

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



T E S I S

**Aseguramiento y control de calidad QA/QC en el análisis de muestras Blast
Hole, in situ y en Stock Pile en la zona de óxidos – Empresa
Administradora Cerro SAC. 2024**

**Para optar el título de profesional de
Ingeniero Geólogo**

Autores:

Bach. Ronald Wilfredo CASIMIRO RAMOS

Bach. Miluzka Sthefany HUAMAN MUCHA

Asesor:

Dr. Jose Fermin HINOJOSA DE LA SOTA

Cerro de Pasco – Perú – 2026

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



T E S I S

**Aseguramiento y control de calidad QA/QC en el análisis de muestras Blast
Hole, in situ y en Stock Pile en la zona de óxidos – Empresa
Administradora Cerro SAC. 2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO
PRESIDENTE

Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI
MIEMBRO

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 027-2026-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Aseguramiento y control de calidad QA/QC en el análisis de muestras Blast

Hole, In Situ y en Stock Pile en la Zona de Óxidos – Empresa

Administradora Cerro SAC. 2024

Apellidos y nombres de los tesistas

Bach. Ronald Wilfredo CASIMIRO RAMOS

Bach. Miluzka Sthefany HUAMAN MUCHA

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. José Fermín, HINOJOSA DE LA SOTA

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

14 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 8 de junio del 2026



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154805046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.06.2026 16:28:11 -05:00

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Wilfredo y Carmen, y a mi tía Martha, cuyo compromiso, disciplina y valores han sido pilares fundamentales en mi formación personal y profesional.

A mi esposa y a mis hijos, por su constante apoyo emocional y por brindarme la estabilidad necesaria para alcanzar esta meta.

Finalmente, a todas aquellas personas que, con su confianza, guía y ejemplo, han contribuido de manera significativa a mi desarrollo académico.

Ronald Casimiro

A mis amadas hijas Hanna, Ashley y Celeste, fuente de mi inspiración y motivo de cada esfuerzo.

A mi esposo Rafael, por su amor y apoyo constante en cada etapa de este camino.

A mis padres Luis y Agustina, por ser ejemplo de esfuerzo y fortaleza, y a mi hermana Danithza, por su compañía y aliento.

Con todo mi cariño, este logro es para ustedes

Miluzka Huamán

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la vida y la fortaleza necesarias para culminar esta investigación.

A la Empresa Administradora Cerro S.A.C. por facilitar el acceso a la información necesaria para el desarrollo de esta investigación. Extendemos nuestro reconocimiento al equipo de Geología, Muestreo y QA/QC por su colaboración y apertura durante la recopilación de datos y seguimiento de procedimientos.

A nuestros docentes y asesores, por su guía académica y orientación metodológica.

A nuestro asesor, por su guía y dedicación en el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión y a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por brindarnos la oportunidad de nuestra formación profesional.

A nuestras familias, cuyo apoyo emocional y motivación constante hicieron posible culminar este trabajo.

A nuestros compañeros y amigos, por el apoyo y la motivación compartida durante esta etapa académica.

A todos quienes contribuyeron directa o indirectamente en este proceso, nuestra sincera gratitud.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el desempeño y la consistencia del sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) aplicado al análisis de muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la zona de óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. durante el año 2024, con la finalidad de determinar su confiabilidad analítica y su aporte a la representatividad de los resultados geoquímicos. El estudio presentó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo-analítico. La evaluación comprendió 7 108 registros analíticos, integrados por muestras ordinarias y controles QA/QC, entre los que se incluyeron materiales de referencia certificados (CRM), muestras gemelas, duplicados gruesos, duplicados finos y muestras blancas.

Los resultados mostraron que más del 90 % de los CRM se ubicó dentro de los límites de aceptación de ± 2 desviaciones estándar. Asimismo, el 92 % de los duplicados gruesos y el 96 % de los duplicados finos cumplieron el criterio de diferencia relativa porcentual $RPD \leq 10$ %, con valores promedio de 6,4 % y 5,9 %, respectivamente. Las muestras blancas permanecieron mayoritariamente dentro de los límites establecidos, aunque se identificaron fallas aisladas en blancos gruesos para plata y oro, sin evidenciar un patrón persistente de contaminación. Los sesgos globales ponderados obtenidos para Cu, Ag y Au fueron de $-1,36$ %, $+0,55$ % y $-1,46$ %, respectivamente, manteniéndose dentro del rango de aceptación adoptado.

Se concluye que el sistema QA/QC presentó un desempeño analítico globalmente consistente y confiable durante el periodo evaluado, permitiendo respaldar la calidad de los datos utilizados en el control geológico. Asimismo, se propusieron lineamientos orientados a fortalecer la trazabilidad, la investigación de resultados fuera de control, la automatización de

la validación y la revisión periódica del desempeño analítico. Los resultados se restringen al sistema QA/QC evaluado y no constituyen una validación de la reconciliación mina-planta.

Palabras clave: aseguramiento de la calidad, control de calidad, exactitud analítica, precisión analítica, muestreo geológico.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the performance and consistency of the Quality Assurance and Quality Control (QA/QC) system applied to the analysis of Blast Hole, In Situ, and Stock Pile samples from the oxide zone of Empresa Administradora Cerro S.A.C. during 2024, in order to determine its analytical reliability and its contribution to the representativeness of geochemical results. The study followed a quantitative and applied approach, with a non-experimental, cross-sectional, descriptive-analytical design. The evaluation included 7,108 analytical records comprising ordinary samples and QA/QC controls, including Certified Reference Materials (CRMs), field duplicates, coarse duplicates, pulp duplicates, and blank samples.

The results showed that more than 90% of the CRMs were within the acceptance limits of ± 2 standard deviations. Likewise, 92% of the coarse duplicates and 96% of the pulp duplicates met the Relative Percent Difference criterion of $RPD \leq 10\%$, with average values of 6.4% and 5.9%, respectively. The blank samples remained mostly within the established limits, although isolated failures were identified in coarse blanks for silver and gold, with no evidence of a persistent contamination pattern. The weighted global biases obtained for Cu, Ag, and Au were -1.36% , $+0.55\%$, and -1.46% , respectively, remaining within the adopted acceptance range.

It was concluded that the QA/QC system showed an overall consistent and reliable analytical performance during the evaluated period, supporting the quality of the data used for geological control. Technical and methodological guidelines were also proposed to strengthen traceability, the investigation of out-of-control results, automated validation, and periodic review of analytical performance. The findings are limited to the evaluated QA/QC system and do not constitute validation of mine-to-plant reconciliation.

Keywords: quality assurance, quality control, analytical accuracy, analytical precision, geological sampling.

INTRODUCCIÓN

La actividad minera requiere información geológica y geoquímica confiable para sustentar el control de leyes, la clasificación del mineral y la toma de decisiones operativas. La calidad de esta información depende de la correcta ejecución del muestreo, la preparación y el análisis químico, debido a que cualquier error producido durante estas etapas puede afectar la representatividad de los resultados. Por ello, la implementación de sistemas de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) constituye una herramienta fundamental para identificar, controlar y reducir los errores aleatorios y sistemáticos asociados con el proceso analítico.

En la zona de óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., la variabilidad litológica, la heterogeneidad mineralógica y la distribución irregular de los elementos metálicos representan condiciones que pueden influir en el comportamiento de las muestras. Estas características hacen necesario evaluar permanentemente la precisión, exactitud y repetibilidad de los resultados obtenidos en muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile, así como verificar la posible presencia de contaminación cruzada y sesgo analítico durante la preparación y el análisis químico.

Durante el año 2024, la empresa aplicó procedimientos de muestreo y protocolos QA/QC que incluyeron la inserción de materiales de referencia certificados (CRM), muestras gemelas, duplicados gruesos, duplicados finos y muestras blancas. Estos controles permitieron evaluar diferentes componentes del sistema: los CRM fueron utilizados para verificar la exactitud y el sesgo analítico; las muestras gemelas y los duplicados permitieron evaluar la precisión y repetibilidad del muestreo y la preparación; mientras que los blancos fueron empleados para detectar posibles eventos de contaminación cruzada.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo general evaluar el desempeño y la consistencia del sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) aplicado al análisis de muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la zona de óxidos de la

Empresa Administradora Cerro S.A.C., con la finalidad de determinar su confiabilidad analítica y su aporte a la representatividad de los resultados geoquímicos. Para alcanzar este propósito, se analizaron 7 108 registros analíticos correspondientes al periodo 2024, mediante indicadores estadísticos de exactitud, precisión, contaminación y sesgo.

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo-analítico. El procesamiento de la información comprendió el cálculo de la diferencia relativa porcentual (RPD), las tasas de cumplimiento de los controles, el sesgo analítico y la evaluación de los materiales de referencia mediante gráficos de control de Shewhart con límites de advertencia de ± 2 desviaciones estándar y límites de rechazo de ± 3 desviaciones estándar. Asimismo, se revisó el comportamiento de las muestras blancas y la trazabilidad de los resultados fuera de control.

Los resultados obtenidos permitieron establecer que el sistema QA/QC presentó un desempeño analítico globalmente consistente durante el periodo evaluado. La mayoría de los CRM se mantuvo dentro de los límites establecidos; los duplicados gruesos y finos presentaron valores de RPD mayoritariamente aceptables; y las muestras blancas evidenciaron un comportamiento estable, aunque se identificaron eventos aislados que requieren seguimiento. De igual manera, los sesgos globales ponderados de Cu, Ag y Au permanecieron dentro del rango de aceptación adoptado.

A partir de los resultados, se propusieron lineamientos técnicos y metodológicos orientados al fortalecimiento del sistema QA/QC, entre ellos la utilización de CRM representativos de la mineralización, la investigación documentada de resultados fuera de control, la revisión periódica de tendencias, la automatización de la validación y la centralización de la información analítica. La implementación de estas acciones permitirá fortalecer la trazabilidad y favorecer la mejora continua de los procedimientos de muestreo, preparación y análisis.

El alcance de la investigación se limita a la evaluación del desempeño analítico del sistema QA/QC aplicado durante el año 2024. En consecuencia, los resultados respaldan la confiabilidad de la información utilizada en el control geológico, pero no constituyen una evaluación de la reconciliación mina-planta ni permiten cuantificar directamente su incidencia en la estimación de recursos, los destinos del mineral o la planificación minera. Estos aspectos requieren bases de datos emparejadas y estudios complementarios.

La tesis se encuentra estructurada en cuatro capítulos. El capítulo I presenta el problema, los objetivos, la justificación y las limitaciones de la investigación. El capítulo II desarrolla el marco teórico, los antecedentes, las bases conceptuales, las hipótesis y las variables. El capítulo III describe la metodología, los procedimientos de muestreo y las técnicas estadísticas empleadas. Finalmente, el capítulo IV expone, analiza y discute los resultados obtenidos, evalúa las hipótesis y presenta los lineamientos de mejora, seguidos de las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.	Delimitación conceptual.....	2
1.2.2.	Delimitación espacial	3
1.2.3.	Delimitación temporal.....	3
1.3.	Formulación del problema	4
1.3.1.	Problema general.....	4
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	5
1.5.	Justificación de la investigación	5
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	8
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	8
2.1.2.	Antecedentes nacionales	10
2.1.3.	Antecedentes Locales	11
2.2.	Bases teóricas - científicas	12
2.2.1.	Aseguramiento de calidad (QA).....	12
2.2.2.	Control de calidad (QC)	12
2.2.3.	QA/QC	13
2.2.4.	Error analítico.....	13
2.2.5.	Precisión y exactitud	13
2.2.6.	Representatividad de la muestra.....	14
2.2.7.	Materiales de referencia certificados (CRM)	14
2.2.8.	Duplicados gruesos y finos	14
2.2.9.	Muestras blancas	15
2.2.10.	Sesgo global	15
2.2.11.	Validación mina – planta.....	15
2.2.12.	Aplicación en operaciones mineras de óxidos	15
2.3.	Definición de términos básicos	15
2.3.1.	Geología Regional.....	20
2.3.2.	Estratigrafía	22
2.3.3.	Rocas Igneas.....	26
2.3.4.	Rocas Volcanoclásticas	27
2.3.5.	Geología estructural	29

2.3.6. Plegamiento	30
2.3.7. Fallas y Fracturas	30
2.3.8. Geología económica.....	34
2.3.9. Mineralización.....	42
2.4. Formulación de hipótesis	43
2.4.1. Hipótesis general	43
2.4.2. Hipótesis específicas	43
2.5. Identificación de variables.	44
2.5.1. Variable independiente.....	44
2.5.2. Variable dependiente.....	44
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	45

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	47
3.2. Nivel de investigación.....	47
3.3. Métodos de investigación.....	48
3.4. Diseño de investigación.	49
3.5. Población y muestra	49
3.5.1. Población.....	49
3.5.2. Muestra.....	49
3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos	49
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	130
3.7.1. Evaluación de precisión para Oro	132
3.7.2. Evaluación de precisión para Plata (Ag)	134
3.7.3. Evaluación de precisión para Cobre (Cu)	137

3.7.4. Evaluación de duplicados gruesos para Oro (Au)	140
3.7.5. Evaluación de duplicados gruesos para Plata (Ag)	143
3.7.6. Evaluación de duplicados gruesos para Cobre (Cu).....	145
3.7.7. Evaluación de duplicados Finos para Oro (Au)	148
3.7.8. Evaluación de duplicados Finos para Plata (Ag)	151
3.7.9. Evaluación de duplicados Finos para Cobre (Cu).....	153
3.8. Tratamiento estadístico	176
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica	182

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	183
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.	184
4.2.1. Resultados de duplicados gruesos y finos – Precisión	184
4.2.2. Resultados de blancos de laboratorio – Contaminación.....	185
4.2.3. Alcance de la validación de leyes diarias.....	186
4.2.4. Análisis de Sesgo global – Evaluación analítica completa	187
4.2.5. Lineamientos técnicos y metodológicos para el fortalecimiento del sistema QA/QC.....	187
4.3. Prueba de hipótesis.....	188
4.4. Discusión de resultados.....	190

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 <i>Definición Operacional de variables e indicadores.</i>	45
Tabla 2 <i>Tamaño máximo y peso mínimo de partículas</i>	62
Tabla 3 <i>Cuadro de porcentaje de inserción de controles.</i>	86
Tabla 4 <i>Tabla de muestras.</i>	131
Tabla 5 <i>Tabla de Precisión para muestras gemelas</i>	131
Tabla 6 <i>Tabla de Precisión para Duplicados Gruesos.</i>	139
Tabla 7 <i>Tabla de Precisión para Duplicados Finos.</i>	148
Tabla 8 <i>Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-05-24).</i>	156
Tabla 9 <i>Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-06-24).</i>	158
Tabla 10 <i>Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-07-24).</i>	160
Tabla 11 <i>Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-05-23).</i>	161
Tabla 12 <i>Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-06-23).</i>	163
Tabla 13 <i>Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-07-23).</i>	165
Tabla 14 <i>Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (ST1200033).</i>	167
Tabla 15 <i>Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (ST1200035).</i>	169
Tabla 16 <i>Tabla Resumen del Control de Contaminación (Blanco Grueso).</i>	171
Tabla 17 <i>Tabla Resumen del Control de Contaminación (Blanco Fino).</i>	173
Tabla 18 <i>Resultados de CRM – Exactitud Analítica.</i>	184
Tabla 19 <i>Resultados de Duplicados – Precisión Analítica.</i>	185
Tabla 20 <i>Resultados de Muestras Blancas – Contaminación Cruzada.</i>	185
Tabla 21 <i>Alcance de la validación analítica diaria.</i>	186

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 <i>Plano de ubicación</i>	19
Figura 2 <i>Geología Regional</i>	20
Figura 3 <i>Geología Local</i>	21
Figura 4 <i>Geología estructural</i>	29
Figura 5 <i>Fallas y Fracturas</i>	31
Figura 6 <i>Geología de la mina</i>	34
Figura 7 <i>Antes de la plataforma de perforación</i>	52
Figura 8 <i>Después de la plataforma de perforación</i>	53
Figura 9 <i>Marcado de vértices de la malla de perforación</i>	53
Figura 10 <i>Marcado de puntos con wincha de 30m</i>	54
Figura 11 <i>Verificación en el Plano del Ore Control, puntos que faltan perforar</i>	54
Figura 12 <i>Medidas de los puntos de Blast Hole malla 5x5 OIS</i>	55
Figura 13 <i>Medidas de los puntos de Blast Hole, malla 5x5 CNB</i>	55
Figura 14 <i>Baja recuperación de detritos</i>	57
Figura 15 <i>Alta recuperación de detritos</i>	57
Figura 16 <i>Criterios de inserción de controles en muestreo Blast Hole</i>	58
Figura 17 <i>Inspección visual de los conos</i>	59
Figura 18 <i>Distribución de controles por el maestro muestrero</i>	60
Figura 19 <i>Muestras “C” – Fantasma</i>	60
Figura 20 <i>Muestras “G” – Gemelas</i>	61
Figura 21 <i>Muestras “SR” – Sin recuperación</i>	61
Figura 22 <i>Limpieza de la parte superficial del cono con la cucharilla</i>	63
Figura 23 <i>Muestreo en forma de canal</i>	63

Figura 24 <i>Técnica de la pala de un tractor frontal con la cucharilla</i>	64
Figura 25 <i>Pesado de las muestras</i>	64
Figura 26 <i>Medición de profundidad de los pozos perforados</i>	65
Figura 27 <i>Llenado de información en la tarjeta</i>	65
Figura 28 <i>Bolsa de muestreo amarrada con el precinto</i>	66
Figura 29 <i>Almacenamiento de muestras en forma ordenada y correlativa.....</i>	66
Figura 30 <i>Generación de lotes de muestreo en la app de minería "Appsheet".</i>	67
Figura 31 <i>Muestra BG precintada</i>	69
Figura 32 <i>Muestra BF reempaquetada.</i>	70
Figura 33 <i>Muestra Estándar reempaquetada</i>	71
Figura 34 <i>Memorándum de Preparación y Análisis.....</i>	73
Figura 35 <i>Parihuelas con muestras correctamente ordenadas</i>	74
Figura 36 <i>Muestras debidamente cargadas a la camioneta</i>	75
Figura 37 <i>Entrega de muestras debidamente ordenadas.....</i>	76
Figura 38 <i>Recepción y registro de muestras con el lector de barras.</i>	76
Figura 39 <i>Devolución de rechazos debidamente ordenadas.</i>	77
Figura 40 <i>Búsqueda de las muestras de Blast Hole.....</i>	79
Figura 41 <i>Muestras de los Blast Hole para su preparación.....</i>	79
Figura 42 <i>Pesado de las muestras para vaciar a la bandeja.....</i>	80
Figura 43 <i>Se homogeniza la muestra, de 3 a 4 veces.</i>	80
Figura 44 <i>Se divide en 20 kg para metalúrgica y 5kg para analítica y se asegura con precinto</i>	81
Figura 45 <i>Muestras en almacenamiento para su traslado a laboratorio</i>	81
Figura 46 <i>Orden y limpieza luego de la preparación de los compósitos</i>	82
Figura 47 <i>Se sube al sistema las muestras que se preparó y se mandó a laboratorio.</i>	83

Figura 48 <i>Proyectos trabajados y creados en el GDMS.</i>	84
Figura 49 <i>Tarjeta de muestreo</i>	84
Figura 50 <i>Diagrama de proyectos para impresión de códigos de barra.</i>	85
Figura 51 <i>Código de barra impreso</i>	85
Figura 52 <i>Selección del proyecto en DH Logger</i>	92
Figura 53 <i>Ingreso para editar en DH Logger</i>	92
Figura 54 <i>Ventana de COLLAR para llenar toda la información del sondaje.</i>	93
Figura 55 <i>Ventana de DETALLES para llenar la información geológica.</i>	94
Figura 56 <i>Ventana de DETALLES para el llenado de información geológica</i>	94
Figura 57 <i>Ventana de MUESTRAS para llenado de muestras ordinarias y controles.</i>	95
Figura 58 <i>Fusión Client.</i>	96
Figura 59 <i>Seleccionar la opción Check In.</i>	97
Figura 60 <i>Ingreso de información a la BD Central</i>	98
Figura 61 <i>Lotes listos para inserción de controles.</i>	99
Figura 62 <i>Muestras no pulverizadas como indica el memorándum.</i>	100
Figura 63 <i>Pesado de la muestra.</i>	100
Figura 64 <i>Material tamizado.</i>	101
Figura 65 <i>Peso del pasante.</i>	101
Figura 66 <i>Materiales para realizar la inserción de controles.</i>	102
Figura 67 <i>Sellado de los sobres a insertar.</i>	102
Figura 68 <i>Tarjetas de las muestras de control.</i>	103
Figura 69 <i>Intercambio de muestra de control.</i>	103
Figura 70 <i>Tarjeta de muestra (Duplicado Fino).</i>	104
Figura 71 <i>Tarjeta de muestra (Duplicado grueso).</i>	104
Figura 72 <i>Revisión del lote de acuerdo con el memorándum</i>	105

Figura 73 Preparación de nuevos códigos para reempaque.	107
Figura 74 Muestra de control identificada para reempaque.	108
Figura 75 Preparación de muestras ordinarias para reempaque.	108
Figura 76 Muestra re empacada.	109
Figura 77 Orden y limpieza del área de trabajo.	110
Figura 78 Tarjeta de muestreo de campo.	111
Figura 79 Registro de controles en la tarjeta.	111
Figura 80 Registro de lotes en app Appsheet.	112
Figura 81 Enlace en Microsoft Teams.	112
Figura 82 Memo de registro de muestras.	113
Figura 83 Plantilla de macro BH para el registro de controles.	113
Figura 84 Plantillas adicionales de control.	114
Figura 85 Software de DH LOGGER.	114
Figura 86 Software REPORT MANAGER.	114
Figura 87 Software DATAMINE.	115
Figura 88 Software FUSION CLIENT.	115
Figura 89 Correo de confirmación de análisis.	117
Figura 90 Sample Status.	117
Figura 91 Cuadros de evaluación de precisión.	118
Figura 92 Cuadro de evaluación de contaminación.	119
Figura 93 Cuadro de evaluación de Exactitud.	119
Figura 94 Cumplimiento de las Herramientas de gestión previa a las actividades.	121
Figura 95 Ubicación y delimitación del área de minado planificado en el blending.	122
Figura 96 Delimitación de mineral para la Planta Sulfuros y Óxidos.	122

Figura 97 Cuadro de Blending con las canchas de alimentación, numero de viajes y leyes promedio.	123
Figura 98 Secuenciamiento para transporte de envío por canchas y ciclos	125
Figura 99 Delimitación de zonas con “desmonte”	126
Figura 100 Verificación y coordinación para habilitar sectores sin perforación BH.....	127
Figura 101 Croquis con la delimitación de minado actual y stock de mineral	128
Figura 102 Registro de muestras comunes de conos y/o bancos al sistema GDMS.....	129
Figura 103 Actualización de Planos Ore Control (Envío de mineral y preparación).....	130
Figura 104 Gráfico de correlación Original vs. Gemela para Au.....	132
Figura 105 Gráfico de correlación Original vs. Gemela con tendencia lineal para Au.	132
Figura 106 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Au.....	133
Figura 107 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Au.....	133
Figura 108 Curva Percentil de Diferencia Relativa para Au.	134
Figura 109 Gráfico de correlación Original vs. Gemela para Ag.....	134
Figura 110 Gráfico de correlación Original vs. Gemela con tendencia lineal para Ag.	135
Figura 111 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Ag.....	135
Figura 112 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Ag.....	136
Figura 113 Curva percentil de Diferencia Relativa acumulada para Ag.....	136
Figura 114 Gráfico de correlación Original vs. Gemela para Cu.	137
Figura 115 Gráfico de correlación Original vs. Gemela con tendencia lineal para Cu.	137
Figura 116 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Cu.	138
Figura 117 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Cu.....	138
Figura 118 Curva percentil de Diferencia Relativa acumulada para Cu.....	139
Figura 119 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso para Au.	140

Figura 120 <i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso con tendencia lineal para Au.</i>	141
Figura 121 <i>Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Au en duplicado grueso. ..</i>	141
Figura 122 <i>Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Au en duplicado grueso.</i>	142
Figura 123 <i>Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Au (duplicado grueso).</i>	142
Figura 124 <i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso para Ag.</i>	143
Figura 125 <i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso con tendencia lineal para Ag.</i>	143
Figura 126 <i>Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Ag en duplicado grueso. ..</i>	144
Figura 127 <i>Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Ag en duplicado grueso.</i>	144
Figura 128 <i>Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Ag (duplicado grueso).</i>	145
Figura 129 <i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso para Cu.</i>	145
Figura 130 <i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso con tendencia lineal para Cu.</i>	146
Figura 131 <i>Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Cu (duplicado grueso).</i>	146
Figura 132 <i>Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Cu (duplicado grueso).</i>	147
Figura 133 <i>Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Cu (duplicado grueso).</i>	147
Figura 134 <i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino para Au.....</i>	148
Figura 135 <i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino con tendencia lineal para Au.</i>	149
Figura 136 <i>Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Au (duplicado fino).</i>	149
Figura 137 <i>Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Au (duplicado fino).</i>	150

Figura 138	<i>Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Au (duplicado fino).</i>	150
Figura 139	<i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino para Ag.....</i>	151
Figura 140	<i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino con tendencia lineal para Ag.</i>	151
Figura 141	<i>Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Ag (duplicado fino).....</i>	152
Figura 142	<i>Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Ag (duplicado fino).</i>	152
Figura 143	<i>Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Ag (duplicado fino).</i>	153
Figura 144	<i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino para Cu.</i>	153
Figura 145	<i>Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino con tendencia lineal para Cu.</i>	154
Figura 146	<i>Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Cu (duplicado fino).....</i>	154
Figura 147	<i>Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Cu (duplicado fino).....</i>	155
Figura 148	<i>Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Cu (duplicado fino).</i>	155
Figura 149	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).</i>	156
Figura 150	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).</i>	157
Figura 151	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart).</i>	157
Figura 152	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).</i>	158
Figura 153	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).</i>	159
Figura 154	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart).</i>	159
Figura 155	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).</i>	160
Figura 156	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).</i>	161
Figura 157	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).</i>	162
Figura 158	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).</i>	162
Figura 159	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).</i>	163
Figura 160	<i>Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).</i>	164

Figura 161 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart)</i>	164
Figura 162 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart)</i>	165
Figura 163 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart)</i>	166
Figura 164 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart)</i>	166
Figura 165 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart)</i>	167
Figura 166 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart)</i>	168
Figura 167 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart)</i>	168
Figura 168 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart)</i>	169
Figura 169 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart)</i>	170
Figura 170 <i>Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart)</i>	170
Figura 171 <i>Gráfico de Control de Blancos para Au (Blank Control Chart)</i>	171
Figura 172 <i>Gráfico de Control de Blancos para Ag (Blank Control Chart)</i>	172
Figura 173 <i>Gráfico de Control de Blancos para Cu (Blank Control Chart)</i>	172
Figura 174 <i>Gráfico de Control de Blancos para Au (Blank Control Chart)</i>	173
Figura 175 <i>Gráfico de Control de Blancos para Ag (Blank Control Chart)</i>	174
Figura 176 <i>Gráfico de Control de Blancos para Cu (Blank Control Chart)</i>	174
Figura 177 <i>Histograma y curva de Gauss para Cu</i>	179
Figura 178 <i>Histograma y curva de Gauss para Ag</i>	180
Figura 179 <i>Histograma y curva de Gauss para Au</i>	181

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

A nivel internacional, la industria minera depende críticamente de la certidumbre de sus datos analíticos para garantizar la viabilidad financiera, la planificación de la producción y la reconciliación mina-planta. Dentro de este flujo, el muestreo y el análisis químico constituyen los eslabones metodológicos más vulnerables, ya que cualquier error no controlado distorsiona la estimación de leyes y sesga la toma de decisiones estratégicas. Para mitigar estos riesgos, la gestión moderna exige la implementación rigurosa de sistemas de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC), los cuales actúan como el único mecanismo estandarizado para auditar la precisión, detectar sesgos de exactitud y controlar la contaminación cruzada en laboratorios y operaciones de campo. Sin embargo, la rigurosidad de estos protocolos metodológicos enfrenta desafíos analíticos extremos cuando se aplican en depósitos de óxidos. En las zonas de óxidos, la alta heterogeneidad del mineral, los complejos procesos de alteración meteórica incrementan exponencialmente la propensión a introducir desviaciones físicas y químicas durante la manipulación de los materiales.

Esta problemática técnico-metodológica se manifiesta de forma crítica en la Zona de Óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. En dicha unidad operacional, el mineral es evaluado en diferentes etapas y estados de fragmentación física a lo largo de la cadena de valor: antes del minado, durante la perforación de producción y principalmente en su acopio final. A pesar de su importancia, las condiciones ambientales intrínsecas, la heterogeneidad de la matriz oxidada y las dinámicas propias de la operación minera generan incertidumbre sobre la representatividad y trazabilidad de los resultados analíticos obtenidos en cada uno de estos puntos de control. Una fiscalización deficiente del control de calidad en estos sectores puede inducir a una subestimación o sobreestimación de los recursos económicos, provocando ineficiencias operativas y severas pérdidas financieras. Bajo este escenario de vulnerabilidad analítica, surge la necesidad imperativa de evaluar el desempeño y la consistencia del sistema de Aseguramiento y control de calidad QA/QC en el análisis de muestras Blast Hole, In Situ y en Stock Pile en la Zona de Óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación conceptual

La presente investigación circunscribe su objeto de estudio estrictamente al ámbito de la validación estadística y operativa de los datos analíticos en minería. Teóricamente, el estudio se restringe al análisis y evaluación del sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC), fundamentado en los principios de la teoría de muestreo de Pierre Gy. El análisis se enfocará exclusivamente en la medición de tres componentes metodológicos: la precisión (a través de duplicados), la exactitud (mediante el uso de Materiales de Referencia Certificados o estándares) y la contaminación cruzada (mediante el empleo de blancos); y el sesgo analítico.

Asimismo, el alcance conceptual se limita operativamente al comportamiento de estos controles en tres tipos específicos de soportes de muestreo: muestras de perforación de producción (Blast Hole) y muestras en canchas de almacenamiento temporal (Stock Pile). No se incluirán en esta investigación análisis metalúrgicos de recuperación ni optimizaciones de procesos químicos de laboratorio ajenos al protocolo QA/QC, balances de metal ni reconciliación mina-planta, debido a que no se dispone de una base diaria emparejada y trazable entre ambos puntos de control.

1.2.2. Delimitación espacial

El desarrollo práctico y la recolección de la data analítica se llevarán a cabo de manera exclusiva en las operaciones de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., unidad minera ubicada en el distrito, provincia y departamento de Pasco, Perú. De forma específica, el área de estudio y muestreo intencional se delimita a la Zona de Óxidos de dicha unidad, concentrando el análisis a la zona donde se acopian estos materiales mineralizados complejos.

1.2.3. Delimitación temporal

La investigación es de tipo transversal y su ventana de observación abarca un periodo comprendido entre enero y diciembre de 2024. Los datos de control de calidad, leyes de mineral e informes de laboratorio generados fuera de este rango cronológico no formarán parte del corpus de análisis de la tesis.

El estudio se enmarca específicamente en la zona de óxidos, donde se ejecutan las operaciones de muestreo y control de calidad de los programas de perforación *Blast Hole*, *In Situ* y *Stockpile*. Aquí se concentran y almacenan los minerales oxidados para su análisis y procesamiento posterior. Estas zonas corresponden a los dominios geológicos del Complejo Volcánico de la Cordillera Occidental, caracterizado por rocas

volcánicas, intrusivas y secuencias sedimentarias con presencia de óxidos de hierro, cobre, plomo y zinc.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el desempeño y la consistencia del sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) aplicado al análisis de muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la Zona de Óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es el nivel de precisión, exactitud y reproducibilidad de los resultados analíticos obtenidos en las muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile mediante la aplicación de protocolos QA/QC?
2. ¿Cuáles son las principales fuentes de error, contaminación y sesgo analítico que afectan la representatividad de las muestras en las diferentes etapas de evaluación del mineral oxidado?
3. ¿En qué medida el cumplimiento conjunto de los criterios de exactitud, precisión, contaminación y sesgo analítico evidencia la consistencia del sistema QA/QC aplicado a las muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la Zona de Óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. durante el año 2024?
4. ¿Qué lineamientos técnicos y metodológicos permitirían fortalecer el sistema QA/QC para optimizar la confiabilidad analítica y reducir la incertidumbre en la estimación de leyes minerales en la Zona de Óxidos?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño y la consistencia del sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) aplicado al análisis de muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la Zona de Óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., con la finalidad de determinar su confiabilidad analítica y su influencia en la representatividad de los resultados geoquímicos.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar el nivel de precisión, exactitud y reproducibilidad de los resultados analíticos obtenidos en las muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile mediante la aplicación de herramientas y protocolos QA/QC.
2. Identificar las principales fuentes de error, contaminación y sesgo analítico que afectan la representatividad de las muestras en las diferentes etapas de evaluación del mineral oxidado.
3. Evaluar la consistencia del sistema QA/QC aplicado a las muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile mediante la integración de los resultados de exactitud, precisión, contaminación y sesgo analítico obtenidos durante el año 2024.
4. Proponer lineamientos técnicos y metodológicos orientados al fortalecimiento del sistema QA/QC, a fin de optimizar la confiabilidad de los resultados analíticos y reducir la incertidumbre en la estimación de leyes minerales en la Zona de Óxidos.

1.5. Justificación de la investigación

Este estudio tiene una justificación tanto técnica como operativa. Desde el punto de vista técnico, busca asegurar que los datos geoquímicos utilizados por la empresa estén sustentados en prácticas de control de calidad robustas y trazables. Desde el punto de vista operativo, la implementación efectiva de QA/QC puede traducirse en una

mayor rentabilidad del proceso minero, al reducir la incertidumbre en la ley del mineral, minimizar pérdidas y mejorar la eficiencia de procesamiento.

Asimismo, la tesis contribuirá al conocimiento académico sobre la aplicación de QA/QC en operaciones reales de muestreo en óxidos, siendo útil como modelo de referencia para otras operaciones mineras del país.

Esta investigación permitirá verificar y optimizar los procedimientos de QA/QC aplicados al análisis de muestras, asegurando resultados precisos y representativos que respalden decisiones operativas y estratégicas. Asimismo, contribuirá al cumplimiento de estándares internacionales (como NI 43-101 o ISO 17025) y al fortalecimiento de la calidad en los procesos de control mineralógico de la empresa. La tesis tiene relevancia académica, profesional y económica, servirá de guía o modelo para estudiantes y profesionales que necesiten aplicar o deseen iniciar un programa de Aseguramiento y Control de la Calidad de Muestreo de Blast Hole en algún proyecto o yacimiento minero, y busca aportar tanto a la empresa como al desarrollo profesional de los autores.

1.6. Limitaciones de la investigación

- ❖ La investigación restringe su ventana de evaluación estrictamente a los datos operativos y campañas de muestreo ejecutadas durante el año 2024. Por lo tanto, las fluctuaciones operacionales o modificaciones en los protocolos fuera de este rango cronológico no se consideran en el análisis.
- ❖ El acceso a los reportes de leyes, balances metalúrgicos y resultados de laboratorios externos está condicionado por los protocolos de confidencialidad y autorizaciones internas de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. El análisis matemático y estadístico se limitará rigurosamente a la data autorizada formalmente por la gerencia para fines académicos.

- ❖ El alcance del estudio está circunscrito de manera exclusiva a la Zona de Óxidos, dadas sus condiciones particulares de heterogeneidad y alteración meteórica. Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones de este trabajo no son extrapolables a las zonas de sulfuros primarios ni a cuerpos mineralizados profundos del yacimiento, los cuales responden a dinámicas de muestreo y matrices químicas distintas.
- ❖ El aseguramiento de la calidad de los resultados químicos de control depende parcialmente del cumplimiento metodológico de los protocolos analíticos por parte del laboratorio comercial externo. El estudio asume la calibración correcta de sus equipos (ICP, absorción atómica, etc.) bajo la confianza de sus certificaciones internacionales vigentes, escapando de la fiscalización directa de esta tesis el control interno de sus procesos de fundición o digestión ácida.
- ❖ Al tratarse de un estudio de caso aplicado, los datos geológicos y operativos procesados corresponden a un entorno minero particular. Por ende, la limitación más importante radica en que las correlaciones calculadas y los sesgos identificados son estrictamente propios y válidos para este proyecto minero específico, no poseyendo un carácter de validez universal automática para otros yacimientos de óxidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Los antecedentes han sido seleccionados en función a las variables, siendo en este caso los cuatro primeros relacionados con la variable independiente y el ultimo a la variable dependiente.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Pierre Gy (1998). Sampling for analytical purposes. John Wiley & Sons. Desarrolló una de las investigaciones más influyentes sobre teoría del muestreo aplicada a la minería. En su estudio titulado Sampling for Analytical Purposes estableció que la heterogeneidad mineralógica y granulométrica constituye la principal fuente de error en la representatividad de las muestras mineras. El autor demostró que los errores fundamentales de muestreo se incrementan considerablemente en materiales fragmentados y alterados, como ocurre en zonas de óxidos, afectando la precisión y exactitud de los resultados geoquímicos. La investigación se relaciona con el presente estudio debido a que fundamenta metodológicamente la necesidad de implementar

protocolos QA/QC para controlar errores asociados al muestreo Blast Hole, In Situ y Stock Pile.

Australasian Institute of Mining and Metallurgy. (2012). Quality assurance and quality control guidelines for mining and exploration. The AusIMM. Publicó una guía técnica orientada al control de calidad analítico en programas de exploración minera. El estudio concluyó que la aplicación sistemática de estándares certificados, duplicados y muestras blancas mejora significativamente la confiabilidad de los resultados analíticos y reduce los sesgos asociados a contaminación y preparación de muestras. Asimismo, se evidenció que los depósitos oxidados presentan mayores dispersiones geoquímicas debido a procesos supergénicos y alteraciones secundarias. Este antecedente aporta criterios metodológicos para evaluar el desempeño del QA/QC en ambientes mineralizados heterogéneos.

Araya, F., & Contreras, P. (2020). Evaluación estadística de protocolos QA/QC en depósitos de cobre oxidado del norte de Chile. En una investigación desarrollada en depósitos de cobre oxidado en Chile, Araya y Contreras evaluaron la eficiencia de los protocolos QA/QC mediante análisis estadísticos de precisión y exactitud. Los resultados demostraron que la incorporación de duplicados de campo y materiales de referencia certificados permitió reducir las desviaciones relativas por debajo del 10 %, incrementando la confiabilidad de la reconciliación mina-planta. El estudio concluyó que la evaluación estadística continua constituye una herramienta indispensable para validar la calidad de los datos geoquímicos.

Society of Economic Geologists. (2018). Quality assurance protocols in mineral resource estimation. La Society of Economic Geologists desarrolló una investigación sobre aseguramiento de calidad en programas de estimación de recursos minerales. El estudio identificó que las principales fuentes de incertidumbre en minería corresponden

a errores de muestreo, contaminación cruzada y sesgos analíticos de laboratorio. Asimismo, se estableció que los sistemas QA/QC permiten detectar desviaciones sistemáticas y validar la trazabilidad de la información geoquímica utilizada en modelos de recursos.

Fletcher, W., & Smith, R. (2019). QA/QC assessment in oxide ore stockpile sampling operations. En Canadá, Fletcher y Smith realizaron una investigación sobre control de calidad en operaciones de Stock Pile de minerales oxidados. El estudio evidenció que la segregación granulométrica y la variabilidad mineralógica generan diferencias significativas entre muestras de producción y acopio. Los autores concluyeron que la aplicación de controles estadísticos inferenciales y análisis de duplicados mejora la representatividad del material muestreado y reduce la incertidumbre en la estimación de leyes. Asimismo, señalaron que la implementación de protocolos QA/QC en las etapas de muestreo, preparación y análisis permite detectar errores sistemáticos y aleatorios, optimizando la confiabilidad de los resultados geoquímicos y la toma de decisiones en el control de mineral.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Los antecedentes nacionales también han sido seleccionados en función a las variables, siendo en este caso los cuatro primeros relacionados con la variable independiente y el último con la variable dependiente.

Compañía Minera Antamina S.A. (2019). Evaluación de protocolos QA/QC en campañas de perforación diamantina. Informe técnico interno. Desarrolló una evaluación del desempeño QA/QC en campañas de perforación diamantina orientadas a la estimación de recursos polimetálicos. El estudio reportó coeficientes de correlación superiores a 0.95 entre muestras originales y duplicados, evidenciando alta

reproducibilidad analítica. Asimismo, se identificaron sesgos menores asociados a preparación mecánica de muestras.

Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. (2021). Control geoquímico y aseguramiento de calidad en zonas de enriquecimiento supergénico. Reporte técnico. Desarrolló una investigación orientada a evaluar la precisión analítica en zonas de enriquecimiento supergénico. Los resultados demostraron que las zonas oxidadas presentan mayor dispersión geoquímica debido a procesos de lixiviación y alteración secundaria. El estudio concluyó que el control QA/QC resulta indispensable para minimizar incertidumbres en la estimación de leyes.

Quispe, J., & Huamán, R. (2020). Evaluación estadística del control de calidad QA/QC en muestras Blast Hole de depósitos polimetálicos. Realizaron una investigación en operaciones polimetálicas del centro del Perú sobre control de calidad en muestras Blast Hole. El estudio aplicó análisis estadísticos descriptivos e inferenciales para evaluar precisión y exactitud mediante duplicados y estándares certificados. Los resultados evidenciaron que la variabilidad analítica se incrementa significativamente en zonas de alteración oxidada.

2.1.3. Antecedentes Locales

Medina, L. (2022). Influencia del aseguramiento y control de calidad en la reconciliación minera de depósitos oxidados de Cerro de Pasco. Tesis. Evaluó la influencia del QA/QC en la reconciliación minera de depósitos oxidados. El estudio concluyó que la implementación de protocolos de control de calidad permitió reducir discrepancias entre leyes de producción y modelos geológicos, optimizando la estimación de recursos minerales.

Paredes, M. (2021). Evaluación de representatividad en muestras Stock Pile mediante protocolos QA/QC en operaciones del Perú central. Tesis. Desarrolló una

investigación sobre representatividad de muestras Stock Pile en operaciones mineras del Perú central. Los resultados evidenciaron que la segregación física del mineral oxidado afecta significativamente la consistencia de los análisis químicos. El autor recomendó fortalecer los protocolos QA/QC mediante controles estadísticos permanentes y monitoreo de materiales de referencia.

2.2. Bases teóricas - científicas

Bases teóricas relacionados con la variable independiente:

2.2.1. Aseguramiento de calidad (QA)

El aseguramiento de calidad se define como el conjunto de políticas, planes, procedimientos y acciones preventivas destinadas a garantizar que los procesos de muestreo y análisis cumplan con estándares de calidad preestablecidos. Según la Society for Mining, Metallurgy & Exploration (SME, 2020), el QA busca minimizar errores antes de que ocurran, mediante la capacitación del personal, la calibración de equipos y la documentación controlada de cada etapa.

En geología minera, el aseguramiento de calidad incluye la supervisión de los procedimientos de campo, la identificación correcta de las muestras, la cadena de custodia, y la aplicación de protocolos documentados de muestreo, transporte y almacenamiento.

2.2.2. Control de calidad (QC)

El control de calidad comprende las acciones de verificación que permiten detectar, cuantificar y corregir errores dentro del proceso analítico. Según Fletcher et al. (2017), el QC se implementa mediante la inserción sistemática de materiales de referencia certificados (CRM), duplicados, blancos y reanálisis dentro de los lotes de muestras. El análisis estadístico de los resultados de estos controles permite identificar desviaciones significativas y evaluar la precisión del laboratorio. Cuando los valores

obtenidos superan los límites de tolerancia definidos, se deben investigar las causas del error (contaminación, mala preparación, identificación incorrecta o variabilidad instrumental) y aplicar acciones correctivas.

2.2.3. QA/QC

El Aseguramiento de Calidad (QA) y el Control de Calidad (QC) son sistemas integrados diseñados para garantizar que los resultados analíticos sean precisos, exactos y trazables. Involucran actividades preventivas (QA) y correctivas (QC) a lo largo de toda la cadena analítica.

2.2.4. Error analítico

El error analítico es la diferencia entre el valor medido y el valor verdadero de una muestra. Puede clasificarse en errores sistemáticos (que afectan la exactitud) y errores aleatorios (que afectan la precisión).

Según Journal y Huijbregts (2018), los errores sistemáticos se originan en factores constantes, como calibraciones incorrectas o contaminación, mientras que los aleatorios provienen de variaciones naturales o de muestreo. El control estadístico de calidad, mediante gráficos de control o desviaciones estándar, permite diferenciar y corregir ambos tipos de error para mantener la confiabilidad analítica.

2.2.5. Precisión y exactitud

La precisión se refiere al grado de concordancia entre resultados repetidos bajo las mismas condiciones, mientras que la exactitud expresa el grado de concordancia con el valor verdadero o aceptado.

Un sistema analítico puede ser preciso sin ser exacto, si sus resultados son consistentes pero desviados del valor real. La combinación de ambos factores define la calidad total del dato analítico, que es el objetivo final de cualquier programa QA/QC.

2.2.6. Representatividad de la muestra

La representatividad es la capacidad de una muestra para reflejar fielmente las características del material total del que proviene. McLean (2021) señala que el muestreo constituye la principal fuente de error en geología, ya que cualquier sesgo en la extracción o manipulación puede afectar todos los resultados posteriores.

Por ello, el diseño del muestreo debe considerar el tipo de material (óxidos, sulfuros, transición), la geometría del depósito, la granulometría del mineral y la variabilidad de las leyes.

Un muestreo representativo asegura que los resultados analíticos sean reproducibles y comparables entre diferentes campañas y laboratorios.

2.2.7. Materiales de referencia certificados (CRM)

Los materiales de referencia certificados son muestras homogéneas y estables de composición conocida, utilizadas para evaluar la exactitud del proceso analítico. Cada CRM posee un valor de concentración conocido con un nivel de incertidumbre estadística documentado por un laboratorio acreditado.

Su inclusión dentro de los lotes de análisis permite verificar si los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites de confianza establecidos (± 2 desviaciones estándar).

McLean (2021) y la Canadian Institute of Mining (CIM, 2019) destacan que el uso constante de CRM es la base para validar la competencia técnica de un laboratorio y asegurar la trazabilidad de los resultados.

2.2.8. Duplicados gruesos y finos

Los duplicados son muestras repetidas bajo las mismas condiciones de muestreo o análisis, utilizadas para evaluar la precisión del proceso. Pueden ser duplicados de campo, de preparación o de laboratorio.

2.2.9. Muestras blancas

Los blancos son muestras sin contenido metálico que se incluyen para detectar posibles contaminaciones durante la trituración, pulverización o análisis químico.

Según Fletcher et al. (2017), un sistema de QA/QC completo debe incluir al menos un 5 % de duplicados y un 5 % de blancos por lote analítico.

2.2.10. Sesgo global

Es la desviación sistemática promedio respecto a valores de referencia. Un sesgo adecuado debe mantenerse dentro de $\pm 5\%$.

2.2.11. Validación mina – planta

Proceso mediante el cual se comparan las leyes modeladas y enviadas desde mina con las leyes reportadas por planta.

2.2.12. Aplicación en operaciones mineras de óxidos

En los depósitos de óxidos, el control analítico enfrenta retos adicionales debido a la heterogeneidad del material, la presencia de humedad y la variabilidad mineralógica. Estas condiciones exigen un monitoreo riguroso de los controles QA/QC y una revisión permanente de las curvas de control de CRM y duplicados.

El Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (2025) resalta que los cambios en densidad y composición litológica pueden alterar las leyes estimadas si no se aplican correctamente los procedimientos de control y aseguramiento de calidad.

2.3. Definición de términos básicos

Aseguramiento de la calidad (QA): Conjunto de políticas, procedimientos y acciones sistemáticas orientadas a garantizar que los procesos de muestreo, preparación y análisis cumplan con estándares de calidad predefinidos. Su objetivo es prevenir errores antes de que ocurran, asegurando la confiabilidad global del sistema analítico.

Control de calidad (QC): Etapa del proceso QA/QC destinada a verificar y evaluar la precisión y exactitud de los resultados obtenidos en laboratorio. Se basa en la inserción de controles analíticos como duplicados, blancos, estándares certificados y reanálisis de muestras.

Blast Hole: Perforaciones realizadas en el tajo abierto con fines de voladura y muestreo. Las muestras obtenidas de los blast holes se utilizan para control de ley y reconciliación mina-lanta.

Muestreo in situ: Técnica de muestreo realizada directamente en la zona de explotación o exploración, como trincheras, canaletas o afloramientos, para caracterizar la mineralización en su contexto geológico original.

Stock pile: Acopio de mineral ubicado en superficie, producto del minado, clasificado según su ley. Las muestras tomadas de estas pilas se utilizan para controlar la calidad del material antes de su envío a planta.

Muestreo geológico: Proceso mediante el cual se obtiene una porción representativa del material mineralizado con el fin de determinar su composición química o mineralógica. En operaciones de óxidos, el muestreo requiere especial cuidado por la heterogeneidad y la variabilidad del material.

Representatividad: Grado en que una muestra refleja fielmente las características físicas y químicas del conjunto del cual procede. La representatividad garantiza que los resultados analíticos sean válidos y aplicables al total del material muestreado.

Material de referencia certificado (CRM): Muestra homogénea y estable de composición conocida, utilizada como patrón para evaluar la exactitud del proceso analítico. Cada CRM posee un valor certificado con una incertidumbre estadística definida por un laboratorio acreditado.

Duplicado: Muestra adicional tomada o preparada a partir de la misma unidad de muestreo o del mismo lote, utilizada para evaluar la precisión del proceso. Pueden existir duplicados de campo, de preparación o de laboratorio, según la etapa en que se generen.

Blanco: Muestra sin contenido metálico o con niveles traza, utilizada para detectar posibles contaminaciones durante las etapas de trituración, pulverización o análisis químico. Los resultados de los blancos deben ser cercanos a cero para validar la limpieza del proceso.

Error analítico: Diferencia entre el valor medido y el valor verdadero de una muestra. Puede ser sistemático, cuando obedece a causas constantes (como una calibración incorrecta), o aleatorio, cuando proviene de variaciones naturales o instrumentales.

Precisión: Grado de concordancia entre resultados repetidos bajo las mismas condiciones analíticas. Un resultado es preciso cuando las mediciones sucesivas presentan poca dispersión o variabilidad.

Exactitud: Proximidad del valor obtenido respecto al valor verdadero o aceptado como referencia. Un análisis exacto refleja una medición libre de sesgos y correctamente calibrada.

Trazabilidad: Capacidad de seguir el historial completo de una muestra, desde su obtención hasta la obtención del resultado analítico, incluyendo identificación, transporte, preparación, análisis y almacenamiento de datos. Garantiza la transparencia y verificación del proceso QA/QC.

Reanálisis: Proceso de volver a analizar una muestra cuando los resultados del control de calidad se encuentran fuera de los límites de aceptación establecidos. El

reanálisis permite confirmar o corregir valores anómalos y mantener la consistencia de los datos.

Validación de resultados: Revisión técnica y estadística que confirma la aceptación de los resultados analíticos, asegurando que cumplan con los criterios de calidad definidos. Constituye la etapa final antes de incorporar los datos a la base geológica oficial.

Sesgo: Diferencia sistemática entre el valor medido y el valor verdadero, puede deberse a errores en el muestreo, preparación o análisis.

Desviación estándar: Medida estadística que expresa la dispersión o variabilidad de un conjunto de datos con respecto a su promedio.

Coefficiente de variación (CV%): Relación entre la desviación estándar y la media, expresada en porcentaje. Se utiliza para evaluar la precisión de los análisis.

Marco Geológico.

Localización geográfica

La mina Cerro de Pasco se encuentra ubicada en la región de Pasco, provincia y distrito del mismo nombre, a una altitud promedio de 4,334 metros sobre el nivel del mar.

Las coordenadas aproximadas son:

UTM 359000 E y 8840000 N (Zona 18S).

El acceso principal se realiza desde la ciudad de Lima por la Carretera Central, con una distancia aproximada de 296 km.

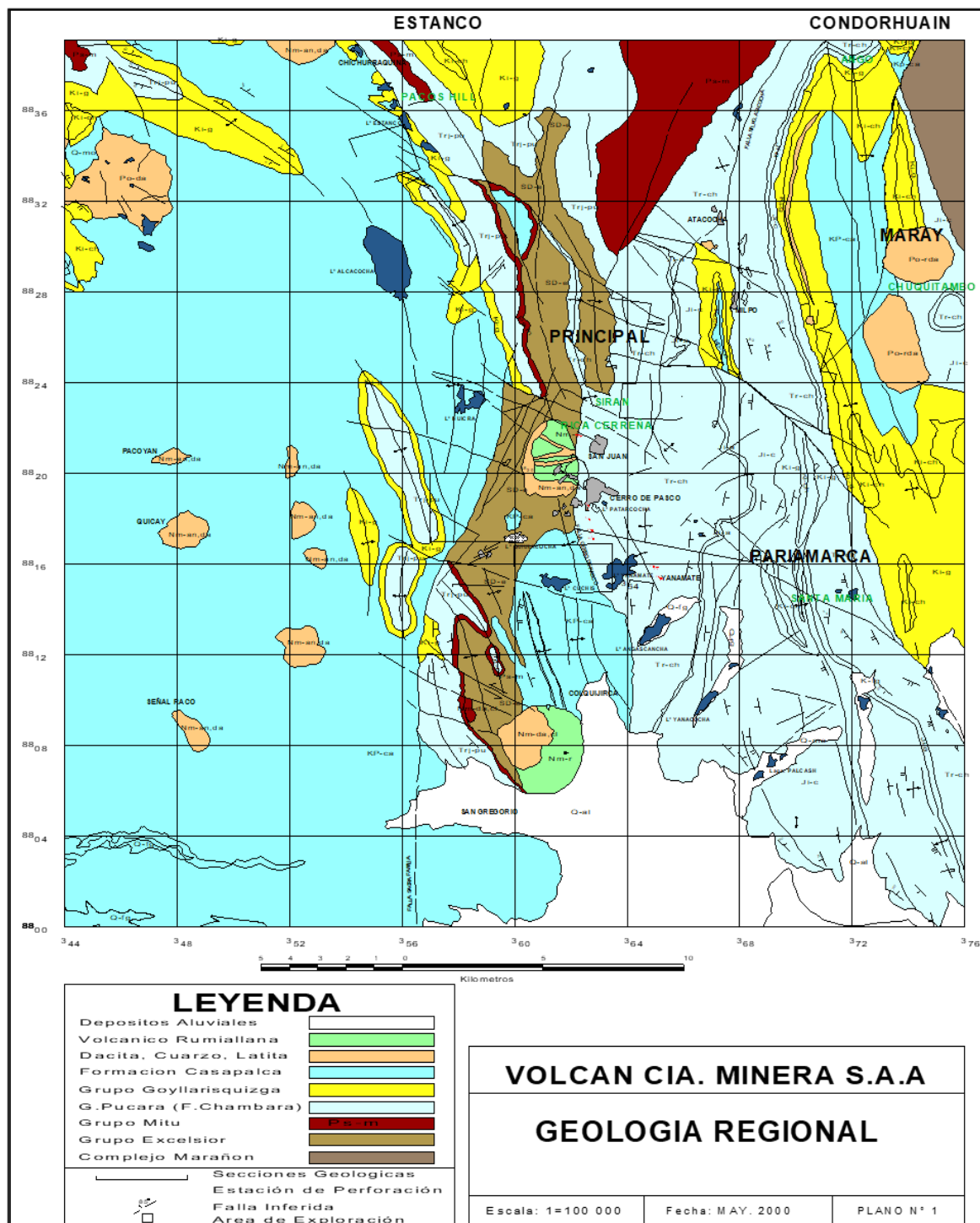
Figura 1 Plano de ubicación.



Fuente: Área de Geología – Empresa Administradora Cerro S.A.C.

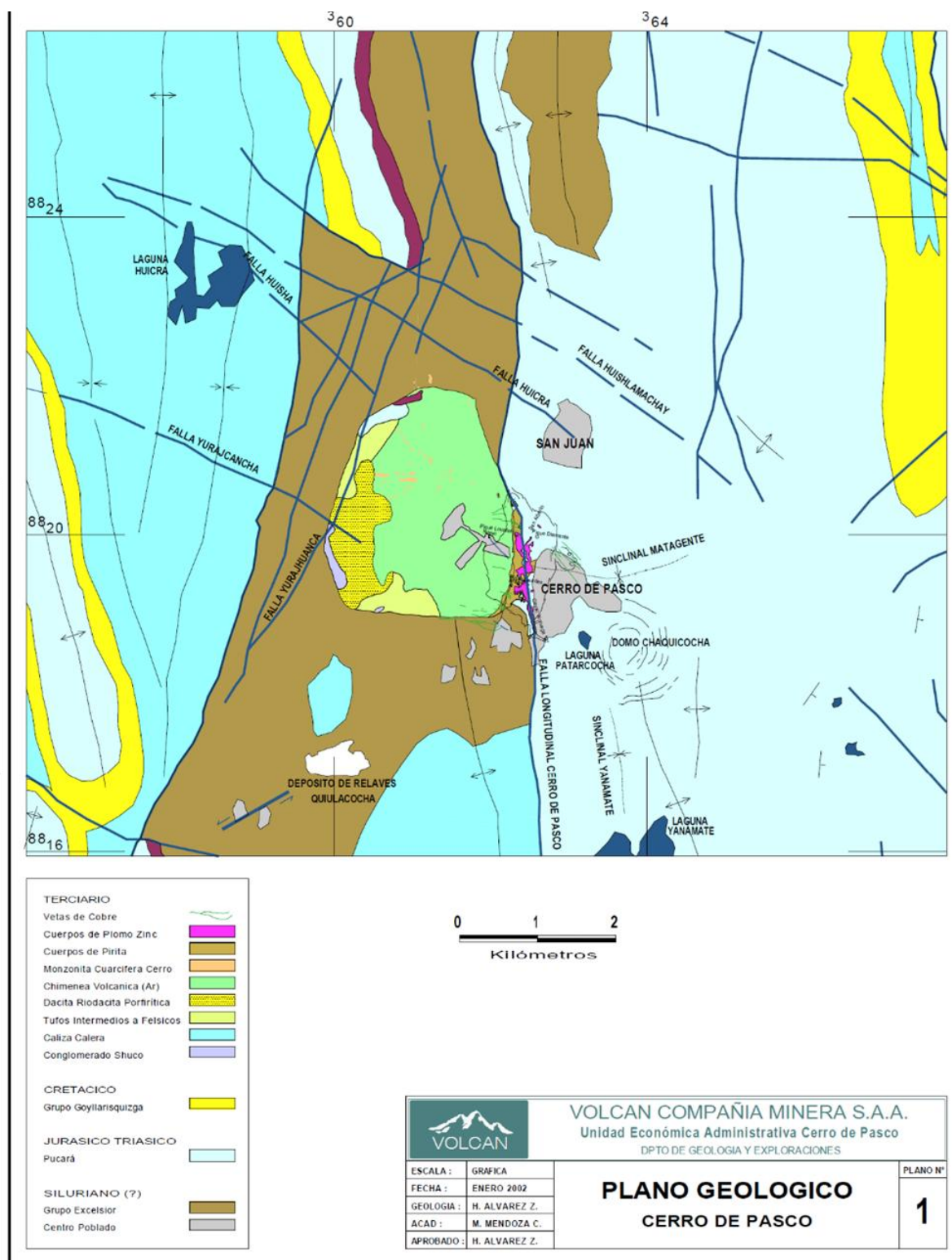
2.3.1. Geología Regional

Figura 2 Geología Regional.



Fuente: Área de Geología –Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Figura 3 Geología Local.



Fuente: Área de Geología – Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Cerro de Pasco se encuentra en el flanco oriental de la Cordillera Occidental del Perú, dentro de la Faja Volcánico-Sedimentaria Andina. La geología regional incluye rocas sedimentarias e ígneas que van desde el Paleozoico Inferior hasta el Cuaternario. En dirección a la cordillera oriental se ubican las rocas paleozoicas más antiguas. Entre las cadenas montañosas occidental y oriental, donde la meseta tiene más de 4200 m. Los sedimentos continentales marinos del Mesozoico y Terciario se desarrollan con intrusiones menores del Mioceno, responsables de

la mayor parte de la mineralización de la zona. Las rocas sedimentarias están plegadas y falladas, y las estructuras tienen una tendencia dominante NO-SE.

2.3.2. Estratigrafía

Grupo Excelsior (Silúrico – Devónico). "Excelsior Series" era como Mc. Laughlin (1924) nombró las rocas más antiguas de la región. Se compone de filitas grises, cuarcitas de grano fino y lutitas carbonosas. Contienen algunos niveles de laminación oblicua y muestran metamorfismo de bajo grado, generalmente con sericita y clorita. Estas rocas miran al norte, están fuertemente plegadas y forman el núcleo de la estructura anticlinal fallada de Cerro de Pasco. La edad de estas rocas no está determinada con precisión; Para McLaughlin son del Silúrico, para otros investigadores del Devónico.

Está asociado con el Grupo Cabanillas del Altiplano y las Formaciones Torán y Cocachacra en el sur del Perú.

Grupo Mitu (Pérmico Superior – Triásico Inferior). Este grupo está formado por areniscas y conglomerados, generalmente de color rojo, rojo violáceo o morado, fue nombrado y distinguido por McLaughlin (1924) cerca del poblado de Mitú en la región de Goyllarizquisga, a unos 35 km al noroeste de Cerro de Pasco, definidos como los primeros depósitos discordantes en los márgenes invertidos y erosionados del Grupo

Excelsior, correspondientes al Paleozoico inferior. Boit (1960) ubica esta formación cerca del pueblo de Goyllarizquisga, cerca de Cerro de Pasco. En las cercanías de Carhuamayo, afloran debajo de las calizas Pucará, estando constituidas por conglomerados con cantos de granitos, gneis rosados filitas, cuarcitas (Boit 1962) Los cantos están bien redondeados cuyos diámetros llegan hasta 40-60 cm.

Grupo Pucará (Triásico-Jurásico). Los afloramientos de este grupo están muy extendidos en los Andes centrales; A nivel regional, este grupo cubre aprox. 35% de afloramientos según G. Estiman, J. Jarrison, F. Megard, T.S. Zekel et al. La distribución de facies de la plataforma carbonatada de Pucará en la región de Colquijirca – Cerro de Pasco, estuvo controlada por la Falla Longitudinal de Cerro de Pasco. Esta estructura separó un sector somero y ligeramente subsidente donde se depositó el Pucará Occidental, de otro sector un poco más profundo y mucho más subsidente donde lo hacia la formación Chambará en el Pucará Oriental. Entre el Noriano y Sinemuriano, se depositó un conjunto de sedimentos carbonatados, en los que se pueden distinguir tres formaciones denominadas Chambará, Aramachay y Condorsinga.

Formación Chambará (Triásico). Está bien definido en centro del Perú, desde el Valle de Chinchao hasta el NE de Huánuco. No se le conoce en la cordillera Occidental ni en la costa. Está sustentado por series con afinidad todavía continentales que llenan depresiones topográficas irregulares, falladas en el Grupo Mitu; con espesor de 0 metros a 300 metros. Les sigue el grupo de los carbonatos, cuya profundidad alcanza los 3000 m. Se compone de calizas dolomíticas y dolomitas, de 0.2 metros a 3 metros, con intercalaciones de lutitas, limolitas y areniscas a menudo cineríticas de algunos pocos centímetros. Son de color gris muy claro a negro, dependiendo del porcentaje de materia orgánica, en partes que pueden llegar a ser bituminosas. Muchas de estas rocas son bioclásticas o verdaderamente calcarenitas con estratificación

oblicua. Existen brechas intraformacionales monogénicas, pero son raras. La falla de buzamiento N-S de Cerro de Pasco en el Triásico limita la zona oriental donde el Chambará es bituminoso y supera los 2900 m. y un área occidental ligeramente inclinada donde Chambará es pobre en materia orgánica con intercalaciones de lutita.

Formación Aramachay. (Triásico Superior a Jurásico Inferior).

Típicamente son lutitas, areniscas y calizas, todas con un alto contenido de materia orgánica a menudo bituminosas, también contiene lechos de chertita y cimerito, las calizas forman bancos a menudo lenticulares y también nódulos discoidales, las rocas de esta formación tienen un color negro que varía en un parduzco violáceo. El lugar típico de esta formación es el SW de la depresión cuaternaria Jauja-Huancayo, (Szekely y Grose 1972), han notado la presencia de fosfatos diseminados en nódulos. También hay lutitas ricas en selenio 90 m. encima de la formación, en el área próxima a San Ramón contiene sulfuros diseminados.

Formación Condorsinga. (Jurásico Inferior a Medio). Es la parte superior del Pucará, con una potencia mayor a 1000 m. Las calizas son a menudo oolíticas o bioclásticas que gradan a calcarenitas, intercaladas con capas margosas lenticulares muy pequeñas que pasan a menudo desapercibidas.

Grupo Goyllarisquizga (Cretáceo Inferior). Afloran principalmente al Norte de la Región, en partes concordante y otras discordante con el Pucará. Está constituido por areniscas y cuarcitas de grano fino a medio con estratificación cruzada, las que están intercaladas en la base con pequeños lentes de carbón y estratos de lutita de color verde grisáceo y marrón (Milpo) Hacia el techo se observan intercalaciones de basalto de color verde azulado (en san Juan de Milpo) con potencia de 1 a 2 m., cortados por fracturas angostas y mineralizadas de rumbo E-W. En Atacocha la base de esta formación lo conforma un horizonte de chert de color rojizo a negro, luego se presentan

lutitas pizarrosas, areniscas de grano fino a grueso. El espesor de esta formación en el sector de Atacocha es de 300 m. En Cerro de Pasco, ha sido erosionada en los alrededores del yacimiento, aflorando a varios kilómetros de la localidad.

Grupo Machay (Cretácico Medio). En Cerro de Pasco y Colquigirca la formación calcárea de Machay ha sido erosionada, solamente en la zona noreste del distrito se observa algunas capas delgadas de caliza que algunos autores los atribuyen a la formación machay, determinándose una potencia de 50 m. Consiste de calizas gris azuladas intercaladas con areniscas margosas y lutitas carbonosas.

Formación Pocobamba (Cretácico Terminal a Terciario Inferior). En la región central son conocidas también como Capas Rojas o Formación Casapalca. La Formación Pocobamba se divide en 3 miembros:

- a) **Miembro Cacuán:** Está bien expuesto en la parte norte del Sinclinal de Cacuán, a 5 Km. al NW de Cerro de Pasco. En la parte inferior presenta argilitas limosas y limolitas rojas, laminadas; seguidas de areniscas rojas de grano fino y medio con presencia de conglomerados y areniscas inconsistentes, verde grisáceas, características de paleo cauces y conos aluviales (C. Ángeles). Su espesor es de 300 m a 330 m. Su ambiente de sedimentación parece ser lacustre.
- b) **Conglomerado Shuco:** Calcáreo, aflora a lo largo de una faja orientada de sur a norte. En el lado este y cerca de las calizas Pucará, está compuesto de bloques angulares de caliza que alcanzan hasta 4 m de diámetro, dentro de una matriz formada por fragmentos calcáreos subangulares de diferentes tamaños. Hacia el oeste, está estratificado y el tamaño de los fragmentos decrece, apareciendo clastos de cuarcitas, chert y areniscas, para que finalmente; en las partes más alejadas pasen a calcarenitas y lutitas. Tiene una potencia de 170 m que decrecen hacia el oeste.

- c) **Miembro Calera:** Reposa en concordancia con el Conglomerado Shuco. En las cercanías de Colquijirca (Jenks; 1,951) se observan 108 m de lutitas y areniscas blanquecinas con lutitas gris verdosas, que yacen en concordancia sobre el Mitu y 47 m de capas calcáreas gris claras intercaladas con arcillas, lutitas y margas gris verdosas. Las calizas alcanzan una potencia de 45 m, contienen delgadas capas de nódulos de chert marrón y se encuentran en 4 horizontes. Los 2 horizontes superiores separados por 7 m de lutitas calcáreas grises tienen fósiles. El horizonte calcáreo superior de 4.5 m de potencia es correlacionado con el manto mineralizado “Principal” de la Mina Colquijirca”. Una datación radiométrica K/Ar sobre biotita proveniente de una toba ácida de la parte inferior dio entre 36 y 37 Ma (Noble et al, 1,999).

2.3.3. Rocas Igneas

El magmatismo en la región, se manifiesta con estructuras volcánicas de composición calcoalcalina que se encuentran íntimamente relacionados a los depósitos minerales. Estas estructuras, corresponden a un grupo mucho más amplio en su distribución y han sido clasificados como STOCKS DE ALTO NIVEL por J. Cobinnng (1979).

Estos stocks, guardan ciertas características comunes y la importancia de su reconocimiento y estudio radica en que generalmente se encuentran asociados a depósitos minerales.

Se ubican hacia el este del batolito de la costa, en la cordillera negra, en los sedimentos del Miogeosinclinal y en el Geoanticlinal del Marañon. Todos ellos, son usualmente de 4 Km² de área, raramente pueden alcanzar los 10 Km², lo que los diferencian de los batolitos. Se encuentran muy esparcidos sobre áreas muy amplias

principalmente en los andes centrales. Algunas características que presentan son las siguientes:

Generalmente son porfiríticas con fenocristales de plagioclasa hasta 12 cm de largo, ojuelos negros brillantes de biotita y cristales prismáticos de hornblenda. El porcentaje de los fenos varía de 10 a 50 con predominio de las plagioclasas,

La matriz es de grano fino consistente de una mezcla de cuarzo, plagioclasas y feldespatos alcalinos (albita ortosa).

El magmatismo se expresa en su fase volcánica a subvolcánica, en menor proporción plutónica, variando de dioritas, Qz. monzonitas y granodioritas (en sus equivalentes volcánicos)

La actividad magmática se desarrolló entre 10 – 15 m.a. correspondiendo al mioceno medio superior.

En Cerro de Pasco están alineados en dirección norte sur y emplazados a lo largo de fallas con la misma dirección

2.3.4. Rocas Volcanoclásticas

El llamado Aglomerado Rumiallana se ubica en la mitad oriental del cuello volcánico es de color gris oscuro y esta constituido por fragmentos angulosos y subangulosos de filita, caliza y chert en un 90 %; el 10 % adicional consiste de roca ígnea por-firítica fuertemente alterada. La abundancia relativa de los tipos de clastos varía de lugar a lugar, y la matriz generalmente contiene material volcánico inconsolidado, incluyendo cristales de biotita y plagioclasa cementados por calcita.

Localmente se presenta finamente estratificado con algunos canales de estratificación cruzada, pero algunas veces es masivo sin señales de estratificación.

La porción NW y SW del cuello volcánico está dominado por rocas volcánicas tufáceas que mayormente no muestran evidencias de deformación, por lo que se les

refiere como tufos no consolidados. La roca es blanca a gris, comúnmente muestra una fina estratificación y está constituida de cuarzo y feldespatos con variables cantidades de biotita, hornblenda, epidoto y calcita como material cementante.

El contacto entre los tufos y el aglomerado es gradacional.

Rocas Intrusivas

Se les ha dividido en 2 unidades: rocas porfíricas de composición dacítica y los diques de cuarzo-monzonita porfírica.

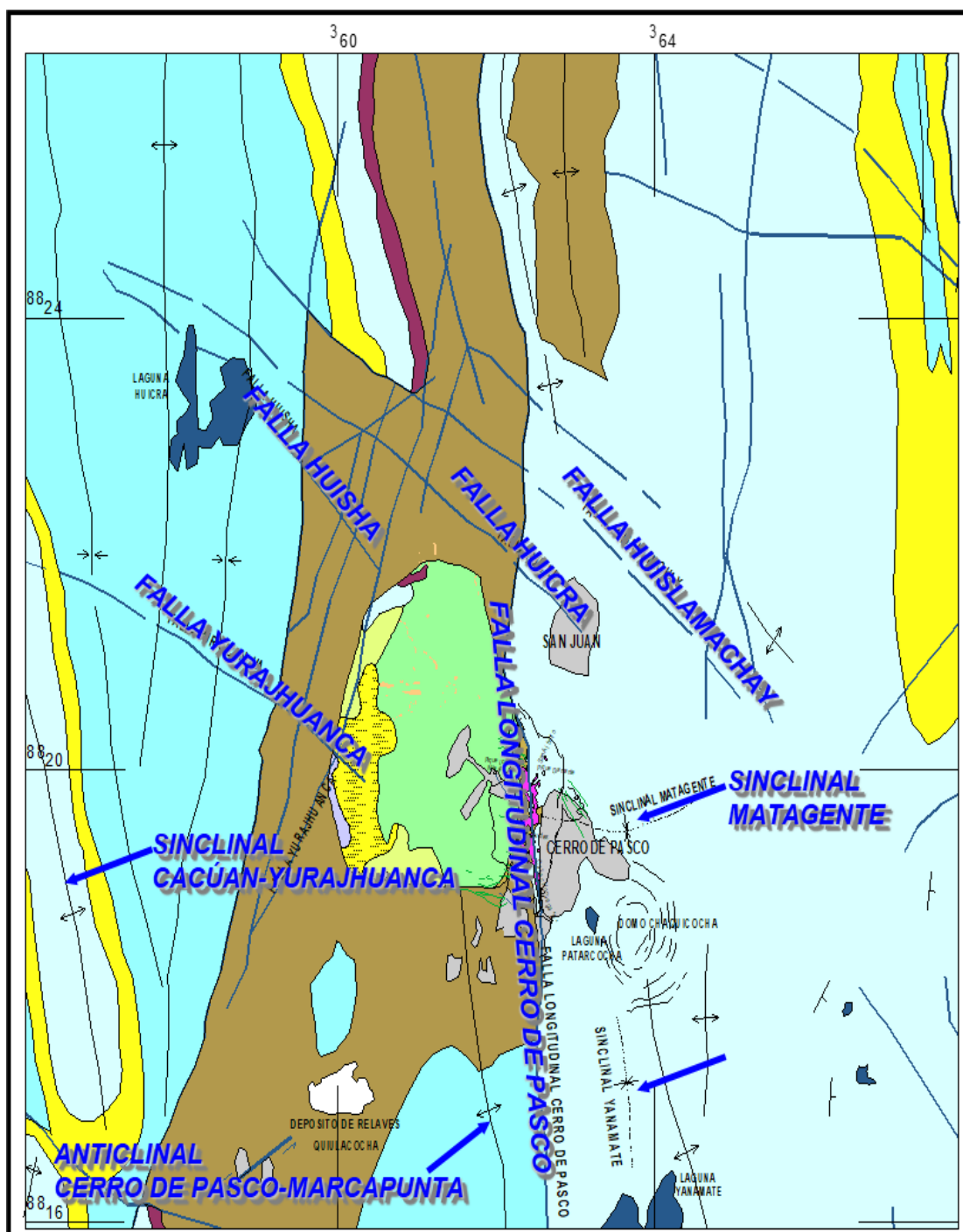
La primera unidad aflora en la porción W del cuello volcánico y son rocas ígneas porfíricas que gradan en composición de dacita a riodacita. Los fenocristales, que comprenden entre el 30 y 50 % de la roca, están constituidos de cuarzo en menos del 10 % de los fenocristales; minerales máficos como biotita y hornblenda entre el 10 y 30 % de los fenocristales; y feldespatos los restantes fenocristales. La matriz es afanítica de color violácea a gris. Comúnmente presenta texturas de devitrificación.

Cortando las rocas volcánicas y volcanoclásticas se encuentran los diques de cuarzo-monzonita porfírica, la cual contiene fenocristales de sanidina de más de 6 cm de longitud que hace a la roca muy diferenciable en sus afloramientos. Los fenocristales comprenden el 20 a 40 % de la roca y consisten de sanidina y cuarzo en partes iguales, además de algunos feno-cristales de biotita, plagioclasa, hornblenda y turmalina. La matriz es afanítica de color gris. Aparentemente el emplazamiento de los diques fue contemporáneo con la mineralización. El modelo de emplazamiento de los diques ha sido irregular, en la parte central del cuello volcánico tienen un rumbo E-W; hacia el N el rumbo es NW; y hacia el S el rumbo es NE. También se han reconocido diques fuera del cuello volcánico, principalmente al N del mismo.

2.3.5. Geología estructural

En cerro de Pasco, resaltan los grandes alineamientos en dirección N-S y NW-SE, resaltando la falla longitudinal inversa de Cerro de Pasco, que parece ser contemporánea con el plegamiento.

Figura 4 Geología estructural.



Fuente: Área de Geología – Empresa Administradora Cerro S.A.C.

2.3.6. Plegamiento

El distrito presenta pliegues paralelos con rumbo N – S cuyos planos axiales están inclinados al este y fueron originados por las Fases Peruana e Incaica. Al este del Yacimiento se observan pliegues menores transversales al plegamiento regional, con planos axiales casi E - W y buzamiento al norte. Pertenecen a este grupo el Sinclinal de Matagente (cuyo eje tiene rumbo N 70 - 80° E y se inclina aproximadamente 15° al este) y otros pliegues paralelos; y el Domo de Patarcocha. Estos fueron formados después de los pliegues mayores y están afectados por las fallas sinestrales de rumbo NW - SE de la tectónica Miocena - pliocena. Las estructuras mayores están constituidas por:

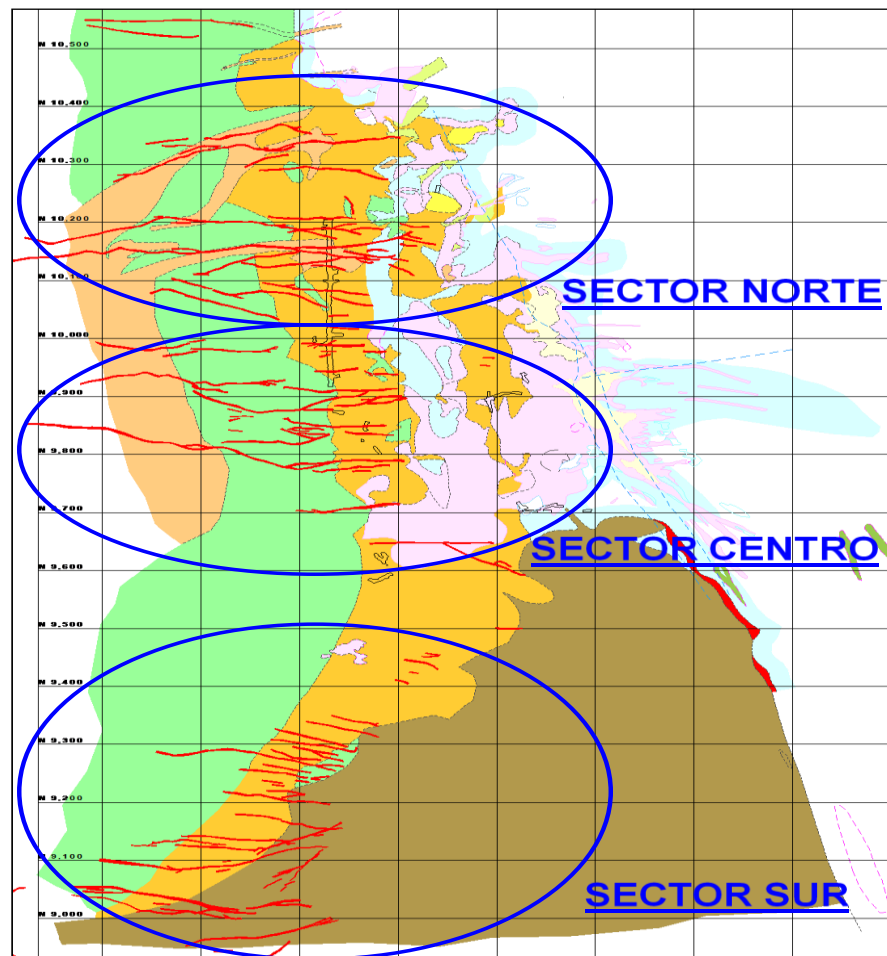
- a) **El Sinclinal Cacúan-Yurajhuanca:** Situado al oeste, está constituido por los sedimentos continentales de la Formación Casapalca.
- b) **El Anticlinal de Cerro de Pasco-Marcapunta:** Exhibe en su núcleo filitas del Grupo Excelsior en la parte norte y clásticos continentales del Grupo Mitu en el sur. La culminación máxima del núcleo, probablemente está ubicado a pocos centenas de metros al sur de la estructura volcánica, donde el Excelsior tiene 3.5 Km. de ancho de afloramiento. El anticlinal ha sido cortado por un sistema de fallas paralelas pre-minerales de rumbo NW - SE y buzamiento hacia el SW, localizados al norte de la estructura volcánica.
- c) **El Sinclinal Yanamate-Colquijirca:** Situado al este, está constituido por las calizas del Pucará en la parte norte y sedimentos calcáreos de la Formación Casapalca en el sur.

2.3.7. Fallas y Fracturas

A partir del análisis de conjuntos de fracturas hecho por N. Rivera (1,970) y R. Rogers, se sugiere que en las diferentes épocas se han desarrollado 7 conjuntos de fracturas. Dichos conjuntos son:

1. **Fallas Longitudinales:** Limitan la estructura positiva de Cerro de Pasco y son herencia de la Tectónica Herciniana. Al este la Falla Longitudinal 1 con rumbo promedio N 10° - 15° W y buzamiento 60° - 65° E y al oeste la Falla Río San Juan-Venencocha de rumbo N 5° - 10° E.

Figura 5 Fallas y Fracturas.



Fuente: Área de Geología – Empresa Administradora Cerro S.A.C.

La Falla Longitudinal 1 se caracteriza por ser una zona brechada y fracturada de 30 - 50 m de ancho y que, a través del tiempo geológico, ha actuado en respuesta de la Fase Tectónica dominante, así; durante la sedimentación del Pucará ha jugado como falla normal hundiendo el bloque oriental, la cual se manifiesta por el cambio de facies evidentes en la región. De acuerdo a Jenks (1,951) también actuó como

una falla regional inversa controlando la sedimentación terciaria, lo cual fue demostrado por los trabajos de C. Ángeles.

2. **Fallas Oblicuas al plegamiento regional:** A este conjunto pertenecen el sistema de Huislamachay - Yurajcancha (de rumbo NW -SE) y su conjugada Yurajhuanca (de rumbo NE - SW). El primer sistema ha desplazado al plegamiento regional y las fallas longitudinales. Es probable que la intersección de estos sistemas originara una zona de debilidad para la formación de la estructura volcánica.
3. **Fallas Circulares:** El margen del respiradero circular (aproximadamente 2 Km de diámetro) está definido por el contacto entre el Aglomerado Rumiallana con las calizas Pucará, las filitas Excelsior y el Cuerpo de Py - Si. En muchas partes de la mina este contacto se halla fallado, observándose a veces una simple superficie vertical pulida o una zona de más de 1 m de ancho de superficies de cizallamiento. En otros lugares brechas heterogéneas o un intenso plegamiento de las filitas a más o menos 1 m del respiradero evidencian el deslizamiento de colapso a través de estas fallas.
4. **Fallas oblicuas al plegamiento regional que cortan a las rocas volcanoclásticas de la estructura volcánica:** Este conjunto tiene un rumbo promedio E -W y NW y han sido rellenadas por las Monzonitas Cuarcíferas.
5. **Fracturas convergentes en profundidad y mineralizadas con pirita-enargita:** Se hallan localizadas al este, sureste y extremo sur de la estructura volcánica. R. Rogers (1,983) divide a estas fracturas y vetas en 3 grupos generales espacialmente separados en los niveles superiores de la mina. Tales grupos o dominios son:

 Dominio I.- Localizado a lo largo del margen sur de la estructura volcánica y litológicamente está emplazado en el Grupo Excelsior y Aglomerado Rumiallana alterado. Las vetas (Cleopatra, San Anselmo, Bolognesi, Docena) tienen un rumbo

promedio E - W con una ligera inflexión al NE y buzan 55° - 75° N. Estas fracturas curvas y paralelas, se habrían formado en respuesta al deslizamiento de colapso de la cámara magmática.

Dominio II.- Está entre el margen de la estructura volcánica y la Falla Longitudinal. Litológicamente comprende al Cuerpo de Py - Si. Las vetas (43, 37, 44, 56) en la parte central tienen un rumbo dominante N 60° W y E - W con buzamientos 55° - 70° N, las cuales varían de rumbo y se bifurcan al atravesar el contacto hasta unos 80 - 100 m; donde las partes terminales tienden a tomar la dirección este. Estas fracturas podrían estar relacionadas al movimiento de deslizamiento dextral de la Falla Longitudinal.

Dominio III.- Ubicado al norte, dentro de la estructura volcánica y emplazada en el Aglomerado Rumiallana y Pórfido Monzonítico Cuarcífero. La orientación de las vetas (28, 79, 101) es E - W predominante y con buzamiento 75° y se extienden hasta 400 m dentro de los volcanoclásticos y unos 120 m dentro del Cuerpo de Py - Si; donde se refractan y se ramifican antes de desaparecer. Estas fracturas están relacionadas a parte del enjambre de diques de Pórfido Monzonítico Cuarcífero evidenciando que se han formado en conjunción con el emplazamiento de los diques encima de la cámara magmática.

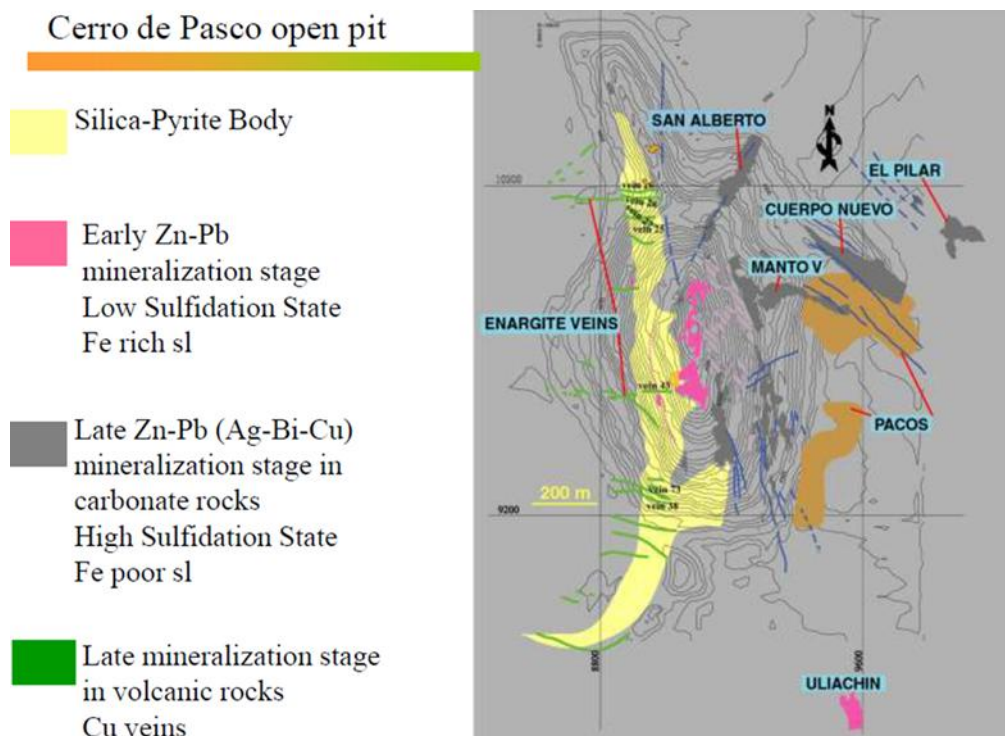
- 6. Fallas oblicuas a los pliegues cruzados mineralizados con esfalerita - galena y oblicuas al contacto este del Cuerpo de Py - Si que cortan a los Cuerpos de Pb - Zn y que han sido mineralizados con pirita argentífera:** Las primeras están situadas al este de la estructura volcánica, inmediatamente después del Cuerpo de Py - Si. Se desarrollan dentro de las calizas Pucará y se extienden hasta por 700 m. Este conjunto está arreglado en 2 sistemas: El de San Alberto de rumbo N 35° E, buzamiento 60° SE, localizada en la parte NE y el sistema Matagente de rumbo N

50° - 60° W, buzamiento 70° - 85° SW, situado en la parte este. Las segundas, en la parte oriental del Cuerpo de Pb - Zn se observan como zonas brechadas entre fracturas de rumbo N 20° - 30° W que han sido mineralizadas con pirita y minerales de plata.

7. **Fallas oblicuas al fallamiento longitudinal post mineral que han producido dislocaciones de los cuerpos mineralizados, de las vetas y los diques o andino (Fase Peruana) (Barragán 1979).** En general la tectónica predominante de Cerro de Pasco es la Andina, que originó un fallamiento y plegamiento NW-SE., enmarcándose dentro de la descripción general de la Tectónica Andina del Perú Central descrita por F.Megard (1968-1979), por lo que los grandes fallamientos longitudinales de Cerro de Pasco han sido originados en la superposición de tres fases de compresión NE-SW. También se describe que dichas fases están separadas por períodos de calma tectónica o periodos de distensión.

2.3.8. Geología económica

Figura 6 Geología de la mina.



Fuente: Área de Geología –Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Cuerpo de Sílica-Pirita. Está localizado en la zona de contacto volcánico-caliza, al E del cuello volcánico, con forma de cono invertido achatado.

En superficie presenta una forma lenticular, con dimensiones de 1 800 m en sentido N-S y de 300 m en sentido E-W, en general buza 70o al W. Hacia el S el cuerpo se divide en dos apófisis, uno que sigue el contorno del cuello volcánico entre sedimentos paleozoicos y los volcánicos mismos; y el otro que sigue la falla longitudinal entre calizas Pucará.

En sección, el cuerpo asemeja una "montura" sobre las filitas Excelsior y aproximadamente a 630 m se angosta hasta configurar una digitación en forma de raíces.

El mayor volumen de mineralización lo constituye la pirita I y sílice, esta última en forma de chert, calcedonia y cuarzo. La pirita ocurre predominantemente como granos anhedrales y la sílice como blocks irregulares y como tabletas de roca afanítica, que da una apariencia de brecha. Venillas de pirita comúnmente cortan a la sílice.

Según Lacy, en el cuerpo de sílica-pirita se reconocen 6 tipos de pirita, los que pueden distinguirse microscópicamente por su color, anisotropismo, forma y asociaciones. Estos tipos son:

Pirita I, principal constituyente del cuerpo de sílica-pirita y del sistema de vetas Cleopatra; principalmente anhedral y en algunos cubos u octaedros; inclusiones de pirrotita y calcopirita.

Pirita II, asociada a la mineralización de Pb-Zn; en octaedros, cubos y piritoedros; algunos granos anhedrales; no tiene inclusiones.

Pirita III, asociada a los cuerpos y vetas de Cu; en piritoedros, cubos y octaedros.

Pirita IV, asociada a la galena tardía, alunita y marcasita; en piritoedros y anhedral; Bi y Sb como impurezas.

Pirita V, asociada a la alunita, marcasita y mineralización de Ag; es acicular; As y Sb como impurezas.

Pirita VI, en geodas; en forma de piritoedros; color amarillo pálido.

Dentro de este gran cuerpo se han localizado cuerpos tubulares de pirrotita, vetas y cuerpos mineralizados de Cu, Pb-Zn y Ag, constituyendo en sí un gran depósito de dichos metales.

Cuerpos y Vetas de Pb-Zn. La mineralización de Pb-Zn se presenta como: cuerpos irregulares, vetas y mantos.

Los cuerpos irregulares constituyen el mayor volumen de mineralización y generalmente se sitúan en el contacto del cuerpo de sílica-pirita con las calizas Pucará. En conjunto tienen la forma de un cono invertido achatado incluido en otro cono mayor, el del cuerpo de sílica-pirita. Sus dimensiones alcanzan 1500 x 300 m de ancho y 500 m de profundidad, elongado en dirección N. En el nivel 1800 se ramifica y termina en forma denticular dentro del cuerpo de sílica-pirita; pero, falta determinar la profundización de la mineralización en el contacto de sílica-pirita con calizas al N y E de dicho nivel.

Por lo general, estos cuerpos irregulares están asociados a cuerpos tubulares de pirrotita de dimensiones no mayores a 60 x 180 m en sección horizontal y que constituyen el núcleo de dichos cuerpos en profundidad.

La mineralización de Zn consiste de 4 variedades de esfalerita, diferenciadas por sus relaciones de deposición, ubicación dentro del depósito y por sus inclusiones.

Esfalerita I, de color negro (marmatita); se encuentra dentro del cuerpo de sílica-pirita; generalmente sin inclusiones; alto contenido de Fe ($> 10\%$); en poca cantidad.

Esfalerita II, asociada a los "pipes" de pirrotita en los niveles profundos; inclusiones de stannita y calcopirita; en cantidades mínimas.

Esfalerita III, la más abundante y el principal constituyente de los cuerpos de Pb-Zn; de color marrón oscuro a miel; inclusiones de pirrotita; contenido promedio de Fe 7-8 %.

Esfalerita IV, de color claro (amarillo); asociada a galena y marcasita; se encuentra en venillas cortando las otras esfaleritas; bajo contenido de Fe ($< 3\%$); principalmente hacia el contacto con las calizas y dentro de ellas.

La mineralización de Pb consiste principalmente en galena y menores cantidades de galenobismutinita y hinsdalita. La galena se presenta en tres generaciones:

Galena I, asociada a la esfalerita III; contiene ampollas de argentita y polibasita; principal constituyente de los cuerpos de Pb-Zn.

Galena II, asociada a la pirita IV y marcasita.

Galena III, asociada a la esfalerita rubia; y a galenobismutinita, bismutinita y matildita en los cuerpos de Ag.

En general, las leyes de Zn son mayores en profundidad y hacia las partes centrales de los cuerpos mineralizados; las leyes de Pb son mayores hacia superficie y en la periferia de los cuerpos, disminuyendo en profundidad.

La mineralización de Ag asociada a los cuerpos de Pb-Zn está relacionada a la galena I y III, y su distribución es errática permaneciendo constante en profundidad.

La mineralización de Pb-Zn en los sedimentos calcáreos se presenta en las calizas dolomíticas y dolomías de color amarillento con venillas de siderita, ankerita y dolomita; la textura de mineralización consiste de vetas angostas de rumbo N 45o-80o W y E-W, buzando entre 70o y 80o al NE, cambiando su buzamiento al SW en la Mina El Pilar; mantos de reemplazamiento en ciertos horizontes; pequeños cuerpos en las intersecciones de vetas con capas calcáreas y en la intersección de vetas; en finas venillas; como relleno de pequeñas cavidades; en cavidades de disolución tipo karts; y en zonas de brechas calcáreas y silíceas.

Las vetas de Pb-Zn de importancia económica se encuentran al E del distrito en las calizas dolomíticas y dolomías del Pucará y se han generado por el relleno mineral de las fracturas de los sistemas San Alberto y Matagente. El ensamble mineralógico en San Alberto es de pirita-pirrotita-esfalerita-galena; en Matagente es de esfalerita-galena-carbonatos.

Vetas y Cuerpos de Cu-Ag. Las vetas de Cu-Ag tienen un rumbo dominante E-W, extendiéndose desde el cuerpo de sílica-pirita hasta el mismo cuello volcánico, donde cortan al aglomerado e incluso a los diques de monzonita cuarcífera. Las fracturas ubicadas al N buzan al S, y las ubicadas al S buzan al N; gradan en potencia de pocos centímetros a 2 m. Sus longitudes varían entre 500 y 1 000 m.

El relleno mineral predominante es de enargita-pirita con cantidades menores de oro libre, luzonita, tenantita-tetraedrita, calcopirita, galena y esfalerita, distribuidos en un arreglo zonado con mineralización de Cu-Au en la parte central y gradando a Ag-Bi hacia los extremos.

Los cuerpos de enargita-tetraedrita están asociados a las ramificaciones de las vetas de enargita-pirita en la mitad occidental del cuerpo de sílica-pirita. Las dimensiones de los cuerpos pueden llegar a 180 x 60 m de ancho y 200 m en la vertical.

La inclinación de los cuerpos es similar al "plunge" de la intersección de las vetas que los acompañan. Su mineralogía consiste de enargita-tetraedrita (tenantita)-pirita en la parte central de los cuerpos, gradando a esfalerita-galena en las partes marginales de los mismos.

Cuerpos Mineralizados de Ag-Bi

Los principales cuerpos de Ag, Cayac E y Cayac W, se encuentran adyacentes al cuerpo de Pb-Zn Cayac Noruega "A".

El Cayac E está emplazado en la zona de la falla longitudinal, en el borde oriental de los cuerpos de Pb-Zn y el contacto con las calizas Pucará. Si bien su mayor desarrollo horizontal se encuentra entre los niveles 1000 y 1200, es persistente a todo lo largo del contacto cuerpos de Pb-Zn con las calizas. Los valores de Ag están relacionados principalmente a la matildita, además de galena y tetraedrita; esfalerita, bismutinita, calcedonia y alunita acompañan a la mineralización de Ag.

El Cayac W está localizado en el contacto occidental del Cayac Noruega "A" con las calizas Pucará, tiene forma de un cuerpo vertical tubular que se extiende por una longitud vertical de 130 m entre los niveles 600 y 1000.

Cuerpos Supérgeños de Cu. Entre superficie y el nivel 600 se encuentran cuerpos irregulares de sulfuros súpergeños de aspecto moteado, que se relacionan a las vetas de Cu-Ag y al cuerpo de sílica-pirita. La mayor concentración económica se ubica a la altura del nivel 300.

Se pueden distinguir dos formas de manifestaciones de estos cuerpos, una como cúpulas sobre los cuerpos de Pb-Zn donde la asociación supergena chalcosita-covelita está recubriendo a la esfalerita y galena; y la otra de forma lenticular y tabular.

Las variaciones del nivel freático han controlado las diferentes cotas en que se encuentran estos cuerpos.

Cuerpos Oxidados Argentíferos ó Pacos. Sobreyaciendo al cuerpo de sílica-pirita se ha desarrollado un impresionante sombrero de fierro, que varía en profundidad desde pocos centímetros hasta más de 100 m, aprovechando para ello las zonas de falla, contactos y de brechas.

Las zonas oxidadas sobre los cuerpos de Pb-Zn contienen altos valores en Ag, en Pb, o en una combinación de ambos, además de óxidos de Bi y Pb.

Zonamiento

En los cuerpos de Pb-Zn el zonamiento vertical es más definido que el zonamiento horizontal. Así tenemos, que los valores de Pb son mayores hacia superficie y decrecen en profundidad; en tanto que los valores de Zn tienden a decrecer hacia los niveles superiores y a incrementar hacia los niveles más profundos; el zonamiento de la Ag cuando está relacionada al Pb sigue el mismo patrón, es decir que aumenta hacia superficie y disminuye en profundidad; pero, este zonamiento se altera por la presencia del cuerpo de Ag-Bi, incrementando sus valores hacia el Este y en profundidad.

El zonamiento horizontal, menos definido, está relacionado a los cuerpos tubulares de pirrotita, en donde la mineralización de Zn es mayor cerca a los cuerpos de pirrotita, predominando el Pb al alejarse de los mismos.

Al nivel del contenido de Fe en la molécula de esfalerita el zonamiento es definido, con mayor contenido de Fe en los cuerpos ubicados al Oeste dentro del cuerpo de sílica-pirita y en la proximidad de los "pipes" de pirrotita; disminuyendo el contenido de Fe hacia el Este, cerca y dentro de las calizas.

En las vetas de Cu-Ag el zonamiento definido es: predominancia de Cu-Au en la parte central de las vetas, zona de los diques de monzonita; gradando a Cu-Ag y Ag-Bi hacia los extremos E y W de las vetas, con incremento en el contenido de Pb-Zn.

Controles de Mineralización

Se han determinado los siguientes controles de mineralización por tipos de depósito.

Para los cuerpos de Pb-Zn los controles son:

- el contacto del cuerpo de sílica-pirita con las calizas Pucará, es notoria la continuidad de los cuerpos mineralizados siguiendo la línea del contacto, inclusive las inflexiones del mismo.

- el fallamiento Longitudinal, que permitió el ascenso de las soluciones mineralizantes que formaron los cuerpos de sílica-pirita y los cuerpos de Pb-Zn aprovechando los contactos fallados existentes.

- los cuerpos tubulares (pipes) de pirrotita, que siempre se encuentran ubicados en la parte central de los grandes cuerpos de Pb-Zn.

Para la mineralización de Pb-Zn en caliza el principal control es la caliza dolomítica con venillas de siderita y dolomita en donde se concentra la mayor mineralización; en vez de la caliza gris oscura a negra con venillas de calcita que es estéril.

Para las vetas de Cu-Ag dentro del cuello volcánico el control son las vetas de rumbo E-W convergentes en profundidad.

Para los cuerpos de Cu-Ag los controles son el cuerpo de sílica-pirita y la intersección o acercamiento de las vetas que configuran chimeneas mineralizadas que siguen la inclinación (plunge) de la intersección.

Para el cuerpo de Ag-Bi el control es el contacto entre los cuerpos de Pb-Zn y las calizas Pucará. Esta mineralización, genéticamente, está relacionada a la mineralización de Cu-Ag que a la de Pb-Zn.

Para los cuerpos supérgenos de Cu el control fue la variación del nivel freático en el tiempo, que determinaron los diferentes niveles de deposición de la mineralización.

2.3.9. Mineralización

La composición mineralógica por tipo de depósito es:

Cuerpos de Pb-Zn

Esfalerita	Galena	Marmatita
Pirita	Pirrotita	Marcasita
Magnetita	Argentita	Polibasita
Pirargirita	Hinsdalita	Tetraedrita
Tenantita	Covelita	Calcosita
Calcopirita	Gratonita	Jamesonita
Realgar	Oropimente	Arsenopirita
Revoredorita	Azufre	Siderita
Dolomita	Sílice	Vivianita
Bournonita	Emplectita	Bismutinita
Casiterita	Galenobismutinita	Aikinita

Vetas y Cuerpos de Cu-Ag

Enargita	Luzonita	Pirita
Cuarzo	Esfalerita	Galena
Marcasita	Tenantita	Tetraedrita
Calcopirita	Bornita	Calcosita
Covelita	Famatinita	Bismutinita
Wolframita	Minerales Au	Pirargirita
Barita		

Cuerpos de Ag

Pirita	Calcedonia	Matildita
Aramayoita	Plata Nativa	Estefanita
Polianita	Argentita	Pirargirita
Hematita	Marcasita	Esfalerita
Realgar	Bismutinita	Tenantita
Alunita		

Cuerpos Supérgeños de Cu

Calcosita	Covelita	Estromeyerita
-----------	----------	---------------

Cuerpos Oxidados Argentíferos o Pacos

Ag Nativa	Lipidocrosita	Gohetita
Plumbojarosita	Argentojarosita	Caolinita
Cerusita	Anglesita	Smithsonita
Calamina	Limonita	

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) aplicado al análisis de muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la Zona de Óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. presenta un desempeño analítico consistente y confiable, permitiendo obtener resultados geoquímicos representativos y reducir la incertidumbre en la estimación de leyes minerales.

2.4.2. Hipótesis específicas

- ❖ El sistema QA/QC aplicado a las muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile presenta niveles adecuados de precisión, exactitud y reproducibilidad

analítica, evidenciados mediante controles estadísticos de duplicados, estándares certificados y muestras blancas.

- ❖ Las principales fuentes de error, contaminación y sesgo analítico en las muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile están asociadas a la heterogeneidad mineralógica, procesos de manipulación y condiciones operacionales propias de la Zona de Óxidos.
- ❖ El cumplimiento conjunto de los criterios de exactitud, precisión, contaminación y sesgo analítico evidencia un desempeño consistente del sistema QA/QC aplicado a las muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la Zona de Óxidos durante el año 2024.
- ❖ La implementación de lineamientos técnicos y metodológicos orientados al fortalecimiento del sistema QA/QC permitirá optimizar la confiabilidad analítica y disminuir la incertidumbre en la estimación de leyes minerales en la Zona de Óxidos.

2.5. Identificación de variables.

2.5.1. Variable independiente

Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC)

2.5.2. Variable dependiente

Análisis de muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la Zona de Óxidos

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

Tabla 1 Definición Operacional de variables e indicadores.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC)	Conjunto de procedimientos técnicos y metodológicos orientados a garantizar la precisión, exactitud, reproducibilidad y trazabilidad de los resultados analíticos obtenidos en muestras mineras.	Se evaluará mediante controles estadísticos y operacionales aplicados a muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile.	Precisión analítica	Error relativo (%)	Razón
			Exactitud analítica	Coefficiente de variación (%) Desviación estándar Sesgo analítico (%) Diferencia respecto al valor certificado	Razón
			Reproducibilidad	Concordancia entre duplicados Coefficient de correlación	Razón
			Control de contaminación	Resultados de muestras blancas Nivel de contaminación cruzada	Razón
			Trazabilidad operacional	Registro de muestras Cadena de custodia Cumplimiento de protocolos	Ordinal
Variable dependiente: Análisis de muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la Zona de Óxidos	Proceso de evaluación geoquímica de muestras provenientes de perforación de producción, mineral In Situ y material acopiado para determinar la confiabilidad y representatividad de los resultados analíticos.	Se medirá el análisis estadístico y geoquímico de la consistencia y variabilidad de los resultados obtenidos en las diferentes etapas operacionales.	Representatividad geoquímica	Homogeneidad de resultados Dispersión estadística	Razón
			Consistencia analítica	Correlación entre muestras Variación entre puntos de control	Razón
			Confiabilidad analítica	Nivel de aceptación QA/QC	Ordinal

		Resultados dentro de límites de control	
	Aplicabilidad de los resultados QA/QC	Cumplimiento de criterios de aceptación Trazabilidad de resultados	Razón

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, debido a que analiza datos numéricos obtenidos de controles QA/QC mediante herramientas estadísticas orientadas a evaluar precisión, exactitud, contaminación y sesgo analítico en muestras geológicas.

También es de tipo aplicado, dado que busca optimizar la confiabilidad de los resultados geoquímicos mediante la evaluación e implementación de procedimientos técnicos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) en la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Se fundamenta en la observación directa de los procesos de muestreo, preparación, análisis y validación de resultados obtenidos durante el año 2024.

3.2. Nivel de investigación

La presente investigación se clasifica metodológicamente en los siguientes niveles:

Nivel Descriptivo.

En una primera fase, el estudio es de nivel descriptivo, debido a que se encarga de examinar, registrar y caracterizar la situación operativa actual de los procedimientos de muestreo. Se describirán minuciosamente las dinámicas de recolección de datos en los soportes físicos de Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la Zona de Óxidos, detallando las desviaciones y el comportamiento independiente de las muestras de control (blancos, duplicados y estándares) sin manipular deliberadamente las condiciones del entorno.

Nivel analítico-comparativo.

En su fase central, la investigación alcanza un nivel analítico-comparativo, porque evalúa el desempeño del sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) mediante indicadores de precisión, exactitud, contaminación, reproducibilidad y sesgo. Asimismo, examina la consistencia de los controles asociados a las muestras Blast Hole, In Situ y Stock Pile, sin efectuar una correlación ni una reconciliación mina-planta.

El trabajo posee un alcance aplicado, porque además de describir los indicadores QA/QC identifica desviaciones potenciales y propone lineamientos para fortalecer el control analítico en la matriz de óxidos.

3.3. Métodos de investigación

Se empleó el método analítico-descriptivo, sustentado en:

- Observación sistemática del proceso de muestreo en campo.
- Revisión documental de protocolos internos de la empresa.
- Registro y seguimiento de la inserción de controles QA/QC.
- Análisis estadístico de exactitud, precisión y contaminación.

El método analítico permitió evaluar los componentes del sistema QA/QC; el método descriptivo permitió caracterizar los procedimientos operativos implementados.

3.4. Diseño de investigación

La investigación presenta un diseño no experimental, transversal y descriptivo, debido a que:

No se manipulan variables.

Los datos proceden de registros reales del año 2024.

La evaluación se realiza sobre resultados generados durante las actividades normales de la operación.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estuvo constituida por todas las muestras geológicas procedentes de los programas de muestreo Blast Hole, In Situ y Stock Pile de la Zona de Óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. durante el año 2024.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 7 108 registros analíticos, integrados por muestras ordinarias y controles QA/QC (CRM, blancos y duplicados), seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, correspondientes al periodo enero-diciembre de 2024.

3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos

Se emplearon los siguientes instrumentos:

- ❖ Fichas de muestreo geológico (Blast Hole, In Situ y Stockpile).
- ❖ Formatos de registro en base de datos GDMS.
- ❖ Reportes de laboratorio químico y control QA/QC.

- ❖ Procedimientos técnicos oficiales de la empresa.
- ❖ Gráficos de control estadístico y reportes de validación diaria.

La información fue recopilada directamente del área de Geología de Mina y del Laboratorio Químico, garantizando su trazabilidad.

Procedimientos QA/QC aplicados

El aseguramiento y control de calidad siguió los lineamientos de los procedimientos internos oficiales de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., los cuales se detallan a continuación:

Procedimiento de muestreo Blast Hole e In Situ.

De acuerdo con el Procedimiento de Muestreo de Blast Hole e In Situ (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024), las muestras son recolectadas directamente del material fragmentado en bancos o tajos activos. El proceso asegura representatividad mediante una toma aleatoria sistemática, evitando sesgos por segregación granulométrica. Cada muestra se identifica con código único y se registra en el sistema GDMS.

1. Objetivo

Describir, analizar y socializar el procedimiento a seguir en las actividades toma de muestra geoquímico de Blast Hole conociendo y priorizando en la seguridad de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa, contratistas y visitantes en general.

2. Alcance

Este procedimiento se aplica a las actividades para muestreo geoquímico de Blast Hole, y su control de calidad de la Empresa Administradora Cerro SAC, ubicada en el departamento de Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca y Yanacancha. Proceso realizado por el Geólogo

quién tomará las medidas de prevención, protección del personal y los equipos de la empresa. La vigencia de este procedimiento inicia cuando el gerente de geología avale mediante su firma y continúa hasta que no se realicen cambios debidamente avalados por el área de geología.

3. Procedimiento técnico del proceso

El Blast Hole constituye el almacenamiento de detritos distribuidos en forma cónica, y que se obtiene como resultado de la perforación del suelo realizada por la máquina perforadora una vez que muestreo ha determinado los diferentes puntos de la rejilla o enmallado, las perforaciones se efectúan a una profundidad aproximada de 5 m, la máquina perforadora es de tipo diésel T500, y bastidores de oruga de máxima resistencia. Una vez generado el cono se realiza el muestreo que consiste en el sacado del material, dependiendo del tipo de material que logre obtenerse, se le considera como una muestra representativa.

3.1. Zonas habilitadas para perforación Blast Hole.

El geólogo es responsable de coordinar con el área de operaciones y planeamiento, lo siguiente:

- Solicitar la motoniveladora para aplanar el terreno.
- Solicitar las bermas de seguridad en la plataforma a muestrear.
- Solicitar marcado de vértices de la malla de perforación.

Validación de Control de calidad a la plataforma habilitada

El geólogo de control de calidad (QA/QC) es responsable de verificar y aprobar la zona a perforar.

3.2. Zonas de la plataforma de muestreo Blast Hole.

El Maestro Ore Control es responsable de indicar el área a perforar, identificando las zonas sin información de corto plazo y verificando el avance de minado.

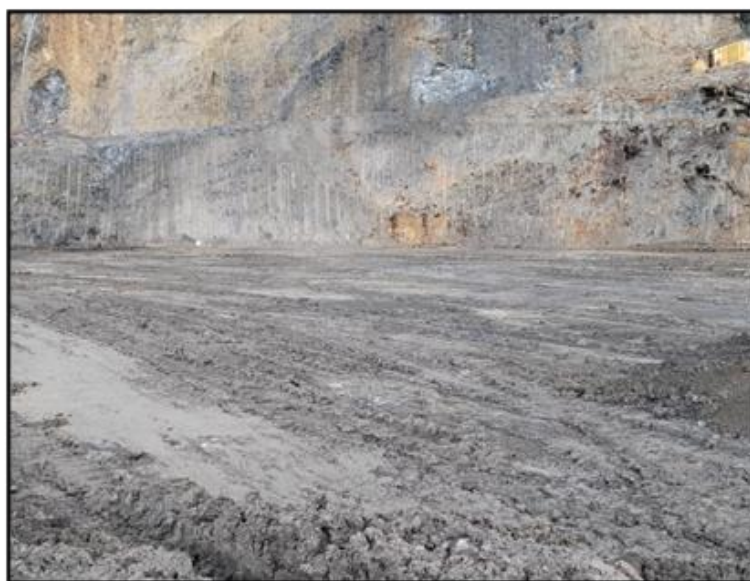
- Colocar las bermas de seguridad en apoyo del equipo pesado que está a su responsabilidad.
- Aplanar el área de muestreo con apoyo de la motoniveladora.

Figura 7 *Antes de la plataforma de perforación*



Nota. Vista del área, previo a la habilitación de la plataforma destinada a perforaciones Blast Hole.

Figura 8 Después de la plataforma de perforación



Nota. Condición final del área luego de la preparación de la plataforma para la ejecución del muestreo y la perforación.

- Colocar los conos de seguridad en la plataforma liberada, para evitar el ingreso de equipos móviles.
- Con planos de avance de minado y plano de BH actualizado, se pone puntos de perforación con el maestro muestreo y su ayudante.

Figura 9 Marcado de vértices de la malla de perforación



Nota. Proceso de demarcación de vértices que guía el posicionamiento de los taladros en la malla Blast Hole.

Figura 10 Marcado de puntos con wincha de 30m.



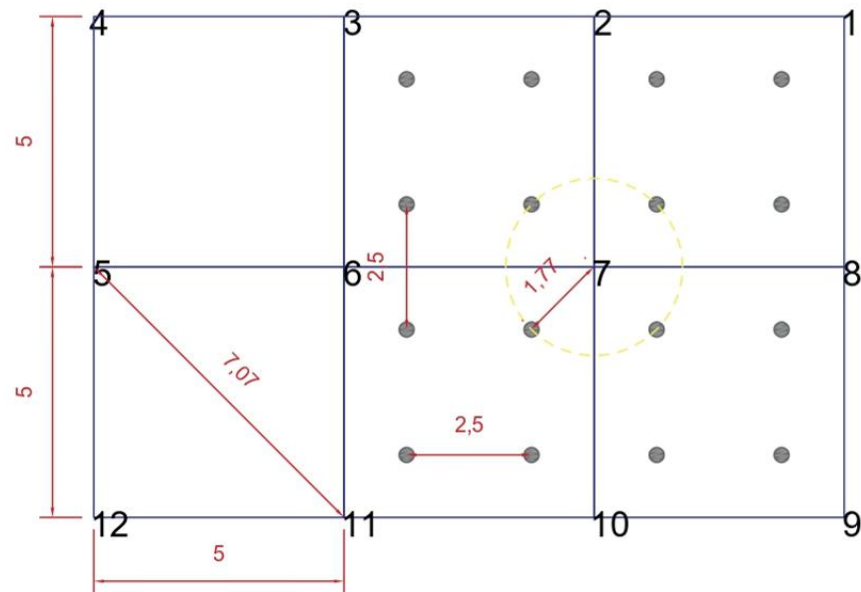
Nota. Verificación manual de distancias para asegurar la correcta ubicación de los taladros dentro de la malla planificada.

Figura 11 Verificación en el Plano del Ore Control, puntos que faltan perforar



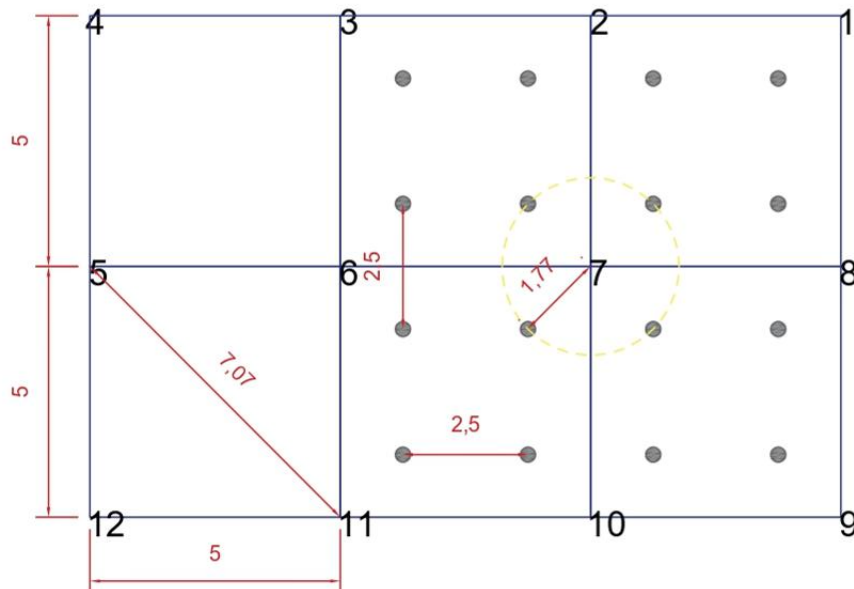
Nota. Revisión cartográfica para identificar puntos pendientes de perforación en la malla programada.

Figura 12 Medidas de los puntos de Blast Hole malla 5x5 OIS.



Nota. Dimensiones y distribución espacial de perforaciones en zonas clasificadas como OIS.

Figura 13 Medidas de los puntos de Blast Hole, malla 5x5 CNB.



Nota. Configuración espacial de los puntos de perforación en zonas CNB según el patrón operativo.

3.3. Codificación y rotulación de las bolsas de muestreo

El Maestro muestreo juntamente con su ayudante, son responsables de solicitar códigos al área de control de calidad, seguidamente realizan la codificación de las bolsas y tarjetas de muestreo para el muestreo.

- Solicitar a almacén de geología bolsas de muestreo y cinta de embalaje.
- Solicitar al área de control de calidad barra de códigos y tarjetas.
- Codificar las tarjetas con la barra de código, verificando que coincidan el código de la tarjeta con la barra de código.
- Codificar las bolsas de muestreo con la barra de códigos (la bolsa contiene solo un código de barra).
- Acomodar de forma ordenada en el tablero de bolsas.

3.4. Recuperación del sondaje perforado y Codificación de los tacos.

El geólogo a cargo es el responsable de verificar y dar el visto bueno para que el muestrero realice el muestreo geoquímico.

El maestro muestrero para realizar el muestreo de blast hole tendrá los siguientes criterios.

- Baja recuperación
- Alta recuperación

Figura 14 *Baja recuperación de detritos*



Nota. Ejemplo de perforación con baja recuperación, que afecta la representatividad de la muestra.

Figura 15 *Alta recuperación de detritos*



Nota. Caso de recuperación óptima que permite obtener muestras representativas para el análisis geoquímico.

3.5. Muestreo de Blast Hole

a. Recuperación de detritos

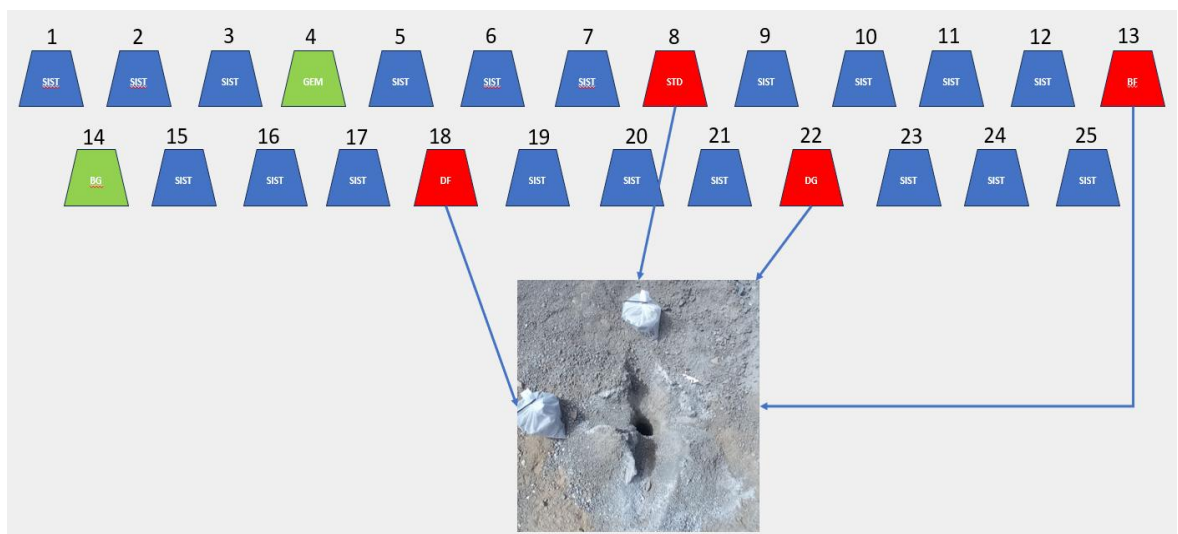
La recuperación de detritos en in situ está en función al: tipo de roca y terreno competente y no competente.

En roca o terreno competente la recuperación será mucho mayor que en roca o terreno incompetente ya sea como roca brechado, alterado, boloneras y fragmentos grandes en acumulaciones.

b. Criterios de inserción de controles en muestreo de Blast Hole

De acuerdo con nuestro método de muestreo e inserción de controles, trabajamos con lotes de 19 muestras sistemáticas y 6 muestras de control (Gemela y Blanco grueso son muestras físicas y 4 muestras fantasmas), las muestras físicas son los conos BH identificados aptos para muestreo y las muestras fantasmas son muestras físicas sacadas de campo para ocultar la identidad de nuestros controles en laboratorio químico.

Figura 16 *Criterios de inserción de controles en muestreo Blast Hole.*



Nota. Esquema del protocolo de inserción de CRM, blancos y duplicados durante el proceso de muestreo.

- Preparación del lote a muestrear
- Realizar una inspección visual de los conos identificando si cumplen las condiciones para muestrear: recuperación aceptable, no estén contaminados por grasa u otras partículas y no estén pisadas por algún equipo.

Figura 17 *Inspección visual de los conos*



Nota. Revisión manual de la homogeneidad y condiciones del material generado por perforación.

- Identificar los conos a considerar dentro de un Batch (25 muestras en total), enseguida el maestro muestrero realiza la distribución de los controles dentro del lote a muestrear teniendo en cuenta lo siguiente: Cada lote consta de 19 muestras sistemáticas y 6 muestras de control (1 gemela, 1 duplicado grueso, 1 duplicado fino, 1 blanco fino, 1 blanco grueso y 1 estándar).

Figura 18 *Distribución de controles por el maestro muestrero*



Nota. Asignación operativa de CRM, blancos y duplicados dentro de los lotes de muestreo.

- Se marcan los conos de acuerdo con la identificación antes descrita, conos sin recuperación, conos con control (muestras falsas) y conos con gemela.

Figura 19 *Muestras “C” – Fantasma*



Nota. Ejemplo de muestras fantasma utilizadas para validar la trazabilidad y veracidad del proceso analítico.

Figura 20 *Muestras “G” – Gemelas*



Nota. Representación de duplicados gemelos empleados para evaluar la precisión del muestreo.

Figura 21 *Muestras “SR” – Sin recuperación*



Nota. Registro de perforaciones donde no se obtuvo muestra representativa.

- **Toma de muestra**

La determinación del tamaño de muestra se fundamenta en estudios de heterogeneidad previamente realizados, siguiendo los lineamientos establecidos por normas internacionales como la ISO 3082:2009 – Iron ores — Sampling and sample preparation procedures y los principios teóricos desarrollados por Pierre Gy (1998) – Sampling of Particulate

Materials: Theory and Practice. Estos criterios garantizan que el muestreo sea representativo y minimice los errores inherentes al proceso.

$$M \geq (C \times d^3 \times S^2) / G^2$$

- M: masa mínima (g)
- C: constante que depende de la forma y densidad del mineral (~0.01 a 0.1)
- d: tamaño máximo de partícula (mm)
- S: factor de segregación (1 si es homogéneo, >1 si hay segregación)
- G: precisión o error relativo tolerable (ej. 0.1 para 10%)

Tabla 2 *Tamaño máximo y peso mínimo de partículas*

Tamaño máx. partícula	Peso mínimo recomendado
≤ 5 mm	2 - 3 kg
6 - 10 mm	3 - 5 kg
11 - 15 mm	5 - 7 kg
> 15 mm	> 7 kg

Con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los rangos de peso establecidos para el muestreo primario, se diseñó y fabricó una cucharilla de muestreo con dimensiones apropiadas que permiten recolectar material de forma representativa a lo largo de todos los horizontes del cono de perforación blast hole. Esta herramienta asegura una distribución equitativa del material, minimizando el sesgo asociado a la segregación por tamaño o densidad dentro del cono.

- Realizar la limpieza de la parte superficial del cono con la cucharilla.

Figura 22 Limpieza de la parte superficial del cono con la cucharilla



Nota. Procedimiento de remoción de material superficial no representativo previo al muestreo.

- Realizar el muestreo en forma de canal teniendo en cuenta las características de una muestra, el muestreo debe realizar la técnica de la pala de un tractor frontal con la cucharilla para no contaminar la muestra con los residuos del piso. Dejar un espesor de un centímetro más o menos del nivel del piso hacia la muestra para no contaminar

Figura 23 Muestreo en forma de canal



Nota. Método de extracción utilizado para obtener muestras representativas en frentes de avance.

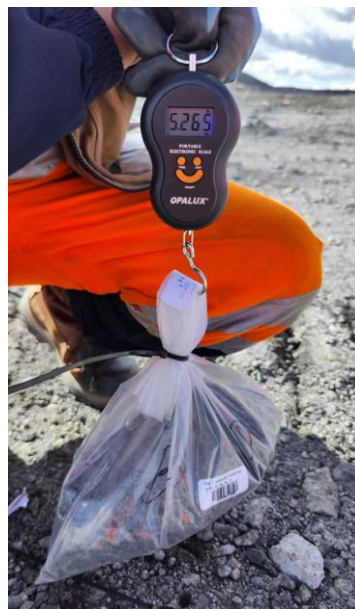
Figura 24 *Técnica de la pala de un tractor frontal con la cucharilla*



Nota. Procedimiento mecánico alternativo para muestreo de material suelto.

- Realizar el pesado de las muestras y la medición de profundidad de los pozos perforados.

Figura 25 *Pesado de las muestras*



Nota. Proceso de cuantificación de masa previo a la preparación de compósitos.

Figura 26 *Medición de profundidad de los pozos perforados*



Nota. Verificación de la profundidad real del taladro respecto al diseño.

- Llenar toda la información obtenida del muestreo en la tarjeta y colocar el taquito de muestreo en la bolsa para proceder a amarrar con precinto.

Figura 27 *Llenado de información en la tarjeta*



Nota. Registro manual de datos de muestreo para la trazabilidad del lote.

Figura 28 Bolsa de muestreo amarrada con el precinto



Nota. Aseguramiento de cadena de custodia mediante el precintado.

- **Almacenamiento y custodia de muestras**

- Se almacenará en forma ordenada y correlativo en una zona adecuada para que al momento de la llegada de la camioneta estas puedan ser cargadas sin ningún problema.

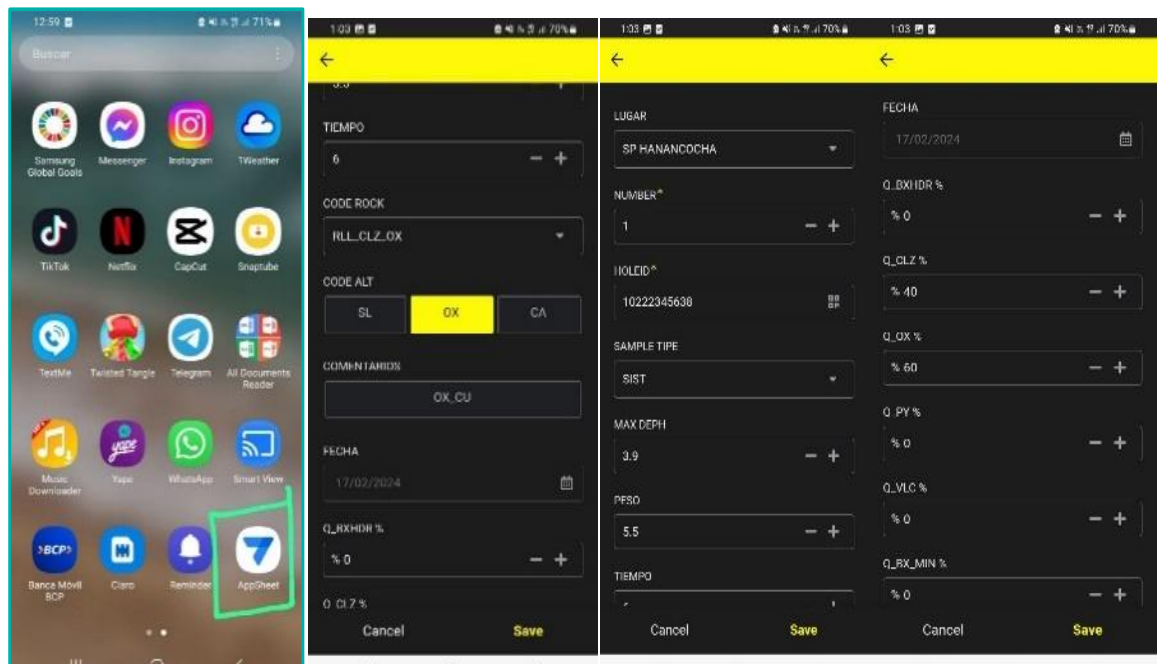
Figura 29 Almacenamiento de muestras en forma ordenada y correlativa.



Nota. Organización física para preservar la integridad y secuencia de los lotes.

- **Generación de lotes o batch de muestreo en Base de Datos**
 - Para la generación de lotes de muestreo se utiliza la app de minería Appsheet, que es un programa geológico que abarca el proceso de minería, y contempla el registro de lotes de muestras e información geológica.

Figura 30 Generación de lotes de muestreo en la app de minería "Appsheet".



Nota. Sistema digital utilizado para el registro y seguimiento del muestreo.

4. Restricciones

- Cuando no se cuenta con orden de Trabajo.
- Cuando el área de trabajo no haya sido liberada por el Supervisor.
- Las ordenes de trabajo sean emitidas por un supervisor de otra empresa.
- Cuando el personal no esté capacitado ni autorizado.
- Cuando el colaborador presente signos de enfermedades que puedan afectar su desempeño.
- Cuando el colaborador presente síntomas de somnolencia y fatiga.

- Cuando el colaborador se encuentra consumiendo medicamentos que producen somnolencia.
- Cuando el colaborador exceder el límite de peso permitido (25 Kg).
- Cuando no se cuenta con las herramientas, equipos (EPPs) necesarios.

5. Documentación asociada

- Ley N° 29783 Ley Seguridad y salud en el Trabajo y su reglamento DS N° 005-2012-TR.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. N° 024-2016 EM; Artículos: 81, 86, 95, 134, 218 y 224.y su modificadorio D.S. N° 034-2023 EM
- IPERC Continuo, orden de trabajo y Check List.

Procedimiento de reempaque de muestras de blanco de pulpa y material de referencia.

El Procedimiento de Reempaque de Muestras de Blanco de Pulpa y Material de Referencia Estándar (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2023) garantiza la correcta preparación y acondicionamiento de controles internos antes de su inserción en lotes de análisis. Las muestras se homogeneizan, codifican y sellan, manteniendo la trazabilidad entre el código QA/QC y el lote correspondiente.

1. Procedimiento técnico del proceso

1.1. Limpieza del sitio e instrumentos

El objetivo de la actividad es evitar al máximo la contaminación en el reempaque, para esto el técnico y/o asistente de QA/QC debe:

- Realizar la limpieza del área de trabajo.
- Identificar la muestra, según el planteamiento (tarjeta de muestreo).
- Identificación del material de referencia a utilizar (BF, BG, STD)

- identificación de los códigos de barra a ser trabajados.

1.2. Preparación de la muestra Blanco grueso

Luego de la identificación de la muestra en la tarjeta de muestreo, se procede a la preparación y aseguramiento de la siguiente manera.

- identificación de la bolsa con el código de barra correspondiente.
- Se procede al llenado de la bolsa con el material estéril (grueso).
- El precintado se dará de manera inmediata asegurando el material dentro de la bolsa para evitar futuras contaminaciones en el traslado de esta. (Figura 31).
- Se rellena los datos requeridos en la tarjeta de muestra, según la codificación.

Figura 31 *Muestra BG precintada*



Nota. Ejemplo de muestra blanco grueso preparada y sellada para control de contaminación.

1.3. Preparación del Reempaque Blancos de pulpa.

Luego de la identificación de la muestra en la tarjeta de muestreo, se procede a la preparación del reempaque de la siguiente manera.

- Preparación del sobre con el código de barra correspondiente a lo indicado en la tarjeta.

- Se procede a la apertura de la muestra certificada (sobre de color plateado).
- Se separa todo el contenido del sobre plateado al sobre manila.
- El reempaque se dará de manera inmediata asegurando el material dentro de una bolsa para evitar futuras contaminaciones en el traslado de esta. (Figura 32).
- Se rellena los datos requeridos en la tarjeta de muestra, según la codificación.

Figura 32 Muestra BF reempaquetada.



Nota. Ejemplo de blanco fino reempaquetado siguiendo los protocolos QA/QC vigentes.

1.4. Preparación del Reempaque Estándar

Luego de la identificación de la muestra, se procede a la preparación del re-empaque de la siguiente manera.

- Preparación del sobre con el código de barra correspondiente.
- Se procede a la apertura de la muestra certificada (sobre de color plateado).
- Se separa todo el contenido del sobre plateado al sobre manila.

- El reempaque se dará de manera inmediata asegurando el material dentro de una bolsa para evitar futuras contaminaciones en el traslado de esta. (Figura 33).
- Se rellena los datos requeridos en la tarjeta de muestra, según la codificación y el tipo de estándar utilizado.

Figura 33 *Muestra Estándar reempaquetada*



Nota. Material de referencia certificado acondicionado para su inserción en el lote de análisis.

NOTA: Este procedimiento se realiza de la misma manera para Proyectos y Operaciones; considerar los diferentes estándares de alta, baja y media ley para las zonas de SULFUROS y OXIDOS.

Procedimiento de envío de muestras al laboratorio de preparación

Según el Procedimiento de Envío de Muestras al Laboratorio de Preparación (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2023), las muestras recolectadas son verificadas, rotuladas y transportadas bajo cadena de custodia documentada. El envío se realiza con formatos de control que aseguran la concordancia entre las etiquetas físicas, los formularios digitales y el registro en la base de datos GDMS.

1. Procedimiento técnico del proceso.

La persona responsable del envío de muestras al laboratorio deberá realizar las siguientes actividades:

1.1. Generación de memorándum de acuerdo con el planteamiento del batch.

El Geólogo responsable debe validar el planteamiento digital del Batch, los muestreros comunicarán al responsable del área de Qa/Qc la conformidad de los planteamientos. El responsable del área de Qa/Qc generará el Memorándum de Preparación y Análisis respectivamente teniendo en cuenta la procedencia de dichas muestras (óxidos, sulfuros), este documento será validado con la firma del Geólogo Responsable (Supervisor de Turno) y Geólogo de Qa/Qc (responsable de Qa/Qc).

[illegible]

1.2. Orden de muestras para el envío

73

barras de forma ascendente en las parihuelas asignadas, se debe de contar con todas las muestras ordinarias completas, además todas las muestras deben encontrarse en buenas condiciones, correctamente etiquetados, las bolsas en buen estado y correctamente precintadas (Figura N° 35. Parihuelas con muestras correctamente ordenadas.).

Figura 35 *Parihuelas con muestras correctamente ordenadas*



Nota. Disposición logística correcta para transporte seguro y trazable de muestras.

1.3. Verificación del equipo de traslado (camioneta)

Se realiza la verificación de la camioneta, que se encuentre limpio libre de otros objetos (material contaminante) para el traslado de las muestras.

1.4. Cargue de la remisión (muestras)

El conductor del vehículo y/o responsable cargaran la remisión de muestras en el vehículo de transporte con cuidado para evitar que las bolsas plásticas contenidas de muestra se rompan. Una vez cargado al vehículo se deben cerciorar que las puertas del vehículo están debidamente aseguradas y que las muestras van protegidas contra la lluvia. El responsable debe verificar el correcto carguío de las muestras (remisión).

Figura 36 *Muestras debidamente cargadas a la camioneta*



Nota. Proceso de embarque para transporte hacia el laboratorio de preparación.

1.5. Entrega de muestras al laboratorio químico

Ubicar las muestras de forma ascendente y ordenada, de acuerdo con el código de barras y al memorándum del batch de muestras ordinarias. Al término de esta actividad se deberá comunicar a la persona responsable del acopio de muestras en el laboratorio de preparación, donde la persona que recibe verifica el contenido de la remisión, el orden, el buen estado de las muestras y firma los documentos que avalan la recepción a satisfacción.

El conductor o responsable de Qa/Qc entregará el memorándum de conformidad firmado al supervisor para almacenar una copia física de los documentos firmados. (Figura N° 37. Muestras ordenadas y entregadas en laboratorio químico.).

Figura 37 Entrega de muestras debidamente ordenadas



Nota. Recepción formal del lote en laboratorio, garantizando cadena de custodia.

1.6. Conformidad de muestras

Para la conformidad el personal de laboratorio registra las muestras en el sistema SAP generando el número de Batch a trabajar, esta información es registrada en el documento (memorándum) como también la fecha y hora de la entrega de las muestras y el nombre y firma correspondiente del personal que recepcionó las muestras.

Figura 38 Recepción y registro de muestras con el lector de barras.



Nota. Identificación automática de muestras para evitar errores de digitación y pérdida de trazabilidad.

1.7. Disposición de rechazos y pulpas

Al término de la preparación de muestras, los rechazos y pulpas son asegurados y acumulados de acuerdo con el código de batch para su disposición final.

El conductor y muestrero se harán responsables de recoger los rechazos y pulpas también de retornar al lugar de origen, para el almacenamiento correspondiente.

Figura 39 *Devolución de rechazos debidamente ordenadas.*



Nota. Manejo de excedentes y material no requerido tras el proceso de preparación.

1.8. Custodia de muestras.

La custodia de muestras para el envío, traslado y disposición está a responsabilidad del conductor.

Este procedimiento se realiza de la misma manera para Proyectos y Operaciones.

Procedimiento de preparación de compósitos

El Procedimiento de Preparación de Compósitos (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024) establece la metodología de agrupación y homogeneización de muestras para obtener una representación promedio de zonas mineralizadas. Se controla

la granulometría final (≤ 2 mm) y la masa mínima necesaria para garantizar representatividad, aplicando mezclas mecánicas y cuarteo.

1. Procedimiento técnico del proceso

- Al preparar compósitos se tiene como objetivo homogeneizar el soporte de los datos para poder realizar las estimaciones. De esta manera, cada uno de los datos a utilizar representará el misma ley y recuperaciones por zona.

1.1. Preparación de compósitos

Los compósitos se prepara según las leyes y dominio, abarca 4 polígonos en las zonas de In-situ y hasta 6 polígonos en el stock pile, y deben ser del mismo nivel y de los polígonos cercanos

- El geólogo responsable a cargo es el único responsable de verificar y dar el plano y/o lista de compósitos.

El plano es realizado bajo los siguientes parámetros:

Evaluación de los dominios metalúrgicos, es importante

- El maestro muestrero es el encargado de realizar la preparación de compositos y que tendrá los siguientes criterios.

El plano debe contener:

- La zona a la que pertenece.
- nivel de la zona.
- porque procesos de separación de sustancias si es (lixiviación o flotación)
- cuantos polígonos de compósitos contiene en el plano

1.2. Selección de códigos de las muestras

- Ubicar y ordenar las muestras de rechazos en forma correlativa según la lista proporcionada por el supervisor.

Figura 40 *Búsqueda de las muestras de Blast Hole*



Nota. Localización y selección de muestras correspondientes al lote programado para análisis.

- Trasladar las muestras a la sala de compósitos
- Pesar de uno en uno las muestras de acuerdo al peso que corresponde de cada muestra hasta llegar un promedio de 25 kg

Figura 41 *Muestras de los Blast Hole para su preparación*



Nota. Selección de muestras provenientes de perforaciones Blast Hole destinadas al proceso de preparación y análisis.

1.3. Preparación de los compósitos

- Echar al cuarteador los 25 kg y homogenizar de 3 a 4 veces
- Dividirlo en 20 kg para metalúrgico y 5 para analítico
- Luego llenar a las bolsas y asegurar con precintos

Figura 42 *Pesado de las muestras para vaciar a la bandeja*



Nota. Cuantificación de masa inicial para garantizar uniformidad en el proceso de homogenización.

Figura 43 *Se homogeniza la muestra, de 3 a 4 veces.*



Nota. Procedimiento de mezclado repetitivo para asegurar representatividad del material a analizar.

Figura 44 Se divide en 20 kg para metalúrgica y 5kg para analítica y se asegura con precinto



Nota. Segregación del material según requerimientos de análisis metalúrgicos y geoquímicos.

1.4. Almacenamiento y custodia de muestras

- Elaborar el memorándum para la entrega de muestra a laboratorio.
- Las muestras se transportarán en camioneta a laboratorio, la entrega de muestras con cargo a laboratorio.

Figura 45 Muestras en almacenamiento para su traslado a laboratorio



Nota. Acondicionamiento final previo al transporte de las unidades de muestreo hacia el laboratorio.

1.5. Orden y Limpieza

- Realizar orden y limpieza

- Limpieza del cuarteador.
- Eliminación de rechazos
- Eliminación de las muestras FANTASMAS de Blast Hole (lista proporcionada por el área de QA/QC)

Figura 46 Orden y limpieza luego de la preparación de los compósitos



Nota. Acondicionamiento final previo al transporte de las unidades de muestreo hacia el laboratorio.

1.6. Registro de muestras en el GDMS

- Ingresar al sistema las muestras de compositos
- Los reportes de muestreo con sus respectivos códigos, serán subidos al sistema GDMS de manera correcta, haciendo uso del software.

Figura 47 Se sube al sistema las muestras que se preparó y se mandó a laboratorio.



Nota. Acondicionamiento final previo al transporte de las unidades de muestreo hacia el laboratorio.

1.7. Precisión

1.7.1 Gemelas

- Una muestra gemela es una de dos muestras independientes que se toman del mismo lugar para evaluar el error de muestreo. Se utilizan en el control de calidad y en el aseguramiento de la calidad.
- Las muestras gemelas se preparan en la misma sala de compositos. Se deben tomar bajo las mismas condiciones para que el error analítico y metalúrgico sea mínimo o constante.

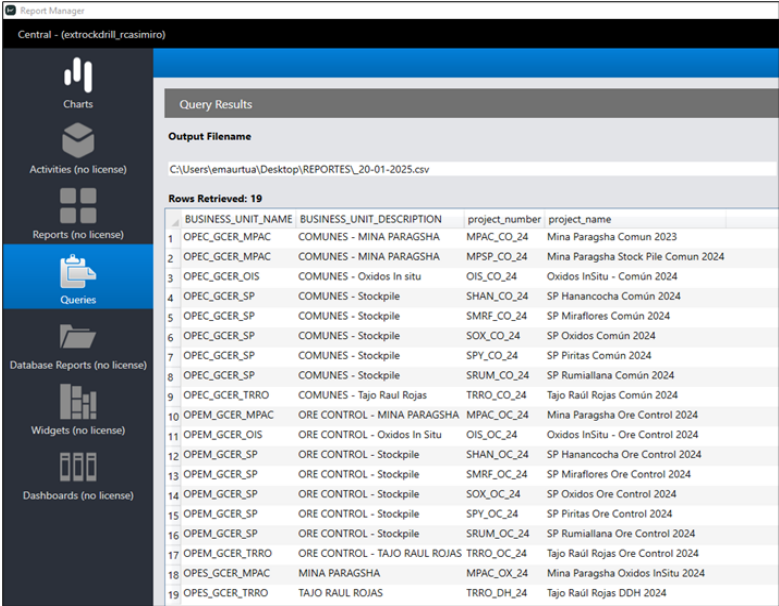
Procedimiento de aseguramiento y control de calidad (QA/QC)

El Procedimiento de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024) regula la inserción, frecuencia y control estadístico de materiales de referencia certificados (CRM), duplicados y blancos. Cada lote de 20 muestras incluye un control QA/QC. Los resultados se evalúan mediante gráficos de control de Shewhart, considerando límites de ± 2 y ± 3 desviaciones estándar para determinar aceptación o reanálisis.

1. Procedimiento técnico del proceso

Identificación del proyecto, las cuales se encuentran creadas en el GDMS.

Figura 48 Proyectos trabajados y creados en el GDMS.



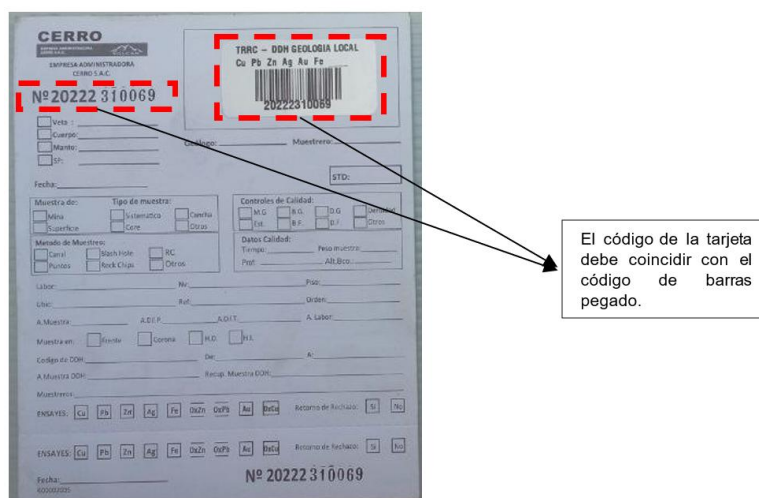
	BUSINESS_UNIT_NAME	BUSINESS_UNIT_DESCRIPTION	project_number	project_name
1	OPEC_GCER_MPAC	COMUNES - MINA PARAGSHA	MPAC_CO_24	Mina Paragsha Comun 2023
2	OPEC_GCER_MPAC	COMUNES - MINA PARAGSHA	MPSP_CO_24	Mina Paragsha Stock Pile Comun 2024
3	OPEC_GCER_OIS	COMUNES - Oxidos In situ	OIS_CO_24	Oxidos InSitu - Común 2024
4	OPEC_GCER_SP	COMUNES - Stockpile	SHAN_CO_24	SP Hanancocha Común 2024
5	OPEC_GCER_SP	COMUNES - Stockpile	SMRF_CO_24	SP Miraflores Común 2024
6	OPEC_GCER_SP	COMUNES - Stockpile	SOX_CO_24	SP Oxidos Común 2024
7	OPEC_GCER_SP	COMUNES - Stockpile	SPY_CO_24	SP Piritas Común 2024
8	OPEC_GCER_SP	COMUNES - Stockpile	SRUM_CO_24	SP Rumiallana Común 2024
9	OPEC_GCER_TRRO	COMUNES - Tajo Raul Rojas	TRRO_CO_24	Tajo Raúl Rojas Común 2024
10	OPEM_GCER_MPAC	ORE CONTROL - MINA PARAGSHA	MPAC_OC_24	Mina Paragsha Ore Control 2024
11	OPEM_GCER_OIS	ORE CONTROL - Oxidos In Situ	OIS_OC_24	Oxidos InSitu - Ore Control 2024
12	OPEM_GCER_SP	ORE CONTROL - Stockpile	SHAN_OC_24	SP Hanancocha Ore Control 2024
13	OPEM_GCER_SP	ORE CONTROL - Stockpile	SMRF_OC_24	SP Miraflores Ore Control 2024
14	OPEM_GCER_SP	ORE CONTROL - Stockpile	SOX_OC_24	SP Oxidos Ore Control 2024
15	OPEM_GCER_SP	ORE CONTROL - Stockpile	SPY_OC_24	SP Piritas Ore Control 2024
16	OPEM_GCER_SP	ORE CONTROL - Stockpile	SRUM_OC_24	SP Rumiallana Ore Control 2024
17	OPEM_GCER_TRRO	ORE CONTROL - TAJO RAUL ROJAS	TRRO_OC_24	Tajo Raúl Rojas Ore Control 2024
18	OPEM_GCER_MPAC	MINA PARAGSHA	MPAC_OX_24	Mina Paragsha Oxidos InSitu 2024
19	OPEM_GCER_TRRO	TAJO RAUL ROJAS	TRRO_DH_24	Tajo Raúl Rojas DDH 2024

Nota. Vista general de los proyectos almacenados y gestionados mediante la plataforma GDMS.

1.1. Impresión de tarjetas de muestreo y códigos de barra:

1.1.1. Tarjetas de muestreo: identificado el proyecto se realiza la impresión de tarjetas, las cuales debe de tener identificado el número de muestra, fecha y las distintas características como se muestran en la siguiente imagen.

Figura 49 Tarjeta de muestreo



CERRO
S.A.C.
SISTEMA DE GESTIÓN DE MUESTREO
CERRO S.A.C.

TRRC - DDH GEOLOGIA LOCAL
Cu Pb Zn Ag Au Fe
20222310069

Nº 20222310069

Fecha: _____

Muestra de: ☐ Mina ☐ Superficie ☐ Tipo de muestra: ☐ Sistemática ☐ Cere ☐ Otros

Muestra de Muestreo: ☐ Core ☐ Puntos ☐ Rock Chips ☐ SCL ☐ Otros

Control de Calidad: ☐ M.G. ☐ B.S. ☐ D.O. ☐ J.P. ☐ Otros

Datos Calidad: ☐ Tiempo ☐ Peso Muestra ☐ Ppt ☐ Al.Bico

LABOR: _____

Orden: _____

A. Muestra: _____ A. E. P. _____ A. D. T. _____ A. Labor: _____

Muestra en: ☐ Fuente ☐ Corona ☐ M.D. ☐ J.L.

Código de DDH: _____

A. Muestra DDH: _____ Recup. Muestra DDH: _____

Muestreo: ☐ ENSAYES: Cu Pb Zn Ag Fe Na2O Cu2O Au Biotol Retorno de Rechazo: ☐ Si ☐ No

ENSAYES: Cu Pb Zn Ag Fe Na2O Cu2O Au Biotol Retorno de Rechazo: ☐ Si ☐ No

Fecha: 00/00/0000

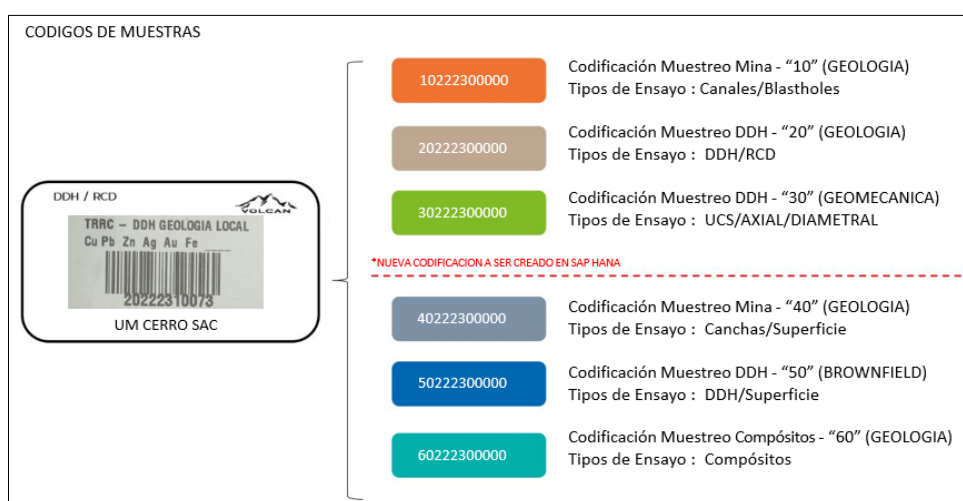
Nº 20222310069

El código de la tarjeta debe coincidir con el código de barras pegado.

Nota. Formato utilizado para documentar información de muestreo y controles asociados.

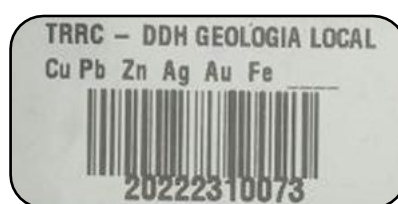
1.1.2. Códigos de barra: se imprimirá cuatro códigos de barra para cada número de muestras, un código será pegado en las bolsas de muestreo, el segundo en la tarjeta de muestreo, el tercero para el envío a laboratorio y pueda ser pegado en los sobres manila y el cuarto para la preparación de los controles. Estos códigos se imprimen mediante el software SAP, en la cual también se tiene que identificar el proyecto, las cuales estarán de la siguiente manera:

Figura 50 Diagrama de proyectos para impresión de códigos de barra.



Nota. Flujo interno del sistema para la generación de códigos de identificación únicos.

Figura 51 Código de barra impreso



Nota. Flujo interno del sistema para la generación de códigos de identificación únicos.

1.2. Inspección del cumplimiento de los procedimientos para la extracción de muestras (Blast Hole, Canales y DDH).

Para la inspección del muestreo, el geólogo de QAQC o el asistente Qa/Qc deberá dirigirse a las zonas donde se realizará el muestreo, la cual tomará en cuenta lo siguiente:

- Cumplimiento del procedimiento.
- Limpieza de herramientas.
- Tiempo de extracción de la muestra.
- Tiempo de extracción de la muestra gemela.
- Etiquetado de muestras.
- Sellado de muestras.
- Custodia de la muestra.
- Orden y limpieza.

1.3. Inspección de la inserción de controles:

Estos controles nos ayudaran a determinar los mínimos errores obtenidos, una vez realizado el planteamiento.

Las inserciones de las muestras de control serán de la siguiente manera:

Tabla 3 Cuadro de porcentaje de inserción de controles.

Control Regular	Total	Cantidad
Muestra Gemela	6%	2
Duplicado Grueso		2
Duplicado Fino		2
Blanco Grueso	4%	2
Blanco Fino		2
Estándares	5%	5
Muestras externas a laboratorio externo	5%	5

Nota. Indicador estadístico que muestra la proporción de CRM, duplicados y blancos dentro de los lotes analíticos.

El Geólogo de QAQC o el asistente de QA/QC encargado es el responsable de que el porcentaje de inserción de muestras de QAQC se cumpla, para esto debe hacer el seguimiento del tipo de control que debe insertar para cada envío o lote, tomando en cuenta la cantidad de muestras y el Batch que ingresara al análisis (BH, DDH).

1.3.1. Precisión:

- **Muestra Gemela:** El objetivo de la toma de muestra gemela es medir la precisión del muestreo. Esta tarea estará supervisada por el Ing. Geólogo responsable del muestreo y/o asistente Qa/Qc, los cuales son responsables de asegurar el cumplimiento de los procedimientos, la muestra gemela se tomará en las mismas condiciones que la muestra original y en la misma zona, teniendo en cuenta la cantidad de incrementos, la cual será igual para ambas muestras.
- **Duplicado Grueso:** El objetivo de este control es medir la precisión del laboratorio, la cual se realizará en el laboratorio de preparación después de chancar la muestra.
- **Duplicado fino:** El objetivo de este control es medir la precisión del laboratorio, la cual se realizará en el laboratorio de preparación después de pulverizar la muestra.

El orden en el que se colocan los controles es muy importante el Duplicado Fino debe ir siempre después del Duplicado Grueso, ya que ellos nos ayudaran a determinar donde pueden existir falencias.

1.3.2. Exactitud:

- **Estándares:** Los estándares se utilizan para evaluar la exactitud analítica. Al elegir los estándares se recomienda seleccionar, en lo posible, materiales de composición aproximadamente similar a la de las muestras ordinarias, a los efectos de reducir al mínimo el efecto analítico de la matriz mineral, estos controles se insertarán donde el geólogo lo vea conveniente siguiendo las recomendaciones ya mencionadas.

1.3.3. Contaminación:

- **Blancos:** Insertar los blancos a continuación de muestras con alta ley de mineral económico, los blancos gruesos inmediatamente al blanco fino en el mismo lote de envío, el blanco grueso controlara la contaminación durante el chancado y el blanco fino controlara la contaminación durante el análisis.
- **Blanco Grueso:** esta muestra se inserta juntamente con las demás muestras ordinarias con el fin de que no filtren esta muestra de control.

1.4. Generación de memorándum de acuerdo con el planteamiento del batch.

El supervisor responsable (geólogo de turno) al finalizar el lote o batch, deberá comunicar al encargado de Qa/Qc para la verificación y generación del memorándum de acuerdo con el planteamiento del batch. Este memorándum será validado con la firma del Geólogo responsable.

1.5. Inserción de muestras de control en el laboratorio:

1.5.1. Inserción de duplicados:

Lo ejecuta y se responsabiliza el asistente Qa/Qc

- **Duplicado Grueso:** El asistente Qa/Qc se encargará de seleccionar las muestras que serán utilizadas para el duplicado grueso, se tomarán como mínimo tres muestras para evitar que filtren el duplicado grueso, se coordinara con el personal de laboratorio el proceso de preparación de muestras de duplicados grueso, seguidamente se seleccionara la muestra de los duplicados gruesos previamente coordinado.

Ya obtenida la muestra, poner el taloncito de la tarjeta identificada a la muestra seleccionada para el duplicado grueso, y las demás muestras extraídas cerrar y devolver a los rechazos, la muestra seleccionada se colocará en la mesa de preparación para continuar con su procedimiento.

Durante el proceso de chancado, las muestras deberán estar secas y colocadas en orden, según la Hoja de Envío, entregado por geología, ninguna muestra será apartada durante el proceso de chancado (blanco grueso).

Supervisar la limpieza continua de la chancadora ROCKLABS para cada muestra y el orden de preparación de las muestras.

- **Duplicado Fino:** El asistente Qa/Qc se encargará de seleccionar las muestras que serán utilizadas para el duplicado fino, se coordinara con el personal de laboratorio si se requiere supervisar el proceso de preparación de muestras de duplicados finos, seguidamente extraemos 3 pulpas de muestra como mínimo incluyendo la pulpa seleccionada para el duplicado fino, este proceso se hace con el fin de que no filtre este control, separamos la mitad de la pulpa seleccionada a un sobre manila codificado por el número del duplicado fino, cerramos de manera correcta el sobre y juntamente con las demás pulpas extraídas lo devolvemos de forma ordenada a la caja donde se almacenan las pulpas.

Durante del proceso de pulverización y cuarteo, supervisara la limpieza continua de sus herramientas equipos (molino pulverizador).

Durante el proceso de cuarteo, verificará que haya proporcionalidad en las muestras, ninguna muestra será apartada durante el proceso de pulverización.

1.5.2. Inserción de Blancos:

Lo ejecuta y se responsabiliza el asistente Qa/Qc.

- **Blanco Grueso:** Esta muestra de control se inserta juntamente con las muestras ordinarias.
- **Blanco Fino:** Este control se reempaqueta, la cual se traslada al laboratorio evitando la contaminación.

Se insertará de forma anónima, para la cual extraemos 3 pulpas de muestras para evitar que filtren este control, insertamos el blanco fino dentro de las 3 muestras extraídas y lo retornamos ordenando de forma correcta.

1.5.3. Inserción de Estándar

Lo ejecuta y se responsabiliza el asistente Qa/Qc.

Este control se reempaqueta, la cual se traslada al laboratorio evitando la contaminación.

Se insertará de forma anónima, para la cual extraemos 3 pulpas de muestras para evitar que filtren este control, insertamos el estandar dentro de las 3 muestras extraídas y lo retornamos ordenando de forma correcta.

1.6. Registro de muestras en el sistema GDMS:

Finalmente, después de completar el lote o batch de muestras se realiza el registro de cada una de las muestras: ordinarias y controles (Blanco fino y

grueso, Estándares, Muestra Gemela, Duplicados fino y grueso) al sistema GDMS.

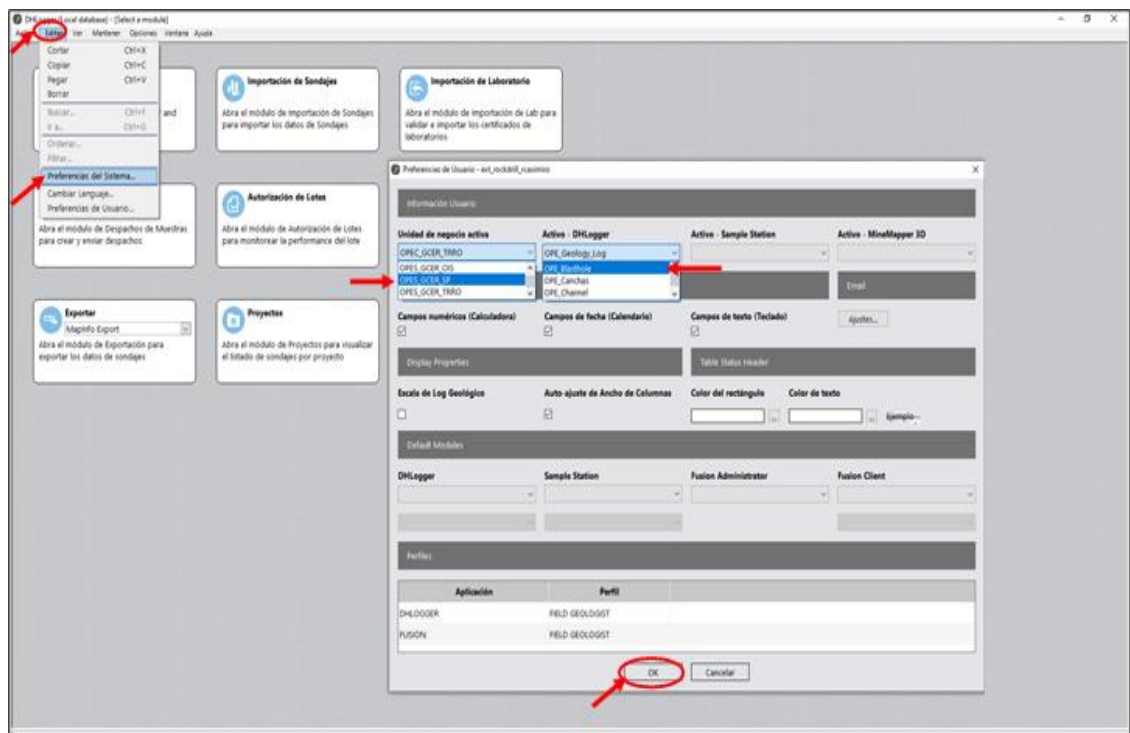
1.6.1.DH Logger

El DH Logger nos permitirá seleccionar el lugar de trabajo: crear nuestro sondaje y/o crear nuestras muestras generadas del proyecto.

Seleccionar el usuario de preferencia.

- Abrir el “DHLogger”.
- En la barra de menú seleccionar “Editar”, luego seleccionar “Usuario de Preferencia.”
- En “Preferencias de Usuario” podremos seleccionar los distintos tipos de unidad de negocio, dependiendo al tipo de proyecto que deseamos ingresar los datos.
- luego vamos a “UNIDAD DE NEGOCIO” y “Active – DHLogger” aquí seleccionamos el tipo de muestras que deseamos ingresar y finalmente damos en OK.

Figura 52 Selección del proyecto en DH Logger



Nota. Interfaz inicial para cargar y editar información de perforaciones y muestras geológicas.

- Una vez ingresado el User Preferences y el Active – DHLogger, Vamos a “Drill Hole”.

Figura 53 Ingreso para editar en DH Logger.



Nota. Acceso a la ventana que permite actualizar la información técnica del sondaje.

- Seleccionamos el “Proyecto” y “Número de sondaje” según corresponda; cabe señalar, que el estatus de sondaje debe estar en CHECKEDOUT (de color verde), luego ingresamos a la pestaña “Collar” y aquí se tiene que rellenar todos los campos habilitados con la información correspondiente al sondaje trabajado.

Figura 54 Ventana de COLLAR para llenar toda la información del sondaje.

Nota. Se completan coordenadas, elevación y parámetros estructurales del taladro.

- Seleccionamos la pestaña “DETALLES” y enseguida desplegamos la opción de “tabla activa”, en esa opción seleccionamos los campos de “MAJOR&MINOR”, “MINERALIZACION”, “ALTERACION”, “ESTRUCTURAS” y “BRECHAS” llenar cada una de estas tablas según el logueo geológico del sondaje trabajado.

Figura 55 Ventana de DETALLES para llenar la información geológica.

Projecto: TRO_DH_24 Tajo Riel Rojas DOH 2024 Número de Sondeo: DOHSC24010

Tabla activa: MAJOR & MINOR

MAJOR & MINOR

MINERALIZACION	(29)
ALTERACION	(29)
ESTRUCTURAS	(0)
BRECHAS	(0)
DH INTERCEPTOS	(0)

Comentarios

Attach File

1

2

Nota. Se registran las características litológicas observadas en campo.

- En la pestaña “DETALLES”, desplegamos la opción de “tabla activa”, en esa opción también llenamos los campos de “COLLAR”, “SURVEY” y “RQD”.

Figura 56 Ventana de DETALLES para el llenado de información geológica

Projecto: TRO_DH_24 Tajo Riel Rojas DOH 2024 Número de Sondeo: DOHSC24010

Tabla activa: COLLAR

COLLAR

SURVEY

1

2

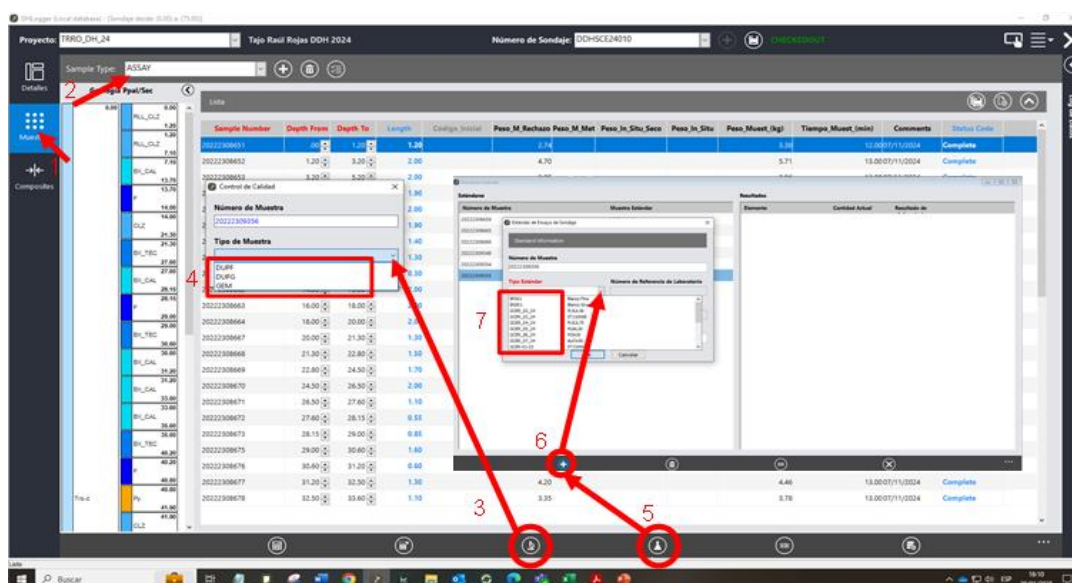
Nota. Segunda sección para descripción ampliada de las unidades geológicas interceptadas.

- En este campo de muestras llenaremos todo lo relacionado con el muestreo y el ingreso de los códigos de las muestras ordinarias y

todos los controles utilizados en cada batch; seguiremos la secuencia siguiente.

1. Ingresamos en el campo de muestras.
2. En “Sample Type” seleccionaremos la opción de “ASSAY” en el cual ingresaremos todas las muestras ordinarias.
3. Seleccionamos el icono, enseguida ingresamos los controles correspondientes en la ventana de control de calidad.
4. En esta venta seleccionamos (DUPF, DUGP y GEM) el control a ingresar.
5. A continuación seleccionamos el icono, ingresa a la ventana de Muestras Estándar.
6. Enseguida seleccionamos el icono, ingresa a la ventana de Estandar de ensayo de sondaje.
7. En esta ventana seleccionamos el estandar a ingresar (STD, BF y BG).

Figura 57 Ventana de MUESTRAS para llenado de muestras ordinarias y controles.



Nota. Ingreso de muestras ordinarias, duplicados, blancos y CRM dentro del sondaje.

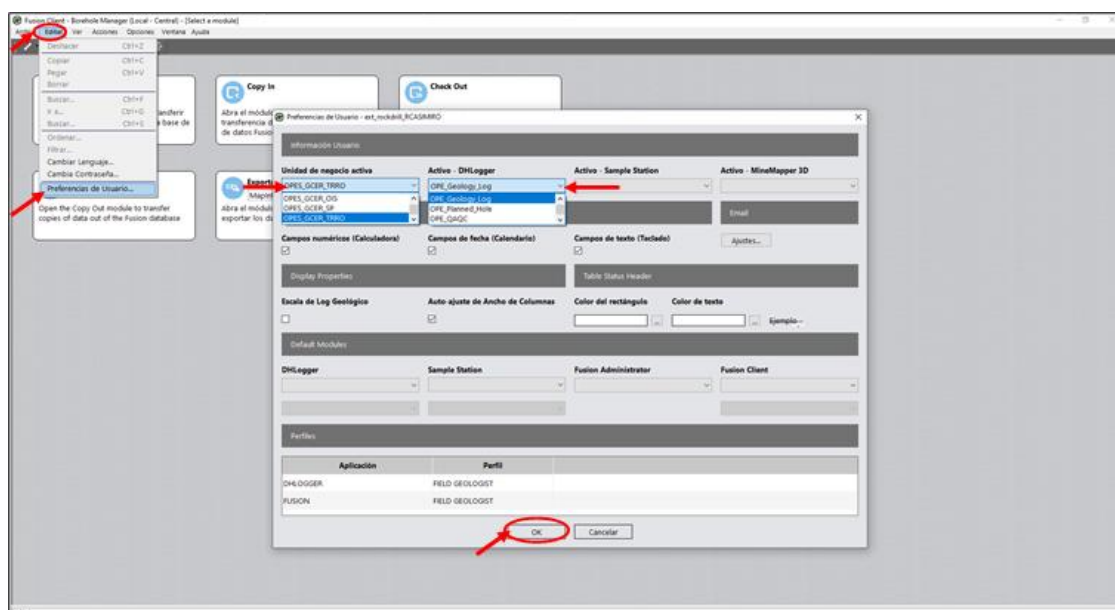
1.6.2. Fusión Client

El Fusión Client nos permitirá subir nuestras muestras creadas al servidor central.

Seleccionar el usuario de preferencia.

- Abrir el “FUSION CLIENT”.
- En la barra de menú seleccionar “Editar”, luego seleccionar “Usuario de preferencia”.
- Luego colocamos la “UNIDAD DE NEGOCIO” y “Active – DHLogger” tal cual lo hicimos en el DH LOGGER.

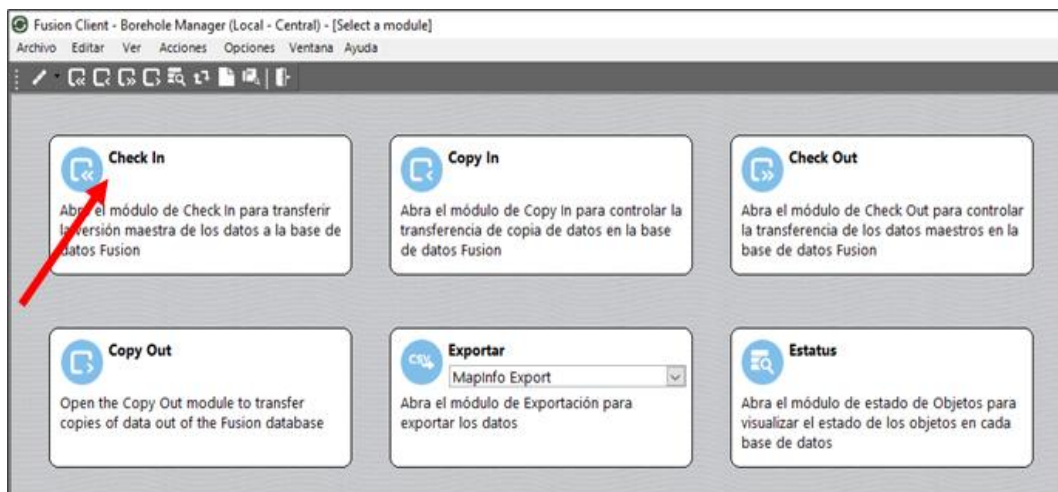
Figura 58 *Fusión Client.*



Nota. Interfaz utilizada para la integración y validación de datos geológicos.

- Luego ingresamos en “Check In”

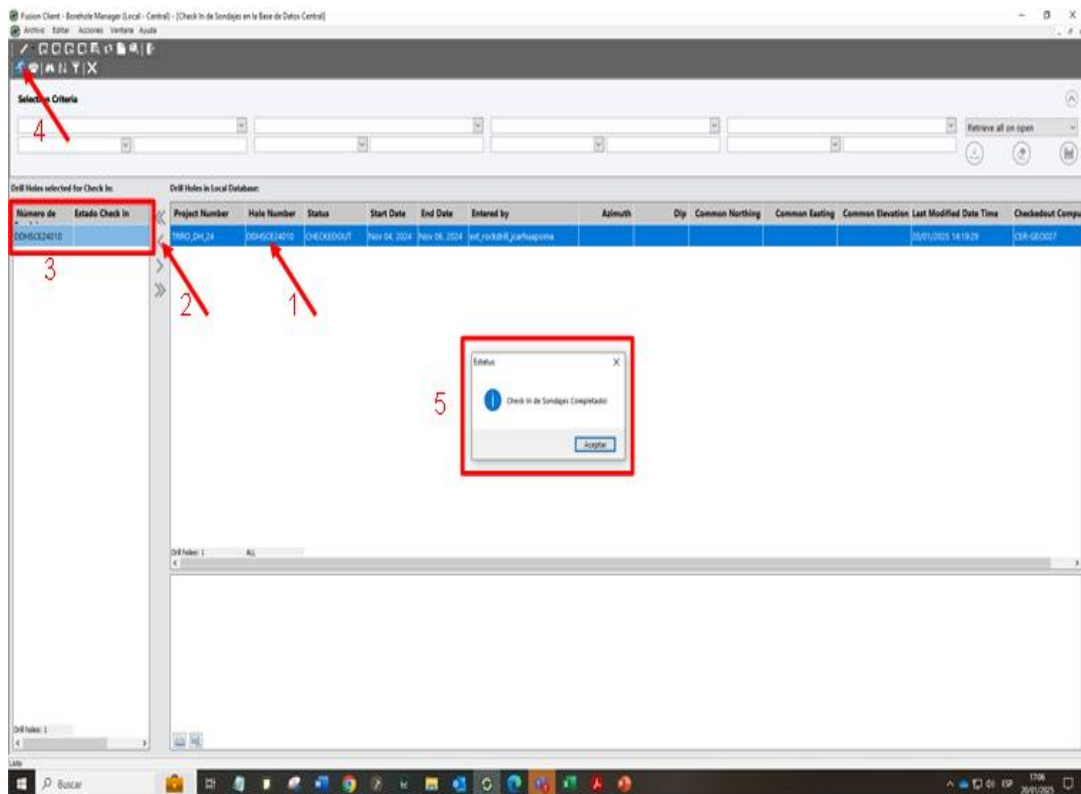
Figura 59 Seleccionar la opción Check In.



Nota. Proceso de sincronización de datos entre software local y base central.

- Ya en esta nueva ventana se puede apreciar los sondeos trabajados anteriormente en el DH LOGGER.
 1. Seleccionamos el sondeo trabajado.
 2. Pasamos el sondeo al lado izquierdo con la flecha.
 3. Verificamos que el sondeo sea el correcto.
 4. Seleccionamos el icono indicado en la imagen, con eso el programa correar el sondeo y se estara subien a la central.
 5. Una vez terminado de cargar, aparecera la ventana de “Completado”

Figura 60 Ingreso de información a la BD Central



Nota. Registro definitivo de datos validados en los servidores corporativos.

- Es importante saber que:
 - ✓ Con este proceso nos indica que toda la información cargada en el DH LOGGER, ya se encuentra en el GDMS.
 - ✓ Cuando se requiera bajar las muestras a la base de datos local es el mismo proceso de CHECK OUT.

Procedimiento de inserción de controles en laboratorio químico

El Procedimiento de Inserción de Controles en Laboratorio Químico (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024) define la aleatorización de los controles QA/QC en el flujo analítico. Cada control (CRM, blanco o duplicado) se inserta de manera ciega por parte del área de Geología, garantizando que el laboratorio realice el análisis sin sesgo. El laboratorio valida diariamente los resultados mediante revisiones estadísticas automáticas.

1. Procedimiento técnico del proceso.

La persona responsable de realizar la inserción de controles deberá realizar las siguientes actividades:

1.1. Identificación del lote para realizar con el proceso de inserción

El personal encargado de realizar la actividad de inserción de controles al momento de ingresar a laboratorio debe consultar con el preparador cuales son los lotes que se encuentran listos para realizar inserción.

Figura 61 *Lotes listos para inserción de controles.*

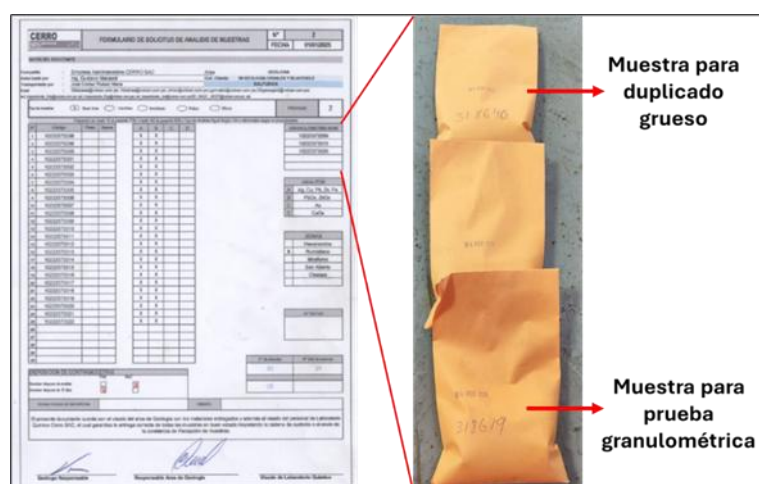


Nota. Selección de muestras que serán reforzadas con controles QA/QC antes de su envío.

1.2. Prueba granulométrica del lote

En el memorándum encontramos el cuadro de Granulometría #10 donde encontramos 3 códigos, un código pertenece al duplicado grueso y de los dos restantes podemos elegir uno para realizar esta prueba de granulometría.

Figura 62 Muestras no pulverizadas como indica el memorándum.



Nota. Material pendiente de reducción granulométrica según especificaciones del laboratorio.

Una vez elegida la muestra, procedemos con el pesado (peso inicial), previamente habiendo descontado en la balanza el peso del papel kraft, apuntamos el peso inicial.

Figura 63 Pesado de la muestra.



Nota. Registro del peso exacto previo al proceso de molienda.

A continuación, cogemos el tamiz #10 y procedemos a pasar el material pesado.

Figura 64 *Material tamizado.*



Nota. Separación del material en función de granulometría para asegurar homogeneidad.

Realizamos el pesado del material que paso por el tamiz #10 (peso pasante); finalmente realizamos el cálculo del porcentaje en relación al peso que paso por el tamiz.

Figura 65 *Peso del pasante.*



Nota. Determinación de la fracción fina que continúa a las etapas de preparación analítica.

- Peso inicial: 214.2 g
- Peso pasante: 180.2 g

$$\frac{180.2 \text{ g} \times 100 \%}{214.2 \text{ g}} = 84.1 \%$$

El porcentaje aceptable para malla #10 dentro de nuestro laboratorio primario es mayor a 75% de pasante, en el ejemplo anterior supera este límite por lo que la granulometría sería Aceptable, en caso el resultado fuera menor o igual a 75% se tendrá que realizar un pare a los trabajos con dicho lote y se tiene que comunicar inmediatamente al Geólogo responsable de QAQC.

1.3. Identificación del lote para realizar inserción

Se realiza la identificación de las tarjetas de muestreo y los controles sellados pertenecientes al lote listo para realizar la inserción; así mismo, cotejamos con el memorándum que las muestras estén completas y las muestras granulométricas sean las correctas.

Figura 66 *Materiales para realizar la inserción de controles.*



Nota. Elementos operativos necesarios para agregar blancos, duplicados y CRM.

1.4. Proceso de inserción e intercambio de muestras de control

Se empieza realizando el sellado de los sobres a insertar con la fecha que fueron trabajadas las demás muestras.

Figura 67 *Sellado de los sobres a insertar.*



Nota. Aseguramiento de custodia mediante cierre hermético de los sobres.

A continuación de haber sellado todos los sobres, identificamos el control a insertar de acuerdo con lo que indica la tarjeta de muestreo

Figura 68 Tarjetas de las muestras de control.



Nota. Etiquetas utilizadas para diferenciar controles QA/QC dentro del lote.

A continuación, se procede a realizar el intercambio; ingresa al lote el sobre con el control (Estándar, Blanco fino) y quitamos del lote, el sobre con la muestra falsa ingresada al inicio como muestra gruesa y que paso todo el proceso de preparación.

Figura 69 Intercambio de muestra de control.



Nota. Proceso para reemplazar o reordenar controles según necesidad operativa.

Para el caso de los duplicados Grueso y fino antes de realizar el intercambio como la figura anterior, realizamos la preparación de estos sobre ya que llegan a laboratorio totalmente vacíos.

El duplicado fino como indica en la tarjeta se debe de dividir de la muestra original, la cual ya se encuentra dentro del lote trabajado por laboratorio, solo se tiene que coger la muestra indicada en la parte inferior de la tarjeta de muestreo (muestra original) y dividirla en el sobre vacío con la codificación indicada en la tarjeta (muestra duplicada), enseguida se procede a intercambiarla en el lote como lo vimos anteriormente.

Figura 70 Tarjeta de muestra (*Duplicado Fino*).

DUPLICADO FINO

**Código de
muestra
duplicada**

**Código de
muestra
Original**

Nota. Ejemplo de registro para muestras duplicadas en etapa de pulverización.

Para el duplicado grueso se tiene que ubicar el sobre de entre los 3 sobres con material que aún no está pulverizado y que el preparador te entrega fuera del lote trabajado, se procede a cotejar con la tarjeta de la muestra original y se le pide al preparador que lo pulverice en esos momentos; enseguida se procede a intercambiar la muestra como lo hicimos con las demás.

Figura 71 Tarjeta de muestra (Duplicado grueso).

DUPLICADO GRUESO

CERRO
 Papeles, Impresiones y Embrujados
 S.A.S.

Nº 10225 318630

Fecha: 10/10/2015

Código de muestra duplicada: 10225 - GRUESO Y BLANCO

Código de muestra Original: 13-11-15626

Nota. Registro correspondiente a duplicados obtenidos en la fase inicial de preparación.

1.5. Revisión del lote insertado

Una vez finalizado la inserción de todos los controles dentro del lote, se procede a realizar una revisión general de todo el lote, cotejando que todos los

códigos que indica el memorándum deben estar correctamente ordenado dentro del lote de sobres insertado.

Figura 72 *Revisión del lote de acuerdo con el memorándum*



Nota. Verificación del cumplimiento del protocolo QA/QC antes del envío al laboratorio.

1.6. Conformidad del lote trabajado

Para dar conformidad de que la inserción de controles fue realizada correctamente y la prueba granulométrica fue aceptable, se procede a firmar el memorándum por parte de geología y el personal de laboratorio, pasando nuevamente a custodia de laboratorio desde ese momento.

Procedimiento de preparación para envío a reanálisis

De acuerdo con el Procedimiento de Preparación para Envío a Reanálisis (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024), las muestras cuyos resultados QA/QC exceden las tolerancias (error mayor a $\pm 10\%$) son reenviadas para verificación. Este proceso sigue una ruta controlada: revisión estadística → selección de muestras → reempaque → reenvío documentado. Solo los resultados validados son incorporados al modelo geológico.

1. Procedimiento técnico del proceso

El objetivo de esta actividad es, el reempaque de muestras de rechazos gruesos o finos para reensayo y reanálisis; el Geólogo de QAQC o Asistente de QAQC dan

la indicación del lote a preparar y asegurar que el proceso de reempaque sea el adecuado para todas las muestras; todo ello con el soporte del maestro Muestrero y/o ayudante Muestrero.

1.1. Identificación del lote a trabajar

Posterior a los resultados validados por QA/QC, se obtiene el lote con inconsistencias de calidad en los resultados de laboratorio. Se comunica al personal a cargo las muestras a trabajar para poder ser identificadas y apiladas como parte inicial del procedimiento.

1.2. Verificación de totalidad de muestras

Una vez identificado el lote de muestras se procede con el ordenamiento de manera ascendente para la verificación; las muestras fantasmas serán consideradas para el proceso de reempaque solamente si el supervisor responsable confirma dicha acción, de lo contrario no se considerarán las muestras fantasmas para dicho proceso.

1.3. Preparación de nuevos códigos para reempaque

Posterior a la verificación de muestras, se tiene la cantidad total de muestras a trabajar, se procede con la obtención de nuevas bolsas con códigos de barra y tarjetas de muestreo para el reempaque necesario, se ordena de forma ascendente y se rellena el formato de reempaque los códigos iniciales y códigos de reempaque para seguir la secuencia inicial de muestras.

Figura 73 *Preparación de nuevos códigos para reempaque.*



Nota. Generación de etiquetas actualizadas para muestras corregidas o reprocesadas.

1.4. Preparación de muestras de control para reempaque.

Se identifican los controles iniciales (duplicado fino, duplicado grueso, estándar, y blanco fino) que fueron trabajados en el primer ensayo, se procede con el llenado de material fantasma (material alternativo como rechazos de compósitos, material de descarte, etc.), esto con el fin de evitar confusiones al momento de realizar el llenado de muestras ordinarias y asegurar un correcto preparado de reempaque.

Para el blanco grueso se procederá a adjuntar la bolsa libre de material para la preparación que será realizada por el geólogo de Qa-Qc y/o Asistente de Qa/Qc.

Para la muestra gemela se considerará como muestra ordinaria para el llenado secuencial.

Figura 74 *Muestra de control identificada para reempaque.*



Nota. Selección de material que requiere acondicionamiento adicional.

1.5. Preparación de muestras ordinarias para reempaque

Una vez embolsadas las muestras de control como muestras fantasmas, se procede con el llenado de muestras ordinarias sellándolas con el taco y precinto correspondiente, para ello se debe seguir la secuencia de orden con los códigos iniciales y códigos de reempaque con la guía del formato de trabajo.

Figura 75 *Preparación de muestras ordinarias para reempaque.*



Nota. Acondicionamiento de muestras que formarán parte de un lote corregido.

Culminado el reempaque de muestras, se procede a la verificación de códigos y tacos de muestreo correctamente sellados y ordenados en su totalidad de manera ascendente.

Figura 76 *Muestra re empacada.*



Nota. Presentación final de la muestra luego del proceso de reempaque.

Seguidamente, se realiza el llenado de las nuevas tarjetas, indicando el peso y tiempo necesarios por cada muestra re empacada; de igual forma se utilizará como referencia los últimos códigos de la muestra inicial trabajada. Para el relleno de los campos restantes se mantendrá la información de las tarjetas iniciales tales como: zona, tipo de muestreo, nivel, etc.

Para finalizar el proceso de reempaque se almacenarán las bolsas iniciales hasta dar conformidad de resultados finales y de ser necesario serán devueltas en los códigos iniciales para el almacenamiento de estas, se realizará el orden y limpieza de del área utilizada.

Figura 77 Orden y limpieza del área de trabajo.



Nota. Condición adecuada del espacio luego de culminar las actividades de QA/QC.

Procedimiento técnico de registro de datos geológicos en base GDMS y DH Logger

El Procedimiento Técnico de Registro de Datos Geológicos a Base de Datos GDMS (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024) estandariza la carga y validación de datos de campo y laboratorio. Cada registro incluye coordenadas, profundidad, densidad, litología y leyes químicas, asegurando consistencia entre los datos brutos y los validados tras el control QA/QC.

1. Procedimiento técnico del proceso

El registro de datos geológicos constituye el almacenamiento de datos que se ha tomado en el campo como resultado de la perforación del suelo realizada por la máquina perforadora (perforación Blast Hole), una vez tomada la muestra, se prosigue hacer el procedimiento consecutivamente, marcado y llenando todos los datos de campo.

Figura 78 Tarjeta de muestreo de campo.

Nota. Formato utilizado para registrar información geológica y operativa en terreno.

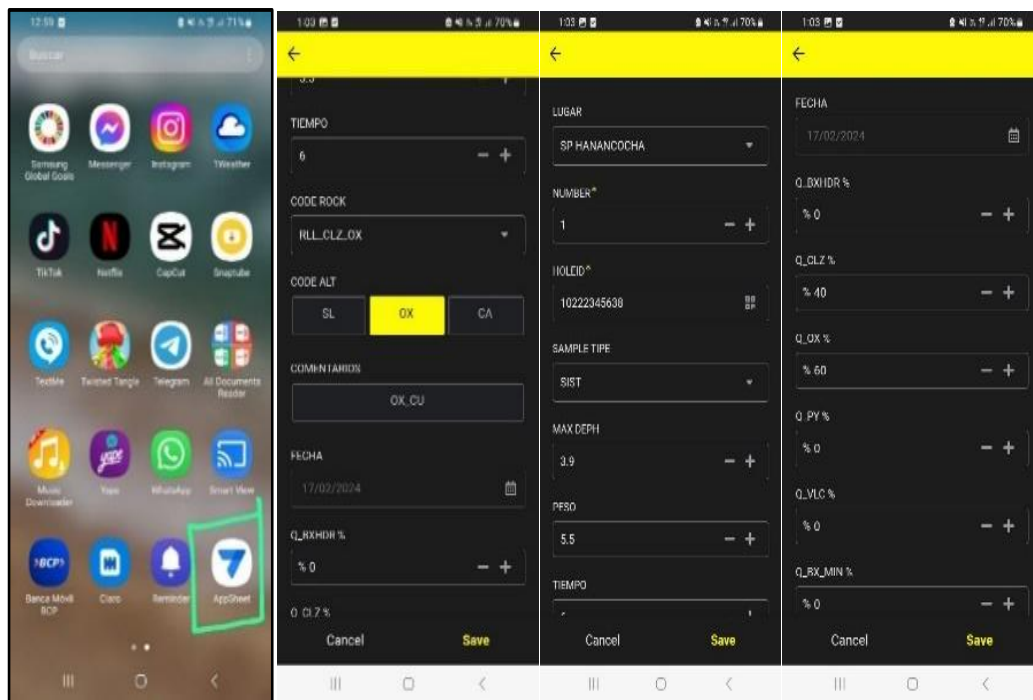
- En la tarjeta de campo se rellena los campos de: fecha, nivel, litología, zona, peso, tiempo, y la profundidad.

Figura 79 Registro de controles en la tarjeta.

Nota. Anotación manual de CRM, duplicados y blancos insertados en el muestreo.

- En la tarjeta se registra los controles de acuerdo al comportamiento de la muestra del mineral obtenida de la perforación, actualmente se insertan cuatro controles.

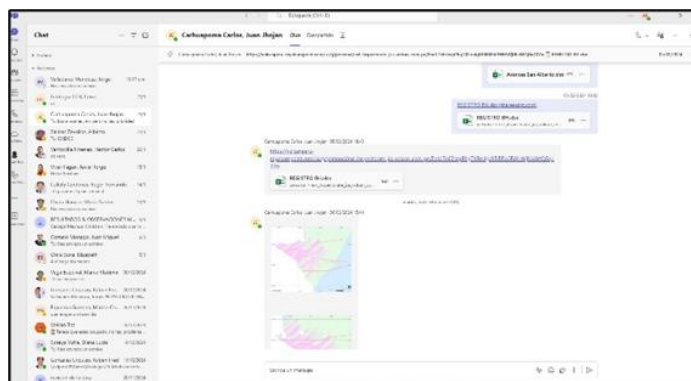
Figura 80 Registro de lotes en app Appsheets.



Nota. Carga digital de información de muestras y controles para trazabilidad.

- Para la generación de lotes de muestreo se utiliza la app de minería Appsheet, que es un programa geológico que abarca el proceso de minería, y contempla el registro de lotes de muestras e información geológica.

Figura 81 *Enlace en Microsoft Teams.*



Nota. Medio de comunicación para transferencia y confirmación de datos internos.

Figura 82 Memo de registro de muestras.

Nota. Documento que formaliza la recepción, envío o actualización de lotes.

- Se descarga el archivo con los datos del día trabajado de los lotes, con el nombre del archivo Excel “BH_ MACRO”.

Figura 83 Plantilla de macro BH para el registro de controles.

Nota. Hoja automatizada utilizada para ingresar información QA/QC de perforaciones.

- Con los controles que se establece en el campo se procede a insertar y rellenar en la macro. Cada lote consta de 19 muestras sistemáticas y 6 muestras de control (1 gemela, 1 duplicado grueso, 1 duplicado fino, 1 blanco fino, 1 blanco grueso y 1 estándar).

Figura 84 Plantillas adicionales de control.

	Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
SEPTIEMBRE				
SOSTO	BH EXPLOSIONACIONES	12/01/2025 16:29	Carpeta de archivos	
AJO	locucion encasabado	08/01/2025 16:25	Carpeta de archivos	
PINO	CHIDOS	08/16/2024 17:16	Carpeta de archivos	
ZATO	SURFUROS	17/01/2025 16:38	Carpeta de archivos	
GAZO	Dirección	17/01/2025 16:38	Archivo de valores...	7 KB
ISALO	Import_ALT_SHRM_OC_24	17/01/2025 16:53	Archivo de valores...	2 KB
	Import_ASSAY_SHRM_OC_24	17/01/2025 16:54	Archivo de valores...	7 KB
Milano	Import_HEADER_SHRM_OC_24	17/01/2025 16:52	Archivo de valores...	12 KB
RO SURFUROS	Import_LTD_SHRM_OC_24	17/01/2025 16:53	Archivo de valores...	4 KB
enrol de Extracción	Import_JTB_SHRM_OC_24	17/01/2025 16:54	Archivo de valores...	1 KB
EXTRACCION_2024	locucion	17/01/2025 16:56	Archivo de valores...	KB
CRDS FRED				
NENO				
JUAN				
ENTRADA_2024				

Nota. Archivos auxiliares empleados en el registro y validación de muestras.

- En esta plantilla que está en una carpeta del escritorio de la computadora donde se sube las muestras diariamente, se procede a importar todos los estándares, litología, alteración, header, assay, localización y dirección.

Figura 85 *Software de DH LOGGER.*

[illegible]

Nota. Plataforma para gestión y edición de información de sondajes.

- Cada archivo se importa al software D.H Logger cada uno de las plantillas direccionando la zona del proyecto.

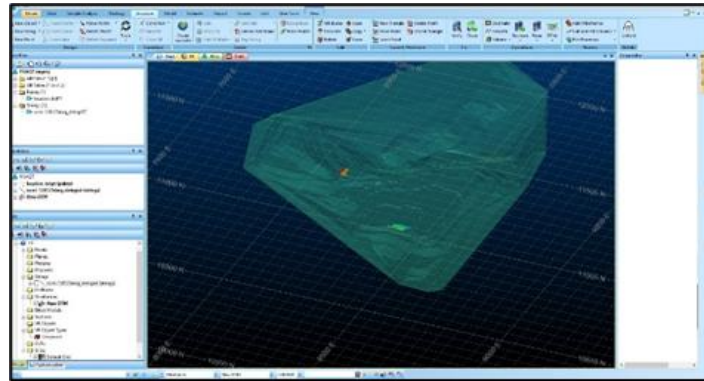
Figura 86 *Software REPORT MANAGER.*

[illegible]

Nota. Herramienta para visualizar y validar reportes geoquímicos del laboratorio.

- En este software se verifica rápidamente los controles, la max depth, peso, tiempo, litología y la fecha para poder cargar software FUSION CLIEN.

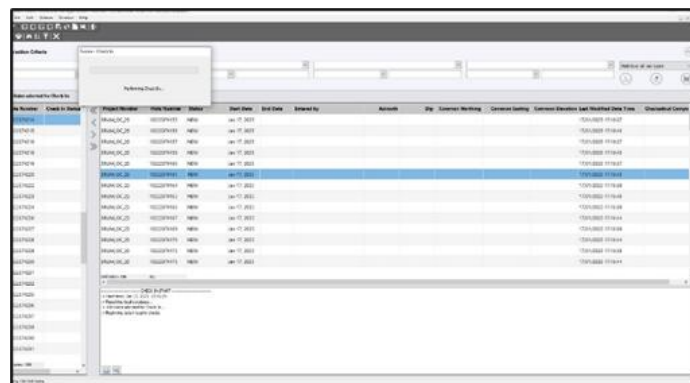
Figura 87 Software DATAMINE.



Nota. Suite de modelamiento geológico y minero usada para análisis espaciales.

- Posteriormente en el software DATAMINE STUDIO (EM O RM), se verifica el lugar y las coordenadas de los puntos de BLAST HOLE que se ha tomado las muestras del día actual, ploteando el Collar.

Figura 88 Software FUSION CLIENT.



Nota. Programa utilizado para consolidación y verificación de datos geológicos.

- Finalmente verificando el collar y la data del report mánger se procede a subir FUSSION CLIENT (realizar el Check In).

Procedimiento de validación de leyes diarias

El Procedimiento de Validación de Leyes Diarias (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024) comprende la revisión de la información cargada en el GDMS y la

validación de las leyes reportadas por el laboratorio químico con base en los controles insertados en cada lote.

En esta investigación, la validación se limita a la evaluación de exactitud, precisión, contaminación y sesgo; no se efectúa una correlación ni una reconciliación mina-planta por no disponer de una base diaria emparejada y trazable.

1. Procedimiento técnico del proceso

El objetivo de esta actividad es, realizar la verificación de la información cargada al GDMS y validación de leyes reportadas por laboratorio Químico; el Geólogo de QAQC o Asistente de QAQC den la conformidad de los resultados basados en los controles insertados en cada lote analizado.

1.1. Tiempo de reportabilidad de laboratorio.

De acuerdo con laboratorio químico, se estableció el tiempo de reportabilidad de resultados, para muestras operativas y de proyectos como un máximo de 36 horas.

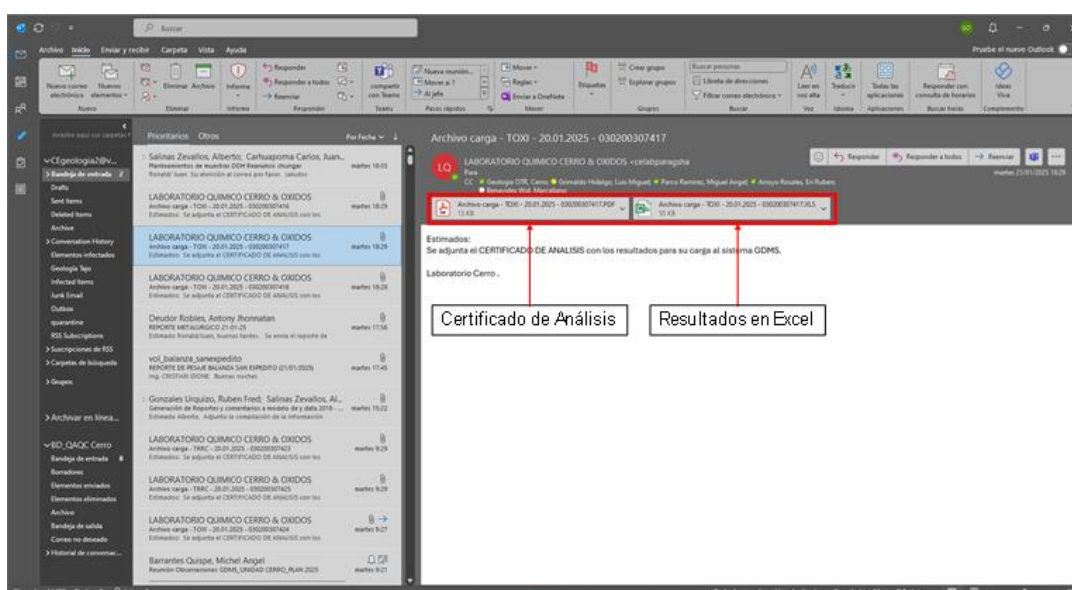
1.2. Verificación de muestras cargadas en GDMS.

Una vez culminado el proceso de muestreo, el maestro muestrero procede a cargar las muestras en el GDMS, antes de ser cargadas el Geólogo o Asistente de QaQc/BD realiza la verificación visual de dichos datos y procede a dar conformidad de la información que se está subiendo a la Base de Datos Central.

1.3. Confirmación de reportabilidad de resultados

Después de que laboratorio químico culmine con todo su proceso de análisis y haya finalizado el lote en el SAP, automáticamente mediante un correo nos llega el “Archivo Carga” junto al certificado de análisis.

Figura 89 Correo de confirmación de análisis.

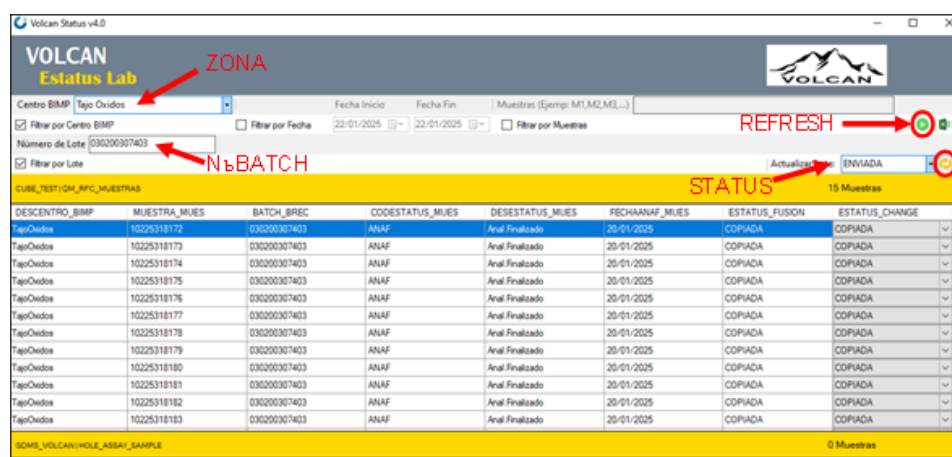


Nota. Notificación electrónica emitida por laboratorio indicando avance del procesamiento.

1.4. Verificación de leyes en el GDMS

Se procede a realizar la verificación de leyes en el GDMS mediante el Report Manager, de no encontrar las leyes del lote reportado, procedemos a realizar una actualización al sistema de la base de datos central con el aplicativo “SAMPLE STATUS”

Figura 90 Sample Status.



Nota. Herramienta digital para el seguimiento del estado de muestras dentro del laboratorio.

1.5. Validación de controles del lote reportado.

Una vez que las leyes ya aparezcan en el GDMS; realizamos la validación del lote mediante el análisis de los controles insertados en este.

Procedemos a revisar primeramente los controles de precisión (Gemela. Duplicado Grueso y Duplicado fino), teniendo como límite de aceptabilidad el 30%, 20% y 10% de error relativo respectivamente, cabe señalar que se debe tener en cuenta el rango de leyes en el que estamos realizando la evaluación.

Figura 91 Cuadros de evaluación de precisión.

CERRO TABLE N° 01_1: TWIN SAMPLES					
Element	Unit	Original 10222373713	Twin 10222373718	Relative Error (%)	Evaluation
Zn	%	0.987	0.913	7.8	Acceptable
Pb	%	0.898	0.527	52.0	Not Acceptable
Ag	oz	2.907	2.172	28.9	Acceptable
Cu	%	0.135	0.080	50.7	Not Acceptable
Fe	%	17.533	15.154	14.6	Acceptable

CERRO Tabla N° 02_1: COARSE DUPLICATE					
Element	Unit	Original 10222373716	Duplicate 10222373718	Relative Error (%)	Evaluation
Zn	%	0.929	0.913	1.8	Acceptable
Pb	%	0.527	0.527	0.1	Acceptable
Ag	oz	2.104	2.172	3.2	Acceptable
Cu	%	0.074	0.080	8.7	Acceptable
Fe	%	15.289	15.154	0.9	Acceptable

CERRO Tabla N° 03_1: PULP DUPLICATE					
Element	Unit	Original 10222373702	Duplicate 10222373704	Relative Error (%)	Evaluation
Zn	%	1.041	1.037	0.4	Acceptable
Pb	%	0.583	0.580	0.5	Acceptable
Ag	oz	2.280	2.280	0.0	Acceptable
Cu	%	0.087	0.087	0.4	Acceptable
Fe	%	14.337	14.405	0.5	Acceptable

Nota. Indicadores gráficos usados para validar la variabilidad de los duplicados.

Enseguida evaluamos la posible contaminación dentro lote con las muestras estériles insertadas en el lote (Blanco grueso y Blanco fino), para cual debemos tener en cuenta los límites de detección de nuestro laboratorio, y con esto evaluamos hasta unos 5LD para el control grueso y 3LD para la muestra fina.

Figura 92 Cuadro de evaluación de contaminación.

CERRO Table Nº 04_1: Pulp Blank						CERRO Table Nº 05_1: Coarse Blank					
Element	Unit	Safe Line (3LD)	Sample Precedent 10222373707	Pulp Blank 10222373708	Evaluation	Element	Unit	Safe Line (SLD)	Sample Precedent 10222373707	Coarse Blank 10222373709	Evaluation
Zn	%	0.060	1.221	0.020	Not Contaminated	Zn	%	0.100	1.221	0.020	Not Contaminated
Pb	%	0.060	0.938	0.020	Not Contaminated	Pb	%	0.100	0.938	0.020	Not Contaminated
Ag	oz	0.420	3.108	0.065	Not Contaminated	Ag	oz	0.700	3.108	0.065	Not Contaminated
Cu	%	0.030	0.112	0.010	Not Contaminated	Cu	%	0.050	0.112	0.010	Not Contaminated
Fe	%	0.150	20.671	0.028	Not Contaminated	Fe	%	0.250	20.671	0.207	Not Contaminated

Nota. Análisis de valores obtenidos en muestras blancas para detectar posibles contaminaciones.

Por último, realizamos la verificación la Exactitud del lote con los materiales de referencia (STD) insertados; primeramente, para el uso de este material se debe contar con la certificación de cada uno de los estándares en la cual detalla los valores a reproducir en nuestro laboratorio primario.

En este caso evaluamos de acuerdo con el porcentaje del “Bias” (sesgo) que presentan las leyes de la muestra analizada, considerando como aceptable hasta el 5%, entre 5 – 10% Cuestionable y mayor a 10% como Inaceptable. Posterior a esto, cuando ya contamos con una población mayor de Estándares, evaluamos de acuerdo con las 2DE y 3DE, y se analiza el sesgo que presenta el estándar evaluado.

Figura 93 Cuadro de evaluación de Exactitud.

CERRO Tabla Nº 06_1: GCER						CERRO Tabla Nº 07_1: GCER					
Element	Unit	Best Value	MRC 20222309975	Bias	Evaluation	Element	Unit	Best Value	MRC 20222310005	Bias	Evaluation
Zn	%	0.409	0.401	-2.08%	Buero	Zn	%	2.845	2.980	4.76%	Buero
Pb	%	0.353	0.353	0.07%	Buero	Pb	%	1.361	1.402	3.03%	Buero
Ag	oz	0.363	0.356	-2.11%	Buero	Ag	oz	1.283	1.257	-2.10%	Buero
Cu	%	0.013	0.012	-3.63%	Buero	Cu	%	0.025	0.027	4.75%	Buero
Fe	%	2.992	3.0375	1.52%	Buero	Fe	%	2.802	2.96489	4.50%	Buero

Nota. Comparación de CRM respecto a valores certificados para validar desempeño analítico.

Procedimiento y líneas guía para Ore Control en Operaciones Superficiales y Stockpile.

El Procedimiento y Líneas Guía para Ore Control en Operaciones Superficiales y en Stockpile (Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024) describe la integración del muestreo y análisis QA/QC en la gestión del mineral. Los resultados de los lotes analizados determinan la clasificación del material (mena, marginal, estéril) y la valorización económica diaria, sirviendo como base para la reconciliación mina-planta.

1. Procedimiento técnico del “Ore Control” de acuerdo a los dominios geometalúrgicos.

El “Ore Control” responsable del área ya designada, será responsable de ingresar al área operativa máximo 15 minutos terminado la reunión GCOM.

- a. Colocar el carnet en el tablero de trabajo seguro.
- b. Coordinar con los responsables de las contratas sobre las prioridades para el envío de mineral a planta y/o eliminar desmonte.
- c. Llenado del IPERC Continuo.

Figura 94 Cumplimiento de las Herramientas de gestión previa a las actividades.



Nota. Lista o matriz de verificación de elementos necesarios antes de iniciar actividades operativas.

1.1. Preparación de Mineral de acuerdo al blending día

Para el envío a la planta se requiere cumplir el blending y secuenciamiento de envío, manteniendo la ley promedio en la combinación de dos o más conos preparados de características en leyes diferentes y dominios geometalúrgicos similares indicados por el Geólogo de Mina, permitiendo aproximarse a la ley promedio, controlando los contaminantes y distribución en los ciclos programados.

Figura 95 Ubicación y delimitación del área de minado planificado en el blending.



Nota. Mapa que muestra zonas habilitadas para extracción según mezcla requerida.

- a) Se enviará el blending del día al responsable “ore control” para que pueda ubicar los conos preparados e identificados con banderines.
- b) El “Ore Control” delimitará los bloques de mineral haciendo el uso del yeso para la preparación en conos. Diferenciando el destino, ya sea a planta de Sulfuros u Óxidos

Figura 96 Delimitación de mineral para la Planta Sulfuros y Óxidos.



Nota. Segmentación operativa entre distintos destinos de procesamiento.

- c) El responsable “ore control” indicará a los encargados de las contratas de acarreo los sectores programados en el blending. No se enviará mineral a planta sin la entrega del secuenciamiento de envío.

- d) El responsable “ore control” antes de iniciar con el envío comunicará al Geólogo de mina sobre las restricciones presentes en el blending o secuenciamiento de envío.

1.2. Control de envío de mineral de acuerdo al Blending

- a. Solo se trasladará mineral a las canchas de alimentación en planta cuando se haga entrega del “secuenciamiento de envío” que están divididos en 5 ciclos. No se puede pasar al siguiente ciclo sin concluir el que ya se ha iniciado.
- b. Cuando se requiera realizar mezclas de conos en el stock pile o en el carguío. El “Ore control” coordinará con los operadores las necesidades de mejora.

Figura 97 Cuadro de Blending con las canchas de alimentación, numero de viajes y leyes promedio.

BLENDING PROYECTADO DE TRANSPORTE Y ALIMENTACIÓN POR DOMINIOS LITOLÓGICOS																			
																		WATER	
																		30/01/2015	
ST	DOMINIO	MINERO	C_ALIMENTA	CICLO	CANCHA	TN	VIAS	Ex	PL	Gr	g/m ³	kg/m ³	Fe	SiO ₂	SiO ₂ %	Fe%	SiO ₂ %	Fe	SiO ₂
A	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1
	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2
	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3
	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4
	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5
	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6
	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7
	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8
	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9
	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10
TOTAL																		1	7%
B	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1
	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2
	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3
	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4
	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5
	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6
	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7
	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8
	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9
	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10
TOTAL																		5	34%
C	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1
	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2
	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3
	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4
	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5
	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6
	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7
	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8
	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9
	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10
TOTAL																		8	55%
D	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1	ST-1
	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2	ST-2
	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3	ST-3
	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4	ST-4
	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5	ST-5
	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6	ST-6
	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7	ST-7
	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8	ST-8
	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9	ST-9
	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10	ST-10
TOTAL																		0.5	3.4%
TOTAL																		13.5	100%

Nota. Relación entre las fuentes de alimentación y resultados esperados de mezcla.

1.3. Control del secuenciamiento de envío de mineral a las canchas

- a) El orden para cumplir el secuenciamiento de envío debe estar ligada a la experiencia del “ore control”, donde se debe alternar y/o mezclar el mineral de leyes altas y leyes bajas que permita aproximarse a la ley promedio de las canchas.
- b) El “ore control” debe coordinar con el blendista de alimentación el estado de las canchas y si cuenta con el espacio suficiente para el traslado del nuevo ciclo completo. De no contar con el espacio suficiente, se recomienda suspender iniciar el nuevo ciclo para el envío de mineral hasta que las canchas estén habilitadas.
- c) El “ore control” debe hacer seguimiento de cada uno de los viajes realizados en cumplimiento del blending y secuenciamiento de envío. El conteo y registro se realiza en el formato de acarreo.

Figura 98 *Secuenciamiento para transporte de envío por canchas y ciclos*

[illegible]

Nota. Diagrama del orden logístico para el movimiento de mineral.

1.4. Envío de mineral a balanza

- a) Para dar conformidad del tonelaje de mineral que se envía a planta, El ore control” enviará a pesaje de forma aleatoria a los volquetes que representen la totalidad de viajes programados, reportando el lugar, la fecha y hora de envío. Finalmente solicitará el ticket para dar conformidad

1.5. Control del desmonte para la eliminación

- a) Cuando se presente desmonte en los frentes de avance de minado el ore control” delimitará y hará seguimiento para su evacuación sin sobrepasar el área.

Figura 99 *Delimitación de zonas con “desmonte”*



Nota. Identificación de áreas clasificadas como material estéril.

1.6. Liberación de áreas para perforación BH

- a) El “ore control” hará seguimiento de las zonas sin perforación BH y comunicará al Geólogo de Mina la necesidad de liberar espacios por presencia de conos de mineral preparados, bancos acumulados y accesos.

1.7. Generación de stock de mineral

- a) El “ore control” delimitará los polígonos de mineral con perforación BH, al finalizar colocará el banderín para su identificación.
- b) El “ore control” delimitará los polígonos de mineral en inferido que no alcanzaron perforación BH por presentarse en sectores alejados. Se tomará las muestras comunes durante el coneo, la muestra debe ser representativa. Al finalizar colocará el banderín para su identificación.

Figura 100 Verificación y coordinación para habilitar sectores sin perforación BH.



Nota. Proceso de inspección previo a la preparación de nuevas zonas de trabajo.

1.8. Elaboración de croquis detallado del stock

- a) El “Ore control” será responsable de elaborar el croquis de campo, enviando un preliminar a las 4:00pm del día y la entrega final al culminar la guardia (6:30 pm). El croquis debe delimitar los polígonos sin minar en todos los niveles de avance, también el stock de conos preparados, presencia de bancos, sectores delimitados por perforación BH, rampas, acceso, etc.

Figura 101 Croquis con la delimitación de minado actual y stock de mineral



Nota. Mapa operativo con los frentes activos y acumulaciones disponibles.

1.9. Elaboración de los reportes entregables

- a) El “Ore control” será responsable de elaborar el reporte con el cumplimiento de viajes de acuerdo al blending. El reporte debe describir la capacidad de los volquetes, número de Placa o código del volquete y cada código de mineral detallando la cantidad de viajes realizados.

1.10. Registro de muestras al GDMS

- a) El “Ore control” registrará las muestras de campo obtenidas en el día al sistema GDMS. Las muestras deben detallar el lugar, el nivel, el peso y el dominio geometalúrgico.

Figura 102 Registro de muestras comunes de conos y/o bancos al sistema GDMS.



Nota. Integración de datos provenientes de conos o bancos al sistema central.

- b) El “Ore control” actualizará los planos considerando lo siguiente:
- Delimitará con el color del mes en un recuadro los polígonos enviados en el día, debe considerar el porcentaje de bancos.
 - Debe colorear con un fondo rojo mineral y fondo gris el desmonte.
 - Colocará la fecha de envío de mineral
 - Describirá la fecha de preparación de mineral.

Figura 103 Actualización de Planos Ore Control (Envío de mineral y preparación)



Nota. Actualización cartográfica con información reciente de producción y muestreo.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El análisis estadístico se basó en los reportes QA/QC generados mensualmente, empleando los siguientes criterios:

- ❖ Cálculo de precisión y exactitud mediante la desviación estándar relativa (RSD).
- ❖ Evaluación de gráficos de control para CRM, duplicados y blancos.
- ❖ Identificación de valores fuera de control ($\pm 2SD$).
- ❖ Análisis de correlación entre laboratorio principal y reanálisis.
- ❖ Validación final de leyes según procedimiento interno.

Para los controles de muestra gemela, duplicado grueso y fino, así como para los blancos grueso y fino, se está aplicando un porcentaje de inserción por encima de lo recomendado. En cambio, en el caso de los estándares, el porcentaje de inserción se encuentra por debajo del valor sugerido. Esto se debe a que el tamaño del lote considerado para ingreso al laboratorio químico es de 25 muestras, de las cuales 19 son muestras ordinarias y 6 son controles. Esta distribución de muestras y controles garantiza la precisión, exactitud y la detección de posibles contaminaciones en cada

lote. Al considerar el total de muestras y los porcentajes recomendados según la norma, se cumple con los requisitos establecidos para un adecuado control de calidad.

Los datos se procesaron en Microsoft Excel, Minitab y el módulo estadístico de GDMS, asegurando la reproducibilidad de los cálculos.

Tabla 4 *Tabla de muestras.*

PROYECTO	CÓDIGO	TIPO DE PERFORACIÓN	# MUESTRAS	# CONTROLES	# MUESTRAS TOTALES	# CONTROLES TOTALES
OXIDOS IN SITU	OIS_OC_25	BLAST HOLE	335	105	540	170
STOCK PILE ÓXIDOS	SOX_OC_25	BLAST HOLE	270	85	6	2
STOCK PILE PIRITAS	SPY_OC_25	BLAST HOLE	178	563		

Precisión.

Gemelas: Para un total de 7108 muestras, 323 Gemelas fueron evaluadas para las cuales el rango de inserción fue de 4.5%. Los gráficos de control de Gemelas se prepararon para los elementos principales (Cu, Ag y Au).

Tabla 5 *Tabla de Precisión para muestras gemelas*

Elemento	Unidad	Total Muestras	Total Controles	% Controles	N° Errores	Tasa de Error (%)	Evaluación
Cu	%	7108	323	4.5%	13	4.0%	Acceptable
Ag	Oz	7108	323	4.5%	18	5.6%	Acceptable
Au	Ppm	7108	323	4.5%	32	9.9%	Acceptable

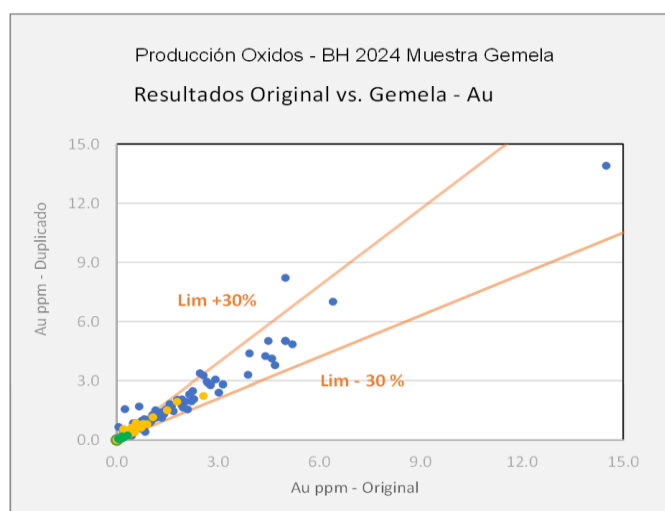
Interpretación:

Los resultados QA/QC evidencian tasas de error aceptables para Cu (4.0%), Ag (5.6%) y Au (9.9%), con 4.5% de controles respecto al total de muestras. El cobre mostró mayor estabilidad analítica, mientras el oro presentó mayor dispersión asociada a heterogeneidad mineralógica típica de zonas oxidadas.

El estadístico de proporción de error (p) indica que las inconsistencias analíticas registradas no comprometen la confiabilidad del proceso analítico. Las tasas observadas permanecen dentro de límites aceptables QA/QC, permitiendo validar la calidad de los datos geoquímicos empleados en la evaluación mineralógica de la Zona de Óxidos.

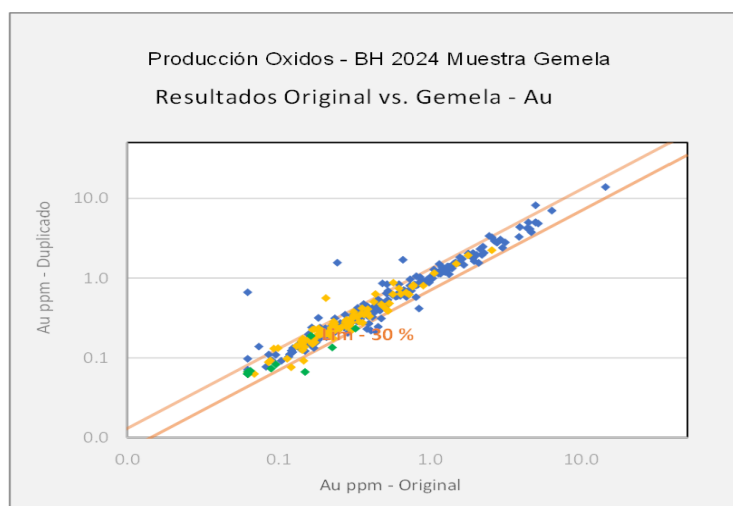
3.7.1. Evaluación de precisión para Oro

Figura 104 Gráfico de correlación Original vs. Gemela para Au.



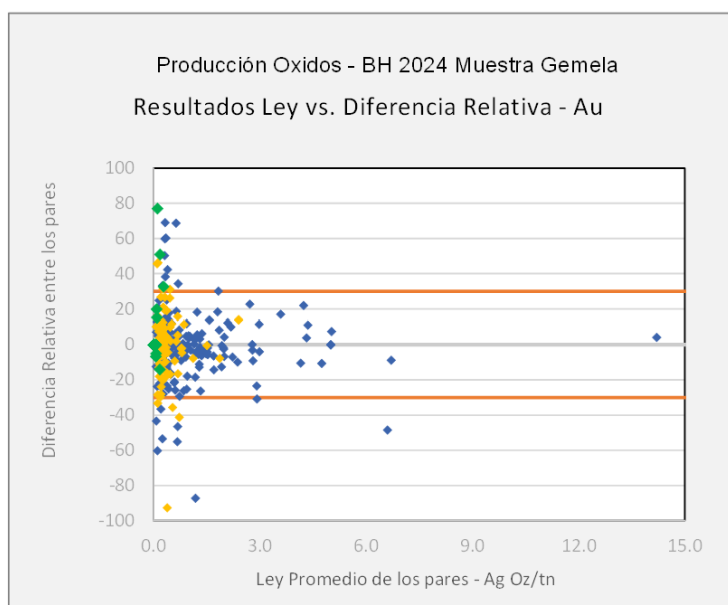
Nota. La mayoría de los pares de datos presentan una buena correlación dentro de los límites de tolerancia de $\pm 30\%$; aun así, se identifican puntos específicos que exceden este límite, particularmente en el rango superior a los 3 ppm.

Figura 105 Gráfico de correlación Original vs. Gemela con tendencia lineal para Au.



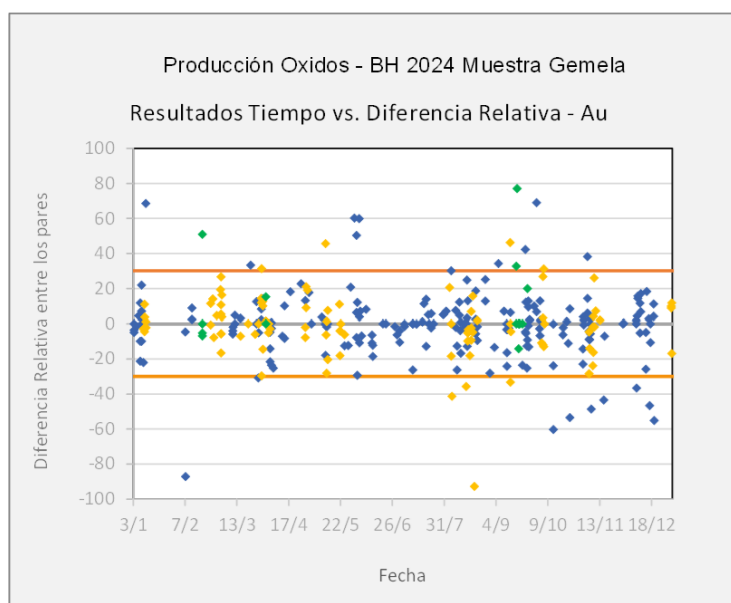
Nota. En el grafico se observa que los pares de datos mantienen una agrupación compacta dentro de los límites de $\pm 20\%$, incluso para valores muy bajos, a excepción de unos puntos que se encuentran fuera, estas desviaciones son mínimas y no muestran un patrón sistemático.

Figura 106 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Au.



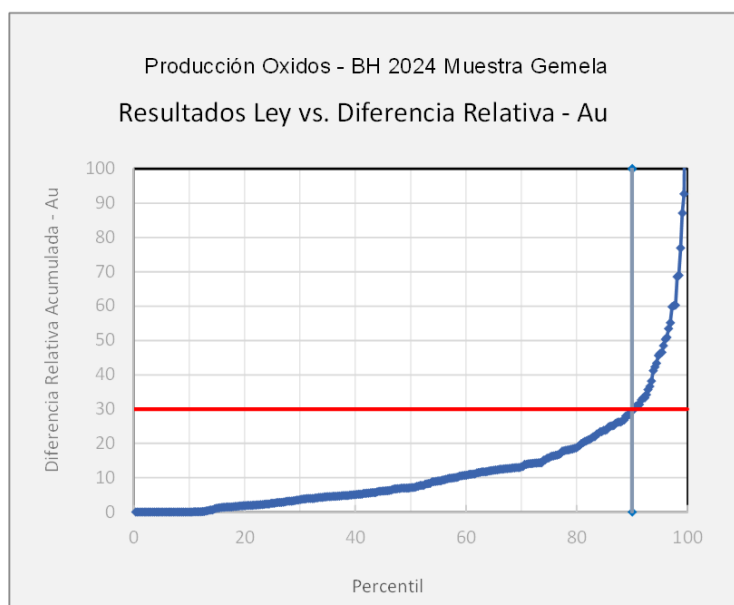
Nota. En este grafico se observa una mayor dispersión de puntos en el rango de leyes bajas. Esto es técnicamente normal, ya que pequeños cambios absolutos en leyes marginales representan porcentajes de diferencia relativa muy altos.

Figura 107 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Au



Nota. Se observa que los datos abarcan todo el año 2024 de los cuales se aprecian fallas puntuales extremas, estos son considerados errores aleatorios.

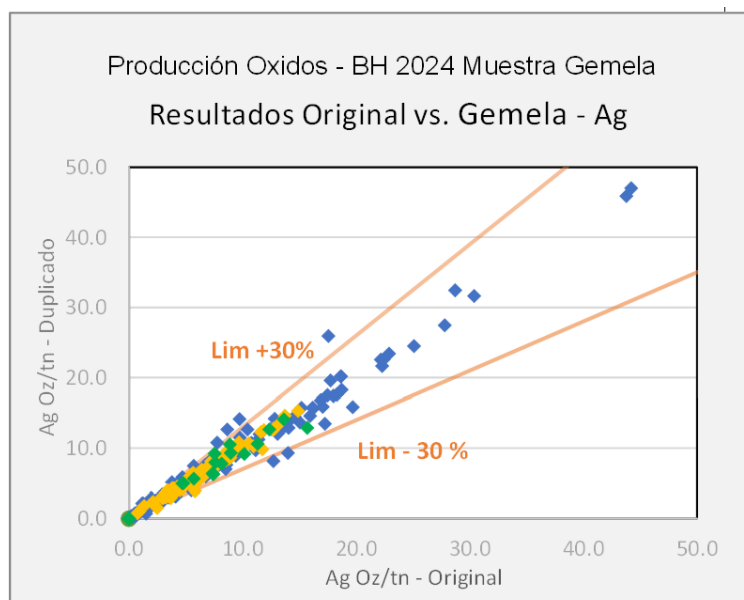
Figura 108 Curva Percentil de Diferencia Relativa para Au.



Nota. En este gráfico se observa que la curva cruza la línea de control de 30% aproximadamente en el Percentil 90. Esto significa que el 90% de todas las muestras gemelas analizadas durante el periodo 2024 presentan un error de muestreo igual o inferior al 30%.

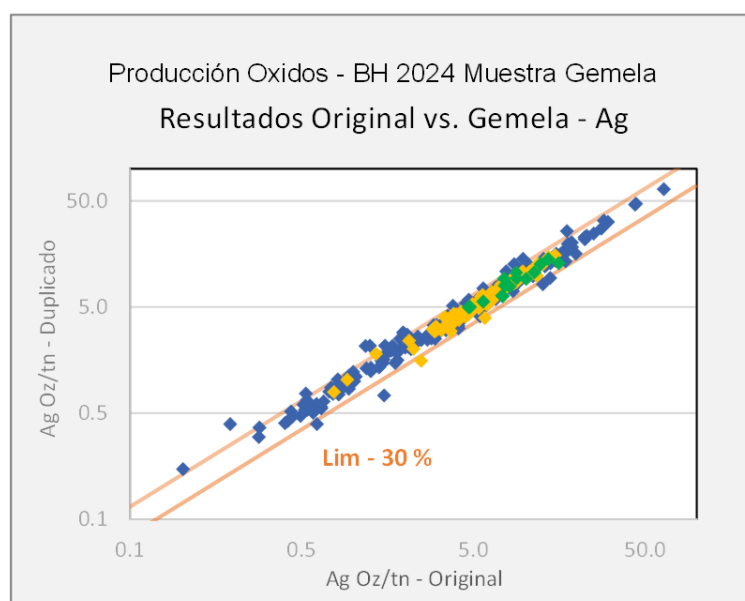
3.7.2. Evaluación de precisión para Plata (Ag)

Figura 109 Gráfico de correlación Original vs. Gemela para Ag.



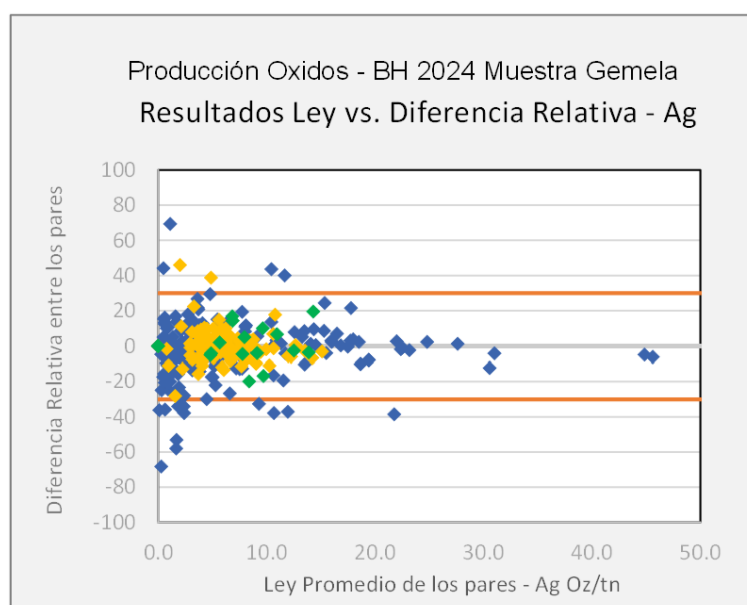
Nota. Se observa una distribución equilibrada de los pares de datos dentro de los límites de $\pm 30\%$. Esto indica una alta consistencia y repetibilidad en la toma de muestras de Plata a lo largo de todo el rango de leyes evaluado.

Figura 110 Gráfico de correlación Original vs. Gemela con tendencia lineal para Ag.



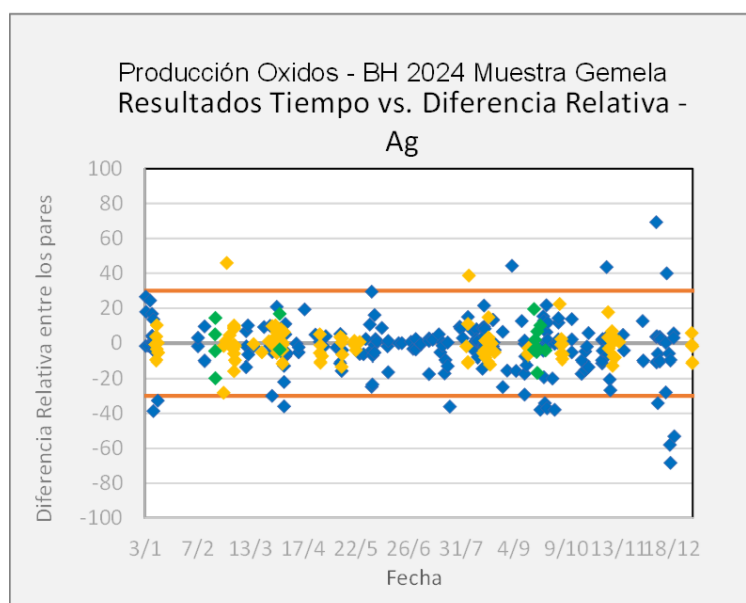
Nota. En el grafico se observa que los pares de datos mantienen una agrupación compacta dentro de los límites de $\pm 20\%$, incluso para valores muy bajos, a excepción de unos puntos que se encuentran fuera, estas desviaciones son mínimas y no muestran un patrón sistemático.

Figura 111 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Ag.



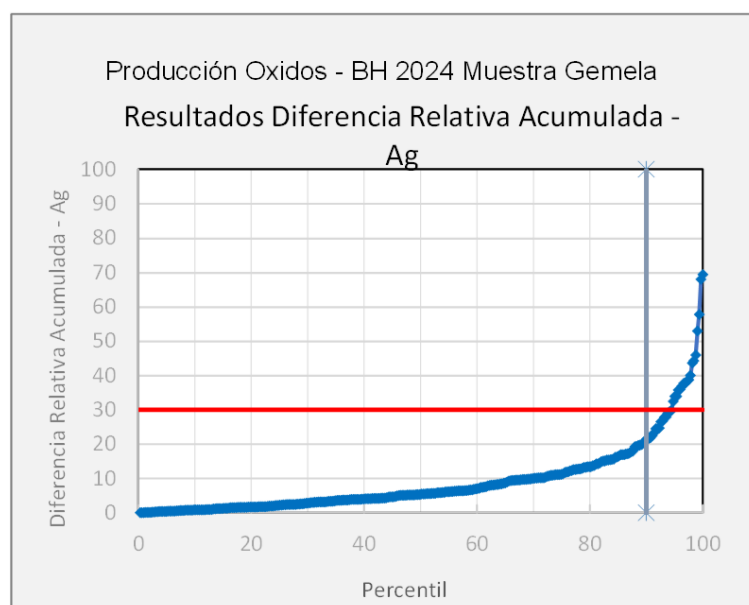
Nota. Se aprecian muy pocos valores atípicos (outliers) fuera de los límites. Los eventos aislados detectados son esporádicos y no forman grupos de error, lo que podría sugerir que son errores aleatorios de manipulación y no fallas sistemáticas en el protocolo.

Figura 112 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Ag.



Nota. Se observa que los datos abarcan todo el año 2024 de los cuales se aprecian fallas puntuales sobre todo cercanos al mes de diciembre, estos son considerados errores aleatorios.

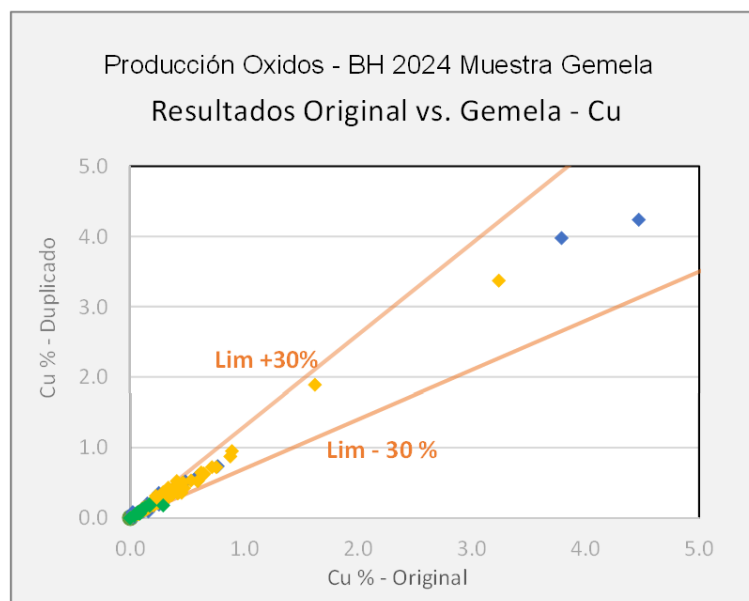
Figura 113 Curva percentil de Diferencia Relativa acumulada para Ag.



Nota. En este grafico se observa que la curva cruza la línea de control de 30% aproximadamente en el Percentil 95. Esto significa que el 95% de todas las muestras gemelas analizadas durante el periodo 2024 presentan un error de muestreo igual o inferior al 30%.

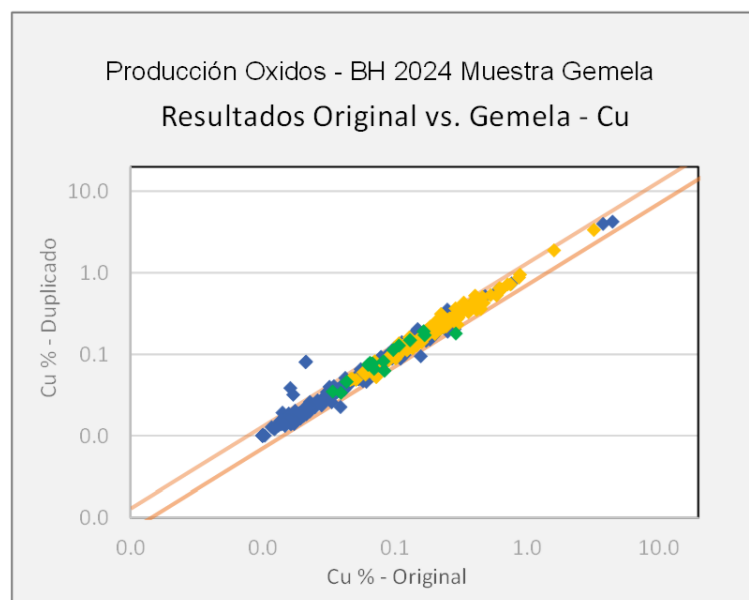
3.7.3. Evaluación de precisión para Cobre (Cu)

Figura 114 Gráfico de correlación Original vs. Gemela para Cu.



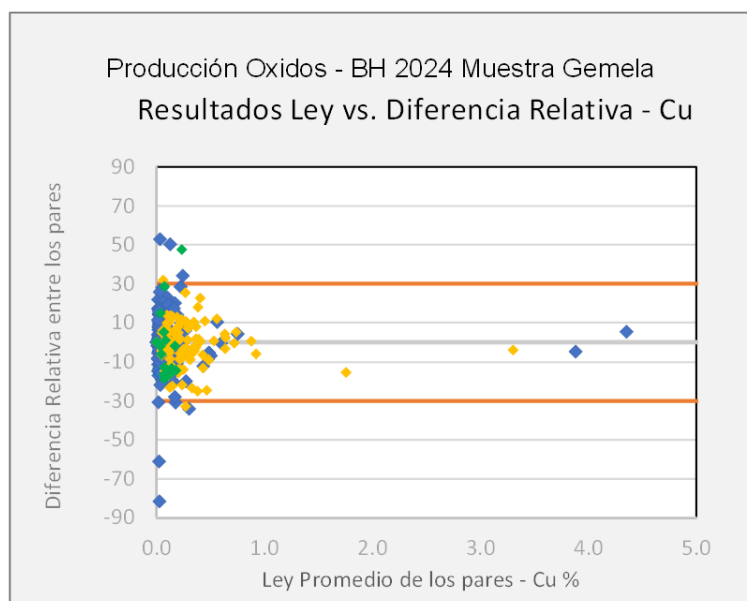
Nota. Se observa una excelente correspondencia entre los pares de datos, los cuales se distribuyen dentro de los límites de $\pm 30\%$. Esto indica una alta consistencia y repetibilidad en la toma de muestras a lo largo de todo el rango de leyes evaluado.

Figura 115 Gráfico de correlación Original vs. Gemela con tendencia lineal para Cu.



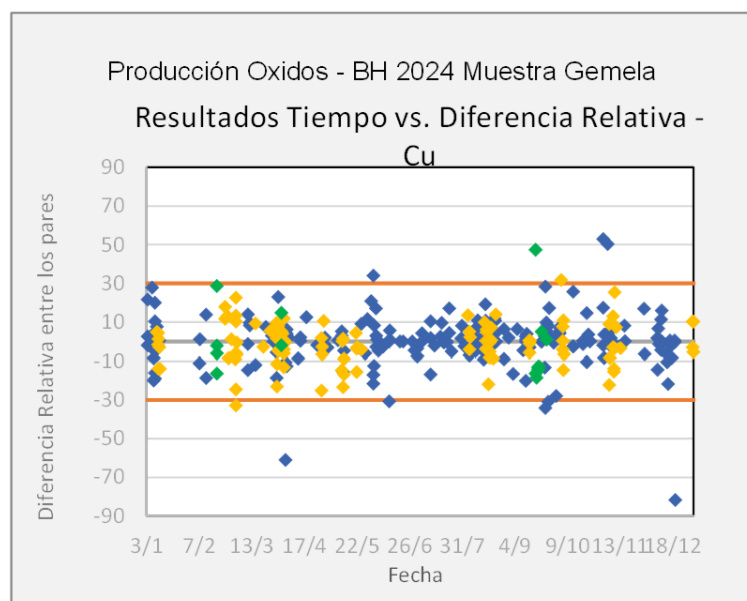
Nota. En el grafico se observa que los pares de datos mantienen una agrupación compacta dentro de los límites de $\pm 20\%$, incluso para valores muy bajos, a excepción de unos puntos que se encuentran fuera, estas desviaciones son mínimas y no muestran un patrón sistemático.

Figura 116 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Cu.



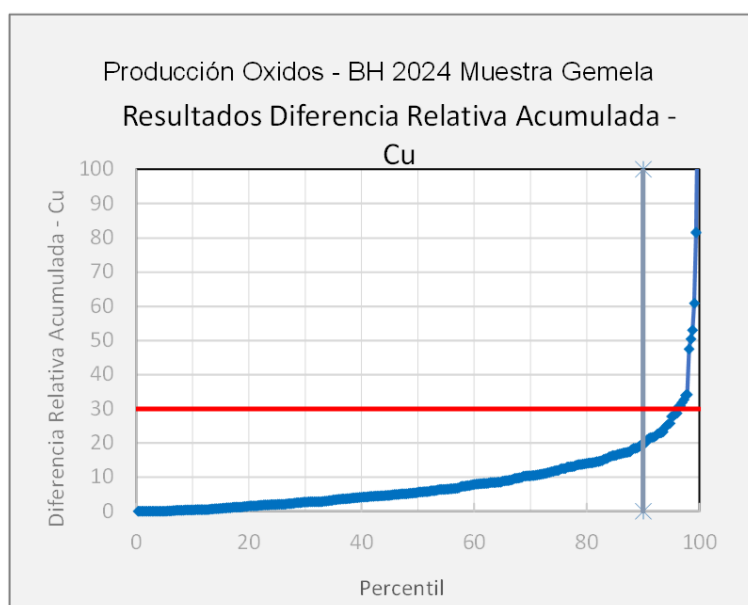
Nota. En este grafico se observa una mayor dispersión de puntos en el rango de leyes bajas. Esto es técnicamente normal, ya que pequeños cambios absolutos en leyes marginales representan porcentajes de diferencia relativa muy altos.

Figura 117 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Cu.



Nota. Se observa que los datos abarcan todo el año 2024 y estos se distribuye de forma simétrica alrededor de la línea de 0% de diferencia. Esta equidistancia confirma que no existen desviaciones sistemáticas temporales.

Figura 118 Curva percentil de Diferencia Relativa acumulada para Cu.



Nota. En este gráfico se observa que la curva cruza la línea de control de 30% aproximadamente en el Percentil 95. Esto significa que el 95% de todas las muestras gemelas analizadas durante el periodo 2024 presentan un error de muestreo igual o inferior al 30%.

Duplicados Grueso: Para un total de 7108 muestras, 266 Duplicados Gruesos fueron evaluados para las cuales el rango de inserción fue de 3.7%. Los gráficos de control de Duplicados se prepararon para los elementos principales (Cu, Ag y Au).

Tabla 6 Tabla de Precisión para Duplicados Gruesos.

Elemento	Unidad	Total Muestras	Total Controles	% Controles	Nº Errores	Tasa de Error (%)	Evaluación
Cu	%	7108	266	3.7%	2	0.8%	Aceptable
Ag	Oz/tn	7108	266	3.7%	3	1.1%	Aceptable
Au	Ppm	7108	266	3.7%	4	1.5%	Aceptable

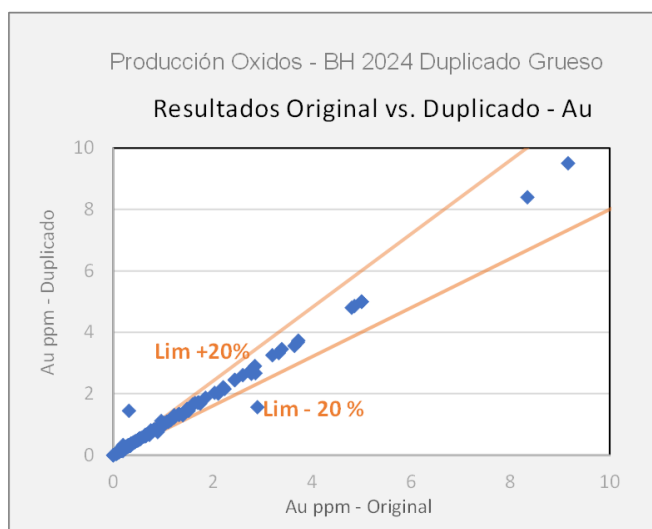
Interpretación.

El cuadro estadístico de control elaborados para Cu, Ag y Au muestran baja dispersión analítica y mínima variabilidad entre muestras originales y duplicadas. El cobre presentó únicamente 2 errores (0.8%), indicando alta estabilidad geoquímica y consistencia instrumental durante el análisis. La plata registró 3 errores (1.1%), manteniendo comportamiento analítico confiable y repetible. Por su parte, el oro presentó 4 errores (1.5%), comportamiento esperado debido a la heterogeneidad mineralógica y al efecto pepita característico de sistemas mineralizados oxidados.

Desde el punto de vista inferencial, las bajas proporciones de error obtenidas confirman que las desviaciones analíticas no son estadísticamente significativas y no afectan la confiabilidad de los resultados geoquímicos. En consecuencia, el programa QA/QC aplicado valida la calidad analítica de las muestras *Blast Hole*, *In Situ* y *Stock Pile*, garantizando información técnicamente consistente para la evaluación y control de leyes mineralizadas.

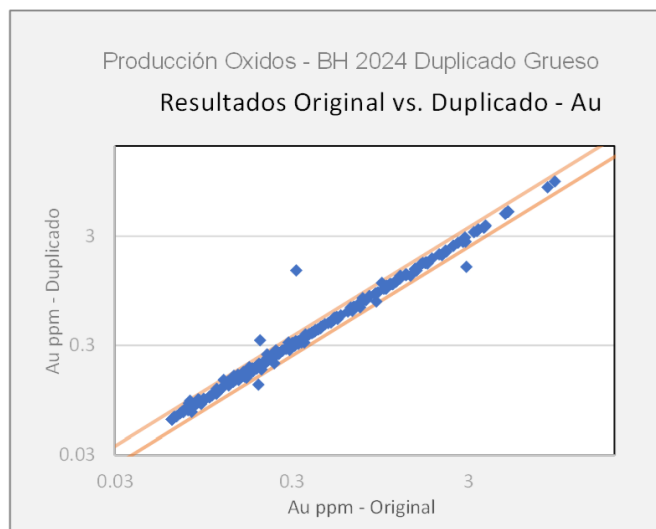
3.7.4. Evaluación de duplicados gruesos para Oro (Au)

Figura 119 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso para Au.



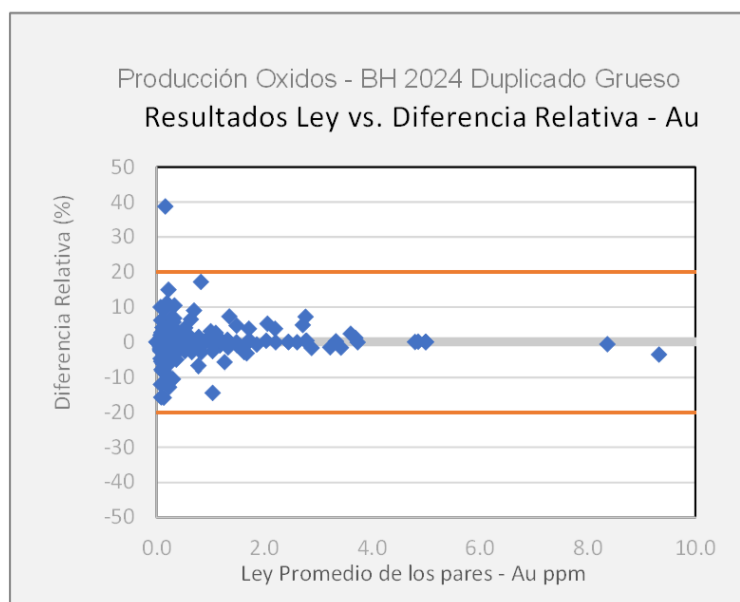
Nota. Se observa en el gráfico que casi la totalidad de los pares de datos se mantienen dentro de los límites $\pm 20\%$ de error. Solo se identifican un par de muestras fuera de control: una cerca de los 0.5 ppm y otra cercana a los 3.0 ppm de Au, que exceden ligeramente el límite inferior.

Figura 120 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso con tendencia lineal para Au.



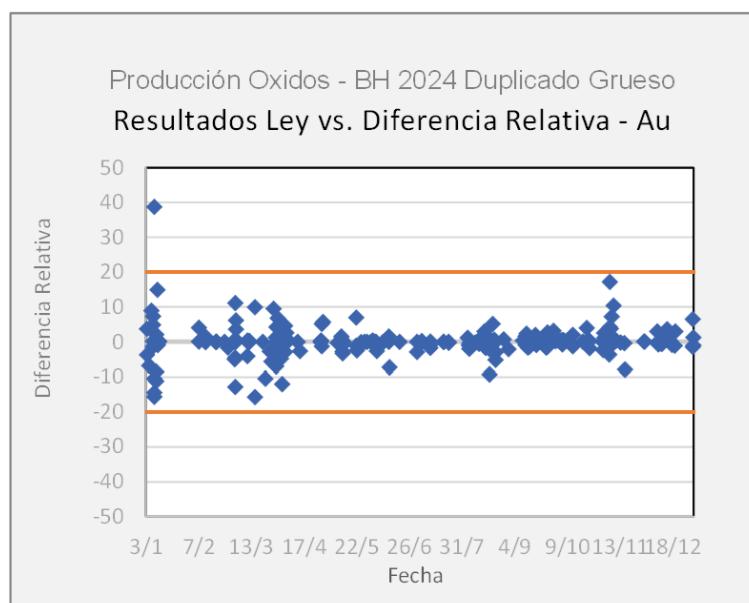
Nota. En el grafico se observa que los pares de datos mantienen una agrupación compacta dentro de los límites de $\pm 20\%$, incluso para valores muy bajos, a excepción de unos puntos que se encuentran fuera, estas desviaciones son mínimas y no muestran un patrón sistemático.

Figura 121 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Au en duplicado grueso.



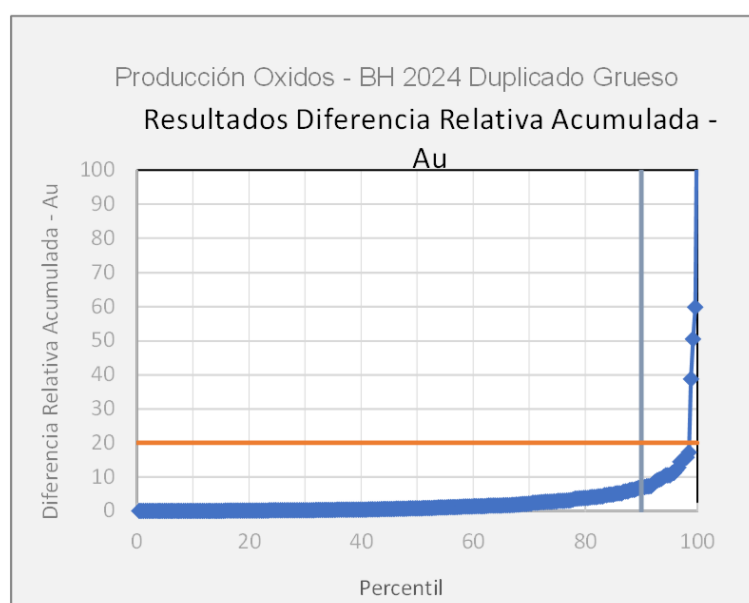
Nota. En este grafico se observa que casi en su totalidad los puntos se concentran de manera muy densa sobre la línea de 0% de diferencia, lo que demuestra que no existe un sesgo sistemático en el cuarteo o chancado de las muestras.

Figura 122 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Au en duplicado grueso.



Nota. Se observa que los datos abarcan todo el año 2024 y estos se distribuye de forma simétrica alrededor de la línea de 0% de diferencia. Esta equidistancia confirma que no existen desviaciones sistemáticas temporales.

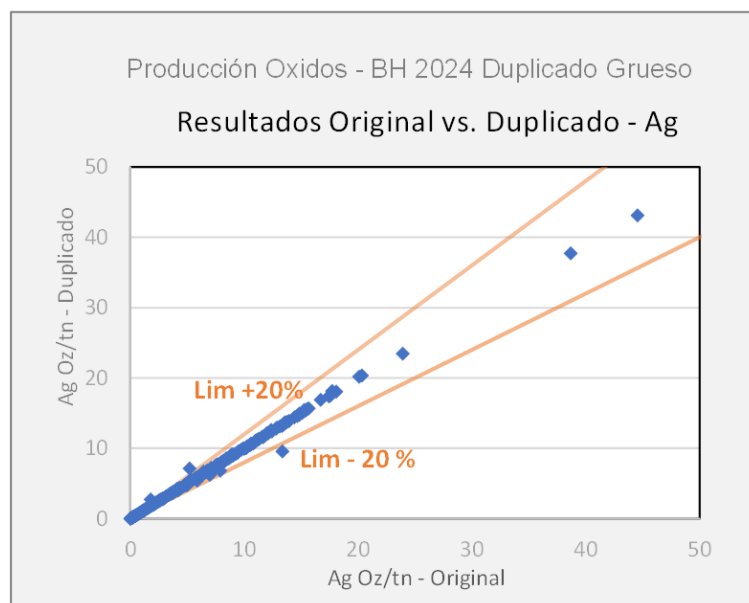
Figura 123 Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Au (duplicado grueso).



Nota. En este grafico se observa que la curva cruza la línea de control de 20% aproximadamente en el Percentil 98. Esto significa que el 98% de todas las muestras gemelas analizadas durante el periodo 2024 presentan un error de muestreo igual o inferior al 20%.

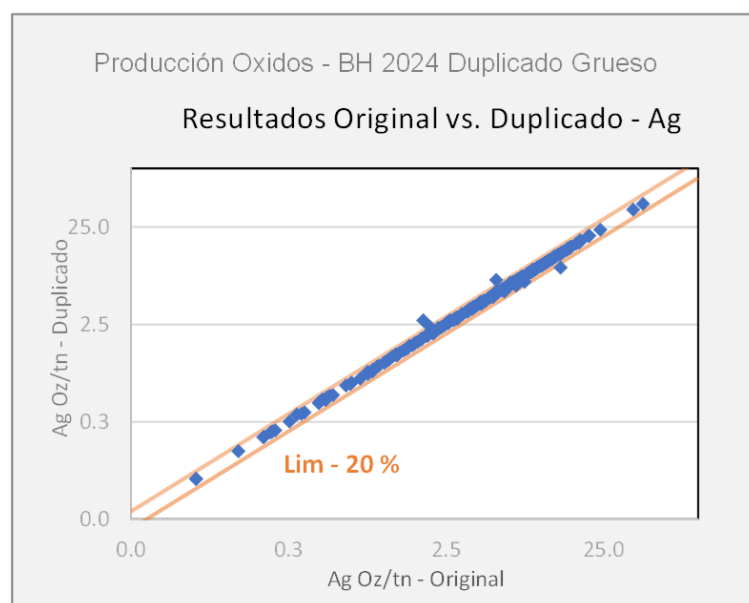
3.7.5. Evaluación de duplicados gruesos para Plata (Ag)

Figura 124 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso para Ag.



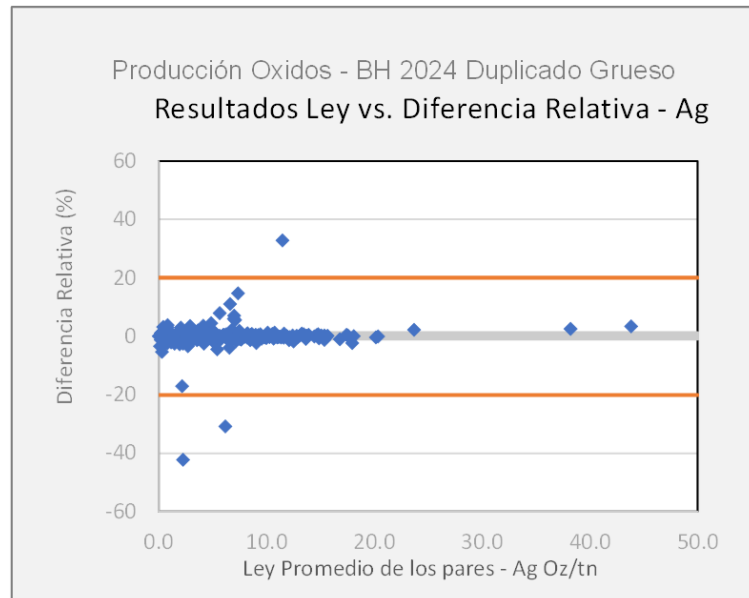
Nota. Se observa en el grafico que casi la totalidad de los pares de datos se mantienen dentro de los limites $\pm 20\%$ de error. Solo se identifican unas muestras fuera de control, que exceden ligeramente el límite $\pm 20\%$.

Figura 125 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso con tendencia lineal para Ag.



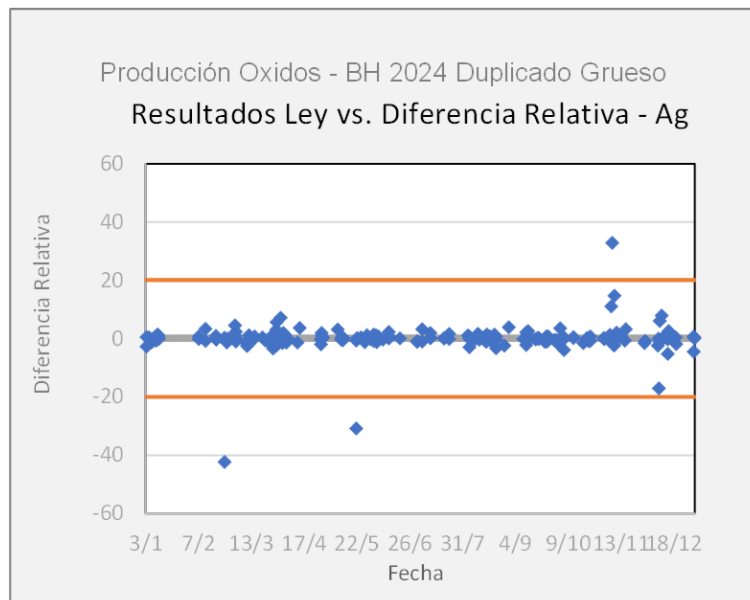
Nota. En el grafico se observa que los pares de datos mantienen una agrupación compacta dentro de los límites de $\pm 20\%$, incluso para valores muy bajos, a excepción de unos puntos que se encuentran fuera, estas desviaciones son mínimas y no muestran un patrón sistemático.

Figura 126 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Ag en duplicado grueso.



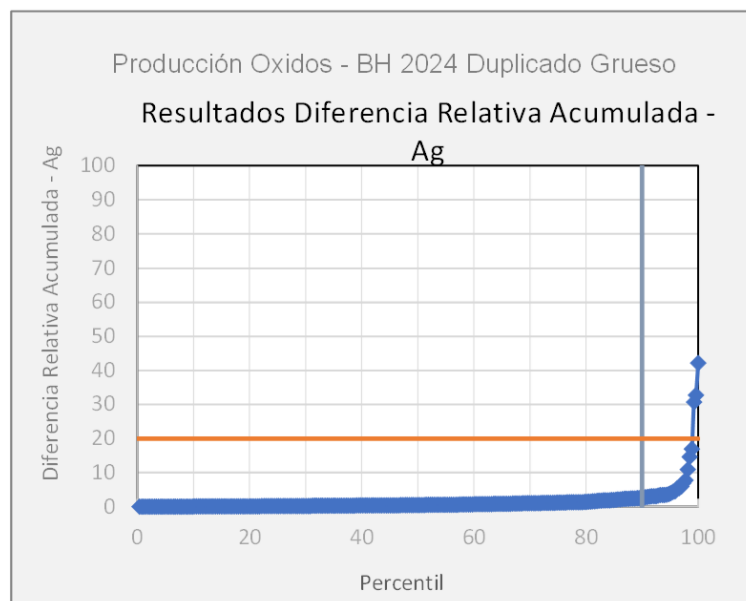
Nota. En este grafico se observa que casi en su totalidad los puntos se concentran de manera muy densa sobre la línea de 0% de diferencia, a excepción de unos pocos puntos, lo que demuestra que no existe un sesgo sistemático en el cuarteo o chancado de las muestras.

Figura 127 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Ag en duplicado grueso.



Nota. Se observa que los datos abarcan todo el año 2024 y estos se distribuye de forma simétrica alrededor de la línea de 0% de diferencia. Esta equidistancia confirma que no existen desviaciones sistemáticas temporales.

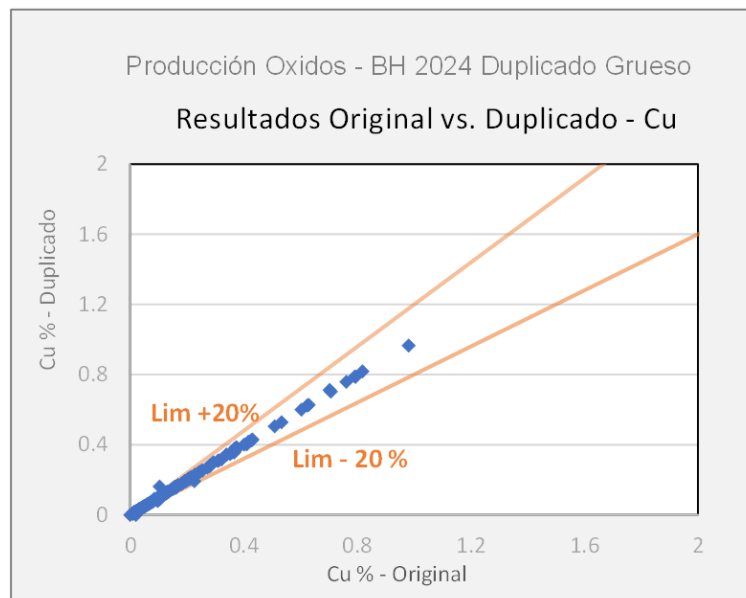
Figura 128 Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Ag (duplicado grueso).



Nota. En este grafico se observa que la curva cruza la línea de control de 20% aproximadamente en el Percentil 99. Esto significa que el 99% de todas las muestras gemelas analizadas durante el periodo 2024 presentan un error de muestreo igual o inferior al 20%.

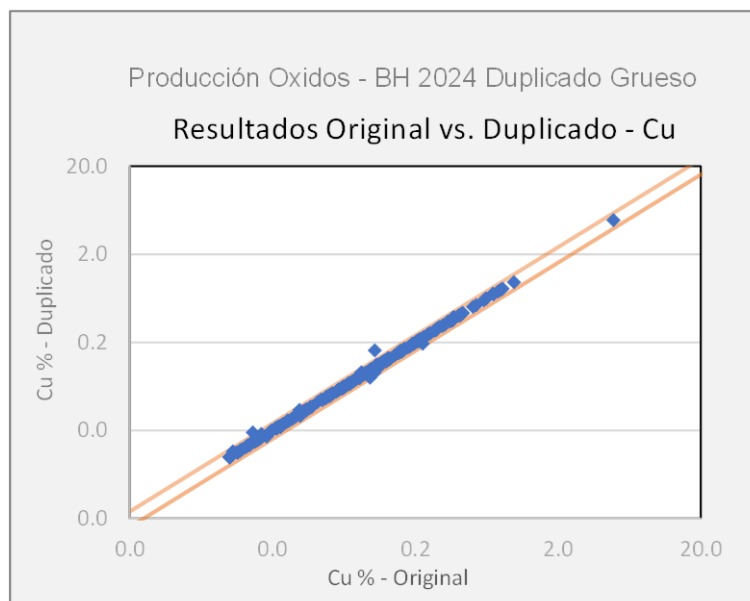
3.7.6. Evaluación de duplicados gruesos para Cobre (Cu)

Figura 129 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso para Cu.



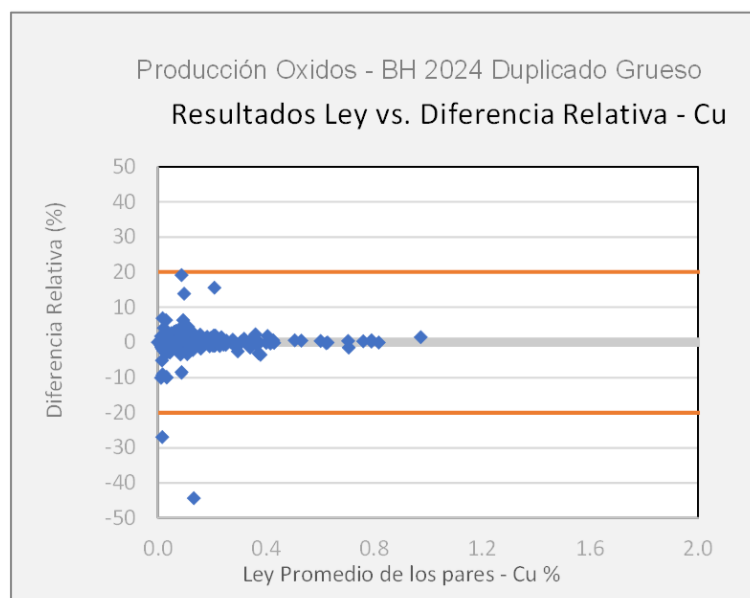
Nota. Se observa en el grafico que casi la totalidad de los pares de datos se mantienen dentro de los limites $\pm 20\%$ de error. Solo se identifican unas muestras fuera de control, que exceden ligeramente el límite $\pm 20\%$.

Figura 130 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Grueso con tendencia lineal para Cu.



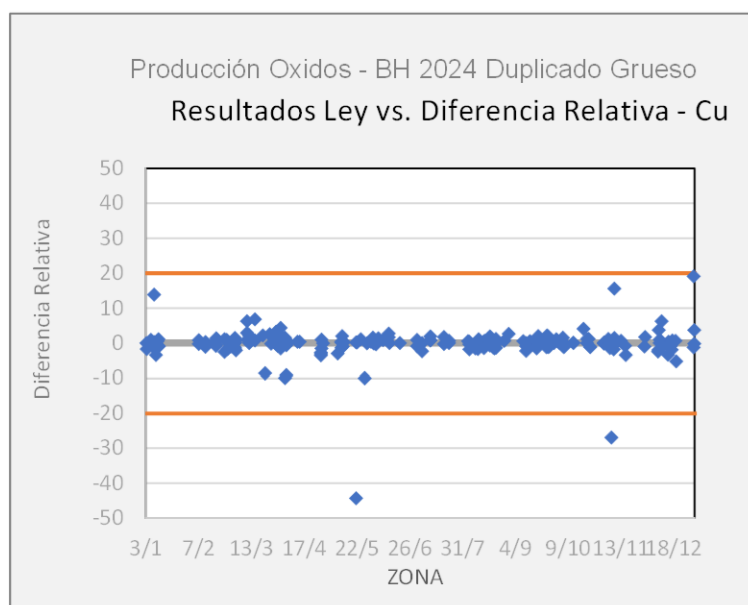
Nota. En el grafico se observa que los pares de datos mantienen una agrupación compacta dentro de los límites de $\pm 20\%$, incluso para valores muy bajos, a excepción de unos puntos que se encuentran fuera, estas desviaciones son mínimas y no muestran un patrón sistemático.

Figura 131 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Cu (duplicado grueso).



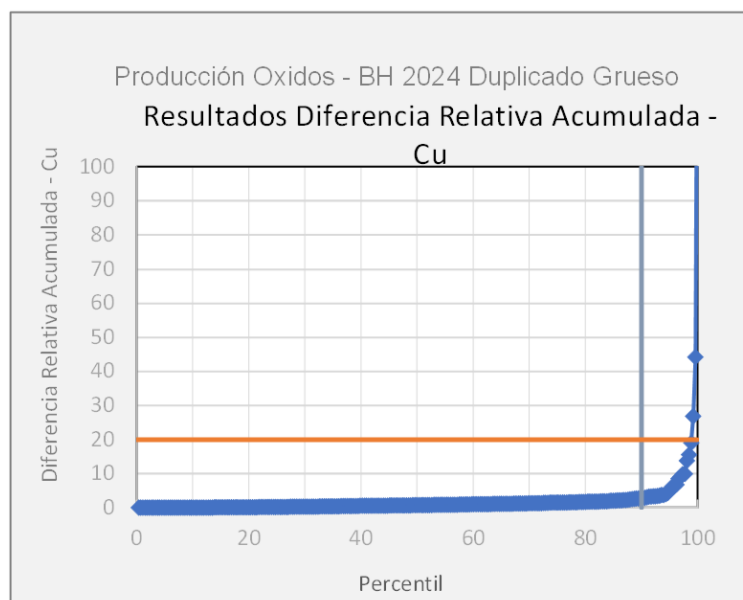
Nota. En este grafico se observa que casi en su totalidad los puntos se concentran de manera muy densa sobre la línea de 0% de diferencia, a excepción de unos pocos puntos, lo que demuestra que no existe un sesgo sistemático en el cuarteo o chancado de las muestras.

Figura 132 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Cu (duplicado grueso).



Nota. Se observa que los datos abarcan todo el año 2024 y estos se distribuye de forma simétrica alrededor de la línea de 0% de diferencia. Esta equidistancia confirma que no existen desviaciones sistemáticas temporales.

Figura 133 Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Cu (duplicado grueso).



Nota. En este grafico se observa que la curva cruza la línea de control de 20% aproximadamente en el Percentil 99. Esto significa que el 99% de todas las muestras gemelas analizadas durante el periodo 2024 presentan un error de muestreo igual o inferior al 20%.

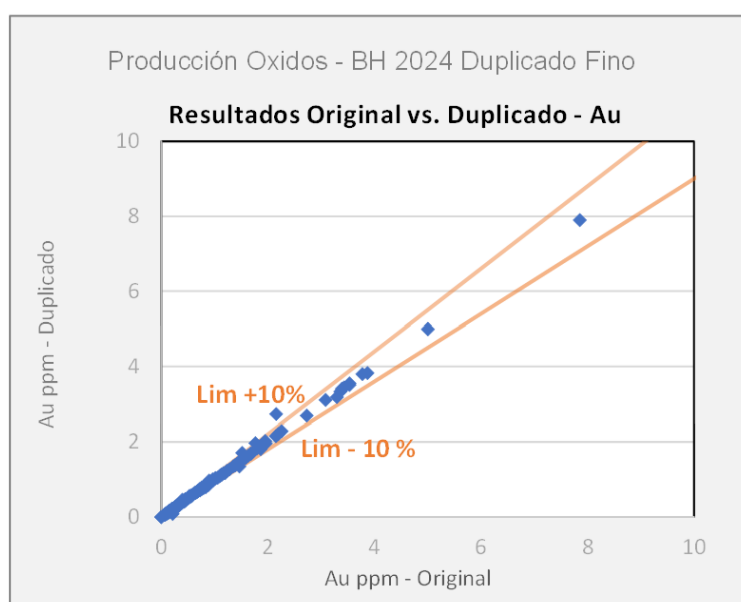
Duplicados Finos: Para un total de 7108 muestras, 263 Duplicados Finos fueron evaluados para las cuales el rango de inserción fue de 3.7%. Los gráficos de control de Duplicados se prepararon para los elementos principales (Cu, Ag y Au).

Tabla 7 *Tabla de Precisión para Duplicados Finos.*

Elemento	Unidad	Total Muestras	Total Controles	% Controles	Nº Errores	Tasa de Error (%)	Evaluación
Cu	%	7108	263	3.7%	1	0.4%	Aceptable
Ag	Oz	7108	263	3.7%	0	0.0%	Aceptable
Au	Ppm	7108	263	3.7%	1	0.4%	Aceptable

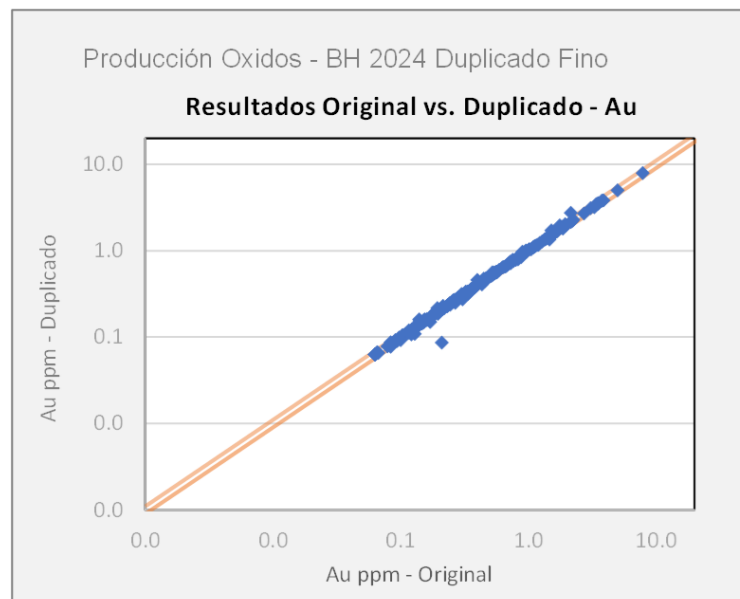
3.7.7. Evaluación de duplicados Finos para Oro (Au)

Figura 134 *Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino para Au.*



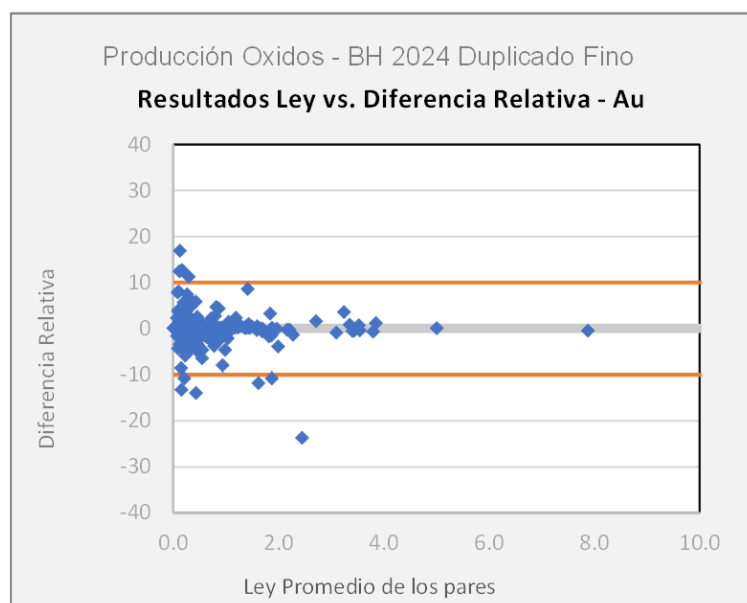
Nota. Se observa en el grafico que casi la totalidad de los pares de datos se mantienen dentro de los limites $\pm 10\%$ de error. Solo se identifican unas muestras fuera de control, que exceden ligeramente el límite $\pm 10\%$.

Figura 135 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino con tendencia lineal para Au.



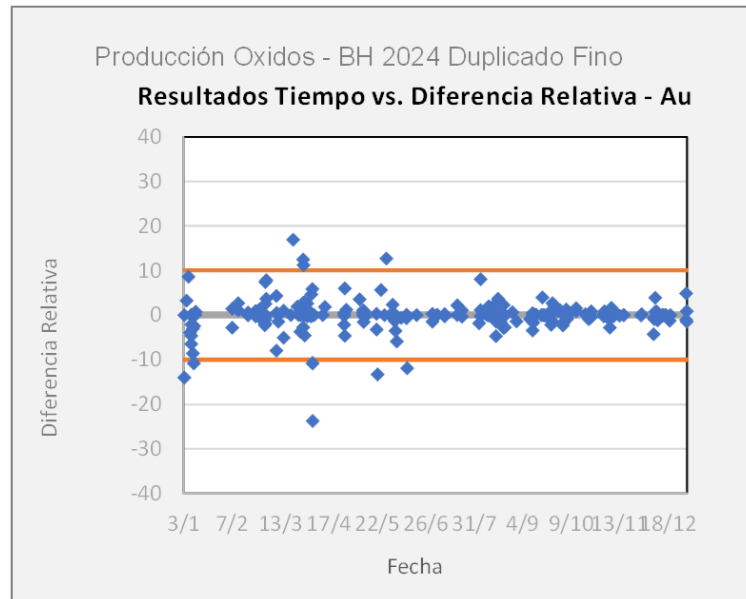
Nota. En el grafico se observa que los pares de datos mantienen una agrupación compacta dentro de los límites de $\pm 10\%$, incluso para valores muy bajos, a excepción de unos puntos que se encuentran fuera, estas desviaciones son mínimas y no muestran un patrón sistemático.

Figura 136 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Au (duplicado fino).



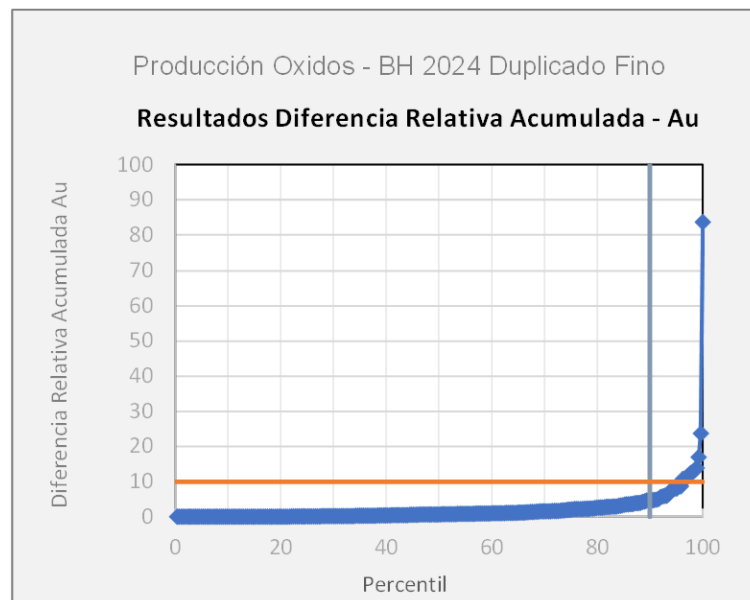
Nota. En este grafico se observa que en su mayoría los puntos se concentran de manera muy densa sobre la línea de 0% de diferencia, a excepción de unos puntos, lo que demuestra que no existe un sesgo sistemático en el cuarteo o chancado de las muestras.

Figura 137 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Au (duplicado fino).



Nota. Se observa que los datos abarcan todo el año 2024 y estos se distribuye de forma simétrica alrededor de la línea de 0% de diferencia. Esta equidistancia confirma que no existen desviaciones sistemáticas temporales.

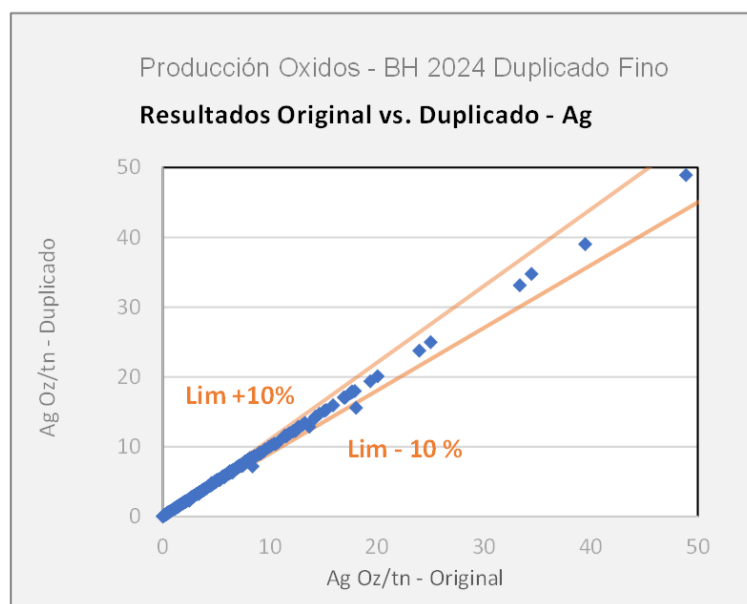
Figura 138 Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Au (duplicado fino).



Nota. En este grafico se observa que la curva cruza la línea de control de 10% aproximadamente en el Percentil 98. Esto significa que el 98% de todas las muestras gemelas analizadas durante el periodo 2024 presentan un error de muestreo igual o inferior al 10%.

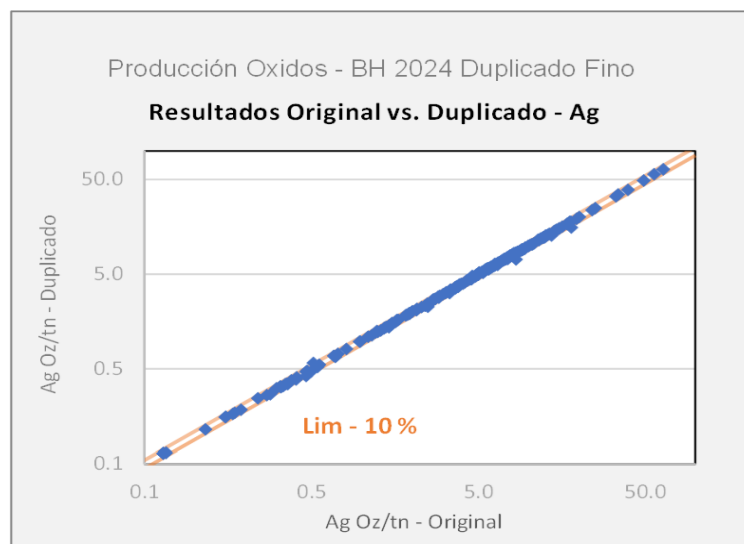
3.7.8. Evaluación de duplicados Finos para Plata (Ag)

Figura 139 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino para Ag.



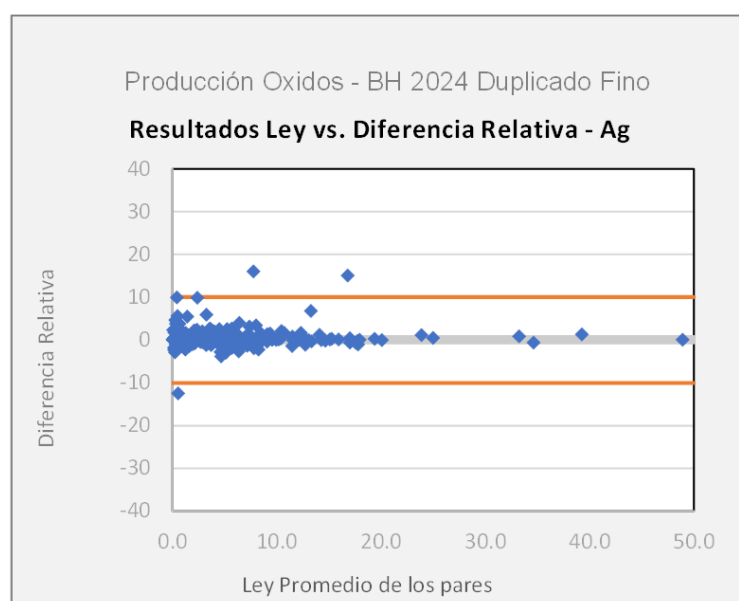
Nota. Se observa en el grafico que casi la totalidad de los pares de datos se mantienen dentro de los limites $\pm 10\%$ de error. Solo se identifican unas muestras fuera de control, que exceden ligeramente el límite $\pm 10\%$.

Figura 140 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino con tendencia lineal para Ag.



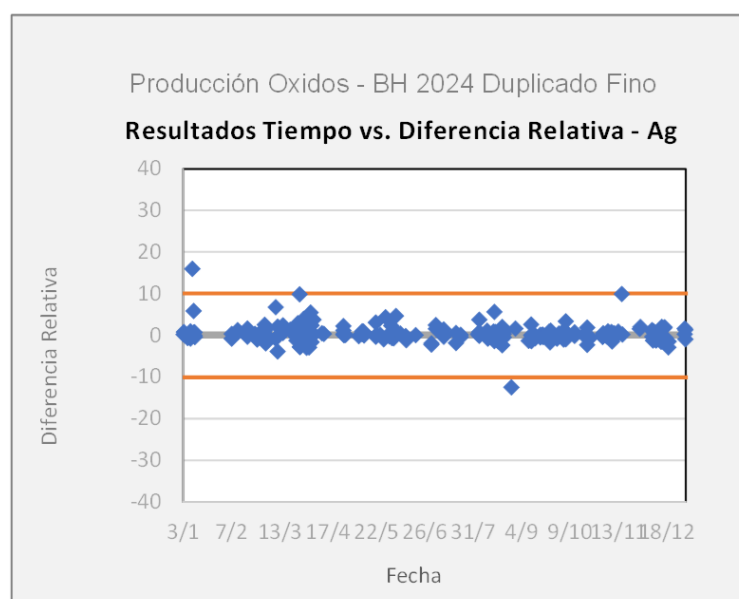
Nota. En el grafico se observa que los pares de datos mantienen una agrupación compacta dentro de los límites de $\pm 10\%$, incluso para valores muy bajos, a excepción de unos puntos que se encuentran fuera, estas desviaciones son mínimas y no muestran un patrón sistemático.

Figura 141 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Ag (duplicado fino).



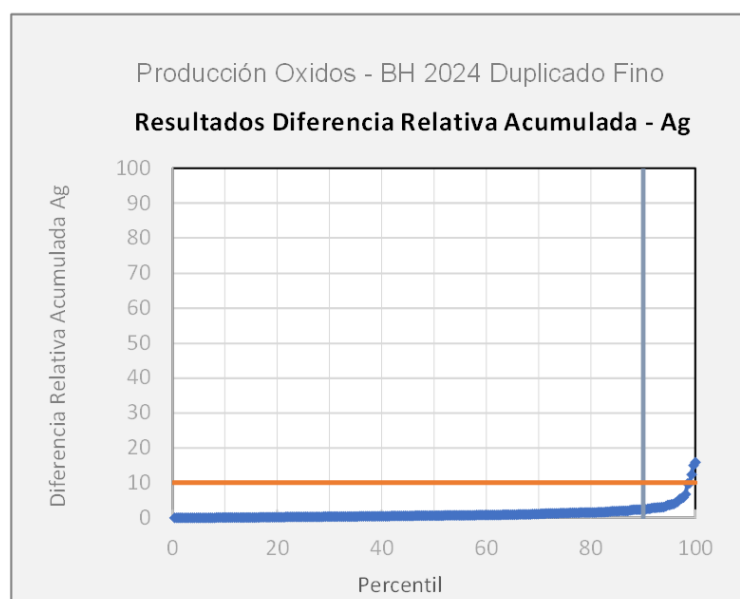
Nota. En este gráfico se observa que en su mayoría los puntos se concentran de manera muy densa sobre la línea de 0% de diferencia, a excepción de unos puntos, lo que demuestra que no existe un sesgo sistemático en el cuarteo o chancado de las muestras.

Figura 142 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Ag (duplicado fino).



Nota. Se observa que los datos abarcan todo el año 2024 y estos se distribuye de forma simétrica alrededor de la línea de 0% de diferencia. Esta equidistancia confirma que no existen desviaciones sistemáticas temporales.

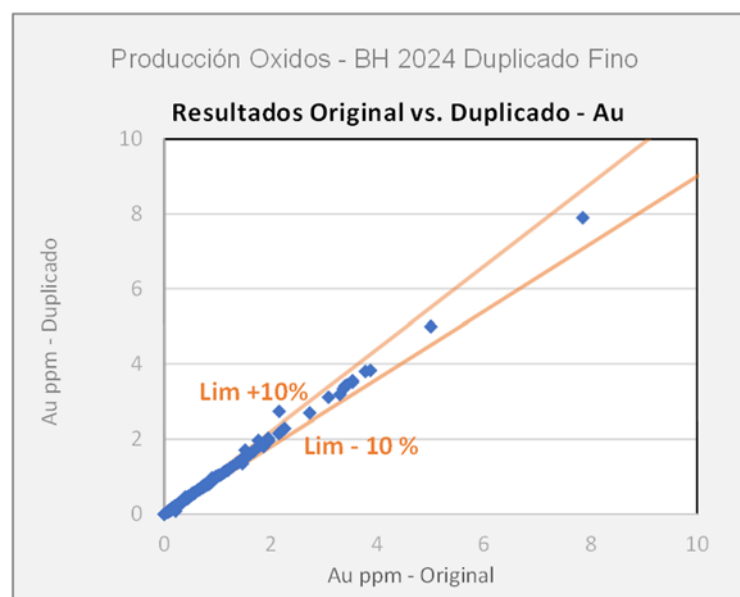
Figura 143 Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Ag (duplicado fino).



Nota. En este grafico se observa que la curva cruza la línea de control de 10% aproximadamente en el Percentil 99. Esto significa que el 99% de todas las muestras gemelas analizadas durante el periodo 2024 presentan un error de muestreo igual o inferior al 10%.

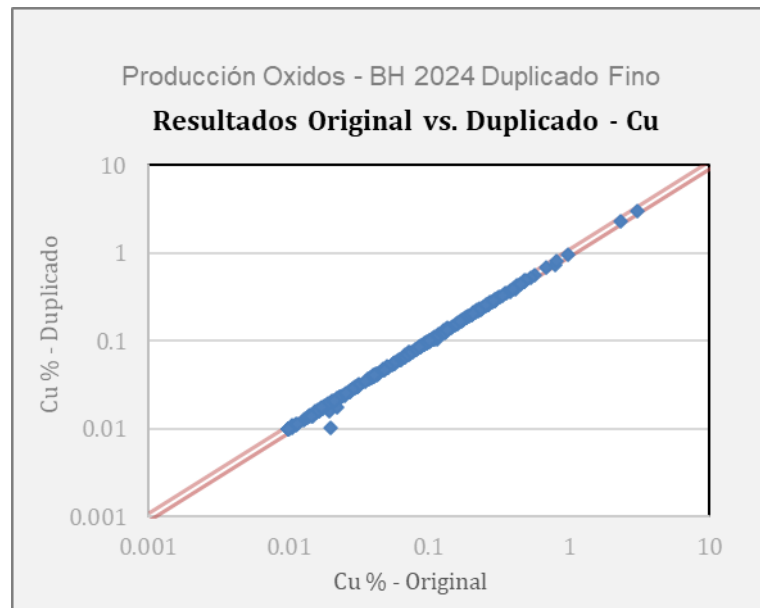
3.7.9. Evaluación de duplicados Finos para Cobre (Cu)

Figura 144 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino para Cu.



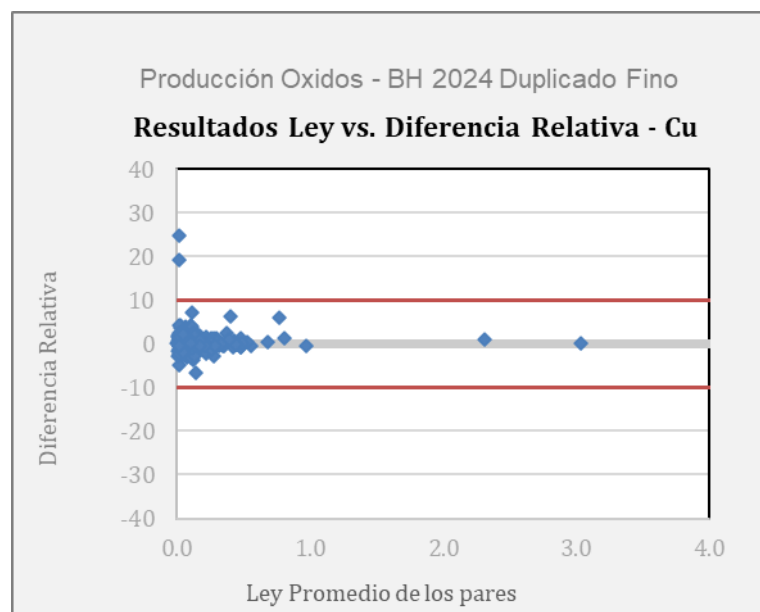
Nota. Se observa en el grafico que casi la totalidad de los pares de datos se mantienen dentro de los limites $\pm 10\%$ de error. Solo se identifican unas muestras fuera de control, que exceden ligeramente el límite $\pm 10\%$.

Figura 145 Gráfico de correlación Original vs. Duplicado Fino con tendencia lineal para Cu.



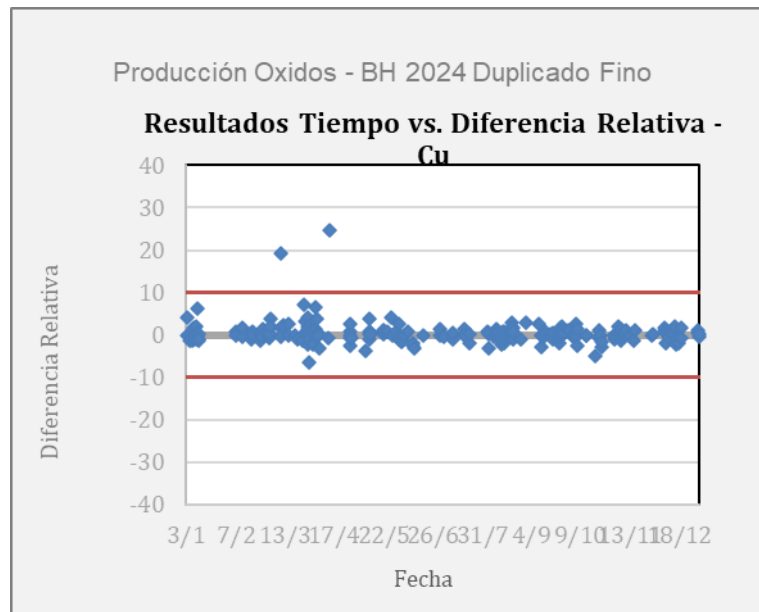
Nota. En el grafico se observa que los pares de datos mantienen una agrupación compacta dentro de los límites de $\pm 10\%$, incluso para valores muy bajos, a excepción de unos puntos que se encuentran fuera, estas desviaciones son mínimas y no muestran un patrón sistemático.

Figura 146 Gráfico Ley promedio vs. Diferencia Relativa para Cu (duplicado fino).



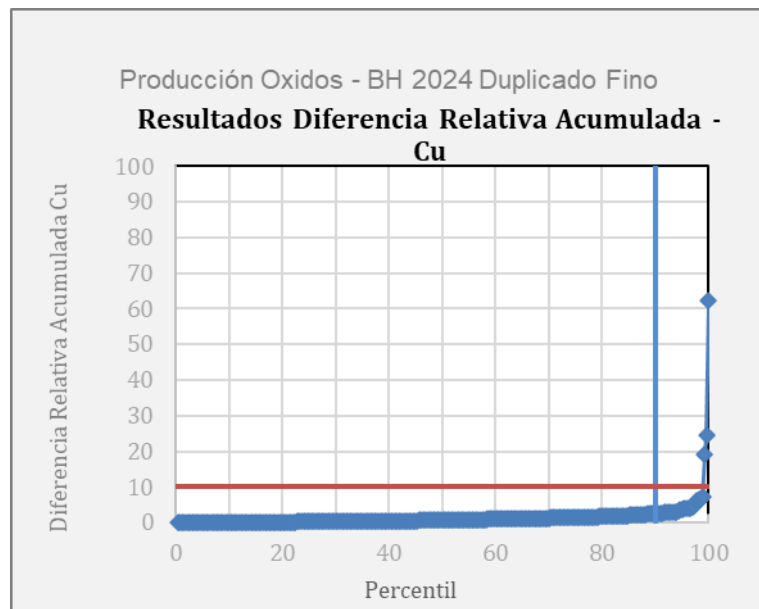
Nota. En este grafico se observa que en su mayoría los puntos se concentran de manera muy densa sobre la línea de 0% de diferencia, a excepción de unos puntos, lo que demuestra que no existe un sesgo sistemático en el cuarteo o chancado de las muestras.

Figura 147 Gráfico Tiempo vs. Diferencia Relativa para Cu (duplicado fino).



Nota. Se observa que los datos abarcan todo el año 2024 y estos se distribuye de forma simétrica alrededor de la línea de 0% de diferencia. Esta equidistancia confirma que no existen desviaciones sistemáticas temporales.

Figura 148 Curva percentil de Diferencia Relativa Acumulada para Cu (duplicado fino).



Nota. En este grafico se observa que la curva cruza la línea de control de 10% aproximadamente en el Percentil 98. Esto significa que el 98% de todas las muestras gemelas analizadas durante el periodo 2024 presentan un error de muestreo igual o inferior al 10%.

Exactitud

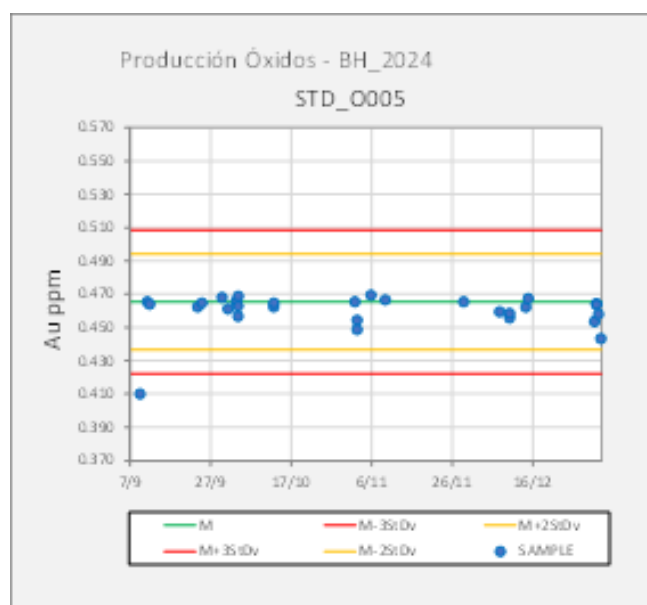
Para un total de 7108 muestras, se utilizaron 8 tipos de estándares haciendo un total de 306 Estándares evaluados, para las cuales el rango de inserción fue de 4.3%. Los gráficos de control de Estándares se prepararon para los elementos estudiados (Cu, Ag y Au).

Estándar Medio – GCER-05-24: Evaluación para los elementos en estudio.

Tabla 8 *Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-05-24).*

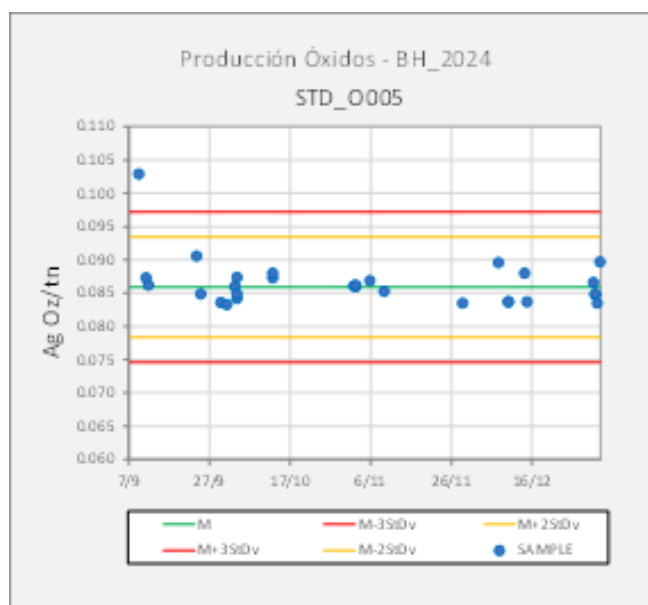
Elemento	Unidad	Total de estándares	Rechazados	Sesgo Final
Cu	%	29	2	1.8%
Ag	Oz/tn	29	1	0.7%
Au	ppm	29	1	-1.2%

Figura 149 *Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).*



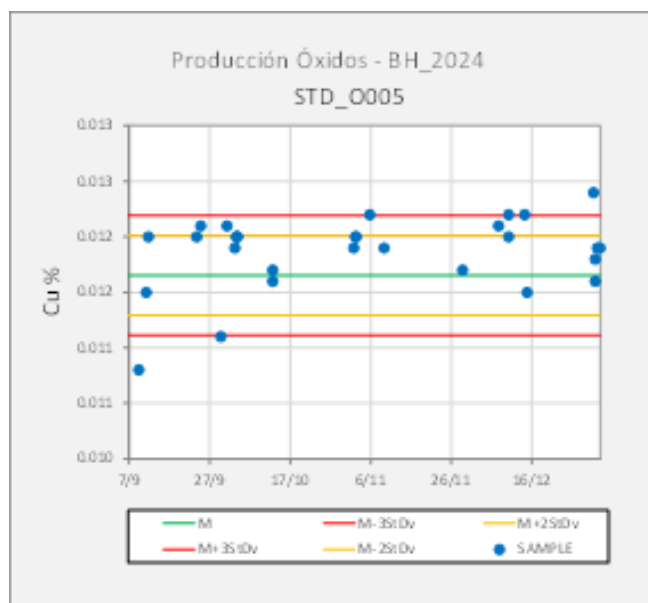
Nota. En este grafico la gran mayoría de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que indica una excelente exactitud y calibración de los equipos de medición del laboratorio. Se observa un solo punto fuera de $\pm 3DE$ considerado un outlier.

Figura 150 Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).



Nota. En este grafico la gran mayoría de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que indica una excelente exactitud y calibración de los equipos de medición del laboratorio. Se observa un solo punto fuera de $\pm 3DE$ considerado un outlier.

Figura 151 Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart).



Nota. En este grafico una ligera tendencia de los resultados a situarse por encima de la media certificada situándose entre +2DE y +3DE. Esto indicaría un sesgo positivo leve, sugiriendo que el laboratorio podría estar sobreestimando ligeramente las leyes de Cu.

Estándar Alto – GCER-06-24: Evaluación para los elementos en estudio.

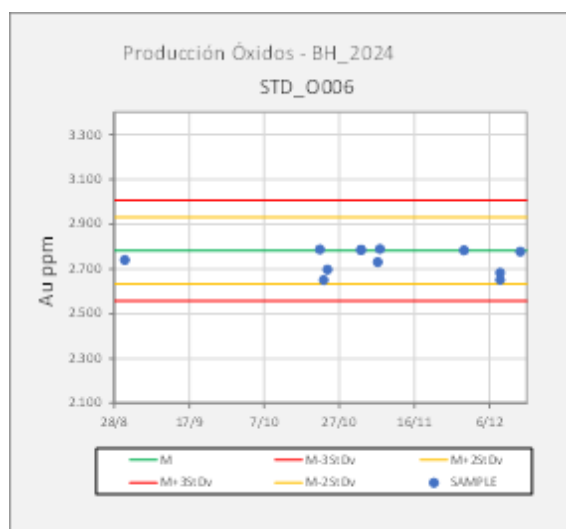
Tabla 9 *Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-06-24).*

Elemento	Unidad	Total Estándares	Rechazados	Sesgo Final
Cu	%	12	0	- 4.3%
Ag	Oz/tn	12	0	0.3%
Au	ppm	12	0	- 1.6%

Interpretación.

Los estándares certificados para Cu, Ag y Au no registraron rechazos; el sesgo final (-4.3%, 0.3%, -1.6%) evidencia exactitud analítica aceptable y estabilidad geoquímica, los resultados respaldan descriptivamente el sistema QA/QC implementado.

Figura 152 *Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).*



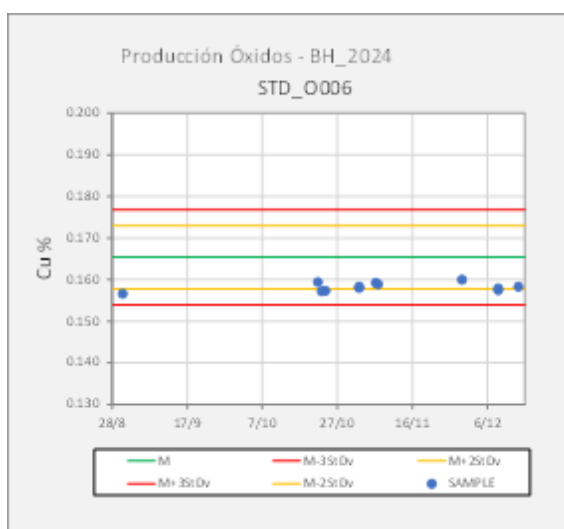
Nota. En este gráfico se observa que la totalidad de los análisis se encuentran dentro de los límites de control. Existe una ligera tendencia o sesgo negativo.

Figura 153 Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).



Nota. En este grafico se observa que la totalidad de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que indica una excelente exactitud y calibración de los equipos de medición del laboratorio.

Figura 154 Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart).



Nota. En este grafico se observa que la totalidad de los análisis se encuentran dentro de los límites de control; sin embargo, existe un sesgo negativo sistemático ya que todos los análisis se agrupan debajo de la media (VC), lo que indicaría una leve subestimación de leyes para Cu.

Estándar Bajo – GCER-07-24: Evaluación para los elementos en estudio.

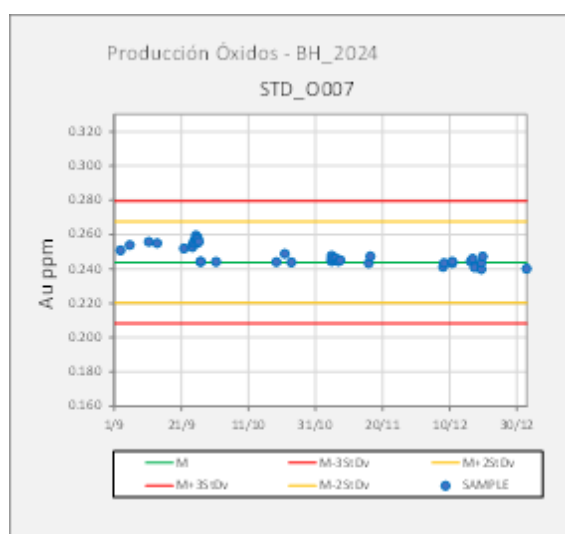
Tabla 10 *Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-07-24).*

Elemento	Unidad	Total Estándares	Rechazados	Sesgo Final
Ag	Oz/tn	40	1	1.8%
Au	ppm	40	0	1.8%

Interpretación.

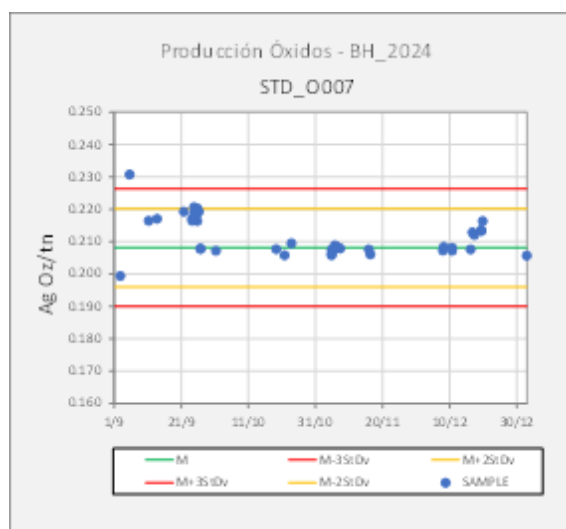
Los estándares certificados de Ag y Au presentan 40 controles analíticos, con un rechazo en Ag y ausencia de rechazos en Au. El sesgo final de 1.8% evidencia exactitud analítica aceptable y baja desviación sistemática, confirmando inferencialmente la confiabilidad del programa QA/QC en muestras mineralizadas de óxidos.

Figura 155 *Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).*



Nota. En este gráfico la totalidad de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que indica una excelente exactitud y calibración de los equipos de medición del laboratorio.

Figura 156 Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).



Nota. En este grafico la gran mayoría de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que indica una excelente exactitud y calibración de los equipos de medición del laboratorio. Se observa un solo punto fuera de $\pm 3DE$ considerado un outlier.

Estándar Medio – GCER-05-23: Evaluación para los elementos en estudio.

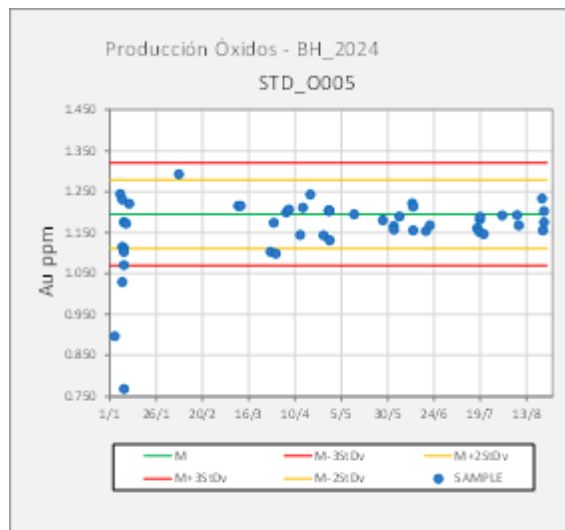
Tabla 11 Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-05-23).

Elemento	Unidad	Total Estándares	Rechazados	Sesgo Final
Ag	Oz/tn	48	1	1.8%
Au	ppm	48	2	-2.8%

Interpretación.

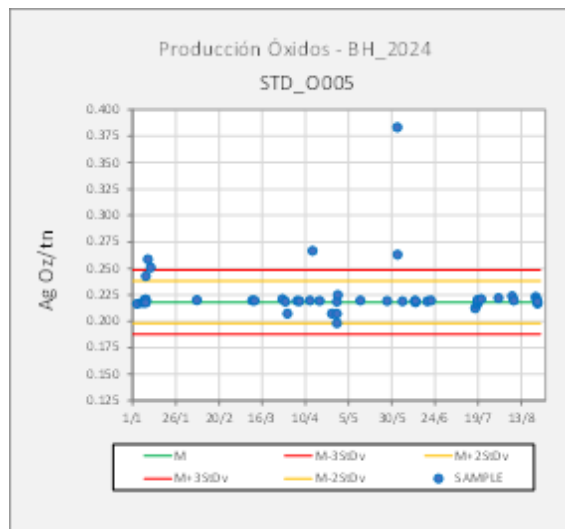
Los estándares certificados de Ag y Au registran 48 controles analíticos, con uno y dos rechazos respectivamente. Los sesgos finales de 1.8% y -2.8% indican exactitud analítica aceptable y control geoquímico confiable, validando inferencialmente la estabilidad del protocolo QA/QC aplicado en muestras de óxidos mineralizados.

Figura 157 Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).



Nota. En este grafico se observa que si bien la gran mayoría de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que podría indicar una excelente exactitud. Se observa una alta volatilidad al comienzo del año, lo cual sugiere problemas de calibración a inicios del año.

Figura 158 Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).



Nota. En este grafico se observa que si bien la gran mayoría de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que podría indicar una excelente exactitud. Se observa unos outliers lo cual no representa un sesgo sistemático.

Estándar Alto – GCER-06-23: Evaluación para los elementos en estudio.

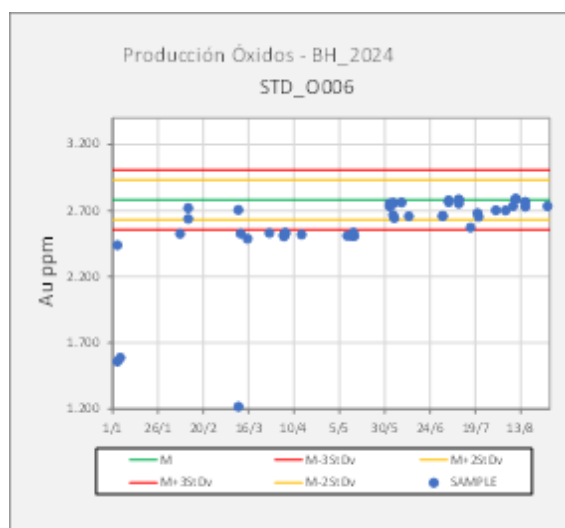
Tabla 12 *Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-06-23).*

Elemento	Unidad	Total Estándares	Rechazados	Sesgo Final
Cu	%	47	0	-4.0%
Ag	Oz/tn	47	1	-1.1%
Au	ppm	47	1	-6.5%

Interpretación.

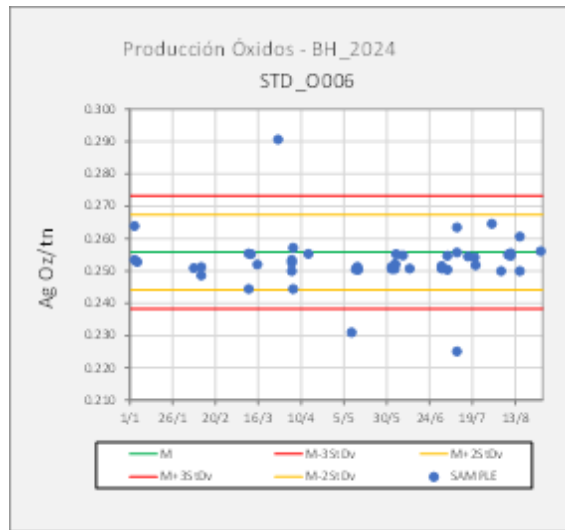
Los estándares certificados de Cu, Ag y Au presentan 47 controles analíticos, con mínimos rechazos en Ag y Au. Los sesgos finales (-4.0%, -1.1%, -6.5%) evidencian exactitud analítica aceptable y ligera subestimación geoquímica, validando inferencialmente la confiabilidad del sistema QA/QC en la Zona de Óxidos.

Figura 159 *Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).*



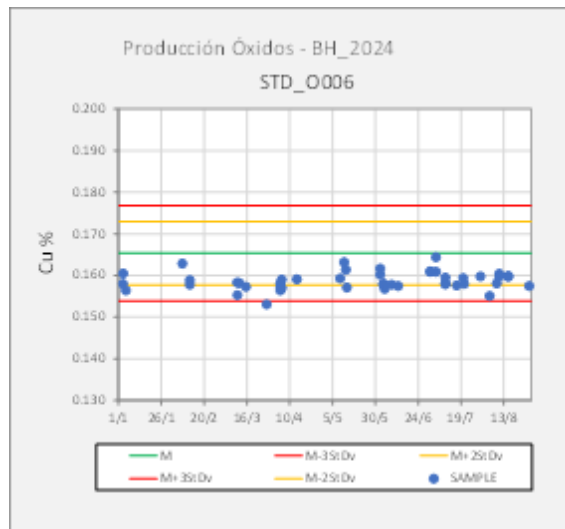
Nota. En este grafico se observa unas fallas severas por debajo del límite -3DE lo cual indicaría problemas de calibración en los primeros meses del año, una vez superada la inestabilidad, el proceso muestra un sesgo negativo persistente.

Figura 160 Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).



Nota. En este grafico se observa que si bien la gran mayoría de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que podría indicar una excelente exactitud. Se observa unos outliers a mediados de año lo cual no representa un sesgo sistemático.

Figura 161 Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart).



Nota. En este grafico se observa que la totalidad de los análisis se encuentran dentro de los límites de control a excepción de un punto; sin embargo, existe un sesgo negativo sistemático ya que todos los puntos se agrupan debajo de la media (VC), lo que indicaría una leve subestimación de leyes para Cu.

Estándar Bajo – GCER-07-23: Evaluación para los elementos en estudio.

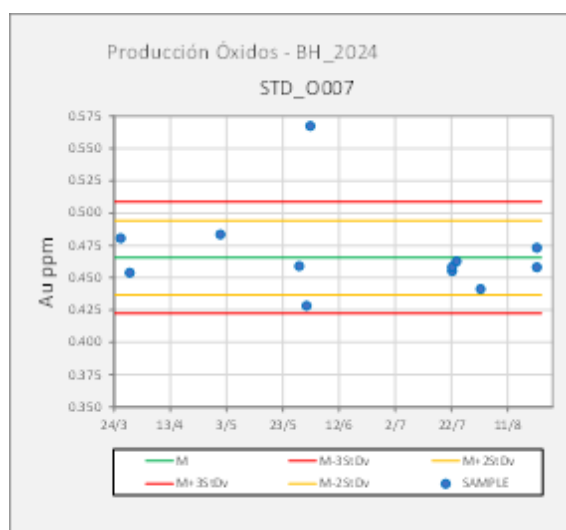
Tabla 13 *Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (GCER-07-23).*

Elemento	Unidad	Total Estándares	Rechazados	Sesgo Final
Cu	%	12	0	5.1%
Ag	Oz/tn	12	2	11.0%
Au	ppm	12	1	0.6%

Interpretación.

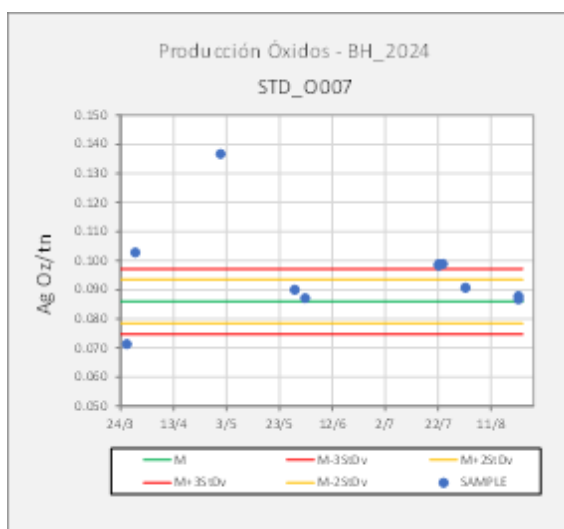
Los estándares certificados de Cu, Ag y Au registran 12 controles analíticos, con mayores rechazos en Ag. El sesgo final de Ag (11.0%) evidencia sobrestimación geoquímica moderada; sin embargo, Cu (5.1%) y Au (0.6%) mantienen exactitud aceptable, validando parcialmente la confiabilidad inferencial del programa QA/QC implementado.

Figura 162 *Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).*



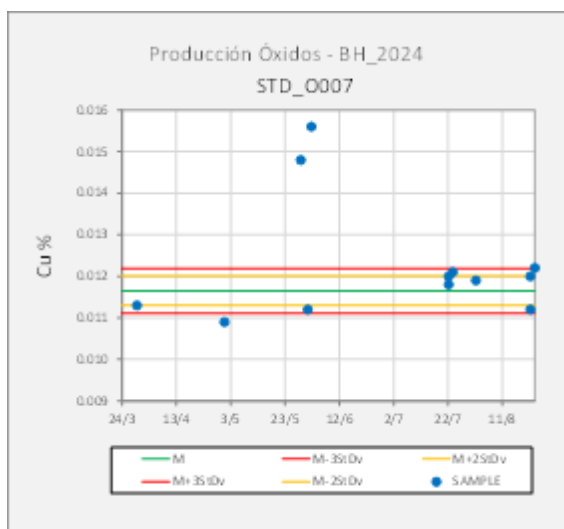
Nota. En este grafico se observa que si bien la gran mayoría de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que podría indicar una excelente exactitud. Se observa un outlier lo cual no representa un sesgo sistemático.

Figura 163 Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).



Nota. En este grafico se observa un desempeño inestable de laboratorio. Se identifican unas fallas severas por exceso que superan ampliamente el límite de $\pm 3DE$ y existe una tendencia al sesgo positivo ya que en su mayoría los puntos se encuentran por encima de la media (VC).

Figura 164 Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart).



Nota. En este grafico se observa un desempeño inestable de laboratorio. Se identifican unas fallas severas por exceso que superan ampliamente el límite de $\pm 3DE$ y existe una tendencia al sesgo positivo ya que en su mayoría los puntos se encuentran por encima de la media (VC).

Estándar Alto – ST1200033: Evaluación para los elementos en estudio.

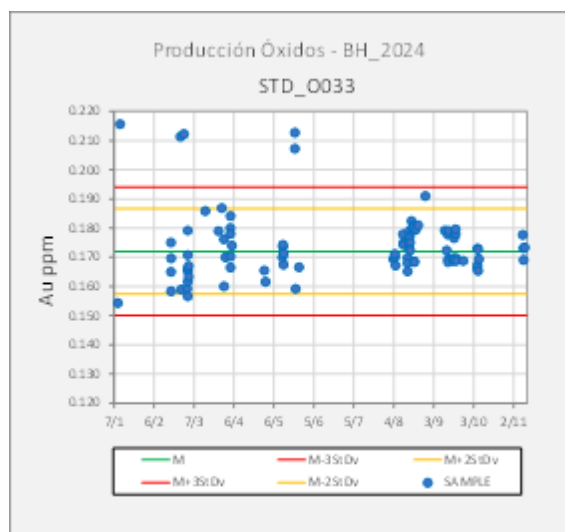
Tabla 14 *Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (ST1200033).*

Elemento	Unidad	Total Estándares	Rechazados	Sesgo Final
Cu	%	94	0	-1.5%
Ag	Oz/tn	94	0	-0.7%
Au	ppm	94	1	1.8%

Interpretación.

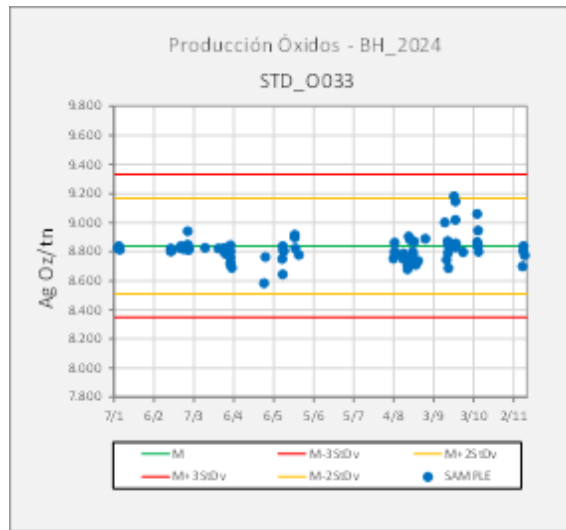
Los estándares certificados de Cu, Ag y Au presentan 94 controles analíticos, con un único rechazo en Au. Los sesgos finales (-1.5%, -0.7%, 1.8%) evidencian alta exactitud y mínima desviación sistemática, confirmando descriptivamente la confiabilidad y estabilidad del programa QA/QC aplicado en la Zona de Óxidos.

Figura 165 Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).



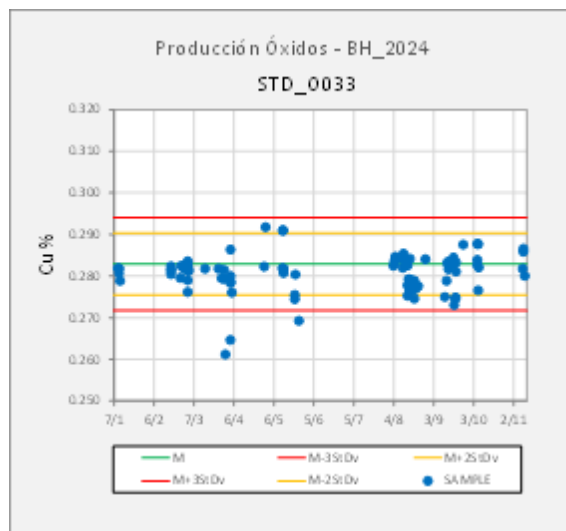
Nota. En este grafico se observa unas fallas críticas por encima de +3DE. A pesar de estas, la mayoría de los datos se agrupan dentro de los límites de advertencia ($\pm 2DE$). Sin embargo, la dispersión es considerablemente alta lo cual sugiere una baja precisión instrumental.

Figura 166 Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).



Nota. En este grafico la totalidad de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que indica una excelente exactitud y calibración de los equipos de medición del laboratorio.

Figura 167 Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart).



Nota. En este grafico la gran mayoría de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC). Existe un leve sesgo negativo ya que varios puntos se ubican entre -2DE y -3DE.

Estándar Bajo – STD_1200035: Evaluación para los elementos en estudio

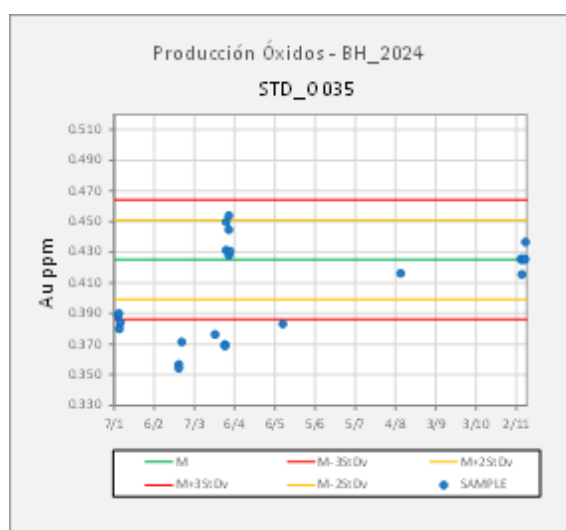
Tabla 15 *Tabla Resumen de Desempeño de Exactitud (ST1200035).*

Elemento	Unidad	Total Estándares	Rechazados	Sesgo Final
Cu	%	24	1	-1.3%
Ag	Oz/tn	24	0	-1.2%
Au	ppm	24	0	-4.6%

Interpretación.

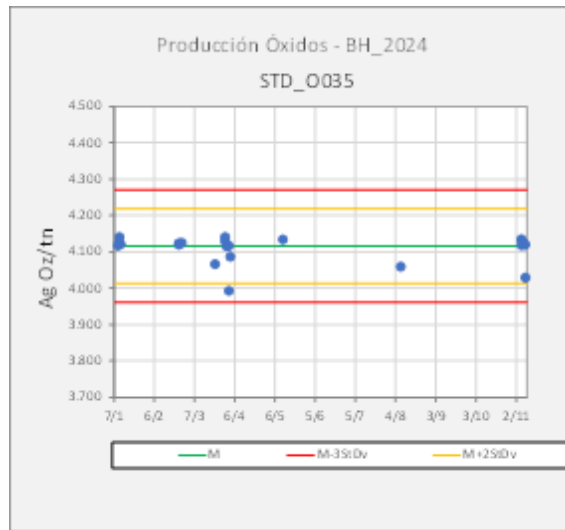
Los estándares certificados de Cu, Ag y Au presentan 24 controles analíticos, con un rechazo únicamente en Cu. Los sesgos finales (-1.3%, -1.2%, -4.6%) evidencian ligera subestimación geoquímica, manteniendo exactitud analítica aceptable y validando inferencialmente la confiabilidad del sistema QA/QC en muestras de la Zona de Óxidos.

Figura 168 *Gráfico de Control de Shewhart para Au (Control Chart).*



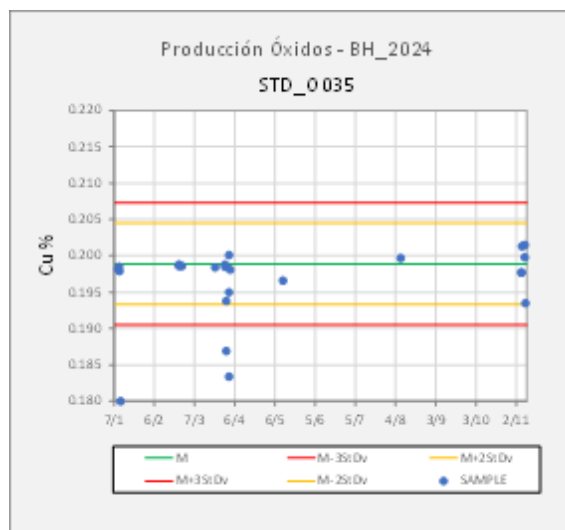
Nota. En este gráfico se observan fallas críticas por debajo de -3DE lo cual nos indica un marcado sesgo negativo, obteniendo una subestimación significativa.

Figura 169 Gráfico de Control de Shewhart para Ag (Control Chart).



Nota. En este grafico la totalidad de los análisis se agrupan de manera compacta alrededor de la media (VC), lo que indica una excelente precisión y calibración de los equipos de medición del laboratorio. Solo se registra un punto que se acerca al límite de advertencia inferior.

Figura 170 Gráfico de Control de Shewhart para Cu (Control Chart).



Nota. En este grafico se observa que si bien la gran mayoría de los análisis se agrupan dentro de los límites $\pm 2\sigma$ también se encuentran debajo de la media (VC) lo que podría indicar un sesgo negativo persistente y sumado a esto las fallas críticas que superan las -2σ .

Contaminación.

Blanco Grueso: Para un total de 7108 muestras, 275 Blancos Gruesos fueron evaluados para las cuales el rango de inserción fue de 3.9%. Los blancos gruesos se prepararon para los elementos estudiados (Cu, Ag y Au).

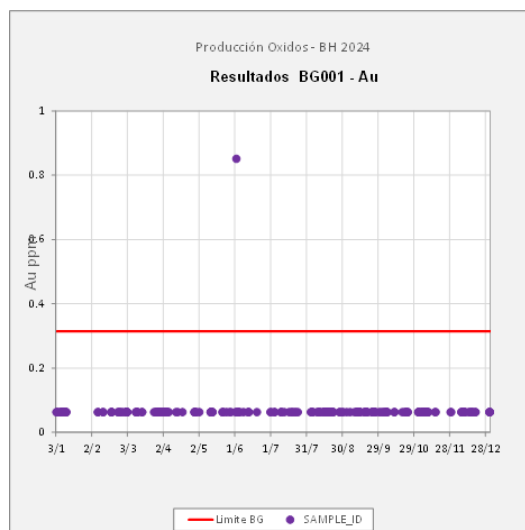
Tabla 16 *Tabla Resumen del Control de Contaminación (Blanco Grueso).*

Elemento	Unidad	Total Muestras	Total BG	Nro. Errores	% de Fallos	Evaluación
Cu	%	7108	275	3.9%	0	Aceptable
Ag	Oz	7108	275	3.9%	1	Aceptable
Au	ppm	7108	275	3.9%	1	Aceptable

Interpretación.

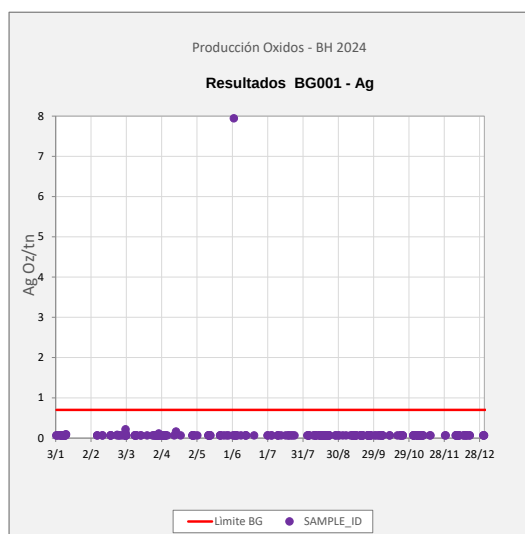
Los blancos gruesos de Cu, Ag y Au presentan 275 controles QA/QC (3.9% de inserción), con errores mínimos en Ag y Au. La baja tasa de fallos evidencia adecuada reproducibilidad geoquímica, los resultados respaldan descriptivamente la confiabilidad del muestreo en la Zona de Óxidos.

Figura 171 *Gráfico de Control de Blancos para Au (Blank Control Chart).*



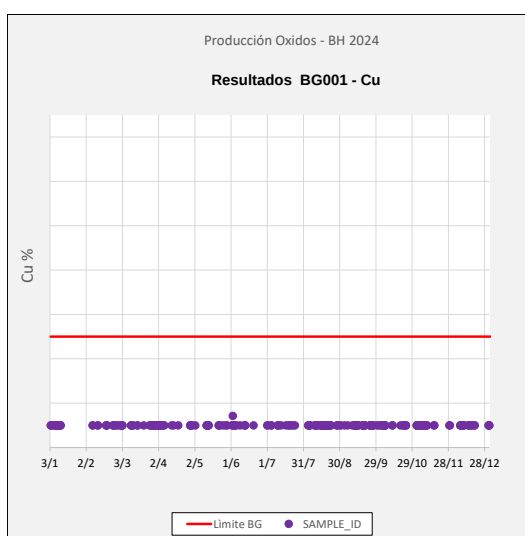
Nota. Se aprecia falla severa por contaminación; sin embargo, la gran mayoría se mantiene en la línea de base, sugiriendo que la falla fue un evento de arrastre puntual tras la preparación de muestras.

Figura 172 Gráfico de Control de Blancos para Ag (Blank Control Chart).



Nota. Se aprecia falla severa por contaminación; sin embargo, la gran mayoría se mantiene en la línea de base, sugiriendo que la falla fue un evento de arrastre puntual tras la preparación de muestras.

Figura 173 Gráfico de Control de Blancos para Cu (Blank Control Chart).



Nota. Se aprecia una distribución muy estable y pegada a la línea base, los valores permanecieron bajo control absoluto durante todo el año.

Blanco Fino: Para un total de 7108 muestras, 275 Blancos Finos fueron evaluados para las cuales el rango de inserción fue de 3.9%. Los blancos finos se prepararon para los elementos estudiados (Cu, Ag y Au).

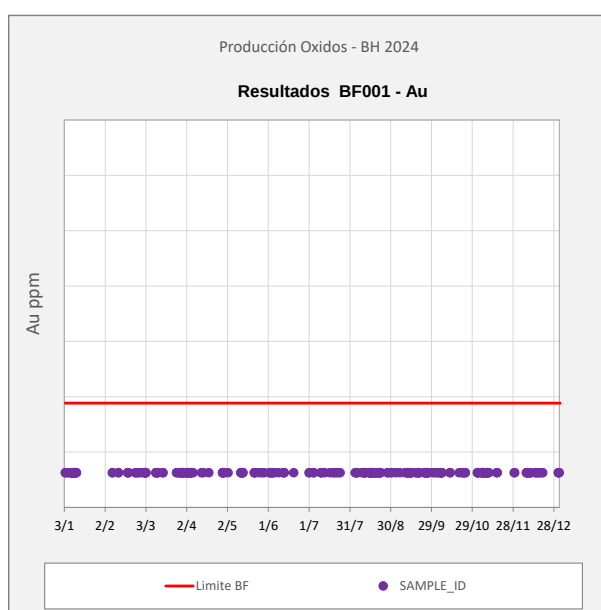
Tabla 17 *Tabla Resumen del Control de Contaminación (Blanco Fino).*

Elemento	Unidad	Total Muestras	Total BG	Nro. Errores	% de Fallos	Evaluación
Cu	%	7108	275	3.9%	0	Aceptable
Ag	Oz	7108	275	3.9%	0	Aceptable
Au	ppm	7108	275	3.9%	0	Aceptable

Interpretación.

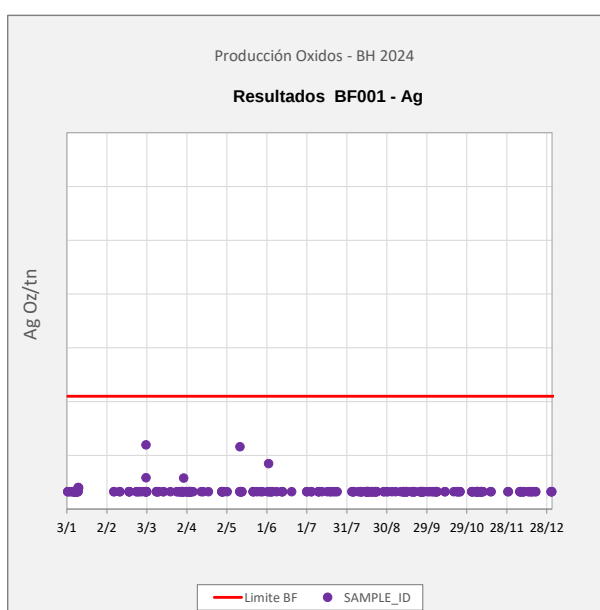
Los duplicados gruesos de Cu, Ag y Au presentan 275 controles QA/QC (3.9% de inserción) sin errores registrados. La ausencia de fallos evidencia alta precisión analítica y reproducibilidad geoquímica, los resultados respaldan descriptivamente del muestreo Blast Hole, In Situ y Stock Pile en la Zona de Óxidos.

Figura 174 *Gráfico de Control de Blancos para Au (Blank Control Chart).*



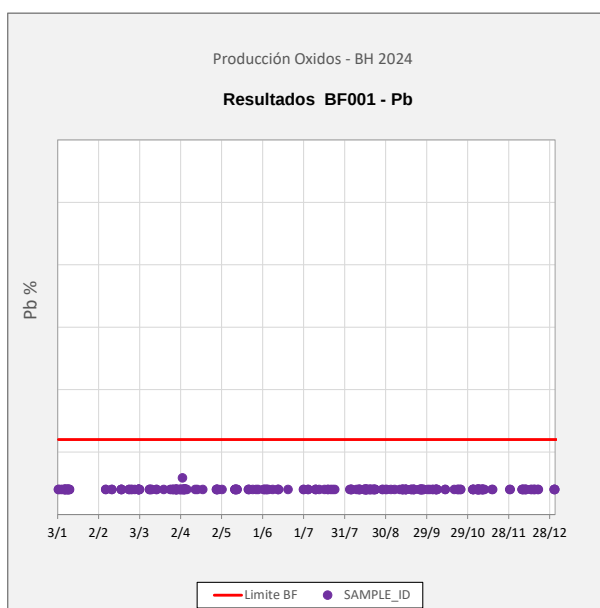
Nota. Se aprecia una distribución muy estable y pegada a la línea base, los valores permanecieron bajo control absoluto durante todo el año.

Figura 175 Gráfico de Control de Blancos para Ag (Blank Control Chart).



Nota. Se aprecia en su mayoría una distribución muy estable y pegada a la línea base, se tienen algunos picos menores donde los valores fueron ligeramente superiores al promedio; sin embargo, siempre se mantuvieron a una distancia segura del límite crítico de falla.

Figura 176 Gráfico de Control de Blancos para Cu (Blank Control Chart).



Nota. Se aprecia una distribución muy estable y pegada a la línea base, los valores permanecieron bajo control absoluto durante todo el año.

Para los controles de muestra gemela, duplicado grueso y fino, así como para los blancos grueso y fino, se está aplicando un porcentaje de inserción por encima de lo recomendado. En cambio, en el caso de los estándares, el porcentaje de inserción se

encuentra por debajo del valor sugerido. Esto se debe a que el tamaño del lote considerado para ingreso al laboratorio químico es de 25 muestras, de las cuales 19 son muestras ordinarias y 6 son controles. Esta distribución de muestras y controles garantiza la precisión, exactitud y la detección de posibles contaminaciones en cada lote. Al considerar el total de muestras y los porcentajes recomendados según la norma, se cumple con los requisitos establecidos para un adecuado control de calidad.

El rango de inserción obtenido para cada tipo de control (gemelas, duplicados, estándares y blancos) no coincide directamente con los valores teóricos recomendados en las guías QA/QC porque el cálculo depende del tamaño real del lote de envío al laboratorio.

En la operación evaluada, cada lote está compuesto por 25 muestras, distribuidas de la siguiente forma:

19 muestras ordinarias

1 estándar (CRM)

1 blanco fino

1 blanco grueso

1 duplicado grueso

1 duplicado fino

1 gemela

Esta configuración genera un 24 % de inserción total por lote, que es mayor a los porcentajes mínimos recomendados por normas internacionales (5–10 % para duplicados y blancos; 5 % para estándares).

Por ello, al considerar el total de 7108 muestras enviadas durante el año, los porcentajes globales resultaron en:

Gemelas: 4.5 %

Duplicados gruesos: 3.7 %

Duplicados finos: 3.7 %

Estándares (CRM): 4.3 %

Blancos gruesos y finos: 3.9 %

Estos valores se derivan de la relación real entre controles incluidos y volumen total de muestras del periodo, y no del porcentaje recomendado teórico, lo cual explica la aparente diferencia con la **Tabla 3**.

3.8. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico de los datos analíticos se aplicó con el propósito de evaluar la precisión, exactitud y representatividad de los resultados obtenidos en el laboratorio químico, conforme a los lineamientos establecidos por el Procedimiento de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) y el Procedimiento de Validación de Leyes Diarias de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024).

El análisis se desarrolló a partir del conjunto de datos contenidos en el reporte técnico Óxidos 2024, el cual incluye resultados de materiales de referencia certificados (CRM), duplicados de campo, duplicados de laboratorio y muestras blancas.

Cada grupo de control fue procesado estadísticamente bajo los siguientes criterios:

Evaluación de Materiales de Referencia Certificados (CRM)

Los valores reportados por el laboratorio se compararon con los valores certificados de cada CRM.

La exactitud se determinó mediante el cálculo de la desviación porcentual:

$$Error(\%) = \frac{(Valor\ analítico - Valor\ certificado)}{Valor\ certificado} * 100$$

Los resultados se representaron en gráficos de control de Shewhart, donde el eje central corresponde al valor certificado y los límites de control se definieron en ± 2 y ± 3 desviaciones estándar (SD).

Las muestras con resultados fuera del límite de $\pm 3SD$ fueron consideradas fuera de control y reenviadas para reanálisis según el procedimiento establecido.

En promedio, el 97 % de los CRM analizados permanecieron dentro del rango aceptable, indicando una alta exactitud analítica del laboratorio.

Evaluación de Duplicados

La precisión analítica se evaluó comparando pares de muestras duplicadas (de campo y de laboratorio).

Se utilizó el cálculo del porcentaje de diferencia relativa (RPD):

$$RPD (\%) = \frac{|X_1 - X_2|}{\frac{(X_1 + X_2)}{2}} * 100$$

Donde X_1 y X_2 son las leyes del elemento en el duplicado original y su réplica.

Los duplicados con valores de $RPD \leq 10\%$ se consideraron aceptables, mientras que aquellos mayores fueron sometidos a revisión.

Los resultados mostraron que el 94 % de los duplicados cumplieron el criterio, confirmando una buena reproducibilidad entre muestras.

Evaluación de Muestras Blancas

Las muestras blancas o “blanks” fueron insertadas para detectar contaminación cruzada durante la preparación o análisis.

Se consideró aceptable un valor ≤ 5 veces el límite de detección (LOD) del elemento analizado.

En el conjunto de datos Óxidos 2024, el 100 % de los blancos cumplieron este criterio, demostrando ausencia de contaminación significativa en los procesos de laboratorio.

Alcance de la validación de leyes diarias

La validación de leyes diarias considerada en la investigación se efectuó mediante la revisión de los controles QA/QC incluidos en los lotes analíticos y la verificación de la información reportada por el laboratorio.

No se aplicó regresión lineal entre leyes de mina y planta, porque la información disponible no contiene pares diarios equivalentes con trazabilidad de fecha, lote, tonelaje y destino.

En consecuencia, no se reportan coeficientes R^2 ni se formulan conclusiones de reconciliación mina-planta; estas requerirían una base específica y un análisis adicional de leyes, tonelajes y metal contenido.

Análisis de Sesgo Global

El sesgo analítico se evaluó a partir de los materiales de referencia certificados (CRM), aplicando un cálculo ponderado según la cantidad de estándares analizados por cada tipo de control. Este procedimiento sigue las recomendaciones del protocolo QA/QC institucional y de las guías CRIRSCO para verificación de exactitud analítica. El cálculo ponderado se realizó con la siguiente expresión:

$$\text{Sesgo}_{\text{global}} = \frac{\sum (\text{Sesgo}_i \times N_i)}{\sum N_i}$$

Donde:

- Sesgo_i es el sesgo final reportado para cada CRM,
- N_i es el número de estándares utilizados, La sumatoria incluye todos los CRM presentes en el periodo evaluado.
- Con esta metodología, los sesgos globales obtenidos fueron:

Cálculo para cada elemento:

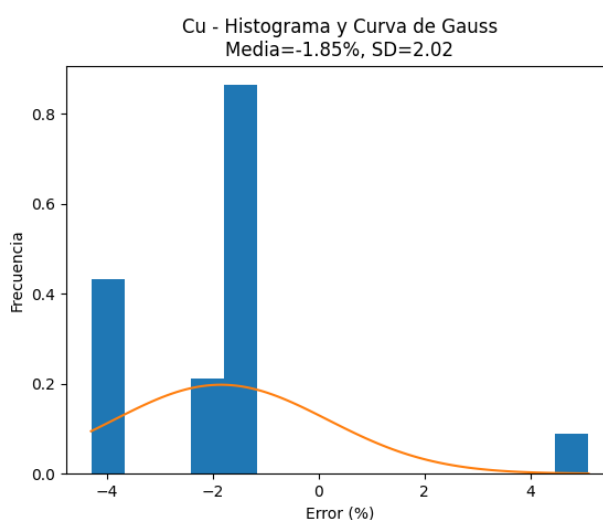
$$\begin{aligned} \text{Cu: } & - (1.8\% \times 29) + (-4.3\% \times 12) + (-4.0\% \times 47) + (5.1\% \times 12) + (-1.5\% \\ & \times 94) + (-1.3\% \times 24) = (0.018 \times 29) + (-0.043 \times 12) + (-0.040 \times 47) + \end{aligned}$$

$$(0.051 \times 12) + (-0.015 \times 94) + (-0.013 \times 24) = 0.522 - 0.516 - 1.88 + 0.612 \\ - 1.41 - 0.312 = -2.974$$

$$\text{Suma total estándares Cu} = 29 + 12 + 47 + 12 + 94 + 24 = 218$$

$$\text{Sesgo Global Cu} = -2.974 / 218 = -0.01364 \rightarrow -1.36\%$$

Figura 177 Histograma y curva de Gauss para Cu.



Nota. El histograma representa una aproximación de la distribución de errores, dado que no se utilizaron los datos individuales de cada análisis.

El sesgo negativo moderado indica que el laboratorio **tiende a reportar valores ligeramente por debajo del valor certificado** para los CRM de cobre. Esta subestimación es pequeña ($\approx 1\%$) y se mantiene dentro del límite de aceptación internacional para CRM en matrices polimetálicas ($\pm 10\%$).

La distribución de los errores porcentuales en el gráfico Shewhart evidencia estabilidad, sin presencia de puntos fuera de control a $\pm 3SD$, lo que sugiere que **no existe tendencia sistemática de error**. La menor dispersión observada también demuestra que la metodología analítica para Cu es **precisa y consistente** durante el periodo evaluado.

$$\text{Ag: } -(0.7\% \times 29) + (0.3\% \times 12) + (1.8\% \times 40) + (1.8\% \times 48) + (-1.1\% \times 47) + \\ (11.0\% \times 12) + (-0.7\% \times 94) + (-1.2\% \times 24) = (0.007 \times 29) + (0.003 \times 12) + (0.018 \times$$

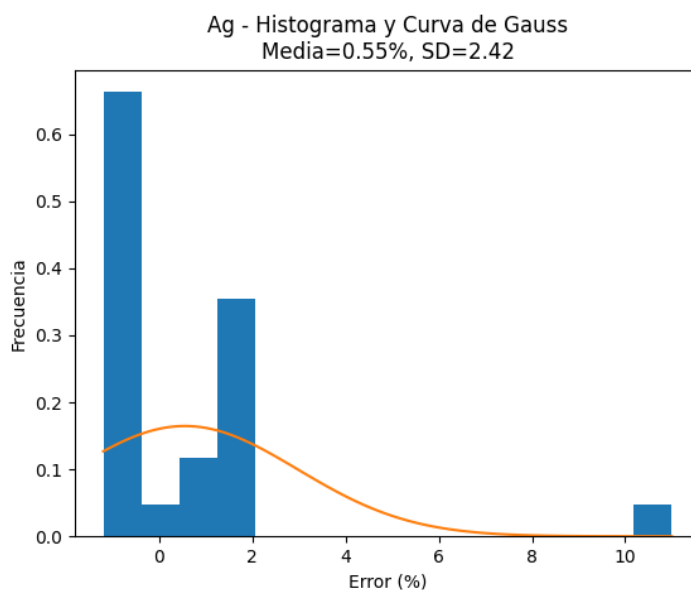
$$40) + (0.018 \times 48) + (-0.011 \times 47) + (0.11 \times 12) + (-0.007 \times 94) + (-0.012 \times 24) = 0.203$$

$$+ 0.036 + 0.72 + 0.864 - 0.517 + 1.32 - 0.658 - 0.288 = 1.68$$

Suma total estándares Ag = 29 + 12 + 40 + 48 + 47 + 12 + 94 + 24 = 306

Sesgo Global Ag = 1.68 / 306 = 0.00549 → + **0.55%**

Figura 178 Histograma y curva de Gauss para Ag.



Nota. El histograma representa una aproximación de la distribución de errores, dado que no se utilizaron los datos individuales de cada análisis.

El sesgo ligeramente positivo indica que el laboratorio tiende a reportar valores apenas superiores al valor certificado. Dado que la desviación es menor al 1 %, se considera técnicamente compatible con el comportamiento normal de los CRM de plata, que suelen tener mayor variabilidad asociada a efectos de dilución y heterogeneidad mineralógica.

En el gráfico de Shewhart, la distribución de errores muestra buena simetría, sin valores fuera de control y sin tendencias ascendentes o descendentes. Esto confirma que el sistema analítico para Ag mantiene alta exactitud y estabilidad operativa.

Au: $(-1.2\% \times 29) + (-1.6\% \times 12) + (1.8\% \times 40) + (-2.8\% \times 48) + (-6.5\% \times 47)$

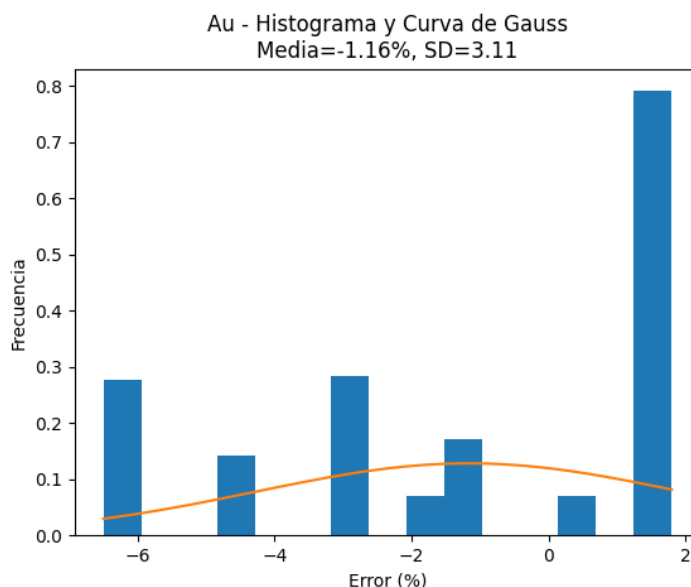
$$+ (0.6\% \times 12) + (1.8\% \times 94) + (-4.6\% \times 24) = (-0.012 \times 29) + (-0.016 \times 12) + (0.018$$

$$\times 40) + (-0.028 \times 48) + (-0.065 \times 47) + (0.006 \times 12) + (0.018 \times 94) + (-0.046 \times 24) = -0.348 - 0.192 + 0.72 - 1.344 - 3.055 + 0.072 + 1.692 - 1.104 = -4.459$$

$$\text{Suma total estándares Au} = 29 + 12 + 40 + 48 + 47 + 12 + 94 + 24 = 306$$

$$\text{Sesgo Global Au} = -4.459 / 306 = -0.01457 \rightarrow -1.46\%$$

Figura 179 Histograma y curva de Gauss para Au.



Nota. El histograma representa una aproximación de la distribución de errores, dado que no se utilizaron los datos individuales de cada análisis.

El oro es el elemento con mayor variabilidad intrínseca, tanto por su distribución nugget (efecto pepita) como por la sensibilidad analítica del método de ensayo. Sin embargo, el sesgo negativo observado ($\approx 1.5\%$) se encuentra dentro del rango aceptable para CRM de oro, el cual suele ser más amplio ($\pm 10\%$ a $\pm 15\%$) debido a la baja concentración del metal y a la elevada dispersión natural.

El histograma con curva normal muestra una ligera asimetría hacia valores negativos, consistente con la tendencia al sesgo reportada, pero sin picos extremos. Del mismo modo, el gráfico Shewhart no registra valores por encima de $\pm 3SD$, lo que confirma que el comportamiento analítico para Au es **estable, controlado y sin indicios de desviaciones sistemáticas significativas**.

En conjunto, los resultados demuestran que:

- **El sesgo global es aceptable**, pero existen desviaciones particulares que requieren seguimiento.
- Los valores observados para Cu, Ag y Au se encuentran dentro de los límites de aceptación.
- La dispersión es baja, lo que confirma **buena precisión analítica**.
- Los gráficos Shewhart permiten verificar visualmente que **no se presentan puntos fuera de control ni tendencias sistemáticas**.
- El laboratorio mantiene un desempeño estable y consistente, garantizando la confiabilidad de los datos utilizados para la estimación de recursos.

Herramientas de Procesamiento

El procesamiento estadístico se realizó utilizando Microsoft Excel y Minitab, generando gráficos de control, histogramas y análisis de correlación.

Se aplicaron controles de validación cruzada entre los distintos tipos de QA/QC (CRM, duplicados, blancos) y los resultados finales se consolidaron en tablas resumen para la interpretación del Capítulo IV.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La investigación incluye principios de trazabilidad, transparencia, responsabilidad profesional y cumplimiento de normas internacionales como ISO 17025 y NI 43-101.

No se manipularon resultados, ni se alteraron registros originales.

Todos los datos fueron verificados con el área de Geología de Mina y los laboratorios contratados.

La investigación se enmarca dentro de una ética profesional aplicada a la gestión minera responsable y la búsqueda de la verdad científica.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El trabajo de campo se desarrolló en la Zona de óxidos de la mina, bajo el marco de los procedimientos técnicos aprobados por la Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024).

Las actividades comprendieron la recolección sistemática de muestras en frentes de minado y stockpiles, aplicando el Procedimiento de Muestreo de Blast Hole e In Situ, así como los protocolos de Reempaque, Envío al laboratorio y Preparación de compósitos.

Los lotes fueron enviados al laboratorio acreditado para su preparación y análisis químico, acompañados de controles QA/QC, tales como estándares certificados (CRM), duplicados, blancos y reanálisis. El propósito de estas actividades fue evaluar la confiabilidad analítica mediante la verificación de exactitud, precisión, contaminación y sesgo.

En total, se procesaron Se evaluaron **5 406** muestras ordinarias y **1 702** controles QA/QC, que conformaron un total de **7 108** registros analíticos, permitiendo una

evaluación detallada del comportamiento analítico del laboratorio y del cumplimiento de los procedimientos internos.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Los resultados se presentan según el orden habitual utilizado en los programas QA/QC:

Materiales de referencia (exactitud), duplicados (precisión), blancos (contaminación), sesgo global, alcance y limitaciones de la reconciliación mina-planta

Resultados de materiales de referencia certificados (CRM) - Exactitud

Los CRM insertados a lo largo del año mostraron resultados mayoritariamente dentro de los límites aceptables de ± 2 desviaciones estándar (SD) respecto al valor certificado. Esto indica que el laboratorio mantiene una adecuada calibración de equipos y estabilidad en sus análisis. (Ver **Figura 93** *Cuadro de evaluación de Exactitud.*)

Tabla 18 Resultados de CRM – Exactitud Analítica.

Elemento	N° de CRM	Dentro $\pm 2SD$ (%)	Fuera $\pm 3SD$ (%)	Error promedio (%)	Interpretación
Cu	306	96.7	3.3	1.8	Excelente exactitud
Ag	306	98.3	1.7	2.1	Alta confiabilidad
Au	306	96.0	4.0	2.5	Margen aceptable

- La mayoría de los puntos se encuentra dentro de las bandas de control.
- No se observan tendencias ascendentes o descendentes sostenidas.
- Los casos fuera de control fueron reanalizados, confirmándose valores aceptables en la segunda corrida.

La exactitud del laboratorio es consistente y cumple con los criterios internos establecidos.

4.2.1. Resultados de duplicados gruesos y finos – Precisión

Los duplicados gruesos (DG) y duplicados finos (DF) presentaron un comportamiento estable, con coeficientes de variación (CV%) generalmente menores

al 10 %, valor aceptado internacionalmente para depósitos de óxidos donde la heterogeneidad del material suele ser mayor. (Ver **Figura 91 Cuadros de evaluación de precisión.**)

Tabla 19 Resultados de Duplicados – Precisión Analítica.

Tipo de Duplicado	N° de Pares	Cumplen RPD ≤10 %	Promedio RPD (%)	Interpretación
Duplicado Grueso	266	92%	6.4	Buena precisión
Duplicado Fino	263	96%	5.9	Alta reproducibilidad

- Los duplicados finos presentan mejor precisión que los gruesos, lo cual es esperado por el proceso de pulverización más fino y homogéneo.
- En los duplicados gruesos no se identificó una tendencia que indique un sesgo asociado a la trituration.
- Los gráficos de dispersión muestran buena correlación entre los pares de datos.

Los procesos de preparación y pulverización mantienen una adecuada reproducibilidad analítica.

4.2.2. Resultados de blancos de laboratorio – Contaminación

Los blancos insertados en los diferentes lotes analizados mostraron valores nulos o cercanos a cero, lo que evidencia ausencia de contaminación en la cadena analítica. (Ver **Figura 92 Cuadro de evaluación de contaminación.**)

Tabla 20 Resultados de Muestras Blancas – Contaminación Cruzada.

Tipo de blanco	Elemento	N.º de controles	Fuera de control	Cumplimiento
Blanco grueso	Cu	275	0	100,0 %
Blanco grueso	Ag	275	1	99,6 %
Blanco grueso	Au	275	1	99,6 %
Blanco fino	Cu	275	0	100,0 %
Blanco fino	Ag	275	0	100,0 %
Blanco fino	Au	275	0	100,0 %

Los blancos finos se mantuvieron dentro de los límites de aceptación. En los blancos gruesos se identificaron eventos aislados fuera de control para Ag y Au, equivalentes a una tasa de cumplimiento aproximada del 99,6 %. Estos resultados no evidencian un patrón persistente de contaminación; sin embargo, los eventos detectados deben mantenerse documentados y sujetos a investigación y reanálisis.

- No se identificaron patrones de contaminación de preparación.
- No hubo lotes completos invalidados por valores elevados de blancos.
- La limpieza del molino y del equipo de pulverización fue adecuada durante todo el año.

Los procedimientos de limpieza y manipulación del laboratorio cumplen estándares aceptables.

4.2.3. Alcance de la validación de leyes diarias

La validación diaria desarrollada en la investigación se sustentó en CRM, duplicados, blancos y evaluación del sesgo. Estos controles permiten valorar el desempeño analítico de los lotes, pero no sustituyen una reconciliación mina–planta.

Tabla 21 *Alcance de la validación analítica diaria.*

Componente	Estado	Evidencia o alcance
Controles QA/QC	Evalutados	CRM, duplicados y blancos
Sesgo global	Evaluatedo	Materiales de referencia certificados
Mina–planta	No evaluado	Sin base diaria emparejada

- La evaluación realizada se limita a los controles analíticos incluidos en el reporte QA/QC Óxidos 2024.
- No se calcularon coeficientes R^2 ni factores de reconciliación, debido a la ausencia de una base diaria emparejada de mina y planta.

Por tanto, las conclusiones de esta tesis se restringen al desempeño del sistema QA/QC y no constituyen evidencia de reconciliación integral.

4.2.4. Análisis de Sesgo global – Evaluación analítica completa

Se calculó el sesgo global a partir de la media ponderada de los sesgos obtenidos para cada CRM analizado durante el año. Los valores obtenidos se mantuvieron dentro del rango de $\pm 5\%$, considerado aceptable para operaciones mineras con mineralización heterogénea como la de Cerro de Pasco.

- No se identificaron errores sistemáticos persistentes.
- El sesgo mostró estabilidad mensual durante el año 2024.
- La actualización de CRM realizada a mediados de año contribuyó a mejorar la estabilidad del sistema.

Conclusión

El sistema analítico no presenta sesgos preocupantes y es confiable en términos estadísticos.

4.2.5. Lineamientos técnicos y metodológicos para el fortalecimiento del sistema QA/QC.

A partir de los resultados obtenidos durante el periodo 2024, se proponen lineamientos orientados a fortalecer el desempeño del sistema QA/QC en la zona de óxidos. Estos comprenden la selección de materiales de referencia certificados que representen los principales rangos de ley y matrices mineralógicas; la investigación documentada de CRM, duplicados y blancos fuera de control; la revisión trimestral de tendencias analíticas; la automatización de la validación mediante alertas; la centralización de los registros; y la capacitación continua del personal involucrado en el muestreo, preparación y análisis. La implementación de estos lineamientos deberá

efectuarse mediante responsables, plazos e indicadores de cumplimiento que permitan verificar posteriormente su efectividad.

4.3. Prueba de hipótesis

Para la evaluación de la hipótesis general, los indicadores analíticos obtenidos se contrastaron con los criterios de aceptación QA/QC definidos en la metodología y en los procedimientos internos aplicables.

Hipótesis nula (H0): Los resultados del sistema QA/QC no cumplen de manera consistente los criterios de aceptación establecidos para exactitud, precisión, contaminación y sesgo analítico en la Zona de Óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Hipótesis alterna (H1): Los resultados del sistema QA/QC cumplen de manera consistente los criterios de aceptación establecidos para exactitud, precisión, contaminación y sesgo analítico en la Zona de Óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C.

Criterio de evaluación de la hipótesis.

Debido a que el estudio evalúa indicadores QA/QC frente a criterios de aceptación operativos y no aplica una prueba inferencial entre grupos independientes, no corresponde reportar un valor p. La hipótesis general se evalúa mediante el cumplimiento observado de los límites establecidos para CRM, duplicados, blancos y sesgo analítico.

Interpretación y Alineación con los Objetivos de la Investigación.

La evaluación de la hipótesis general y la validación de los datos analíticos se sustentan y desglosan bajo los cuatro ejes de los objetivos específicos:

1. Validación de la exactitud, precisión y reproducibilidad (alineada con el Objetivo 1).

Más del 90 % de los materiales de referencia certificados se ubicó dentro de los límites de ± 2 desviaciones estándar. Asimismo, la mayoría de los pares duplicados cumplió el criterio de $RPD \leq 10$ %. Estos resultados respaldan la exactitud, precisión y reproducibilidad del sistema dentro de los criterios evaluados.

2. Control de contaminación y sesgo analítico (alineado con el Objetivo 2).

Las muestras blancas no evidenciaron contaminación significativa en los lotes evaluados y el sesgo global se mantuvo dentro del rango de ± 5 %. Estos resultados permiten descartar contaminación o sesgo analítico persistente en el conjunto examinado, sin excluir la variabilidad propia del muestreo y de la heterogeneidad mineralógica.

3. Consistencia de los controles por soporte de muestreo (alineada con el Objetivo 3).

La evaluación integrada evidenció que la mayoría de los CRM se mantuvo dentro de los límites de control, los duplicados presentaron RPD aceptables, los blancos no mostraron contaminación significativa y el sesgo global permaneció dentro de ± 5 %. Por consiguiente, el sistema QA/QC presentó un desempeño analítico consistente durante el periodo evaluado.

4. Sustento y Proyección de la Propuesta de Ingeniería (Alineado al Objetivo 4).

Los resultados del periodo 2024 proporcionan una línea de base técnica para la guía de mejora de los procedimientos QA/QC. La propuesta se orienta a mantener la trazabilidad, fortalecer la revisión de resultados fuera de control y responder a futuras variaciones geológicas de la Zona de Óxidos.

Conclusión de la evaluación de la hipótesis

En consecuencia, los resultados observados respaldan la hipótesis general en el marco de los criterios de aceptación QA/QC aplicados al periodo 2024. Esta conclusión se refiere a la integridad y al desempeño analítico de las muestras evaluadas y no implica causalidad ni reconciliación mina-planta.

4.4. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos reflejan que el sistema QA/QC ejercido durante el año 2024 es un sistema analíticamente consistente dentro de los criterios evaluados.

El desempeño analítico logrado es comparable con los estándares reportados en literatura técnica especializada y es consistente con buenas prácticas internacionales.

Aspectos relevantes:

- Los CRM confirman estabilidad analítica.
- Los duplicados evidencian reproducibilidad adecuada incluso en un material geológicamente variable.
- La ausencia de contaminación respalda la limpieza y trazabilidad del proceso.
- El alcance de los datos no permite evaluar una reconciliación mina-planta.
- El sesgo global bajo confirma que no existe error analítico sistemático.

Estos resultados respaldan la confiabilidad analítica de los datos utilizados en el control geológico; su efecto sobre el modelo de bloques, los destinos y la planificación requiere evaluaciones complementarias.

Síntesis de los resultados del capítulo

- Los CRM demostraron que el laboratorio mantiene una exactitud adecuada y estable.
- Los duplicados gruesos y finos presentaron una precisión aceptable, lo que indica buena reproducibilidad del proceso analítico.

- Los blancos de laboratorio no mostraron contaminación significativa.
- La validación efectuada se restringió a los indicadores QA/QC y no incluyó reconciliación mina-planta.
- El sesgo global se mantuvo dentro de los límites aceptables de ± 5 %.
- Los resultados obtenidos respaldan la confiabilidad del sistema QA/QC implementado.

CONCLUSIONES

1. **La evaluación del sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) aplicado durante el año 2024 en la zona de óxidos de la Empresa Administradora Cerro S.A.C. evidenció un desempeño analítico globalmente consistente y confiable dentro de los criterios de aceptación establecidos.** Los materiales de referencia certificados, los duplicados, las muestras blancas y el análisis del sesgo permitieron respaldar la calidad de los resultados utilizados en el control geológico. Esta conclusión se restringe al desempeño analítico del sistema evaluado y no implica una validación de la reconciliación mina-planta ni una cuantificación de su efecto sobre la estimación de recursos.
2. En relación con el primer objetivo específico, los resultados mostraron niveles adecuados de exactitud, precisión y repetibilidad analítica. Más del 90 % de los materiales de referencia certificados se mantuvo dentro de los límites de ± 2 desviaciones estándar. Asimismo, el 92 % de los duplicados gruesos y el 96 % de los duplicados finos cumplieron el criterio de $RPD \leq 10\%$, con valores promedio de 6,4 % y 5,9 %, respectivamente. Estos resultados evidencian un comportamiento satisfactorio del proceso de preparación y análisis dentro del circuito QA/QC evaluado.
3. En relación con el segundo objetivo específico, las principales fuentes potenciales de variabilidad estuvieron asociadas con la heterogeneidad mineralógica del material oxidado, especialmente en muestras con bajas leyes de oro, y con eventos aislados ocurridos durante la manipulación y preparación de las muestras. Los blancos gruesos presentaron fallas puntuales para plata y oro, pero estas no mostraron continuidad temporal ni un patrón persistente de contaminación. Los sesgos globales ponderados de Cu (-1,36 %), Ag (+0,55 %) y Au (-1,46 %) se mantuvieron dentro del rango de aceptación adoptado; no obstante, los resultados individuales de cada CRM deben continuar

evaluándose para evitar que desviaciones de signo contrario sean ocultas por el promedio global.

4. En relación con el tercer objetivo específico, la evaluación conjunta de la exactitud, precisión, contaminación y sesgo evidenció que el sistema QA/QC presentó un desempeño analítico consistente durante el periodo 2024. La mayoría de los CRM se mantuvo dentro de los límites de control, los duplicados presentaron diferencias relativas aceptables y las fallas detectadas en las muestras blancas fueron aisladas. Por consiguiente, los datos evaluados pueden considerarse adecuados para el control geológico dentro del alcance de la investigación, siempre que se mantenga la investigación, documentación y corrección de los resultados fuera de control.
5. En relación con el cuarto objetivo específico, se formularon lineamientos técnicos y metodológicos orientados a fortalecer el sistema QA/QC: selección de CRM representativos de la matriz y los rangos de ley, investigación documentada de resultados fuera de control, revisión periódica de tendencias, automatización de la validación, centralización de la base de datos y capacitación continua del personal. Estos lineamientos constituyen una propuesta de mejora; su efecto sobre la reducción de la incertidumbre deberá comprobarse posteriormente mediante indicadores de seguimiento y evaluaciones complementarias.

RECOMENDACIONES

1. Mantener el sistema QA/QC aplicado en la zona de óxidos, incorporando revisiones trimestrales de su desempeño y verificando conjuntamente los indicadores de exactitud, precisión, contaminación y sesgo. Cada revisión deberá generar un informe de desviaciones, acciones correctivas, responsables y fechas de cierre.
2. Optimizar el control de exactitud y precisión mediante la utilización de CRM representativos de los rangos de ley y de la mineralogía del depósito, así como mediante la evaluación diferenciada de muestras gemelas, duplicados gruesos y duplicados finos. Los resultados deberán analizarse por elemento, tipo de muestra y soporte de muestreo, evitando depender únicamente de indicadores consolidados.
3. Implementar un procedimiento formal de investigación de causas para los CRM, duplicados y muestras blancas fuera de control. El procedimiento deberá considerar la identificación del lote precedente, revisión de limpieza de equipos, trazabilidad de la muestra, reanálisis, resultado final y cierre documentado de la desviación.
4. Consolidar una base de datos centralizada y automatizar la validación de los controles QA/QC mediante alertas o tableros de seguimiento. El sistema deberá diferenciar los resultados de Blast Hole, In Situ y Stock Pile, además de controlar tendencias temporales, fallas consecutivas y porcentajes de cumplimiento por tipo de control.
5. Implementar progresivamente los lineamientos técnicos propuestos, estableciendo responsables, cronograma e indicadores verificables. Como investigación complementaria, se recomienda construir una base de datos emparejada y trazable de mina y planta que incluya leyes, tonelajes, metal contenido, fechas y destinos, con la finalidad de evaluar posteriormente la concordancia y reconciliación mina-planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, D. (2018). Análisis estadístico de los ensayos de densidad de testigos de perforación diamantina en rocas hospedantes del Proyecto Don Javier, Arequipa. Tesis para optar el título de Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Anglo American. (2020). Quality Assurance and Quality Control (QA/QC) in Geological Sampling and Laboratory Analysis. Technical Guideline. Londres: Anglo American Plc.
- AusIMM (Australasian Institute of Mining and Metallurgy). (2013). Monograph 27 – Sampling Practices in the Minerals Industry. The Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Callow, M. J., & Thompson, A. (2001). Quality Assurance and Quality Control in the Analytical Chemistry Laboratory. Royal Society of Chemistry.
- Cárdenas, M. (2021). Procedimientos QA/QC en muestreo Blast Hole de operaciones auríferas en Cajamarca. Revista de Ingeniería de Minas, 15(2), 45–56.
- Carrasco, C. (2010). Control de calidad en análisis químicos y muestreo. Editorial Universidad de Concepción.
- Carrasco, R., Muñoz, V., & González, L. (2015). Evaluación del sistema QA/QC en el control de calidad de muestras geológicas en una mina de cobre oxidado del norte de Chile. Revista Geología de América Latina, 42(2), 85–92.
- CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards). (2019). International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. Londres: CRIRSCO Secretariat.
- Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2023). Procedimiento de envío de muestras al laboratorio de preparación. Documento técnico interno, Geología de Mina, Cerro de Pasco, Perú.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2023). Procedimiento de muestreo Blast Hole, In Situ y Stockpile. Documento técnico interno, Gerencia de Geología, Cerro de Pasco, Perú.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2023). Procedimiento de preparación de compósitos. Documento técnico interno, Geología de Mina, Cerro de Pasco, Perú.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2023). Procedimiento de reempaque de muestras de blanco de pulpa y material de referencia estándar. Documento técnico interno, Laboratorio Químico, Cerro de Pasco, Perú.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimientos internos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC). Documentos técnicos internos de la Unidad Minera Cerro de Pasco, área de Geología.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de aseguramiento y control de calidad (QA/QC). Documento técnico interno, Laboratorio Químico, Cerro de Pasco, Perú.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de aseguramiento de calidad y control de calidad (QA/QC). Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de envío de muestras al laboratorio de preparación. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de inserción de controles en laboratorio químico. Documento técnico interno, Laboratorio Químico, Cerro de Pasco, Perú.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de inserción de controles en laboratorio químico. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de muestreo de Blast Hole in situ. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de muestreo de Blast Hole – Stockpile. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de muestreo de conos en stockpile. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de muestreo de bancos en stockpile. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de preparación para envío a reanálisis. Documento técnico interno, Laboratorio Químico, Cerro de Pasco, Perú.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de preparación para envío a reanálisis. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de preparación de compósitos. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de reempaque de muestras de blanco de pulpa y material de referencia estándar. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de validación de leyes diarias. Documento técnico interno, Geología de Mina, Cerro de Pasco, Perú.

Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento de validación de leyes diarias. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.

- Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento técnico de registro de datos geológicos a base de datos GDMS. Documento técnico interno, Gerencia de Geología, Cerro de Pasco, Perú.
- Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento técnico de registro de datos geológicos en base de datos GDMS. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.
- Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento y líneas guía para ore control en operaciones superficiales y en stockpile. Documento técnico interno, Cerro de Pasco, Perú.
- Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Procedimiento y líneas guía para ore control en operaciones superficiales y en stockpile. Documento técnico interno del área de Geología, Unidad Minera Cerro de Pasco.
- Empresa Administradora Cerro S.A.C. (2024). Reporte QA/QC Óxidos 2024. Archivo interno, Laboratorio Químico y Geología de Mina, Cerro de Pasco, Perú.
- Empresa Administradora Cerro SAC. (2023). Informe técnico interno: Evaluación preliminar del muestreo en zona de óxidos, años 2022–2023. Departamento de Geología, Unidad Operativa Central.
- Fletcher, S., Ramírez, C., & Oyarzún, J. (2017). Optimización de protocolos QA/QC en muestreo de cobre, División El Teniente, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 44(1), 21–35.
- Golder Associates. (2006). Best Practice in Sampling and Analysis QA/QC Protocols. Technical Report for Exploration and Mining Projects.
- Gy, P. (1998). *Sampling for Analytical Purposes*. John Wiley & Sons.

- Hoffman, E. (2004). Analytical Quality Control in Mining Exploration. In P. J. Potvin (Ed.), Proceedings of the International Mining Geology Conference (pp. 85–92). Australasian Institute of Mining and Metallurgy.
- Huamán, R. (2019). Control de calidad en muestreo de relaves para caracterización geoquímica, Pasco. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú.
- Hudbay Minerals Inc. (2019). Technical Report for the Constancia Mine, Peru. NI 43-101 Compliant Report. Recuperado de: <https://www.hudbayminerals.com>
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú – IIMP. (2025). Controles geológicos en la distribución espacial de Au y su implicancia en la valorización económica, mina Cerro Lindo. Revista Minería, 51(1), 45–53.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2020). Buenas prácticas de aseguramiento de calidad en proyectos de exploración minera en el Perú. Lima: Publicación técnica institucional.
- JORC (2012). **Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code)** [online]. Available from: <<http://www.jorc.org>> (The Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia)
- Journel, A. & Huijbregts, C. (2018). Evaluación de la incertidumbre en análisis geoquímicos mediante control estadístico de laboratorio. South African Journal of Geosciences, 125(4), 415–427.
- McLean, R. (2021). Aplicación de materiales de referencia certificados (CRM) en QA/QC de minas de óxidos, Australia. Minerals Engineering Journal, 178, 106–117.

- Pérez, J., Rojas, L., & Mendoza, F. (2019). Evaluación del control de calidad geoquímico QA/QC en la mina Shahuindo, Cajamarca. *Revista Peruana de Ingeniería Geológica*, 14(1), 55–63.
- Pitard, F. F. (1993). *Pierre Gy's Sampling Theory and Sampling Practice: Heterogeneity, Sampling Correctness, and Statistical Process Control*. CRC Press.
- Pittard, B. (2020). Best Practices for QA/QC in Mineral Exploration. *Geological Society of Economic Geologists Bulletin*, 115(3), 341–359.
- Society of Economic Geologists (SEG). (2019). *Geostatistical Guidelines for Mineral Resource Estimation*. SEG Technical Publication Series, Littleton, Colorado, USA.
- Stanley, C. R. (2003). Quality Control and Assurance in Geochemical Exploration and Resource Estimation. *Society of Economic Geologists Special Publication*, 10, 219–232.
- Thompson, M., Ellison, S. L. R., & Wood, R. (2002). Harmonized guidelines for single-laboratory validation of methods of analysis (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 835–855. <https://doi.org/10.1351/pac200274050835>
- Torres, D., & Aliaga, M. (2022). Aplicación del sistema de QA/QC en el proceso de muestreo de óxidos de cobre en operaciones mineras peruanas. Congreso Nacional de Minería – CONAMIN 2022, Trujillo, Perú.
- U.S. Geological Survey (USGS). (2005). *QA/QC Manual for Geochemical Laboratories*. U.S. Department of the Interior. <https://pubs.usgs.gov/>
- Vander Heyden, M. A. G., Nijhuis, A., & Poppe, H. (2001). Quality Control and Quality Assurance in the Analytical Laboratory. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 20(12), 715–726. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(01\)00114-2](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(01)00114-2)

ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos de recolección de datos

Formato de Acta de Asistencia.

 CERRO EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C.	E.A. CERRO S.A.C.		Código:	REG- VOL-GLO-07-01		
			Revisión:	02		
	Acta de Asistencia		Área:	SSO		
			Páginas:	1		
		N° Corr.				
DATOS DEL EMPLEADOR						
Razon Social: EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO SAC		RUC: 20538848060	Actividad Económica:			
Unidad Operativa: CERRO			EXTRACCIÓN DE OTROS MINERALES			
N° de Trabajadores en el Centro Laboral: 230			METALIFEROS NO FERROSOS			
Domicilio: CARR. CENTRAL KM.315		Provincia: PASCO	Distrito: SIMON BOLIVAR	Departamento: PASCO		
DATOS DEL EVENTO						
Tema:			Fecha:	Tipo		
Lugar:			Interna ☐			
Capacitador (es):			Externa ☐			
DNI:						
H.L.:		H.F.:	DURACIÓN:	☐ Inducción		
				☐ Capacitación		
				☐ Simulacros		
				☐ Entrenamiento		
				☐ Reunión		
No.	APELLIDOS Y NOMBRES (Completo con letra imprenta)	DNI	FIRMA	EMPRESA	AREA	U. PRODUCCION
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
N° DE PARTICIPANTES (A):		DURACIÓN (B):		HH DE CAPACITACIÓN (AxB):		
CAPACITADOR:			RESPONSABLE DEL REGISTRO			
NOMBRES:			NOMBRES:			
CARGO:			CARGO:			
FIRMA:			FIRMA:			
			FECHA:			

Formato de orden de trabajo:

	ORDEN DE TRABAJO	Código: TD-F-32 Revisión: 02 Páginas: 1 de 1		
La Seguridad es un compromiso de todos, trabaja en equipo				
Empresa:	Unidad:	Fecha:		
Lugar:	Área / Labor:	Nivel:		
Hora Inicio:	Hora de Termina:	Turno:		
Líder/maestro/operador de la tarea:		Firma		
1.	Trabajadores de la cuadrilla:	Firma		
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
Supervisor responsable		Hora	Firma	
1.	Actividades preliminares por seguridad			
TOMATE 5 Y MANTENTE VIVO				
- Párate, observa y mira a tu alrededor				
- Piensa en la tarea				
- Identifica los riesgos				
- Controla y comunica los riesgos				
- Realiza el trabajo de forma segura.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
1.	Actividades específicas			
2.				
3.				
4.				
1.	Recomendaciones durante la ejecución de la tarea	Nombre	Hora	Firma
2.				
3.				
4.				
5.				

Formato de IPERC:

[illegible]

Formato de planeamiento:

[illegible]

ANEXO 2. Procedimientos técnicos QA/QC

Anexo 2.1: PROCEDIMIENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD (Documento original: Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024)

1. INTRODUCCIÓN

En este procedimiento se describen las actividades de aseguramiento de calidad y control de calidad, garantizando la seguridad y salud de los colaboradores que realizan la actividad; que incluye al personal de empresa, E.E contratistas y visitantes en general; mediante la práctica de las medidas de prevención dadas por la empresa, seguridad y salud ocupacional.

2. OBJETIVO

Asegurar la integridad y la calidad de las etapas esenciales de la secuencia muestreo – preparación y análisis, reduciendo el mínimo error posible, priorizando la seguridad de los colaboradores que realizan la actividad, personal de empresa, E.E. contratista y visitantes en general.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a las actividades de aseguramiento de calidad y control de calidad en el área de Geología de la unidad minera Cerro S.A.C, ubicada en el departamento de Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca y Yanacancha. Este proceso es realizado por el asistente de Qa/Qc y/o técnicos quienes tomarán las medidas de prevención dadas por el personal de la empresa.

Este procedimiento se ejecutará, hasta que se realicen cambios, debidamente avalados por el área de geología.

4. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- Protocolo de control de calidad
- Manual de muestreo
- Procedimiento de logueo.
- Formato de relación de orden de trabajo

5. RESPONSABILIDADES

5.1. Ejecuta

Geólogo de Qa/Qc y/o Asistente de Qa/Qc.

5.2. Responsable

Geólogo de Qa/Qc y/o Asistente de Qa/Qc.

**Anexo 2.2: PROCEDIMIENTO DE INSERCIÓN DE CONTROLES EN
LABORATORIO QUÍMICO (Documento original: Empresa Administradora
Cerro S.A.C., 2024)**

1. INTRODUCCIÓN

En este procedimiento se describe detalladamente las actividades realizadas en el envío de muestras al laboratorio de preparación haciendo énfasis en el desarrollo de Sistema de Gestión SSOMAC de la empresa y garantizando la seguridad y salud de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa contratistas y visitantes en general mediante la práctica de las medidas de prevención dadas por la empresa, seguridad y salud ocupacional.

2. OBJETIVO

Describir, analizar y socializar las actividades a seguir en el envío de muestra al laboratorio de preparación conociendo y priorizando en la seguridad de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa contratista y visitantes en general.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación de la Empresa Administradora Cerro SAC, ubicada en el departamento de Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca y Yanacancha. Proceso realizado por el personal de Geología, quien tomara las medidas de prevención y protección del personal y los equipos de la empresa.

4. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- Procedimiento protocolo de control de calidad.
- Procedimiento manual de muestreo.
- Formato orden de trabajo.
- Formato despacho y custodia de muestras

5. RESPONSABILIDADES

5.1. Ejecuta

El maestro muestrero, conductor de vehículo, Asistente de Qa-Qc y/o Técnico de Qa-Qc, quienes realizaran las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación.

5.2. Responsable

Geólogo de turno, Técnico QA/QC y/o Asistente QA/Q, conductor de camioneta.

Anexo 2.3: PROCEDIMIENTO DE VALIDACION DE LEYES

DIARIAS (Documento original: Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024)

1. INTRODUCCIÓN

En este procedimiento se describen las actividades realizar en el envío de muestras al laboratorio de preparación, haciendo énfasis en el desarrollo del Sistema de Gestión SSOMAC de la empresa y garantizando la seguridad y salud de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa contratista y visitantes en general mediante la práctica de las medidas de prevención dadas por la empresa, seguridad industrial y salud ocupacional.

2. OBJETIVO

Describir, analizar el procedimiento a seguir en las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación, conociendo y priorizando la seguridad de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa, contratistas y visitantes en general.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación de la Empresa Administradora Cerro SAC, ubicada en el departamento de Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca y Yanacancha. Proceso realizado por el personal de Geología, quien tomara las medidas de prevención y protección del personal y los equipos de la empresa.

4. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- Procedimiento – Protocolo de control de calidad.
- Procedimiento – Manual de muestreo.

5. RESPONSABILIDADES

5.1. Ejecuta

El maestro Muestrero, Asistente Qa-Qc y/o Tec. Qa-Qc, quienes realizaran las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación.

5.2. Responsable

Asistente Qa-Qc y/o Tec. Qa-Qc realizan las actividades relacionadas al re-empaque de muestras blanco de pulpa y material de referencia estándar para el envío al laboratorio de preparación.

**Anexo 2.4: PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN PARA ENVÍO A
REANÁLISIS (Documento original: Empresa Administradora Cerro S.A.C.,
2024)**

1. INTRODUCCIÓN

En este procedimiento se describen las actividades realizar en el envío de muestras al laboratorio de preparación, haciendo énfasis en el desarrollo del Sistema de Gestión SSOMAC de la empresa y garantizando la seguridad y salud de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa contratista y visitantes en general mediante la práctica de las medidas de prevención dadas por la empresa, seguridad industrial y salud ocupacional.

2. OBJETIVO

Describir, analizar el procedimiento a seguir en las actividades de re – empaque de muestras para reensayo y reanálisis, conociendo y priorizando la seguridad de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa, contratistas y visitantes en general.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación de la Empresa Administradora Cerro SAC, ubicada en el departamento de Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca y Yanacancha. Proceso realizado por el personal de Geología, quien tomara las medidas de prevención y protección del personal y los equipos de la empresa.

4. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- Procedimiento – Protocolo de control de calidad.
- Procedimiento – Manual de muestreo.

5. RESPONSABILIDADES

5.1. Ejecuta

El maestro Muestrero, ayudante Muestrero, Geólogo Qa-Qc, Asistente Qa-Qc y/o Tec. Geólogo, quienes realizarán las actividades de re–empaque de muestras para reensayo y reanálisis.

5.2. Responsable

Geólogo Qa-Qc, Asistente Qa-Qc, maestro Muestrero y ayudante Muestrero realizan las actividades relacionadas al re-empaque de muestras para reensayo y reanálisis.

Anexo 2.5: PROCEDIMIENTO RE EMPAQUE DE MUESTRAS DE BLANCO DE PULPA Y MATERIAL DE REFERENCIA ESTÁNDAR

(Documento original: Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024)

1. INTRODUCCIÓN

En este procedimiento se describen las actividades realizar en el envío de muestras al laboratorio de preparación, haciendo énfasis en el desarrollo del Sistema de Gestión SSOMAC de la empresa y garantizando la seguridad y salud de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa contratista y visitantes en general mediante la práctica de las medidas de prevención dadas por la empresa, seguridad industrial y salud ocupacional.

2. OBJETIVO

Describir, analizar el procedimiento a seguir en las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación, conociendo y priorizando la seguridad de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa, contratistas y visitantes en general.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación de la Empresa Administradora Cerro SAC, ubicada en el departamento de Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca y Yanacancha. Proceso realizado por el personal de Geología, quien tomara las medidas de prevención y protección del personal y los equipos de la empresa.

4. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- Procedimiento – Protocolo de control de calidad.
- Procedimiento – Manual de muestreo.

5. RESPONSABILIDADES

5.1. Ejecuta

El maestro Muestrero, Asistente Qa-Qc y/o Tec. Qa-Qc, quienes realizaran las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación.

5.2. Responsable

Asistente Qa-Qc y/o Tec. Qa-Qc realizan las actividades relacionadas al re-empaque de muestras blanco de pulpa y material de referencia estándar para el envío al laboratorio de preparación.

**Anexo 2.6: PROCEDIMIENTO ENVÍO DE MUESTRAS AL
LABORATORIO DE PREPARACIÓN (Documento original: Empresa
Administradora Cerro S.A.C., 2024)**

1. INTRODUCCIÓN

En este procedimiento se describe detalladamente las actividades realizadas en el envío de muestras al laboratorio de preparación haciendo énfasis en el desarrollo de Sistema de Gestión SSOMAC de la empresa y garantizando la seguridad y salud de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa contratistas y visitantes en general mediante la práctica de las medidas de prevención dadas por la empresa, seguridad y salud ocupacional.

2. OBJETIVO

Describir, analizar y socializar las actividades a seguir en el envío de muestra al laboratorio de preparación conociendo y priorizando en la seguridad de los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la empresa contratista y visitantes en general.

3. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación de la Empresa Administradora Cerro SAC, ubicada en el departamento de Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca y Yanacancha. Proceso realizado por el personal de Geología, quien tomara las medidas de prevención y protección del personal y los equipos de la empresa.

4. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- Procedimiento protocolo de control de calidad.
- Procedimiento manual de muestreo.
- Formato orden de trabajo.
- Formato despacho y custodia de muestras

5. RESPONSABILIDADES

1.1. Ejecuta

El maestro muestrero, conductor de vehículo, Asistente de Qa-Qc y/o Técnico de Qa-Qc, quienes realizaran las actividades de envío de muestras al laboratorio de preparación.

1.2. Responsable

Geólogo de turno, Técnico QA/QC y/o Asistente QA/Q, conductor de camioneta.

**Anexo 2.7: PROCEDIMIENTO Y LINEAS GUÍA PARA ORE
CONTROL EN OPERACIONES SUPERFICIALES Y EN STOCK PILE
(Documento original: Empresa Administradora Cerro S.A.C., 2024)**

1. INTRODUCCIÓN

Este procedimiento describe las actividades para el cumplimiento como “Ore Control”, asegurando la delimitación del área de mineral - desmonte, preparación y control durante el envío de acuerdo al programada del día, haciendo que los minerales ya en las canchas sean óptimas para su procesamiento en la planta. También se realiza la toma de muestras en rumas, bancos, coordinaciones con la supervisión para el cumplimiento del plan. Finalmente, la actualización de los planos base. Todas las actividades se realizan siguiendo el lineamiento del Sistema de Gestión de Calidad y Seguridad y salud de los colaboradores involucrados para la actividad, incluyendo al personal compañía, contratistas y visitantes en general.

La dilución en los procesos de preparación de mineral y acarreo impactan en los costos de producción, al bajar la dilución se debe mantener la producción y reemplazar con sectores de baja ley y recuperación media – alta con la finalidad de incrementar las reservas y asegurar la ganancia al sostener la ley de minado.

Otras tareas involucradas son el control de contaminantes en la “planta de sulfuros” (sulfatos, altos valores de %Fe, %Cu, arcillas y bitumen) Y “Planta de Óxidos” (Altos valores %Zn, %OxZn %Pb y %Cu), estos deben ser dosificados en el envío o retirados de la preparación.

2. OBJETIVOS

Describir, analizar y socializar el procedimiento a seguir en las actividades como “Ore Control” garantizando la calidad del mineral para el procesamiento, cumpliendo los Estándares de Seguridad y Salud Ocupacional para los colaboradores que realizan la actividad incluyendo al personal de la compañía, contratistas y visitantes en general.

3. DEFINICIONES

ORE CONTROL: Ore control es un proceso de control de calidad que nos debe asegurar que el mineral se mine a la ley de la reserva, para lo cual es necesario delimitar y extraer las zonas económicas de las vetas definidas como ore (mena), de manera de obtener un producto rentable utilizando herramientas de excelencia técnica dentro de márgenes aceptables.

El objetivo de Ore Control es definir y controlar el minado del ore, fiscalizar el movimiento de mineral que se extrae y se incorpora a la planta procesadora, por esto el proceso de ore control comienza en la mina y termina en la planta.

Los dos primeros conceptos a definir en ore control son veta y ore.

VETA: Es una masa tabular de mineral depositada en fisuras, grietas o hendiduras, de un cuerpo rocoso, las vetas son el resultado de la precipitación gradual de iones metálicos a partir de soluciones hidrotermales en cantidades que la pueden hacer económicas o no.

ORE: Es el segmento de la veta que por su contenido metálico es económico, definido a partir del Cut Off o ley de corte. Cuando la mineralización es económica en toda la veta entonces se la considerara como ORE en su totalidad, a partir de los conceptos geológicos-económicos de veta y ore se definen modelos actualmente en MHM se manejan los siguientes:

Modelo de Largo Plazo - Recurso Inferido.

Modelo de bloques de 4m, 5m y 10m dependiendo del caso

Modelo de Largo Plazo - Recurso Indicado

Modelo de bloques de 4m, 5m y 10m dependiendo del caso

Modelo de reservas-definición de reservas.

Se utiliza el Cut Off marginal de cada unidad respectivamente

Solo se considera Reservas todo lo que tenga categoría de Recurso Medido e

Indicado y que exista o pre-exista una labor (galería).

Modelos de corto plazo, planificación de la producción

Se está modificando en concepto de este modelo de manera de que sea aplicable a la planificación de la producción mensual

Se modificarán los parámetros de estimación focalizando el interés en las zonas que se están minando actualmente utilizándose el valor de Corto Plazo.

BLENDING: En minería se refiere a la mezcla de diferentes minerales para obtener una ley equilibrada, propiedades específicas al mezclar dominios geometalúrgicos que permiten mejorar su compatibilidad con

reaprovechamiento para producir un producto de calidad. Permitiendo mejorar su valor y aplicación en diferentes industrias.

SECUENCIAMIENTO DE ENVÍO: Del total programado, permite dividir en ciclos completos el envío del mineral, obteniendo ley y dominios geometalúrgicos similares junto al control de los contaminantes que reduzcan el impacto durante el proceso metalúrgico.

4. ALCANCE

Este procedimiento se aplica al cumplir las funciones de “Ore Control” teniendo como principal tarea garantizar la calidad de envío de mineral, cumpliendo el blending y la secuencia de envío a las canchas de alimentación para el procesamiento en la planta de sulfuros de la Empresa Administradora Cerro SAC, ubicada en el departamento de Pasco, provincia de Pasco, entre los distritos de Simón Bolívar, Chaupimarca y Yanacancha. El proceso de envío será realizado por el Geólogo de mina quién tomará la decisión de realizar el programa en relación al plan establecido. Las medidas de prevención, protección del personal y los equipos de la empresa. La vigencia de este procedimiento inicia cuando el gerente de geología avale mediante su firma y continúa hasta que no se realicen cambios debidamente avalados por el área de geología.

5. DOCUMENTOS ASOCIADOS

- ☐ PETS-muestreo de ore control en stock pile.
- ☐ Planos de leyes y control de envío de mineral.

6. RESPONSABILIDADES

6.1.Ejecuta

El Geólogo de Mina o Sénior (EA Cerro SAC o Contratista) quien realizará las actividades de inspección y evaluación al “Ore Control”.

6.2.Responsable

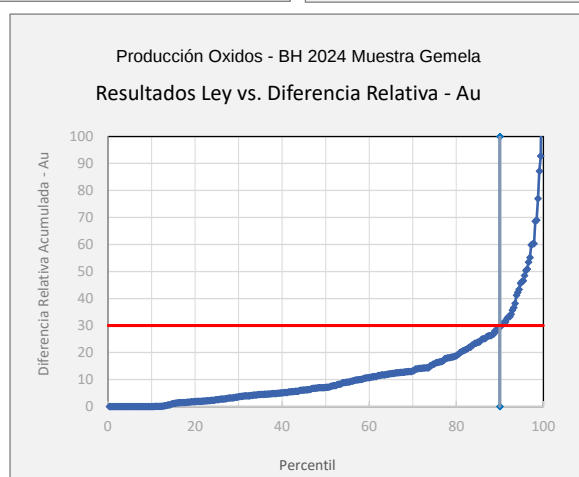
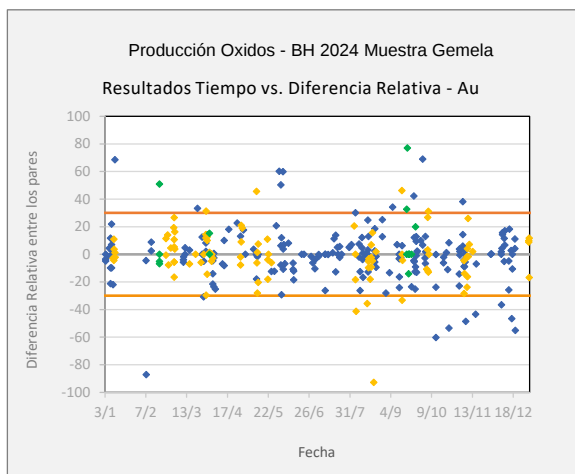
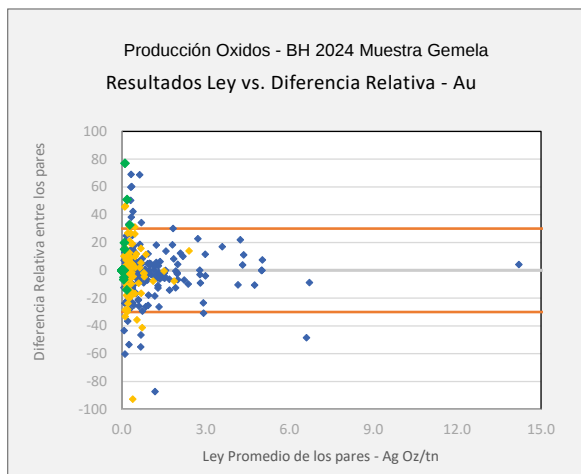
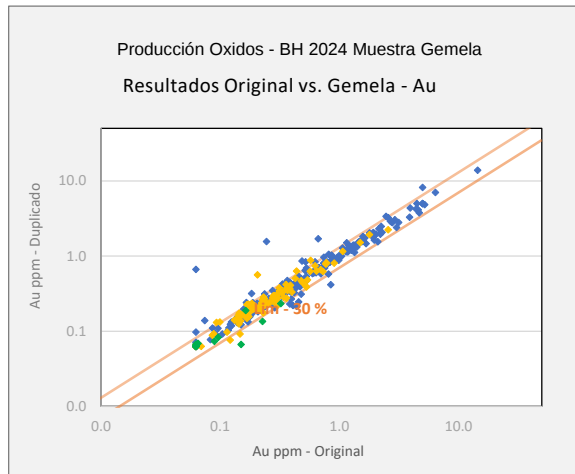
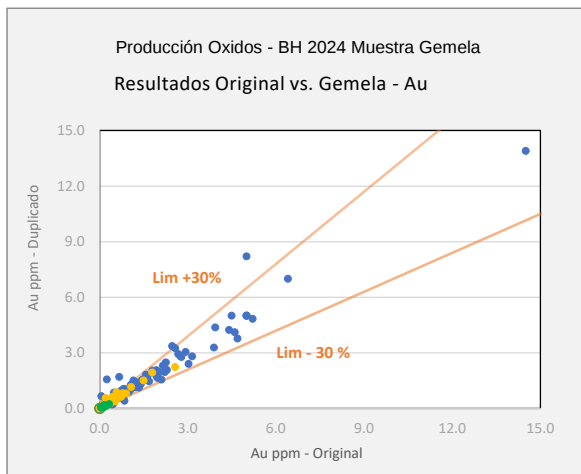
Geólogo de Mina (EA Cerro SAC o Contratista) encargado de la ejecución y

ANEXO 3. Resultados estadísticos QA/QC

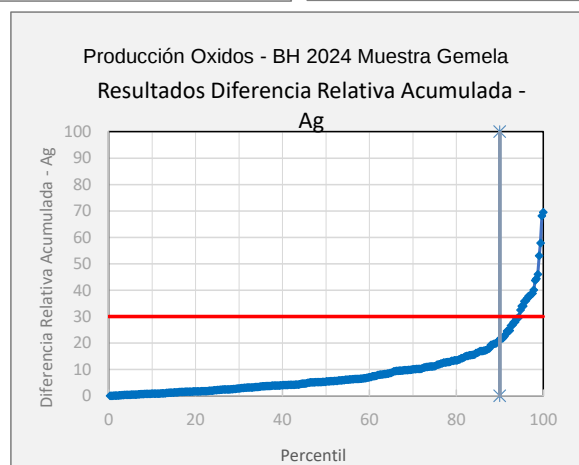
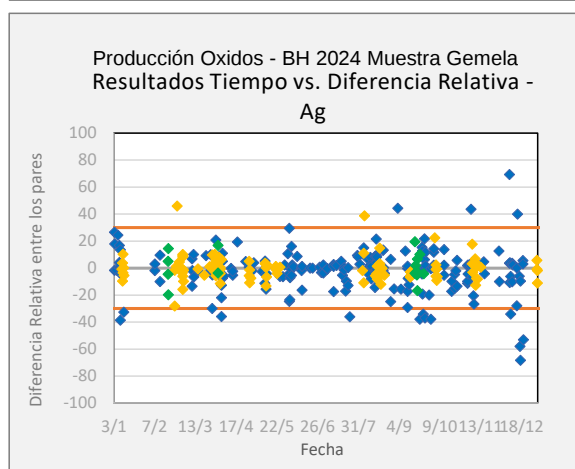
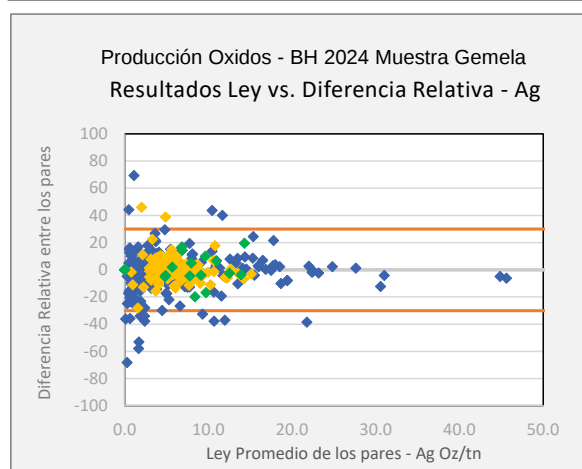
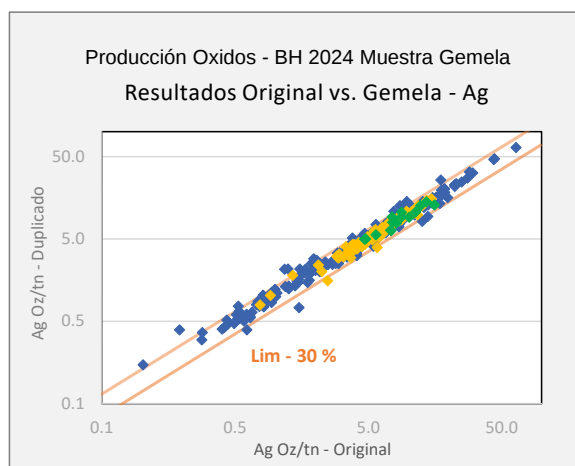
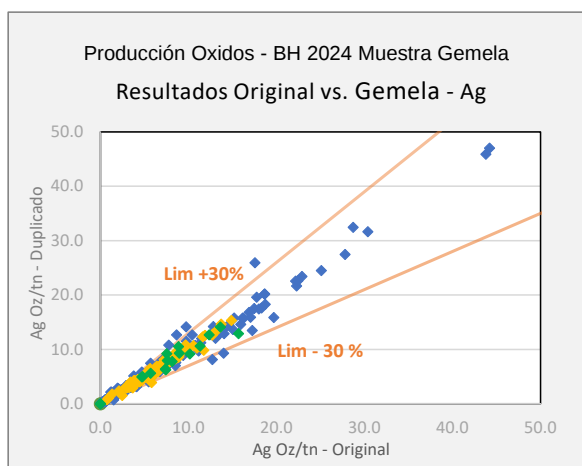
I. PRECISION:

Gemelas:

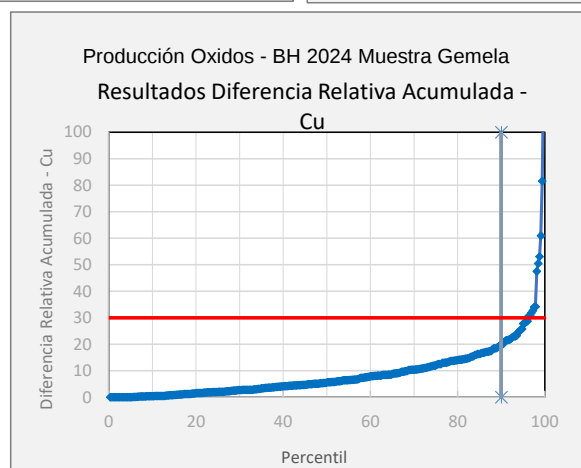
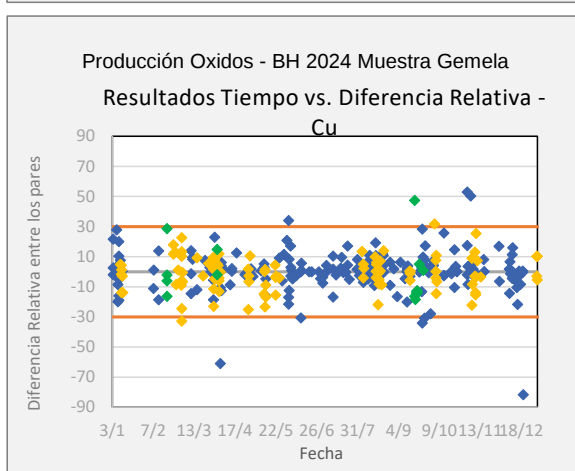
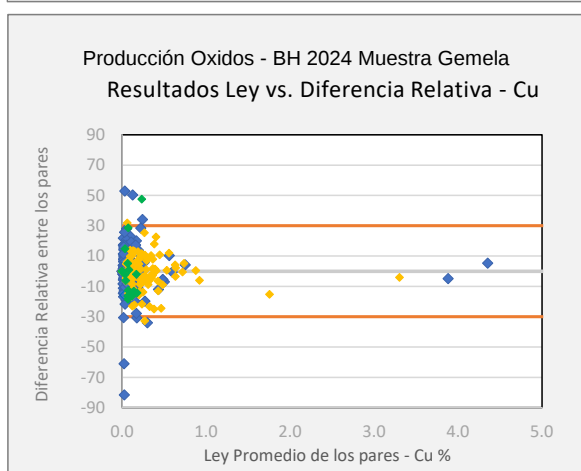
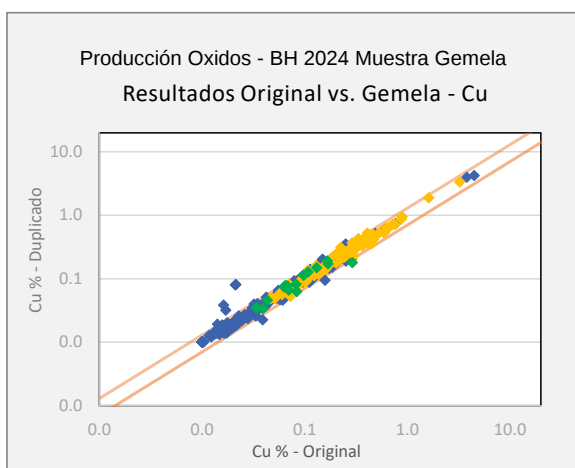
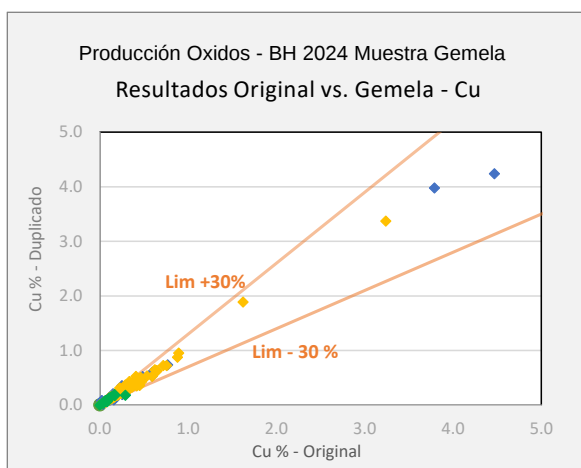
Au



Ag

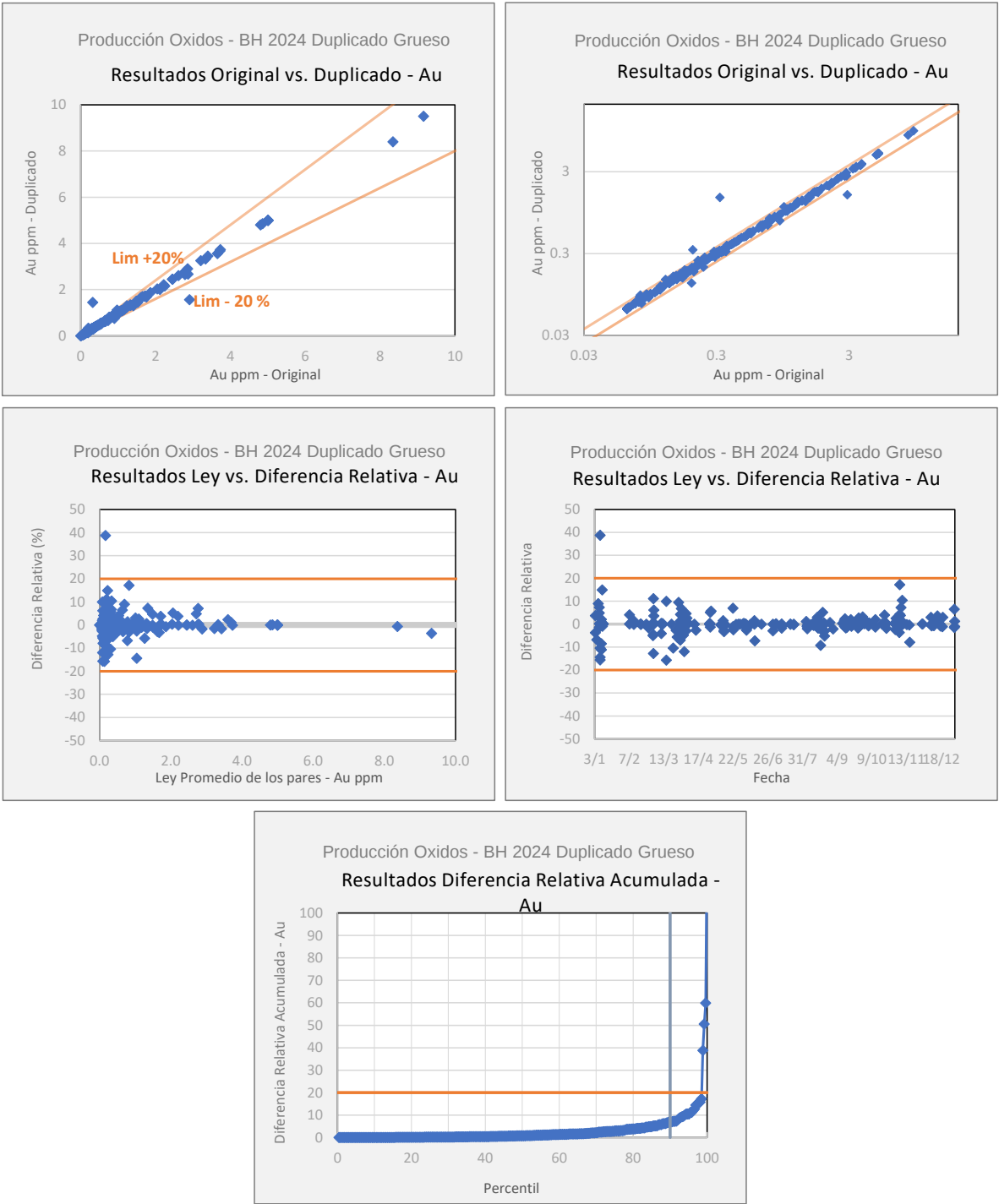


Cu

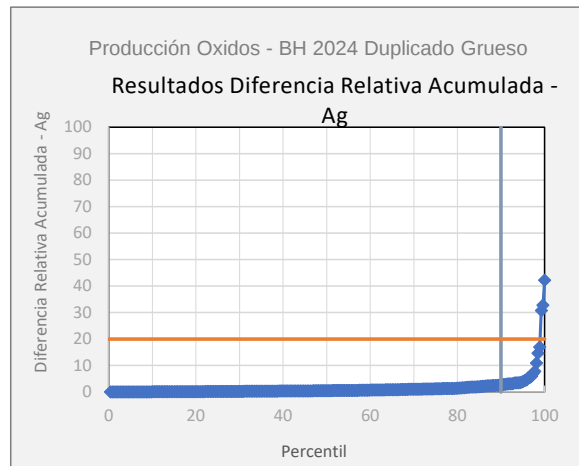
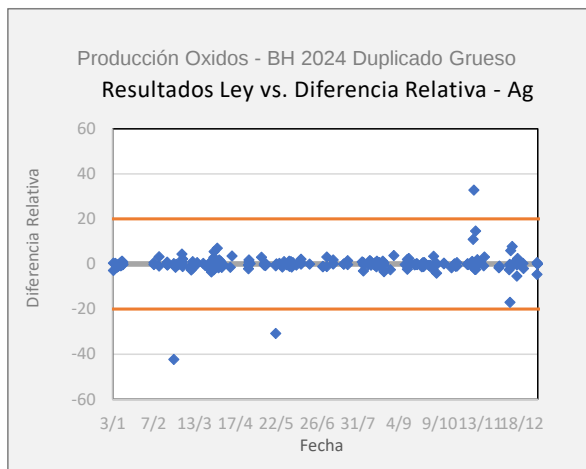
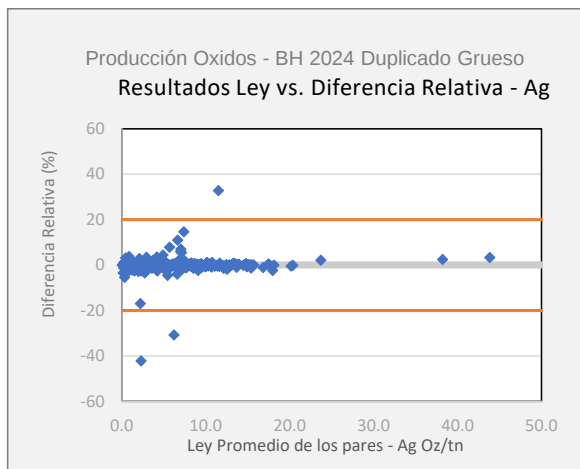
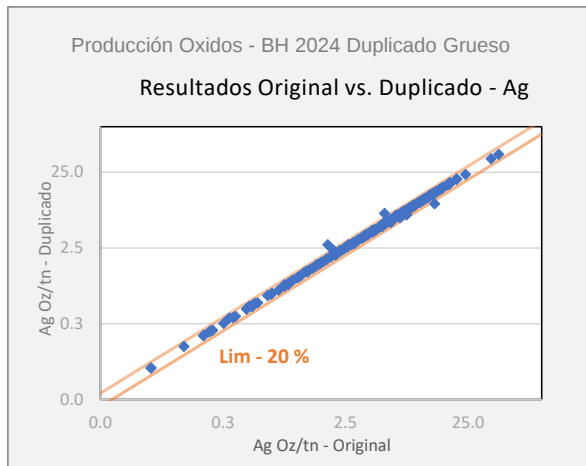
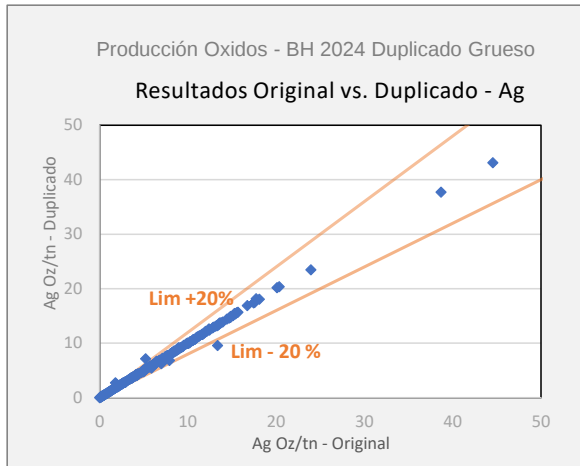


Duplicados Gruesos:

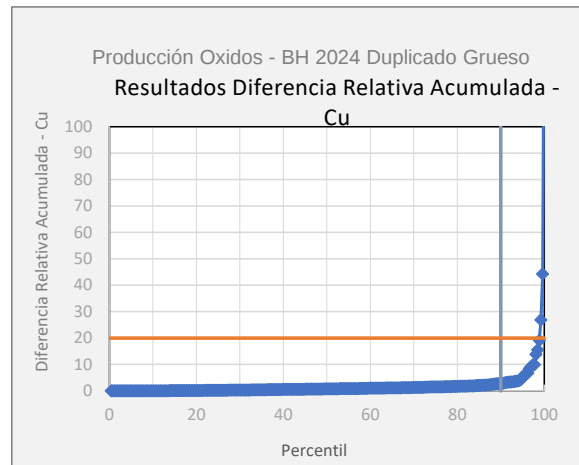
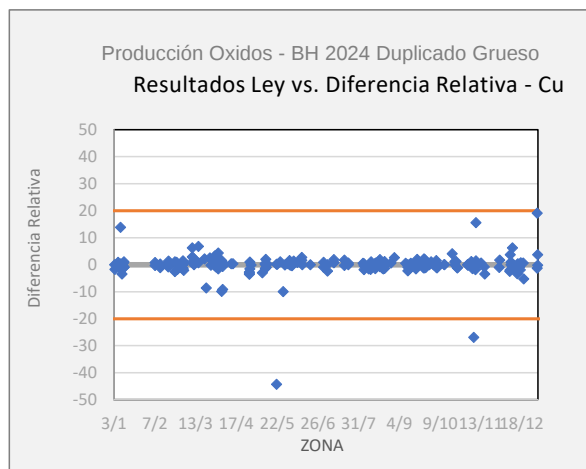
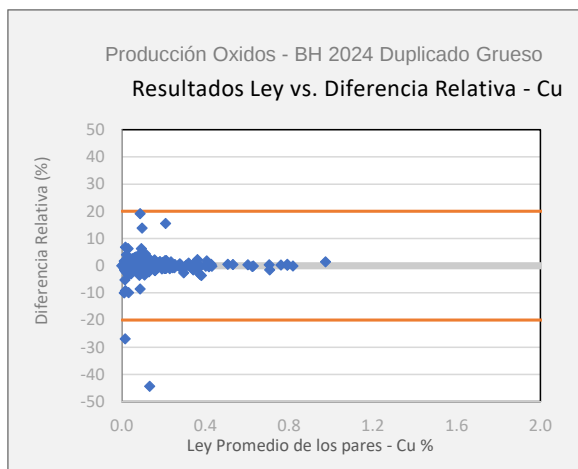
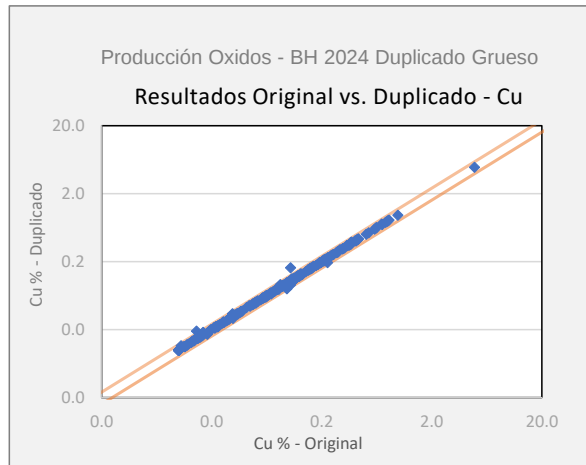
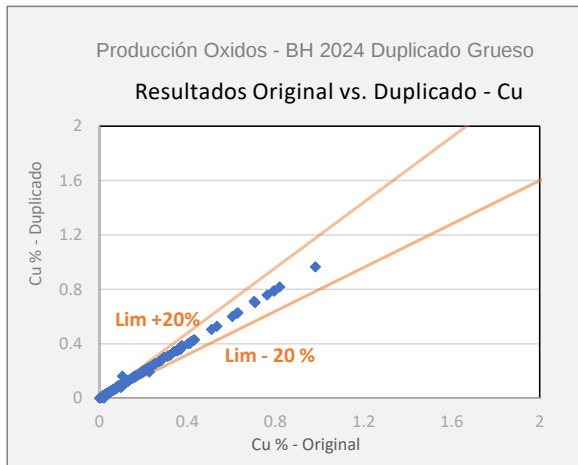
Au



Ag

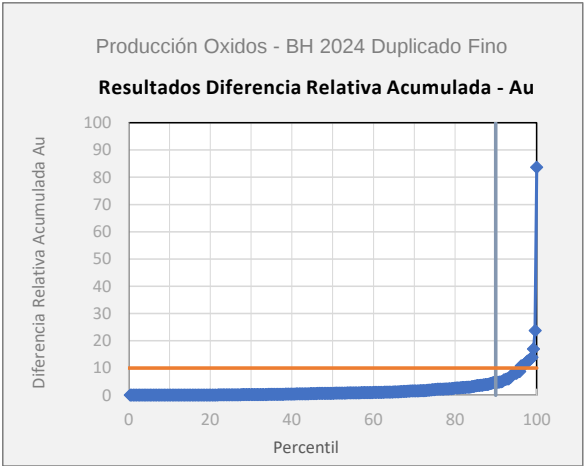
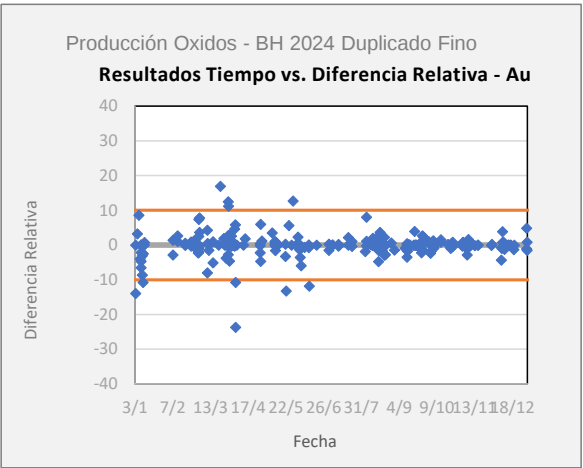
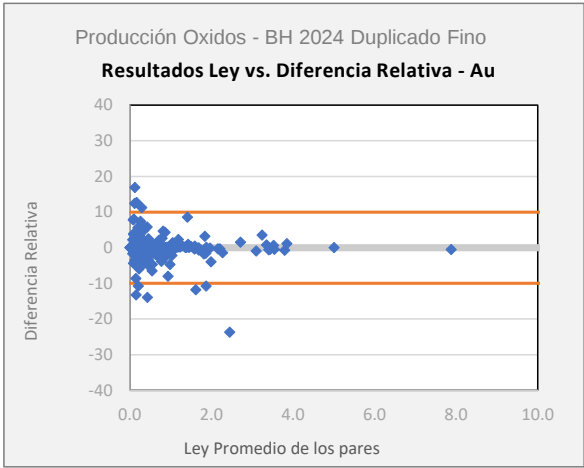
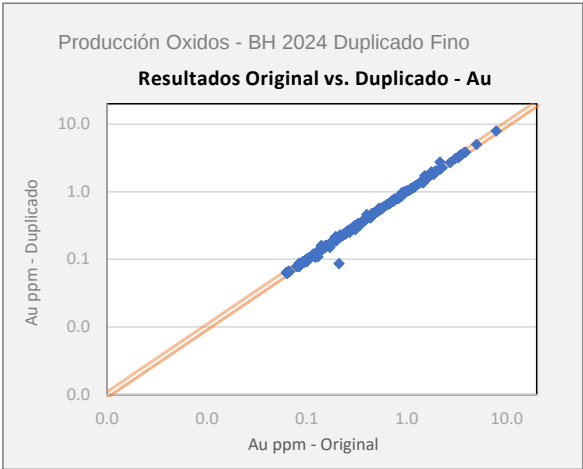
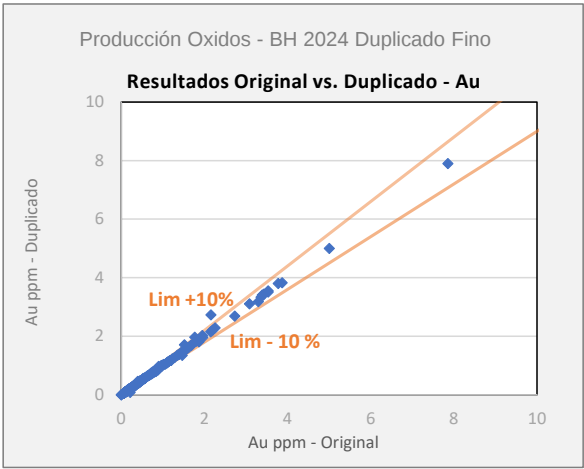


Cu

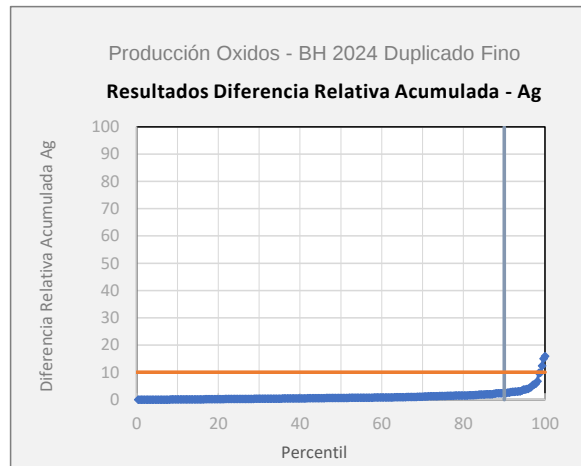
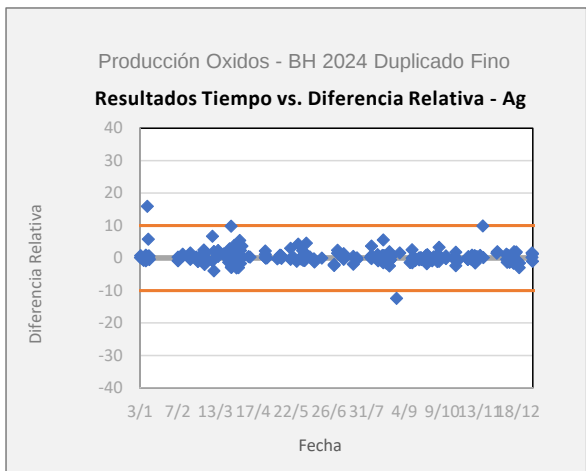
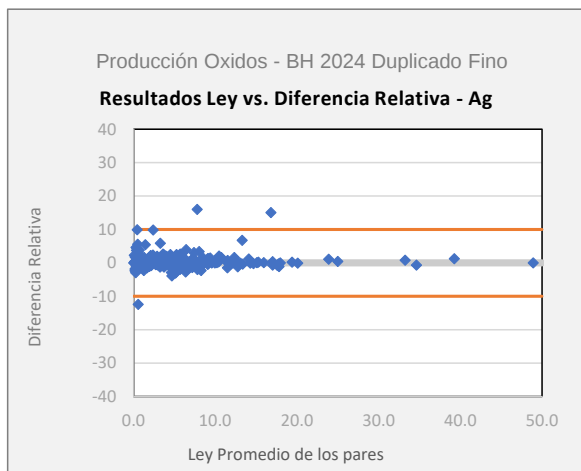
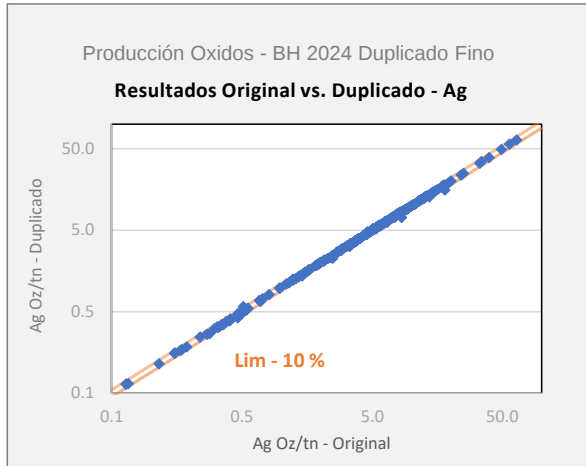
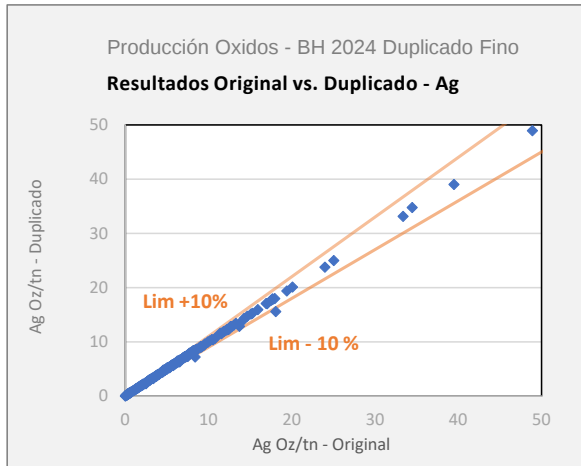


Duplicados Finos

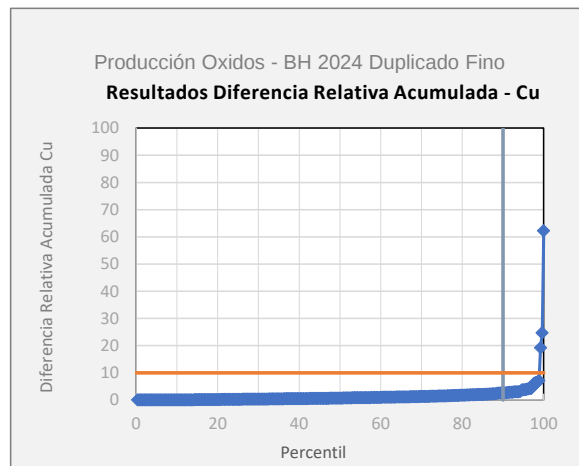
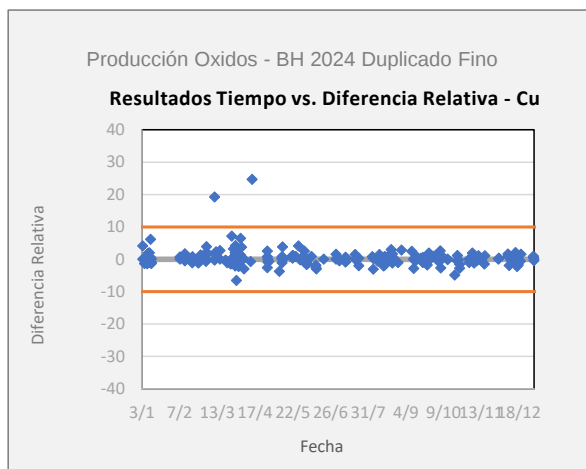
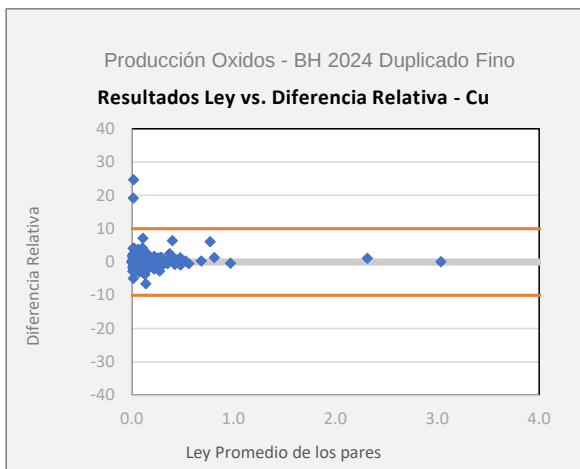
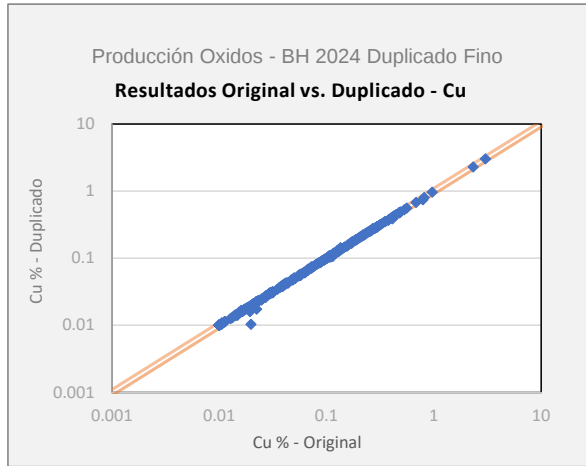
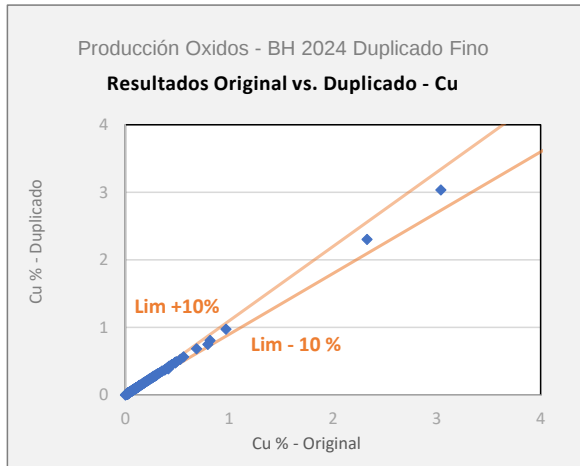
Au



Ag

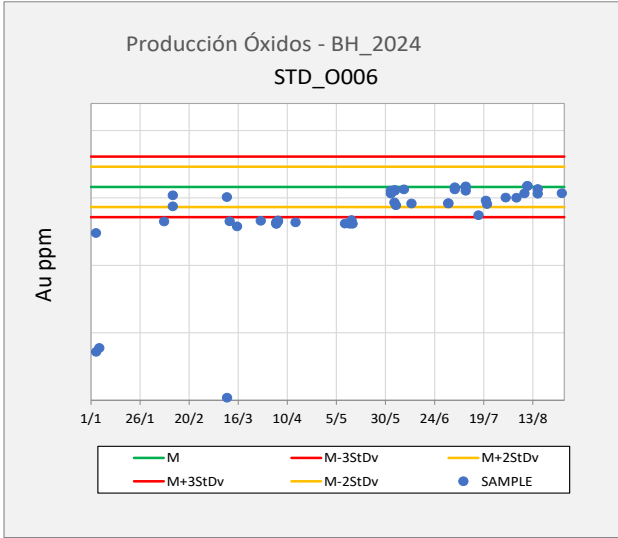
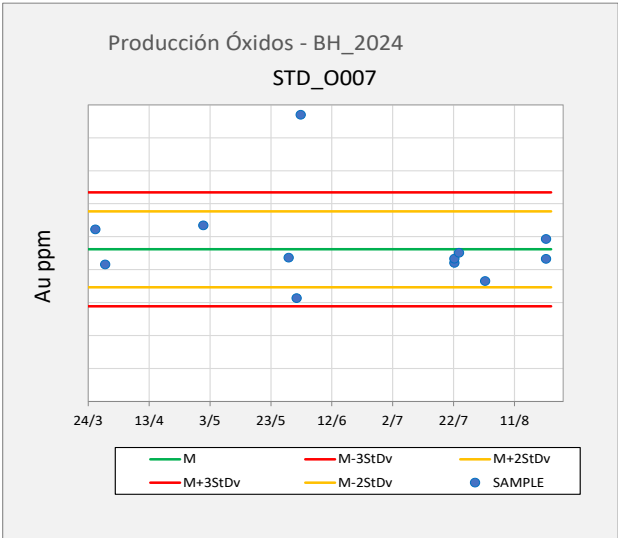
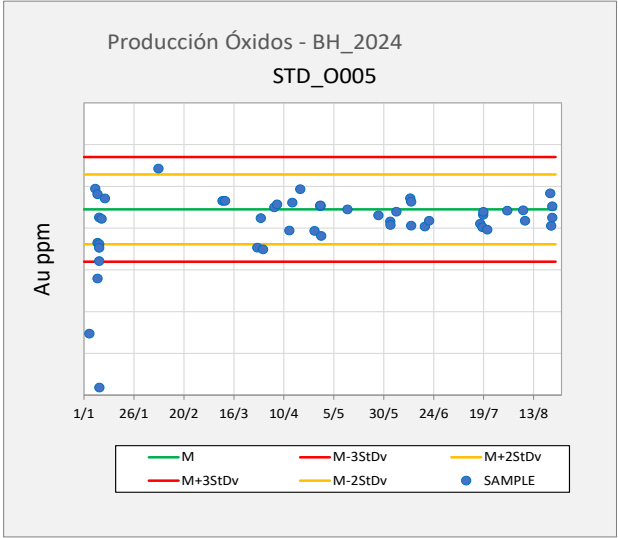


Cu

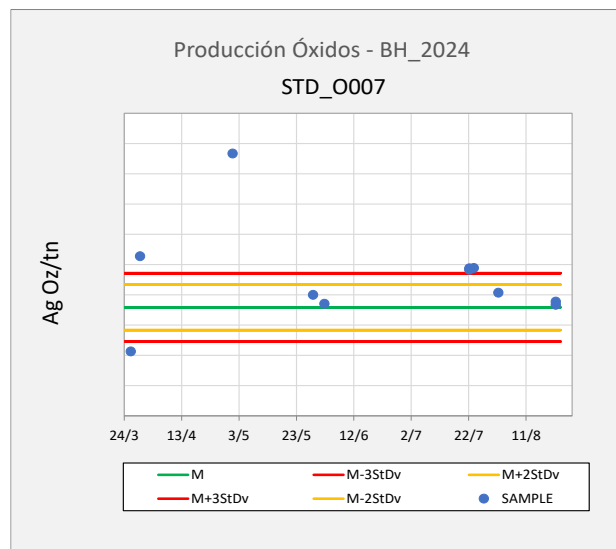
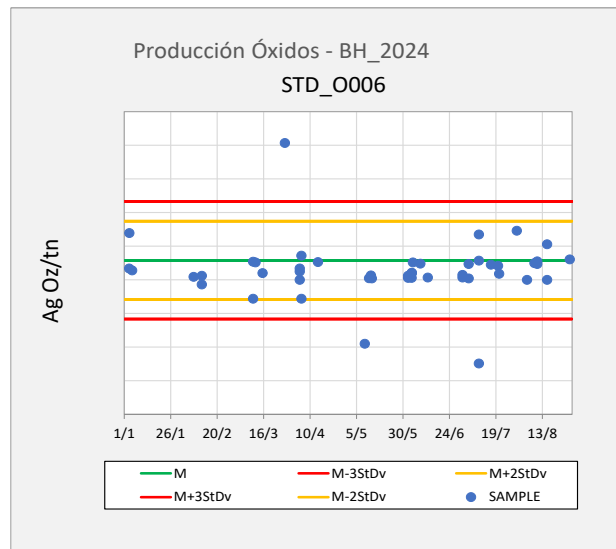
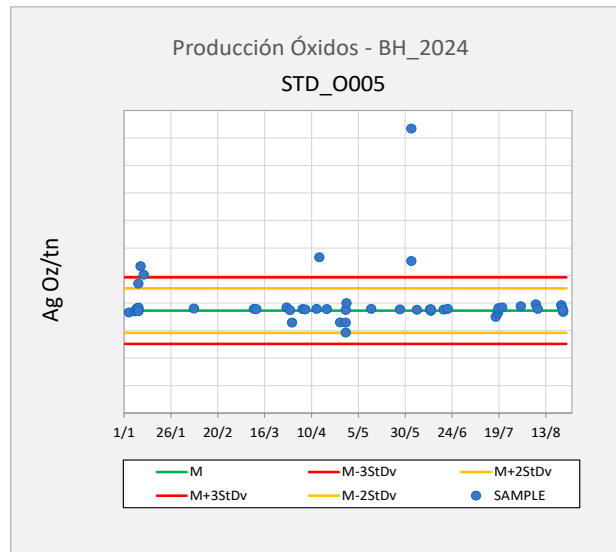


II. EXACTITUD “GCER_23”

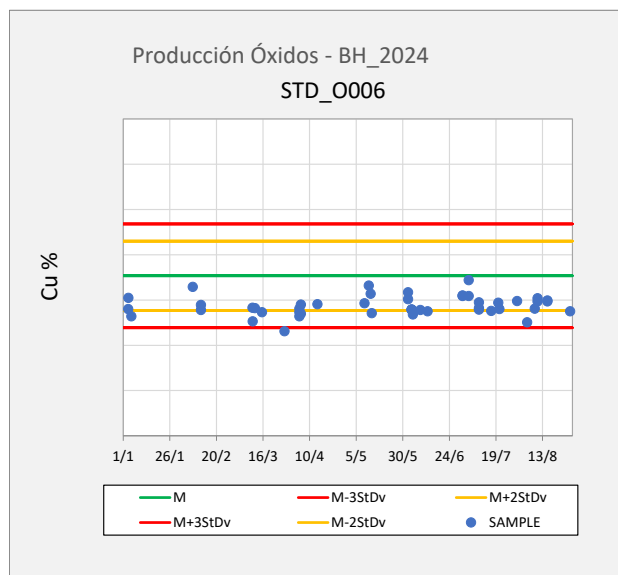
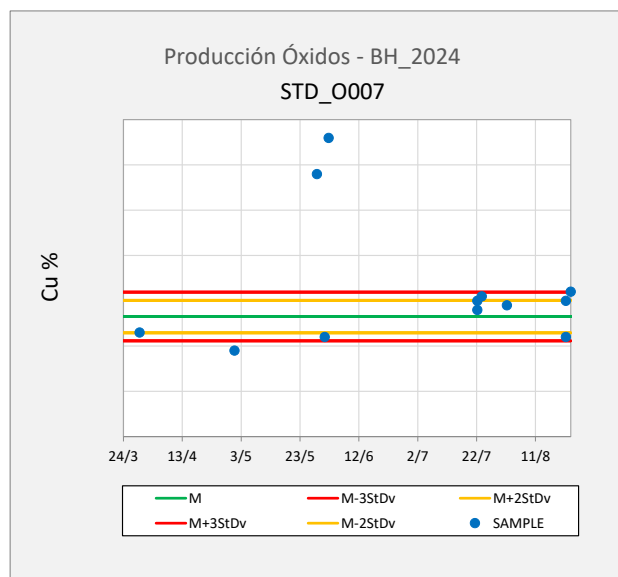
Au



Ag

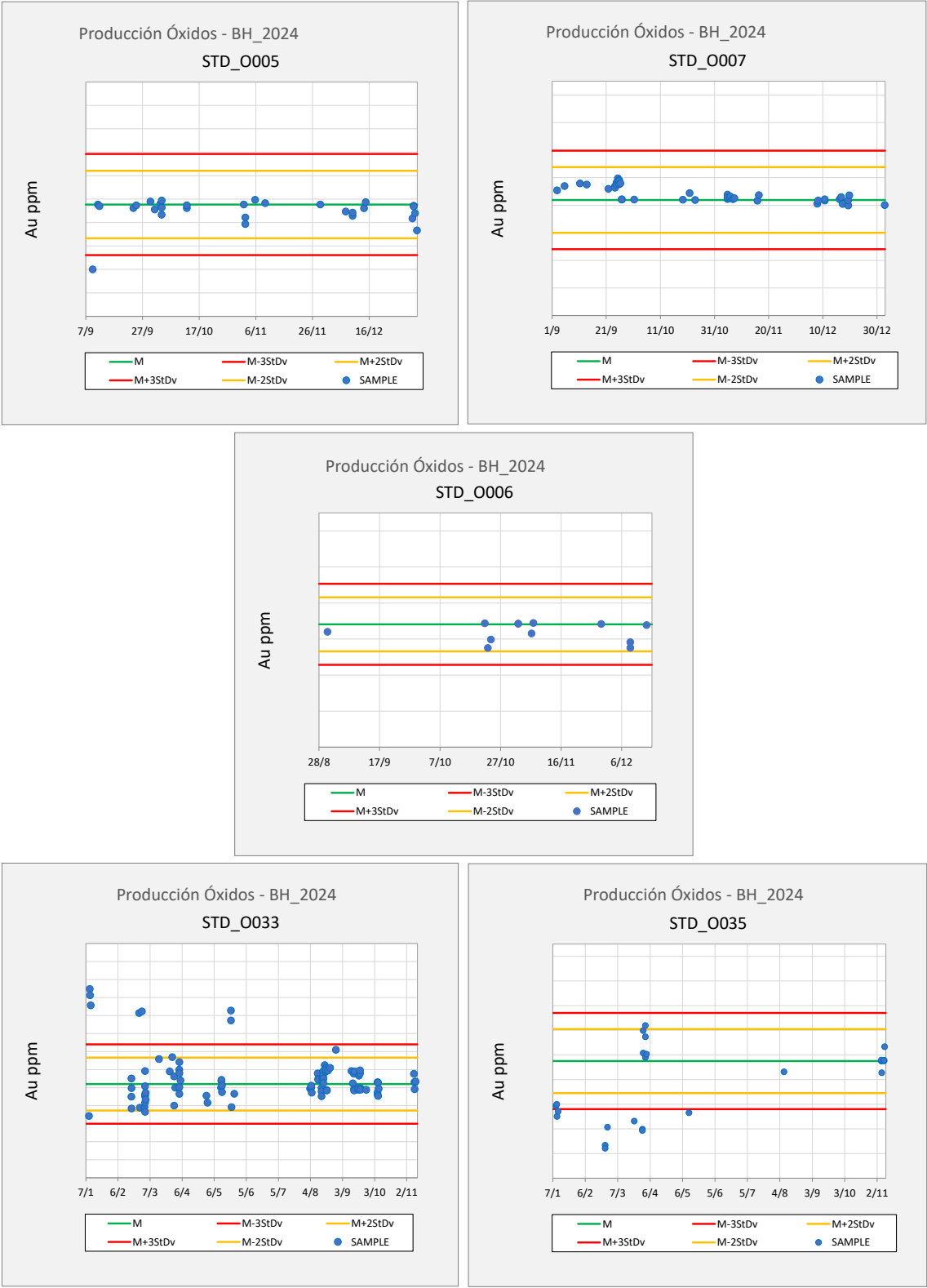


Cu

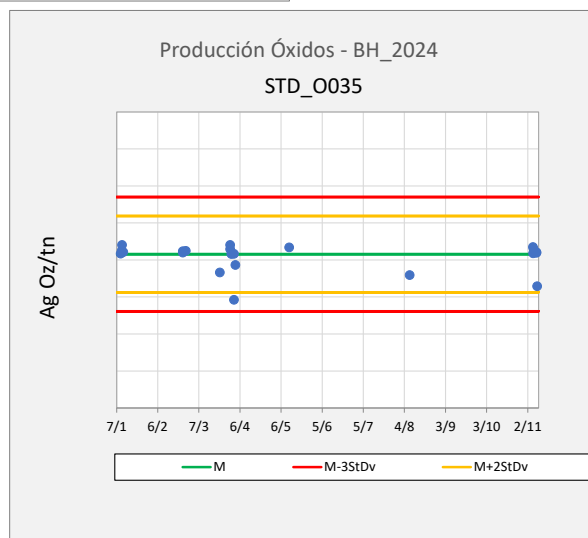
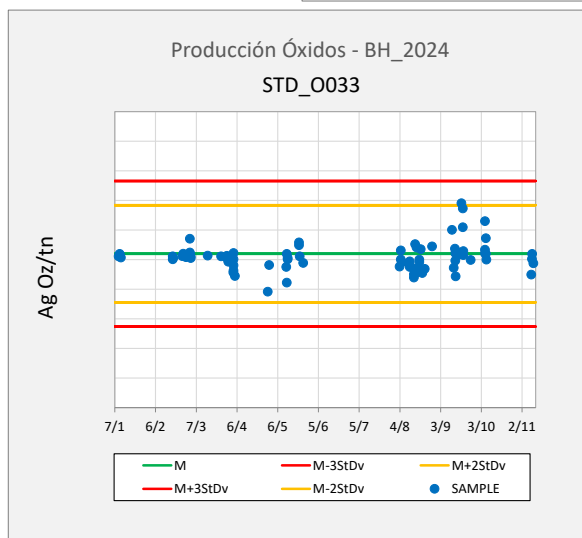
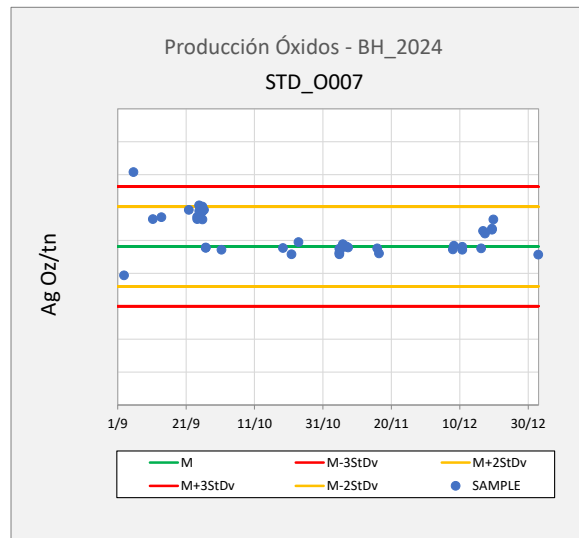
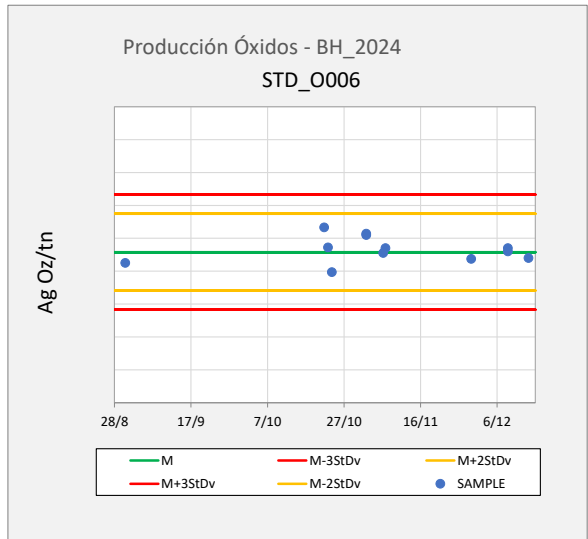
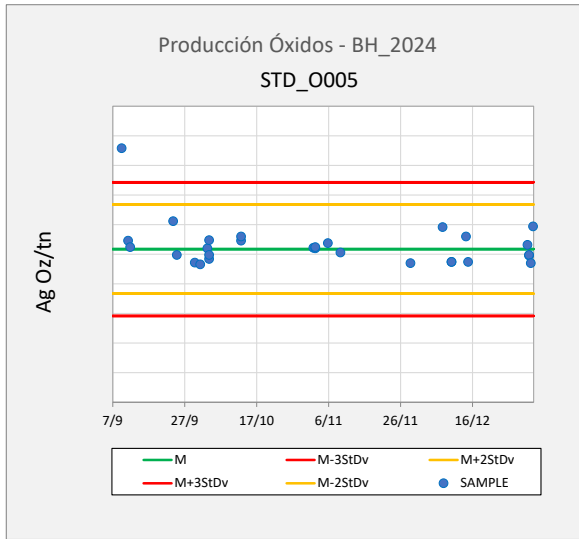


III. EXACTITUD “GCER_24”

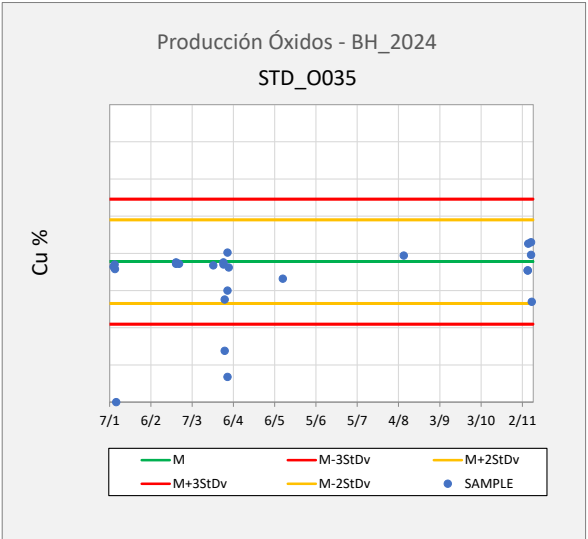
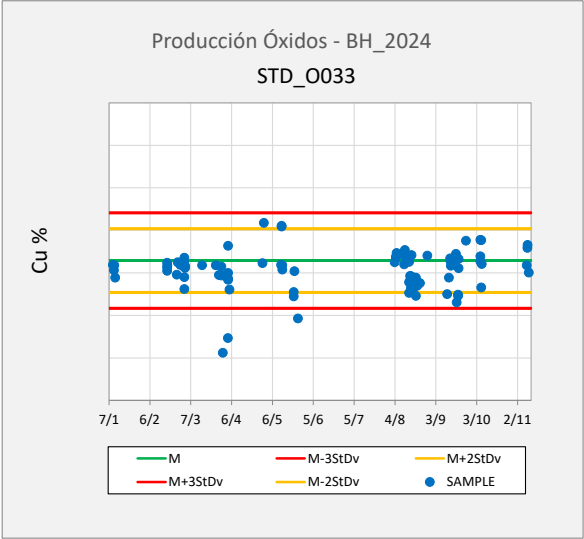
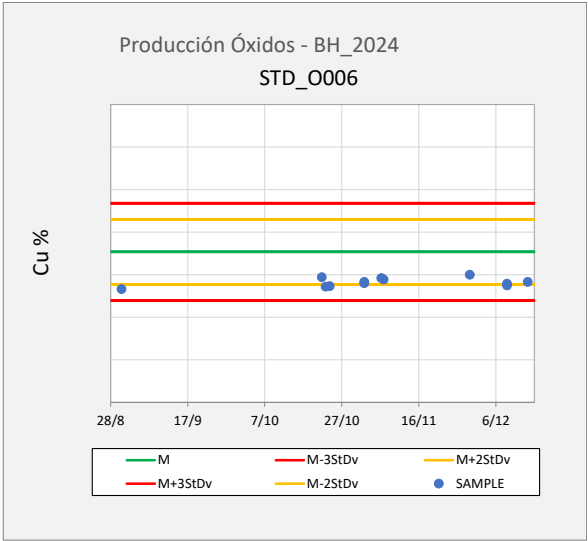
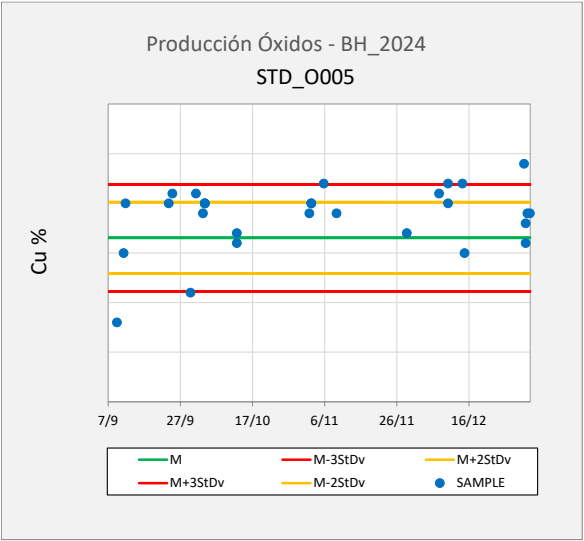
AU



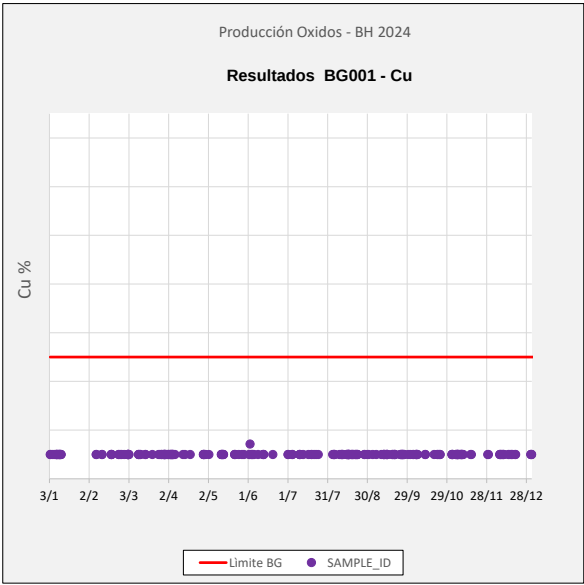
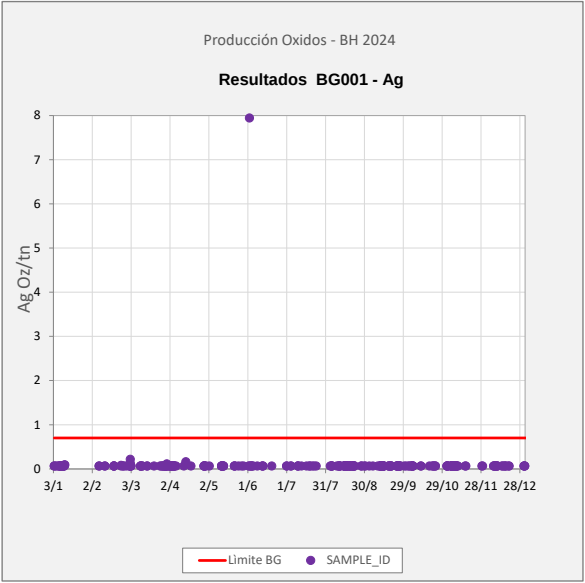
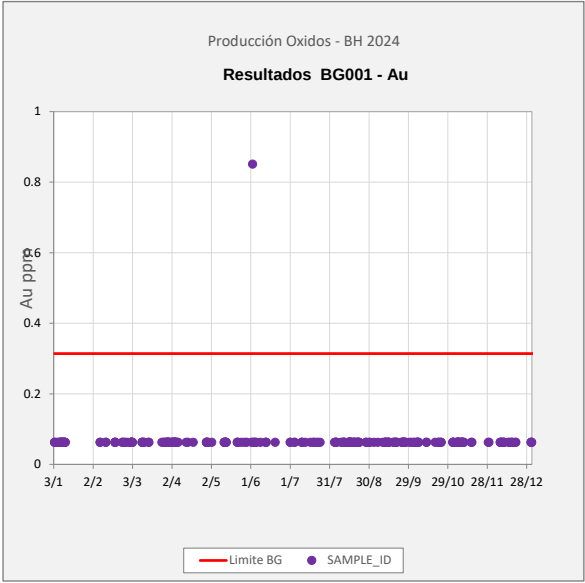
AG



CU



CONTAMINACIÓN:
Blanco Grueso



Blanco Fino

