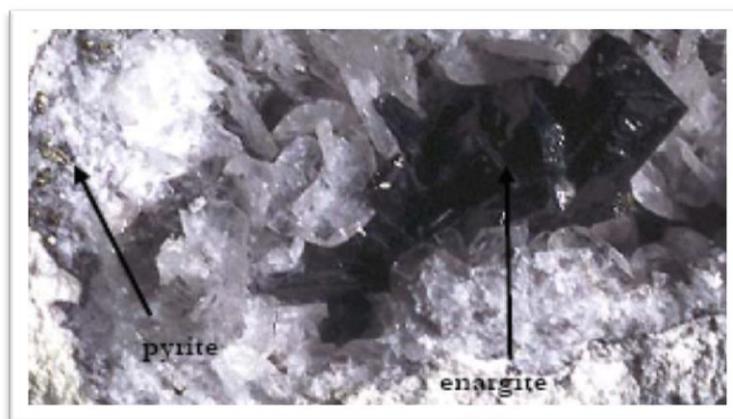


FOTO N° 5 (R. Bendezú J., 2007)

### Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ )

Se observa en diminutos cristales subhedrales y en forma masiva, la calcopirita está asociada a la enargita.

### Tennantita ( $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ )

Se encuentra como inclusiones granulares dentro de la pirita.

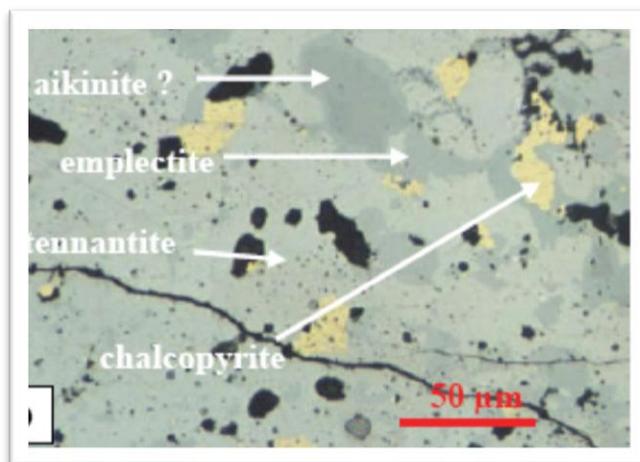


FOTO N° 6 (R. Bendezú J., 2007)

#### Esfalerita (ZnS)

Este mineral es muy común hacia el norte donde se puede encontrar en forma cristalizada pero en tramos muy aislados.

#### Galena (PbS)

Se puede encontrar en cristales pequeños a veces maclados y en finas venillas.

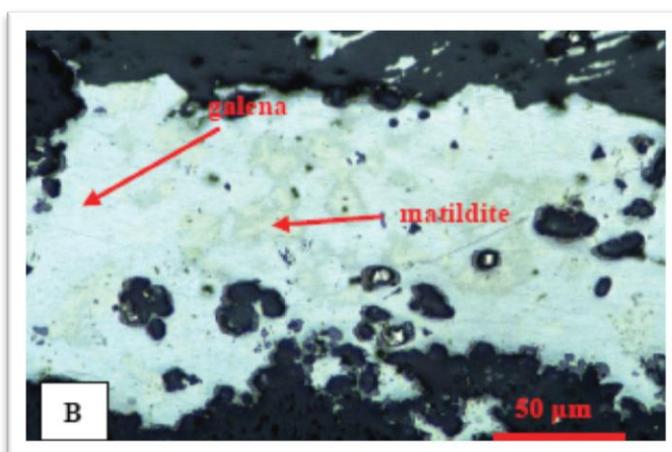


FOTO N° 7 (R. Bendezú J., 2007)

### Covelita (CuS)

Se han formado como producto de la incipiente alteración supergénica de enargita y calcopirita.

### Hematita Especularita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Se encuentra en cristales en forma de escamas y masivas, la hematita es común encontrarla en impregnación como productos de la alteración de la pirita y de specularita.

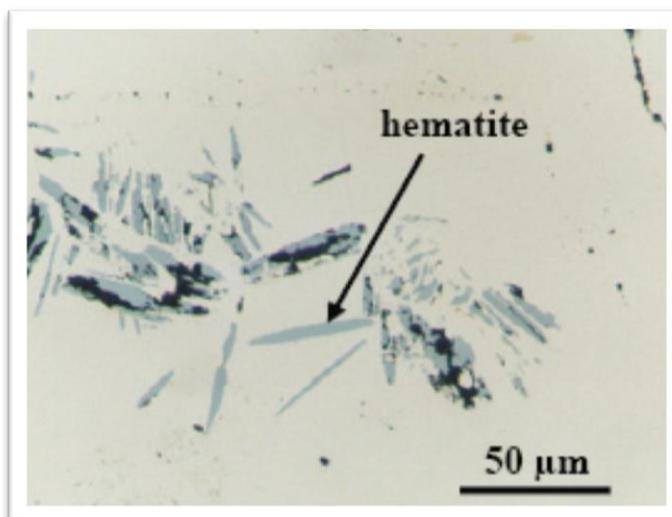


FOTO Nº 8 (R. Bendezú J., 2007)

### Azufre Nativo (S)

Se han encontrado pequeños cristales bordeando a los fenocristales de feldespatos alterados.

### Calcita ( $\text{CaCO}_3$ )

Se encuentran formando venillas y como parte de la matriz de tobas y brechas.

### Caolin ( $\text{Al}_2\text{S} [\text{Si}_4\text{O}_{10}] [\text{OH}]_8$ )

Se encuentra rellenando cavidades de lixiviación y de algunas fracturas.

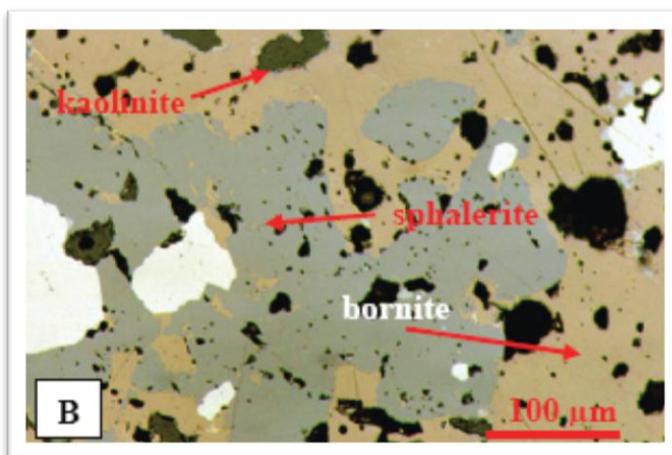


FOTO N° 9 (R. Bendezú J., 2007)

### Siderita ( $\text{FeCO}_3$ )

Se presenta como relleno de fracturas junto a la hematita, y en algunas geodas.

### Baritina ( $\text{BaSO}_4$ )

Se presenta en pequeños cristales tabulares en algunas vetillas asociados a la pirita.

Pirolusita ( $\text{MnO}_2$ )

Se encuentra en fracturas a manera de impregnaciones y como parte de la alteración supergénica.

Malaquita ( $\text{Cu}_2 [\text{CO}_3] [\text{OH}]_2$ )

Resultado de la alteración supérgena de minerales primarios de cobre.

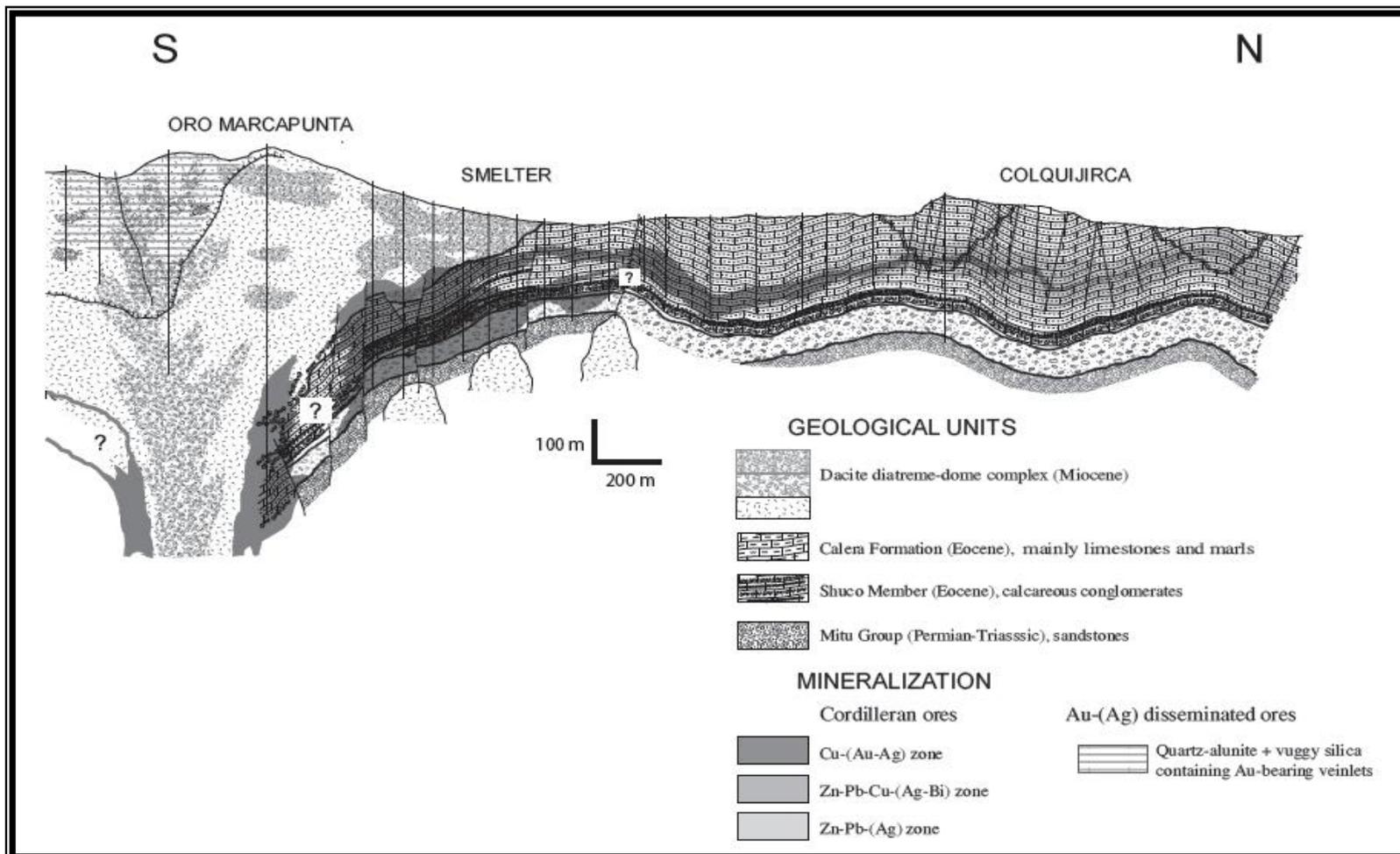
### **IV.3. Tipo de mineralización en Marcapunta**

El Cono Volcánico Marcapunta que ocurre a manera de flujo de lavas ácidas, domos, piroclásticos y brechas volcánicas asociadas al basamento subvolcánico de la formación Calera con estratos permeables que han facilitado la circulación de fluidos mineralizantes formando en conjunto, un modelo de reemplazamiento hidrotermal de Cu con trazas de Au – (Ag) en la zona subvolcánica de metales preciosos de baja ley, diseminada en brechas, lavas y piroclásticos.

#### **IV.3.1. Fases de mineralización en Marcapunta**

Se presenta 3 tipos de mineralización:

1. La primera es una fase profunda, ocurre al parecer en todo el cono volcánico Marcapunta formando los cuerpos tabulares de pirita – enargita emplazados en los conglomerados Shuco y en los carbonatos del Calera, ocurriendo como mantos y brechas mineralizadas.
2. La segunda fase es superficial que ocurre dentro del diatrema y consiste en la mineralización de metales preciosos de baja ley diseminada en las brechas hidrotermales.
3. Una fase final que conserva los valores auríferos en 7 vetas estrechas en franjas de cizallamiento que enriquecen las 2 fases iniciales.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A. MINA COLQUIJIRCA**

**SECCION LONGITUDINAL SN DEL DISTRITO DE COLQUIJIRCA**

**AUTOR: R. BENDEZÚ J**

**FECHA: ABRIL – 2001**

**FIGURA N° 2**

### **IV.3.2. Alteraciones Hidrotermales en Marcapunta**

Como un típico depósito, el halo de alteración es amplio en torno a las facies intrusivas. En general los ensambles de alteración forman distintas zonas alrededor de las intrusiones mineralizadas, pero las condiciones de presión, temperatura y permeabilidad cambian durante el curso de la deposición mineral.

#### **Alteración Argílica**

Tenemos 2 fases importantes

- **Alteración argílica avanzada.**

Que se ha distribuido en las lavas ubicadas en las cumbres norte y sur del cono volcánico Marcapunta y la mayor parte de las lavas que se caracteriza porque los feldespatos han sido reemplazados por la alunita y la matriz por sílice.

- **Intensa alteración argílica**

Se inicia con la invasión de alunita y sílice en los fracturamientos y produce el incremento paulatino de los metales preciosos.

### **Alteración sericítica**

Ha sido observada entre las lavas situadas entre las cumbres norte y sur del cono volcánico Marcapunta y en los 236 m finales del SD – 11. Este tipo de alteración se relaciona a la mineralización de Cu de las brechas mineralizadas.

#### **- Alteración sericítica débil a moderada**

Que se observa en el domo occidental, esta alteración parece no relacionada con la mineralización diseminada de metales preciosos, probablemente representa el halo más externo y estéril del ambiente porfirítico reconocido en las “Brechas mineralizadas”.

### **IV.3.3. Zonamiento**

El Cono volcánico Marcapunta ha sido la fuente principal de las alteraciones hidrotermales y la posterior mineralización cuya geometría horizontal forma una franja en dirección N – S de 4 km de longitud y 700 m de ancho, las observaciones insitu presentan 4 zonas con sulfidización decreciente desde el centro hacia el norte y estos son:

- **Zona Central**

Aquí se distingue la mineralización diseminada de Au cuyas características muestran un ambiente epitermal que se encuentran emplazados en lavas dacíticas, piroclastos y brechas volcánicas con ensambles de Cuarzo – Alunita – Au, el Cuarzo ocurre como reemplazamientos en granos finos y comúnmente como Vaggy Sílica y sílice residual en rocas ácidas lixiviadas.

- **Zona de Marcapunta Norte**

Se caracteriza por los minerales de Cu cuya ocurrencia es la enargita y trazas de Au que reemplazan hidrotermalmente a las capas de Calera inferior y Medio lugares de alta temperatura que se encuentran adyacentes al cono volcánico Marcapunta. El ensamble mineralógico en esta zona consta de enargita – luzonita, pirita principalmente, calcopirita y covelita.

- **Zona de Smelter**

Entre la zona de Smelter y el lado sur del Tajo Mercedes – Chocayoc se tiene una gradación de la zona anterior (enargita – pirita) como una súper imposición al ensamble de Zn y Pb- Ag que ocurre en el tajo abierto.

- **Zona de Tajo Abierto**

Aquí predomina la mineralización polimetálica de Zn, Pb, y Ag, cuya alteración en esta zona es la silicificación, caolinización y sideritización y al lado sur del Tajo en operación la ocurrencia de enargita y cobres grises en traza.

## **CAPITULO V**

### **GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

#### **V.1. Control estructural Regional**

El control estructural en el Distrito minero de Colquijirca jugó un papel predominante:

- A escala regional la Falla Longitudinal de dirección N – S, controló el emplazamiento del Complejo Volcánico Marcapunta, al igual que el de Cerro de Pasco, y localmente se completó con el acomodo gravitacional mediante bloques transversales como lo evidencia la falla Smelter, Marcapunta Norte y otros (Diatrema Marcapunta),
- La Falla Longitudinal controló la sedimentación Terciaria, atribuimos la deposición del Grupo Pocobamba a los movimientos tectónicos a lo largo de la Falla Longitudinal (FL) y la Falla Rio

San Juan Venenococha (FRSJV), son los sistemas más importantes de la región.

- El amenguamiento de los aportes detríticos gruesos a la consiguiente aparición de sedimentos lacustres parecerían corresponder al decrecimiento de la actividad tectónica: Fm Cacuán.
- Las facies cono-aluviales, intermedias a superiores de la Fm Shuco responden a un juego más importante del sistema FL-FRSJV.
- La Edad Eoceno Superior de la parte inferior de la Fm Calera suprayacente, sugiere que los movimientos tectónicos relacionados a las facies rudíticas del Grupo Pocobamba pertenece a la fase incaica (Noble et al 1979).
- La movilidad del sistema FL – FRSJV de accidentes empinados, a todas luces, profundos y esencialmente convergentes hacia el oeste, permitía que en el tiempo del Grupo Pocobamba, la región de Cerro de Pasco formara una suerte de antepaís. El material volcánico de la Fm Calera provino muy probablemente de la Cordillera Occidental.
- La deformación Cenozoica, mayor de la región, ocurrida después del depósito de la Fm Calera (Oligoceno terminal – Mioceno Inferior), estilo estructural claramente compresivo, carente de fallamiento normal, los saltos de falla inversos, son evidentes en las diversas exposiciones de las estructuras, indicios apuntan a

componentes transcurrentes en los movimientos a lo largo de los accidentes longitudinales mayores.

## **V.2. Control estructural Local**

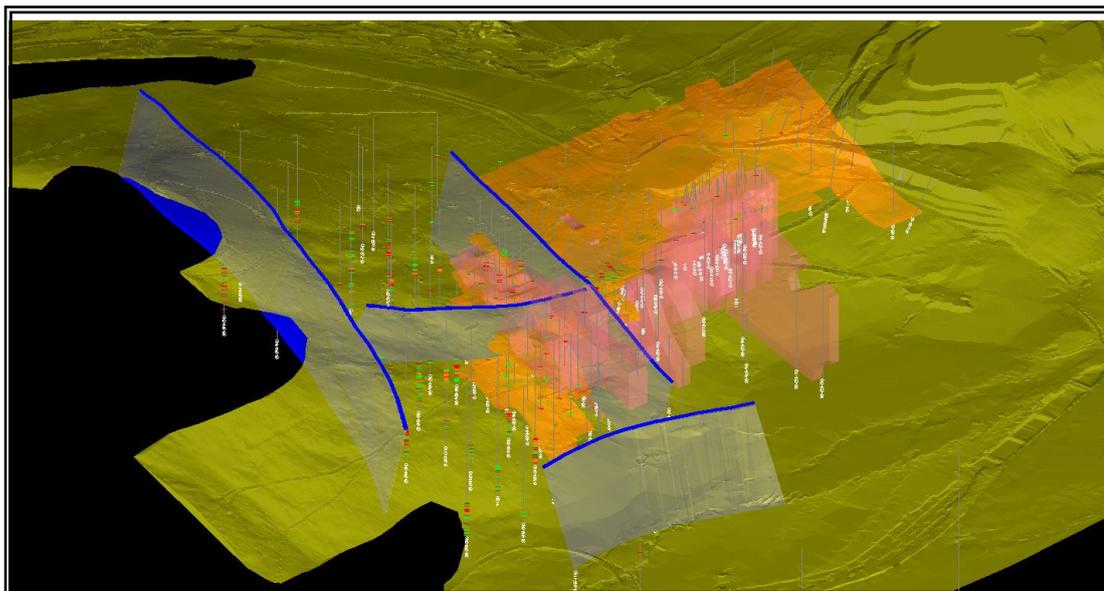
### **Pre Mineralización**

Para el análisis estructural global de la mina subterránea Marcapunta Norte se identifica:

- La estratificación de la Fm Calera.- En el lado norte de la mina subterránea, con buzamiento de  $12^{\circ}$  al NW, azimut  $45^{\circ}$  (Figura 6), al lado sur del mismo modo con buzamiento de  $10^{\circ}$  al SE y azimut  $71^{\circ}$  (Figura 12), es coincidente con el emplazamiento del manto mineralizado en Smelter y Colquijirca.
- Se ha identificado un control mineralógico secundario en el manto (Smelter), un sistema de fracturas subverticales de dirección E – W, asociada a vetillas de 1 a 5 cm de potencia rellenas con mineral de enargita-pirita (ver los gráficos de Rosetteplot - smelter interio mina).

### **Post Mineralización**

- Se han identificado fallas decimétricas, abiertas en dirección Este-Oeste con buzamiento sub vertical y poco desplazamiento, con superficies ondulantes, que se pueden apreciar en la figura 3. De igual modo diaclasas y zonas de cizallamiento que cortan el manto mineralizado siendo de edad post mineral.
- En el Cerro Marcapunta la distribución de esfuerzos son verticales, generando fracturamientos subverticales con un dominio preferencial Este – Oeste de alto ángulo sobre la roca volcánica (ver Figura 17 – 18).



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

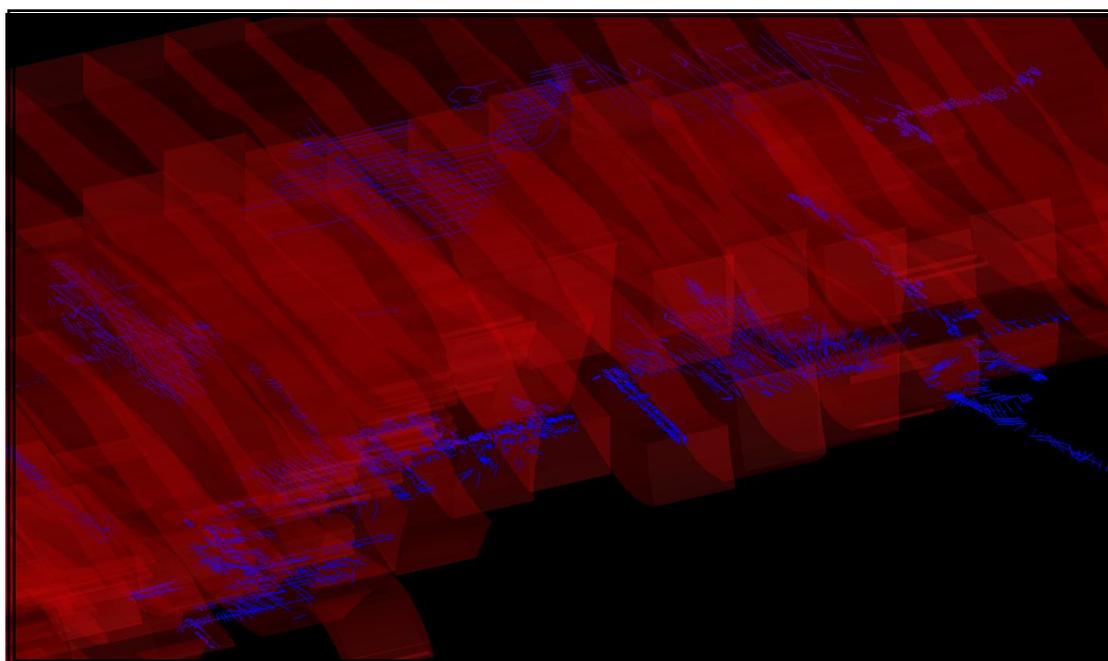
**SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A. MINA COLQUIJRCA**

**MINA MARCA PUNTA NORTE**

**AUTOR: GEOLOGÍA BROCAL**

**FECHA: AGOSTO 2011**

**FIGURA N° 3**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A. MINA COLQUIJRCA**

**MINA MARCA PUNTA NORTE**

**AUTOR: GEOLOGÍA BROCAL**

**FECHA: AGOSTO 2011**

**FIGURA N° 4**

**Tabla 1 - DATOS REGISTRADOS EN SMELTER INTERIORMINA**

RUMBO	BUZAMIENTO	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK
INTERIOR MINA_Galerías 1201N y 1245N							
S71E	S90W	90°	199°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S77E	S84W	84°	193°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S71E	N89E	89°	19°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N45E	N7W	7°	315°	Estratificación	IM	Ga 1201 N	9856
S85E	S84W	84°	185°	Diaclasas	IM	Ga 1201 N	9856
S73E	S88W	88°	197°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S73E	S84W	84°	197°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N61E	S47E	47°	151°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S83E	S72W	72°	187°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S71E	S79W	79°	199°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N88E	N82W	82°	358°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S88E	N87E	87°	2°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S76E	S87W	87°	194°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S89E	S82W	82°	181°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S72E	S89W	89°	198°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	N78W	78°	360°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	N80W	80°	360°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	S72E	72°	180°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	N90W	90°	360°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	S85E	85°	180°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	N90W	90°	360°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N45E	N12W	12°	315°	Estratificación	IM	Ga 1245 N	9856
N54E	S81E	81°	144°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N53E	S89E	89°	143°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S73E	S83W	83°	197°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S73E	S86W	86°	197°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S74E	S84W	84°	196°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N59E	S88E	88°	149°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S74E	S88W	88°	196°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N54E	S84E	84°	144°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N52E	S82E	82°	142°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S77E	N90E	90°	13°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N55E	S85E	85°	145°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N45E	S77E	77°	135°	F (d)	IM	Ga 1245 N	9856
NOE	S32E	32°	90°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S79E	S55W	55°	191°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N45E	N13W	13°	315°	Estratificación	IM	Ga 1245 N	9856
S55E	N62E	62°	35°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S53E	N56E	56°	37°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S52E	S86W	86°	218°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N45E	N12W	12°	315°	Estratificación	IM	Ga 1245 N	9856
S88E	S90W	90°	182°	Falla abierta	IM	Ga 1245 N	9856
S52E	N68E	68°	38°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S52E	N70E	70°	38°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S89E	N37E	37°	1°	Falla abierta	IM	Ga 1245 N	9856
N45E	N12W	12°	315°	Estratificación	IM	Ga 1245 N	9856

Figura 5 - INTERIOR MINA: Galerías 1201N y 1245N  
**CONTOUR PLOT**

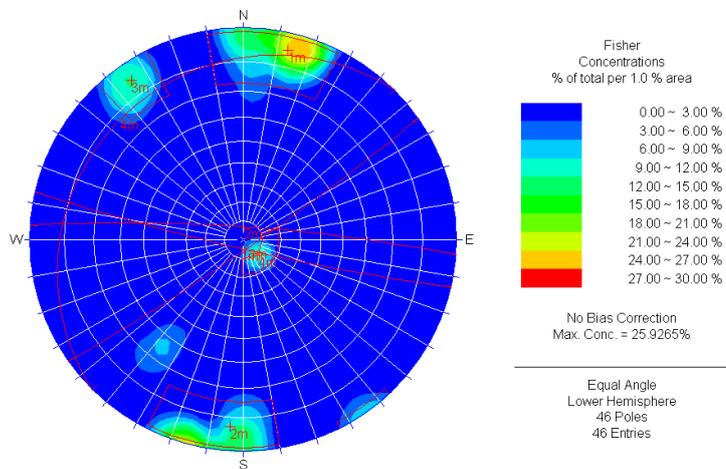


Figura 6- INTERIOR MINA: Galerías 1201N y 1245N  
**ROSETTE PLOT**

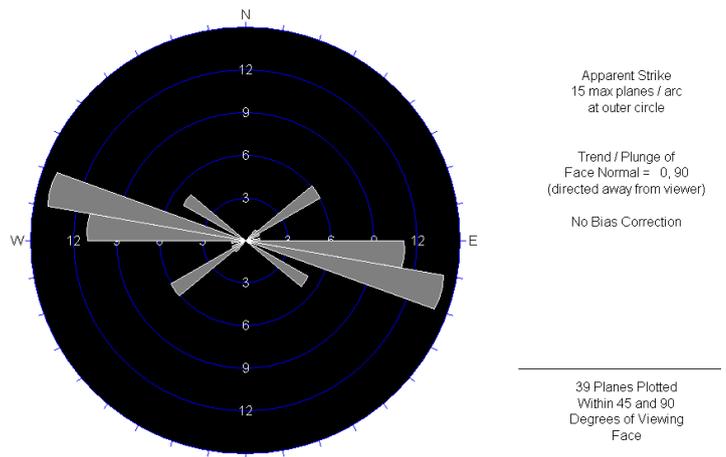


Figura 7- INTERIOR MINA: Galerías 1201N y 1245N  
**MAJOR PLANES PLOT**

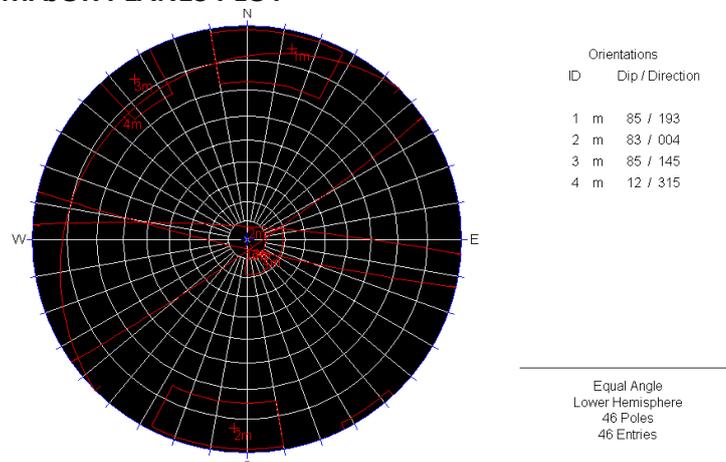


Tabla 2

RUMBO	BUZAMIENTO		ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK
INTERIOR MINA_Galerías 1275N, 1260N, 1275N y 1245							
S49E	N70E	70°	41°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S49E	N87E	87°	41°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S42E	N73E	73°	48°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S42E	N90E	90°	48°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S49E	N89E	89°	41°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S59E	N90E	90°	31°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S45E	S80W	80°	225°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S45E	S80W	80°	225°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S45E	S80W	80°	225°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S45E	S80W	80°	225°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S56E	N90E	90°	34°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S56E	N90E	90°	34°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S53E	N88E	88°	37°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S55E	N83E	83°	35°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S53E	N88E	88°	37°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S56E	N90E	90°	34°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S58E	N88E	88°	32°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S60E	N88E	88°	30°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
N75E	N63W	63°	345°	Falla abierta	I.M	Ga 1260 N	9700
N75E	S82E	82°	165°	Falla abierta	I.M	Ga 1275 N	9700
S60E	S87W	87°	210°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S63E	S88W	88°	207°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S58E	S80W	80°	212°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S59E	S84W	84°	211°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N4E	S74E	74°	94°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S82E	S88W	88°	188°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S49E	S82W	82°	221°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S80E	N77E	77°	10°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N51E	N16W	16°	321°	Estratificación	I.M	Ga 1275 N	9700
N0E	N10W	10°	270°	Estratificación	I.M	Ga 1275 N	9700
S88E	S90W	90°	182°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N67E	S65E	65°	157°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N62E	S68E	68°	152°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N59E	S62E	62°	149°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N5E	S74E	74°	95°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S61E	N77E	77°	29°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S61E	N77E	77°	29°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S83E	S88W	88°	187°	Falla abierta	I.M	Ga 1245	9700
S89E	N82E	82°	1°	Diaclasas	I.M	Ga 1245	9700
N45E	N5W	5°	315°	Estratificación	I.M	Ga 1245	9700
N15E	N85W	85°	285°	Diaclasas	I.M	Ga 1245	9700
S70E	N82E	82°	20°	Diaclasas	I.M	Ga 1245	9700
S79E	N90E	90°	11°	Diaclasas	I.M	Ga 1245	9700
S79E	S78W	78°	191°	Falla abierta	I.M	Ga 1245	9700

Figura 8- INTERIOR MINAGalerías 1275N, 1260N, 1275N y 1245  
**CONTOUR PLOT**

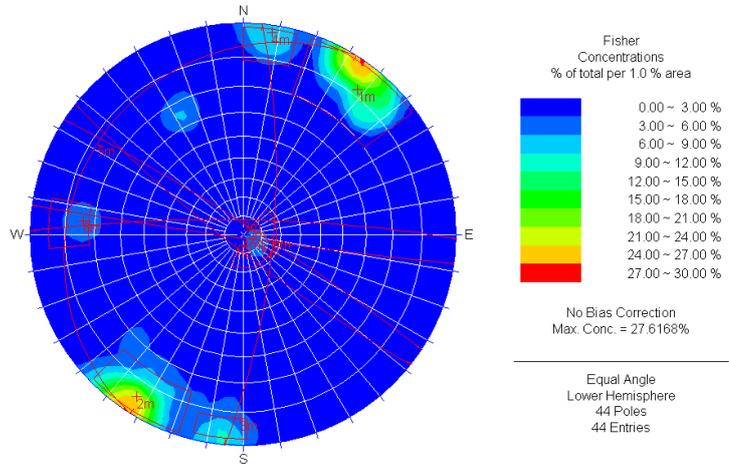


Figura 9- INTERIOR MINA\_Galerías 1275N, 1260N, 1275N y 1245  
**ROSETTE PLOT**

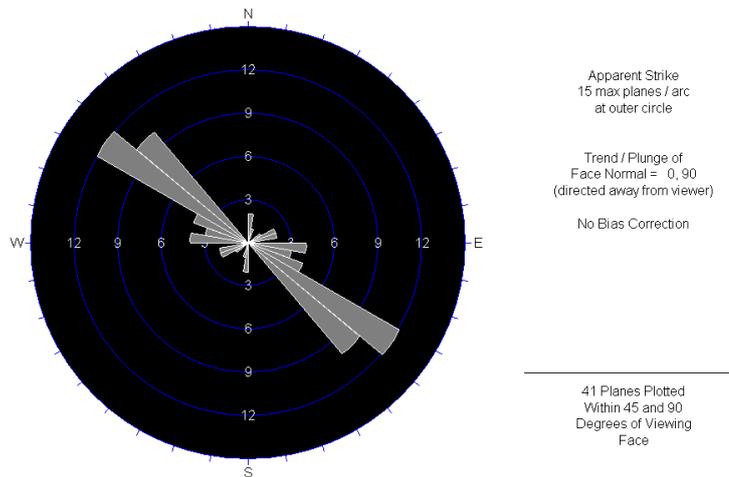


Figura 10- INTERIOR MINAGalerías 1275N, 1260N, 1275N y 1245  
**MAJOR PLANES PLOT**

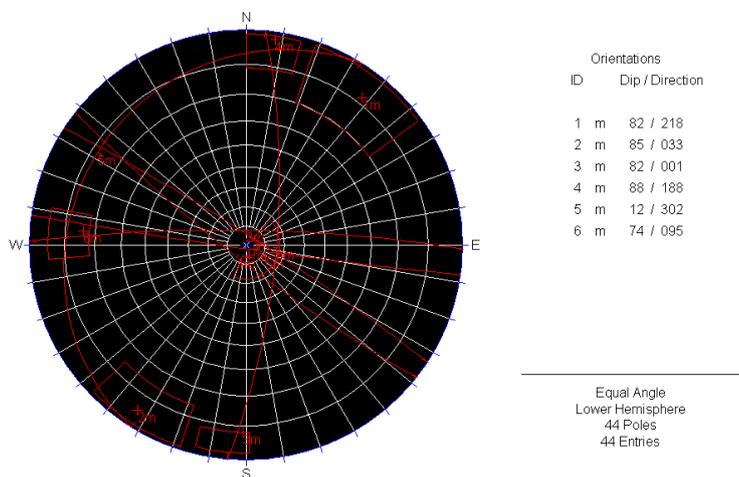


Tabla 3

RUMBO	BUZAMIENTO	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK
INTERIOR MINA_Galerías 1363N, 1378N, 1263N, 1278N, 9442E y 14085							
S5E	N90E	90°	85°	Diaclasas	I.M	Ga 1363 N	9368
N12E	S65E	65°	102°	Falla abierta	I.M	Ga 1378 N	9368
N59E	N83W	83°	329°	Diaclasas	I.M	Ga 1378 N	9368
N84E	N78W	78°	354°	Diaclasas	I.M	Ga 1378 N	9368
S72E	S12W	12°	198°	Falla abierta	I.M	Ga 1378 N	9368
N16E	S80E	80°	106°	Falla abierta	I.M	Ga 1378 N	9368
NOE	S90E	90°	90°	Falla cerrada	I.M	Ga 1378 N	9368
N87E	N76W	76°	357°	Diaclasas	I.M	Ga 1263 N	9368
N76E	N83W	83°	346°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N74E	N72W	72°	344°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N60E	N63W	63°	330°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N86E	N75W	75°	356°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
S80E	N65E	65°	10°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N87E	N90W	90°	357°	Falla abierta	I.M	Ga 1278 N	9368
N4E	S90E	90°	94°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N65E	S8E	8°	155°	Estratificación	I.M	Ga 1278 N	9368
S41E	S72W	72°	229°	Ctolitolog	I.M	Ga 9442 E	9368
N90E	N69W	69°	360°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
S89E	N7E	7°	1°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
S82E	N73E	73°	8°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
N90E	N90W	90°	360°	Diaclasas	I.M	Ga 1408 S	9368
N82E	N73W	73°	352°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
N88E	N81W	81°	358°	Diaclasas	I.M	Ga 1408 S	9368
N90E	N59W	59°	360°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
S89E	N69E	69°	1°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
S88E	N70E	70°	2°	Diaclasas	I.M	Ga 1408 S	9368
S74E	N69E	69°	16°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
N45E	S14E	14°	135°	Estratificación	I.M	Ga 1408 S	9368
S3E	N76E	76°	87°	Diaclasas	I.M	Ga 1408 S	9368

Figura 11- INTERIOR MINA\_Galerías 1363N, 1378N, 1263N, 1278N, 9442E y 14085  
**CONTOUR PLOT**

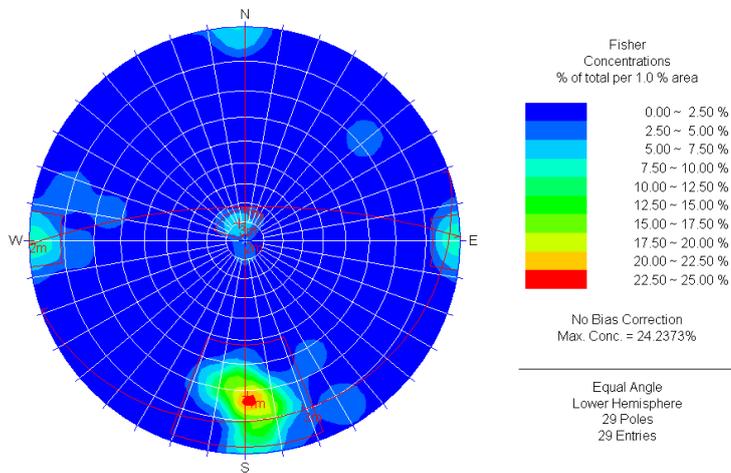


Figura 12- INTERIOR MINA\_Galerías 1363N, 1378N, 1263N, 1278N, 9442E y 14085  
**ROSETTE PLOT**

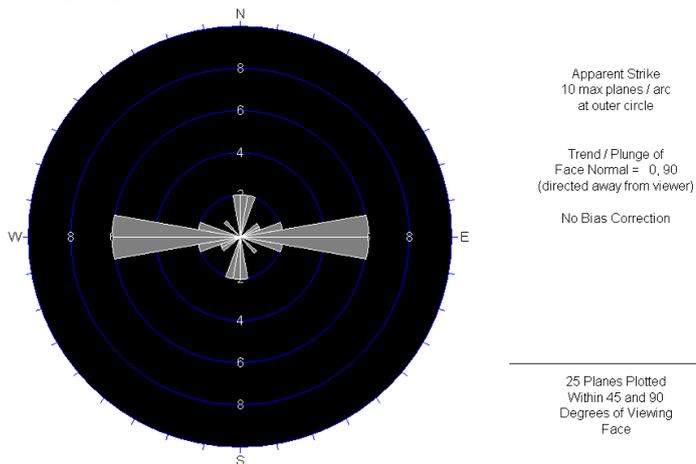


Figura 13- INTERIOR MINA\_Galerías 1363N, 1378N, 1263N, 1278N, 9442E y 14085  
**MAJOR PLANES PLOT**

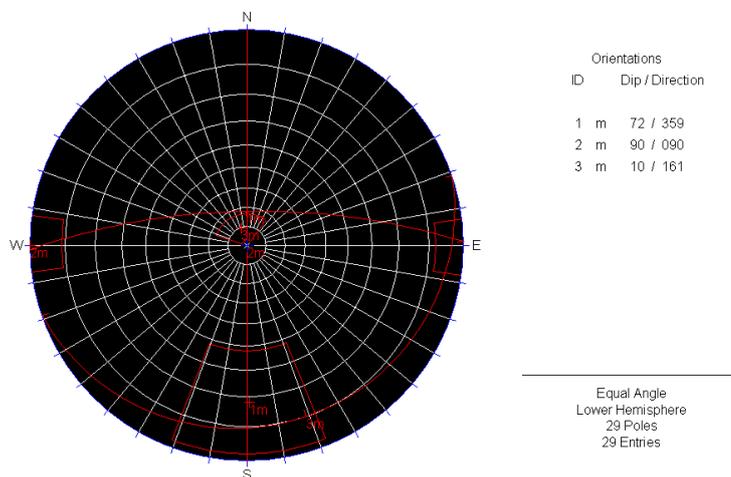


Tabla 4

RUMBO	BUZAMIENTO	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK
S71E	S90W	90°	199°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S77E	S84W	84°	193°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S71E	N89E	89°	19°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N45E	N7W	7°	315°	Estratificación	IM	Ga 1201 N	9856
S85E	S84W	84°	185°	Diaclasas	IM	Ga 1201 N	9856
S73E	S88W	88°	197°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S73E	S84W	84°	197°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N61E	S47E	47°	151°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S83E	S72W	72°	187°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S71E	S79W	79°	199°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N88E	N82W	82°	358°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S88E	N87E	87°	2°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S76E	S87W	87°	194°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S89E	S82W	82°	181°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
S72E	S89W	89°	198°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	N78W	78°	360°	Falla abierta	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	N80W	80°	360°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	S72E	72°	180°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	N90W	90°	360°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	S85E	85°	180°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N90E	N90W	90°	360°	d (Fc)	IM	Ga 1201 N	9856
N45E	N12W	12°	315°	Estratificación	IM	Ga 1245 N	9856
N54E	S81E	81°	144°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N53E	S89E	89°	143°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S73E	S83W	83°	197°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S73E	S86W	86°	197°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S74E	S84W	84°	196°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N59E	S88E	88°	149°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S74E	S88W	88°	196°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N54E	S84E	84°	144°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N52E	S82E	82°	142°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S77E	N90E	90°	13°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N55E	S85E	85°	145°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N45E	S77E	77°	135°	F (d)	IM	Ga 1245 N	9856
N0E	S32E	32°	90°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S79E	S55W	55°	191°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N45E	N13W	13°	315°	Estratificación	IM	Ga 1245 N	9856
S55E	N62E	62°	35°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S53E	N56E	56°	37°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S52E	S86W	86°	218°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
N45E	N12W	12°	315°	Estratificación	IM	Ga 1245 N	9856
S88E	S90W	90°	182°	Falla abierta	IM	Ga 1245 N	9856
S52E	N68E	68°	38°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856
S52E	N70E	70°	38°	Diaclasas	IM	Ga 1245 N	9856

RUMBO	BUZAMIENTO	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK
S89E	N37E	37°	1°	Falla abierta	IM	Ga 1245 N	9856
N45E	N12W	12°	315°	Estratificación	IM	Ga 1245 N	9856
S49E	N70E	70°	41°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S49E	N87E	87°	41°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S42E	N73E	73°	48°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S42E	N90E	90°	48°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S49E	N89E	89°	41°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S59E	N90E	90°	31°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S45E	S80W	80°	225°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S45E	S80W	80°	225°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S45E	S80W	80°	225°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S45E	S80W	80°	225°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S56E	N90E	90°	34°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S56E	N90E	90°	34°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S53E	N88E	88°	37°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S55E	N83E	83°	35°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S53E	N88E	88°	37°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S56E	N90E	90°	34°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S58E	N88E	88°	32°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
S60E	N88E	88°	30°	Diaclasas	I.M	Ga 1260 N	9700
N75E	N63W	63°	345°	Falla abierta	I.M	Ga 1260 N	9700
N75E	S82E	82°	165°	Falla abierta	I.M	Ga 1275 N	9700
S60E	S87W	87°	210°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S63E	S88W	88°	207°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S58E	S80W	80°	212°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S59E	S84W	84°	211°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N4E	S74E	74°	94°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S82E	S88W	88°	188°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S49E	S82W	82°	221°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S80E	N77E	77°	10°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N51E	N16W	16°	321°	Estratificación	I.M	Ga 1275 N	9700
NOE	N10W	10°	270°	Estratificación	I.M	Ga 1275 N	9700
S88E	S90W	90°	182°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N67E	S65E	65°	157°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N62E	S68E	68°	152°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N59E	S62E	62°	149°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
N5E	S74E	74°	95°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S61E	N77E	77°	29°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S61E	N77E	77°	29°	Diaclasas	I.M	Ga 1275 N	9700
S83E	S88W	88°	187°	Falla abierta	I.M	Ga 1245	9700
S89E	N82E	82°	1°	Diaclasas	I.M	Ga 1245	9700
N45E	N5W	5°	315°	Estratificación	I.M	Ga 1245	9700
N15E	N85W	85°	285°	Diaclasas	I.M	Ga 1245	9700
S70E	N82E	82°	20°	Diaclasas	I.M	Ga 1245	9700
S79E	N90E	90°	11°	Diaclasas	I.M	Ga 1245	9700

RUMBO	BUZAMIENTO	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK
S79E	S78W	78°	191°	Falla abierta	I.M	Ga 1245	9700
S5E	N90E	90°	85°	Diaclasas	I.M	Ga 1363 N	9368
N12E	S65E	65°	102°	Falla abierta	I.M	Ga 1378 N	9368
N59E	N83W	83°	329°	Diaclasas	I.M	Ga 1378 N	9368
N84E	N78W	78°	354°	Diaclasas	I.M	Ga 1378 N	9368
S72E	S12W	12°	198°	Falla abierta	I.M	Ga 1378 N	9368
N16E	S80E	80°	106°	Falla abierta	I.M	Ga 1378 N	9368
NOE	S90E	90°	90°	Falla cerrada	I.M	Ga 1378 N	9368
N87E	N76W	76°	357°	Diaclasas	I.M	Ga 1263 N	9368
N76E	N83W	83°	346°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N74E	N72W	72°	344°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N60E	N63W	63°	330°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N86E	N75W	75°	356°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
S80E	N65E	65°	10°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N87E	N90W	90°	357°	Falla abierta	I.M	Ga 1278 N	9368
N4E	S90E	90°	94°	Diaclasas	I.M	Ga 1278 N	9368
N65E	S8E	8°	155°	Estratificación	I.M	Ga 1278 N	9368
S41E	S72W	72°	229°	Ctolitolog	I.M	Ga 9442 E	9368
N90E	N69W	69°	360°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
S89E	N7E	7°	1°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
S82E	N73E	73°	8°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
N90E	N90W	90°	360°	Diaclasas	I.M	Ga 1408 S	9368
N82E	N73W	73°	352°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
N88E	N81W	81°	358°	Diaclasas	I.M	Ga 1408 S	9368
N90E	N59W	59°	360°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
S89E	N69E	69°	1°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
S88E	N70E	70°	2°	Diaclasas	I.M	Ga 1408 S	9368
S74E	N69E	69°	16°	Falla cerrada	I.M	Ga 1408 S	9368
N45E	S14E	14°	135°	Estratificación	I.M	Ga 1408 S	9368
S3E	N76E	76°	87°	Diaclasas	I.M	Ga 1408 S	9368

Figura 14- INTERIOR MINA: Global  
**CONTOUR PLOT**

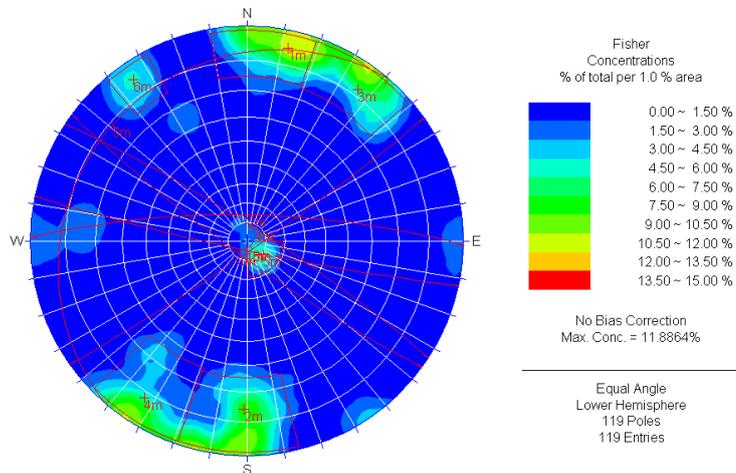


Figura 15- INTERIOR MINA: Global  
**ROSETTE PLOT**

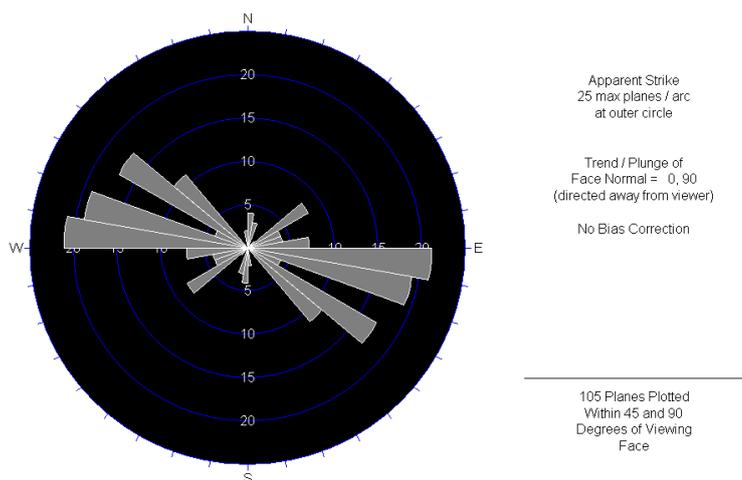


Figura 16- INTERIOR MINA: Global  
**MAJOR PLANES PLOT**

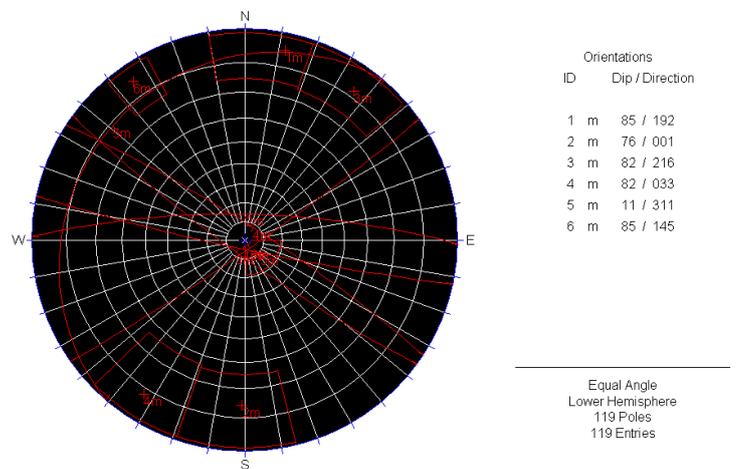


Tabla 5 - DATOS REGISTRADOS EN EL CERRO MARCAPUNTA

RUMBO	BUZAM.	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK	OBSERVACIONES
S88E	N75E	75°	2°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N36E	S52E	52°	126°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N36E	S60E	60°	126°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N88E	N50W	50°	358°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S72E	N65E	65°	18°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S84E	N75E	75°	6°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S61E	N65E	65°	29°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S88E	N30E	30°	2°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S81E	N74E	74°	9°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N40E	S85E	85°	130°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N90E	S90E	90°	180°	Falla (M)	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N52E	S73E	73°	142°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N54E	N87W	87°	324°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S46E	N88E	88°	44°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N62E	N47W	47°	332°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N78E	N70W	70°	348°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S48E	N85E	85°	42°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N36E	S86E	86°	126°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S2E	S60W	60°	268°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S62E	S50W	50°	208°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N70E	S80E	80°	160°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S25E	S65W	65°	245°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S88E	S76W	76°	182°	Falla (m)	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S87E	S76W	76°	183°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S4E	N79E	79°	86°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N10E	S85E	85°	100°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S50E	N66E	66°	40°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N8E	N30W	30°	278°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N0E	N80W	80°	270°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S54E	S84W	84°	216°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S65E	N87E	87°	25°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S55E	S78W	78°	215°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N67E	N60W	60°	337°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S18E	N90E	90°	72°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N1E	S90E	90°	91°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S17E	S77W	77°	253°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N45E	N81W	81°	315°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S73E	S41W	41°	197°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N66E	S65E	65°	156°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S28E	S82W	82°	242°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N55E	S76E	76°	145°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S24E	N78E	78°	66°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N17E	S56E	56°	107°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S76E	S84W	84°	194°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N19E	N39W	39°	289°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S29E	N79E	79°	61°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N28E	N84W	84°	298°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S78E	N45E	45°	12°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N88E	N70W	70°	358°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N

RUMBO	BUZAM.	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK	OBSERVACIONES
N87E	N35W	35°	357°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N26E	S82E	82°	116°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S81E	N90E	90°	9°	Falla (M)	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N20E	N55W	55°	290°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N90E	N77W	77°	360°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N90E	S60E	60°	180°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N32E	N62W	62°	302°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N10E	N83W	83°	280°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N30E	S75E	75°	120°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S40E	S64W	64°	230°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S84E	S86W	86°	186°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S83E	N78E	78°	7°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S28E	N69E	69°	62°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S61E	N65E	65°	29°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S86E	N75E	75°	4°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S87E	S80W	80°	183°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S90E	S75W	75°	180°	Falla (M)	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S65E	S80W	80°	205°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N55E	S75E	75°	145°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N90E	S68E	68°	180°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
S88E	N78E	78°	2°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N20E	S77E	77°	110°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N45E	N77W	77°	315°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N4E	N54W	54°	274°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N81E	N26W	26°	351°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N83E	N81W	81°	353°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N82E	S78E	78°	172°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N18E	N80W	80°	288°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N10E	S85E	85°	100°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N90E	S60E	60°	180°	Falla (M)	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N44E	N65W	65°	314°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N59E	N80W	80°	329°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N51E	N90W	90°	321°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N71E	S70E	70°	161°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N69E	S85E	85°	159°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N23E	N55E	55°	293°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N69E	S80E	80°	159°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
S55E	N90E	90°	35°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
S17E	S62W	62°	253°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
S67E	N60E	60°	23°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
NOE	S90E	90°	90°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N89E	S76E	76°	179°	Falla (m)	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N

Figura 17- SUPERFICIE: Global  
**CONTOUR PLOT**

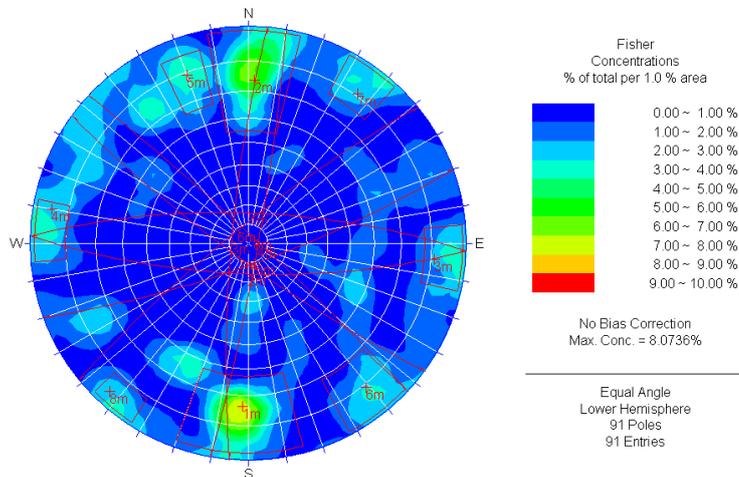


Figura 18- SUPERFICIE: Global  
**ROSETTE PLOT**

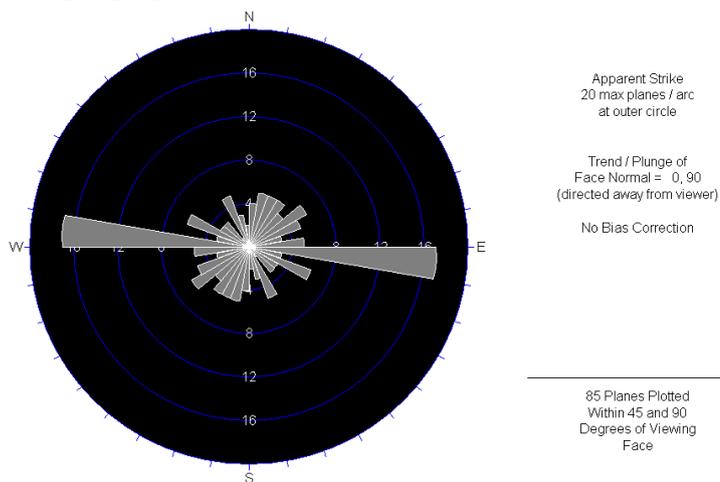


Figura 19- SUPERFICIE: Global  
**MAJOR PLANES PLOT**

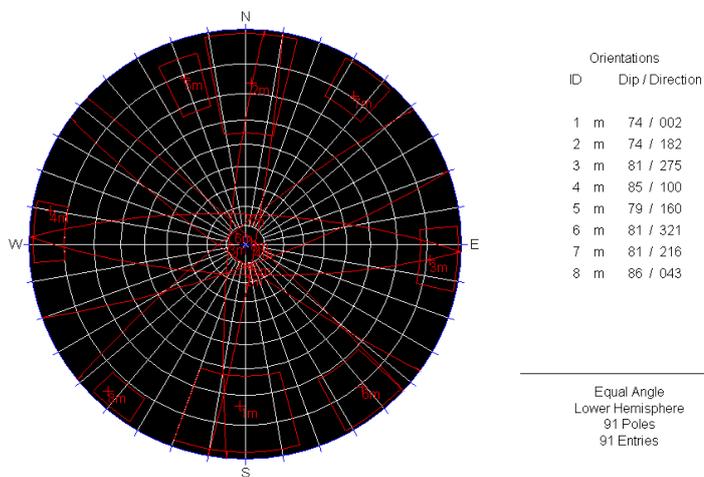


Tabla 6

RUMBO	BUZAM.	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK	OBSERVACIONES
SUPERFICIE_C. Marcapunta Z-1								
S88E	N75E	75°	2°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N36E	S52E	52°	126°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N36E	S60E	60°	126°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N88E	N50W	50°	358°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S72E	N65E	65°	18°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S84E	N75E	75°	6°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S61E	N65E	65°	29°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S88E	N30E	30°	2°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S81E	N74E	74°	9°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N40E	S85E	85°	130°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N90E	S90E	90°	180°	Falla (M)	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N52E	S73E	73°	142°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N54E	N87W	87°	324°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S46E	N88E	88°	44°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N62E	N47W	47°	332°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N78E	N70W	70°	348°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S48E	N85E	85°	42°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N36E	S86E	86°	126°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S2E	S60W	60°	268°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S62E	S50W	50°	208°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N70E	S80E	80°	160°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S25E	S65W	65°	245°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S88E	S76W	76°	182°	Falla (m)	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S87E	S76W	76°	183°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S4E	N79E	79°	86°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N10E	S85E	85°	100°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S50E	N66E	66°	40°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N8E	N30W	30°	278°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N0E	N80W	80°	270°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S54E	S84W	84°	216°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S65E	N87E	87°	25°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S55E	S78W	78°	215°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N67E	N60W	60°	337°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
S18E	N90E	90°	72°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N
N1E	S90E	90°	91°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-1	8809500N-8809000N

Figura 20- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-1  
**CONTOUR PLOT**

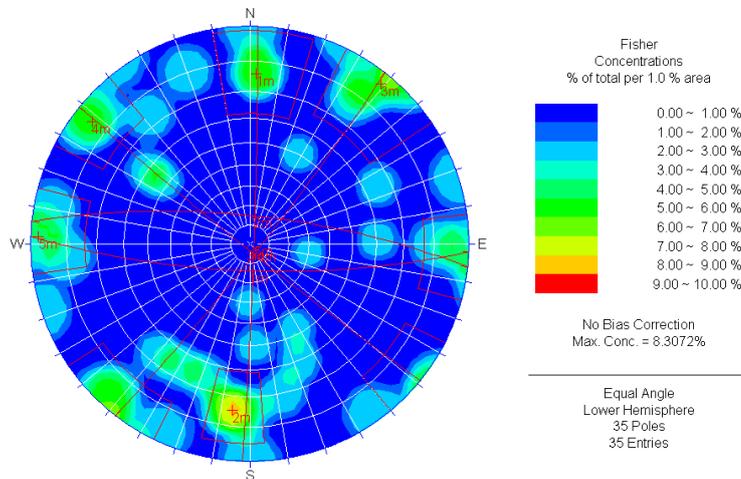


Figura 21- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-1  
**ROSETTE PLOT**

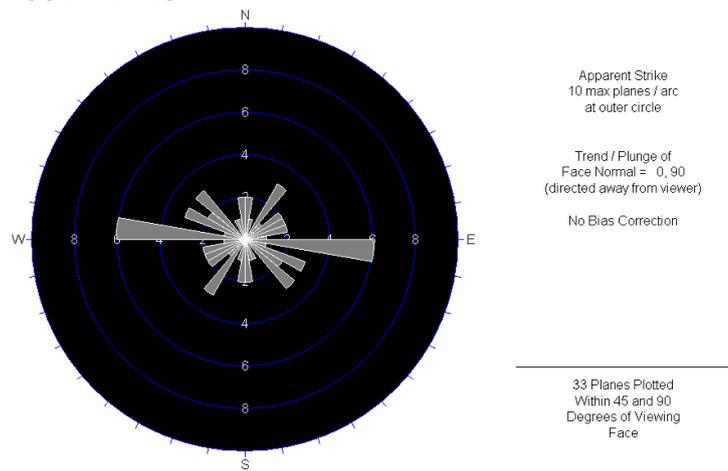


Figura 22- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-1  
**MAJOR PLANES PLOT**

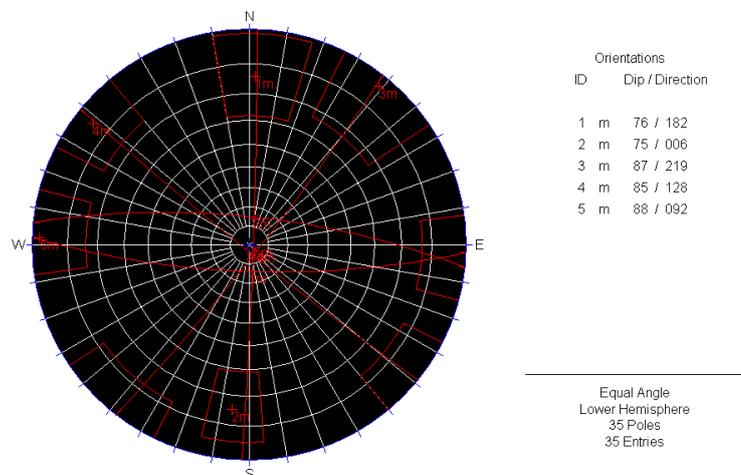


Tabla 7

RUMBO	BUZAM.	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK	OBSERVACIONES
SUPERFICIE_ C. Marcapunta Z-2								
S17E	S77W	77°	253°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N45E	N81W	81°	315°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S73E	S41W	41°	197°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N66E	S65E	65°	156°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S28E	S82W	82°	242°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N55E	S76E	76°	145°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S24E	N78E	78°	66°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N17E	S56E	56°	107°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S76E	S84W	84°	194°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N19E	N39W	39°	289°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S29E	N79E	79°	61°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N28E	N84W	84°	298°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S78E	N45E	45°	12°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N88E	N70W	70°	358°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N87E	N35W	35°	357°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
N26E	S82E	82°	116°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N
S81E	N90E	90°	9°	Falla (M)	Sup	C. Marcapunta	Z-2	8809000N-8808500N

Figura 23- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-2  
**CONTOUR PLOT**

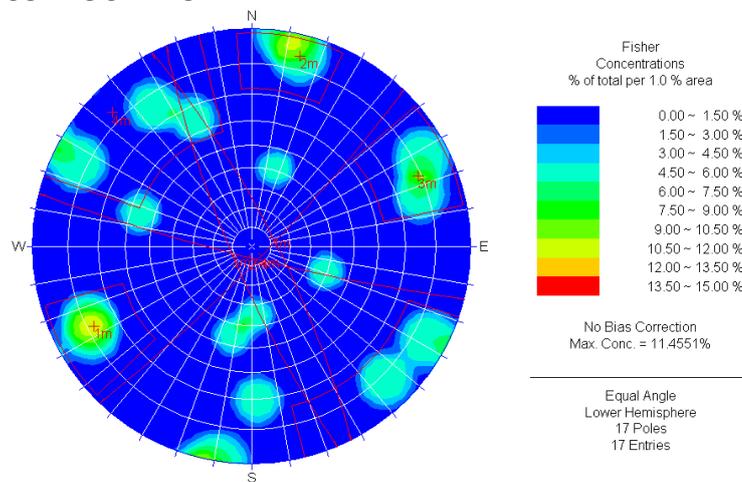


Figura 24- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-2  
**ROSETTE PLOT**

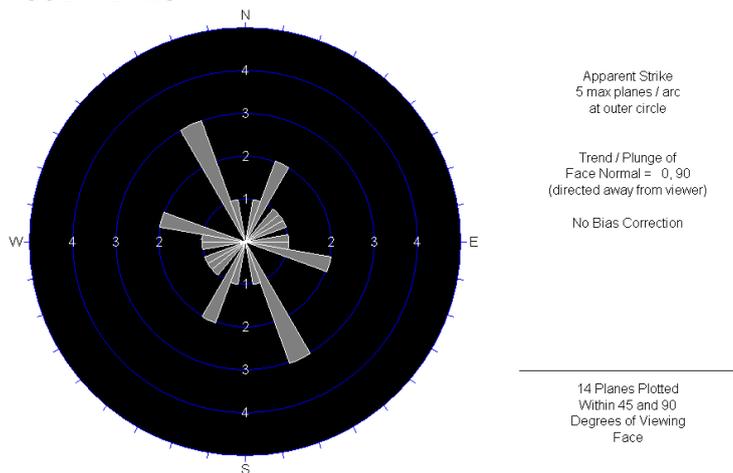


Figura 25- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-2  
**MAJOR PLANES PLOT**

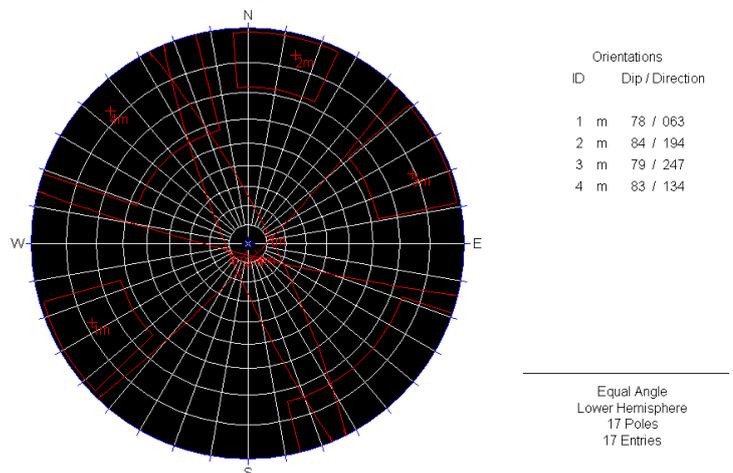


Tabla 8

RUMBO	BUZAM.	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK	OBSERVACIONES
SUPERFICIE_C. Marcapunta Z-3								
N20E	N55W	55°	290°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N90E	N77W	77°	360°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N90E	S60E	60°	180°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N32E	N62W	62°	302°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N10E	N83W	83°	280°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
N30E	S75E	75°	120°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S40E	S64W	64°	230°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S84E	S86W	86°	186°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S83E	N78E	78°	7°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S28E	N69E	69°	62°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S61E	N65E	65°	29°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S86E	N75E	75°	4°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S87E	S80W	80°	183°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N
S90E	S75W	75°	180°	Falla (M)	Sup	C. Marcapunta	Z-3	8808500N-8808000N

Figura 26- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-3  
**CONTOUR PLOT**

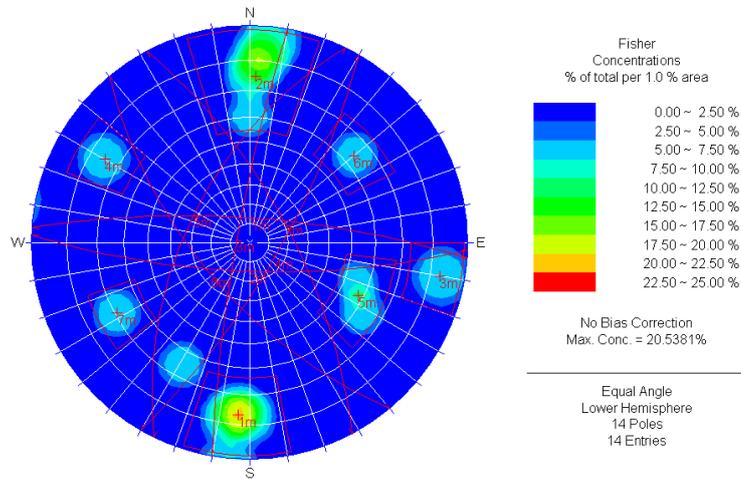


Figura 27- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-3  
**ROSETTE PLOT**

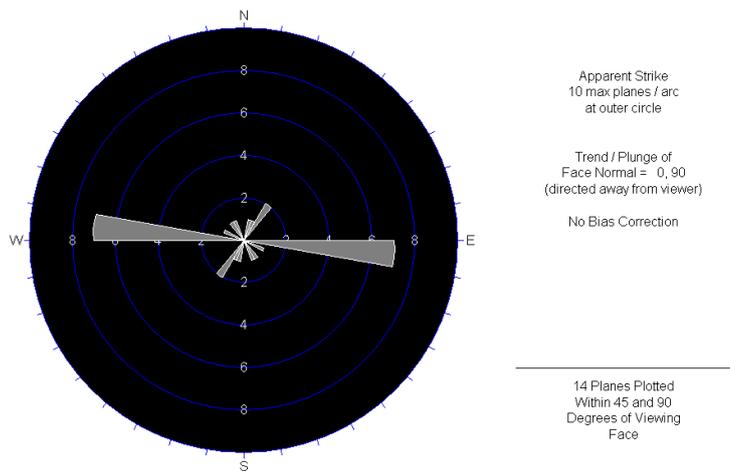


Figura 28- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-3  
**MAJOR PLANES PLOT**

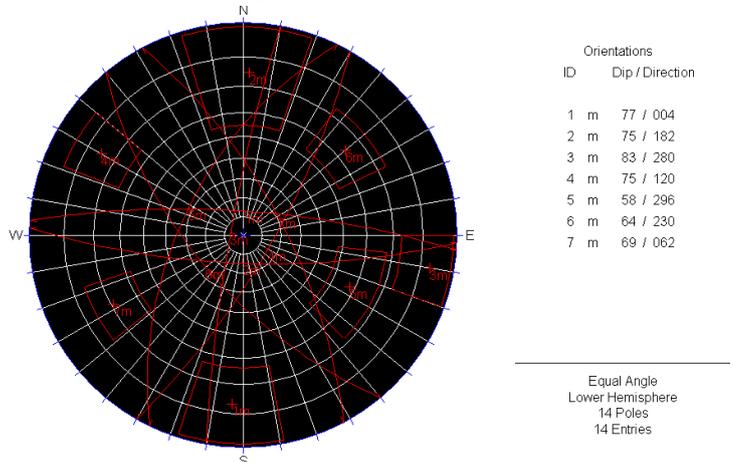
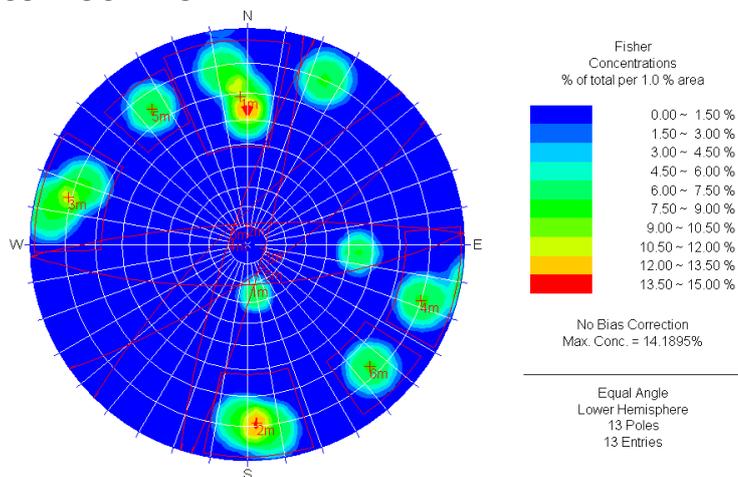


Tabla 9

RUMBO	BUZAM.	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK	OBSERVACIONES
SUPERFICIE_C. Marcapunta Z-4								
S65E	S80W	80°	205°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N55E	S75E	75°	145°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N90E	S68E	68°	180°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
S88E	N78E	78°	2°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N20E	S77E	77°	110°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N45E	N77W	77°	315°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N4E	N54W	54°	274°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N81E	N26W	26°	351°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N83E	N81W	81°	353°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N82E	S78E	78°	172°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N18E	N80W	80°	288°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N10E	S85E	85°	100°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N
N90E	S60E	60°	180°	Falla (M)	Sup	C. Marcapunta	Z-4	8808000N-8807500N

Figura 29- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-4  
**CONTOUR PLOT**



SFigura 30- UPERFICIE\_C. Marcapunta Z-4  
**ROSETTE PLOT**

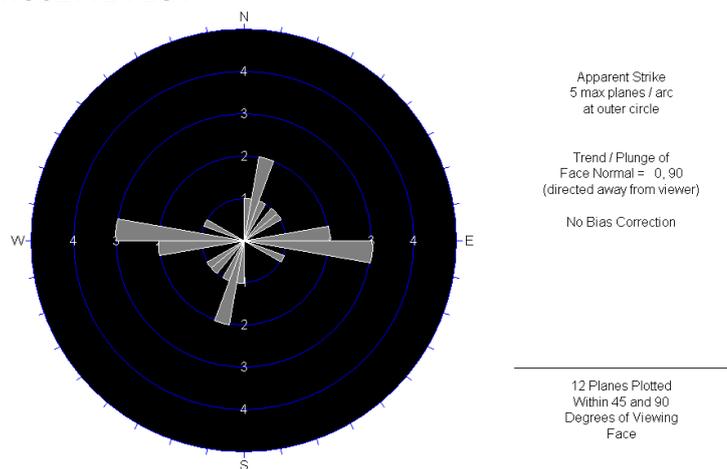


Figura 31- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-4  
**MAJOR PLANES PLOT**

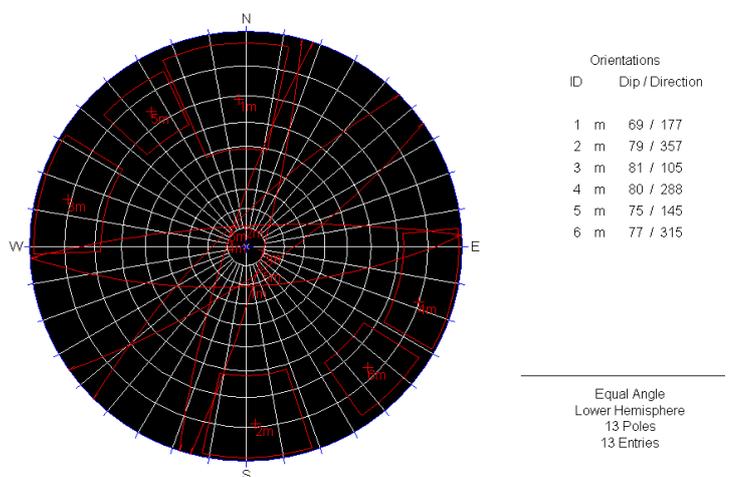


Tabla 10

RUMBO	BUZAM.	BETA	ALPHA	TIPO	NIVEL	UBICACIÓN	BLOCK	OBSERVACIONES
SUPERFICIE_C. Marcapunta Z-5								
N44E	N65W	65°	314°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N59E	N80W	80°	329°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N51E	N90W	90°	321°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N71E	S70E	70°	161°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N69E	S85E	85°	159°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N23E	N55E	55°	293°	Esquistosidad	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N69E	S80E	80°	159°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
S55E	N90E	90°	35°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
S17E	S62W	62°	253°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
S67E	N60E	60°	23°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N0E	S90E	90°	90°	Diaclasas	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N
N89E	S76E	76°	179°	Falla (m)	Sup	C. Marcapunta	Z-5	8807500N-8807000N

Figura 32- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-5  
**CONTOUR PLOT**

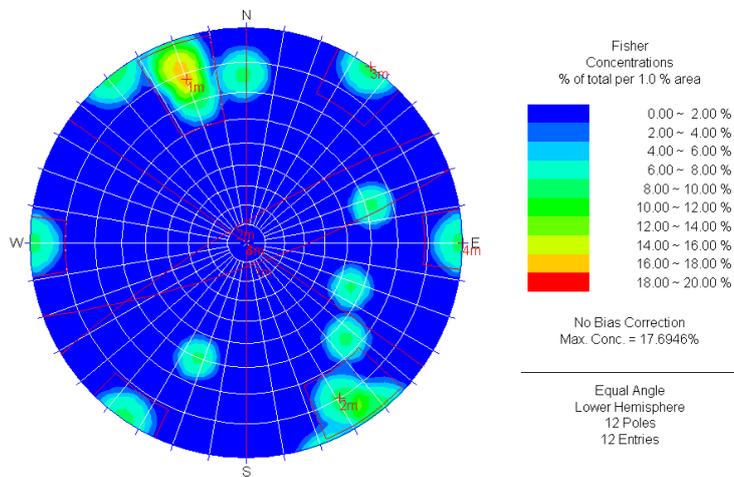


Figura 33- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-5  
**ROSETTE PLOT**

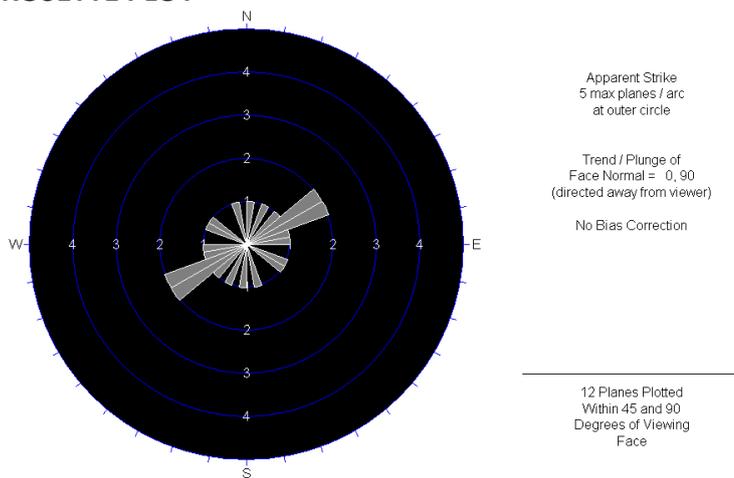
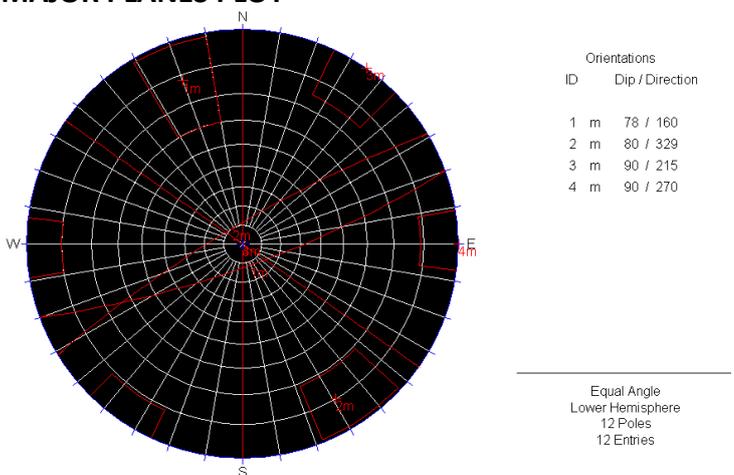


Figura 34- SUPERFICIE\_C. Marcapunta Z-5  
**MAJOR PLANES PLOT**



## **CAPITULO VI**

### **DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **VI.1. Geología estructural de la mina Marcapunta Norte**

- El emplazamiento del Complejo Volcánico Marcapunta está controlado por la Falla Longitudinal al igual que el Complejo Cerro de Pasco y Yanamate, localmente se completó con el acomodo gravitacional mediante bloques transversales, como lo evidencia la falla Smelter y otros.
- La Falla Longitudinal (FL) y la Falla Rio San Juan Venenococha (FRSJV), controlaron la sedimentación Terciaria, atribuimos la deposición del Grupo Pocobamba a los movimientos tectónicos a lo largo de estos sistemas.
- La deformación Cenozoica mayor de la región, ocurrida después del depósito de la Fm Calera (Oligoceno terminal – Mioceno

Inferior), estilo estructural claramente compresivo, carente de fallamiento normal, los saltos de falla inversos son evidentes en las diversas exposiciones. Se ha identificado un control estructural - mineralógico secundario, sistema de fracturamiento vertical E – W, caracterizada en micro vetillas de enargita – pirita que cortan el manto mineralizado.

- En Marcapunta Norte se presentan estructuras de edad post mineral E–W de alto ángulo, fallas de poco desplazamiento, diaclasas y zonas de cizallamiento que cortan el Manto Mineralizado, no relacionados con esta.
  
- En el Cerro Marcapunta la distribución de esfuerzos es vertical, generando fracturamientos subverticales, con un dominio preferencial Este – Oeste de alto ángulo, sobre la roca volcánica (ver Figura 17 – 18).

## CONCLUSIONES

- A escala regional la Falla Longitudinal de dirección N – S, controló el emplazamiento del Complejo Volcánico Marcapunta, al igual que el de Cerro de Pasco y Yanamate, y localmente se completó con el acomodo gravitacional mediante bloques transversales como lo evidencia la falla Smelter, Marcapunta Norte y otros (Diatrema Marcapunta).
- La Falla Longitudinal (FL) y la Falla Rio San Juan Venenococha (FRSJV), controlaron la sedimentación Terciaria, atribuimos la deposición del Grupo Pocobamba a los movimientos tectónicos a lo largo de estos sistemas.

- El amenguamiento de los aportes detríticos gruesos a la consiguiente aparición de sedimentos lacustres parecerían corresponder al decrecimiento de la actividad tectónica: Fm Cacuán.
- Las facies cono-aluviales, intermedias a superiores de la Fm Shuco, responden a un juego más importante del sistema FL-FRSJV.
- Se ha identificado un control mineralógico secundario, asociado a un sistema de fracturamiento vertical E – W, micro vetillas centimétricas de enargita-pirita que cortan el manto mineralizado.
- En Marcapunta Norte se presentan estructuras E–W, subverticales, fallas de poco desplazamiento, diaclasas y zonas de cizallamiento que cortan el Manto Mineralizado, de edad post mineral, sin ninguna relación con la mineralización.
- La estratificación de la Fm Calera es concordante al emplazamiento del manto mineralizado en Smelter y Colquijirca.
- En el Cerro Marcapunta, el buzamiento de los sistemas de fractura son próximos a la vertical que controlan el magmatismo y la mineralización.

- En el Cerro Marcapunta, los sistemas de fracturamiento están vinculados a los sistemas de falla, básicamente a la foliación principal, zonas dilatantes.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda ampliar investigaciones sobre controles estructurales asociados a la mineralización referidos a Smelter y Colquijirca.
- En el Cerro Marcapunta, se recomienda ampliar investigaciones sobre la asociación estructural y mineralógica.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bendezú Juárez, Ronner; Shallow polymetallic and precious metal mineralization associated with a Miocene diatreme-dome complex: the Colquijirca district in the Peruvian Andes, Tesis, 2007.
2. Carlos Angeles Z.; Geología de Colquijirca y alrededores. Sociedad Minera el Brocal, 1993.
3. C. Vidal, O Mayta, D. C. Noble, E.H. McKee; Sobre la evolución de soluciones hidrotermales desde el centro volcánico Marcapunta en Colquijirca – Pasco. Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar LX Aniversario, 1984
4. Regina Baumgartner and Lluís Fontboté; The Cerro de Pasco Cordilleran base-metal deposit, Central Perú. Gold Fields Perú S.A., Pro Explo 2011.
5. Lluís Fontboté; The Cordilleran polymetallic stage in porphyry intrusion-related systems. Earth and Environmental Sciences, Pro Explo 2011.
6. Carlos Angeles Z.; Los sedimentos cenozoicos de Cerro de Pasco: estratigrafía, sedimentación y tectónica. Volumen Jubilar Nº 5 Sociedad Geológica del Perú, 1999.

**ANEXO**

