

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA



TESIS

Análisis Geo-Metalúrgico de los elementos nocivos que se encuentran dentro del proceso de lixiviación y recuperación del oro en los tajos en producción en la mina Corihuarmi

Para optar título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor: Bach. Jaime Roy ASCANOA TORRES

Asesor: Msc. Vidal Victor CALCINA COLQUI

Cerro de Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA



Análisis Geo-Metalúrgico de los elementos nocivos que se encuentran dentro del proceso de lixiviación y recuperación del oro en los tajos en producción en la mina Corihuarmi

Sustentado y aprobado ante los miembros del jurado:

Ing. Ramiro Ernesto De La Cruz Ferruzo
PRESIDENTE

Mg. Javier López Alvarado
MIEMBRO

Ing. Eder Guido Robles Morales
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy; muchos de mis logros se lo debo a ustedes entre lo que se incluye este.

Me formaron con reglas, virtudes, me inculcaron valores y también crecí con algunas libertades.

A mis hermanos y hermanas por creer en mí aun cuando muchos dijeron que sería muy tarde.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por darme vida y salud y permitirme que siga el camino de la investigación científica y aportar mis conocimientos y experiencia en la geología.

Doy gracias a mis queridos padres, hermanos, esposa e hijo por su apoyo incondicional que siempre han mostrado hacia mí.

Agradezco a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de ingeniería en la especialidad de Geología, y a todos los docentes de esta gloriosa casa de estudios.

RESUMEN

El proyecto Corihuarmi de Minera IRL S.A, está ubicado entre los departamentos de Lima y Huancayo, Provincia de Lima y Junín respectivamente, aproximadamente a 160km al sureste de Lima, a una altitud que varía entre los 4700 y 4900 m.s.n.m.

El yacimiento Corihuarmi está emplazado en un centro volcánico de edad Mioceno-Plioceno que está compuesto por domos andesíticos, dacíticos y riodacíticos de la formación Caudalosa, la mineralización es de Au-Ag, diseminada y está hospedada en rocas piroclásticas dacíticas-andesíticas, principalmente las que poseen alteración silícea, sílica-alunita; y en brechas hidrotermales, además se puede observar anomalías de Cu en las partes inferiores (nivel 4870), principalmente relacionada a alteración argílica, zonación metalogénica.

La investigación se realizó sobre la base de antecedentes bibliográficos, resultados experimentales obtenidos por experiencia e información de 17 muestras de control de campo obtenidas de los polígonos de producción y de 22 taladros RCD los cuales fueron analizados por multielementos y compositados cada 5 ms.

La distribución de los elementos nocivos se procedió a representar gráficamente la distribución de cada una de las variables en cada uno de los tajos, que previamente fueron compositadas cada 5 metros para cada banco de minado, asimismo se muestra los límites máximos para cada variable. Con lo cual se identificó la ubicación espacial de las variables que sobrepasaron los límites establecidos inicialmente, con lo cual se precedió a determinar si las zonas nocivas están dentro o fuera de los límites finales para cada uno de los tajos.

Palabras Clave: Análisis Geo metalúrgico; Elementos Nocivos.

SUMMARY

The Corihuarmi de Minera IRL S.A project is located between the departments of Lima and Huancayo, Province of Lima and Junín respectively, approximately 160km southeast of Lima, at an altitude that varies between 4700 and 4900 m.a.s.l.

The Corihuarmi deposit is located in a volcanic center of Miocene-Pliocene age that is composed of andesitic, dacitic and riodacitic domes of the Caudalosa formation, the mineralization is Au-Ag, disseminated and is housed in dacitic-andesitic pyroclastic rocks, mainly that have siliceous, silica-alunite alteration; and in hydrothermal gaps, Cu anomalies can also be observed in the lower parts (level 4870), mainly related to argillic alteration, metallogenetic zoning.

The research was carried out on the basis of bibliographic background, experimental results obtained by experience and information of 17 field control samples obtained from the production polygons and 22 RCD drills which were analyzed by multi-elements and composited every 5 ms.

The distribution of the harmful elements proceeded to graphically represent the distribution of each of the variables in each of the pits, which were previously composited every 5 meters for each mining bank, the maximum limits for each variable are also shown. Thus, the spatial location of the variables that exceeded the initially established limits was identified, which preceded the determination of whether the harmful zones are within or outside the final limits for each of the cuts.

Keywords: Geo metallurgical analysis; Harmful Elements

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de proyectos mineros, la explotación de nuevos depósitos de minerales y el diseño de plantas metalúrgicas sobre la base de un modelo de planificación geometalúrgica se aplica en países con avanzado nivel de tecnología.

La fase de exploración en un depósito de minerales con frecuencia no es suficientemente validada por pruebas metalúrgicas que apoyen la toma de decisiones respecto a la conveniencia económica de su posterior fase de explotación. Por esta razón, las compañías mineras, especialmente las dedicadas a la exploración, realizan pruebas metalúrgicas que complementan la información de caracterización de los yacimientos a ser explotados.

Resulta muchas veces que la Planta Metalúrgica, que recibe el mineral, se encuentra con un material que puede diferir de modo importante al que estuvo procesando en periodos previos con un estándar de tratamiento conocido. Esto da origen que las condiciones del tratamiento habitual no respondan de modo eficaz al nuevo mineral en proceso. Como consecuencia de ello, puede resultar en una operación ineficiente. Por ejemplo, como: Disminución en la recuperación del metal de interés, Incremento de impurezas en el producto (Dore), Reducción de capacidad de tratamiento de mineral, presentar efectos negativos en la velocidad de disolución del oro, excesivo consumo de cianuro e inhibir fuertemente la reacción que harían antieconómico el proceso por lo que sería necesario desarrollar nuevas pruebas u optimizar las existentes.

Este tipo de situaciones, que claramente corresponden a dificultades en la planificación integral de la actividad minera, pueden ser superadas en gran medida al realizar un análisis geo metalúrgico.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN.....	iii
SUMMARY	iv
INTRODUCCIÓN.....	v
ÍNDICE	vi
LISTADO DE FIGURAS	xii
LISTADO DE TABLAS	xv
LISTADO DE ABREVIATURAS	xvi
CAPITULO I PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación	1
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problema específico	2
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivo específico.....	3

1.5. Justificación de la investigación.....	3
1.6. Importancia de la investigación.....	4
1.7. Alcances de la investigación	5
1.8. Limitaciones de la investigación	5
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes del estudio	6
2.2. Bases teóricas científicas.....	10
2.3. Definición de términos básicos	20
2.4. Formulación de hipótesis.....	52
2.4.1. Hipótesis general.	52
2.4.2. Hipótesis específicas.	52
2.5. Identificación de variables.....	52
2.5.1. Variable independiente.....	52
2.5.2. Variable dependiente.....	52
CAPITULO III METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	53
3.1. Tipo de investigación	53
3.2. Métodos de investigación.....	53
3.3. Diseño de investigación.....	53
3.4. Población y muestra	53

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	54
3.7. Tratamiento estadístico de datos	54
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1. Descripción del trabajo de campo	55
4.1.1. Ubicación y accesibilidad.....	55
4.1.2. Propiedad minera.....	57
4.1.3. Geología regional.	58
4.1.4. Geología del yacimiento.....	60
4.1.4.1. Toba de cristales dacítica (VPCTD).....	60
4.1.4.2. Toba de cristales andesítica (VPCTA).	60
4.1.4.3. Lava andesítica (VLA).	60
4.1.4.4. Brecha hidrotermal (BH).....	61
4.1.4.5. Depósitos cuaternarios.	61
4.1.5. Geología estructural.	62
4.1.6. Alteración.	64
4.1.6.1. Silicificación.....	64
4.1.6.2. Argílica avanzada.....	64
4.1.6.3. Argílica.....	65

4.1.6.4. Propilitización.	65
4.1.7. Mineralización.....	66
4.1.8. Características geológicas de las zonas de los tajos en producción	67
4.1.8.1. Zona Susan.	67
4.1.8.2. Zona Tambo Nuevo.....	68
4.1.8.3. Zona Ampliación Diana.	68
4.1.8.4. Zona Cayhua.....	69
4.1.8.5. Zona Cayhua Norte.	69
4.1.8.6. Zona Laura.	70
4.1.9. Perforación	71
4.1.9.1. Tipos de perforación.....	72
4.1.10. Método de muestreo.	74
4.1.10.1. Muestreo en perforación diamantina.	74
4.1.10.2. Muestreo en perforación de circulación reversa.....	74
4.1.11. Preparación y análisis químico de muestras.....	74
4.1.12. Control de calidad Qa/Qc.....	75
4.1.13. Tipos de análisis e inserción de muestras de control de calidad	77
4.1.14. Control de calidad	78
4.1.14.1. Control de precisión	78

4.1.14.2. Control de exactitud	78
4.1.14.3. Control de contaminación	79
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	79
4.2.1. Análisis geometalúrgico de los tajos de producción.	79
4.2.2. Identificación de los elementos nocivos.	80
4.2.2.1. Coeficiente de correlación de Pearson	82
4.2.2.2. Histogramas.....	83
4.2.2.3. Diagrama de caja (box plot)	84
4.3. Presentación de resultados.....	85
4.3.1. Distribución de los elementos nocivos por bancos(nivel).....	85
4.3.1.1. Tajo Susan	85
4.3.1.2. Tajo Diana	90
4.3.2. Verificación de elementos nocivos según diseño del tajo.....	94
4.3.3. Análisis de recuperación de los elementos nocivos.	96
4.3.4. Pruebas de Lixiviación en Columna.....	102
4.3.4.1. Material de polígonos de mineral.....	102
4.3.5. Pruebas de solubilidad.....	104
4.3.6. Consumo de reactivos.	105
4.3.7 Análisis de densidades.....	105

4.3.8 Estudio microscópico.....	107
4.3.8.1 Resultados del estudio microscópico	108
4.4 Prueba de hipótesis.....	122
4.5 Discusión de resultados.....	122
CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES.....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	127
ANEXOS

LISTADO DE FIGURAS

Fig. 1 Accesibilidad al proyecto Corihuarmi	56
Fig. 2 Plano de concesiones mineras.....	57
Fig. 3 Plano de geología regional.....	59
Fig 4 Plano litológico	62
Fig 5 Plano Estructural Regional.....	63
Fig. 6 Tipos de alteración en la mina Corihuarmi	65
Fig. 7 Plano de alteraciones.....	66
Fig. 8 Tajos en producción.....	70
Fig. 9 Perforadora atlas copco modelo CS-14.....	72
Fig. 10 Perforadora montada en camión modelo DH40 K1	73
Fig. 11 Características de los minerales	80
Fig. 12 Histograma del Tajo Susan.	83
Fig. 13Histograma del Tajo Diana.	83
Fig 14Diagrama de caja del Tajo Diana.....	84
Fig. 15 Diagrama de caja del Tajo Susan.	84
Fig. 16 Vista en planta de los tajos Susan y Diana.....	85
Fig. 17 Distribución de elementos (Au, Ag, As) del Tajo Susan	86
Fig. 18 Distribución de elementos (Bi, Cu, Fe) del Tajo Susan.....	87
Fig. 19 Distribución de elementos (Hg, Pb, S) del Tajo Susan	88
Fig. 20 Distribución de elementos (Sb, Zn) del Tajo Susan.....	89
Fig. 21 Distribución de elementos (Au, Ag, As) del Tajo Diana	90
Fig. 22 Distribución de elementos (Bi, Cu, Fe) del Tajo Diana.....	91

Fig 23Distribución de elementos (Hg, Pb, S) del Tajo Diana	92
Fig. 24 Distribución de elementos (Sb, Zn) del Tajo Diana.....	93
Fig. 25 Elementos nocivos en el Tajo Susan.....	94
Fig. 26 Elementos nocivos en el Tajo Susan.....	95
Fig. 27 Aportes onzas cargadas y extraídas por celdas para el mes.	96
Fig. 28 Aportes onzas finas por celdas para el mes.....	97
Fig. 29 Aportes por días a las celdas para el mes.....	97
Fig. 30 Elementos nocivos por celdas Au/As.....	98
Fig 31Elementos nocivos por celdas y recuperación	98
Fig. 32 Elementos nocivos por celdas Au/Fe	99
Fig. 33 Elementos nocivos por celdas Au/Cu	99
Fig. 34 Elementos nocivos por celdas Au/Zn.....	100
Fig. 35 Elementos nocivos por celdas Au/S.....	100
Fig. 36 Distribución de elementos nocivos por tajos de producción.....	101
Fig. 37 Elementos nocivos por celdas Au/Cd	101
Fig. 38 Distribución de elementos nocivos por tajos.	102
Fig. 39 % de solubilidad por tajos de producción.	104
Fig. 40 Descripción de la muestra 905667.....	109
Fig. 41 Descripción de la muestra 905667	109
Fig. 42 Descripción de la muestra 905667.....	109
Fig. 43 Descripción de la muestra 905668.....	111
Fig. 44 Descripción de la muestra 905668.....	111
Fig. 45 Descripción de la muestra 905669	112

Fig 46 Descripción de la muestra 905669	113
Fig. 47 Descripción de la muestra 905669	113
Fig. 48 Descripción de la muestra 905670	114
Fig. 49 Descripción de la muestra 905670	115
Fig. 50 Descripción de la muestra 905670	115
Fig. 51 Descripción de la muestra 905670	115
Fig. 52 Descripción de la muestra 905671	116
Fig. 53 Descripción de la muestra 905671	117
Fig. 54 Descripción de la muestra 905671	117
Fig. 55 Descripción de la muestra 905672	118
Fig 56 Descripción de la muestra 905672	118
Fig. 57 Descripción de la muestra 905673	119
Fig. 58 Descripción de la muestra 905673	119
Fig 59 Descripción de la muestra 905673	120
Fig. 60 Descripción de la muestra 905674	121
Fig. 61 Descripción de la muestra 905674	121
Fig. 62 Descripción de la muestra 905674	121

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Accesibilidad Lima – Huancayo – Vista Alegre – Mina Corihuarmi	55
Tabla 2 Accesibilidad Lima – Cañete – Yauyos – San Valentín – Corihuarmi	55
Tabla 3 Resumen de taladros perforados	71
Tabla 4 Distribución de taladros tipo DDH y RCD por Zonas.	75
Tabla 5 Muestras de DDH, RCD enviados a los laboratorios Mina y Certimin. ...	77
Tabla 6 Límites máximos permisibles de los elementos nocivos.	81
Tabla 7 Composición química de los minerales.....	81
Tabla 8 Coeficiente de correlación de Pearson – Tajo Susan.	82
Tabla 9 Coeficiente de correlación de Pearson – Tajo Diana	82
Tabla 10 Resumen de anomalías Tajo Susan.	94
Tabla 11 Resumen de anomalías Tajo Diana.	95
Tabla 12 Resumen de pruebas de cianuración en Columnas.	103
Tabla 13 Resultado de prueba de cianuración en Botellas.	103
Tabla 14 Promedio en % de solubilidad.....	104
Tabla 15 Consumo de reactivos 2018	105
Tabla 16 Consumo de reactivos 2014	105
Tabla 17 Cantidad de metros de perforación en las zonas de óxidos y sulfuros ..	106
Tabla 18 Tipos de ensambles de alteración y texturas.	106
Tabla 19 Resultado de análisis de densidad alteración y textura.	107

LISTADO DE ABREVIATURAS

VPCTD	Tobas	de	cristales	SV	Sílice Oquerosa
Dacíticos				SVP	Sílice Oquerosa Pirita
VPCTA	Tobas	de	cristales	SG	Sílice Granular
Andecíticos				SM	Sílice Masiva
HBS	Brecha		Hidroterma	SMP	Sílice Masiva Pirita
(Silice)				SGP	Sílice Granular pirita
HBSP	Brecha		Hidroterma	KsTi-c	Formación Casapalca
(Silice-Pirita)				Tm-ss	Formación Sacsaquero
HBSA	Brecha		Hidroterma	Ts-c	Formación Caudalosa
(Silice-Alunita)				Ts-as	Formación Astobamba
HBSC	Brecha		Hidroterma	pH	potencial de hidrógeno
(Silice-Arcillas)				ANFs	anfíboles
HBSCP	Brecha		Hidroterma	ats	anatasa
(Silice-Arcillas-Pirita)				CLOs	cloritas
BXF	Brecha de falla			GGs	gangas
ARG	Argílica			hm	hematita
ARGP	Argílica Pirita			jar	jarosita
SC	Sílice Arcillas			LMs	limonitas
SCP	Sílice Arcillas Pirita			DDH	Perforación Diamantina
SA	Sílice Alunita			RCD	Perforación de
SAP	Sílice Alunita Pirita				circulación reversa
S	Sílice			QA/QC	Aseguramiento Calidad

CAPITULO I

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En la actividad minera, dentro de todos sus procesos, hay discordancias o conflictos de operación que se presentan con frecuencia, cuando los responsables de las labores geológicas, mineras y metalúrgicas discrepan en cuanto a las características de los minerales que se planifican para la extracción y luego se envían a la Planta Metalúrgica.

Resulta muchas veces que la Planta Metalúrgica, que recibe el mineral, se encuentra con un material que puede diferir de modo importante al que estuvo procesando en periodos previos con un estándar de tratamiento conocido. Esto da origen que las condiciones del tratamiento habitual no respondan de modo eficaz al nuevo mineral en proceso. Como consecuencia de ello, puede resultar en una operación ineficiente. Por ejemplo, como: Disminución en la recuperación del metal de interés, Incremento de impurezas en el producto (Dore), Reducción de capacidad de tratamiento de mineral, presentar efectos negativos en la velocidad de disolución del oro, excesivo consumo de cianuro e inhibir fuertemente la reacción que harían antieconómico el proceso por lo que sería necesario desarrollar nuevas pruebas u optimizar las existentes.

Este tipo de situaciones, que claramente corresponden a dificultades en la planificación integral de la actividad minera, pueden ser superadas en gran medida al realizar un análisis geo metalúrgico.

1.2. Delimitación de la investigación

La unidad de análisis de esta investigación estuvo determinada por el proceso de lixiviación y recuperación en la Unidad Minera Corihuarmi de la Empresa Minera IRL,

que se dedica a la extracción de oro en el departamento de Junín. Para ello se analizó los datos relacionados al muestreo para el análisis geo metalúrgico en los meses de, julio, agosto y septiembre del 2018.

El Proyecto Corihuarmi presenta un régimen climático de tundra seca de alta montaña. La precipitación es marcadamente estacional y el total de los promedios de precipitación anual es de 730 mm. La vegetación se compone exclusivamente de pastos alpinos través de la meseta, mientras que las colinas y crestas adyacentes básicamente no presentan vegetación, especialmente en las zonas de alteración arcillosa. Las actividades agrícolas se limitan a la ganadería extensiva, principalmente de ovinos, bovinos y camélidos (alpacas y llamas).

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Con el análisis geo metalúrgico se determinará los elementos nocivos que se encuentran dentro del proceso de lixiviación y recuperación de oro de los tajos en producción en la Mina Corihuarmi?

1.3.2. Problema específico

Problema específico 1

¿Se Identificará los elementos nocivos que se encuentran dentro del proceso de lixiviación y recuperación del oro?

Problema específico 2

¿Se realizará la distribución de los elementos nocivos por secciones en los tajos de producción según los bancos minables?

Problema específico 3

¿Se verificará si estos elementos nocivos se encuentran o están considerados dentro del Pit final operativo?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la geometalúrgica de los elementos nocivos en el proceso de lixiviación y recuperación de oro en los tajos en producción de la mina Corihuarmi.

1.4.2. Objetivo específico

Objetivo específico 1

Identificar los elementos nocivos tomando como referencia la composición química de los minerales y sus límites permisibles en el proceso de cianuración.

Objetivo específico 2

Realizar la distribución de los elementos nocivos por secciones en los tajos de producción según los bancos minables.

Objetivo específico 3

Verificar si estos elementos nocivos se encuentran o están considerados dentro del Pit final operativo.

1.5. Justificación de la investigación

Es muy importante señalar que los aportes que se mencionan en esta tesis corresponden básicamente al conocimiento completo del yacimiento que permite definir el valor real del mineral, en términos del producto a obtener y su costo de producción, define por completo el plan de minado. Al identificar los tipos de material, sus asociaciones espaciales y sus variables de proceso, se mejora la planificación de las

operaciones y la producción. Un mejor conocimiento origina menor incertidumbre y menos necesidades de modificación de planes ante eventos inesperados. La estrategia geo metalúrgica, se basa en identificar las diversas propiedades del mineral que contribuyen a establecer más acertadamente el valor de un recurso. Esto incluye los atributos tradicionales tales como la ley económica de los elementos constituyentes y variables menos tradicionales como: Concentración de elementos nocivos, dureza, especies minerales, liberación del mineral, recuperación metalúrgica, consumo de reactivos etc., Conocer plenamente el cuerpo mineral permite identificar deficiencias en los productos y encontrar oportunidades de bajo costo y/o alto valor.

Se puede mejorar la comunicación entre geólogos, mineros y metalurgistas y todas las disciplinas trabajando juntas nos ayudará a comprender el valor del depósito y efectuar mejor la programación de la extracción del oro. Con ello se reduce el riesgo e incertidumbre del control de ley, minado y procesamiento.

1.6. Importancia de la investigación

Se direcciona en reducir significativamente el impacto de incertidumbre espacial en el planeamiento de la mina, debido a que documenta la variabilidad en un depósito mediante el diseño de planta que reconoce la variabilidad inherente al depósito.

Los parámetros geo metalúrgicos a incorporar en este estudio serán:

Identificar los elementos nocivos, Mejorar la recuperación metalúrgica, Optimizar los costos en el consumo de reactivos para el proceso.

A partir de estos parámetros se buscará incorporar el tratamiento geo metalúrgico al proceso de recuperación del oro.

Analizar los impactos de la pérdida/ganancia de fino producto de las variaciones para el tratamiento de los bloques en el programa de explotación de la mina sin cambiar la configuración de la mina. Se han identificado una serie de factores que necesitan concretarse para que el tratamiento geo metalúrgico sea efectivo.

1.7. Alcances de la investigación

Esta metodología se viene aplicando en los tajos de producción en la mina Corihuarmi, Los resultados del presente estudio por ahora solo son aplicables en los tajos de producción y solo servirán de referencia en otros yacimientos de minerales de oro, pero ¿Qué proyectos más se beneficiarían con un enfoque Geo metalúrgico?

Depósitos altamente variables o con zonas fuertemente demarcadas.

Varios depósitos cercanos que serán minados juntos.

Depósitos remotos o profundos que son fácilmente perforados, pero no son fácilmente muestreados en volumen.

Proyectos que requieren nuevos enfoques metalúrgicos.

Proyectos de exploración de brownfields o minas potenciales y proyectos de expansión que explotan reservas nuevas, más profundas o adyacentes.

Proyectos con testigos de sondeo previos significativos que están siendo re-evaluados debido a circunstancias económicas.

1.8. Limitaciones de la investigación

La falta de estudios previos de investigación sobre la geo metalurgia de los elementos nocivos, falta de muestreo por niveles según el avance del minado, falta de muestras por compósitos para tener una mejor información, base de datos incompletos y no actualizados

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

La geo metalurgia es una herramienta que involucra a especialistas en el campo de la geología, la microscopía, la minería y la metalurgia extractiva para optimizar los procesos de explotación y beneficio de los minerales. Dicha herramienta ha tomado auge en el mundo en los últimos años, gracias a la comprensión de que las menas son combinaciones de minerales, no de elementos químicos y, puesto que todos los procesos tratan con minerales, son las características fisicoquímicas de éstos las que determinan las condiciones de un proceso de recuperación industrial (Pérez Segura, Gaspar, & Brown, 2017)

La geo metalurgia es una actividad transdisciplinaria que, mediante la integración de conocimientos en geología, metalurgia y operaciones mineras, busca optimizar el beneficio de los recursos mineros a través de sus procesos. (Universida Católica del Norte de Chile, 2017)

La geo metalurgia es una disciplina que integra básicamente a la Geología y la Metalurgia extractiva. Es así que, la geo metalurgia se ocupa de clasificar los minerales dentro de un yacimiento según deba ser su comportamiento frente a un tratamiento metalúrgico. La geo metalurgia es una disciplina transversal dentro de las actividades mineras, que tiene el objetivo de sistematizar varias de las complejidades asociadas a la determinación del valor del recurso y consecuentemente su explotación económicamente favorable. Al integrar la Geología, Operaciones Mineras, Procesamiento de Minerales y Metalurgia, la geo metalurgia pretende mejorar el

proceso de evaluación de los recursos económicos y hacerla mucho más efectiva en términos técnicos y económicos. Además, la geo metalurgia es totalmente aplicable, tanto en los estudios de factibilidad como en las etapas de operación. Es una premisa fundamental de la geo metalurgia que las características geológicas de un depósito mineral condicionan enormemente la respuesta metalúrgica, lo cual a su vez permite definir la cantidad de reservas aprovechables. Es evidente, por tanto, que la aplicación efectiva de la geo metalurgia, requiere brindar la educación y capacitación adecuada en esas áreas de la ingeniería para habilitar al profesional minero en el manejo integral de esta nueva disciplina. (Alfaro Delgado, 2009).

La Geo metalurgia es una disciplina que integra a las ciencias extractivas de minerales. Permite identificar y clasificar a los minerales según su comportamiento frente a determinado proceso metalúrgico. Se consigue con ello planificar y dirigir más eficientemente los procesos de valorización de un recurso mineral y su explotación, mediante la integración de disciplinas como la Geología, Operaciones Mineras, Procesamiento de minerales y Metalurgia. La Geo metalurgia pretende mejorar los procesos de evaluación de recursos económicos y hacerlo mucho más efectivo en términos técnicos y económicos, la Geo metalurgia tiene como objetivo mejorar la comprensión fundamental de la economía de los recursos. (Alfaro Delgado, 2009)

La Geo metalurgia es una disciplina emergente que tiene el propósito de incorporar los aspectos de planificación integral de la actividad minera, desde la fase de exploración mineral, incluyendo los planes de minado e identificando los niveles de producción que dependen de la dureza, moliendabilidad, la recuperación (función de la liberación, forma y textura mineral, etc.) y la calidad del concentrado, etc.

Metodológicamente, se deberá obtener información a nivel micro y macroscópico. Las variables geo metalúrgicas son elementos importantísimos en el momento de determinar costos y utilidades del proyecto minero. Es el estudio de las causas de la respuesta metalúrgica que se encuentran en la geología y la mineralogía de la roca que se explota. (Cánepa I., 2009)

Las exploraciones fueron iniciadas por Minandex en el año 1996; prosiguiendo luego, Cardero Resource entre 1999-2000 con trabajos de muestro geoquímico, cartografiado geológico y perforación diamantina; para finalmente, adquirir Minera IRL el prospecto Corihuarmi, el cual, se constituía como un proyecto de exploración de Au (octubre del 2002).

Trabajos adicionales de perforación diamantina fueron efectuados entre los años 2003, 2004 y 2005; adicionalmente a ello, un Infill Driling con perforación RCD en el año 2008. Estas labores de prospección identificaron 2 cuerpos silíceos (Susan y Diana), que concluyeron en reservas iniciales de 144,000 onzas; sin embargo, a nivel de producción éstos resultados serían insensibles a determinados aspectos o estructuras de menor escala; por lo que, es necesario establecer procedimientos y controles geológicos que tomen en cuenta la heterogeneidad del yacimiento.

Para abril del año 2006 se efectuó el estudio de pre-factibilidad y el estudio de Impacto Ambiental (EIA) fue completado y aprobado a comienzos del 2007; con estos permisos la construcción y preparación de minado comenzó en junio del 2007, iniciándose la producción de mineral con una explotación a Cielo Abierto en enero del 2008; para finalmente, en marzo del mismo año extraer la primera barra de oro.

Por otro lado, el sistema epitermal Corihuarmi, corresponde a un típico yacimiento de alta sulfuración con un marcado control estructural NW-SE y conjugado EW más tardío, ubicado probablemente en margen de caldera; donde, la mineralización de Au se encuentra diseminada en pequeñas cavidades de sílice-oquerosa, en una envolvente de sílice alunita y matriz de brechas hidrotermales. (Minandex, 1998)

Dentro de las zonas que corresponden a los Tajos Susan, Diana y Scree Slope, se han realizado el análisis cinemático para determinar la susceptibilidad ante la ocurrencia de fallas en los taludes, se obtuvo como resultado que los puntos analizados se encuentran estables, asimismo, muestran anchos de bermas operativas para contener la caída de rocas. (Environmental Solutions, 2008)

El desmonte tiene menor densidad que el mineral, debido a la menor cantidad de óxidos de Fe, menor silicificación y presencia de zonas de sílice-vuggy con abundante porosidad. Por otro lado, las zonas mineralizadas están relacionadas a brechas silíceas masivas y se determinaron que no existe una relación directa entre la densidad de la muestra con la ley del mineral. (Minera IRL, 2009)

También, se identificaron procesos que inciden directamente con la eficiencia de la producción, tales como: muestreo y logeo de BH, validación de data, replanteo y marcado de polígonos, control del mineral operativo, polígonos de recuperación, modelo de bloques, mapeo geológico de bancos y muestreo de taludes, determinándose que con un eficiente control de éstos se reduce la variabilidad de las reconciliaciones del mineral producido-ejecutado. (Minera San Simón, 2001)

2.2. Bases teóricas científicas

Geometalurgia. es la integración de información geológica, minera, metalúrgica, medioambiental y económica para maximizar el valor actual neto (NPV) de un yacimiento al tiempo que se minimiza el riesgo operativo y técnico.

La geometalurgia y puede recomendar cómo controlar y tomar muestras de un yacimiento, probar los parámetros técnicos, incluidos los generados por mineralogía de alta definición para la caracterización de menas, distribuir datos de pruebas estadísticamente en el depósito, crear un modelo del diagrama de flujo del procesamiento metalúrgico planificado, generar restricciones para la ingeniería

diseñar y optimizar la infraestructura metalúrgica, calcular el uso de agua y energía durante el ciclo de vida de la mina, simular y crear modelos de operaciones, prever variables de producción y el grado del producto

Mediante la combinación de datos medioambientales, mineralógicos, metalúrgicos y geológicos, la metodología geometalúrgica vincula primero la variabilidad mineralógica y las texturas del depósito con modelos de bloques en 3D. A continuación, los datos se enlazan con los costes y los requisitos de opex, capex y la producción. Esto permite tener en cuenta la variabilidad de la mena en las previsiones de calidad y producción, el diseño de la infraestructura y el diagrama de flujo a lo largo de la vida productiva de la mina. La infraestructura para las operaciones de las fases finales de la planta y la molienda pueden entonces optimizarse para permitir la variabilidad en la mena. En consecuencia, la infraestructura operativa y de capital necesaria se optimiza de forma dinámica.

La estructura geometalúrgica Permite la definición del diseño óptimo del diagrama de flujo de la metalurgia de extracción a lo largo del ciclo de vida de la mina, basado en las características metalúrgicas, de texturas, mineralógicas, geoquímicas y geológicas documentadas de un depósito de mena.

Implica metodologías avanzadas que tienen en cuenta las características específicas de un depósito de mena.

La geometalurgia cuantifica la variabilidad de un depósito de mena en términos de parámetros de procesos como la dureza de la mena, flotación, respuesta de la lixiviación e impacto medioambiental. Estos datos se aplican posteriormente al modelo de bloques de depósito o el plan de mina, habitualmente mediante el uso de geoestadísticas. Posteriormente, los modelos matemáticos habilitados para la geometalurgia como CEET o FLEET pueden usarse para generar parámetros económicos como la producción, el tamaño de la molienda, el grado y la recuperación. Estos pueden devolverse posteriormente al modelo de bloques y el plan de minas para su posterior manejo. Las situaciones pueden entonces desarrollarse y compararse para evaluar y optimizar los casos operativos hipotéticos, como la estrategia de la mina, el uso de energía, las necesidades de bienes de capital, la huella de carbono, etc.

Esto se consigue mediante la aplicación de las seis fases del marco geometalúrgico.

Fase 1: definición de dominio espacial multivariado: Definición de dominios espaciales con características similares de textura, mineralógica, geotécnica, geofísica, geoquímica y geológica en el depósito de la mena. Se tiene en cuenta el amplio

conjunto de datos asociados al orificio de perforación de exploración y la base de datos geoquímica del depósito.

Fase 2: selección de muestras: Selección de muestras de varios dominios en un yacimiento para proporcionar materiales representativos para las pruebas y ensayos medioambientales, metalúrgicos y mineralógicos.

Fase 3: determinación de parámetros: Determinación del conjunto de pruebas necesarias para generar los parámetros técnicos necesarios para las pruebas y ensayos medioambientales, así como el diseño de diagramas de flujo.

Fase 4: definición de modelos multivariados: Definición de relaciones multivariadas que relacionan las características como la geoquímica, mineralogía y textura con parámetros de procesamiento relacionados con la lixiviación, la flotación y la triturabilidad.

Fase 5: generación de modelos espaciales multivariados: Uso de métodos geoestadísticos para llenar cada dominio del modelo de bloques con parámetros de texturas, mineralógicos, geotécnicos, geofísicos, geoquímicos y geológicos determinados por pruebas y ensayos o extrapolados de resultados de pruebas.

Fase 6: optimización del procesamiento mineral y minería conjunta: Optimización de estrategias geológicas, mineras, de procesamiento mineral, medioambiental, de marketing, económicas y corporativas para maximizar el valor del proyecto al tiempo que se reduce el riesgo y las fuentes de incertidumbre.

La geometalurgia reduce de forma significativa el impacto de la incertidumbre espacial en la planificación minera, ya que documenta la variabilidad de los depósitos.

La geometalurgia reduce significativamente el impacto de la incertidumbre espacial en la planificación de la mina, porque documenta la variabilidad en un depósito.

Reduce los riesgos asociados a los proyectos.

Optimiza los recursos de la mina.

Mejora el rendimiento de la planta.

Reduce al mínimo el valor actual neto.

Planificación geometalúrgica de la exploración

Los trabajos de exploración de nuevos yacimientos son usualmente encargados a empresas consultoras, o alternativamente, son ejecutados por el equipo de geólogos de la propia empresa minera.

El riesgo para la empresa minera sería menor si los resultados de estos trabajos y estudios tuvieran un nivel aceptable de error. Por ejemplo, el cálculo de las reservas y el nivel recuperable de minerales valiosos deben ser cuidadosamente determinados.

El error en la selección del proceso metalúrgico para el tratamiento de los minerales de un nuevo proyecto ocasiona graves perjuicios económicos que darían origen a grandes pérdidas de dinero que significaría la inviabilidad de la operación minera.

Ocurre con frecuencia que el empresario minero que posee un nuevo yacimiento de minerales desea instalar, por ejemplo, una planta de flotación para la concentración de sus minerales. Esta decisión se toma sobre la base del análisis químico elemental de muestras litológicas o por un examen limitado de las mismas.

El modelo de planificación geometalúrgica para un nuevo yacimiento se basa en que las pruebas metalúrgicas sean ejecutadas en forma simultánea a la exploración, de manera que la caracterización de cada muestra incluya también estos aspectos:

flotabilidad del mineral, rendimiento a la disolución con solventes, consumo de reactivos de proceso, etc. Algunos especialistas con amplia experiencia consideran las pruebas metalúrgicas como parte de la exploración.

Las pruebas preliminares deben ser llevadas a cabo con suficiente cantidad y calidad de muestras litológicas que sean obtenidas por los geólogos del departamento de exploraciones. Estas pruebas iniciales tendrán carácter preliminar y luego pasar a una fase de mayor exactitud, en donde el trabajo con muestras representativas del yacimiento es un importante requisito.

El modelo de planificación se completa con el mapeo de cada zona o sector del yacimiento, asignando valores de recuperación/extracción metalúrgica y calidad del producto metalúrgico. Ambos datos se obtienen a partir de las pruebas metalúrgicas que se ejecutan con las muestras de sondaje diamantino.

Millán A. (1) sostiene que si un yacimiento presenta diversos sectores con características muy diferentes (leyes, tamaño de partículas mineralizadas, tipos de ganga, lamas primarias y work index) conviene hacer “blendings” y que resulta justificado correr numerosas pruebas metalúrgicas con pequeños compósitos de muestras provenientes de testigos de sondajes.

Las muestras litológicas de exploración de un nuevo yacimiento deben ser estudiadas desde un punto de vista mineralógico, en donde el uso de la mineralogía aplicada al proceso de minerales será de vital importancia para la planificación geometalúrgica. El conocimiento mineralógico de los minerales de la etapa de exploración es de vital importancia para el éxito del diseño del proceso metalúrgico. El análisis químico elemental sólo debe servir como referencia en esta etapa, en vista que

la mineralogía aplicada al tratamiento de minerales es herramienta fundamental para el metalurgista de investigación.

Conforme avanza el programa de exploración geológica y suficientes reservas han sido determinadas, las pruebas metalúrgicas de laboratorio deben estar dirigidas a generar mayor información para la fase de optimización del proceso seleccionado.

Si las reservas de mineral son suficientemente altas, la siguiente etapa podría incluir la verificación de datos en una planta piloto, lo que será de vital importancia para llegar a conclusiones definitivas y elaborar el estudio bancable. Eventualmente, si las características mineralúrgicas de los minerales a recuperar responden fácilmente a un proceso convencional específico, en este caso los resultados obtenidos en el laboratorio serán suficientes para la selección del proceso metalúrgico.

El programa de las pruebas metalúrgicas no debería ser extenso, aunque algunas minas presentan dificultades de tratamiento que necesitan ser resueltos. Conviene, entonces, el uso de los diseños experimentales y la aplicación de programas estadísticos en la ejecución de estas pruebas a fin de reducir significativamente la cantidad de pruebas de laboratorio.

El profesional responsable de las pruebas metalúrgicas deberá tener amplia información respecto a los objetivos globales de sus investigaciones; no basta con fijarse metas de máxima recuperación/extracción o mínimo consumo de reactivos. El profesional debe manejar integralmente información sobre precios y el mercado de los metales, proceso metalúrgico posterior que se aplicará al producto, manejo ambiental de los reactivos utilizados, calidad/cantidad de efluentes que generan, etc.

Al respecto, el conocimiento de las condiciones de mercado, las diferentes limitaciones ambientales de los procesos, las condiciones geográficas, etc. son tan indispensables que, sin ellas, será difícil elegir el proceso metalúrgico que trabaje en condiciones técnico y económicamente ventajosas.

Conviene reiterar que el error en la selección de un proceso metalúrgico puede ser causa del fracaso del proyecto minero. La evaluación económica del proceso dará como

resultado la adopción del más conveniente. Este dato conjuntamente con otros provenientes de los estudios ambientales relacionados al proceso elegido, constituyen informaciones de base para las decisiones de la Alta Dirección de las empresas.

Heresi N. (2) propone que se debe generar una estrategia de acceso a las reservas mineras, además de que las capacidades de procesamiento evolucionen de manera tal, que ofrezcan las mejores condiciones de optimización de las ganancias. Sugiere que, en cada momento, se debe evaluar el yacimiento, las unidades geológicas en unidades geo-minero-metalúrgicas. Además, sostiene que dicha estrategia permitirá evaluar, de acuerdo con el precio del metal, qué reservas se procesan hoy y definir cuáles convienen dejar para el futuro.

Planificación geometalúrgica en la explotación

La planificación geometalúrgica no es de exclusiva aplicación durante la exploración de nuevos yacimientos de minerales. Durante la etapa de explotación de yacimientos en operación, se aplica la planificación geometalúrgica, pero con objetivos distintos.

El modelo de planificación geometalúrgica para yacimientos en explotación considera que las pruebas mineralúrgicas sean ejecutadas con suficiente anticipación, es decir antes que el mineral ingrese a la planta de tratamiento, de manera que la caracterización de cada muestra incluya aspectos como: definir la moliendabilidad del mineral (incluye determinación del work index), flotabilidad del mineral, rendimiento a la disolución con solventes, consumo de reactivos en el proceso, etc.

Cabe enfatizar en las evidentes ventajas en la ejecución anticipada de las pruebas de investigación dirigidas a la confirmación del proceso metalúrgico que, en definitiva, redundaría en la planificación económica de la explotación del yacimiento, a fin de prever contingencias ante posibles fluctuaciones del precio del metal principal o de los subproductos.

La importancia de anticipar el comportamiento metalúrgico de una mineral queda demostrada con un ejemplo citado por Cabrera M. (3), quien refiere el caso de la mina sudafricana Transvaal que producía oro a partir de un mineral refractario, que tenía similar apariencia a la de otro mineral de una faena minera vecina. En 1940 instalaron un horno tostador para tratar los concentrados de flotación. Casi cuatro décadas después, la empresa Mintek fue comisionada para optimizar la tostación, y determinó que el mineral ya no era refractario. Es obvio que, por décadas, la operación había sido conducida por procesos pirometalúrgicos con los consiguientes altos costos, sin evaluar la aplicación de procesos convencionales.

Es importante enfatizar el uso intensivo de la mineralogía como importante herramienta para el metalurgista de procesos. En nuestro país, con limitadas excepciones, se acude al experto en mineralogía sólo para buscar explicaciones a

pérdidas de valores metálicos en relaves de planta o para identificar “cómo está el oro en el mineral de cabeza”. Ciertamente, no se dimensiona la valiosa información que entregan los estudios mineragráficos, a veces, por un ahorro mal entendido o por esperar que la suerte acompañe siempre al metalurgista de investigaciones o procesos.

Aunque reiterativo, conviene mencionar que los programas de pruebas metalúrgicas deben hacer uso de diseños experimentales y la aplicación de programas estadísticos en su ejecución, a fin de reducir significativamente la cantidad de pruebas de laboratorio y entregar los resultados a corto plazo.

Además, el modelo de planificación geometalúrgica requiere la permanente interacción entre los profesionales involucrados en su aplicación. Los geólogos y metalurgistas deben coordinar permanentemente acerca de los diversos tipos de mineralización de los yacimientos en explotación, que permita clasificar los minerales en función a sus contenidos metálicos, así como por sus respuestas al proceso metalúrgico en la planta de beneficio. Como ejemplo, se menciona que en Antamina se han clasificado alrededor de diez diferentes tipos de mineral, lo que permite tratarlos en la planta en forma individual cumpliendo con las cuotas de producción de la empresa.

Caracterización de muestras geometalúrgicas

Para la caracterización de muestras geometalúrgicas, se han desarrollado manuales de caracterización físico-química de minerales los que, junto a los protocolos de muestreo, constituyen información de base para normalizar y asegurar la calidad de la experimentación.

Heresi N. (2) sostiene que el aseguramiento de calidad del desarrollo experimental se ha traducido en una serie de protocolos de muestreo, de preparación de muestras y control experimental que ofrecen garantía, pero que los protocolos actuales son insuficientes, especialmente en el área de extracción de muestras, por lo que es necesario dar un especial énfasis a estos aspectos; similar atención requiere la estandarización de protocolos de análisis químico y operación de pruebas metalúrgicas experimentales.

a) Manejo y selección de muestras

El aspecto más importante de un programa geometalúrgico es la selección de muestras. Esto necesita una rigurosa planificación y debe combinar la experiencia de los geólogos, metalurgistas y consultores, quienes tienen en conjunto el conocimiento metalúrgico para alcanzar los requerimientos del programa.

Con frecuencia se menciona que las mejores muestras son los compósitos, que representen diferentes tipos de rocas y/o tipos de alteración y/o mineralogía.

- Las muestras individuales no sirven para el propósito de desarrollo preliminar de flowsheets y a menudo resulta en la ejecución de pruebas inútiles.

- Un compósito bulk puede también ser una “trampa”, ya que pueden “enmascarar” una zona particular con problemas metalúrgicos.

Cabe agregar, que la mineralogía y/o ley de cabeza no son los únicos criterios para definir las muestras compósito para pruebas metalúrgicas. Por ejemplo:

- El tipo de roca o tipo de alteración tendrán efecto en la moliendabilidad, generalmente más que en la mineralogía.

- La alteración de los minerales puede influenciar en la performance metalúrgica. Por ejemplo, el efecto de la arcilla en la lixiviación (problemas de percolación, consumo de ácido, etc.) o el efecto de la arcilla en la flotación (problemas de selectividad, limitaciones molienda/remolienda, etc).

Entonces, cabe preguntarse, ¿cuáles son las muestras adecuadas? ¿RC Chips o muestras de sondaje diamantino o rechazos de pulpa de los ensayos de laboratorio químico?

Los RC Chips o rechazos de pulpa de ensayos de laboratorio químico no son muestras apropiadas para pruebas metalúrgicas, debido a que generalmente son excesivamente finas y (en el caso de los RC Chips) presentan una distribución granulométrica anormal.

2.3. Definición de términos básicos

Agregación de valor: Toda actividad económica (fabril, comercial, extractiva, etc.) tiene por objeto la creación de valor, vale decir, el producto de la actividad debe tener un mayor valor que lo existente inicialmente más los costos que la actividad implica. En minería moderna, este concepto se ha extendido a todas las fases de la operación, siendo tarea de los geólogos e ingenieros maximizar la agregación de valor que implica su actividad específica. La más obvia y directa es el descubrimiento de nuevos depósitos económicos, donde las empresas obtienen las más altas rentabilidades. Al descubrimiento de un cuerpo mineralizado explotable le siguen actividades como la expansión de reservas y recursos, la información litológica y estructural que permite optimizar las labores mineras, el apoyo a las operaciones de beneficio metalúrgico a través de información geo metalúrgica (mineralógica, litológica y estructural), la

evaluación hidrogeológica del distrito, en términos de nuevas fuentes de agua, de riesgos geotécnicos asociados a cambios del nivel freático y de la posible dispersión de drenaje ácido por las aguas subterráneas. Igualmente, los geólogos pueden suministrar valiosa información para la preparación del futuro plan de cierre de las faenas mineras (labores mineras), tarea que hoy se inicia desde la etapa de diseño de las operaciones.

Alineamiento: Se denomina así a una faja estrecha y alargada de yacimientos metalíferos. Los alineamientos están controlados por grandes zonas de falla o líneas de contacto geológico. En Chile y en general en la Cadena Andina, los alineamientos facilitan mucho la exploración minera. Así, yacimientos como los pórfidos cupríferos, los depósitos ferríferos cretácicos y los yacimientos epitermales del norte de Chile, presentan notables alineamientos controlados por megazonas de falla como las de Atacama (Fe) y Domeyko (Cu-Mo).

Alteración argílica: Alteración hidrotermal, que destruye los feldespatos, dando lugar a la formación de caolinita y/o montmorillonita (según la mayor o menor intensidad del metasomatismo de H⁺). En los pórfidos cupríferos se desarrolla en una etapa hidrotermal tardía y de menor temperatura, junto con el depósito de pirita. También se la denomina alteración argílica intermedia. Los minerales de arcilla se forman también por efecto de la acidez que genera la oxidación de los minerales sulfurados, en especial de la pirita.

Alteración argílica avanzada: Es un tipo de alteración hidrotermal propio de niveles cercanos a la superficie o muy tardíos en la evolución de un pórfido cuprífero. Es propia de yacimientos epitermales de alta fugacidad de azufre y de oxígeno. Implica un elevado metasomatismo de H⁺, que destruye completamente los feldespatos y la

sericita, dando lugar a la formación de Alunita (sulfato de Al y K), acompañada por caolinita y sílice. En Chile está presente en yacimientos epitermales cordilleranos, como Tambo, La Coipa y Pascua (Proyecto Pascua-Lama). En España aparece asociada a yacimientos epitermales como los de El Cinto (Rodalquilar). Esta alteración implica especiales riesgos de generación de drenaje ácido, dado que la roca pierde toda posibilidad de neutralizar la acidez (H⁺) a través del hidrólisis de sus silicatos. Genera un importante blanqueo (bleaching) de las rocas, lo que facilita la exploración de los depósitos en los que está presente. La alteración argílica avanzada debilita mucho los macizos rocosos, lo cual puede dificultar su explotación, y en algunos casos dificulta las labores de sondeo (= sondajes).

Alteración calco-sódica: Es la alteración hidrotermal característica de los yacimientos ferríferos del tipo Kiruna o Volcanic Hosted Magnetite. Incluye una fuerte albitización de las rocas presentes en los niveles basales del sistema (muy bien expuesta en el distrito de Great Bear Lake, Canadá), así como clinopiroxeno, actinolita, clorita, escapolita y epidota. En los yacimientos del norte de Chile, el depósito de la magnetita fue acompañado por el de actinolita y apatito (= apatita), a unos 500°-450°C de temperatura.

Alteración filica: También se denomina alteración cuarzo-sericítica. Es un tipo de alteración hidrotermal moderada, caracterizada por razones Metal/H⁺ intermedias. En ella los feldespatos se convierten en una variedad fina de muscovita (= moscovita), mientras se libera SiO₂ que cristaliza como cuarzo. En los pórfidos cupríferos se desarrolla en una etapa intermedia de su evolución, cuando las aguas meteóricas penetran en el sistema hidrotermal y re movilizan parte de su mineralización temprana.

Es frecuente que sea acompañada por turmalina fina. En Chuquicamata, la zona fílica se sitúa próxima a la Falla Oeste y está acompañada de mineralización de Cu y Mo importante, pero rica en sulfosales de As-Sb. Es una alteración muy común en yacimientos tipo chimenea de brecha. Su temperatura se sitúa en torno a los 500°C.

Alteración hidrotermal: Las soluciones hidrotermales (vale decir, de aguas calientes) tienen variados orígenes. Junto con su capacidad para transportar metales de interés económico, interactúan con las rocas, alterando su mineralogía y composición química. Su interés en geología económica se deriva de su asociación con determinados tipos de mineralización. Por ejemplo, la alteración potásica se relaciona con la principal mineralización hipógena (= hipogénica) de los pórfidos cupríferos. En general, los tipos de alteración hidrotermal se pueden agrupar en dos principales: 1) Alteraciones por metasomatismo de elementos alcalinos o alcalino-térreos: alteración potásica, alteración calco-sódica y alteración propilítica. 2) Alteraciones por metasomatismo de hidrogeniones (H⁺): alteración fílica, alteración argílica y alteración argílica avanzada. El estudio de la alteración hidrotermal desempeña un papel central en la exploración de yacimientos metalíferos.

Alteración potásica: Es una alteración de origen hipógeno (= hipogénico) y de alta temperatura (600°- 400°C), que da lugar a la formación de minerales propios de las últimas etapas de la cristalización magmática, como feldespato potásico (ortoclasa = ortosa) y biotita, a expensas de plagioclasa y de piroxeno o anfíbol respectivamente. La relación K⁺/H⁺ es alta. A ella se asocia la principal mineralización hipógena de los pórfidos cupríferos. Normalmente está acompañada por el depósito de anhidrita (CaSO₄).

Alteración propilítica: Se caracteriza por minerales como clorita, epidota, albita, calcita y hematita (= hematites). En los pórfidos cupríferos constituye una alteración contemporánea a la potásica, pero externa al sistema mineralizador, y contiene solamente pirita. En cambio, alberga la mineralización principal en yacimientos cupríferos tipo manto (en especial, en sus facies ricas en clorita- albita, con transición a sericita). A mayor temperatura (450°-500°C) gradúa a alteración calco-sódica, que acompaña la mineralización principal de los yacimientos ferríferos cretácicos del norte de Chile y sur del Perú.

Alunitas: Grupo de minerales característicos de la alteración argílica avanzada, pero que también pueden tener origen supérgeno (= supergénico). La Alunita es un sulfato de Al y K ($KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$) y el grupo de las alunitas tiene una composición general de $AB_3(SO_4)_2(OH)_6$, donde A puede ser K, Na, Ca, Pb, Ag, o NH_4^+ , y B puede ser Al, Cu o Fe. Las alunitas están presentes en la roca ornamental combarbalita (norte de Chile). Las alunitas son importantes en la exploración de yacimientos epitérmicos de alta fugacidad de azufre y de oxígeno.

Amalgamación: Amalgama es una solución sólida formada por dos o más metales. Puesto que el mercurio se presenta en estado líquido y tiene la capacidad de amalgamar el oro y otros metales se ha utilizado en la recuperación del oro presente en finas partículas. Así, el oro es amalgamado por el mercurio, del cual se separa posteriormente mediante destilación por calentamiento del Hg. Este método, que implica problemas ambientales debido a la toxicidad del Hg, fue reemplazado en la minería moderna por el de cianuración del oro (algo más segura, aunque no exenta de riesgos ambientales). Sin embargo, ha sido y continúa siendo utilizado por la minería artesanal, con los

problemas ambientales y de salud que ello implica. Este ha sido el caso, por ejemplo, de Andacollo en la Región de Coquimbo (Chile).

Andesita: Roca ígnea de composición intermedia y textura afanítica, microcristalina o porfírica, de emplazamiento extrusivo o intrusivo sub-volcánico. Su mineralogía incluye plagioclasa calco-sódica, piroxeno y anfíbola. Corresponde a la diorita como roca fanerítica. Las andesitas son rocas muy abundantes en los arcos magmáticos de tipo andino, así como en los arcos de islas. La asociación andesita-dacita/diorita-granodiorita es muy rica en mineralizaciones de Cu, Mo, Au, Fe y otros metales.

Anomalía: Rasgo o conducta de un sistema que se aparta del comportamiento normal o esperado. En exploración minera las anomalías geoquímicas y las anomalías geofísicas son muy importantes, como indicadoras de la presencia de yacimientos no aflorantes. Ver además geofísica y geoquímica.

Arcillas: Grupo de minerales del grupo composicional de los aluminosilicatos, con estructura de filosilicatos. Generalmente se forman por meteorización o alteración hidrotermal de feldspatos o micas. Las arcillas están constituidas por capas de Si-O con coordinación tetraédrica (T) y capas Al-O con coordinación octaédrica (O). Existen dos tipos principales: el de la caolinita y el de la montmorillonita o esméctica. El primero presenta alternancia de capas T-O, las cuales se atraen fuertemente. En el segundo, se presenta una configuración TOT-TOT, siendo débiles los contactos T-T. Ello conlleva que las esmécticas presenten una gran superficie interna, que les permite intercambiar cationes, así como incorporar moléculas de agua y expandirse. Ambas características pueden tener graves consecuencias, tanto en la lixiviación en pilas de minerales de cobre (que se dificulta mucho por la pérdida de permeabilidad y por la

incorporación del cobre a la arcilla), como en la estabilidad de obras de ingeniería (suelos expansivos). Sin embargo, tienen también aplicaciones útiles, como en el caso de los barros (= lodos) utilizados en sondajes (= sondeos). Las arcillas son importantes minerales industriales y tienen uso diagnóstico en exploración minera. Ver además alteración hidrotermal.

Arco magmático: Se denomina así a la faja de generación de magma situada sobre una zona de subducción. Ese magma se emplaza a distintos niveles de profundidad: plutónico, hipabisal, subvolcánico y volcánico y está asociado a distintos tipos de yacimientos metalíferos, como pórfidos cupríferos (a nivel hipabisal) y epitermales (a nivel subvolcánico). La Cadena Andina incluye un importante arco magmático, que en Chile migró de W a E entre el Jurásico y el Terciario superior y que hoy coincide aproximadamente con la posición de la Cordillera de los Andes. En el sureste de España se reconoce un arco magmático del Mioceno con similitudes a la Cadena Andina, aunque diferente en cuanto origen (ausencia de subducción). Se trata de la Faja Volcánica de Almería-Cartagena (Mioceno Medio-Superior), que se formó durante el colapso gravitacional del orógeno alpino. Tiene escasa longitud y ancho (~ 160 x 20 km), sin embargo, es extremadamente rica en variedades petrográficas y series magmáticas (calcoalcalina, calcoalcalina de alto K – shoshonítica, y lamproítica) y alberga interesantes yacimientos epitermales de Au (Rodalquilar), Pb-Zn (Mazarrón, Cabezo Rajao), y Sn (La Crisoleja).

Balance Metalúrgico: $F_f = C_c + T_t$ (peso del mineral de cabeza por la ley = al peso del concentrado por su ley + el peso de la cola por su ley)

F_f = contenido fino de la alimentación.

Cc= contenido fino del concentrado.

Tt= contenido fino de la cola.

Brecha: Roca constituida por clastos angulares de tamaño centimétrico, decimétrico o métrico (megabrecha), que contiene un material más fino (matriz) y un cemento que los une. Las brechas tienen distintos orígenes: sedimentarias, piroclásticas, magmáticas, tectónicas (brechas de zona de falla), hidrotermales, etc. En depósitos como los del tipo “chimenea de brecha” pueden contener parte importante de la mineralización del yacimiento.

Calcopirita: Es el sulfuro primario de cobre más importante. Su fórmula es $CuFeS_2$ y pertenece al sistema cristalino tetragonal. Su color es amarillo bronceado, con menor brillo que la pirita. A diferencia de ésta, rara vez exhibe su forma cristalina externa.

Calcosina: Es el sulfuro más rico de cobre. Su fórmula es Cu_2S y pertenece al sistema cristalino monoclinico o hexagonal dependiendo de la temperatura de formación. Generalmente se forma por enriquecimiento supérgeno (= supergénico) o hipógeno (= hipogénico) de otros sulfuros primarios. Su color es gris y su brillo moderado lo que lo hace poco notable. Cuando se iniciaron las exploraciones de cobre en las secuencias sedimentarias del cinturón cuprífero africano (Copper Belt de Zambia-Katanga), la calcosina presente en rocas sedimentarias finas de color gris oscuro pasó inicialmente desapercibida.

Caldera: Es una gran depresión de origen volcánico, de forma elíptica o circular, que puede alcanzar decenas de km de diámetro. Se forma cuando el magma sale bruscamente, dejando un espacio bajo la estructura volcánica, la cual colapsa formando la caldera. Estructuras de este tipo se encuentran (por ejemplo) en Condoriaco, al NE

de La Serena (Chile) o en Rodalquilar (España). La erupción de material por una caldera no genera condiciones favorables para la formación de yacimientos metalíferos (pérdida masiva de volátiles). Sin embargo, si una nueva masa magmática se sitúa bajo ella generando una “caldera resurgente”, las fallas normales presentes en su borde, así como en el interior de estas (calderas “anidadas”) son adecuadas para la localización de depósitos epitermales.

Caolinita: Mineral del grupo de las arcillas. Su estructura cristalina está configurada por capas tetraédricas Si-O y octaédricas Al-O alternadas, lo que asegura una unión estrecha entre las capas (y dificulta el intercambio de bases y la incorporación de agua). Por lo tanto, no es una arcilla expansiva. Se forma por meteorización química de las rocas en condiciones de clima lluvioso, así como por alteración hidrotermal con fuerte metasomatismo de H⁺. Ver además alteración argílica y alteración argílica avanzada.

Celdas de convección: La convección (transporte de energía térmica con la materia) es una de las tres formas de transmisión de calor (junto con la conducción y la radiación electromagnética de baja frecuencia). La convección juega un rol esencial en el manto terrestre y en la corteza, tanto en la forma de ascenso de magmas como de las celdas de convección de manto astenosférico (que explican el movimiento de las placas tectónicas). La convección también es muy importante en los niveles corticales superiores cuando se emplaza un cuerpo magmático e interactúa con los niveles profundos de aguas subterráneas. Esta juega un papel principal en la génesis de yacimientos hidrotermales, así como en los sistemas geotérmicos (utilizados en la producción de energía eléctrica). El concepto de celdas de convección se refiere a la configuración de patrones de flujo ordenados de fluidos ascendentes de mayor

temperatura y fluidos descendentes de temperatura menor (y, por lo tanto, de mayor densidad).

Cianuración: Por su carácter de metal noble el oro tiene dificultad para oxidarse y, por lo tanto, para disolverse en forma iónica simple, la que sólo es posible en presencia de mezclas ácidas muy oxidantes, como la del agua regia (HCl + HNO₃). Sin embargo, el oro puede disolverse en condiciones de oxidación menos energéticas si lo hace como ión complejo. Este es el caso del ión Au(CN)₂⁻ que se forma por reacción del oro con cianuro de sodio (NaCN) en medio alcalino: $2\text{Au} + 4\text{CN}^- + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Au}[(\text{CN})_2]^- + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}_2$. La cianuración en pila, es un método barato y muy efectivo, a condición de que el oro esté libre (vale decir, no encapsulado en otro mineral) y que no haya otros metales abundantes que compitan con el oro por el cianuro. Por otra parte, evita la amalgamación con mercurio, que ofrece dificultades ambientales por la toxicidad del Hg. Sin embargo, también la cianuración ofrece riesgos que deben ser manejados con prudencia. Desde luego, si baja el pH se forma HCN (el mismo compuesto que se usa para ajusticiar condenados a muerte en la cámara de gases en USA). También el CN⁻ puede contaminar el agua subterránea (y se trata de un veneno potente). Ello explica que las comunidades vecinas tiendan a resistir este método de beneficio de minerales, a veces energicamente (caso del yacimiento de Esquel, Argentina, de la empresa Meridian Gold). Pero a diferencia del mercurio, el cianuro tiende a descomponerse naturalmente en sustancias inofensivas. Por otra parte, tampoco se trata de un tóxico acumulativo (como el Hg o el As). Sin embargo, desastres como el de la mina de oro de Baia Mare (Rumanía; febrero de 2000) llevaron al derrame de 100.000 m³ de solución cianurada al río Tisza (un tributario del

Danubio,) lo que ocasionó un desastre ecológico de gran magnitud, con la muerte masiva de peces a lo largo del río.

Cielo abierto: open pit, open-cut mining. Se denominan así las explotaciones mineras no subterráneas, las cuales corresponden a dos tipos principales: el rajo abierto común (open pit: Chuquicamata, El Romeral, etc.) y la explotación en la pared del cerro, al estilo de una cantera (open-cut: La Coipa). Estas operaciones se denominan corta en España. Las explotaciones a cielo abierto ofrecen ventajas económicas claras si el cuerpo mineralizado se extiende en tres dimensiones (XYZ) o en la horizontal (XY) y no tiene una gran cubierta de estéril. En condiciones de clima húmedo o semiárido moderado, el rajo (= corta) puede albergar un lago al fin de la explotación, que debe ser monitoreado en términos ambientales, especialmente por el riesgo de contaminación de aguas subterráneas por metales asociados al drenaje ácido. Esta solución final suele ser particularmente atractiva en el caso de explotaciones de carbón o arcillas, donde el riesgo de drenaje ácido es mucho menor (o inexistente en el caso de arcillas) que en los yacimientos metálicos ricos en pirita.

Clorita: Filosilicato afín con los minerales micáceos, que se forma por alteración hidrotermal de otros minerales ferromagnesianos de mayor temperatura (piroxenos, anfíbol, biotita). Es característico de la alteración propilítica y de la alteración transicional propilítica-fílica. En la mayoría de los yacimientos cupríferos tipo manto, la asociación clorita-sericita, junto con la albita, presentan la relación más directa con la mineralización.

Conminución: Proceso a través del cual se produce una de reducción de tamaño de las partículas de mineral, mediante trituración y/o molienda, con el fin de:

- Liberar las especies diseminadas.
- Facilitar el manejo de los sólidos.
- Obtener un material de tamaño apropiado y controlado.

Desarrollo: Se denomina desarrollo a las labores de preparación de la explotación de un yacimiento, como la construcción de piques (= pozos) y galerías. Generalmente es una etapa que implica más gastos que provecho económico directo. Sin embargo, si la mena extraída en esa etapa es rica, el desarrollo puede ser directamente rentable, como ocurrió en el caso del yacimiento aurífero de El Indio (Región de Coquimbo, Chile).

Desmontes: Son acumulaciones de rocas estériles o con concentraciones sub económicas de minerales, que podrían ser susceptibles de tratamiento futuro a través de métodos complementarios. Es muy importante asegurarse de que el sitio de depósito de los desmontes (en España: escombreras) no contenga mineralizaciones que obliguen a su posterior remoción (como en el distrito de Chuquicamata, Chile). También es necesario separar los depósitos de desmontes conforme a su ley y mineralogía. Los desmontes deben ser considerados cuidadosamente con relación al futuro cierre de las explotaciones, puesto que pueden ser focos de generación de drenaje ácido.

Despolimerización: En un magma, los futuros minerales existen bajo la forma de estructuras moleculares polimerizadas, a partir de las cuales se forman los cristales al descender la temperatura. Sin embargo, una sustancia como el agua disuelta en el magma produce la rotura de los enlaces polimerizados (efecto despolimerizador), lo

cual genera mayor fluidez y retarda su proceso de cristalización, permitiendo su ascenso hasta niveles corticales superiores.

Desproporción: Es un proceso simultáneo de oxidación y reducción que desempeña un rol esencial en el comportamiento del azufre en las etapas neumatolítica e hidrotermal de la cristalización magmática. Su importancia deriva del hecho de que el azufre de los magmas necesita pasar de la forma S^{2-} a la forma S^{4+} (SO_2) para pasar a la fase neumatolítica y participar en los procesos de mineralización (de ahí la importancia de los magmas oxidados, como los de la serie con magnetita de Ishihara. Sin embargo, el depósito de minerales sulfurados requiere la presencia del ión S^{2-} . Ello se logra a través del mecanismo de desproporción, que implica la oxidación y reducción simultánea del S^{4+} , conforme a la ecuación: $4S^{4+} \rightarrow S^{2-} + 3S^{6+}$ lo que da lugar a la formación conjunta de los iones sulfuro y sulfato. En los niveles hipotermales el ion sulfato se presenta como anhidrita (sulfato de calcio), mineral abundante de la zona potásica de los pórfidos cupríferos.

Diseminada: Tipo de textura en la cual la mineralización se presenta bajo la forma de una fina impregnación de la roca mineralizada. Su presencia indica que la roca encajadora permitió el paso de la solución hidrotermal a través de su permeabilidad primaria o de una red muy fina de fracturas.

Dispersión: Proceso por el cual una sustancia concentrada en un volumen limitado pasa a distribuirse en un volumen mayor, disminuyendo proporcionalmente su concentración. El concepto de dispersión secundaria alude a aquella que se produce cuando un yacimiento mineral es afectado por meteorización y erosión, permitiendo la migración de sus constituyentes. Esto genera anomalías geoquímicas y mineralógicas

secundarias en torno al área mineralizada, lo cual es utilizado en exploración minera. Especialmente importante es aquella dispersión realizada por el drenaje. La dispersión debe ser considerada también en términos ambientales, puesto que ella implica contaminación. Al respecto, tanto las actividades mineras como las metalúrgicas pueden acelerar los procesos naturales de dispersión, lo cual debe ser considerado durante la explotación y el posterior cierre de las explotaciones mineras.

Distal: Posición alejada de un cuerpo mineralizado respecto a la fuente primaria a la que se atribuye la mineralización. Se opone a la de una posición cercana o proximal. Estos conceptos se han utilizado principalmente en el estudio de yacimientos sulfurados del tipo sulfuros macizos (= masivos) depositados en el fondo marino respecto a las fuentes (p.ej. chimeneas hidrotermales = black smokers).

Distrito minero: Se denomina así a un conjunto de minas presentes en un área geográfica de extensión limitada (algunos km). Ejemplos de distritos de la Región de Coquimbo en Chile son los de Condoriaco (Ag-Au), Talcuna (en Quebrada Marquesa, Cu), El Indio-Tambo (Au-Cu-As) y Andacollo (Au-Cu). En España son famosos los distritos de La Carolina (Pb-Zn-Cu-Ag) o La Unión (Pb-Zn-Ag).

Dominios metalogénicos: Concepto propuesto por el metalogenetista francés P. Routhier, según el cual existen dominios geográficos en forma de bandas (provincias) en los distintos continentes, definidos por la presencia de determinados metales que aparecen reiteradamente en dichos dominios en yacimientos de distinta edad y tipología. Por otra parte, la presencia de yacimientos se relaciona con la existencia de cuerpos magmáticos, fallas u otros elementos geológicos que intersectan el dominio,

los cuales son considerados como reveladores de su potencial metal génico (atribuido a la concentración anormal de esos metales en los niveles corticales subyacentes).

Ebullición: La ebullición, vale decir, el paso brusco de un componente de una fase líquida a una gaseosa se produce cuando la presión de vapor sobrepasa la presión externa ejercida sobre el líquido. La ebullición tiene mucha importancia en términos metalogénicos. En etapas tempranas, durante el ascenso de un cuerpo magmático, la ebullición del agua contenida en el magma puede determinar su cristalización, puesto que el agua deja de desempeñar su papel despolimerizante (efecto fundente). También la ebullición de sustancias volátiles controla el desarrollo de la etapa neumatólica, que pasa a la etapa hidrotermal al condensarse el agua por la disminución posterior de la temperatura. Durante la etapa hidrotermal también pueden ocurrir etapas de ebullición controladas por cambios de la presión que actúa sobre la solución. Tales fenómenos afectan la estabilidad de los metales disueltos como iones complejos (al modificar el pH y las fases sulfuradas en solución) y tienen como consecuencia la precipitación de minerales económicos y de ganga. Puesto que la presión sobre los sistemas neumatólicos e hidrotermales está controlada en parte por la permeabilidad y por las estructuras presentes en las rocas, los cambios litológicos y estructurales abruptos favorecen la ebullición y por lo tanto el depósito de masas ricas de mineralización metálica (como las de la zona de bonanza de los filones o vetas).

Electrum: Amalgama natural, constituida principalmente por oro y plata. Es común en los granos de oro presentes en placeres aluviales.

Enargita: Mineral de cobre de fórmula Cu_3AsS_4 , de color gris a negro y brillo metálico, perteneciente al sistema ortorrómbico. Es abundante en las etapas tardías o

en los niveles superiores de los pórfidos cupríferos, así como en algunos yacimientos epitermales de Au-Cu, como El Indio en Chile o Rodalquilar en España. En Chile es especialmente abundante en los pórfidos cupríferos de Chuquicamata, MM (actual A. Hales) y El Teniente. Por su contenido de As, la enargita implica serios problemas ambientales, especialmente en términos de las emisiones de As_2O_3 por las chimeneas de las fundiciones, así como al posterior almacenamiento del As_2O_3 recuperado. Tampoco se ha encontrado un procedimiento económico de biolixiviación que permita substituir su tratamiento pirometalúrgico. Las emisiones de As_2O_3 revisten gravedad debido a que el As es un tóxico acumulativo y cancerígeno. En el norte de Chile, este problema se une a las concentraciones naturales altas de As que presentan algunos ríos y aguas subterráneas.

Enriquecimiento supérgeno (supergénico): El término alude a todo enriquecimiento de la concentración de minerales económicos (y por lo tanto de la ley) de un yacimiento, debido a los procesos de meteorización y erosión. También se le denomina enriquecimiento secundario. Puede ocurrir por efecto de la remoción de constituyentes estériles, lo cual incrementa la concentración de aquellos económicamente valiosos. Sin embargo, el término se refiere principalmente al proceso de enriquecimiento que ocurre en yacimientos de cobre y de plata, y que implica la oxidación de los minerales sulfurados presentes sobre el nivel freático. El metal liberado, mantenido en solución por efecto del ambiente ácido generado por la oxidación de pirita, desciende hasta más abajo del nivel freático y reacciona con los sulfuros primarios de los cuales desplaza los elementos menos valiosos. Así se forma, en el caso del cobre, la mineral calcosina (Cu_2S), a expensas de bornita, calcopirita o

pirita. En el caso de la plata, se forma argentita a partir de minerales como blenda (= esfalerita) (ZnS). Sin embargo, no todos los enriquecimientos de minerales sulfurados son de carácter supérgeno. También puede desarrollarse en la etapa hidrotermal o por efecto de procesos análogos posteriores. Recientemente, R. Sillitoe ha planteado la posibilidad de que el enriquecimiento de plata en Chañarcillo, considerado un ejemplo clásico, sea hipógeno (hipogénico) y no supérgeno (supergénico). Lo que está fuera de discusión es la gran importancia económica que ha tenido el enriquecimiento supérgeno en yacimientos como La Escondida y Chuquicamata. En este último, aparte de la zona de sulfuros enriquecidos se formó otra de óxidos ricos en cobre al bajar el nivel freático y oxidarse los sulfuros previamente enriquecidos. Factores favorables al enriquecimiento supérgeno (o secundario) de yacimientos cupríferos son un clima semiárido (vale decir, con lluvias estacionales moderadas), adecuada fracturación, tectónica de ascenso de bloques a una tasa también moderada, y suficiente presencia de pirita.

Estéril: Material que no contiene concentraciones económicas ni sub-económicas de los metales que son objeto de la explotación (aunque podrían tener un valor posterior, por ejemplo, por un mineral de ganga recuperable). Ver desmontes (= escombreras).

Estructuras: Se refiere a rasgos morfológicos asociados al proceso de formación de una roca o un macizo rocoso (p.ej., de un volcán, una colada de lava, un estrato sedimentario, un batolito) o al posterior efecto de procesos tectónicos deformativos (plegamiento, diaclasamiento, fallamiento, metamorfismo dinámico). Las estructuras,

junto a la litología, ejercen un control principal en la distribución de las mineralizaciones a sus distintas escalas.

Epitermal: El término se refiere a aquellos yacimientos hidrotermales formados a baja temperatura (200°-50°C; según Lindgren) y a relativamente poca profundidad. Sin embargo, no existe una relación estricta entre profundidad y temperatura en el interior de la Tierra, lo que puede complicar la aplicación de la segunda condición señalada. Por otra parte, en el caso de yacimientos de gran extensión vertical, como los pórfidos cupríferos, el depósito puede incluir una zona epitermal (la envolvente argílica del pórfido) una mesotermal (300°- 200°C, la zona fílica del pórfido) y una hipotermal (500°-300°C, la zona potásica del depósito). Otros autores amplían el rango de temperatura epitermal a los 300°C. La mayoría de los depósitos de oro y de plata son epitermales (tipos Carlin, Bonanza, Hot Spring), aunque también existen depósitos auríferos de mayor temperatura, como los del tipo Bendigo, emplazados en estructuras de rocas plegadas antiguas.

Exploración minera: El término designa diversas actividades y etapas de trabajo destinadas al descubrimiento, evaluación y estimación de recursos y reservas de minerales de interés económico. Va desde una etapa inicial de detección de posibles prospectos, vale decir, áreas de interés para la realización de estudios ulteriores, hasta campañas de sondajes (= sondeos) destinados a la estimación de reservas. La exploración minera puede ser centrífuga, vale decir, partir de un depósito conocido hacia su entorno geológico en búsqueda de nuevas reservas o nuevos. También puede ser centrípeta, vale decir, partir de una gran superficie para localizar uno o más yacimientos en su interior. Puede ser realizada para encontrar prospectos o yacimientos

para ser vendidos a otras empresas (caso de las compañías junior canadienses), o bien para reponer o expandir reservas de la misma empresa que explora y explota yacimientos. La exploración minera utiliza conocimientos, criterios, métodos y tecnologías de carácter geológico, mineralógico, geoquímico y geofísico, además de variados tipos de sensores remotos. Sin embargo, la experiencia de terreno, la imaginación, tenacidad y disposición al riesgo de los geólogos es esencial en el logro de éxitos. En suma, la exploración minera sigue siendo un arte (y en parte una aventura) pese a la ciencia y tecnología que la apoyan. El término prospección minera se utiliza a veces como sinónimo de exploración minera, y otras para designar solamente sus primeras etapas.

Filón (veta): El término se utiliza para designar a cuerpos emplazados en planos de falla. En cierto grado es análogo al de veta. Sin embargo, el concepto de filón es más amplio, y se puede aplicar a masas mineralizadas más irregulares y menos definidas que una veta, por ejemplo, el Mother Lode (Filón Madre) al que se asociaban numerosas mineralizaciones auríferas en California. En España filón denota un cuerpo mineralizado tabular emplazado a lo largo de una falla u otro accidente estructural.

Flotación: En general el término designa cualquier proceso de concentración o purificación de un mineral (en sentido amplio) que se realiza aprovechando su menor densidad o bien su capacidad para adherirse a una burbuja de aire. El primer caso corresponde, por ejemplo, a la flotación de carbón mineral para eliminar algunas impurezas. El segundo procedimiento es de gran uso en el tratamiento de minerales sulfurados. Consiste en la molienda fina de la mena, seguida de la separación de los sulfuros de la ganga mediante la adherencia de los primeros a burbujas de aire, lograda

con la ayuda de substancias surfactantes (espumantes y colectores). En España se ha utilizado históricamente el término lavado para el proceso y lavadero, para la planta de flotación. Modificando otros parámetros como el pH, es posible obtener la depresión de algunos sulfuros como pirita, logrando así concentrados de mejor ley y menor contenido de impurezas. La flotación puede ser realizada en celdas rectangulares o cilíndricas de variado tamaño, así como en columnas (flotación columnar).

Geoestadística: Los métodos tradicionales de evaluación de reservas de yacimiento asumen un carácter isótropo de la distribución de sus leyes. En consecuencia, estiman la ley de los puntos no muestreados sobre la base de sus distancias a aquellos de ley conocida por haber sido muestreados y analizados. Para esto se utilizan los criterios de los inversos de las distancias (ID) o de los inversos de los cuadrados de las distancias (ID²). Esto implica que la validez de la estimación disminuye con la distancia o el cuadrado de esta. Alternativamente, las leyes pueden ser estimadas por áreas de confianza. Así, en una sección podemos extrapolar las leyes medias de un sondeo (= sondaje) hasta la distancia media que existe entre este y el sondeo siguiente. En cambio, la geoestadística (ciencia fundada por el matemático francés G. Matheron) considera no solo la posición de los puntos conocidos en el espacio, sino que, además, la isotropía-anisotropía de los datos mediante el estudio de la función $\gamma(h)$, esto es, el variograma: $\gamma(h) = \frac{1}{2} n \sum [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$, donde h es la distancia entre las muestras, X_i es la posición de cada muestra, Z es el valor de la muestra en el punto X_i y n el número de pares considerados. A partir de esta función, se puede estudiar el sistema en términos de la variación espacial, determinando el alcance (distancia máxima de confiabilidad) en función de la anisotropía de los datos. Así, puede que los

datos presenten una mayor continuidad N-S que E-W (el alcance sería mayor en el primer caso). Una vez establecido el modelo de variograma (modelización espacial de la anisotropía del sistema) se puede interpolar los datos espacialmente mediante la técnica de kriging. En otras palabras, el kriging incorpora la anisotropía determinada por el variograma posibilitando una estimación espacial mucho más confiable. Por otra parte, el kriging permite conocer a priori la varianza de los errores que se cometerán en la estimación. Según el cuerpo mineralizado presente límites difusos o bien límites geológicos netos, se utiliza el kriging convencional o bien kriging bajo restricción geológica.

Geofísica: En exploración minera se utiliza una amplia gama de métodos geofísicos. En términos básicos, se trata de conocer la expresión o la respuesta de las rocas no expuestas y los posibles yacimientos asociados a ellas en términos de sus propiedades físicas. Estas propiedades incluyen: a) densidad (en términos de masa gravitacional), b) magnetismo, c) reflexión y refracción de ondas sísmicas, d) conductividad eléctrica, e) respuesta a ondas electromagnéticas, f) conductividad térmica, etc. Algunos métodos geofísicos, como gravimetría, magnetometría, etc. implican simplemente realizar mediciones. En otros casos, como la sísmica, conductividad eléctrica, etc. es necesario producir un efecto (p.ej., una explosión, la generación de corrientes eléctricas, ondas electromagnéticas, etc.) para registrar la correspondiente respuesta. Los métodos basados en radioactividad son un tipo especial de métodos de exploración, situados a medio camino entre la geofísica y la geoquímica (puesto que permiten detectar indirectamente los isótopos radioactivos presentes). Realizadas las mediciones y su corrección, así como el proceso matemático de la información, se elabora un modelo

geofísico que explica la anomalía detectada (lo cual puede ser realizado por varios modelos alternativos). Dicho modelo se utiliza en conjunto con el resto de la información modelizada (geológica, geoquímica, mineralógica, etc.) para seleccionar los blancos de sondajes (= sondeos), o bien detener por el momento la exploración, o descartar el área estudiada si los resultados son negativos. La geofísica es una herramienta de apoyo, y no una técnica definitiva. Esto quedó comprobado durante la exploración del yacimiento de Neves Corvo (Portugal), donde sin la modelización tectónica habría sido imposible orientar adecuadamente los sondajes (= sondeos) por los datos gravimétricos, como se comprobó después de algunos errores preliminares.

Geoquímica: La geoquímica es la ciencia que estudia la distribución de los elementos químicos en la Tierra y en otros planetas, y elabora las leyes que describen dicha distribución y las hipótesis que la explican. Puesto que los yacimientos minerales constituyen concentraciones anómalas de elementos minerales o sustancias (como el carbón o el petróleo), la detección de las anomalías superficiales de estos permite la detección de yacimientos profundos ocultos o bien de depósitos superficiales situados a cierta distancia de las muestras analizadas. El segundo caso corresponde, por ejemplo, al de un yacimiento que aflora en el área de nacimiento de un río, cuyos contenidos metálicos contaminan sus aguas y sedimentos y permiten por lo tanto su detección a distancia. Los métodos geoquímicos de exploración minera se clasifican según el material muestreado y su origen. Tenemos así a) geoquímica de rocas, b) geoquímica de suelos, c) geoquímica de aguas y sedimentos (de la red de drenaje, de lagos, etc.), y d) biogeoquímica (normalmente de plantas). Un método asociado, que no es propiamente geoquímico es la geobotánica, basado en la observación de cambios de

color o morfología en las plantas, que pueden ser interpretados en términos de altas concentraciones de metales o metaloides en los suelos. Los notables avances en las técnicas analíticas instrumentales para metales y metaloides permiten hoy trabajar con análisis de decenas de elementos químicos en cada muestra a costos (= costes) muy bajos. La exploración (= prospección) geoquímica ha sido notablemente efectiva en el descubrimiento de nuevos yacimientos y es utilizada en todo tipo de exploraciones mineras. También tiene aplicaciones importantes en la exploración de hidrocarburos. Por otra parte, similares criterios y procedimientos son utilizados por la geoquímica ambiental, que investiga concentraciones anormales de elementos o sustancias que pueden tener efectos tóxicos, ya sea debidas a procesos naturales o a actividades humanas (mineras, industriales, agrícolas etc).

Geotecnia: La geotecnia es una disciplina profesional dedicada a las aplicaciones ingenieriles de la geología, la geomecánica y la hidrogeología. Por ejemplo, al planificar la construcción de un túnel que atraviesa una montaña, se parte con: a) un modelo geológico que describe las rocas presentes y sus estructuras, b) un modelo hidrogeológico que muestra el comportamiento del agua subterránea y c) un modelo geomecánico. Este último describe los parámetros físicos de las rocas presentes y su conducta frente a la activación de sus estructuras por los cambios de magnitud y dirección de los esfuerzos que implica la obra de ingeniería a realizar. Corresponde a la geotecnia utilizar esta información en la elaboración de un modelo predictivo, tanto del comportamiento del macizo rocoso y sus aguas subterráneas durante la excavación del túnel, como de la situación del sistema una vez completada la obra.

Geotermometría: El término se refiere a la determinación de la temperatura de formación de minerales, ya sea mediante el estudio de inclusiones fluidas, del grado de algunos reemplazos diadócicos (por ejemplo, el contenido de Fe en esfalerita es directamente proporcional a su temperatura de formación) o de la presencia de estructuras de desmezclas de minerales (cuya presencia permite fijar temperaturas mínimas de formación). Las inclusiones fluidas representan una muestra de las soluciones hidrotermales a partir de las cuales se formaron los minerales. En consecuencia, en el caso de inclusiones fluidas que incluyen dos o más fases, la temperatura a la cual se homogenizan es indicativa de su temperatura de formación.

Geometalurgia: es una disciplina que integra a las ciencias extractivas de minerales. Permite identificar y clasificar a los minerales según su comportamiento frente a determinado proceso metalúrgico. Se consigue con ello planificar y dirigir más eficientemente los procesos de valorización de un recurso mineral y su explotación, mediante la integración de disciplinas como la Geología, Operaciones Mineras, Procesamiento de minerales y Metalurgia. La geometalurgia pretende mejorar los procesos de evaluación de recursos económicos y hacerlo mucho más efectivo en términos técnicos y económicos.

Hidrotermal: El término se aplica a toda solución acuosa caliente de origen natural. Las soluciones hidrotermales pueden tener distintos orígenes, entre los principales: a) agua contenida en solución en un magma y liberada en el curso de su cristalización, b) agua contenida en sedimentos, que se separa en el curso de la diagénesis y litificación de la secuencia, c) agua liberada en el curso del metamorfismo de rocas, d) aguas subterráneas calentadas por efecto de un alto gradiente geotérmico debido a un cuerpo

magmático en cristalización, al desarrollo de un rift, etc. Las soluciones hidrotermales salinas (brines) tienen un especial potencial para lixiviar metales de las rocas, así como para transportarlos, debido a su capacidad para formar iones metálicos complejos con los aniones que contienen (p.ej. complejos clorurados). La etapa hidrotermal constituye la última fase de la cristalización de un magma, después de la cristalización principal, la etapa pegmatítica y la neumatolítica.

Hipabisal: Nivel de cristalización de un cuerpo magmático comprendido entre el nivel plutónico o profundo, propio de un batolito (4-5 km) y el nivel subvolcánico, próximo a la superficie (menos de 2 km). A este nivel corresponde el emplazamiento de los pórfidos cupríferos (2-3 km).

Hipógeno (hipogénico): El término indica el origen de un mineral o de una solución en el sentido de que proviene de la profundidad. Por ejemplo, un mineral depositado por una solución hidrotermal procedente de la cristalización de un cuerpo ígneo se considera hipógeno (al igual que la solución respectiva). El término se opone a supérgeno (= supergénico), proveniente de la superficie, por ejemplo, los minerales secundarios de la zona de cementación (= enriquecimiento) de sulfuros.

Hipotermal: En la clasificación de los yacimientos hidrotermales propuesta por Lindgren, denomina a aquellos formados a mayor temperatura, entre 500° y 300°C. En el proceso de cristalización de un magma, corresponde a aquellos formados por las soluciones hidrotermales tempranas, de mayor temperatura. Es importante considerar el hecho de que, en grandes yacimientos, de larga y compleja evolución como los pórfidos cupríferos o los yacimientos ferríferos tipo Kiruna, el proceso de formación puede incluir las etapas hipotermal, mesotermal y epitermal (tardía). Esto se expresa

tanto en la mineralización como en la alteración hidrotermal asociada (p. ej., la mineralización principal asociada a la zona potásica de un pórfido cuprífero es hipotermal, pero aquella relacionada con la zona fílica es mesotermal).

Ley: El término denota el porcentaje de un elemento químico o de un mineral industrial, ya sea en una muestra, en un bloque mineralizado o en un yacimiento (ley media). La ley media de un depósito depende de la parte de él que se considere, y naturalmente desciende en la medida que se incluyen zonas más pobres en el cálculo de sus reservas. En consecuencia, es normal que se genere una relación inversa entre la magnitud de las reservas calculadas y su ley media, a menos que el crecimiento de las reservas se deba al descubrimiento de un nuevo cuerpo mineralizado más rico, ya sea en el mismo yacimiento o en sus inmediaciones.

Ley de corte (*cut off grade*): El término designa aquella ley bajo la cual el mineral extraído no es enviado a la planta para su beneficio metalúrgico. Puesto que esa ley puede variar conforme a factores económicos o tecnológicos, el mineral de ley inferior a la de corte, pero que presenta contenidos apreciables de mineral, debe ser apilado separadamente por su posible valor futuro.

Lixiviación (*leaching*): Efecto de disolución ejercido por una solución sobre los materiales a través de los cuales circula. La lixiviación desempeña un papel muy importante en la formación de yacimientos metalíferos. Por ejemplo, los metales contenidos en secuencias sedimentarias pueden ser lixiviados por soluciones salinas durante su diagénesis, y depositados en contextos favorables. Otro tanto hacen las soluciones hidrotermales al atravesar secuencias volcánicas o sedimentarias. También la lixiviación desempeña un papel principal en la formación de sulfuros secundarios y

de depósitos exóticos de cobre a expensas del metal lixiviado desde la zona de oxidación. La lixiviación es un proceso fundamental en las operaciones hidrometalúrgicas (p. ej., lixiviación en pila).

Magmatismo: Desarrollo y movimiento del magma y su solidificación en rocas ígneas. Teoría que postula que todas las rocas ígneas se formaron a partir de la solidificación del magma.

Modelo: Es una representación idealizada y simplificada de la realidad, que se utiliza para describir o explicar un fenómeno físico o proceso, o para caracterizar los rasgos comunes que presenta un conjunto de objetos naturales. Por ejemplo, el modelo del interior de la Tierra, el modelo del ascenso de cuerpos magmáticos en la corteza, el modelo de yacimientos cupríferos de tipo porfírico, etc. Los modelos acompañan y completan la elaboración de hipótesis. Pueden ser de carácter conceptual y utilizar ecuaciones (generalmente diferenciales) en la descripción de sus distintos componentes, o bien ser de carácter empírico (descriptivos, más que interpretativos). Los modelos metalogénicos, que describen y explican los principales tipos de yacimientos minerales (en particular los de carácter metalífero), desempeñan un papel principal en su estudio y exploración. Los modelos empíricos consisten en una descripción de los atributos básicos de un determinado tipo de yacimiento mineral, por ejemplo, morfología, litología, mineralogía, estructura. No importa entender cómo se relacionan estos atributos más allá del mero hecho de saber que están presentes. Por su parte, los modelos conceptuales (= teóricos) intentan relacionar dichos atributos a través de procesos geológicos y físico-químicos. Adicionalmente, se puede agregar

información sobre las anomalías geofísicas y geoquímicas generadas por la presencia del yacimiento tipo.

Modelo de bloques (*block model*): Se denomina así a la representación del yacimiento a través de su división en múltiples bloques, cuyo tamaño se relaciona con las características del método de explotación a utilizar. Cada uno de los bloques así definidos contiene la información geológica, mineralógica, de leyes, etc, que es necesaria para la toma de decisiones durante las etapas de planificación y explotación.

Modelo geometalúrgico (*geometallurgical model*): La geometalurgia tiene por objeto utilizar toda la información disponible (mineralógica, litológica, estructural, de leyes, etc.) para predecir el comportamiento de las menas durante sus procesos de tratamiento metalúrgico, información que se integra al modelo de bloques.

Molienda: La molienda es una operación que permite la reducción del tamaño de la materia hasta tener una granulometría final deseada, mediante los diversos aparatos que trabajan por choques, aplastamiento o desgaste.

En esta operación de molienda, es donde se realiza la verdadera liberación de los minerales valiosos y se encuentra en condiciones de ser separados de sus acompañantes. Por lo general, la molienda está precedida de una sección de trituración y, por lo tanto, la granulometría de los minerales que entran a la sección molienda es casi uniforme. Los tamaños pueden variar de un F80 de 20 mm. (20000 micrones) a unos 5 mm. (5000 micrones), hasta obtener un producto de P80, variando normalmente entre unas 200 mallas por pulgada lineal (74 micrones) hasta 100 mallas (147 micrones).

pH (potencial de hidrógeno): Es una medida de la concentración de hidrogeniones $[H^+]$ en una solución acuosa y se expresa como $pH = -\log [H^+]$. El agua pura a $25^\circ C$ se encuentra débilmente ionizada a través del siguiente equilibrio: $H_2O = H^+ + OH^-$, y el producto de equilibrio (K_w) es $[H^+] [OH^-] = 10^{-14}$ moles/litro. Así $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ (la concentración de hidrogeniones es igual a la de oxidrilos = 10^{-7}). Por esto el pH del agua pura es 7 ($pH = -\log [H^+] = -\log (10^{-7}) = 7$). Sin embargo, por efecto de la adición de un ácido o de un hidróxido (base) dicha relación se altera y la solución se vuelve más ácida o más alcalina. Por ejemplo, una solución de HCl de concentración molar (moles/litro) 10^{-3} tendrá $pH = 3$ ($pH = -\log [H^+]$). Esto es así porque el ácido está casi completamente disociado (ácido fuerte) y la concentración inicial de H^+ (10^{-7}) es tan baja que puede ser despreciada frente a 10^{-3} . En este caso, la concentración de OH^- baja a 10^{-11} para mantener el equilibrio ($K_w = [H^+] [OH^-] = 10^{-3} \times 10^{-11} = 10^{-14}$). También la hidrólisis de una solución formada por un ácido fuerte-base débil o de un ácido débil- base fuerte produce un cambio del pH, que se hará más ácido en el primer caso y más alcalino (básico) en el segundo. Por ejemplo, la reacción de hidrólisis $CaCO_3 + H^+ \rightarrow Ca^{2+} + HCO_3^-$ consume hidrogeniones y, por lo tanto, sube el pH de la solución (el pH se hace más alcalino). El pH tiene un importante papel en el control de las soluciones hidrotermales (disolución-precipitación de metales), así como en el enriquecimiento secundario de yacimientos sulfurados y en la formación de yacimientos exóticos. La evaluación de este parámetro es también esencial en la evaluación del riesgo de generación de drenaje ácido desde explotaciones mineras, así como en operaciones de tratamiento metalúrgico y en la estimación del riesgo ambiental que implican los desechos sólidos de las operaciones mineras y metalúrgicas.

Pirometalurgia (pyrometallurgy): Conjunto de procedimientos metalúrgicos de liberación y refinación de metales, que implican procesos de elevada temperatura, como la fusión de minerales y el refinado a fuego. El llamado cobre blister es un producto de ambos procesos. El principal problema de la pirometalurgia (utilizada en el tratamiento de concentrados sulfurados de cobre) son sus emisiones aéreas. Estas incluyen SO₂ (que en la atmósfera forma ácido sulfúrico, principal responsable de la lluvia ácida) y pueden incluir también As₂O₃, si el concentrado contiene enargita (Cu₃AsS₄).

Razón o Factor de Concentración (Fc): Relación entre el peso del mineral de cabeza y el peso del concentrado. Expresa el tonelaje de mineral de cabeza necesario para obtener una tonelada de concentrado.

$$F_c: F_f / C_c$$

Razón de enriquecimiento: Es la razón entre la ley del componente deseado en el concentrado y la ley del mismo componente en la alimentación.

Recuperación (n): relación en % entre el contenido fino del concentrado (C_c) y el fino en la cabeza (F_f).

$$n: C_c \times 100 / F_f$$

Recuperación metalúrgica: Es la razón entre la masa del material útil obtenido en el concentrado y la masa de material útil de la alimentación.

Reservas: Son los tonelajes medidos de rocas mineralizadas con indicación de sus leyes, presentes en un yacimiento o distrito. En términos de su factibilidad económica de explotación se clasifican en económicas y marginales. Si son sub-económicas, se las

denomina recursos (en vez de reservas). Las reservas económicas se pueden clasificar en:

- Medidas (= probadas) Se denomina reservas medidas a aquellas calculadas sobre la base de un número suficiente de muestras, separadas entre sí por una distancia igual o menor a la del alcance (ver Geoestadística). En su concepto más clásico, se habla de mineral medido cuando disponemos de una información directa tomada de un muestreo detallado de trincheras (calicatas), labores, sondeos (= sondajes). El tonelaje real no puede diferir en más de un 15 % con respecto al calculado.

- Indicadas (= probables): Se denomina reservas indicadas de minerales de un yacimiento a aquellas cuyo cálculo está basado en un número suficiente de muestras, pero éstas están espaciadas a una distancia mayor que el alcance estimado (ver Geoestadística). Las cifras de las reservas indicadas se calculan como proyecciones razonables considerando la incertidumbre implicada por el mayor espaciamiento de las muestras.

- Inferidas (= posibles): Las reservas inferidas corresponden a cifras estimadas sobre la base del conocimiento geológico del yacimiento. Por ejemplo, si se constata la asociación de la mineralización de cobre con una zona de alteración de albita-clorita, se podría inferir que la mineralización continúa en zonas con la misma alteración, aunque carezcan de muestreo de leyes. Naturalmente, el acierto de estas estimaciones dependerá de la regularidad de la asociación entre la mineralización y los rasgos litológicos y estructurales del depósito, así como de la experiencia y criterio del profesional responsable.

Testigo (*drill core*): Se denomina así al cilindro más o menos continuo de roca que se obtiene de una perforación realizada con una corona de acero con diamantes industriales incrustados. La herramienta tiene una apertura central, en la que va quedando encajada la roca cortada por la corona. La corona a su vez se encuentra ligada a un sistema de tubos. La maquinaria de perforación induce dos tipos de movimiento: hacia abajo y rotacional, para producir el corte de la roca e introducirlo en la tubería. Para recuperar el testigo, hay que extraer toda la tubería, operación que se realiza sistemáticamente cada tanto metro. Ver, además: sondajes (= sondeos).

Textura: La textura de una roca o minerales está configurada por rasgos estructurales finos, incluidos los relativos al crecimiento cristalino. Por ejemplo: textura sacaroidal de una roca microcristalina, textura coliforme de los minerales de una mena. También un enrejado fino de vetillas constituye un rasgo textural. De especial importancia en términos del tratamiento metalúrgico de minerales sulfurados son aquellas relaciones texturales como el entrecrecimiento de minerales, que pueden dificultar mucho su separación en el proceso de molienda.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general.

El análisis geo metalúrgico ayuda a determinar los elementos nocivos que se encuentran dentro del proceso de lixiviación y recuperación de oro de los tajos en producción en la Mina Corihuarmi.

2.4.2. Hipótesis específicas.

Hipótesis específico 1.- Se identifican los elementos nocivos que existen en el proceso de lixiviación y recuperación de oro en los tajos de producción, tomando como referencia la composición química de los minerales y sus límites permisibles en el proceso de cianuración.

Hipótesis específico 2.- Se realiza la distribución con los elementos nocivos que existen, esto se harán por secciones en los tajos de producción según los bancos minables.

Hipótesis específico 3.- Se verifican los estos elementos nocivos que existen y que están considerados dentro del Pit final operativo

2.5. Identificación de variables.

2.5.1. Variable independiente.

Análisis geo metalúrgico

2.5.2. Variable dependiente.

Los elementos nocivos que se encuentran dentro del proceso de lixiviación y recuperación de oro de los tajos en producción en la Mina Corihuarmi.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Es una investigación observacional - descriptivo, por cuanto no se interviene modificando la realidad; así mismo corresponde a un tipo de investigación cualitativa y cuantitativa.

3.2. Métodos de investigación

El método a usarse serán los métodos aplicado, Analítico y Determinativo.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue del tipo múltiple que exponemos a continuación:

Exploratorio.

Porque permite determinar los elementos nocivos que se encuentran en muestras de minerales presentes en el proceso de lixiviación de los tajos en producción de la mina Corihuarmi.

Descriptivo.

Se describirá todas las características físicas y químicas de los elementos nocivos presentes en las muestras de minerales en el proceso de lixiviación.

3.4. Población y muestra

La investigación se realizó sobre la base de 17 muestras de control de campo obtenidas de los polígonos de producción y de 22 taladros RCD los cuales fueron analizados por multielementos y compositados cada 5 ms.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los trabajos a realizar consisten en trabajos de campo como cartografiado geológico superficial a detalle a escala 1:1000 y 1:500, recolección de muestras de tipo Rock Chip para análisis geoquímico multielemental, estudios Petrográficas y Mineragráficos, Recolección de muestras de compósitos para pruebas de recuperación, pruebas de botella y columnas, recolección de muestras para densidad y permeabilidad.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Análisis documental:

Documentos bibliográficos, cartográficos y fotográficos.

Tratamiento de la información de campo

Tratamiento de muestras

Utilización de software para procesamiento de datos

Interpretación de datos

3.7. Tratamiento estadístico de datos

- **Manual:** se utilizan las formulas establecidas para el análisis de datos descriptivo, dentro de ello se utilizará:

Correlación de Pearson para poder determinar o medir el grado de relación de las variables cuantitativas (elementos químicos).

Diagrama de Caja para poder mostrar los valores mínimos y máximos así mismo identificar los valores atípicos.

Histogramas para poder expresar gráficamente la frecuencia de las variables

- **Computarizado:** aremos uso como elementos de apoyo al software de Minesight, Minitab para la correlación y modelamiento.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación y accesibilidad.

El proyecto de exploración Corihuarmi de Minera IRL S.A, está ubicado entre los departamentos de Lima y Huancayo, Provincia de Lima y Junín respectivamente, aproximadamente a 160km al sureste de Lima, a una altitud que varía entre los 4700 y 4900 m.s.n.m., ver figura 1. La coordenada central UTM (Datum WGS 84) de la concesión Tupe 3, de titularidad de Minera IRL S.A. es 438,430 Este y 8'610,020 Norte.

Tabla 1

Accesibilidad Lima – Huancayo – Vista Alegre – Mina Corihuarmi

Lima – Huancayo – Vista Alegre – Mina Corihuarmi			
Ruta	Vía	Distancia	Horas
Lima – Huancayo	Carretera	330	6
Huancayo – Vista Alegre	Carretera	45	1.5
Vista Alegre – Mina	Trocha Carrozable	70	2.5
TOTAL		445	10

Tabla 2

Accesibilidad Lima – Cañete – Yauyos – San Valentín – Mina Corihuarmi

Lima – Cañete – Yauyos – San Valentín – Mina Corihuarmi			
Ruta	Vía	Distancia (km)	Horas (hr)
Lima – Cañete – Lunahuaná	Carretera Asfaltada	145	2.5
Lunahuaná – Yauyos – Llapay	Carretera Afirmada	155	4
Llapay- San Valentín – Mina Corihuarmi	Trocha Carrozable	70	3.5
TOTAL		370	10

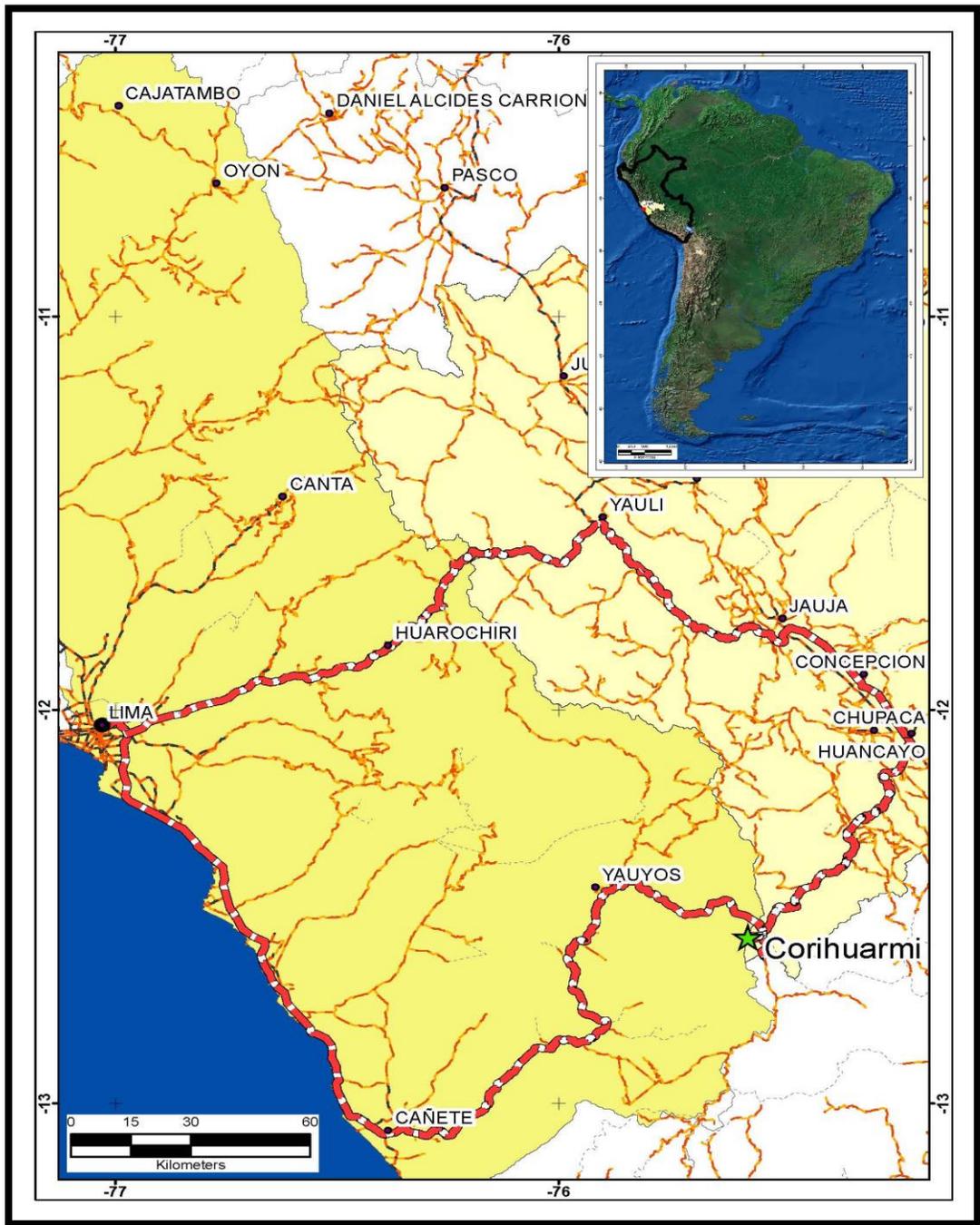


Fig. 1 Accesibilidad al proyecto Corihuarmi

Fuente: <http://www.minera-irl.com/es/minas/mina-de-oro-corihuarmi/icacion>

4.1.2. Propiedad minera.

Las propiedades en la unidad Minera están compuestas por 19 concesiones con un total de 13 513.12 ha; de las cuales siete concesiones se ubican cerca de la mina que suman 3 818.66 ha., y doce concesiones de exploración que se ubican alrededor de la mina con 9 694.46 ha.

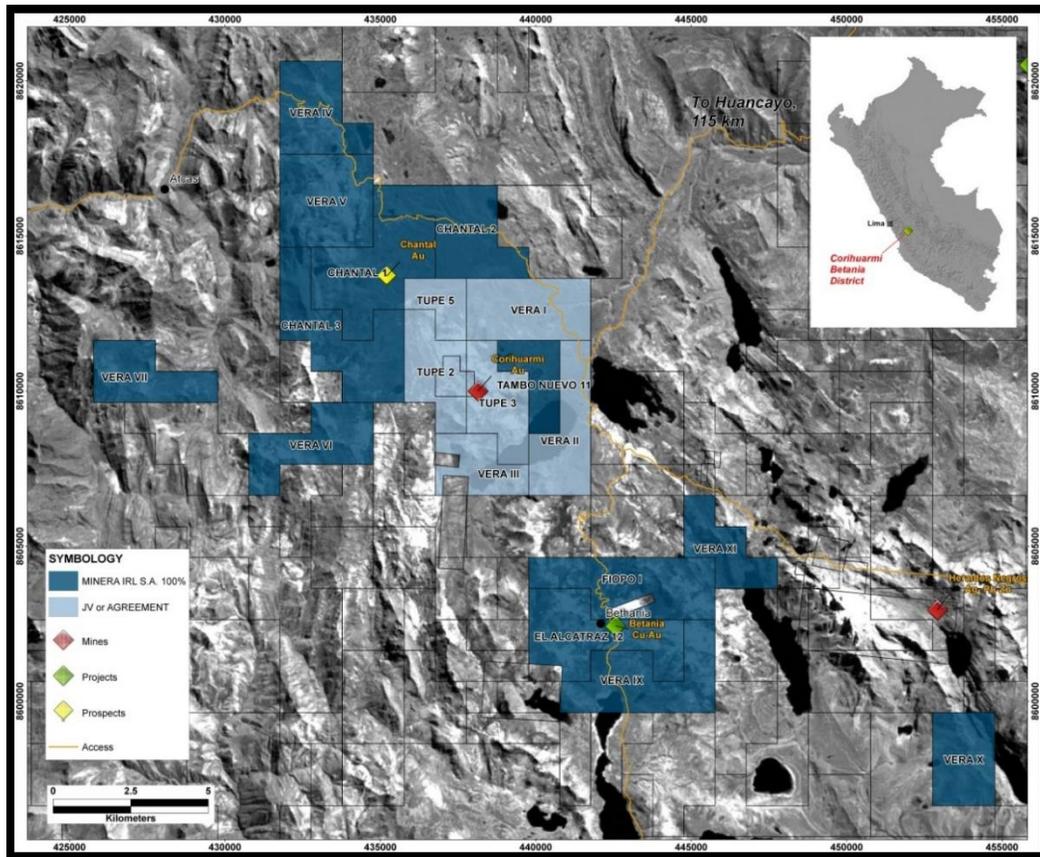


Fig. 2 Plano de concesiones mineras

Fuente: <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

4.1.3. Geología regional.

La Mina Corihuarmi está ubicado en el extremo norte del Cinturón epitermal de Au-Ag del Sur del Perú, asociado a rocas volcánicas e intrusivas del terciario medio a superior en la Cordillera Occidental del Perú. Estos son separados de los sedimentos mesozoicos deformados del altiplano inmediatamente al este del área del proyecto por una falla inversa de tendencia noroeste (Falla-Chonta).

se caracteriza por la presencia de afloramientos rocosos constituidos por secuencias volcánicas-sedimentarias del “Cretácico Tardío al Cuaternario Reciente” representadas por las formaciones Casapalca (KsTi-c), Sacsaquero (Tm-ss), Caudalosa(Ts-c), Astobamba(Ts-as) y Depósitos cuaternarios, ver Figura 3, Mapa geológico Regional. El resumen estratigráfico de la geología asociada al proyecto en el contexto regional del más antiguo al reciente muestra la siguiente descripción:

Formación Casapalca(KsTi-c). - Representada por afloramientos de areniscas y limolitas rojas, con algunos planos de areniscas más finas y conglomerados calcáreos.

Formación Sacsaquero (Tm-ss). - Es una secuencia volcánica-sedimentaria, principalmente constituida por rocas andesíticas, tobas, areniscas y rocas limosas-argiláceas. Esta aparece a elevaciones menores, principalmente en la zona oeste del proyecto.

Formación Caudalosa(Ts-c). - Es una secuencia volcánica, principalmente constituida por piroclastos, flujos andesíticos, riolacitas y areniscas tufáceas. Se puede apreciar en zonas de terreno suaves (sector del pad).

Formación Astobamba(Ts-as). - Esta es una secuencia volcánica constituida por flujos andesíticos, tobas ignimbríticas, piroclastos, y dacíticas intrusivas. Está

principalmente distribuida en una zona meridional, coronando los picos principales, como el cerro Cayhua y su entorno. Estos afloramientos han sufrido grados de alteración variables como clorificación, argilización y silicificación.

Depósitos cuaternarios. - Estos están ampliamente distribuidos en la zona del proyecto, constituidos por depósitos morrénicos y coluviales, en algunos casos afectados por procesos de remoción y deposición. Dependiendo del principal agente de transporte, se tornan en depósitos fluvial-glaciales, coluvial-glaciales y coluvial-aluviales. Además, algunos afloramientos rocosos han sido altamente alterados y erosionados, originando suelos residuales.

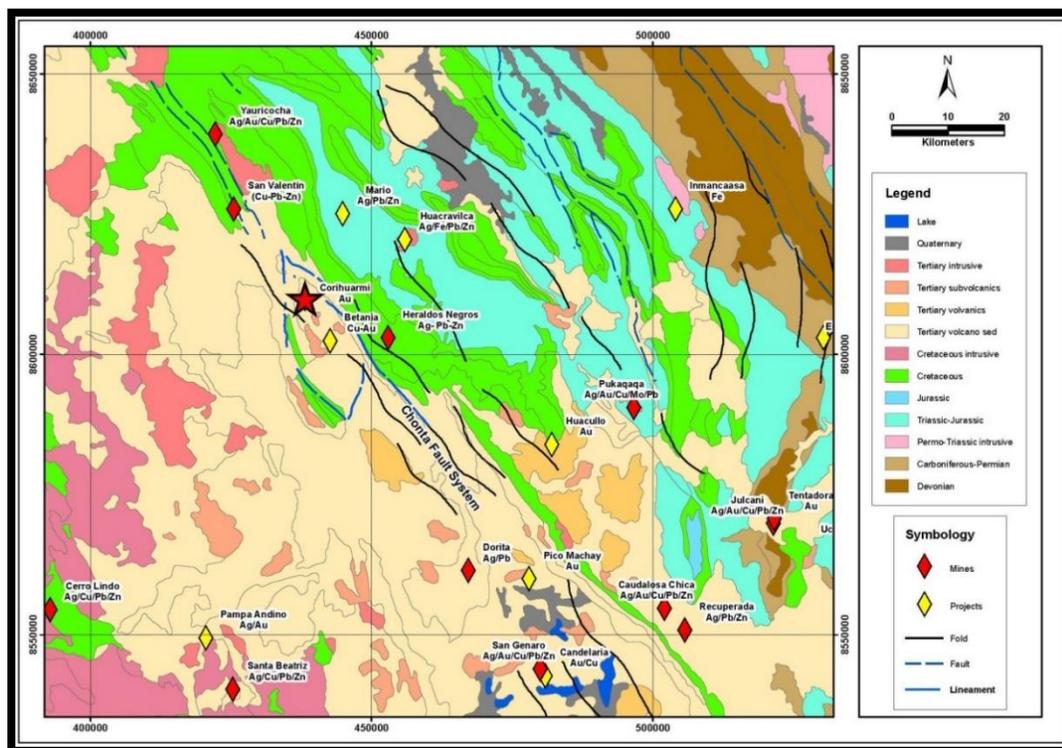


Fig. 3 Plano de geología regional
Fuente: Unidad Minera Corihuarmi

4.1.4. Geología del yacimiento.

En el área de estudio afloran rocas volcánicas constituidas por tobas de composición andesítica pertenecientes a la formación Caudalosa (Ts-c), instruidas por domos subvolcánicos dacíticos-riodacíticos que como se aprecia en el plano geológico local, los cuales se encuentran parcialmente tapizados por depósitos coluviales, aluvio-glaciares, y vegetación hidromórfica del cuaternario.

La intensa actividad volcánica ocurrida ha generado vulcanismo de diferente composición cuyas características macroscópicas son:

4.1.4.1. Toba de cristales dacítica (VPCTD).

Se constituyen por fragmentos angulosos a sub-angulosos dacíticos, englobados en matriz dacítica, de textura porfirítica, color gris con tonalidades rosáceas, moderada meteorización.

4.1.4.2. Toba de cristales andesítica (VPCTA).

Sus afloramientos puntuales se encuentran hacia el sector noroeste del área en estudio; se constituyen de fragmentos angulosos a sub-angulosos andesíticos de tamaño variable, englobados en matriz andesítica, textura porfirítica, grano fino a medio, gris de tonalidad azulada, ligera a moderada meteorización.

4.1.4.3. Lava andesítica (VLA).

Esta unidad se encuentra hacia el sector nor-oeste del área en estudio, en forma de crestones; presentan una matriz afanítica-porfirítica, grano fino-medio, color gris con tonalidades oscura-azulada, ligera a moderada meteorización.

4.1.4.4. Brecha hidrotermal (BH).

Se constituyen de clastos soldados, angulosos a sub-angulosos de composición dacítica (monomítica), de tamaño variable <0.05m, textura fragmentada-gruesa, matriz con sílice granular en ocasiones de carácter deleznable (foto talud), con óxidos de hierro (limonita-hematita), en su conjunto tienen coloración beige con tonalidades amarillentas-marrón clara, moderada-muy meteorizada.

4.1.4.5. Depósitos cuaternarios.

Depósito coluvial(Q-co). - Se encuentran en las partes intermedias a finales de las laderas formando superficies con pendiente moderada-alta (10 a 50%). Se constituyen por acumulaciones de fragmentos angulosos a sub-angulosos heterométricos de naturaleza volcánica a sub-volcánica, por lo general se encuentran sueltos (no cohesivos) y secos.

Depósito aluvio/glaciar (Q-al/gl). - Se encuentran emplazados en las partes inferiores bordeando las laderas de los cerros (arroyadas) formando superficies con pendiente ligera- moderada (2 a 10%). Se constituyen por horizontes de grava limosa-arcillosa y arena-limosa con grava, de compactación suelta a medianamente densa, que engloba fragmentos heterométricos de rocas, por lo general se aprecian húmedo a saturado con agua. Los espesores son muy variables dependiendo de la profundidad y amplitud de las zonas de las partes bajas, por lo general superficialmente se encuentran cubiertas por una vegetación hidromórfica.

Turba (Vegetación hidromórfica). - Depósitos ubicados en el lecho de las quebradas y parte inferior de laderas, se encuentran tapizando gran parte de los depósitos

aluvio/glaciares. Se constituyen por una alternancia de niveles limo-arenosos y turbas saturadas, de espesor variable desde escasos centímetros hasta unos metros.

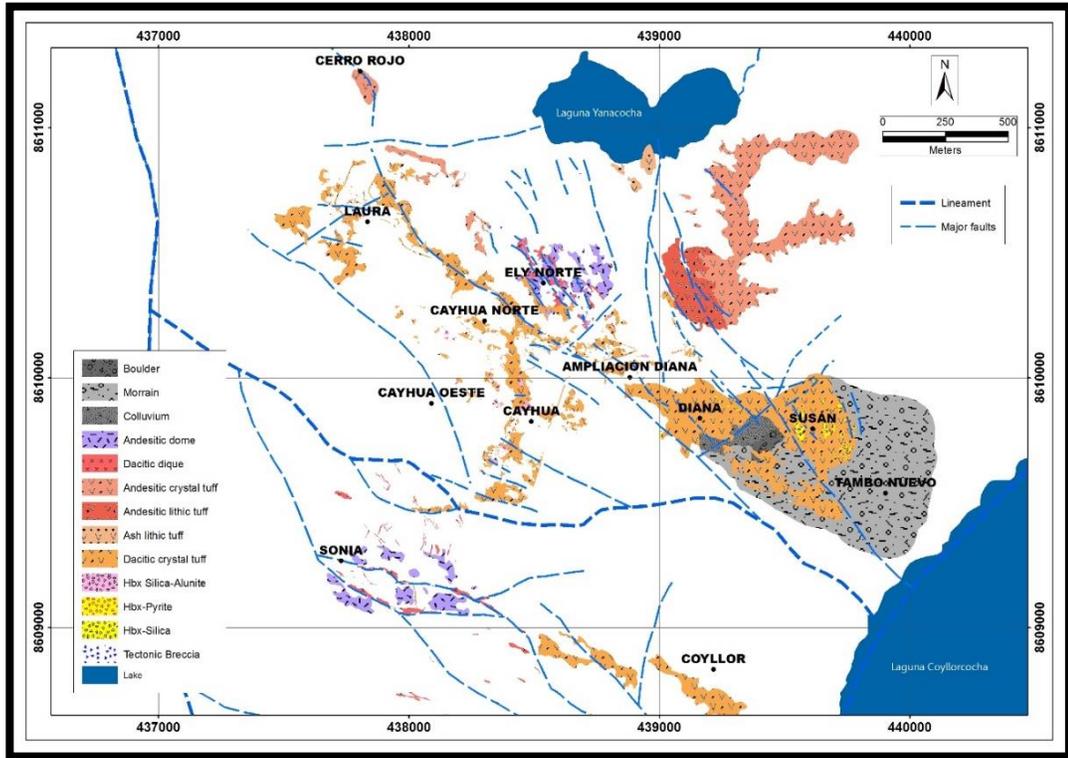


Fig. 4 Plano litológico

Fuente: Unidad Minera Corihuarmi

4.1.5. Geología estructural.

Los rasgos estructurales más importantes según referencias consultadas evidencian a nivel regional una típica tectónica de fallamientos del tipo tensional. Gran parte de esta actividad tectónica en el sector estaría asociada al sistema de fallas Chonta (Según Rildo Rodríguez, 2008), el cual ha generado a nivel local (Mina Corihuarmi) fallamientos principales con dirección “N75- 85°W/80-85°SW y N70-80E°/80-85°NW”, también fallamientos secundarios con dirección “N70-80°W/25- 40°NE” y otras de carácter aleatorio. Es evidente que la intensa actividad tectónica ocurrida ha generado sistemas de diaclasamiento en la roca, por ello podemos acotar que gran parte

de la masa rocosa en el Cerro Cayhua se encuentra muy fracturada sobre todo en sectores adyacentes al sistema de fallas “N75-85°W/80-85°SW”, los sectores menos fracturados (crestones y afloramientos altos) están asociados a rocas volcánicas hidrotermalmente alteradas por fluidos de composición silíceea.

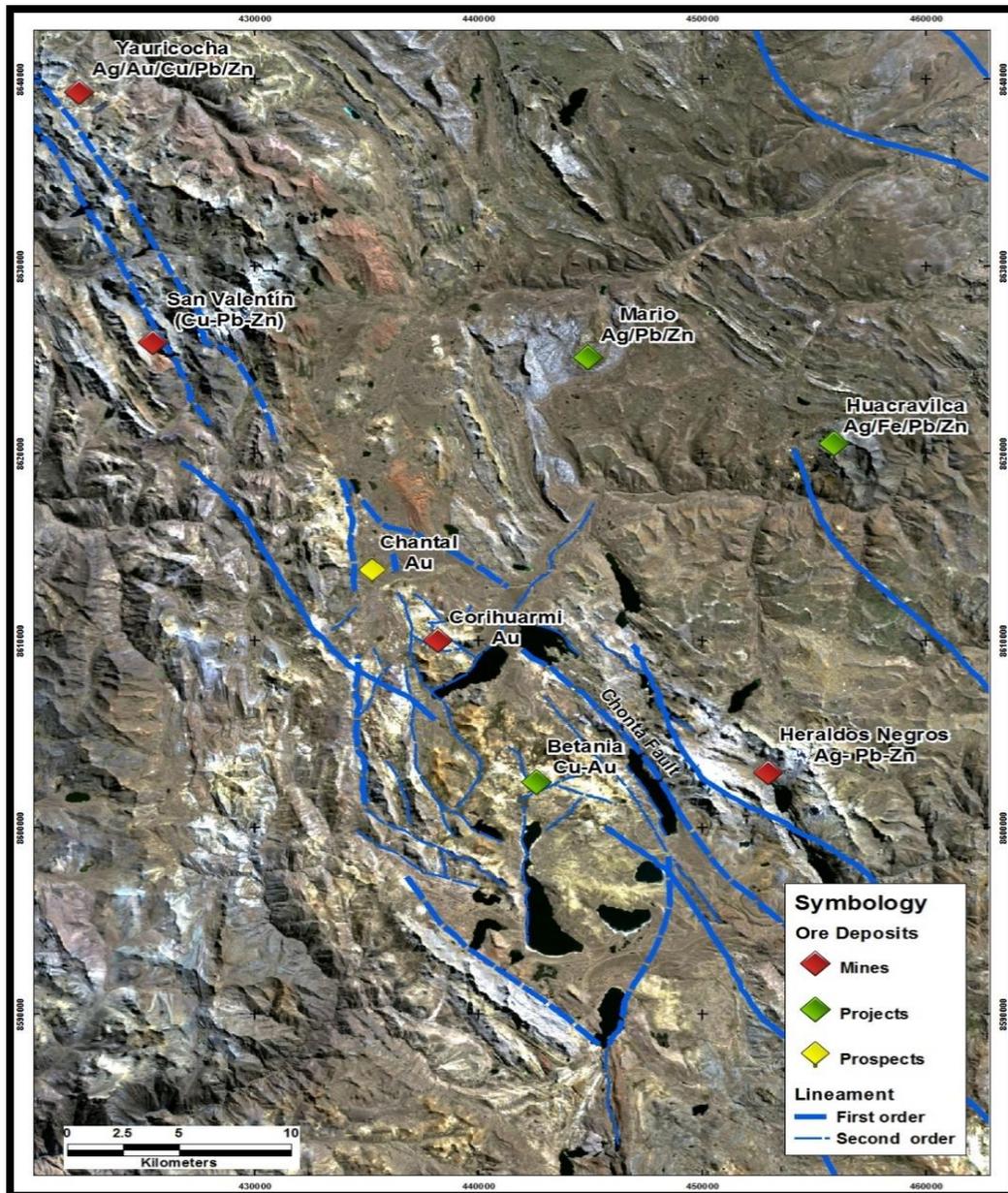


Fig. 5 Plano Estructural Regional
Fuente: Unidad Minera Corihuarmi

4.1.6. Alteración.

El yacimiento presenta alteraciones epitermales típicas de los sistemas de Alta-Sulfuración (HS Style). La franja alterada tiene una orientación noroeste controlada por fallas de la misma tendencia, que se extiende desde la zona Susan hasta Cerro Rojo. El zoneamiento de las alteraciones es horizontal, y están dispuestas en forma concéntrica a partir de foco principal (Susan-Diana), con alteración sílice oquerosa y masiva, luego grada a Argílica Avanzada (sílice-alunita), luego a Argílica (sílice-arcillas-pirita) y hacia los bordes alteración Propilítica (clorita-calcita-pirita).

4.1.6.1. Silicificación.

Se encuentra en la parte central de las zonas mineralizas, en algunos casos relacionados a fallas en forma de crestones, tenemos dos tipos de sílice según la textura:

Sílice masiva. - Se encuentra en los tajos Susan, Diana y en menor proporción en el tajo Cayhua, generalmente está asociada a óxidos de hierro en discontinuidades (hematita-goethita y jarosita).

Sílice granular. - Se encuentra en el tajo Cayhua con textura obliterada en ocasiones presentando características “masivas, oquerosas y deleznales”, principalmente asociadas a las brechas, también se observa la presencia de óxidos de hierro (limonita y hematita) en discontinuidades y oquedades. En menor proporción también se encuentra en la parte Norte y Noroeste del tajo Susan.

4.1.6.2. Argílica avanzada.

Sílice granular alunita. - Esta alteración se encuentra en el tajo Cayhua, se encuentra gradando a la sílice granular, presenta texturas obliteradas con características

“masivas y oquerosas”; también muestran óxidos de hierro en oquedades y discontinuidades a manera de trazas (limonita y hematita).

Sílice alunita. - Esta alteración se encuentra en todos los tajos, presenta textura oquerosa y porfirítica.

Sílice clay. - Se encuentra rodeando a la alteración sílice-alunita, y se encuentra en todos los tajos.

Sílice clay pirita. - Se encuentra en las partes inferiores de los afloramientos a (20-40 m de profundidad). Actualmente se puede observar en los últimos bancos de explotación de los tajos Diana, Scree Slope y Cayhua.

4.1.6.3. Argílica.

Arcillas. - Aflora en las partes superiores y marginales de lámina y bordeando generalmente la sílice-clay.

4.1.6.4. Propilitización.

Cloritización. - Aflora en los sectores marginales de la mina Corihuarmi, podemos observar en la parte norte del tajo Diana (500 m) y parte suroeste del tajo Cayhua (400 m), indicando zonas de baja temperatura en el aparato epithermal.

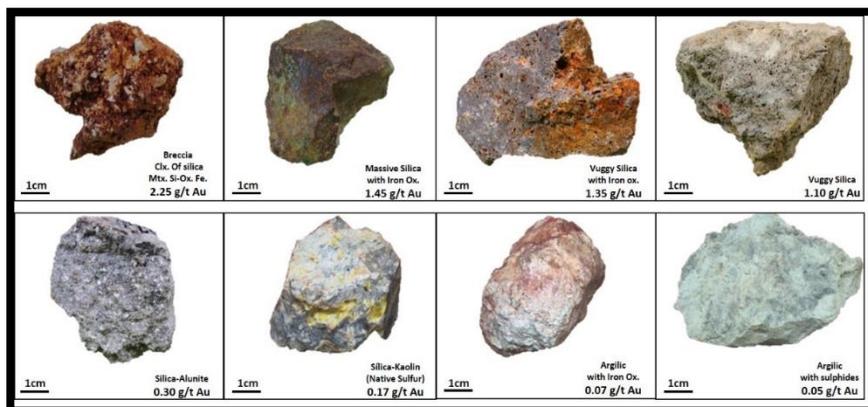


Fig. 6 Tipos de alteración en la mina Corihuarmi
Fuente: Unidad Minera Corihuarmi

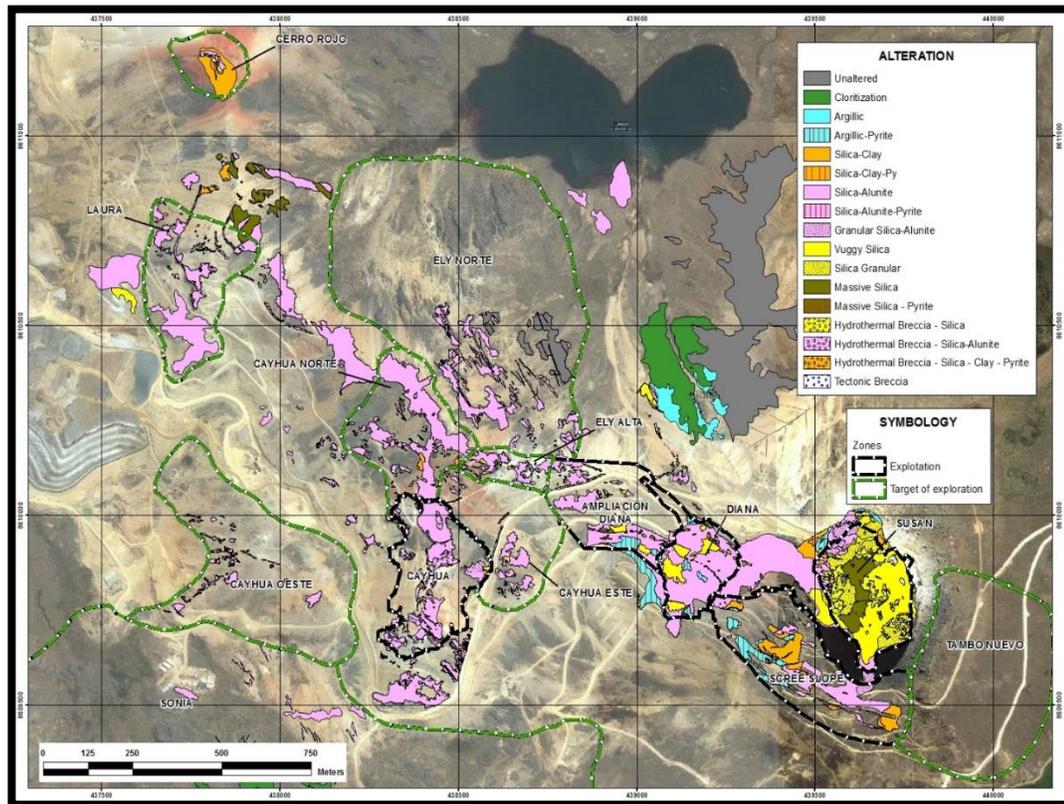


Fig. 7 Plano de alteraciones
Fuente: Unidad Minera Corihuarmi

4.1.7. Mineralización.

La mineralización en Corihuarmi está asociada a un sistema epitermal de alta sulfuración de metales preciosos (Au-Ag). Al igual que la alteración, la mineralización tiene una tendencia noroeste, y tiene un control estructural y litológico.

La mineralización es de Au-Ag, diseminada y está hospedada en rocas piroclásticas dacíticas-andesíticas, principalmente las que poseen alteración silícea, sílica-alunita; y en brechas hidrotermales, además se puede observar anomalías de Cu en las partes inferiores (nivel 4870), principalmente relacionada a alteración argílica, ver figura 7, zonación metalogénica.

La mineralización más significativa ocurre en los cuerpos Susan y Diana, que se caracterizan por ser dos cerros prominentes resistentes a la erosión, estos dos cerros están separados por aproximadamente 175m. El cuerpo Susan tiene una extensión de 200m x 350m, y el cuerpo Diana tiene una extensión de 150m x 250m.

La explotación se inició en el año 2008 con 145 onz., para entonces las reservas estaban contenidas en estos dos cuerpos. Sin embargo, había otras zonas prospectivas tales como: Ely (Ampliación Diana), Cayhua, Laura, y entre el año 2014-2015, se añade la zona de Cayhua Norte y Tambo Nuevo.

4.1.8. Características geológicas de las zonas de los tajos en producción

Las zonas de perforación se han determinado teniendo en cuenta los trabajos anteriores de mapeo litológico y alteraciones, geoquímica de rocas, perforación diamantina histórica, y taladros largos (blast hole).

4.1.8.1. Zona Susan.

La litología consiste de toba de cristales de composición dacítica (VPCTD) silicificada en la parte superior, el cual gradúa en profundidad al ensamble de alteración sílice-alunita (SA) y sílice-clay (SC). A mayor profundidad (nivel 4860) la litología cambia a tobas de cristales de composición andesítica (VPCTA) con ensamble de alteración sílice-clay-pirita (SCP) y sílice-alunita-pirita (SAP). Localmente se presentan brechas hidrotermales con clastos silicificados y matriz predominante de sílice-óxidos (HBS), los cuales están relacionados a la mineralización de oro de ley media, así también se observa en la parte Este del tajo brechas con clastos silicificados y matriz de sílice-pirita (HBSP).

4.1.8.2. Zona Tambo Nuevo.

En esta zona se reconoció 02 unidades litológicas:

Material Cuaternario: Compuesto principalmente por material morrénico de color marrón-amarillento compuesto por fragmentos angulosos a subangulosos de composición heterogénea de rocas con alteración sílicea, brechas hidrotermales y argílica avanzada (sílice-alunita-caolín); así también por boulders de roca silicificada y material coluvial con fuerte oxidación hematítica.

Roca Insitu: Se encuentra en contacto directo por debajo de la zona de morrenas, compuesto por roca volcánica de textura porfirítica (toba de cristales), con alteración argílica avanzada (sílice-alunita-caolín) con débil oxidación (hematita y goethita), el cual gradúa a mayor profundidad a una zona más extensa con ensamble de alteración sílice-clay-pirita y clay-pirita.

4.1.8.3. Zona Ampliación Diana.

La litología consiste de toba de cristales de composición dacítica (VPCTD) con ensamble de alteración Sílice-Alunita (SA) con textura vuggy, el cual gradúa a Sílice-Clay (SC). En forma de apófisis se presenta tobas de cristales de composición andesítica (VPCTA) de textura porfirítica con ensamble de alteración Sílice-Clay-Pirita (SCP). También se puede observar zonas de brecha hidrotermal con matriz sílice-alunita (BHSA).

Estructuralmente en toda el área, se observa dos sistemas de fallas: las principales presentan orientación N295° - 320° (Noroeste-Sureste) con buzamientos que varían entre 70° y 85°; las fallas secundarias, transversales a las anteriores y menos

predominantes, son de orientación N215° - 235° (Suroeste-Noreste) con buzamientos que van desde 80° a 85°.

Las fallas principales se encuentran controlando la ocurrencia de pequeños cuerpos de brecha hidrotermal y sílice oquerosa.

La mineralización está restringida a fallas subverticales de orientación 320° N, que forman un sistema de estructuras sub-paralelas, que en algunos casos son brechas hidrotermales de alta ley >1.0 g/t.

4.1.8.4. Zona Cayhua.

Esta zona está hospedada en rocas piroclásticas dacíticas con alteración sílice-alunita y sílice vuggy (oquerosa), el borde de la zona mineralizada está cubierta por sílice oquerosa, estéril, evidenciando varios eventos hidrotermales. Generalmente el oro se asocia a la sílice oquerosa, revestidas con alunita. Alrededor de la zona de sílice-alunita (zona mineralizada) se presenta un halo de alteración Argílica de poca extensión.

Estructuralmente se presentan fallas con rumbo promedio de N 120°/80°.

4.1.8.5. Zona Cayhua Norte.

La litología consiste de tobas de cristales dacíticos, predomina la alteración Argílica Avanzada con un ensamble mineralógico de Sílice-Alunita de texturas porfirítica y oquerosa; en menor proporción, se observan ensambles mineralógicos de Sílice - Clay de textura porfirítica.

Estructuralmente, en la zona de Cayhua Norte se observan fallas de orientación N120° – 145° (Sureste-Noroeste) con buzamientos subverticales (>65°), discontinuos y espaciadas unas de otras de 6 a 15 m. Asimismo, se observa fallas transversales a las

anteriores de orientación N 220° - 250° (Suroeste-Noreste) con buzamientos entre 70 – 85° en promedio.

4.1.8.6. Zona Laura.

La litología consiste de toba de cristales de composición dacítica (VPCTD), la alteración principal en esta zona es la argílica avanzada de ensamble mineral sílice-alunita (SA), el cual gradua a sílice-alunita-pirita (SAP). A mayor profundidad la litología cambia a tobos de cristales de composición andesítica (VPCTA) con ensamble de alteración sílice-clay-pirita (SCP). También se puede observar zonas de brecha hidrotermal con matriz sílice-alunita (BHSA) y otros con matriz sílice-clay (BHSC).

La tendencia estructural de las fallas mayores es Noroeste y Noreste; y de las fallas secundarias es Noreste y Noroeste.

La geometría de mineralización tiene forma de cono invertido, controlado por delgadas canales de brecha hidrotermal. Los laterales del cuerpo mineralizado consisten de alteración sílice-clay-pirita (SCP).

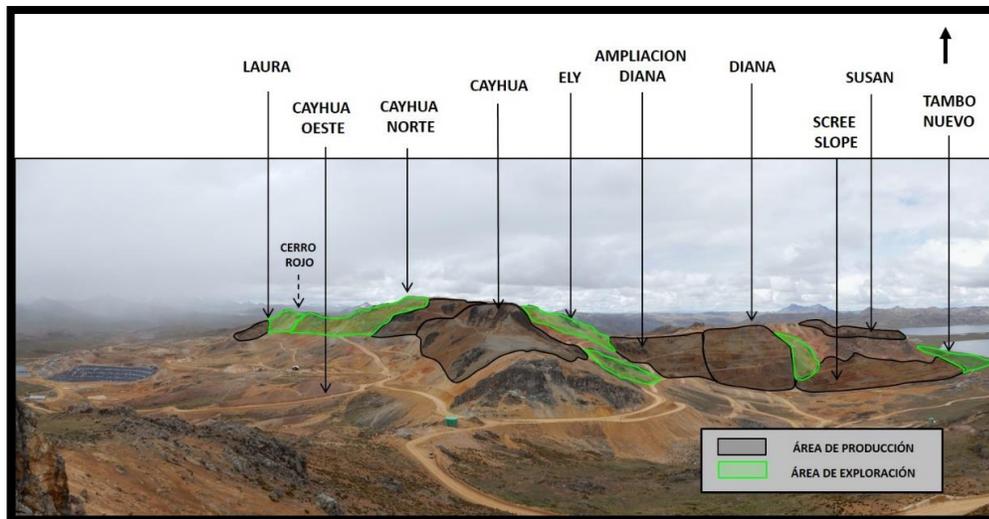


Fig. 8 Tajos en producción
Fuente: Unidad Minera Corihuarmi

4.1.9. Perforación

Los métodos de perforación usados en la Unidad Minera Corihuarmi, han sido de tipo diamantina (DDH) y Circulación Reversa (RC).

El depósito ha sido perforado desde su descubrimiento en el año 1997 hasta la actualidad (2016), con aproximadamente 482 taladros y 37,256.85m, de los cuales 315 son DDH con 28,624.85m y 167 RC con 8, 632.00m. En este cuadro no se considera taladros geotécnicos.

*Tabla 3
Resumen de taladros perforados*

COMPANY	YEAR	Drill Hole Type	Nro Drill Holes	Cores (m)
MINANDEX	1997	DDH	3	755.00
CARDERO	2000	DDH	9	1,975.15
MIRL	2003	DDH	12	814.95
MIRL	2004	DDH	19	1537.45
MIRL	2005	DDH	22	1199.55
		RC	71	2,212.00
MIRL	2006	DDH	6	256.45
MIRL	2008	DDH	32	3625.70
		RC	43	3,460.00
MIRL	2009	DDH	14	1815.40
		RC	53	2,960.00
MIRL	2011	DDH	31	3,069.20
MIRL	2012	DDH	32	2,605.50
MIRL	2014	DDH	45	2,816.30
MIRL	2016-2017	DDH	61	5,955.20
		RC	29	2,199.00
TOTAL			482	37,256.85
Total DDH Holes			315	28,624.85
Total RC Holes			167	8,632.00

4.1.9.1. Tipos de perforación.

a) *Perforación Diamantina.*

La última campaña comenzó el 24 de octubre del 2016 y concluyó el 02 de abril del 2017, y estuvo a cargo de la contrata Redrilsa Remicsa Drilling S.A., el trabajo se realizó con una máquina marca Atlas Copco, modelo CS14 -06 sobre oruga.

Se han perforado 58 taladros con un total de 5, 824.8m, de los cuales 56 taladros están ubicados sobre los tajos de producción o muy cerca de esta, ver tabla 6, mientras que 02 taladros fueron exploratorios, uno de ellos está ubicado en la zona Sonia con 250.00m y el otro en la parte Sur de Laura con 500.50m, ver tabla 7. En todo el proceso de perforación se han usado tubería tipo HQ (63.50mm).



Fig. 9 Perforadora atlas copco modelo CS-14
Fuente: Unidad Minera Corihuarmi

b) Perforación circulación reversa.

La perforación Circulación Reversa (RC) comenzó el 12 de noviembre del 2016 y concluyó el 05 de febrero del 2017, también estuvo a cargo de la contrata Redrilsa Remicsa Drilling S.A., la maquina utilizada ha sido una montada en camión modelo DH40 K1.

Con este método (RC) cuyo diámetro ha sido de 5 3/4", se han perforado 29 taladros con 2199.0m, el taladro más profundo ha sido 138.00m.



Fig. 10 Perforadora montada en camión modelo DH40 K1
Fuente: Unidad Minera Corihuarmi

4.1.10. Método de muestreo.

4.1.10.1. Muestreo en perforación diamantina.

El testigo se divide en dos partes iguales longitudinalmente con una máquina cortadora, el 50% es para la colección de la muestra y el otro 50% queda en la caja para su almacenamiento, debidamente identificados.

Los intervalos de muestreo son de acuerdo a las características de alteración y mineralización, esto permite tomar las muestras selectivamente, la longitud mínima para ser muestreada es de 0.30m y la máxima es de 2.5m (1-5kg). Finalmente, las muestras son colectadas en una bolsa de polietileno y enumeradas con tickets en el interior, quedando listo para su traslado a laboratorio, en lotes de 40 muestras con sus respectivas muestras de control (un duplicado, un estándar, un blanco y una pulpa).

4.1.10.2. Muestreo en perforación de circulación reversa.

Como producto de la perforación tipo circulación reversa (RC), se obtiene partículas o polvo generados como detritos

El muestreo se lleva a cabo colectando los detritos cada 2.0m, luego el material pasa por el cuarteador, donde la muestra es homogenizada y reducida a 5 kg aproximadamente, cuya muestra es colocada en una bolsa de polietileno con su respectivo ticket. La inserción de muestras de control es idéntica al del muestreo diamantino.

4.1.11. Preparación y análisis químico de muestras.

Las muestras son enviadas en camioneta a Lima al laboratorio CERTIMIN S.A, una vez recibidas en el laboratorio, las muestras son secadas (60°) y chancadas a 90%

pasante malla 10# ASTM (2mm), cuarteo y pulverizado (250g) a 85% pasante malla 200#ASTM (75µm). Los métodos de muestreo son:

Traza Au: Ensayo al fuego – AAS, las muestras que retornan con resultados >5 g/t son analizados usando métodos gravimétricos y traza multielemental – agua regia ICP OES (36 elementos, incluido Hg).

4.1.12. Control de calidad Qa/Qc.

El Área de Geología Exploraciones–Mina de la Unidad Minera Corihuarmi ejecutó durante el año 2016, un nuevo Programa de Perforación DDH y RCD comprendido entre las zonas Cayhua, Cayhua Norte, Cayhua Este, Ampliación Diana, Laura, Susan y Tambo Nuevo; esto con la finalidad de incrementar los recursos y reservas minerales de la mina Corihuarmi para así extender su vida útil.

El programa de perforación ejecutado consistió de 56 taladros tipo DDH (5,074.30m.) y 29 taladros tipo RCD (2,199.00m.), los cuales hacen un total de 85 taladros con 7,273.30m. perforados.

Tabla 4

Distribución de taladros tipo DDH y RCD por Zonas ejecutados en el 2016.

PERFORACIÓN DDH & RCD 2016						
ZONA	RCD		DDH		DDH & RCD	
	N° Taladros	Long. (m)	N° Taladros	Long. (m)	N° Taladros	Long. (m)
Ampliación Diana			5	424.20	5	424.20
Cayhua Este			5	419.80	5	419.80
Cayhua - Cayhua Norte	1	119.50	24	2,298.70	25	2,418.20
Laura			6	608.10	6	608.10
Susan	19	1,847.50	16	1,323.50	35	3,171.00
Tambo Nuevo	9	232.00			9	232.00
TOTAL	29	2199.00	56	5074.30	85	7273.30

Simultáneamente con el desarrollo de la perforación se ejecutaron trabajos de muestreo de cores de perforación diamantina y detritus de perforación RCD, los cuales se enviaron a analizar al Laboratorio Interno Mina como también al Laboratorio

Externo Certimin para su certificación. Las muestras se recolectaron de forma selectiva dependiendo de las características geológicas de litología, alteración y mineralización; para el muestreo de cores DDH se determinó una longitud de muestreo máxima de 2.50m. y mínima de 0.30m., mientras que para el muestreo en la perforación RCD se determinó una longitud promedio de 2.00m.

Al Laboratorio Interno Mina, se enviaron analizar por Au, Ag y Cu 107 batchs de muestras de testigos de perforación y 49 batchs de muestras de detritus de perforación RCD; estos batchs se enviaron con la respectiva inserción de muestras de control QA/QC tales como: duplicados, estándares y blancos. Estos trabajos se realizaron diariamente dependiendo del avance de perforación. Al Laboratorio Externo Certimin (laboratorio certificado), se enviaron analizar por Au y multielementos 130 batchs de muestras de perforación DDH y 32 batchs de muestras de perforación RCD, los cuales se prepararon mediante la utilización de los rechazos de las muestras enviadas previamente al Laboratorio Mina, para lo cual se preparó lotes de envío de aproximadamente 40 muestras debidamente codificadas y con la respectiva inserción de muestras de control QA/QC. Este trabajo consistió principalmente en fraccionar los rechazos en 02 muestras (mediante trabajos de cuarteo y homogenizado), de los cuales una se insertó en el lote de envío y la otra se almacenó en nuestro Core Shack como contramuestra.

La cantidad de muestras de control QA/QC de testigos de perforación DDH y detritus de perforación RCD enviados a los laboratorios de Mina y Certimin se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 5
Muestras de DDH, RCD y muestras de control enviados a los laboratorios Mina y Certimin.

		LABORATORIO MINA		LABORATORIO CERTIMIN	
DDH	MUESTRAS	CANTIDAD	MUESTRAS	CANTIDAD	
	Muestras de cores	4,194	Rechazos	4,194	
	CONTROLES	CANTIDAD	CONTROLES	CANTIDAD	
	Duplicados	107	Duplicados	130	
	Estandares	107	Estandares	130	
	Blancos	107	Blancos	130	
	Sub Total	321	Sub Total	390	
	TOTAL DDH	4,515	TOTAL DDH	4,584	
RCD	MUESTRAS	CANTIDAD	MUESTRAS	CANTIDAD	
	Muestras de detritus	1,074	Rechazos ⁽¹⁾	1,073	
	CONTROLES	CANTIDAD	CONTROLES	CANTIDAD	
	Duplicados	43	Duplicados	32	
	Estandares	53	Estandares	32	
	Blancos	47	Blancos	32	
	Sub Total	143	Sub Total	96	
	TOTAL RCD	1,217	TOTAL RCD	1,169	
	TOTAL MINA	5,732	TOTAL CERTIMIN	5,753	

Para el aseguramiento y control de calidad - QA/QC se siguieron protocolos y procedimientos de trabajo en los diferentes frentes, desde la obtención de los cores y detritus en las perforaciones tipo DDH y RCD, hasta realizar el muestreo y el envío de estas muestras a los 2 laboratorios químicos. Cabe resaltar, que el control en el proceso fue continuo y se determinó en base a los resultados de los laboratorios y al análisis estadístico QA/QC de estos, en el que se evaluó parámetros de exactitud, precisión y contaminación.

4.1.13. Tipos de análisis e inserción de muestras de control de calidad

Para realizar el control de calidad en los trabajos de muestreo de perforación diamantina desarrollado en el 2016, se utilizaron tres tipos de controles:

- a). Duplicados de muestras de cores de perforación para verificar el error de muestreo geológico mediante el monitoreo de la precisión en el resultado del análisis.

b). Estándares de ley baja y media preparados por el Laboratorio Actlabs mediante un Round Robin que involucró a 5 laboratorios externos certificados, donde la matriz correspondió a material seleccionado por leyes en la Mina Corihuarmi. Esto para medir el grado de exactitud del análisis hecho por el laboratorio.

c). Blancos finos (preparados por el Laboratorio Actlabs) para monitorear el grado de contaminación en el proceso de análisis químico.

4.1.14. Control de calidad

4.1.14.1. Control de precisión

a) Muestras duplicadas

Para el control de precisión se enviaron al Laboratorio Certimin un total de 130 duplicados de muestras de cores de perforación DDH y 32 duplicados de muestras de detritus de perforación RCD; cabe resaltar que se envió 1 duplicado por cada batch de 40 muestras en promedio.

Resultados de muestras de testigos de perforación DDH. Arrojaron un Error Relativo Promedio de 10.4% y un coeficiente de determinación de 99.1%.

4.1.14.2. Control de exactitud

Para el control de exactitud se enviaron al Laboratorio Certimin un total de 130 estándares (63 de ley baja y 67 de ley media) para los batchs de perforación DDH y 32 estándares (15 de ley baja y 17 de ley media) para los batchs de perforación RCD; cabe resaltar que se envió 1 estándar por cada batch de 40 muestras en promedio.

4.1.14.3. Control de contaminación

Para el control de contaminación se enviaron al Laboratorio Certimin un total de 130 blancos para los batchs de perforación DDH y 32 blancos para los batchs de perforación RCD; cabe resaltar que se envió 1 blanco por cada batch de 40 muestras en promedio.

Para el control de contaminación se insertaron en total 162 blancos (Perforación DDH y RCD) de los cuales 13 muestras sobrepasan el promedio de 0.005 g/t Au, pero no alcanzan o sobrepasan los límites de advertencia de 0.025 g/t Au (5 veces la ley promedio); por lo tanto, las muestras se encuentran libres de contaminación.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Análisis geometalúrgico de los tajos de producción.

En función de la complejidad mineralógica e impurezas del mineral el proceso metalúrgico de cianuración en pilas de lixiviación puede presentar efectos negativos en la velocidad de disolución del oro, excesivo consumo de cianuro e inhibir fuertemente la reacción que harían antieconómico el proceso por lo que sería necesario desarrollar nuevas pruebas u optimizar las existentes.

Con la investigación se pretende dar el conocimiento e información de la variabilidad de los recursos minerales in-situ, tratando de integrar la geología con la metalurgia extractiva quienes orientados al corto-mediano y largo plazo nos darán a conocer minerales y sectores que puedan afectar o estar fuera del proceso actual de lixiviación.

Para la investigación se realizó sobre la base de antecedentes bibliográficos, resultados experimentales obtenidos por experiencia e información de 17 muestras de

control de campo obtenidas de los polígonos de producción y de 22 taladros RCD los cuales fueron analizados por multielementos y compositados cada 5 ms.

El procedimiento del trabajo tuvo los siguientes pasos:

1.- Identificación de elementos anómalos tomando como referencia la composición química de los minerales y sus límites permisibles en el proceso de cianuración.

2.- Ubicación y distribución de éstos elementos por secciones en los tajos de producción según los bancos minables.

3.- Verificar con el área de Planeamiento si estos elementos están considerados como reservas y fueron considerados dentro del Pit Final operativo.

4.2.2. Identificación de los elementos nocivos.

Según el análisis se identificaron 9 elementos nocivos (Ag, As, Bi, Cu, Cd, Ni, Sb, S, Fe, Zn) que podrían estar generando impactos negativos dentro de nuestro proceso de cianuración en pilas de lixiviación y recuperación del oro en los tajos de producción.

Se estableció los límites máximos para cada uno de los elementos, tomando como referencia la composición química de los minerales y sus límites permisibles dentro de nuestro proceso metalúrgico para la recuperación del oro.

CARACTERÍSTICAS DEL RECURSO MINERAL				
GEOLÓGICA	QUÍMICA	MINERALÓGICA	FÍSICA	METALÚRGICA
LITOLOGÍA	LEYES ECONÓMICAS	MINERALES ÚTILES	GEOMECÁNICA	RECUPERACIÓN METALÚRGICA
ALTERACIÓN	LEYES DE IMPUREZAS	MINERALES GANGAS	CHANCADO	CONSUMO DE REACTIVOS
TEXTURA ZONACIÓN	LEYES DE ELEMENTOS SOLUBLES E INSOLUBLES	ASOCIACIÓN	FRAGMENTACIÓN	CARACTERÍSTICAS METALÚRGICAS
OCURRENCIA DE MINERALES	ANÁLISIS SECUENCIAL	GRADO DE LIBERACIÓN	DUREZA	PRODUCTOS Y RESIDUOS
		ARCILLAS	POROSIDAD	

Fig. 11 Características de los minerales

Tabla 7
Composición química de los minerales.

Mineral de:	Clasificación	Mineral	Fórmula Química	Elem	%	Elem	%	Elem	%	Elem	%
Cobre	Carbonatos	Azurita	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2(\text{CuCO}_3)$	Cu	55.31	H	0.58	C	6.97	O	37.14
		Malaquita	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$	Cu	57.48	H	0.91	C	5.43	O	36.18
	Sulfuros	Calcocita	Cu_2S	Cu	79.85	S	20.15				
		Bornita	Cu_5FeS_4	Cu	63.31	Fe	11.13	S	25.56		
		Chalcopirita	CuFeS_2	CU	34.63	Fe	30.43	S	34.94		
		Enargita	Cu_2AsS_4	Cu	48.41	As	19.02	S	32.57		
Óxidos	Cuprita	Cu_2O	Cu	88.82	O	11.18					
Zinc	Carbonatos	Smithsonita	ZnCO_3	Zn	52.15	C	9.58	O	38.28		
		Hidrocincita	$\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$	Zn	59.55	H	1.10	C	4.38	O	34.97
	Óxidos	Cincita	ZnO	Zn	73.25	Mn	6.84	O	19.91		
		Franklinita	$(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Zn})^{2+}(\text{Fe}, \text{Mn})^{3+}_2\text{O}_4$	Zn	16.59	Fe	37.78	Mn	18.58	O	27.05
	Sulfuros	Esfalerita	$(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$	Zn	64.06	Fe	2.88	S	33.06		
Silicatos	Wilmenita	Zn_2SiO_4	Zn	58.68	Si	12.60	O	28.72			
Hierro	Sulfuros	Pirrotita	$\text{Fe}_{11}\text{S}_{12}$	Fe	62.33	S	37.67				
		Pirita	FeS_2	Fe	46.55	S	53.45				
	Óxidos	Hematita	Fe_2O_3	Fe	69.94	O	30.06				
		Magnetita	Fe_3O_4	Fe	72.36	O	27.64				
Arsenico	Sulfuros	Oropimente	As_2S_3	As	60.90	S	39.10				
		Arsenopirita	FeAsS	As	46.01	Fe	34.30	S	19.69		
		Rejalgar	AsS	As	70.03	S	29.97				
Antimonio	Sulfuros	Estibina	Sb_2S_3	Sb	71.68	S	28.32				
Plomo	Sulfuros	Galena	PbS	Pb	86.60	S	13.40				

Tabla 6
Límites máximos permisibles de los elementos nocivos.

	Elemento	Límite máximo		Mineral	Elemento	%
		ppm	%			
Arsénico	As	10,000.00	1.00	Malaquita	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$	2.50
Bismuto	Bi	500.00	0.05	Carbón	C	0.14
Cobre	Cu	300.00	0.03	Galena	PbS	4.00
Hierro	Fe	35,000.00	3.50	Esfalerita	$(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$	1.00
Mercurio	Hg	15.00	0.00	Chalcopirita	CuFeS_2	5.0
Plomo	Pb	2,000.00	0.20	Pirita	FeS_2	3.40
Azufre	S	100,200.00	10.02	Arsenopirita	FeAsS	3.90
Antimonio	Sb	75.00	0.01	Pirrotita	$\text{Fe}_{11}\text{S}_{12}$	3.00
Zinc	Zn	250.00	0.03			

4.2.2.1. Coeficiente de correlación de Pearson

Para poder determinar o medir el grado de relación de las variables cuantitativas (elementos químicos) consideradas para el caso, se procesó la data para cada uno de los tajos, lo cual se muestra en los siguientes cuadros:

Tabla 8
Coeficiente de correlación de Pearson – Tajo Susan.

COEFICIEENTE DE CORRELACION - TAJO SUSAN											
	Au ppm										
Au	1.000										
Ag	0.366	1.000									
As	0.313	0.128	1.000								
Bi	0.417	0.934	0.235	1.000							
Cu	-0.195	-0.015	0.109	0.020	1.000						
Fe	-0.102	0.117	0.099	0.110	0.810	1.000					
Hg	0.564	0.681	0.349	0.657	-0.094	0.056	1.000				
Pb	0.494	0.616	0.429	0.729	0.171	0.266	0.486	1.000			
S	0.436	0.519	0.510	0.620	0.054	0.187	0.576	0.789	1.000		
Sb	0.400	0.935	0.252	0.977	0.026	0.141	0.654	0.717	0.624	1.000	
Zn	-0.184	-0.111	-0.180	-0.134	0.173	0.275	-0.167	-0.073	-0.151	-0.110	1.000

RANGOS	
< 0.00	
0.00 - 0.29	
0.30 - 0.59	
0.60 - 0.99	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9
Coeficiente de correlación de Pearson – Tajo Diana

COEFICIEENTE DE CORRELACION - TAJO DIANA											
	Au										
Au	1.000										
Ag	0.682	1.000									
As	0.132	0.164	1.000								
Bi	0.037	0.145	0.150	1.000							
Cu	-0.024	0.063	0.007	0.519	1.000						
Fe	-0.264	-0.023	0.274	0.130	0.285	1.000					
Hg	0.597	0.749	0.201	0.137	-0.030	-0.045	1.000				
Pb	0.040	0.134	0.776	0.198	0.042	0.326	0.155	1.000			
S	-0.213	-0.030	-0.004	0.044	0.378	0.744	-0.048	0.024	1.000		
Sb	0.754	0.802	0.206	0.199	0.167	0.003	0.660	0.192	-0.004	1.000	
Zn	-0.154	-0.030	-0.073	0.043	0.248	0.423	-0.040	-0.110	0.601	-0.026	1.000

RANGOS	
< 0.00	
0.00 - 0.29	
0.30 - 0.59	
0.60 - 0.99	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.2. Histogramas

Para poder expresar gráficamente la frecuencia de las variables, se realizó histogramas para cada una de ellas en cada uno de los tajos, lo cual se muestra a continuación:

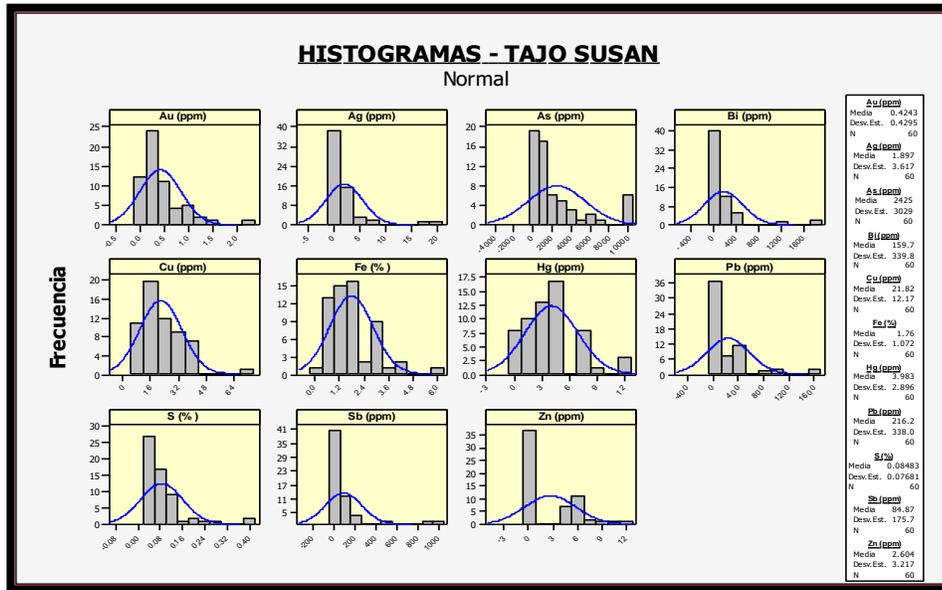


Fig. 12 Histograma del Tajo Susan.

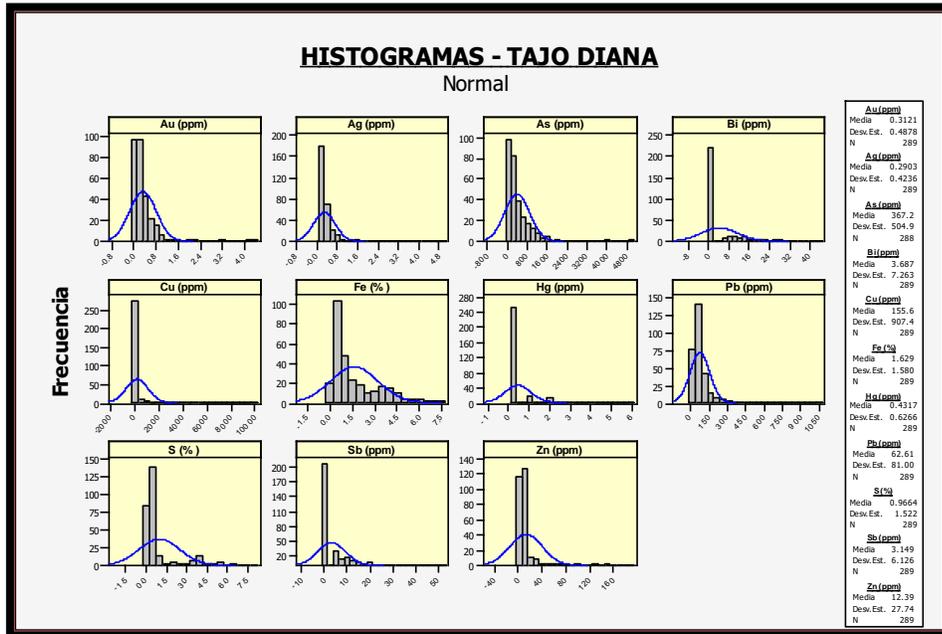


Fig. 13 Histograma del Tajo Diana.

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.3. Diagrama de caja (box plot)

Para poder mostrar los valores mínimos y máximos, asimismo identificar los valores atípicos para cada variable se realizó un diagrama de caja para cada una de ellas por tajos:

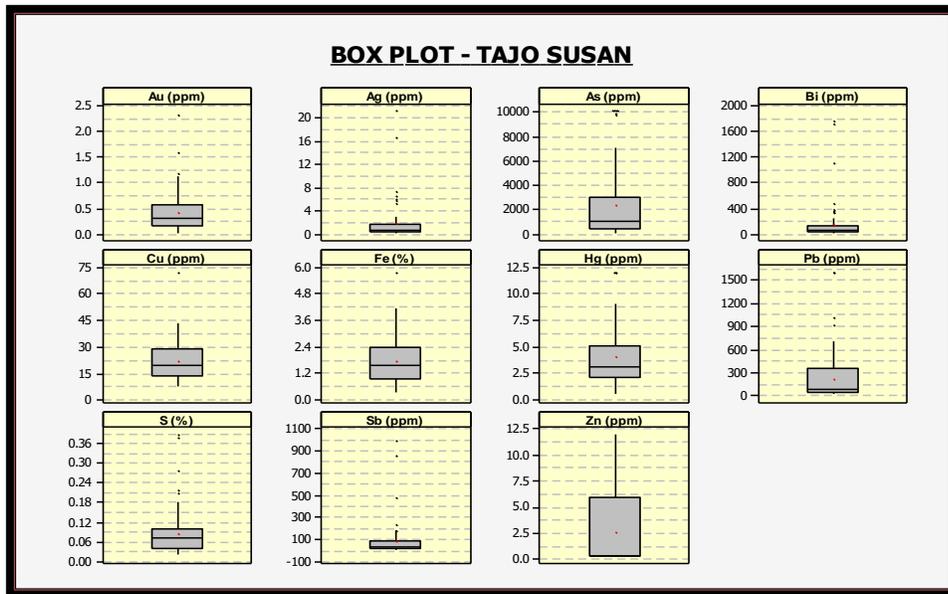


Fig. 15 Diagrama de caja del Tajo Susan.

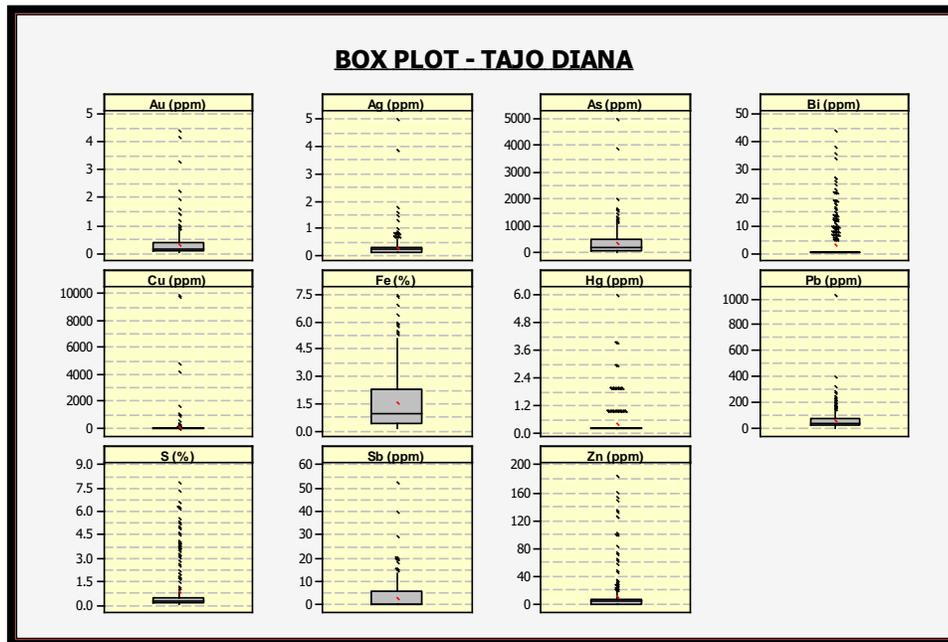


Fig. 14 Diagrama de caja del Tajo Diana

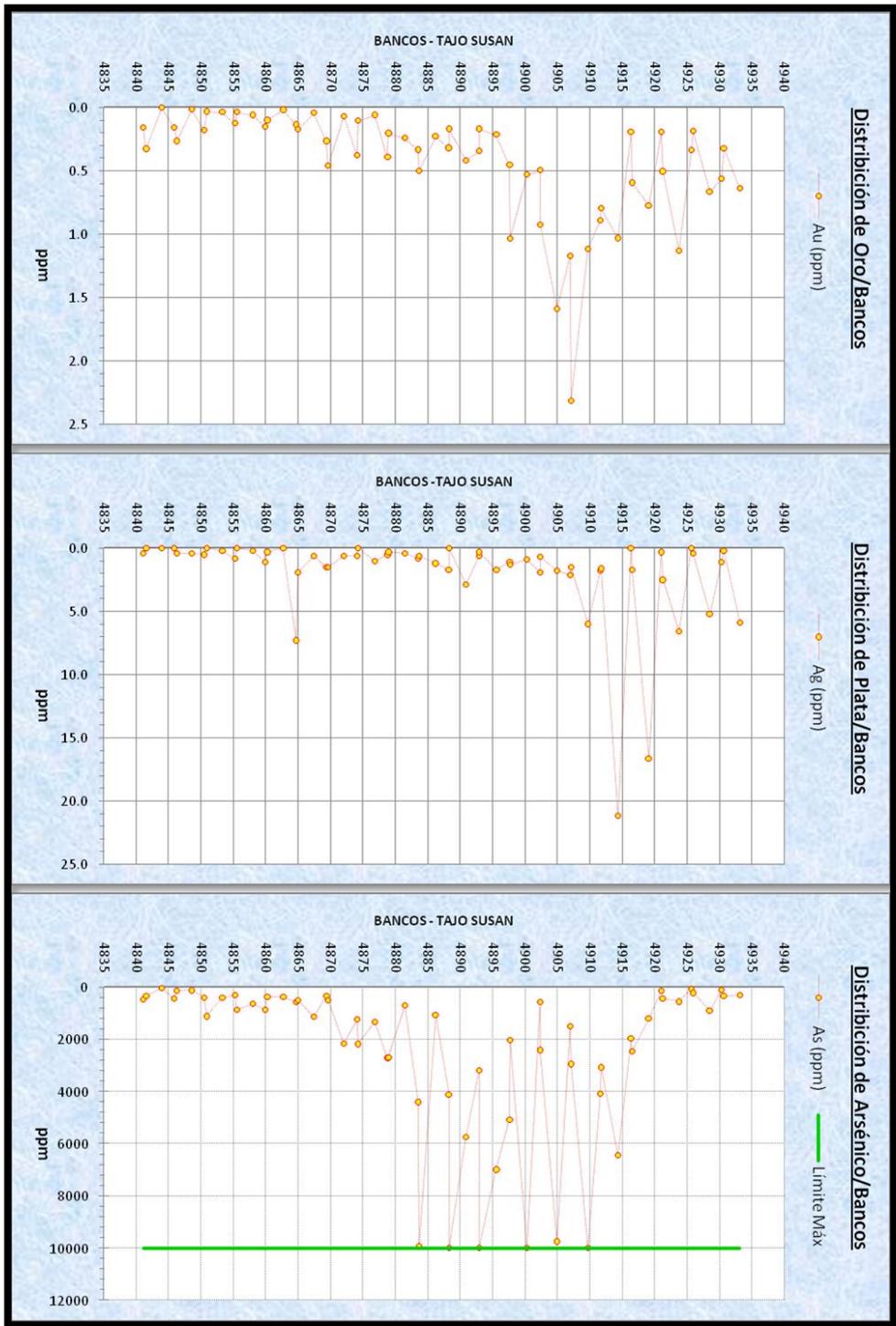


Fig. 17 Distribución de elementos (Au, Ag, As) del Tajo Susan

Fuente: Elaboración propia



Fig. 18 Distribución de elementos (Bi, Cu, Fe) del Tajo Susan

Fuente: Elaboración propia

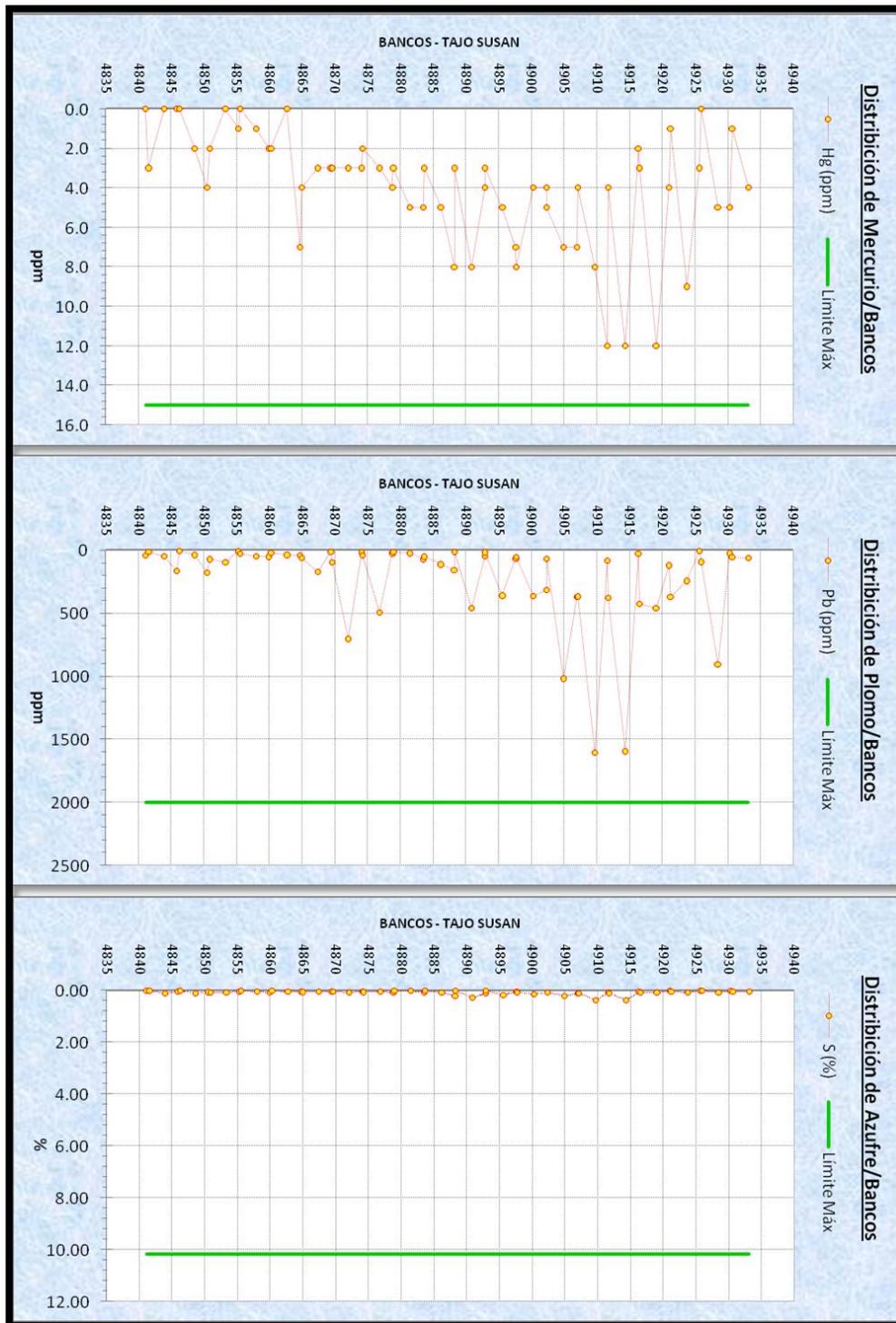


Fig. 19 Distribución de elementos (Hg, Pb, S) del Tajo Susan
Fuente: Elaboración propia

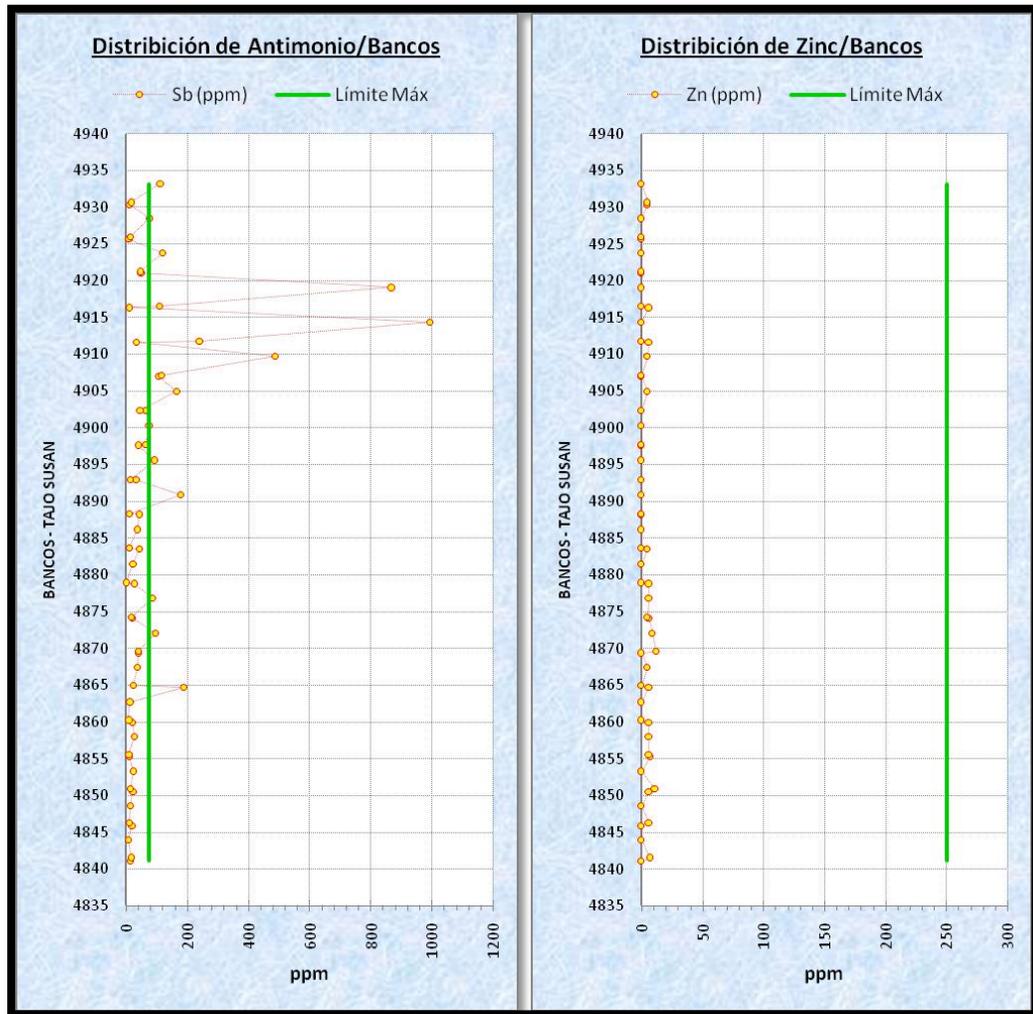


Fig. 20 Distribución de elementos (Sb, Zn) del Tajo Susán

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1.2. Tajo Diana

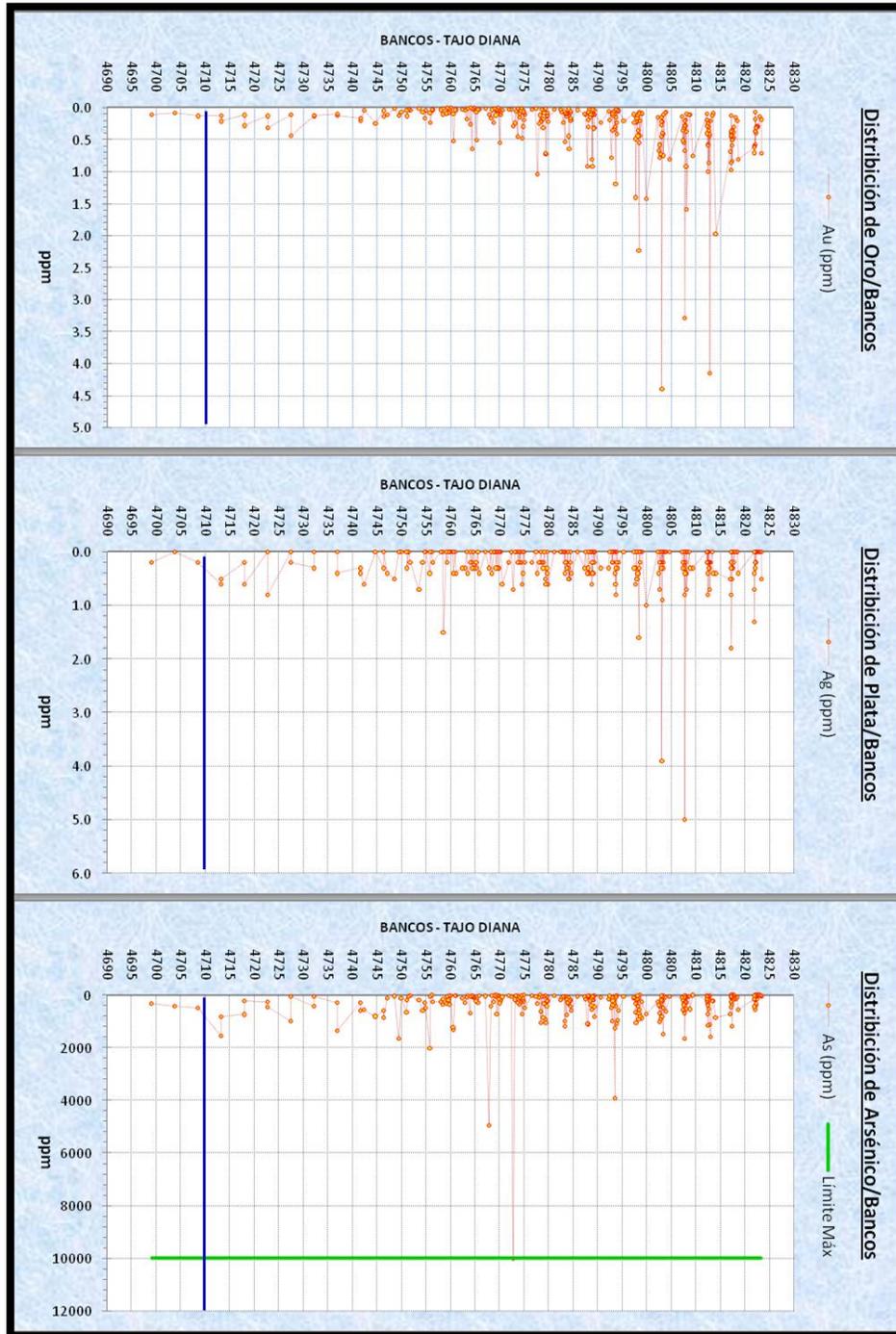


Fig. 21 Distribución de elementos (Au, Ag, As) del Tajo Diana

Fuente: Elaboración propia

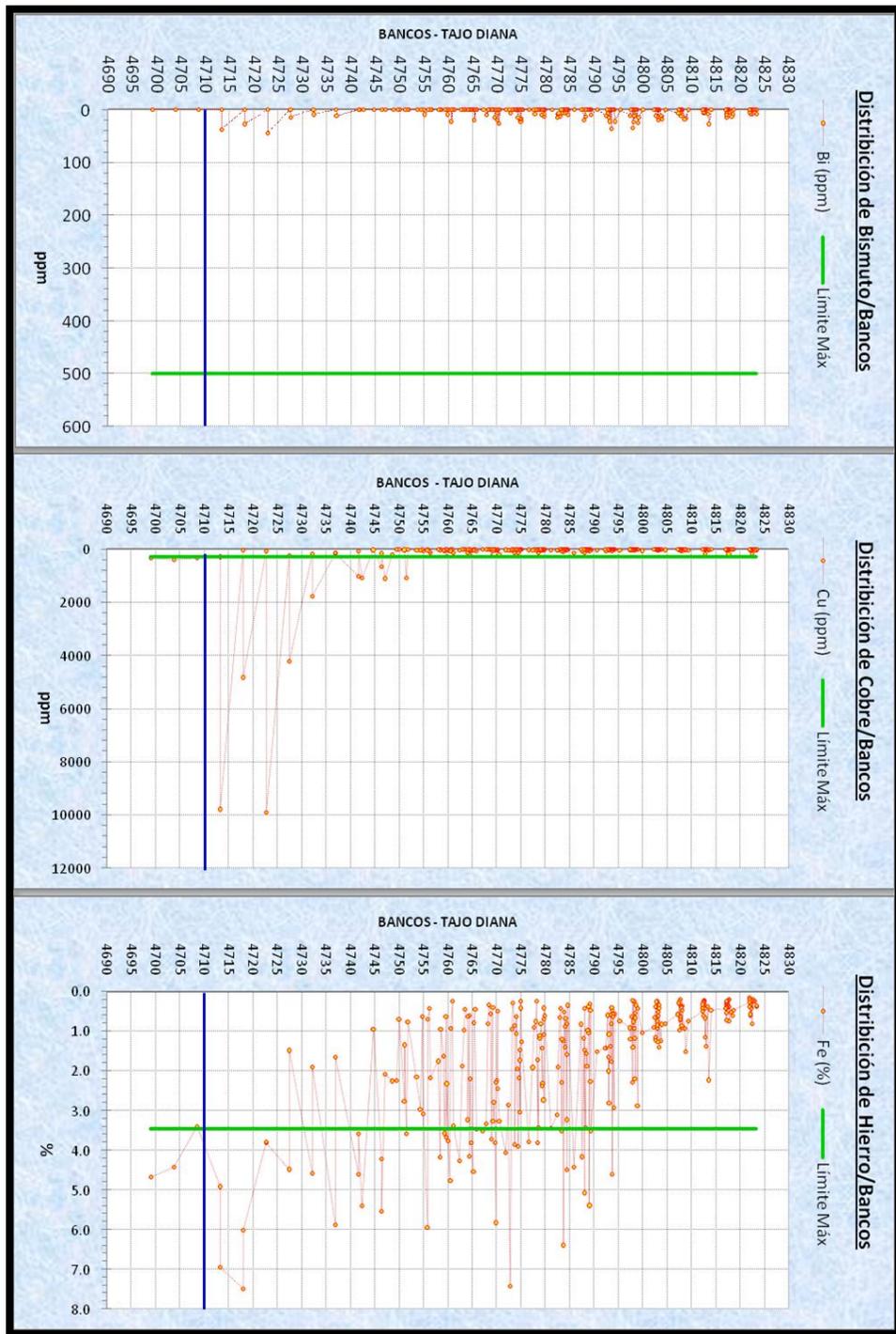


Fig. 22 Distribución de elementos (Bi, Cu, Fe) del Tajo Diana

Fuente: Elaboración propia

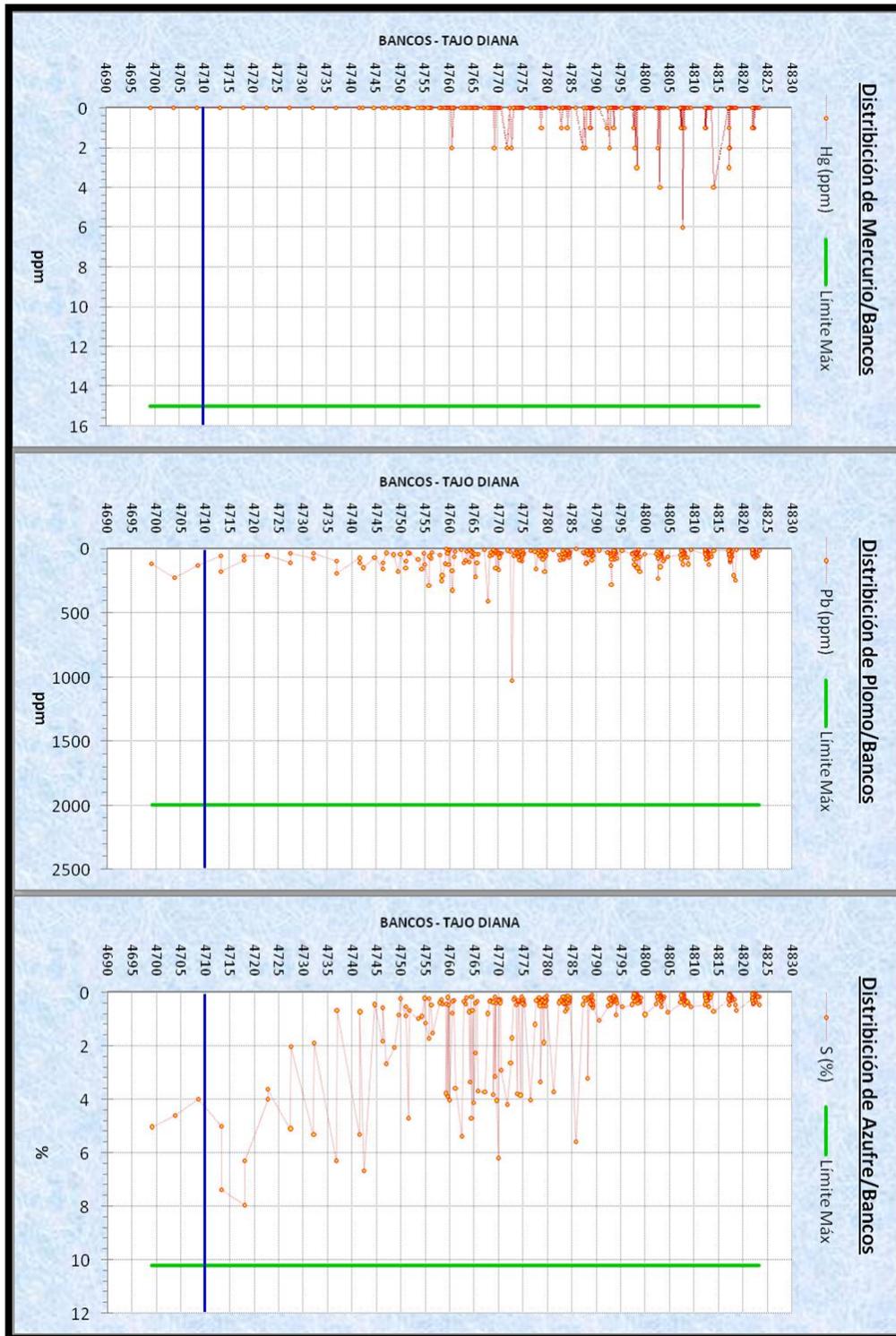


Fig. 23 Distribución de elementos (Hg, Pb, S) del Tajo Diana
Fuente: Elaboración propia

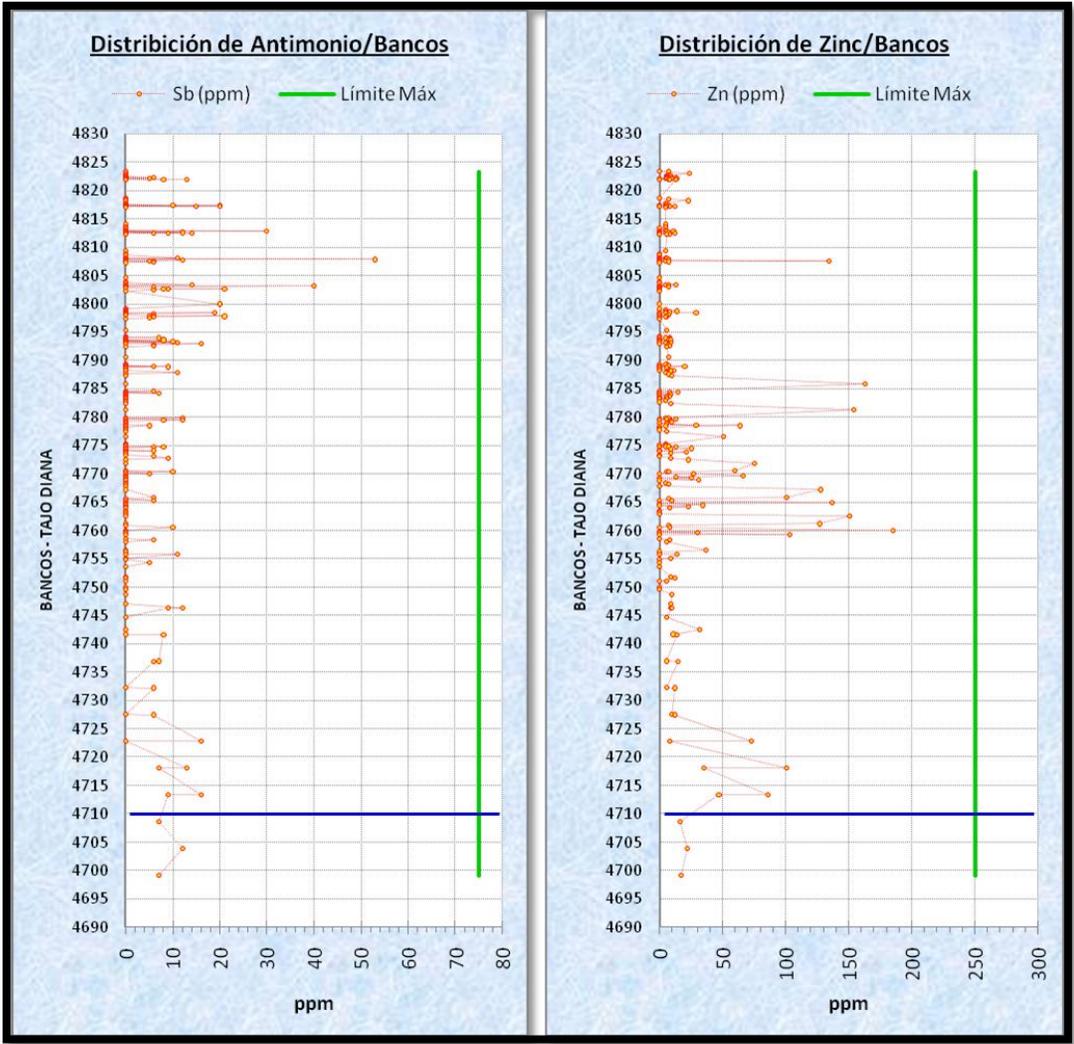


Fig. 24 Distribución de elementos (Sb, Zn) del Tajo Diana

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Verificación de elementos nocivos según diseño del tajo

Tabla 10
Resumen de anomalías Tajo Susan.

Elemento	Tipo de Muestra	Nivel		Total (m.)	Sección	Pit
		De	Hasta			
Bismuto (Bi)	RC08-09S	4905	4920	15	7	Dentro
	Rock Chip (5 muestras)	4905	4910	5	4	Dentro
Antimonio (Sb)	RC08-13 S	4905	4920	15	6	Dentro
	RC08-13 S	4860	4865	5	6	Fuera
	RC08-09 S	4900	4935	35	7	Dentro
	RC08-09 S	4890	4900	10	7	Dentro
	RC08-09 S	4870	4880	10	7	Fuera
	Chip Rock (MC N°5)	4905	4910	5	4	Dentro
	Chip Rock (MC N°7)	4900	4905	5	2	Dentro
	Chip Rock (MC N°6)	4905	4910	5	7	Dentro
Arsenico (As)	RC08-18 S	4885	4895	10	6	Dentro
	RC08-09S	4895	4900	5	7	Dentro
	RC08-09S	4905	4910	5	7	Dentro
Hierro (Fe)	RC08-13 S	4860	4880	20	6	Dentro
	RC08-09 S	4870	4875	5	7	Fuera
	Chip Rock (MC)	4900	4910	10	7	Dentro

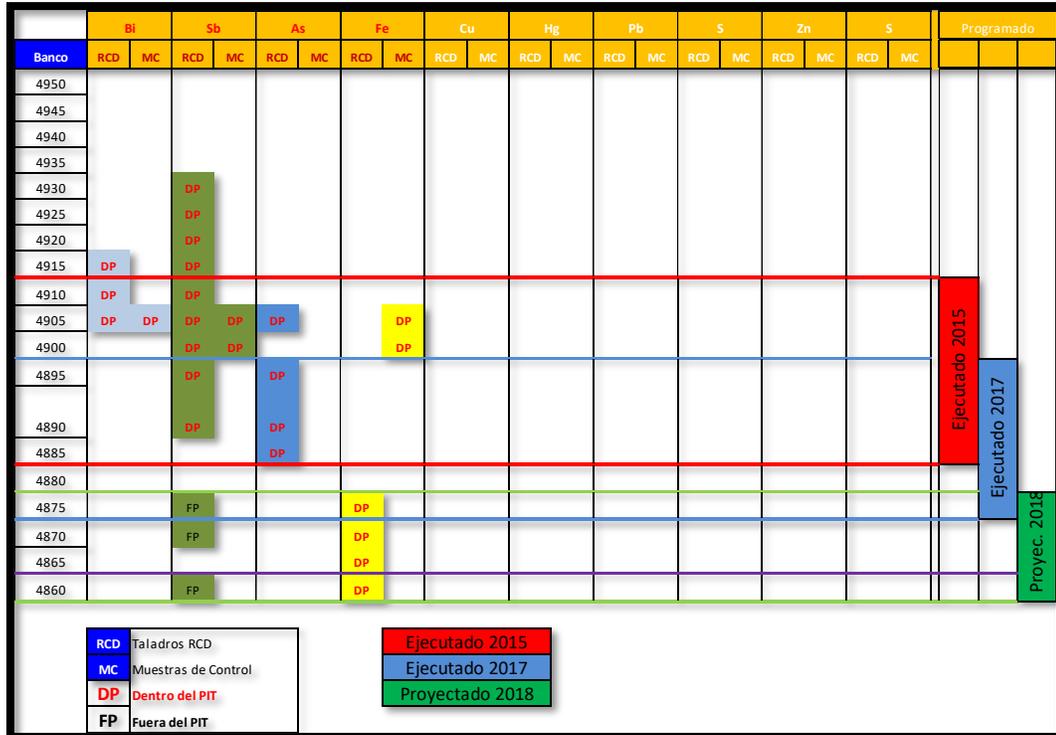


Fig. 25 Elementos nocivos en el Tajo Susan.

Tabla 11
Resumen de anomalías Tajo Diana.

Elemento	Tipo de Muestra	Nivel		Total (m.)	Sección	Pit
		De	Hasta			
Cobre (Cu)	RC08-18D	4695	4735	40	1	Fuera
	RC08-17D	4740	4750	10	1	Fuera
	RC08-19D	4735	4745	10	2	Fuera
	RC08-05D	4750	4755	5	3	Fuera
Arsenico (As)	RC08-20D	4770	4775	5	4	Fuera
Hierro (Fe)	RC08-18D	4695	4725	30	1	Fuera
	RC08-18D	4740	4750	10	1	Fuera
	RC08-17D	4740	4745	5	1	Fuera
	RC08-16D	4760	4790	30	1	Fuera
	RC08-19D	4710	4765	55	2	Fuera
	RC08-19D	4765	4770	5	2	Dentro
	RC08-02D	4780	4790	10	2	Dentro
	RC08-03D	4755	4765	10	2	Fuera
	RC08-03D	4780	4785	5	2	Fuera
	RC08-21D	4755	4760	5	3	Fuera
	RC08-05D	4750	4755	5	3	Fuera
	RC08-05D	4780	4790	10	3	Fuera
	RC08-05D	4790	4795	5	3	Dentro
	RC08-06D	4755	4775	20	3	Fuera
	RC08-07D	4755	4775	20	3	Fuera
	RC08-20D	4770	4775	5	4	Fuera
RC08-20D	4785	4790	5	4	Dentro	
RC08-22D	4775	4780	5	5	Fuera	
RC08-14D	4785	4790	5	6	Fuera	

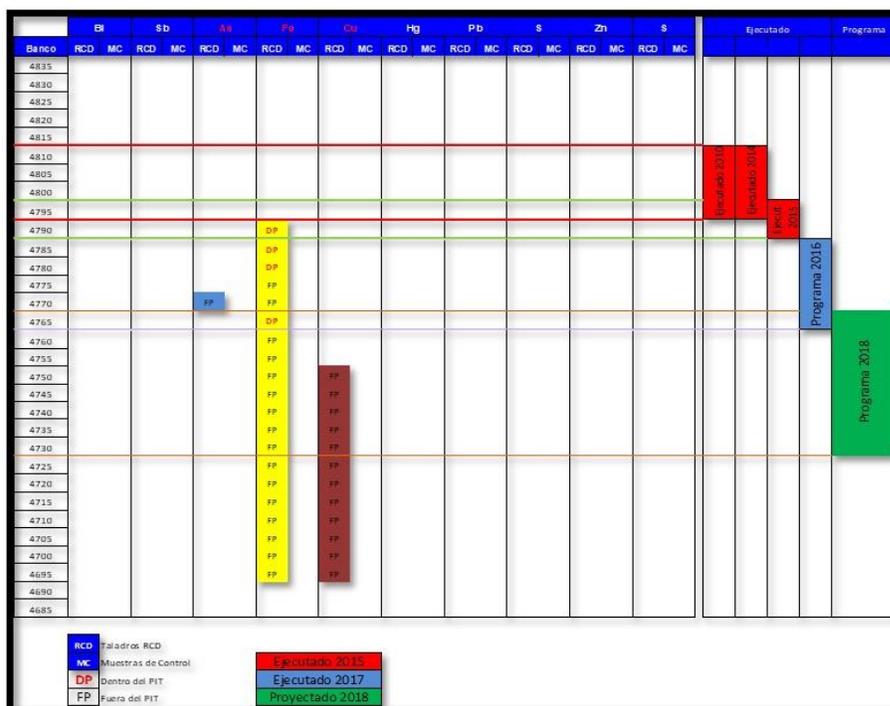


Fig. 26 Elementos nocivos en el Tajo Susan.

4.3.3. Análisis de recuperación de los elementos nocivos.

Para este análisis se ha tomado como referencia la recuperación del oro y los elementos nocivos del mes que han ingresado al Pad de lixiviación que se ha depositado y extraído.

Aportes onzas cargadas y extraídas por celdas para el mes de julio

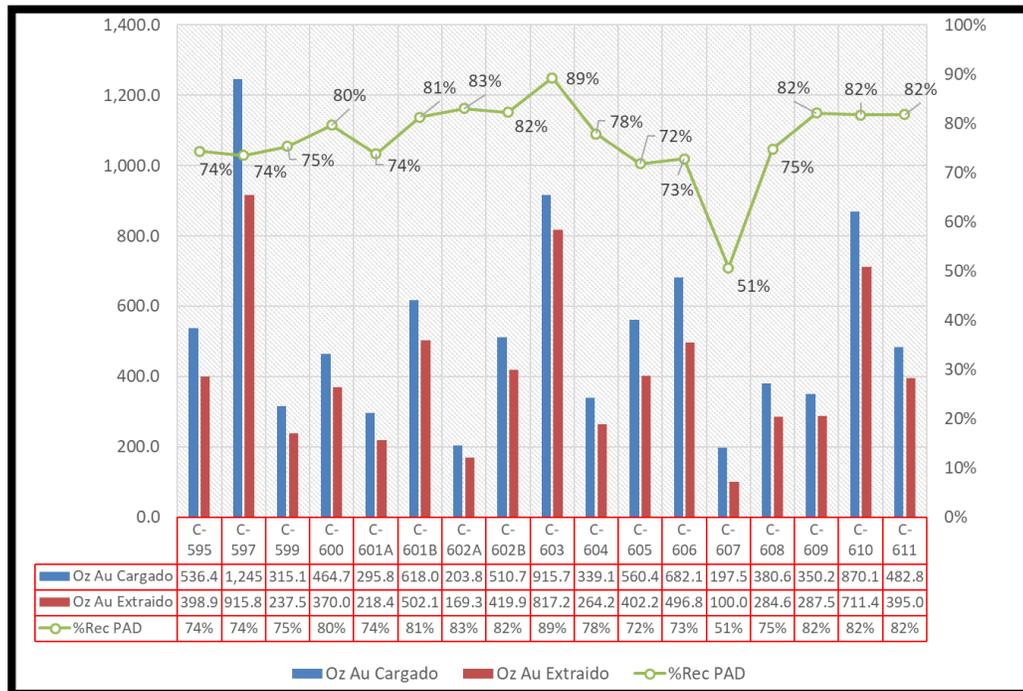


Fig. 27 Aportes onzas cargadas y extraídas por celdas para el mes.

Fuente: Elaboración propia

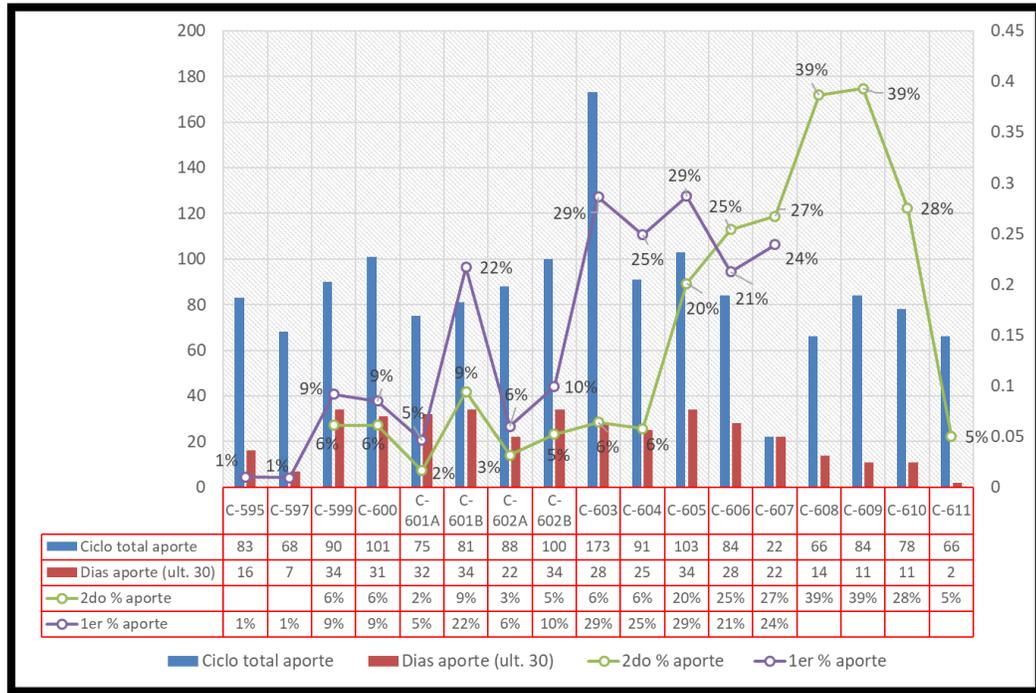


Fig. 29 Aportes por días a las celdas para el mes.

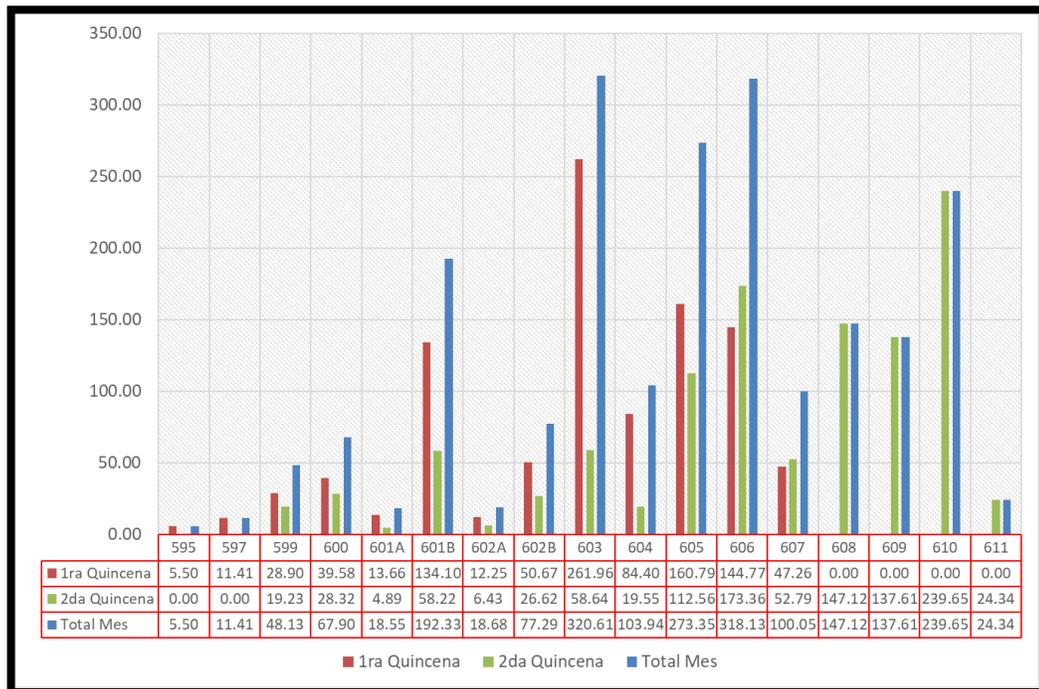


Fig. 28 Aportes onzas finas por celdas para el mes.

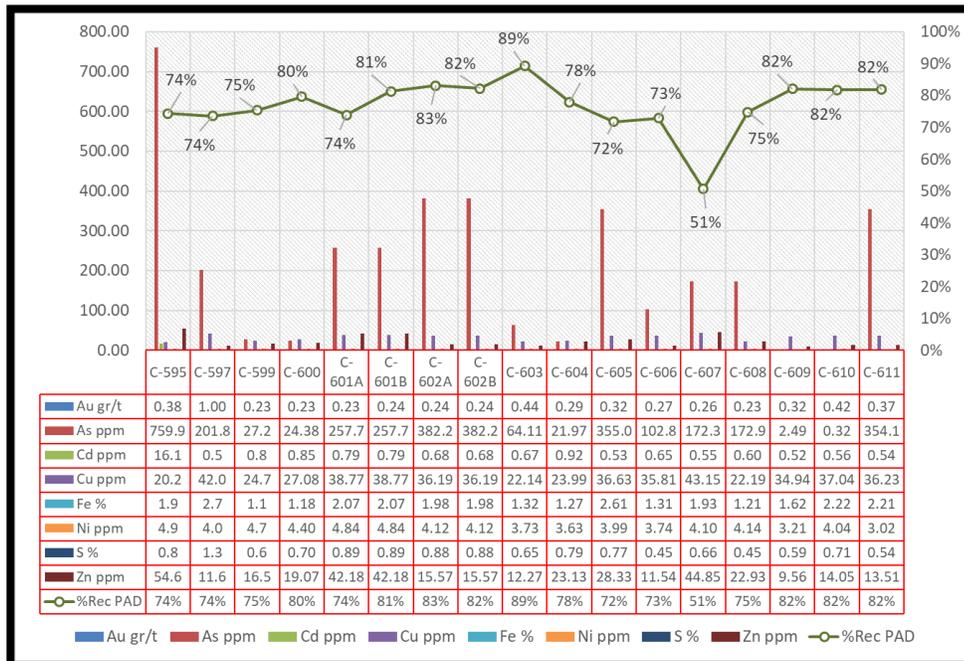


Fig. 31 Elementos nocivos por celdas y recuperación

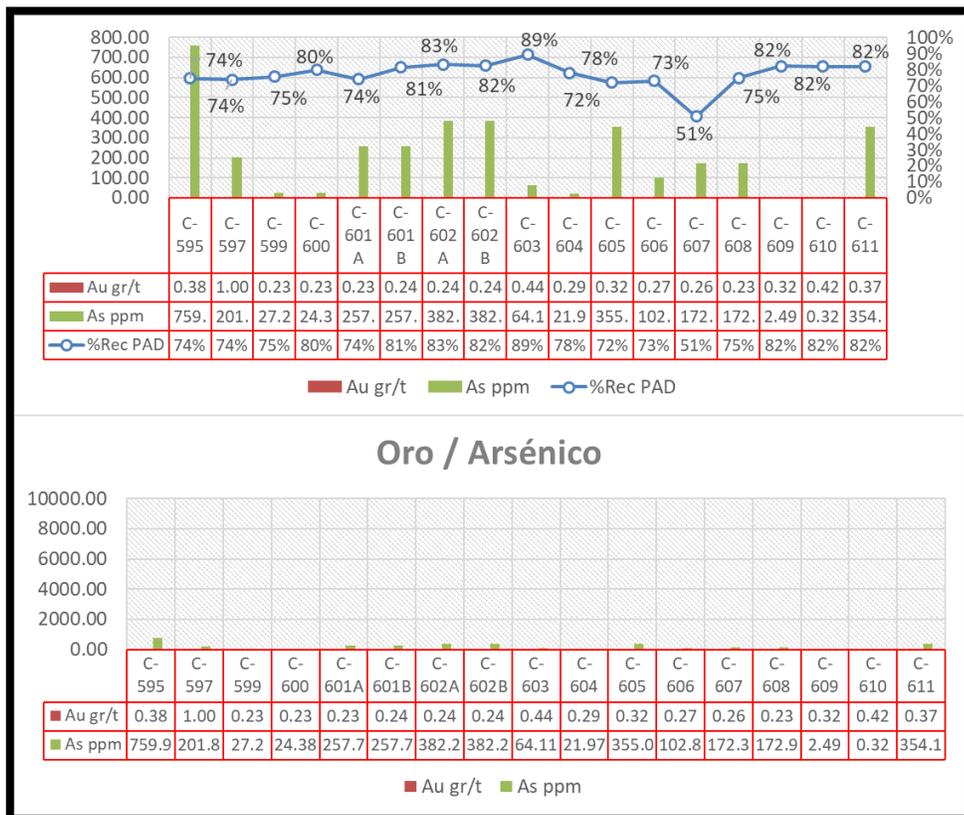


Fig. 30 Elementos nocivos por celdas Au/As.



Fig. 32 Elementos nocivos por celdas Au/Fe

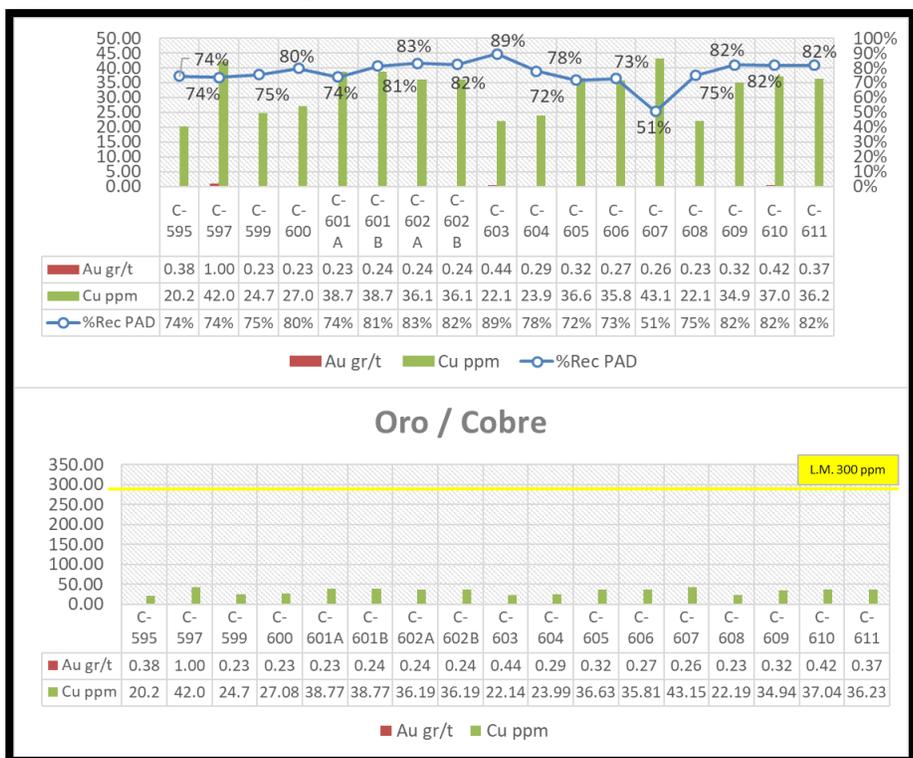


Fig. 33 Elementos nocivos por celdas Au/Cu

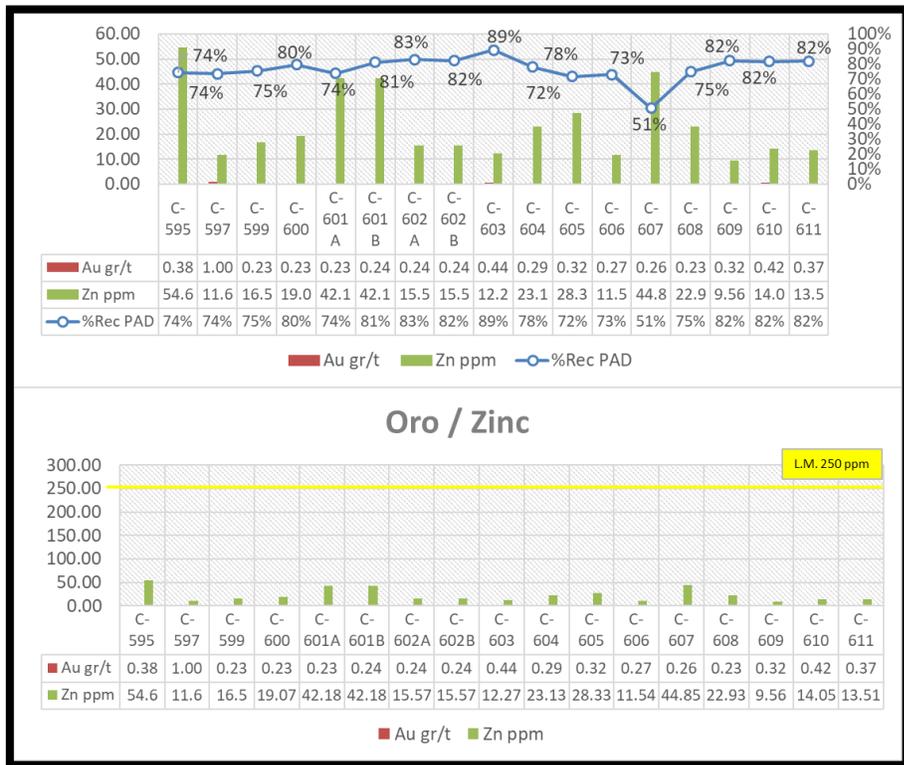


Fig. 34 Elementos nocivos por celdas Au/Zn

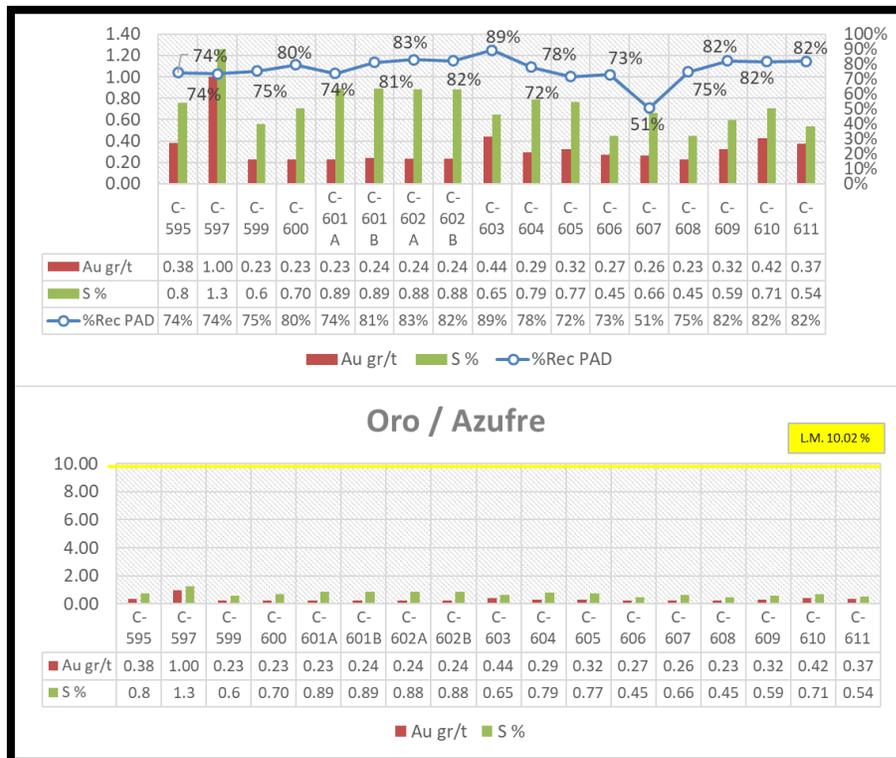


Fig. 35 Elementos nocivos por celdas Au/S

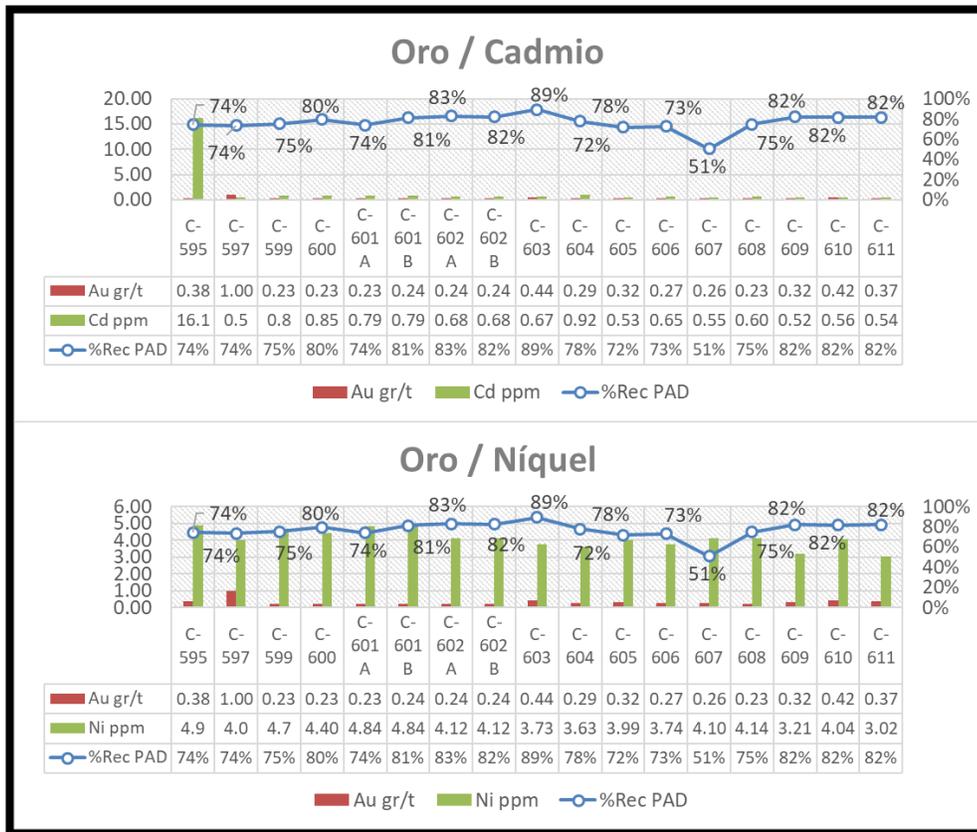


Fig. 37 Elementos nocivos por celdas Au/Cd

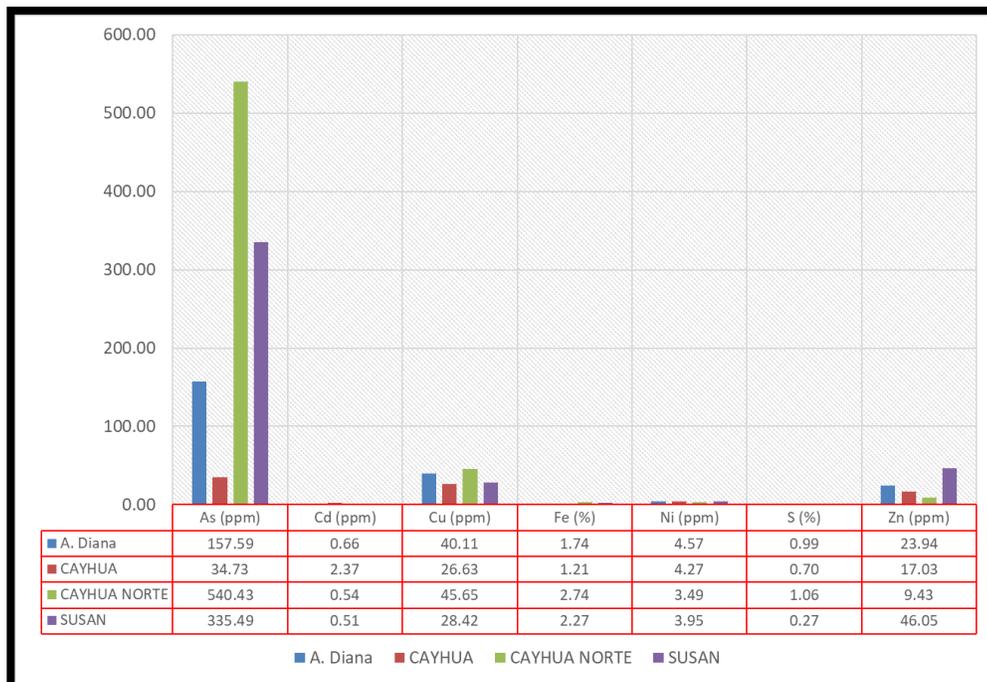


Fig. 36 Distribución de elementos nocivos por tajos de producción.



Fig. 38 Distribución de elementos nocivos por tajos.
Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Pruebas de Lixiviación en Columna.

4.3.4.1. Material de polígonos de mineral.

Se realizó pruebas de lixiviación con material de los diferentes polígonos que se realizó voladura en el mes.

El objetivo de las pruebas es conocer el comportamiento metalúrgico del mineral cuando es sometido a un proceso de lixiviación.

a). - Descripción de la prueba.

El material se preparó a malla 2” y se cargó a columnas de 100 kg, se inició su proceso de lixiviación con un previo curado de 2145 ppm para mineral Scree Slope y 2193 ppm para mineral Cayhua Norte riego convencional a 40 ppm, el tiempo de lixiviación fue de 30 días, tiempo donde se alcanzó una ley mínima en solución Pregnant

Las muestras que fueron recepcionadas se sometieron a pruebas metalúrgicas, adicionalmente se realizaron pruebas en botella y solubilidad para estos materiales.

b). - Resultados de las pruebas con Mineral Cayhua Intermedia:

Tabla 13
Resultado de prueba de cianuración en Botellas.

MINERAL CAYHUA INTERMEDIA		
PRUEBA	UNIDAD	Cayhua Intermedia 4835 polig. 13 proy. 06
CARACTERISTICAS		
Ley Au analizada	ppm	0.317
Au Soluble		90.99
pH natural		6.61
P BOTELLA		
Datos del proceso		
Fuerza NaCN	ppm	1500
Tiempo de agitación	hrs	72
Granulometría	% m-1/4"	80
Dilución	L/S	2.1
Resultados Obtenidos		
Cab. Calculada	ppm	0.301
Ley de ripio	ppm	0.031
Recuperación	%	89.70
Consumo de reactivos		
NaCN	Kg/tn	0.358
CAL	Kg/tn	0.807

Tabla 12
Resumen de pruebas de cianuración en Columnas.

CAYHUA INTERMEDIA		
PRUEBA	UNIDAD	Cayhua Intermedia 4835 polig. 13 proy. 06
COLUMNA		
Altura	m	2.6
Diámetro	Pulg.	7.48
Altura de mineral	m	2.33
Area de regado	m2	0.028
Datos del proceso		
Granulometría	% m- 2"	100
Solución Lix. NaCN	ppm	41
pH		10.66
Flujo de regado	lt/h-m2	10
Curado	ppm	1500
Permabilidad	cm/s(4°C)	0.043
Tiempo de regado	Días	30
Resultados Obtenidos		
Cab. Calculada	gr/tn	0.331
Ley de ripio	gr/tn	0.038
Recuperación	%	88.50
Cu Extraído	mg/tn	416.15
Dens aparente inicio		1.47
Dens aparente final		1.52
Humedad operativa	%	16.21
Consumo de reactivos		
NaCN	Kg/tn	0.042
CAL	Kg/tn	0.191

Fuente: Elaboración propia

4.3.5. Pruebas de solubilidad.

Tabla 14
Promedio en % de solubilidad.

Tajo	Cuenta de N°	Promedio de Au (gr/tn)	Promedio de % Au Soluble
Amp. Diana	74	0.495	88.6
Susan Sur	336	0.645	89.8
Cayhua	32	0.403	90.3
Susan	1726	0.612	91.1
Diana	222	0.850	91.5
Laura	8	0.266	93.7
Total general	2398	0.631	90.9

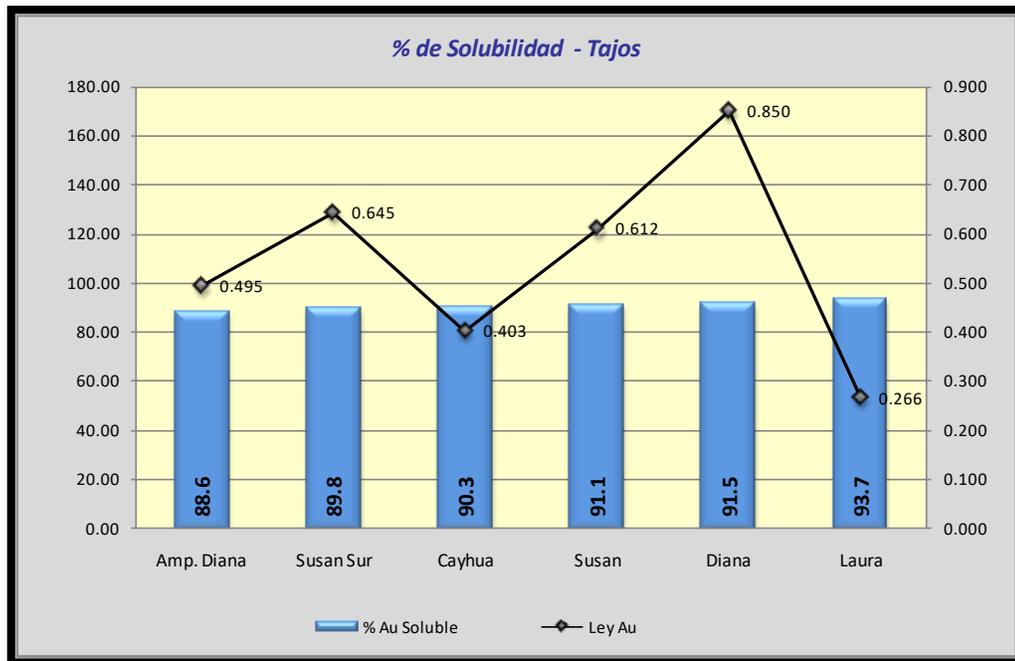


Fig. 39 % de solubilidad por tajos de producción.

Fuente: Elaboración propia

4.3.6. Consumo de reactivos.

De las pruebas realizadas en los diferentes tajos, se observa la variación de consumos de reactivos entre los diferentes tajos probablemente por la diferente característica en la composición mineralógica del mineral. Comparando el consumo de reactivos de algunos tajos de este año 2014 y el año 2018 se observa que en Diana y Susan el consumo de reactivos se ha visto incrementado, esto probablemente por un cambio en la composición.

Tabla 16
Consumo de reactivos 2014

CONSUMO DE REACTIVOS 2014		
TAJOS	NaCN	CaO
	Kg/TN	Kg/TN
DIANA	0.118	0.559
SUSAN	0.106	0.810
SCREE SLOPE	0.248	1.268

Tabla 15
Consumo de reactivos 2018

CONSUMO DE REACTIVOS 2018		
TAJOS	NaCN	CaO
	Kg/TN	Kg/TN
DIANA	0.162	1.212
SUSAN	0.113	1.200
SCREE SLOPE	0.250	1.200
CAYHUA	0.117	0.796
AMPLIACION DIANA	0.118	0.767
LAURA	0.105	0.803

4.3.7 Análisis de densidades.

Para realizar el presente trabajo se recolecto 36 muestras de testigos (10-15cm) de perforación diamantina (22 DDH's) ejecutados en la zona Cayhua, durante los años 2014 y 2018 (1,388.30m.), así también se recolectó 13 muestras de campo extraídas de las zonas de operación; en total se acumuló un total de 49 muestras. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio ActLabs, para el análisis de densidad por el método de la "Parafina", con el propósito de obtener una densidad promedio para las zonas de óxidos y sulfuros del tajo Cayhua Norte.

Tabla 17

Cantidad de metros de perforación en las zonas de óxidos y sulfuros

TIPO DE MINERALIZACIÓN	LONGITUD (m)	PORCENTAJE
Zona de Óxidos	1,198.40	86.72%
Zona de Sulfuros	183.50	13.28%
TOTAL	1,381.90	100.00%

Para la clasificación de muestras se usó la base de datos de logeo de DDH's y se filtró tomando énfasis los ensambles de alteración y texturas presentes; producto de ello se han identificado 06 ensambles de alteración y 05 texturas predominantes.

Tabla 18

Tipos de ensambles de alteración y texturas.

N°	ENSAMBLE DE ALTERACIÓN	CÓDIGO
1	Silice masiva	SM
2	Silice oquerosa	SV
3	Silice - alunita	SA
4	Silice - clay	SC
5	Silice - alunita - pirita	SAP
6	Silice - clay - pirita	SCP

N°	TEXTURA	CÓDIGO
1	Oquerosa	VUG
2	Porfirítico	PORPH
3	Afanítico	APH
4	Patchy	PTCH
5	Brechado	BX

Posteriormente se calculó el porcentaje que representa cada ensamble de alteración y textura, para posteriormente realizar un promedio ponderado en base a la clasificación preliminar y el resultado de los análisis del laboratorio. Como resultado final se obtiene una densidad promedio de 2.30 gr/cm³ para la zona de óxidos y de 2.48 gr/cm³ para la zona de sulfuros, los cuales serían los valores con los que deberíamos trabajar.

Tabla 19
Resultado de análisis de densidad por ensamble de alteración y textura.

N°	TIPO DE MINERALIZACIÓN	ALTERACIÓN	TEXTURA	TRAMO DE ALTERACIÓN PERFORADO (m)	PORCENTAJE	DDH	DE	A	TRAMO	MUESTRA	CANTIDAD DE MUESTRAS	DENSIDAD (g/cm3)	DENSIDAD PROMEDIO PONDERADO (g/cm3)
2	OXC	SM	APH/VUG	101.45	7.34%	DDH14-37	18.60	18.73	0.13	947543	2	2.50	2.53
5		SM	APH			DDH14-05	31.20	31.33	0.13	947603		2.57	
6		SM	BX	0.5	0.04%	DDH14-39	5.60	5.75	0.15	947547	2	2.26	2.27
7		SM	BX			DDH14-42	7.80	7.90	0.10	947549		2.29	
SUBTOTAL				101.95	7.38%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				4		2.53	
8	OXC	SV	VUG	169.55	12.27%	DDH14-02	6.40	6.50	0.10	947533	10	2.38	2.29
10		SV	VUG			DDH14-03	9.55	9.68	0.13	947535		2.35	
13		SV	VUG			DDH14-36	16.95	17.08	0.13	947541		2.41	
16		SV	VUG			DDH14-43	24.61	24.75	0.14	947601		2.26	
20		SV	VUG			DDH14-05	57.28	57.40	0.12	947604		2.28	
23		SV	VUG			DDH14-07	49.49	49.60	0.11	947607		2.17	
29		SV	VUG			DDH11-16	3.60	3.70	0.10	947609		2.37	
30		SV	VUG			Mioramiento				947801		2.28	
31		SV	VUG			Mioramiento				947810		2.32	
33		SV	VUG			Mioramiento				947811		2.07	
SUBTOTAL				169.55	12.27%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				10		2.29	
36	OXC	SA	BX	643.25	46.55%	DDH14-35	71.50	71.64	0.14	947540	18	2.39	2.36
38		SA	PORPH			DDH14-02	38.85	38.96	0.11	947534		2.26	
39		SA	PORPH			DDH14-04	14.12	14.25	0.13	947538		2.14	
40		SA	PORPH			DDH14-36	45.20	45.33	0.13	947542		2.38	
41		SA	PORPH			DDH14-39	25.70	25.82	0.12	947548		2.13	
42		SA	PORPH			DDH14-43	33.65	33.80	0.15	947602		2.23	
43		SA	PORPH			DDH14-06	24.19	24.30	0.11	947605		2.57	
44		SA	PORPH			DDH11-24	12.95	13.08	0.13	947515		2.26	
45		SA	PORPH			Mioramiento				947802		2.36	
48		SA	PORPH			Mioramiento				947806		2.45	
49		SA	PORPH			Mioramiento				947807		2.46	
18		SA	PORPH			Mioramiento				947812		2.33	
26		SA	PORPH			Mioramiento				947813		2.48	
14		SA	PORPH/PTCH			DDH11-22	6.30	6.41	0.11	947611		2.53	
24		SA	PORPH/PTCH			DDH11-22	64.80	64.91	0.11	947612		2.30	
4		SA	PORPH/VUG			DDH14-35	25.70	25.84	0.14	947539		2.31	
12		SA	PORPH/VUG			DDH11-23	7.07	7.20	0.13	947613		2.40	
28		SA	PORPH/VUG			Mioramiento				947808		2.32	
1	SA	PTCH	DDH14-44	1.56	1.70	0.14	947616	2.57					
34	SA	APH/VUG	DDH14-44	38.90	39.02	0.12	947618	2.44					
32	SA	VUG	DDH14-04	5.70	5.80	0.10	947537	2.42					
35	SA	VUG	Mioramiento				947803	2.15					
11	SA	VUG	Mioramiento				947804	2.37					
15	SA	VUG	Mioramiento				947805	2.39					
17	SA	VUG	Mioramiento				947809	2.24					
21	SA	VUG/PORPH	DDH14-38	23.50	23.62	0.12	947545	2.48					
SUBTOTAL				706.95	51.16%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				26		2.36	
3	OXC	SC	PORPH	219.95	15.92%	DDH14-38	47.36	47.50	0.14	947546	2	2.04	1.99
9		SC	PORPH			DDH14-07	42.40	42.53	0.13	947606		1.94	
SUBTOTAL				219.95	15.92%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				2		1.99	
TOTAL ÓXIDOS				1198.4	86.72%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO EN ÓXIDOS				42		2.30	
19	SPH	SCP	PORPH	123.7	8.95%	DDH14-03	63.30	63.44	0.14	947536	5	2.29	2.39
22		SCP	PORPH			DDH14-37	38.28	38.40	0.12	947544		2.37	
25		SCP	PTCH			DDH11-16	49.75	49.86	0.11	947610		2.56	
27		SCP	PORPH			DDH11-23	57.90	58.02	0.12	947614		2.35	
37		SCP	PORPH			DDH14-44	8.20	8.32	0.12	947617		2.36	
SUBTOTAL				123.7	8.95%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				5		2.39	
46	SPH	SAP	PORPH	59.8	4.33%	DDH14-42	27.68	27.80	0.12	947550	2	2.67	2.68
47		SAP	PORPH			DDH11-07	9.60	9.71	0.11	947608		2.68	
SUBTOTAL				59.8	4.33%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO				2		2.68	
TOTAL SULFUROS				183.5	13.28%	CANTIDAD MUESTRAS / PROMEDIO EN SULFUROS				7		2.48	
TOTAL				1381.9	100.00%	CANTIDAD MUESTRAS				49			

4.3.8 Estudio microscópico.

El realizó el estudio mediante microscopía óptica, en probeta pulida de 08 muestras (06 de roca y 02 de detritos de RCD) de la Mina Corihuarmi.

El objetivo estuvo centrado en la determinación cualitativa de los minerales opacos, sus tamaños promedio, su abundancia relativa, sus ensambles, entre sí y/o con las fases transparentes, y sus alteraciones supérgenas, si las hubiera, con especial énfasis en la eventual ocurrencia de minerales que pudieran interferir con el proceso de lixiviación.

El texto ha sido ilustrado con fotografías de los aspectos mineralógicos más resaltantes observados bajo el microscopio. En dichas fotografías, las especies

minerales presentes han sido designadas mediante abreviaturas cuya explicación aparece en el listado anexo. La escala gráfica de las fotos está expresada en micrones.

4.3.8.1 Resultados del estudio microscópico

a). - Muestra 905667

descripción macroscópica. Roca gris compacta, silíceo, con numerosos nidos rellenos de gangas terrosas hasta finamente aciculares (¿barita?, alunita? y ocasionalmente teñidos por limonitas; buena parte de estos nidos han sido lixiviados, lo que da a la roca un marcado aspecto poroso.

Los minerales metálicos observados son: Escasos: óxidos de Ti, Muy escasos: pirita, zircón

Los óxidos de titanio (esencialmente rutilo, con abundantes reflexiones internas marrón rojizas= variedad nigrina) se presentan como vetillas discontinuas y como agregados granulares de variado tamaño, disseminados en la masa silíceo o formando parte del relleno de cavidades junto con gangas de morfología acicular (¿alunita?). En las disseminaciones dentro de la roca silíceo, los granos de rutilo suelen ser muy finas (generalmente <20 micrones) pero suelen alcanzar tamaños mayores proporcionales al diámetro de la cavidad (50-100 micrones).

La pirita se presenta muy eventualmente, como aisladas y finísimas disseminaciones (<15 micrones) dentro de la masa silíceo.

El zircón ocurre generalmente como granos sub redondeados, dispersos, con tamaños del orden de 50-100 micrones.

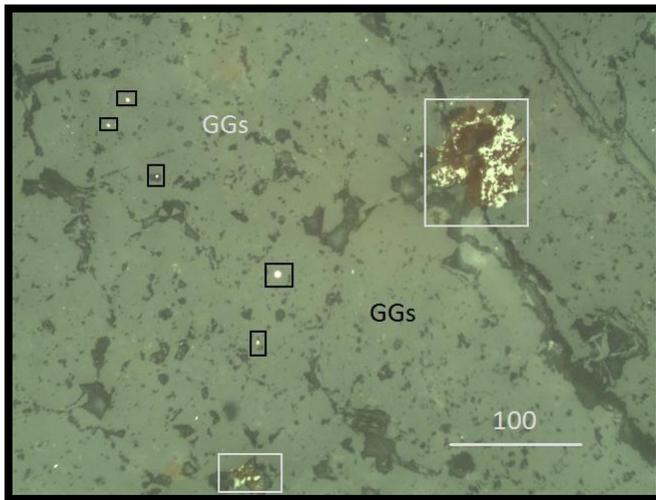


Fig. 40 Rutilo en agregados granulares de variado tamaño (recuadros grises) y finas diseminaciones de pirita (recuadros negros) dentro de la masa de gangas silíceas.

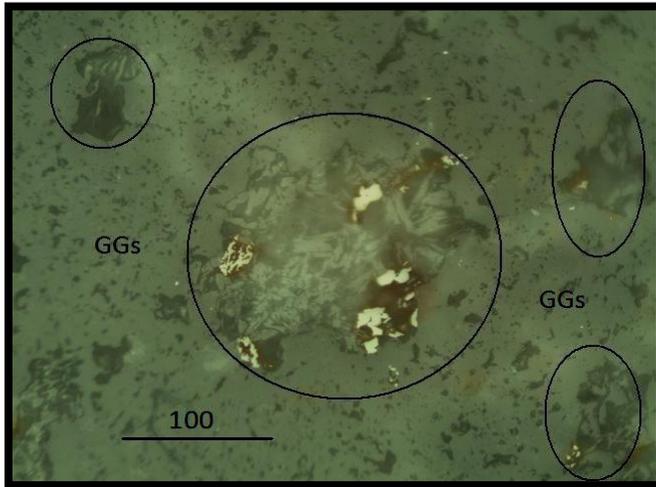


Fig. 41 Masa de gangas silíceas engloba cavidades (elipses negras) rellenas de gangas aciculares (alunita?) y rutilo (granos marrón grisáceos) cuyo tamaño de grano es proporcional al tamaño de las cavidades. Parte del relleno de las cavidades ha sido li



Fig. 42 Pirita diseminada (recuadro negro) y granos de rutilo (recuadros grises) dentro de cavidades en las cuales el relleno de alunita ha sido lixiviado (x).

b). - Muestra 905668

Descripción Macroscópica Roca de color gris claro, con numerosas cavidades de variado tamaño, rellenas de barita; el relleno de estas cavidades está parcial hasta totalmente lixiviado, lo que le confiere la muestra un marcado aspecto poroso. Ocasionalmente, las cavidades aparecen rellenas de azufre nativo. La superficie de la muestra presenta películas y venillas de material de oxidación de tonos marrón amarillentos (¿limonitas, jarosita?).

Los minerales metálicos observados son: Escasos: óxidos de Ti, Muy escasos: pirita, zircón.

Los óxidos de titanio (esencialmente anatasa, con escasas reflexiones internas, de color gris azulino, junto con escasos granos de rutilo) se presentan como granos aislados de variado tamaño (entre 10 y 50 micrones) que muchas veces contienen finísimas inclusiones de pirita (de tamaños <5 micrones). En las diseminaciones dentro de la roca silíceas, los granos de óxidos de Ti suelen ser muy finos (generalmente <20 micrones).

La pirita se presenta muy eventualmente, como aisladas y finísimas diseminaciones (5-15 micrones) dentro de la anatasa o dentro de las gangas silíceas.

El zircón ocurre generalmente como granos subredondeados, dispersos, con tamaños del orden de 10-50 micrones

Varias de las cavidades se presentan rellenas por azufre nativo, el cual aparentemente se ha formado por descomposición de la barita.

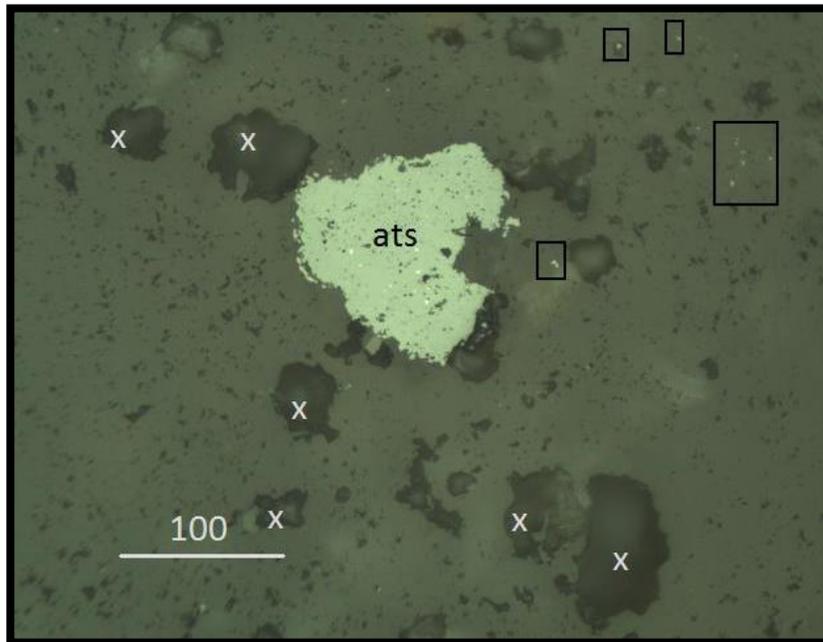


Fig. 43 Cavidad es completamente lixiviadas (x), una de ellas rellena por anatasa, dentro de la cual se observa finísimas inclusiones de pirita (pequeños puntos brillantes). Finas diseminaciones de anatasa (recuadros negros).

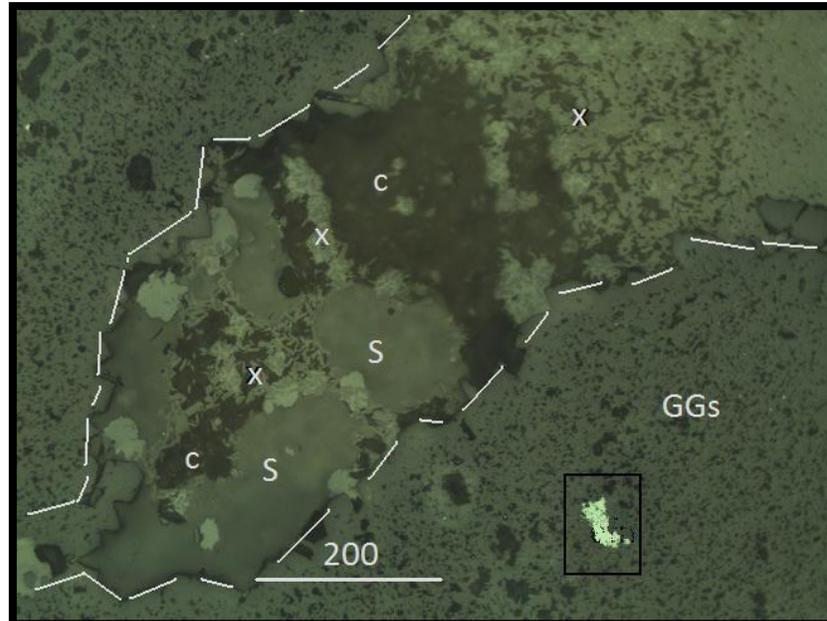


Fig. 44 Cavidad (delineada con segmentos) rellena por barita (x) tanto cristalizada como masiva, parcialmente reemplazada por sulfatos terrosos (S) y parcialmente lixiviada (c); en la parte externa un grano de anatasa (recuadro negro).

c). - Muestra 905669

Descripción Macroscópica Roca de color gris, compacta, silíceo, con escasas y pequeñas cavidades generalmente lixiviadas y sólo esporádicamente rellenas de azufre nativo y gangas mayormente terrosas (¿barita?, alunita?). Finas venillas ocupadas por material oxidado, terroso, de color marrón amarillento hasta marrón (¿limonitas + jarositas?).

Los minerales metálicos observados son: Escasos: óxidos de Ti,

Los óxidos de titanio (esencialmente rutilo, con reflexiones internas, de color marrón rojizo) se presentan como granos aislados de variado tamaño (entre 10 y 250 micrones) y también como agregados granulares de variado tamaño que en algunos casos parecen ocupar los moldes de minerales primarios a los cuales han reemplazado.

No se observa pirita ni zircón.

Varias de las cavidades se presentan rellenas por azufre nativo, el cual aparentemente se ha formado por descomposición de la barita, alunita?.

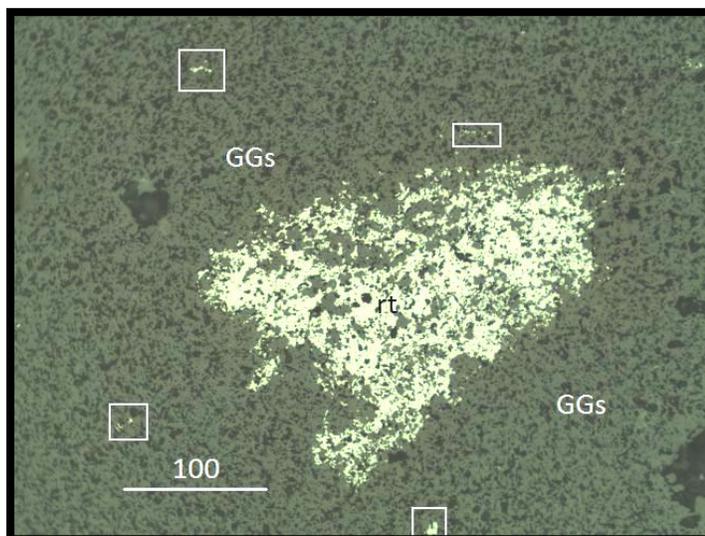


Fig. 45 Agregado granular de rutilo de tamaño destacada (probablemente reemplaza fenocristal de la roca original); también pequeñas diseminaciones aisladas de rutilo (recuadros grises).

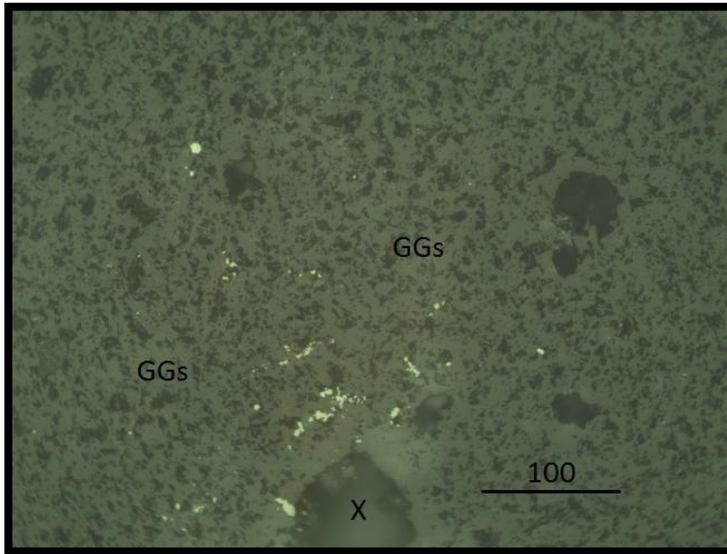


Fig. 46 Finas disseminaciones de rutilo (puntos gris claros) en gangas síliceas. Varias cavidades completamente lixiviadas (manchas negras); una de ellas rellena por minerales oxidados terrosos (x).

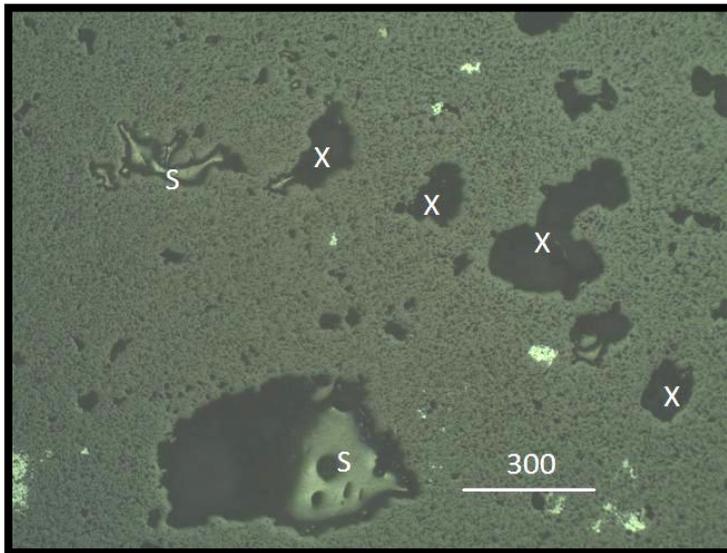


Fig. 47 Disseminaciones de rutilo (puntos grises brillantes) y abundantes cavidades; la mayoría lixiviadas (x) y algunas rellenas por azufre nativo (S).

d). - Muestra 905670

Descripción Macroscópica Roca de color gris claro, de aspecto brechoso, ¿con fragmentos de roca porfirítica? cementados por flujos de sílice. La muestra presenta numerosas cavidades de variado tamaño, las cuales están prácticamente lixiviadas en su totalidad; sólo ocasionalmente, se observa que las paredes de las cavidades están

tapizadas por material limonítico o bien por un material de tonalidad verdosa (¿azufre nativo descompuesto?, cloritas?).

Los minerales metálicos observados son: Escasos: óxidos de Ti, Muy escasos: pirita, zircón, sulfosales de plata, galena

Los óxidos de titanio (esencialmente rutilo) se presentan en parte como disseminaciones de variado tamaño (mayormente entre 10 y 50 micrones) y en parte como alineamientos granulares aparentemente dispuestos según los planos de clivaje de los fenocristales reemplazados (anfíboles?). o simplemente como rellenos de los moldes de éstos.

La pirita se presenta muy eventualmente, como aisladas y finísimas disseminaciones (5-15 micrones) dentro de las gangas silíceas.

La galena se presenta asociada con sulfosales de plata relleno algunas cavidades

El zircón ocurre generalmente como granos subhedrales, muy escasos y dispersos, con tamaños del orden de 10-30 micrones.

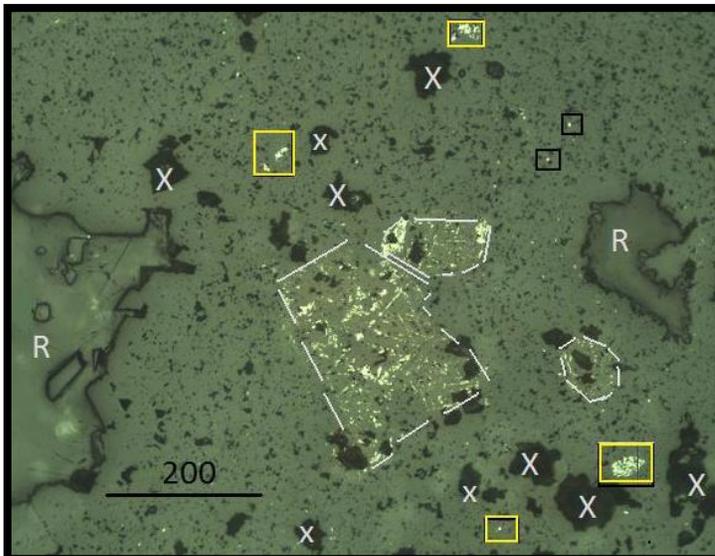


Fig. 48 Rutilo en parte disseminado (recuadros amarillos) y en parte reemplazando fenocristales según planos de clivaje (segmentos blancos). Cavidades lixiviadas (X) en parte rellenas con resina de la briqueta (R).

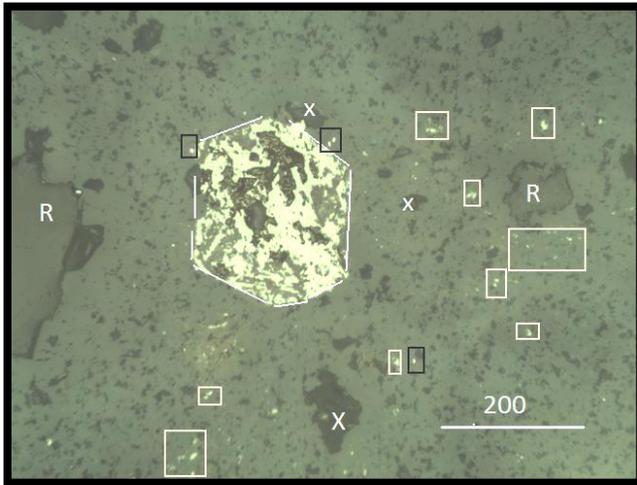


Fig. 49 Rutilo en parte diseminado (recuadros cremas) y en parte reemplazando pseudomórficamente a fenocristal de anfíboles? (delineado con segmentos grises). Finísimas diseminaciones de pirita (recuadros negros). Cavidades lixiviadas / (x) o rellenas c

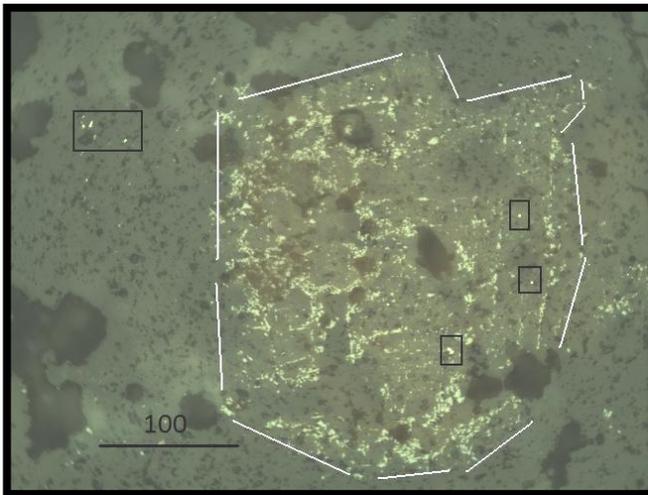


Fig. 50 Fenocristal de anfíboles? (delineado con segmentos) reemplazado selectivamente por rutilo que sigue determinados planos de clivaje. Diseminaciones de pirita (recuadros negros) tanto dentro como fuera del fenocristal.

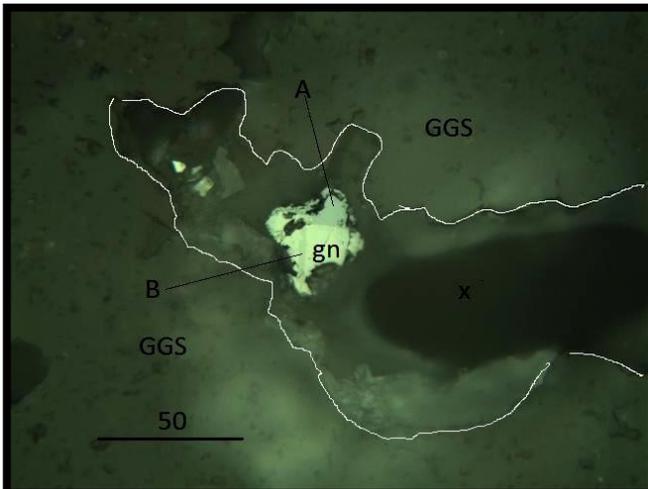


Fig. 51 Cavidad parcialmente lixiviada contiene relicto de galena asociada con dos tipos de sulfosales de plata (A y B).

E). - Muestra 905671

Descripción Macroscópica Muestra de características litológicas muy similares a la muestra 905670 pero con fuertes evidencias de oxidación (película envolvente y venillas transversales de limonitas-jarosita) y clara presencia de azufre nativo rellenando algunas cavidades.

Los minerales metálicos observados son: Escasos: limonitas-jarosita?, Muy escasos: óxidos de Ti, hematita, zircón

Una buena parte de las cavidades presentan sus bordes tapizados por bandas de material oxidado (¿limonitas-jarositas?) y este material aparece también rellenando delgadas venillas que cortan la muestra.

Los óxidos de titanio (esencialmente rutilo) ocurren como disseminaciones muy asiladas, son bastante escasos y de tamaños notoriamente finos (10-20 micrones); una parte de los granos aparecen reemplazados por hematita.

El zircón se presenta como pequeños cristales euhedrales disseminados en la muestra.

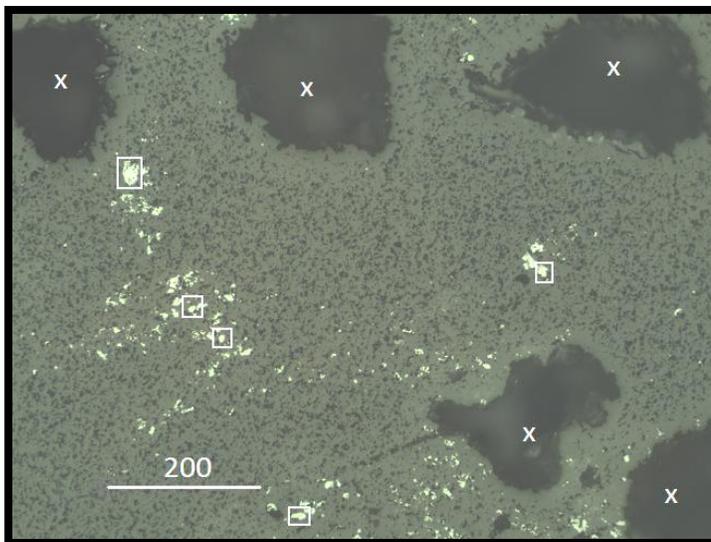


Fig. 52 Finas disseminaciones de rutilo (granos grises) en parte reemplazados por hematita (recuadros grises). Cavidades lixiviadas (x)

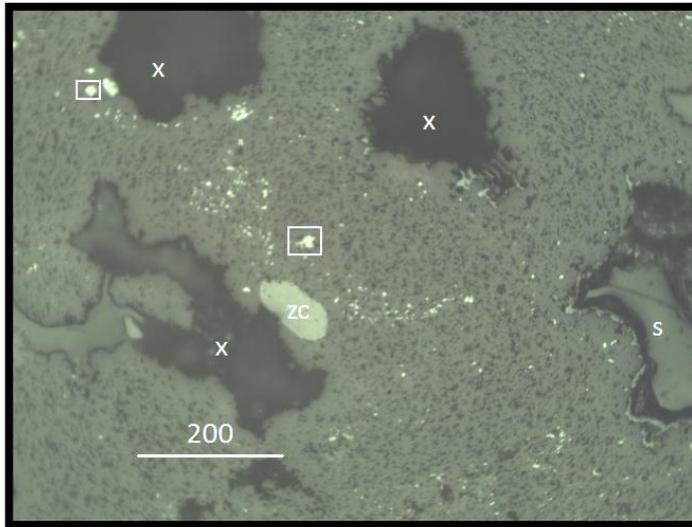


Fig. 53 Rutilo finamente
diseminado, en parte reemplazado
por hematita (recuadros grises).
Cristal de zircón. Cavidades
lixiviadas (x), una de ellas
rellenada con azufre nativo (S)

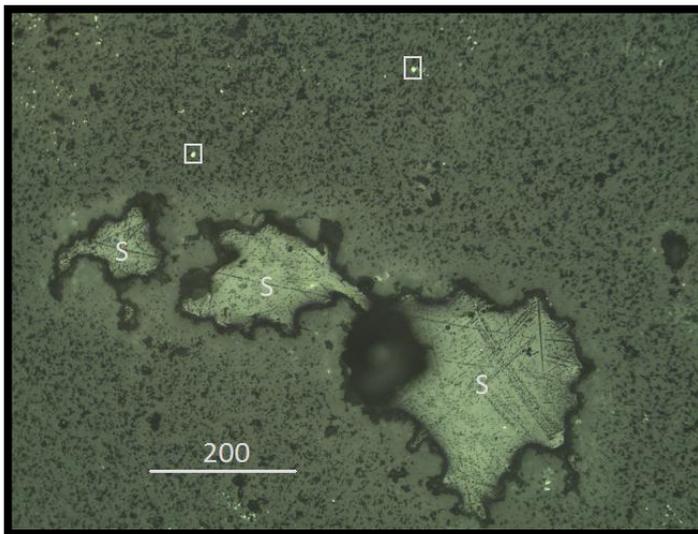


Fig. 54 Rutilo finamente
diseminado (granos grises apenas
visibles, en parte reemplazado
hematizados (recuadros grises).
Cavidades rellenas con azufre
nativo (S).

f). - Muestra 905672

Descripción Macroscópica Roca silíceea, de color gris violáceo, con escasas y pequeñas cavidades generalmente lixiviadas y sólo esporádicamente rellenas de material terroso de color amarillento verdoso (azufre descompuesto?) o bien de color marrón amarillento (limonitas + jarositas?).

Los minerales metálicos observados son: Escasos: óxidos de Ti, limonitas-jarositas?

Los óxidos de titanio (esencialmente rutilo, con reflexiones internas, de color marrón rojizo) se presentan como disseminaciones de granos de variado tamaño, pero predominantemente >50 micrones. Nidos y vetillas rellenas de material terroso oxidado (limonitas+jarositas?). Varias de las cavidades se presentan rellenas por azufre nativo en proceso de descomposición? a un material de consistencia terrosa.

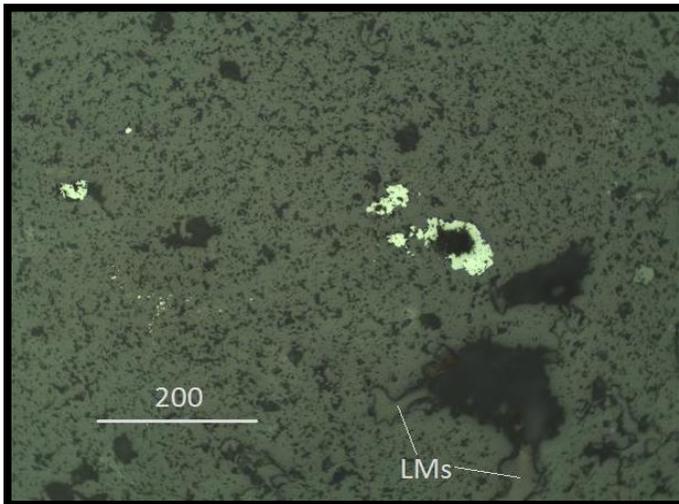


Fig. 55 Rutilo finamente disseminado y también como relleno de algunas cavidades (¡tamaño más destacado!). Algunas de las cavidades contienen vetillas y nidos de material limonítico

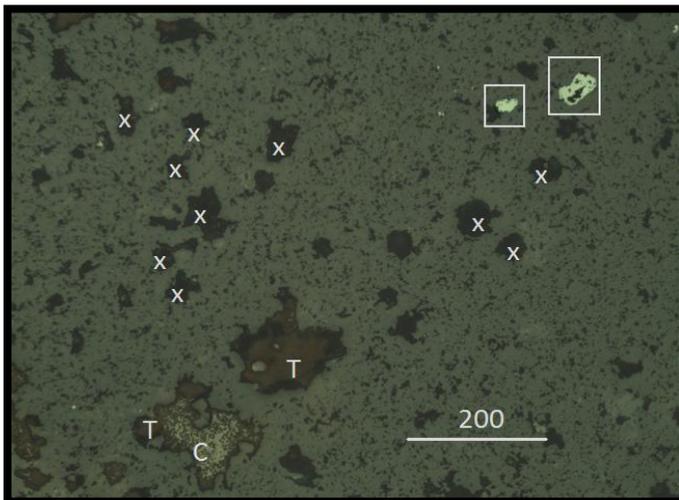


Fig. 56 Rutilo como disseminaciones (recuadros grises). Numerosas cavidades; algunas rellenas con limonitas-jarositas compactas (C) hasta terrosas (T), y la mayor parte lixiviadas (x).

g). - Muestra 905676

Descripción Macroscópica Detritos de perforación RCD. Los fragmentos presentan variado grado de limonitización.

Los minerales metálicos observados son: Escasos: óxidos de Ti, limonitas-jarositas?

Los óxidos de titanio (esencialmente rutilo, con reflexiones internas, de color marrón rojizo) se presentan como disseminaciones de granos de variado tamaño, pero predominantemente >50 micrones. Nidos y vetillas rellenas de material terroso oxidado (limonitas+jarositas?).

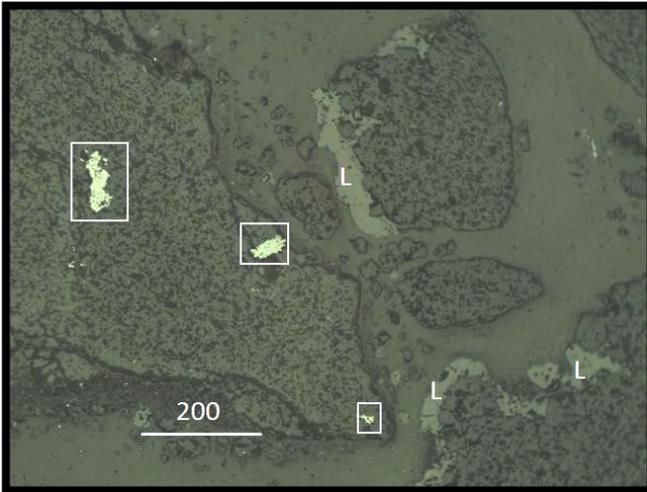


Fig. 57 Fragmento de variado tamaño; el más grande contiene inclusiones de rutilo (recuadros grueses); en los de tamaño intermedio se observa una película periférica de limonitas-jarositas? (L).

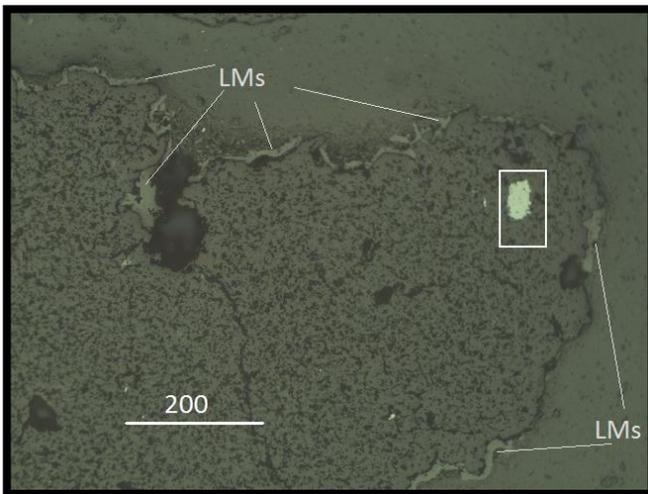


Fig. 58 Fragmento con inclusión de rutilo y banda periférica de limonitas-jarosita? (LMs)

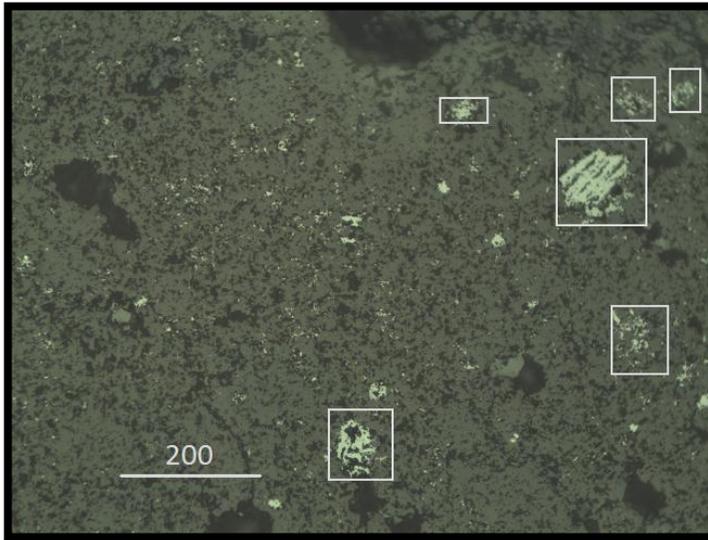


Fig. 59 Fragmento con abundantes disseminaciones de rutilo de tamaño fino y varios moldes de minerales primarios completamente reemplazados por rutilo (recuadros grises, de tamaño destacado).

h). - Muestra 905677

Descripción Macroscópica Detritos de perforación RCD. Los fragmentos presentan un grado de limonitización mucho más avanzado que en la muestra 905676.

Los minerales metálicos observados son: Algo abundantes: limonitas-jarositas?, Escasos: óxidos de Ti, Muy escasos: pirita, zircón

Gran parte de los fragmentos presentan nidos, halos periféricos y/o vetillas de limonitas-jarositas?. La oxidación supérgena afecta incluso a algunos granos de rutilo.

Los óxidos de titanio (esencialmente rutilo) se presentan en parte como disseminaciones de variado tamaño (mayormente entre 10 y 50 micrones) y en parte como alineamientos granulares aparentemente dispuestos según los planos de clivaje de los fenocristales reemplazados.

La pirita aparece muy eventualmente, como aisladas y finísimas disseminaciones (5-20 micrones) dentro de las gangas silíceas.

El zircón ocurre generalmente como granos subhedrales, muy escasos y dispersos, con tamaños <30 micrones.

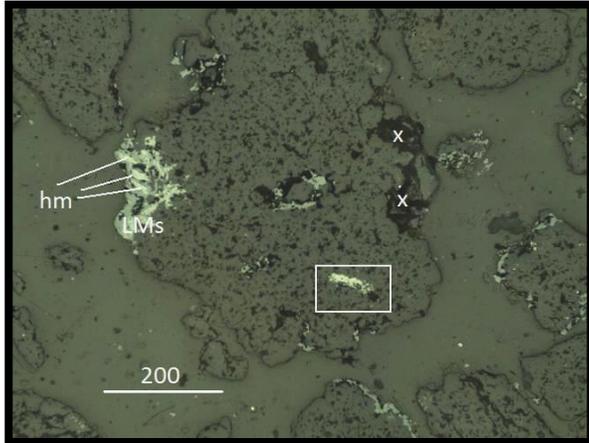


Fig. 60 Fragmentos con nidos y bandas periféricas de limonitas-jarosita? (color gris); en uno de los nidos, las limonitas envuelven granos de hematita (que probablemente ha reemplazado a rutilo). Inclusión de rutilo (recuadro blanco) y cavidades lixivia

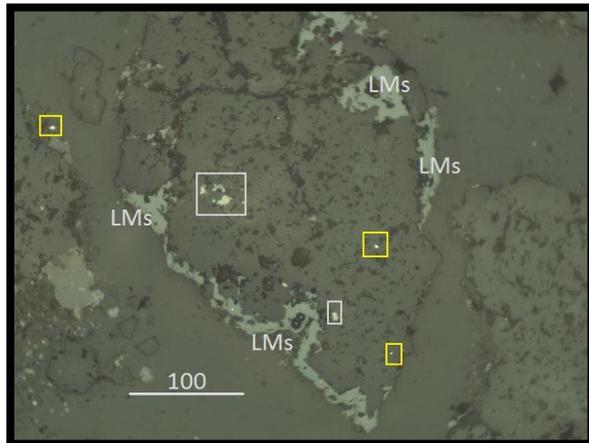


Fig. 61 Fragmentos limonitizados; el más grande presenta un anillo periférico casi completo de limonitas-jarositas? y contiene diseminaciones de rutilo (recuadros blancos) y, muy finas, de pirita (recuadros amarillos).

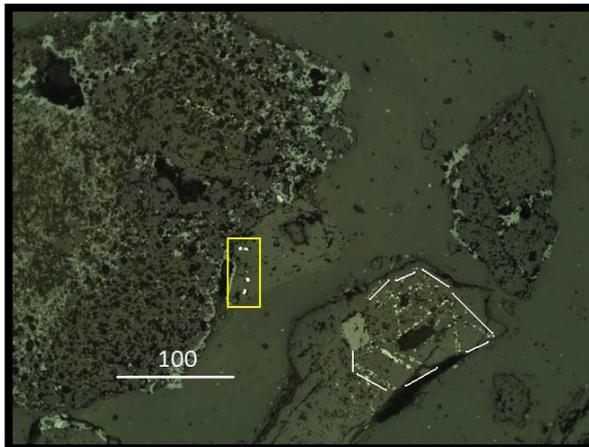


Fig. 62 Fragmentos con nidos y coronas de limonitas-jarosita?. Pirita finamente diseminada (recuadro amarillo) y molde de anfíbol? (delineado con segmentos grises) reemplazado por rutilo según planos de clivaje.

4.4 Prueba de hipótesis

Se realizó las pruebas tanto estadísticamente y la microscopia, bajo un concepto geo metalúrgico logrando optimizar el proceso, así como mejorar la ley del concentrado, esto es corroborado con el factor metalúrgico.

Demostrando así nuestra hipótesis propuesta el cual refiere que los elementos nocivos se encuentran dentro del proceso de lixiviación para ello es muy importante conocer las características física y químicas de cada elemento que se encuentran como nocivos en el yacimiento.

4.5 Discusión de resultados

Mediante la regresión lineal de los elementos de influencia de nuestra investigación aplicada al criterio mineralógico, el cual está basado en el valor estadístico nos indicó el nivel de significancia de la granulometría que es muy importante para que la recuperación sea óptima.

Observando los resultados de la investigación se confirmó la hipótesis, en el cual se identificó los elementos nocivos que se encuentra en los tajos de producción.

Para el tajo Susan se presenta como anomalías nocivas el As, Bi, Fe y Sb y para el tajo Diana se presenta como anomalías nocivas el As, Cu y Fe. el arsénico en ambos tajos está asociado a zonas restringidas con presencia de escorodita ($\text{Fe}^{3+}\text{AsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). El cobre en el tajo Diana tiene una tendencia ascendente con relación a la profundidad, lo cual no se presenta en el tajo Susan debido a la diferencia de cotas de los tajos. La presencia del cobre está asociado a calcopirita, covelita, calcosina, en el tajo Susan el fierro está asociado a oxidos en los niveles superiores y a sulfuros hacia los niveles inferiores, pero en el tajo Diana está relacionada casi estrictamente a sulfuros.

CONCLUSIONES

- La distribución de las correlaciones del oro por tajos, se muestran en el siguiente cuadro:

Tajo	Correlación Del Oro			
	Buena	Moderada	Baja	Mala
Susan		Ag, As, Bi, Hg, Pb, S y Sb		Cu, Fe y Zn
Diana	Ag y Sb	Hg	As, Bi y Pb	Cu, Fe, S y Zn

- Para el tajo Susan se presenta como anomalías nocivas el As, Bi, Fe y Sb.
- Para el tajo Diana se presenta como anomalías nocivas el As, Cu y Fe.
- El arsénico en ambos tajos está asociado a zonas restringidas con presencia de escorodita ($\text{Fe}_3+\text{AsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
- El cobre en el tajo Diana tiene una tendencia ascendente con relación a la profundidad, lo cual no se presenta en el tajo Susan debido a la diferencia de cotas de los tajos. La presencia del cobre está asociado a calcopirita, covelita, calcosina.
- En el tajo Susan el fierro está asociado a óxidos en los niveles superiores y a sulfuros hacia los niveles inferiores, pero en el tajo Diana está relacionada casi estrictamente a sulfuros.
- Resultados obtenidos para el banco 4835 polig. 13 proy. 06 en 7 días de cianuración la extracción de oro es 77.79% y al final de la prueba alcanza una extracción de 88.50%. Llegando a una ratio de 1.95 que es el peso de solución con respecto al peso de mineral. El consumo de reactivo para esta prueba es 0.042 Kg/TM NaCN y 0.191 Kg/TM CaO. Permeabilidad del mineral es 0.043 cm/s.

- Resultados obtenidos para el banco 4790 polig.06 proy.03 en 7 días de cianuración la extracción de oro es 86.84% y al final de la prueba alcanza una extracción de 92.61%. llegando a una ratio de 1.95 que es el peso de solución con respecto al peso de mineral. El consumo de reactivo para esta prueba es 0.057 Kg/TM NaCN y 0.566 Kg/TM Cao. Permeabilidad del mineral es 0.042 cm/s.
- Resultados obtenidos para el banco 4790 polig.05 proy.03 en 7 días de cianuración la extracción de oro es 88.71% y al final de la prueba alcanza una extracción de 94.46%. llegando a una ratio de 2.06 que es el peso de solución con respecto al peso de mineral. El consumo de reactivo para esta prueba es 0.147 Kg/TM NaCN y 0.657 Kg/TM Cao. Permeabilidad del mineral es 0.032 cm/s.
- Se recolecto 36 muestras de testigos de perforación y 13 muestras de campo de la zona operativa de Cayhua Norte para calcular el promedio de densidad de las zonas de óxidos y sulfuros de dicho tajo. Las muestras fueron enviadas al laboratorio ActLabs para el análisis de densidad por el método de la “Parafina.
- Como resultado final del análisis de densidad se obtiene una densidad promedio de 2.30 gr/cm³ para la zona de óxidos y de 2.48 gr/cm³ para la zona de sulfuros, los cuales serían los valores con los que deberíamos trabajar en la operación.

- En promedio de ambas pruebas se tiene que cada volquete transporta un volumen de 15.084 m³ con un peso de 25.336 TMS y una densidad aparente de 1.680.
- De las dos pruebas realizadas se observa diferencia tanto en volumen y peso de mineral. Lo que indica que volquetes no fueron llenado con un volumen similar.
- Hay diferencia en la Densidad Aparente determinada sin embargo esta diferencia no es demasiado lejana, sucede esta diferencia probablemente por la diferencia en porcentaje de finos entre una y otra muestra.
- En ninguna de las muestras se ha observado presencia de minerales que pudieran entorpecer el proceso de cianuración.
- Por el contrario, el fino tamaño de grano de la pirita y la leve hasta moderada oxidación que afecta a las muestras, representan factores más bien favorables para la eficiencia del proceso.
- No se ha detectado la ocurrencia de oro “visible”, lo que significa que, si los análisis químicos reportan contenidos significativos de dicho elemento, éste debería estar como disseminaciones submicroscópicas dentro de las gangas silíceas.
- Es importante destacar la frecuente ocurrencia de óxidos de titanio (esencialmente como rutilo, escasamente como anatasa) en casi todas las muestras. Por tal razón resulta aconsejable evaluar la posibilidad de recuperar dichos minerales para obtener un valor agregado del proceso.

RECOMENDACIONES

- Se deben hacer pruebas metalúrgicas en las zonas con anomalías nocivas que se encuentren dentro del Pit Operativo, de manera progresiva según el avance de minado en cada uno de los tajos.
- Se debe llevar un control sistemático de la solubilidad del oro banco a banco en cada uno de los tajos.
- Se debe hacer un estudio mineragráfico que incluya el grado de liberación, el tamaño del Au, encapsulado, etc. para verificar cómo y en que minerales se encuentra el Au.
- Es necesario realizar mayor número de pruebas para obtener un promedio en peso y volumen, que sea representativo para cada uno de los materiales con los que se realiza la operación; consideramos mínimo 5 pruebas si los datos que se brinden no presenta demasiada dispersión, si ocurriera lo contrario tendría que realizarse pruebas adicionales.
- Es necesario un mejor control en el carguío de volquetes, supervisar que cada volquete sea cargado con un volumen similar y adecuado.
- Se genera diferencia de densidad aparente debido a que en chancadora por el mismo proceso ocurre una segregación de mineral, grueso hacia un lado y fino hacia otro, por lo tanto, en el carguío siempre va a ocurrir una variación.
- Para la ejecución de pruebas posteriores es necesario disponer de los equipos adecuados, para evitar demoras y pérdidas de tiempo en el trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Delgado, E. (2009). Geometalúrgia: Prospectiva en minería y formación académica de especialistas. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú - Sección Minas, Área Metalúrgia.
- Cáceres, J. (s.f.). Apuntes de Metalúrgia Extractiva. Programa de mineralogía y Metalúrgia. San Felipe - Chile: Universidad de Aconcagua.
- Canchaya Moya, S. (29-03 de Setiembre-Octubre de 2008). El Modelo Geometalúrgico. XIV Congreso Peruano de Geología. Lima-Perú.
- Cánepa I., C. (2009). Geometalúrgia: Una visión Personal. Arequipa-Perú: PERUMÍN 29 CONVENCION.
- Chuquipoma, M. (s.f.). Metalúrgia del Oro. Lima-Perú: San Marcos.
- Codelco. (23 de Enero de 2018). Geometalúrgia. Obtenido de <http://www.es.scribd.com/doc/219334681/Geometalurgia-Codelco-1#scribd>
- Dobby, G., Bennett, C., Bulled, D. and Kosick, G. (2004). Geometallurgical modeling – The new approach to plant design and production forecasting/planning, and Mine/Mill Optimization, Proceedings of 36th Annual Meeting of the Canadian Mineral Processors, January 20-22, 2004. Ottawa, Canada, Paper 15.
- Environmental Solutions. (2008). Informe Técnico.
- Hallewell, M. (2009). Geometallurgy for mine data, Materials World, 17 (7), p. 48-50.
- Minandex. (1998). Informe Geológico. Yauyos-Lima.
- Minera IRL. (2009). Informe Técnico de geología. Yauyos - Lima.
- Minera IRL. (2016). Informe Geológico. Huantan-Lima.
- Minera San Simón. (2001). Informe Técnico del Tajo Susan.

Mineralogía Aplicada a los Procesos. (8 de abril de 2018). Obtenido de <http://www.es.scribd.com/doc/54825019/Mineralogia-Aplicada-a-Los-Procesos>

Pérez Segura, E., Gaspar, J. C., & Brown, F. (8 de Agosto de 2017). Geometalúrgia: Una herramienta multidisciplinaria para la vinculación universidad - industria. Obtenido de <http://www.epistemus.uson.mx>

Pérez Segura, E. (2003). Contribuciones de la mineragrafía a los procesos industriales de recuperación de minerales, Conferencia de ingreso a la Academia de Ingeniería (AI), México, D.F. 28 p.

Pontificia Universidad Católica del Perú. (23 de marzo de 2018). Maestría en Geometalúrgia. Obtenido de <http://www.pucp.edu.pe>

Rodríguez Mejía, R. (2008). El Sistema de Fallas Chonta y sus Implicancias metalogenéticas entre 12°15'S y 13°30' S (Huancavelica-Perú). Tesis de Maestría.

SGS (2013). Recuperado el 01 de Julio de 2013, de <http://www.sgs.mx/en/Mining/Metallurgy-and-Process-Design/Geometallurgy/Geometallurgy-Framework.aspx>.

Tecnicas Avanzadas-Geometalúrgia. (19 de Marzo de 2018). Obtenido de <http://www.es.scribd.com/doc/90082822/TecnicasAvanzadas-Geometalurgia#scribd>

Universida Católica del Norte de Chile. (12 de Diciembre de 2017). Maestría en Geometalúrgia. Obtenido de <http://www.ucn.cl>

Universidad de Chile. (10 de Agosto de 2017). Tesis: Geometalúrgia en la planificación de una mina a cielo abierto. Obtenido de <http://www.uchile.cl>

Zeballos, R., & P, J. (s.f.). Estrategia Geometalúrgica en la optimización de la flotación. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

ANEXOS

Muestras de RCD para análisis geometalúrgico

TALADROS RCD						
Nº	TAJO	Taladro	E	N	Cota	PROFUND.
1	Susan	RC08-09S	439858.551	8610288.907	4935.543	100
2	Susan	RC08-13S	439858.494	8610253.639	4933.041	100
3	Susan	RC08-18S	439876.614	8610235.837	4932.707	100
4	Diana	RC08-01D	439364.385	8610272.892	4824.735	60
5	Diana	RC08-02D	439369.463	8610249.984	4824.367	85
6	Diana	RC08-03D	439380.911	8610279.170	4824.720	70
7	Diana	RC08-04D	439390.299	8610302.576	4824.715	55
8	Diana	RC08-05D	439392.485	8610240.528	4824.317	80
9	Diana	RC08-06D	439398.121	8610265.853	4824.539	70
10	Diana	RC08-07D	439411.208	8610287.687	4825.022	70
11	Diana	RC08-09D	439424.673	8610253.809	4825.215	80
12	Diana	RC08-10D	439431.636	8610271.363	4825.458	55
13	Diana	RC08-11D	439447.650	8610243.750	4824.952	75
14	Diana	RC08-13D	439468.670	8610228.670	4824.700	80
15	Diana	RC08-14D	439477.345	8610250.649	4825.795	60
16	Diana	RC08-16D	439357.836	8610289.541	4825.762	70
17	Diana	RC08-17D	439349.097	8610266.445	4824.461	90
18	Diana	RC08-18D	439345.413	8610257.148	4824.400	135
19	Diana	RC08-19D	439365.918	8610240.985	4824.330	120
20	Diana	RC08-20D	439420.955	8610244.526	4824.625	70
21	Diana	RC08-21D	439391.750	8610237.592	4824.852	70
22	Diana	RC08-22D	439445.900	8610239.150	4824.510	50

Muestras de control para análisis geometalúrgico

MUESTRAS DE CONTROL					
Nº	TAJO	Código	E	N	Cota
1	Susan	6321	439886.901	8610173.127	4914.424
2	Susan	6322	439876.632	8610221.024	4912.914
3	Susan	6323	439911.151	8610259.604	4912.936
4	Susan	6324	439858.770	8610145.520	4906.522
5	Susan	6325	439811.376	8610229.033	4905.223
6	Susan	6326	439822.084	8610319.360	4907.278
7	Susan	6327	439807.827	8610156.973	4900.872
8	Susan	6328	439766.964	8610251.826	4902.228
9	Susan	6329	439791.719	8610297.133	4900.168
10	Diana	6330	439483.586	8610231.511	4814.893
11	Diana	6331	439436.810	8610274.018	4815.538
12	Diana	6332	439386.336	8610248.881	4810.631
13	Diana	6333	439385.615	8610294.895	4810.393
14	Diana	6334	439337.865	8610309.862	4811.484
15	Diana	6335	439356.965	8610229.650	4805.875
16	Diana	6336	439367.422	8610280.770	4805.430
17	Diana	6337	439346.356	8610294.105	4806.524

Resumen de las pruebas de cianuración en botellas (BRT) Compositos RCD.

N°	Codigo de Composito de Metalurgia	Granulometria(%10M)	Tiempo de agitación(horas)	Ley de cabeza ensayada (gr/TM)			Extracciones Ensayadas(%)			Extracciones Calculadas(%)			Consumo de reactivos(Kg/TM)	
				Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu	NaCN	CaO
1	Comp -1	100	72	0.230	0.600	67.450	34.80	24.20	52.40	35.60	16.80	53.10	2.75	1.85
2	Comp -2	100	72	0.371	0.800	33.200	28.00	11.00	27.40	23.80	8.80	23.70	2.47	1.89
3	Comp -3	100	72	0.447	0.520	24.160	71.60	22.50	12.00	73.70	18.80	10.60	2.89	1.75
4	Comp -4	100	72	0.521	1.310	33.090	42.40	37.10	45.60	40.90	38.30	43.80	2.74	2.85
5	Comp -5	100	72	0.468	1.070	72.970	34.40	19.20	63.30	31.90	16.70	63.90	2.72	2.95
6	Comp -6	100	72	0.549	0.430	34.910	81.20	23.70	11.20	80.80	26.40	8.20	2.75	1.55
7	Comp -7	100	72	0.463	0.780	110.010	42.40	10.50	59.40	41.20	12.20	58.60	2.73	1.55
8	Comp -8	100	72	0.458	1.110	138.460	12.70	19.40	53.50	13.60	21.60	52.30	2.52	1.55
9	Comp -9	100	72	1.370	0.580	46.270	87.60	27.80	42.70	87.90	22.90	40.40	2.51	1.54
10	Comp -10	100	72	0.520	0.920	124.280	48.10	24.70	69.40	45.90	18.80	69.00	2.33	1.54
11	Comp -11	100	72	0.784	0.570	20.060	81.30	31.90	8.80	81.00	29.20	7.40	2.47	1.57
12	Comp -12	100	72	0.276	0.390	69.880	60.10	19.20	46.10	57.10	24.10	44.60	2.41	1.57
13	Comp -13	100	72	0.741	0.560	19.250	81.60	33.20	20.80	81.50	29.60	14.60	2.60	1.00
14	Comp -14	100	72	0.581	1.510	23.740	82.50	82.10	32.00	82.20	81.00	26.50	2.64	1.00
PROMEDIO		100.00	72	0.56	0.81	58.41	56.34	27.61	38.90	55.51	26.09	36.91	2.61	1.73

Resultado de prueba de cianuración en Botellas.

MINERAL AMPLIACION DIANA			
PRUEBA	UNIDAD	Amp. Diana 4830 polig. 07-12 proy. 03	Amp. Diana 4825 polig. 01 proy. 01
CARACTERISTICAS			
Ley Au analizada	ppm	0.437	1.077
Au Soluble		96.16	98.85
pH natural		4.66	4.80
P BOTELLA			
Datos del proceso			
Fuerza NaCN	ppm	1510	1496
Tiempo de agitación	hrs	72	72
Granulometría	% m-1/4"	80	80
Dilución	L/S	2.1	2.1
Resultados Obtenidos			
Cab. Calculada	ppm	0.396	0.641
Ley de ripio	ppm	0.048	0.067
Recuperación	%	87.88	89.55
Consumo de reactivos			
NaCN	Kg/tn	0.640	0.974
CAL	Kg/tn	1.489	1.033

Formato de entrega de material del tajo Susan para pruebas Geometalúrgia

FORMATO DE ENTREGA DE MATERIAL PARA PRUEBA METALURGICA			
Fecha:	4 de Enero de 2018	Cantidad Entregada:	250.00 Kg. (Aproximado)
Tajo / Banco:	Susan - 4835	Objetivo:	Prueba Metalúrgica (Columnas cortas y Botellas)
Ubicación/Zona:	4835 Poligono 23 Proy 20		
Coordenadas: E-N-Z	439663.71, 8609795.02, 4835.25	Fecha/Hora-Recepción:	04/Enero/2018 - 11:30 hrs.
CODIGO:	TS_4835_23	Persona Recepcionante:	Juan Carlos Huamani
Descripción Geologica Del Material:			
Material Tajo Susan: Toba daciticas, con alteración Vuggy Silica, presenta una moderada oxidacion (limonita +) con zonas de débil a moderada oxidación. Fuerte fracturamiento.			
Personal Encargado de la Preparación y Entrega del material:		Area / Sección	Cargo
Jaime Ascano Torres		Geología	Sup. de Geología
Lidver Jeronimo		Geología	Muestrero
Leonid Huari y Alonso Castillo		Geología	Muestrero
Observaciones:			
Material para identificar y diferenciar sus características metalúrgicas en base a su Ley y Alteración, previamente coordinado con el Ing. Arturo Caveró. De un total aproximado de 250.00 Kg del material. De la cual se sacaron 05 muestras para identificar su ley.			
Muestras Tomadas:			
Codigo	Ubicación	Au gr/TM	Ag gr/TM
945017	Tajo Susan	0.280	1.100
945018	Tajo Susan	0.290	0.550
945019	Tajo Susan	0.297	0.500
945020	Tajo Susan	0.357	2.800
945021	Tajo Susan	0.363	0.500
Promedio		0.317	1.090
Fotos:			
			

Formato de entrega de material del tajo Diana para pruebas Geometalúrgia

FORMATO DE ENTREGA DE MATERIAL PARA PRUEBA METALURGICA			
Fecha:	20 de Marzo de 2018	Cantidad Entregada:	250.00 Kg. (Aproximado)
Tajo / Banco:	Diana - 4715	Objetivo:	Prueba Metalúrgica (Columnas cortas y Botellas)
Ubicación/Zona:	4715 Poligono 03_Proj 02		
Coordenadas: E-N-Z	439115.71, 8609780.40, 4716.5	Fecha/Hora-Recepción:	20/Marzo/2018 - 11:30 hrs.
CODIGO:	TD_4715_03	Persona Recepcionante:	Yul Velázquez
Descripción Geologica Del Material:			
Muestra: Roca con alteración argilica avanzada (Silice-Alunita), con zonas de Silice Masiva donde se aprecia una moderada a fuerte oxidación (limonita++). Moderado fracturamiento.			
Personal Encargado de la Preparación y Entrega del material:		Area / Sección	Cargo
Jaime Ascano Torres		Geología	Sup. de Geologia
William Lázaro		Geología	Muestrero
Efrain Vilca		Geología	Muestrero
Observaciones:			
Material para identificar y diferenciar sus características metalúrgicas en base a su Ley y Alteración, previamente coordinado con el Ing. Arturo Caverro. De un total aproximado de 250.00 Kg del material. De la cual se sacaron 05 muestras para identificar su ley.			
Muestras Tomadas:			
Codigo	Ubicación	Au gr/TM	Ag gr/TM
947056	Tajo Diana	0.580	0.400
947057	Tajo Diana	0.533	0.350
947058	Tajo Diana	0.563	0.250
947059	Tajo Diana	0.810	0.200
947060	Tajo Diana	0.887	0.400
Promedio		0.675	0.320

Pruebas geometalúrgias de los tajos Susan y diana

N° Composito	Muestra (Código)	Tajo / Zona	GRANULOMETRIA	LEY DE CABEZA CALCULADA (gr/TM)		EXTRACCIONES CALCULADAS(%)		% Solubilidad	CONSUMO DE REACTIVOS(Kg/TM)	
				Au	Cu	Au	Cu		NaCN	CaO
1	956445	Diana	100%-1/4"	0.146	3.696	65.75	20.18	97.30	0.798	1.418
2	956446	Diana	100%-1/4"	0.271	7.470	78.97	9.64	96.11	1.248	1.602
3	956447	Diana	100%-1/4"	0.263	13.312	89.73	8.73	90.81	0.818	1.182
4	956448	Diana	100%-1/4"	0.171	6.516	86.55	13.29	96.92	0.610	1.069
5	956449	Diana	100%-1/4"	0.352	21.292	91.48	10.06	95.75	0.816	1.127
6	956450	Diana	100%-1/4"	0.159	10.148	79.25	19.69	85.14	0.524	0.929
7	956451	Diana	100%-1/4"	0.243	9.016	84.77	15.71	99.29	1.288	1.411
8	956452	Diana	100%-1/4"	0.138	33.982	92.75	5.24	94.74	0.840	1.169
9	956453	Diana	100%-1/4"	0.225	8.826	72.00	10.49	84.91	0.398	0.700
10	956454	Diana	100%-1/4"	0.152	30.542	93.42	4.39	95.73	0.908	0.464
11	956455	Susan	100%-1/4"	6.890	17.072	95.21	10.38	97.90	1.188	0.611
12	956456	Susan	100%-1/4"	0.217	7.914	94.01	24.82	95.84	0.830	0.282
13	956457	Susan	100%-1/4"	0.203	31.048	81.77	7.72	83.08	0.816	0.907
14	956458	Susan	100%-1/4"	0.223	8.994	89.69	13.28	95.07	0.606	0.122
15	956459	Susan	100%-1/4"	0.339	11.588	80.24	7.23	86.70	0.240	0.578
16	956460	Susan	100%-1/4"	0.153	34.460	91.50	6.85	95.75	0.440	0.727
17	956461	Susan	100%-1/4"	0.258	6.490	84.50	9.09	88.53	0.160	0.384
18	956462	Susan	100%-1/4"	0.143	13.248	76.92	4.89	97.30	0.144	0.447
19	956463	Susan	100%-1/4"	0.211	91.298	89.10	3.12	97.06	0.946	1.289
20	956464	Susan	100%-1/4"	0.178	8.112	83.15	10.63	85.72	0.114	0.496
21	956465	Susan	100%-1/4"	0.284	57.634	85.92	1.36	90.00	0.230	0.744
22	956466	Susan	100%-1/4"	0.189	16.156	69.84	9.94	75.00	0.772	1.138
23	956467	Susan	100%-1/4"	0.305	15.494	69.51	9.97	74.29	0.606	1.229
Promedio						83.74	10.29	91.26	0.67	0.87

Resultados de los análisis por multielementos de los elementos nocivos

HOLE ID	FROM	TO	SAMPLE	Au (gr/TM)	Ag (gr/TM)	Au (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	Fe (%)	Hg (ppm)	Pb (ppm)	S (%)	Sb (ppm)	Zn (ppm)
RC08-01D	0.00	5.00	900001	0.312	0.200	0.312	0.200	391.000	0.250	11.00	0.43	0.25	43.00	0.15	0.25	9.00
RC08-01D	5.00	10.00	900003	0.495	0.300	0.495	0.300	184.000	0.250	7.00	0.22	0.25	58.00	0.17	0.25	6.00
RC08-01D	10.00	15.00	900005	4.160	0.700	4.160	0.700	1123.000	0.250	19.00	0.66	0.25	77.00	0.32	30.00	0.25
RC08-01D	15.00	20.00	900007	1.591	0.700	1.591	0.700	280.000	0.250	10.00	0.46	0.25	29.00	0.28	11.00	0.25
RC08-01D	20.00	25.00	900009	0.747	0.300	0.747	0.300	493.000	0.250	38.00	0.41	0.25	25.00	0.39	14.00	13.00
RC08-01D	25.00	30.00	900011	0.443	-0.200	0.443	0.100	809.000	0.250	14.00	0.34	0.25	22.00	0.36	0.25	14.00
RC08-01D	30.00	35.00	900013	0.410	-0.200	0.410	0.100	1092.000	0.250	17.00	0.55	0.25	42.00	0.26	7.00	5.00
RC08-01D	35.00	40.00	900015	0.321	-0.200	0.321	0.100	52.000	0.250	6.00	0.30	0.25	12.00	0.48	0.25	0.25
RC08-01D	40.00	45.00	900019	0.202	0.200	0.202	0.200	195.000	0.250	24.00	0.80	0.25	20.00	0.24	6.00	0.25
RC08-01D	45.00	50.00	900021	0.130	-0.200	0.130	0.100	62.000	0.250	14.00	0.41	0.25	21.00	0.17	12.00	7.00
RC08-01D	50.00	55.00	900023	0.074	-0.200	0.074	0.100	9.000	0.250	5.00	0.24	0.25	13.00	0.29	0.25	0.25
RC08-01D	55.00	60.00	900025	0.112	-0.200	0.112	0.100	194.000	26.000	25.00	2.45	0.25	35.00	0.31	10.00	6.00
RC08-02D	0.00	5.00	900029	0.620	-0.200	0.620	0.100	169.000	0.250	7.00	0.27	0.25	8.00	0.22	0.25	13.00
RC08-02D	5.00	10.00	900031	0.679	0.500	0.679	0.500	738.000	0.250	8.00	0.43	0.25	12.00	0.27	0.25	5.00
RC08-02D	10.00	15.00	900033	0.190	0.200	0.190	0.200	242.000	0.250	8.00	0.30	0.25	26.00	0.11	0.25	8.00
RC08-02D	15.00	20.00	900035	0.352	0.200	0.352	0.200	549.000	0.250	7.00	0.28	0.25	78.00	0.16	0.25	7.00
RC08-02D	20.00	25.00	900037	0.581	0.200	0.581	0.200	690.000	0.250	9.00	0.37	0.25	75.00	0.06	9.00	0.25
RC08-02D	25.00	30.00	900041	1.404	0.600	1.404	0.600	652.000	0.250	12.00	0.63	0.25	82.00	0.11	21.00	6.00
RC08-02D	30.00	35.00	900043	0.359	0.200	0.359	0.200	997.000	0.250	34.00	2.00	0.25	127.00	0.32	16.00	0.25
RC08-02D	35.00	40.00	900045	0.302	0.400	0.302	0.400	1111.000	0.250	135.00	5.07	0.25	110.00	0.29	0.25	9.00
RC08-02D	40.00	45.00	900047	0.533	0.400	0.533	0.400	1204.000	0.250	59.00	3.52	0.25	67.00	0.43	0.25	6.00
RC08-02D	45.00	50.00	900049	0.208	-0.200	0.208	0.100	619.000	0.250	18.00	1.71	0.25	54.00	0.43	0.25	5.00
RC08-02D	50.00	55.00	900051	0.446	-0.200	0.446	0.100	290.000	0.250	11.00	0.86	0.25	30.00	0.51	0.25	9.00
RC08-02D	55.00	60.00	900053	0.233	-0.200	0.233	0.100	269.000	0.250	16.00	0.56	0.25	44.00	0.38	0.25	0.25
RC08-02D	60.00	65.00	900057	0.262	0.200	0.262	0.200	707.000	0.250	9.00	0.63	0.25	103.00	0.75	0.25	8.00
RC08-02D	65.00	70.00	900059	0.089	-0.200	0.089	0.100	331.000	0.250	47.00	1.62	0.25	114.00	0.45	0.25	0.25
RC08-02D	70.00	75.00	900061	0.064	0.200	0.064	0.200	604.000	0.250	27.00	2.96	0.25	157.00	0.92	5.00	0.25
RC08-02D	75.00	80.00	900063	0.120	-0.200	0.120	0.100	1664.000	0.250	10.00	2.24	0.25	179.00	0.87	0.25	0.25
RC08-02D	80.00	85.00	900065	0.251	-0.200	0.251	0.100	814.000	0.250	19.00	0.95	0.25	67.00	0.48	0.25	6.00
RC08-03D	0.00	5.00	900067	0.398	0.200	0.398	0.200	337.000	0.250	6.00	0.24	0.25	38.00	0.13	0.25	13.00
RC08-03D	5.00	10.00	900069	0.835	-0.200	0.835	0.100	1186.000	0.250	9.00	0.40	0.25	102.00	0.22	10.00	0.25
RC08-03D	10.00	15.00	900071	0.300	0.200	0.300	0.200	186.000	0.250	6.00	0.22	0.25	18.00	0.17	0.25	0.25
RC08-03D	15.00	20.00	900073	0.289	-0.200	0.289	0.100	22.000	0.250	5.00	0.19	0.25	11.00	0.18	0.25	0.25
RC08-03D	20.00	25.00	900075	0.451	-0.200	0.451	0.100	21.000	0.250	6.00	0.25	0.25	25.00	0.15	0.25	0.25
RC08-03D	25.00	30.00	900077	0.444	0.400	0.444	0.400	20.000	0.250	6.00	0.23	0.25	27.00	0.15	0.25	0.25
RC08-03D	30.00	35.00	900079	0.339	-0.200	0.339	0.100	153.000	0.250	10.00	1.38	0.25	69.00	0.27	10.00	0.25
RC08-03D	35.00	40.00	900081	0.108	-0.200	0.108	0.100	170.000	0.250	19.00	1.87	0.25	50.00	0.25	0.25	0.25
RC08-03D	40.00	45.00	900083	0.135	0.300	0.135	0.300	165.000	0.250	89.00	6.39	0.25	49.00	0.74	0.25	8.00
RC08-03D	45.00	50.00	900085	0.177	0.200	0.177	0.200	51.000	0.250	28.00	1.18	0.25	26.00	0.29	0.25	6.00
RC08-03D	50.00	55.00	900087	0.145	0.200	0.145	0.200	86.000	0.250	9.00	0.62	0.25	36.00	0.35	6.00	0.25
RC08-03D	55.00	60.00	900089	0.021	0.300	0.021	0.300	61.000	0.250	81.00	3.27	2.00	23.00	3.17	0.25	25.00
RC08-03D	60.00	65.00	900091	0.010	0.300	0.010	0.300	49.000	0.250	167.00	4.15	0.25	13.00	4.71	0.25	34.00
RC08-03D	65.00	70.00	900097	0.008	-0.200	0.008	0.100	37.000	0.250	270.00	3.67	0.25	9.00	3.92	0.25	30.00
RC08-04D	0.00	5.00	900303	0.067	0.300	0.067	0.300	106.000	8.000	36.00	0.36	0.25	53.00	0.46	5.00	10.00
RC08-04D	5.00	10.00	900305	0.127	-0.200	0.127	0.100	83.000	7.000	21.00	0.53	0.25	55.00	0.50	0.25	8.00
RC08-04D	10.00	15.00	900307	0.090	-0.200	0.090	0.100	174.000	0.250	16.00	0.49	0.25	38.00	0.48	0.25	6.00
RC08-04D	15.00	20.00	900309	0.131	-0.200	0.131	0.100	108.000	7.000	9.00	0.57	0.25	46.00	0.40	0.25	0.25
RC08-04D	20.00	25.00	900311	0.144	-0.200	0.144	0.100	273.000	0.250	9.00	0.90	0.25	40.00	0.47	0.25	0.25
RC08-04D	25.00	30.00	900313	0.101	-0.200	0.101	0.100	104.000	12.000	12.00	0.91	0.25	40.00	0.48	0.25	0.25
RC08-04D	30.00	35.00	900317	0.050	0.300	0.050	0.300	162.000	12.000	7.00	1.43	1.00	25.00	0.54	0.25	6.00
RC08-04D	35.00	40.00	900319	0.098	0.300	0.098	0.300	56.000	0.250	15.00	0.82	2.00	27.00	0.48	0.25	10.00
RC08-04D	40.00	45.00	900321	0.027	-0.200	0.027	0.100	197.000	14.000	39.00	3.11	0.25	45.00	0.41	0.25	9.00
RC08-04D	45.00	50.00	900323	0.013	-0.200	0.013	0.100	68.000	0.250	34.00	1.91	0.25	18.00	1.22	0.25	6.00
RC08-04D	50.00	55.00	900325	0.021	-0.200	0.021	0.100	67.000	0.250	31.00	2.86	0.25	18.00	2.65	0.25	23.00
RC08-05D	0.00	5.00	900199	0.706	0.400	0.706	0.400	40.000	0.250	6.00	0.20	0.25	37.00	0.10	0.25	7.00
RC08-05D	5.00	10.00	900201	0.390	-0.200	0.390	0.100	64.000	0.250	5.00	0.23	0.25	47.00	0.08	0.25	0.25
RC08-05D	10.00	15.00	900203	0.199	0.200	0.199	0.200	316.000	0.250	6.00	0.28	0.25	40.00	0.07	0.25	0.25
RC08-05D	15.00	20.00	900205	0.281	0.400	0.281	0.400	293.000	0.250	12.00	0.39	0.25	32.00	0.10	0.25	7.00
RC08-05D	20.00	25.00	900207	0.391	0.900	0.391	0.900	225.000	0.250	7.00	0.51	0.25	49.00	0.12	0.25	0.25
RC08-05D	25.00	30.00	900211	0.542	0.300	0.542	0.300	560.000	0.250	9.00	0.54	0.25	55.00	0.14	0.25	5.00
RC08-05D	30.00	35.00	900213	0.155	0.800	0.155	0.800	416.000	0.250	51.00	4.60	0.25	82.00	0.18	0.25	8.00
RC08-05D	35.00	40.00	900215	0.105	0.400	0.105	0.400	201.000	0.250	65.00	5.39	0.25	89.00	0.13	0.25	7.00
RC08-05D	40.00	45.00	900217	0.055	-0.200	0.055	0.100	164.000	0.250	38.00	4.49	0.25	64.00	0.33	0.25	8.00
RC08-05D	45.00	50.00	900219	0.116	-0.200	0.116	0.100	268.000	0.250	28.00	0.69	0.25	49.00	0.29	0.25	13.00
RC08-05D	50.00	55.00	900221	0.186	-0.200	0.186	0.100	249.000	0.250	8.00	0.41	0.25	36.00	0.39	0.25	5.00
RC08-05D	55.00	60.00	900225	0.066	-0.200	0.066	0.100	214.000	0.250	13.00	0.48	0.25	64.00	0.41	0.25	7.00
RC08-05D	60.00	65.00	900227	0.031	-0.200	0.031	0.100	290.000	0.250	7.00	0.44	0.25	107.00	0.37	0.25	7.00
RC08-05D	65.00	70.00	900229	0.034	-0.200	0.034	0.100	27.000	0.250	12.00	0.23	0.25	63.00	0.33	0.25	7.00
RC08-05D	70.00	75.00	900231	0.031	-0.200	0.031	0.100	15.000	0.250	55.00	0.42	0.25	71.00	0.51	0.25	0.25
RC08-05D	75.00	80.00	900233	0.027	-0.											

Resultados de los análisis por multielementos de los elementos nocivos

HOLE ID	FROM	TO	SAMPLE	Au (gr/TM)	Ag (gr/TA)	Au (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	Fe (%)	Hg (ppm)	Pb (ppm)	S (%)	Sb (ppm)	Zn
RC08-09D	0.00	5.00	900267	0.285	-0.200	0.285	0.100	16.000	0.250	7.00	0.19	0.25	26.00	0.10	0.25	1
RC08-09D	5.00	10.00	900269	0.305	0.200	0.305	0.200	47.000	0.250	9.00	0.38	0.25	30.00	0.18	0.25	1
RC08-09D	10.00	15.00	900271	0.405	0.300	0.405	0.300	21.000	0.250	8.00	0.42	0.25	20.00	0.16	0.25	1
RC08-09D	15.00	20.00	900273	0.187	0.200	0.187	0.200	47.000	0.250	8.00	0.38	0.25	20.00	0.12	0.25	1
RC08-09D	20.00	25.00	900275	0.276	-0.200	0.276	0.100	187.000	0.250	11.00	0.84	0.25	59.00	0.21	0.25	1
RC08-09D	25.00	30.00	900279	0.161	0.500	0.161	0.500	156.000	23.000	16.00	1.40	2.00	36.00	0.12	0.25	1
RC08-09D	30.00	35.00	900281	0.074	0.200	0.074	0.200	402.000	0.250	28.00	2.80	0.25	82.00	0.33	0.25	1
RC08-09D	35.00	40.00	900283	0.189	-0.200	0.189	0.100	42.000	0.250	8.00	0.43	0.25	12.00	0.23	0.25	1
RC08-09D	40.00	45.00	900285	0.051	-0.200	0.051	0.100	69.000	0.250	5.00	0.43	0.25	13.00	0.20	0.25	1
RC08-09D	45.00	50.00	900287	0.116	0.200	0.116	0.200	8.000	0.250	6.00	0.23	0.25	12.00	0.22	0.25	1
RC08-09D	50.00	55.00	900291	0.049	-0.200	0.049	0.100	18.000	0.250	7.00	0.29	0.25	33.00	0.24	0.25	1
RC08-09D	55.00	60.00	900293	0.034	0.400	0.034	0.400	19.000	0.250	8.00	0.33	0.25	28.00	0.34	0.25	1
RC08-09D	60.00	65.00	900295	0.016	0.400	0.016	0.400	27.000	0.250	6.00	0.45	0.25	22.00	0.23	0.25	1
RC08-09D	65.00	70.00	900297	0.016	1.500	0.016	1.500	195.000	0.250	9.00	0.95	0.25	208.00	0.46	0.25	1
RC08-09D	70.00	75.00	900299	0.008	0.700	0.008	0.700	191.000	0.250	37.00	2.15	0.25	82.00	1.01	0.25	1
RC08-09D	75.00	80.00	900301	0.016	0.500	0.016	0.500	47.000	0.250	214.00	2.25	0.25	44.00	2.09	0.25	1
RC08-10D	0.00	5.00	900329	0.137	-0.200	0.137	0.100	15.000	0.250	19.00	0.24	0.25	94.00	0.19	0.25	2
RC08-10D	5.00	10.00	900331	0.147	-0.200	0.147	0.100	162.000	13.000	10.00	0.52	0.25	208.00	0.29	0.25	2
RC08-10D	10.00	15.00	900333	0.119	-0.200	0.119	0.100	218.000	8.000	9.00	0.37	0.25	40.00	0.23	0.25	1
RC08-10D	15.00	20.00	900335	0.105	-0.200	0.105	0.100	62.000	18.000	10.00	0.93	0.25	70.00	0.38	0.25	1
RC08-10D	20.00	25.00	900337	0.081	-0.200	0.081	0.100	86.000	12.000	15.00	1.24	0.25	97.00	0.26	0.25	1
RC08-10D	25.00	30.00	900341	0.088	-0.200	0.088	0.100	876.000	25.000	14.00	2.87	0.25	179.00	0.40	0.25	1
RC08-10D	30.00	35.00	900343	0.035	0.300	0.035	0.300	961.000	0.250	12.00	2.92	0.25	36.00	0.87	0.25	1
RC08-10D	35.00	40.00	900345	0.044	-0.200	0.044	0.100	445.000	10.000	11.00	2.27	0.25	56.00	0.58	0.25	1
RC08-10D	40.00	45.00	900347	0.169	0.200	0.169	0.200	228.000	0.250	16.00	1.59	0.25	32.00	0.43	0.25	1
RC08-10D	45.00	50.00	900351	0.085	0.300	0.085	0.300	430.000	8.000	16.00	2.73	0.25	52.00	0.53	0.25	1
RC08-10D	50.00	55.00	900353	0.038	-0.200	0.038	0.100	208.000	22.000	8.00	1.73	0.25	45.00	0.39	0.25	1
RC08-11D	0.00	5.00	900417	0.293	-0.200	0.293	0.100	150.000	8.000	169.00	0.81	0.25	68.00	0.31	0.25	1
RC08-11D	5.00	10.00	900419	0.463	-0.200	0.463	0.100	148.000	5.000	180.00	0.73	0.25	60.00	0.32	0.25	1
RC08-11D	10.00	15.00	900421	0.442	0.200	0.442	0.200	158.000	0.250	166.00	1.14	0.25	37.00	0.34	0.25	1
RC08-11D	15.00	20.00	900423	0.374	-0.200	0.374	0.100	84.000	0.250	66.00	0.85	1.00	61.00	0.29	0.25	1
RC08-11D	20.00	25.00	900425	0.213	-0.200	0.213	0.100	80.000	0.250	31.00	0.61	0.25	41.00	0.34	0.25	1
RC08-11D	25.00	30.00	900429	0.100	-0.200	0.100	0.100	696.000	0.250	21.00	2.20	0.25	73.00	0.33	0.25	2
RC08-11D	30.00	35.00	900431	0.097	-0.200	0.097	0.100	3911.000	36.000	16.00	1.76	0.25	37.00	0.30	0.25	1
RC08-11D	35.00	40.00	900433	0.109	-0.200	0.109	0.100	405.000	0.250	34.00	0.96	0.25	34.00	0.47	0.25	1
RC08-11D	40.00	45.00	900435	0.094	-0.200	0.094	0.100	297.000	6.000	15.00	0.51	0.25	47.00	0.41	0.25	1
RC08-11D	45.00	50.00	900437	0.077	-0.200	0.077	0.100	330.000	10.000	23.00	0.81	0.25	79.00	0.53	0.25	1
RC08-11D	50.00	55.00	900439	0.061	-0.200	0.061	0.100	303.000	15.000	19.00	1.94	0.25	90.00	0.36	0.25	1
RC08-11D	55.00	60.00	900443	0.039	-0.200	0.039	0.100	729.000	14.000	17.00	2.79	0.25	149.00	0.42	0.25	1
RC08-11D	60.00	65.00	900445	0.022	-0.200	0.022	0.100	92.000	0.250	21.00	2.19	0.25	62.00	0.70	0.25	1
RC08-11D	65.00	70.00	900447	0.035	-0.200	0.035	0.100	359.000	9.000	15.00	2.32	0.25	121.00	0.50	0.25	1
RC08-11D	70.00	75.00	900449	0.041	-0.200	0.041	0.100	497.000	9.000	70.00	3.09	0.25	120.00	1.18	0.25	1
RC08-13D	0.00	5.00	900595	0.393	-0.200	0.393	0.100	10.000	0.250	17.00	0.21	0.25	15.00	0.13	0.25	1
RC08-13D	5.00	10.00	900597	0.502	-0.200	0.502	0.100	11.000	0.250	11.00	0.34	0.25	9.00	0.11	0.25	1
RC08-13D	10.00	15.00	900599	0.354	-0.200	0.354	0.100	74.000	0.250	8.00	0.23	0.25	23.00	0.21	0.25	1
RC08-13D	15.00	20.00	900601	0.202	0.300	0.202	0.300	109.000	0.250	11.00	0.70	0.25	47.00	0.32	0.25	1
RC08-13D	20.00	25.00	900603	0.147	0.300	0.147	0.300	161.000	13.000	21.00	0.93	0.25	43.00	0.22	0.25	1
RC08-13D	25.00	30.00	900605	0.125	0.500	0.125	0.500	181.000	11.000	8.00	0.75	0.25	37.00	0.32	0.25	1
RC08-13D	30.00	35.00	900609	0.049	-0.200	0.049	0.100	315.000	0.250	9.00	0.58	0.25	45.00	0.26	0.25	1
RC08-13D	35.00	40.00	900611	0.151	-0.200	0.151	0.100	219.000	0.250	20.00	1.56	0.25	44.00	0.22	0.25	1
RC08-13D	40.00	45.00	900613	0.092	0.200	0.092	0.200	767.000	0.250	17.00	1.23	0.25	36.00	0.21	0.25	1
RC08-13D	45.00	50.00	900615	0.312	0.300	0.312	0.300	895.000	0.250	9.00	1.10	1.00	47.00	0.32	0.25	1
RC08-13D	50.00	55.00	900617	0.096	-0.200	0.096	0.100	350.000	0.250	11.00	1.06	0.25	63.00	0.34	0.25	1
RC08-13D	55.00	60.00	900621	0.115	-0.200	0.115	0.100	10.000	0.250	7.00	0.40	0.25	11.00	0.18	0.25	1
RC08-13D	60.00	65.00	900623	0.649	0.200	0.649	0.200	33.000	0.250	9.00	0.60	0.25	18.00	0.19	0.25	1
RC08-13D	65.00	70.00	900625	0.082	-0.200	0.082	0.100	183.000	0.250	11.00	0.63	0.25	34.00	0.21	0.25	1
RC08-13D	70.00	75.00	900627	0.163	-0.200	0.163	0.100	283.000	0.250	11.00	0.63	0.25	35.00	0.24	0.25	1
RC08-13D	75.00	80.00	900629	0.063	-0.200	0.063	0.100	140.000	0.250	7.00	0.69	0.25	39.00	0.27	0.25	1
RC08-14D	0.00	5.00	900567	0.183	-0.200	0.183	0.100	32.000	8.000	16.00	0.35	0.25	14.00	0.18	0.25	1
RC08-14D	5.00	10.00	900569	0.204	-0.200	0.204	0.100	98.000	9.000	7.00	0.60	0.25	246.00	0.51	0.25	1
RC08-14D	10.00	15.00	900571	0.087	0.400	0.087	0.400	243.000	27.000	23.00	2.23	0.25	58.00	0.08	0.25	1
RC08-14D	15.00	20.00	900573	0.112	0.300	0.112	0.300	546.000	16.000	19.00	1.52	0.25	119.00	0.43	0.25	1
RC08-14D	20.00	25.00	900575	0.062	-0.200	0.062	0.100	626.000	18.000	16.00	0.82	0.25	81.00	0.19	0.25	1
RC08-14D	25.00	30.00	900579	0.097	-0.200	0.097	0.100	251.000	14.000	9.00	0.43	0.25	63.00	0.23	0.25	1
RC08-14D	30.00	35.00	900581	0.048	0.200	0.048	0.200	608.000	22.000	9.00	0.56	0.25	77.00	0.41	0.25	1
RC08-14D	35.00	40.00	900583	0.105	-0.200	0.105	0.100	837.000	10.000	26.00	3.50	0.25	57.00	0.53	0.25	1
RC08-14D	40.00	45.00	900585	0.075	0.200	0.075	0.200	431.000	10.000	32.00	3.23	0.25	46.00	0.36	0.25	1
RC08-14D	45.00	50.00	900587	0.076	0.400	0.076	0.400	218.000	13.000	13.00	1.08	0.25	48.00	0.34	0.25	1
RC08-14D	50.00	55.00	900589	0.060	-0.200	0.060	0.100	123.000	17.000	39.00	3.03	0.25	94.00	0.44	0.25	1
RC08-14D	55.00	60.00	900593	0.059	-0.200	0.059	0.100	144.000	7.000	26.00	2.28	0.25	41.00	0.33	0.25	1
RC08-16D	0.00	5.00	900167	0.712	0.500	0.712	0.500	77.000	0.250							

Resultados de pruebas de cianuración en circuito cerrado (columna 3)



CIANURACIÓN EN COLUMNAS ALTAS EN CIRCUITO CERRADO

COLUMNA	03	
PRUEBA	Diferentes granulometrías	
Proceso	LIXIVIACIÓN ADSORCIÓN	
Granulometría	85.49%-4"	
DIÁMETRO INTERIOR (cm)	80.0	
ALTURA DE CARGA (cm)	275.0	
DENSIDAD APARENTE (t/m ³)	1.654	

PESO HUMEDO (kg)	2300.00
% DE TENO	2.86
PESO SECO (kg)	2234.22
DENSIDAD DE RIEGO (litros/m ²)	10.00
VOLU DE RIEGO (litros/min)	64.00
CONCENTRACION DE RIEGO NaCN (ppm)	200
VOLUMEN DE SOLUCION DE PRUEBA (l)	6.20
HUMEDAD FINAL (%)	1.51
ASENTAMIENTO (cm)	2

LEV DE Au (ppm)	1.18
LEV DE Ag (ppm)	61
DIAS DE LIXIVIACION	75.82
% EXTRACCION DE Au	56.01
RATIO DE CAL (kg/ton seca)	0.302
RATIO DE NaCN (kg/ton seca)	0.310

Fecha	Dias	SOLUCION BARREN					SOLUCION DE LIXIVIACION					SOLUCION PERCOLADA															
		Volumen (l)	pH	NaCN(ppm)	Volumen (l)	pH	NaCN (ppm)	CaO(ppm)	NaCN Reman. (ppm)	NaCN (gr)			Volumen (l)	pH	NaCN (ppm)	CaO(ppm)	Concentracion de solucion			Miligramos acumulados		% Extraccion Acumulado					
										Agregado	Agregado acumulado	Agregado					Ag	Ag	Ag	Ag	Ag						
06-dic	0	120.00	10.64	120.00	10.64	190.00	112.00	0.00	24.49	24.49	1.20	1.20	65.00	9.78	65.00	40.00	0.02	0.13	1.30	8.32	8.86	1.29	562.90	84.11	0.00	0.00	
07-dic	1	120.00	10.70	120.00	10.70	202.00	116.00	0.00	24.49	48.98	1.20	2.40	112.00	10.18	112.00	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	1.51	1208.02	253.45	36.29	9.61	
08-dic	2	65.00	9.82	24.00	120.00	10.74	180.00	116.00	24.00	21.65	70.53	0.80	3.20	112.00	10.28	114.00	76.00	0.00	0.00	0.00	0.34	1.81	0.88	1431.16	354.63	42.99	13.45
09-dic	3	124.00	10.24	42.00	120.00	10.70	190.00	136.00	42.00	19.35	109.71	0.00	3.60	117.00	10.18	112.00	69.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.86	1564.64	454.33	47.00	17.23
10-dic	4	117.00	10.22	66.00	120.00	10.78	222.00	129.00	56.00	17.63	127.35	0.00	3.60	130.00	10.00	128.00	56.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.54	1685.44	524.40	50.63	19.89	
11-dic	5	130.00	10.43	78.00	120.00	10.54	200.00	123.00	78.00	14.94	142.29	0.00	3.60	105.00	10.15	137.00	65.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.52	1771.54	578.68	53.22	21.95	
12-dic	6	105.00	10.25	74.00	120.00	10.26	200.00	109.00	74.00	15.43	157.71	0.00	3.60	125.50	9.92	63.00	41.00	0.01	0.01	1.05	0.95	0.61	1848.10	647.96	55.52	24.58	
13-dic	7	126.50	10.34	149.00	120.00	10.76	214.00	127.00	149.00	6.24	163.96	0.00	3.60	130.50	10.14	111.00	63.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.48	1918.82	709.00	57.64	26.89	
14-dic	8	130.50	10.38	108.00	120.00	10.90	192.00	107.00	92.00	13.22	177.18	0.00	3.60	114.50	9.99	127.00	69.00	0.01	0.03	1.31	4.05	0.56	1982.94	765.56	59.57	29.04	
15-dic	9	114.50	10.34	108.00	120.00	10.95	195.00	118.00	108.00	11.27	188.45	0.00	3.60	120.50	10.08	134.00	70.00	0.00	0.02	0.00	2.18	0.36	0.33	2025.02	801.64	60.83	30.41
16-dic	10	120.50	10.35	110.00	120.00	10.47	192.00	110.00	10.00	11.02	199.47	0.00	3.60	115.00	10.02	136.00	92.00	0.00	0.01	0.00	1.57	0.24	0.32	2092.02	835.35	61.57	31.69
17-dic	11	112.50	10.37	106.00	120.00	10.70	193.00	115.00	106.00	11.51	210.98	0.00	3.60	118.50	10.14	127.00	67.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.30	2089.94	869.58	62.78	32.98
18-dic	12	118.50	10.40	120.00	120.00	10.58	198.00	109.00	120.00	9.80	220.78	0.00	3.60	117.00	9.98	132.00	70.00	0.01	0.00	1.19	0.00	0.25	0.27	2119.19	900.70	63.66	34.16
19-dic	13	117.00	10.52	96.00	120.00	10.35	203.00	121.00	96.00	12.73	233.51	0.00	3.60	115.00	10.08	126.00	70.00	0.01	0.00	1.17	0.12	0.25	0.25	2146.75	929.56	64.49	35.26
20-dic	14	115.00	10.28	130.00	120.00	10.63	186.00	120.00	130.00	8.57	242.08	0.00	3.60	128.00	10.16	113.00	64.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.23	2171.18	959.27	65.22	36.39
21-dic	15	128.00	10.40	105.00	120.00	10.50	190.00	168.00	105.00	11.63	253.71	0.00	3.60	122.00	10.20	135.00	70.00	0.00	0.02	0.00	1.92	0.17	0.18	2191.82	981.47	65.84	37.23
22-dic	16	122.00	10.33	123.00	120.00	10.52	193.00	119.00	123.00	11.51	265.14	0.00	3.60	114.00	10.13	126.00	80.00	0.00	0.00	1.22	0.00	0.21	0.23	2215.86	1005.43	66.56	38.14
23-dic	17	120.00	10.34	105.00	120.00	10.60	200.00	126.00	105.00	11.63	267.59	0.00	3.60	120.00	10.11	114.00	67.00	0.01	0.01	1.20	0.10	0.16	0.19	2234.16	1028.73	67.11	39.02
24-dic	18	122.00	10.46	96.00	120.00	10.63	188.00	117.00	96.00	12.73	284.45	0.00	3.60	120.00	10.30	110.00	68.00	0.00	0.02	0.00	2.44	0.14	0.17	2250.96	1049.25	67.62	39.80
25-dic	19	120.00	10.40	106.00	120.00	10.66	193.00	120.00	106.00	11.51	296.96	0.00	3.60	120.00	10.11	114.00	67.00	0.01	0.01	1.20	0.09	0.16	0.19	2258.16	1068.77	67.83	40.54
26-dic	20	120.00	10.32	111.00	120.00	10.56	181.00	113.00	111.00	10.90	318.49	0.00	3.60	130.00	10.00	136.00	70.00	0.00	0.01	0.00	1.20	0.09	0.12	2279.46	1100.73	68.47	41.75
27-dic	21	120.00	10.35	84.00	120.00	10.54	220.00	136.00	84.00	12.24	333.69	0.00	3.60	120.00	10.12	130.00	72.00	0.01	0.01	1.30	0.43	0.10	0.14	2291.51	1116.04	68.84	42.33
28-dic	22	120.00	10.29	97.00	120.00	10.56	197.00	122.00	97.00	12.61	345.31	0.00	3.60	125.00	10.16	115.00	71.00	0.01	0.01	1.21	1.08	0.10	0.13	2302.71	1130.74	69.17	42.89
29-dic	23	125.00	10.32	98.00	120.00	10.56	203.00	119.00	98.00	12.49	357.80	0.00	3.60	120.00	10.14	128.00	79.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.11	0.13	2314.71	1148.61	69.53	43.45
30-dic	24	116.00	10.26	105.00	120.00	10.60	205.00	125.00	105.00	11.51	369.31	0.00	3.60	90.20	10.10	123.00	76.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.15	2323.73	1159.11	69.80	43.97
01-ene	25	90.20	10.02	124.00	120.00	10.42	202.00	114.00	124.00	9.31	378.61	0.00	3.60	140.00	10.11	146.00	88.00	0.01	0.00	0.90	0.00	0.09	0.14	2336.33	1178.15	70.18	44.69
02-ene	26	140.00	10.27	128.00	120.00	10.48	204.00	123.00	128.00	8.82	387.43	0.00	3.60	113.00	9.97	141.00	87.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.12	0.14	2348.88	1193.63	70.56	45.28
03-ene	27	113.00	10.34	125.00	120.00	10.46	190.00	130.00	125.00	9.18	396.61	0.00	3.60	115.00	10.08	126.00	90.00	0.01	0.00	1.13	0.23	0.11	0.15	2362.07	1211.30	70.95	45.95
04-ene	28	119.00	10.48	113.00	120.00	10.60	210.00	126.00	113.00	10.65	407.27	0.00	3.60	110.50	10.24	146.00	76.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.14	0.14	2369.78	1226.87	71.19	46.54
05-ene	29	111.50	10.40	109.00	120.00	10.49	206.00	129.00	109.00	11.14	418.41	0.00	3.60	130.30	10.02	120.00	30.00	0.01	0.00	1.11	0.00	0.08	0.14	2380.21	1245.11	71.50	47.23
06-ene	30	130.30	10.32	135.00	120.00	10.22	183.00	129.00	135.00	7.96	426.37	0.00	3.60	110.00	10.12	152.00	82.00	0.03	0.04	3.91	5.47	0.10	0.06	2390.10	1252.06	71.80	47.49
07-ene	31	120.00	10.20	124.00	120.00	10.27	197.00	144.00	124.00	9.31	435.67	0.00	3.60	120.00	10.09	147.00	92.00	0.04	0.08	4.40	8.69	0.12	0.15	2400.69	1264.69	72.11	47.97
08-ene	32	112.00	10.14	117.00	120.00	10.25	198.00	102.00	117.00	10.16	445.84	0.00	3.60	125.00	10.05	145.00	92.00	0.03	0.08	3.60	9.00	0.06	0.15	2403.69	1274.38	72.20	48.34
09-ene	33	125.00	10.30	100.00	120.00	10.46	190.00	130.00	100.00	12.24	456.08	0.00	3.60	109.00	10.24	130.00	110.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.14	0.14	2401.18	1280.64	72.13	48.58
10-ene	34	109.00	10.38	100.00	120.00	10.59	225.00	150.00	100.00	12.24	470.33	0.00	3.60	131.00	10.25	138.00	299.00	0.02	0.01	2.18	0.65	0.13	0.10	2418.21	1293.87	72.64	49.08
11-ene	35	131.00	10.32	95.00																							

