

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Reducción de la discrepancia de valores de las leyes en una
misma zona de muestreo basado en la actualización de los
protocolos de aseguramiento y control de la calidad**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo

Elaborado por

Cesar Jhonatan Chilque Garate

 [0009-0002-5176-9891](https://orcid.org/0009-0002-5176-9891)

Asesor

M.Sc. Cesar Ramiro Santiago Chirinos

 [0000-0002-5101-0845](https://orcid.org/0000-0002-5101-0845)

LIMA – PERÚ

2023

Citar/How to cite	Chilque Garate [1]
Referencia/Reference	[1] C. Chilque Garate, " <i>Reducción de la discrepancia de valores de las leyes en una misma zona de muestreo basado en la actualización de los protocolos de aseguramiento y control de la calidad</i> " [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Chilque, 2023)
Referencia/Reference	Chilque, C. (2023). <i>Reducción de la discrepancia de valores de las leyes en una misma zona de muestreo basado en la actualización de los protocolos de aseguramiento y control de la calidad</i> . [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Resumen

El estudio se realizó en el proyecto Anama de Anabi S.A.C. Esta se encuentra ubicada en el Distrito de Huaquirca, Provincia de Antabamba, en el departamento de Apurímac. Anama es un yacimiento epitermal de alta sulfuración, emplazado en rocas volcánicas de composición andesítica y dacítica.

Alcanzar el mejoramiento de los costos, está sujeto al mejoramiento de los procesos y posibles focos de error. En este punto, el objetivo planteado en el presente trabajo de investigación comprendió en reducir las discrepancias de valores de las leyes en una misma zona de muestreo basado en la actualización de los protocolos de aseguramiento y control de la calidad, para lo cual, se empleó la variación de leyes del muestreo en las mallas de perforación, leyes de las muestras de control introducidas, además de leyes historias por banco y proyectos de perforación, información que provino de data histórica de muestreo del proyecto Anama.

Se identificó un deficiente protocolo de aseguramiento y control de calidad con errores en el muestreo que alcanzó hasta el 23.1%. Por ello, se actualizó el protocolo que abarcó todo el proceso de muestreo, partiendo desde la validación de las mallas de perforación, definición de la cantidad de muestras óptimas, supervisión y capacitación constante del personal de muestreo, y finalmente un correcto análisis estadístico de resultados, lo que garantizó resultados confiables y disminuyó de las discrepancias obtenidas en el análisis de muestras originales y duplicadas en una misma zona de muestreo.

Esto se realizó en tres etapas; iniciando desde la recolección de data histórica, se procesó la información el cual incluyó la sistematización de la información obteniendo una data óptima con errores del 0%, logrado mediante técnicas estadísticas. Finalmente, se sintetizó los resultados de leyes y plasmó mediante gráficas y tablas, identificando oportunidades de mejora para el protocolo de QA/QC.

Palabras clave - Aseguramiento y control de la calidad, muestras de control, QA/QC, muestreo de blasthole.

Abstract

The study was carried out in the Anama project of Anabi S.A.C. It is located in the District of Huaquirca, Province of Antabamba, in the department of Apurimac. Anama is a high sulfidation epithermal deposit, located in volcanic rocks of andesitic and dacitic composition.

Achieving cost improvement is subject to process improvement and possible sources of error. At this point, the objective set in this research work included reducing the discrepancies in grade values in the same sampling area based on updating the quality assurance and control protocols, for which, the variation of sampling grades in the drilling meshes, grades of the control samples introduced, in addition to historical grades by bench and drilling projects, information that came from historical sampling data of the Anama project.

A poor quality assurance and control protocol was identified with sampling errors that reached up to 23.1%. For this reason, the protocol was updated that covered the entire sampling process, starting from the validation of the drilling meshes, definition of the optimal number of samples, constant supervision and training of the sampling personnel, and finally a correct statistical analysis of the results. , which guaranteed reliable results and reduced the discrepancies obtained in the analysis of original and duplicate samples in the same sampling area.

This was done in three stages; Starting from the collection of historical data, the information was processed which included the systematization of the information obtaining optimal data with errors of 0%, achieved through statistical techniques. Finally, the results of the laws were synthesized and captured using graphs and tables, identifying opportunities for improvement for the QA/QC protocol.

Keywords - Quality assurance and control, control samples, QA/QC, blasthole sampling.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	xi
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del Problema de Investigación	1
1.3 Objetivo del Estudio	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.4 Antecedentes Investigativos.....	4
1.4.1 Investigaciones Internacionales.....	4
1.4.2 Investigaciones Nacionales	5
1.5 Unidad de Análisis	7
1.5.1 Características geológicas del área de estudio.....	9
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual	14
2.1 Marco teórico	14
2.1.1 Control de Calidad QA/QC.....	14
2.1.2 Practica actual de QA/QC.....	17
2.1.3 Perforación de taladros primarios (Blasthole)	19
2.1.4 Teoría de Muestreo	21
2.1.5 Muestreo de Minerales	22
2.1.6 Muestreo de Taladros de Producción (Blasthole)	24
2.1.7 Cono de Detritos de Perforación.....	24
2.1.8 Marco geológico	25
2.1.9 Geología local.....	33
2.1.10 Geología Económica	37
2.1.11 Depósitos Epitermales.....	43

2.1.12	Depósitos Epidermales de Alta Sulfuración	44
2.2	Marco conceptual.....	45
2.2.1	Malla.....	45
2.2.2	Banco	45
2.2.3	Taco	45
2.2.4	Blasthole.....	45
2.2.5	Cono de perforación	46
2.2.6	Geosegmentos	46
2.2.7	Alteración	46
2.2.8	Logueo de blasthole	46
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		47
3.1	Metodología de la investigación	47
3.1.1	Tipo y Diseño de la Investigación	47
3.2	Desarrollo del trabajo de investigación	48
3.2.1	Procesamiento de software	68
3.2.2	Análisis de la Información	73
Capitulo IV. Análisis y discusión de resultados		86
4.1	Comparación Ley vs Alteración.....	86
4.2	Comportamiento de leyes con QA/QC	86
4.2.1	Análisis de precisión	87
4.2.2	Análisis de exactitud	88
4.2.3	Análisis de contaminación	88
Conclusiones		90
Recomendaciones		92
Referencias bibliográficas.....		94
Anexos		1

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Coordenadas UTM de la Ubicación de la concesión “Reto al Destino N°3”	10
Tabla 2: Accesibilidad ruta N°01	10
Tabla 3: Accesibilidad ruta N°02	11
Tabla 4: Resultado de duplicados de campo	19
Tabla 5: Tipos de Litologías	52
Tabla 6: Simbología de Alteraciones.....	52
Tabla 7: Muestras de control a insertar.....	60
Tabla 8: Colores y codificación de muestras de control	60
Tabla 9: Códigos de muestras estándares.....	62
Tabla 10: Resultado de análisis de muestras duplicadas de campo	79
Tabla 11: Resultado de análisis de muestras duplicadas de rechazo	80
Tabla 12: Resultado de análisis de muestras duplicadas de pulpa	81
Tabla 13: Resultado de análisis de muestras estándares	82
Tabla 14: Resultado de análisis de muestras blancas.....	83
Tabla 15: Resumen de Ley vs Alteración.....	86
Tabla 16: Ratio de inserción	87
Tabla 17: Evaluación de muestras duplicadas	87
Tabla 18: Evaluación de muestras estándares.....	88
Tabla 19: Evaluación de muestras blancas.....	89

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Duplicado de finos	2
Figura 2: Variación de leyes.....	3
Figura 3: Estructuras generales de errores de muestreo	6
Figura 4: Ubicación del área de estudio.....	8
Figura 5: Estructuras generales de errores de muestreo	9
Figura 6: Accesibilidad del área de estudio.....	11
Figura 7: Estructura general de los errores de muestreo	14
Figura 8: Muestras de Control.....	15
Figura 9: Precisión y Exactitud.....	16
Figura 10: Control Estándar	17
Figura 11: Muestreo en cono de perforación inicial.....	18
Figura 12: Codificación de muestras.....	19
Figura 13: Perforadora DM-45	20
Figura 14: Bloque de perforación de pozo de voladura	20
Figura 15: Esquema de una muestra representativa.....	22
Figura 16: Muestreo estadístico y de mineral.....	24
Figura 17: Tipo de conos de detritos.....	25
Figura 18: Geología Regional del Proyecto Anama.....	27
Figura 19: Fallamiento Andino y tensional, vista mirando al Sur-Este	33
Figura 20: Litología del proyecto Anama.....	34
Figura 21: Roca con alteración SM.....	39
Figura 22: Roca con alteración SG	39
Figura 23: Roca con alteración SA.....	40
Figura 24: Roca con alteración SG	40
Figura 25: Alteraciones del proyecto Anama.....	41
Figura 26: Comparación entre las características de los depósitos epitermales.....	43

Figura 27: Diagrama esquemático de los fluidos y zonificación de alteraciones.....	44
Figura 28: Broncas tricónicas.....	49
Figura 29: Descubrimiento del cono de perforación	50
Figura 30: Logueo de blasthole.....	51
Figura 31: Blasthole a muestrear	54
Figura 32: Muestreo en cono de perforación actualizado	56
Figura 33: Esquema de cono de perforación	56
Figura 34: Esquema de cono de perforación	57
Figura 35: Esquema de cono de perforación irregular.....	57
Figura 36: Flujo de QA/QC en muestras de producción	58
Figura 37: Codificación de muestras.....	64
Figura 38: Registro de Muestras	65
Figura 39: Reporte de Muestras	68
Figura 40: Archivo InputGIS en formato Excel con extensión .csv	69
Figura 41: Proceso de Visualización de una malla específica	70
Figura 42: Proceso de Visualización de alteraciones en tercera dimensión	71
Figura 43: Visualización tridimensional de taladros, ley de Au y alteraciones	72
Figura 44: Proceso de visualización de zonas de óxidos	72
Figura 45: Visualización tridimensional de taladros, ley de Au y zonas de óxidos.....	73
Figura 46: Sentido de perforación de taladros blasthole	74
Figura 47: Logueo de taladros blasthole	75
Figura 48: Geosegmentos de alteraciones en Vulcan	76
Figura 49: Geosegmentos de zonas de óxidos en Vulcan	77
Figura 50: Tabla dinámica para inserción de muestras de control	78
Figura 51: Plano final con muestras de control	78
Figura 52: Gráfico de Duplicados de campo	80
Figura 53: Gráfico de Duplicados de rechazo	81
Figura 54: Gráfico de Duplicados de pulpa	82

Figura 55: Gráfico de muestras estándares	83
Figura 56: Gráfico de muestras blancas.....	84
Figura 57: Gráfico de muestras blancas.....	85

Introducción

El presente trabajo de Investigación titulado “Reducción de la discrepancia de valores de las leyes en una misma zona de muestreo basado en la actualización de los protocolos de aseguramiento y control de la calidad”, estudió y analizó el procedimiento de muestreo aplicado en el área de Geología en el Proyecto Anama. Está dividido en cuatro capítulos descritos a continuación:

Capítulo I: Implica una revisión crítica de bibliografía y estudios anteriores sobre la aplicación de protocolos en la actividad de muestreo. Este capítulo contiene también el objetivo del estudio y una síntesis de investigaciones revisada previamente.

Capítulo II: Dedicado a la descripción conceptual necesaria que permite poner en contexto y comprender el desarrollo del presente trabajo, consiste en la descripción de conceptos relacionados con el marco geológico, muestreo de minerales, las practicas actuales de QA/QC, depósitos epitermales, alteración hidrotermal, teoría de muestreo, entre otros. Además, el marco conceptual que contiene términos necesarios para poner en contexto el trabajo de investigación, definiendo conceptos como malla, blasthole, cono de perforación, muestra, etc.

Capítulo III: Presenta la metodología a utilizar para resolver el problema de la investigación, detallando el tipo y diseño aplicado en la investigación. Además explica el desarrollo del trabajo de investigación, dividido en tres etapas: presentando las características geológicas del área de estudio; recolección de información, vinculado a los taladros de producción, Logueo de blasthole, método de muestreo empleado, los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad actuales aplicados en el muestreo, codificación de muestras para envío al laboratorio, y las leyes finales como resultado del análisis de laboratorio; el procesamiento de software Excel, ArcGIS y Vulcan, describiendo la aplicación de la generación de los controles QA/QC en los taladros de producción y finalmente el análisis de la información reportadas por el laboratorio, que es evaluado de acuerdo a los parámetros a medir.

Capítulo VI: Se describe el análisis y discusión de los resultados, mediante la comparación de ley y su relación con las alteraciones de cada muestra, además del comportamiento de resultados con la actualización de los protocolos QA/QC aplicados, justificando la validez de la hipótesis planeada.

Finalmente, se formulan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

El presente trabajo de investigación estudia la importancia de la actualización de los protocolos de muestreo de manera periódica. Se estudiará como a través de la identificación de errores en el desarrollo de las actividades tanto de muestreo y control de leyes, es factible reconocer los puntos débiles y en base al análisis de la información tomada en campo, se logra actualizar protocolos únicos capaces reducir los valores de discrepancias de leyes durante el proceso de muestreo.

Dentro de los problemas recurrentes en la actividad de control de mineral en las mallas de perforación, está la no representatividad de las leyes estimadas frente a las reales, lo que conlleva analizar cada paso de la actividad, identificando dentro de los errores más recurrentes, la falta de capacitación al personal abocado a realizar esta función, sin embargo, esto es reversible, de acuerdo a las acciones que se tome.

Por tal motivo, es importante lograr asegurar y controlar la calidad de todo el procedimiento desde el muestreo, mapeo de detritos, delimitación de zonas mineralizadas y recepción de mineral en el pad de lixiviación, con la finalidad obtener variaciones mínimas en las leyes y resultados confiables que garanticen el proceso. Para tal fin, es importante actualizar periódicamente los protocolos de muestreo.

1.2 Descripción del Problema de Investigación

El muestreo, al igual que el control de leyes, es una actividad importante en un proyecto minero, por la dificultad en la toma de decisiones sobre los procedimientos a emplear, abarca desde el muestreo de perforación primaria y el muestreo de material disparado (fragmentos de roca), hasta el conciliado de leyes. Rossi M. (2009), estudió este aspecto en una operación a tajo abierto y señaló que el proceso de selección de mineral y desmonte es lo más crítico, siendo típicamente irreversible la toma de decisiones y de esto depende la viabilidad de un proyecto. Por lo tanto, es fundamental hacer un buen trabajo

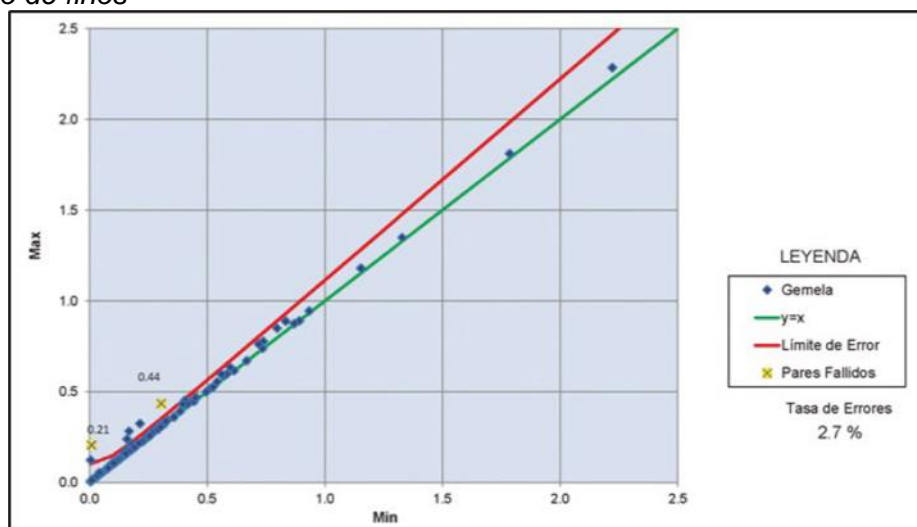
en el control de leyes, porque puede salvar el cierre de muchos proyectos mineros y llevarlos al éxito.

Durante el control de las muestras, según AMEC (2006), el método a emplear no debe ser complejo, sino por el contrario, simple, que permita un proceso rápido y seguro. A pesar de que existen metodologías más complejas, no hay diferencias significativas, además los resultados de laboratorio se analizan fácilmente empleando métodos gráficos tales como: tablas y diagramas.

Tal como se presenta en la Figura 1 donde se muestra de manera gráfica resultados de leyes enviadas al laboratorio con controles gemelos, en donde 3 muestras están sobre el límite máximo permisible de error aceptado, y de esta manera se puede de manera sencilla identificar cuando se tiene valores anómalos y discutir las medidas a adoptar.

Figura 1

Duplicado de finos



Fuente: Vélez, "La importancia del aseguramiento y control de la calidad", 2016.

Según Verástegui R. (2006), no es control de calidad, cuando no se busca el constante perfeccionamiento de los sistemas. Por ello manifiesta la importancia del uso de métodos científicos, tal como la estadística, para el análisis de los datos. En definitiva, el éxito de un control de calidad, se basa en la optimización de recursos, con apoyo de tecnologías.

Consecuentemente, un problema común es identificar y seleccionar las técnicas adecuadas en un proceso de muestreo, porque según Martínez (2010), lo que no se mide

no se puede controlar y es fundamental aplicar métodos estadísticos, que han tomado relevancia en el control y mejoramiento de la calidad. Para determinar la precisión en el muestreo, se debe monitorear la suma de los errores, y aquello se logra contrastando el resultado de las leyes de duplicados gemelos, gruesos y finos.

El proceso de control de mineral incluye la actividad de muestreo de blasthole, aseguramiento y control de calidad, actualización del modelo de bloques, diseño de los polígonos de minado y control de operación en campo. Dentro de estas etapas, un problema común es comparar leyes entre lo producido en el frente de minado y lo depositado en la planta de procesos. Por tal motivo se recomienda realizar una comparación por tipo de mineral como se muestra en la Figura 2 donde se observan variaciones de leyes entre lo planeado y lo producido durante el mes de marzo del 2014, alcanzando un máximo de 50% para el oro.

Figura 2

Variación de leyes

Conciliation Report							
		2014			Month :	3	
Plant Feed vs Concentrate Produced							
							% Difference:
Item	Unit	Plant (Head)	Metal Content(Kg)	Concentrates	Metal Content(Kg)	Tonnes / Grade	Metal Content
tonnes	t	40358.31		3101.63			
Ag	g/t	173.60	7,006	1955.68	6,066		-13.4
Au	g/t	0.35	14	2.23	7		50.3
Pb	%	1.62	653,058	19.65	609,427		-6.7
Zn	%	2.70	1,087,714	33.33	1,033,791		-5.0
Cu	%	0.16	63,758	1.85	57,331		-10.1
Kg-Metal			1,811,551		1,706,622		-5.8

Fuente: Gutierrez J., "Conciliado en Mina – Mina Cuzcatlán, México", 2014.

Ante esta problemática, es indispensable revisar, evaluar y actualizar el aseguramiento y control de calidad (QA/QC) del muestreo en la perforación primaria, muestreo en zona de descarga de mineral, preparación de las muestras y el proceso de análisis de leyes en laboratorio. Con la finalidad de elaborar un único protocolo que se aplique en toda la actividad de muestreo durante la etapa de minado y garantice las buenas

prácticas, eliminando las discrepancias y asegurando resultados confiables en todas las etapas de muestreos.

Entonces, el presente trabajo de investigación permite formularnos la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las causas de la discrepancia entre los valores de las leyes obtenidos en una misma zona de muestreo, en una mina a tajo abierto?

1.3 Objetivo del Estudio

1.3.1 Objetivo General

Actualización de los controles de protocolos de aseguramiento y control de calidad para reducir los valores de discrepancia de leyes en una misma zona de muestreo en una mina a tajo abierto

1.4 Antecedentes Investigativos

Diferentes estudios sugieren protocolos de aseguramiento y control de la calidad de la calidad en el proceso de muestreo para la reducción de la discrepancia de leyes en una misma zona, se nombran algunas investigaciones nacionales e internacionales.

1.4.1 Investigaciones Internacionales

Rivas J. (2018) "Control Geológico en la dilución de mineral": En su tesis J. Rivas explica los aspectos críticos en la extracción del mineral que se deben tener en cuenta, como la metodología, criterios y controles que se implementan para la validación de información geológica y operacional, que repercuten de manera directa en todo el proceso de producción y en el aspecto económico. Logrando identificar y corregir errores durante todo el proceso y minimizar de esta manera la dilución de mineral. El control geológico es de mucha importancia en todo el proceso y en las repercusiones económicas.

El autor concluye que, en la etapa de planificación y extracción de mineral, una serie de factores generan dilución, siendo importante los parámetros geológicos y de operaciones. Identificar el comportamiento geológico del proceso permite identificar el origen y tomar medidas de control que disminuyan el impacto en la producción.

Domínguez O. (2018) en su artículo "Gestión de Calidad (QM): El Núcleo de los Procesos QAQC", durante el Primer Congreso Internacional de Muestreo de Minerales

2018, expone que las muestras son la base fundamental de cada etapa del desarrollo de un proyecto, donde pocos gramos de muestra, representa toneladas. Estadísticamente la producción anual de la gran minería tiene como base 2000 muestras, y se envía a laboratorio solo 1 kg.

Simon A. (2013) en su curso taller “Aseguramiento y Control de la Calidad en la Exploración Geológica y Minera” indica que la comprensión de la importancia de control de calidad en las actividades Geológicas, no es frecuente. Por tal motivo presenta un estudio realizado a 26 proyectos en Sudamérica y Europa, por parte de la empresa AMEC, y muestra que solo 4 de ellas presentaba un procedimiento de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) confiable.

1.4.2 Investigaciones Nacionales

Canchaya S. (2018), en su artículo “QA/QC Realidad o fantasía”, puntualiza la importancia del muestreo, y como es que se obtienen argumentos válidos con los que se rechaza o acepta una campaña de perforación, se realiza o no una inversión, se envía material como mineral o desmonte, se decide si un resultado está contaminado o no. Si contamos con resultados confiables, se genera una necesidad de implementar metodologías que sean aceptadas por todos. Las compañías requieren calidad, aunque este concepto suele ser subjetivo, sobre todo si se aplican procedimientos de manera incorrecta. En la Figura 3 se muestra los errores más comunes en todo el procedimiento, como la técnica de muestreo, el transporte y almacenamiento, la preparación mecánica, la preparación química y el análisis químico. Para lo cual recomienda que toda empresa debe contar con un protocolo de muestreo aprobado y definido, implementando una cadena de seguridad que involucra desde la toma de muestra hasta el resultado analítico.

Figura 3

Estructuras generales de errores de muestreo

Actividad	% Error relativo	Sesgo %	Fase
Muestreo	100 a 1,000	1000	Muestreo primario
Transporte y almacenamiento	1 a 100		
Preparación mecánica, reducción	10 a 100	50	Muestreo secundario
Preparación química (digestión y disolución)	5 a 20		
Análisis químico	0.1 a 5	0.1 a 1	Análisis químico

Fuente: Canchaya S., "QA/QC Realidad o fantasía", 2018.

Cáceres G. (2015) en su tesis "Estudio de validación de muestreo de blasthole en el Yacimiento Lagunas Norte-Distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco departamento de la Libertad" presenta un protocolo en el muestreo, de tal manera que se obtenga una muestra de buena calidad y libre de contaminación, seguido del proceso de preparación y análisis a cargo del área de laboratorio cumpliendo de manera rigurosa sus estándares.

Logrando validar el muestreo por canales que se realiza en las operaciones de Lagunas Norte, determinando la distribución espacial de la ley de cono de blasthole y la influencia de la litología sobre esta. Luego del análisis de granulometría, se determina la representación mayor del contenido mineral en finos o gruesos y el sector del cono de detritus que debe ser muestreado con el método correspondiente a ser empleado.

Aznarán R. (2013) "Control de calidad del mineral del Tajo Huisamarca Compañía Minera Anabí": Aznarán en su tesis detalla la técnica del proceso del Control de Calidad del mineral también denominado "Ore Control", que ayuda a controlar el material acarreado de la mina. El proceso de Ore Control parte de un conocimiento pleno de la Geología de la mina, un muestreo eficaz que evite contaminaciones, manejo de software minero y todo procedimiento que lleve a un buen control.

Logrando asegurar el destino correcto del material como mineral o desmonte, optimizando el proceso de minado en coordinación y apoyo de otras áreas como son Mina, Planeamiento, Planta de Procesos, Medio Ambiente y Seguridad.

Mercedes (2019) en su tesis “Implementación de programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo Pórfido de Cobre” concluye que, con la aplicación de control y aseguramiento de la calidad, en el muestreo de detritos y en todas las etapas del proceso geológico, permiten detectar errores que pueden ser corregidos y se logra garantizar una correcta obtención de datos, para una estimación de recursos confiable.

Guerrero S. (2015) en su tesis “Aplicación del Programa de Aseguramiento y Control de la Calidad (QA/QC) en el muestreo Geológico de la mina Subterránea Raura SA” detalla que, para lograr resultados superiores de eficiencia en las operaciones, es importante identificar y minimizar los errores relacionados al proceso de obtención de la información primaria. Además, que cada uno de los elementos evaluados en el Control de la Calidad son independientes entre sí, por tal motivo, cada tipo de control tiene un objetivo. Finalmente demuestra que el costo entre obtener un resultado de calidad y un resultado pobre, no presenta una diferencia considerable.

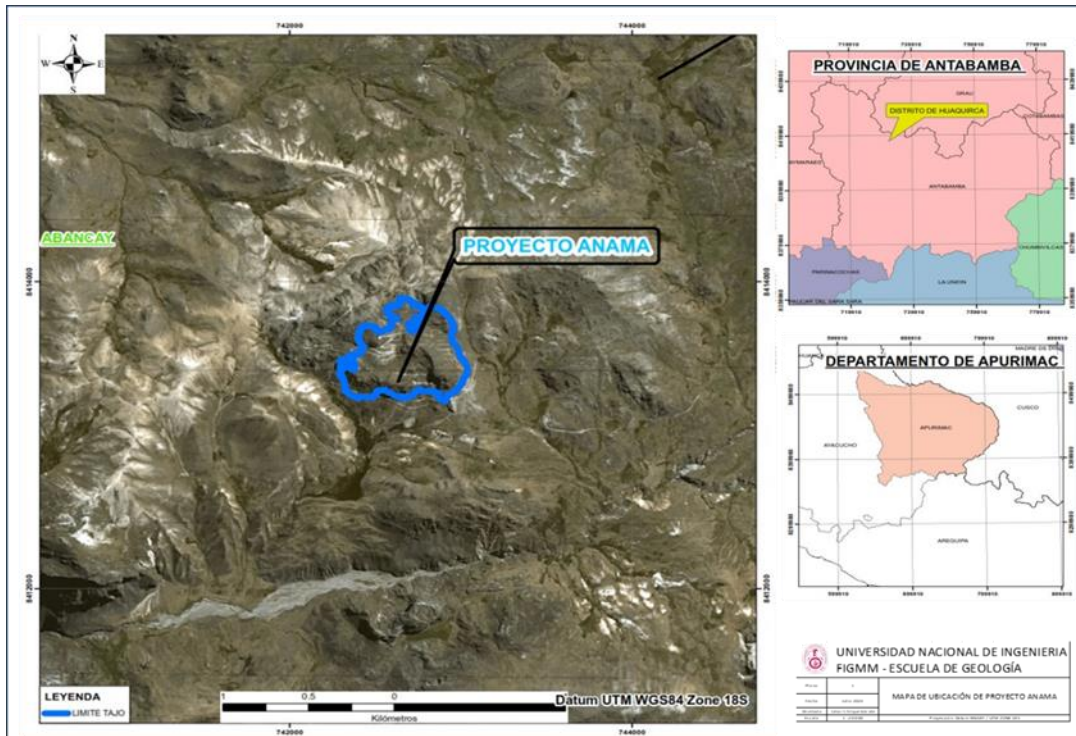
Rodríguez (2017), en su tesis “Geología, Control de Calidad (Ore Control QA/QC—Dilución) y Funciones del Ingeniero Geólogo en Operaciones Mina, Unidad Minera Arcata”, recomienda la necesidad e importancia de la adecuada toma de datos de campo durante la actividad de muestreo y mapeo para la interpretación geológica, con el objetivo de identificar nuevas zonas de exploración. Resalta también la importancia del área de ore control en las operaciones mineras. Explica la metodología a aplicar como parte del control calidad, y lo fundamental que es la aplicación de un protocolo de muestreo correcto y lo importante que es supervisar el cumplimiento de éste en todas las etapas.

1.5 Unidad de Análisis

Para el trabajo de Investigación se considera como referencia de estudio al Yacimiento Epitermal de Alta Sulfuración Anama, operada por Anabi S.A.C. Ubicada en el sur del Perú, en el Paraje Japutani, distrito de Huaquirca, provincia de Antabamba, departamento de Apurímac – Perú. Ver Figura 4.

Figura 4

Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Conforme a los rasgos geológicos, de mineralización y alteración, la Unidad Minera Valeria es un centro de mineralizado de tipo epitermal y alta sulfuración, con valores económicos de oro, rodeado por afloramientos de Skarn ricos en oro y cobre. A la fecha, se reconoce una ley promedio de 0.25 gramos por tonelada de mineral, representando 18 millones de toneladas, que significa aproximadamente, más de 500,000 onzas de oro.

La propiedad de Anama, se ubica en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes del Sur y Centro del Perú, sus elevaciones están entre 4600 a 4800 msnm. Se reconocen afloramientos sedimentarios y volcánicos entre el Jurásico Superior y Cuaternario. Presenta un relieve ondulado con pendientes moderadas a abruptas, generado por glaciares y la actividad volcánica, permitiendo evidenciar tufos, lapilli, cenizas volcánicas, domos e intrusivos.

El proceso de Ore Control en el área de estudio Anama está representado en el esquema de la Figura 5

Figura 5

Estructuras generales de errores de muestreo



Fuente: Canchaya S., "QA/QC Realidad o fantasía", 2018.

1.5.1 Características geológicas del área de estudio

Ubicación

El Proyecto Anama usado como referencia de estudio, se ubica al sur del Perú, en el Paraje Japutani, distrito de Huaquirca, provincia de Antabamba, departamento de Apurímac, aproximadamente a 125km al Sur-Oeste de la ciudad del Cusco. Ésta a una altitud promedio de 4,600 a 4,800 m.s.n.m., se ubica en la Zona 18-S y está dentro de la hoja geológica 29-q de Antabamba, del Instituto Geológico. Minero y Metalúrgico del Perú.

Las siguientes coordenadas como punto central de referencia de la zona de interés.

Coordenadas UTM "Proyecto Anama"

Este : 742,263

Norte : 8, 413,138

Zona : 18 – S

Altitud Promedio : 4 600 m.s.n.m.

Datum : WGS84

El proyecto se emplaza dentro de la concesión minera “Reto al destino N°3”, sus coordenadas (UTM: WGS84) de ubicación se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Coordenadas UTM de la Ubicación de la concesión “Reto al Destino N°3”

PROYECTO ANAMA - ANABI S.A.C.		
Concesión Minera Reto al Destino N°3		
N° de Coordenadas	Este	Norte
1	742545.4893	8414004.187
2	742833.2454	8412578.409
3	739437.0501	8412221.667
4	739486.1287	8411754.438
5	739431.219	8411743.358
6	737114.6758	8413311.731

Fuente: Elaboración propia

Accesibilidad

El proyecto es accesible desde la ciudad de Lima, siguiendo dos rutas:

Ruta N°01: Por la Panamericana Sur hasta Nazca, luego seguir la ruta hacia Puquio, Chalhuanca, Santa Rosa (Vía Abancay) por carretera asfaltada, se continua por carretera de tierra afirmada, pasando por Antabamba, hasta llegar a Anama, el viaje es de 20 horas aproximadamente. Ver Tabla 2.

Tabla 2

Accesibilidad ruta N°01

Ruta	Km	Tipo de Vía	Tiempo (Horas)
Lima – Nazca	444	Asfaltado	6
Nazca - Desvío hacia Ayacucho- Apurimac	400	Asfaltado	8
Santa Rosa-Antabamba	71	Afirmado	3
Antabamba-Unidad Minera Valeria	60	Trocha Carrozable	4
Total	975		20

Fuente: Elaboración propia

Ruta N°02: La segunda vía es aérea, Lima-Cusco (Viaje una hora), se continua por carretera asfaltada, pasando por Abancay se llega a Santa Rosa, 249 Km, de este punto se desvía, por carretera de tierra 71 Km hasta Antabamba, de ahí se continua por trocha carrozable 85 KM, llegando a Anama; tiempo total de viaje 11 horas. Ver Tabla 3.

Tabla 3

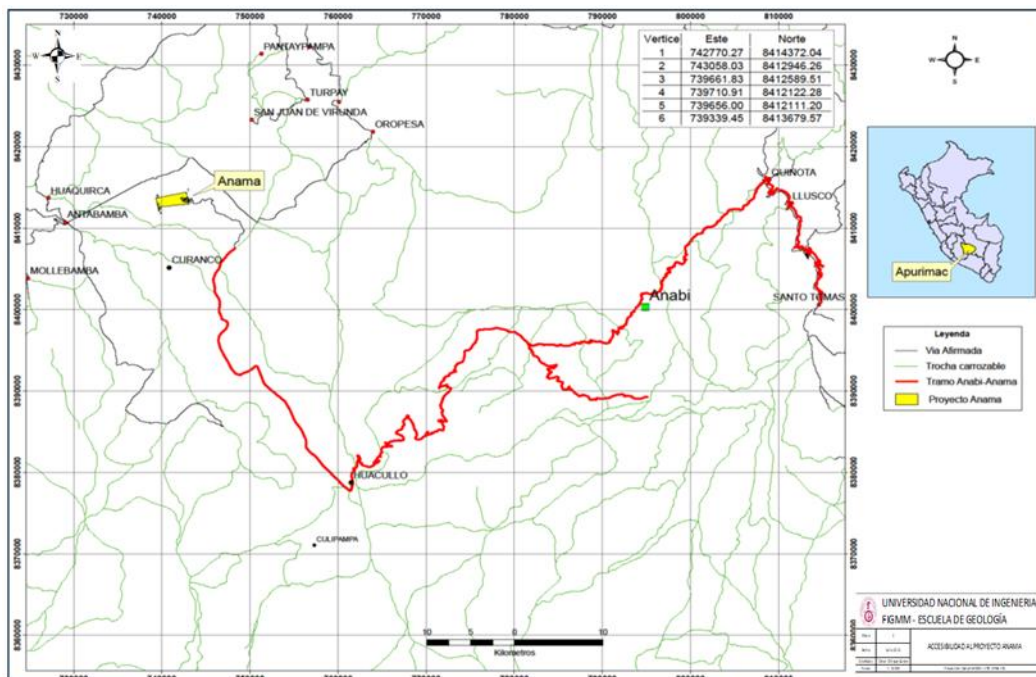
Accesibilidad ruta N°02

Ruta	Km	Tipo de Vía	Tiempo (Horas)
Lima - Cusco		Aérea	1
Cusco - Abancav	183	Pavimentada	4
Abancav - Santa Rosa	66	Pavimentada	1
Santa Rosa - Antabamba	71	Afirmada	2
Antabamba - Desvío Valeria (Ichuni)	68	Semi Afirmada	2
Desvío Valeria -Minera Valeria	17	Trocha	1
Total	405		11

Fuente: Elaboración propia

Figura 6

Accesibilidad del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Fisiografía

Según el Mapa Fisiográfico del Perú, el Proyecto Anama se ubica en la Región Sierra. La fisiografía regional se manifiesta por la presencia de pendientes leves a abruptas

y profundas quebradas, modeladas por la actividad glacial pasada, originando valles glaciales y fluviales, siendo las rocas predominantes de origen volcánico (Anabí S.A.C., 2021).

En el Proyecto Anama se muestra un relieve accidentado, recorrido por los ríos Seguiña y Yanahuarajo que forman el río Mollebamba y que luego va a recibir la denominación de río Quilla y los ríos Pucahuayjo y JEuñamarca que forman el río Jajantia; el río Quilla y río Jajantia forman el río Antabamba el cual al unirse con el río Chalhuanca, forma el río Pachachaca el cual desemboca en el río Apurímac.

La erosión fluvial ha cortado el terreno superficial, formando valles profundos; desarrollando un drenaje es dentrítico.

Clima y vegetación

El clima es típico de la zona andina templado durante el día y friolento durante la noche. La época de lluvia y presencia de granizada se da entre los meses de octubre a marzo mientras que de abril a septiembre se da casi una estación seca presentando lluvias moderadas, con días soleados que alcanzan los 22° C y noches de intenso frío en las que son frecuentes las heladas y temperaturas inferiores a los 0° C. Para delimitar las regiones climáticas se han utilizado diferentes conceptos entre las que se destaca básicamente las regiones bien definidas de Javier Pulgar Vidal.

Geomorfología

Geomorfológicamente la zona de estudio se encuentra en el Flanco este de la Cordillera Occidental, sus elevaciones están entre 4,600 a 4,800 msnm. El principal drenaje lo conforma la quebrada Huayruruni que fluye hacia el oeste y cruza la propiedad con numerosos afluentes formando el río Chalhuanca, luego se une al río Apurímac que a través de su largo recorrido desemboca en el Océano Atlántico, conformado por la Cuenca del Atlántico.

El proyecto Anama está conformado por pequeñas cuencas con un área menor a 10km² y por lo tanto son consideradas microcuencas. Entre sus principales quebradas que conectan con el proyecto, tenemos: quebrada Pacacorral, situado al Norte, la quebrada

Jehuinchani, quebrada Llancopampa, quebrada SB-01 y la quebrada SB-02; hacia el Sur. Estos cursos de agua forman parte de la cabecera del río Antabamba.

El relieve presenta superficie ondulada con pendientes moderadas a abruptas, por donde discurre el agua generando drenajes superficiales, evidenciándose en la actualidad en épocas secas. Existen también drenajes temporales es decir que se manifiestan solo en temporadas de lluvias.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

2.1.1 Control de Calidad QA/QC

Gy P. & Francois-Bongarson (1999) refiere que el sistema aseguramiento y control de calidad, son protocolos utilizados para medir y asegurar que todas las muestras cumplan con los estándares de calidad, y de esta manera prevenir errores en las bases de datos y generar información confiable.

En la Figura 7 se observa que la mayor incidencia de errores se encuentra en la fase del muestreo primario muy por encima del análisis químico. Además, los errores son acumulativos, por lo tanto, cualquier error en la primera etapa de muestreo será determinante en el resultado final, sin importar el cuidado o cumplimiento en las fases siguientes:

Figura 7

Estructura general de los errores de muestreo

Actividad	% Error relativo	Sesgo %	Fase
Muestreo	100 a 1,000	1000	Muestreo primario
Transporte y almacenamiento	1 a 100		
Preparación mecánica, reducción	10 a 100	50	Muestreo secundario
Preparación química (digestión y disolución)	5 a 20		
Análisis químico	0.1 a 5	0.1 a 1	Análisis químico

Fuente: Gy & Francois-Bongarson, "Seminario de Muestreo de Minerales". 1999.

El aseguramiento de la calidad, abreviado a "QA", es el conjunto de acciones que aseguran la calidad y confianza en el muestreo, y el control de la calidad abreviado a "QC" es el conjunto de técnicas que permiten monitorear, identificar errores y realizar las acciones correctivas pertinentes durante el proceso.

Simón (2007), compiló las propuestas de distintos consultores internacionales como se muestra en la Figura 8, quienes recomendaban en promedio 20% de muestras de control, pero en el nivel de muestreo primario solo consideran el 2% de las muestras de control, siendo incoherente, puesto que el muestreo primario es la etapa de más errores, y donde debería existir más control.

Figura 8

Muestras de Control

Tipo de control	Frecuencia	% adecuado
Muestras gemelas (duplicado de campo)	1 de 30 a 50	2 %
Duplicados gruesos	1 de 30 a 50	2 %
Duplicados de pulpa	1 de 30 a 50	2 %
Estándar bajo	1 de 20 alternadamente	2 %
Estándar medio		2 %
Estándar alto		2 %
Blancos gruesos	1 de 30 a 50	2 %
Blancos finos	1 de 30 a 50	2 %
Duplicados externos	1 de 20	4 %

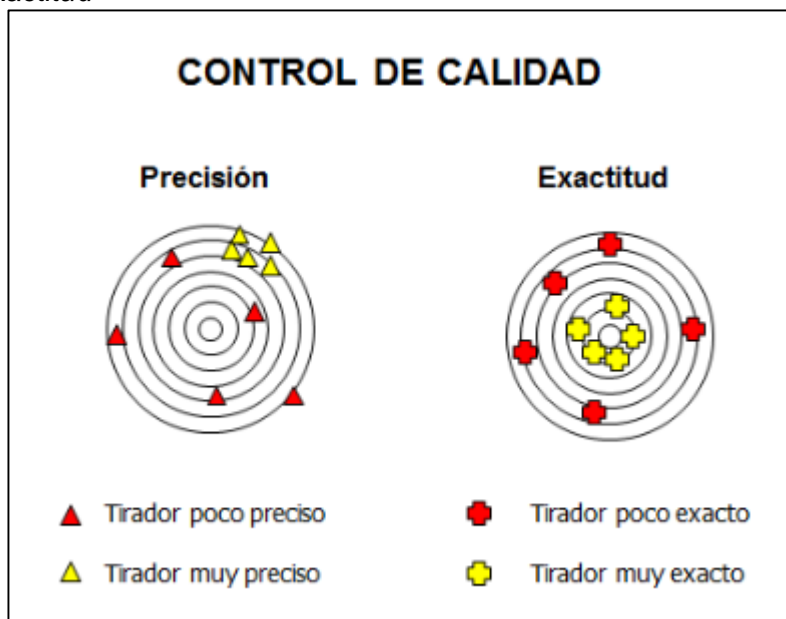
Fuente: Simón, "Control Sample Insertion Rate", 2007.

Simón (2007) Plantea que, durante la evaluación o implementación de resultados de un programa de Control de Calidad, es fundamental saber tres conceptos importantes, como la precisión, exactitud y contaminación. Precisión indica la reproducibilidad de los resultados, se define como la concordancia entre los valores de dos o más medidas tomadas bajo las mismas condiciones, se puede expresar en términos de la desviación estándar. Por ejemplo, en un muestreo geológico, la muestra original y duplicada deben corresponder a iguales intervalos, procedimientos similares, considerar el envío al mismo laboratorio de manera simultánea, lo que garantiza iguales métodos de preparación y análisis de las muestras. Por tanto, ambas muestras deben formar parte del mismo lote.

La exactitud se define como la cercanía de los resultados a un valor aceptado, y está ligado a errores sistemáticos. Para su control se utiliza la inserción de estándares, a través de los cuales es posible comparar el resultado del laboratorio en cuestión frente a los resultados del laboratorio de referencia. De esta manera se evalúa la proximidad del mejor valor (MV) de los valores obtenidos, y permite determinar la dimensión del posible sesgo. Ver Figura 9

Figura 9

Precisión y Exactitud



Fuente: Ccama "Aplicación del QAQC en el proceso Geológico, para validar la Estimación de recursos y reservas, de la Unidad Operativa Chungar", 2017.

Simón (2007) Contaminación, se estudia a través de los blancos, que son muestras estériles, y su método de control sea da al preparar y analizar ciertas muestras, preferentemente las que tienen alto contenido de mineral, debido a que es posible que una porción de una muestra o solución quede accidentalmente retenida en el equipo y contamine las siguientes muestras a analizar.

Muestras para el Control de Calidad

Ccama (2017) Duplicado de campo, se realizando muestreo paralelo sobre una zona donde previamente se ha recogido una muestra o dividiendo la muestra tomada en dos, de manera que una sea la muestra original y el otro el duplicado de campo. Ambos se muestrean en las mismas condiciones, el mismo laboratorio y se analizan con diferente codificación en el mismo lote.

Ccama (2017) Duplicado de Pulpa, son muestras previamente pulverizadas, que se enviaron con números diferentes a laboratorio en un mismo lote de muestras originales. Estas muestras de control se emplean para evaluar la precisión del análisis de laboratorio.

Ccama (2017) Duplicado de rechazo, otorgado por el personal de laboratorio, es el rechazo de una muestra original que es almacenado.

Ccama (2017) Estándares, son muestras especiales preparadas, que forman parte de lotes de muestras analizadas por laboratorios externos certificados. Se emplean para evaluar la exactitud de los equipos en el laboratorio interno en mina. Ver Figura 10.

Figura 10

Control Estándar



Fuente: Toma propia

Ccama (2017) Muestra blanca, compuesta por material estéril de granulometría similar a los detritos generados en la perforación de blasthole. Se consideran aquellas muestras que en el análisis de laboratorio dan como resultado, contenido de oro por debajo el límite de detección (< 0.02 g/t Au). Se emplean para determinar si existe contaminación durante el proceso de análisis.

2.1.2 Práctica actual de QA/QC

Actualmente, en el proyecto Anama, se tiene reconocido y validado el procedimiento de muestreo que solo incluye las muestras de control duplicadas de campo que equivale al 2% del 10% recomendado.

Como parte del procedimiento de muestreo se considera:

- Un personal instruido sobre los pasos a seguir para el desarrollo de la tarea de muestreo, quien antes de ingresar a la malla de perforación debe comunicar al perforista mediante una radio portátil, llevará además todos los implementos de

seguridad, herramientas, un plano con la malla de perforación impresa con los controles de QA/QC a ingresar.

- Una vez identificado un cono de perforación se ubica el lado más representativo, es decir el lado más alto del cono. Ver Figura 11-

Figura 11

Muestreo en cono de perforación inicial

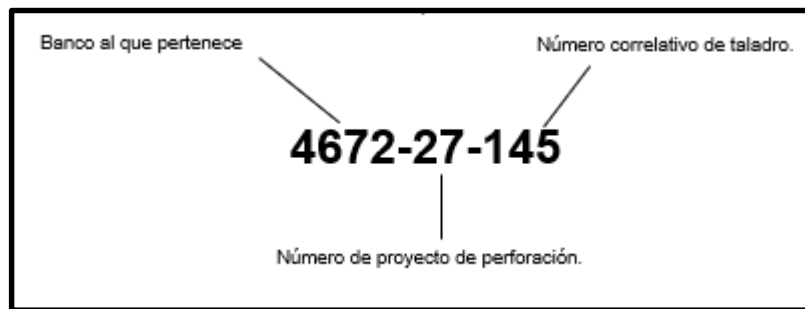


Fuente: Toma propia

- Sin embargo, cuando el cono es irregular y de muy baja altura, hacer el canal y recuperar lo que se pueda sin contaminar. Con la palana se hace un canal en el cono de manera que se exponga la secuencia de perforación completa.
- Una vez expuesto el material en el canal, se procede con la palana a sacar o recolectar el material de ambas paredes del canal abarcando la proporción total de la altura del canal de base a tope.
- El Peso de la muestra debe ser aproximadamente 2kg.
- Se debe realizar la limpieza de los faldones de la plataforma de perforación de la DM-45 cada 10 taladros para evitar cualquier tipo de contaminación.
- Luego se codifica la muestra de acuerdo a la nomenclatura que se observa en la Figura 12.

Figura 12

Codificación de muestras



Fuente: Elaboración propia

Como resultado de este método de muestreo se obtienen errores superiores al 10%. Ver Tabla 4.

Tabla 4

Resultado de duplicados de campo

ERRORES DE LAS MUESTRAS DE DUPLICADAS DE CAMPO		
BANCO	PROYECTO	TASA DE ERRORES %
4640	28	14.3
4640	29	23.1
4640	30	25
4640	31	16.7

Fuente: Elaboración propia

- Se insertan las muestras de control de acuerdo al plano de controles. Considerando la postura ergonómica adecuada.
- Recoger y apilar las muestras en forma correlativa, realizando el levantamiento de las bolsas no excediendo la carga. Y trasladar las muestras en la tolva de la camioneta hacia el laboratorio.

2.1.3 Perforación de taladros primarios (blasthole)

Redard (2006) La perforación es la primera actividad durante la preparación de una voladura en una mina a tajo abierto, actividad necesaria para fracturar la roca a través de explosiones controladas, durante la perforación se genera un pozo que es cargado con explosivo, y hacia la superficie se acumula material (detritos) como producto de la perforación. En la Figura 13 se presenta el equipo con el que se realiza la perforación

primaria y genera el cono de perforación con los detritos para el muestreo. Los detritos están constituidos por fragmentos de roca producto de la perforación acumulados en la boca de cada taladro.

Figura 13

Perforadora DM-45

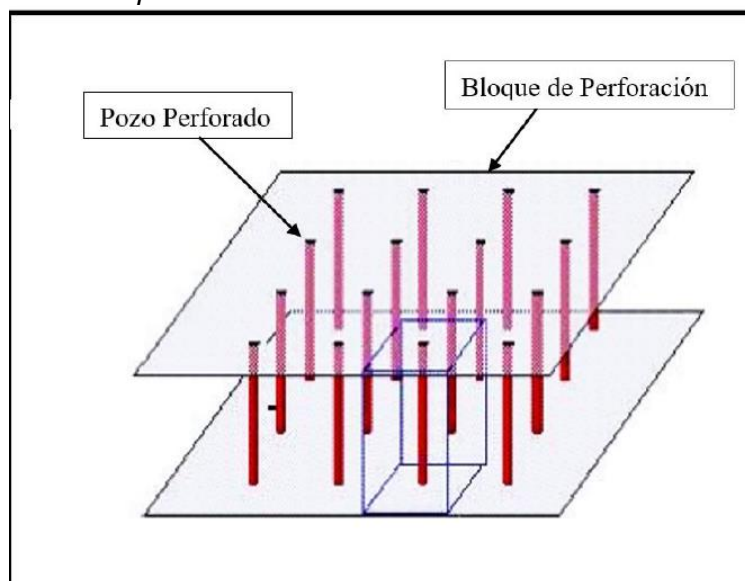


Fuente: Del autor

Bembow M. (2016) La distancia entre cada pozo de perforación varía de acuerdo a las características geológicas del terreno y otros criterios que se determinan durante la operación propia. En la Figura 14 se observa la distribución espacial de los taladros a perforar y el bloque que representa un taladro perforado.

Figura 14

Bloque de perforación de pozo de voladura



Fuente: Bembow M., Fundamentos y técnicas de muestreo, 2016.

Cada taladro perforado simula un sólido, y se le asigna una ley promedio, de acuerdo con la ley del detrito generado en cada pozo perforado. Esta información es la base que permite estimar leyes que se obtendrán en cada proyecto de perforación.

2.1.4 Teoría de Muestreo

Seleccionar el método de muestreo óptimo para los detritos producto de la perforación es fundamental para garantizar una correcta evaluación económica de cualquier depósito de mineral. En este estudio se describe la técnica usada de acuerdo a las características variables del depósito, los recursos de personal y herramientas de trabajo disponibles.

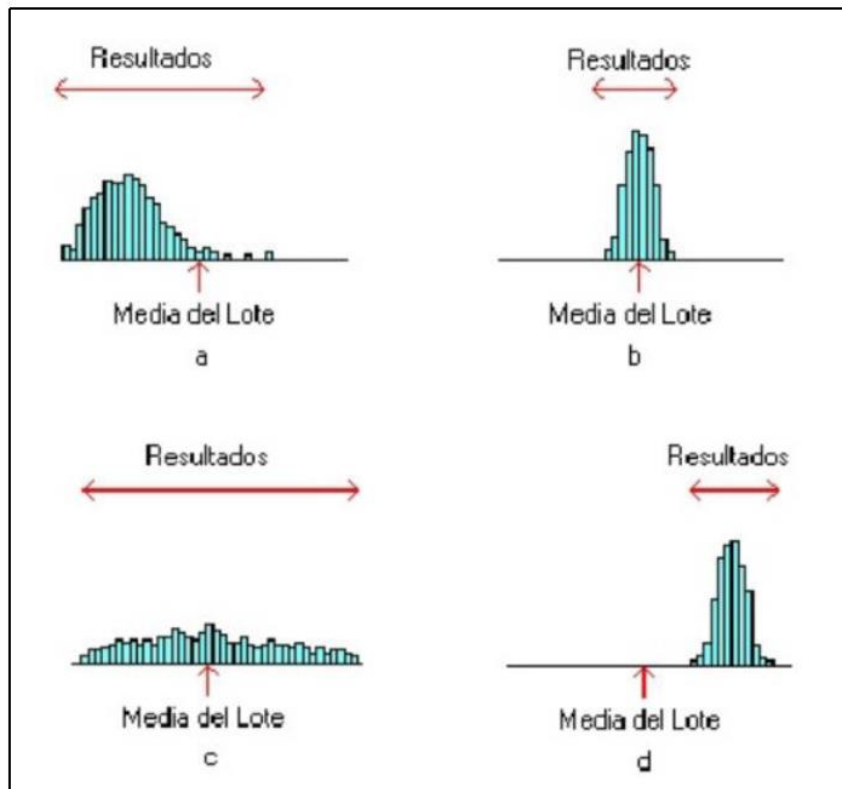
Alfaro (2008) Define que, en depósito de mineral es una mezcla de minerales que varían en distintas proporciones, de acuerdo al sector del depósito y al tomar una muestra aleatoria, ésta no contendrá la misma cantidad de metales del depósito mineral, por lo tanto, es recomendable y necesario realizar un muestreo, con la finalidad de reducir el error en la toma de una sola muestra. En este proceso es importante encontrar un punto de equilibrio entre el número de muestras y la exactitud deseada, si no hay la cantidad de muestras suficientes, entonces el resultado no es confiable, y si hay muestras en exceso, los costos y el tiempo empleado serán exagerados. Luego de obtener un número adecuado de muestras, se determina con mayor precisión a través de métodos estadísticos el número de muestras a tomar y su distribución en la toma de muestras.

Alfaro (2012) Sostiene que, el muestreo es un proceso de seleccionar una parte pequeña de un todo, que representa a cualquier población, aplicando técnicas que proporcionen y distribuyan la calidad para un análisis representativo. La información que se obtiene del muestreo es la ley, que permite evaluar el conjunto mineralizado, por consiguiente, es importante en definir zonas estériles, zonas mineralizadas y determinar zonas con elementos contaminantes, brindar información para el cálculo de reservas, planificar la exploración del mineral que se enviara a planta y controlar la eficacia de los planes metalúrgicos.

Plantea que, en la búsqueda de muestras representativas, es complicado proporcionar recomendaciones acerca del muestreo, debido a que esta actividad se desarrolla en todas las etapas de un proyecto minero, sin embargo, existen consideraciones a tener en cuenta. Primero, no tener sesgo, obtener muestras representativas y con mínima varianza. Como se muestra en la Figura 15

Figura 15

Esquema de una muestra representativa.



Fuente: Alfaro, Introducción al muestreo minero, 2012.

2.1.5 Muestreo de Minerales

Linares (2017) Expresa que, en el muestreo de minerales, el lote o población está compuesto por muestras de diferente peso, considerando caracteres y parámetros, tales como: representatividad, homogeneidad, proporcionalidad y libre de contaminantes, y así poder considerar la muestra con los requisitos mínimos de conformidad.

Entre los métodos y dispositivos de partición manual, menciona que probablemente el cono y cuarteo son los más antiguos de los métodos de muestreo probabilístico. También

denominado cuarteo cornisa, por su origen en las minas de estaño de Cornwall. Menciona tres pasos típicos para llevar a cabo el procedimiento:

- Primero extender el material sobre una placa de hierro o una superficie de hormigón fácil de limpiar, operación que se repite 2 a 3 veces hasta dar a las partículas una distribución homogénea.
- Luego el material se distribuye utilizando una pala, formando primero un cono truncado y luego una torta plana, respetando al máximo la simetría obtenida en el primer paso.
- Finalmente, la torta circular se divide en 4 partes de acuerdo con diagonales perpendiculares entre sí, separando dos cuartos opuestos y el restante es el rechazo.

Menciona, que la finalidad del muestreo es determinar la cantidad de material mineralizado y su valor respectivo, de modo que, el muestreo debe ser preciso, garantizando resultados de acuerdo con lo planificado. El muestreo debe ser exacto, a través de muestras equiprobables y con pequeña varianza (preciso), aplicando la teoría de muestreo de Fierre Gy para muestras quebradas. En consecuencia, el muestreo es la etapa más importante del proceso extractivo, al determinar si una operación es económicamente rentable o no. En

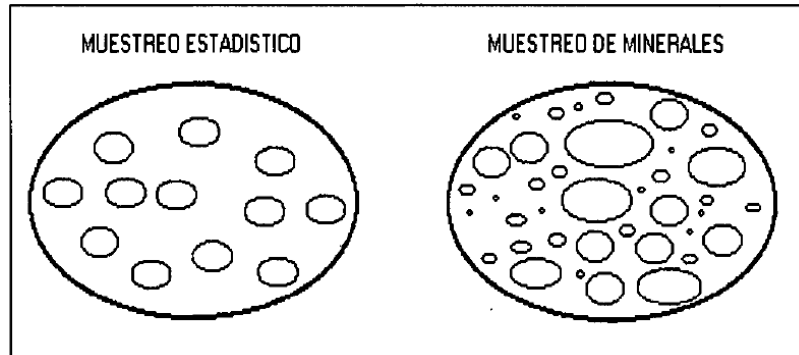
Guerrero (2015) Señala que, el muestreo de minerales, brinda información sobre la ley y características geológicas del sólido que representa. Por lo tanto, el muestreo también permite distinguir zonas estériles (Desmonte), determinar zonas mineralizadas (mineral) y zonas con elementos contaminantes. Para cumplir bien el objetivo del muestreo, éste debe ser equiprobable, es decir, cada fragmento que constituye la muestra tendrá la misma probabilidad de ser elegido para la constitución de la muestra.

Gy P. (1992) En la teoría moderna de muestreo de minerales, cuando no se cumple la condición de equiprobabilidad, no se obtiene una muestra propiamente dicha, sino, se considera "especimen" (un ejemplar). La Figura 16, muestra una representación de los dos

tipos de muestreo, estadístico y de minerales. En el muestreo estadístico la población está compuesta por objetos de igual peso, y en el muestreo de minerales, la población está compuesta de objetos de diferente peso.

Figura 16

Muestreo estadístico y de mineral



Fuente: Gy P., Sampling for Analytical Purposes, 1992.

2.1.6 Muestreo de Taladros de Producción (Blasthole)

Alfaro (2012) En una mina a tajo abierto, la toma de muestra de un taladro de voladura debe ser representativo del banco y para una correcta delimitación de la zona a muestrear se debe controlar constantemente el metraje sin llegar a una sobre perforación. Recomienda que, si se utiliza un captador de polvo de perforación, debe utilizarse uno de forma radial para lograr la representatividad de proporción de finos y gruesos en la muestra.

El muestreo de los taladros de producción es uno de los trabajos más importantes y de cuidado durante la operación minera, el realizar bien esta actividad, dependerá lo que se recupere en el “pad”, la producción diaria y el destino final del material muestreado. La ejecución correcta de este proceso, repercute en la toma de decisiones respecto al proyecto minero, desde la exploración hasta el cierre de mina.

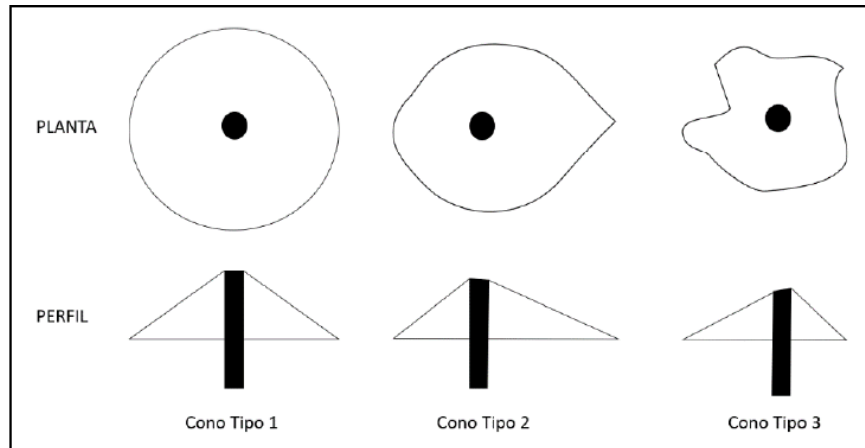
2.1.7 Cono de Detritos de Perforación

Lazo (2019) El cono de detrito es el material que se acumula como resultado de la perforación que se realiza en el proceso de voladura, donde el objetivo es fracturar la roca a minar. Este material al ser considerable, sería inapropiado realizar el muestreo para un gran volumen, además de costoso e insostenible, debido a que se trabaja con un gran número de taladros de perforación, por tal motivo se toma una muestra representativa.

Los conos de detritos de perforación se califican en tres tipos como muestra en la Figura 17, según la característica del terreno donde se perfora (tipo de litología, alteración, presencia de agua subterránea, control estructural, etc.) y la condición con la que se perfora el taladro (velocidad de perforación), genera conos tipo 1, 2 y 3.

Figura 17

Tipo de conos de detritos.



Fuente: Lazo "Análisis del método de muestreo de detritos de los taladros para la voladura y control de envío de mineral en la Mina Justa", 2019.

Los conos tipo 1 son simétricos e ideales para obtener una muestra representativa, los conos tipo 2 son poco simétricos y los conos tipo 3 son totalmente irregulares.

2.1.8 Marco geológico

El proyecto Anama se encuentra en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes del Sur y Centro del Perú (Departamento Apurímac). La cordillera se formó como resultado de la subducción de la Placa oceánica Nazca debajo de la Placa Sudamericana combinados con periodos de esfuerzos de compresión. (UM. Anama 2014)

La base de la estratigrafía regional está compuesta por más de 8,000 metros de rocas sedimentarias y volcánicas depositadas entre el Jurásico Superior a Cretáceo Inferior correspondiente al Grupo Yura y este es dividido en las formaciones: Formación Chuquibambilla y Formación Soraya. Sobreyaace a la precedente las calizas de la formación Ferrobamba del Albiano-Cenomaniano. Una secuencia volcano-sedimentarios y derrames andesíticos y dacíticos del Grupo Tacaza (oligoceno-mioceno) sobreyaace a la Formación Ferrobamba, volcánicos jóvenes del Plioceno al cuaternario completan la secuencia con

los volcánicos posts Tacaza (cerro cullimayoc), como el grupo barroso dividido en Volcánicos malmanya y volcánicos vilcarani.

Intrusivos de diferentes naturalezas, entre granodiorita, tonalita, monzonita y diorita del cretáceo superior al terciario correspondiente al Batolito de Apurímac se localizan al norte de la Propiedad Anama. Intrusiones de stocks hipabisales del mioceno también están presentes.

Las estructuras geológicas en la región son muy complejas, las formaciones del Jurásico superior y Cretáceo Inferior están fuertemente plegadas y falladas, las unidades más jóvenes, como secuencias volcánicas del Grupo Tacaza se encuentran cortadas por numerosas estructuras de dirección NO-SE. Estas deformaciones se deben a la orogénesis andina de finales del Cretáceo y al movimiento epirogénico de los Andes.

Las alteraciones identificadas en el “Proyecto Anama” corresponden a un sistema epitermal de alta sulfuración, con mineralización económica de Au típico de un ambiente diseminado.

Geología regional

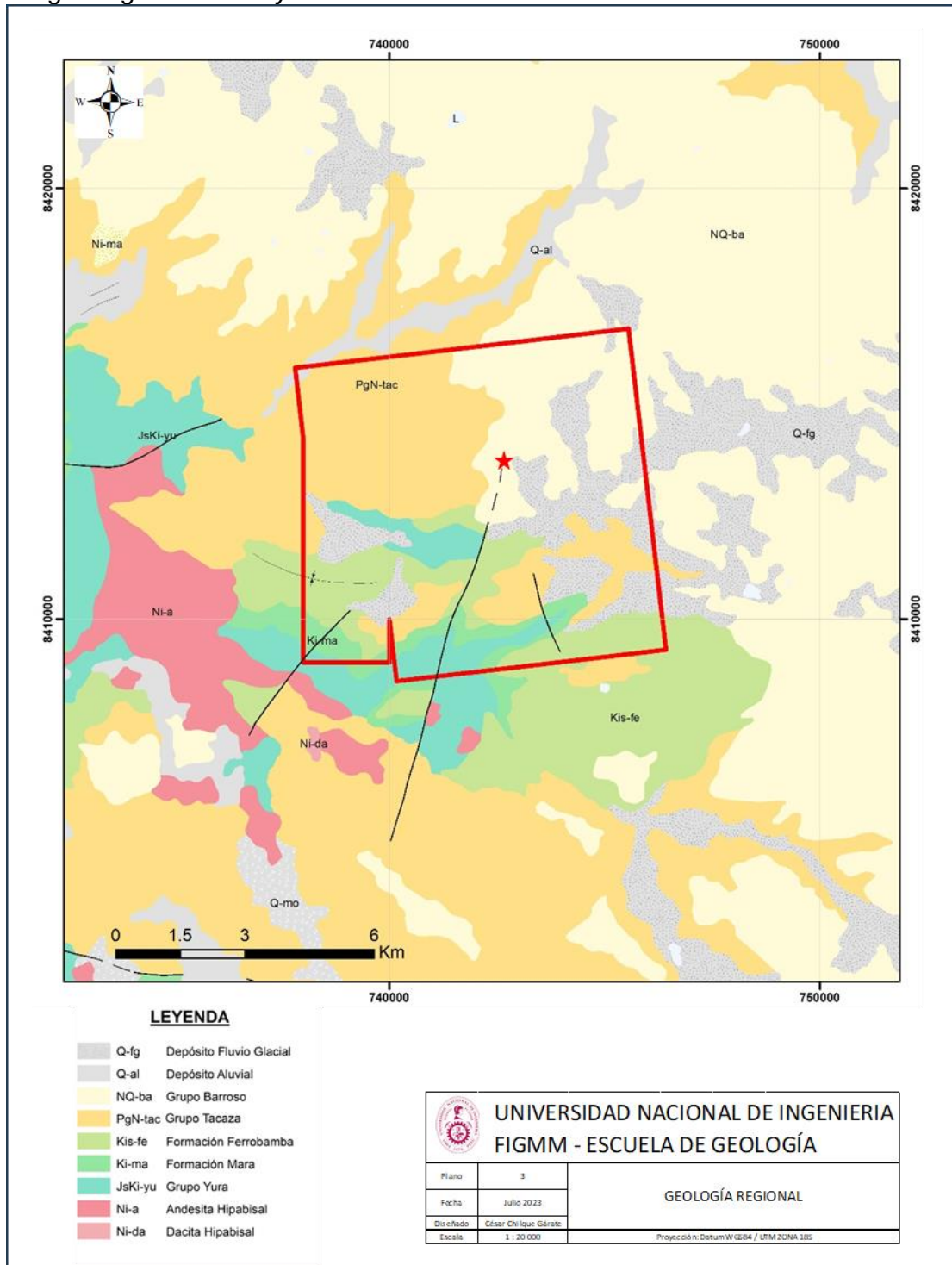
De acuerdo con las descripciones y mapas geológicos de INGEMMET, el proyecto Anama ubica sobre rocas ígneas de composición andesítica y dacítica, asociadas a un centro volcánico; éstas probablemente se iniciaron con una primera fase piroclástica y posteriormente con la formación de lavas y domos andesíticos y dacíticos.

Regionalmente estas rocas se encuentran cubiertas por depósitos fluviales, fluvio glaciales, aluviales y depósitos de turba de edad cuaternaria que abarcan grandes extensiones.

Geográficamente el área del Proyecto Anama se encuentra ubicada en la Cordillera Occidental, específicamente en la cadena volcánica del sur del Perú. La estratigrafía regional comprende una secuencia de rocas del grupo Barroso, grupo Tacaza y del grupo Yura constituidos por rocas volcánicas, mayormente por lavas andesíticas. Sobreyacen en discordancia a estas secuencias, depósitos recientes constituido por material aluvial y coluvial. Ver Figura 18.

Figura 18

Geología Regional del Proyecto Anama



Fuente: Elaboración propia

La importancia del tema geológico radica principalmente en su influencia sobre las condiciones hidrogeológicas que afecten al proyecto, teniendo en cuenta que el conocimiento de la geología regional y principalmente la local permite evaluar la naturaleza

de las formaciones rocosas y asimismo las formaciones geológicas facilitarán o no el paso del agua subterránea de acuerdo a su litología y disposición física.

Intrusivos de diferentes naturalezas, tales como granodiorita, tonalita, monzonita y diorita del Cretáceo Superior al Terciario correspondiente al Batolito de Apurímac se localizan al norte del Proyecto Anama. Intrusiones de stocks hipabisales del mioceno también están presentes. Las rocas precedentes han sufrido tres fases de deformaciones compresivas durante la orogenia andina y finalmente el levantamiento “vertical” de la Cordillera de los Andes con las consecuencias de intensa erosión y profundización de valles.

Estratigrafía

El Proyecto Anama corresponde al cuadrángulo de Antabamba, presentando unidades estratigráficas que van desde el Jurásico hasta el Cuaternario. Las unidades estratigráficas aflorantes observadas en campo son el Grupo Yura, Grupo Puno, Grupo Tacaza, Grupo Barroso y Depósitos Recientes. Las unidades mencionadas se detallan a continuación:

Grupo Yura

En este grupo las unidades litológicas guardan cierta similitud con las de la región de Arequipa por no haber tenido los mismos ambientes de sedimentación cronológicamente, con contemporáneos; por esta razón en el presente trabajo, se ha denominado a las formaciones que se correlacionan paleontológicamente con otros nombres, de acuerdo al lugar típico donde se presentan los mejores afloramientos.

El Grupo Yura está conformado por las Formación Chuquibambilla y Formación Soraya, sin embargo, en la zona del Proyecto Anama se diferencia uno de sus miembros la cual es la Formación Soraya.

Formación Chuquibambilla

Pertenece a las rocas más antiguas que afloran en la región, compuesta de areniscas de grano fino a grueso (60 a 70%) generalmente de color gris oscuro intercaladas en lentes de lutitas y calizas, fuertemente plegadas y cortadas por rocas intrusivas, con

potencia aproximada de 800 metros. Se evidencian fósiles que sirven de guías de datación debido a su amplio rango, debió a su posición estratigráfica y litología se considera del Jurásico superior al cretáceo inferior (Titoniano – Berrasiano).

Formación Soraya

Las unidades litológicas de esta formación están constituidas por una secuencia monótona de cuarcitas y areniscas cuarcíticas, con grano fino a medio; existiendo también de granos gruesos de cuarzo. El color varía de gris blanquecino en la base a rosado en el tope, presenta buena estratificación, en bancos medianos a gruesos (desde 0,30m. a más de 5m.), bien compactos y macizos, formando notables aristas topográficas que resaltan a gran distancia.

Entre las capas de areniscas cuarzosas se intercalan escasos niveles delgados de lutitas negras y areniscas grises, principalmente en la parte inferior de la formación. Las lutitas se presentan en capas delgadas formando paquetes de 10cm. de grosor, y por acción del intemperismo, adquieren una coloración gris plomiza a blanquecina.

Formación Mara

Presentan afloramiento discordante dispuestos en tres miembros. En el inferior prevalece la arenisca, el intermedio se caracteriza por la existencia de lutitas intercalada con areniscas y conglomerados de clastos de cuarcitas y el superior lleva areniscas y lutitas abigarradas típica de origen continental. Estas capas tienen coloración roja, marrón rojizo. El espesor máximo reconocido es de 300 metros. La edad de la formación se infiere por la posición estratigráfica en el Aptiano (cretáceo inferior).

Formación Ferrobamba

Presenta capas delgadas de calizas (micrita) de coloración negra a gris oscura. Se observa estratos compactos masivos con nódulos alargados de cherts. El máximo espesor de las calizas se evidencia en potencias 800 metros. Su encuentra concordante con la formación Mara. La mayoría de la caliza es cortada por intrusivos de diferente naturaleza con diversos grados de reemplazamientos originado mármoles, skarn (granates) asociado

a mineralización polimetálica. Contiene importantes fósiles que permite datarlo al albiano-cenomaniano (cretáceo medio).

Grupo Puno

Compuesta por intercalaciones de rocas clásticas y volcánicas. Considerada de origen continental (capas rojas), presenta discordancia angular sobre rocas del Mesozoico. La litología en la base está conformada por lutitas, areniscas abigarradas de grano medio con horizontes de conglomerados, hacia la parte media presenta areniscas arcósicas de coloración gris marrón a rojizo de grano medio a grueso con estratificación cruzada intercaladas con lutitas rojizas y conglomerado, cerca de la superficie presenta areniscas de color marrón y gris con potentes bancos de conglomerados y en la parte más elevada areniscas de grano grueso. Tiene una potencia de 800 metros y fue datada en el Oligoceno.

Grupo Tacaza

Dispuesta con discordancia angular sobre rocas del Grupo Puno y las Formaciones Ferrobamba, Mara y Soraya, compuesta de volcánico-sedimentario Y derrames volcánicos.

Hacia la parte inferior (base) predomina mayormente sedimentos, compuesto de conglomerados gruesos de cuarcitas y calizas, de clastos semi-angulares, variando a areniscas gris verdosa intercalados con capas de lutitas rojizas y brechas de fragmentos de cuarcitas, areniscas, calizas dentro de una matriz de arenisca tufácea. En la parte media consta de horizontes de conglomerados intercalados con cuarcitas y areniscas en matriz tufácea y en toda esta secuencia además intercalado con flujos andesíticos y tufos brecha. Descansando sobre estas secuencias, derrames volcánicos, tufos brechas, tufos retrabajados de composición andesítica, dacítica y riolítica dispuesto de forma lenticular en extensión lateral. La potencia del Grupo Tacaza es alrededor de 750 metros. No se observa evidencias de fósiles y debido a su posición estratigráfica se asigna al Oligoceno-Mioceno.

Formación Maure

Ubicada sobre Grupo Tacaza con discordancia erosional. Compuesta hacia la base por horizontes delgados e intercalados de limolitas tufáceas, tufos retrabajados y areniscas tufáceas de color crema amarillenta, en el medio presenta horizontes delgados de areniscas tufáceas de grano medio a grueso con colores gris claro, seguido de un horizonte delgado de conglomerados volcánicos en matriz areno-tufáceas y finalmente en la parte superior presenta tufos sin consolidar de color amarillo claro, verde amarillento y amarillo rosado, su potencia aproximada está en 60 metros, afloramientos pequeños.

En relación a posición estratigráfica se le asigna estima en el Mioceno tardío-Plioceno temprano.

Formación Sencca

Consiste de una secuencia piroclástica horizontal post-orogénica que sobreyacen al Grupo Tacaza y formaciones antiguas con discordancia erosional. Consiste de tufos de composición riolítica y riodacítica intercalada con lentes de tufos brecha, presenta coloración blanquecina a blanco amarillento, amarillo grisáceo y hacia la parte superior coloraciones rosadas de manera restringida. Se considera un espesor aproximado de 60 metros.

De acuerdo con su posición estratigráfica se le asigna una edad del Plioceno medio al superior.

Grupo Barroso

Volcánico Malmanya

Constituido principalmente por derrames casi horizontales de andesitas, dacitas y en menor proporción traquiandesitas con riodacitas, de origen fisural. En superficies frescas, la coloración es gris claro y en roca intemperizada presenta coloración rojiza clara a gris morado. Se le considera una potencia máxima aproximada de 1,000 metros.

Volcánico Vilcarani

Se presenta sobre el volcánico Malmanya con discordancia erosional, conformado por flujos piroclásticos y en menor proporción, lavas. Los piroclásticos están representados

por tufos, brechas (fragmentos volcánicos), aglomerados, cenizas volcánicas, de naturaleza andesítica, riódacítica y riolítica de color blanco a rojizo. Los derrames de lava son de composición andesítica a dacítica intercalado y/o acuñado con los piroclastos. Se estima un espesor aproximado de 600 metros.

En relación con su posición estratigráfica regional, se le asigna la edad del Plioceno superior al Pleistoceno.

Depósitos Recientes

Consiste de glaciares (morrenas), fluvioglaciares, aluviales de edad Pleistocena a Reciente.

El depósito más resaltante pertenece al volcánico Santo Tomás, conformado en la base por derrames de andesita porfirítica fluidal de color gris oscuro, la parte media lavas basálticas vesiculares y hacia la parte superior, tufos blancos amarillentos. Su espesor se estima en 50 metros. La edad se puede deducir que es reciente y sobreyace a terrazas modernas.

Geología Estructural

Las estructuras geológicas observadas en la región son muy complejas, las formaciones del Jurásico superior y Cretáceo Inferior están fuertemente plegadas y falladas, las unidades más jóvenes como las secuencias volcánicas del Grupo Tacaza son cortadas por numerosas estructuras de dirección NO-SE. Estas deformaciones es consecuencia de a la orogénesis andina de finales del Cretáceo y por el movimiento epirogénico que afectó en general a los Andes.

Se reconoce una gran falla de carácter regional que cruza todo el sector Sur de la concesión del "Proyecto Anama" de orientación andina (N60°W a N70° W) y buzamientos de alto ángulo. Esta falla regional desplaza horizontalmente (falla de rumbo) y verticalmente (falla normal) a los volcánicos del Grupo Tacaza y formaciones antiguas (Ferrobamba, Mara, Soraya, etc.).

En el área del proyecto Anama, los tufos dacíticos y al domo de composición andesítica entran en contacto, generando niveles argilizados propias de la zona de falla,

esta gran estructura también habría dado origen a la ascensión del domo andesítico generando permeabilidad secundaria en ambas litologías, consiguiendo que las rocas se vuelvan más receptivas ante cualquier tipo de fluido mineralizante.

Se reconoce un segundo patrón de fallas tensionales a la primera gran falla regional, con direcciones oscilantes de N10°W a N10°E, en ocasiones Norte-Sur, y posiblemente son las principales causantes de la mineralización, es decir se comportan como conductos de los fluidos que habrían alterado a los tufos y domos. Ver Figura 19.

Figura 19

Fallamiento Andino y tensional, vista mirando al Sur-Este



Fuente: Elaboración propia

2.1.9 Geología local

El proyecto Anama es un yacimiento del tipo epitermal de alta sulfuración, con el ensamble de mineralización cuarzo alunita, propio de este tipo de yacimientos; teniendo valores económicos de Au diseminado. Este yacimiento se encuentra emplazado en rocas volcánicas de composición dacítica y andesítica, presente un origen volcánico, en la base se presentan rocas de composición andesítica sin alteración, cortadas por un evento subvolcánico dacítico, en cuyas zonas de debilidad se emplazan brechas hidrotermales, siendo albergante como roca caja el subvolcánico que altero los tufos a una sílice granular, sílice masiva, sílice alunita, sílice clay y propilítico.

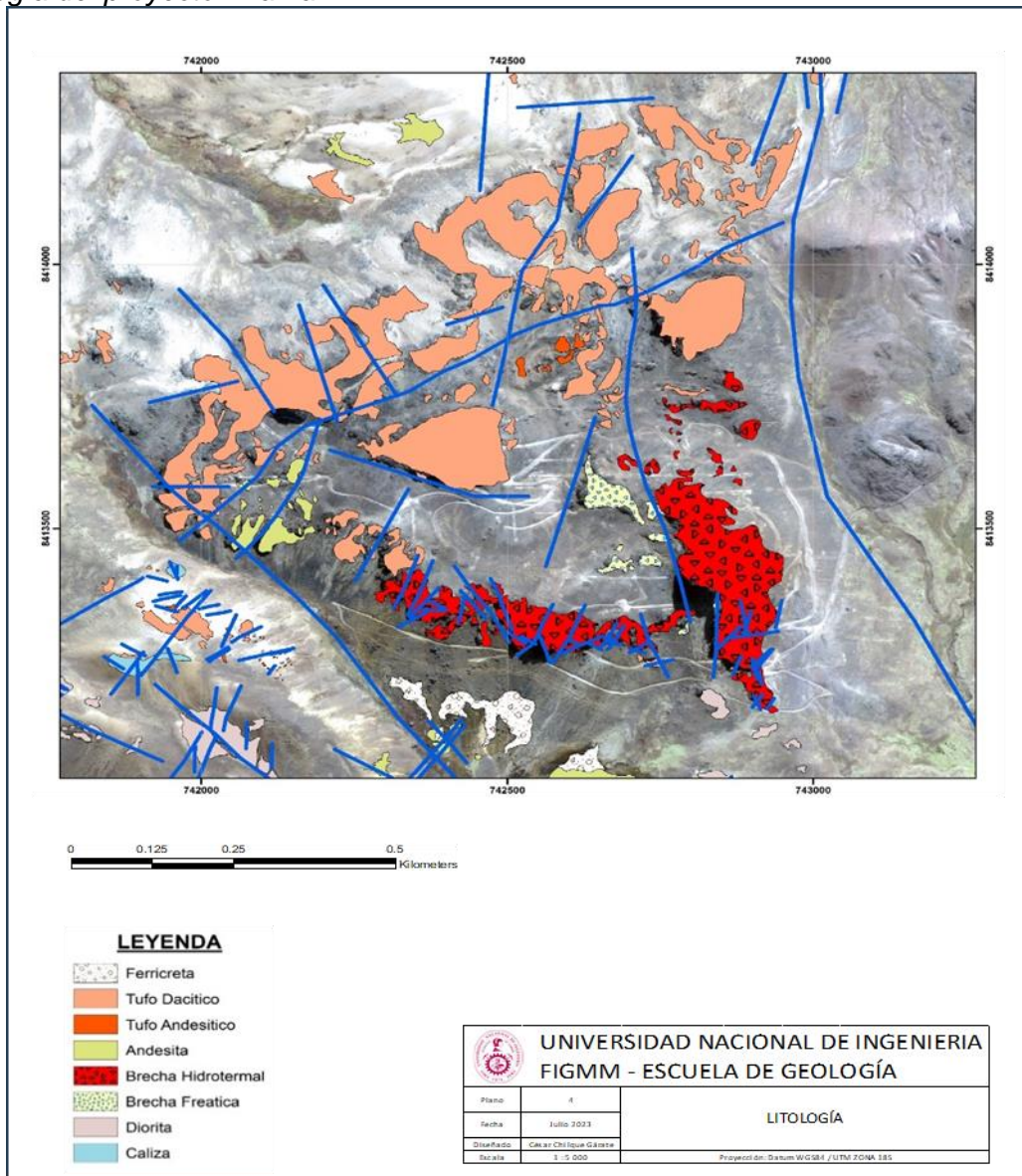
Litología

Principalmente en las partes bajas se presentan lavas andesíticas, cortadas por un intrusivo de composición dacítica, debido a este fracturamiento se emplazan las brechas hidrotermales. La zona morrénica es producto de desglaciación del cuaternario generando

arrastre de clastos con mineralización de Au. En relación a los estudios desarrollados, se definió las siguientes unidades litológicas en la zona del proyecto. Ver Figura 20.

Figura 20

Litología del proyecto Anama



Fuente: Elaboración propia

Rocas Volcánicas

Tufos Dacíticos

Consiste de Tufos finos, Tufos clásticos y Tufos de cristales, se reconocen por la presencia de ojos de cuarzo en su matriz. Los tufos dacíticos presentan estratificación sesgada producto de la erosión contemporánea, tienen buena porosidad hallándose muy receptivos ante cualquier tipo de fluido mineralizante, y han sido cortados por intrusivos

subvolcánicos (domos de composición andesítica), generando como producto de estas intrusiones, porosidad secundaria que los hacen aún más receptivos

Los tufos dacíticos afloran hacia el sector Norte central del proyecto Anama, con extensión hacia el Este, ocupando el nivel más superior en cota a lo largo de aproximada de 50 Ha. Por el control estructural que lo afecta, presenta alto grado de alteración a Sílice Masiva, Sílice Granular, Sílice Gris en la matriz y en algunas venillas, Sílice Vuggy, y Sílice Clay asociado con la presencia de alunita cremosa a rosada; en el sector Nor-Este se identificó leve presencia de Sílice Jaspe de forma aislada, que no presenta relación a las demás alteraciones.

Tufos Andesíticos

Probablemente sean tufos singenéticos con los domos andesíticos, es decir formarían parte de su etapa explosiva; se encuentran rodeando al intrusivo subvolcánico (domo andesítico), son de coloración gris-verdosa a tonalidad violácea de grano fino a medio, con textura porfirítica, sus principales minerales constituyentes son horblendas y plagioclasas, en ocasiones presenta clastos del domo andesítico de diferente tamaño, evidenciando una etapa explosiva del domo. Por la textura podríamos afirmar que son buenos receptores para la mineralización, sin embargo, en la zona de estudio no se los puede observar casi frescos, el ascenso y formación del domo en la zona ha generado una serie de materiales de composición andesítica. Se identificó los siguientes tufos:

- Tufos clásticos: Consiste de tufos con textura porfirítica presentan fragmentos líticos de tamaño lapilli, pertenecientes a tufos andesíticos porfiríticos de color marrón verdosos a violáceos; de alteración propilítica débil, a evidencian aproximadamente a 50 metros del lado Este de la concesión, extendiéndose hacia el Norte y Sur.
- Tufos finos: Consiste de tufos de grano fino y coloración gris verdosa, se observan formando sub-horizontes intercalado con tufos finos de color blanquecino y textura porfirítica, en algunas áreas se encuentran argilizados y propilitizados en otros casos casi frescos, afloran al Norte de la concesión.

Domos e Intrusivos

Domo Andesítico

Debido a las condiciones geológicas que se pueden apreciar en superficie. El área donde se ubica el "Proyecto Anama" ha sido afectada por una serie de pulsaciones como resultado de la reactivación de cámaras magmáticas más profundas y las cámaras intermedias por calor, originando la ascensión de intrusivos subvolcánicos (domos) en estado seco del tipo andesítico y dacítico, de textura porfirítica, color gris verdoso, gris oscuro y amarillento, mayormente se encuentran frescos y débilmente propilitizados en sus bordes, intruyendo a las rocas preexistentes del volcánico Tacaza de tufos dacíticos (tufos de cristales), generando durante la intrusión porosidad secundaria, y el desarrollo sectores de interés económico a lo largo de toda la zona de contacto.

Hacia el Sur-Este del depósito (zona de bofedales) aflora parte del cuerpo de un domo de composición andesítica, en estado casi fresco y con importante porcentaje de pirita (aproximadamente 5%). Este se elonga con una dirección N 30° a 40° W, con dirección de flow banding que oscila entre N 40°W y N-S y buzamientos que van de 50 a 70° al Nor-Este y Este. Al NE del proyecto Anama (zona del pad de lixiviación) la magnetometría permitió identificar un cuerpo magnético (posible domo andesítico), también en estado casi fresco.

Domo Dacítico

En el sector Norte de Anama, en contacto directo con los tufos dacíticos y rocas andesíticas, se evidencia la presencia de un intrusivo subvolcánico de composición dacítica, de emplazamiento casi E-W y aparentemente originó fracturamiento y permeabilidad secundaria en el lugar, se observa ojos de cuarzo en una matriz silicificada, donde la silicificación no es producto de la alteración sino propia de la roca en su formación.

Intrusivos

Hacia el NE del área de estudio aflora un pequeño cuerpo intrusivo de composición diorítica (constituido de plagioclasas, hornblendas y biotitas), este se encuentra levemente argilizado y sin evidencia alguna de mineralización económica.

Brechas Andesíticas

Son brechas constituida por fragmentos de roca de composición andesítica, porfiríticas, sericitizadas y argilizada; en una matriz compuesta por arcillas, cuarzo y óxido. En sectores de contacto con sílice, la silicificación varía de intensidad moderada a débil.

Depósitos Fluviales

Son depósitos formados por material acarreados por el agua de las quebradas, constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas, estos se encuentran ordenados granulométricamente, presentando estratificación.

Depósitos de Turba

Depósitos conformados por acumulación de material orgánico vegetal sobre una planicie constituida por arcilla, limos y gravas; se conservan saturados y en superficie, desarrollados de forma aislada y originados por afloramiento de aguas subterráneas.

2.1.10 Geología Económica

Alteraciones

De acuerdo con estudios realizados por el área de Geología de Exploraciones Anama (2011-2013), las alteraciones identificadas en el depósito son características de sistema epitermal de alta sulfuración, donde mineralización económica se da por la presencia del Au tipo diseminado. Clasificando las alteraciones principales en: Sílice Vuggy (SV), Sílice Masiva (SM), Sílice Granular (SG), Sílice Alunita (SA), Sílice Clay (SC), Argílica o Clay (C) y finalmente Propilitica (P). Ver Figura 25.

Hacia niveles más altos del depósito se ubica el domo dacítico en contacto con algunos tufos de la misma composición, con importante presencia de Sílice Granular y Sílice Clay, en algunos sectores la Sílice Vuggy sin conseguir el predominio ante las demás alteraciones, la Sílice Masiva se concentra en su mayoría hacia el sector Nor-Este de la concesión y en menor proporción en sectores brechados del tufo (estando presente en los clastos). Existe bastantes evidencias de alunita sacaroide de color cremoso-amarillenta y rosada, asociada generalmente a los niveles argilizados y a sílice granular.

En la zona intermedia se identificó un sector de transición entre las rocas de composición dacítica (domo y tufos) y las rocas andesíticas, se caracteriza por presentar intensa silicificación (Sílice Masiva en la matriz y venillas, Sílice Vuggy, Sílice Granular, y pequeños horizontes de Sílice Clay), que han obliterado la roca. En este nivel la roca presenta un alto grado de brechamiento y craquelamiento, notando que los clastos son más silicificados (Sílice Masiva), y la matriz de la roca se encuentra asociada a Sílice Granular y niveles levemente argilizados, debido a la influencia del control estructural

El nivel inferior se caracteriza por albergar a la roca andesítica (posible domo andesítico), en contacto con algunas secuencias tufaceas de composición andesítica y dacítica, siendo la andesita un paquete de más de 350 metros de potencia. Las rocas se encuentran alteradas a Sílice Masiva y Sílice Granular, en este nivel aún se reconoce la textura de la roca, lo que no sucede en el nivel intermedio donde la textura está obliterada. La andesita silicificada presenta un alto contenido de pirita diseminada, de modo que convierte a la roca en poco atractiva para la recuperación metalúrgica.

A continuación, se procede a describir las alteraciones identificadas en el Proyecto Anama:

Sílice Masiva (SM): Roca microcristalina y densa, se encuentra debajo de la sílice granular y forma grandes masas, en niveles intermedios a profundos en el sistema. Se forma por la interacción de aguas meteóricas frías de baja acidez, con fluidos ascendentes ácidos a alta temperatura. Ver Figura 21.

Figura 21

Roca con alteración SM



Fuente: toma propia

Sílice Granular (SG): Roca porosa, poco compactada y de textura sacaroides. Formada por lixiviación ácida y generalmente se encuentra en los niveles más altos del sistema. Ver Figura 22

Figura 22

Roca con alteración SG



Fuente: toma propia

Sílice Alunita (SA): Roca que presenta Alunita fina blanquecina, cristales blancos en cuerpos profundos de sílice-pirita dentro del sistema Alunita fina cristalizada, con sílice granular en las partes altas de sistema. Como se observa en la Figura 23.

Figura 23

Roca con alteración SA



Fuente: toma propia

Sílice Clay (SC): Gradando a una sílice alunita, se identifican arcillas tales como: dickita, pirofilita, donde se aprecia una textura porfírica. Es frecuente el intercrecimiento de arcillas en la matriz de roca con argilización de fenos. Como se muestra en la Figura 24

Figura 24

Roca con alteración SG



Fuente: toma propia

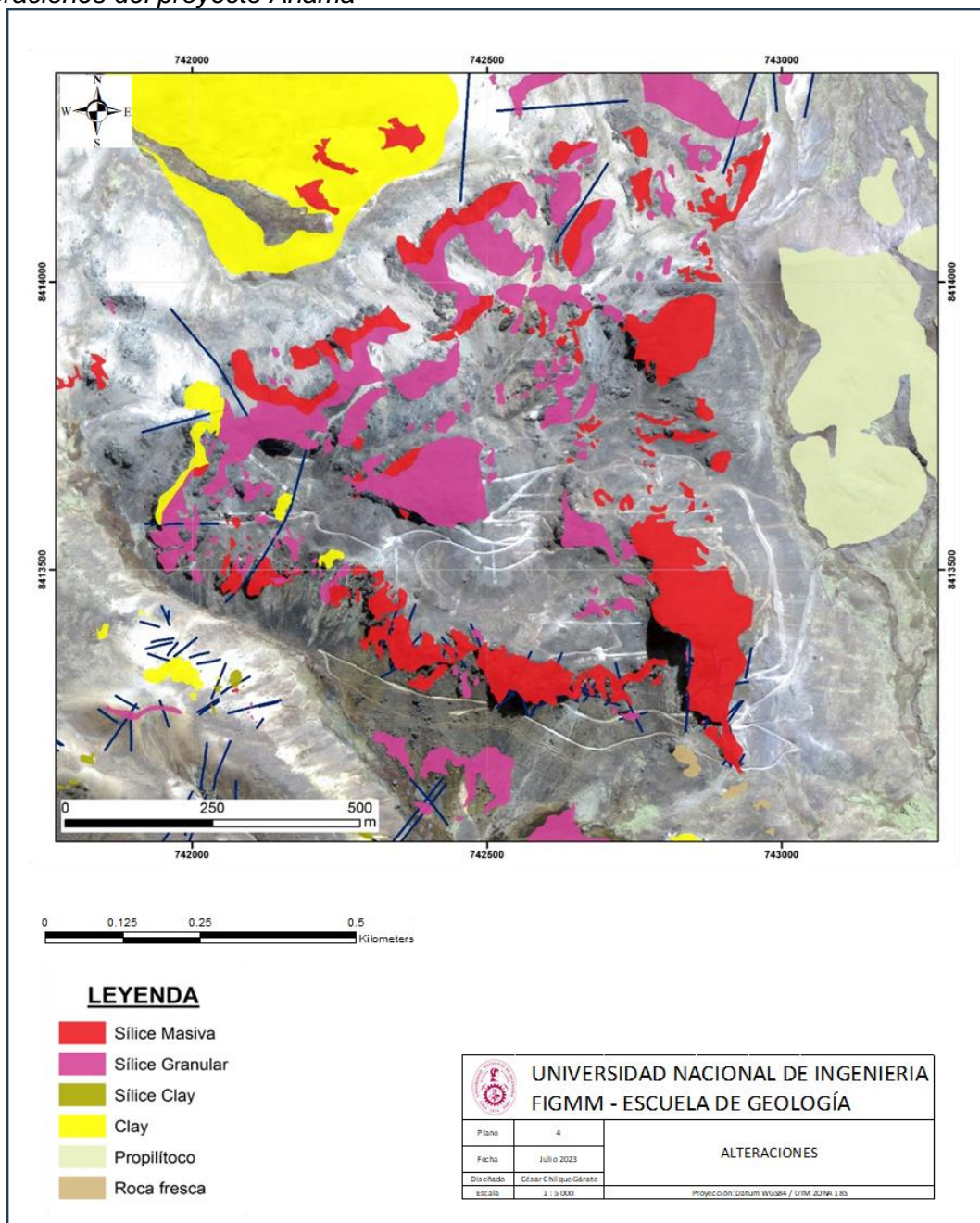
Argílica (C): Denominada también clay, se aprecia claramente el protolito con textura de flujo, se observa la matriz de roca argilizada. Dentro de las arcillas

predominantes se identificó la illita, caolinita y esmectita. Esta alteración se evidencia hacia el Oeste y Nor-Oeste del depósito.

Propilítico (C): Se caracteriza por la presencia de cloritas y muy escasa epidota, evidenciado en las partes bajas del proyecto Anama. En tramos va gradando a una roca fresca.

Figura 25

Alteraciones del proyecto Anama



Fuente: Elaboración propia

Mineralización

Los estudios realizados en el proyecto por el área de exploraciones, consideran que el depósito (zona de tajo y alrededores) presenta alto potencial en oro, identificando que el sector SW presenta valores geoquímicos en superficie, catalogándolo también con alto potencial en Oro y Plata.

García (2010) en su informe “Reporte Geología Proyecto Anama” indica que el tipo de ocurrencia de la mineralización es diseminado de oro, esto desde el nivel superior (contacto domo dacítico y tufos de la misma composición) ubicado en el sector NE del depósito, considerado el nivel más superior de la zona de interés (de más altas cotas), en comparación a niveles inferiores.

En el nivel intermedio del depósito se da contacto de tufos dacíticos, andesíticos y el domo dacítico. Es el nivel más importante por su potencial mineralógico, compuesto generalmente por óxidos de hierro con (limonitas, hematitas y goethita) alojado en fracturas y oquedades de la roca que conforman, donde los óxidos tienen relación directa con las leyes más altas de oro. Presenta una potencia vertical de aproximadamente de 100 metros que abarca toda la superficie del depósito.

Bajo el nivel de óxidos predomina la presencia de la roca andesita componente del domo en contacto con algunos tufos andesíticos y dacíticos, y presenta valores de oro vinculado a la marcada presencia de pirita diseminada, en este nivel las concentraciones de oro son inferiores con tendencia disminuir conforme se profundiza.

Las fallas tensionales NE (N-S a N 30°E), marcaron el camino ascendente de fluidos mineralizantes y sus zonas de influencia se encuentran con evidente Silicificación Masiva, Granular y Vuggy, cortada por un venilleo de sílice gris. Los fluidos tardíos con Sílice Gris reportan las mejores concentraciones de Au y cortan a todos los demás eventos litológicos, de alteración y mineralización.

Hacia el nivel intermedio, existe una brecha mineralizada de origen hidrotermal con clastos subangulosos y silicificados, enriquecida con óxidos de hierro (limonita, Hematita, Goethita) en la matriz, emplazado con una dirección N60°W – S60°E, potencia que varía

de 100 a 120 metros, y una longitud promedio de 400 metros. En superficie esta estructura contiene valores altos en oro de 2.5 g/t (en promedio), que disminuye con la profundidad.

2.1.11 Depósitos Epitermales

Gil M. (2006) Un depósito epitermal se describe como un depósito de minerales formado a niveles corticales, entre 1 a 2 km de profundidad desde la superficie terrestre a partir de fluidos hidrotermales. Los estudios de campos geotermiales actuales, estiman que estos depósitos epitermales se forman, en general, entre 160°C a 270°C y durante la formación del depósito, los fluidos hidrotermales pueden llegar a superficie como fuentes termales. Estos depósitos se encuentran cerca de vulcanismo activo, cerca de los márgenes activos de continentes o arcos de islas y son fuentes de importantes metales preciosos como Au, Ag y pueden contener cantidades variables de Cu, Pb, Zn Bi, etc. En la Figura 26 Camprubí y Albinson (2006), presentan las principales características de los depósitos epitermales y su clasificación.

Figura 26

Comparación entre las características de los depósitos epitermales

	Epitermales alcalinos (BS y SI)		Epitermales ácidos (AS)		
	Somero	Profundo	Somero	Intermedio	Profundo
<i>Rocas volcánicas relacionadas</i>	Andesitas-riodacitas (AR), riolitas-basaltos bimodales (RB), alcalinas (A)		Andesitas-riodacitas, dominadas por magmas calcoalcalinos		
<i>Profundidad de formación</i>	0-300 m	300-800 m (muy raro >1000 m)	<500 m	500-1000 m	>1000 m
<i>Contexto; roca de caja típica</i>	Domos; rocas piroclásticas y sedimentarias	Domos, diatremas (AR, A); rocas piroclásticas y sedimentarias	Domos, surgencia central; rocas piroclásticas y sedimentarias	Domos, diatremas; rocas volcánicas	Domo-diatrema; pórfidos, rocas volcánicas y sedimentarias clásticas
<i>Morfología del depósito</i>	Vetas, enjambres de vetas, stockwork, diseminaciones	Vetas, cuerpos brechificados, diseminaciones	Diseminaciones, brechas y vetillas	Vetas de sulfuros masivos, brechas	Diseminaciones, vetillas, brechas
<i>Texturas de las menas</i>	Bandas delgadas, crustiformes, en peine, brechas	Bandas gruesas	Cuarzo oqueroso de reemplazamiento	Sulfuros masivos, vetas o brechas tardías	Reemplazamiento
<i>Alteración</i>	Capa de alunita-kaolinita, halo de arcillas	Arcillas, sericita, carbonatos; roscoelita, fluorita (A)	Silícica (oquerosa), cuarzo-alunita	Silícica (oquero-sa), cuarzo-alunita, pirofilita-dickita-sericita	Pirofilita-sericita, cuarzo-sericita
<i>Minerales de ganga</i>	Calcedonia-adularia-illita-calcita	Cuarzo-carbonatos-sericita-adularia ± barita ± anhidrita ± hematites ± clorita (AR)	Alunita, barita, kaolinita	Anhidrita, kaolinita, dickita	Sericita, pirofilita
<i>Sulfuros</i>	Cinabrio, estibina; pirita/marcasita-arsenopirita, seleniuros Au-Ag, sulfosales Se, pirrotita, esfalerita-Fe (RB)	Pirita-sulfuros/ sulfosales Au-Ag, esfalerita, galena, calcopirita, tetraedrita/tennantita (AR)	Enargita/luzonita, covellita, pirita	Enargita/luzonita, calcopirita, tetraedrita/tennantita, esfalerita, covellita tardía, pirita	Bornita, digenita, calcocita, covellita
<i>Metales</i>	Au-Ag-As-Sb-Se-Hg-Tl (RB), relación Ag/Au baja; metales básicos <0.1-1%	Ag-Au-Pb-Zn, Ba, Mn, Se (AR), relación Ag/Au alta; metales básicos <2-10 (20+) %	Au-Ag, Cu lixiviado (Hg superpuesto)	Cu-Au-Ag-Bi-Te-Sn	Cu-Au
<i>Características notables</i>	Sínter, capa de calcedonia (zona freática)	Algunas vetas de sulfuración intermedia, adyacentes a depósitos de AS	Capa de alteración debida a aguas calentadas por vapor	Cuarzo oqueroso (vuggy)	Superpuesto a depósitos metalíferos en pórfidos
<i>Fluidos</i>	Incremento de salinidad y temperatura		Incremento de salinidad y temperatura		Variable
<i>Denominación de tipo o subtipo</i>	Baja sulfuración (término extremo)	Sulfuración intermedia	Depósitos metalíferos en pórfidos		

Fuente: Camprubí y Albinson, "Depósitos Epitermales en México", 2006.

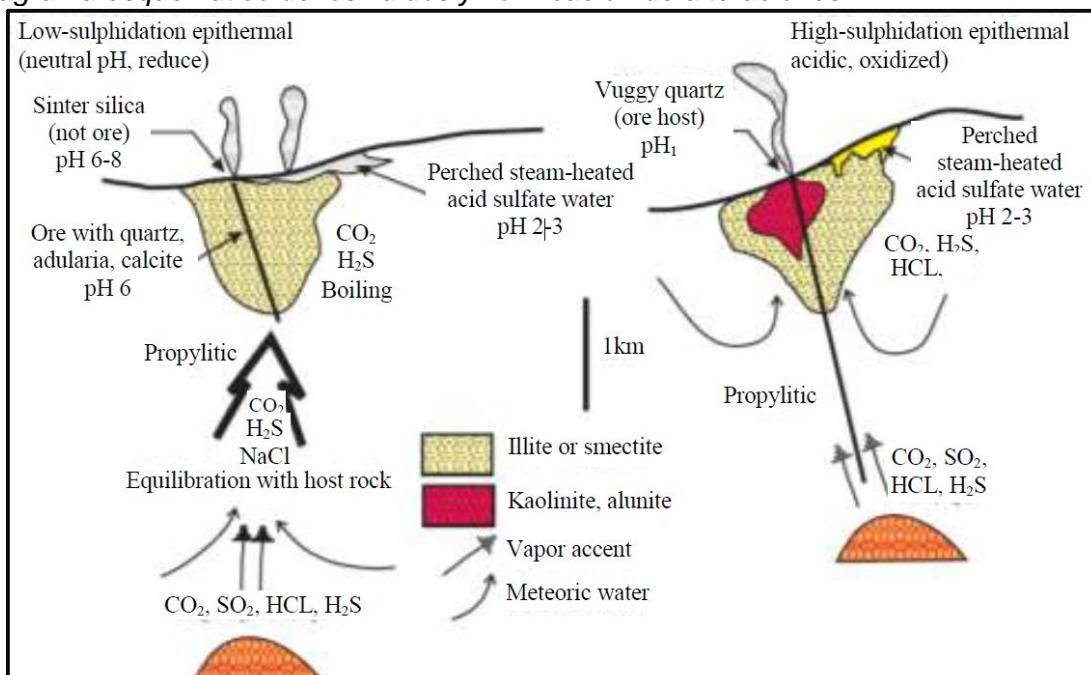
2.1.12 Depósitos Epitermales de Alta Sulfuración

Berger B. (1986) Depósito Epitermal de alta sulfuración, denominados también tipo ácido-sulfatos por la geoquímica de sus fluidos hidrotermales, cuarzo-alunita o caolinita-alunita por su mineralogía de alteración, o tipo de alta sulfuración en referencia al estado de oxidación de los fluidos ácidos responsables de la alteración y mineralización.

Hedenquist (1994) Los sistemas epitermales de alta sulfuración y sus minerales, se asocian con fluidos ácidos y oxidados, generados en un ambiente magmático-hidrotermal cerca a los volcanes jóvenes. En un ambiente de alta sulfuración, los componentes que derivan de una fuente magmática oxidada, llegan a superficie con poca interacción agua-roca. Los vapores ricos en HCl y SO₂ en ocasión es absorbida por aguas subterráneas, generando un fluido caliente (200-300°C) ácido (pH 0-2) y oxidado que reacciona con la roca huésped en aguas poco profundas llegando a lixiviarla. Ver la Figura 27.

Figura 27

Diagrama esquemático de los fluidos y zonificación de alteraciones



Fuente: White y Hedenquist, "Epitermal gold deposits", 1995.

Sillitoe (1977) Estos depósitos están asociados directamente a márgenes de subducción activos en diferentes geológicas.

Corbett & Leach (1998) En el proceso de intercambio químico durante la interacción entre fluidos hidrotermales y la roca, se generan alteraciones hidrotermales, a través de fracturas que facilitan el transporte de las soluciones. El progresivo cambio químico y mineralógico de las rocas afectadas por las soluciones, conllevan a diferentes especies minerales que agrupadas en asociaciones constituyen los grados de alteración.

Reed (1997) La alteración hidrotermal es el resultado de un proceso, donde las características mineralógicas, químicas y morfológicas brindan información de las condiciones termodinámicas del fluido hidrotermal que las generó. Se reconoce varios tipos de alteración hidrotermal, controlados por la composición del fluido hidrotermal, composición de la roca huésped, temperatura, pH, Eh, razón agua/roca y tiempo de interacción.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Malla

Grillado construido por las áreas de geología y planeamiento, que es ubicada en campo por topografía con ayuda de tacos donde se indica el banco y número de proyecto.

2.2.2 Banco

Nivel que define la cota a la cual se realizara la perforación de los taladros de producción, tiene la característica de tener 8 metros de espesor.

2.2.3 Taco

Pedazo de madera en forma triangular, donde se coloca el número de banco, número de proyecto y la numeración correlativa de cada uno de los pozos a perforar.

2.2.4 Blasthole

Conocido también como cono, taladro de producción primaria o taladro de voladura, generado por la perforación vertical del equipo de perforación (DM-45) en el banco a perforar desde la superficie hasta la profundidad de 8 metros. Genera acumulación de material sobre la superficie, importante para la caracterización y proyección geológica.

2.2.5 Cono de perforación

Material acumulado en forma cónica en la parte superior del blasthole, generado durante la perforación con DM-45, conformado por detritos de roca.

2.2.6 Geosegmentos

Polígonos cerrados y curvos que delimitan una zona con características geológicas especiales como litología, alteraciones y zona de óxidos.

2.2.7 Alteración

Se definirá a la alteración predominante, como resultado del mapeo de blasthole.

2.2.8 Logueo de blasthole

Acción de describir los fragmentos del cono de perforación, en base a criterios geológicos propios del depósito.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Metodología de la investigación

En este capítulo se describe el desarrollo metodológico del presente trabajo de investigación, a partir del tipo de investigación, el enfoque, el alcance, las técnicas de recolección de información, tratamiento y análisis de datos, con la finalidad de reducir la discrepancia de valores de las leyes en una misma zona de muestreo.

3.1.1 Tipo y Diseño de la Investigación

Enfoque

Debido a que los datos son productos de mediciones representados mediante números, desde el punto de vista de enfoque el tipo de la investigación del presente trabajo es del tipo cuantitativa. Hurtado (2010) en su análisis señala que la investigación cuantitativa alude a técnicas de recolección y análisis de datos y podría estar haciendo alusión al positivismo o al empirismo, considerando que para establecer conocimiento valido es indispensable la experimentación.

Esta investigación está relacionada fundamental y metodológicamente con el nivel no experimental, comprobando mediante recolección de datos, si los métodos actuales de muestreo son eficaces en la labor de muestreo, analizando la variación de datos de manera eficiente e identificando oportunidades de mejoras de manera objetiva, produciendo cambios en las técnicas en caso sea necesario.

Alcance

Desde el punto de vista de alcance el tipo de la investigación es explicativo, puesto que se va explicar la importancia de actualizar los protocolos de aseguramiento y control de la calidad, y como reducir la discrepancia de leyes en una misma zona de muestreo en operaciones a tajo abierto.

Diseño de la Investigación

Con el propósito de reducir las discrepancias de valores de las leyes en una misma zona de muestreo basada en la actualización de los protocolos de aseguramiento y control

de la calidad en el Proyecto Anama, el diseño de la presente investigación es no experimental.

Debido a que se basa en la recopilación de datos históricos de muestreo, específicamente leyes de mineral, desarrollando una investigación que será comparada y analizada sin manipulación deliberada, manejando datos numéricos, empleando métodos cuantitativos de análisis que servirá para conocer la variable en su ambiente real. Identificando causas y enfatizando el control y buscando generalizar más que limitarse a un contexto.

3.2 Desarrollo del trabajo de investigación

El presente trabajo de investigación, se desarrollará en tres etapas partiendo de la recolección de datos, el procesamiento de la información y finalmente el análisis de la información.

La recolección de datos, comprende desde la observación, la recopilación documental de los procedimientos de muestreo en operaciones a tajo abierto y recopilación de leyes de muestreo, la demarcación de las mallas de perforación, las herramientas utilizadas en el proceso de muestreo, el método de muestreo, la codificación de muestras, los criterios de inserción de muestras de control, actividades que permitirán identificar deficiencias y oportunidades de mejora en todo el proceso.

El procesamiento de la información, consistirá en la codificación de la información para transferirlos a tablas, guardando en archivos "csv" libre de errores, lo que permitirá su visualizar los datos de acuerdo con los softwares seleccionados, permitiendo analizar descriptivamente mediante gráficas estadísticas, evaluando confiabilidad, validez y objetividad de los procedimientos actualizados.

En el análisis de la información, se va organizar y sintetizar todos los datos obtenidos en las tablas estadísticas y en los softwares, a través de reportes que sustenten el desarrollo del presente trabajo de información y representen un valor agregado.

Taladros de Producción (blasthole)

El equipo DM-45, desarrolla la perforación por rotación-trituración, método de intenso desarrollo en la actualidad, en el muestro de detritos en minas a tajo abierto, se emplea brocas tricónicas de 6 pulgadas de diámetro formadas por tres conos dentados acoplados a un cuerpo fino, como se muestra en la Figura 28. Los conos dentados giran alrededor del eje de la broca, mientras entra en movimiento triturando la roca.

Figura 28

Brocas tricónicas.



Fuente: Rojas, Implementación de programa de aseguramiento y control de calidad para el muestreo de detritos de depósitos tipo pórfido de cobre, 2019.

Esta etapa de perforación frente a una deficiencia de supervisión o exceso de confianza podría generar sobreperforación, contaminación de muestra y error en la codificación de taladros. Por lo cual un personal debe medir sistemáticamente la profundidad de perforación con ayuda de una wincha, coordinando constantemente con el perforista la profundidad del taladro ejecutado.

Durante la ejecución del taladro de producción, las perforadoras DM-45, dispone de faldones, para que el detrito que se va generando una vez iniciado el proceso de rotura de la roca, no se extienda en una superficie muy amplia, evitando una emisión de polvo por acción propia del viento que afecte la calidad del material que será muestreado, además de velar por la salud del personal que realiza la actividad.

Logueo de blasthole

La actividad de logueo se realiza en correlación con la malla de perforación, para obtener las características geológicas propias de cada blasthole. El registro geológico se realiza inmediatamente al terminar de perforar cada pozo y en el menor tiempo posible, esto para evitar la contaminación al que está expuesto el cono por presencia de polvo, precipitaciones, derrame de hidrocarburos, entre otros.

Para iniciar este proceso se recopila información de cada blasthole perforado, ubicándonos en el campo de acuerdo al banco y proyecto a mapear. Posteriormente identificamos los conos de perforación (Ver Figura 29) con ayuda de la malla pre establecida mediante los triángulos pequeños de madera dejados en el campo por el personal del área de perforación, cada uno de estos “tacos” tiene la numeración del pozo. Por ejemplo, si en el taco de madera tiene la codificación BC 4856 Py-14, significa que nos ubicamos en el Banco 4856 y número de proyecto 14.

Figura 29

Descubrimiento del cono de perforación



Fuente: Toma propia

Luego en el cono de perforación, con ayuda de una pala de muestreo se descubre la cobertura que podría estar contaminada, si el área se encuentra cargada de explosivos, se realiza el procedimiento con la previa autorización del supervisor encargado en la malla de perforación.

Durante el logueo de los detritos, el Geólogo debe contar con las herramientas adecuadas, tales como: chaleco, lupa, lápiz de dureza, gotero con agua, tablero de madera con plano de ubicación de los taladros, lápiz 2B, colores y cámara fotográfica, definiendo las siguientes características geológicas. Ver Figura 30.

Figura 30

Logueo de blasthole



Fuente: Toma propia

Litología: Permite reconocer la roca original de los detritos, el geólogo debe contar con la experiencia y alcances suficientes para identificar esta característica geológica, considerando que en su mayoría el material se encuentra alterado y triturado, sin embargo, es posible identificar la roca original. Para esta actividad se colocarán las litologías abreviadas (Ver Tabla 5) o en su defecto un color de acuerdo con el estándar aprobado por la gerencia de geología. Por ejemplo: para un detrito donde se identifica la andesita como litología, se pinta de color verde y la codificación es las letras AND.

Tabla 5*Tipos de Litologías*

Codificación	Descripción
AND	Andesita
BX	Brecha
DAC	Dacita
TUF	Tufo
Tf_AND	Tufo Andesítico
Tf_DAC	Tufo Dacítico

Fuente: Elaboración propia

Alteración: Debido al tipo de yacimiento (Epitermal de alta sulfuración), tenemos alteraciones típicas características que se deben identificar. Considerando siempre la alteración predominante entre los detritos, principalmente se usa el criterio de > 60% en caso se observe más de una alteración, se agregará un comentario escrito o gráfico, indicando el porcentaje de alteraciones observadas, además de señalar la ubicación vertical, ya sea techo cuando la alteración identificada se encuentre cerca la superficie o piso cuando sea en la parte más profunda. Respetando la simbología y colores estandarizados en el área de Geología. Ver Tabla 6.

Tabla 6*Simbología de Alteraciones*

TIPO DE ALTERACIÓN	DESCRIPCIÓN	CODIFICACIÓN	COLOR DE SIMBOLOGÍA
Sílice granular	Sílice lixiviada o residual	SG	
Sílice vuggy	Sílice lixiviada o residual	SV	
Sílice masiva	Silicificación	SM	
Sílice alunita	Argílica Avanzada	SA	
Sílice clay	Argílica Avanzada	SC	
Clay	Argílica Avanzada	C	
Porfírica/resca	Porfírica/Sin alteración	P/F	

Fuente: Elaboración propia

En este proceso es importante observar la coloración de los detritos que es característico de cada tipo de alteración. La alteración propilítica (P) muestra coloraciones verdosas debido al contenido de minerales como: biotita, epidota, pirita, clorita, hornblenda entre otros.

Las coloraciones opacas se dan con frecuencia en materiales con sílice dura, tanto en blanquecinas y con tonalidades a rojizas son típicos de la sílice granular (SG), sílice

vuggy (SV) o sílice arcilla (SC). Así mismo, la coloración plomiza oscura es típica de la alteración argílica (C).

También sirve de ayuda determinar el tamaño de los fragmentos, cuando los fragmentos son pequeños es típico de sílice granular o argílico. Finalmente se considera el aspecto de la sensación al tacto.

Con todo lo anterior mencionado, el geólogo de logueo es capaz de determinar el tipo de alteración. La Sílice Masiva (SM), tiene fragmentos no plásticos, ásperos al tacto, con fragmentos silíceos medianos a grandes con diámetros de 1 a 3 centímetros, de color gris, así como oxidados.

La Sílice Granular (SG) es un fragmento no plástico, semi esfero al tacto, fragmentos sub anguloso, y se observa como una arena silícea semi suave.

La Sílice Alunita es plástica, de aspecto semiaspero a suave, con fragmentos sub angulosos a sub redondeados y en ocasiones redondeados, además de observarse como una arena silícea con arcillas. La Sílice Clay es plástica, con presencia de sílice, caolinita, illita, motmorillonita, suave al tacto, con fragmentos sub redondeados, de fácil disgregación y color típico gris, en caso de la ausencia de la sílice estamos frente a una alteración (Clay) dominada por arcillas. La alteración Propílica (P) es no plástica, contiene biotita, epidota, pirita, clorita y hornblenda, áspero al tacto, con fragmentos sub angulosos y coloración verdosa, casi frescos.

Cuando el blasthole presenta alteración argílica (arcillas con presencia pirita), se indica el no muestreo de esta área, puesto que, si el material argílico tuviera valores de oro, sería catalogado de igual manera como desmonte y no iría al pad de lixiviación como destino final. Esta información litológica permite la generación de geo segmentos de alteración.

Zona Mineral: Tener en consideración que esta es una característica logueada de manera empírica de acuerdo a consenso con la gerencia de geología, que define el contenido de óxidos y sulfuros.

Consideramos zona de “Óxidos” cuando los fragmentos no contienen presencia de minerales sulfurados observados con la lupa (principalmente pirita). En caso exista sulfuros, en proporción menor al 15% del material total del cono, se considera una zona “Mixta”, en su defecto, si el porcentaje de pirita es superior al 15% estaremos en una zona de “Sulfuros”.

Esta información litológica permite la generación de geo segmentos de zonas, donde se caracteriza zona de óxidos, mixtos y sulfuros, importante en la generación de los planos finales de mineral y desmonte.

Método de muestreo de blasthole

En el proyecto Anama, de acuerdo a la capacidad de los recursos, personal y procedimientos de trabajo ya establecidos, en el muestreo de taladros de producción (blasthole) se emplea herramientas de mano como pala y cucharón de muestreo, se realiza el muestreo de paredes de canal, que no es el mejor método, sin embargo, está ya establecido como método de muestreo para el área de Geología. Y será materia de estudio en el presente trabajo de investigación.

Figura 31

Blasthole a muestrear



Fuente: Toma propia

El muestreo de blasthole es uno de los trabajos más importantes y de gran cuidado, hacerlo bien dependerá todo el proceso productivo posterior, desde la producción en operaciones mina, lo colocado en el pad y el destino exacto al que debe ir el material extraído (Mineral o Desmonte).

Por consiguiente, el muestreo es fundamental en las decisiones que se toman con respecto a un proyecto minero, desde la exploración, hasta el cierre de la mina. Además, de acuerdo a los valores obtenidos del material muestreado se define el rumbo de millones de dólares de inversión.

En la aplicación del método de muestreo, se consideró las recomendaciones de muestreos en corte radial, según Alfaro 2012, obteniendo la mayor equiprobabilidad, necesario en una muestra representativa, a pesar del empleo de más tiempo y mayor cantidad de muestra.

Para el presente trabajo se actualizó el método de muestreo y se realiza cortando el cono en 4 tajadas de torta, con el objetivo de obtener una muestra representativa, de material grueso y fino es mediante toma de tajada (radial). Comúnmente las rumas de material en el cono, no se presenta de forma perfecta (que sería lo idea), por ello se toma en 4 puntos para obtener la muestra más representativa, identificando primero el lado más alto del cono donde se concentra la mayor cantidad de material, y partir de ello generar 4 tomas de muestra seleccionando material de las paredes de cada canal, que luego es homogenizado y cuarteado Es el tipo de muestreo empleado en otras compañías con el mismo tipo de yacimiento. Ver Figura 32.

Figura 32

Muestreo en cono de perforación actualizado

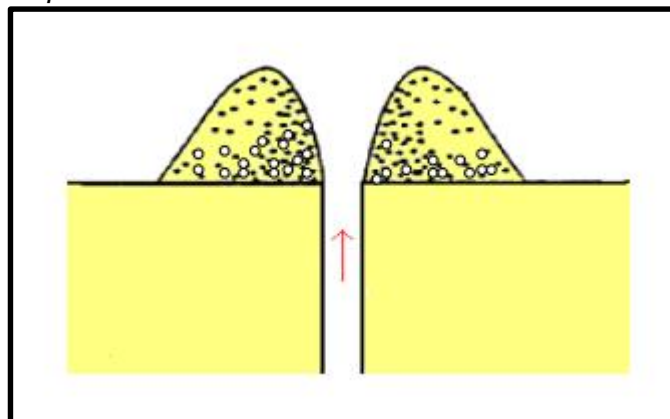


Fuente: Toma propia

Este proceso inicia con la perforación de aire reverso, donde los equipos DM-45 del área de Voladura, perforan los bancos en pozos verticales de 8 metros de profundidad, obteniendo rums de material de roca triturada en forma de cono, donde el material más grueso se asienta a la base y los más finos hacia arriba, como se muestra en la Figura 33.

Figura 33

Esquema de cono de perforación

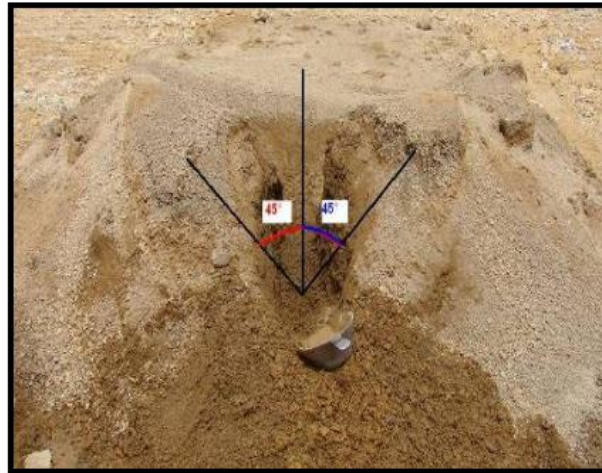


Fuente: Alfaro, Introducción al muestreo minero, 2012.

Para lograr una muestra representativa de todo lo perforado, el material acumulado debe formar inclinaciones de 45 grados, como se observa en la Figura 34.

Figura 34

Esquema de cono de perforación

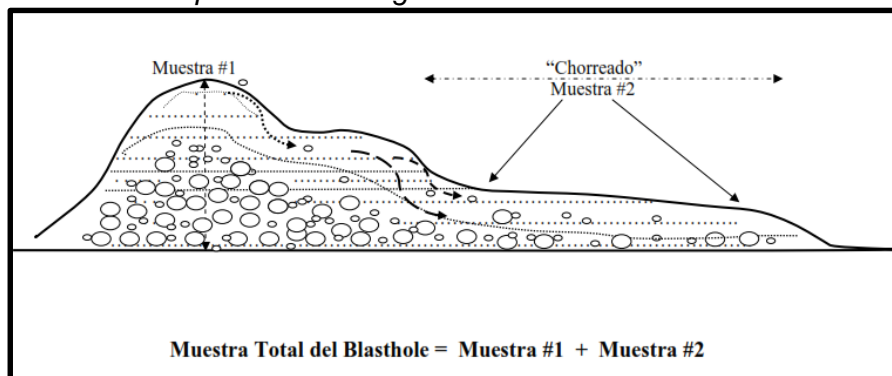


Fuente: Toma propia

Sin embargo, hay casos donde el cono se presenta de forma irregular y de baja altura, debiendo realizar el mismo procedimiento para recuperar lo que se pueda y evitar contaminar la muestra. Con la particularidad que también se obtiene una muestra de la parte chorreada. Ver Figura 35.

Figura 35

Esquema de cono de perforación irregular



Fuente: Alfaro, Introducción al muestreo minero, 2012

Luego del corte en forma de tajadas y teniendo expuesto la secuencia de perforación completa, se procede a recolectar la muestra de material con ayuda de un cucharón de muestreo en ambas caras del canal, iniciando de la parte inferior hacia arriba a lo largo de la pared.

La muestra recolectada se coloca en una bandeja de geomembrana limpia de cualquier material, para el cuarteo y separación de 2 a 4 kilogramos de muestra. Se

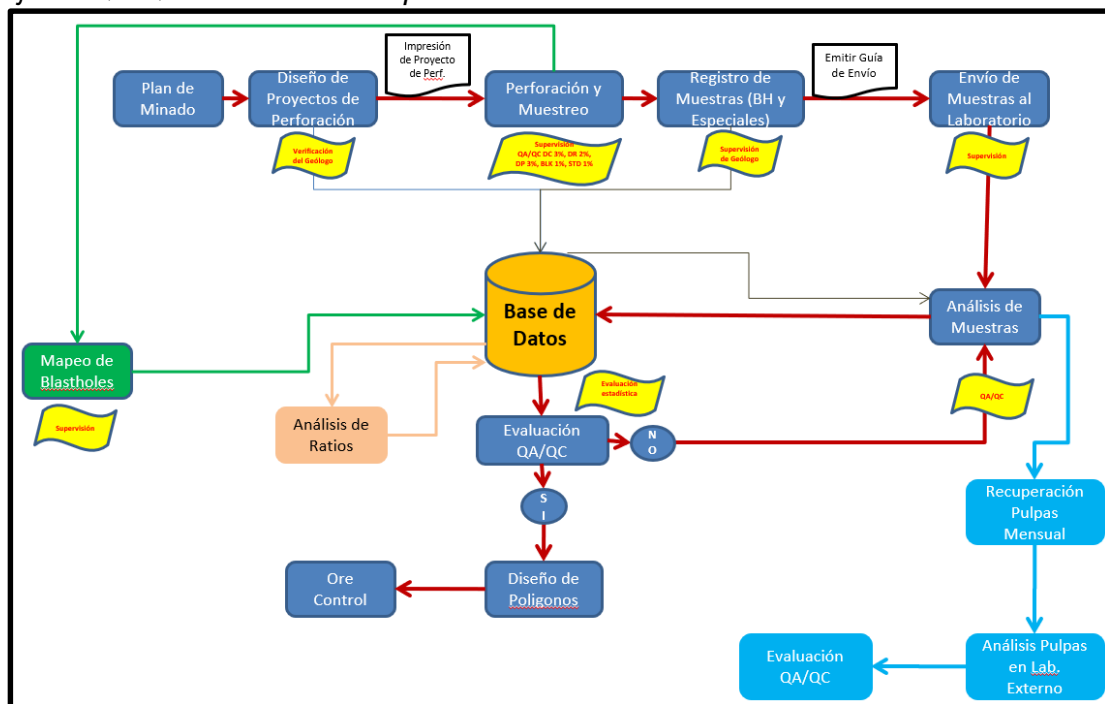
recomienda realizar esta actividad antes que el material sea manipulado por el área de voladura. En caso evidente manipulación del cono, coordinar con el geólogo supervisor y evaluar la manera de recuperar detritos para continuar con el muestreo.

QA/QC en muestras de producción (duplicados, blancos y estándares)

La implementación QA/QC en el Proyecto Anama, se materializa mediante la inserción de muestras de control en cada malla de perforación, con la finalidad de evaluar la precisión, exactitud y contaminación en el muestreo, la preparación mecánica y en la homogeneidad de la mineralización. En la Figura 36 se muestra el proceso QA/QC aplicado en este estudio.

Figura 36

Flujo de QA/QC en muestras de producción



Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de las muestras a insertar en la malla de perforación, en la impresión de los proyectos de perforación, se indica en el plano la ubicación de las muestras de control (duplicado, blancos y estándares) representando el 10% de la cantidad total de taladros blasthole programados en cada malla de perforación. Para el proceso de diseño de las mallas de perforación, el Geólogo de Mina debe participar conjuntamente

con las áreas de Topografía y Planeamiento, respecto a la ubicación y codificación de la malla que se plasmará en el terreno, previo a la actividad de perforación.

Los criterios del Geólogo, además del porcentaje de muestras a insertar, tiene como base el modelo geológico de largo plazo, por ello, la inserción de duplicados deberá ser aleatoria verificando la no inserción en los bordes de la malla de perforación, debido a que en el replanteo en campo podría presentar dificultades con la seguridad del personal y equipos, por caída a desnivel o caída de rocas de los taludes.

Las muestras de control blancas y estándares se asignarán preferentemente en zonas donde el modelo geológico indique presencia de mineral. Sin embargo, es posible la variación de la inserción de muestras de control, de acuerdo con lo que el Geólogo Supervisor vaya identificando durante el desarrollo de la perforación y muestreo, en base criterios geológicos identificados.

La actividad de perforación y muestreo debe ejecutarse bajo una atenta supervisión, verificando y garantizando in-situ, la correcta ejecución de los procedimientos establecidos.

Se debe realizar la verificación del registro y codificación de muestras antes de ser enviadas al laboratorio, para evitar errores, duplicidad e ilegibilidad de códigos.

Luego de emitidas las leyes de laboratorio, serán sometidas a procesos que aseguren y garanticen la calidad de la información que permita, generar, reportar planos y leyes finales para el siguiente proceso de producción que consta de la delimitación de mineral y desmonte.

Por ejemplo, en el Banco 4640, proyecto 32 con 349 taladros, la distribución de inserción de muestras de control, va de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 7.

Tabla 7*Muestras de control a insertar*

Muestras de control	Código de inserción	% de muestras de control	Redondeo del N° de muestras
Duplicado de Campo	DC	3%	10
Duplicado de Rechazo	DR	3%	10
Estándar	STD	1%	4
Duplicado de Pulpa	DP	2%	7
Blanco	BL	2%	7
Total de Muestras de Control			38

Fuente: Elaboración propia

La ubicación espacial de las muestras de control se coloca en el plano de muestreo, caracterizadas con un código y color de acuerdo con el tipo de control insertado. Ver Tabla 8.

Tabla 8*Colores y codificación de muestras de control*

Tipo de control	Color de inserción
Duplicado de campo	DC
Duplicado de pulpa	DP
Duplicado de rechazo	DR
Estándar	STD
Blanco	BL

Fuente: Elaboración propia

Precisión

La precisión es la habilidad de repetir constantemente los resultados de una medición en condiciones similares, en el muestreo se evalúa en:

- En el muestreo: A través de la inserción de muestras gemelas.
- En la preparación o la división: A través de la inserción de muestras duplicadas.
- En el análisis de laboratorio: A través de la inserción de muestras duplicadas de pulpa.

Las muestras de duplicados, da alcance sobre la precisión del muestro,

El criterio de aceptación, se admite que, no más del 10% de los pares de muestras debe quedar fuera del campo delimitado por la línea:

$$y = x$$

Y la hipérbola:

$$y^2 = m^2x^2 + b^2$$

con una pendiente “m” de la asíntota calculada para:

$$b = 0$$

y un error relativo (ER) según el tipo de muestra:

- Muestras de Campo (DC): ER = 30% (m=1.35)
- Duplicado de Rechazo (DR): ER = 20% (m=1.22)
- Duplicado de Pulpa (DP): ER = 10% (m=1.11)
- Tasa máxima de errores = 10% para cada tipo de duplicados

En el programa de inserción, las muestras gemelas se insertan en las proporciones mínimas de 2%, para los duplicados gruesos es 2% y duplicados de pulpa 2%, del total de muestras enviadas al laboratorio del proyecto Anama.

Exactitud

La exactitud es la proximidad de una medición a un valor “real” o aceptado como “apropiado”, se evalúa en:

- En el laboratorio Interno: A través de materiales de referencia (controles estándares). Muestras enviadas de forma anónima dentro del muestreo en campo.

Las muestras estándares (STD), son materiales de referencia preparados a partir de material del proyecto Anama, se encuentran certificados mediante análisis interlaboratorios externos que permite controlar la exactitud analítica del laboratorio del proyecto Anama. Estas muestras tienen un peso de 50 gramos y un rango de valores de ley bajo y alto (mena).

El criterio de aceptación va de acuerdo con el sesgo (S), de tal modo que:

- Si, $S \leq 5\%$, se considera “Aceptable”.
- Si, $S > 5\%$, se considera “Cuestionable”.

- Si, $S > 10\%$, se considera “Inaceptable”.

En el programa de inserción, a los controles estándares se les retira el sticker de identificación del sobre aluminizado. El número de controles a insertar debe representar el 2% de las muestras totales de la malla de perforación. En la Tabla 9 se observa los 3 tipos de estándares con que se cuenta en el Proyecto Anama, categorizados por la concentración de ley de Au.

Tabla 9

Códigos de muestras estándares

Código de estándar	Descripción	Ley (g/t)
OxA89	Ley baja	0.087
OxC109	Ley media	0.207
OxD108	Ley alta	0.689

Fuente: Elaboración propia

La contaminación

La contaminación, es la transferencia involuntaria de material de una muestra o del medio circundante a otra muestra, se evalúa en:

- La preparación: A través de blancos gruesos (BLK), que es material donde los fragmentos de roca son de tamaño similar a los detritos muestreados en las mallas de perforación, en donde el contenido de oro se encuentra bajo el límite de detección del laboratorio del Proyecto Anama (0.02 %Au). Se insertan de forma anónima en numeración correlativa con el muestreo en campo, siempre a continuación de una muestra con ley de oro.
- Durante el análisis: A través de blancos finos (BLK), que trata de material pulverizado con valores de oro por debajo del límite de detección del laboratorio del Proyecto Anama. Se insertan de forma anónima en numeración correlativa con el muestreo en campo, siempre a continuación de una muestra con ley de oro.

Se realiza el envío simultaneo de las muestras a laboratorio, con numeración correlativa de acuerdo a la malla de perforación.

Codificación de muestra

Es la actividad que consiste en llenar bolsas de polietileno de aproximadamente 2 kilogramos con el material muestreado y cuarteado previamente, evitando cualquier tipo de contaminación. Las bolsas deben presentar las siguientes características:

- Las bolsas se deben codificar con marcador permanente (plumón indeleble) de forma clara mostrando el número de banco, número de proyecto y número de blasthole. Verificar que los datos coincidan con la malla de perforación y la información que indican los tacos en campo.
- El personal de muestreo debe cerciorarse que los plumones marcadores se encuentren en buenas condiciones y realizar el rotulado de cada bolsa de manera clara y legible. Es importante siempre tener plumones de reserva.
- Para el engrapado de las bolsas, primero hacer pequeños pliegues en la parte superior de la bolsa, que garanticen que el material no salga de la bolsa o en su defecto que no ingrese algún factor externo que contamine nuestra muestra.
- En el pliegue debe insertarse también un ticket con los mismos datos rotulados en la bolsa.
- Cuando se inserta muestras de control, estas también se codifican de manera correlativa con las muestras ordinarias.

La secuencia de codificación en las muestras y etiquetas, comienza con el Número del banco, Número del proyecto y finalmente Número del blasthole, tal como se muestra en la Figura 37.

Figura 37

Codificación de muestras



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se llena manualmente las guías de envío al laboratorio con letra legible, cerciorándonos que todas las muestras sean colocadas correctamente y trasladadas al laboratorio del Proyecto Anama, para el análisis correspondiente. Ver Figura 38.

Figura 38

Registro de Muestras

ANAMA

FORMATO DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS

Fecha:
 Banco: 4640
 Proyecto: 32
 Tipo de Analisis: Au
 Total de Muestras: 35
 Área: Geología Mina
 Turno:

ITEM	CODIGO	CHECK
1	4640-32-001	ok
2	4640-32-002	ok
3	4640-32-003	ok
4	4640-32-004	ok
5	4640-32-005	ok
6	4640-32-006	ok
7	4640-32-007	ok
8	4640-32-008	ok
9	4640-32-009	ok
10	4640-32-010	ok
11	4640-32-011	ok
12	4640-32-012	ok
13	4640-32-013	ok
14	4640-32-014	ok
15	4640-32-015	ok
16	4640-32-016	ok
17	4640-32-017	ok
18	4640-32-019	ok
19	4640-32-020	ok
20	4640-32-021	ok
21	4640-32-022	ok
22	4640-32-023	ok
23	4640-32-024	ok
24	4640-32-025	ok
25	4640-32-027	ok
26	4640-32-028	ok
27	4640-32-029	ok
28	4640-32-030	ok
29	4640-32-031	ok
30	4640-32-032	ok
31	4640-32-033	ok
32	4640-32-034	ok
33	4640-32-035	ok
34	4640-32-036	ok
35	4640-32-037	ok

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración propia

Análisis de laboratorio

El laboratorio del Proyecto Anama, analiza aproximadamente 500 muestras diarias, siendo las enviadas por el área de muestreo de blasthole de Geología Mina alrededor de 120 a 160 muestras al día en dos turnos. Este análisis demora en promedio 6 horas a partir de la entrega de muestras.

En la recepción de las muestras se verifica que se encuentren en buen estado, granulometría adecuada, peso correcto de la muestra, corroborando también que la codificación en bolsas y etiquetas coincidan con los escritos en la guía de recepción. Verificando que figure la fecha del muestreo, número total de muestras y firma del personal responsable del muestreo, luego de la conformidad, el operador de laboratorio registra en la guía, fecha, hora, su nombre y firma, entregando una copia al personal de muestreo como símbolo de conformidad.

En caso se encuentre alguna observación, se procede a realizar el levantamiento siempre en comunicación con el encargado de muestreo.

Posterior a la recepción las muestras, se realiza la preparación de las muestras de acuerdo al siguiente procedimiento:

- **Secado:** Cumpliendo el procedimiento para el análisis químico se realiza el secado de la muestra, colocando la totalidad de cada muestra (400 gramos aproximadamente) en bandejas metálicas e introduciendo al horno a 150°C, hasta verificar que la muestra se encuentre completamente seca, retirándolo del horno y dejado a enfriar.
- **Chancado:** Con ayuda de un punzón de fierro y espátula se coloca la totalidad de la muestra seca en la tolva de alimentación de la chancadora de quijadas. Luego las muestras pasan por un proceso de chancado y disminución del tamaño de fragmentos.
- **Cuarteo:** La muestra retirada de la chancadora, se vierte en el cuarteador rifle, para homogenizar la muestra, una de las partes obtenidas se guarda y con la

otra parte de muestra se procede a cuarteos sucesivos, hasta la obtención de aproximadamente 200g.

- Pulverizado: Se coloca la muestra dentro del pulverizador, se programa el tiempo de acuerdo a la cantidad y al tipo de alteración del material. Terminado el tiempo, se coloca la muestra pulverizada en una manta, se homogeniza y se coloca en un sobre debidamente codificado

Finalmente, las muestras pulverizadas son analizadas por el método de absorción atómica y se reportan los resultados con formulario de remisión donde se indica, el nombre del laboratorio, la fecha de análisis, tipo de análisis, total de muestras, Centro de costos, Turno, el encargo del departamento de laboratorio, el encargado de geología, y detallando la identidad de cada muestra analizada (el número de banco, número de proyecto y número de taladro. Tal como se observa en el ejemplo de la Figura 39. Para las muestras del banco 4640, y proyecto 32.

Figura 39

Reporte de Muestras



FORMATO DE REMISIÓN DE MUESTRAS

Fecha: Total de Muestras: 35
Banco: 4640 Turno:
Proyecto 32
Tipo de Analisis Au

ITEM	CODIGO	Ley (g/t)
1	4640-32-001	0.114
2	4640-32-002	0.086
3	4640-32-003	0.074
4	4640-32-004	0.072
5	4640-32-005	0.142
6	4640-32-006	0.170
7	4640-32-007	0.682
8	4640-32-008	0.076
9	4640-32-009	0.160
10	4640-32-010	0.320
11	4640-32-011	0.112
12	4640-32-012	0.098
13	4640-32-013	0.148
14	4640-32-014	0.120
15	4640-32-015	0.122
16	4640-32-016	0.174
17	4640-32-017	0.138
18	4640-32-019	0.094
19	4640-32-020	0.104
20	4640-32-021	0.148
21	4640-32-022	0.260
22	4640-32-023	0.010
23	4640-32-024	0.094
24	4640-32-025	0.174
25	4640-32-027	0.154
26	4640-32-028	0.090
27	4640-32-029	0.214
28	4640-32-030	0.164
29	4640-32-031	0.226
30	4640-32-032	0.140
31	4640-32-033	0.104
32	4640-32-034	0.122
33	4640-32-035	0.106
34	4640-32-036	0.142
35	4640-32-037	0.154

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Procesamiento de software

Para visualizar la data obtenida en la actividad de los blasthole, se emplea el Software ArcGIS, que permite vistas rápidas comparativas entre la información de logueo

y avance de leyes reportadas por laboratorio, además de actualización dinámica de acuerdo al avance de las leyes reportadas por el laboratorio.

La importancia de este software parte desde la etapa inicial durante la generación de las mallas de perforación e inserción de muestras de control QA/QC, generando un archivo en formato Excel llamado "ImputGIS" con extensión ".csv", que presenta toda la información básica, tal como: número de banco, número de proyecto, código de taladro (dato que irá en las bolsas de muestreo y tickets), ID (es identidad final del taladro que será marcado en campo), leyes de oro, tipo de control QA/QC y las coordenadas (WGS 84) E_EJEC, N_EJEC Y Z_EJEC. La estructura se muestra en la Figura 40.

Figura 40

Archivo ImputGIS en formato Excel con extensión .csv

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Q
	COD	ID_PLAN	ID	LEY (g/t Au)	QC	TIPO CONTRÓ	E_PLAN	N_PLAN	Z_PLAN	
1	4640-32-001	1	1	0.114	S/C	S/C	742951.952	8413430.266	4640.000	
2	4640-32-002	2	2	0.086	S/C	S/C	742951.334	8413428.812	4640.000	
3	4640-32-003	3	3	0.074	S/C	S/C	742954.483	8413427.808	4640.000	
4	4640-32-004	4	4	0.072	S/C	S/C	742957.633	8413426.805	4640.000	
5	4640-32-005	5	5	0.142	S/C	S/C	742960.782	8413425.802	4640.000	
6	4640-32-006	6	6	0.170	CONTROL	STD	742958.437	8413428.697	4640.000	
7	4640-32-008	7	8	0.076	S/C	S/C	742955.724	8413430.728	4640.000	
8	4640-32-009	8	9	0.160	CONTROL	DC	742953.438	8413433.763	4640.000	
9	4640-32-011	9	11	0.112	S/C	S/C	742955.858	8413436.020	4640.000	
10	4640-32-012	10	12	0.098	S/C	S/C	742957.210	8413434.225	4640.000	
11	4640-32-013	11	13	0.148	S/C	S/C	742959.496	8413431.189	4640.000	
12	4640-32-014	12	14	0.120	S/C	S/C	742961.782	8413428.154	4640.000	
13	4640-32-015	13	15	0.122	S/C	S/C	742964.067	8413425.118	4640.000	
14	4640-32-016	14	16	0.174	S/C	S/C	742967.081	8413423.796	4640.000	
15	4640-32-017	15	17	0.138	S/C	S/C	742970.125	8413422.544	4640.000	
16	4640-32-018	16	18	0.142	S/C	S/C	742967.839	8413425.580	4640.000	
17	4640-32-019	17	19	0.094	CONTROL	DC	742965.553	8413428.616	4640.000	
18	4640-32-021	18	21	0.148	S/C	S/C	742963.268	8413431.651	4640.000	
19	4640-32-022	19	22	0.260	CONTROL	BL	742960.982	8413434.687	4640.000	
20	4640-32-024	20	24	0.094	S/C	S/C	742958.696	8413437.723	4640.000	
21	4640-32-025	21	25	0.174	CONTROL	DP	742960.182	8413441.220	4640.000	
22	4640-32-027	22	27	0.154	S/C	S/C	742962.468	8413438.184	4640.000	
23	4640-32-028	23	28	0.090	S/C	S/C	742964.754	8413435.149	4640.000	
24	4640-32-029	24	29	0.214	S/C	S/C	742967.040	8413432.113	4640.000	
25	4640-32-030	25	30	0.164	S/C	S/C	742969.325	8413429.077	4640.000	
26	4640-32-031	26	31	0.226	S/C	S/C	742971.611	8413426.042	4640.000	
27	4640-32-032	27	32	0.140	S/C	S/C	742974.273	8413423.892	4640.000	
28	4640-32-033	28	33	0.104	S/C	S/C	742973.380	8413421.790	4640.000	
29	4640-32-034	29	34	0.122	S/C	S/C	742976.530	8413420.787	4640.000	
30	4640-32-035	30	35	0.106	S/C	S/C	742979.955	8413420.432	4640.000	
31	4640-32-036	31	36	0.142	S/C	S/C	742977.669	8413423.468	4640.000	
32	4640-32-037	32	37	0.154	S/C	S/C	742975.383	8413426.503	4640.000	
33	4640-32-038	33	38	0.136	S/C	S/C	742973.097	8413429.539	4640.000	
34	4640-32-039	34	39	0.188	S/C	S/C	742970.811	8413432.575	4640.000	
35	4640-32-040	35	40	0.184	S/C	S/C	742968.526	8413435.610	4640.000	

Fuente: Elaboración propia

Además, se utiliza los softwares Vulcan y Leapfrog, para comparar en tercera dimensión los modelos de largo plazo con respecto a la información obtenida en campo (Logueo y Muestreo), permitiendo también el registro de información geológica y

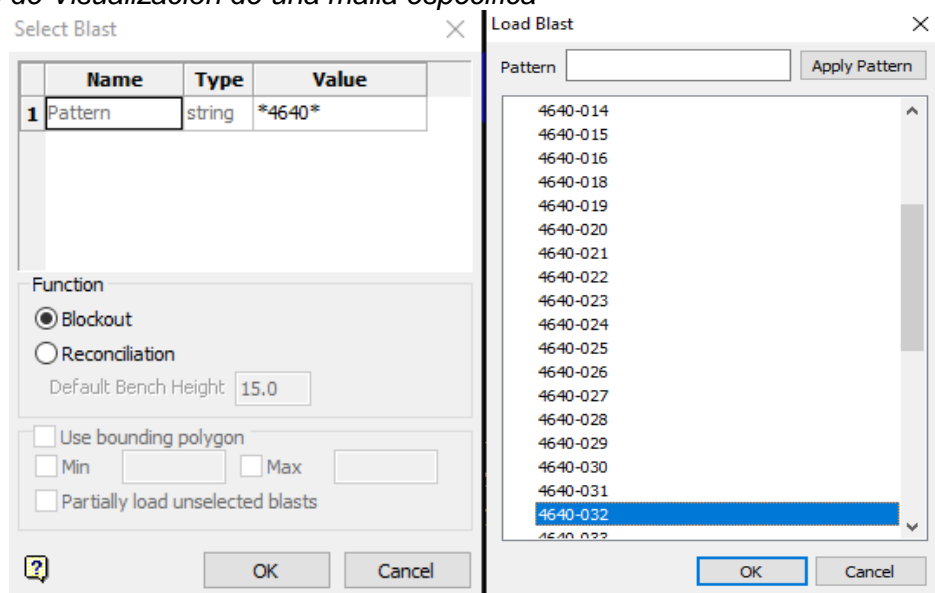
geometalúrgica, identificando la mena y ganga que define la litología, alteraciones, mineralización y estructuras.

Durante el ingreso de data a los softwares de vistas tridimensionales, toda la información generada debe transformarse en formatos Excel con extensión “.csv”. Para visualizar los taladros de producción (blasthole), las características de logueo y resultados de laboratorio, se generan tres archivos principales (collar, assay, survey) que serán de suma importancia en el procesamiento y análisis de la información. Permite el registro de información geológica y geometalúrgica de los taladros de perforación en forma detallada, caracterizando el material de importancia económica.

En el software Vulcan se importan el archivo ISIS con la información de los taladros blasthole (Name y Sample), luego en la herramienta “Select Blast” indicamos el banco al que pertenece la malla de perforación, y seleccionamos la malla del proyecto, que constituye la identidad de la malla en que se realizó la actividad de muestreo. Ver Figura 41.

Figura 41

Proceso de Visualización de una malla específica



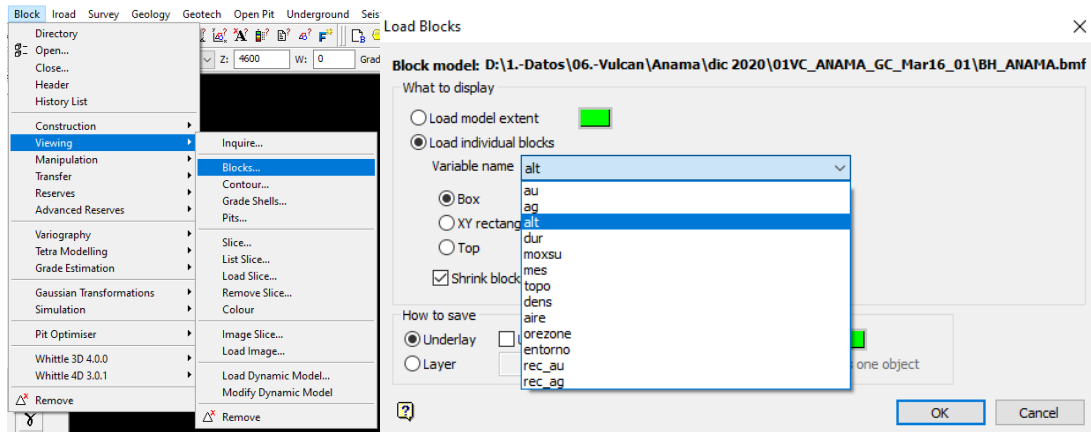
Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos la herramienta “block”, “viewing” y finalmente “Block”, en el menú señalamos la información geológica a mostrar en el sólido generado. Primero se visualiza

las alteraciones de logueo y la disposición espacial de los taladros, además de la información de valores de Au(g/t). Ver Figura 42.

Figura 42

Proceso de Visualización de alteraciones en tercera dimensión



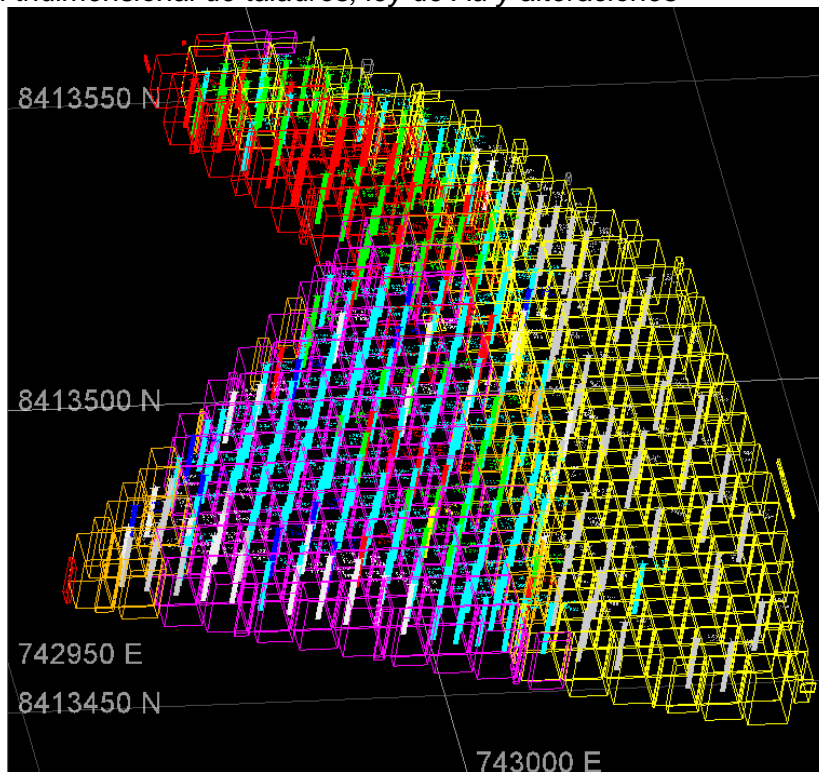
Fuente: Elaboración propia

Permite obtener información consistente y de calidad de los taladros perforados para la determinación y confiabilidad de los modelos: Litológicos, Alteraciones, Mineralización y Geometalúrgicos. El uso correcto de estas herramientas asegura un eficiente análisis, que representa un aumento en la productividad y soporte confiable a las áreas de Ore Control y Modelamiento.

Seleccionamos archivo “BH_Anama.bmf” para la generación de vistas de las características geológicas obtenidas en logueo y leyes de Au, ploteando taladros, alteraciones leyes de Au, etc. Ver Figura 43.

Figura 43

Visualización tridimensional de taladros, ley de Au y alteraciones

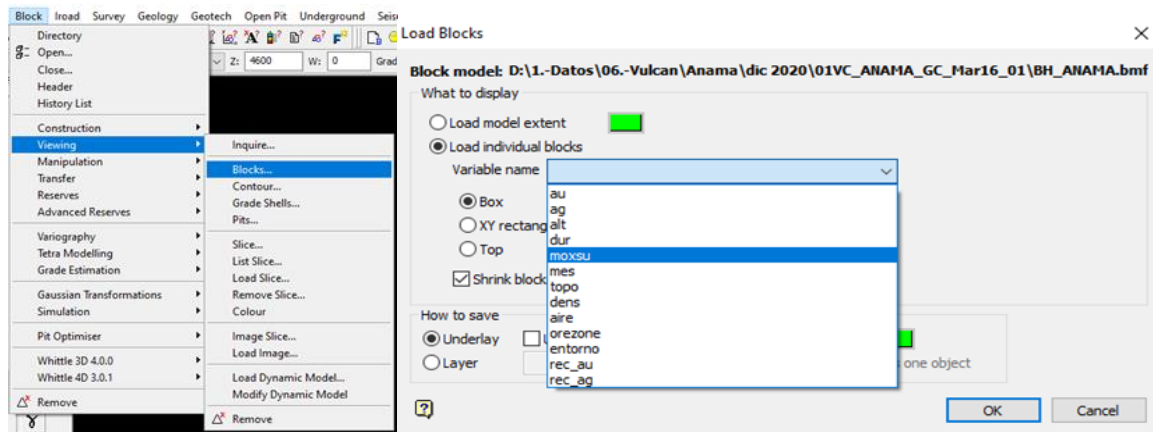


Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos la herramienta “block”, “view” y finalmente “Block”, se crean también vistas de las zonas (óxidos, mixtos y sulfuros) identificadas en logueo. Ver Figura 44.

Figura 44

Proceso de visualización de zonas de óxidos

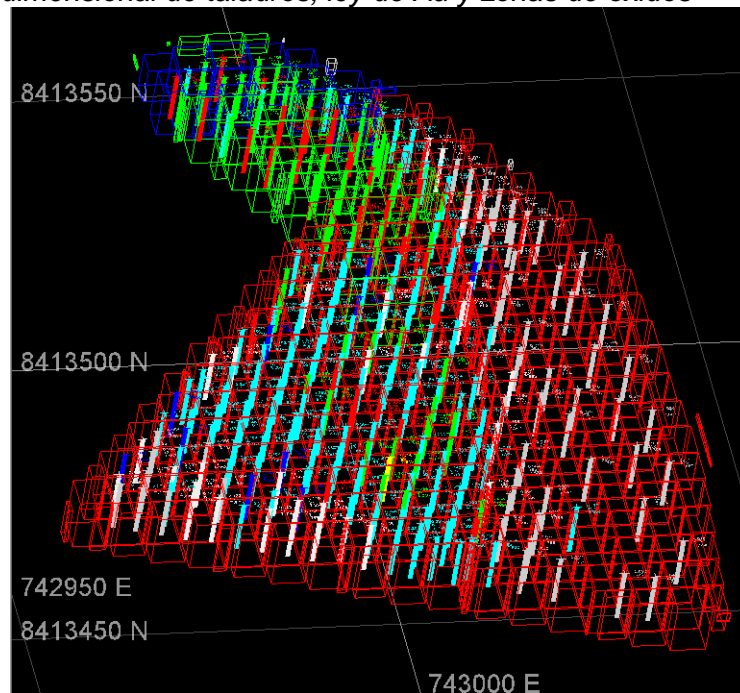


Fuente: Elaboración propia

Mediante la generación de bloques de las zonas de mineral caracterizadas como óxidos, mixtos y sulfuros es importante traslaparlo con vistas tridimensionales de las leyes de Au reportadas por el laboratorio Anama. Ver Figura 45.

Figura 45

Visualización tridimensional de taladros, ley de Au y zonas de óxidos



Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Análisis de la Información

Aseguramiento y Control de la Calidad en el Proyecto de Perforación

Dentro de las actividades rutinarias diarias y estandarizadas en el proyecto de perforación, para el asegurar y controlar la calidad del trabajo, se parte de la ubicación del proyecto de perforación en el campo, luego proceder con la perforación, logueo y finalmente el muestreo. Tareas que permiten emitir valores confiables al área de Geología de Mina, Ore Control y Planeamiento.

En la tarea de ubicación de la malla de perforación y la consecuente ubicación de los taladros de perforación parte del plano final que emite el área de geología, en donde contempla el número de taladros incluyendo los controles a insertar para la actividad de muestreo, básicamente enfocándose en la enumeración de los tacos y secuencia de ubicación en el campo. El procedimiento es el siguiente:

- Determinación de ubicación de la malla de perforación: Se realiza en base al modelo geológico de largo plazo, plan de minado, mapeos geológicos e interpretación por parte del Ing. Geólogo.

- Ubicación de los puntos de perforación, a través de coordenadas WGS84. El replanteo en campo lo ejecuta el personal de topografía.
- Codificación en los tacos de madera de forma triangular, colocando la identidad de cada taladro con marcador indeleble, es decir: el número de banco, número de proyecto, y número del taladro.

En la etapa de perforación el personal encargado de la actividad, debe realizar la tarea de perforación en filas, evitando que durante el traslado de la máquina de perforación DM-45 de un punto de perforación a otro, altere los detritos ya perforados. Por tal razón, es importante que el Geólogo también supervise este procedimiento y garantizar las condiciones óptimas para el muestro y logueo al mismo ritmo de la perforación, reduciendo los factores que podrían contaminar la muestra. Ver Figura 46.

Figura 46

Sentido de perforación de taladros blasthole



Fuente: Toma propia

Durante el logueo de los detritos generados en el blasthole, el geólogo capacitado y con la experiencia necesaria, realiza la tarea considerando los siguientes aspectos:

Contar todas las herramientas necesarias para la descripción correcta y eficiente de cada detrito, dispuestas en el chaleco de geólogo, para facilitar una tarea fluida y eficaz, debiendo tener plano con ubicación de los taladros blasthole, lápiz de colores, lápiz de dureza y lupa de geólogo de 10 o 20 aumentos.

Ubicarse en el blasthole, verificando que la identidad del taco de madera coincida con la plasmada en el plano. En caso incongruencias con la ubicación, coordinar con los supervisores encargados sobre la revisión y actualización de los protocolos, lo que permite conocer el aporte de este estudio a la empresa mediante la actualización de los protocolos. Ver Figura 47.

Figura 47

Logueo de taladros blasthole



Fuente: Toma propia

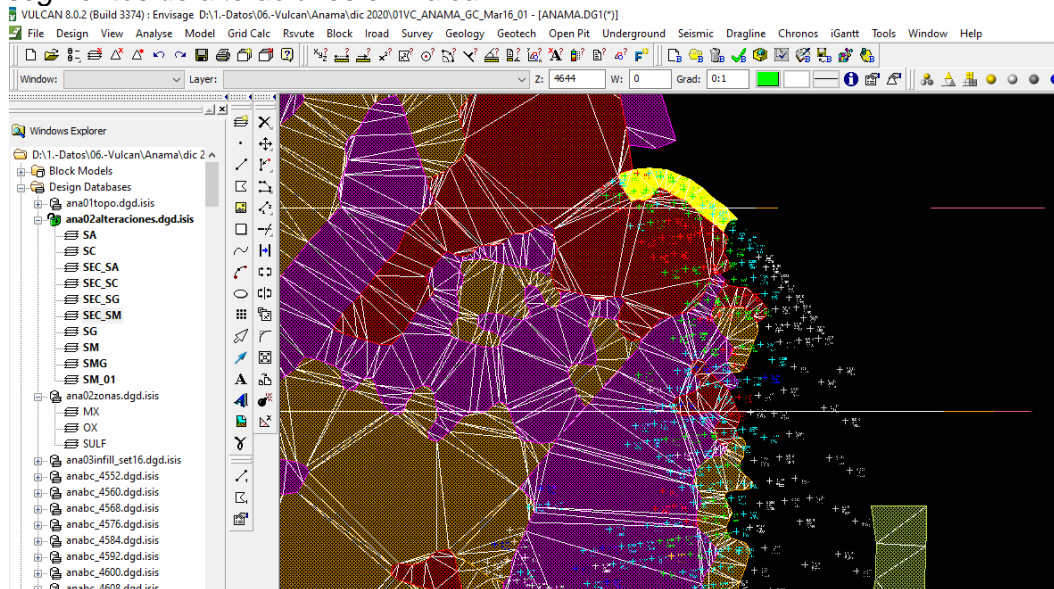
QA/QC en el Logueo de blasthole

En el reconocimiento de la alteración, es importante la experiencia del geólogo, caracterizando correctamente la coloración de material, el tamaño de los fragmentos, la sensación al tacto, la dureza al rayado y lo observado con la lupa, generando geosegmentos de alteración, que son traslapados, verificados con lo indicado en el modelo largo plazo y las alteraciones de los proyectos cercanos perforados, siendo consecuente con la interpretación geológica del depósito epitermal de alta sulfuración, además de guardar relación directa con las leyes de Au, proceso que muestra la importancia de incluir

esta actividad en la actualización de los protocolos de muestreo. En la Figura 48 se observa el resultado de este proceso.

Figura 48

Geosegmentos de alteraciones en Vulcan

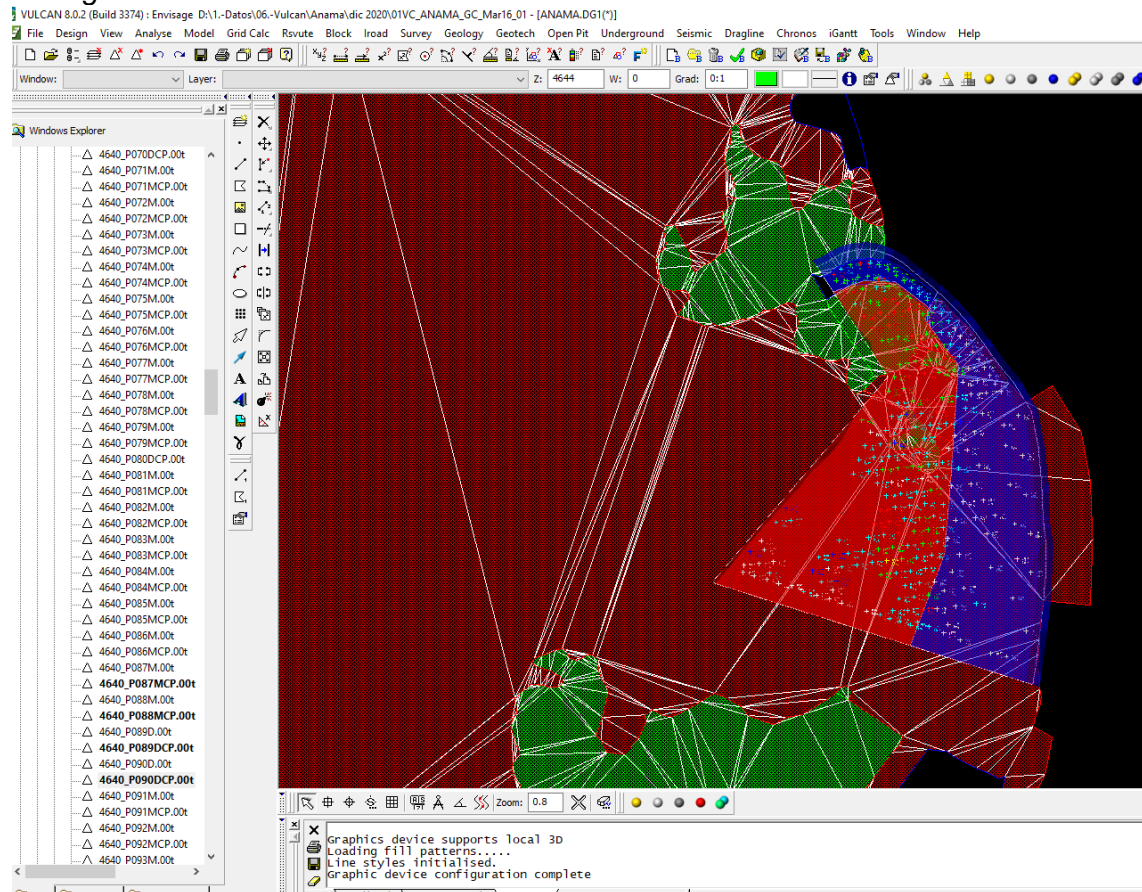


Fuente: Elaboración propia

Finalmente se identifica el porcentaje de minerales óxidos y sulfuros, categorizando el taladro blasthole en (zona de óxidos, zona de mixtos o zona de sulfuros), importante en la generación de polígonos delimitando el material mineral que se enviará al pad de lixiviación o ganga que será trasladado a la zona de acopio de desmonte. Ver Figura 49.

Figura 49

Geosegmentos de zonas de óxidos en Vulcan



Fuente: Elaboración propia

Durante la práctica y la experiencia en el logueo de detritos, al plasmar lo observado en campo se identifica variaciones de alteración y zona de óxidos (no está marcado por una continuidad) existiendo factores geotécnicos que provocan esta diferencia y son detalles que permiten conocer el aporte de este estudio a la empresa mediante la actualización de protocolos.

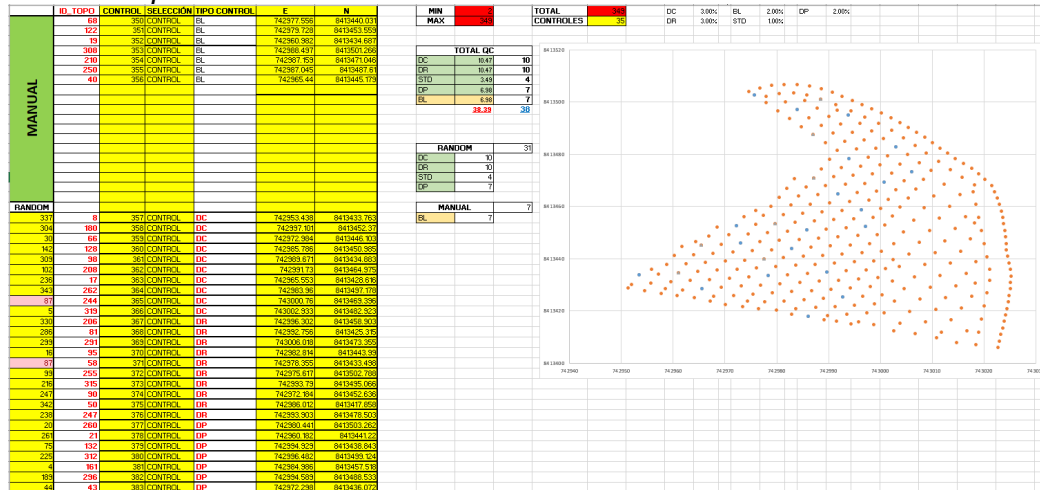
Actualización QA/QC en el Muestreo de blasthole

La inserción de muestras de control parte desde el gabinete, con ayuda de tablas dinámicas que definen la ubicación y número de muestras que permitirán medir y controlar la calidad del muestreo y su respectivo análisis de laboratorio. En la Figura 50 se muestra la estructura de la tabla dinámica que permite insertar el número de muestras de control. Esta tabla indica el número de muestras duplicadas, estándares y blancas a insertar, de

igual modo, las coordenadas en el sistema WGS 84, información transmitida al área de topografía para el ploteo de campo.

Figura 50

Tabla dinámica para inserción de muestras de control

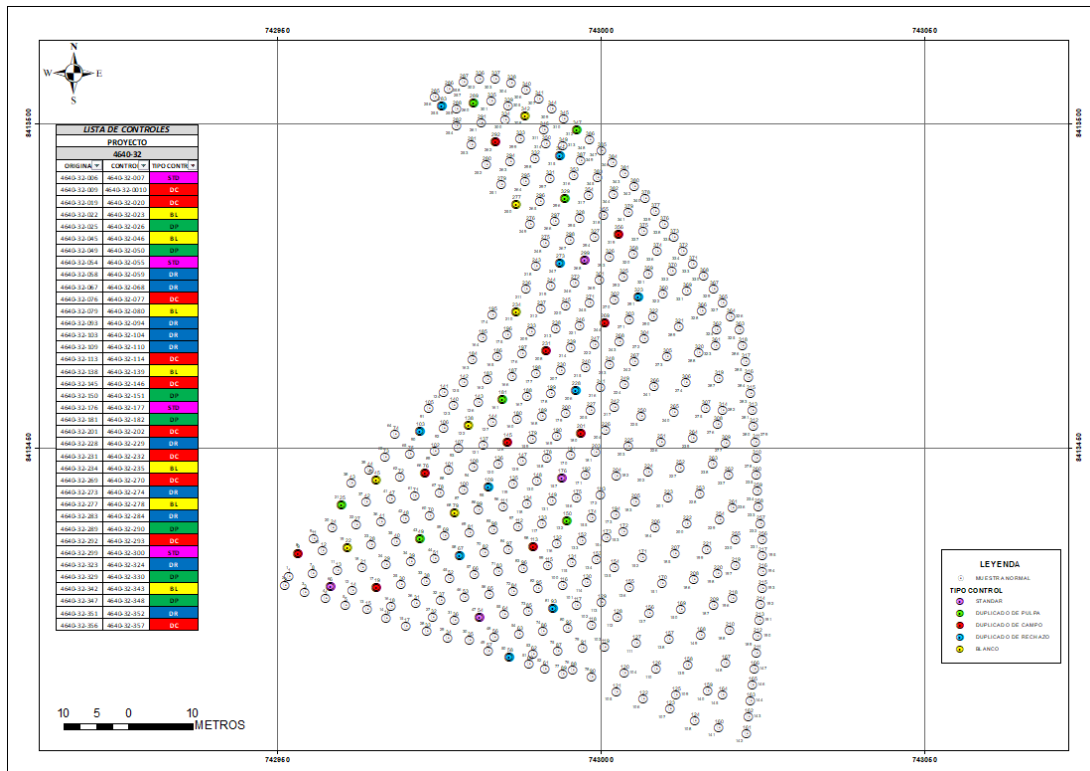


Fuente: Elaboración propia

En la Figura 51 se observa un ejemplo del diseño final de la malla de perforación con sus muestras de control, en el banco 4640, proyecto 32.

Figura 51

Plano final con muestras de control



Fuente: Elaboración propia

Durante el muestreo hay casos donde se detecta sobre perforación generada por el operador de la máquina DM45. Se observa que la perforación era constante en un material de color gris, sin embargo, en la parte final una leve capa milimétrica cubre con un material de color pardo todo lo antes perforado, y en coordinación con la supervisión de campo se determina que se trata de una sobre perforación (profundidad de perforación superior a lo planeado), por ello, en el muestreo se elimina con ayuda de una pala el material de color pardo, evitando generar de datos erróneos en los resultados de ley.

Así mismo, es importante que el personal de muestreo realice siempre las consultas necesarias ante cualquier duda, además el supervisor debe monitorear constantemente la ejecución de todos los procedimientos.

Luego de la inserción de muestras cumpliendo los protocolos, se obtiene leyes finales que reporta laboratorio, verificando los valores de Au reportados en las muestras de control.

En este estudio fueron analizadas 10 muestras duplicados de campo (DC), lo que representa una tasa de inserción de 2.9%, resultando en el análisis de laboratorio los valores de Au que se muestran en la Tabla 10. Valores que serán analizados de manera estadística y representados en la Figura 52.

Tabla 10

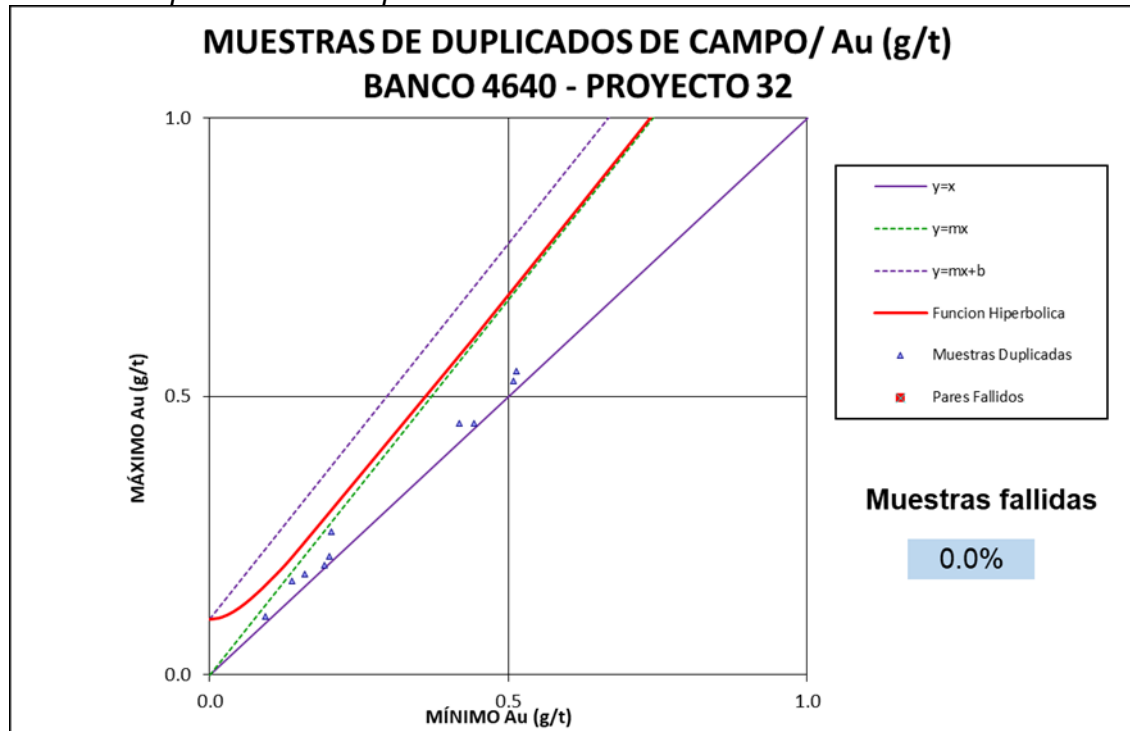
Resultado de análisis de muestras duplicadas de campo

ORIGINAL				DUPLICADO		
FECHA	N° MUESTRA	ID MUESTRA	Au g/t	N° MUESTRA	ID MUESTRA	Au g/t
24/05/2018	1	4640-32-009	0.160	1001	4640-32-010	0.180
25/05/2018	2	4640-32-019	0.094	1002	4640-32-020	0.104
25/05/2018	3	4640-32-076	0.196	1003	4640-32-077	0.192
26/05/2018	4	4640-32-113	0.452	1004	4640-32-114	0.443
26/05/2018	5	4640-32-145	0.204	1005	4640-32-146	0.256
27/05/2018	6	4640-32-201	0.138	1006	4640-32-202	0.168
27/05/2018	7	4640-32-231	0.200	1007	4640-32-232	0.212
28/05/2018	8	4640-32-269	0.513	1008	4640-32-270	0.546
26/05/2018	9	4640-32-292	0.418	1009	4640-32-293	0.452
27/05/2018	10	4640-32-356	0.508	1010	4640-32-357	0.528

Fuente: Elaboración propia

Figura 52

Gráfico de Duplicados de campo



Fuente: Elaboración propia

Las 10 muestras duplicadas de rechazo (DR) para este estudio, representan una tasa de inserción del 2,9% del total de muestras, obteniendo valores de leyes de laboratorio de acuerdo con la Tabla 11 y representados en la Figura 53.

Tabla 11

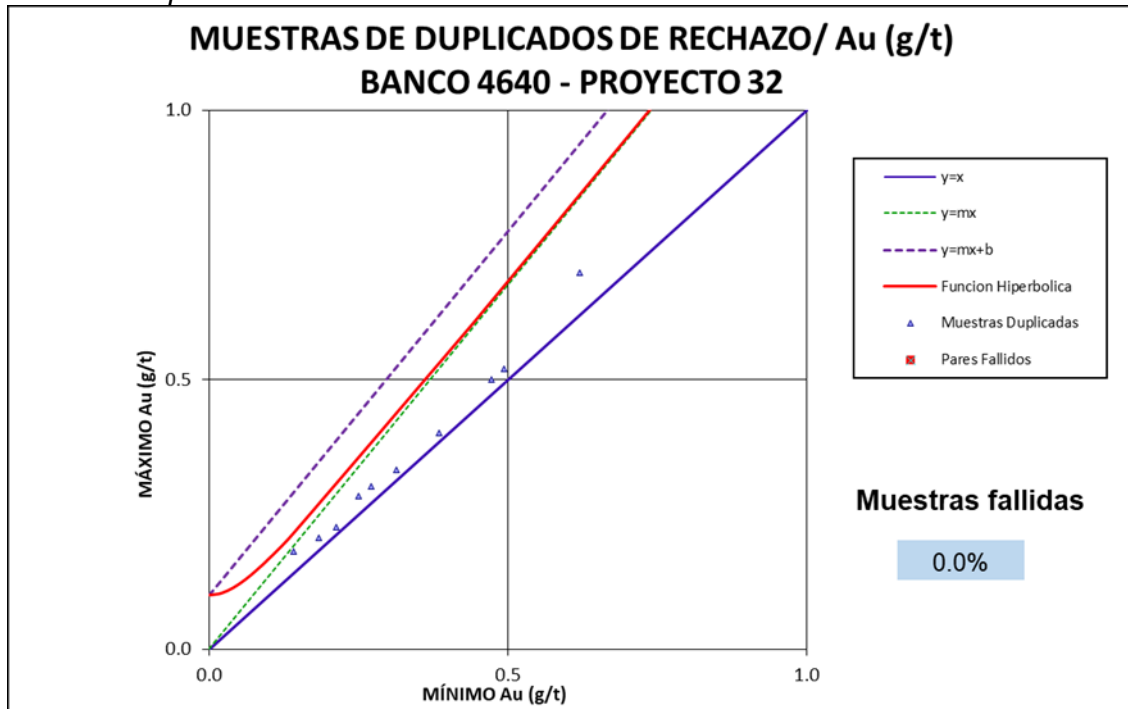
Resultado de análisis de muestras duplicadas de rechazo

ORIGINAL			DUPLICADO		
N° MUESTRA	ID MUESTRA	Au g/t	N° MUESTRA	ID MUESTRA	Au g/t
1	4640-32-058	0.206	1001	4640-32-059	0.183
2	4640-32-067	0.332	1002	4640-32-068	0.314
3	4640-32-093	0.272	1003	4640-32-094	0.302
4	4640-32-103	0.142	1004	4640-32-104	0.182
5	4640-32-109	0.384	1005	4640-32-110	0.401
6	4640-32-228	0.212	1006	4640-32-229	0.226
7	4640-32-273	0.520	1007	4640-32-274	0.494
8	4640-32-283	0.472	1008	4640-32-284	0.500
9	4640-32-323	0.284	1009	4640-32-324	0.250
10	4640-32-351	0.698	1010	4640-32-352	0.620

Fuente: Elaboración propia

Figura 53

Gráfico de Duplicados de rechazo



Fuente: Elaboración propia

La cantidad de muestras duplicados de pulpa (DP), representa una tasa de inserción del 2%, es decir 7 muestras. Luego del análisis del laboratorio da resultado de las leyes que se muestran en la Tabla 12 y graficado en la Figura 54.

Tabla 12

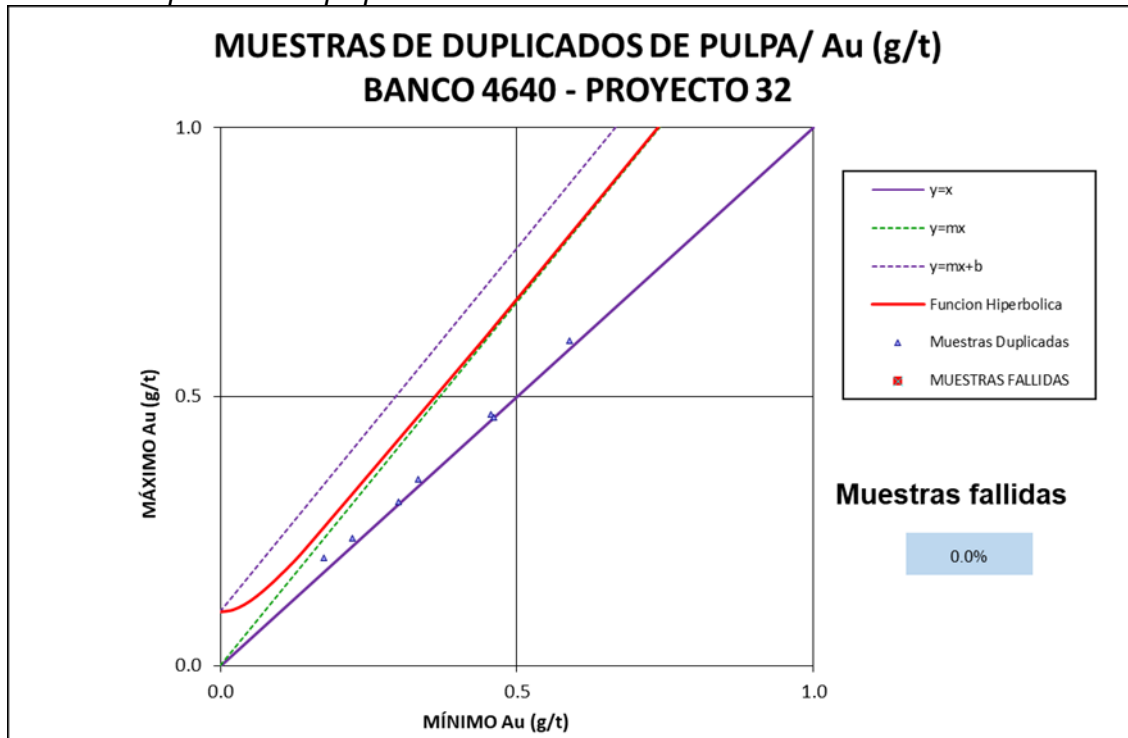
Resultado de análisis de muestras duplicadas de pulpa

ORIGINAL			DUPLICADO		
N° MUESTRA	ID MUESTRA	Au g/t	N° MUESTRA	ID MUESTRA	Au g/t
1	4640-32-025	0.174	1001	4640-32-026	0.200
2	4640-32-049	0.236	1002	4640-32-050	0.222
3	4640-32-150	0.466	1003	4640-32-151	0.456
4	4640-32-181	0.300	1004	4640-32-182	0.304
5	4640-32-289	0.462	1005	4640-32-290	0.462
6	4640-32-329	0.604	1006	4640-32-330	0.588
7	4640-32-347	0.334	1007	4640-32-348	0.346

Fuente: Elaboración propia

Figura 54

Gráfico de Duplicados de pulpa



Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación de muestras estándares (STD), la tasa de inserción aplicada fue del 1.1%, equivalente a 4 muestras, y el laboratorio reporta los valores que se observa en la Tabla 13 y presentados en la Figura 55.

Tabla 13

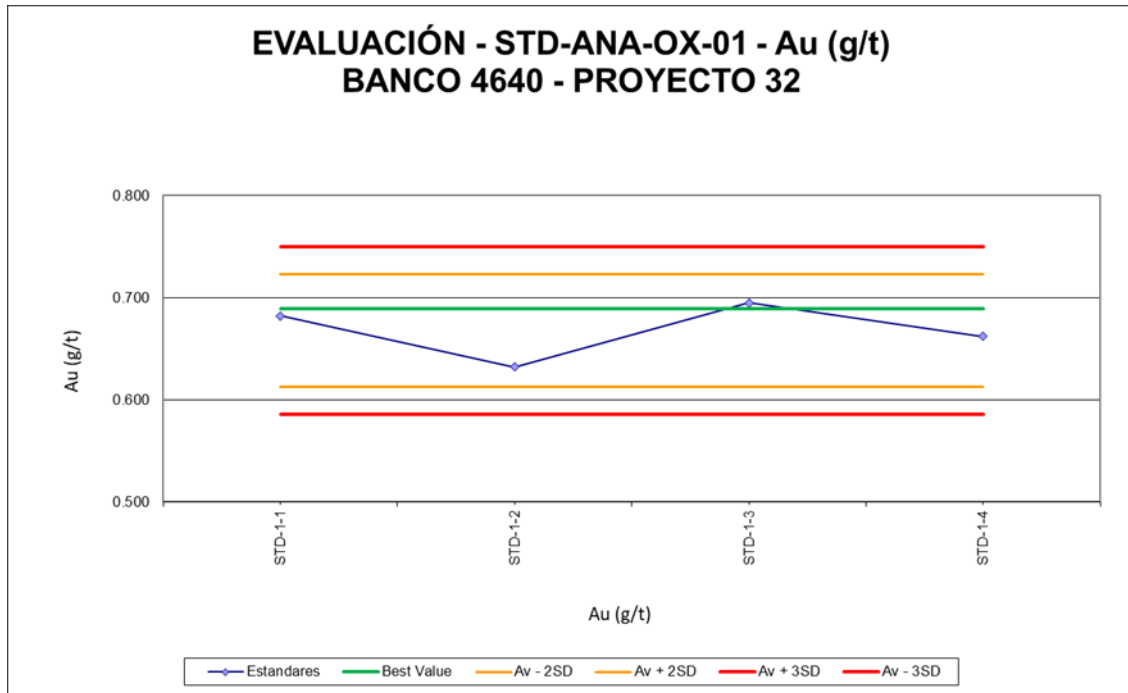
Resultado de análisis de muestras estándares

ESTANDAR	ID MUESTRA	Au g/t	MEJOR VALOR
STD-1-1	4640-32-007	0.682	0.689
STD-1-2	4640-32-055	0.632	0.689
STD-1-3	4640-32-177	0.695	0.689
STD-1-4	4640-32-300	0.662	0.689

Fuente: Elaboración propia

Figura 55

Gráfico de muestras estándares



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los protocolos las 7 muestras blancas insertadas representan el 2%, y laboratorio reporta valores de leyes de acuerdo con la Tabla 14 y ploteados de acuerdo con la Figura 56.

Tabla 14

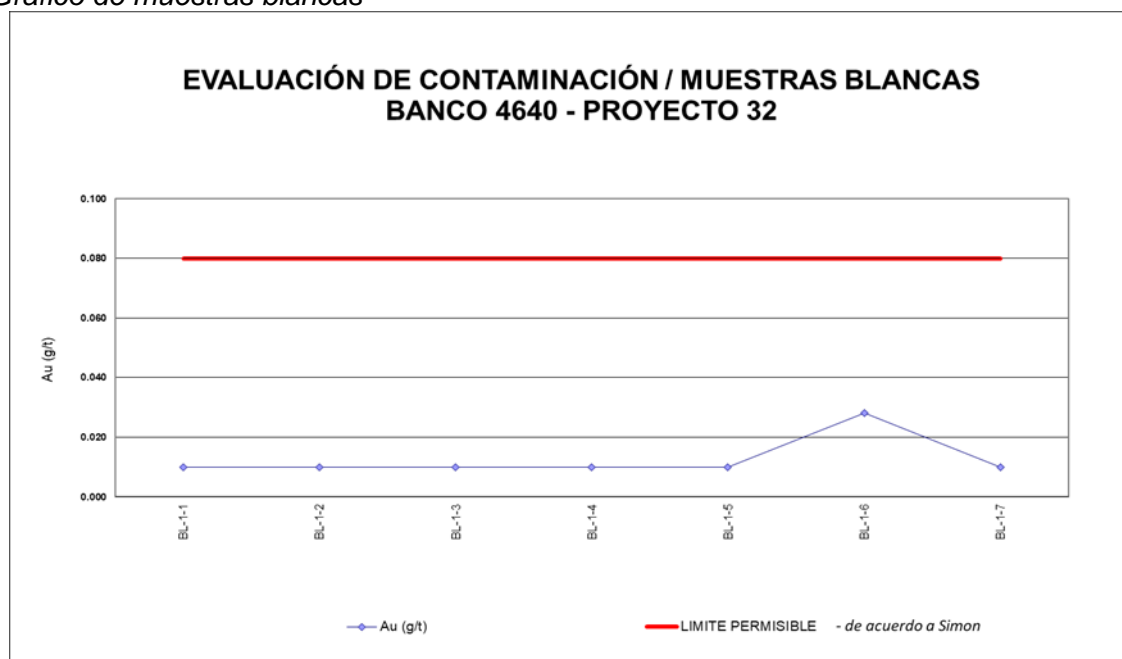
Resultado de análisis de muestras blancas

MUESTRA CONTROL	ID MUESTRA	Au g/t	LIMITE PERMISIBLE
BL-1-1	4640-32-023	0.010	0.08
BL-1-2	4640-32-046	0.010	0.08
BL-1-3	4640-32-080	0.010	0.08
BL-1-4	4640-32-139	0.010	0.08
BL-1-5	4640-32-235	0.010	0.08
BL-1-6	4640-32-278	0.028	0.08
BL-1-7	4640-32-343	0.010	0.08

Fuente: Elaboración propia

Figura 56

Gráfico de muestras blancas



Fuente: Elaboración propia

Producto Final de la actualización de protocolos QA/QC

Finalmente, actualizando los protocolos de aseguramiento y control de calidad, para el muestreo y logueo de blasthole, mediante conceptos del comportamiento del Au en yacimientos epitermales de alta sulfuración, información de modelos geológicos de largo plazo, modelo corto plazo, taladros diamantinos exploratorios históricos, y a través de procesos de interpretación de secciones y vistas tridimensionales, se elabora un plano final sectorizando en polígonos (áreas de mineral y desmonte) de acuerdo con los resultados del muestreo.

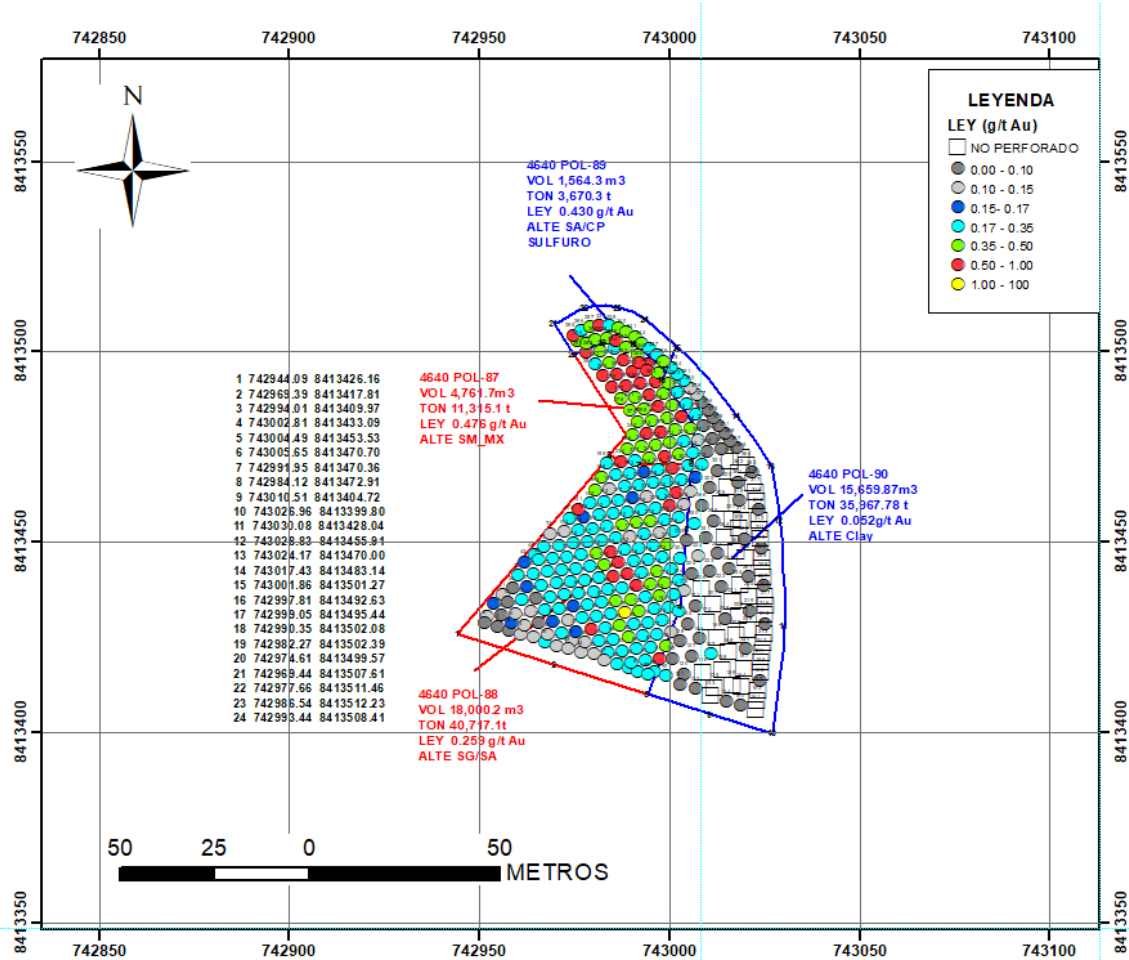
Los modelos geológicos de corto y largo plazo se utilizan para la confirmación o corrección de la continuidad de los cuerpos de acuerdo a la litología, alteración, mineralización y zonas de óxidos.

Mientras que los taladros diamantinos exploratorios que muestran testigo de roca, son la base para resolver las observaciones o dudas en la descripción de los detritos de perforación de difícil caracterización. En la Figura 57 se observa el plano final de minado para el Ore Control, que es la base para iniciar el proceso de extracción de mineral con contenido de Au y desmonte. Adicional a la ubicación espacial del material mineral y

desmonte, presenta también la cantidad (en toneladas) estimada, ley de Au (g/t), el tipo de alteración y la zonación de acuerdo al porcentaje de óxidos y sulfuros.

Figura 57

Gráfico de muestras blancas



Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

Evaluando el desarrollo de las actividades de muestreo basado en los protocolos de aseguramiento y control de la calidad en el proyecto Anama, se obtiene lo siguiente:

4.1 Comparación Ley vs Alteración

Mediante la actualización de protocolos de aseguramiento y control de la calidad en el área de estudio, utilizando como base fundamental la supervisión, el logueo y muestreo supervisado, permitió generar reportes finales importantes en el proceso de operaciones de minado y recuperación de Au, comparando la asociación de ley con respecto a las alteraciones, se obtiene que la mejor ley de 0.476 g/t está asociada a una alteración Sílice Masiva en zona de óxidos. Ver Tabla 15.

Esta información es importante porque permite sincerar y validar los modelos geológicos de alteración y de mineralización que se emplean como base para el diseño de las mallas de perforación en todo el proceso productivo de la operación minera.

Tabla 15

Resumen de Ley vs Alteración

Tonelaje (TN)	Ley (g/t)	Alteración	Zona
11315.7	0.476	Sílice Masiva	Óxidos
40717.1	0.259	Sílice Granular	Óxidos
3670.3	0.43	Sílice Alunita	Sulfuros
35967.78	0.052	Clay	Sulfuros

Fuente: Elaboración propia

4.2 Comportamiento de leyes con QA/QC

En el monitoreo de los valores de leyes reportadas por el laboratorio Anama en comparación con los valores de las muestras de control, durante la aplicación de protocolos de QA/QC en el Banco 4640 Proyecto 32, se envió en total 387 muestras al Laboratorio Químico del proyecto Anama, donde 38 fueron muestras de control, lo que representa una tasa de inserción (IR) del 10.9%, tal como se indica en la Tabla 16.

Tabla 16*Ratio de inserción*

Detalle de muestras		
TIPO DE CONTROL	Nº DE MUESTRAS	IR (%)
Duplicados de campo (DC)	10	2.9%
Duplicados de rechazo (DR)	10	2.9%
Duplicado de Pulpa (DP)	7	2.0%
Blanco grueso (BLK)	7	2.0%
Estándar (STD)	4	1.1%
TOTAL CONTROLES	38	10.9%
TOTAL BLASTHOLES	349	

Fuente: Elaboración propia

Las muestras de control insertadas corresponden a duplicados de campo (10), duplicado de rechazo (10), duplicado de pulpa (07), blancos (07) y estándares (07). Con las muestras de control se ha analizado la precisión, contaminación y exactitud, obteniendo variabilidad de leyes que de acuerdo a los criterios estadísticos será analizado a continuación:

4.2.1 Análisis de precisión

El análisis de la precisión se basa en las referencias de QA/QC para depósitos Epidermales. En la evaluación de este estudio se ha empleado tres tipos de muestras; duplicados de campo, duplicados de pulpa y duplicados de rechazo, cuyos resultados son analizados mediante la preparación de gráficos Max-Min por el método hiperbólico. Ver Tabla 17.

Tabla 17*Evaluación de muestras duplicadas*

TABLA 2: EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS DUPLICADAS				
TIPO DE MUESTRA	ELEMENTO	Nº DE MUESTRAS	PARES FALLIDOS	TASA DE ERRORES %
Duplicados de campo (DC)	Au	10	0	0.0%
Duplicados de rechazo (DR)	Au	10	0	0.0%
Duplicado de Pulpa (DP)	Au	7	0	0.0%

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de las 10 muestras duplicadas de campo (DC), la tasa de errores es de 0%, Por lo tanto, la precisión del muestreo para Au durante este estudio, es aceptable.

Los duplicados de rechazo (DR), presentan una tasa de error de 0%, es decir, la precisión del submuestreo en el laboratorio químico del Proyecto Anama, durante el periodo de monitoreo es aceptable.

El análisis de duplicados de pulpa (DP) en este periodo de estudio, presenta una tasa de error del 0%, entonces la precisión de análisis para Au en el laboratorio químico de Anama, durante este periodo es aceptable.

4.2.2 Análisis de exactitud

El análisis de la exactitud permite evaluar al laboratorio del Proyecto Anama a través de materiales de referencia (estándares). Se envió de forma anónima, 4 muestras estándares de ley alta. Y de acuerdo con los criterios de aceptación evaluando los gráficos de control se obtiene un sesgo de -3.8% para el estándar empleado, es decir, que la exactitud analítica para el Au es aceptable. Ver Tabla 18.

Tabla 18

Evaluación de muestras estándares

TABLA 4: EXACTITUD DE LAS MUESTRAS DE ESTÁNDARES					
TIPO DE MUESTRA	ELEMENTO	Nº DE MUESTRAS	Nº DE ERRORES	TASA DE ERRORES	SESGO
ESTÁNDAR (STD)	Au	4	0	0.0%	-3.08%

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Análisis de contaminación

El análisis de contaminación es la transferencia involuntaria de material de una muestra o del medio circundante a otra muestra. La contaminación en este estudio se evalúa, a través de controles blancos gruesos de granulometría similar al tamaño de fragmentos muestreados en campo, donde el contenido de Au se encuentra bajo el límite de detección (0.020 g/t) del laboratorio en Anama. Se insertan luego de muestras donde el logueo estima alta ley.

Resultando que, del total de las 7 muestras blancas insertadas, ni una muestra salió por encima del límite de detección, lo que indica q los procedimientos QA/QC en el laboratorio son aplicados correctamente. Ver Tabla 19.

Tabla 19

Evaluación de muestras blancas

TABLA 3: DESEMPEÑO DE LAS MUESTRAS DE BLANCOS

TIPO DE MUESTRA	ELEMENTO	Nº DE MUESTRAS	TASA DE ERRORES
Blanco grueso (BL)	Au	7	0.0 %

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en este estudio justifican la validez de la hipótesis propuesta: Al actualizar los protocolos QA/QC reducirá la discrepancia de los valores de las leyes en las mismas zonas de muestreo en una mina a tajo abierto.

Se demuestra que no basta aplicar fielmente los protocolos de aseguramiento y control de la calidad en las mismas zonas de muestreo en una mina a tajo abierto, sino, es importante identificar constantemente nuevas oportunidades de mejora, y actualizar los protocolos, de manera que, se genere índices óptimos en la variabilidad de leyes.

Conclusiones

La actualización de los protocolos desde la generación de la malla de perforación, previo al muestreo, hasta la evaluación estadística de los resultados de leyes reportados por laboratorio luego del muestro, fue valido como primera acción para reducir las discrepancias de valores de las leyes en una misma zona de muestreo.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de suficiencia, confirma la validez de la hipótesis planteada: Al actualizar los protocolos QA/QC en las mismas zonas de muestreo en una mina a tajo abierto, se reducen la discrepancia de los valores de las leyes.

Evaluando la precisión en el muestreo, submuestreo y análisis a través de la inserción de 10 muestras duplicadas de campo para Au equivalente al 2.9%, resultaron con pares fallidos del 0%, en comparación con los proyectos de perforación anteriores, donde la tasa de error llega hasta 23.1%, se concluye que luego de actualización de los procedimientos de muestreo y su correcta ejecución por parte del personal encargado del muestro, además de la atenta supervisión se logró reducir significativamente los errores.

La discrepancia de los valores de leyes en una misma zona de muestreo, se redujo hasta los límites esperados (pares fallidos inferior al 10%) como consecuencia de la actualización de los protocolos de aseguramiento y control de la calidad.

Evaluando la precisión en el submuestreo, a través de la inserción de 10 duplicados de rechazos que representan el 2.9% del total de muestras, y obteniendo 0% de pares fallidos, se concluye que el personal del laboratorio encargado de la preparación y división de muestra generada a partir de la primera división después del chacado, cumple correctamente los procedimientos.

Evaluando la exactitud a través de 4 muestras estándares equivalentes al 1.1% del total de muestras, se concluye que los equipos de análisis de Au del laboratorio de Anama, se encuentran dentro de los parámetros aceptables. Por lo tanto, los valores de ley de Au son confiables.

Evaluando la contaminación en el laboratorio no se identifican pares fallidos en el envío de las 7 muestras blancas que representa el 2%, concluyendo que, durante el proceso de preparación de muestras previo al análisis se realiza la correcta limpieza de los instrumentos de trabajo.

Recomendaciones

Solicitar autorización al supervisor de perforación y voladura, para aquellos proyectos delimitados con cintas de seguridad, es decir proyectos cargados con explosivo.

Debido a la complejidad del depósito, continuar con la detección de oportunidad de mejora en cada una de las etapas del desarrollo de la mina, actualizando constantemente los protocolos de aseguramiento y control de la calidad que permitan reducir constantemente los errores.

Emitir periódicamente muestras de duplicado, rechazo y blancos a laboratorios externos, para comparar la variabilidad de leyes con el laboratorio de Anama.

Durante la tarea de muestreo, coordinar constantemente con el supervisor de Geología Mina ante alguna duda o problema detectado.

Tener los cuidados necesarios durante el muestreo y logeo de los detritos de perforación, este proceso es básico para las actualizaciones dinámicas de los modelos geológicos (Modelo de Litología, Modelo de Alteraciones, Modelo de alteraciones, Modelo estructural, Modelo Geometalúrgico), además de las proyecciones de bancos inferiores que se vaya a muestrear en un futuro.

Verificar antes del muestreo que los tacos de madera ubicados en cada cono de perforación correspondan a la ubicación espacial de acuerdo con el plano de muestreo. Se ha detectado incongruencias, quizá involuntariamente movidos por el personal de perforación.

Capacitar al personal a realizar la tarea, sobre todas las etapas del muestreo (antes, durante y después) para evitar la contaminación o generación de errores involuntarios debido a factores o áreas ajenas al trabajo.

Implementar la codificación electrónica a través de códigos de barra, lo que evitará errores en las digitaciones de identidad de los taladros, o el borracho involuntario de la codificación, además de optimizar los tiempos en la entrega de muestras en laboratorio y el reporte final.

Garantizar que las demás áreas vinculadas al trabajo de perforación, apliquen correctamente los procedimientos y cuando sea necesario, actualizar para evitar los errores de contaminación en todo el proceso.

Exigir al área de laboratorio, monitoreo y calibración periódica de sus equipos de análisis con su correspondiente certificación.

Garantizar la seguridad del personal, el geólogo supervisor deberá velar por la seguridad de su personal.

Verificar que los pisos topográficos sean los correctos antes de la delimitación y marcado en campo de la malla de perforación.

Actualizar procedimientos QA/QC en el área de perforación y voladura, para lograr mayor control en las sobre-perforaciones lo que dificulta el sinceramiento de leyes.

Garantizar comunicación constante con el área de topografía, operación mina y perforación, antes de la delimitación de malla de perforación, durante la perforación, muestreo y al finalizar los trabajos.

Referencias bibliográficas

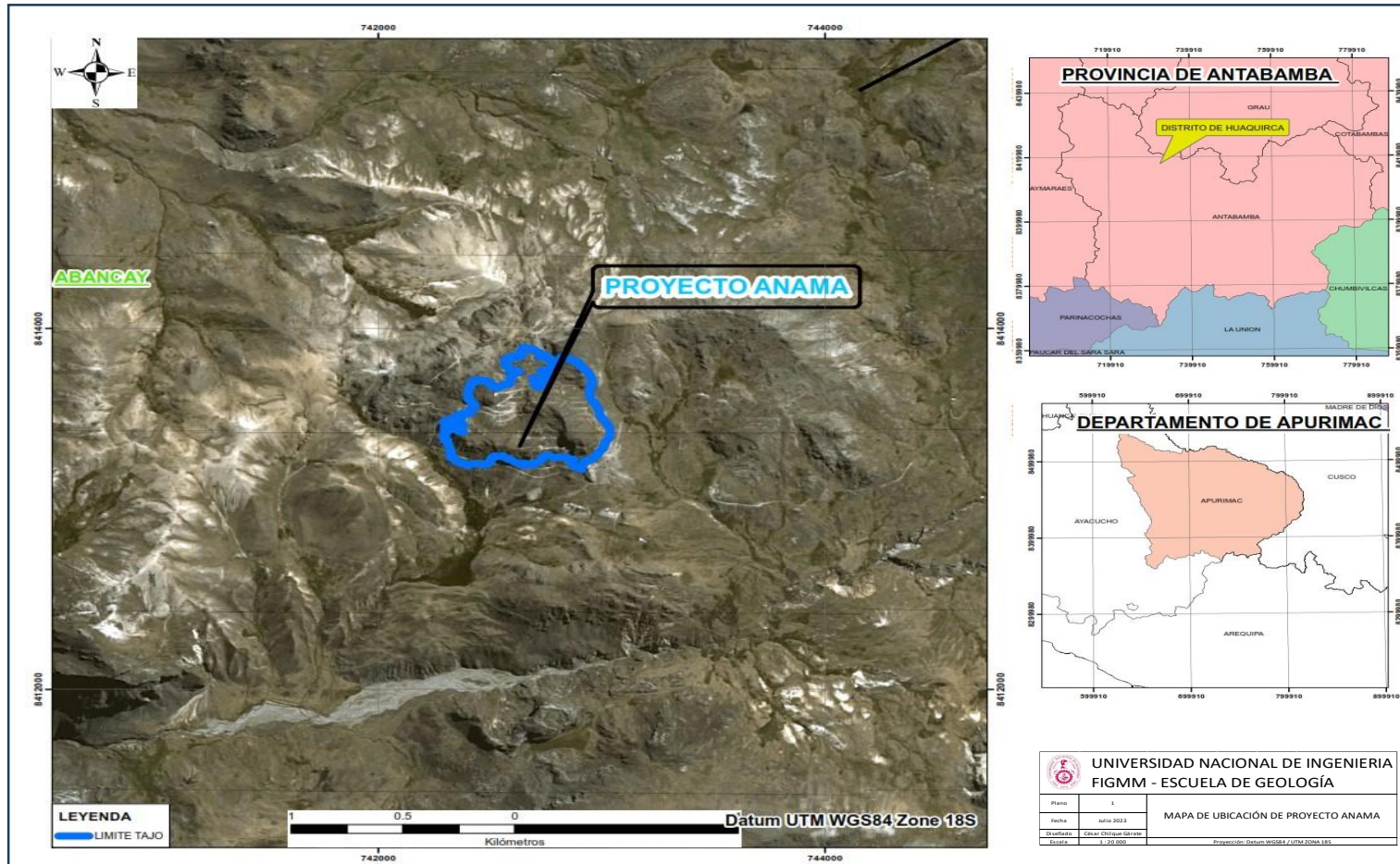
- Alfaro M. (2012) "Introducción al Muestreo Minero."- Instituto de Ingenieros de Minas de Chile; 82p.
- Alfaro M. (2008) "Sistema de Aseguramiento de la calidad en la construcción."
- Aznarán Rengifo, Bernardo Constante (2013) "Control de calidad del mineral del tajo Huisamarca." Compañía Minera Anabi.
- Berger, B. R. (1986), "Descriptive Model of Sado Epithermal Veins; in Mineral Deposit Models", Cox, DP. and Singer, D. A., Editors, U. S. Geological Survey, Bulletin 1693.
- Cáceres, G. (2015). "Estudio de validación de muestreo de blasthole en el yacimiento lagunas norte." Huamachuco, La Libertad.
- Ccama, M. (2017). "Aplicación del QA/QC en el proceso Geológico, para validar la estimación de recursos y reservas, de la Unidad Operativa Chungar". Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Dominguez, O. (2018). "Gestión de la Calidad (QM)" - Primer Congreso Internacional de Muestreo de Minerales Lima 2018, artículo 31, 15 p.
- Canchaya, S. (2018) – "QA/QC ¿Realidad o Fantasía? Siete Años Después", Primer Congreso Internacional de Muestreo de Minerales Lima
- Cardozo Nerida (2016), "Análisis de la lectura del texto: El proyecto de investigación, comprensión Holística de la metodología y la investigación, Autor; Hurtado (2010)."
- Gil Mikacic Cristóbal (2006), "Depósitos Epitermales – Laboratorio de Metalogénesis"
- Guerrero Sandoval Marely Anais (2015), "Aplicación del programa de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) en el Muestreo Geológico de la Mina Subterránea Raura SA"
- Gutierrez J. (2014) "Conciliación Minera Subterránea: Procedimientos y Aplicaciones." Mina Cuzcatlán, México.
- Gy P. (1999) "Sampling for Analytical Purposes."- John Wiley & Sons, New York; 153p.

- GyP. & Francois-Bongarson D. (1999) "Seminario de Muestreo de Minerales."- Tecniterrae, Santiago de Chile.
- Lazo, C. (2019), "Análisis del método de muestreo de detritos de los taladros para voladura y control de envío de mineral en la Mina Justa.", San Juan de Marcona.
- Linares Huamani, Marco Antonio (2017), "Técnicas de muestreo y control de calidad para la Mina Españolita S.A.C". En el distrito de Chaparra, provincia de Caravali, Departamento de Arequipa
- Simon, A. (2007) "Control Sample Insertion Rate: ¿Is There an Industry Standard?"- 23rd International Applied Geochemistry Symposium", IAGS; Oviedo, Spain, June 2007
- Rivas, J. (2018). "Control geológico en la dilución mineral." Concepción, Chile.
- Rojas, N. (2019). Implementación de programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo pórfidos de cobre, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman – Tacna.
- Rossi, M., Deutsch, C. (2014). "Sampling Quality Assurance and Quality Control." Antofagasta, Chile.

Anexos

	Pág.
Anexo 1: Mapa de Ubicación	2
Anexo 2: Matriz de consistencia	3
Anexo 3: Mapa de accesos al Proyecto Anama.....	4
Anexo 4: Geología Regional del proyecto Anama.....	5
Anexo 5: Mapa Litológico.....	6
Anexo 6: Mapa Alteraciones	7
Anexo 7: Reporte de Leyes (1 – 40)	8
Anexo 8: Reporte de Leyes (41-80)	9
Anexo 9: Reporte de Leyes (81-120)	10
Anexo 10: Reporte de Leyes (121-160)	11
Anexo 11: Reporte de Leyes (161-200)	12
Anexo 12: Reporte de Leyes (201-240)	13
Anexo 13: Reporte de Leyes (241-269)	14
Anexo 14: Inserción dinámica de muestras de control	15
Anexo 15: Distribución de muestras regulares y controles QA/QC.....	16
Anexo 16: Evaluación de duplicados de campo	17
Anexo 17: Evaluación de duplicados de rechazo	18
Anexo 18: Evaluación de duplicados de pulpa	19
Anexo 19: Evaluación de estándares.....	20
Anexo 20: Evaluación de muestras blancas.....	21
Anexo 21: Polígono Final (Mineral y Desmonte)	22

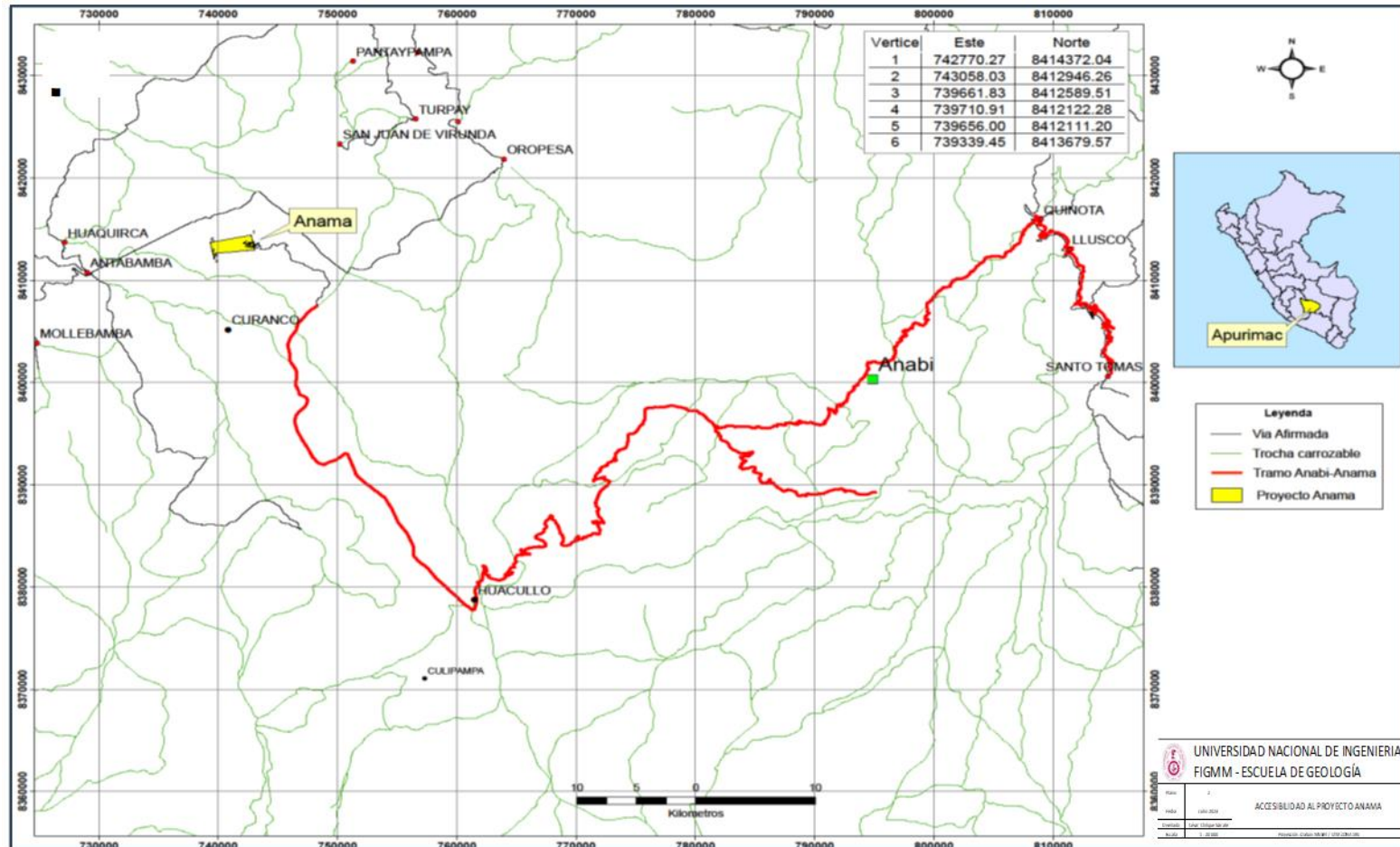
Anexo 1: Mapa de Ubicación



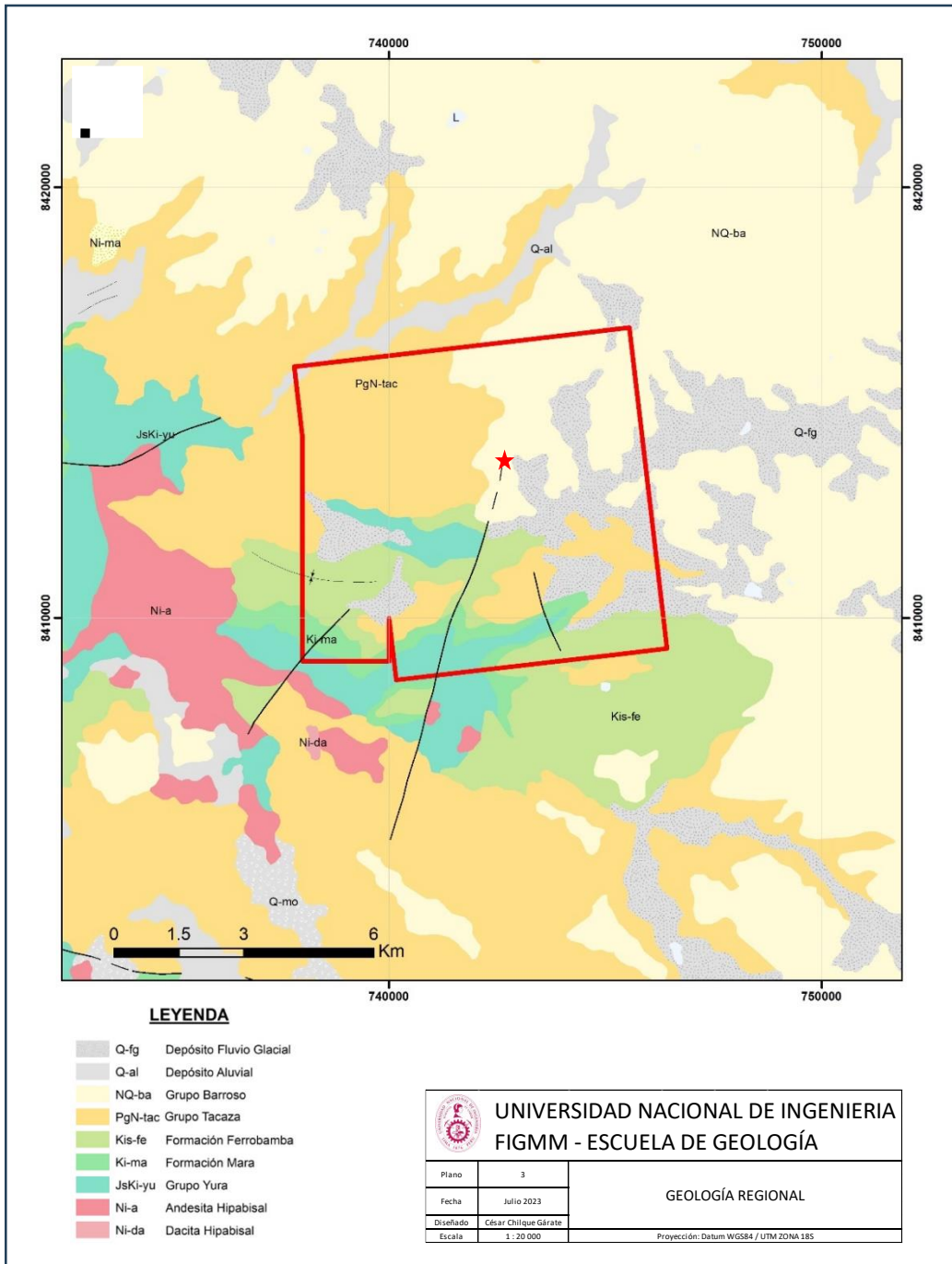
Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES
			DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE	
¿Cuáles son las causas de la discrepancia entre los valores de las leyes obtenidos en una misma zona de muestreo?	Reducir los valores de discrepancia de leyes en una misma zona de muestreo.	Al actualizar los protocolos QA/QC reducirá la discrepancia de los valores de las leyes en las mismas zonas de muestreo.	Los valores de discrepancia de leyes en una misma zona de muestreo.	La actualización de los protocolos QA/QC.	Porcentaje de variación de leyes de las muestras de control.

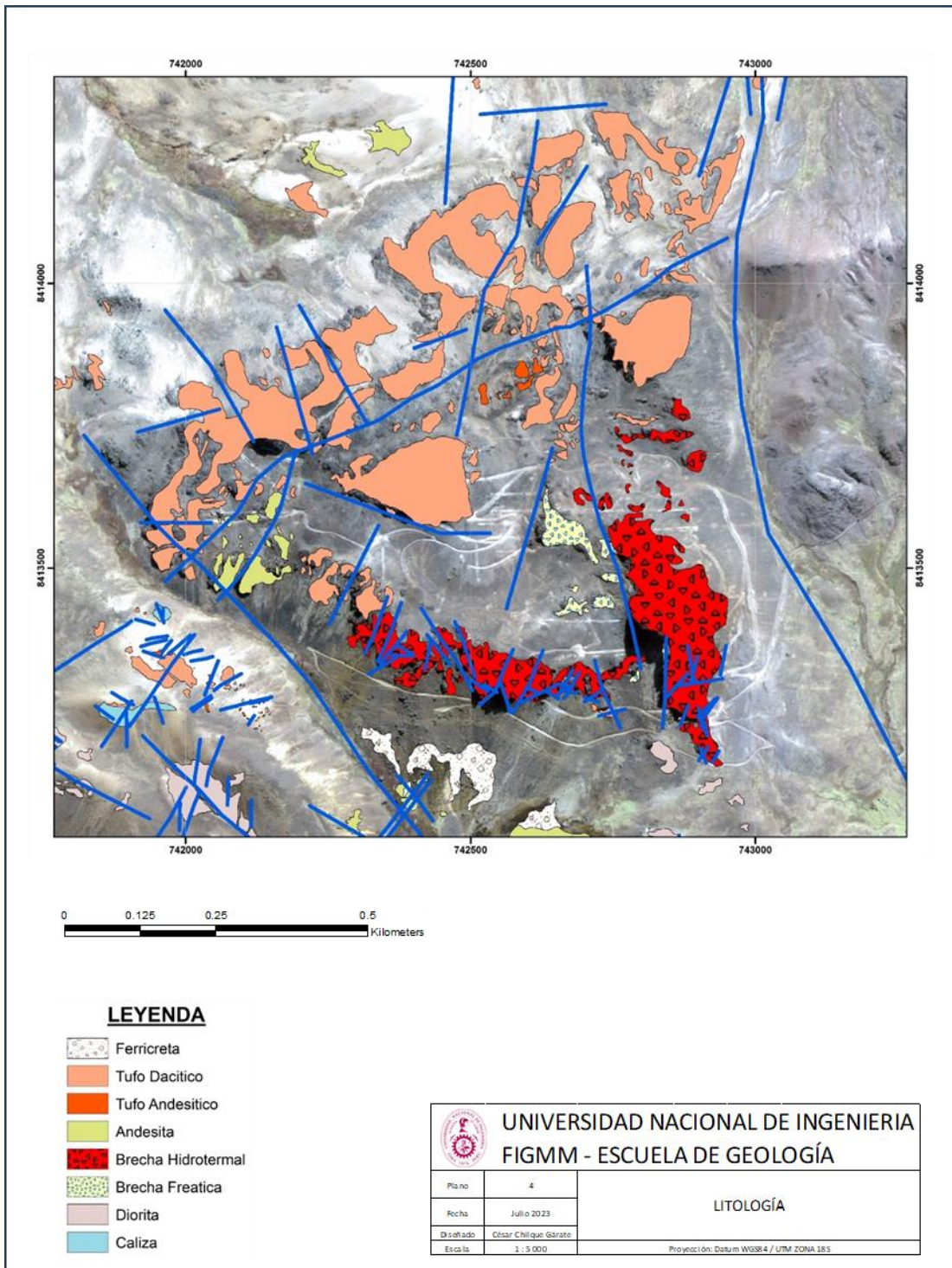
Anexo 3: Mapa de accesos al Proyecto Anama



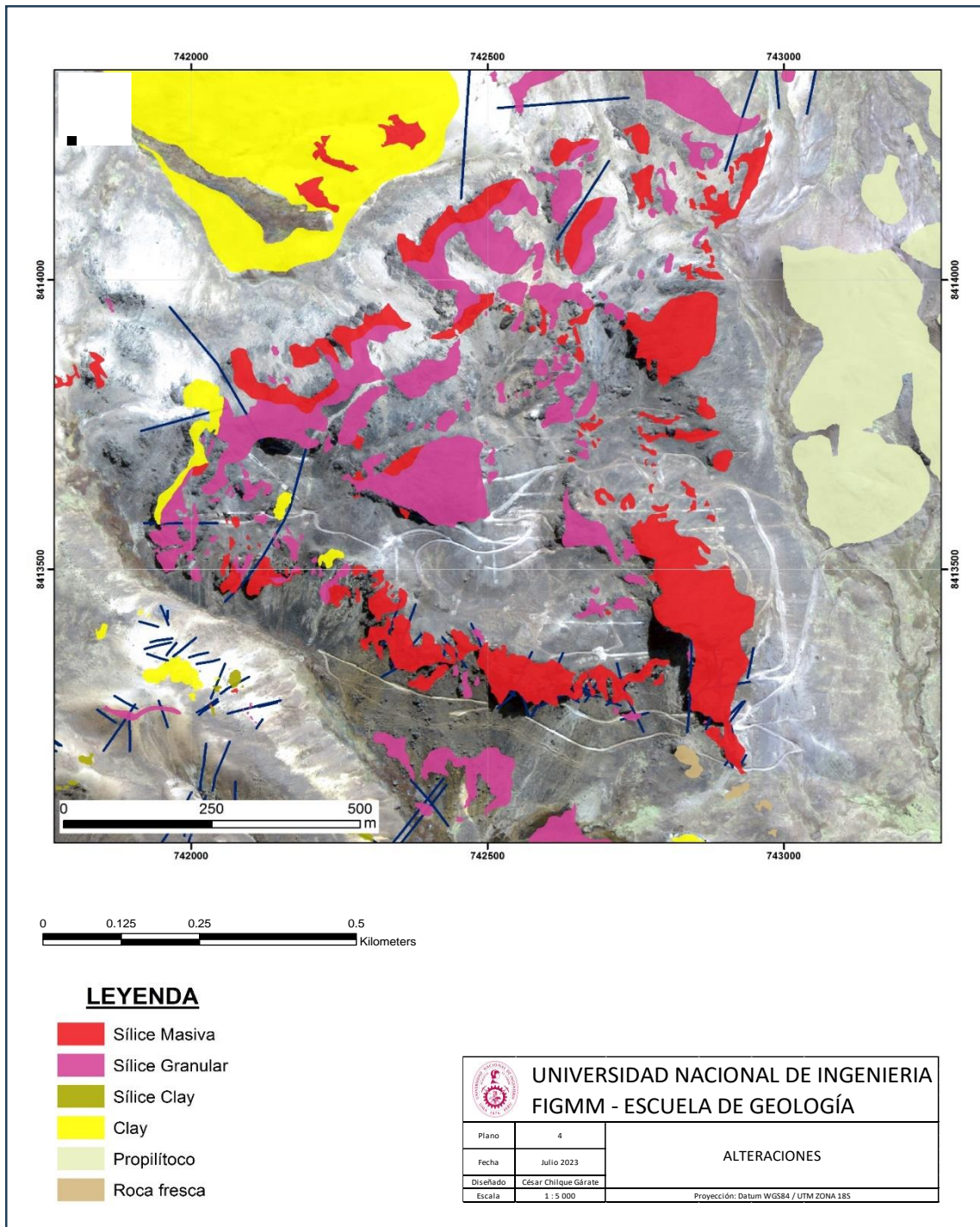
Anexo 4: Geología Regional del proyecto Anama



Anexo 5: Mapa Litológico



Anexo 6: Mapa Alteraciones



Anexo 7: Reporte de Leyes (1 – 40)

REPORTE DE LEYES

ANAMA

MINA

Laboratorio: Anama

Total de Muestras:

40

Banco:

4640

Turno:

Proyecto

32

Tipo de Analisis

Au

ITEM	CODIGO	Ley (g/t)
1	4640-32-001	0.114
2	4640-32-002	0.086
3	4640-32-003	0.074
4	4640-32-004	0.072
5	4640-32-005	0.142
6	4640-32-006	0.170
7	4640-32-007	0.682
8	4640-32-008	0.076
9	4640-32-009	0.160
10	4640-32-010	0.320
11	4640-32-011	0.112
12	4640-32-012	0.098
13	4640-32-013	0.148
14	4640-32-014	0.120
15	4640-32-015	0.122
16	4640-32-016	0.174
17	4640-32-017	0.138
18	4640-32-019	0.094
19	4640-32-020	0.104
20	4640-32-021	0.148
21	4640-32-022	0.260
22	4640-32-023	0.010
23	4640-32-024	0.094
24	4640-32-025	0.174
25	4640-32-027	0.154
26	4640-32-028	0.090
27	4640-32-029	0.214
28	4640-32-030	0.164
29	4640-32-031	0.226
30	4640-32-032	0.140
31	4640-32-033	0.104
32	4640-32-034	0.122
33	4640-32-035	0.106
34	4640-32-036	0.142
35	4640-32-037	0.154
36	4640-32-038	0.136
37	4640-32-039	0.188
38	4640-32-040	0.184
39	4640-32-041	0.190
40	4640-32-042	0.252

Anexo 8: Reporte de Leyes (41-80)

REPORTE DE LEYES

ANAMA

MINA

Laboratorio: Anama

Total de Muestras:

40

Banco:

4640

Turno:

Proyecto

32

Tipo de Analisis

Au

ITEM	CODIGO	Ley (g/t)
41	4640-32-043	0.162
42	4640-32-057	0.146
43	4640-32-044	0.204
44	4640-32-045	0.232
45	4640-32-046	0.010
46	4640-32-047	0.320
47	4640-32-048	0.184
48	4640-32-049	0.236
49	4640-32-051	0.166
50	4640-32-052	0.197
51	4640-32-053	0.536
52	4640-32-054	0.256
53	4640-32-055	0.632
54	4640-32-056	0.248
55	4640-32-058	0.206
56	4640-32-060	0.204
57	4640-32-061	0.342
58	4640-32-062	0.288
59	4640-32-063	0.304
60	4640-32-064	0.276
61	4640-32-065	0.308
62	4640-32-066	0.292
63	4640-32-067	0.332
64	4640-32-069	0.210
65	4640-32-070	0.268
66	4640-32-071	0.178
67	4640-32-072	0.234
68	4640-32-073	0.220
69	4640-32-074	0.140
70	4640-32-075	0.350
71	4640-32-076	0.196
72	4640-32-077	0.192
73	4640-32-078	0.200
74	4640-32-079	0.236
75	4640-32-080	0.010
76	4640-32-081	0.260
77	4640-32-082	0.264
78	4640-32-083	0.334
79	4640-32-136	0.540
80	4640-32-137	0.280

Anexo 9: Reporte de Leyes (81-120)

REPORTE DE LEYES

ANAMA

MINA

Laboratorio: Anama

Total de Muestras:

40

Banco:

4640

Turno:

Proyecto

32

Tipo de Analisis

Au

ITEM	CODIGO	Ley (g/t)
81	4640-32-138	0.318
82	4640-32-139	0.010
83	4640-32-140	0.160
84	4640-32-141	0.540
85	4640-32-281	0.312
86	4640-32-282	0.540
87	4640-32-283	0.472
88	4640-32-285	0.532
89	4640-32-288	0.492
90	4640-32-289	0.462
91	4640-32-291	0.382
92	4640-32-084	0.380
93	4640-32-085	0.356
94	4640-32-086	0.260
95	4640-32-087	0.326
96	4640-32-088	0.180
97	4640-32-089	0.270
98	4640-32-090	0.176
99	4640-32-091	0.504
100	4640-32-092	0.230
101	4640-32-093	0.272
102	4640-32-095	0.298
103	4640-32-096	1.136
104	4640-32-097	0.352
105	4640-32-098	0.306
106	4640-32-099	0.316
107	4640-32-100	0.288
108	4640-32-101	0.188
109	4640-32-102	0.231
110	4640-32-103	0.142
111	4640-32-105	0.208
112	4640-32-106	0.192
113	4640-32-107	0.292
114	4640-32-108	0.396
115	4640-32-109	0.384
116	4640-32-111	0.716
117	4640-32-112	0.322
118	4640-32-113	0.452
119	4640-32-114	0.443
120	4640-32-115	0.402

Anexo 10: Reporte de Leyes (121-160)

REPORTE DE LEYES

ANAMA

MINA

Laboratorio: Anama

Total de Muestras:

40

Banco:

4640

Turno:

Proyecto

32

Tipo de Analisis

Au

ITEM	CODIGO	Ley (g/t)
121	4640-32-374	0.010
122	4640-32-375	0.222
123	4640-32-376	0.010
124	4640-32-377	0.028
125	4640-32-378	0.130
126	4640-32-379	0.308
127	4640-32-380	0.122
128	4640-32-381	0.262
129	4640-32-382	0.320
130	4640-32-383	0.480
131	4640-32-384	0.344
132	4640-32-385	0.222
133	4640-32-386	0.352
134	4640-32-387	0.380
135	4640-32-171	0.030
136	4640-32-172	0.108
137	4640-32-192	0.214
138	4640-32-193	0.342
139	4640-32-194	0.312
140	4640-32-195	0.340
141	4640-32-196	0.272
142	4640-32-197	0.259
143	4640-32-198	0.158
144	4640-32-199	0.236
145	4640-32-200	0.356
146	4640-32-201	0.138
147	4640-32-202	0.168
148	4640-32-203	0.388
149	4640-32-204	0.290
150	4640-32-205	0.056
151	4640-32-224	0.128
152	4640-32-225	0.034
153	4640-32-226	0.250
154	4640-32-227	0.172
155	4640-32-228	0.212
156	4640-32-230	0.140
157	4640-32-231	0.200
158	4640-32-232	0.212
159	4640-32-233	0.264
160	4640-32-234	0.556

Anexo 11: Reporte de Leyes (161-200)

REPORTE DE LEYES

ANAMA

MINA

Laboratorio: Anama

Total de Muestras:

40

Banco:

4640

Turno:

Proyecto

32

Tipo de Analisis

Au

ITEM	CODIGO	Ley (g/t)
161	4640-32-235	0.010
162	4640-32-236	0.411
163	4640-32-237	0.210
164	4640-32-238	0.156
165	4640-32-239	0.188
166	4640-32-240	0.264
167	4640-32-241	0.506
168	4640-32-242	0.282
169	4640-32-243	0.384
170	4640-32-244	0.368
171	4640-32-245	0.402
172	4640-32-321	0.010
173	4640-32-351	0.698
174	4640-32-353	0.530
175	4640-32-354	0.412
176	4640-32-355	0.374
177	4640-32-356	0.508
178	4640-32-357	0.725
179	4640-32-358	0.368
180	4640-32-359	0.146
181	4640-32-360	0.010
182	4640-32-369	0.010
183	4640-32-370	0.010
184	4640-32-094	0.302
185	4640-32-104	0.182
186	4640-32-110	0.401
187	4640-32-151	0.456
188	4640-32-182	0.304
189	4640-32-222	0.076
190	4640-32-223	0.010
191	4640-32-246	0.263
192	4640-32-247	0.296
193	4640-32-248	0.624
194	4640-32-249	0.130
195	4640-32-250	0.290
196	4640-32-251	0.010
197	4640-32-252	0.010
198	4640-32-253	0.010
199	4640-32-273	0.520
200	4640-32-275	0.400

Anexo 12: Reporte de Leyes (201-240)

REPORTE DE LEYES

ANAMA

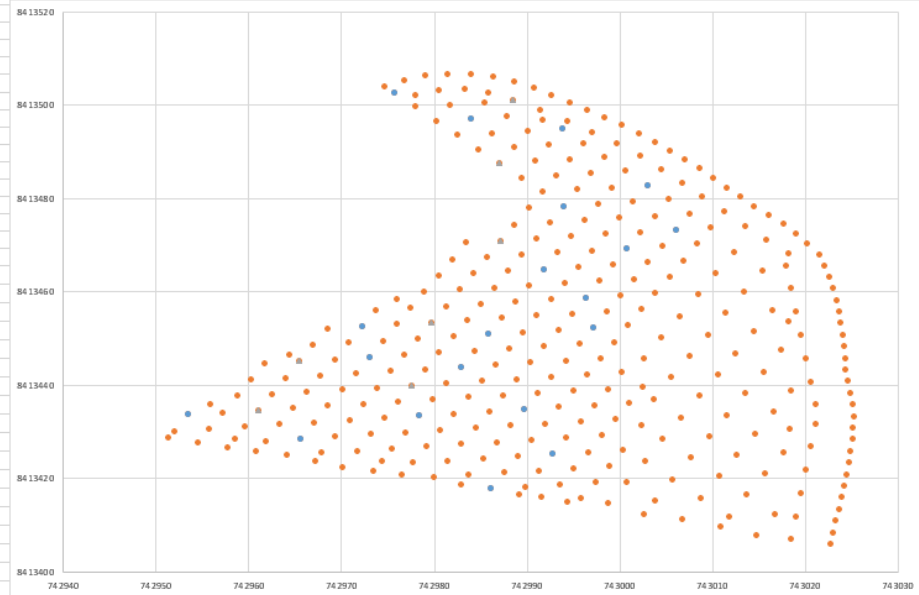
MINA

Laboratorio: Anama		Total de Muestras:	40
Banco:	4640	Turno:	
Proyecto	32		
Tipo de Analisis	Au		

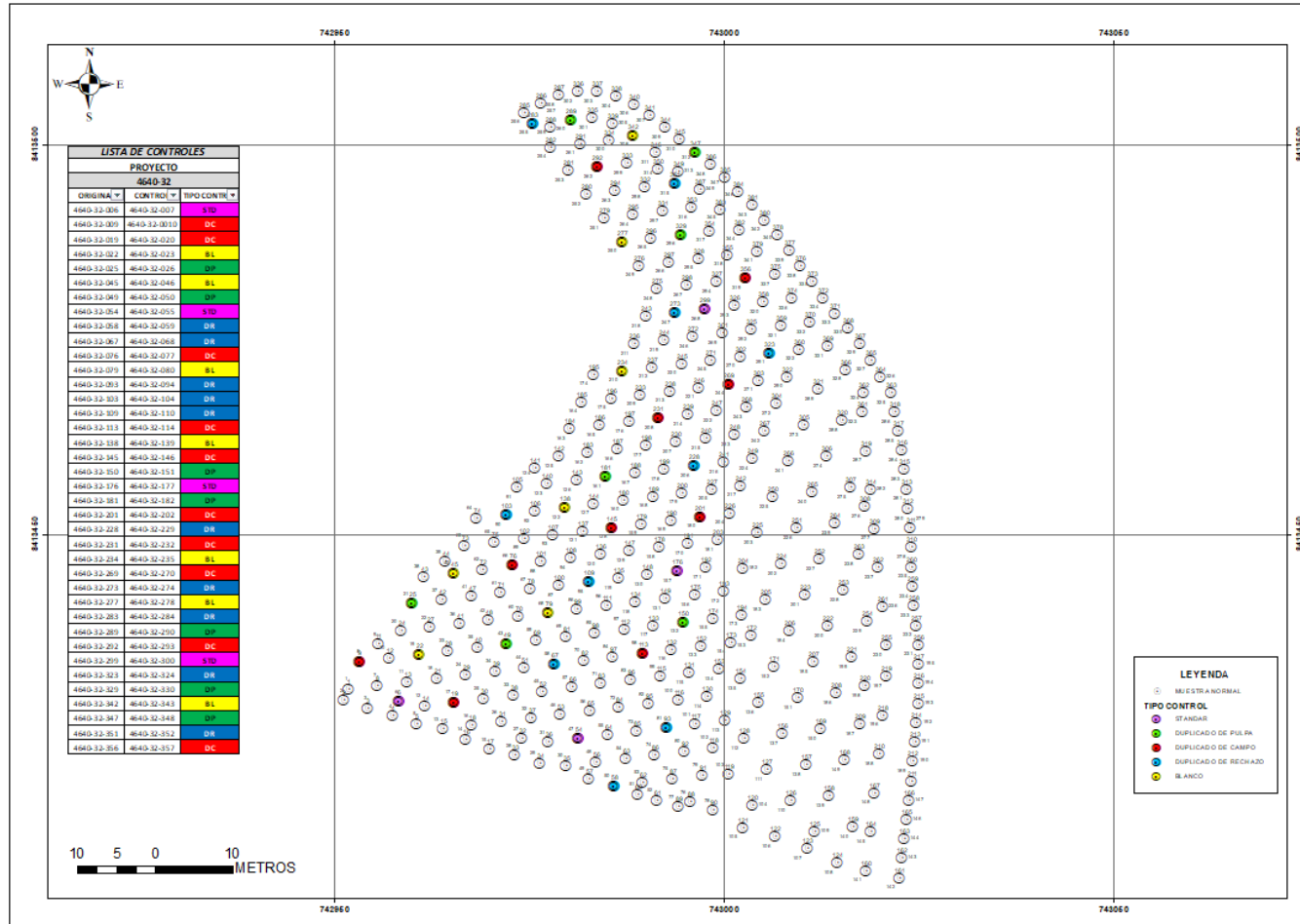
ITEM	CODIGO	Ley (g/t)
201	4640-32-276	0.438
202	4640-32-277	0.402
203	4640-32-278	0.028
204	4640-32-279	0.502
205	4640-32-280	0.524
206	4640-32-290	0.462
207	4640-32-294	0.660
208	4640-32-295	0.752
209	4640-32-296	0.446
210	4640-32-297	0.486
211	4640-32-298	0.452
212	4640-32-299	0.594
213	4640-32-300	0.662
214	4640-32-301	0.384
215	4640-32-302	0.476
216	4640-32-303	0.254
217	4640-32-304	0.154
218	4640-32-305	0.010
219	4640-32-322	0.208
220	4640-32-323	0.284
221	4640-32-325	0.252
222	4640-32-326	0.351
223	4640-32-327	0.496
224	4640-32-328	0.530
225	4640-32-329	0.604
226	4640-32-331	0.708
227	4640-32-332	0.514
228	4640-32-160	0.042
229	4640-32-165	0.010
230	4640-32-208	0.010
231	4640-32-210	0.098
232	4640-32-215	0.066
233	4640-32-219	0.024
234	4640-32-257	0.026
235	4640-32-261	0.010
236	4640-32-265	0.020
237	4640-32-266	0.010
238	4640-32-267	0.122
239	4640-32-268	0.290
240	4640-32-269	0.513

Anexo 14: Inserción dinámica de muestras de control

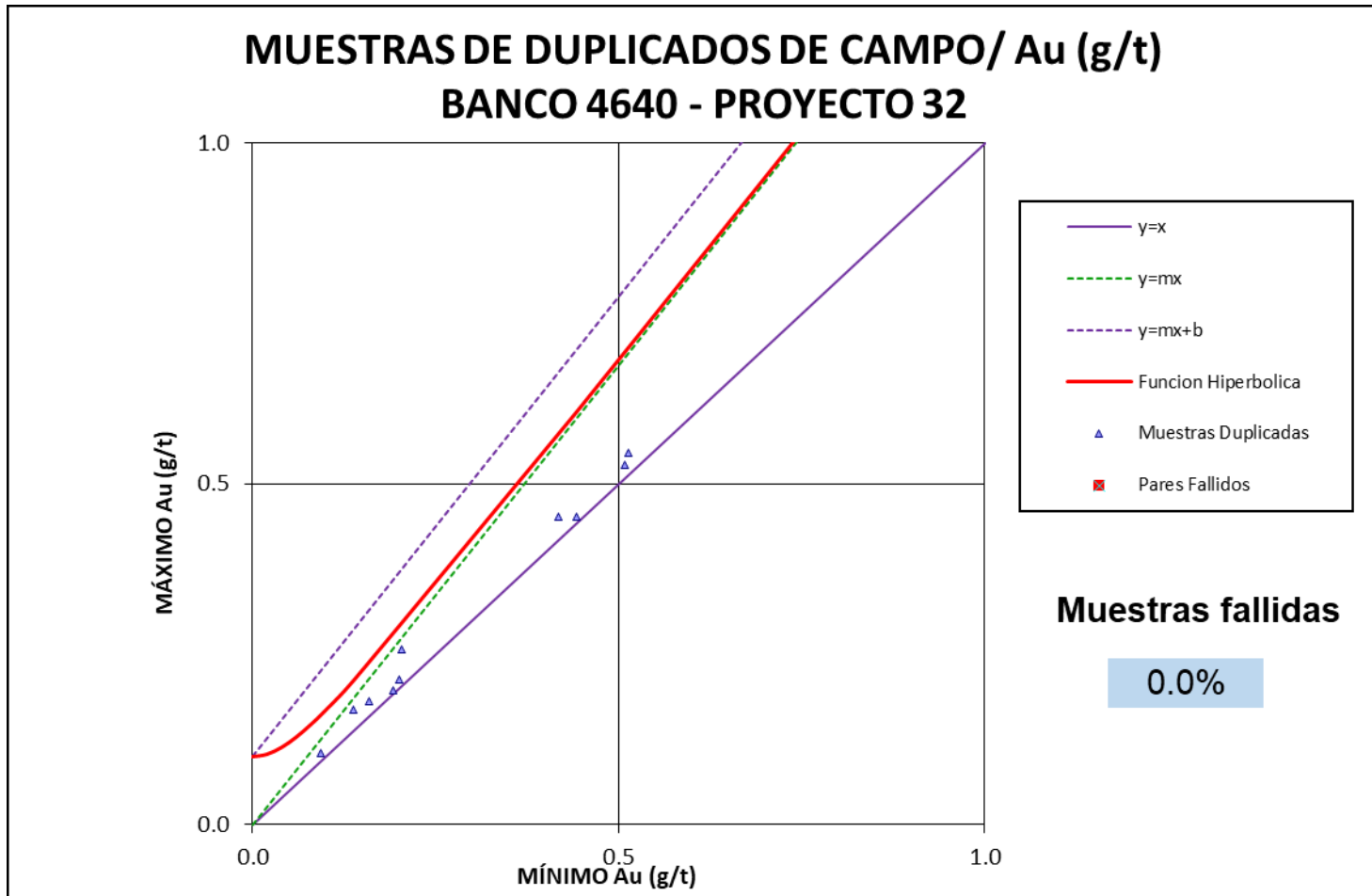
	ID_TOPO	CONTROL	SELECCIÓN	TIPO CONTROL	E	N	MIN	MAX	TOTAL	CONTOLES	DC	3.00%	BL	2.00%	DP	2.00%		
MANUAL	68	350	CONTROL	BL	742977.556	8413440.031	2	349	349	35	DC	3.00%	BL	2.00%	DP	2.00%		
	122	351	CONTROL	BL	742979.728	8413453.553					DR	3.00%	STD	1.00%				
	19	352	CONTROL	BL	742960.982	8413434.687												
	308	353	CONTROL	BL	742966.497	8413501.266												
	210	354	CONTROL	BL	742987.153	8413471.046												
	250	355	CONTROL	BL	742987.045	8413487.61												
	40	356	CONTROL	BL	742965.44	8413445.179												
							TOTAL QC											
							DC	10.47	10									
							DR	10.47	10									
							STD	3.49	4									
							DP	6.98	7									
							BL	6.98	7									
								38.39	38									
							RANDOM		31									
							DC	10										
							DR	10										
							STD	4										
							DP	7										
							MANUAL		7									
							BL	7										
RANDOM	337	8	357	CONTROL	DC	742953.438	8413433.763											
	304	180	358	CONTROL	DC	742997.101	8413452.37											
	30	66	359	CONTROL	DC	742972.984	8413446.103											
	142	128	360	CONTROL	DC	742965.786	8413450.985											
	309	98	361	CONTROL	DC	742969.671	8413434.683											
	102	208	362	CONTROL	DC	742991.73	8413464.975											
	236	17	363	CONTROL	DC	742965.553	8413428.616											
	343	262	364	CONTROL	DC	742983.96	8413437.178											
	87	244	365	CONTROL	DC	743000.76	8413469.396											
	5	319	366	CONTROL	DC	743002.933	8413482.923											
	330	206	367	CONTROL	DR	742996.302	8413458.303											
	286	81	368	CONTROL	DR	742992.756	8413425.315											
	299	291	369	CONTROL	DR	743006.018	8413473.355											
	16	95	370	CONTROL	DR	742982.814	8413443.99											
	87	58	371	CONTROL	DR	742978.355	8413433.498											
	99	255	372	CONTROL	DR	742975.617	8413502.788											
	216	315	373	CONTROL	DR	742993.79	8413495.066											
	247	90	374	CONTROL	DR	742972.184	8413452.636											
	342	50	375	CONTROL	DR	742966.012	8413417.658											
	238	247	376	CONTROL	DR	742993.903	8413478.503											
	20	260	377	CONTROL	DP	742980.441	8413503.262											
	261	21	378	CONTROL	DP	742960.182	8413441.22											
	75	132	379	CONTROL	DP	742994.523	8413438.843											
	225	312	380	CONTROL	DP	742996.482	8413499.124											
	4	161	381	CONTROL	DP	742984.986	8413457.516											
	189	296	382	CONTROL	DP	742994.589	8413488.533											
	44	43	383	CONTROL	DP	742972.298	8413436.072											



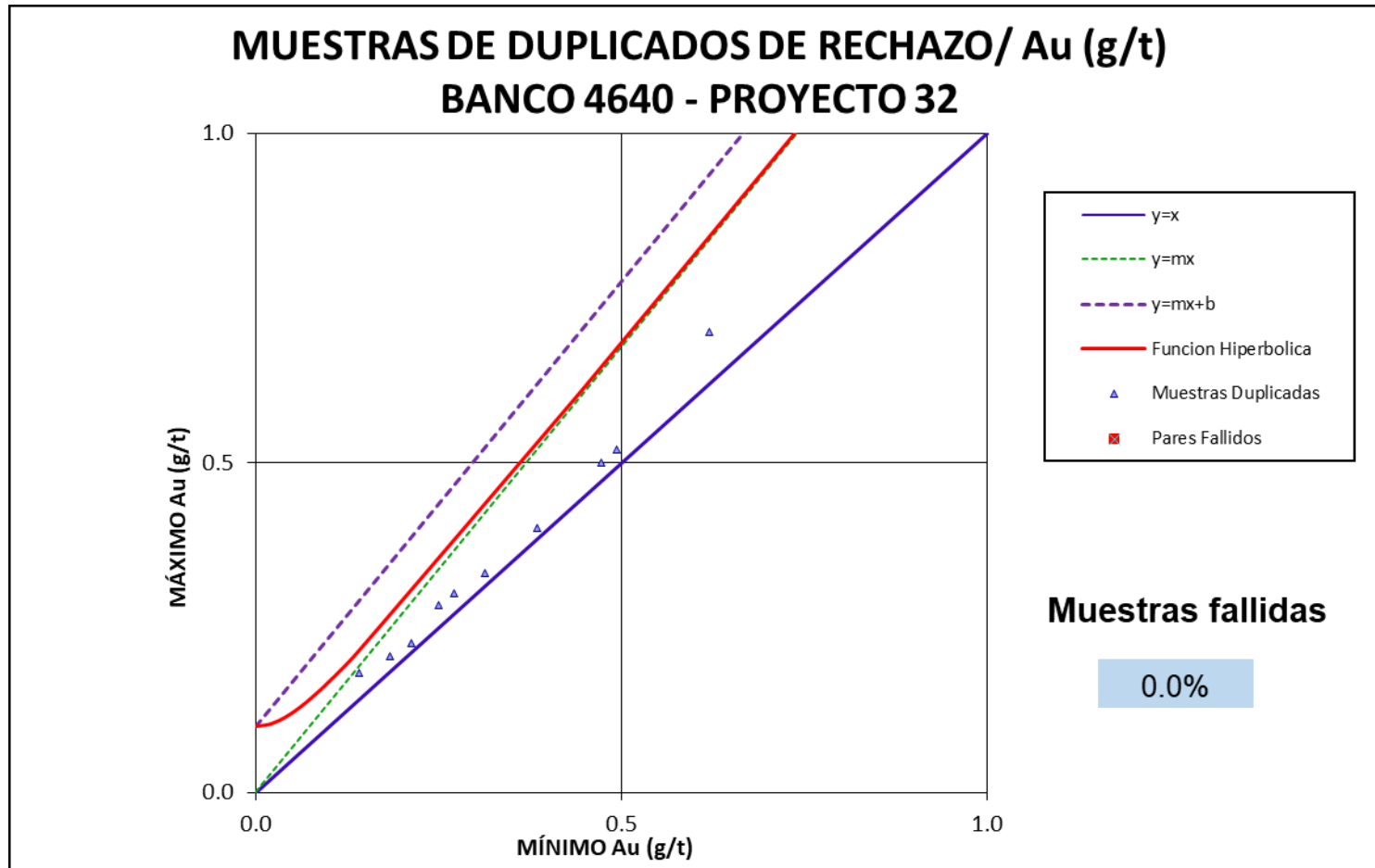
Anexo 15: Distribución de muestras regulares y controles QA/QC



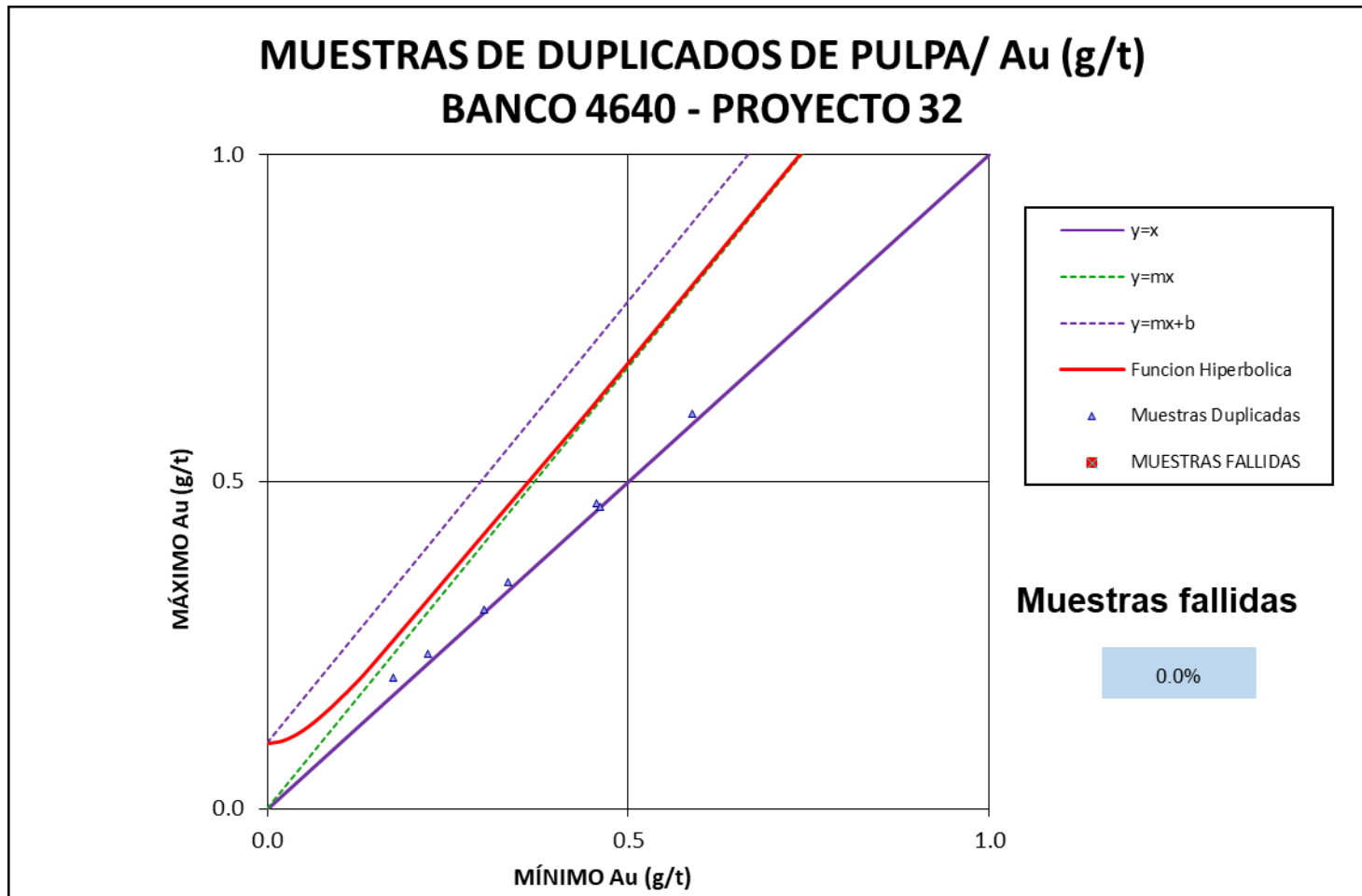
Anexo 16: Evaluación de duplicados de campo



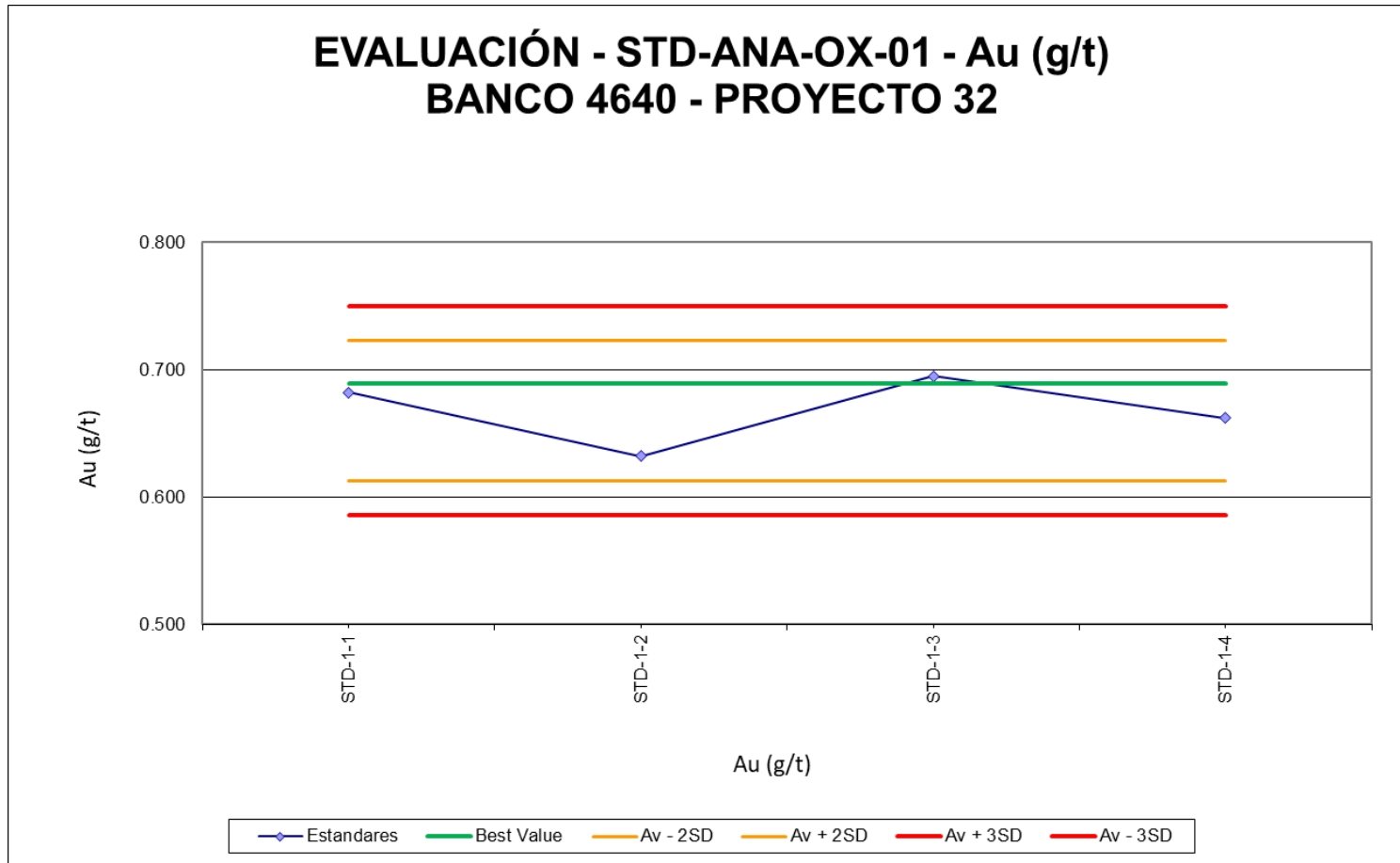
Anexo 17: Evaluación de duplicados de rechazo



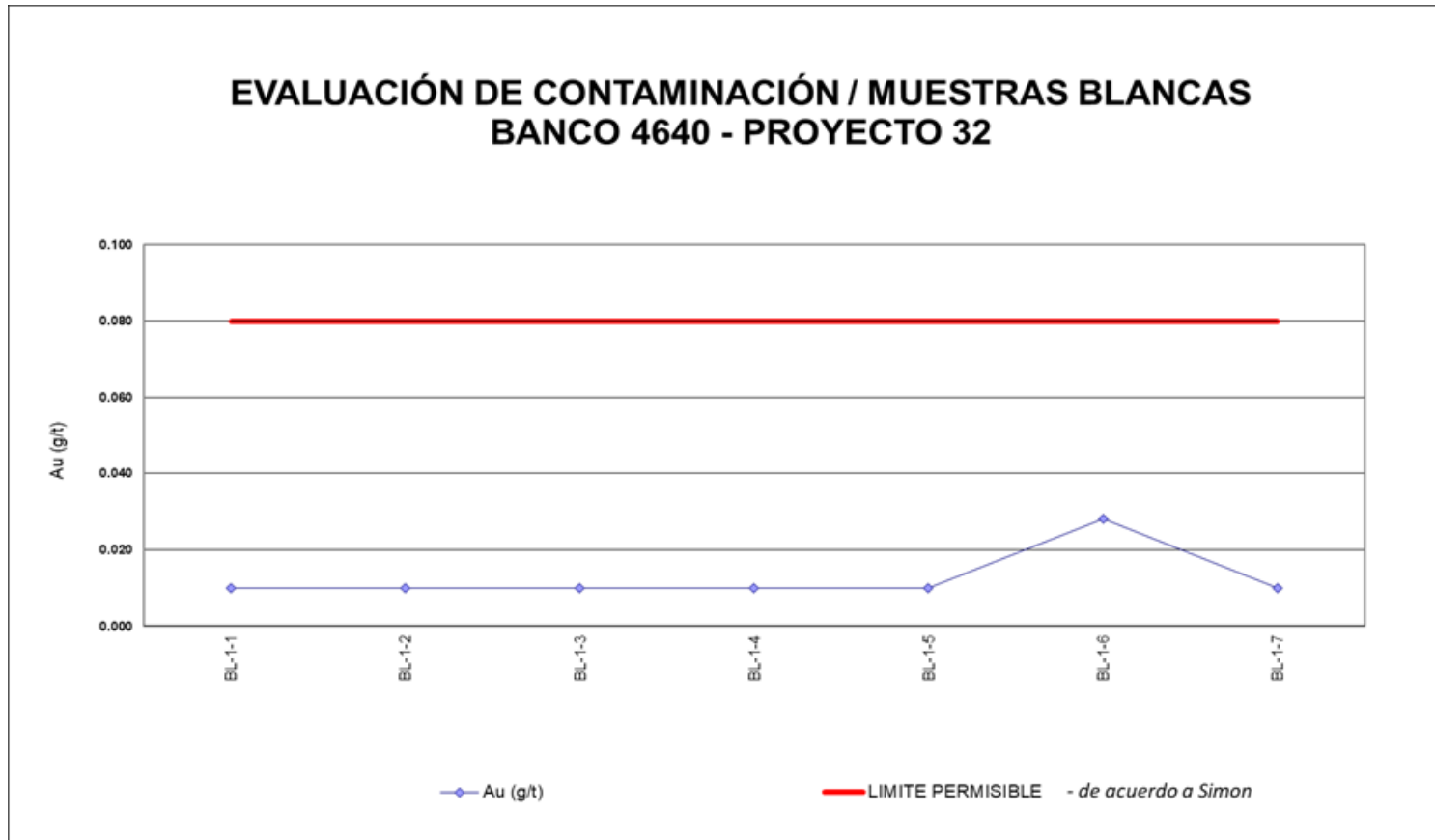
Anexo 18: Evaluación de duplicados de pulpa



Anexo 19: Evaluación de estándares



Anexo 20: Evaluación de muestras blancas



Anexo 21: Polígono Final (Mineral y Desmante)

