

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y
METALÚRGICA**



**“METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD EN
LA PRODUCCIÓN DE AU, APLICADO EN MINERÍA
A TAJO ABIERTO MINA LA ARENA”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR:
NILTON ENRIQUE CHARIARSE CADENAS**

**ASESOR:
Ing. JORGE HUMBERTO PAREDES ANGELES**

**LIMA-PERÚ
2013**

DEDICATORIA

A mi futura esposa Allinzon Liliana por compartir cada día de su hermosa vida a mi lado y por el amor que compartimos, a mis padres Hilda y Enrique, por el cariño y dedicación a cada momento durante mi formación como persona, más aún por haberme dado la vida y brindarme el honor de ser su hijo. A Julio y César, por la amistad sincera, por brindarme la confianza y responsabilidad dentro de cada actividad realizada en el trabajo y la vida.

RESUMEN

El yacimiento La Arena se ubica en el Departamento de La Libertad, aproximadamente 160Km desde la ciudad de Trujillo. Entre los 3200 y 4100 msnm. Es accesible desde la ciudad Trujillo y Cajamarca.

Ubicada en la región comprendida entre Huamachuco y Algamarca, entre las Fallas Regionales de rumbo NW-SE (Andino), es un depósito hidrotermal de alta sulfuración, emplazado en areniscas cuarzosas pertenecientes a la Formación Chimú.

La mineralización se presenta como mantos con diseminación de Au, con leyes entre 0.4-0.8g/t, y vetas delgadas a finas las cuales cortan a los mantos mineralizándolos, emplazados en la intersección de fallas regionales NW-SE, se presentan fallas locales.

Este informe de suficiencia, se realizó la evaluación de cada uno de los procesos aplicados en la producción diaria, muestreo de Blast Hole, preparación de muestras, clasificación de materiales, control geológico de campo y actividades complementarias, lo que nos ha permitido encontrar oportunidades de mejora para cada uno de estos, con la finalidad de optimizar nuestros recursos mejorando la producción con calidad para nuestra empresa y por ende nuestro país.

ABSTRACT

The site The Arena is located in the department of La Libertad, about 160 km from the city of Trujillo, between 3200 and 4100 meters. It is accessible from the city of Trujillo and Cajamarca.

Located in the region between Huamachuco and Algamarca between Regional Failures NW-SE (Andino), is a high-sulfidation hydrothermal deposit, located in quartz sandstone belonging to the Chimu Formation.

The mineralization occurs as mantles with dissemination of Au at a grade between 0.4-0.8g / t, and a fine thin veins, which cut the mantles located at the intersection of NW-SE regional faults.

This adequacy report, are performed in each processes applied in daily production, Blast Hole sampling, sample preparation, material classification, geological field control and complementary activities, which has enabled us to find opportunities was conducted improvement for each of these, in order to optimize our resources to improve production quality for our business and therefore our country.

ÍNDICE

CAPITULO I: CONSIDERACIONES GENERALES.....	13
1.1 Introducción.....	13
1.2 Objetivos	14
1.3 Ubicación y Acceso.....	14
CAPITULO II: MARCO GEOLÓGICO.....	16
2.1 Geomorfología	16
2.2 Geología Regional	17
2.3 Geología Estructural.	20
2.4 Geología Histórica.....	21
2.5 Geología del Yacimiento	23
2.5.1 Alteraciones	28
2.5.2 Mineralización del Yacimiento	29
Mineralización en el Pórfido Cu-Au-Mo	29
Brecha de Contacto con Au	29
2.5.3 Tipología del Yacimiento.....	33
CAPITULO III: MUESTREO.....	35
3.1 Generalidades	35
3.2 Metodología del Muestreo.	40

3.3 Controles de las Muestras	45
3.3.1 Muestreo de Mineral para determinar la humedad.....	45
3.3.2 Toma de muestra Duplicada de Campo	47
3.4 Envíos al Laboratorio Químico.....	49
CAPITULO IV: QA/QC ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD.....	51
4.1 Aspectos teóricos.....	51
4.2 QA/QC Para los tipos de materiales	52
4.3 Protocolos de QA/QC.....	53
4.4 Reporte.....	54
4.5 QA/QC externo.....	55
CAPÍTULO V: TOMA DE DATOS DE LOS GEÓLOGOS DE.....	56
CONTROL DE MINERAL.....	56
5.1 Caracterización y mapeo de taladros de voladura	56
5.2 Supervisión del muestreo de pozos de voladura	58
5.3 Delimitación Litológica en campo	59
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS (AED).....	60
6.1 Análisis Estadístico	60
Procedimiento	60
6.2 Gráficos	61
6.3 Interpretación de resultados	65
CAPÍTULO VII: PROCESAMIENTO DE DATOS EN SOFTWARE VULCAN	67
7.1 Generalidades.....	68
7.2 Entorno del proyecto de control de mineral en VULCAN	68
7.3 Procedimientos en VULCAN.....	68
7.3.1 Elaboración de Polígonos	72

7.3.2 Manipulación de datos de los bloques.....	75
7.3.3 Generación de bloques de materiales	76
CAPITULO VIII: CONTROL DE POLÍGONOS DE MINERAL EN CAMPO POST-VOLADURA	78
8.1 Marcado de Polígonos en campo.	78
8.2 Control de Dilución y Pérdida de mineral.....	81
8.2.1 Determinación de desplazamiento.....	81
8.2.2 Control visual en frentes de minado.	89
CAPITULO IX: EVALUACIÓN GEOMETALÚRGICA DE MATERIALESQUE SERÁN LLEVADOS AL PAD	92
9.1 Consideraciones Generales.....	92
9.2 Aplicación Práctica en el Unidad Minera	94
9.2.1 Cianuración por Percolación en columna del mineral en intrusivo	94
Prueba de cianuración por agitación en botella.....	97
9.2.2 Desarrollo de la prueba de Cianuración por Percolación en columna	99
Deducciones obtenidas en el tratamiento de materiales no adecuados para producción en el PAD	103
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXOS	113

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Mapa de Ubicación y Acceso de la Mina La Arena.....	15
FIGURA 2: Mapa Regional del Yacimiento La Arena.....	18
FIGURA 3: Columna Estatógráfrica del Yacimiento la Arena.....	20
FIGURA 4: Plano Geológico de Tajo Calaorco – Zona Sur del Yacimiento La Arena.....	26
FIGURA 5: Plano Geológico de Tajo Ethel – Zona Norte de Yacimiento La Arena.....	27
FIGURA 6: Esquema de zonas mineralizadas en el Yacimiento la Arena.....	30
FIGURA 7: Arenisca, textura clásica equigranular con venillas de óxidos, fracturas rellenas de óxidos.....	31
FIGURA 8: Arenisca gris oscura, muestra característica de ley media.....	31
FIGURA 9: Arenisca silicificada, con textura clásica vuggy sílica, sílice gris parduzca, Goe>Jar, los que penetran en la roca lixiviada.....	32
FIGURA 10: Brecha Monomítica Matriz soportada de Óxidos Fe, clastos subangulosos de Areniscas cuarzosas.....	32
FIGURA 11: Mapa de Zonificación de Yacimiento La Arena.....	34
FIGURA 12: Esquema de Muestreo de Minerales.....	37
FIGURA 13: Pérdida de Finos debido a la perforación en condiciones no adecuadas.....	38
FIGURA 14: Pérdida de Finos por incumplimiento de Procedimientos.....	38
FIGURA 15: Presencia de granulometría variable debido al fracturamiento del terreno.....	39
FIGURA 16: Identificación de la malla de perforación, 5.5m x 5.5m en SD.....	41
FIGURA 17: Bandejas de muestreo con la muestra recolectada.....	41
FIGURA 18: Bandeja de muestra retirada por personal de muestreo con la muestra recolectada ...	42

FIGURA 19: Traslado de muestra de detritos, en bandeja de muestreo	42
FIGURA 20: Material colocado en el divisor de muestra.....	43
FIGURA 21: Reducción de la muestra, se obtiene.....	43
FIGURA 22: Embolsado de la muestra.....	44
FIGURA 23: Etiquetado de muestras	44
FIGURA 24: Etiquetado de muestra	44
FIGURA 25: Muestreo de mineral de ruma	45
FIGURA 26: Chancado de la muestra (izquierda), Homogenización de la muestra (derecha)	46
FIGURA 27: Gráfica Peso de muestra mínima vs Granulometría.....	47
FIGURA 28: Se observa el perfil del cono perforado	56
FIGURA 29: Perfil de cono de detritos, con presencia de óxidos Hm>Ja	57
FIGURA 30: Descripción litológica de detritos.....	57
FIGURA 31: Distribución de sedimentos con presencia de Óxidos	58
FIGURA 32: Zona de contactos litológicos	59
FIGURA 33: Histograma de muestras de bancos de 6.00m	61
FIGURA 34: Box Plot de muestras de bancos de 6.00m	62
FIGURA 35: Distribución Log-nomal de muestras de bancos de 6.00m.....	63
FIGURA 36: Histogramas de muestras de bancos de 8.00m.....	63
FIGURA 37: Box Plot de muestras de bancos de 8.00m	64
FIGURA 38: Distribución Log-nomal de muestras de bancos de 8.00m.....	65
FIGURA 39: Cargado de Datos en extensión .csv	69
FIGURA 40: Importación de datos a VULCAN 8.2.....	69
FIGURA 41: Enlace de datos compositados	70
FIGURA 42: Enlace de datos compositados NAME y HOLE	71
FIGURA 43: Ingreso de datos a Grade Control.....	71
FIGURA 44: Cargado de datos del Tajo a modelar.....	72
FIGURA 45: Cargado de Proyecto a diseñar polígono.....	73
FIGURA 46: Datos de Muestras Blast Hole cargados.....	73
FIGURA 47: Visualización de Polígonos aledaños en el VULCAN	74

FIGURA 48: Visualización de Polígono de Proyecto Generado.....	74
FIGURA 49: Sólido de Polígono Generado a Estimar.....	75
FIGURA 50: Proceso de Estimación de Bloques	75
FIGURA 51: Delimitación de Polígonos Internos.....	76
FIGURA 52: Proyecto Final con división de Polígonos según la Clasificación de Materiales.....	77
FIGURA 53: Ubicación en campo de los vértices (V_1 , V_2 y V_3) de los polígonos.....	78
FIGURA 54: Preparación en campo de las estacas que delimitan nuestros polígonos.....	80
FIGURA 55: Ubicación de puntos intermedios para prueba de desplazamiento de carga por voladura	82
FIGURA 56: Medición de tubería total antes de ser instalado en el pozo.....	83
FIGURA 57: Instalación de tubería para prueba de desplazamiento	83
FIGURA 58: Tubería con la cual se medirá el desplazamiento de carga por Voladura.....	84
FIGURA 59; Posición final de la tubería, utilizada en la Prueba de Desplazamiento Carga por Voladura.....	84
FIGURA 60: Se observa la delimitación de los contactos litológicos que existen en Proy-020 ubicado en el Tajo Calaorco	85
FIGURA 61: Desplazamiento de carga por voladura, por el método de malla en diamante.	86
FIGURA 62: Desplazamiento de carga por voladura, por el método de malla en Echelón ..	87
FIGURA 63: Equipo CAT Triple 777 (110T)	90
FIGURA 64: PM, capacidad de carguío de (aprox. 20 T).....	90
FIGURA 65: Toma de muestra en el tajo (a), Recepción de muestra (b)	95
FIGURA 66: Esquema de procedimiento de prueba de cianuración por agitación en botella	98
FIGURA 67: Extracción del Au y Cu con la prueba de cianuración por agitación en botella	99
FIGURA 68: Instalaciones del Laboratorio Metalúrgico.....	101
FIGURA 69: Esquema del proceso de cianuración por percolación en columnas.....	102
FIGURA 70: Comparación por efecto de lixiviación del mineral Intrusivo y Arenisca	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de distancias tiempos de llegada a la Unidad La Arena.....	15
Tabla 2: Formulario de envío de muestras en el cual detallamos cada uno de los análisis que deseamos que se efectúen a las muestras enviadas al laboratorio para su respectivo análisis	49
Tabla 3: Tabla de códigos de Servicios de Análisis de Muestras efectuado por laboratorio CERTIMIN	50
Tabla 4: Cuadro de Datos Estadísticos de bancos de 6.00m.....	61
Tabla 5: Cuadro de datos estadísticos de bancos de 8.00m.....	63
Tabla 6: Tabla de clasificación de materiales a minarse en campo	79
Tabla 7: Tabla de clasificación de colores en límites de polígonos.....	80
Tabla 8: Cuadro de Análisis Químico del Mineral Intrusivo y arenisca del Tajo Ethel	95
Tabla 9: Cuadro de Resultados de la prueba de alcalinidad del mineral del Tajo Ethel	96
Tabla 10: Cuadro de resultados de la prueba de cianuración por agitación de la botella.....	97
Tabla 11: Resumen de recuperación del Au y Cu del mineral Intrusivo y Arenisca.....	101

GLOSARIO

- Blast Hole:** Taladros de voladura.
- Blending:** Proceso que consta en mezclar mineral de ley baja, ley media y ley según sea la necesidad, con la finalidad de obtener mineral con ley promedio que favorezca la producción.
- Enargita:** Sulfuro de arsénico y cobre, cuya fórmula es Cu_3AsS_4
- Goetita:** Es un hidróxido de hierro (III), cuya fórmula es $\alpha\text{-FeO(OH)}$
- Hematita:** mineral compuesto de óxido férrico, cuya fórmula es Fe_2O_3
- Jarosita:** Es un sulfato de potasio y hierro hidratado básico, cuya fórmula química es $\text{KFe}_3^3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$
- Logueo:** Proceso de descripción litológica, mineralógica, tipos de alteración que se encuentran presentes en los detritos de perforación blast hole.
- Minado:** Proceso por el cual se efectúa la limpieza o traslado de material volado hacia otro destino según su clasificación de materiales.
- Roof Pendant:** Llamado también colgante de techo, extensión hacia abajo de los alrededores de roca que sobresale en la superficie superior de un cuerpo intrusivo ígneo.

CAPITULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Introducción

En el área de Geología Mina de La Arena, se realizan los procesos de Control de Mineral tema del Informe de Suficiencia Profesional que estamos presentando. En los Procesos de Control de Calidad de Mineral se han evaluado algunas actividades principales efectuadas en el campo, entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

1. Muestreo de taladros Blast Hole.
2. Logueo de detritos de Taladros Blast Hole.
3. Pruebas de Desplazamiento de Carga por Voladura.
4. Elaboración de Polígonos de Mineral/Desmonte según la clasificación de materiales establecidos, con aplicación del Software VULCAN 8.2.
5. Delimitación de Polígonos Mineral/Desmonte en el campo.
6. Minado de Material Volado según su clasificación.
7. Inserción de Muestras de Control.
8. Evaluación Geometalúrgica de materiales inadecuados para el PAD.

La finalidad es optimizar nuestros Procesos de Control de Calidad de Mineral de la producción en PAD, llevando el control de leyes y mitigando la dilución, también de efectuar la evaluación de materiales adecuados para la lixiviación en coordinación con la Planta Metalúrgica, de tal forma que estos sean beneficiosos para nuestro objetivo que es la obtención del DORE. Cada uno de estos procesos han sido evaluados en campo, tomando en cuenta los Procedimientos Establecidos de Trabajo Seguro (PETS) de la MINA LA ARENA, con la finalidad de garantizar la Producción con Calidad y Seguridad de nuestro personal, ya que el Personal Humano es lo más importante dentro de la Operación Minera.

1.2 Objetivos

- El objetivo del Informe de Suficiencia Profesional, es de mejorar el control de leyes y poder mitigar la dilución, para esto hemos realizado la evaluación de cada uno de los procesos aplicados en el control de calidad del mineral en la Mina La Arena, con la finalidad de buscar su optimización.

- Mediante este Informe de Suficiencia, obtener el Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

1.3 Ubicación y Acceso

La mina La Arena S.A. está localizada al norte del Perú a 480 Km al NNW, en el Departamento de La Libertad, provincia de Huamachuco, caserío La Arena, aproximadamente a 160 Km desde la ciudad de Trujillo.



FIGURA 1: Mapa de Ubicación y Acceso de la Mina La Arena

El acceso a la mina La Arena es por la Vía Nacional, aproximadamente en el Km 165 desde la ciudad de Trujillo, seguidamente se encuentra Huamachuco, pasando por algunos pueblos aledaños a través de Chiran, Shorey/Quiruvilca y la Mina Lagunas Norte (la Corporación Barrick Gold). La vía está pavimentada desde la ciudad de Trujillo hasta las cercanías de la mina.

Tabla 1: Cuadro de distancias tiempos de llegada a la Unidad La Arena

Trayecto	Distancia (km)	Tiempo de viaje en Bus	Tiempo de viaje en Avión
Lima - Trujillo	480 Km	8 horas	45 minutos
Trujillo - La Arena	165 Km	4 horas	no accesible

CAPITULO II

MARCO GEOLÓGICO

2.1 Geomorfología

La morfología de la región de La Libertad, comprendida entre los ríos Chicama y Santa, está delineada por el macizo ígneo terciario, del aparentemente estable campo Volcánico Calipuy, cuya evolución magmática pos-tectónica de carácter efusivo y posterior al emplazamiento del batolito costanero, ha generado esfuerzos compresionales de dirección SW-NE, produciendo el arqueamiento e intenso plegamiento de toda la secuencia sedimentaria mesozoica, originando cabalgamientos e imbricaciones en el lado oriental de la cuenca. Subsecuentemente, el fracturamiento tensional radial del arco, ha generado fallas o lineamientos de transferencia (Corbett y Leach, 1997). La intersección de éstas con fallas de arco paralelas a la orientación andina, ha dado origen a zonas de debilidad, favorables para la inyección de los sistemas de intrusión-alteración-mineralización.

Los intrusivos, generalmente de mediana acidez, han aprovechado los ejes de los pliegues sedimentarios para su emplazamiento. La parte axial del arco, parece ser el sector de mayor actividad magmática hidrotermal asociada a la mineralización, tanto dentro el campo volcánico terciario, como a través de la secuencia sedimentaria mesozoica. Aunque no está claro si los yacimientos de Au-Ag y polimetálicos de la región están controlados por lineamientos NW-SE o por el sistema NE-SW, estos últimos parecen controlar la

mineralización económica, como se observa en el trend Salpo-Machacala-Quiruvilca (dentro de los Volcánicos Calipuy), La Arena-Virgen-María Angola-El Toro (generados en la franja sedimentaria mesozoica).

Resumiendo, se puede sostener que la región ha sido sometida a una intensa actividad tectónico-magmática evidenciada por:

1. Intenso plegamiento y fallamiento andino.
2. Intensa actividad magmática efusiva e intrusiva.
3. Arqueamiento del plegamiento andino.
4. Generación de fallas de transferencia.
5. Actividad magmática hidrotermal.

En la región comprendida entre Huamachuco y Algamarca, la secuencia sedimentaria mesozoica, es abruptamente interrumpida por la ocurrencia de geo-formas dómicas, asociadas a intrusiones hipabisales terciarias, que cortan a las formaciones jurásico-cretácicas que han sido intensamente plegadas y falladas. Estas intrusiones afloran aisladamente como pequeños stocks, pero en profundidad parecen formar un solo cuerpo intrusivo mayor. Los domos, se evidencian claramente por su mayor elevación topográfica y el drenaje radial centrífugo. Dentro de los domos es posible observar afloramientos tipo roof pendant de rocas sedimentarias. La ocurrencia de estas intrusiones dómicas, parece tener relación directa con la mineralización de la región.

2.2 Geología Regional

El marco geológico regional está constituido por rocas sedimentarias del Jurásico superior y Cretáceo inferior. Lutitas de la formación Chicama en la base, están sobrepuestas por cuarcitas, areniscas, limolitas, lutitas y calizas del Grupo Goyllarisquiza. Este Grupo está subdividido en las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. El Yacimiento se localiza entre las Fallas Regionales de rumbo NW-SE (Andino), en la que se observan

afloramientos de rocas sedimentarias, ígneas y volcánicas en menor intensidad, entre las primeras se han reconocido formaciones que abarcan según sus edades desde el Jurásico Superior hasta el cuaternario reciente.

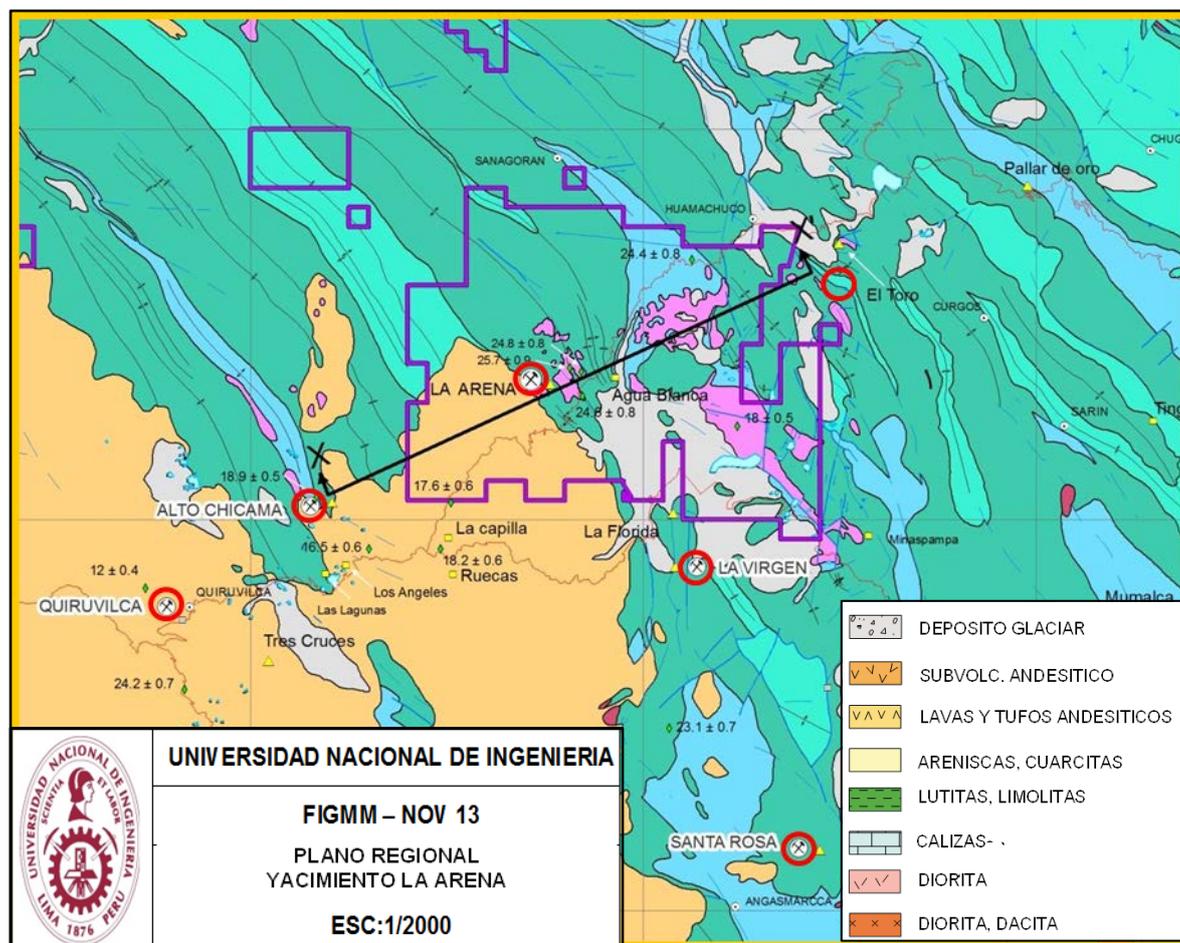


FIGURA 2: Mapa Regional del Yacimiento La Arena

Estratigrafía

➤ Formación Chicama – Jurásico superior

Lutitas gris oscuras a negras, estratificadas en finas capas, fuertemente foliadas, deleznales. Ocasionalmente presentan delgadas intercalaciones de areniscas de color gris a pardo. En la región, dentro de la formación Chicama, se han reconocido pequeñas estructuras con mineralización aurífera, asociadas a apófisis y sills de composición dacítica y, por lo general, poseen cantidades anómalas de elementos polimetálicos (Hg-As-Ag-Pb-Zn-Cu).

➤ **Formación Chimú – Cretáceo Inferior**

Alternancia de areniscas, cuarcitas y lutitas en la parte inferior; la parte superior consta de una potente secuencia de cuarcitas blancas. Sobreyace en concordancia a la formación Chicama. En los niveles inferiores e intermedios de la formación Chimú, es frecuente la ocurrencia de mineralización aurífera en las brechas de contacto. En el reciente boom de las exploraciones, se han reconocido varios yacimientos de oro hospedados en la formación Chimú, tales como La Arena, Virgen y María Angola, además de la mina Santa Rosa (Comarsa). El yacimiento La Arena está ubicado en la base de los sedimentos de la formación Chimú.

➤ **Formación Santa – Cretáceo Inferior**

Intercalación de lutitas, calizas margosas y areniscas gris oscuras. Sobre yace, en aparente concordancia, a la formación Chimú. Aflora limitadamente, conformando depresiones cubiertas por terrenos de color blanco y fangosos.

➤ **Formación Carhuaz – Cretáceo Inferior**

Intercalación de lutitas y areniscas de color gris, rojizas a rosadas. En la parte superior se alternan algunos bancos de cuarcitas blancas. Yace en ligera discordancia sobre la formación Santa. Dada la impermeabilidad de sus horizontes lutáceo-arcillosos, su comportamiento es desfavorable para albergar mineralización. Sin embargo, al norte de Huamachuco (Hacienda Cahuadán), existen pequeños yacimientos de caolín explotados artesanalmente para cerámica.

➤ **Formación Farrat – Cretáceo Inferior**

Está conformada de areniscas y cuarcitas blancas de grano medio a grueso (aproximadamente 500 m). Sobreyace en aparente concordancia a la formación Carhuaz. Los horizontes clásticos de la formación Farrat, por su buena permeabilidad cuando se fracturan, constituyen una excelente roca receptora de mineralización aurífera diseminada, como en el prospecto El Toro.

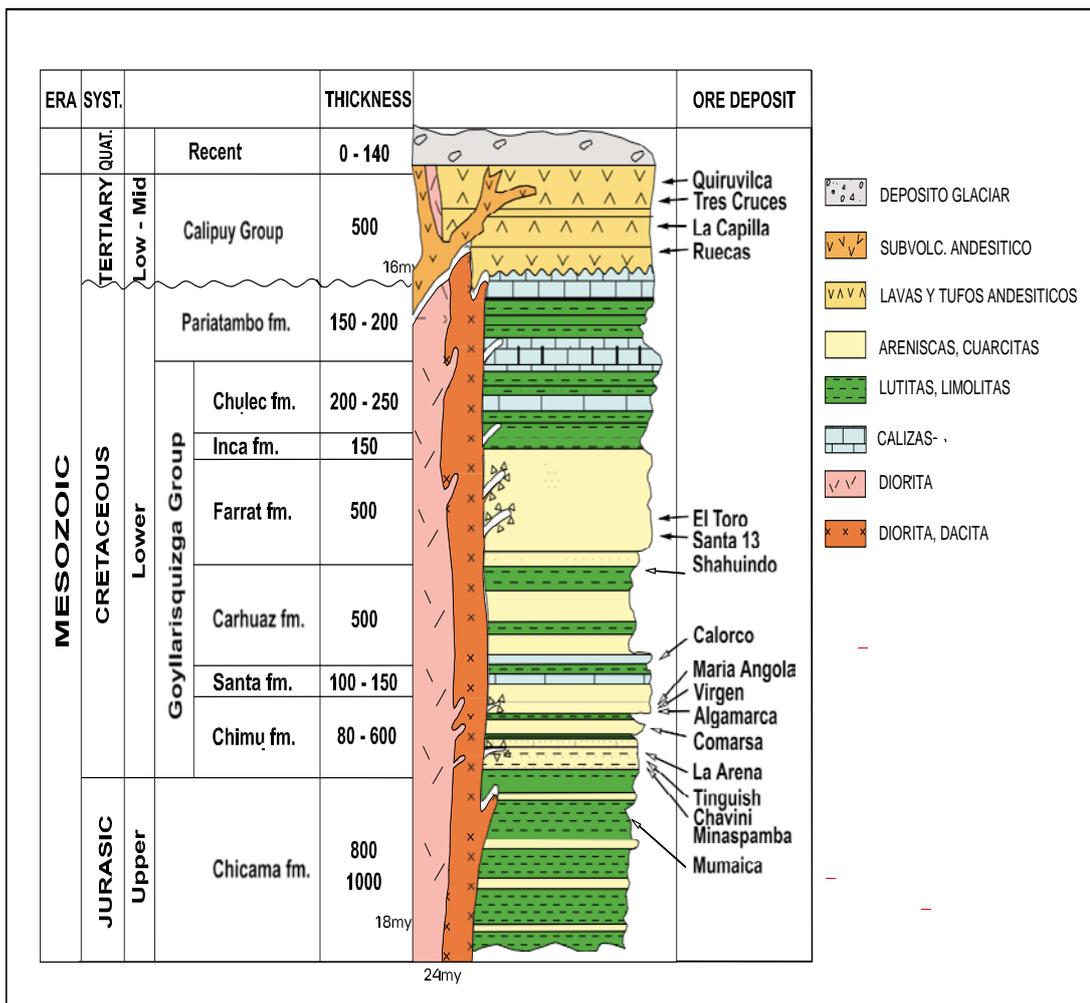


FIGURA 3: Columna Estatigráfica del Yacimiento la Arena

2.3 Geología Estructural.

Este Yacimiento Minero se localiza dentro de las Fallas Regionales de rumbo NW-SE (Andino), en la que se observan afloramientos de rocas sedimentarias, ígneas y volcánicas en menor intensidad, entre las primeras se han reconocido formaciones que abarcan según sus edades desde el Jurásico Superior hasta el Cuaternario reciente. El sistema principal NW-SE asociado a fallamiento de alto ángulo, siendo este el control estructural de La Arena. Éste, a su vez, intersectado con otros sistemas subsidiarios de rumbo NE-SW, E-W y N-S, ha generado excelentes zonas de debilidad para hospedar mineralización económica.

Las intrusiones hipabisales-subvolcánicas, como el pórfido dacítico de La Arena, mayormente se han emplazado a lo largo de los ejes de los sinclinales o anticlinales, generalmente fallados. Distritalmente, la estructura dominante constituye el “Domo de Huamachuco”, generado por la intrusión de un stock elíptico de 20 x 11 km que sobresale nítidamente sobre la topografía circundante, interrumpiendo bruscamente la normal secuencia sedimentaria mesozoica, por efecto de la distensión y esfuerzo cortical ascendente. Dentro del complejo dómico, se han reconocido afloramientos aislados de stocks de composición intermedia a mediana acidez, pero que, en profundidad, parecen constituir un sólo cuerpo intrusivo mayor. Las zonas marginales del domo, asociadas a lineamientos NW-SE, NE-SW y N-S, aparentemente constituyen las partes hidrotermalmente más activas, relacionadas a la mineralización.

2.4 Geología Histórica

Después de la transgresión marina del Triásico, a fines del Liásico, se produce una emersión con la consiguiente retirada del mar, seguido de una intensa erosión, capaz de dar lugar a una discordancia angular entre el Grupo Goyllarisquizga y el Grupo Pucará. A fines del Jurásico, se inició en la zona andina la formación de una cuenca al oeste que fue cubierta por el mar y al este un geoanticlinal que no fue cubierto, depositándose en la cuenca más de 1,000 m. de sedimentos Chicama (Titoniano) no así sobre el Geoanticlinal. Ambas formas siguieron desarrollándose durante el Neocomiano-Aptiano, depositándose casi exclusivamente sedimentos clásticos, representados por 1,500m. en la cuenca (Grupo Goyllarisquizga) y apenas unos 200 m. en la plataforma. Si bien el mar cubría algunos sectores de la cuenca, éste no fue profundo, por lo que casi toda la acumulación clástica es deltaica o playera a excepción de las calizas de la formación Santa, que sí representan una considerable profundización de mar, mientras que la plataforma permaneció prácticamente emergida.

A fines del Aptiano y comienzos de Albiano, la cuenca y plataforma empezaron a hundirse, invadiendo decididamente el mar a la cuenca y en forma progresiva al geoanticlinal, cubriendo totalmente recién en el Albiano medio. En estas circunstancias, se depositaron los niveles calcáreo-arenosos de la formación Inca, seguido de las calizas Chúlec y Pariatambo dentro de la cuenca, y simultáneamente a éstas dos últimas las margas de la formación Crisnejas en la plataforma.

A fines de Albiano medio, el mar cubrió totalmente la región llegando hasta el oriente peruano, condiciones que subsistieron hasta el Santoniano, en cuyo lapso se depositaron en la cuenca, rocas calcáreas de las formaciones Yumagual, Mujarrúm, Quilquiñán, Cajamarca y Celendín (ésta última con bastante contenido arenoso) llegando a un grosor de 1,500 m. aproximadamente. Simultáneamente, en la plataforma se depositó una cobertura calcárea de menor grosor (formación Jumasha), con un grosor de 300 m. Después del Santoniano, comenzó el levantamiento de grandes sectores de la cuenca y algunos de la plataforma, produciéndose una acumulación clástica en las partes bajas, especialmente sobre la plataforma (formación Chota). Fuera del área, la erosión de las zonas emergidas alcanzó en ciertos sectores hasta el Grupo Goyllarisquizga y constituyó el primer movimiento del Ciclo Andino, caracterizado por ser epirogenético, con poca deformación compresiva de los sedimentos.

La deformación compresiva principal de los sedimentos de la cuenca en el área sucedió a comienzos del Terciario, después de la deposición de la formación Chota, plegándolos intensamente y ocasionando estructuras de corrimiento al nivel de las lutitas Chicama, sobre el flanco occidental del geoanticlinal del Marañón, el que reaccionó con una serie de fallas de alto ángulo ondulado suavemente su cobertura. A la deformación de los sedimentos siguió una intensa etapa de erosión, acumulándose en las partes bajas, material mayormente conglomerádico (formación Huaylas), seguido de una intensa actividad magmática efusiva e intrusiva durante el Terciario inferior y medio, representada por más de 2,000 m. de rocas volcánicas del Grupo Calipuy, dando también origen a la mayoría de los

cuerpos intrusivos del Batolito de la Costa, que en el área en estudio aflora muy escasamente. El tercer movimiento deformatorio del Ciclo Andino precede al emplazamiento de los cuerpos del batolito y ondula a las rocas volcánicas, y está relacionado con un fallamiento de bloques de alto ángulo y con la mineralización. Un intenso y largo periodo de peneplanización cíclica en el intervalo Oligoceno-Plioceno siguió a toda la actividad magmática-tectónica anterior, dando como resultado varias superficies de erosión, entre las cuales la primera es conocida como Superficie Puna, elevada hasta alturas que promedian los 4,200 m.s.n.m.; ello significa un ascenso de más de 3,000 m.s.n.m. de su posición original, el mismo que aún continúa en la actualidad, debido a lo cual se está produciendo la profundización de los valles, dando a la cadena andina una topografía accidentada.

Durante el periodo de ascensión de los andes, se cubrió parte de la superficie con el volcánico Huambos y los sedimentos lacustres Cajabamba y Condebamba, que también fueron afectados por la reactivación de fallas. Las partes altas del área fueron afectadas por la glaciación del Pleistoceno, que en cierto modo contribuyó a conformar el aspecto geomorfológico de la región. Indudablemente, los vestigios que se encuentran ahora, corresponden a los efectos de la última regresión de los glaciares.

2.5 Geología del Yacimiento

El yacimiento La Arena, es un depósito hidrotermal de alta sulfuración, emplazado en areniscas cuarzosas pertenecientes a la Formación Chimú, la mineralización se presenta como mantos con diseminación de Au y vetas delgadas a finas, las cuales cortan a los mantos mineralizándolos, emplazados en la intersección de fallas regionales NW-SE, se presentan fallas locales, falla Calaorco cuya dirección es NE-SW, E-W y NS. Cuando las estructuras se encuentran poco distanciadas forman cuerpos diseminados con leyes bajas.

La presencia de fluidos gaseosos de los intrusivos observados en la zona, emplazados a profundidad provocó el fracturamiento y la formación de zonas brechadas, dentro de las areniscas del Chimú, este proceso hidrotermal generó el depósito del Au asociándolo a la pirita y enargita, en muy poca cantidad a metales base.

En el yacimiento La ARENA se observa dentro de los minerales guía la presencia de Alunita ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_2$), Pirofilita ($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$) y Enargita ($AsCu_3S_4$), que permiten clasificar a este depósito como un Epitermal de Alta Sulfuración. Litológicamente, el pórfido dacítico es una roca gris clara, de alteración pervasiva intensa, con huellas de textura equigranular como remanente de grano medio, ocupando preferentemente la parte central del cuerpo intrusivo. Hacia las partes periféricas, gradada a una roca tipo pórfido andesítico de tono gris verdoso, de alteración semipervasiva a fresca, textura totalmente porfirítica, mostrando principalmente fenocristales de plagioclasa.

Bajo el microscopio, el pórfido muestra una composición intermedia con fenocristales de plagioclasa, en que los bordes del cristal original están siendo reemplazados por fragmentos de sericita unidos dentro del cuarzo, ocupando principalmente la matriz de la roca. La matriz ha sido bastante obliterada por una intensa alteración pervasiva epizonal. En el núcleo de algunos cristales de plagioclasas, a menudo se encuentran agrupados pequeños cristales rómbicos de alunita, algunos de ellos empiezan a alterarse a caolinita o sericita.

Las cuarcitas, areniscas brechadas y fracturadas, en contacto con la roca intrusiva, constituyen el principal ambiente litológico hospedante de yacimientos auríferos lixiviables. Bajo el microscopio, las areniscas cuarzosas están conformadas principalmente por granos uniformes de cuarzo. Una característica inusitada del cuarzo es la abundancia de inclusiones de fases de vapor. En el tajío Calaorco afloran los miembros superiores de la Formación Chimú; el miembro B (cuerpos Era, Mónica y Terra), que es una secuencia rítmica de areniscas cuarzosas blanquecinas a grises claras, intercaladas con secuencias lutáceas y limolíticas.

Estas rocas están constituidas de granos de cuarzo sub-redondeados de granulometría medio a fino, la estratificación se da en capas medianas a gruesas con una potencia entre 0.60 a 0.80 m y con estructuras típicas de rocas sedimentarias (estratificación cruzadas, estructuras de sobrecarga).

Encima de esta secuencia tenemos al miembro C, la cual la encontramos como un roof pendant (Techo colgante-cuerpo Isis), constituidos por limolitas con delgadas secuencias de areniscas de grano fino y lentes de lutitas carbonosas. En el sector Sur del Tajo, en la sección 6000 N., desde el nivel 3565, los bancos tienen buena mineralización de oro con leyes superiores a 1ppm, localizándose hacia el contacto con el intrusivo andesítico que aflora en la parte sureste pegado al cuerpo Era.

En el sector Norte del Tajo Calaorco las zonas se presentan muy fracturadas por el emplazamiento de varios diques, los cuales cortan y fracturan las areniscas tornándolas en ciertos lugares deleznable, estos diques tienen potencias entre 0.20 a 0.80m, alteradas con moderada a débil y en algunos casos argilizados. Estas areniscas se presentan con poca oxidación y moderada silicificación, a pesar de la buena permeabilidad y de las alteraciones presentes no llegaron a ser mineralizadas por los fluidos hidrotermales que circularon por el lugar. Los lentes de carbón presentes en el tajo Calaorco se da en la parte central con rumbo NW, está secuencia orgánica se encuentra en el contacto con los cuerpos Terra, Era e Isis (roof pental), quienes se encuentran asimilados por el intrusivo andesítico que lo cortó.

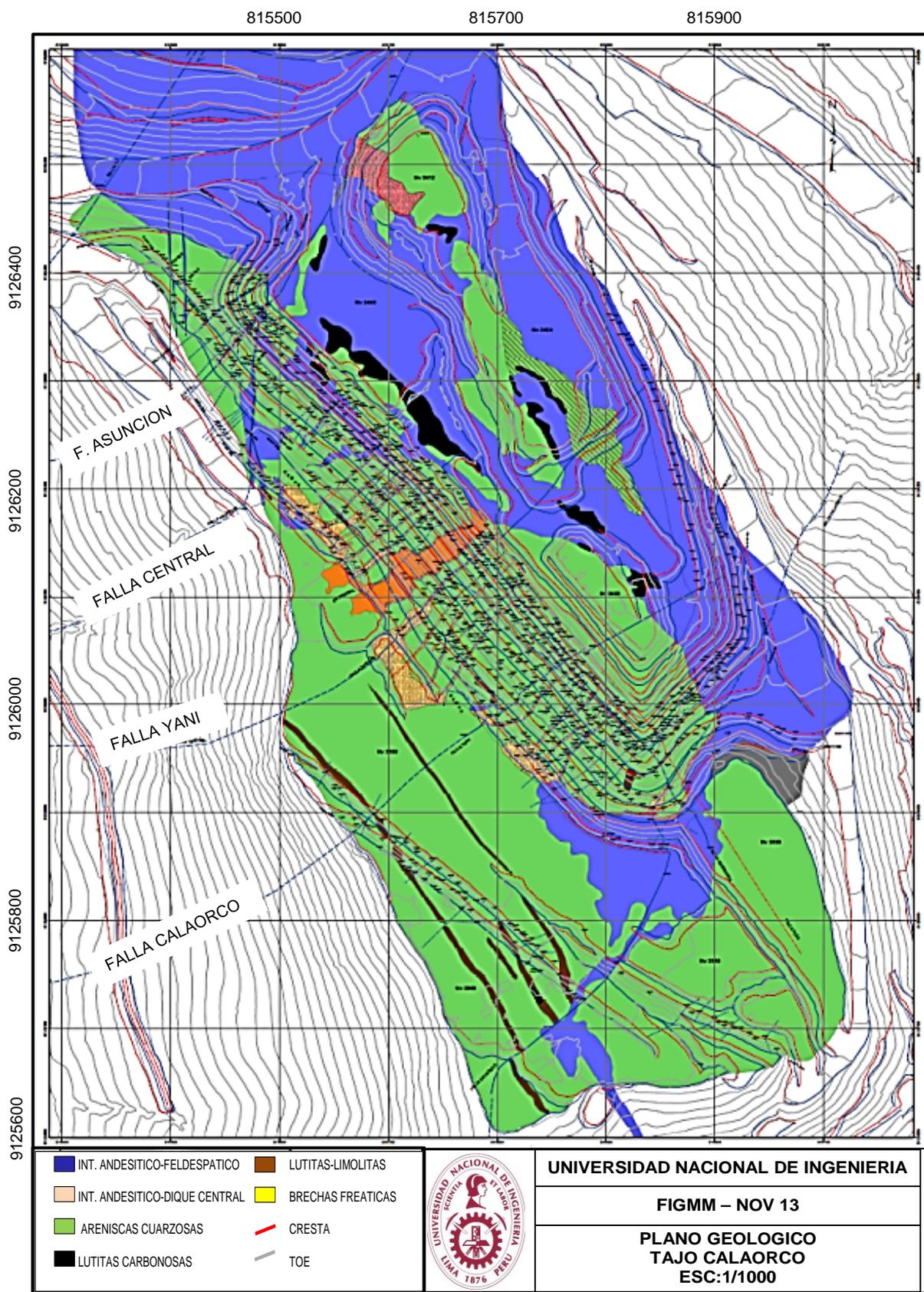


FIGURA 4: Plano Geológico de Tajo Calaorco – Zona Sur del Yacimiento La Arena

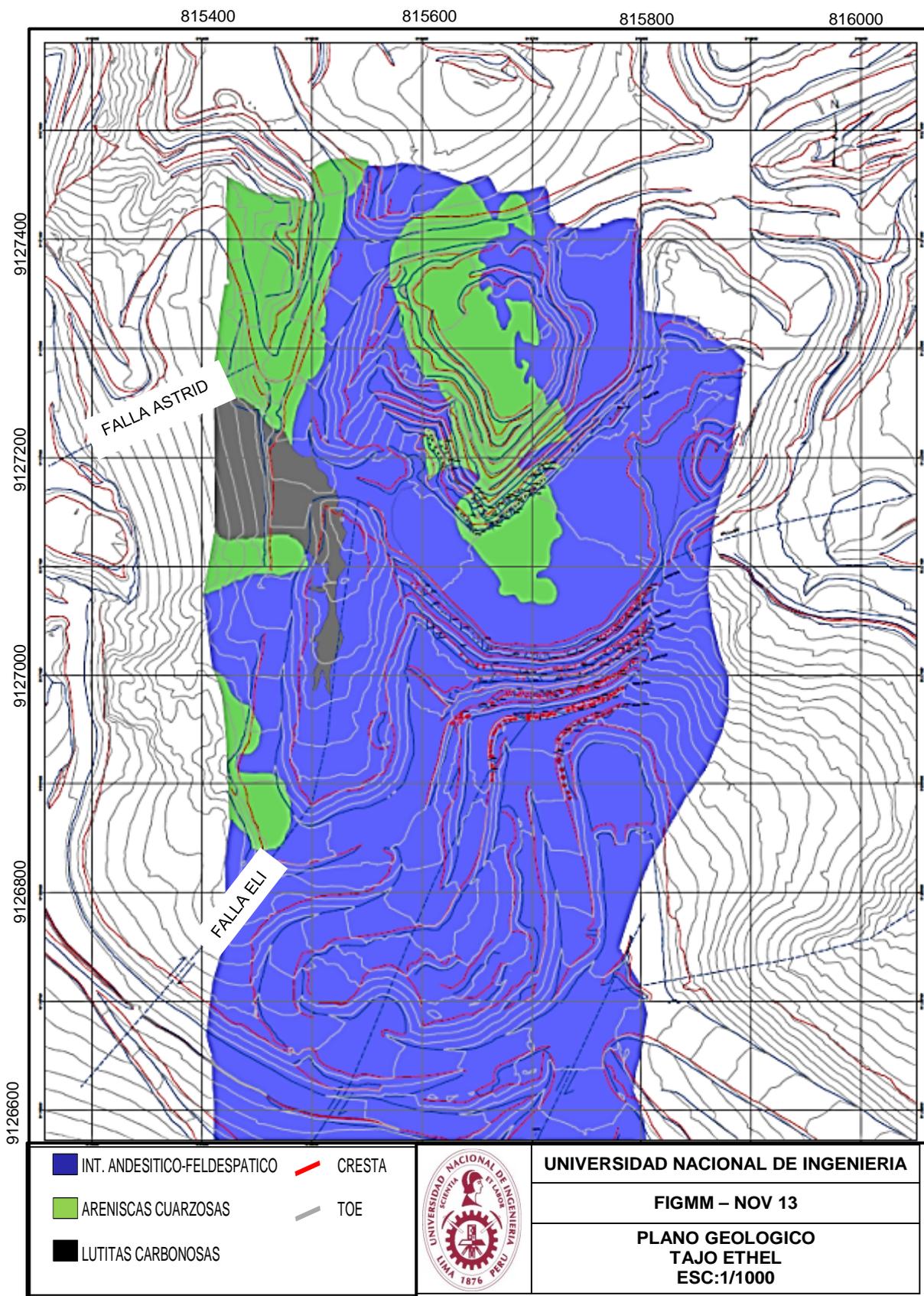


FIGURA 5: Plano Geológico de Tajo Ethel – Zona Norte de Yacimiento La Arena

2.5.1 Alteraciones

Se pueden observar los siguientes tipos de alteraciones en el tajo, las cuales son:

- **Propilitización**, presente en el intrusivo dacítico adyacentes a las zonas argilizadas, los ensambles mineralógicos que se pueden observar en esta alteración son: epidota-clorita-carbonatos y arcillas.
- **Argilización**, esta alteración se presenta en mayor intensidad en el intrusivo andesítico terciario (edad 25 Ma), observándose que se presente en la mayor parte de las rocas del tajo. Los ensambles mineralógicos que caracterizan esta alteración Argílica son: Pirita(FeS_2) – Caolinita ($\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5(\text{OH})_4$) – Montmorillonita $((\text{Na,Ca})_{0,3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ – Muscovita ($\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) - Calcita (CaCO_3).
- **Argílica Avanzada**, Esta alteración está presente en el contacto del intrusivo dacítico (edad 28Ma, Dique Central), con las areniscas del Chimú, también en el contacto del intrusivo sedimentaria del Sur del tajo y algunos diques del sector Norte. Alunita los ensambles mineralógicos de esta alteración son: Alunita ($\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2$) - Caolinita ($\text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_5(\text{OH})_4$) - Dickita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) -Pirofilita ($\text{Al}_2 \text{Si}_4 \text{O}_{10}(\text{OH})_2$) y Muscovita ($\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$). En la zona del tajo se observa Alunita rosácea en las zonas cercanas a la superficie y las zonas de profundidad se aprecia blanquecina.
- **Silicificación**, Este tipo de alteración es bastante notoria en las areniscas de los cuerpos presentes en el tajo. La silicificación se observa en mayor grado en la cercanía a los contactos de los intrusivos, con una intensidad moderada al alejarse del contacto del intrusivo, la silicificación cerca al intrusivo genera un halo de aprox. 10m, observada en campo. Los ensambles mineralógicos que caracterizan a esta alteración son: el cuarzo (SiO_2) y la Sílice Calcedónica.

2.5.2 Mineralización del Yacimiento

En La Arena, se tiene un sistema hidrotermal con dos tipos de mineralización: un pórfido Cu-Au-(Mo) y una brecha de contacto con oro. Ambos, provenientes de una misma fuente relacionada directamente a la actividad magmática residual del cuerpo intrusivo de mediana acidez, emplazado a lo largo de una estructura principal profunda NW-SE.

Mineralización en el Pórfido Cu-Au-Mo

Es un cuerpo mineralizado de 1400 metros de largo (NW-SE) por 200-400 metros de ancho correspondiente a la anomalía Sayapampa dentro del pórfido dacítico-andesítico fracturado en stockwork. La profundidad reconocida de mineralización es de 500 metros, siendo los primeros 350 metros de mejores leyes y con contenidos de Cu, Au y Mo, mineralización básicamente de sulfuros: pirita, calcopirita, diseminados en venillas de sílice, asociadas a la alteración fílica. Al microscopio, se ha observado oro nativo en dimensiones de 50 x 70 micras, además de pirrotita, esfalerita, galena, arsenopirita, rutilo y marcasita, a nivel de trazas.

Brecha de Contacto con Au

Alrededor del pórfido se han reconocido tres zonas de brecha sedimentaria anómalas en oro: Calaorco, Ethel y San Andrés, ligadas a nuestra propiedad. En la Brecha Calaorco, localizada paralela al contacto con el pórfido dacítico, se ha reconocido un cuerpo fracturado, brechado y mineralizado de 1,000 metros de longitud (SE-NW) con tendencia a girar hacia el norte en profundidad. La mineralización está asociada a la abundancia de óxidos, los que pueden llegar hasta los 250 metros de profundidad y, esporádicamente, a la zona de alunitización. Las zonas de alta ley de oro están directamente controladas por la intersección de fallas SW-NE, transversales al Control Mineralizado como se observa en los sondajes perforados en dicha zona.

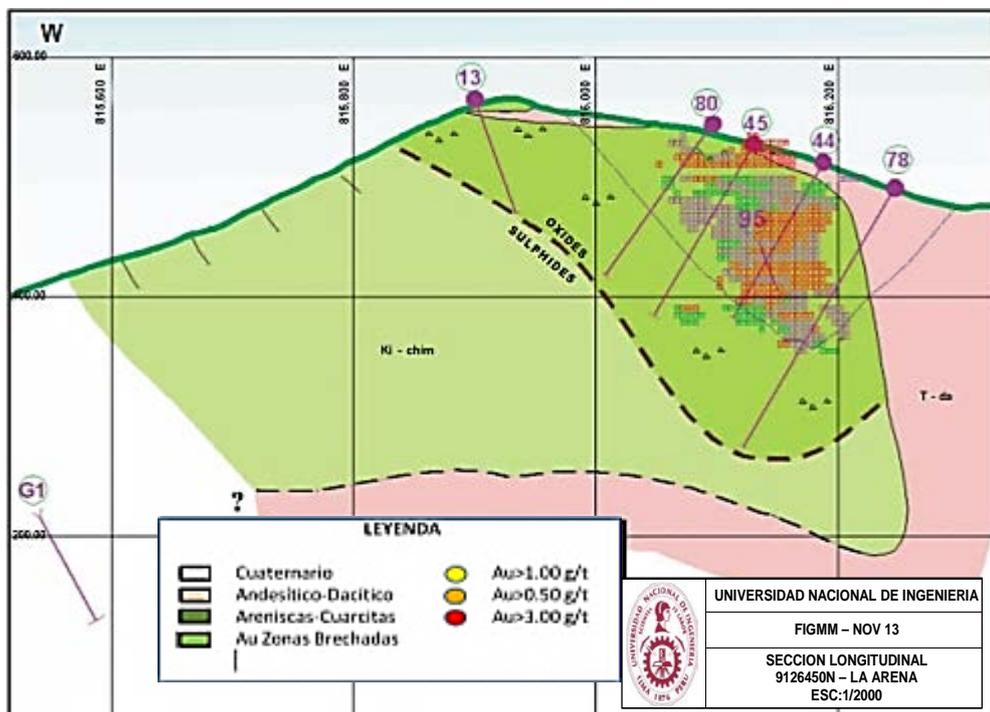


FIGURA 6: Esquema de zonas mineralizadas en el Yacimiento la Arena

La mineralización aurífera está contenida principalmente en las fracturas y brechas de los sedimentos clásticos, como areniscas y cuarcitas. La pirita primaria ha sido transformada esencialmente a limonita, goethita y en menor proporción, a jarosita y hematita.

El oro nativo se presenta libre y en pequeña proporción como electrum. El tamaño de los granos es mayormente fino. Sin embargo, estudios mineralógicos de concentrados gravimétricos indican tamaños que fluctúan entre 18 y 300.

Mineralización



FIGURA 7: Arenisca, textura clástica equigranular con venillas de óxidos, fracturas rellenas de óxidos



FIGURA 8: Arenisca gris oscura, muestra característica de ley media



FIGURA 9: Arenisca silicificada, con textura clástica vuggy sílica, sílice gris parduzca, Goe>Jar, los que penetran en la roca lixiviada



FIGURA 10: Brecha Monomictica Matriz soportada de Óxidos Fe, clastos subangulosos de Areniscas cuarzosas

2.5.3 Tipología del Yacimiento

El yacimiento LA ARENA S.A. está clasificado como un depósito Epitermal de Alta Sulfuración emplazado en areniscas cuarzosas de la Formación Chimú, la mineralización se presenta en horizontes manteados de areniscas y en vetas delgadas a finas, que cortan a estos horizontes y a otras no competentes para ser mineralizados, cuando estas estructuras (NW y SE) se encuentran poco espaciados forman cuerpos diseminados con leyes generalmente bajas.

Los fluidos gaseosos del intrusivo emplazado en profundidad fracturó y brechó estas rocas, esta fase hidrotermal depositó el Au asociándolo a la pirita y enargita y en muy poca cantidad a metales base. Los contenidos de Alunita, pirofilita y enargita permiten clasificar a este depósito como Epitermal de alta sulfuración.

Se observan zonas brechadas con contenido en Au, que fueron reconocidas en la zona alrededor de los márgenes occidentales y del norte del Pórfido de la Arena, esto se puede observar en las zonas de contacto entre el intrusivo y las areniscas del Chimú.

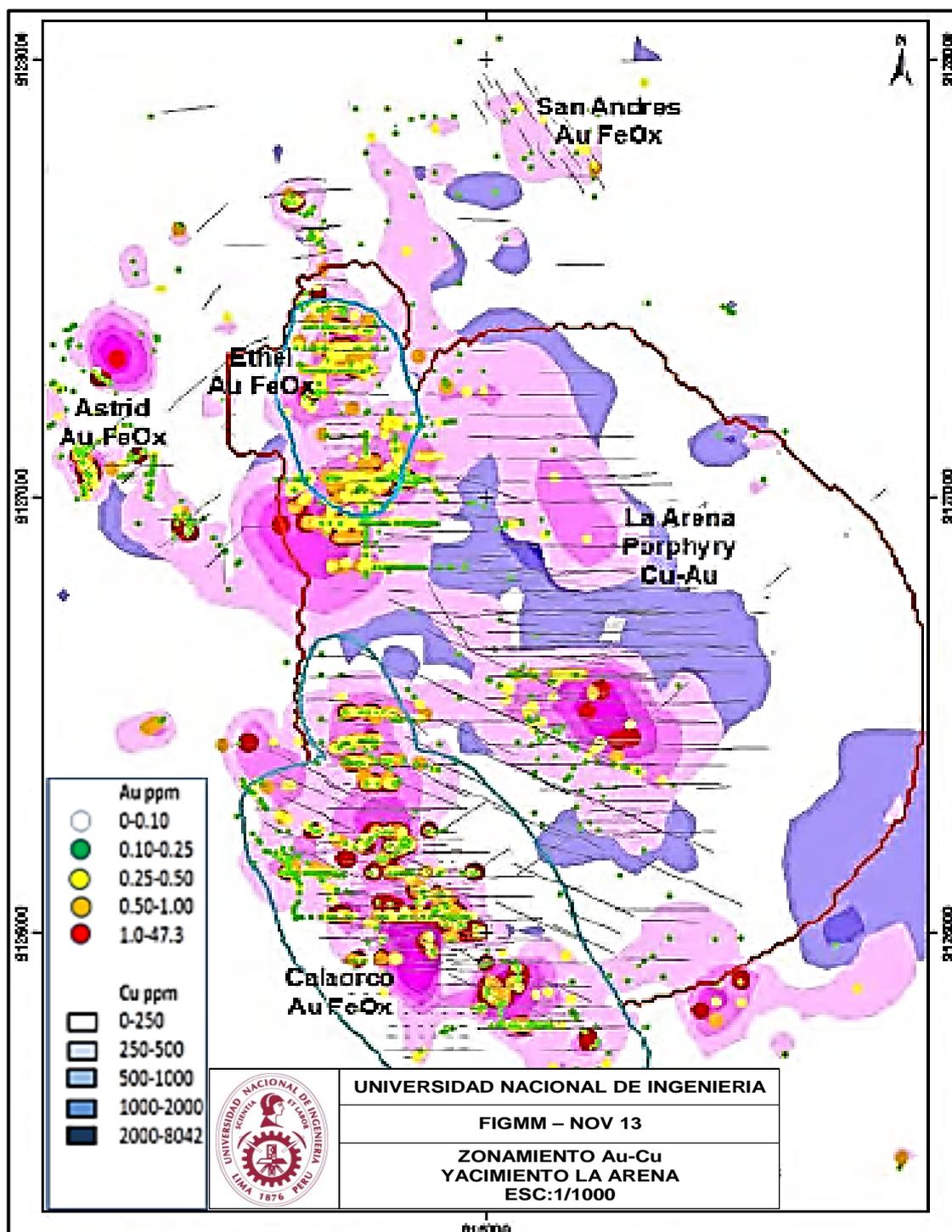


FIGURA 11: Mapa de Zonificación de Yacimiento La Arena

CAPITULO III

MUESTREO

3.1 Generalidades

Para poder entender el concepto de muestreo debemos tener en cuenta algunas consideraciones generales que nos permitirán conocer la importancia de este proceso para nuestra industria minera, más aún si nos encontramos dentro de procesos de evaluación de yacimientos y en producción diaria que será el soporte de la inversión en la empresa. Tomemos en cuenta que al hablar de muestreo nos da una idea de analizar una parte de un todo, que cumpla con diversas características que representen al grupo, siendo esta parte pura libre de impurezas que alteren los resultados del procesos deseado.

Para esto definimos lo siguiente:

- **Muestra**, es una parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa del mismo.
- **Muestreo**, es la acción de recoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo o la técnica empleada en esta selección o la selección de una pequeña parte estadísticamente determinada para inferir el valor de una o varias características del conjunto.
- **Población**, es el conjunto completo de observaciones que deseamos estudiar.

Estas son consideraciones generales que debemos tomar en cuenta, para poder entender el proceso de muestreo, ya sea en nuestra etapa inicial de exploración, en la cual necesitamos de tener una debida certeza para recomendar una inversión económica, como también cuando nos encontramos dentro del proceso de producción de mineral, en el cual debemos de garantizar la inversión efectuada y la obtención de beneficios para nuestros procesos operativos.

Debemos de tener conocimiento que el muestreo estadístico tiene diferencias con el muestreo de minerales, que a continuación citaremos:

- **Muestreo Estadístico**, idealmente sería aquel que considerará en detalle los caracteres y parámetros de todos los elementos del espacio muestral. Sin embargo, por motivos de costos operativos o limitación de recursos, normalmente los estudios se refieren a grupos representativos dentro de un colectivo, llamados muestras, cuya elección ha de seguir unas normas que garanticen su idoneidad y su facilidad de manejo, se observa una mayor selectividad que permitirá el análisis.
- **Muestreo de Minerales**, el conjunto está compuesto de objetos que tienen diferentes pesos, en el cual también se debe tomar en cuenta que debemos de considerar parámetros como: representatividad, homogeneidad, proporcionalidad y libre de impurezas, para considerar una muestra con los requisitos mínimos para su conformidad.

El muestreo de minerales, se aplica para obtener resultados óptimos provechosos, utilizamos nociones de exactitud y precisión. Cómo para un mejor entendimiento lo ilustramos a continuación:

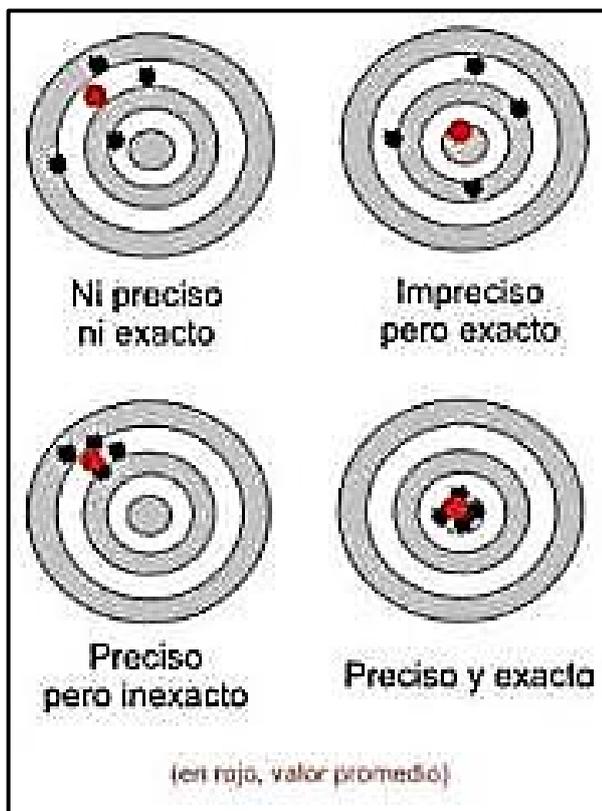


FIGURA 12: Esquema de Muestreo de Minerales

Existen factores que afectan en parte nuestro proceso, como podemos citar los siguientes:

- La forma adecuada de realizar la perforación de cada taladro, maniobras adecuadas de parte del operador, en zonas que son demasiado fracturadas se observa que se utiliza en casos demasiada agua, lo cual provoca que nuestra muestra no sea representativa, el agua hace que los finos sean lavados.
- Al momento de realizar la operación, también se observa la falta de conocimiento de los operadores de las máquinas perforadoras, para obtener una buena muestra, en el proceso aplican demasiada presión y velocidad de perforación, lo cual genera la pérdida de los finos al aire.



FIGURA 13: Pérdida de Finos debido a la perforación en condiciones no adecuadas

- Se recomendó óptimamente la utilización de dos bandejas de capacidad aprox. 25kg, para poder recuperar una muestra representativa, existen casos en que los muestreros no utilizan las dos bandejas, debido a problemas con estas y/o por incumplimiento de los PETS.



FIGURA 14: Pérdida de Finos por incumplimiento de Procedimientos

- Presencia de zonas con fuerte fracturamiento debido a las condiciones naturales adicionándole los procesos de voladura de proyectos superiores que van debilitando el macizo rocoso, los cuales al momento de la perforación generar una mayor granulometría que no permite que la muestra presente la homogeneidad adecuada de la muestra que es óptima para nuestro proceso.



FIGURA 15: Presencia de granulometría variable debido al fracturamiento del terreno

Los factores mencionados afectan nuestro proceso de mayor importancia, el muestreo de detritos de taladros blast hole, que nos vemos obligados a doblar esfuerzos en que nuestro personal, deben de cumplir con los Procedimientos Establecidos de Trabajo Seguro (PETS), con la finalidad de que además de lograr el objetivo de muestreo, se presenten eventos no deseados dentro de nuestra actividad, cómo fatalidades y/o lesiones que imposibilite a los trabajadores de las labores cotidianas.

Por lo tanto el Geólogo de Control de Calidad tiene la función de supervisar que los procesos de muestreo se cumplan estrictamente, la muestra tomada en campo cumpla con ser representativa, proporcional, homogénea y libre de contaminación. Capacitar al personal de muestreo en la importancia de la toma de muestra, efectuar análisis de la variabilidad de las leyes, definir los estructurales que definen nuestro yacimiento y la mineralización del mismo.

3.2 Metodología del Muestreo.

Se efectúa en campo la identificación de los peligros, evaluación de riesgos y aplicación de los controles de seguridad (IPERC), ante cada uno de nuestros procesos primero es generar las condiciones adecuadas de trabajo, para nuestro factor más importante que es el personal de Mina La Arena.

Luego se procede a la identificación de la malla de perforación que será perforada y a trasladar los equipos necesarios para esta tarea. Para esto debemos tomar en cuenta las características de nuestra mallas de perforación, para lo cual observaremos algunas que nos permitirán su reconocimiento y mejor entendimiento del trabajo que realizaremos en ella y como se prepara esta.

Características de la malla de perforación

- Cada una de las mallas se señala con una chuta en la cual va indicada la profundidad del pozo a perforar, con la cual el ayudante del perforista indicará al operador, quien se encargará de efectuar el pozo con la profundidad indicada.
- En la malla de cada uno de los proyectos planteados en campo, debe de existir un código definido por el área de Geología Mina, esto se va codificando según el avance que se tenga en la perforación de los taladros blast hole.
- Las mallas de perforación tendrán un distanciamiento entre pozo y pozo de 5.0mx5.0m en el caso de encontrarnos en areniscas, Para material intrusivo será con una malla de 5.5mx5.5m, en el zonas brechadas que presentan silicificación consideramos una malla de 4.5mx4.5m. Estas mallas son definidas de esta manera para poder lograr la granulometría adecuada, de tal forma que el material sea apto para el proceso de lixiviación.
- La malla de perforación debe ser planteada en una superficie regular, de tal manera que se eviten zonas con demasiado desnivel con respecto al nivel base.

- Las profundidades indicadas en cada pozo tienen destino del banco inferior, cada uno de los proyectos forman bancos de 6.00m de altura.



FIGURA 16: Identificación de la malla de perforación, 5.5m x 5.5m en SD

Luego de haber identificado nuestra malla de perforación, al colocar las 02 bandejas de muestreo de forma radial, estas son colocadas a 10 cm. del taladro de perforación, para recuperar la muestra al momento de la perforación.



FIGURA 17: Bandejas de muestreo con la muestra recolectada

El Muestrero de Blast Hole, espera el retiro de la perforadora del pozo efectuado, para retirar las bandejas de muestreo, la cantidad que poseen las bandejas deben de contener la representatividad de la muestra total del cono blast hole.



FIGURA 18: Bandeja de muestra retirada por personal de muestreo con la muestra recolectada

Se retiran las bandejas y se llevan a un proceso de reducción, hasta obtener una muestra de 4-5kg. En el divisor de material, se busca homogenizar las partículas que presenta dicha muestra.



FIGURA 19: Traslado de muestra de detritos, en bandeja de muestreo



FIGURA 20: Material colocado en el divisor de muestra

Luego que se efectúa la reducción de la muestra, se codifica y embolsa, el código de la muestra enviada al análisis, debe coincidir con el código que tiene la estaca colocada en el cono blast hole, de donde se obtuvo la muestra.



FIGURA 21: Reducción de la muestra, se obtiene entre 4-5kg, que será enviada para su análisis



FIGURA 22: Embolsado de la muestra

Las muestras codificadas y correctamente embolsadas, se trasladan al Laboratorio Químico para su respectivo análisis.



FIGURA 24: Etiquetado de muestra



FIGURA 23: Etiquetado de muestras

3.3 Controles de las Muestras

3.3.1 Muestreo de Mineral para determinar la humedad

- El Operador de Laboratorio Metalúrgico procederá a hacer el IPERC continuo y el Supervisor de Laboratorio Metalúrgico verificará que el área de trabajo esté en buenas condiciones.
- El Operador de Laboratorio Metalúrgico coordinará con el Controlador de Mineral nivel III, el número de celda en la que se está descargando el mineral, así también, coordinará para que el camión triple 7 o volquete ACTROS descargue en una parte alejada de la descarga de los demás equipos; esto con la finalidad de disminuir el peligro en la zona de muestreo.
- El Operador de Laboratorio Metalúrgico con ayuda del Ayudante del Laboratorio Metalúrgico, procederán a tomar la muestra del mineral de la ruma de la descarga del camión triple 7 o del volquete ACTROS.
- Primero tomarán la muestra de la parte inferior de la ruma, distanciados a 2 pasos (2 m aprox.) de cada punto de muestreo, luego tomarán la muestra de la parte superior de la ruma, distanciado a 2 pasos de cada punto de muestreo. Esta muestra se va llenando a un saco de polipropileno para luego ser trasladado al lugar de preparación.



FIGURA 25: Muestreo de mineral de ruma

- El Ayudante de Laboratorio Metalúrgico trasladará la muestra tomada de la ruma hacia el lugar de preparación y reducción; aquí se deposita la muestra sobre un retazo de geomembrana, que previamente ha sido limpiada, con ayuda de una comba de 1 a 2 Lb y sobre la plancha de hierro, procederá a chancar a 100 % - 2" las rocas de tamaño mayor a 2" (ver foto N° 27).
- Después de ser chancada la muestra, el Ayudante de Laboratorio Metalúrgico procederá a homogenizar la muestra, luego reducirá la muestra y solo se tomara la cuarta parte.



FIGURA 26: Chancado de la muestra (izquierda), Homogenización de la muestra (derecha)

- Esta cuarta parte tomada de la muestra será embolsada y etiquetada por el Ayudante de Laboratorio Metalúrgico. Esta muestra es remitida a la Empresa Contratista encargada del Laboratorio Químico.
- Para la cantidad de muestra de mineral que se tiene que tomar, tener en cuenta la siguiente gráfica; donde se aprecia que la cantidad mineral que se va a muestrear, está relacionada a la granulometría del mineral.

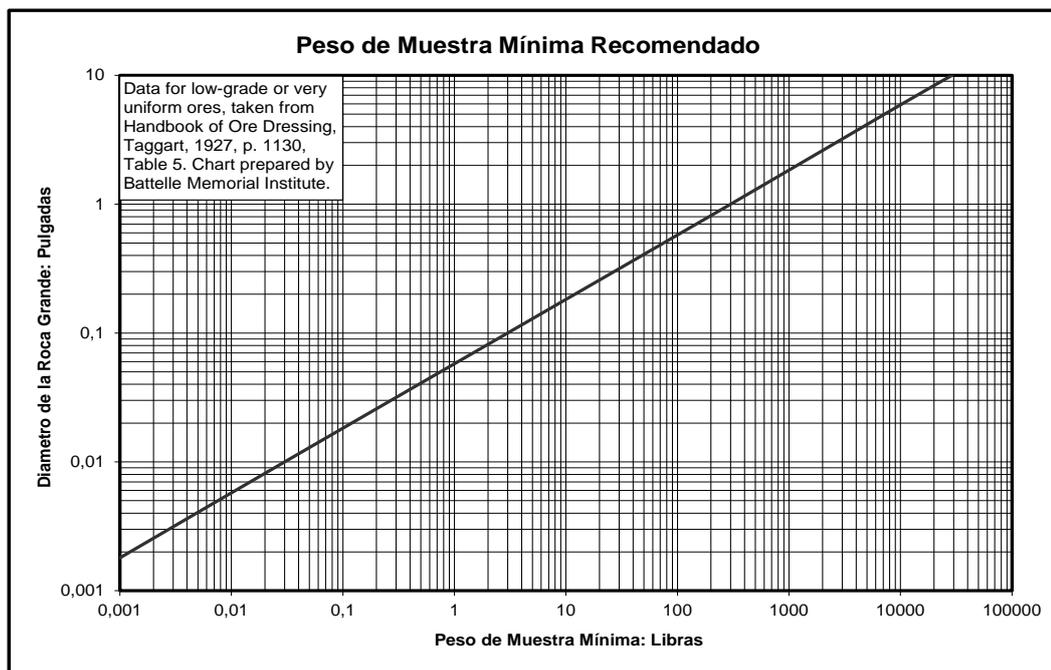


FIGURA 27: Gráfica Peso de muestra mínima vs Granulometría

3.3.2 Toma de muestra Duplicada de Campo

El objetivo de la toma de muestra duplicada es poder verificar la variación entre dos muestras, que son tomadas de un mismo punto o cono Blast hole perforado, se observa el proceso en sí para visualizar el posible error que se pueda obtenerse en las muestras que enviemos al laboratorio a analizar, con la finalidad de plantear mejoras dentro de nuestro proceso de muestreo. Esto es plasmado con la finalidad de que se ponga en práctica dentro de nuestra actividad de muestreo de cono Blast hole. El último proceso es hacer conocer al personal las deficiencias de nuestro proceso y en qué puntos podemos fortalecer el mismo, entrenar al personal dándoles a conocer los cambios efectuados.

- El proceso de la toma de muestra duplicada consiste en tomar dos muestras en una misma perforación de cono Blast hole, efectuando el mismo proceso de la toma de una muestra original, de tal forma que la bandeja al captar los detritos llevan el mismo proceso, luego son procesadas por separado.

- Las muestras duplicadas deben de ser procesadas en el mismo envío de las muestras originales, siendo el mismo protocolo de muestreo, sin embargo, cada una de las muestras tomadas debe tener diferente código de identificación, que será constatado en gabinete.

- Se procede a enviar en el mismo lote de muestras al laboratorio insertándola de forma aleatoria para evitar su identificación, efectuando el cambio del listado de inserción de muestras cada dos meses.

Para los análisis respectivos, en el laboratorio se toman en cuenta los siguientes códigos definidos en nuestros procesos, que se corroboran en cada uno de nuestros envíos.

Tabla 3: Tabla de códigos de Servicios de Análisis de Muestras efectuado por laboratorio CERTIMIN

Preparación	Rocas	Secado 100°C, chancado a 90% pasante malla 10#Ty (1.70 mm), cuarteo (250 g), pulverizado a 85% pasante malla 200#Ty (75 µm). Hasta 5 kg muestra.	-	G0634
Preparación	Rocas	Secado 60°C, chancado a 90% pasante malla 10#Ty (1.70 mm), cuarteo y pulverizado (1Kg) a 85% pasante malla 200#Ty (75 µm). Hasta 5 kg muestra. Recomendable para análisis de Mercurio.	-	G0640
Preparación	Muestras de Sondajes Aire Reverso	Secado 100°C, tamizado malla 10#Ty (1.70 mm), chancado a 90% pasante malla 10#Ty (1.70 mm), homogenizado - cuarteo y pulverizado (250 g) a 85% pasante malla 200#Ty (75 µm). Hasta 5 kg muestra.	-	G0590
Preparación	Muestras de Sondajes Aire Reverso	Secado 60°C, tamizado malla 10#Ty (1.70 mm), chancado a 90% pasante malla 10#Ty (1.70 mm), homogenizado - cuarteo y pulverizado (250 g) a 85% pasante malla 200#Ty (75 µm). Hasta 5 kg muestra.	-	G0591
Análisi nivel Traza	Au	Ensayos al Fuego- AAS. Nominal 30 g.	0.005- 5 ppm	G0427
Análisi nivel Traza	Digestión (*)	Digestión Agua Regia - AAS.	-	G0129
	Ag	Agua Regia - AAS.	0.5 - 300 ppm	G0098
	Cu	Agua Regia - AAS.	1 ppm - 2.5%	G0123
Análisi nivel Traza	Hg	Agua Regia, arrastre de Vapor - AAS.	0.02 - 50 ppm	G0137
Análisi nivel Mena	Digestión (*)	Digestión Agua Regia - AAS.	0.5 -1000 ppm	G0014
	Ag	Agua Regia - AAS.	10 - 1000 ppm	G0001
	Cu	Agua Regia - AAS.	0.01 - 30%	G0038

CAPITULO IV

QA/QC ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

4.1 Aspectos teóricos

Nuestro objetivo de implementar un programa de Control y Aseguramiento de la Calidad (QA/QC), para muestras de mina, es el de verificar la calidad de los resultados de los ensayos del laboratorio y del muestreo de campo que nos permita tener la confiabilidad de los mismos con la finalidad de tener un soporte en leyes, dentro de nuestra producción diaria, reconciliaciones, estimaciones. Nos permite Identificar en que parte de nuestros procesos hemos cometido errores además de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y optar por acciones correctivas que permitan optimizar los recursos invertidos.

Se considera una parte de nuestra población cumpliendo con que esta sea representativa y óptima para nuestro análisis, convenientemente consideramos un porcentaje que varía entre el 10-15% de la población de muestras. Siendo la distribución entre 8% en muestras duplicadas, 3% de muestras estándares y 4% de muestras de blancos. Podemos definir lo siguiente:

- El QA/QC: "Quality Assurance and Quality Control"; proviene de las Siglas del Aseguramiento y Control de Calidad de todo el proceso de Muestreo, preparación y análisis de muestras con la finalidad de obtener una información Confiable.

- **CONJUNTO DE ENVÍO:** Grupo de muestras que ingresan al laboratorio, con la finalidad de que sigan el mismo tratamiento en todo el proceso de preparación y análisis, las cuales incluyen muestras originales y muestras de control; **Muestra de Control:** (Muestras que se insertan en el conjunto de envío con el fin asegurar y controlar los errores en las etapas de muestreo, preparación y análisis).
- **VERIFICACION EXTERNA:** Pulpas generadas a manera de duplicados finos para ser analizadas por un laboratorio secundario, a fin de establecer comparaciones con el laboratorio primario.
- **LIMITE DE DETECCIÓN:** Límite que declara el laboratorio a partir del cual el método analítico es de muy dudosa precisión y exactitud.

4.2 QA/QC Para los tipos de materiales

Los materiales que actualmente se utilizan son: los duplicados, blancos y estándares. Que a continuación se describen:

- **Duplicados de campo:** Son muestras que resultan de la toma de muestras de lados opuestos en la perforación de un mismo taladro Blast Hole (utilizando 02 bandejas), que servirán para evaluar la precisión del muestreo.
- **Duplicados de pulpas:** Son muestras de rechazo enviadas por el laboratorio y son utilizadas en caso de efectuar re-análisis, sirven para evaluar la exactitud del laboratorio.
- **Blancos gruesos:** Muestras de material estéril, con una granulometría gruesa, que serán sometidas a todo el proceso de preparación en conjunto con las demás muestras ordinarias, están no tienen valores de mineral considerables, menores a los límites de detección.

- **Blancos finos:** Son muestras de material estéril pulverizado, sirve para indicar si se produce contaminación dentro del proceso de análisis efectuado en laboratorio.
- **Estándares:** Son muestras que tenemos de referencia, que cuentan con Certificación y con Leyes establecidas por laboratorios que avalan nuestro proceso, estas nos sirven para medir la exactitud del análisis.

4.3 Protocolos de QA/QC

El Protocolo de QA/QC, fue elaborado por el equipo de Geología Mina, liderado por el Superintendente del área, sustentado en la trayectoria profesional y habiendo seguido cursos de especialización en este tema, que brindan la veracidad de estos, por discreción no se podrá mencionar su nombre.

- Para el control interno se insertaran muestras de control que representen el 10-15% del total de muestras enviadas a análisis y siguiendo los parámetros del Procedimiento de Inserción de muestras de Control.
- Se generará hojas de custodia de las muestras enviadas, la cual nos servirá como control interno, esta hoja debe incluir las muestras originales y de control con su respectivo código.
- Todas las muestras de mina serán preparadas y analizadas por el laboratorio CERTIMIN (mina), el cual emitirá sus reportes en menos de 24 horas. Evaluando el tiempo de respuesta de ellos de forma mensual.
- Se enviaran muestras de rechazo de los Blast Hole (matriz propia), para preparación de muestras de control (Estándares y Blanco fino) certificadas laboratorios externos, las cuales son utilizadas en la Inserción de Muestras de Control.
- Se prepararán gráficos para cada una de las muestras de control, que representarán el consolidado de todas las leyes de la muestra de control enviada a análisis, según estos gráficos se analizará la precisión, exactitud, ER. De la muestra de control correspondiente.

- Se usará un laboratorio externo para re-análisis de las muestras que analizó CERTIMIN, enviando como duplicados finos, las pulpas devueltas por el primer laboratorio. Estas muestras no deben sobrepasar de 5-6% del total de muestras analizadas.

Estos procedimientos son validados periódicamente por una empresa externa especializada y con certificación internacional, TETRA TECH, representada por REX BRYAN PhD, MBA. Senior Geostatistician, Geology and Resources QP, Global Mining Practice.

Las muestras utilizadas como estándares y controles son elaboradas por ROCKLABS, certificado internacionalmente, como también y utilizamos muestras de matriz propia en periodos indicados o rotativos.

4.4 Reporte

Con la finalidad de llevar un control y seguimiento en cada una de las muestras, se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Resumen de gráfico de cada una de las muestras estándares utilizadas en el proceso de control, y el comportamiento de los blancos insertados que se corroboren los parámetros planteados.
- Tablas de los duplicados utilizados en el proceso y gráficos de tendencia, con los parámetros establecidos para el Au se considera la frecuencia acumulada de los duplicados.
- Eventualidades ocurridas dentro del proceso de preparación de muestras, tiempo de retorno de muestras del laboratorio a gabinete de Geología Mina, para ser validadas en nuestros software utilizados en el diseño de polígonos, modelos de bloques de corto y largo plazo.

4.5 QA/QC externo

Dentro del proceso de muestreo, debemos de garantizar y/o controlar que este cumpla con los objetivos trazados inicialmente, efectuamos la inserción de muestras de control, con el fin de asegurar la calidad de los resultados de los análisis efectuados en el laboratorio y del muestreo efectuado en el campo. El Geólogo de Ore Control tiene la responsabilidad de elaborar la secuencia de inserción de muestras, de tal forma que involucre la totalidad de los tipos de controles utilizados frecuentemente, supervisar que el personal encargado de insertar las muestras de control, lo haga de forma adecuada, evitando confusiones dentro del proceso y en ningún momento permitir que se produzca la contaminación de las muestras, debido a algún agente externo.

CAPÍTULO V

TOMA DE DATOS DE LOS GEÓLOGOS DE CONTROL DE MINERAL

5.1 Caracterización y mapeo de taladros de voladura

La finalidad de este proceso es conseguir información litológica del proyecto que brinde un soporte en la interpolación de leyes, considerando que los datos que se van a utilizar correspondan al proyecto. La caracterización de los detritos de taladros de voladura, es realizada diariamente por parte de los Geólogos de Control de Calidad, se efectúa un corte vertical, con la finalidad de observar los detritos depositados y la descripción litológica respectiva.



FIGURA 28: Se observa el perfil del cono perforado



FIGURA 29: Perfil de cono de detritos, con presencia de óxidos Hm>Ja

El corte de perfil del cono, tomar en cuenta que la proyección de los detritos depositados son de un pozo de profundidad de 6.00m, con los cual debemos de identificar que la carga que se encuentra en la base del cono de detritos pertenece al techo del banco y conforme se produce la deposición de los detritos se va obteniendo el material que pertenece al piso del banco, la deposición de los detritos es inversa a la perforación del cono.



FIGURA 30: Descripción litológica de detritos

Se debe de observar la disposición de los sedimentos y la presencia de los óxidos según su distribución:

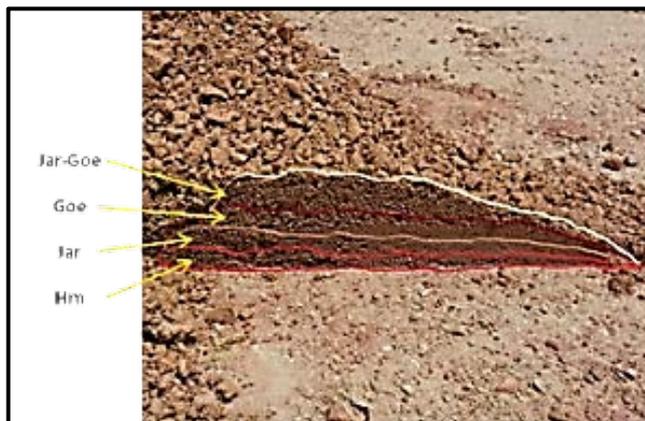


FIGURA 31: Distribución de sedimentos con presencia de Óxidos

5.2 Supervisión del muestreo de pozos de voladura

El Geólogo de Control de Calidad es el encargado del mapeo de pozos de detritos Blast Hole, verificar el cumplimiento de los procedimientos establecidos de trabajo seguro en el muestreo de los conos, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- La muestra tomada cumpla con los requisitos de ser representativa, proporcional, homogénea y libre de contaminación.
- Se debe cumplir en campo que la perforación definida en banco planteado, no se debe permitir perforación a mayor profundidad, ya que estaríamos tomando valores en leyes del banco inferior,
- Verificar el colocado correcto de ambas bandejas de muestreo con la finalidad de que la recuperación de la muestra sea óptima.
- Evitar el uso de las bandejas de muestreo en caso se utilice demasiada agua debido a que muestra presentará mucha pérdida de valores en Au por el proceso de perforación efectuado.
- Controlar que el minado en cada uno de los proyectos volados se cumpla en su totalidad, de esta forma evitaremos tener remanentes y/o pérdida de material.

5.3 Delimitación Litológica en campo

En cada uno de los polígonos perforados y respectivamente logeados, se procede a efectuar la delimitación en campo, zonas de contactos litológicos y/o halos de alteraciones, areniscas/Intrusivo andesítico, lutitas carbonosas/areniscas, intrusivos andesíticos argilizados/areniscas u otros contactos existentes, deben ser delimitados con la finalidad de que estos no se mezclen entre sí, para evitar la dilución del mineral.

Este procedimiento se utiliza para mitigar la dilución de nuestras zonas mineralizadas, además de coordinar con el área encargada de Operaciones Mina, que al generar el diseño de malla de voladura, se tomen en cuenta estas delimitaciones y realice las salidas de la voladura respecto a estos. A continuación observaremos algunos proyectos efectuados y delimitados según sus litologías presentes:

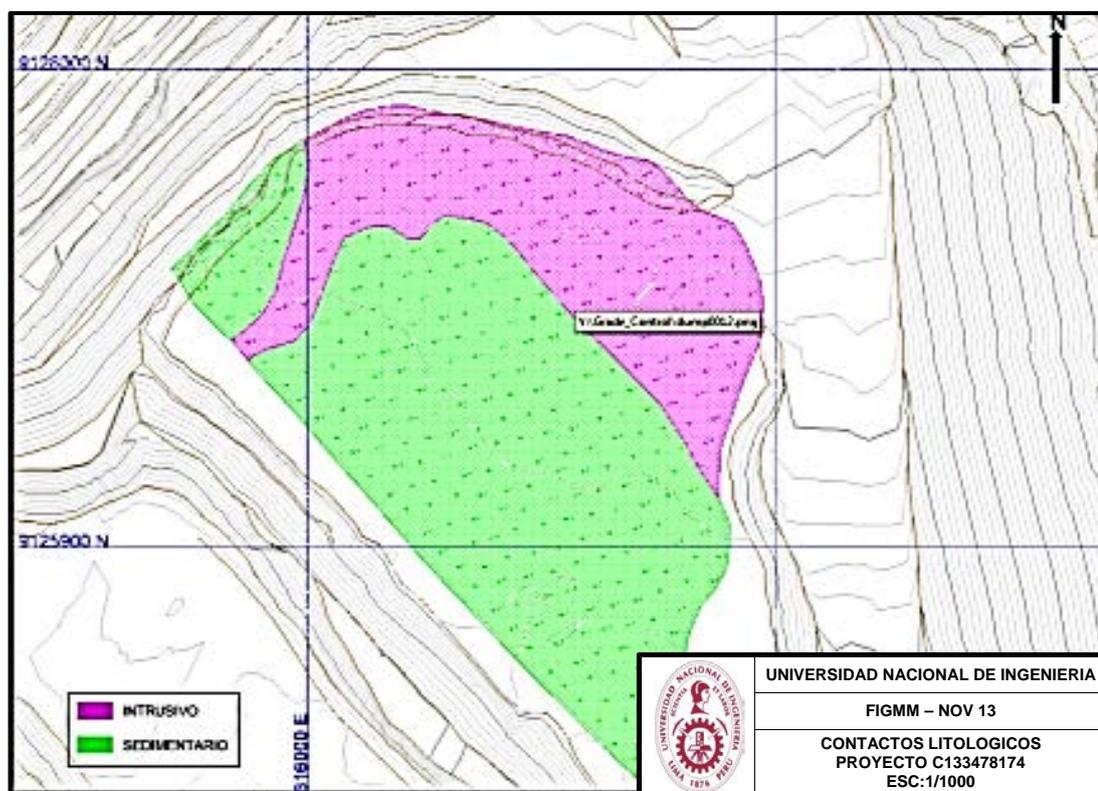


FIGURA 32: Zona de contactos litológicos

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS (AED)

6.1 Análisis Estadístico

La finalidad del análisis estadístico de datos dentro de nuestros procesos, es identificar la variación existente en el proceso de muestreo, se evaluaron los muestreos a distintas profundidades, en pozos de 6m y 8m respectivamente, nuestros bancos serán de una profundidad de 8m, para hacer optimizar la producción y según evaluaciones de planeamiento mejoremos los tiempos de minado, en diversos materiales en cada uno de nuestros proyectos y reducir nuestros costos en cada uno de ellos.

Procedimiento

Los Datos tomados, son de los proyectos C133504145 y C133504146, tajo Calaorco, banco 3504, evaluados de los proyectos 145 y 146 respectivamente, en cual observaremos valores de nuestras leyes bajas ($0.13 \text{ g/t} < \text{Au} < 0.4 \text{ g/t}$), leyes medias ($0.4 \text{ g/t} < \text{Au} < 1.0 \text{ g/t}$) y leyes altas ($\text{Au} < 1.00 \text{ g/t}$). Todos los taladros colocados, siguieron el mismo proceso de muestreo, la diferencia de estos fue que uno fue muestreado hasta una profundidad de 6m, quiere decir que la muestra recuperada tiene referencia a un pozo de 6m. En el segundo caso la profundidad del pozo es a 8m y por ende la muestra recuperada a la misma profundidad.

Se tomaron en consideración los proyectos 145 y 146, por el cambio generado en la explotación de nuestro yacimiento, dejamos la perforación a una profundidad a 6.00m e iniciamos a profundidad de 8.00m. En total se consideró una población de 537 pozos y de cada uno de estos una muestra a cada profundidad a 6m y 8m. Se consideraron ambos proyectos ya que estos se perforaron en una zona determinada donde se encuentran aldeaños y se tiene una población de mayor referencia de la zona en estudio.

6.2 Gráficos

Estadística Descriptiva: Taladros de profundidad de 6.00m

Tabla 4: Cuadro de Datos Estadísticos de bancos de 6.00m

Variable	Población	Media	Desv. Estand.	Varianza	Coef. Variac.	Mínimo	Máximo	Q1	Q3	Rango	Kurtosis
6.00m	537	0.2423	0.3952	0.1562	163.13	0.005	3.86	0.06	0.256	3.855	34.01

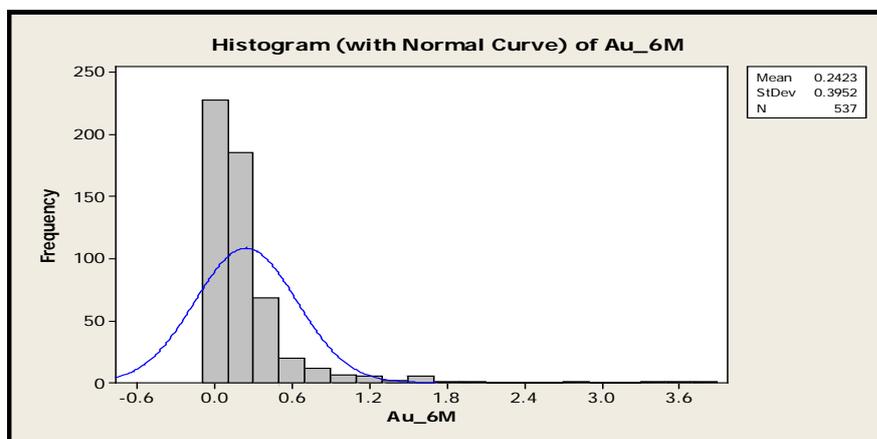


FIGURA 33: Histograma de muestras de bancos de 6.00m

Como podemos observar en el diagrama de distribución normal, para la población de muestras de profundidad de 6m, se observa una tendencia hacia un valor central, dentro de los parámetros que manejamos para nuestra ley de corte, consideramos que nuestra ley baja se encuentra entre los valores de $0.13 \text{ g/t} < \text{Au} < 0.40 \text{ g/t}$.

Se observa que tenemos una buena cantidad de muestras que se encuentran dentro de nuestro rango de leyes bajas, un menor porcentaje en el intervalo de ley media $0.4 \text{ g/t} < \text{Au} < 1.00 \text{ g/t}$, y una pequeña parte de la población con valores altos que se encuentran en el rango de leyes altas, como se podría corroborar una mayor concentración de minerales debido a la presencia de estructuras mineralizadas en esta zona, de forma puntual, que hacen que estas tengan un incremento notable en sus valores.

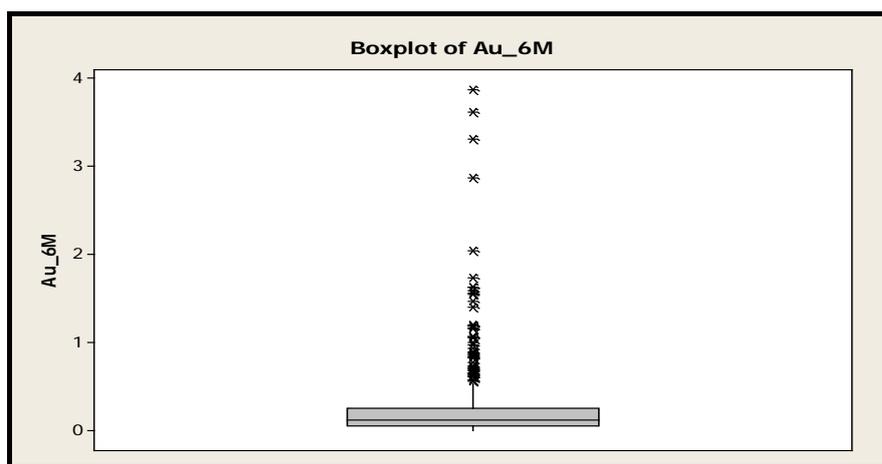


FIGURA 34: Box Plot de muestras de bancos de 6.00m

En este diagrama de caja podemos observar lo valores estadísticos calculados:

Mín.	=	0.005
Q1	=	0.060
Mediana	=	0.123
Q3	=	0.256
Máy.	=	3.860

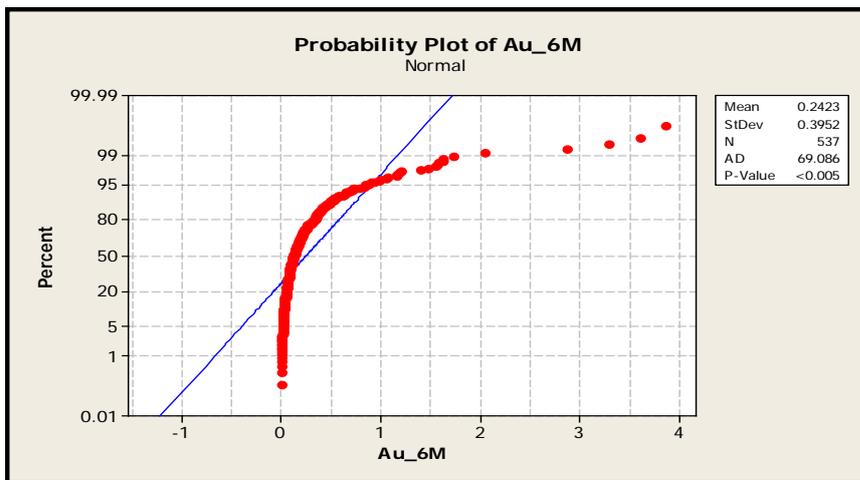


FIGURA 35: Distribución Log-normal de muestras de bancos de 6.00m

En esta gráfica podemos observar la tendencia y regularidad de las muestras en un buen porcentaje de acierto, sin embargo también observamos una menor cantidad de las mismas con una tendencia elevada, esto se debe al mismo efecto pepita que produce el Au, además de que anteriormente mencionamos la presencia de estructuras mineralizadas.

Estadística Descriptiva: Taladros de profundidad de 8.00m

Tabla 5: Cuadro de datos estadísticos de bancos de 8.00m

Variable	Población	Media	Desv. Estand.	Varianza	Coef. Variac.	Mínimo	Máximo	Q1	Q3	Rango	Kurtosis
8.00m	537	0.2273	0.404	0.1633	177.77	0.005	4.54	0.055	0.248	4.535	38.95

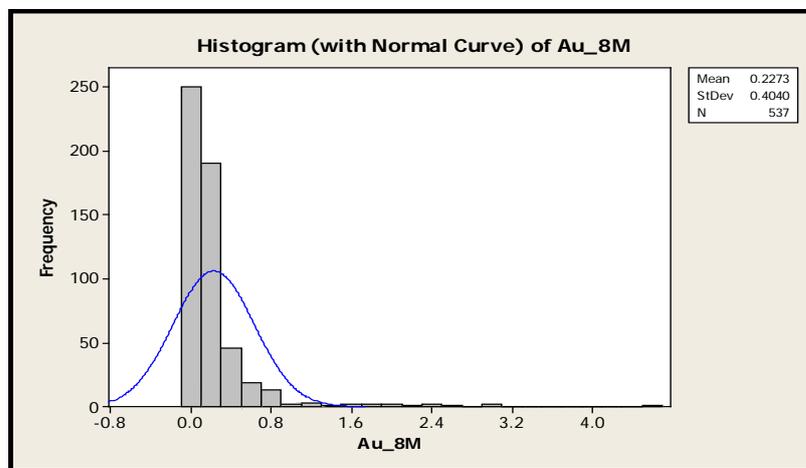


FIGURA 36: Histogramas de muestras de bancos de 8.00m

Este diagrama de distribución normal de los taladros de 8m, consideramos que nuestra ley baja se encuentra entre los valores de $0.13\text{g/t} < \text{Au} < 0.40\text{g/t}$, visualmente en mayor cantidad que en los taladros de 6.00m, una similar cantidad en el intervalo de ley media $0.4\text{g/t} < \text{Au} < 1.00\text{g/t}$, y una pequeña parte con valores altos en menor cantidad en leyes altas 6.00m.

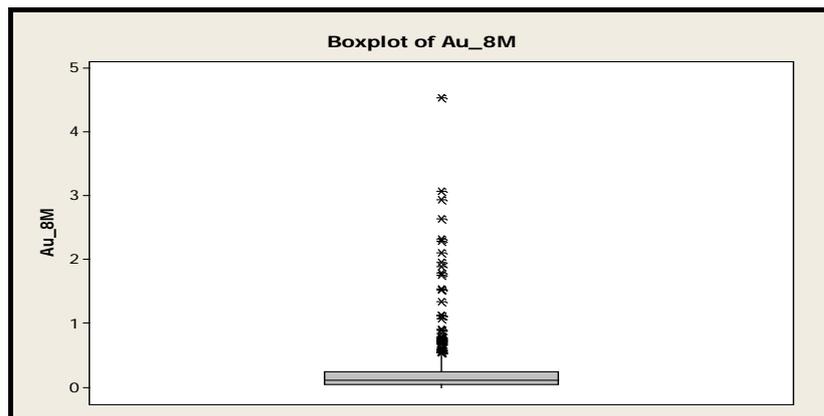


FIGURA 37: Box Plot de muestras de bancos de 8.00m

En este diagrama de caja podemos observar lo valores estadísticos calculados:

Mín.	=	0.005
Q1	=	0.055
Mediana	=	0.114
Q3	=	0.248
Máx.	=	4.535

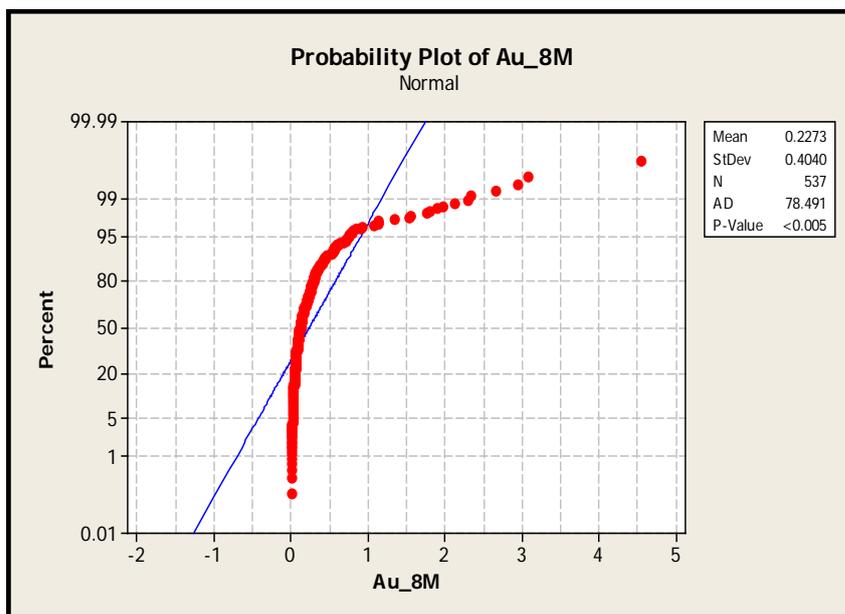


FIGURA 38: Distribución Log-normal de muestras de bancos de 8.00m

Podemos observar que el porcentaje de valores de dichas muestras en los taladros de 8.00m es bastante similar a analizada en los taladros de 6.00m, no se observa que existe poca concentración de leyes altas, se podría considerar un 95% de aceptación donde las muestras cumplen un comportamiento normal de los datos obtenidos en el laboratorio, además de considerar si un 5% que presenta altos valores debido a la presencia de una posible mayor concentración de la misma en dichos puntos.

6.3 Interpretación de resultados

Se tienen de los análisis mostrados, taladros de 6.00m y 8.00m, que presentan un cierto grado de variabilidad, siendo la $Var6 < Var8$, lo cual demuestra que el primer caso de 6.00m se tiene una menor dispersión que la segunda de 8.00m, dentro de toda la población analizada.

- Los resultados tienen una mayor tendencia a formar parte del rango leyes bajas. Se debe de tener cuidado de subvaluar las leyes de los taladros de 8.00m, podríamos estar en el caso de que estas muestras pasen hacer desmonte y no ley baja.

- Los resultados son afectados por el mismo proceso de obtención de la muestra, la perforación en los taladros de 6.00m está expuesta a una menor pérdida de los finos debido al proceso, en comparación a las muestras tomadas de los taladros de 8.00m. Producto del uso excesivo de agua en la perforación.
- En zonas de fuerte fracturamiento se observa una menor recuperación de la muestra, podemos observarlo en los taladros de 6.00m la dispersión es menor que en los taladros de 8.00m.

CAPÍTULO VII

PROCESAMIENTO DE DATOS EN SOFTWARE VULCAN

Vulcan 8.2, es la más avanzada herramienta disponible de Modelamiento y Visualización 3D para diseño en la Industria Minera. Es precisamente la enormidad de opciones disponibles para el usuario que hacen de Vulcan una herramienta de alta eficacia y eficiencia que redundan en notables aumentos de productividad. Organiza los datos en un árbol jerárquico de complejidad decreciente, y proporciona métodos para agrupar datos dentro de él y en niveles cruzados.

Estas facilidades de estructura y agrupamiento de datos entregan un flexible y poderoso sistema de organización de datos, que cuando es usado correctamente, puede traducirse en un real aumento de productividad.

Permite efectuar, manejo de base de datos, cubicaciones, trabajar con herramientas CAD, efectuar estimaciones, modelamiento, generación de modelos de bloques, lo más importante nos permitirá tener una mayor eficiencia dentro de los procesos de producción efectuados dentro de la actividad minera, optimiza el tiempo en cálculos de recursos que nos permite tener referencia y mejor planificación de los ciclos de minado.

7.1 Generalidades

Se debe de actualizar la data en formato EXCEL, tanto en el archivo SAMPLE, la cual contiene campos con coordenadas, logueo geológico con códigos alfa numéricos y ensayos de leyes (Au, Ag y Cu) que son reportadas por Laboratorio Químico. También el archivo PATTRN, la cual contiene los códigos de los proyectos trabajados, ambos archivos nos sirven como datos principales para los cálculos de cada uno de los bloques en los proyectos ejecutados. Ambos archivos deben de ser guardados con extensión .csv, debido al requerimiento del Software. Luego se actualizan los datos anteriormente mencionada, se procede a abrir el programa VULCAN 3D versión 8.2.

7.2 Entorno del proyecto de control de mineral en VULCAN

Al efectuar el inicio del VULCAN tenemos la página inicial en la cual efectuaremos el diseño de cada uno de nuestros proyectos, esto también será plasmado en un plano final que servirá de herramienta a nuestro personal de Control de Campo para el minado respectivo, el cual tendrá en consideración parámetros que nos permitirán definir los materiales adecuados ya incluidos en la base de datos del VULCAN, según la clasificación de materiales que está definida por litologías diversas, leyes que cumplen ciertos parámetros que serán considerados dentro de nuestra operación y beneficiosa para nuestra producción.

7.3 Procedimientos en VULCAN

Se importan los datos validados efectuando los siguientes pasos: File/Import, >>CSV (Databases)/Databases (Updates)/Ok<< (extensión con la que guardamos nuestra base de datos).

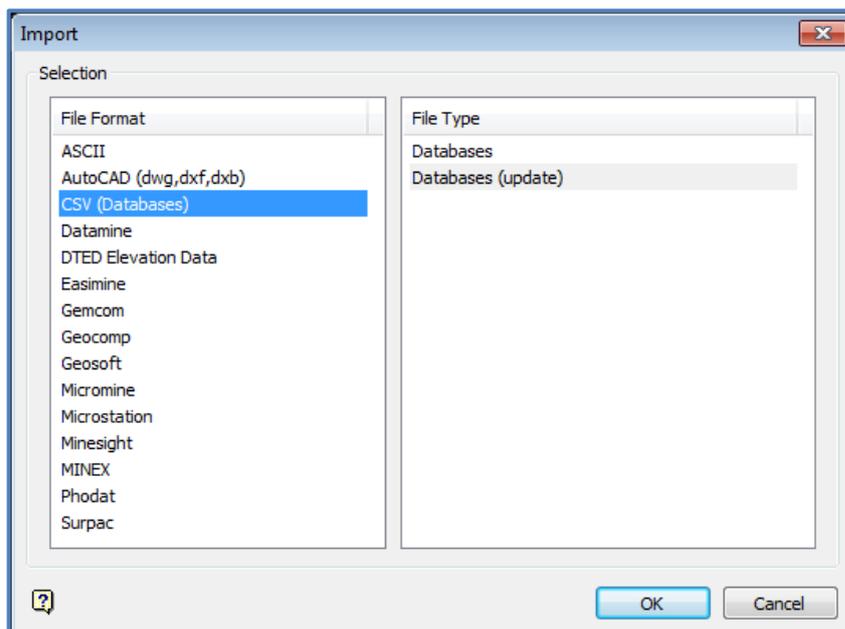


FIGURA 39: Cargado de Datos en extensión .csv

En cada uno de estos procesos se ingresan los datos requeridos por el VULCAN, con la finalidad de generar la interrelación con nuestra base de datos importada.

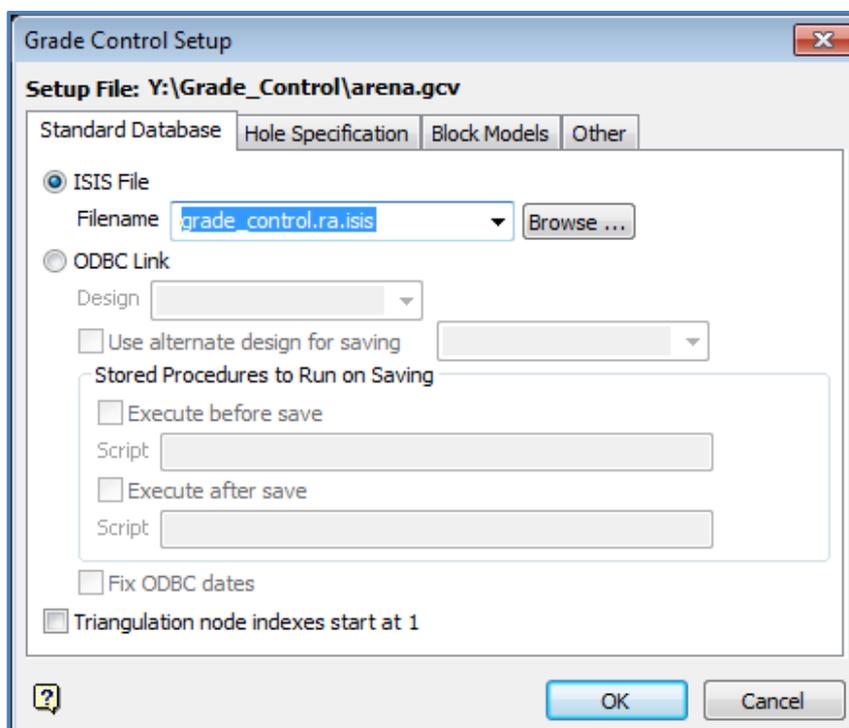


FIGURA 40: Importación de datos a VULCAN 8.2

Realizamos el enlace del compósito y también el ingreso de los datos enlazados a grade control, son parámetros que nos exige el VULCAN para mejor soporte en el cálculo de los bloques.

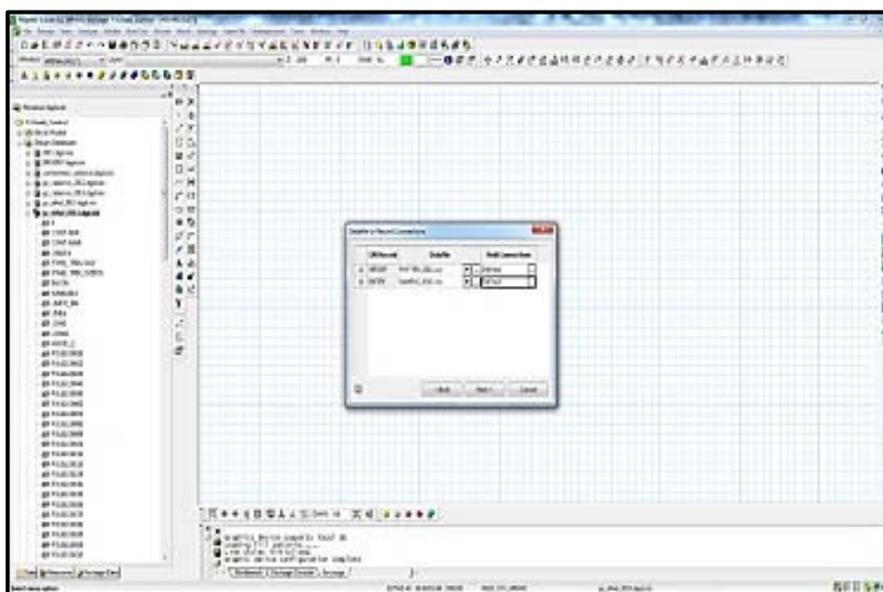


FIGURA 41: Enlace de datos compositados

Se realiza el mismo procedimiento para ambos campos de datos SAMPLE: conectándolos con los campos NAME y HOLE, una vez definidos los enlaces presionamos: Next/Finish, de esta forma se tendrá nuestra base de datos importada al VULCAN.

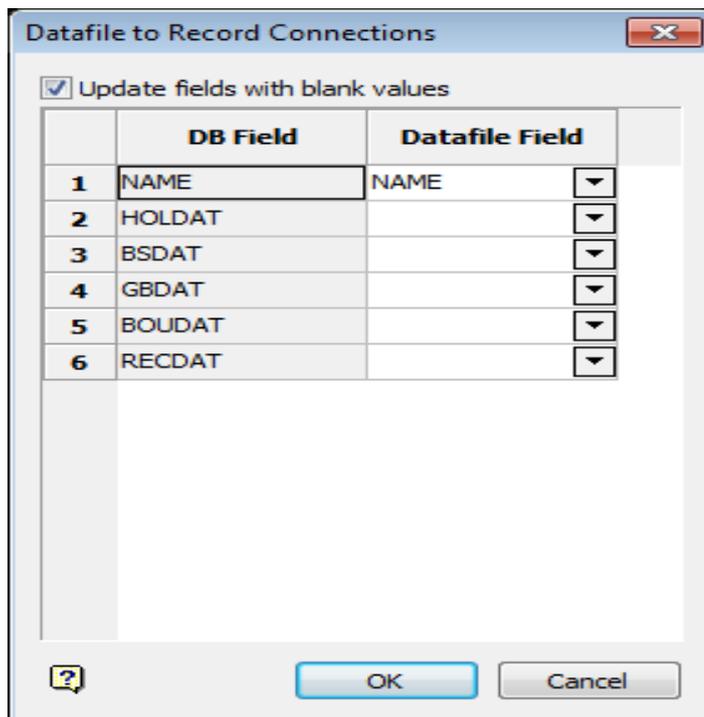


FIGURA 42: Enlace de datos compositados NAME y HOLE

Se procede a ingresar con los datos del grade control, insertando los parámetros requeridos por el software VULCAN 8.2

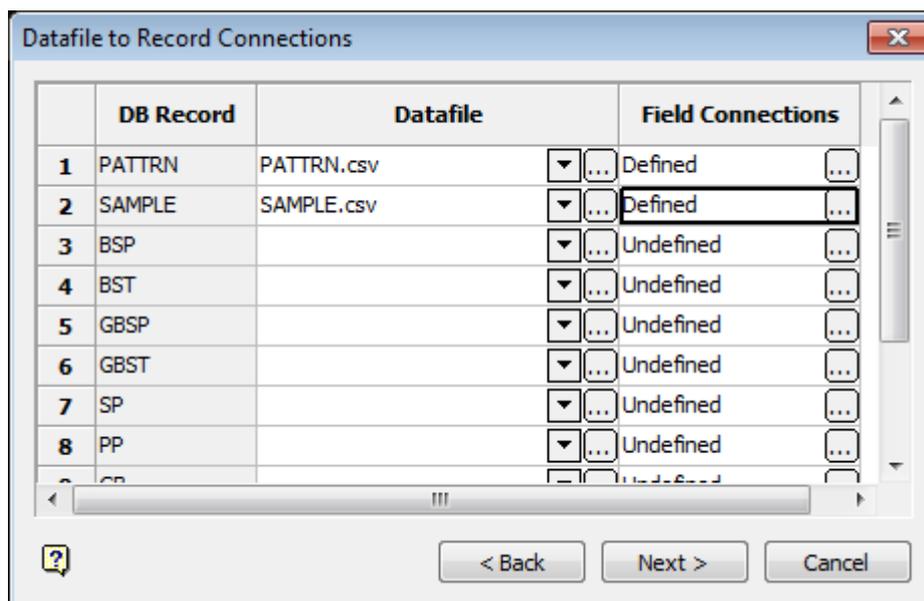


FIGURA 43: Ingreso de datos a Grade Control

Podemos observar en el cuadro final del proceso de importación de los datos, los datos están validados en el EXCEL, las cuales hemos denominado SAMPLE.CSV y PATTRN.CSV, procesándose en el VULCAN.

7.3.1 Elaboración de Polígonos

Luego de haber enlazado nuestras tablas, es necesario anexar el archivo de configuración, para ello en la barra de menú seleccionamos Open pit/Grade Control/Edit configuration, ubicamos el archivo arena.gcv (Calaorco) o arena-ethel.gcv (Ethel), para poder cargar el proyecto de trabajo, Abrir/Ok.

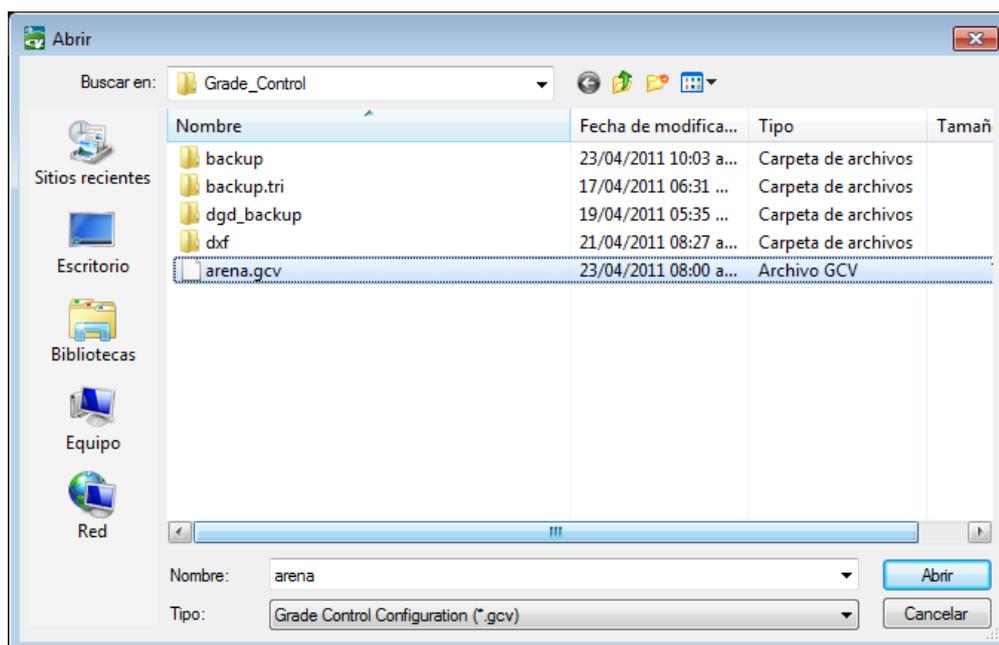


FIGURA 44: Cargado de datos del Tajo a modelar

Se cargará el proyecto a utilizar mediante la barra de menú utilizando la opción: Open pit/Grade control/Load Blast, luego Ok.

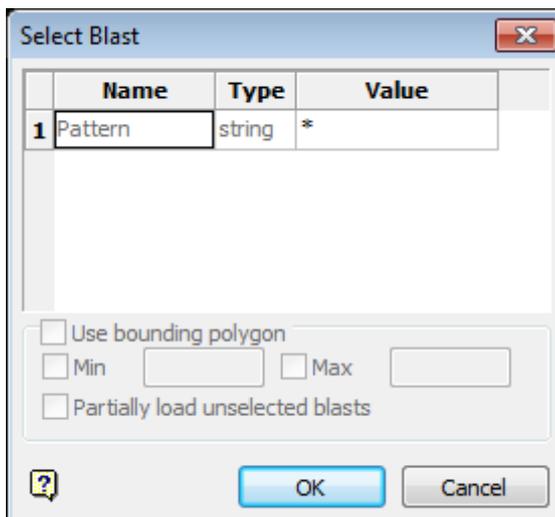


FIGURA 45: Cargado de Proyecto a diseñar polígono

Seleccionar el proyecto de trabajo y se procederá a cargar los taladros con sus leyes respectivas. Como lo podemos visualizar los taladros cargados en pantalla continuación en la figura.

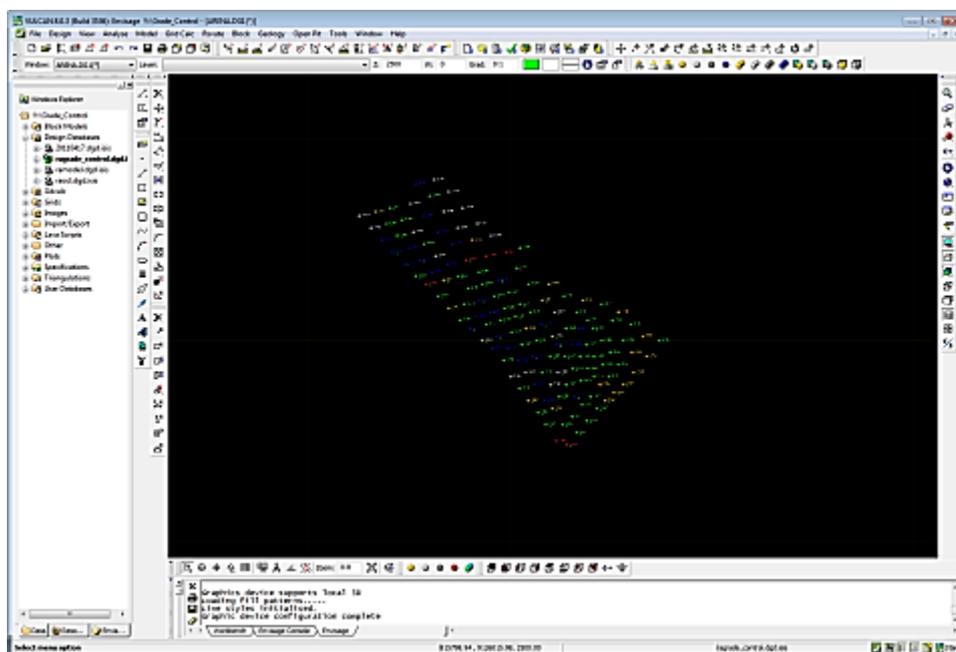


FIGURA 46: Datos de Muestras Blast Hole cargados

El siguiente paso es importar la topografía actualizada en AutoCAD al VULCAN 3D. De la forma siguiente: File/Import<<Autocad<<Desing String (dxf), Ok; luego direccionar el archivo a importar. Esto es primordial para poder delimitar nuestra zona de existir proyectos aledaños y evitar la sobre posición de proyectos.

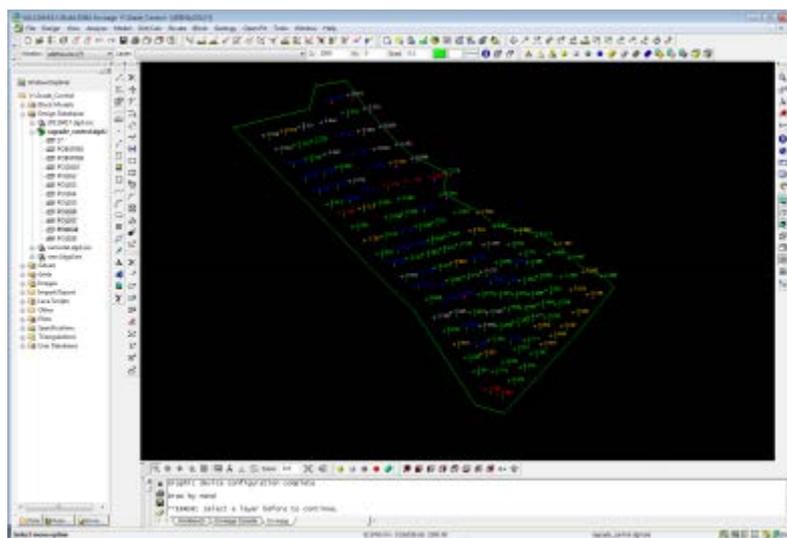


FIGURA 47: Visualización de Polígonos aledaños en el VULCAN

Luego procedemos a digitalizar nuestro proyecto y a efectuar la delimitación de las zonas, respetando los límites de los proyectos aledaños, generar el contorno del polígono sobre la cresta y hacia los límites considerando una sobre rotura que es de 3.00m debido a la voladura.

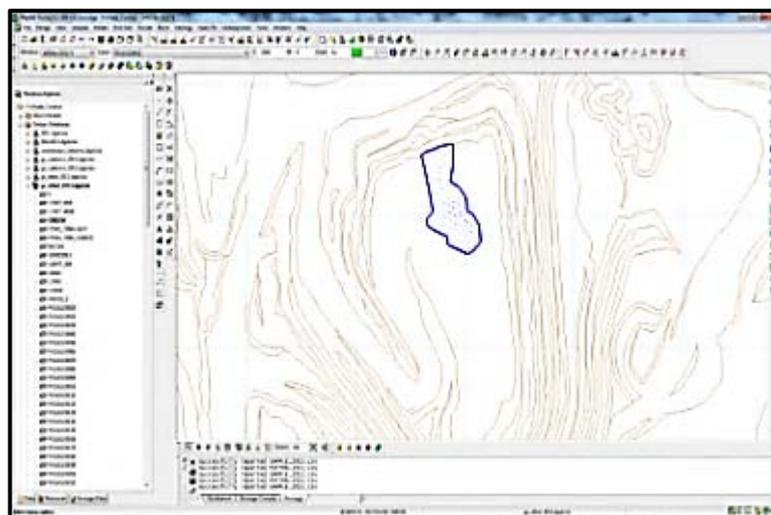


FIGURA 48: Visualización de Polígono de Proyecto Generado

Teniendo el sólido generado por el polígono y la superficie, se realiza el corte de la misma para obtener el sólido de la intersección y con el cual efectuaremos el cálculo de los bloques, para esto vamos: Model/Triangle Utility/Merge/Intersect, seleccionamos el sólido generado por el polígono y luego la superficie.

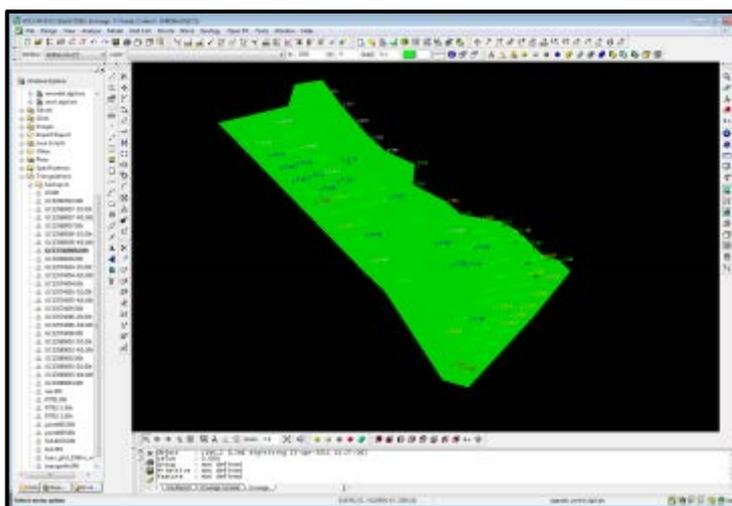


FIGURA 49: Sólido de Polígono Generado a Estimar

7.3.2 Manipulación de datos de los bloques

Con este sólido generado, efectuaremos el cálculos de los bloques, siguiendo los siguientes pasos: Open pit/Grade control/Register Blast Solid. Se considera el sólido y se ingresa como parámetro del cálculo de bloques, adicionada con la base importada anteriormente. Se procede a efectuar el cálculo de los bloques mediante el método de la inversa de la distancia al cubo.

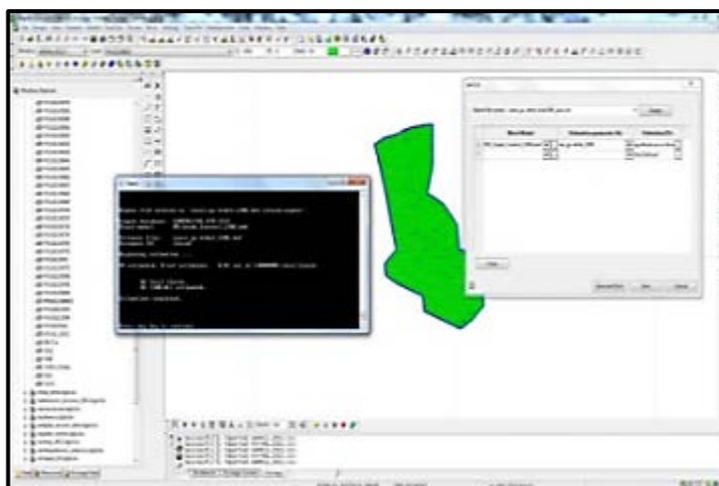


FIGURA 50: Proceso de Estimación de Bloques

7.3.3 Generación de bloques de materiales

Se generan los bloques en base a las leyes de los Blast Hole reportadas de laboratorio, con los parámetros en dimensiones del modelo de largo plazo, cada bloque será de 5.00mx10.00mx6.00m (x,y,z respectivamente). Se digitalizará las líneas de separación de cada uno de los bloques, tomando en cuenta la clasificación de materiales como señalamos a continuación:

- En el caso de mineral, M1 (limpio), M2 (Blending y en evaluación).
- En el desmonte, D1 (adecuado), D2 (argilizado) y D3 (Presencia de sulfuros-generador de aguas ácidas PAG).
- Para el caso de las zonas de contacto litológicos M3 (SD-FPA, SD-FPD, SD-ST, SD-SH y SD-SHC) se le dará un margen (buffer) de 2.5m a cada lado del Blast Hole logueado como contacto litológico.

Se debe seleccionar Object y las líneas interiores que dividen el mineral del desmonte, se etiqueta cada uno de los bloques generados: Star Value A (comenzará a designar los grade blocks en orden alfabético). Se indica el sentido convencionalmente en sentido horario.

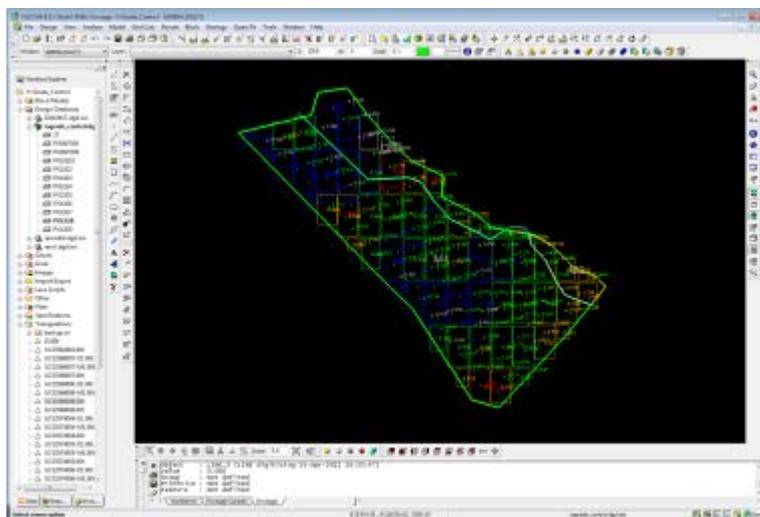


FIGURA 51: Delimitación de Polígonos Internos

Como siguiente paso se preparará el reporte de grade blocks, con los parámetros que deseamos, para esto vamos a: Open pit/Grade control/Blast preferences. Solids>Postings>Generated Block Model/reposition. Delimitado según la clasificación de materiales, en donde se puede visualizar cada una de las zonas Mineral/Desmorte.

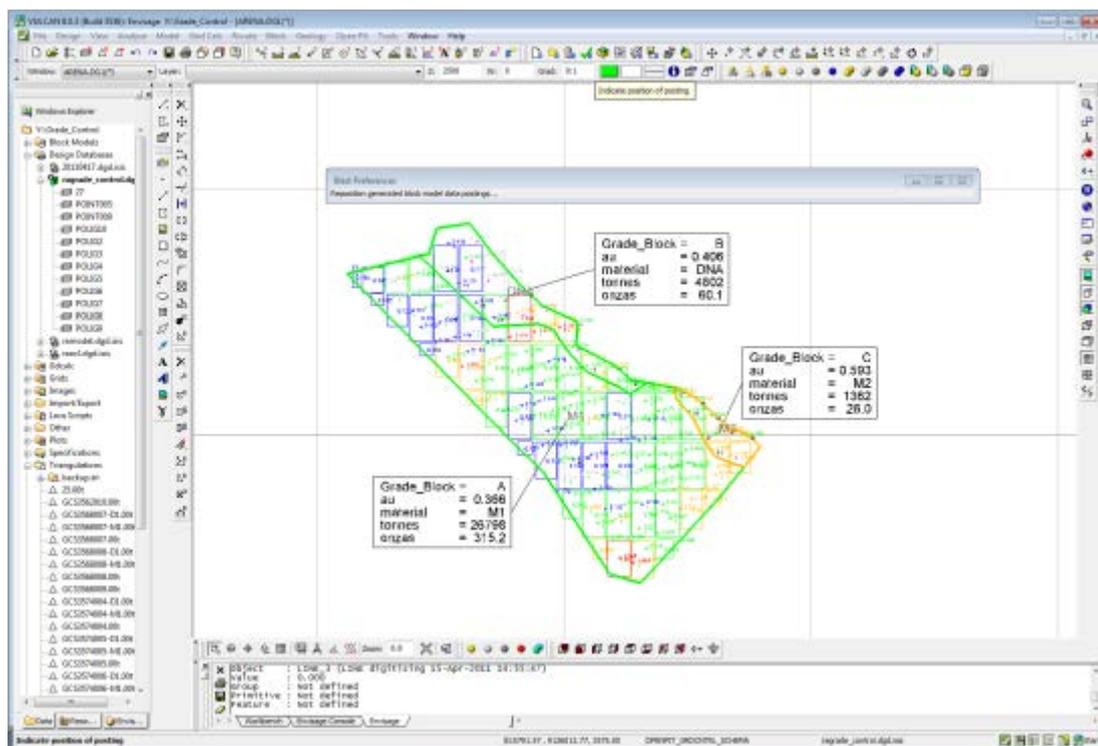


FIGURA 52: Proyecto Final con división de Polígonos según la Clasificación de Materiales

CAPITULO VIII

CONTROL DE POLÍGONOS DE MINERAL EN CAMPO POST-VOLADURA

8.1 Marcado de Polígonos en campo.

En la demarcación, se debe de contar con el plano total de los polígonos, en el que se tengan las respectivas delimitaciones, según la clasificación de materiales. Se debe de coordinar con el área de Topografía para la colocación de los vértices del polígono y hacer entrega del plano en campo.



FIGURA 53: Ubicación en campo de los vértices (V_1 , V_2 y V_3) de los polígonos

En el campo mediante los estándares de clasificación de materiales, el Geólogo de Control de Calidad tiene la responsabilidad de la demarcación correspondiente, teniendo en cuenta:

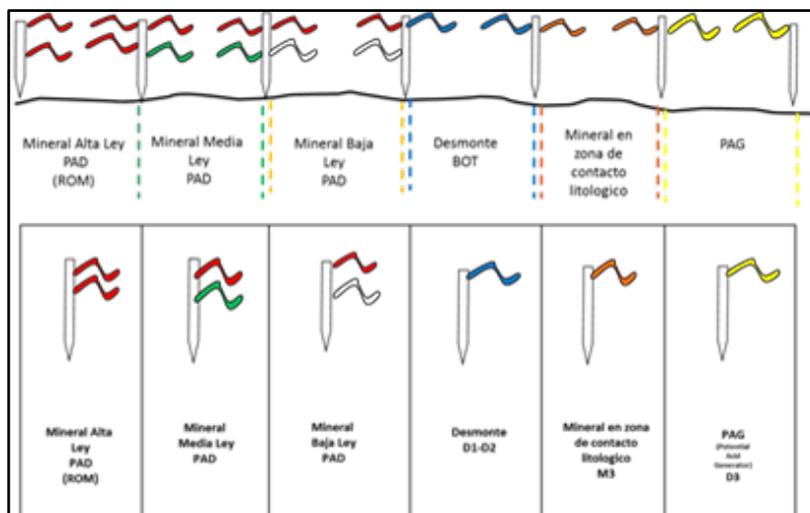
- Cinta color **rojo/rojo** mineral de alta ley (Au>1.00 g/t)
- Cinta color **rojo/verde** mineral de media ley (0.40<Au<1.00 g/t)
- Cinta color **rojo/blanco** mineral de baja ley (0.13<Au<0.40 g/t)
- Cinta color azul las zonas de desmonte (D)
- Cinta color anaranjado en las zonas de material de evaluación. (M3)
- Cinta de color amarillo las zonas de sulfuros (PAG)

Como podemos observar en las tablas siguientes:

Tabla 6: Tabla de clasificación de materiales a minarse en campo

GEOLOGIA MINA CLASIFICACION DE MATERIALES PARA LA ARENA CUTOFF Au TAJO CALAORCO=0.13 (g/t) CUTOFF Au TAJO ETHEL=0.11 (g/t) (Cu < 300 ppm)	
Mineral Alta Ley (M1):	Au > 1.0 (g/t)
Mineral Media Ley (M1):	1.0 > Au > 0.40 (g/t)
Mineral Baja Ley (M1) :	0.40 > Au > 0.11 (g/t)
Mineral de evaluación (M2) FPA-FPD/QZ-ALU (Blending con SD)	Au > 0.50 (g/t)
Mineral en contacto litológico (M3) SDFPA,SDFPD,SDST,SDSH Y SDSHC (Mineral o desmonte)	Au > 0.11 (g/t)
Desmonte SD=(D1) :	Au < 0.11 (g/t)
Desmonte FPA Y FPD Argillizado = (D2) :	Au < 0.11 (g/t)
Desmonte SD, SHC, FPA, FPD y Contactos con presencia > 1.5% de Sulfuros y Cobre >300 ppm (PAG) = (D3) :	0.11 > Au > 0.11 (g/t)
<u>VOLQUETES</u>	<u>PESOS (TM)</u>
15 m3 :	25.5 TM
20 m3 :	30 TM
<u>LEYENDA:</u> SD:Arenisca;SHC:Lutita Carbonosa;ST:Limolita SH:Lutita;FPA: Porfido Andesítico; FPD: Porfido Dacítico; QZ-ALU: Alteracion Cuarzo Alunita.	

Tabla 7: Tabla de clasificación de colores en límites de polígonos



Tenemos como Ley de Corte Au > 0.13 g/T, en el Tajo Calaorco. En el campo, el personal de Geología Mina en coordinación con el Geólogo de Control de Calidad, se identifica cada uno de los polígonos y se efectúa la demarcación según la clasificación de materiales que anteriormente hemos mencionado.



FIGURA 54: Preparación en campo de las estacas que delimitan nuestros polígonos

8.2 Control de Dilución y Pérdida de mineral.

Al hablar de dilución del mineral, nos referimos al proceso en el cual se produce la variación en las leyes, debido a factores contaminantes, el desplazamiento de mineral sobre desmonte o viceversa se puede observar luego del proceso de voladura. Es importante mitigar la dilución para mantener nuestra producción con calidad, tomando en cuenta la calidad del mineral que enviamos al PAD, es por eso que uno de los controles a implementar es la medición del desplazamiento de carga por voladura.

Consideramos que toda pérdida de mineral afecta directamente en nuestra producción, es por tal motivo que buscamos con los controles a implementar optimizar nuestros procesos y hacer sostenible nuestra inversión.

8.2.1 Determinación de desplazamiento

Los controles que tenemos para mitigar la dilución y pérdida del mineral debido al proceso de voladura, tenemos en campo la aplicación del Control de Desplazamiento de Carga por Voladura, con el objetivo de producir de mineral y/o carguío de material según su clasificación al destino respectivo. Tomando en cuenta que cada uno de los proyectos tendrá una malla de perforación de voladura definida, según la ubicación dentro del Tajo, para esto se debe señalar en campo el marcado de los contactos litológicos y/o controles estructurales que definen las zonas mineralizadas, es necesario efectuar las coordinaciones previas con el área de Operaciones Mina para hacer la separación de materiales mediante este proceso, éste control se aplica de forma constante, con la finalidad de optimizar nuestros recursos y mejorar la calidad de producción con respecto al mineral que se aporta al PAD de lixiviación.

En el caso de la medición del desplazamiento de carga por voladura, primeramente identificamos la malla de perforación y colocamos puntos intermedios entre 02 taladros, que serán cargados y volados, este taladro intermedio no será cargado en él se colocará una tuberías de propietileno, las cuales han sido definidas para este procesos debido a la resistencia al rompimiento que presentan luego de la voladura y hasta el momento nos han resultado efectivas en cada una de las mediciones efectuadas.



FIGURA 55: Ubicación de puntos intermedios para prueba de desplazamiento de carga por voladura

Estas son colocadas según la profundidad del pozo perforado, en nuestro caso las pruebas se efectuaron el pozos con un promedio de profundidad de 6.00m en cada uno de los bancos, por tal motivo estas tuberías deben de tener una visibilidad antes de que la voladura se efectúe, dejamos en cada una de las pruebas una luz de la tubería de 1.50m, es decir cada uno de los tubos mide en su longitud total 7.50m (tubo colocado en el pozo de 6.00m + luz del tubo fuera del pozo 1.50m).



FIGURA 56: Medición de tubería total antes de ser instalado en el pozo

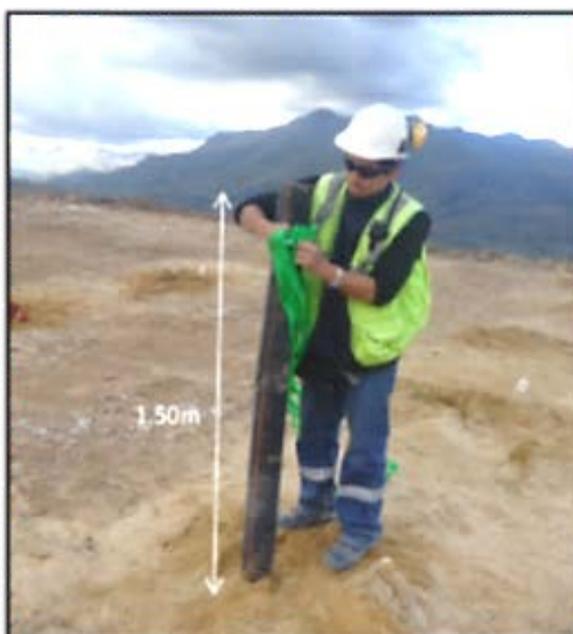


FIGURA 57: Instalación de tubería para prueba de desplazamiento

Al final se debe de codificar dicho tubo en cada uno de los puntos planteados para la prueba de desplazamiento de carga por voladura, estos van indicados con una respectiva cinta plástica con un color determinado, a la vez se debe de efectuar el levantamiento de dicho tubo, de tal forma que tengamos la posición inicial antes de la voladura.



FIGURA 58: Tubería con la cual se medirá el desplazamiento de carga por Voladura

Después de la voladura se observa solamente una parte de la tubería que inicialmente colocamos, debido al esponjamiento generado en la carga.



FIGURA 59; Posición final de la tubería, utilizada en la Prueba de Desplazamiento Carga por Voladura

El Geólogo de Control de Calidad, debe de verificar cada uno de los puntos instalados en el proyecto volado y observar el cambio de posición de estos según sea el caso, luego de la ubicación de los puntos es el encargado de coordinar con los topógrafos para efectuar el levantamiento de los puntos desplazados, con los datos ya recopilados se procede a llevarlos a la base de datos en Excel, para determinar la distancia de desplazamiento de los

mismos, inmediatamente se procede a ingresar los datos en el VULCAN 8.2 para la ubicación en el software y poder efectuar el replanteo, luego al plantear los polígonos en dicho proyecto volado se considera el desplazamiento obtenido y se entregan las coordenadas a topografía para la ubicación de los vértices de los polígonos generados.



FIGURA 60: Se observa la delimitación de los contactos litológicos que existen en Proy-020 ubicado en el Tajo Calaorco

La Delimitación litológica, es efectuada previamente a la voladura se coordina con los encargados en el proceso de voladura en nuestro caso FAMESA, para marcar en campo, las zonas de contactos de mineral/desmante con la finalidad de hacer la separación correspondiente que nos permita mitigar la dilución.

El Geólogo de Control de Calidad, debe de verificar cada uno de los puntos instalados en el proyecto volado y observar el cambio de posición de estos según sea el caso, luego de la ubicación de los puntos es el encargado de coordinar con los topógrafos para efectuar el levantamiento de los puntos desplazados, para determinar la distancia de desplazamiento de los mismos, inmediatamente se procede a ingresar los datos en el VULCAN 8.2

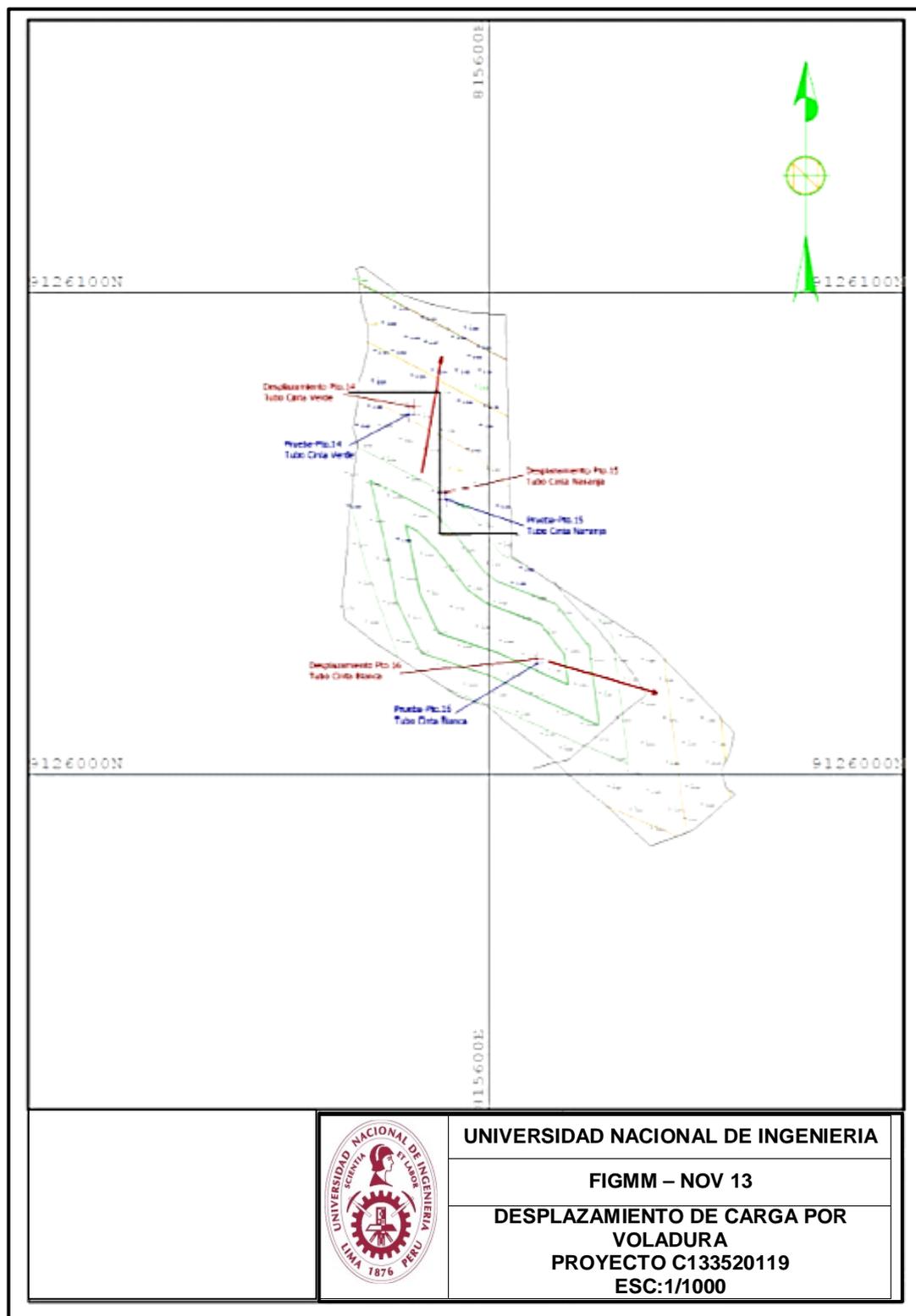


FIGURA 61: Desplazamiento de carga por voladura, por el método de malla en diamante

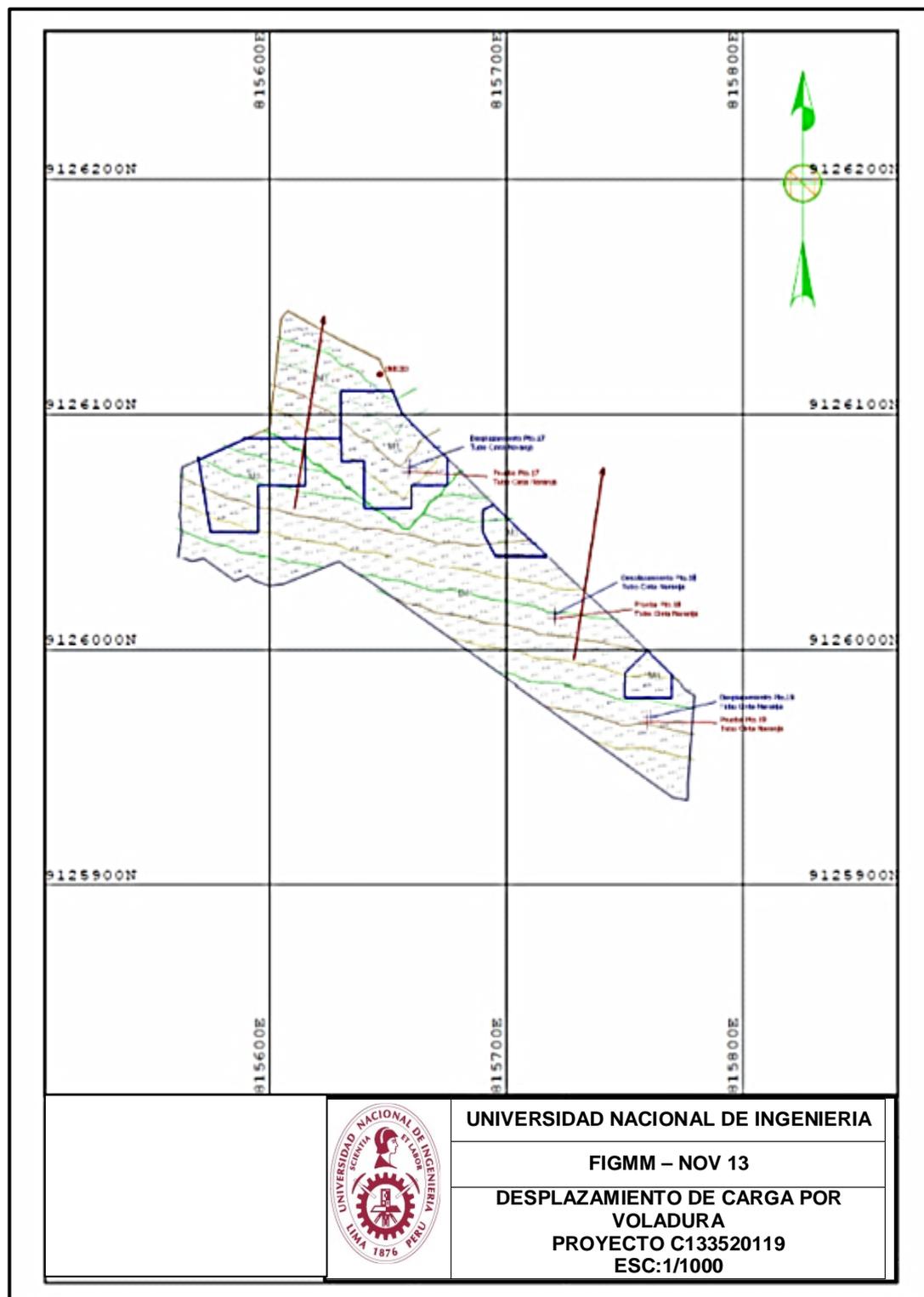


FIGURA 62: Desplazamiento de carga por voladura, por el método de malla en Echelón

En los casos visualizados anteriormente mencionados, dos mallas de diferente funcionalidad, la primera la malla de voladura en forma de diamante y la segunda malla de voladura en Echelón, se inició este tipo de proceso según la evaluación de operaciones mina, el primer método mencionado nos ayuda a ser más selectivos, con respecto a la separación de nuestros materiales, en el segundo método mencionado nos permite tener un menor desplazamiento de la carga volada pero menor control en la dilución del mineral en algunos casos.

- El diseño en diamante genera una mejor fragmentación de la carga, en el diseño Echelón afecta negativamente la granulometría de la carga, siendo esto perjudicial para el proceso de lixiviación en caso se lleve el material a producción en el PAD. En el segundo método desplazamiento en un sentido, hacia el punto de inicio de la voladura, esto genera sólo desplazamiento y no selectividad.
- El diseño en diamante nos favorece para un mejor control, tomando en cuenta que debemos de aplicar en cada proyecto la delimitación de contactos litológicos y/o de zonas de mineral/desmonte, con la finalidad que la inversión garantice la separación de estos materiales y poder mitigar la dilución y/o contaminación de nuestro mineral, que será aporte en nuestra producción en el PAD.
- El diseño en Echelón puede ser utilizado en zonas donde nuestra variedad de materiales no sea muy marcada, ese decir cuando nos encontremos en proyectos que sean netamente zonas de mineral que serán aporte a la producción, tomando en cuenta que se debería de considerar un mayor factor de carga en voladura para mejorar la fragmentación.
- El diseño de malla de voladura, del tipo Echelón, sería conveniente aplicarlo en zonas de desmonte, materiales intrusivos en el cual no es necesario ser selectivos ya que no se considera la granulometría del material.

8.2.2 Control visual en frentes de minado.

El procedimiento de Minado de material volado, se realiza respetando el polígono elaborado en el Software VULCAN 8.2, en el cual ya se han delimitado las zonas según la clasificación de materiales sea Mineral y/o Desmonte, teniendo en cuenta que los ángulos internos de los polígonos deben ser mayores a 45° para que sean operativos y considerando en cada uno de los Tajos de Producción los valores de la Ley de Corte, siendo esta:

- **Tajo Calaorco = 0.13 Au g/T**
- **Tajo Ethel = 0.11 Au g/t**

El proceso de minado se realiza con Camiones 777 (tonelaje de carga 100 Ton), con Palas Mecánicas (capacidad de carguío de 20 Ton por cuchara), Excavadoras (capacidad de carguío de 9 Ton por cuchara) y otros equipos según la necesidad.



FIGURA 63: Equipo CAT Triple 777 (110T)



FIGURA 64: PM, capacidad de carguío de (aprox. 20 T)

La función del Supervisor de Control de Calidad, es de responsabilidad y constancia en cada uno de los frentes de minado, zonas de minado sea mineral o desmonte, con mayor razón en zonas donde se pueda provocar la pérdida del mineral, en estos casos se debe tener una mayor selectividad en el proceso de minado.

En el proceso de Control Visual de cada frente de carguío, el personal de Control de Mineral, posee conocimiento de la litología y/o contactos mineralizados, tomando en cuenta a cada momento el desplazamiento de la carga por voladura considerando el dato obtenido en la prueba efectuada, siendo la responsabilidad del Geólogo de Control de Calidad la supervisión y verificación del mismo en campo, este es el encargado de efectuar el cálculo del volumen y calidad de mineral controlado debido a este proceso, esto es informado como proceso de control de dilución en cada cierre de mes.

El Controlador de Mineral en campo, es el encargado de llevar el registro en campo del carguío de mineral/desmonte, en coordinación y supervisión del Geólogo Ore Control, de forma que se cumpla con el tonelaje establecido en cada uno de los blocks, teniendo en cuenta que debe existir una variación máxima al 8%.

CAPITULO IX

EVALUACIÓN GEOMETALÚRGICA DE MATERIALES QUE SERÁN LLEVADOS AL PAD

9.1 Consideraciones Generales

- Se propuso realizar la evaluación de materiales no adecuados, que eran observados debido a las características que estos presentan, entre los existentes, podemos mencionar los siguientes: materiales argilizados, intrusivos andesíticos y dacíticos; en zonas de contactos mineralizados, presencia de lutitas carbonosas, limolitas, etc.
- En el Tajo Calaorco tenemos un porcentaje de aprox. 90% de areniscas, 8 % de material intrusivo y un 2% en otros tipos de roca, en el Tajo Ethel no existe mucha variación, ya que presenta un aprox. de 80% en roca arenisca, 20% en material intrusivo, existe variación debido a una falla de fuerte persistencia, en la cual se observa que parte del intrusivo ha sido oxidado debido a las constantes filtraciones de aguas que generaron un halo de oxidación, los óxidos presentes tienen valores en Au importantes para nuestro proceso de producción.

- Consideramos que las zonas de recuperación o que estarían expuestas a las pruebas serían aquellas que económicamente son favorables para nuestro proceso, además de contar con los valores óptimos en Au que puedan aportar en la producción diaria.
- Otra de las consideraciones a tomar es efectuar el seguimiento y observar que parámetros de restricción nos brindan los análisis efectuados en el laboratorio metalúrgico, los cuáles servirán de control dentro de los lineamientos propuestos en resultado de estas evaluaciones.
- Tenemos análisis químicos tradicionales lo cuales no bastan. La caracterización debe ser según las necesidades de nuestros procesos con la finalidad de poder optimizar el mismo, para nuestro proceso inicial evaluaremos la condición físico-química-mecánica, empleando pruebas de columna de materiales, a una escala determinada, de tal forma que simulen los procesos realizados en el PAD de lixiviación.
- Este tipo de caracterización de los materiales, nos permite mejorar los procesos llevados dentro de nuestra planificación, en nuestro caso se optó por la acumulación de este material para su posterior tratamiento.
- Se debería de considerar la elaboración del modelo Geometalúrgico, de tal forma que se tenga una mayor proyección con respecto a los programas de planeamiento de corto y mediano plazo, quizá se requiera alguna zona adecuada, para el tratamiento especial de estos materiales, debido a las condiciones climáticas variables por temporadas que son observadas en nuestra unidad.

9.2 Aplicación Práctica en el Unidad Minera

Podemos mencionar que con la finalidad de poder optimizar nuestros recursos invertidos, en coordinación con el área de Investigaciones metalúrgicas, se llevaron a cabo algunas pruebas de percolación en los materiales observados, la problemática se presentaba directamente a propiedades físico-químicas-mecánicas, estos materiales eran derivados a zona de desmonte o no tomadas en cuenta para el proceso de minado, a pesar de que se observó un contenido en Au que podría ser aporte en nuestra producción. A continuación observaremos la de mayor aporte a la producción y los resultados obtenidos.

9.2.1 Cianuración por Percolación en columna del mineral en intrusivo

El principal objetivo de estas Pruebas Metalúrgicas a escala, es de generar un piloto para obtener la información básica sobre el comportamiento Metalúrgico del mineral en intrusivo del tajo Ethel.

En coordinación con el área de Planta-Laboratorio Metalúrgico, se decide hacer pruebas de cianuración por percolación en columnas, utilizando una muestra representativa del tajo Ethel, identificada como material intrusivo con presencia de Óxidos con contenido en Au. Esta muestra presenta una ley en oro de 0.658 g/TM, y cobre de 538 g/TM. La muestra tomada (200 Kg aproximadamente), se somete a un chancado a 100% -5/16", luego se homogeniza y se cuartea para tomar una muestra de 20 Kg aproximadamente.

Esta muestra se reduce a 100% - 10 mesh, se homogeniza y se toma dos muestras finales de 1 Kg cada una, una de estas muestras se envía a laboratorio químico para su análisis (será la cabeza general de dicha columna) y la otra muestra queda en Laboratorio Metalúrgico en calidad de contramuestra.

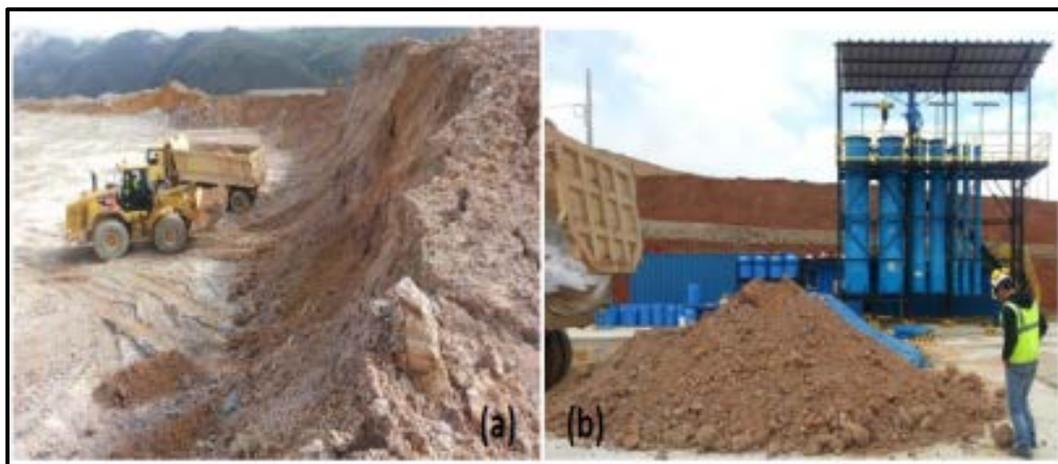


FIGURA 65: Toma de muestra en el tajo (a), Recepción de muestra (b)

Es muy importante contar con leyes referenciales de cabeza significativamente confiable desde el inicio del programa experimental, de manera que los reajustes de las extracciones calculadas durante la prueba de lixiviación (con la ley de cabeza y las soluciones cianuradas) serán mínimas.

Tabla 8: Cuadro de Análisis Químico del Mineral Intrusivo y arenisca del Tajo Ethel

TIPO DE MINERAL	DISTRIBUCION EN PESO (%)	LEY CABEZA ANALIZADA (gr/tn)			LEY CABEZA PONDERADA(gr/tn)		
		Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu
INTRUSIVO	51	0,658	<0,5	538	0,358	<0,5	289
ARENISCA	49	0,045	<0,5	29			

Las Pruebas Metalúrgicas de cianuración por percolación en columnas, se iniciaron el 12/03/2013 con la columna N° 1 (9.0 TM de 100% INTRUSIVO, granulometría ROM, ratio de flujo de 6 Lt-h/m² y se rego con una concentración de NaCN de 100 ppm), seguido el 13/03/2013 con la columna N° 3 (4.0 TM de 100% INTRUSIVO, granulometría 100 % -6", ratio de flujo de 6 Lt-h/m² y se rego con una concentración de NaCN de 100 ppm).

Se realizó la prueba de alcalinidad que consistió en determinar el pH natural del mineral y el consumo de cal para llegar a un pH mínimo de 10.5, estando a estas condiciones, no se tendrá pérdidas de cianuro en forma de gas cianhídrico, el cual sería muy dañino para la salud y también distorsionaría el balance del consumo de este reactivo. Se realizaron pruebas de Alcalinidad (determinación del consumo de Cal) para la muestra blendeada con mineral INTRUSIVO y ARENISCA del tajo Ethel. La prueba se realizó en bidones de plástico de 20 Lt de capacidad, con 2 Kg de mineral y 4 Lt de agua, se agitó durante 24 hr.

Al inicio se dejó agitando la botellas durante 6 horas para determinar el pH natural del mineral; los controles de pH y consumo de cal se realizaron a las 2, 6, 12, 18 y 24 hr, en estos controles se adicionaba cal para mantener un pH mínimo de 10.5. Los resultados obtenidos en la prueba de alcalinidad, se presentan en la tabla 8. La cal usada en estas pruebas y también en el proceso, fue de 84 % CaO.

Tabla 9: Cuadro de Resultados de la prueba de alcalinidad del mineral del Tajo Ethel

MINERAL	Ph NATURAL	CONSUMO DE CAL (kg/tn)
INTRUSIVO	6,3	1,3
ARENISCA	7,2	0,6
51%INTRUSIVO + 49%ARENISCA	6,6	1,1

Prueba de cianuración por agitación en botella

Las pruebas se realizaron en bidones de plástico de 20 Lt de capacidad, con 2 kg de mineral y 4 Lt. de agua y se agitó durante 96 horas. Estabilizando el pH constantemente; se inició la prueba con la adición de Cianuro de Sodio, luego los controles se realizaron a las 2, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas, en estos controles se tomó 30 ml de alícuota para analizar el CN-, pH y análisis químico por Au, Ag y Cu. Terminada la prueba, se realizó un lavado a los rios antes de ser analizados (para eliminar los metales disueltos acomplejados con cianuro que están presentes en la solución en forma iónica).

Cada prueba se realizó por duplicado y los promedios se presentan en la figura 75.

Tabla 10: Cuadro de resultados de la prueba de cianuración por agitación de la botella

MUESTRA	LEY DE CABEZA (gr/tn)			LEY DE RIPIOS (gr/tn)			EXTRACCION (%)			REACTIVOS (kg/tn)		pH NATURAL
	Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu	Cal	NaCN	
INTRUSIVO	0,658	<0,5	538	0,084	<0,5	443	87,2	6,3	16,7	1,3	0,15	6,3
ARENISCA	0,045	<0,5	29	0,01	<0,5	27	81,4	2,1	4,6	0,6	0,06	7,2
51% INTRUSIVO + 49% ARENISCA	0,358	<0,5	289	0,045	<0,5	251	86,7	5,8	13,4	1,1	0,12	6,6

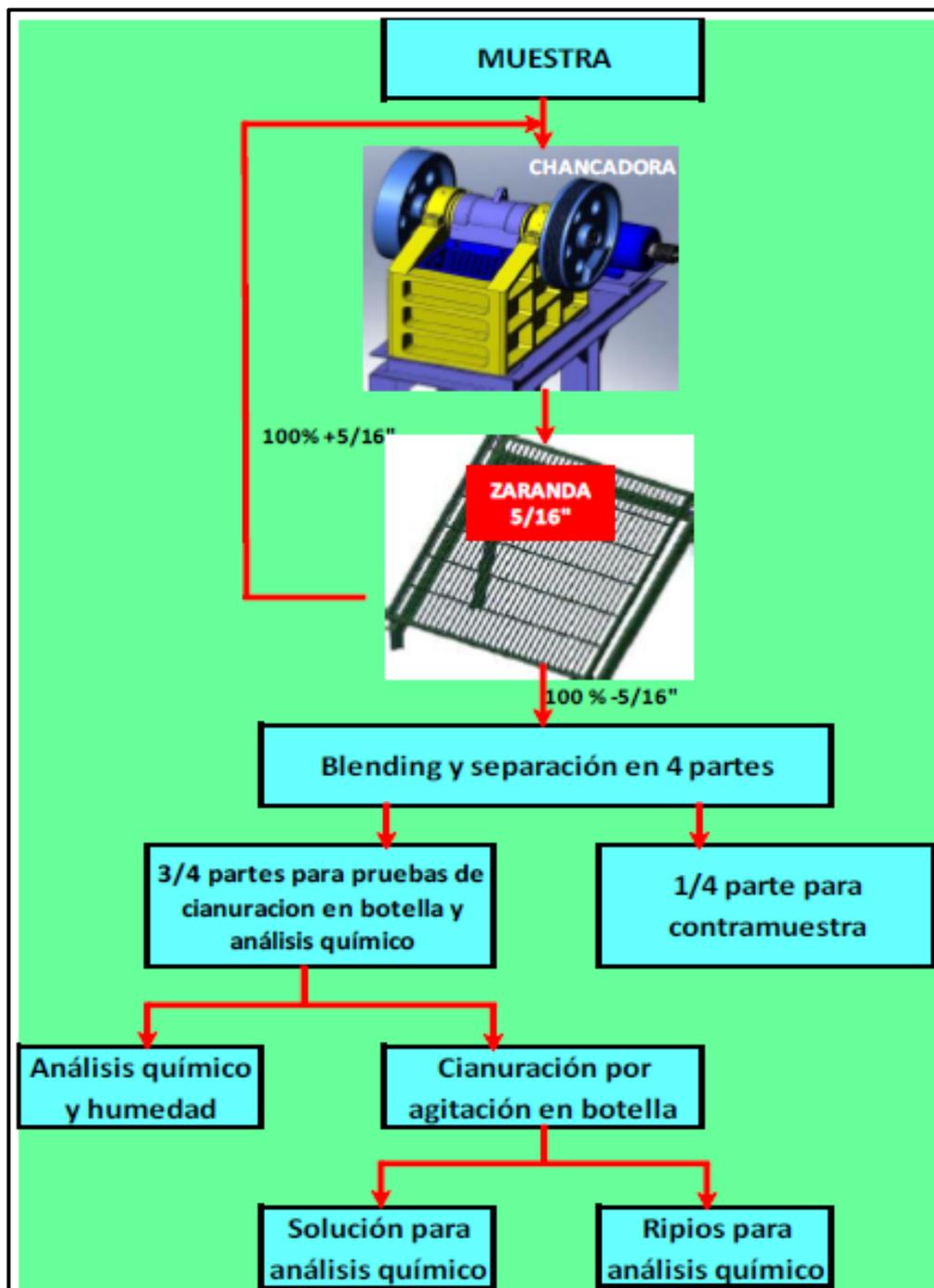


FIGURA 66: Esquema de procedimiento de prueba de cianuración por agitación en botella

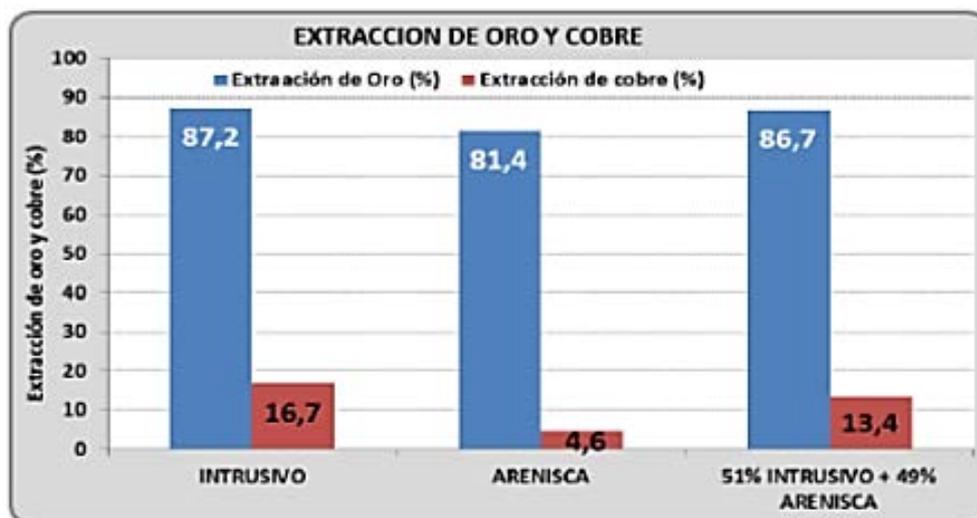


FIGURA 67: Extracción del Au y Cu con la prueba de cianuración por agitación en botella

Con estos resultados se afirma que el mineral blendeado (51% INTRUSIVO y 49 % ARENISCA) tienen una recuperación del oro máxima de 86.7 % y 13.4 % para el cobre, esto se pudo demostrar en las pruebas de botellas efectuadas, luego de esto procedemos con un sustento a las pruebas de columnas, a escala.

9.2.2 Desarrollo de la prueba de Cianuración por Percolación en columna

En vista que se preveía que dichas columnas se encharcaría (colapsaría la percolación), el 15/03/2013 se inició el riego en columnas pequeñas de PVC de 2 m de alto Nº 8, 9, 10, 11 y 12; estas columnas solo tienen una capacidad de 80 Kg. Las condiciones aproximadas de lixiviación de estas columnas fueron: 80 Kg de 100% INTRUSIVO, granulometría 100 % - 2", concentración de NaCN de 100 ppm y ratio de flujo de (6 Lt-h/m², 8 Lt-h/m², 10 Lt-h/m², 12 Lt-h/m² y 14 Lt-h/m² respectivamente). En vista que El mineral INTRUSIVO por sí solo no percola, manteniendo un ratio de flujo de 6 Lt-h/m², solo puede percolar hasta 2 m, y al cabo de 8 días colapsa (se encharca).

El 19/03/2013 se inicia el riego de la columna N° 4 (4.1 TM de 51% INTRUSIVO y 49 % ARENISCA, granulometría 100 % -6", ratio de flujo de 10 Lt-h/m² y se rego con una concentración de NaCN de 100 ppm) esta columna se llenó con mineral INTRUSIVO blendeado con mineral ARENISCA de baja ley. Con respecto a la compactación que se genera por efecto de la lixiviación al humedecer las partículas del mineral, los resultados fueron 12.2 %, esto es un valor relativamente alto, implicando que en la operación industrial, el asentamiento puede llegar hasta 1 m para un lift de 8 m de altura.

Se verificó las bombas peristálticas, equipos de pesado e instrumentos de medición que se encuentren en perfectas condiciones, debidamente calibrados. Después de llenar la columna, se regó con solución a una concentración de CN- de 100 ppm; debido a que el mineral tenía problemas de percolación, se empezó con un ratio de flujo de 6 Lt/hr-m², después que salió la solución pregnant, se subió el ratio de flujo a 10 Lt/hr-m².

Se tomó el tiempo de inicio del riego hasta que la solución cayera por primera vez del fondo de la columna; este dato nos permite calcular la velocidad de percolación de la solución lixivante. Se pesó el volumen de solución colectada durante 24 horas y se determinó su densidad. A la hora del control de la columna, se tomaron los siguientes parámetros: peso de la solución pregnant, barren y lixiviación, altura vacía de columna, toma de muestras líquidas para análisis químico, CN- y pH.

La solución pregnant se pasó a través de columnas con carbón activado para retener los elementos valiosos disueltos en la lixiviación. La solución barren se trasvasó a la parte superior, constituyéndose como solución lixivante, se reajustó la concentración de cianuro. Se hace un control diario de análisis químico de soluciones, control minucioso de los flujos de riego y caída de solución pregnant.

La Figura 78, muestra un resumen de la recuperación de oro y cobre del mineral “(INTRUSIVO + ARENISCA)” del tajo Ethel. Se aprecia que la recuperación de oro es 74.1 % en 40 días de lixiviación, para ello se ha consumido 0.09 Kg de NaCN/tn de mineral y se usó 1 Kg de Cal/tn de mineral. Con respecto al asentamiento del mineral se observa que está en un promedio de 12.2 %.

Tabla 11: Resumen de recuperación del Au y Cu del mineral Intrusivo y Arenisca

COLUMNA	TIPO MINERAL	GRANULO METRÍA	INICIO RIEGO	DIAS LIXIVIACION	TMS	CABEZA ENSAYADA(gr/tn)		RECUPERACION (%)		REACTIVOS (kg/tn)		pH TRABAJO	ASENTAMIENTO (%)
						Au	Cu	Au	Cu	NaCN	Cal		
1	INTRUSIVO	ROM	12-3-13	4	9,0	0,66	538	SE ENCHARCO				12,1	
3	INTRUSIVO		13-3-13	4	3,9	0,66	538	SE ENCHARCO				8,8	
4 (*)	INTRUSIVO + ARENISCA	100% - 6"	19-3-13	40	4,1	0,36	289	74,1	0,2	0,090	0,99	10,5	12,2
8 (**)	INTRUSIVO			8	0,075			34,8	0,1	0,056	1,38	10,2	23,1
9 (**)	INTRUSIVO			3	0,072			28,7	0,0	0,026	1,42	8,6	22,9
10 (**)	INTRUSIVO	100% - 3"	15-3-13	3	0,076	0,66	538	41,4	0,0	0,042	1,36	8,7	23,5
11 (**)	INTRUSIVO			3	0,075			45,6	0,1	0,050	1,38	8,8	24,0
12 (**)	INTRUSIVO			3	0,071			49,9	0,2	0,062	1,46	9,7	24,5

(*) El mineral llenado a la columna se BLENDEO en: (51 % INTRUSIVO y 49 % ARENISCA)

(**) La recuperación de los valores metálicos es solo por los días de riego, solo se rego esa cantidad de días por lo que se encharcaron



FIGURA 68: Instalaciones del Laboratorio Metalúrgico

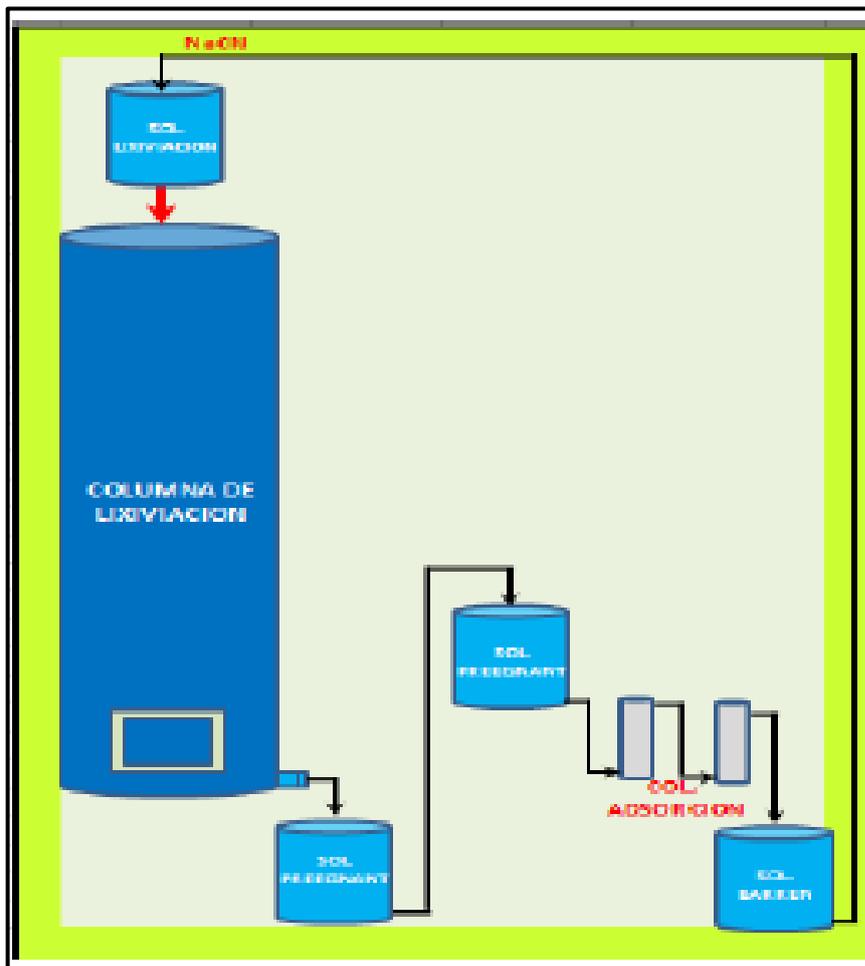


FIGURA 69: Esquema del proceso de cianuración por percolación en columnas

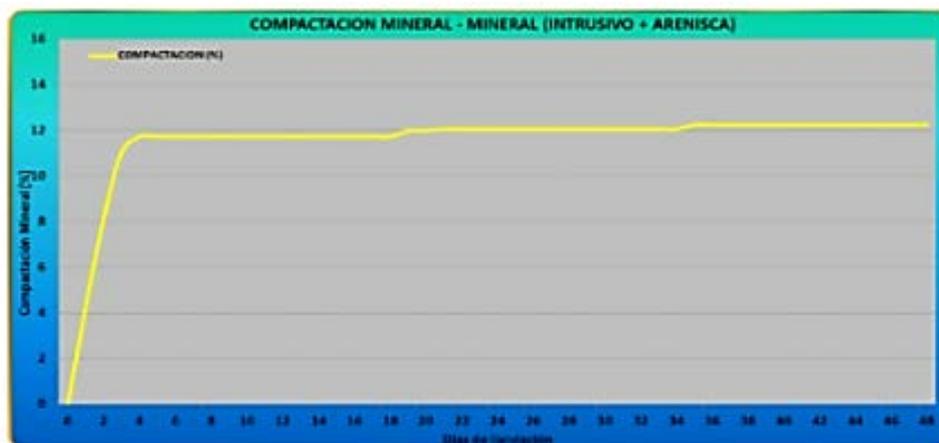


FIGURA 70: Comparación por efecto de lixiviación del mineral Intrusivo y Arenisca

DEDUCCIONES OBTENIDAS EN EL TRATAMIENTO DE MATERIALES NO ADECUADOS PARA PRODUCCIÓN EN EL PAD

- El mineral en Intrusivo, no se puede lixiviar por sí solo, **no percola**, por lo que se tiene que hacer un blending con un mineral en arenisca. La ley de oro en mineral en intrusivo es 0.658gr/tn y 538gr/tn de cobre.
- En la prueba de cianuración por percolación en columna, la recuperación de oro en el mineral (intrusivo + arenisca) es de 74.1 %. la recuperación de cobre en el mineral (intrusivo + arenisca) es de 0.2 %.
- La velocidad de percolación de la solución de lixiviación es aproximadamente 2 m/día. La compactación del mineral producto de la lixiviación es de 12.2 %.
- Se aprecia que la concentración del cobre en la solución pregnant llega a un máximo de 104 ppm, este es un valor muy alto, se recomienda que a nivel industrial se riegue el mineral a una concentración de CN- de 80 ppm aproximadamente.
- Para esta prueba se realizó un blending de 51% de mineral en intrusivo con 49 % de mineral en arenisca, pero para la operación industrial, se recomienda que el blending se realice 25 % mineral en intrusivo con 75 % mineral en arenisca; esto implica que por cada camión Triple 7 con mineral en arenisca corresponde un volquete actros con mineral intrusivo.

CONCLUSIONES

1. El Yacimiento de La Arena, es de un depósito hidrotermal de alta sulfuración, en el cual el emplazamiento de mineral se realiza en las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú, cretáceo inferior y se presenta en mantos con diseminación de Au y vetas delgadas a finas, las cuales cortan a los mantos mineralizándolos. Presenta un control andino, fallas regionales NW-SE, y fallas locales, como la falla Calaorco cuya dirección es NE-SW, E-W y NS.
2. En la zona Sur se tiene su mejor zona mineralizada, debido a la presencia de uno de sus controles principales Veta Tilza (rumbo N60°W, Bz 75°), la cual es cruzada por la Veta Calaorco (rumbo NE-SW), generando una zona de altas leyes mayores, directamente controladas por la intersección de fallas SW-NE.
3. La mineralización de la zona se observa notoriamente en los contactos con los intrusivos Dacítico-Andesítico, debido a la formación de brechas mineralizadas, como también a la abundancia de óxidos, los que pueden llegar hasta los 250 metros de profundidad en zonas donde las areniscas han sido fuertemente fracturadas y esporádicamente, a la zona de alunitización, en estos contactos vamos a optimizar el control de la dilución del mineral debido a los altos valores en leyes de Au que presentan y son beneficiosos para la producción.

4. En zonas donde las estructuras están distanciadas, se forman cuerpos diseminados de bajas leyes, esto se observa en parte en la zona Norte del Tajo Calaorco cercana a la influencia del Dique Central, en el cual se observan tendencias de leyes medias a bajas, hacia el lado Sur mencionado anteriormente la cercanía del control principal NW "Veta Tilza", y las estructuras NE-SW "falla Calaorco", cercanas al dique Gigi generan tendencias de leyes altas a medias.
5. Se debe de considerar efectuar taladros destinados exclusivamente al proceso de muestreo, tomando las consideraciones de recuperación de finos y/o fallas operativas, debido a que existen problemas al efectuar la toma de muestra en los taladros de voladura o Blast Hole.
6. Para el caso de la toma de muestra, se debe de efectuar pruebas de heterogeneidad de tal forma que nos brinde una mayor información con respecto a la representatividad de la muestra, cuánto será el peso adecuado a recuperar y ser procesada para ser enviada al laboratorio para el respectivo análisis.
7. Se tiene una pérdida en el proceso de perforación de los taladros Blast hole, de la forma que se ejecuta se pierden materiales finos, lo cual afecta en mayor grado a las muestra que se encuentran en el límite de la ley de corte, se viene evaluando estas condiciones con la finalidad de reducir y mejorar el control de leyes.
8. Con el proceso de Control de Mineral, se garantiza que el minado de los materiales sea Mineral o desmonte y lleguen al destino adecuado, ya sea al PAD de lixiviación o al botadero respectivamente.
9. Las Pruebas de Desplazamiento de Carga por Voladura, efectuadas en cada uno de nuestros proyectos, nos generó un desplazamiento promedio en los bancos de 6.00m de profundidad de 1.5m, en el caso de bancos de 8.00m de profundidad es de 2.0m.

10. Para los diseños de mallas de voladura, tenemos como mejor obtención de resultados en el caso de diversidad de materiales en el proyecto, el diseño en diamante o cocadas, permite la separación de los materiales, esta selectividad nos disminuye la dilución del mineral, sumado al control de materiales efectuados en el campo.
11. En el caso del diseño en Echelón, que es necesario un punto de salida y en esa dirección se produce la voladura, podemos utilizarlo exclusivamente en zonas donde tengamos tonelajes considerables en desmonte, debido a que genera rompimiento de roca y desplazamiento, Este proceso será de mucha importancia ya que permite controlar la dilución en las zonas de mineral.
12. El QA/QC proceso de control, tiene por objetivo, optimizar los procesos de Control de Mineral, se debe aplicar desde el inicio de toma de muestra en campo, para tener un control definido de las leyes sostenidas diariamente en la producción.
13. El Control de Aseguramiento y Calidad QA/QC, nos permite evaluar además la variabilidad de nuestros procesos en el tipo de yacimiento que venimos evaluando, banco a banco el comportamiento de las muestras nos brindan información de cómo esto se representa, se busca mitigar la dilución en los procesos relacionados a la producción de mineral.
14. El mineral en intrusivo, no se puede lixiviar por sí solo, no percola, por lo que se tiene que hacer un blending con mineral presente en areniscas. La recuperación de oro en el mineral (intrusivo + arenisca) es de 74.1 %. la recuperación de cobre en el mineral (intrusivo + arenisca) es de 0.2 %. La velocidad de percolación de la solución de lixiviación es aproximadamente 2 m/día.

15. En las pruebas metalúrgicas efectuadas, se realizó un blending de 51% de mineral en intrusivo con 49 % de mineral en arenisca, pero para la operación industrial se recomienda que el blending se realice 25 % mineral en intrusivo con 75 % mineral en arenisca, esto implica que por cada camión triple 7 con mineral en arenisca corresponde un volquete Actros con mineral en intrusivo.

RECOMENDACIONES

1. Se debe de continuar optimizando el proceso de muestreo, concretar el proceso de Test de Heterogeneidad y plantearlo en nuestro proceso, de tal forma que se tengan parámetros que brinden mejores resultados en la obtención de la representatividad de la muestra. De tal manera que podamos conseguir un mejor control en las leyes obtenidas por el proceso de muestreo.
2. Continuar con las Pruebas de Desplazamiento de Carga por voladura, con el objetivo de mitigar la dilución del mineral, priorizando las zonas de contactos litológicos en los cuales tengamos comprometidos zonas de aporte a la producción. Tomando en cuenta dichas zonas de contactos litológicos donde observamos brechas de alto valores en Au, producto de los contactos entre arenisca e intrusivos.
3. Se debe evaluar que en el proceso de perforación de taladros Blast Hole se pueda recuperar la muestra en su totalidad y no se generen pérdida de finos, debido a que en este proceso podríamos estar despreciando muestras de mineral de baja ley.
4. Se debe de implementar el ACQUIRE como software de soporte técnico, para que de esta manera se descarguen de datos de laboratorio en forma directa, evitando doble manipulación de datos, ya que los errores se producen cuando estos son muy manejables y/o manipulados por muchas personas dentro del proceso de ingreso de datos.

5. Comparar de manera constante los resultados de Control de Calidad con los obtenidos en los laboratorios externos, cuyo objetivo es determinar los posibles errores en todo el proceso de tratamiento de datos, mediante esto plantear soluciones inmediatas y adecuadas a nuestro caso, con la finalidad de llevar un mejor control en la leyes de Au.
6. Implementar un sistema de control de mayor tecnología en las pruebas de desplazamiento, de tal forma que nos permitan tener un control con mayor precisión en cada uno de los proyectos volados en campo y optimizar nuestros procesos mitigando la dilución del mineral.
7. Como parte del diseño de polígonos de Control de Mineral y del proceso, se debe de continuar comparando los polígonos de materiales obtenidos luego de la voladura con los modelos de bloques de mediano plazo, para poder observar si existen muchas variaciones referentes al modelo inicial planteado con la finalidad de mitigar la dilución del mineral y por ende la pérdida en el aporte a la producción.
8. Continuar en constante capacitación en los nuevos métodos de Control de Calidad y optimizar los procesos, hasta que con el constante entrenamiento de todo el personal involucrado en esta actividad, tenga la capacitación debida y se observe la aplicación correcta en el campo, teniendo como resultado la mejora en control de leyes.
9. Se debe de continuar con las capacitaciones del personal que se encuentra interrelacionado en nuestra actividad, personal de otras áreas dentro de la operación minera, ya que es necesario que conozcan la realidad e importancia del mismo, así poder llevar nuestros procesos en forma adecuada y mejorar la productividad en nuestra operación minera.

10. Continuar con las evaluaciones Geometalúrgicas, de los diversos materiales que presentan valores considerables en Au, que contribuyan con nuestra producción, estar en constante comunicación con el área de Laboratorio Metalúrgico, de tal forma que podamos cubrir las necesidades en los materiales que requieran para su análisis y por ende tener conocimiento de los materiales adecuados que descarguemos en el PAD que puedan contribuir en la producción y crecimiento de nuestra Empresa.

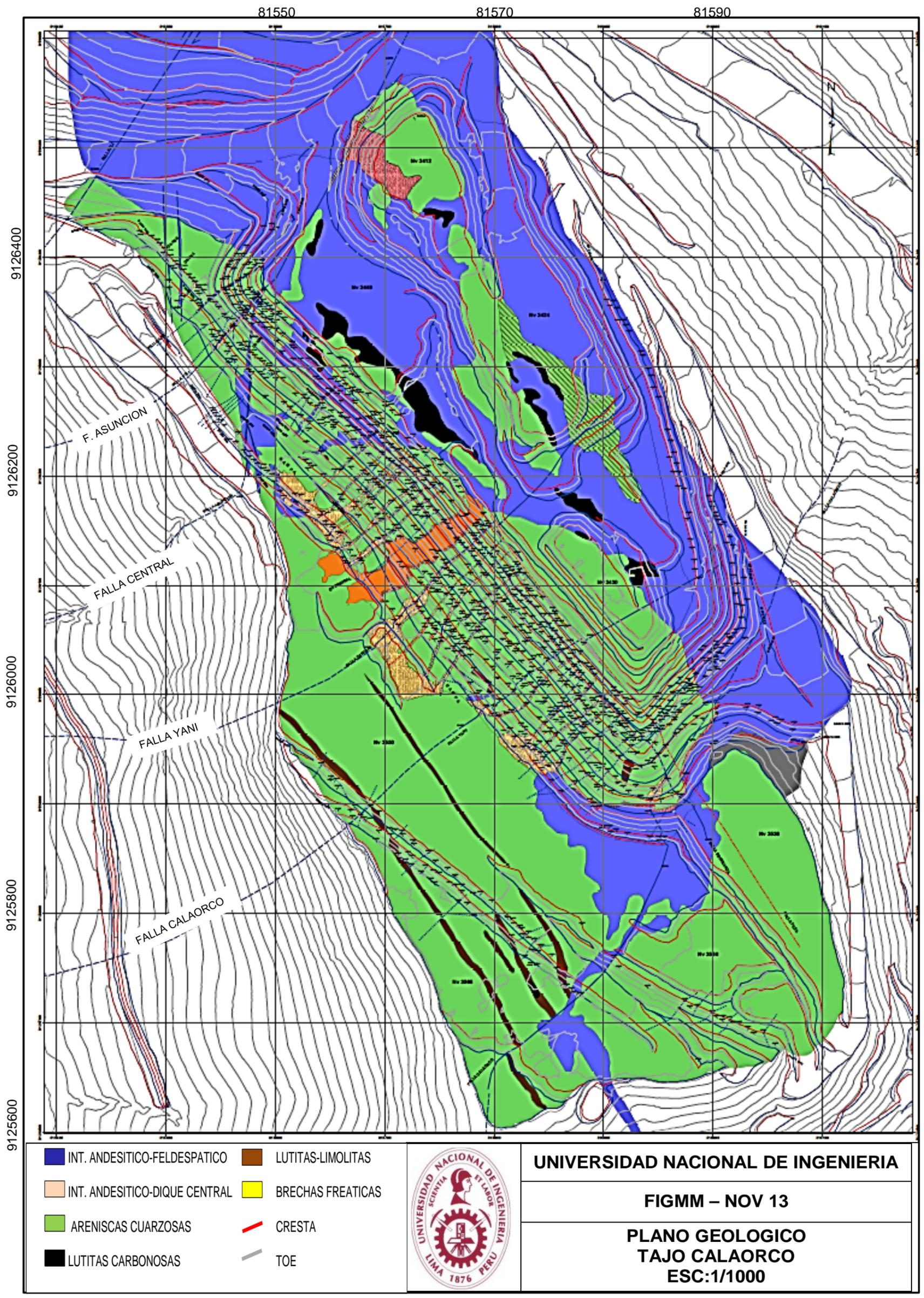
11. Se debe de minar las zonas de intrusivos argilizados con presencia de óxidos que presenten valores en Au, ya que su recuperación es aprox. 75% en Au, considerando leyes medias de tal forma que con las evaluaciones económicas realizadas puedan ser aporte a la producción. Se recomienda acumular este material en el Stock de óxidos y efectuar su tratamiento en épocas donde no se presenten precipitaciones ya que por la presencia de estas se provoca un encharcamiento natural por el tipo de material.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

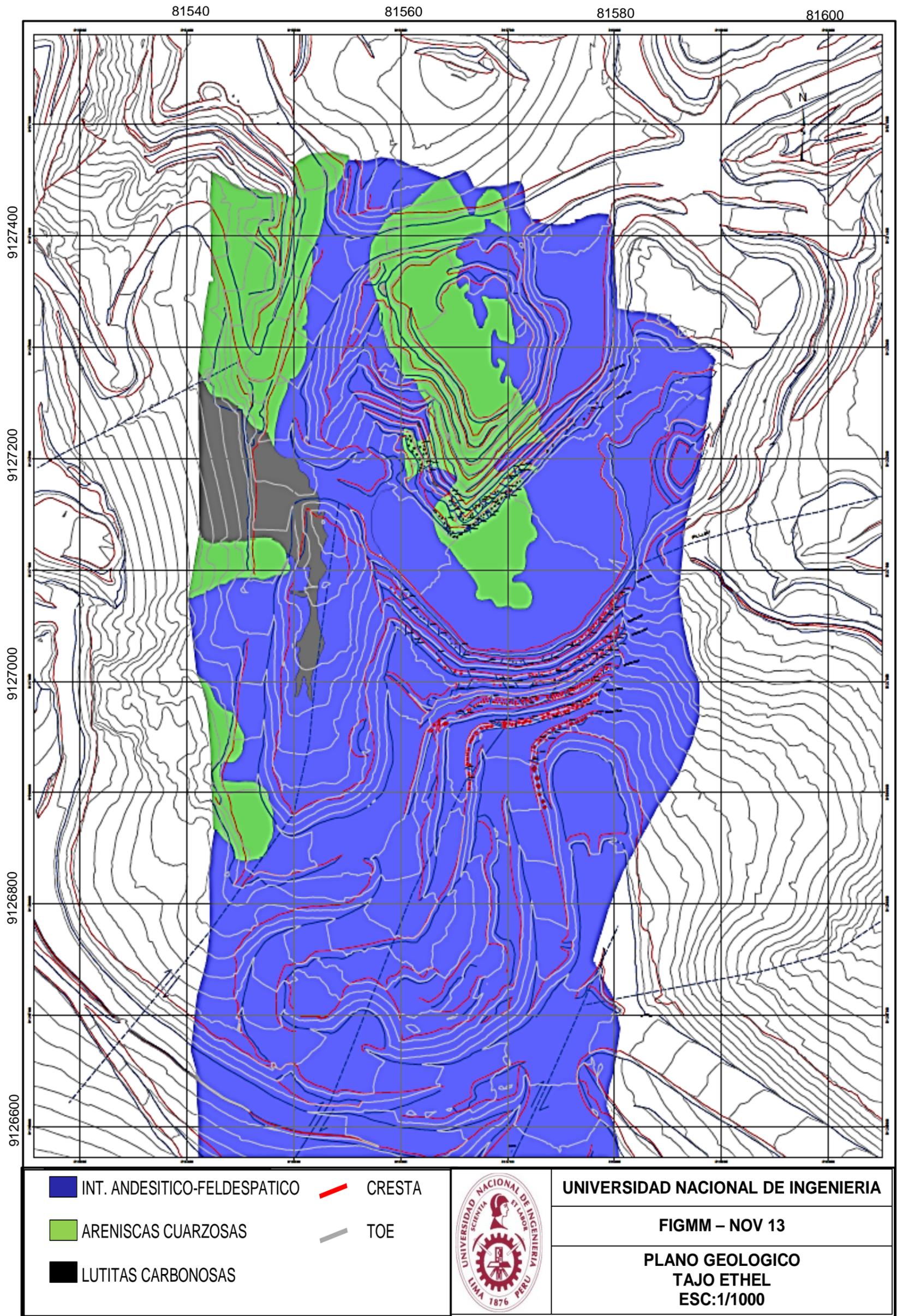
- Alfaro M. (2002) Introducción al Muestreo Minero. Santiago. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile.
- André Gauthier, Noel Díaz, Víctor Quirita. (2007). Yacimientos LA ARENA-VIRGEN, SOCIEDAD MINERA CAMBIOR PERU S.A.
- Área Geología Mina. (2013). Codificación de Muestras de Blast Hole (BH). Procedimientos Establecidos de Trabajos Seguro. (GE-003). Unidad Minera La Arena SA.
- Área Geología Mina. (2013). Demarcación de Polígonos de Mineral/Desmonte en el Tajo. Procedimientos Establecidos de Trabajos Seguro (GE-004). Unidad Minera La Arena SA.
- Área Geología Mina. (2013). Control de Campo de Materiales Minados Procedimientos Establecidos de Trabajos Seguro. (GE-006). Unidad Minera La Arena SA.
- Área Geología Mina. (2013). Elaboración de polígono de Ore Control con Software VULCAN. Procedimientos Establecidos de Trabajos Seguro (GE-007). Unidad Minera La Arena SA.
- Área Geología Mina. (2013). Muestreo de Taladros Blast Hole. Procedimientos Establecidos de Trabajos Seguro (GE-013). Unidad Minera La Arena SA.
- Área Geología Mina. (2013). Mapeo Geológico de Taludes de Banco. Procedimientos Establecidos de Trabajos Seguro (GE-014). Unidad Minera La Arena SA.
- Área Geología Mina. (2013). Prueba de Desplazamiento de Carga por Voladura. Procedimientos Establecidos de Trabajos Seguro (GE-051), Unidad Minera La Arena SA.
- Área Geología Mina. (2013). Control de Tonelajes en Camiones de Mineral. Procedimientos Establecidos de Trabajos Seguro (GE-053), Unidad Minera La Arena SA.

- Corbett G. and Leach T. (May, 1997). Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration and Mineralization. Short Course Manual.
- Díaz, Noel y Quirita, Víctor (Mayo, 1998). El yacimiento aurífero “La Arena” – Norte del Perú. 3er Simposium Internacional del Oro, Lima.
- FAMESA. (2013). Evaluación de diseños de voladura en diversos tipos de mallas, optimización de procesos. Unidad Minera La Arena SA.
- Ing. Joel Merino, Jefe de Investigaciones Metalúrgicas. (Octubre 2013). INFORME CIANURACIÓN POR AGITACION EN BOTELLAS, Unidad Minera La Arena SA.
- Ing. Joel Merino, Jefe de Investigaciones Metalúrgicas. (Agosto 2013). INFORME DE CIANURACIÓN POR PERCOLACION EN COLUMNAS DEL MINERAL INTRUSIVO (TAJO CALAORCO Y ETHEL) – BLENDEADO CON ARENISCA. Unidad Minera La Arena SA.
- La Arena. (30 September 2011). Prepared by Kirk Mining Consultants Pty Ltd on behalf of Rio Alto Mining Limited, Effective. Project, Perú. Unidad Minera La Arena SA. (Reporte Privado). Technical Report (NI 43-101).
- Quirita, Víctor (Diciembre, 1998). Proyecto La Arena. Síntesis de la Exploración del Yacimiento de Oro-Cobre. (Reporte Privado).
- Quirita, Víctor (Febrero, 1997). Informe Anual 1996. Proyecto La Arena. Cambior Perú. (Reporte privado).
- Williams, Sydney (July, 1996) - a. Petromineragraphic Study of 8 core samples of first drilling phase. La Arena project. Private report.
- DISEÑO DE VOLADURAS EN TAJO. (2010).
Recuperado de <http://www.tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/6351/Capitu>
- Msc. Jorge Acosta. PROEXPLO 2013. DEPOSITOS EPITERMALES. (
Recuperado de <http://www.proexplo.com.pe/2013/programa/c>
Yacimientos/Metalogenia/DEPOSITOS/TIPO/EPITERMALES.pdf

ANEXOS



Anexo 3: Plano Geológico de Tajo Calaorco



Anexo 4: Plano Geológico de Tajo Ethel

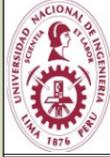
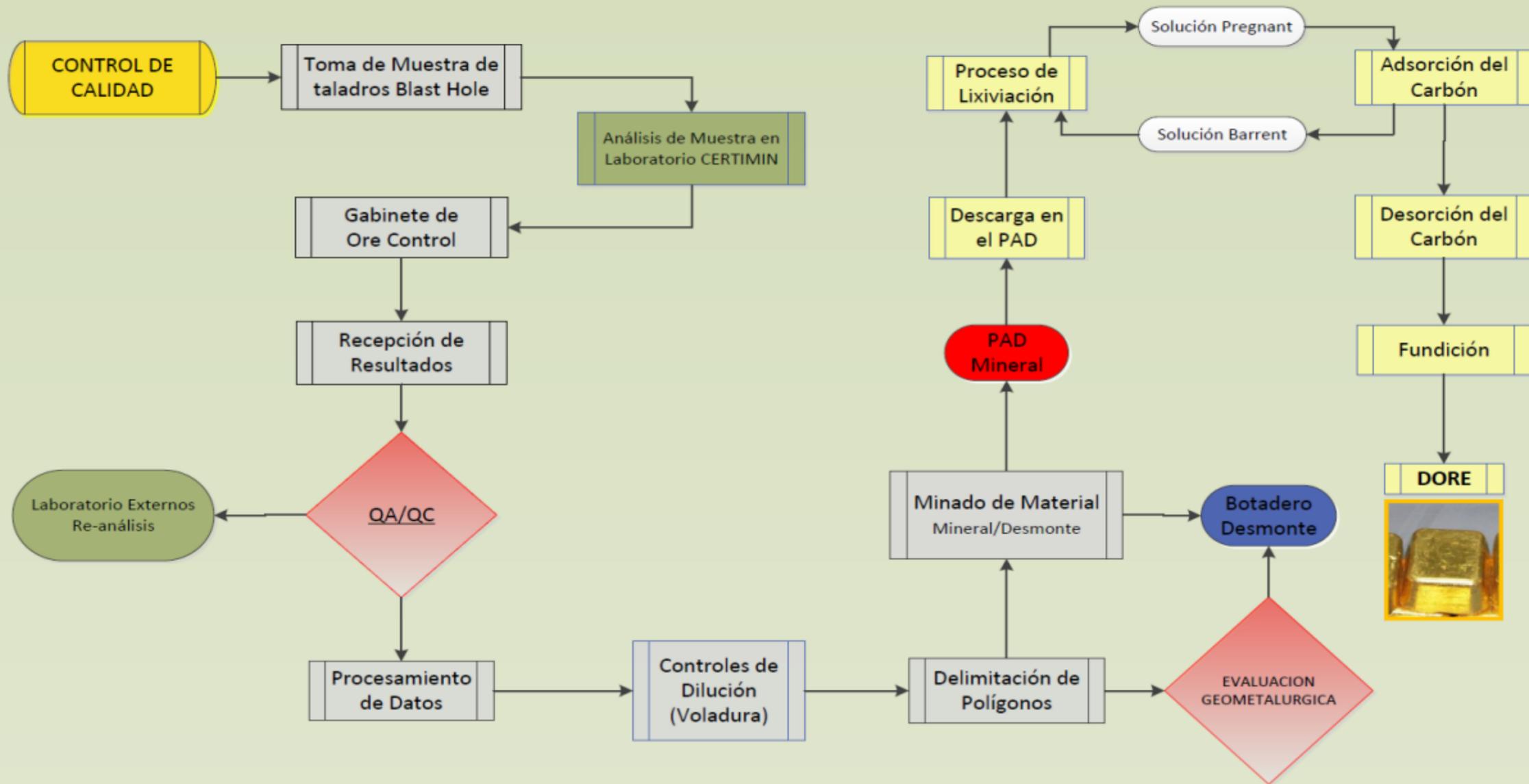
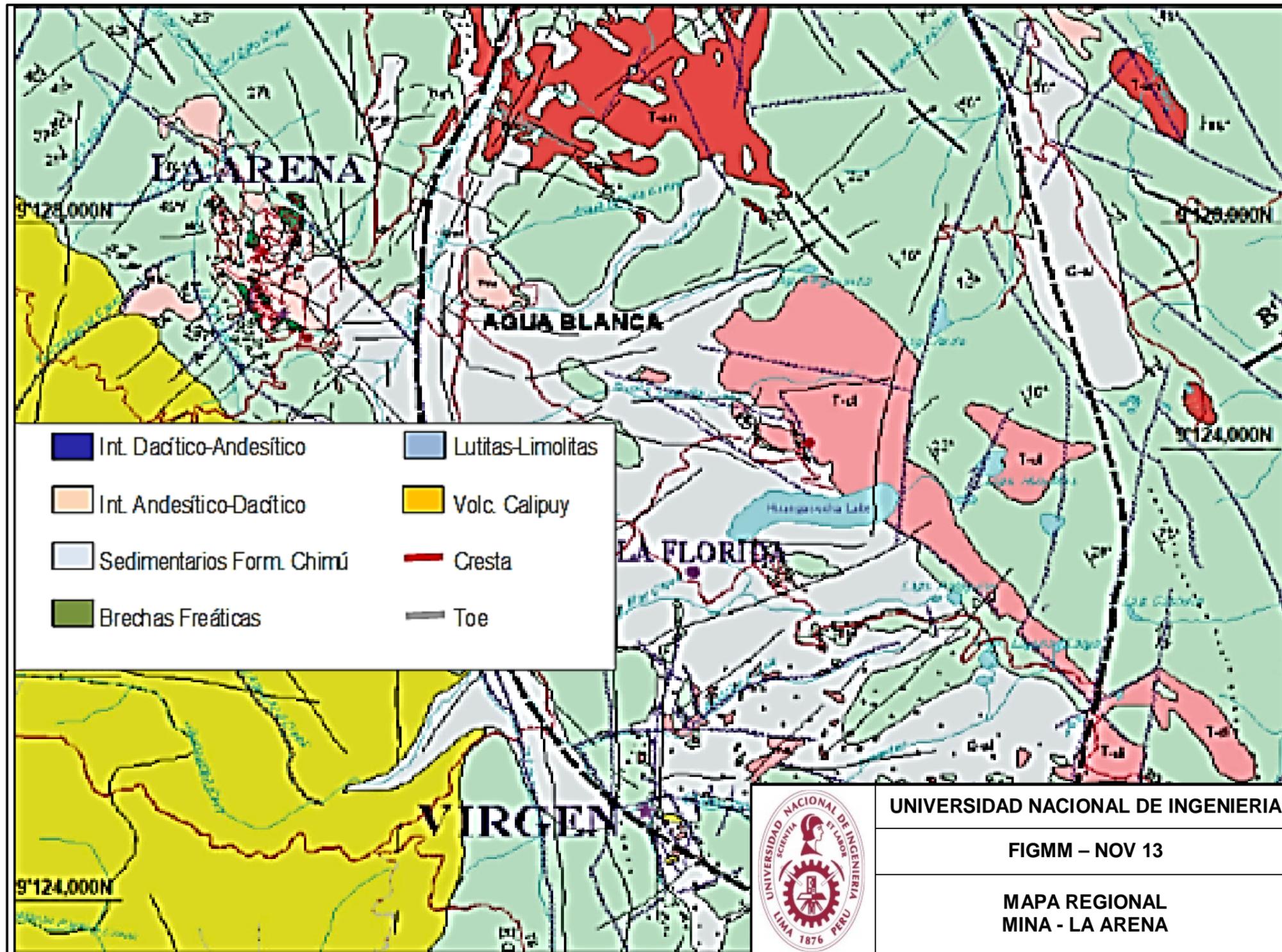


DIAGRAMA DE PROCESOS DE CONTROL DE CALIDAD EN LA OBTENCIÓN DEL Au



Anexo 1: Diagrama de procesos de Control de Calidad en la Obtención del Au



Anexo 2: Plano Regional del Yacimiento de la Arena