

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia

**“IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO
Y CONTROL DE CALIDAD (QA/QC) PARA EL MUESTREO
DE DETRITOS EN DEPÓSITOS TIPO
PÓRFIDO DE COBRE”**

TESIS

Presentada por:

Bach. NATALY MERCEDES ROJAS PILCO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO – GEOTÉCNICO

TACNA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA – GEOTECNIA

TESIS

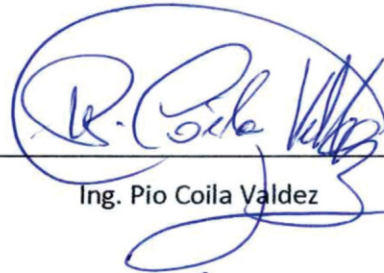
“IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO Y

CONTROL DE CALIDAD (QA/QC) PARA EL MUESTREO DE

DETRITOS EN DEPÓSITOS TIPO PÓRFIDO DE COBRE”

Tesis sustentada y aprobada por unanimidad el 25 de julio del 2019, con el siguiente Jurado:

PRESIDENTE



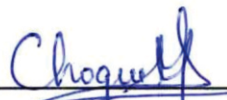
Ing. Pío Coila Valdez

MIEMBRO SECRETARIO



Ing. Fredy Cabrera Olivera

MIEMBRO



Ing. Gloria Choque

ASESOR DE TESIS



Ing. Jonathan Zavaleta Curasi

DEDICATORIA

Dedicado a Dios todopoderoso, Creador del Universo. A mis queridos padres; Mercedes y Wilson, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y por enseñarme a perseguir y no desistir de mis sueños y ser mi motivo; a mis hermanos Nianida y Reisell, por estar siempre conmigo en todo momento, a mis sobrinos Santiago y Nicolás, por ser una fuente de inspiración; a mis amigos incondicionales por enseñarme el valor del amor, unión y la amistad, y que a pesar del tiempo y la distancia, siguen siendo los mismos.

AGRADECIMIENTOS

Deseo Agradecer a Dios en quien confío, por ser la luz que ilumina y guía día a día mi camino. A mis padres, a mis hermanos, por su apoyo incondicional.

A la Ing. Astrid Flores Ramírez, quien me apoyo, enseñó e incentivó en cada momento y de forma incondicional, para la elaboración de esta tesis.

A la empresa GEOSIM SERVICIOS E.I.R.L., por brindarme la confianza y autorización.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotécnica, por sus sabios consejos. Un agradecimiento especial al Ingeniero Jonathan Zavaleta, catedrático de la Universidad, por su apoyo, consejos y asesoramiento en la elaboración de la tesis.

Por último, agradezco a Paola, por su apoyo incondicional, al Ing. Edgardo Cuadros, Christian Flores y aquellas personas que de manera directa e indirecta han contribuido durante la ejecución del mismo.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación del problema.....	5
1.3 Variables	5
1.3.1 Variables Independientes	6
1.3.2 Variables Dependientes	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo Principal	7
1.4.2 Objetivos específicos	7

1.5	Hipótesis	8
1.6	Metodología del Investigación	9
1.7	Fundamentos y Justificación	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		12
2.1	Antecedentes de la investigación.....	12
2.2	Base teórica.....	18
CAPÍTULO III: MARCO GEOLÓGICO		23
3.1	Ubicación de yacimiento tipo	23
3.2	Clima.....	23
3.3	Geomorfología regional.....	25
3.4	Geología regional.....	26
3.5	Geología estructural.....	30
3.5.1	Falla Micalaco.....	31
3.5.2	Alineamiento Toquepala.....	34
3.6	Yacimientos tipo pórfido de cobre	34
3.7	Geología económica	37
3.8	Geología local.....	38
3.8.1	Rocas extrusivas	38
3.8.2	Rocas intrusivas	38
3.8.3	Alteración.....	41

3.8.4	Mineralogía.....	42
3.8.5	Geología estructural local.....	43
CAPÍTULO IV: MUESTREO DE DETRITOS		47
4.1	Perforación de pozos de Tronadura.....	48
4.1.1	Método de perforación de muestreo de detritos.....	50
4.1.2	Características de un pozo de tronadura	53
4.1.3	Cono de perforación.....	54
4.2	Muestreo de detritos	57
4.2.1	Objetivo del muestreo de detritos	57
4.2.2	Importancia del muestreo de detritos.....	59
4.2.3	Metodología del muestreo de detritos.....	60
4.2.4	Preparación mecánica de muestras en laboratorio	78
4.2.5	Generación de polígonos con los datos resultantes del muestreo....	80
4.2.6	Replanteo de polígonos.....	82
4.2.7	Principales fuentes de error en el muestro de detritos	84
CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE		
ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD		86
5.1	Programa de aseguramiento y control de calidad.....	87
5.1.1	Definiciones para el control de calidad.....	87
5.1.2	Nociones básicas para el control de calidad	90

5.1.3 Programa de aseguramiento de la calidad del muestreo	101
5.1.4 Capacitación difusión del programa de QA/QC	122
5.1.5 Determinación analítica de técnica de muestreo.....	123
5.1.6 Aplicación de la evaluación del control de calidad	130
5.1.7 Precisión.....	132
5.1.8 Exactitud	135
5.1.9 Contaminación	141
 DISCUSIÓN	 143
CONCLUSIONES	144
RECOMENDACIONES	148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
ANEXOS	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Mineralogía Supérgena de la mina Toquepala (Mattos y Valle,1999) ..	43
Tabla 2. Dimensiones de la Pala según normas JIS (Fuente: Empresa Deltala, s.f.)	66
Tabla 3. Comparación de ventajas y desventajas del uso de la Pala y Tubo. (Bembow, s.f.).....	71
Tabla 4. Límites de Detección de contaminación. (Flores, 2016).	101
Tabla 5. Leyes Estimadas de Mineral para Inserción de Muestra de Control.....	120
Tabla 6. Tabla resumen de resultados de Análisis -Comparación Pala y Tubo.	129
Tabla 7. Muestras de Control Insertadas.....	131
Tabla 8. Estándares Certificados y Método Analítico de laboratorio por Elemento.	131
Tabla 9. Resumen de terminología de límites utilizada en las figuras.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación entre Precisión y Exactitud.....	21
Figura 2. Plano de ubicación de la Mina Toquepala.....	25
Figura 3. Geología Regional de la Mina Toquepala (Martínez, W.; Marchena, A. Otero, J; Cervantes, J. & León, W., 2017).....	29
Figura 4. Mapa estructural de sistema de fallas y lineamientos del sur del Perú. (Martínez, W.; Marchena, A. Otero, J; Cervantes, J. & León, W. 2017).	33
Figura 5. Modelo Generalizado de un depósito tipo Pórfido de cobre (León, L., Torrenegra, W., 2010).....	36
Figura 6. Columna estratigráfica Toquepala. (Mattos y Valle, 1999).	40
Figura 7. Geología local y estructural de Toquepala. (Mattos y Valle, 1999).....	41
Figura 8. Perforadora de pozos de Tronadura.....	48
Figura 9. Bloque de perforación de pozos de Tronadura. (Bembow, M. s.f.).	49
Figura 10. Pozos de Tronadura perforados en campo. (Redard, s.f.).....	50
Figura 11. Brocas Tricónicas para la perforación por Trituración.....	51
Figura 12. Detalle del funcionamiento de la broca de la perforadora. (Simon, 2013).....	52
Figura 13. Perforadora con cortina de goma.....	54
Figura 14. Cono de detritos bien formado.	55

Figura 15. Cono de perforación mal formado. (Fuente: Simón, 2013).....	56
Figura 16. Disposición de material de detritos perforados (Redard, s.f.).	56
Figura 17. Esquema de proceso de minado a corto plazo.....	58
Figura 18. Supervisor líder de muestreo programando la cantidad de muestras a extraer en el día y determinando las zonas de muestreo.....	60
Figura 19. Muestreo por cuatro (4) puntos en cono de perforación.....	62
Figura 20. Extracción de muestras de detritos, en cono de perforación, en una posición de 45° con respecto a la base.	63
Figura 21. Representación de la posición de material en el cono de Perforación (Bembow, s.f.).	63
Figura 22. Modelo de Pala con dimensiones según norma JIS. (Alfaro, 2012)....	66
Figura 23. Muestreo con Pala usando dimensiones según norma JIS en un cono de perforación. (Alfaro, 2012).....	67
Figura 24. Muestreo en campo utilizando el dispositivo de Pala.....	68
Figura 25. Medidas recomendadas para el tubo de Muestreo.....	69
Figura 26. Distribución de muestreo de detritos usando Tubo en un cono de perforación en cuatro puntos. (Alfaro, 2012).	70
Figura 27. Extracción de muestras de detritos utilizando como dispositivo el Tubo.....	70
Figura 28. Etiquetado de la muestra Sistema Código de Barras.....	75
Figura 29. Embolsado y amarrado de la muestra.	76

Figura 30. Traslado de muestras en camioneta.	77
Figura 31. Muestras de Control - Estándares y Blanco fino.	78
Figura 32. Proceso de preparación de Muestras en Laboratorio (Flores, 2016). ..	79
Figura 33. Análisis ICP (Flores, 2016).	80
Figura 34. Polígonos de mineral resultantes del análisis de datos de campo.....	82
Figura 35. Replanteo de Polígonos en campo.....	84
Figura 36. La Precisión evaluada a través del Error Relativo con el método hiperbólico (Simón, 2013).....	94
Figura 37. Gráfico de evaluación de la exactitud, donde los datos se encuentran dentro de los límites de aceptación. (Flores, 2016).....	97
Figura 38. Gráfico de evaluación de la contaminación donde los datos se encuentran dentro del límite permisible. (Flores, 2016).	100
Figura 39. Capacitación y Difusión del Programa de QA/QC al personal de Muestreo de Detritos.	123
Figura 40. Control de Precisión con dispositivo de Pala– Cobre.....	125
Figura 41. Control de Precisión con dispositivo de Tubo – Cobre.	126
Figura 42. Control de Precisión con dispositivo de Pala – Molibdeno.....	127
Figura 43. Control de Precisión con dispositivo de Tubo– Molibdeno.	128
Figura 44. Control de Precisión con Muestras Gemelas – Cobre.	133
Figura 45. Control de Precisión con Duplicados Finos– Molibdeno.	134
Figura 46. Control de Exactitud con Estándares de Ley Baja STDB – Cobre....	136

Figura 47. Control de Exactitud con Estándares de Ley Media STDM – Cobre.	137
Figura 48. Control de Exactitud con Estándares de Ley Media STDM– Molibdeno.	138
Figura 49. Control de Exactitud con Estándares de Ley Alta STDA– Cobre.....	139
Figura 50. Control de Exactitud con Estándares de Ley Alta – Molibdeno.	140
Figura 51. Contaminación en Análisis de las Muestras Blancos Finos – BLK2 (Método Análisis Cobre Total Absorción Atómica).	141
Figura 52. Contaminación en Análisis de las Muestras Blancos Finos – BLK2 (Método Análisis Molibdeno Absorción Atómica).	142

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de muestras Gemelas extraídas con Pala - Cu%	155
Anexo 2. Datos de muestras Gemelas extraídas con Tubo - Cu%	156
Anexo 3. Datos de muestras Gemelas extraídas con Pala - Mo%	157
Anexo 4. Datos de muestras Gemelas extraídas con Tubo - Mo%	158
Anexo 5. Datos Muestras Gemelas - Cu%	159
Anexo 6. Datos Muestras Gemelas - Mo%	160
Anexo 7. Datos de muestras insertadas para estándar bajo de Cu%	161
Anexo 8. Datos de muestras insertadas para estándar Medio de Cu%	162
Anexo 9. Datos de muestras insertadas para estándar Medio de Mo%	163
Anexo 10. Datos de muestras para estándar Alto de Cu %	164
Anexo 11. Datos de muestras para estándar Alto de Mo %	164
Anexo 12. Datos de muestras para Blancos de Cu% y Mo %	165

RESUMEN

El presente proyecto: “Implementación de Programa de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) para el muestreo de detritos en depósitos tipo pórfido de Cobre”, se basa en implementar un programa de QA/QC que pueda ser utilizado como base en las actividades diarias del muestreo de detritos, sirviendo como guía para cualquier minera que no cuente con esta implementación.

La ejecución de un programa de aseguramiento y control de la calidad, tiene como fin asegurar la integridad de la información, (certificar que los resultados del muestreo sean confiables) y cerciorar que los datos generados garanticen la calidad, y que permitan su óptima utilización en el control mineral diario.

Es por ello que este documento desarrolla procedimientos y protocolos de muestreo para el aseguramiento y control de la calidad de los procesos, en minas tipo pórfido de cobre y molibdeno, usando como referencia la unidad minera Toquepala, y haciendo posible la validación y confiabilidad de los recursos a explotar, por medio de recolección de muestras y su análisis posterior basados en ensayos de precisión, exactitud y contaminación, que corroborarán de forma analítica el buen desempeño de los trabajos de muestreo de detritos.

En conclusión, al término de este proyecto se habrá contribuido con una guía básica para la implementación de un programa de aseguramiento y control de calidad en el muestro de detritos en mina tipo pórfidos de cobre, incrementando así, la confianza en nuestras actividades diarias de muestreo.

ABSTRACT

This project: “Implementation of the Quality Assurance and Control Program (QA / QC) for the sampling of debris in copper porphyry deposits”, is based on implementing a QA / QC program that can be used as a basis in the daily debris sampling activities, serving as a guide for any mining company that does not have this implementation.

The execution of a quality assurance and control program is aimed at ensuring the integrity of the information, (certifying that the sampling results are reliable) and ensuring that the data generated guarantees quality, and allows its optimal use in Daily mineral control.

That is why this document develops sampling procedures and protocols for the assurance and control of process quality, in porphyry mines of copper and molybdenum, using the Toquepala mining unit as a reference, and making possible the validation and reliability of the resources to be exploited, through sample collection and subsequent analysis based on precision, accuracy and contamination tests, which will analytically confirm the good performance of the detritus sampling work.

In conclusion, at the end of this project, a basic guide for the implementation of a quality assurance and control program in the sampling of copper porphyry-type mine debris will be contributed, thus increasing confidence in our daily sampling activities. .

INTRODUCCIÓN

Los antecedentes de estafas a inversionistas mineros en la bolsa de valores y las constantes auditorias que controlan la calidad del desarrollo de las actividades mineras, han generado que en la actualidad, la implementación de un programa de Aseguramiento y Control de la Calidad (QA/QC), sea de mucha importancia en las actividades operativas de una mina, ya que tiene por objetivo asegurar y controlar la calidad de una actividad por medio de procedimientos y controles certificados que realzan la confiabilidad de datos y resultados que serán utilizados para decisiones diarias de control de mineral y para garantizar los recursos mineros existentes.

Una de las actividades más importantes de las operaciones mineras y que requiere un programa de QA/QC, es el Muestreo de Detritos, puesto que los resultados que genere esta actividad, ayudarán a un adecuado planeamiento, control y explotación de los recursos minerales diarios. Por ello, es necesario entender que existen muchas razones por las que los ejemplares extraídos en el muestreo pueden restar la efectividad en el desarrollo del minado y planificación de destinos de material. Estos errores en los datos, usualmente son proporcionados por una mala elección de técnicas de muestreo, por la ausencia de capacitación del personal, por

la contaminación de la muestra, carencia en supervisar la realización de las actividades, etc.

Es por esta razón, que el presente proyecto, tomando como referencia la unidad minera Toquepala, se enfoca en implementar un programa de Aseguramiento y Control de Calidad, que pueda aportar a guiar, mejorar e incrementar la confianza de los resultados cuantitativos que se genere específicamente del muestreo de detritos en una mina tipo pórfido de cobre, empleando métodos apropiados para el buen desempeño de los trabajos, comprometiéndonos en la mejora continua, buscando y comparando técnicas convenientes que ayuden a optimizar los procesos de muestreo de detritos y, de esta manera, obtener resultados que garanticen la calidad y confiabilidad de los datos, fortaleciendo la estabilidad y rentabilidad de la actividad minera.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente, en el sector minero es de pleno conocimiento que tanto el muestreo de detritos como el Aseguramiento y Control de la Calidad (QA/QC) ejecutados con técnicas adecuadas, son esenciales para lograr un buen desarrollo en las ejecuciones operativas en una mina.

Se ha conocido casos, donde mineras renuncian a la idea de mitigar posibles fuentes de error durante el muestreo de detritos, y no consideran importante la implementación de un Programa de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC), que garantice el buen desarrollo de los procesos primarios como la obtención de muestras de producción, preparación y análisis de datos, incidiendo así, en un grave error debido a la omisión de la actual tendencia de las regulaciones de la industria minera, en cuanto a los estrictos estándares de aseguramiento y control de los procesos de producción. Esta omisión a la adecuación de los estándares internacionales que rigen actualmente la industria minera, podrían costar mucho más que solo pérdidas monetarias para la empresa. Y es que, no solo sirve contar con metas y objetivos diarios en la producción de mineral, si no se asegura una

supervisión de la calidad de los métodos y técnicas en las pruebas de muestreo de detritos.

Asimismo, existen empresas que poseen un programa de Aseguramiento y Control de Calidad en el muestreo de detritos, y que si bien es cierto, obtienen resultados confiables para su uso diario en operación, no se preocupan en efectuar seguimientos para mejorar los procedimientos de estas labores, acarreado por consecuencia algunos sesgos en los resultados que, en el correr del día, causan inconvenientes que pudieron evitarse.

Así que, para la elaboración de esta investigación, se ha observado que existen muchas razones por las que los ejemplares extraídos en el muestreo, restan la efectividad en el desarrollo del minado y planificación de destinos de material. Estos errores en los datos, usualmente son proporcionados por una mala elección de técnicas de muestreo, por la ausencia de capacitación del personal, por la contaminación de la muestra, carencia en supervisar la realización de las actividades, etc.

Por ello, es necesario demostrar teniendo como base resultados cuantitativos, que es de suma relevancia implementar Programas de Aseguramiento y Control de Calidad QA/QC, en los exámenes de muestras de detritos en una mina tipo pórfido de cobre y molibdeno, utilizando métodos apropiados para el buen desempeño de los trabajos, comprometiéndonos en la mejora continua,

buscando y comparando técnicas convenientes que ayuden a optimizar los procesos de muestreo de detritos, y de esta manera obtener resultados que garanticen la calidad y confiabilidad de los datos, fortaleciendo la estabilidad y rentabilidad de la actividad minera.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el resultado de la aplicación de un Programa de Aseguramiento y Control de Calidad QA/QC, en el Muestreo de Detritos en una mina tipo Pórfido de cobre y molibdeno en el sur del Perú, usando el método de muestreo más óptimo para acrecentar el grado de confiabilidad de lo obtenido en el laboratorio y para el control de mineral diario, utilizando como fuente y referencia los trabajos realizados en la unidad minera Toquepala?

1.3 Variables

$$\text{NC} = \text{SUM} (\% \text{ E})$$

NC=Nivel de Confianza

E= Errores

1.3.1 Variables Independientes

Porcentaje de Error

Se refiere al porcentaje de error encontrado en el muestreo de detritos, el cual, no permite asegurar la calidad y confianza de los resultados, como por ejemplo:

- Error Fundamental.
- Error de Segregación.
- Error de Extracción de Muestra.
- Error de Preparación.
- Error Analítico.
- Contaminación.

Indicadores: Porcentaje de Error

1.3.2 Variables Dependientes

Nivel de Confianza de la información

Es la probabilidad de que el parámetro a estimar se encuentre en el intervalo de confianza.

Por ello, si el Porcentaje de Error es mínimo, nuestro nivel de confianza incrementará, de lo contrario, si el porcentaje de error es elevado, nuestro nivel de confianza disminuirá.

Indicadores: Porcentaje de Muestras dentro de rango de aceptación

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Principal

Implementar y desarrollar un Sistema de Aseguramiento y Control de Calidad para el muestreo de detritos en una mina categoría pórfido de cobre y molibdeno, comparando dos técnicas de muestreo, con el objetivo de dar cumplimiento a los estándares exigidos actualmente por los programas operativos de la mina Toquepala y en la preparación de los polígonos de mineral utilizados para las decisiones de minado diario.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Establecer protocolos y técnicas de muestreo que garanticen la confiabilidad de las muestras.
- ✓ Utilizar controles a través de métodos y acciones de tipo operativo, los que se usarán para establecer el nivel de calidad alcanzado en una operación, mediante la supervisión continua de la posible ocurrencia de errores.

- ✓ Detectar problemas con la finalidad de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar oportunamente medidas correctivas.
- ✓ Aplicar dos técnicas de muestreo: muestreo con pala y muestreo con tubo, con el objeto de determinar el método más óptimo para la elaboración de las labores de muestreo y la técnica que brinde resultados más confiables para la supervisión del mineral diario.
- ✓ Informar y mostrar por qué es importante el proceso de establecer un sistema de aseguramiento y control de calidad en la desarrollo del proceso de muestreo de detritos en una mina tipo pórfido de cobre y molibdeno, manteniendo un manejo adecuado de los procesos y alcanzando un buen sistema de muestreo, obteniendo datos efectivos y confiables para control de mineral diario.
- ✓ Difundir los protocolos y procedimientos implementados al personal de muestreo, para que entiendan la importancia de una buena recolección de muestras de detritos en el proceso de control de mineral. Asimismo, promover la supervisión continua de los trabajos desarrollados.

1.5 Hipótesis

La instauración de un Sistema de Aseguramiento y Control de Calidad QA/QC, en minas tipo pórfido de cobre y molibdeno, incrementará la transparencia

de los resultados de laboratorio utilizados en la elaboración de polígonos de mineral diarios.

1.6 Metodología del Investigación

a. Método

El método aplicado en el desarrollo de esta investigación, es: Descriptivo, Explicativo y Analítico, el cual nos concederá describir y explicar la aplicación del QA/QC para el muestreo de detritos. Asimismo, utilizar datos de muestras recolectadas en campo para su posterior análisis y evaluación, para conocer el comportamiento y confiabilidad de nuestro trabajo.

b. Etapas en la Elaboración del proyecto

1. Etapa de Reconocimiento

En esta parte de la elaboración del proyecto se recolectará información necesaria del área de estudio y material de apoyo, para la realización de la tesis, procediendo al escrutinio bibliográfico con referencia al tema.

2. Etapa de Campo

Se recolectarán muestras de campo por medio del muestreo de detritos, en el interior de la mina, encargándonos de la supervisión

constante del buen desempeño de las labores que se inician en la extracción de muestra, etiquetado, embolsado y, finalmente, la cadena de custodia del espécimen en su recorrido hacia el laboratorio.

3. Etapa de Gabinete- Interpretación de Datos

Finalizada la etapa de campo, se procederá al registro y análisis de datos. Para esta etapa se empleará el programa Excel con plantillas especializadas en control de calidad, empleadas como una herramienta de ayuda, para procesar, interpretar y presentar los datos analizados, generando, de esta manera, procedimientos de trabajo y un informe explicando los resultados y verificando o no, la confiabilidad de los procesos.

1.7 Fundamentos y Justificación

La preocupación constante por la validación y verificación de la calidad de los datos obtenidos en los programas de perforación primaria y subsecuente proceso de muestreo de detritos, ha estado siempre presente en la práctica de las actividades mineras. Y tras algunos incidentes de estafa, que conmocionaron a la industria minera mundial (caso BREX), la industria internacional, exige que el proceso de recolección de datos, se alinee a uno de los códigos mineros internacionales instaurados por la bolsa de valores, de manera que, los datos obtenidos de estos

procesos, evidencie transparencia de la información basada en la implementación de correctas técnicas de muestreo, capacitación y supervisión del personal, cadena de custodia o resguardo de la muestra, que conduzcan a obtener resultados con alto grado confiabilidad.

Por ello, esta investigación será útil y beneficiosa, ya que permitirá dar solidez y garantizar la mayor confiabilidad posible en el resultado del muestreo de detritos. Igualmente, permitirá dar a conocer de la importancia de asegurar la calidad de la información con la que se trabaja, por medio de técnicas que logren disminuir el porcentaje de sesgo en el muestreo de detritos y aplicando protocolos que capaciten al personal en la extracción e integridad de la muestra que será analizada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

En el transcurso de los años, muchos han sido los casos que pasaron sin tomarse la debida importancia de ejecutar un mecanismo de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) en las ejecuciones mineras, lo cual, en algunos casos, ha hecho perder a miles de inversionistas millones de dólares, como es el caso de estafa que se suscitó en 1995, cuando David Walsh, fundó la Minera BRE-X, junto con John Felderhoff (geólogo) compraron cierto espacio de tierra en la jungla de Borneo (Indonesia), llamado comúnmente como Busang. Ellos emplearon a Michael de Guzmán, para estar a cargo del yacimiento y difundieron que habían encontrado 6,500 toneladas de oro, es decir, el 8 % de las reservas mundiales de oro, sin sospechar que, “cantidades precisas de polvo de oro fueron añadidas a las muestras en algún laboratorio clandestino” y que los afloramientos fueron “contaminados” con perdigones de oro, por Guzmán y los dueños de BRE-X.

En el año de 1996, los bonos de BRE-X tenían un precio de 2 dólares, los que marcaron una cima de 275 dólares, monto que daba un valor a la Compañía en 6,000 millones de dólares. Esta alza del valor de la compañía, ocurrió después de

que muchos inversionistas, entre ellos trabajadores jubilados, invirtieran sus ahorros en este proyecto que mostraba ser una gran oportunidad de ganancias.

En el mes de marzo de 1997, Michael de Guzmán muere misteriosamente al sufrir un accidente aéreo en Indonesia. (Mueller, 2009). Casi en la misma fecha, la minera Freeport McMoRan (dueña del 15 % de BRE-X) luego de un “Due Dilligence”, manifiesta que: “En el yacimiento de Busang hay cantidades insignificantes de oro”. Esto produjo que Bre-X se desplomara un 97 % y lo que valía, 6,000 millones de dólares, se tradujo en una mínima decena de millones, provocando que la bolsa de Toronto se desplomara en cuestión de minutos.

Calificándose como un embuste minero, BRE-X originó un desequilibrio en las actividades mineras del mundo, y ocasionó que los inversionistas jubilados, entre otros, perdieran todo su capital invertido.

Es así como los proyectos mineros quedaron en incertidumbre, y por esta razón, las Bolsas de valores crearon nuevas normativas que regulan la geología profesional, con base a códigos mineros internacionales.

En la actualidad, existen 6 códigos mineros creados y certificados por la bolsa de valores de diferentes países, las cuales son:

- Canadá: NI-43-101
- Australia: JORC

- Sudáfrica: SAMREC
- Estados Unidos: SEC
- Gran Bretaña: IMM
- International: CMMI-CRIRSCO

Hoy en día, la inversión en la bolsa de valores, se desarrolla de manera más estricta con el cumplimiento de las normas requeridas por el código del lugar o país donde se invertirá, exigiendo de esta manera, la creación de Programas de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) en las actividades mineras, y que ayuden a satisfacer los requisitos proporcionados por los códigos y normas de calidad regulados por la industria minera internacional.

Con el pasar de los años, empresas como AMEC, con experiencia basada en numerosas auditorías y estudios en proyectos de minería en Sudamérica, Asia, África, Norte América y Europa, indican que la comprensión de la prioridad de mecanismos de control de calidad en actividades geológicas, es aún poco frecuente. El estudio que realizaron, mostró que de 26 proyectos de Sudamérica y Europa que fueron controlados por la empresa AMEC entre el 2003 y 2007, solo cuatro de ellos tenían establecido un procedimiento de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) que permitía la autenticidad y confiabilidad para ser apropiadamente utilizada. (Simón, 2013).

Linares F. (2018), basado en el grupo Milpo y más consciente del valor de la calidad de resultados en los trabajos, establece el procedimiento de aseguramiento y control de la calidad a todas sus unidades operativas, para monitorear los posibles errores mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras, o la ejecución de operaciones de control, con la finalidad de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar oportunamente sus medidas correctivas mediante la utilización de los siguientes controles:

- ✓ Definir el mecanismo de toma de muestras para la supervisión de la calidad de la muestra.
- ✓ Mitigar o minimizar los errores de muestreo y análisis, de manera que si existen, se encuentren dentro de los límites aceptables de estándares establecidos.
- ✓ Evitar ingresar errores considerables en el banco de datos usados para la valoración de recursos y reservas.
- ✓ Determinar que los errores del análisis y de muestreo sea aceptable dentro de estándares establecidos.
- ✓ Garantizar la precisión y exactitud de los datos para garantizar el grado de confiabilidad en la valoración de recursos y que ésta pueda ser confirmada por otros laboratorios.

Sánchez & Sánchez (2015), en su tesis titulada: “Implementación de un Sistema de Control de Calidad QA/QC, aplicado a la investigación de muestras geológicas, para acrecentar el grado de confiabilidad de los resultados del laboratorio, en la organización Anglo-American -Quellaveco- 2015”, nos muestra que la aplicación de métodos en un protocolo de Aseguramiento y Control de calidad (QA/QC) en el procedimiento de análisis de las pruebas geológicas, aumenta el grado de confianza de los datos obtenidos por laboratorio, debido a que en las últimas campañas de perforación se trabajaron con procedimientos de control de calidad, con monitoreo constante de las muestras de control emitidas por su empresa, y que fueron enviadas al laboratorio ALS Chemex, donde se monitorearon por el sistema de control de calidad, consiguiendo verificar los resultados reportados por el laboratorio, aplicando comparaciones de estos, con los datos de los estándares conocidos y que están dentro de los parámetros permisibles.

En el transcurso de los años, en muchas empresas mineras con depósitos tipo pórfido de cobre y molibdeno, se ha venido efectuando la toma de muestras de detritos, sin ejecutar un programa QA/QC, que pueda asegurar con rigor las buenas prácticas de los procedimientos de muestreo, preparación y análisis; ni asegurar los buenos resultados de cada muestra extraída. Ocasionando, de esta manera, que la planificación del destino del material extraído, no resulte según lo proyectado y se genere pérdidas significativas de dinero, debido a que la entrega del mineral diario, no alcanzó el objetivo planteado.

La perforación de pozos voladura, es considerado como el método de perforación más económico y rápido en la industria, por ello, las empresas mineras que extraen mineral de depósitos tipo pórfido de cobre y molibdeno, utilizan este método de perforación para extraer el material a procesar, cuyo fin es la obtención de resultados que serán usados para la planificación a corto plazo. Pero, en varias oportunidades, los resultados obtenidos han reportado errores que han sido identificados como error fundamental, relacionado principalmente al proceso de muestreo de detritos, así como por las malas prácticas en la extracción de las muestras. Esto, consigue afectar la representatividad del ejemplar, el cual, podría presentar deficiencias que generen posibles focos de contaminación, pérdida de masa de las muestras, equivocaciones en la identificación de las muestras (etiquetado), entre otros.

Los métodos para mitigar y minimizar estos errores, han ido mejorando con el pasar del tiempo, es así, que la industria minera actualmente exige que se monitoree tres aspectos básicos con relación al QA/QC: *Contaminación*, esto se monitorea con la inserción de blancos gruesos y finos; *Precisión*, analizada con la toma de muestras duplicadas de campo, duplicado de preparación y duplicado de pulpa; y *Exactitud*, examinada con la inserción de muestras estándares que ayudan a comparar las composiciones y concentraciones ya conocidas con relación a las alcanzadas en campo.

A pesar de esto, algunas fallas siguen apareciendo en el transcurso del muestreo, por ello, se está utilizando protocolos en los procesos, así como también, se están aplicando técnicas de supervisión en el muestreo mediante el seguimiento continuo de la posible ocurrencia de errores.

Al efectuar estas buenas prácticas como algo del día a día, se ha logrado reducir significativamente los errores inherentes al proceso de muestreo de detritos, haciéndolo mucho más efectivo para el planeamiento de mineral a corto plazo, el que luego, se procesará en planta, hasta su destino final en el mercado de minerales.

2.2 Base teórica

- ✓ **Calidad:** Totalidad de los elementos que posee una empresa a la que le entregan la responsabilidad para que satisfagan las prioridades establecidas y las implícitas (ISO 8402 ANSI). El nivel de satisfacción que el trabajo cumple con las especificaciones dadas. (ISO, 1993).
- ✓ **Aseguramiento de Calidad:** Es el conjunto de planes y métodos de acción, necesarios para proveer una adecuada confiabilidad de que el producto, el proceso o el servicio, será satisfactorio dando resultado confiable y de calidad. (Dirección General de Capacitación e Innovación Tecnológica, s.f.).
- ✓ **Control de Calidad:** Conjunto de métodos y procedimientos operativos que se efectivizarán para alcanzar el nivel de calidad en una operación, a través

de una supervisión in situ y continua, de la posible ocurrencia de errores.
(Junta de Andalucía, s.f.).

- ✓ **Muestra:** Es una fracción extraída de un grupo de mecanismos que permitirán tenerla en cuenta como representante de la misma. (López, 2008).
- ✓ **Muestreo:** Es la acción de tomar muestras que representen la calidad o condiciones medias de una totalidad o el método que se utiliza en esta elección, o también, la selección de una mínima parte estadísticamente establecida para variar el valor de una o varios elementos del conjunto. (Illanes & Machaca, 2012).
- ✓ **Protocolo de muestreo:** Conjunto de etapas y mecanismos en la toma de pruebas y su preparación, cuya meta es disminuir los errores y proporcionar una prueba dentro de ciertos estándares de control. (Chacón, 2014).
- ✓ **Errores:** Se encuentran cualquier proceso de valoración. Es indispensable distinguir las diferentes clases de error. (UGR, s.f.).
- ✓ **Nivel de confianza:** Es la probabilidad de que el parámetro a estimar se encuentre en el intervalo de confianza. (Simón, 2013).
- ✓ **Espécimen:** Es una parte del lote obtenida sin respetar las reglas de la teoría de muestreo. (Sánchez, E. & Sánchez, J., 2015).
- ✓ **Tasa de Error:** Es una estadística que expresa la cantidad de error de muestreo existente en una actividad. Cuanto mayor sea el margen de error, menos confianza. (Simón, 2013).

- ✓ **Error Fundamental:** Según Pierre Gy, es la varianza de las diferencias entre los valores reales y los estimados por las muestras, a causa de la pérdida de precisión en la muestra, debido a su composición física y química. (Simón, 2013).
- ✓ **Error de segregación:** Según Pierre Gy, la segregación o pérdida de material es causada por la distribución no al azar de las partículas, por efecto de la gravedad. (Simón, 2013).
- ✓ **Error de Delimitación de Incrementos:** Error causado por un diseño de muestreo inapropiado y/o mala selección de equipo. (Simón, 2013).
- ✓ **Error analítico:** Corresponde al error que se comete en el laboratorio al analizar la muestra final y que depende del método de análisis utilizado. (Sánchez, E., & Sánchez, J., 2015).
- ✓ **Error de preparación:** Son los errores de contaminación (polvo, anillos). (Sánchez, E., & Sánchez, J., 2015).
- ✓ **Precisión:** Es la capacidad de realizar una y varias veces consecutivas, los resultados de una medición en iguales condiciones (Figura 01). (Simón, 2013).
- ✓ **Exactitud:** La proximidad de una medición a un valor “real” o aceptado como “apropiado” (Figura 01). (Linares, 2018).

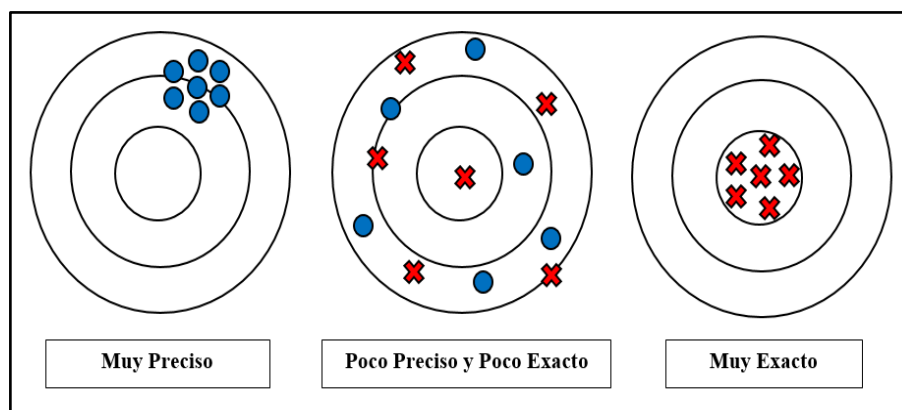


Figura 1. Comparación entre Precisión y Exactitud.

- ✓ **Contaminación:** La transferencia involuntaria de material de una prueba o del medio circundante a otra muestra. (Linares, 2018).
- ✓ **Muestras de control:** Son muestras de composición/concentración ya sabidas, que asistirán a comparar y determinar la exactitud de las muestras. (Vinagre, 2010).
- ✓ **Detritos:** Material suelto o sedimento de rocas. (Educarex, 2006).
- ✓ **Sesgo:** Corresponde al error con respecto al valor verdadero. (Sánchez, E., & Sánchez, J., 2015).
- ✓ **Límite de detección:** Puede definirse como el valor real, cuando la precisión alcanza el 100 %, es decir, donde la desviación estándar es la mitad de la media. (Sánchez, E., & Sánchez, J., 2015).
- ✓ **Análisis de estándares:** Permiten conocer y asegurar la exactitud de los resultados enviados por laboratorio. (Sánchez, E., & Sánchez, J., 2015).

- ✓ ***Análisis de Blancos:*** Permite conocer y asegurar el buen manejo de las muestras enviadas al laboratorio, así como el correcto uso de los equipos empleados en la medición que se realizan, evitando la contaminación. (Sánchez, E., & Sánchez, J., 2015).
- ✓ ***Análisis de duplicados:*** Permite conocer y asegurar la precisión del muestreo realizado de los resultados enviados por laboratorio. (Sánchez, E., & Sánchez, J., 2015).
- ✓ ***Cadena de Custodia:*** Es la secuencia ininterrumpida de eventos en la que garantizaran la seguridad física de las pruebas, los datos y los registros. (Moreno, 2016).

CAPÍTULO III

MARCO GEOLÓGICO

3.1 Ubicación de yacimiento tipo

La ubicación del yacimiento tipo pórfido de cobre de Toquepala, usada como referencia, se encuentra en el sur del Perú, en el departamento de Tacna, entre las cotas 3,100 a 4,000 m.s.n.m. (Ver figura 02). Geográficamente se encuentra a 17°13' Latitud Sur y 70°36' Longitud Oeste, y la zona en general, es montañosa y semi-desértica, con parámetros anuales de 80 mm de precipitación y 1,500 mm de evaporación.

Este yacimiento se encuentra localizado en una región de topografía accidentada, debido a innumerables quebradas profundas que en su recorrido desde la sierra hacia los desiertos de la costa, cortan transversalmente el Flanco Occidental de los Andes Sur-Occidentales.

3.2 Clima

Al menos, desde mediados del Terciario, los agentes externos del modelado presentes en el área, corresponden a un clima árido, caracterizado por las escasas precipitaciones a lo largo del año y la gran irregularidad interanual de estas. Esta irregularidad se debe a que gran parte de las lluvias se producen en eventos lluviosos

extraordinarios, cuyos tiempos de retorno se miden en décadas o incluso siglos. La capacidad erosiva de estos eventos es muy grande, si se considera que por su carácter tormentoso no generan mayor infiltración, favoreciendo el escurrimiento superficial que moviliza importantes volúmenes de detritos producto de la intensa meteorización, sin mayor oposición de la escasa vegetación existente (que en los sectores más áridos llega a ser incluso nula).

Con todo, la aridez climática varía en función a la altitud. Así, por encima de los 3 400 m.s.n.m., el volumen de precipitaciones es mayor, disminuyendo por el contrario, su irregularidad interanual; por tanto, el potencial de generar grandes movimientos de masa, es menor, incrementándose en cambio la frecuencia de eventos de menor capacidad, como las solifluxiones superficiales. (Cossio, 2016).

Como reflejo de este cambio, se presentan en el área dos dominios morfoclimáticos: Uno al sur, árido, caracterizado por una elevada densidad de disección, lo que incrementa las pendientes medias; y otro al norte, sub-húmedo, de menor densidad de disección y predominio de las formas redondeadas en cimas y laderas.

Hay que remarcar que el contacto entre ambos dominios es gradual y no muy acusado como para permitir su delimitación precisa. (Bellido, 1979).



Figura 2. Plano de ubicación de la Mina Toquepala.

3.3 Geomorfología regional

El área de estudio se emplaza sobre colinas organizadas en alineamientos que se desprenden de la moderna cordillera volcánica (Andes sudoccidentales). Estos alineamientos colinosos (o estribaciones) se organizan paralelamente, presentando una orientación general norte – sur; están separados por estrechos valles secos que sirven de colectores de una densa red de cursos menores que disecan las colinas. El conjunto está inclinado hacia el sur, desplegándose entre 4,000 y 2,400 m.s.n.m. La relativa homogeneidad del basamento geológico y el

clima árido imperante en toda el área, han determinado que el relieve sea bastante uniforme en cuanto a su fisonomía. Sólo la depresión tectónica asociada a la falla Incapuquio, en la parte meridional, altera significativamente esa uniformidad. (Bellido, 1979).

3.4 Geología regional

El yacimiento está situado en un área que fue sometida a intensa actividad ígneo- eruptiva, de magmas riolíticos y andesíticos que se registró hace 70 M.a. (Cretáceo - Terciario); esta actividad produjo enormes cantidades de material volcánico, el cual se acumuló en una serie de mantos de lavas, hasta completar un espesor de 1,500 m, constituyendo el basamento regional, el mismo que está compuesto por derrames alternados de riolitas, andesitas y aglomerados, inclinados ligeramente hacia el oeste y que constituyen el llamado “Grupo Toquepala”. (Ver figura 03).

Posteriormente, la actividad ígnea fue principalmente epitermal y produjo grandes masas de roca en fusión que intruyeron, rompiendo y fundiendo las lavas enfriadas del “Grupo Toquepala”. Estas rocas intrusivas constituyen apófisis del batolito andino y fueron emplazadas en diferentes etapas. Debido a que provinieron de un magma calco-alcalino de concentración química variable, resultaron diferentes tipos de rocas: diorita, granodiorita, dacita porfirítica, etc.

La actividad tectónica regional, que está relacionada con la formación de la Cordillera de los Andes, está representada estructuralmente en el área por las fallas Incapuquio, Micalaco de orientación NO - SE y el alineamiento Toquepala. El basamento de Toquepala, fue afectado por los movimientos de la segunda fase de la orogenia andina (fase Inca), durante el Eoceno tardío o comienzos del Oligoceno. (Bellido, 1979).

La formación de la falla Micalaco ha sido favorecida por el contacto volcánico intrusivo, mientras que el alineamiento Toquepala N-S, se habría desarrollado como subsidiaria del fallamiento principal de orientación NO - SE y por el levantamiento del bloque situado al norte de la falla Micalaco; ambas fallas se interceptan en el área de la mina y determinaron una zona extensa de debilitamiento.

Posteriormente, soluciones a elevada temperatura, resultantes de una etapa de diferenciación magmática, atravesaron todas las rocas existentes destruyéndolas y alterando su composición química, haciéndolas más permeables. Estas soluciones, favorecidas por el debilitamiento preexistente, produjeron la alteración y mineralización primaria, definiéndose un estadio estable y maduro del sistema.

Luego de las diferentes etapas de intrusión y de la secuencia de brechamiento (Chimenea de brecha), durante las últimas manifestaciones de actividad hidrotermal, se formó una ventana explosiva, confinada al norte del

yacimiento, ventana que fue rellenada posteriormente por un magma de composición porfirítica, con una débil mineralización que englobó fragmentos de diferentes tipos de roca, de varias formas y tamaños (aglomerado de dacita).

Intrusiones de diques de latita porfirítica, emplazados a lo largo del alineamiento Toquepala, representan la última fase de vulcanismo en el sistema. A esa actividad volcánica le siguieron etapas sucesivas de intensa erosión, asociadas a variaciones del nivel freático que ocasionaron el lavado (Lixiviación) de la parte superior de la zona mineralizada y una concentración de minerales de cobre en profundidad (Zona de Enriquecimiento Secundario).

Erosiones subsiguientes aplanaron la topografía regional expuesta hasta formar la superficie Puna durante el Mioceno superior. Actividad volcánica posterior depositó en extensas áreas los volcánicos Huayllillas. En la mina Toquepala no se tiene cubierta de volcánico joven. (Mattos y Valle, 1999).

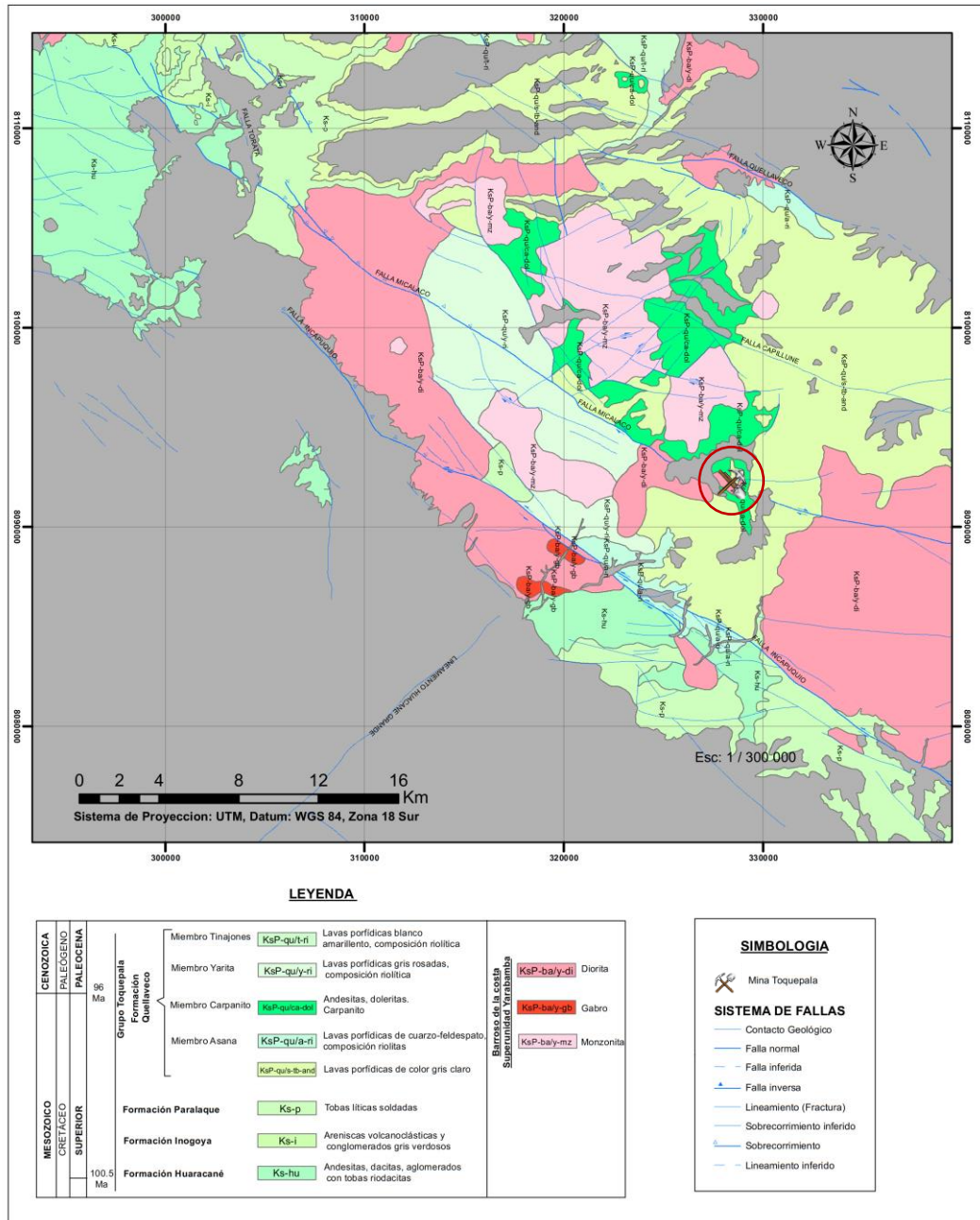


Figura 3. Geología Regional de la Mina Toquepala (Martínez, W.; Marchena, A. Otero, J; Cervantes, J. & León, W., 2017).

3.5 Geología estructural

En la zona de los cuadrángulos de Moquegua, Palca y Pachía, esta orientación o alineamiento tectónico se encuentra definido por grandes fallas, siendo la principal de estas, la denominada Sistema de fallas de Incapuquio. (Wilson y García, 1962).

El sistema de fallas Incapuquio comprende, en los cuadrángulos de Pachía y Palca a las fallas Incapuquio, Challaviento y Bellavista que forman un sistema paralelo (Ver figura 04).

Wilson y García han determinado que este sistema que está orientado N 50°-55°O, es del tipo transcurrente, habiendo habido un movimiento de los bloques tierra adentro hacia el NO, con relación a los bloques de la costa. Esta interpretación la han hecho basados en la formación de pliegue de arrastre en rocas sedimentarias de la región. La mayor parte del movimiento en este sistema, ha tenido lugar durante el Terciario inferior (Figura 04).

En el cuadrángulo de Moquegua (Bellido, 1979), el sistema de fallas Incapuquio comprende las fallas paralelas de Incapuquio y Micalaco, las cuales tienen un rumbo de N 60° – 70° W. En la zona de la mina Toquepala, la falla Micalaco se encuentra 5,5 km al norte de la falla Incapuquio. La falla Incapuquio ha sido reconocida desde el cuadrángulo de Palca, cerca al límite con Chile, hasta las inmediaciones de la ciudad de Moquegua, lo cual le da un largo mínimo de 140

km. Esta estructura llega a tener hasta un kilómetro de ancho compuesto por rocas trituradas y alteradas.

La falla Micalaco, aunque su largo no ha sido reconocido en más de 21 km, es también una zona ancha de fracturamiento, brechamiento y cizallamiento. Ambas fallas, en gran parte de su recorrido separan bloques intrusivos de rocas volcánicas.

Existen también numerosas fallas menores, del mismo sistema y que se encuentran localizadas entre las fallas Micalaco e Incapuquio y, también, al norte de la falla Micalaco.

La falla Micalaco, en el área donde delimita la zona mineralizada de la mina Toquepala, ha puesto la Serie Alta en el Sur en contacto con el pórfido cuarcífero Quellaveco, en el norte. Se puede interpretar este movimiento gravitacional como una serie de bloques que han sido levantados escalonadamente hacia el NE. (Stevenson y Damiani, 1979).

3.5.1 Falla Micalaco

La falla en mención se reconoce desde el paraje de Micalaco, hasta el borde sur del tajo abierto de la mina Toquepala y probablemente continúa formando el contacto del intrusivo diorítico del cerro Sargento con los volcánicos de la Serie

Toquepala. La falla, en el trayecto reconocido, tiene traza recta y en algunos sitios se ha constatado pequeñas vetas de óxido de fierro. (Cossio, 2016).

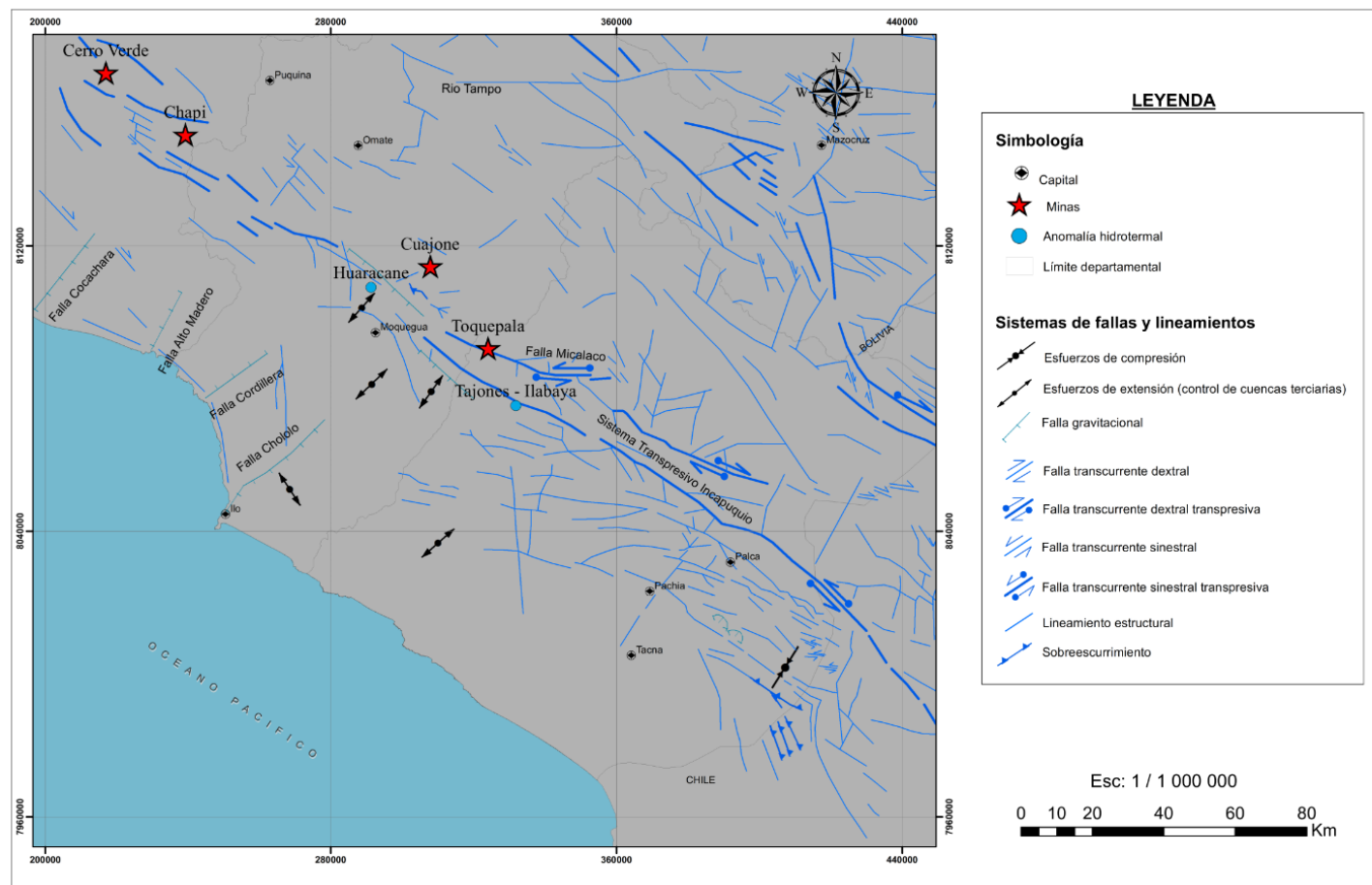


Figura 4. Mapa estructural de sistema de fallas y lineamientos del sur del Perú. (Martínez, W.; Marchena, A. Otero, J.; Cervantes, J. & León, W. 2017).

3.5.2 Alineamiento Toquepala

Se le ha asignado, provisionalmente, el nombre de estructura o alineamiento Toquepala, a un alineamiento que está definido por los cuerpos intrusivos de pórfido dacítico, brechas y aglomerados de la mina, y que tiene un rumbo N 15° – 20° E. Este alineamiento atraviesa la zona mineralizada por la parte central y este, y su mayor desarrollo está en el bloque situado al lado norte de la falla Micalaco. En menor grado, es posible que este alineamiento se extienda también hacia el lado sur de la falla Micalaco. (Stevenson, 1979).

3.6 Yacimientos tipo pórfido de cobre

Los pórfidos de cobre son grandes depósitos de minerales de Cu muy disperso, de baja ley y alto tonelaje. Están genéticamente relacionados con intrusiones ígneas epizonales, generalmente félsicas y comúnmente porfiríticas.

Se caracterizan por eventos intrusivos múltiples, enjambre de diques, brechas intrusivas y diques de cantos, donde la roca caja puede ser de cualquier tipo. Ambas pueden estar intensamente fracturadas. La mineralización y la alteración forman amplias zonas con cambios laterales. La alteración supergénica puede producir una estratificación con sombreros de hierro y zonas de enriquecimientos secundario críticas para la economía de la explotación (Panteleyev, 1995).

La Figura 05, ilustra la geometría y tiempo de las principales intrusiones, zonas de alteración de la roca caja y fuentes hidrotermales de alteración.

Los pórfidos de cobre más importantes y representativos del sur del Perú, son: Quellaveco, Cuajone, Cerro Verde y Toquepala, siendo este último utilizado como referencia para el desarrollo de esta investigación.

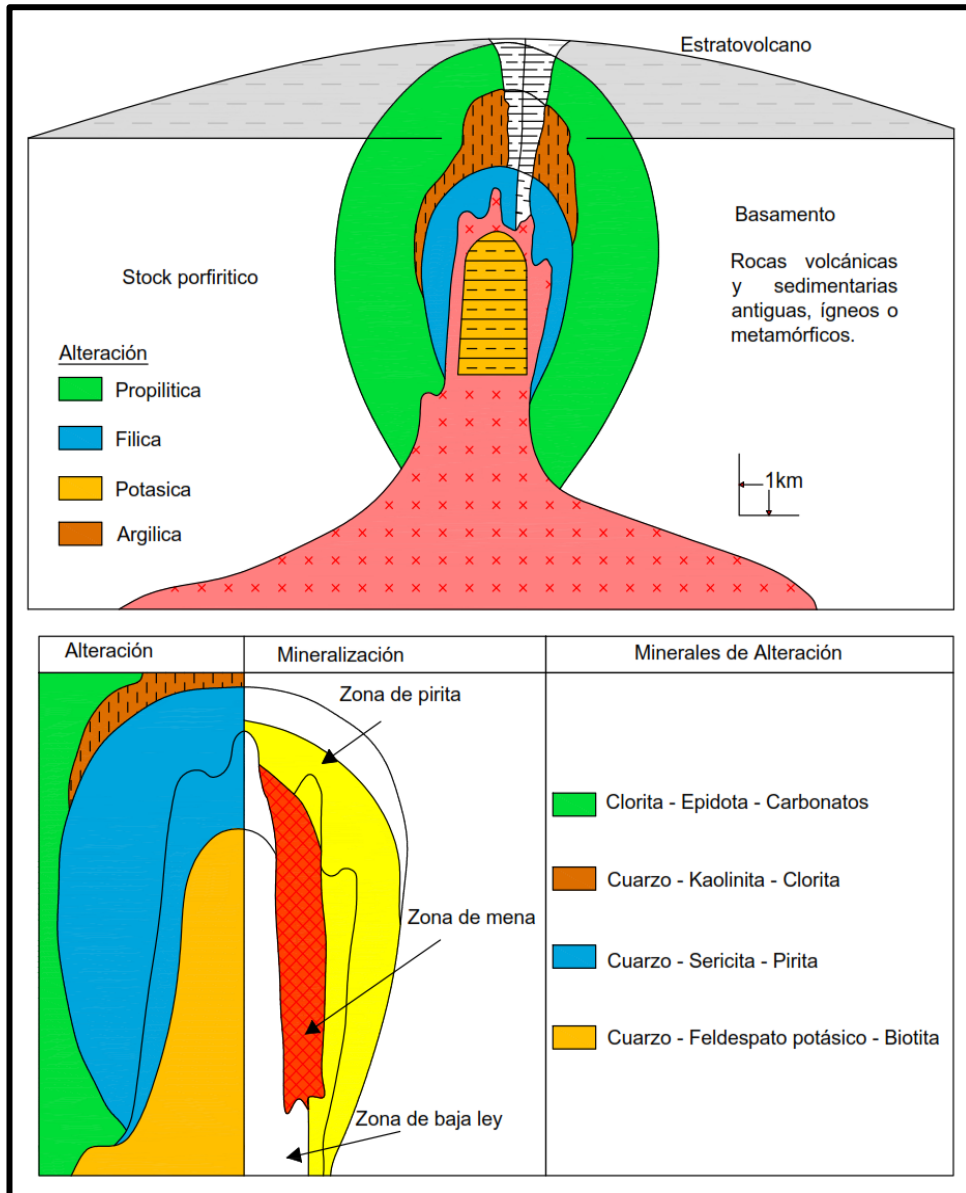


Figura 5. Modelo Generalizado de un depósito tipo Pórfido de cobre (León, L., Torrenegra, W., 2010).

3.7 Geología económica

Económicamente, la mina Toquepala extrae principalmente, sulfuros de cobre como calcopirita (CuFeS_2), calcosita (Cu_2S), bornita (Cu_5FeS_4), por concentración y lixiviación. Secundariamente, presenta molibdenita (MoS_2), como un subproducto de la concentración del cobre.

El yacimiento se trabaja a cielo abierto con un diámetro promedio de 1,9 km. y desarrollado en bancos de 15 m desde el nivel 3,600 hasta el 2,700. Está parcialmente explorado hasta el nivel 2,400.

En el 2017, la producción de Cobre en el Perú creció en 3,9 % y Molibdeno en 9,3%, con respecto al 2016, al obtenerse 224,651 Toneladas Métricas Finas (TMF) de cobre y 2,622 Toneladas Métricas Finas (TMF) de molibdeno. Southern Perú Copper Corporation se recuperó de la caída de producción que tuvo en el mes de noviembre, a través de un acuerdo suscrito con el sindicato de trabajadores que puso fin a la huelga iniciada a fines de dicho mes; de esta manera, la empresa minera incrementó en 12,3 % su producción de cobre, que en conjunto de sus operaciones en **Cuajone** (Moquegua) y **Toquepala** (Tacna) en el sur del país, logró alcanzar las 28,354 TMF de concentrado de cobre y 655 TMF de Molibdeno. *Fuente: Ministerio de Energía y Minas - DPM. 2017.*

3.8 Geología local

3.8.1 Rocas extrusivas

Localmente, alrededor de la mina Toquepala se pueden identificar flujos de riolitas, andesitas, y aglomerados constituidos por la formación Quellaveco, y en discordancia las rocas volcánicas de la serie Toquepala (Ver figura 06 y 07). También, discordantemente sobre la serie Toquepala, se presenta la Serie Alta que está compuesta por flujos volcánicos riolíticos y andesíticos, ocasionalmente brechoides y aglomerádicos. (Cossio, 2016).

3.8.2 Rocas intrusivas

Los plutones granitoides faneríticos son ampliamente expuestos en la región, y se evidencian en las extensas exposiciones del túnel en la vía férrea que une las Minas de Toquepala y Cuajone. Estos plutones han sido asignados al Segmento Toquepala del Batolito de la Costa peruano por Pitcher y otros (1985).

Estos intruyen a todos los miembros del Grupo Toquepala, incluyendo la Serie Alta en el Distrito de Toquepala y están cortados a su vez por stocks porfiríticos en las áreas de Cuajone, Quellaveco y Toquepala (Ver figura 06 y 07).

Intrusivos, cuyo orden de cristalización de magmas básicos a ácidos y su correspondiente diferenciación magmática sin contactos estructurales definidos, se encuentran en las cercanías de la garita Cimarrona y al norte de la Falla Incapuquio,

donde se observan afloramientos de gabros, dioritas, monzonitas y, finalmente, granitos. Procesos de erosión expusieron estas rocas plutónicas, que posteriormente fueron cubiertas por flujos piroclásticos de la Formación Huaylillas.

En esta clasificación, también se consideran los intrusivos hipabisales, cuyas edades se encuentran en el rango de 57 a 52 m.a., siendo éstos los que mayormente se encuentran asociados en fases de mineralización, tal como se puede comprobar en los yacimientos de cobre porfirítica de Toquepala, Quellaveco, y Cuajone; estos cuerpos consisten predominantemente de stocks de naturaleza ácida a intermedia, que conforman una faja mineralizada dentro de la Sub Provincia Cuprífera del Pacífico, en el flanco occidental de los Andes del Sur del Perú que se correlacionan con los depósitos de cobre del Norte de Chile. (Cossio, 2016).

CRONOESTRATIGRAFIA		DIVISION LITOESTRATIGRAFICA				
SISTEMA	GRUPO FORMACION	MIEMBRO	COLUMNA	ESPESOR	DESCRIPCION	
CRETACIO SUPERIOR - TERCIARIO INFERIOR	GRUPO TOQUEPALA Formación Quellaveco	DISCORDANCIA	Q-al	±20mt.		
		Serie Alta	KsTi-Taa		ALTA ANDESITA O ALTO AGLOMERADO Gran variación de tipos de rocas, incluidas andesitas, riolitas y aglomerados (Fragmentos angulares alargados). Ciertas capas tienen abundante turmalina y granos finos; textura cristalina producida por feldespatos.	
		DISCORDANCIA		±900mt.		
		Serie Toquepala	KsTi-Tr	±75mt.	RIOLITA TOQUEPALA Muestra una suave ondulación, en el lado oeste, brechas con matriz silicea, fino bandeamiento con cristales de feldespatos, extensa gama de colores blanquesinos.	
			Di 80.0z 1.5m.y.	ks Ti-Ta	±60mt.	ANDESITA TOQUEPALA Gris Claro a oscuro con textura afanítica badeada, hay una capa con fenocristales de feldespatos planos y alargados como en doleritas.
			Lp	ks Ti-Tq	±100mt.	PORFIDO CUARCIFERO TOQUEPALA Abundante cuarzo, fenocristales de feldespatos, algunos sectores contienen diseminación de turmalina en cuarzo, presencia de alteración arcilla-sericita-cuarzo, la cual se asemeja a la Dacita.
	DISCORDANCIA		±75mt.			
Porfido Cuarcífero Quellaveco		ks Ti-Tl	Da	DOLERITA TOQUEPALA Badeamiento fenocristales alineados con el flujo, amarillentos a bancos, roca de grano fino con arcillas y sericita, sin mineralización de sulfuros; algunos niveles muestran aglomerados con fragmentos de pórfido cuarcífero quellaveco cerca al piso.		
		ks Ti-Tq	Dp	PORFIDO CUARCIFERO QUELLAVECO Característica afaníticas, matriz lechoza con pequeños cristales de formas irregulares de cuarzo, roca favorable para la alteración y mineralización.		
				±150mt.		






LEYENDA			
	Latita Porfiritica		Dacita Porfiritica (84.2a-1.5m.y. k-Az Age)
	Dacita anglomeradica		Diorita (80.0z-1.5m.y. k-Az Age)
	Brecha		

Figura 6. Columna estratigráfica Toquepala. (Mattos y Valle, 1999).

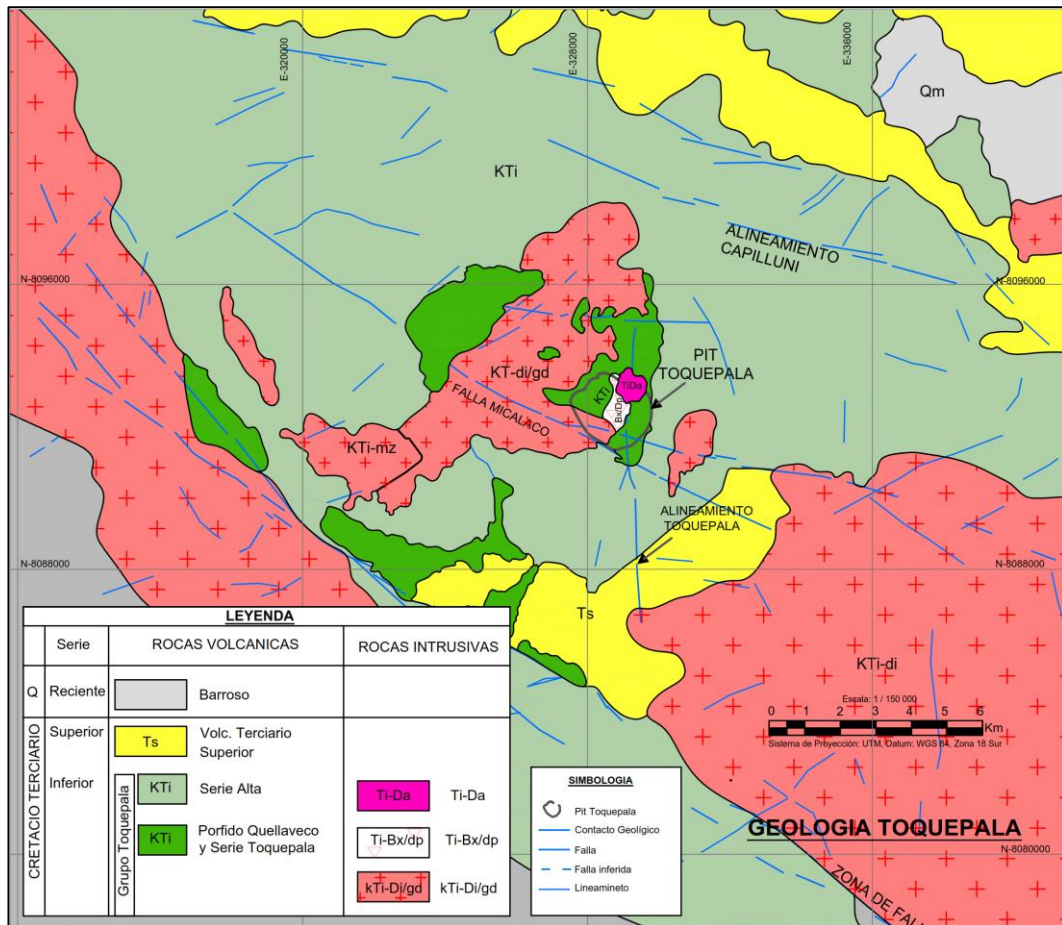


Figura 7. Geología local y estructural de Toquepala. (Mattos y Valle, 1999).

3.8.3 Alteración

Según Mattos y Valle (1999), la mina Toquepala presenta los cuatro tipos de alteración más comunes:

- ✓ Alteración propilítica: epidota – clorita – calcita – pirita. Presente en diorita mayormente.

- ✓ Alteración argílica supérgena: caolín y arcillas en general. Presente en diorita y rocas volcánicas.
- ✓ Alteración fílica: cuarzo – sericita - pirita. Presente en el intrusivo de dacita y brechas en general.
- ✓ Alteración Fílico-potásica: biotita – clorita – sericita. Presente en el intrusivo de dacita y brecha.
- ✓ Todas las rocas del basamento, rocas intrusivas, han sido alteradas, a excepción de la dacita aglomerádica y diques de latita porfirítica.
- ✓ Alteración a sílice ocurre mayormente en el pórfido cuarcífero Quellaveco.

3.8.4 Mineralogía

En el tabla 1, se describe que las zonas de mineralización de la mina Toquepala.

Tabla 1.

Mineralogía Supérgena de la mina Toquepala (Mattos y Valle, 1999)

Zona Mineral	Minerales Predominantes	Ocurrencia
Leached Capping	Limonitas, Jarosita 30%, Hematita 60%, Goethita 10%	Diseminado mayormente y en fracturas
Oxidos	Practicamente no existe	
Enriquecido	Calcosita 90% y otros 10% Digenita, Pirita, Covelita, Bornita, Cu Nativo.	Rellenando espacios en las brechas, diseminado y como vetas.
Transicional	Calcopirita 60%, Calcosita 25%, otros 15% Molibdenita, Pirita, Bornita.	Rellenando espacios en las brechas, diseminado y en venasa, asociado al Cuarzo
Primario	Calcopirita 90% y otros 10%, Pirita, Bornita, Molibdenita, Tetrahedrita, Enargita, Galena.	Rellenando espacios vacios de las brechas, diseminado y en vetas.

3.8.5 Geología estructural local

3.8.5.1 Falla Micalaco

En el tajío abierto de la Mina Toquepala, en cuya porción central se encuentra la chimenea de brecha que controla a la mineralización, el stock de pórfido dacítico, con el cual se supone relacionada genéticamente dicha mineralización, así como el cuello de aglomerado dacítico y otras intrusiones filoneanas, se hallan prácticamente sobre esta falla y concentrados en un área relativamente pequeña. Todo parece indicar que en esta parte de la falla se produjo, por causas aún no bien conocidas, una zona de debilidad que permitió el emplazamiento del stock dacítico, la formación de la chimenea de brecha y su posterior mineralización (Ver figura 06).

3.8.5.2 *Lineamiento Toquepala*

El alineamiento Toquepala consiste de una faja de cizallamiento de buzamiento casi vertical que tiene más de 500 metros de ancho, y que al lado este afecta al pórfido cuarcífero Quellaveco y a bloques de diorita. Hacia la parte oeste del alineamiento se encuentran los cuerpos intrusivos de pórfido dacítico, cuerpos de brecha, diques y “pebble diques” (Ver figura 06).

No se ha definido todavía a ciencia cierta la naturaleza de esta estructura. Es posible que sea una zona de falla ancha o de cizallamiento que fue aprovechado por las intrusiones de dacita y sirvió de canal para la formación de brechas y diques.

De ser una estructura tipo falla, es probable que el bloque este haya sido levantado en relación con el bloque oeste. Una posible evidencia de este movimiento, sería la presencia de pórfido cuarcífero Quellaveco a mayor elevación en el lado este que en la parte sur y suroeste de la mina.

Además, la diorita del lado este, cuya alteración hidrotermal predominando es cloritización, no se encuentra al lado oeste del alineamiento. En el lado oeste la alteración principal de las rocas intrusivas es la cuarzo – sericita.

Cabe también la posibilidad de considerar el alineamiento Toquepala como una faja de plegamiento anticlinal angosto, causado por fuerza de compresión en dirección este – oeste. En ciertas zonas de cizallamiento (“shear”) se nota una ligera

tendencia domal. En todo caso no hay evidencia definitiva que favorezca esta interpretación, ya que los intrusivos dacíticos y cuerpos de brechamiento ocupan actualmente lo que sería el eje del supuesto pliegue habiendo destruido las estructuras anteriores a su desplazamiento.

El alineamiento Toquepala ha sido reconocido por más de tres kilómetros de largo hacia el norte de la falla Micalaco. En su extremo norte está representado por cuerpos irregulares de brechas de cuarzo – turmalina.

El desarrollo de la estructura Toquepala puede haber sido contemporáneo o ligeramente posterior a la falla Micalaco. Su origen probable, si se trata de una falla, sería el de una falla subsidiaria causada por el levantamiento del bloque situado al norte de la falla Micalaco, en cuyo caso, el mayor desplazamiento sufrido por la falla Toquepala estaría en su punto de unión con la Micalaco, e iría disminuyendo en intensidad hacia el norte.

En caso de tratarse de una faja de plegamiento, una causa probable sería la compresión de los estratos volcánicos, contra la gran masa de granodiorita que existe al oeste del alineamiento Toquepala. Esto estaría en concordancia con la dirección de movimiento transcurrente asignado al Sistema de fallas Incapuquio.

Sea cual fuere la causa o el modo de formación del alineamiento Toquepala, es indiscutible que esta estructura representó una faja de debilitamiento profundo

que sirvió de canalización para el emplazamiento de los stocks ácidos y la posterior alteración hidrotermal y mineralización cuprífera del depósito de Toquepala.

3.8.5.3 *Estructuras subsidiarias*

De manera semejante a la estructura Toquepala aunque con menor intensidad, en el borde noroeste de la zona mineralizada se presenta otro alineamiento definido por cizallamiento y acompañado por las brechas características en estas estructuras. Presenta un ancho de 200 metros, una longitud de 1.5 kilómetros y un rumbo general de N 50° E (Damiani, 1979).

Finalmente, entre las estructuras relacionadas al depósito de Toquepala podemos hacer referencia a una pequeña zona de cizallamiento en el borde este de la zona mineralizada, la cual juntamente con una falla bien definida en el cuerpo diorítico del extremo noroeste del área, guardan considerable paralelismo con la falla Micalaco relacionándose ambas, por lo tanto, al sistema de fallamiento Incapuquio.

CAPÍTULO IV

MUESTREO DE DETRITOS

Esta parte de la investigación describe el proceso y desarrollo del muestreo de detritos de los pozos de perforación de voladura, con métodos y técnicas aplicadas diariamente, detectando errores y sugiriendo técnicas de muestreo que permite la implementación de un mejor procedimiento para la realización de esta labor, el cual puede ser usado como guía básica para personas que deseen desarrollar esta actividad en lo posterior.

Debemos tener en cuenta que el muestreo es la actividad más importante y más delicada que se ejecuta durante todo el engranaje productivo de la mina, empieza desde las etapas exploratorias hasta la explotación, y parte de ello es el muestreo de detritos que consiste en recoger muestras representativas de una parte determinada, para inferir el valor del conjunto.

Por esta razón, es que en el presente capítulo, se describe todo sobre el muestreo de detritos, utilizando conceptos básicos y procesos secuenciales y detallados con el objetivo de aportar al entendimiento de la importancia del muestreo y la obtención de una óptima representatividad de control de mineral del yacimiento.

4.1 Perforación de pozos de Tronadura

En las minas de tajo abierto, la perforación es la primera operación en la preparación de una voladura necesaria para fracturar la roca mediante explosiones controladas, por medio de perforaciones que generan pozos donde se deposita el explosivo (Ver figura 08). Durante esta actividad se genera material particulado (detritos) producidos por el cabezal de la perforadora, ya sea por aire reverso o por tricono, con dimensiones de hasta 30,5 cm.



Figura 8. Perforadora de pozos de Tronadura.

Las perforaciones se efectúan en forma equidistante y la profundidad de los pozos perforados es variable de acuerdo a la naturaleza de la roca y otras características que deciden los expertos en explotación minera. En la figura 09, se ilustra las perforaciones y el bloque virtual que representa a la perforación. (Redard, s.f.).

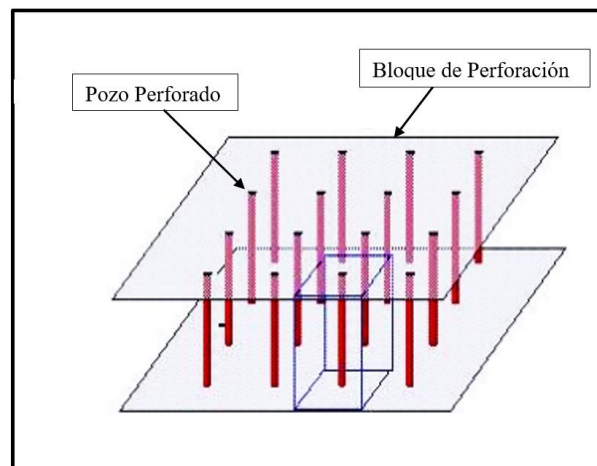


Figura 9. Bloque de perforación de pozos de Tronadura. (Bembow, M. s.f.).

Cada área de perforación simula un polígono de pozos perforados perpendicularmente (Ver figura 10). A este bloque se le asigna la ley promedio de la muestra de detritos, obtenido en el muestreo del pozo de tronadura y con esta información se permitirá hacer una estimación de las leyes que se obtendrán en un banco (15 m).



Figura 10. Pozos de Tronadura perforados en campo. (Redard, s.f.).

4.1.1 Método de perforación de muestreo de detritos

4.1.1.1 Perforación por rotación -trituración

Este es un método de intenso desarrollo en la actualidad, se usa en operaciones de tajo abierto, en rocas más duras, se puede aplicar en rocas de compresibilidad de hasta 5,000 kg/cm².

Usan brocas tricónicas de 6” a 12” de diámetro, están formados por tres conos dentados acoplados a un cuerpo fijo o carcasa (Ver figura 11 y 12). Estos

conos giran alrededor del eje de la broca, cuando esta entra en movimiento triturando la roca.

Cabe resaltar que, este método de perforación genera un porcentaje de contaminación insignificante, y no influye en la variación de los resultados de los datos de muestreo.



Figura 11. Brocas Tricónicas para la perforación por Trituración.

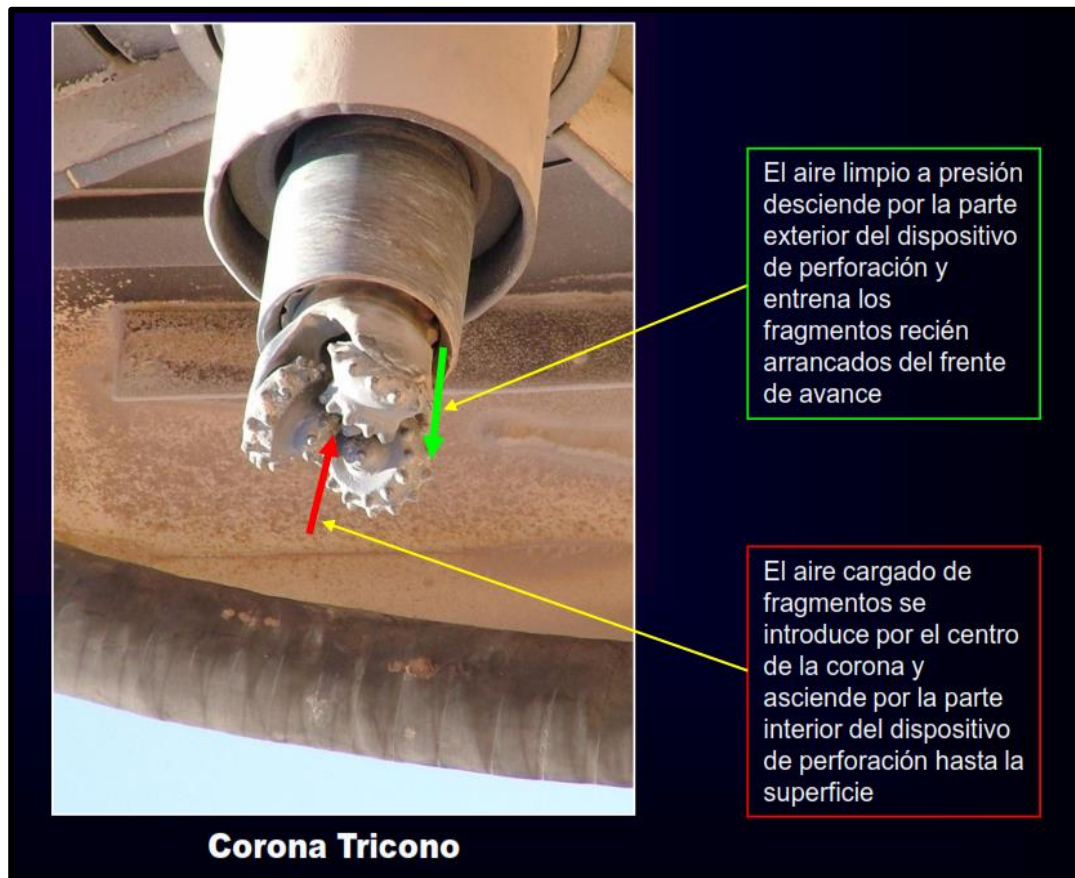


Figura 12. Detalle del funcionamiento de la broca de la perforadora. (Simon, 2013).

✓ **Avance**

La fuerza de avance es utilizada para presionar constantemente los botones de la broca contra la roca, a diferencia de la percusión que se realiza la penetración de la onda de choque.

✓ **Transmisión de la energía**

Es transmitida hasta la roca a través de los tubos o barras de acero los que puestos en rotación fuerzan a la broca contra la roca para obtener la trituración.

✓ **Profundidad de perforación**

La profundidad es variable de acuerdo a la naturaleza de la roca y a la altura de los bancos de explotación (6m a 15m).

✓ **Tiempo de perforación**

El tiempo de perforación varía según la dureza de la roca en la zona que se va a perforar (aproximadamente 40 min por sondaje).

4.1.2 Características de un pozo de tronadura

En un pozo de tronadura, las perforadoras disponen de cortinas de goma para que una vez empezado el trabajo de rotura de roca, los detritos no se extiendan en una superficie muy grande y evitar una emisión de polvo por acción del viento, que afecte la calidad de los detritos que serán posteriormente muestreados (Ver figura 13).



Figura 13. Perforadora con cortina de goma.

4.1.3 Cono de perforación

Por lo general, los detritos o mineral molido por el cabezal de perforación, son depositados en un cono en la superficie en torno al pozo de perforación. De

acuerdo al largo de la perforación, los detritos pueden llegar a varias toneladas (Ver figura 14).



Figura 14. Cono de detritos bien formado.

Posteriormente al muestreo de detritos, este material es utilizado para taponar el hoyo de perforación después de haber colocado el explosivo.

El cono perforado no siempre es de forma regular debido a diversos factores de movimiento de la perforadora. Asimismo, la falta de cortinas, el arrastre de estas al momento del traslado de la perforadora a otro punto y la humedad presente en el nivel a perforar, pueden ocasionar contaminación y/o deformación del cono de muestreo (Ver figura 15).



Figura 15. Cono de perforación mal formado. (Fuente: Simón, 2013).

En el cono de perforación, los detritos se depositan en forma inversa, quedando en la superficie el material correspondiente a la pasadura (Ver figura 16).

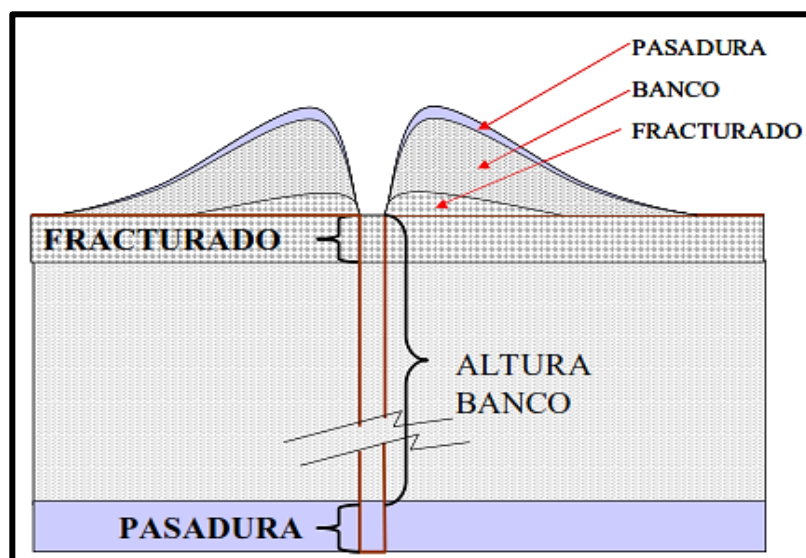


Figura 16. Disposición de material de detritos perforados (Redard, s.f.).

El modo en que el material fraccionado se dispone alrededor de cono de perforación, interviene de forma importante para el muestreo de detritos, ya que, este material triturado contiene toda la información necesaria para la determinación de leyes, que será utilizado en el control de mineral. Si el material triturado o su disposición, son alterados, provocará una variación en el proceso, que puede o no influir de manera significativa en el resultado de los análisis del muestreo de detritos.

4.2 Muestreo de detritos

El muestreo de detritos, es el tipo de muestreo realizado en minas de tajo abierto, el cual, utiliza el material de los conos de perforación y en base a un método de muestreo determinado se puedan obtener muestras representativas de la zona a estudiar. El muestreo es desarrollado por personal debidamente capacitado bajo la supervisión de un Geólogo, el material obtenido será embolsado y etiquetado posteriormente para su transporte a un laboratorio especializado, que procesará la muestra obteniendo datos de leyes que serán utilizados en la determinación de planes de minado a corto plazo (Ver figura 17).

4.2.1 Objetivo del muestreo de detritos

El objetivo principal del muestreo de detritos es la obtención de muestras representativas de un cono de perforación, utilizando métodos y técnicas adecuadas

y cuyo resultado servirá para respaldar y actualizar diariamente el modelo de corto plazo.

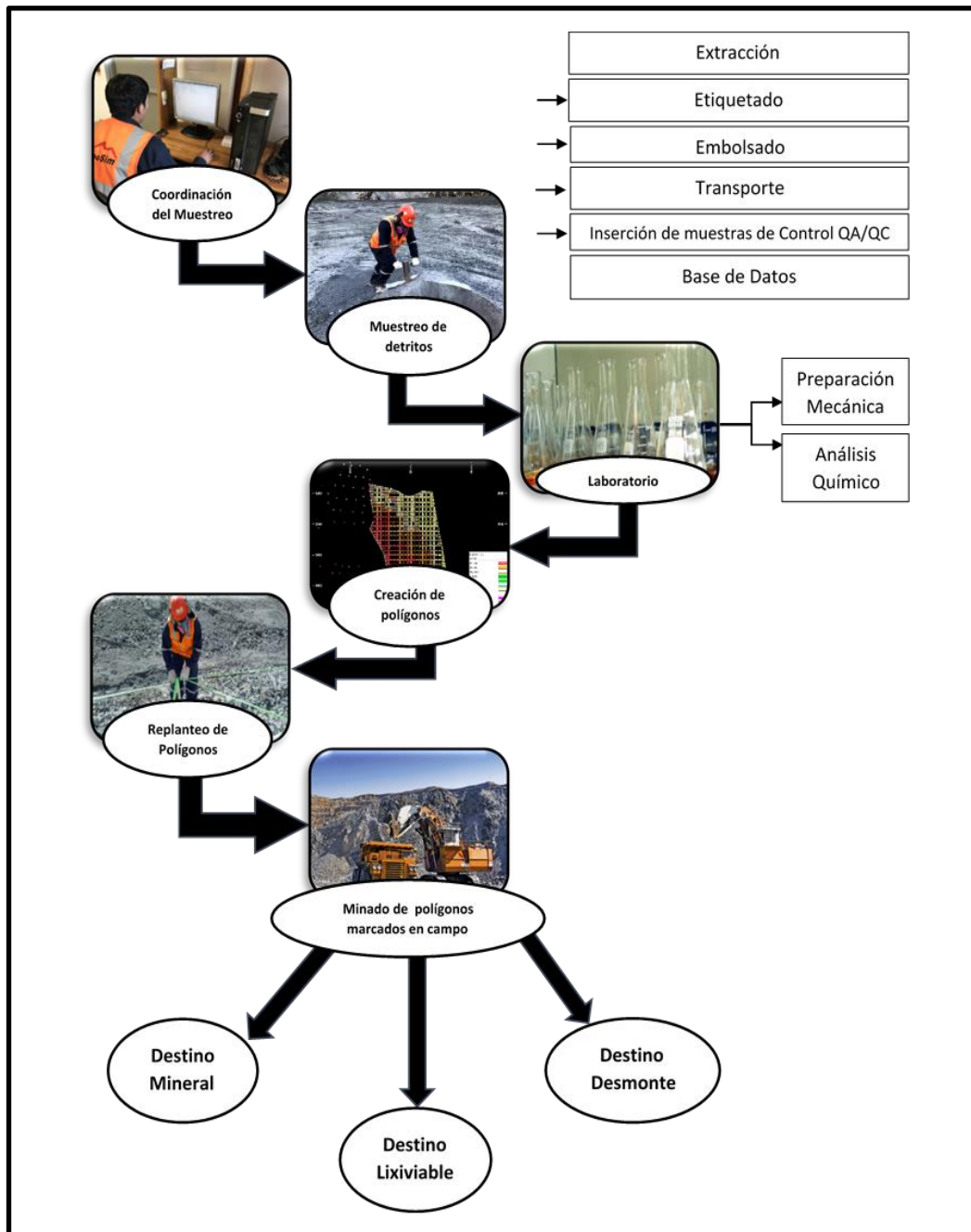


Figura 17. Esquema de proceso de minado a corto plazo.

4.2.2 Importancia del muestreo de detritos

La mayor parte de las decisiones que se toman respecto a un proyecto minero, desde la exploración hasta el cierre de la mina, están basadas en valores obtenidos de material muestreado. Estas decisiones significan millones de dólares.

El muestreo en minería, es una de las actividades más importantes y necesarias para el geólogo, quien en base a los resultados de los ensayos de las muestras, evaluará si un yacimiento es económicamente explotable o no. Procesando los resultados de muestreo, se planeará y controlará una adecuada exploración, explotación y tratamiento metalúrgico.

Un muestreo cuidadoso y preciso garantizará los resultados de los ensayos obtenidos para el cálculo de reservas a corto plazo.

La ley de un pozo de tronadura es fundamental para la planificación de corto plazo: este valor decide, de una u otra manera, el destino de los materiales (Mineral, Lixiviable o Desmonte).

4.2.3 Metodología del muestreo de detritos

4.2.3.1 Programación y coordinación del muestreo

El primer paso para la realización del muestreo de detritos, es la programación de los trabajos elaborados por el Supervisor líder, determinando las zonas de muestreo y la cantidad pozos de voladura para muestrear (Ver figura 18).

Esta etapa tiene como objetivo, obtener la ubicación espacial de los conos de muestreo, así como ayudar a la programación de los trabajos y coordinaciones con el supervisor de Control de mineral, para calcular el tiempo que deberá tomar el muestreo en campo y culminarlos sin atrasos.



Figura 18. Supervisor líder de muestreo programando la cantidad de muestras a extraer en el día y determinando las zonas de muestreo.

4.2.3.2 *Extracción de muestra*

“La extracción e integridad de la muestra es de vital importancia en el muestreo” (Alfaro, 2012).

La extracción de muestra es la acción de extraer muestras del cono de perforación in situ por métodos que permiten considerarla como representativa de la misma.

El método de muestreo que se ha tomado en cuenta para la realización de este proyecto, es el sistemático donde las muestras se han tomado regularmente en el espacio.

Para obtener una parte representativa, se utilizó el tipo de muestreo por punto donde se requiere realizar 4 (Cuatro) entubadas, repartidas circularmente alrededor del cono de perforación en sentido horario, como se muestra en la figura 18. De esta forma se obtendrían alrededor de 5 kg de muestra de un cono aproximadamente, para ser procesado en laboratorio (Ver figura 19).

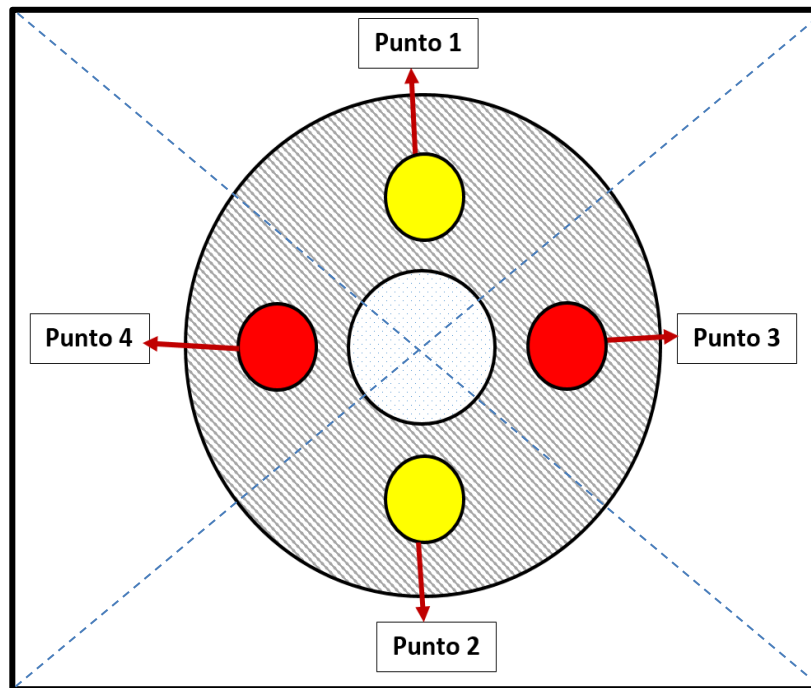


Figura 19. Muestreo por cuatro (4) puntos en cono de perforación.

Se debe tener en cuenta que para la extracción del material del cono de perforación, que el ángulo del tubo o la pala, deberá ser de 45° respecto a la base del cono de detritos (Ver figura 20) , para poder muestrear y obtener la mayor representatividad del material perforado.

En la Figura 21, se muestra de forma gráfica y detallada, la importancia de obtener una muestra representativa del cono de seguridad basada en la disposición de los detritos de diferentes rocas y leyes en el cono.



Figura 20. Extracción de muestras de detritos, en cono de perforación, en una posición de 45° con respecto a la base.

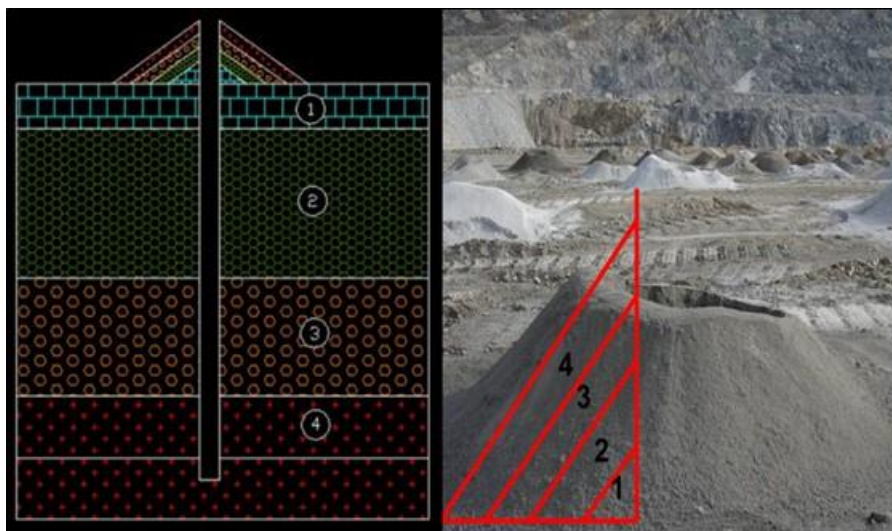


Figura 21. Representación de la posición de material en el cono de Perforación (Bembow, s.f.).

4.2.3.2.1 *Cualidades de una muestra*

Una muestra debe reunir los siguientes requisitos:

- ✓ Debe ser *Representativa*: se le considera muestra representativa a todos los datos del conjunto que tengan las mismas características.
- ✓ Debe ser *Equiprobable*: donde todos los fragmentos que constituyen el lote tengan la misma probabilidad de ser elegidos para la constitución de la muestra.
- ✓ Debe *Estimar la Media* de una población a partir de una muestra.
- ✓ Debe estar libre de *Contaminación*: no debe incluirse en la muestra materiales extraños al muestreo.

4.2.3.2.2 *Dispositivos para el muestreo de detritos*

Establecida la condición de heterogeneidad de los detritos, debemos mencionar que existen diversos tipos de dispositivos para el desarrollo del muestreo de detritos, algunos de ellos con fundamentos y otros sin mucho fundamento técnico. A continuación describiremos los dispositivos manuales utilizados para este proyecto:

a. Pala de muestreo

Según Alfaro (2012), las palas deben tener un diseño recto, con bordes laterales, para no derrochar material, evitar el problema de segregación y proporcionar muestras equiprobables.

Las palas deben tener una abertura suficiente de manera de contener los diferentes tamaños granulométricos del material quebrado.

La pala utilizada obedece a un diseño según las normas JIS (Japanese Industrial Standards) mostrada en la figura 22 y tabla 2, que consisten en palas especialmente diseñadas para distintos tipos de material utilizando diferentes dimensiones obtenidas de acuerdo al tamaño de la partícula de los detritos perforados. (Alfaro. 2012).

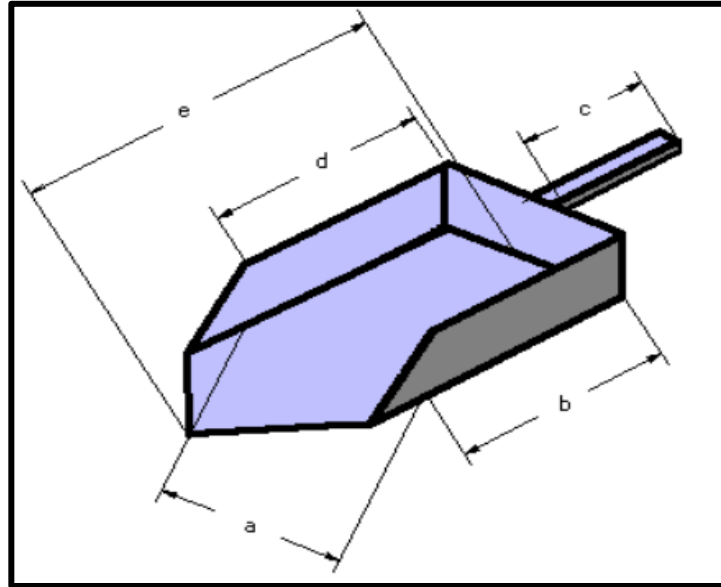


Figura 22. Modelo de Pala con dimensiones según norma JIS. (Alfaro, 2012).

Tabla 2.

Dimensiones de la Pala según normas JIS (Fuente: Empresa Deltala, s.f.)

N°	Particula (mm)	Dimensiones (mm)					Espesor (mm)	Volumen (ml)
		a	b	c	d	e		
150	150	350	140	350	300	1140	2	16
125	125	300	120	300	250	120	2	10
100	100	250	110	250	220	100	2	7
75	75	200	100	200	170	80	2	4
50	50	150	75	150	130	65	2	1.7
40	40	110	65	110	95	50	2	790
30	30	90	50	90	80	40	2	400
20	20	80	45	80	70	35	2	300
15	15	70	40	70	60	30	2	200
10	10	60	35	60	50	25	1	125
5	5	50	30	50	40	20	1	75
3	3	40	25	40	30	15	0.5	40
1	1	30	15	30	25	12	0.5	15
0.25 R	0.25	15	10	15	12	0	0.3	2

La técnica de muestreo, utilizando el dispositivo de la pala, se toma en cuatro zonas representativas del cono de perforación (Ver figura 23).

La forma de extracción del material, es realizando un primer corte vertical en el punto seleccionado y posteriormente, recoger el material caído de forma horizontal. Esto produce que la cantidad de material muestreado muchas veces sea mayor al planificado, acarreando complicaciones en el momento del traslado, ergonomía y en el proceso de cuarteo en el laboratorio (Ver figura 24).

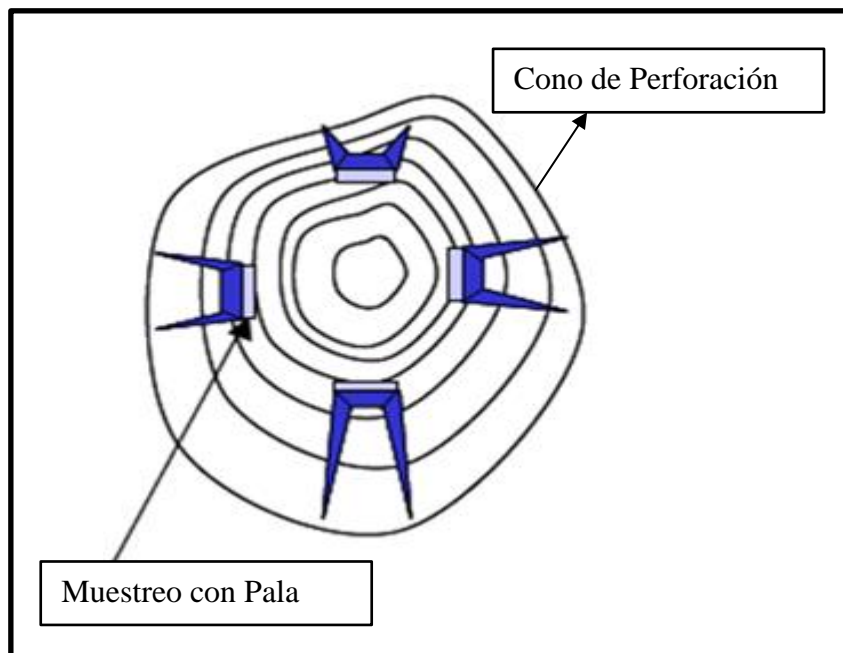


Figura 23. Muestreo con Pala usando dimensiones según norma JIS en un cono de perforación. (Alfaro, 2012).



Figura 24. Muestreo en campo utilizando el dispositivo de Pala.

b. Tubo de muestreo

Este tubo es de metal con una apertura en unos de sus lados, y tiene de 7,62 cm a 10,16 cm de diámetro con un largo de 1,09 m. (Bembow. s.f.).

Las muestras recolectadas son de aproximadamente 2,26 kg a partir de 8 a 12 extracciones en cruz con el tubo alrededor del cono una vez que la pasadura ha sido removida (Ver figura 25).

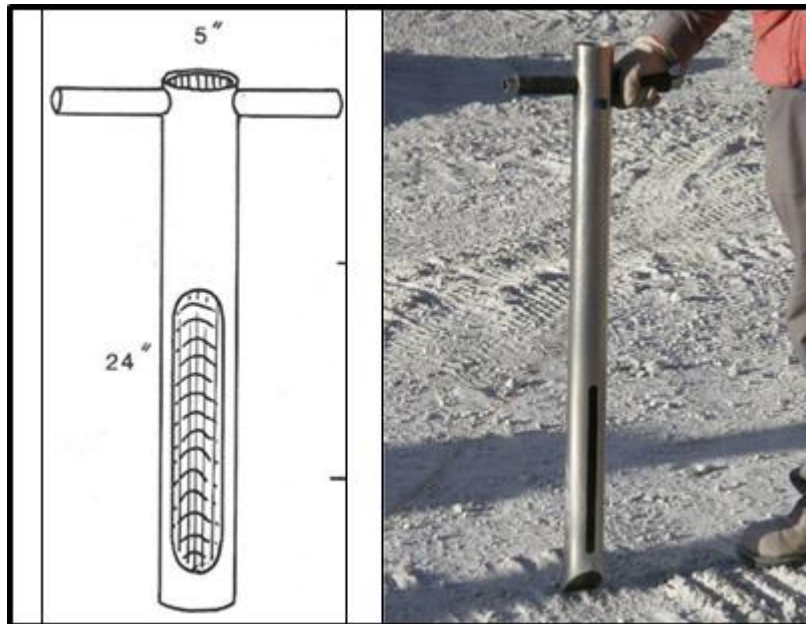


Figura 25. Medidas recomendadas para el tubo de Muestreo.

La técnica de muestreo utilizando el dispositivo de tubo, se toma en cuatro puntos representativos del cono de perforación (Ver figura 26).

Una vez seleccionando los 4 puntos representativos alrededor del cono de perforación se debe calcular un ángulo aproximado de 45° formado por el tubo y la base del cono. Posteriormente, se procede a introducir con fuerza el tubo hasta el fondo, y con mucho cuidado se extrae el dispositivo con el material muestreado dentro de este, para luego volcarlo en la bolsa de muestreo, se procede con el etiquetado, sellado y traslado hacia la camioneta que las transportara al laboratorio. El tubo es un dispositivo mucho más práctico y manipulable en el momento del muestreo (Ver figura 27).

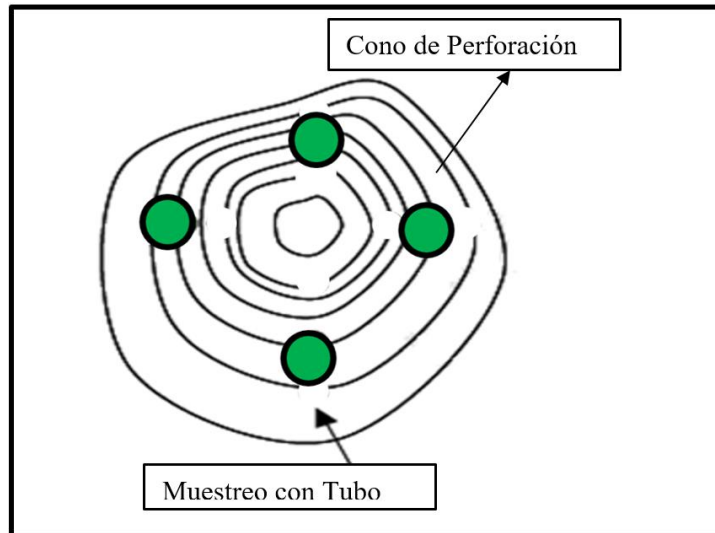


Figura 26. Distribución de muestreo de detritos usando Tubo en un cono de perforación en cuatro puntos. (Alfaro, 2012).



Figura 27. Extracción de muestras de detritos utilizando como dispositivo el Tubo.

c. Comparación de técnicas de muestreo

En el tabla 3, se ha plasmado una comparación de las técnicas de muestreo de Pala y Tubo.

Tabla 3.

Comparación de ventajas y desventajas del uso de la Pala y Tubo. (Bembow, s.f.)

Dispositivo	Ventaja	Desventaja
Tubo	-Es estadísticamente más representativo por la cantidad de puntos. -Simple -Bajo costo -Rápido	Si no se recupera los detritos del cilindro vertical correspondiente a cada sondaje, se puede generar un sesgo. En algunas minas es difícil su manipulación en zonas húmedas.
Pala	Es un método muy práctico	El gran problema que tiene este sistema, es la gran cantidad de masa recogida en el cono de perforación y para hacer manejable la muestra. La ergonomía de la pala dificulta su uso en los trabajadores demorando más tiempo en el muestreo.

4.2.3.2.3 Cantidad de muestra

La cantidad de muestra será dada en coordinación con el área de Ore Control y laboratorio. Para este proyecto se ha estandarizado que, la cantidad de material de muestreo extraído sea de 5 kg a 6 kg, para que el proceso de reducción granulométrica sea más rápida.

4.2.3.3 *Etiquetado*

El etiquetado o codificación de la muestra, es esencial para poder tener referencia del pozo de detritos muestreado, así en el momento que se devuelvan los datos procesados por el laboratorio, se pueda conocer a que pozo corresponde y se pueda crear los polígonos de mineral sin errores que puedan perjudicar la operación ni la productividad (Ver figura 28).

La forma de codificación de la muestra puede ser determinada a preferencia de la empresa minera. Asimismo, se recomienda el siguiente patrón:

NNNN-PPP-DDD

Siendo:

N: Los dígitos del NIVEL

P: Los dígitos del MALLA a muestrear

D: Los dígitos del POZO muestreado

Anteriormente, la etiqueta se escribía o imprimía en papel grueso, resistente a cualquier percance de filtración de humedad, debería estar protegida por una bolsa transparente pequeña, que protegerá la integridad de la etiqueta una vez introducida en la bolsa de muestreo, para que llegue sin daños al laboratorio. Pero actualmente, se implementó el sistema de código de barras para la identificación de las muestras de detritos en el etiquetado.

El Sistema Código de Barras, optimiza la transferencia de datos en el proceso de muestreo de detritos, preparación mecánica y Análisis químico.

El código de barras proporciona un medio rápido, preciso y eficiente para recolectar, registrar, procesar, transmitir, y gestionar datos, haciendo posible mitigar y/o minimizar la probabilidad de errores humanos, ya que el sistema esta automatizado.

El uso de la etiqueta por código de barras brinda los siguientes beneficios:

- **Recopilación de datos rápida y confiable**
 - Rápida introducción de datos: Un escáner de códigos de barras puede grabar datos mucho más rápido que un mecanógrafo experto.
 - Es 10,000 veces más Preciso.

- **Reducción de costos**
 - Reducción de las pérdidas de ingresos producidas por los errores en la recopilación de datos:
 - Por ingreso equivoco de número de etiqueta.
 - Por extravío o deterioro de etiqueta.
 - Por ingreso de resultados equivocados.

- Optimización de tiempos en:
 - Etiquetado de Muestras
 - Ingreso de muestras al sistema de envío.
 - Reducción de tiempo en etiquetado en preparación
 - Optimización de tiempo en Laboratorio Analítico.

➤ **Mejora de la gestión**

- *Mejor Toma de Decisiones:* Aunque es difícil de medir, este es un beneficio importante. En muchos casos, el mejor beneficio del uso de un sistema de recopilación de datos por código de barras es la mejora de la gestión. Con el sistema de códigos de barras se puede obtener información confiable en menor tiempo.
- *Rápido Acceso a la Información:* Este beneficio va de la mano con una mejor toma de decisiones. Con mejor información se pueden obtener mejores oportunidades y obtener ventajas en la operación.



Figura 28. Etiquetado de la muestra Sistema Código de Barras.

4.2.3.4 Embolsado

El material extraído de los conos de detritos, deberá ser cuidadosamente almacenado en una bolsa con características resistentes y de un grosor considerable para evitar roturas y contaminación de la muestra (Ver figura 28).

Estas bolsas son amarradas con cintas o precintos de colores determinados, según el destino de la muestra.



Figura 29. Embolsado y amarrado de la muestra.

4.2.3.5 Traslado de muestras

Finalizado el embolsado, estas bolsas son apiladas en la tolva de la camioneta designada para su transporte y custodia (Ver figura 30).

Este trabajo es ejecutado por el mismo personal que realizó la extracción de detritos, por lo que cumplen esta labor con mucho cuidado para evitar la contaminación, poniendo en práctica la cadena de custodia que resguarda la integridad de la muestra.



Figura 30. Traslado de muestras en camioneta.

4.2.3.6 Inserción de muestras de control

Ya en gabinete, se hace la selección de los intervalos de muestras a las cuales se insertaran los estándares para el control de calidad (Ver figura 31), ya sean altos (STD-A), medios (STD-M), bajos (STD-B) y blancos finos (BLK), tomando en cuenta que los valores de las muestras a las que se insertaran los estándares, se encuentren dentro de los rangos establecidos para cada estándar. De igual manera, se realiza la inserción duplicados pulpa (DPLP), las mismas que han sido seleccionadas en campo a criterio del supervisor de trabajo.



Figura 31. Muestras de Control - Estándares y Blanco fino.

4.2.3.7 Ingreso de base de datos

- ✓ En oficina se procede a ingresar al Sistema Integral de Operaciones (SIO), los códigos de las muestras extraídas en Mina.
- ✓ Durante el ingreso de la base de datos, se valida la data, revisando la descripción, incluso revisando repetidas veces el correcto ingreso de datos.

4.2.4 Preparación mecánica de muestras en laboratorio

La preparación mecánica de las muestras es el proceso mediante el cual una muestra es reducida de su peso y granulometría original, a un peso y granulometría, lo suficientemente adecuadas, en las cuales, se libere la mena de cobre y molibdeno (Ver figura 32).

Una vez que la muestra contenga las características requeridas, se analiza químicamente, sin perder en lo fundamental su representatividad, en este proyecto el análisis empleado es la Absorción Atómica Cobre y Mo. En la figura 33, se describe el proceso del análisis químico de Absorción atómica realizada por los laboratorios.

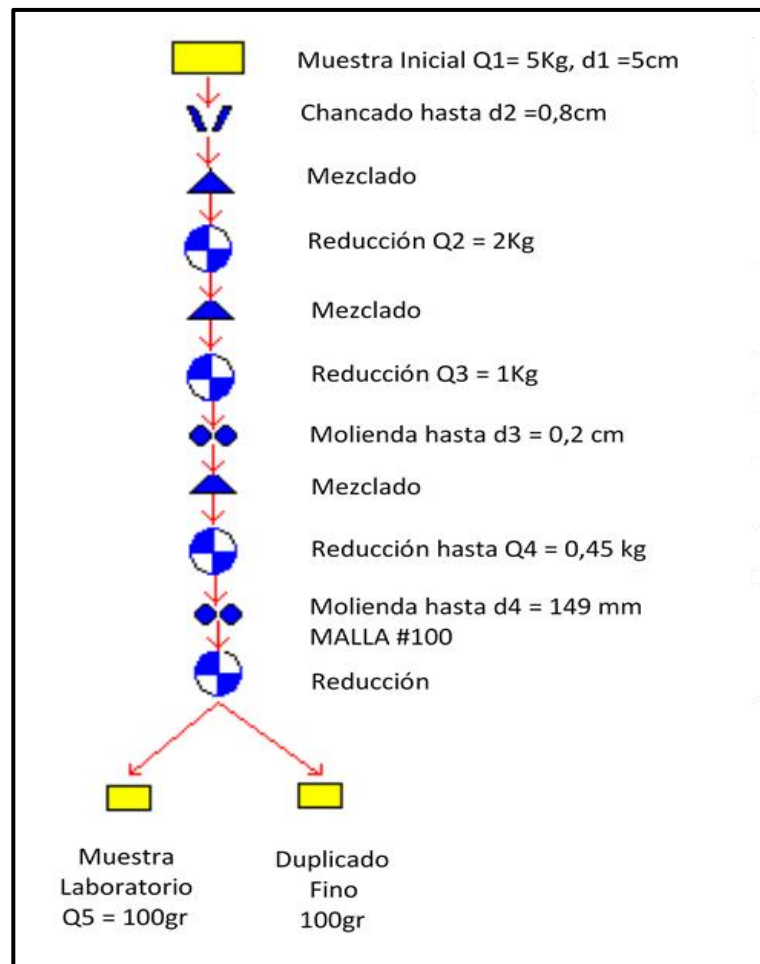


Figura 32. Proceso de preparación de Muestras en Laboratorio (Flores, 2016).

ÁNÁLISIS ICP		
ETAPA	ACTIVIDAD	COMENTARIO
1	Ingreso y recepción	Recepción de muestras en el Sistema
2	Pesado de Muestra	Verificación de balanzas. Pesado de 1,0000g con una variación de $\pm 0,0010g$
3	Ataque químico	Adicionar 20ml de agua regia, llevar a plancha de ataque
4	Enfriamiento y adición de agua	Retirar vasos de la plancha, lavar con agua desionizada las lunas y las paredes de los vasos, agitar y dejar que enfríe
5	Trasvase y aforo	Trasvasar muestra a fiola de 100ml previa adición de floculante, aforar y agitar. Trasvasar a tubo de ensaye.
6	Análisis ICP	Leer muestras en programa correspondiente a Trazas-Geología

Figura 33. Análisis ICP (Flores, 2016).

4.2.5 Generación de polígonos con los datos resultantes del muestreo

Una vez que se procesan las muestras, los datos resultantes de cada pozo de tronadura muestreado, son subidos al Sistema Integral de Operaciones (SIO), y el área de Geología, se encarga de descargar estos datos en archivo *. csv, cargándolos posteriormente al Software AcQuire (base de datos).

Una vez validados en el Acquire, la base de datos se vincula con el software minero Minesight, el cual, debido a una serie de procedimientos, generará con los datos obtenidos, polígonos de mineral diario para que puedan ser usados en campo (Ver figura 34).

Los polígonos se crean en base a los datos de muestreo y concentraciones reportadas por el laboratorio, que en conjunto con el criterio del geólogo, se determina áreas de tamaño considerable y porcentaje de mineral similar, los cuales dan forma a un polígono, ya sea de mineral, de lixiviable o desmonte.

La concentración de ley de cobre para que un polígono sea considerado Mineral de alta ley, Mineral de lixiviación y desmonte son los siguientes:

- Mineral : $\geq 0,20\%$ de Cu
- Lixiviable: $\geq 0,08\%$ de Cu y $\leq 0,19\%$ de Cu
- Desmonte: $\leq 0,07\%$ de Cu

Los polígonos en el software, son categorizados por colores que denotan el porcentaje de mineral que existe en el área del polígono creados de acuerdo a la base de datos de la empresa. Los polígonos en rojo muestran áreas con porcentaje de alto de mineral, los polígonos en verde muestran el mineral lixiviable y los blancos muestran material de desmonte.

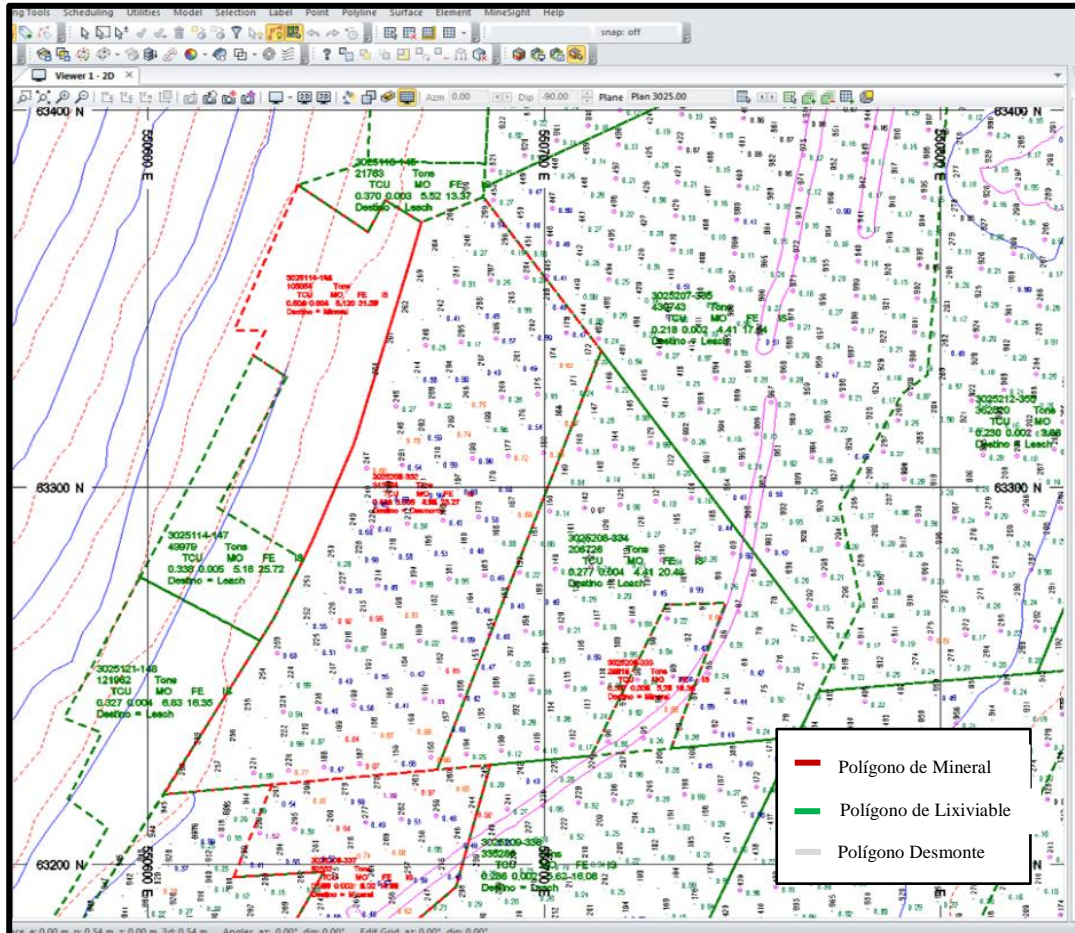


Figura 34. Polígonos de mineral resultantes del análisis de datos de campo.

4.2.6 Replanteo de polígonos

El replanteo de polígonos, es una actividad realizada en base a los resultados obtenidos en gabinete por el software usado en conjunto con los datos procesados que fueron extraídos del muestreo de detritos. Este trabajo consiste en plasmar en campo los nuevos polígonos creados diariamente en el material esponjado resultante de la voladura.

En coordinación con el superior Geólogo de Ore control, se determina las zonas y nuevos polígonos a replantear. Luego el supervisor de muestreo junto a los trabajadores, recibirán las coordenadas de los puntos del polígono los cuales son introducidos en el equipo GPS diferencial utilizado.

En campo se ubican los puntos con apoyo del equipo de medición y se colocan estacas en los tramos correspondientes uniéndolos subsiguientemente con cintas del color (Figura 35), que corresponda según el porcentaje de mineral que haya en la zona: Mineral (Rojo), Lixiviable (Verde) y desmonte (Blanco) (Ver figura 34), esto con el objetivo de que el operador de la pala de minado pueda tener conocimiento del destino del material que extrae avisado previamente por el Geólogo supervisor de control de Mineral.

Dentro de esta actividad, los polígonos inicialmente estructurados, pueden ser modificados en campo por alguna decisión que se deba tomar con respecto al minado, esto se efectúa para alcanzar el objetivo de mineral diario. A esta labor se le conoce como Remarcado de Polígonos, cuyo objetivo es ajustar las áreas replanteadas con anterioridad en campo, de acuerdo a los nuevos resultados que llegan del laboratorio y que son procesadas en el software, creando nuevas áreas de minado.



Figura 35. Replanteo de Polígonos en campo.

4.2.7 Principales fuentes de error en el muestro de detritos

Long (2000), identifica tres tipos fundamentales de errores:

1. Los errores ocasionados por omisión o negligencia, que pueden ser usualmente evitados mediante la aplicación de técnicas correctas.
2. Los errores de muestreo o medición, de naturaleza aleatoria, cuya acción no puede ser evitada, aunque su efecto puede ser minimizado.
3. Los errores de naturaleza sistemática, cuyo efecto también puede ser minimizado.

Entre los principales errores que se cometen durante esta operación se encuentran los siguientes:

- ✓ Confusiones en la ubicación en el espacio de Proyecto de voladura.
- ✓ Confusiones en el etiquetado de muestreo.
- ✓ Pérdida de Material triturado, mala manipulación.
- ✓ Mala selección de tramos representativos para el muestreo.
- ✓ Confusiones en el etiquetado y el orden de las muestras.
- ✓ Mala aplicación de procedimientos de muestreo que garanticen una adecuada representatividad de las muestras.
- ✓ Poca capacitación y supervisión del personal.

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO Y

CONTROL DE CALIDAD

La implementación de un Programa de Aseguramiento y Control de Calidad, se muestra como una táctica para asegurar la mejora continua de la calidad de los procesos desarrollados en minería, en este caso, específicamente en el muestreo de detritos.

El objetivo principal del desarrollo de un aseguramiento y control de la calidad, es asegurar la integridad y veracidad de la información, ya que una vez afianzada la integridad de los datos, estos permitirán su utilización en estimaciones de recursos, reservas, y control de leyes a corto plazo.

Por lo tanto, en el presente trabajo se da un enfoque prioritario a implementar un programa QA/QC, para mejorar, asegurar y controlar la calidad del muestreo de detritos, de modo que este trabajo de investigación presentado, pueda ser utilizado como referencia para profesionales que deseen aplicar o iniciar esta actividad en sus labores diarias, ya que, es una de las fases más importantes en el desarrollo de las operación mineras.

Se quiere dar a conocer que de nada sirve el uso de equipos sofisticados durante el análisis químico, ni de herramientas robustas durante la estimación de recursos si no se tiene un programa de QA/QC, que se encarga de monitorear los procesos, para así tener un control constante sobre los posibles errores inherentes del proceso, sobre todo, durante el muestreo que es una fase donde se pueden producir errores fundamentales y groseros que pueden generar pérdidas significativas si es que no son identificados y controlados correctamente. Debemos comprender, que los errores son acumulativos; por ello, es que se debe disminuir este problema durante todos los procesos.

Asimismo, compararemos dos técnicas de muestreo mencionadas en el Capítulo IV, para determinar cuál de ellas es la mejor para el desarrollo de esta actividad, con el propósito de minimizar errores, optimizar la calidad de la información y evitar sobrestimar los recursos minerales.

5.1 Programa de aseguramiento y control de calidad

5.1.1 Definiciones para el control de calidad

5.1.1.1 Muestras duplicado en campo

Estas muestras se adquieren al efectuar un muestreo paralelo sobre el área (cono de perforación), donde previamente se ha colectado una muestra, o al dividir en dos muestras de detritos con un peso parejo por medio de un cuarteo, de esta

forma, una de ellas representa la muestra original, y otra la muestra gemela; cabe resaltar que ambas muestras deben ser extraídas bajo condiciones iguales, ser preparadas en el mismo laboratorio y analizadas con un código que pueda diferenciarlas. Este tipo de muestras gemelas, se emplea para determinar la precisión en el muestreo y calcular el de muestreo en campo.

5.1.1.2 Duplicados finos

Son duplicados preparados de una muestra original previamente pulverizada, que son enviados con diferente número al laboratorio primario para su análisis en el mismo lote analítico que las muestras originales. Estas muestras se utilizan para evaluar la precisión analítica del laboratorio.

5.1.1.3 Duplicados gruesos

Son duplicados tomados inmediatamente después de una fase de chancado y cuarteo, que deben ser analizados en el mismo laboratorio, con diferente número, y en el mismo lote que la muestra original. Los duplicados gruesos se usan para evaluar la precisión. En la preparación de la muestra se calcula el error de cuarteo o sub-muestreo.

5.1.1.4 Blancos gruesos

Son muestras de material estéril, con granulometría gruesa, que deben ser sometidas a todo el proceso de preparación en conjunto con las demás muestras

ordinarias, y que deben ser preparadas a continuación de muestras fuertemente mineralizadas. Los blancos gruesos permiten evaluar si se produce contaminación durante la preparación.

5.1.1.5 Blancos finos

Son muestras de material estéril pulverizado, que deben ser analizadas a continuación de muestras fuertemente mineralizadas, y que se utilizan para determinar si se produce contaminación durante el proceso de análisis.

5.1.1.6 Estándares

Son muestras elaboradas bajo condiciones especiales, que deben formar parte de los lotes analizados tanto por el laboratorio primario como por el laboratorio secundario.

Los estándares se utilizan para evaluar la exactitud analítica, en conjunto con las muestras de control externo. 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.

5.1.2 Nociones básicas para el control de calidad

Control de Calidad consiste en la inserción sistemática de muestras de control en los lotes enviados al laboratorio primario, y en el reenvío regular al laboratorio secundario de una parte de las muestras ya analizadas en el laboratorio primario, también acompañadas por muestras de control.

El programa de control de calidad debe evaluar su comportamiento en las etapas esenciales de la secuencia muestreo-preparación-análisis.

El objetivo es de monitorear y detectar los posibles errores cuando ellos ocurren, incluso si se siguen fielmente los protocolos de trabajo, mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras, con el fin de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar medidas correctoras oportunamente.

Se debe tener en cuenta que en el control de calidad es preciso monitorear tres variables las cuales definiremos usando como referencia Simón (2010).

5.1.2.1 Precisión en el control de calidad

Es la práctica de reproducir consistentemente una medición en condiciones similares. Vinculada a errores aleatorios y su evaluación exige reproducir la medición en condiciones tan cercanas como sea posible a las existentes en el momento en que tuvo lugar la medición original.

En el caso del muestreo de detritos, por ejemplo, tanto la muestra original como la duplicada deben corresponder a iguales intervalos, métodos similares de muestreo, y se debe prever su envío simultáneo al mismo laboratorio, de modo que se garantice el empleo de iguales procedimientos de preparación y análisis, utilizando los mismos equipos y reactivos, y en lo posible el mismo personal. Por tanto, es necesario que ambas muestras formen parte del mismo lote. (Ccama. 2017).

➤ **Evaluación de la precisión en el control de calidad**

Se recomienda enviar las muestras gemelas y duplicados finos, al mismo laboratorio, dentro del mismo lote con diferente código, para garantizar que su análisis sea confiable y no reciba un tratamiento especial. Simón (2010), clasifica la evaluación de la precisión de muestras gemelas de campo y los duplicados finos en los siguientes procesos:

1. En el muestreo (error de muestreo): A través de muestras gemelas de campo.
2. En la preparación o el cuarteo (error de sub-muestreo): A través de duplicados gruesos (chancado y cuarteo).
3. En el análisis (error analítico): A través de duplicados finos (controles internos, duplicados de pulpa).

➤ **Aplicación**

Para poder medir la precisión, se utiliza el error relativo, que es una magnitud cuantitativa.

Para calificar a la precisión usamos los términos de:

- ✓ Baja precisión
- ✓ Alta precisión
- ✓ Precisión aceptable

La fórmula del error relativo es:

$$\mathbf{ER = \frac{2 * [Vo - Vd]}{(Vo + Vd)}}$$

Donde:

Vo= Valor Original

Vd=Valor duplicado

El error relativo es el valor absoluto de la diferencia entre el valor original y el valor duplicado, dividido por el promedio entre ambos valores.

Los valores aceptables de error relativo son:

- Muestras gemelas: $ER \leq 30\%$

- Duplicados gruesos: $ER \leq 20\%$
- Duplicados finos: $ER \leq 10\%$

El método a aplicar para la evaluación es el Método Hiperbólico:

$$\text{Max-Min } (y^2 = m^2 x^2 + b^2)$$

➤ **Gráfico de precisión**

En la figura 36, muestra cómo es el correcto comportamiento de los datos en la evaluación de la precisión con muestras gemelas de campo. En este ejemplo dado por Flores, A. (2016), los datos analizados de muestras gemelas se muestran dentro de los límites de aceptación en color amarillo y las muestras fuera del límite en color azul.

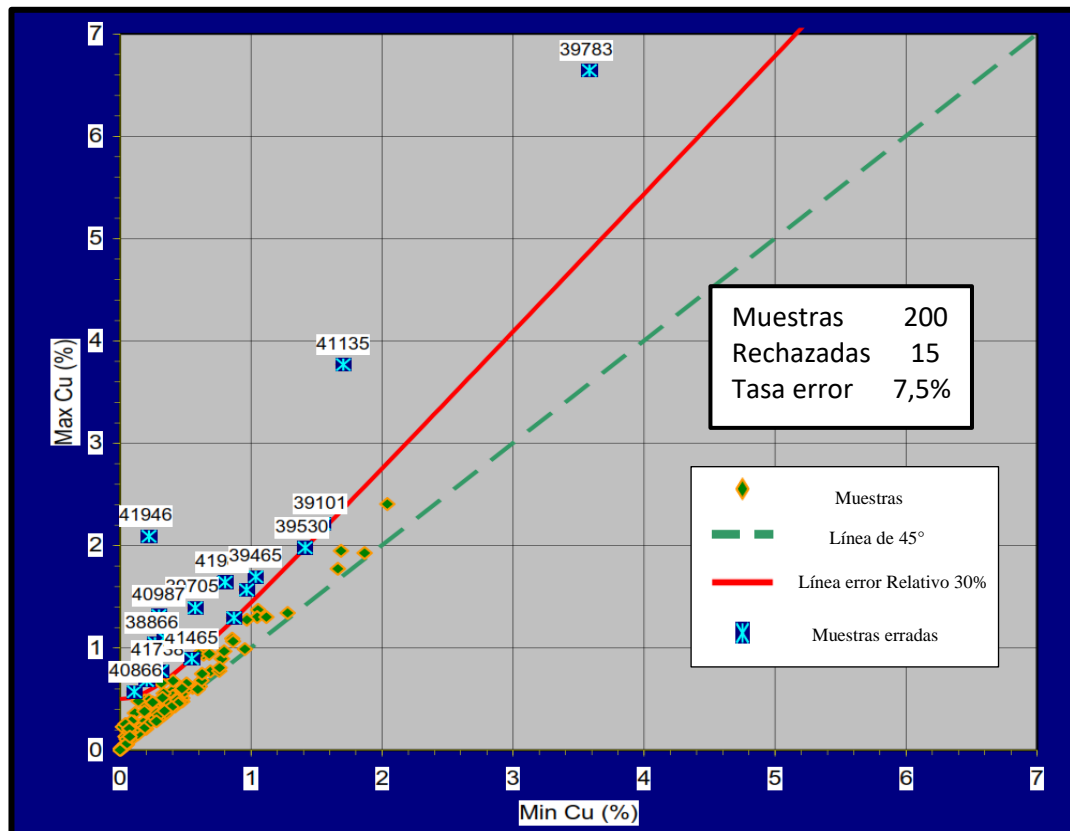


Figura 36. La Precisión evaluada a través del Error Relativo con el método hiperbólico (Simón, 2013).

5.1.2.2 Exactitud para el control de calidad

Se define como la proximidad de los resultados a un valor verdadero o aceptado y se vincula a errores sistemáticos. El concepto de exactitud está indisolublemente vinculado al de valor real. Al determinar la ley de la muestra, nunca se llega a conocer el valor real; sin embargo, es posible preparar estándares en condiciones muy controladas, y establecer el mejor valor del estándar para cada elemento en particular. (Ccama. 2017).

Estimación de exactitud para el control de calidad

En esta fase evaluamos que los resultados de leyes de los estándares (Alto, medio y Bajo) en la etapa analítica, sean próximos a los valores reales, procediendo de la siguiente manera:

a. En el mismo laboratorio

A través de estándares certificados, materiales preparados en una prueba inter-laboratorios y documentados en condiciones especiales muy controladas por laboratorios.

- ✓ Insertar los estándares de forma anónima en el flujo analítico
- ✓ Utilizar estándares de naturaleza similar al material que será evaluado
- ✓ Utilizar varios estándares en orden alterno (bajo, medio, alto)
- ✓ Evitar la preparación de los estándares en los laboratorios evaluados

b. En otro laboratorio

A través de muestras de chequeo (controles externos, duplicados externos de rechazo fino).

- ✓ Reenviar las muestras a un laboratorio de referencia
- ✓ Incluir en el lote de forma anónima otras muestras de control

- ✓ Chequear la granulometría a un 10% de las muestras

➤ **Aplicación**

La exactitud es una magnitud cualitativa, para poder medirla se utiliza el sesgo (es un error sistemático), que es una magnitud cuantitativa.

La fórmula para el sesgo para estándares es:

$$\text{SESGO}(\%) = \left(\frac{AV}{BV} \right) - 1$$

Donde:

AV= Representa el promedio de los valores obtenidos en el análisis del estándar

BV= Representa el valor aceptado del estándar

El gráfico de control a utilizar es el de Shewhart. La fórmula del sesgo para chequeos externos es:

$$\text{SESGO}(\%) = 1 - m$$

Dónde:

m=Representa la pendiente de la curva de regresión entre los valores obtenidos en el laboratorio secundario (y) y en el laboratorio primario (x) gráfico de exactitud.

El criterio de Aceptación, el sesgo resultante del análisis, una vez que son excluidos los valores dispares, debe estar dentro de límites aceptables:

Bueno: $|\text{Sesgo}| < 5\%$

Aceptable: $|\text{Sesgo}|$ entre 5% y 10%

Inaceptable: $|\text{Sesgo}| > 10\%$

✓ **Gráfico de exactitud**

La figura 37, muestra cómo es el correcto comportamiento de los datos en la evaluación de exactitud. En este ejemplo dado por Flores, A. (2016), los datos analizados del muestreo se muestran dentro de los límites de aceptación (Ver tabla 4).

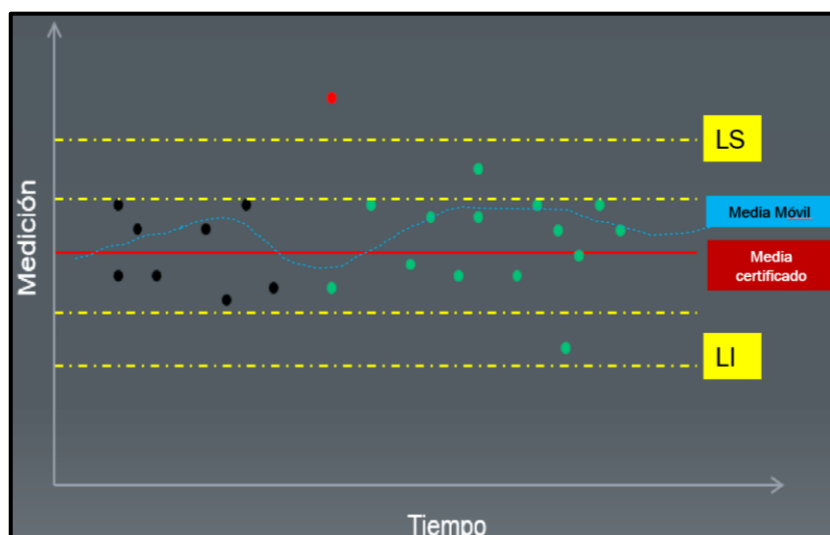


Figura 37. Gráfico de evaluación de la exactitud, donde los datos se encuentran dentro de los límites de aceptación. (Flores, 2016).

5.1.2.3 *Contaminación en el control de calidad*

Es la transferencia involuntaria de material de una muestra a otra muestra. Al preparar o analizar algunas muestras, particularmente las que tienen un alto contenido de mineralización, es posible que cierta porción de una muestra o de una solución quede retenida accidentalmente en el equipo y contamine las muestras siguientes.

La contaminación se estudia a través de los blancos, que son muestras estériles, en las cuales los elementos a evaluar se encuentran presentes en cantidades inferiores o muy cercanas a los correspondientes límites de detección.

Se considera que se ha producido un nivel significativo de contaminación de un elemento, cuando los blancos arrojan valores que exceden varias veces el límite de detección para dicho elemento. Siempre que sea posible, la matriz de los blancos debe ser cercana a la matriz del material que está siendo analizado en las muestras ordinarias. (Ccama. 2017).

✓ **Estimación de contaminación**

Se evalúa la contaminación de las leyes de las muestras a través de muestras blancos, que son muestras certificadas y no tienen leyes representativas.

a. Durante la preparación

A través de blancos gruesos: en la etapa de preparación y cuarteo, materiales con granulometría gruesa, carentes de elementos cuya contaminación debe ser evaluada.

- ✓ Insertar los blancos gruesos de forma anónima en el flujo analítico.
- ✓ Preparar los blancos gruesos a continuación de muestras con alta ley.

b. Durante el análisis

A través de blancos finos: materiales pulverizados, en los cuales el contenido del elemento cuya contaminación debe ser evaluada, se encuentra bajo el límite de detección del método.

- ✓ Insertar los blancos finos de forma anónima en el flujo analítico.
- ✓ Analizar los blancos finos a continuación de muestras con alta ley.
- ✓ El criterio de aceptación, los valores de los blancos no deben estar directamente influenciados por las leyes de las muestras precedentes y no deben exceder en más de 3 o 5 veces, los límites de detección inferior del elemento.
- ✓ La tasa de contaminación no debe superar el 2 %.
- ✓ Al ubicar el blanco fino primero, detectamos si la contaminación se dio en la parte analítica o en la preparación de muestras.

- ✓ Si ubicamos primero el blanco grueso, no podríamos detectar dónde se contaminó la muestra.

c. Gráfico para la contaminación

En la figura 38, muestra cómo es el correcto comportamiento de los datos en la evaluación de la contaminación. En este ejemplo dado por Flores, A. (2016), los datos analizados del muestreo no sobrepasan el límite permisible de error (Ver tabla 4).

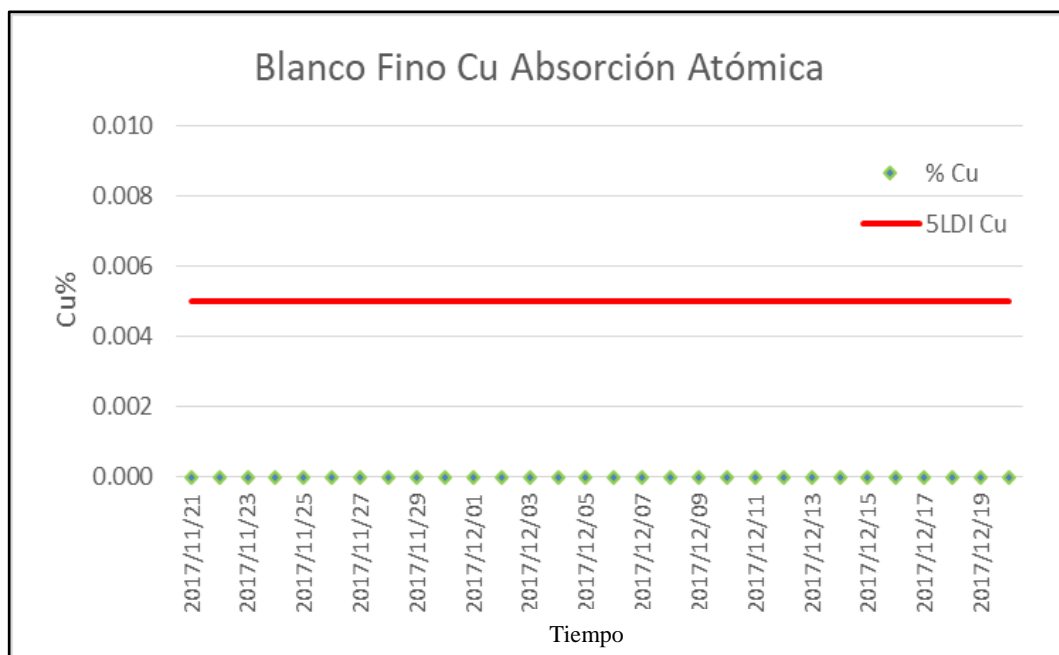


Figura 38. Gráfico de evaluación de la contaminación donde los datos se encuentran dentro del límite permisible. (Flores, 2016).

Tabla 4.

Límites de Detección de contaminación. (Flores, 2016).

	Descripción	Cálculo
LDP	Límite de detección práctico	10 veces el límite de detección inferior
LDI	Límite de detección inferior	%Cu: 0,001 y %Mo: 0.0002
LDS	Límite de detección superior	%Cu: 10 y %Mo: 1
LCS	Límite de detección superior	Media certificada + 2(Desviación estándar)
LCI	Límite de detección inferior	Media certificada - 2(Desviación estándar)
LAS	Límite de actuación superior	Media certificada + 3(Desviación estándar)
LAI	Límite de actuación inferior	Media certificada - 3(Desviación estándar)
RMA Trend	Tendencia de método de reducción al eje mayor	$m = (\text{Desviación estándar originales} / \text{Desviación estándar duplicados})$

5.1.3 Programa de aseguramiento de la calidad del muestreo

El programa de aseguramiento de la calidad recopilación de medidas y conjunto de acciones preestablecidas y metodológicas indispensables para cerciorar que una actividad logre un rango admisible de calidad.

Estos programas se deben realizar desde el inicio del proyecto sobre los principales factores de error detectados y su influencia, teniendo como objetivo principal, prevenir y disminuir problemas que pueden ocurrir durante el desarrollo de las actividades.

El aseguramiento de la Calidad se materializa mediante la elaboración e Implementación de Protocolos de Trabajo orientados a evitar los errores groseros, y a minimizar los errores aleatorios y sistemáticos

5.1.3.1 Detección de las principales fuentes de error

Se pueden hallar y categorizar diferentes fuentes de error que perjudican la calidad de los resultados en el muestreo, a continuación presentamos las principales fuentes de error según Simón (2013), basados en los errores reconocidos durante el proceso del muestreo de detritos de nuestro proyecto:

a. La Heterogeneidad geológica

La heterogeneidad geológica es uno de los factores más significativo que afecta el buen desarrollo del muestreo de detritos, entre los problemas más incisivos tenemos:

- Contratación de personal poco calificado y poca capacitación de este.
- Deficiencias en la codificación de los datos iniciales.
- Uso de un modelo geológico desactualizado o inadecuado.
- Deficiente Interpretación geológica.
- Uso de programas y/o protocolos desactualizados o inadecuados.

En este tipo de casos se recomienda minimizar el efecto negativo de la heterogeneidad geológica, considerando los siguientes aspectos.

- Utilizar personal con la mejor calificación posible y capacitarlos mensualmente en técnicas modernas de trabajo.
- Preparar con anticipación los trabajos a realizar o coordinar el tiempo necesario para la buena coordinación de los trabajos y el desarrollo codificación de datos evitando el error con la presión de tiempo.
- Trabajar en la interpretación geológica para que pueda ser entendido plenamente por el personal supervisor de campo.
- Usar métodos y protocolos adecuados, que deberán ser revisados y actualizados mensualmente con apoyo del personal inmerso en los trabajos.

b. La toma de las muestras

Una adecuada toma de muestras en campo es importante, por ello es esencial reconocer los errores efectuados durante el proceso, los errores más resaltantes en este proceso son:

- En la perforación de tronadura, pérdidas importantes de material particulado.
- Arrastre y malformación de conos de perforación.
- Muestreo parcial del cono o de la pila.

- No ubicar correctamente las muestras en el espacio.
- Insuficiente peso de muestra.
- Errores en el etiquetado y en el orden de las muestras.
- Técnica de muestreo empleada inadecuada.
- Material de embolsado de muestra defectuoso.

Para poder evitar estos errores y optimizar el desarrollo de la toma de muestras, se recomienda:

- Coordinación constante con los supervisores y operadores de máquina para evitar la pérdida y/o arrastre de material particulado.
- Actualizar y usar los procedimientos de muestreo adecuados que garanticen buen desarrollo de la toma de muestras por medio del personal.
- Capacitar constantemente al personal en una adecuada toma de muestras y la importancia de la representatividad de los resultados.
- Capacitar en la ubicación física y la orientación de los sondajes, y la posición de los intervalos de muestreo.
- Mantener un orden o técnica para el momento del etiquetado de las muestras.
- Manipular las muestras con extremo cuidado.

- Determinar un peso estándar de muestra en coordinación con el laboratorio.
- Utilizar una balanza portátil y práctica para que no haya exceso ni falta de muestra.
- Verificación del buen estado de las bolsas donde se pondrá la muestra.

c. La medición de los parámetros

- Empleo de métodos analíticos inapropiados.
- Empleo de estándares inapropiados.
- No verificar las balanzas.
- Aplicación de procedimientos incorrectos de cálculo.
- Alteración casual o intencional en el orden de las muestras.

Recomendaciones para optimizar la preparación y el proceso analítico:

Asegurarse de que el laboratorio:

- Usa procedimientos adecuados de preparación.
- Usa instrumental y equipos en buen estado.
- Usa productos químicos y estándares confiables.
- Dispone de un sistema adecuado de control de calidad.
- Mantiene sus áreas de trabajo limpias y ordenadas.

d. La preparación de la base de datos

- Digitación repetida de la misma información.
- Codificación errónea de las muestras de control de calidad.
- Falta de métodos de identificación de personas responsables.
- Datos relevantes sobre los métodos analíticos.
- Fechas relevantes.
- Números de muestra.
- Ausencia de filtros y/o mecanismos de validación de la información.

Recomendaciones para optimizar la preparación de la base de datos:

- Planificar la estructura y el flujo de la información.
- Establecer filtros y mecanismos de validación.
- Evitar la digitación manual de datos.
- Utilizar la doble entrada.

e. Otros errores frecuentes en la medición de los parámetros

- Defectuoso programa de control de calidad.
- Ausencia de un programa de control de calidad.
- Problemas relacionados con el reporte de los resultados.
- Uso indistinto de varios símbolos y/o formatos de números.

- Errores en las unidades de medida donde se colocan varias unidades para el mismo elemento en diferentes lotes.

5.1.3.2 Procedimientos de trabajos

Teniendo en cuenta los errores de muestreo detectados y especificados en el punto anterior, es que se procedió a la creación de los procedimientos escritos de trabajo, que se deberán seguir de manera consecuente y obligatoria, ya que están destinados a minimizar los errores en el desarrollo de las labores. Cabe resaltar que estos documentos pueden ser modificados y mejorados conforme se vaya detectando nuevos errores, con el fin de asegurar el buen desempeño de las actividades de muestreo de detritos.

A. Procedimiento de muestreo de detritos

1. El Supervisor del equipo de muestreo de detritos (MD), realizará las coordinaciones de trabajo con el Geólogo Jefe de control de mineral quien le dará las recomendaciones de trabajo seguro.
2. El personal de muestreo de detritos (MD), se trasladará con el apoyo de una camioneta a sus respectivos lugares de trabajo, proyectos de muestreo asignados para cada día, con sus respectivo equipo de protección personal EPPs y herramientas de trabajo que en mina se requiere.

3. En el área de trabajo se impartirán la sensibilización de seguridad, sobre los peligros y riesgos observados; las mismas que serán transmitidas por los líderes, las cuales serán compartidas por todo el personal de campo siendo evaluadas en equipo.
4. El equipo de muestreo de detritos (MD), al encontrarse en el proyecto de muestreo deberá realizar la Identificación de Peligros, Evaluar los Riesgos y aplicar los respectivos controles, con el llenado del formato IPERC, se realizará un Procedimiento Escrito de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR) cuando las condiciones así lo requieran.
5. En campo, el Supervisor líder de grupo y el personal de muestreo de detritos (MD), se encargarán de:

Supervisor

- ✓ Ubicar el proyecto de los detritos a muestrear conforme al plano de proyecto de perforación, éste se encontrará acorde al avance de perforación de los turnos día y noche.
- ✓ Distribuir las bolsas de plástico en cada cono de perforación a muestrear con mucho cuidado y concentración para evitar errores.
- ✓ Etiquetar con la respectiva codificación del detrito; (todas las etiquetas serán protegidas en una bolsa pequeña para evitar su

deterioro), donde se indicará el nivel del banco, el número de proyecto y número de taladro.

Muestreros

Uso de pala de muestreo

- ✓ Muestrear en cuatro (4) puntos representativos de cada cono de perforación seleccionado por el supervisor, realizando un primer corte vertical en el punto seleccionado y posteriormente recoger el material caído de forma horizontal, con mucho cuidado para no perder muestra.
- ✓ Realizar un movimiento en vaivén hasta asegurar que el material extraído este seguro en el dispositivo, para proceder en el vaciado de la muestra en la bolsa de plástico designada, evitando el derrame de material.

Uso de tubo de muestreo

- ✓ Muestrear en cuatro (4) puntos del cono de detrito de cada cono de perforación con un tubo metálico estandarizado, en una posición de 45° grados de inclinación, respecto a la horizontal del piso.

- ✓ Realizar un movimiento en vaivén hasta asegurar el material extraído en el dispositivo, vaciar la muestra en la bolsa de plástico designada y retirar el tubo cuidadosamente.

Para supervisores y muestreros

- ✓ Se colocará una estaca de madera con la letra “M” señalando que ese pozo ya ha sido muestreado y evitar el duplicado innecesario de muestras.
- ✓ Una vez colocada la etiqueta correspondiente a la bolsa, proceder a amarrar con sus respectivas cintas flagging según su prioridad de análisis (Roja o Blanca).
- ✓ El peso de cada muestra será de aproximadamente de 5kg - 6 kg.
- ✓ Recoger y trasladar la cantidad máxima de 4 bolsas de muestras por cono de perforación, debidamente etiquetadas, hacia la tolva de la camioneta.
- ✓ Realizar un último recorrido en el área de muestreo, para verificar que no se haya dejado ninguna muestra en campo.

Nota:

- ✓ El personal de muestreo debe verificar si la zona a muestrear está demarcado con “Cintas de Peligro”, cargados o en proceso de carguío con explosivos. De ser el caso se debe comunicar y solicitar

autorización de ingreso Supervisor de Voladura, por radio de comunicaciones.

- ✓ En caso que personal de muestrería durante su labor, personal de perforación y disparos cierre y demarque la zona sin advertir la presencia de los muestreros y equipos, se debe reportar inmediatamente a la Supervisión de Geología el incidente.

Consideraciones específicas

Muestreo de Detritos en Zonas con Agua

- ✓ El muestrero deberá obtener el mayor número de muestras del proyecto con problemas de exceso de agua.
- ✓ El muestrero debe tomar la muestra inmediatamente después que la perforadora se mueva luego de haber terminado el pozo.
- ✓ Introducir el tubo en 8 puntos del cono de detritos, con el fin de asegurar la mayor cantidad del material.
- ✓ Se deberá tomar las muestras antes que la empresa encargada del carguío de pozos inicie sus operaciones respectivas.
- ✓ Al finalizar se realizará el ingreso de reporte de muestras según los proyectos muestreados en campo, por consiguiente, se procesará los datos en el sistema por el Supervisor de equipo.

- ✓ El Supervisor de muestreo de detritos se encargará del envío de muestra; así como la inserción de las muestras de control de calidad (QA/QC).
- ✓ El Geólogo encargado del control de mineral y/o Geólogo de QA/QC revisará y dará la conformidad de envío de muestras.

Restricciones de seguridad

- ✓ No está permitido el ingreso de vehículos que no estén en buenas condiciones y operativas las circulinas, neblineros, pértiga, muelles, luces, alarmas, etc.
- ✓ No se ingresa a mina si el Supervisor de grupo no cuenta con radio de comunicaciones.
- ✓ Prohibido el ingreso de vehiculos a zona cargada.
- ✓ Queda restringido el ingreso peatonal a proyectos de detritos cargados con explosivos, sin autorización del Supervisor de Voladura.
- ✓ Retirarse de cualquier área de trabajo al detectar un peligro de alto riesgo que atente contra su seguridad o salud, dando aviso inmediato a su Supervisor.
- ✓ Se prohíbe acercarse a las perforaciones sin previa coordinación con el Operador del equipo, cuando se va realizar el muestreo, recoger

las bolsas, pasar por delante, costado y parte posterior del equipo, cuando las gatas se encuentren suspendidas y/o en movimiento. No ubicarse en los puntos ciegos de la perforadora y/o otros equipos que se encuentren en la zona de trabajo.

- ✓ Prohibido muestrear entre dos perforadoras cuando se encuentre separadas por una fila y/o columna de cono de perforación, sin el apoyo de un vigia y previa coordinación con los Operadores.
- ✓ Si las condiciones climáticas son adversas, estar atento a la radio de comunicación para paralizar los trabajos y refugiarse en los vehículos livianos.
- ✓ No cruzarse por los charcos de agua acumulada, posibilidad de hundimiento, resbalones, caídas en el mismo nivel.
- ✓ Cuando el Cono de perforación se encuentre al filo de la cresta aproximadamente a 2,00 m, se realizará el muestreo solo en tres puntos hacia el lado firme del proyecto, no se debe acercarse al filo de la cresta.
- ✓ Mantener distancia de los cables de energía cerca a la perforadora, posible latiguo de cable por giro movimiento brusco de la perforadora.

- ✓ Se prohíbe estacionar vehículos a no menos de 100 m de un equipo pesado en la zona de operación de los equipos y maquinarias en movimiento de la mina.
- ✓ Está prohibido pisar cables de alimentación eléctrica de los equipos de mina, por lo tanto, es necesario el uso de puentes apropiados para pasar.
- ✓ Queda terminantemente prohibido el uso de los celulares mientras se conduce.
- ✓ Queda prohibido ingresar con camioneta 4x4, a proyectos perforados con una malla de 6,5m x 6,5 m o menor a esta, para evitar el daño de los cono de perforación perforados.

B. Procedimiento de replanteo de polígonos

- ✓ El Supervisor de equipo de muestreo de detritos (MD), solicitará los planos y datos de las ventanas de los polígonos a replantear en mina al departamento de Geología de SPCC.
- ✓ Recibir la orden escrita de trabajo por parte del supervisor.
- ✓ Trasladarse en las camionetas a sus respectivas áreas de trabajo.

Nota:

Los conductores de vehículos deberán estacionarse a una distancia no menor de 100 m de la zona de operación de los equipos y maquinarias en movimiento de la mina.

- ✓ En el área de trabajo se impartirá la sensibilización de seguridad, sobre los peligros y riesgos observados; las mismas que serán transmitidas por los supervisores. Las cuales serán compartidas por todo el personal, siendo evaluadas en equipo.
- ✓ Realizar la Identificación de Peligros, Evaluación de los Riesgos y aplicar los respectivos Controles con el llenado del formato IPERC, solo se realizará un Procedimiento Escrito de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR) cuando las condiciones así lo requieran.
- ✓ Antes de iniciar las labores, el personal debe tener obligatoriamente sus respectivos Equipo de Protección Personal EPP.
- ✓ Los equipos de muestreo de detritos denominados, Muestras Geología I y Muestras Geología II dirigidos por sus Supervisor de grupo, se encargarán de las siguientes tareas:

Supervisor líder de equipo

- ✓ Ubicar el proyecto disparado a ser replanteado o remarcado.

- ✓ Dibujar el contorno del polígono (mineral, lixiviable, desmonte) en el equipo GPS para su posterior replanteo.
- ✓ Verificar e identificar el tipo de material a ser replanteado, según el plano facilitado por el departamento de Geología.
- ✓ Dejar estacas cada 10 m en todo el contorno del polígono.

Muestreros

- ✓ Ubicar el perímetro o contorno del polígono en el proyecto disparado a ser replanteado.
- ✓ Asegurar en el terreno las estacas dejados por el Supervisor de grupo, con la ayuda de una comba de 2 lb.
- ✓ Seguidamente en los polígonos demarcados se colocarán crucetas en lugares visibles, en donde se amarrará una cinta de color, dependiendo del tipo de material a ser minado, en dicha cruceta se especificará en ambos lados y de forma escrita el nivel del banco, el número del proyecto y el código de geología (número de polígono) respectivo, a su vez, se especificará la ley de cobre o material a demarcar, correspondiente a dicho polígono.

Consideraciones específicas

Replanteo en rampa

- ✓ En caso de replanteo o remarcado de polígonos en rampa (material apelmazado); se realizará con la ayuda del cincel con punta de acero.
- ✓ Realizar un hoyo considerable para asegurar la estaca.
- ✓ Asegurar las estacas correspondientes dentro del hoyo con la ayuda de la comba.

Replanteo en crestas

- ✓ Cuando se necesite asegurar una estaca al filo de la cresta, éste se realizará a 2 m del mismo.
- ✓ Para las cintas, estas tendrán que tener sujeto una roca de regular tamaño para ser arrojadas al desnivel o banco inferior.

Remarcado en fondo de mina

- ✓ Cuando se tenga que demarcar o replantear en fondo mina, es considerado un trabajo de alto riesgo.
- ✓ En todo momento se tendrá concentración en la tarea a realizar, teniendo especial cuidado al caminar por la zona disparada, con una actitud segura y siempre manteniendo el principio de orden y limpieza de las áreas de trabajo.

- ✓ Ha de tener en cuenta siempre, la verificación constante del buen estado del contorno de los polígonos delimitadores del material a ser minado, caso contrario deberán ser asegurados y remarcados.
- ✓ Al culminar el replanteo del polígono se reportará al supervisor de la zona de Operación mina de SPCC por radio frecuencia de operaciones; la finalización del trabajo.

Restricciones de seguridad

- ✓ El personal deberá esperar un tiempo de 15 minutos, después de haberse realizado la voladura en mina.
- ✓ Retirarse de cualquier área de trabajo al detectar un peligro de alto riesgo que atente contra su seguridad o salud, dando aviso inmediato a su Supervisor.
- ✓ No manipular los cables de energía de las perforadoras que se encuentren cerca.
- ✓ Se prohíbe estacionar vehículos a no menos de 60 m de un equipo pesado en la zona de operación de los equipos y maquinarias en movimiento de la mina.
- ✓ Si un tractor se encuentra realizando trabajos en el polígono a demarcar comunicarse y/o esperar que termine el operador antes de ingresar a realizar la tarea.

- ✓ Si se encuentra tiros cortados comunicar inmediatamente al Lider Grupo.
- ✓ Al momento de replantear los polígonos de minado, al acercarse hacia la cresta debe mantener una distancia de 2,00 m, por medidas de seguridad.
- ✓ Cuando se arroja cinta hacia en el filo del talud de minado de la pala, no acercarse a menos de 2,00 m de distancia.
- ✓ Si las condiciones climáticas son adversas, comunicar al Líder de Grupo y Supervisor de SPCC para su conocimiento.
- Prohibido utilizar herramientas que no están dentro del procedimiento.

C. Procedimiento de inserción de muestras de control

- ✓ Ingresar al software, que brinde la información geológica y de los detritos de mineral, según el proyecto muestreado.
- ✓ Según el tipo de leyes estimadas de Cobre y Molibdeno encontrados en los polígonos de detritos, se deberá determinar los estándares a insertar (tabla 5).

Tabla 5.

Leyes Estimadas de Mineral para Inserción de Muestra de Control.

Tipo de Muestra		Elemento a Controlar	
		% de Cobre	% de Molibdeno
Estándar	STD Bajo	0,209	0,0008
	STD Medio	0,585	0,0412
	STD Alto	1,133	0,3127
Blanco	BLK Fino	0	0
Muestras Gemelas		0	0

- ✓ Una vez determinados los insertos de muestras, se deberá registrar en la base de datos las muestras insertadas, para que no exista una posterior confusión.
- ✓ El lote de muestras extraídas y procesados mecánicamente, deberán ser enviadas junto con las muestras insertadas debidamente etiquetadas y almacenadas en la base de datos, para mantener el control de muestras enviadas al laboratorio, quienes recepcionarán las muestras, para su posterior análisis químico.

D. Cadena de custodia

- ✓ La cadena de custodia es la parte enfocada a preservar la integridad de la muestra en todo el proceso del muestreo de detritos, por ello, se debe poseer un procedimiento que ayude con el objetivo de esta labor.

- ✓ Por lo cual, se ha implementado el sistema de manejo de información de laboratorios LIMS, el cual, contempla el sistema de identificación de la muestra con código de barras.
- ✓ Las muestras deben poseer sin excepción su etiqueta y código de barras en perfecto estado y contar con la cinta de amarrado adecuada.
- ✓ El personal debe colectar las muestras emplazadas en la zona muestreada y subirlas a la tolva de la camioneta con mucho cuidado para evitar la rotura y contaminación de las muestras. Deberán repetir esto para cada labor muestreada.
- ✓ El supervisor del muestreo de detritos en campo deberá reportar la cantidad muestras al personal encargado para ser transportado al laboratorio.
- ✓ Una vez recolectadas las muestras en campo se prepara la lista de muestras enviadas al Laboratorio en coordinación con el personal responsable previamente por el Geólogo de QA-QC y el supervisor de Control de mineral.

5.1.4 Capacitación difusión del programa de QA/QC

La capacitación constante del personal de muestreo es de suma importancia en las actividades, ya que depende de su buen desempeño el resultado positivo de la actividad en general.

Muchas veces, la poca capacitación es perjudicial para los trabajos de muestreo. Es por ello que, en base a los programas de Aseguramiento y Control de calidad incluye la generación de protocolos, que mitiguen o minimicen en gran parte los errores que alteren negativamente los resultados.

Una vez creados los protocolos de aseguramiento de la calidad QA/QC y procedimientos de muestreo, se procedió a difundir a los trabajadores sobre la importancia del cumplimiento de estos y la importancia de su trabajo en campo para la actividad minera.

La capacitación y participación constante del personal en el mejoramiento de los protocolos, es fundamental para minimizar errores en la extracción manual del muestreo (Figura 36).



Figura 39. Capacitación y Difusión del Programa de QA/QC al personal de Muestreo de Detritos.

5.1.5 Determinación analítica de técnica de muestreo

Para la determinación de la técnica más precisa de muestreo, que será empleada como dispositivo de extracción principal en el desarrollo de este proyecto, se ha aplicado la evaluación de la Precisión en el muestreo.

Por ello, se vio por conveniente evaluar 100 pares de muestras gemelas extraídas con el dispositivo de Pala y 100 muestras gemelas extraídas con el dispositivo de Tubo.

La técnica que presente menor tasa de error en su evaluación, determinará el dispositivo más conveniente y confiable para la extracción del muestreo de detritos en el proceso del proyecto.

➤ **Información**

✓ Tipo de Muestras a utilizar: Muestras Gemelas

✓ Cantidad:

100 pares de muestras con pala (Ver Anexo 01 y Anexo 03)

100 pares de muestra con Tubo (Ver Anexo 02 y Anexo 04)

✓ **Tasa de Error:** Simón, (2003) sugiere para muestras Gemelas:

$$ER \leq 30\%$$

➤ **Pala:**

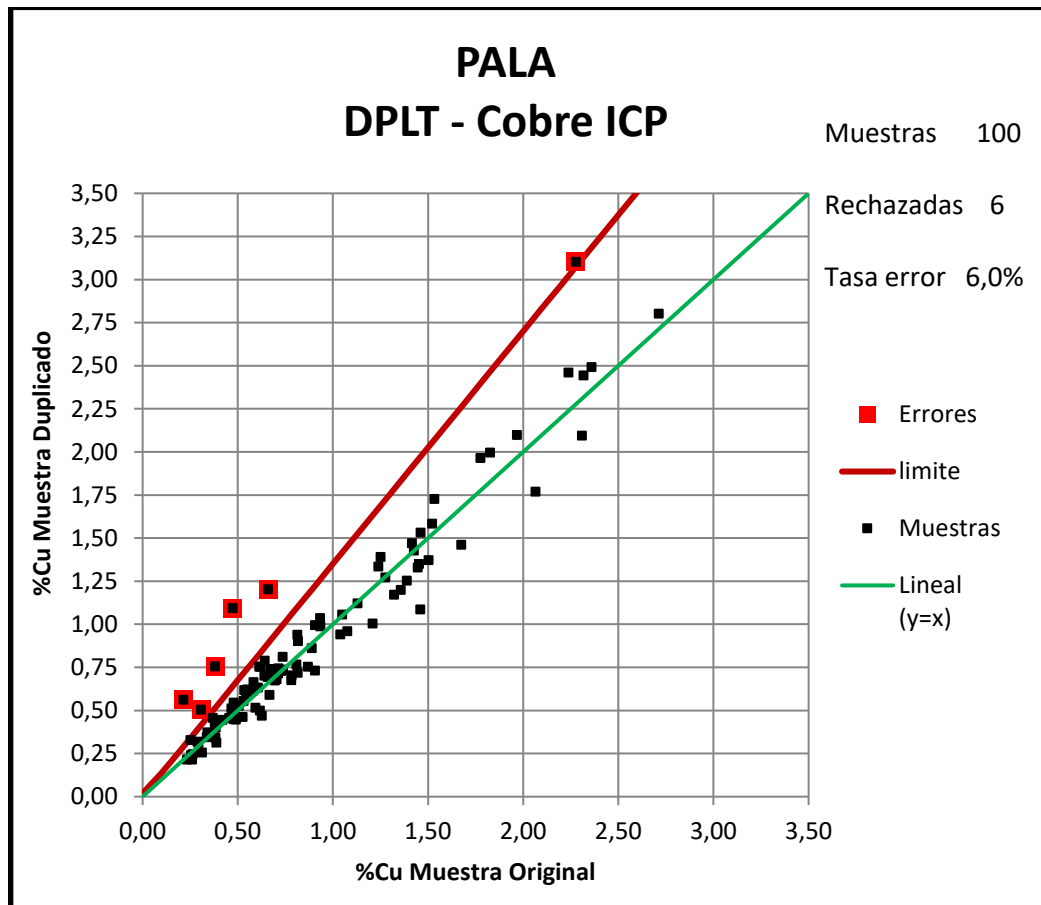


Figura 40. Control de Precisión con dispositivo de Pala– Cobre.

La tasa de error para el Cobre (Cu) usando la pala de muestreo es de 6,0 %.
Lo cual, muestra que, seis (06) pares de muestras resultaron con un error relativo mayor al 30 % (Ver Anexo 01).

➤ **Tubo:**

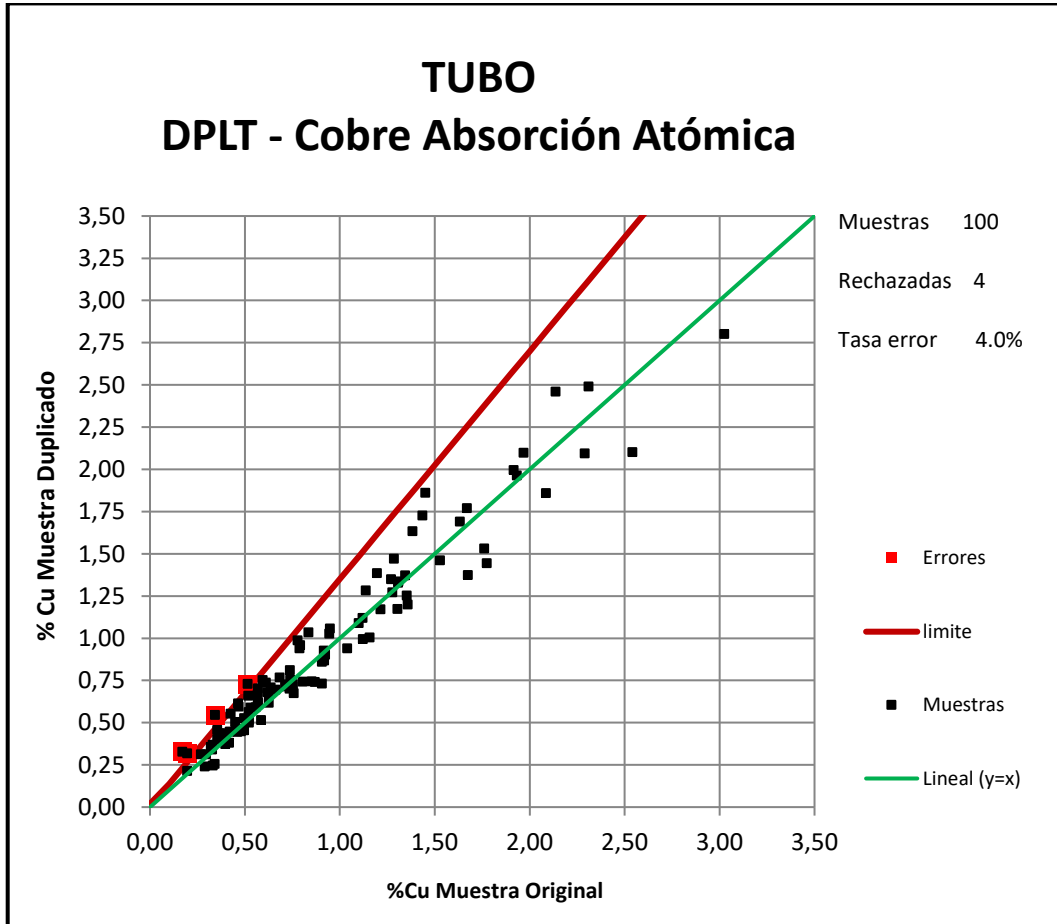


Figura 41. Control de Precisión con dispositivo de Tubo – Cobre.

Tasa de error para el Cobre (Cu) usando el Tubo de muestreo es de 4 %. Lo cual muestra que, cuatro (04) pares de muestras fueron rechazadas por obtener un error relativo mayor al 30 %. (Ver Anexo 02).

Observaciones

El dispositivo del Tubo reporta una tasa de error de 3,7 %, resultando menor que la tasa de error que mostro la pala y que fue del 6 % para el elemento de cobre.

✓ **Comparación de técnicas para el elemento de molibdeno**

➤ **Pala**

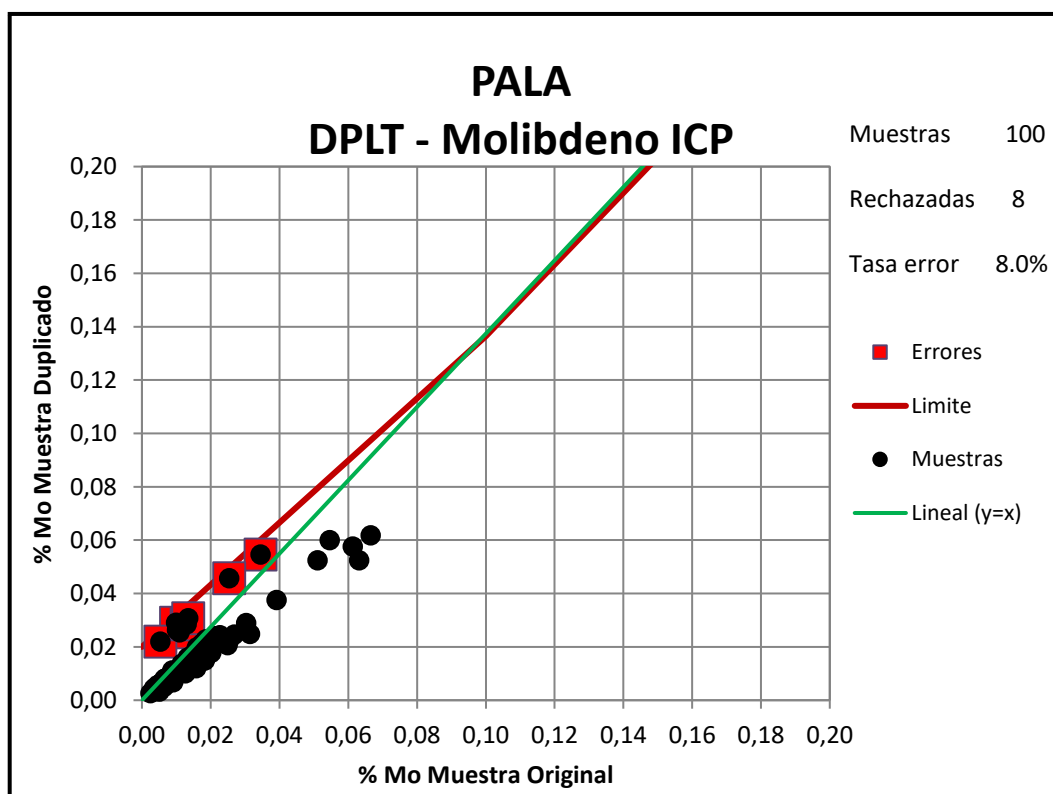


Figura 42. Control de Precisión con dispositivo de Pala – Molibdeno.

Tasa de error para el Molibdeno (Mo) usando la Pala de muestreo es del 8 %. Lo cual muestra que, ocho (08) pares de muestras fueron rechazadas por obtener un error relativo mayor al 30 % (Ver Anexo 03).

➤ **Tubo**

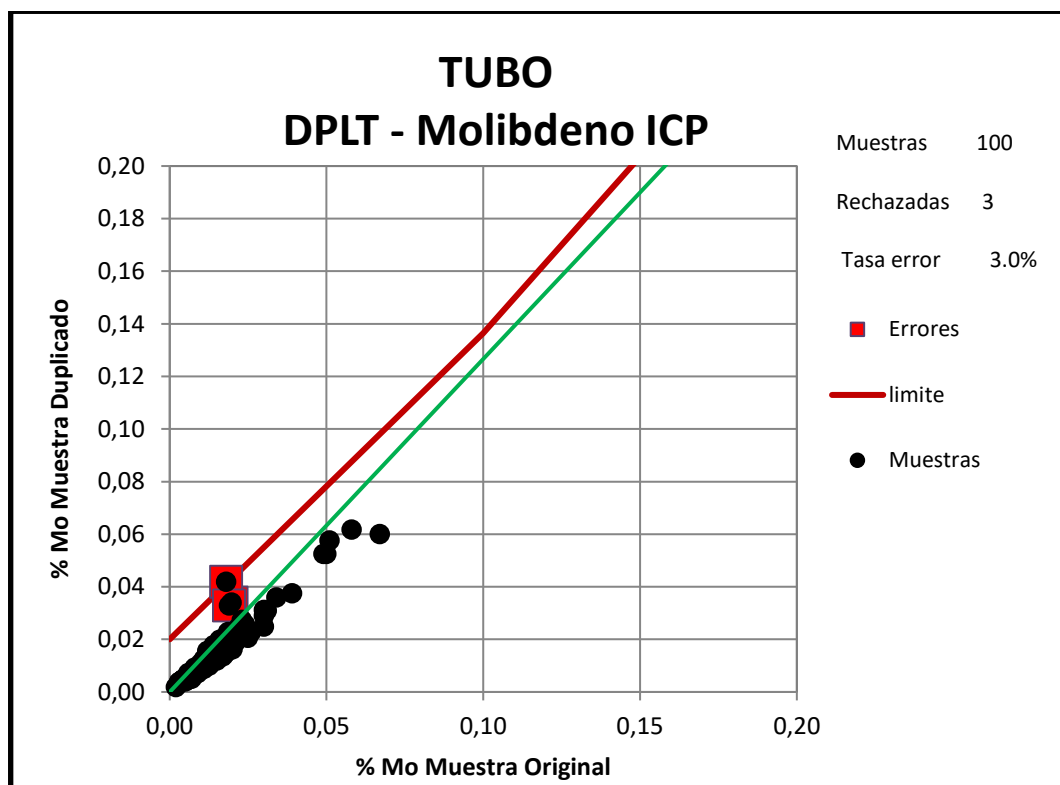


Figura 43. Control de Precisión con dispositivo de Tubo– Molibdeno.

Tasa de error para el Cobre (Cu) utilizando el tubo de muestreo es de 3%. Lo cual muestra que, tres (03) pares de muestras fueron rechazadas por obtener un error relativo mayor al 30 % (Ver Anexo 04).

Observaciones

Tabla 6.

Tabla resumen de resultados de Análisis -Comparación Pala y Tubo.

Elemento Analizado	Pala		Tubo	
	Muestras con ER>30%	Tasa de Error	Muestras con ER>30%	Tasa de Error
Cobre	6	6,0%	4	4,00%
Molibdeno	8	8,0%	3	3,00%

Los resultados del análisis de las figuras 40, 41, 42 y 43, compilados en la tabla 6, determinan que:

El uso del Tubo como herramienta de muestreo, refleja una tasa de error menor a la tasa de error entregada por la pala para el análisis de los elementos de Cobre y Molibdeno.

Por lo tanto, se estableció que la mejor técnica de extracción de detritos es el dispositivo del Tubo de muestreo, ya que estadísticamente es más representativo con una tasa de error menor a la mostrada por la pala. Asimismo, es considerablemente más ergonómico, de bajo costo y fácil de maniobrar.

Por ello, se recomienda el uso del tubo como dispositivo de extracción de muestras, el cual empleamos en el desarrollo del muestreo para este proyecto.

5.1.6 Aplicación de la evaluación del control de calidad

La empresa GEOSIM SERVICES E.I.R.L. está encargada de la realización del muestreo de detritos, cumpliendo funciones diarias de extracción de muestras en mina, etiquetado, transporte de muestras a laboratorios y el aseguramiento y control de la inserción de muestras de control.

Este espacio se lleva a cabo seguidamente de haber aplicado en campo los procedimientos y protocolos creados en este proyecto de investigación, con el objeto de valorar la confiabilidad de los trabajos realizados por la empresa, mediante la evaluación de control de calidad analítica, insertando aleatoriamente muestras de control en un lote de 3100 muestras de detritos. Para la evaluación de la precisión en el muestreo en campo, se utilizaron las muestras duplicado de campo y duplicados pulpa insertadas, las cuales, han sido evaluadas de acuerdo al método hiperbólico. Y como parte del programa del Aseguramiento y Control de Calidad, se ha tomado en cuenta la inserción de muestras de control para el monitoreo de la contaminación y la exactitud en los lotes diarios de muestras de detritos al laboratorio.

Información general

- ✓ Cantidad de Muestras extraídas en campo: 3100 muestras
- ✓ Tipo de Muestras: Muestras de Conos de pozo tronadura o detritos
- ✓ Muestras de Control Insertadas: 200 muestras de control (tabla 7).

Tabla 7.

Muestras de Control Insertadas.

Tipo de Muestra	Código	Cantidad Insertada	Tasa de Insercion (%)
Muestras Gemelas	DPLT	108	3.5
Estandar ley baja	STDB	30	1.0
Estandar ley media	STDM	27	0.9
Estandar ley alta	STDA	10	0.3
Blanco fino	BLK2	25	0.8
Total		200	6.5

En los tablas 8 y 9, se define la terminología utilizada en las figuras de control para su entendimiento en el proceso de la evaluación de calidad.

Tabla 8.

Estándares Certificados y Método Analítico de laboratorio por Elemento.

Código Estándar	Elemento	Método Analítico
STD Ley Baja	Cu%	Absorción Atómica (AA)
	Mo%	Espectrometría de masas con plasma acoplado Inductivamente (ICP)
STD Ley Media	Cu%	Absorción Atómica (AA)
	Mo%	Espectrometría de masas con plasma acoplado Inductivamente (ICP)
STD Ley Alta	Cu%	Absorción Atómica (AA)
	Mo%	Espectrometría de masas con plasma acoplado Inductivamente (ICP)

Tabla 9.

Resumen de terminología de límites utilizada en las figuras.

	Descripción	Cálculo
LDP	Límite de detección práctico	10 veces el límite de detección inferior
LDI	Límite de detección inferior	%Cu: 0,001 y %Mo: 0.0002
LDS	Límite de detección superior	%Cu: 10 y %Mo: 1
LCS	Límite de detección superior	Media certificada + 2(Desviación estándar)
LCI	Límite de detección inferior	Media certificada - 2(Desviación estándar)
LAS	Límite de actuación superior	Media certificada + 3(Desviación estándar)
LAI	Límite de actuación inferior	Media certificada - 3(Desviación estándar)
RMA Trend	Tendencia de método de reducción al eje mayor	m=(Desviación estándar originales/Desviación estándar duplicados)

5.1.7 Precisión

Para el control de precisión se ha extraído muestras gemelas. La población considerada para el presente informe consta de 108 pares de muestras (Ver Anexo 05 y Anexo 06).

➤ Información

- ✓ Tipo de Muestras insertadas: Muestras Gemelas
- ✓ Muestras de Control enviadas: 108 pares de muestras para Cobre y Molibdeno.
- ✓ Sesgo: Los valores aceptables de error relativo según Simón A. (2003) son los siguientes:

Muestras gemelas: ER ≤ 30%

En la elaboración de las figuras se han incluido los valores de los 108 pares de muestra sin eliminar valores erráticos.

En la figura 44, para el caso del Cu se obtuvo los siguientes resultados:

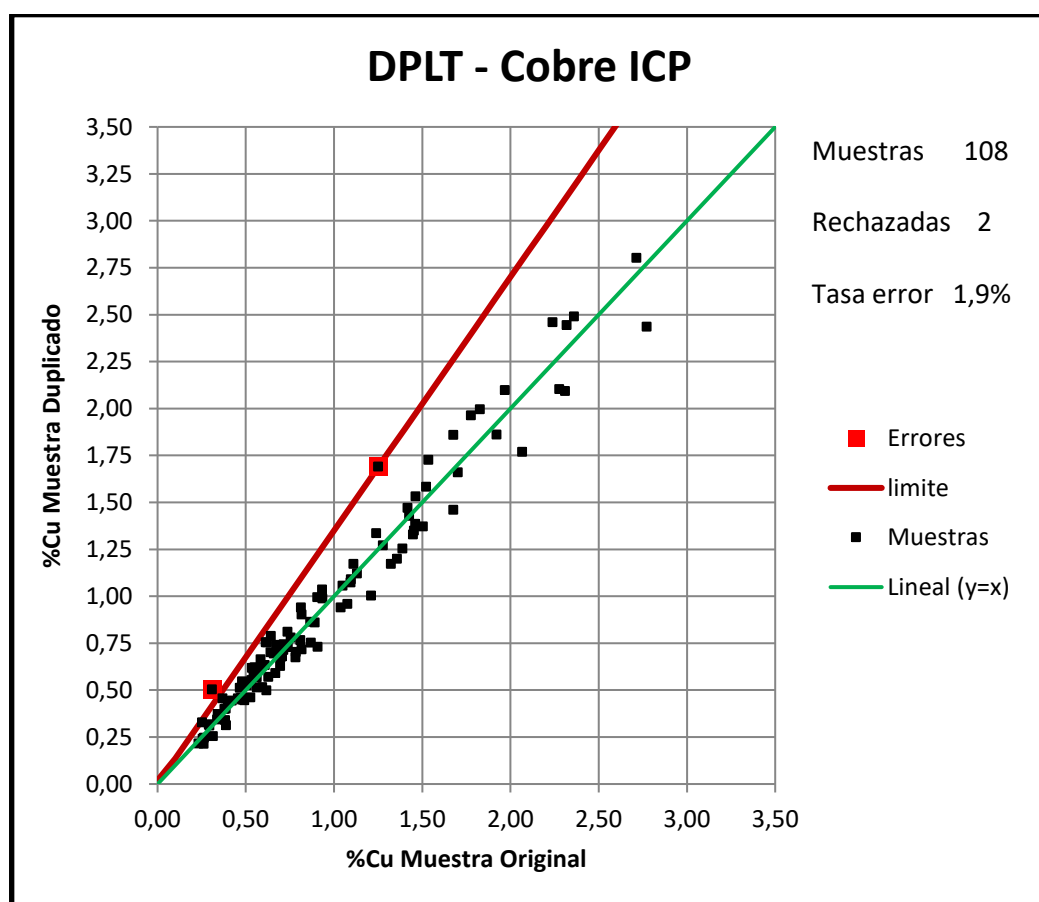


Figura 44. Control de Precisión con Muestras Gemelas – Cobre.

Tasa de error: 1,9 %. Dos (02) pares de muestras fueron rechazadas por obtener un error relativo mayor al 30 % (Ver Anexo 05).

Sesgo: Aceptable.

En la figura 45, para el caso del Molibdeno se obtuvo los siguientes resultados:

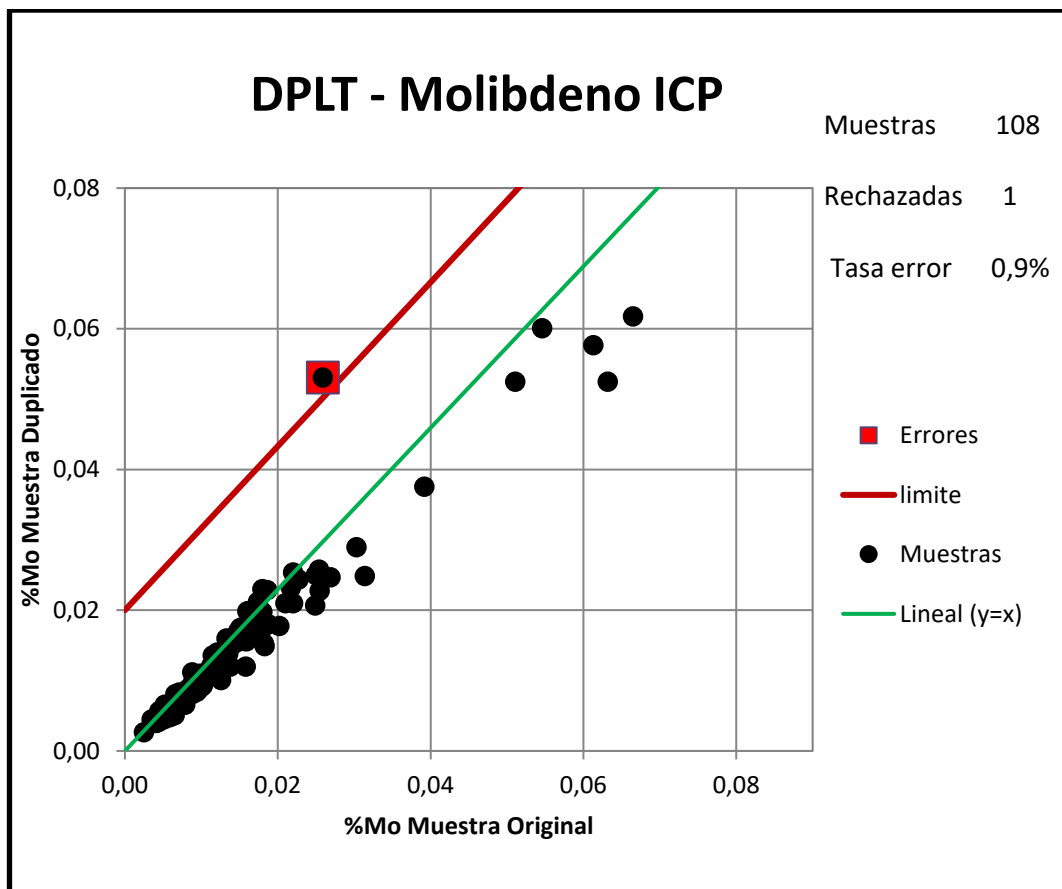


Figura 45. Control de Precisión con Duplicados Finos– Molibdeno.

Tasa de error: 0,9 %. Un (01) par de muestras fueron rechazadas por obtener un error relativo mayor al 30 % (Ver Anexo 06).

Sesgo: Aceptable

5.1.8 Exactitud

La exactitud se controla con la inserción anónima de muestras estándares con valores conocidos y certificados.

➤ **Información**

- ✓ Tipo de Muestras: Estándares Bajo, Medio y Alto.
- ✓ (Preparación mecánica de las muestras+ Absorción Atómica Cobre y Molibdeno).
- ✓ Muestras de Control enviadas: 67 muestras. En los lotes enviados se han insertado:
 - Estándares Bajos: 30 muestras (Ver Anexo 07).
 - Estándares Medios: 27 muestras (Ver Anexos 08 y 09).
 - Estándares Altos: 10 muestras (Ver Anexos 10 y 11).

➤ **Ley baja (STDB)**

***** Para el caso del estándar bajo el elemento molibdeno, no se analiza porque el valor esperado está por debajo del límite de detección del molibdeno en el laboratorio designado.***

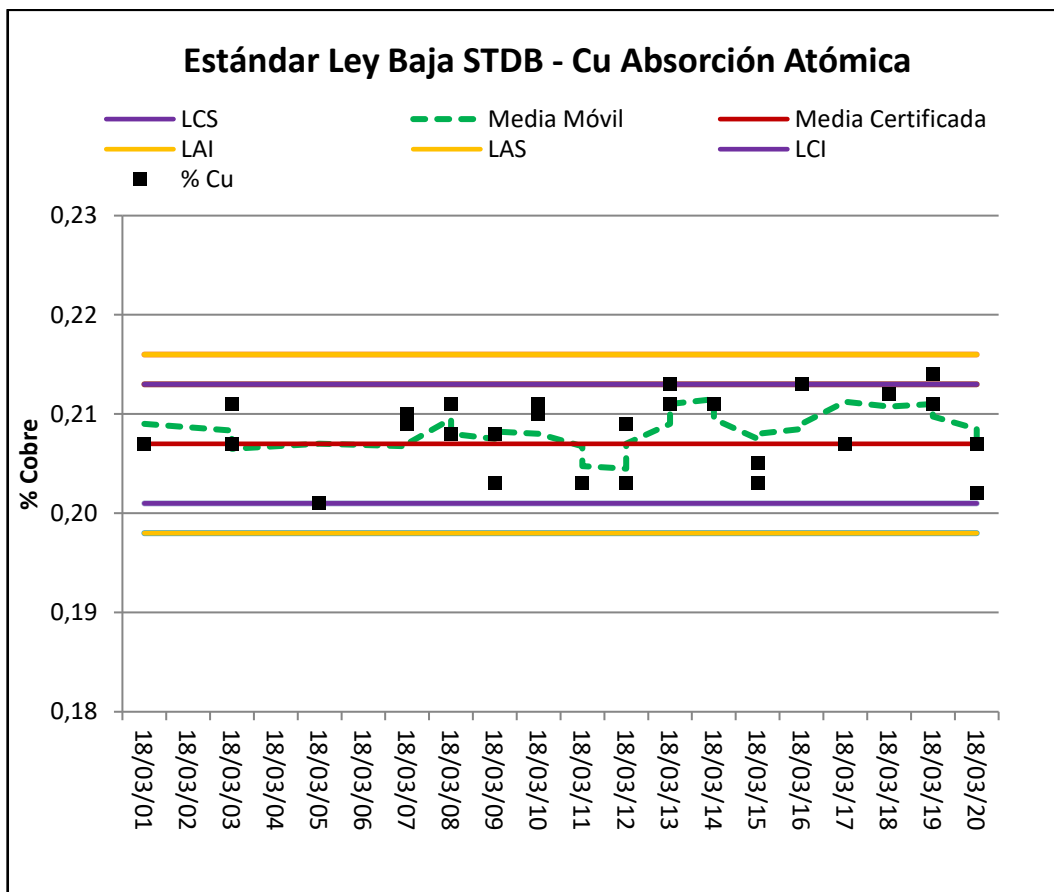


Figura 46. Control de Exactitud con Estándares de Ley Baja STDB – Cobre.

En la figura 46, para el elemento cobre se observa que la mayoría de los valores se encuentran dentro de los límites de control y aceptación para este estándar.

El Sesgo es de 0,6 % por lo tanto es *Acceptable* (Ver Anexo 07).

➤ Ley intermedia (STDM)

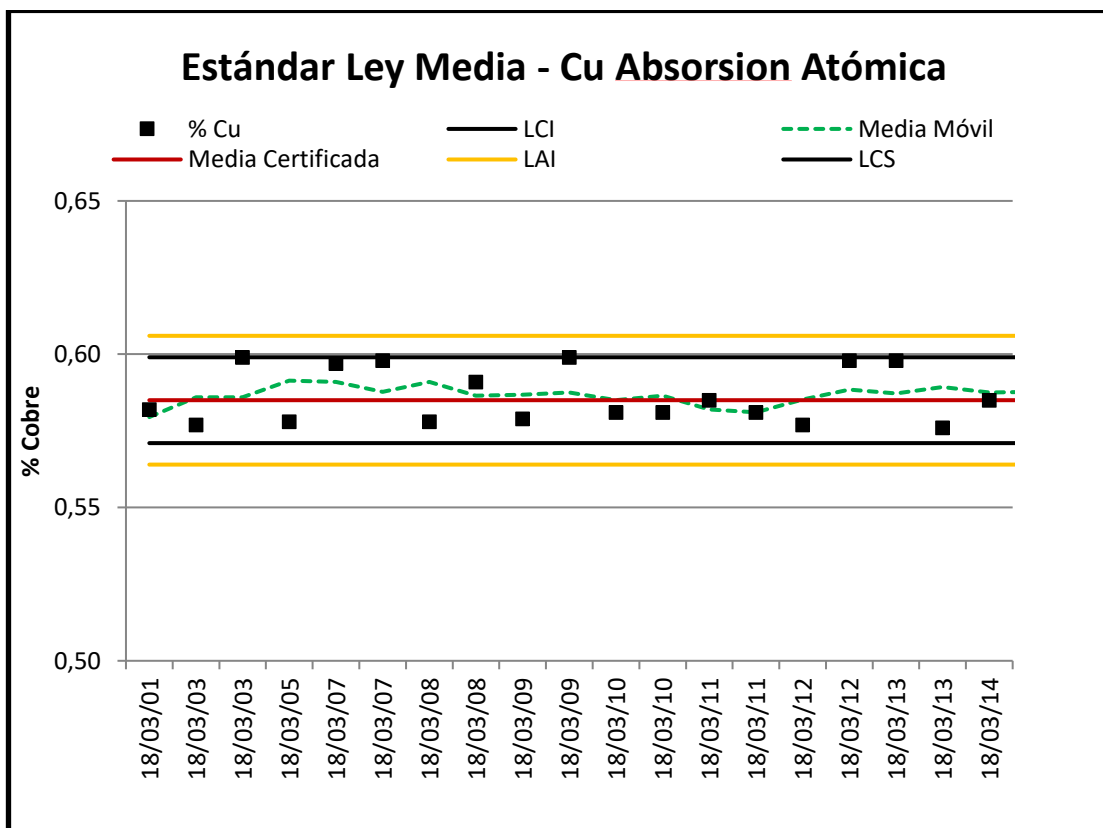


Figura 47. Control de Exactitud con Estándares de Ley Media STDM – Cobre.

La figura 47, se observa que los valores reportados para el analito Cobre se encuentran dentro de los límites aceptados.

El sesgo calculado es de 0,4 %, lo cual representa un sesgo *Acceptable* (Ver Anexo 08).

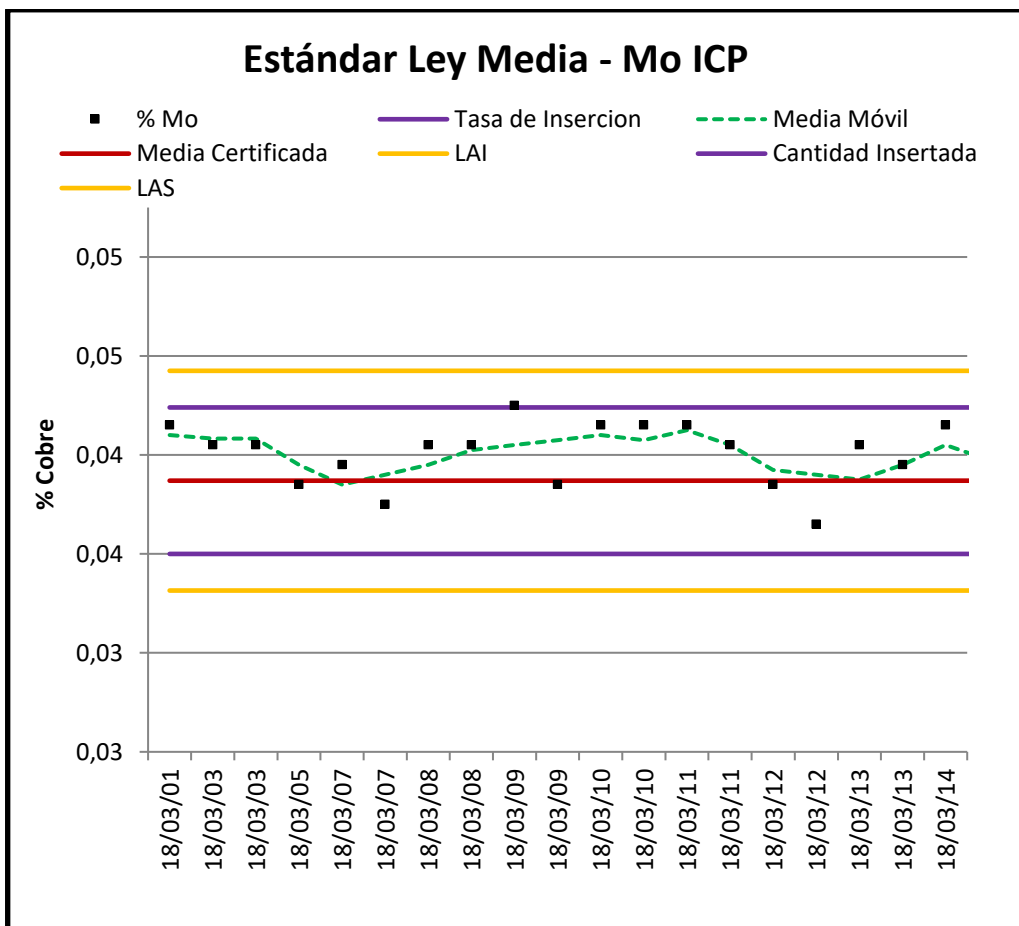


Figura 48. Control de Exactitud con Estándares de Ley Media STDM– Molibdeno.

En la figura 48, los valores reportados para el analito Molibdeno se encuentran dentro de los límites de aceptación.

El sesgo calculado es 2,8 %, lo cual representa un sesgo *Acceptable* (Ver Anexo 09).

➤ **Alta Ley**

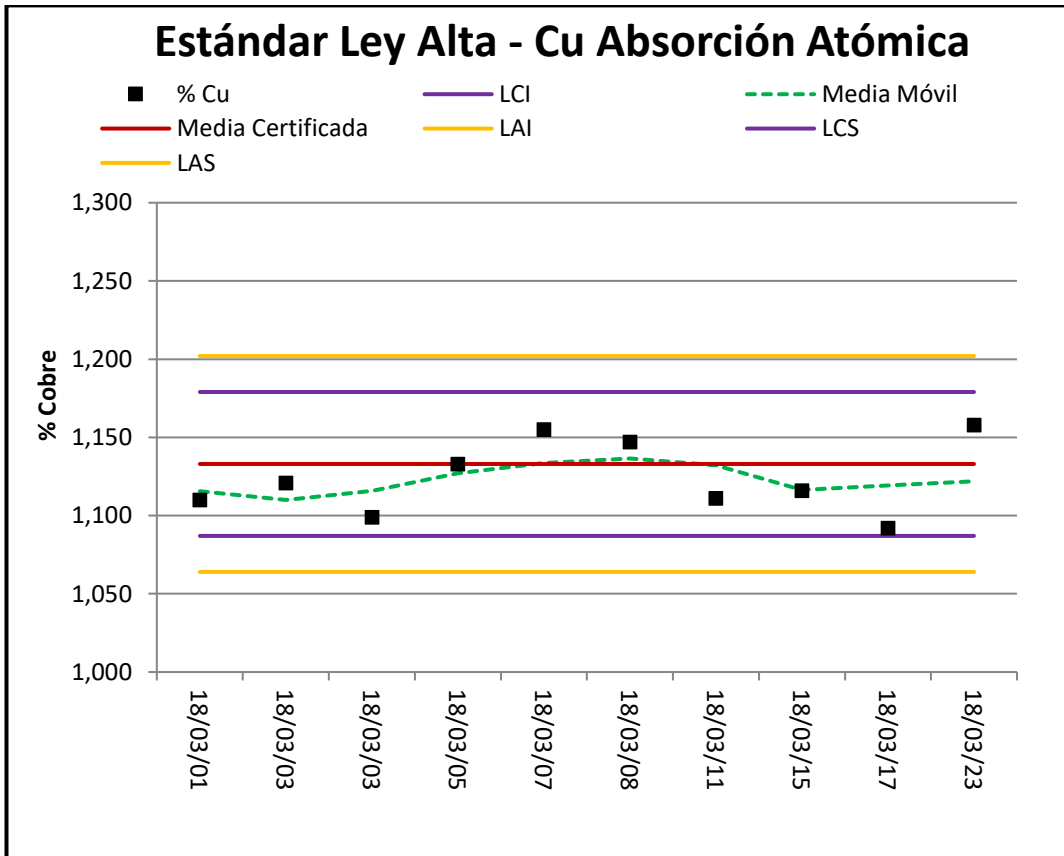


Figura 49. Control de Exactitud con Estándares de Ley Alta STDA– Cobre.

En la figura 49, se observa que los valores del elemento cobre se encuentran dentro de los límites de aceptación.

El sesgo calculado es -0,8 %, lo cual representa un sesgo *Acceptable* (Ver Anexo 10).

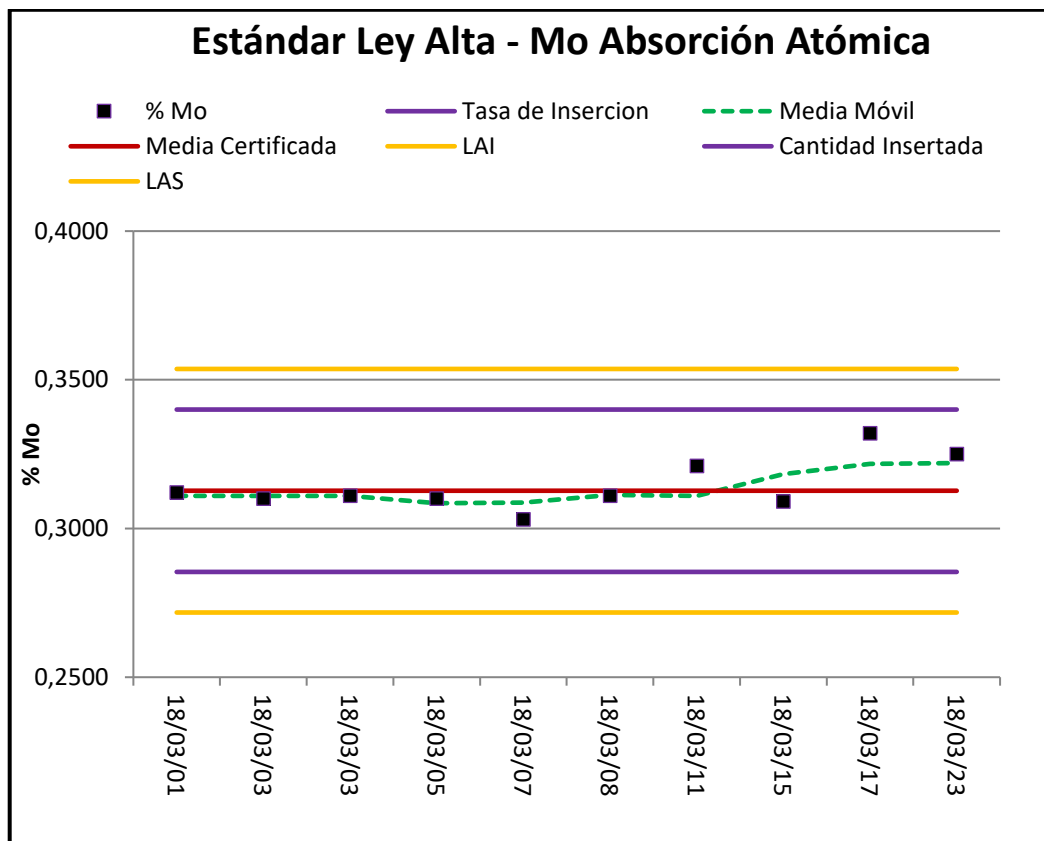


Figura 50. Control de Exactitud con Estándares de Ley Alta – Molibdeno.

En la figura 50, se observan los valores del elemento Molibdeno reportados dentro de los límites de aceptación.

El sesgo calculado es 0,5 %, lo cual representa un sesgo *Acceptable* (Ver Anexo 11).

5.1.9 Contaminación

Con el objetivo de identificar posibles procesos de contaminación por arrastre u otro que puedan generarse en la fase analítica, se han insertado blancos finos (BLK).

➤ Información

- ✓ Tipo de Muestra de Control: Blanco fino
- ✓ Cantidad de Muestras de control insertadas: 25 muestras (Ver Anexo 12)
- ✓ (Preparación mecánica de las muestras+ Absorción Atómica Cobre y Molibdeno)

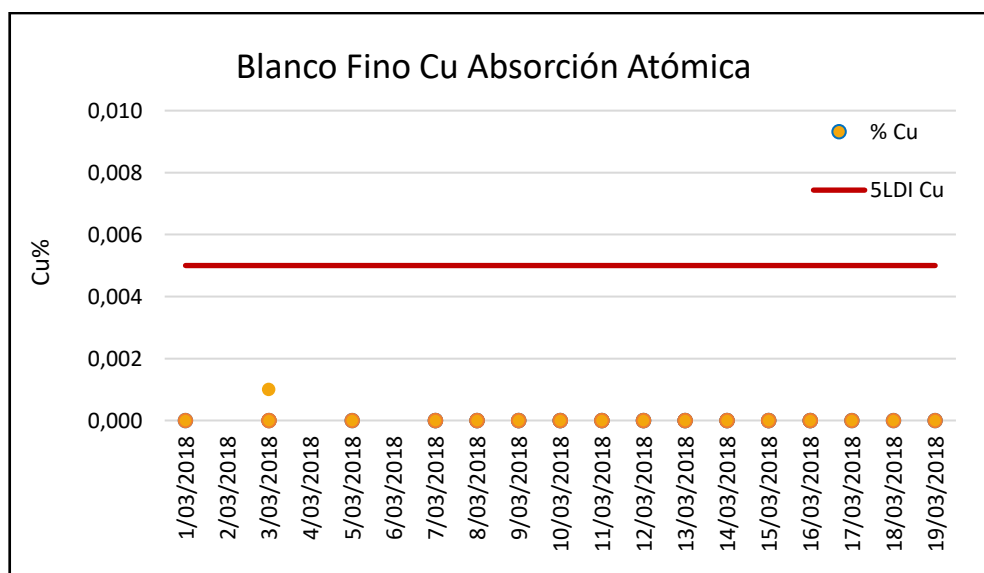


Figura 51. Contaminación en Análisis de las Muestras Blancos Finos – BLK2 (Método Análisis Cobre Total Absorción Atómica).

En la figura 51 se observa que los valores reportados para el cobre, se encuentran por debajo del límite establecido para identificar eventos de contaminación (línea roja). La línea roja representa 5 veces el límite de detección inferior del analito Cu como límite de aceptación para identificar si existe contaminación. Los resultados son **Aceptables** (Ver Anexo 12).

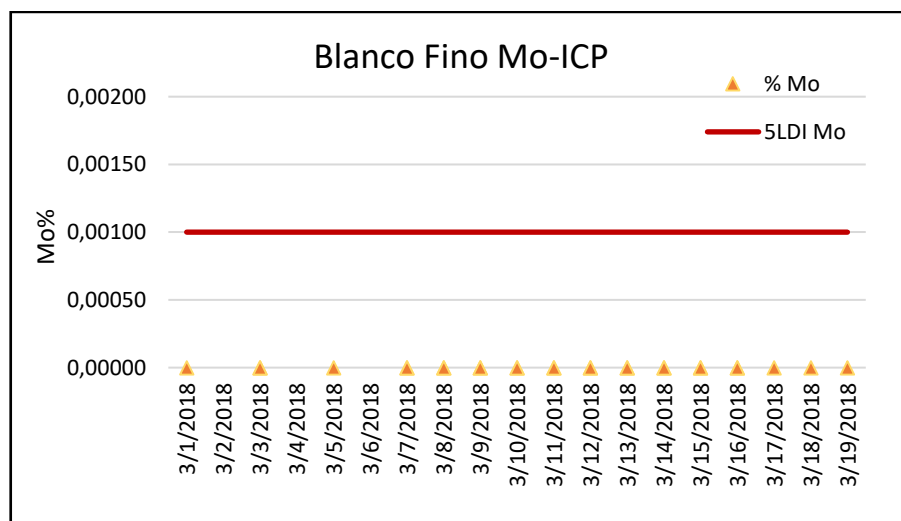


Figura 52. Contaminación en Análisis de las Muestras Blancos Finos – BLK2 (Método Análisis Molibdeno Absorción Atómica).

En la figura 52 se observa que los valores reportados para el Molibdeno se encuentran por debajo del límite establecido para identificar eventos de contaminación (línea roja). La línea roja representa 5 veces el límite de detección inferior de los analitos de Molibdeno como límite de aceptación para identificar si existe contaminación. Los resultados son **Aceptables** (Ver Anexo 12).

DISCUSIÓN

Con la implementación de un Programa de Aseguramiento y Control de Calidad para el Muestreo de Detritos se ha minimizado errores y mejorado la confiabilidad y calidad de los resultados, aunque aún se siguen encontrando algunos errores significativos que pueden influir de forma exigua en los resultados y la calidad del muestreo de detritos en un futuro.

Debemos tener en cuenta, que existiendo el error fundamental en los procesos de muestreo, no se dejará de tener error, pero eso no evita el hecho de trabajar constantemente para la reducción de errores que se puedan controlar rápidamente. El Aseguramiento y Control de Calidad, son un trabajo de mejora continua, es por ello que se debe reconocer y analizar las fallas, actualizar frecuentemente los procedimientos y los controles en las labores realizadas, basados en nuevas fuentes de error detectadas en las actividades diarias.

CONCLUSIONES

- ✓ Se logró implementar un Programa de Aseguramiento y Control de Calidad para el Muestreo de Detritos en una mina tipo Pórfido de Cobre y Molibdeno, por medio de programas de control y protocolos de trabajo establecidos, registrándose un buen desempeño en las labores de muestreo de detritos y asegurando la confiabilidad de los datos resultantes para su uso en el control de mineral.
- ✓ La creación y aplicación de protocolos y técnicas de muestreo ha aumentado la confiabilidad en el correcto desarrollo del muestreo de detritos, ya que los trabajadores siguen los procedimientos disminuyendo así, errores humanos en la extracción de muestra.
- ✓ Esta investigación sirve como un aporte de guía inicial y básica, para la implementación de un Programa de Aseguramiento y Control de Calidad para el muestreo de detritos, para personas o entidades que estén interesadas en la aplicación de este sistema en los trabajos que desarrollen.
- ✓ La supervisión y dirección constante del Geólogo Senior, evitará errores presentados en campo con la absolución de dudas del personal y la creación de métodos de mejoramiento en los trabajos desarrollados.
- ✓ Con la aplicación del QA/QC, no solo en el muestreo de detritos, si no en cada una de las etapas del proceso geológico, se detectarán errores que

pueden ser mejorados. De esta forma, garantizamos una buena obtención de datos, la cual permitirá una estimación de recursos de corto y largo plazo

✓ Por medio de una serie de comparaciones de campo y analíticas, se observó que:

- El dispositivo de la Pala de Muestreo reporta una tasa de error de 6%, resultando menor que la tasa de error que mostro el tubo y que fue del 4% para el elemento de Cobre.
- El dispositivo del Tubo de Muestreo reporta una tasa de error de 3%, resultando menor que la tasa de error que mostro la pala y que fue del 8% para el elemento de Molibdeno.

Por lo tanto, se estableció, que la técnica de muestreo del tubo, es mucho mejor en comparación con la pala, ya que este promete un mejor porcentaje de heterogeneidad en la extracción de material, brinda más facilidad en su manejo y versatilidad en el momento del muestreo y proporciona mayor ergonomía en el momento de la recolección.

✓ El muestreo es una de las actividades más importantes para un Geólogo, quien en base a los resultados de los análisis de las muestras, puede evaluar si un yacimiento es económicamente explotable o no. Por lo tanto, si la recolección de muestras no tiene un procedimiento adecuado de trabajo, no

podrá asegurar obtener resultados confiables para la toma de decisión en inversiones o decisiones en el control de mineral diario.

- ✓ Con la implementación del sistema de código de barra en control de calidad se redujo la obtención de errores groseros ocasionados en el proceso, como incorrecto etiquetado, deterioro de etiqueta, error al ingreso de los datos, error al etiquetar los sobres de pulpas, error al ingreso de los resultados analíticos.
- ✓ Con la aplicación de la correcta cadena de custodia, se aseguró la integridad de las muestras, desde su muestreo hasta su análisis, ya que la mayor fuente de errores muchas veces se da en la etapa de muestreo primario donde están involucrados el muestreo, transporte y almacenamiento de las muestras.
- ✓ La inserción de muestras de control es de suma importancia ya que nos ayuda a detectar errores y sesgos que perjudican la integridad de la muestra, tanto en el muestreo en campo, como el en proceso analítico de las muestras.
- ✓ En cuanto a la Precisión del muestreo se ha realizado el control con 108 pares de muestras gemelas; el análisis de los resultados de las muestras gemelas de control externo reportan los siguientes sesgos:
 - Elemento Cobre: Sesgo 1,9 %. Aceptable.
 - Elemento Molibdeno: Sesgo 0,9 %. Aceptable.

- ✓ El resultado del monitoreo de la exactitud reportó los siguientes sesgos:
Cobre, Molibdeno es aceptable en los tres tipos de estándares (bajo, medio y alto). Es decir, se encuentra por debajo del 5 %.
- ✓ Los datos monitoreados para los elementos Cobre y Molibdeno, se encuentran dentro de los límites de aceptación. No hay evidencias de contaminación en el proceso analítico.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que la empresa a cargo, documente todos los hallazgos y las acciones correctivas de los errores o fallas encontradas en los procesos; de modo tal que sea fácil el manejo de la información en caso que este error vuelva a ocurrir.
- ✓ Actualizar permanentemente los protocolos de muestreo, replanteo e inserción de muestras de control, identificando probables nuevos errores y señalando el procedimiento correcto para evitarlos.
- ✓ Mantener la supervisión constante, del Geólogo Senior, en los trabajos realizados para tener un control del buen desarrollo del muestreo.
- ✓ Retroalimentar y capacitar constantemente al personal encargado del muestreo de detritos, sobre la importancia del buen desarrollo de la toma de muestras en campo.
- ✓ Cada empresa minera debe contar con un área de control de calidad, que esté involucrado en cada uno de los procesos geológicos y realizar un seguimiento diario, a cada una de estas actividades de tal manera poder detectar cualquier anomalía y coordinar su levantamiento respectivo.
- ✓ El Aseguramiento y Control de la calidad, se debe aplicar como una estrategia de cualquier empresa, para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad, e involucre la orientación de la organización.

- ✓ Es importante difundir los protocolos y procedimientos implementados al todo el personal involucrado en el muestreo de detritos, para que puedan aplicar el correcto proceso de toma de muestras en campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, J. (2016). *Características Metalogénicas de los Yacimientos Asociados a los Arcos Magmáticos Mesozoicos y Cenozoicos del Sur del Perú (Latitudes 16°-18°30')*. INGEMMET. Perú

Alfaro, M. (2002). *Introducción al Muestreo Minero*. Santiago. Chile

Barrick Misquichilca. (2003). *EIA Proyecto Alto Chicama Minera Barrick Misquichilca S.A.* Chicama: Golder Associates.

Bellido, E. (1979). *Geología del cuadrángulo de Moquegua*. INGEMMET Boletín Serie A Carta Geológica Nacional No. 15. Perú.

Bembow, M. (s.f.). *Muestreo de pozos de Tronadura*. Chile

Ccama, L. (2017). *Aplicación Del Qa/Qc en el Proceso Geológico, para validar la Estimación de Recursos y Reservas, de la Unidad Operativa Chungar*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín.

Chacón, R. (2014). *Slide Player*. Obtenido de Slide Player Web Site: <https://slideplayer.es/slide/1727284/>

- Cossío, D. (2016). *Caracterización Geoquímica del Elemento Zinc en la Mina Toquepala y sus Implicancias en el Tratamiento Metalúrgico*. UNMSM. Perú.
- Damiani O. (1979). *Interpretación estructural del depósito de Toquepala: Segunda parte*. Samamé Boggio, Mario, *El Perú Minero*. Lima: Ingemmet, tomo 4, vol. 1, pp. 173-182.
- Dirección General de Capacitación e Innovación Tecnológica. (s.f.). *Calidad*. México: Guanajuato. Obtenido de Guanajuato Web Site.
- Geosim Services E.I.R.L. (2017). *Procedimientos de trabajo para el muestreo de detritos y replanteo de polígonos*. PETS. Perú
- Empresa Deltalab. (s.f.). *Equipos de Preparación de Muestras y Laboratorio*. Chile.
- Educarex. (2006). *Rocas Sedimentarias*. Obtenido de Educarex Web Site: <http://contenidos.educarex.es/sama/2006/minerales/ud2/sedimentarias.htm>
- Escobar, E., Saenz, J., Salvador, Y., & Cahuana, R. (2017). *Scribd - Yacimientos Porfidos*. Obtenido de Scribd Web Site: <https://es.scribd.com/document/193178707/TOQUEPALA>
- Flores, A. (2016). *Informe de Control de Calidad. Southern Perú-Toquepala*.
- Illanes, R., & Machaca, S. (2012). *Muestreo de depósitos Minerales*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

ISO. (1993). *ISO 8402:1994: Quality management and quality assurance - Vocabulary*. Obtenido de ISO:

International Organization for Standardization:
<https://www.iso.org/standard/20115.html>

Jiménez, J. (2009). ¿Quién se acuerda hoy de Bre-X, el mayor fraude cometido en la historia del oro? *Finanzas*.

Junta de Andalucía. (s.f.). *Calidad y Mejora Continua*. Servicio Andaluz de Empleo.

León, L., Torrenegra, W. (2010). *Pórfidos Cupríferos*. Fundación Universitaria del área Andina. Colombia.

Linares, F. (2018). *Academia*. Obtenido de Academia Web Site:
http://www.academia.edu/24447402/QAQC_-_Introducci%C3%B3n

López, J. (2008). *Atención higiénica en instituciones sociosanitarias*. España: Publicaciones Vértice.

Martínez, W.; Marchena, A. Otero, J; Cervantes, J. & León, W. (2017). *Geología y controles Tectonomagmáticos de los Sistemas Porfíricos en el Arco Magmático Occidental Sur de Perú*. Producción de Cobre y Molibdeno en Perú. Página 13. INGEMMET. Perú.

Mattos, R. y Valle, J. (1999). *Exploración, Geología y Desarrollo del Yacimiento Toquepala*. Peru.

Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Impacto del sector minero en las*

exportaciones, los ingresos y la producción del Perú. Boletín estadístico minero. Edición: 31 de enero 2018.

Moreno, Y. (2016). *Mindmeister*. Obtenido de Mindmeister Web Site:
<https://www.mindmeister.com/es/793141418/cadena-de-custodia>

Mueller, M. (2009). Bre-X Minerals Ltd., el mayor escándalo en la historia de la minería de oro. *Oro y Finanzas*. Obtenido de
<https://www.oroymas.com/2009/12/bre-x-minerals-ltd-el-mayor-escandalo-en-la-historia-de-la-mineria-de-oro/>

Redard, G. (s.f.). *Muestreo de Detritos de Tronadura*. Copper Cobre. Chile.

Sánchez, E., & Sánchez, J. (2015). *Implementación de un Sistema de Control de Calidad QA/QC aplicado a la investigación de muestras geológicas, para acrecentar el grado de confiabilidad de las conclusiones del laboratorio, en la organización anglo-americana- quellaveco- 2015*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

Simón, A. (2013). *Taller de Aseguramiento y Control de la Calidad*. Chile: AMEC.

Stevenson, F. (1979). *Interpretación estructural del depósito de Toquepala. Primera parte*. Samamé Boggio, Mario, El Perú Minero. . Lima: Ingemmet, tomo 4, vol. 1, pp. 168-173.

UGR. (s.f.). *Técnicas auxiliares de laboratorio*. UGR.

Vinagre, J. (2010). *Calidad de Métodos analíticos*. FAO.

ANEXOS

Anexo 1

Datos de muestras Gemelas extraídas con Pala - Cu%

CuSec_pct	Límite b	Límite m	Factor m
DPLT - Gemelas	10	30%	1,35
LPD	0.002		
Tasa de Error	6.0%		
Rechazadas	6		

DATOS MUESTRAS GEMELAS CON PALA - Cu%

DDH ID	Muestra Original		Muestra Duplicado		CuSec_pct		Error Relativo	y=Raiz(m2x2+b2)	Min	Max
	Código	CuSec_pct	Código	CuSec_pct	Max	Min				
1	2018GG001-P1	1.039	2018GG001-P2	0.941	1.039	0.941	10%			1.271
2	2018GG002-P1	0.490	2018GG002-P2	0.589	0.490	0.589	6%			1.607
3	2018GG003-P1	0.784	2018GG003-P2	0.703	0.784	0.703	11%			0.949
4	2018GG004-P1	0.713	2018GG004-P2	0.715	0.715	0.713	0%			0.963
5	2018GG005-P1	0.907	2018GG005-P2	0.732	0.907	0.732	21%			0.988
6	2018GG006-P1	1.969	2018GG006-P2	2.009	1.969	2.009	13%			2.658
7	2018GG007-P1	0.386	2018GG007-P2	0.401	0.401	0.386	4%			0.522
8	2018GG008-P1	1.358	2018GG008-P2	1.199	1.358	1.199	12%			1.619
9	2018GG009-P1	1.277	2018GG009-P2	1.271	1.277	1.271	0%			1.717
10	2018GG010-P1	1.776	2018GG010-P2	1.964	1.964	1.776	10%			2.297
11	2018GG011-P1	0.614	2018GG011-P2	0.754	0.754	0.614	20%			0.829
12	2018GG012-P1	0.706	2018GG012-P2	0.681	0.706	0.681	4%			0.919
13	2018GG013-P1	2.714	2018GG013-P2	2.803	2.803	2.714	3%			3.664
14	2018GG014-P1	1.131	2018GG014-P2	1.121	1.131	1.121	1%			1.513
15	2018GG015-P1	0.643	2018GG015-P2	0.790	0.790	0.643	20%			0.868
16	2018GG016-P1	0.628	2018GG016-P2	0.470	0.628	0.470	29%			0.635
17	2018GG017-P1	0.584	2018GG017-P2	0.665	0.665	0.584	13%			0.789
18	2018GG018-P1	0.581	2018GG018-P2	0.615	0.615	0.581	6%			0.784
19	2018GG019-P1	0.699	2018GG019-P2	0.709	0.709	0.699	1%			0.944
20	2018GG020-P1	0.545	2018GG020-P2	0.595	0.595	0.545	6%			0.736
21	2018GG021-P1	0.339	2018GG021-P2	0.345	0.345	0.339	2%			0.458
22	2018GG022-P1	0.608	2018GG022-P2	0.633	0.633	0.608	4%			0.821
23	2018GG023-P1	0.551	2018GG023-P2	0.622	0.622	0.551	12%			0.744
24	2018GG024-P1	0.341	2018GG024-P2	0.374	0.374	0.341	9%			0.461
25	2018GG025-P1	0.594	2018GG025-P2	0.516	0.594	0.516	14%			0.697
26	2018GG026-P1	0.474	2018GG026-P2	0.460	0.474	0.460	3%			0.621
27	2018GG027-P1	0.507	2018GG027-P2	0.527	0.527	0.507	4%			0.684
28	2018GG028-P1	0.562	2018GG028-P2	0.618	0.618	0.562	9%			0.759
29	2018GG029-P1	0.421	2018GG029-P2	0.445	0.445	0.421	6%			0.568
30	2018GG030-P1	0.738	2018GG030-P2	0.812	0.812	0.738	10%			0.996
31	2018GG031-P1	0.535	2018GG031-P2	0.619	0.619	0.535	14%			0.723
32	2018GG032-P1	1.417	2018GG032-P2	1.472	1.472	1.417	4%			1.912
33	2018GG033-P1	0.474	2018GG033-P2	1.095	1.095	0.474	79%		0.474	1.095
34	2018GG034-P1	0.381	2018GG034-P2	0.755	0.755	0.381	66%		0.381	0.755
35	2018GG035-P1	0.870	2018GG035-P2	0.753	0.870	0.753	14%			1.017
36	2018GG036-P1	0.668	2018GG036-P2	0.591	0.668	0.591	12%			0.798
37	2018GG037-P1	0.479	2018GG037-P2	0.546	0.546	0.479	13%			0.647
38	2018GG038-P1	0.617	2018GG038-P2	0.500	0.617	0.500	21%			0.675
39	2018GG039-P1	0.527	2018GG039-P2	0.462	0.527	0.462	13%			0.624
40	2018GG040-P1	0.739	2018GG040-P2	0.737	0.739	0.737	0%			0.996
41	2018GG041-P1	0.389	2018GG041-P2	0.313	0.389	0.313	22%			0.423
42	2018GG042-P1	0.916	2018GG042-P2	0.989	0.989	0.916	6%			1.263
43	2018GG043-P1	0.308	2018GG043-P2	0.504	0.504	0.308	48%		0.308	0.504
44	2018GG044-P1	0.215	2018GG044-P2	0.562	0.562	0.215	89%		0.215	0.562
45	2018GG045-P1	0.715	2018GG045-P2	0.744	0.744	0.715	4%			0.965
46	2018GG046-P1	0.252	2018GG046-P2	0.328	0.328	0.252	26%			0.341
47	2018GG047-P1	0.817	2018GG047-P2	0.718	0.817	0.718	13%			0.969
48	2018GG048-P1	0.620	2018GG048-P2	0.755	0.755	0.620	20%			0.838
49	2018GG049-P1	0.814	2018GG049-P2	0.940	0.940	0.814	14%			1.099
50	2018GG050-P1	0.492	2018GG050-P2	0.447	0.492	0.447	10%			0.603
51	2018GG051-P1	1.251	2018GG051-P2	1.392	1.392	1.251	11%			1.689
52	2018GG052-P1	0.673	2018GG052-P2	0.741	0.741	0.673	10%			0.909
53	2018GG053-P1	0.455	2018GG053-P2	0.457	0.457	0.455	0%			0.615
54	2018GG054-P1	0.290	2018GG054-P2	0.319	0.319	0.290	9%			0.392
55	2018GG055-P1	0.532	2018GG055-P2	0.555	0.555	0.532	4%			0.718
56	2018GG056-P1	0.264	2018GG056-P2	0.247	0.264	0.247	7%			0.334
57	2018GG057-P1	0.809	2018GG057-P2	0.767	0.809	0.767	5%			1.036
58	2018GG058-P1	0.295	2018GG058-P2	0.312	0.312	0.295	6%			0.398
59	2018GG059-P1	0.933	2018GG059-P2	1.036	1.036	0.933	10%			1.260
60	2018GG060-P1	0.399	2018GG060-P2	0.439	0.439	0.399	9%			0.540
61	2018GG061-P1	0.370	2018GG061-P2	0.437	0.437	0.370	21%			0.499
62	2018GG062-P1	0.696	2018GG062-P2	0.675	0.696	0.675	3%			0.911
63	2018GG063-P1	0.314	2018GG063-P2	0.255	0.314	0.255	20%			0.345
64	2018GG064-P1	2.311	2018GG064-P2	2.094	2.311	2.094	10%			2.827
65	2018GG065-P1	2.318	2018GG065-P2	2.444	2.444	2.318	5%			3.129
66	2018GG066-P1	2.278	2018GG066-P2	3.103	3.103	2.278	31%		2.278	3.103
67	2018GG067-P1	1.427	2018GG067-P2	1.428	1.428	1.427	0%			1.927
68	2018GG068-P1	1.389	2018GG068-P2	1.254	1.389	1.254	10%			1.693
69	2018GG069-P1	2.066	2018GG069-P2	1.770	2.066	1.770	15%			2.389
70	2018GG070-P1	1.827	2018GG070-P2	1.997	1.997	1.827	9%			2.467
71	2018GG071-P1	1.453	2018GG071-P2	1.350	1.453	1.350	7%			1.823
72	2018GG072-P1	1.535	2018GG072-P2	1.726	1.726	1.535	12%			2.072
73	2018GG073-P1	1.323	2018GG073-P2	1.172	1.323	1.172	12%			1.582
74	2018GG074-P1	2.361	2018GG074-P2	2.491	2.491	2.361	5%			3.187
75	2018GG075-P1	1.676	2018GG075-P2	1.461	1.676	1.461	14%			1.973
76	2018GG076-P1	1.523	2018GG076-P2	1.584	1.584	1.523	4%			2.056
77	2018GG077-P1	0.467	2018GG077-P2	0.512	0.512	0.467	9%			0.631
78	2018GG078-P1	1.049	2018GG078-P2	1.057	1.057	1.049	1%			1.416
79	2018GG079-P1	0.783	2018GG079-P2	0.675	0.783	0.675	15%			0.911
80	2018GG080-P1	0.658	2018GG080-P2	0.695	0.695	0.658	5%			0.889
81	2018GG081-P1	1.210	2018GG081-P2	1.004	1.210	1.004	19%			1.356
82	2018GG082-P1	0.660	2018GG082-P2	1.203	1.203	0.660	58%		0.660	1.203
83	2018GG083-P1	1.461	2018GG083-P2	1.086	1.461	1.086	29%			1.656
84	2018GG084-P1	0.257	2018GG084-P2	0.242	0.257	0.242	6%			0.327
85	2018GG085-P1	0.234	2018GG085-P2	0.216	0.234	0.216	8%			0.292
86	2018GG086-P1	1.447	2018GG086-P2	1.329	1.447	1.329	9%			1.794
87	2018GG087-P1	0.732	2018GG087-P2	0.729	0.732	0.729	0%			0.984
88	2018GG088-P1	1.076	2018GG088-P2	0.960	1.076	0.960	11%			1.296
89	2018GG089-P1	0.384	2018GG089-P2	0.341	0.384	0.341	12%			0.460
90	2018GG090-P1	0.817	2018GG090-P2	0.903	0.903	0.817	10%			1.103
91	2018GG091-P1	0.906	2018GG091-P2	0.995	0.995	0.906	9%			1.224
92	2018GG092-P1	1.239	2018GG092-P2	1.336	1.336	1.239	8%			1.673
93	2018GG093-P1	1.504	2018GG093-P2	1.373	1.504	1.373	9%			1.853
94	2018GG094-P1	2.239	2018GG094-P2	2.461	2.461	2.239	9%			3.023
95	2018GG095-P1	0.890	2018GG095-P2	0.861	0.890	0.861	3%			1.162
96	2018GG096-P1	0.380	2018GG096-P2	0.400	0.400	0.380	5%			0.513
97	2018GG097-P1	0.641	2018GG097-P2	0.701	0.701	0.641	9%			0.865
98	2018GG098-P1	0.709	2018GG098-P2	0.727	0.727	0.709	3%			0.957
99	2018GG099-P1	1.462	2018GG099-P2	1.532	1.532	1.462	5%			1.974
100	2018GG100-P1	0.262	2018GG100-P2	0.215	0.262	0.215	20%			0.291

Anexo 2

Datos de muestras Gemelas extraídas con Tubo - Cu%

CuSec_pct				Límite b		Límite m		Factor m	
DPLT - Gemelas				10		30%		1.35	
LPD				0.002					
Tasa de Error				4%					
Rechazadas				4					

DATOS MUESTRAS GEMELAS CON TUBO - Cu%										
DDH ID	Muestra Original		Muestra Duplicado		CuSec_pct		Error Relativo	y=Raiz(m2x2+b2)	Min	Max
	Código	CuSec_pct	Código	CuSec_pct	Max	Min				
1	2018GG001-L1	1.100	2018GG001-L2	1.090	1.100	1.090	1%	1.472		
2	2018GG002-L1	0.521	2018GG002-L2	0.564	0.564	0.521	8%	0.704		
3	2018GG003-L1	0.569	2018GG003-L2	0.703	0.703	0.569	21%	0.768		
4	2018GG004-L1	0.918	2018GG004-L2	0.869	0.918	0.869	5%	1.173		
5	2018GG005-L1	0.916	2018GG005-L2	0.928	0.928	0.916	1%	1.237		
6	2018GG006-L1	2.086	2018GG006-L2	1.860	2.086	1.860	11%	2.511		
7	2018GG007-L1	0.365	2018GG007-L2	0.437	0.437	0.365	18%	0.493		
8	2018GG008-L1	1.304	2018GG008-L2	1.173	1.304	1.173	11%	1.584		
9	2018GG009-L1	1.451	2018GG009-L2	1.862	1.862	1.451	25%	1.959		
10	2018GG010-L1	1.934	2018GG010-L2	1.964	1.964	1.934	2%	2.611		
11	2018GG011-L1	0.497	2018GG011-L2	0.454	0.497	0.454	9%	0.614		
12	2018GG012-L1	0.618	2018GG012-L2	0.681	0.681	0.618	10%	0.835		
13	2018GG013-L1	3.025	2018GG013-L2	2.803	3.025	2.803	8%	3.784		
14	2018GG014-L1	1.121	2018GG014-L2	1.121	1.121	1.121	0%	1.513		
15	2018GG015-L1	0.531	2018GG015-L2	0.590	0.590	0.531	10%	0.717		
16	2018GG016-L1	0.331	2018GG016-L2	0.370	0.370	0.331	11%	0.447		
17	2018GG017-L1	0.567	2018GG017-L2	0.665	0.665	0.567	16%	0.766		
18	2018GG018-L1	0.465	2018GG018-L2	0.615	0.615	0.465	28%	0.628		
19	2018GG019-L1	0.636	2018GG019-L2	0.709	0.709	0.636	11%	0.859		
20	2018GG020-L1	0.468	2018GG020-L2	0.595	0.595	0.468	24%	0.632		
21	2018GG021-L1	0.853	2018GG021-L2	0.745	0.853	0.745	14%	1.006		
22	2018GG022-L1	1.383	2018GG022-L2	1.633	1.633	1.383	17%	1.867		
23	2018GG023-L1	0.569	2018GG023-L2	0.622	0.622	0.569	9%	0.768		
24	2018GG024-L1	0.398	2018GG024-L2	0.374	0.398	0.374	6%	0.505		
25	2018GG025-L1	0.522	2018GG025-L2	0.516	0.522	0.516	1%	0.697		
26	2018GG026-L1	0.453	2018GG026-L2	0.460	0.460	0.453	1%	0.612		
27	2018GG027-L1	0.497	2018GG027-L2	0.527	0.527	0.497	6%	0.671		
28	2018GG028-L1	0.626	2018GG028-L2	0.618	0.626	0.618	1%	0.834		
29	2018GG029-L1	0.461	2018GG029-L2	0.445	0.461	0.445	3%	0.601		
30	2018GG030-L1	0.738	2018GG030-L2	0.812	0.812	0.738	10%	0.997		
31	2018GG031-L1	0.569	2018GG031-L2	0.619	0.619	0.569	8%	0.768		
32	2018GG032-L1	1.286	2018GG032-L2	1.472	1.472	1.286	13%	1.736		
33	2018GG033-L1	1.676	2018GG033-L2	1.374	1.676	1.374	20%	1.855		
34	2018GG034-L1	0.417	2018GG034-L2	0.381	0.417	0.381	9%	0.515		
35	2018GG035-L1	0.595	2018GG035-L2	0.753	0.753	0.595	23%	0.803		
36	2018GG036-L1	0.557	2018GG036-L2	0.591	0.591	0.557	6%	0.752		
37	2018GG037-L1	0.344	2018GG037-L2	0.546	0.546	0.344	45%	0.465	0.344	0.546
38	2018GG038-L1	0.522	2018GG038-L2	0.500	0.522	0.500	4%	0.675		
39	2018GG039-L1	0.492	2018GG039-L2	0.462	0.492	0.462	6%	0.624		
40	2018GG040-L1	0.612	2018GG040-L2	0.737	0.737	0.612	19%	0.826		
41	2018GG041-L1	0.297	2018GG041-L2	0.313	0.313	0.297	5%	0.401		
42	2018GG042-L1	0.778	2018GG042-L2	0.989	0.989	0.778	24%	1.050		
43	2018GG043-L1	0.450	2018GG043-L2	0.504	0.504	0.450	11%	0.608		
44	2018GG044-L1	0.515	2018GG044-L2	0.730	0.730	0.515	35%	0.595	0.515	0.730
45	2018GG045-L1	0.805	2018GG045-L2	0.744	0.805	0.744	8%	1.005		
46	2018GG046-L1	0.172	2018GG046-L2	0.328	0.328	0.172	62%	0.233	0.172	0.328
47	2018GG047-L1	0.753	2018GG047-L2	0.718	0.753	0.718	5%	0.969		
48	2018GG048-L1	0.739	2018GG048-L2	0.755	0.739	0.739	8%	0.998		
49	2018GG049-L1	0.789	2018GG049-L2	0.840	0.840	0.789	18%	1.064		
50	2018GG050-L1	0.421	2018GG050-L2	0.447	0.447	0.421	6%	0.569		
51	2018GG051-L1	1.633	2018GG051-L2	1.692	1.692	1.633	4%	2.205		
52	2018GG052-L1	0.869	2018GG052-L2	0.741	0.869	0.741	16%	1.001		
53	2018GG053-L1	0.356	2018GG053-L2	0.457	0.457	0.356	25%	0.481		
54	2018GG054-L1	0.196	2018GG054-L2	0.319	0.319	0.196	48%	0.265	0.196	0.319
55	2018GG055-L1	0.426	2018GG055-L2	0.555	0.555	0.426	26%	0.575		
56	2018GG056-L1	0.331	2018GG056-L2	0.247	0.331	0.247	29%	0.334		
57	2018GG057-L1	0.684	2018GG057-L2	0.767	0.767	0.684	11%	0.924		
58	2018GG058-L1	0.269	2018GG058-L2	0.312	0.312	0.269	1%	0.364		
59	2018GG059-L1	0.836	2018GG059-L2	1.036	1.036	0.836	21%	1.129		
60	2018GG060-L1	0.397	2018GG060-L2	0.439	0.439	0.397	10%	0.536		
61	2018GG061-L1	0.321	2018GG061-L2	0.357	0.357	0.321	11%	0.434		
62	2018GG062-L1	0.627	2018GG062-L2	0.675	0.675	0.627	7%	0.847		
63	2018GG063-L1	0.342	2018GG063-L2	0.285	0.342	0.285	29%	0.345		
64	2018GG064-L1	2.291	2018GG064-L2	2.094	2.291	2.094	9%	2.827		
65	2018GG065-L1	1.775	2018GG065-L2	1.444	1.775	1.444	21%	1.950		
66	2018GG066-L1	2.542	2018GG066-L2	2.103	2.542	2.103	19%	2.839		
67	2018GG067-L1	0.945	2018GG067-L2	1.028	1.028	0.945	8%	1.276		
68	2018GG068-L1	1.354	2018GG068-L2	1.254	1.354	1.254	8%	1.693		
69	2018GG069-L1	1.671	2018GG069-L2	1.770	1.770	1.671	6%	2.256		
70	2018GG070-L1	1.917	2018GG070-L2	1.997	1.997	1.917	4%	2.588		
71	2018GG071-L1	1.271	2018GG071-L2	1.350	1.350	1.271	6%	1.716		
72	2018GG072-L1	1.436	2018GG072-L2	1.726	1.726	1.436	18%	1.939		
73	2018GG073-L1	1.215	2018GG073-L2	1.172	1.215	1.172	4%	1.582		
74	2018GG074-L1	2.311	2018GG074-L2	2.491	2.491	2.311	8%	3.120		
75	2018GG075-L1	1.528	2018GG075-L2	1.461	1.528	1.461	4%	1.973		
76	2018GG076-L1	1.138	2018GG076-L2	1.284	1.284	1.138	12%	1.536		
77	2018GG077-L1	0.514	2018GG077-L2	0.512	0.514	0.512	0%	0.692		
78	2018GG078-L1	0.948	2018GG078-L2	1.057	1.057	0.948	11%	1.280		
79	2018GG079-L1	0.758	2018GG079-L2	0.675	0.758	0.675	12%	0.911		
80	2018GG080-L1	0.662	2018GG080-L2	0.695	0.695	0.662	5%	0.894		
81	2018GG081-L1	1.158	2018GG081-L2	1.004	1.158	1.004	14%	1.366		
82	2018GG082-L1	0.518	2018GG082-L2	0.660	0.660	0.518	24%	0.700		
83	2018GG083-L1	1.197	2018GG083-L2	1.386	1.386	1.197	15%	1.616		
84	2018GG084-L1	0.290	2018GG084-L2	0.242	0.290	0.242	18%	0.327		
85	2018GG085-L1	0.586	2018GG085-L2	0.516	0.586	0.516	13%	0.697		
86	2018GG086-L1	1.307	2018GG086-L2	1.329	1.329	1.307	2%	1.765		
87	2018GG087-L1	0.753	2018GG087-L2	0.729	0.753	0.729	3%	0.984		
88	2018GG088-L1	0.792	2018GG088-L2	0.960	0.960	0.792	19%	1.069		
89	2018GG089-L1	0.328	2018GG089-L2	0.341	0.341	0.328	4%	0.443		
90	2018GG090-L1	0.924	2018GG090-L2	0.903	0.924	0.903	2%	1.229		
91	2018GG091-L1	1.123	2018GG091-L2	0.995	1.123	0.995	12%	1.343		
92	2018GG092-L1	1.310	2018GG092-L2	1.336	1.336	1.310	2%	1.769		
93	2018GG093-L1	1.344	2018GG093-L2	1.373	1.373	1.344	2%	1.815		
94	2018GG094-L1	2.137	2018GG094-L2	2.461	2.461	2.137	14%	2.885		
95	2018GG095-L1	0.906	2018GG095-L2	0.861	0.906	0.861	5%	1.162		
96	2018GG096-L1	0.356	2018GG096-L2	0.400	0.400	0.356	12%	0.481		
97	2018GG097-L1	0.737	2018GG097-L2	0.701	0.737	0.701	5%	0.947		
98	2018GG098-L1	0.728	2018GG098-L2	0.727	0.728	0.727	0%	0.981		
99	2018GG099-L1	1.762	2018GG099-L2	1.532	1.762	1.532	14%	2.068		
100	2018GG100-L1	0.197	2018GG100-L2	0.215	0.215	0.197	9%	0.267		

Anexo 3

Datos de muestras Gemelas extraídas con Pala - Mo%

Mo_pct	Límite h	Límite m	Factor m
DPLT - Gemelas	10	30%	1,35

DDH ID	Muestra Original	Muestra Duplicado	Mo_pct	Max	Min	Error Relativo	y=Raiz(m2x2-h2)	Min	Max
1	2018GG001-P1	2018GG001-P2	0.013	0.012	0.013	0.012	5%		0.026
2	2018GG002-P1	2018GG002-P2	0.007	0.007	0.007	0.007	1%		0.022
3	2018GG003-P1	2018GG003-P2	0.021	0.024	0.024	0.021	13%		0.035
4	2018GG004-P1	2018GG004-P2	0.025	0.021	0.025	0.021	18%		0.034
5	2018GG005-P1	2018GG005-P2	0.013	0.013	0.013	0.013	5%		0.026
6	2018GG006-P1	2018GG006-P2	0.023	0.024	0.024	0.023	7%		0.037
7	2018GG007-P1	2018GG007-P2	0.016	0.020	0.020	0.016	22%		0.029
8	2018GG008-P1	2018GG008-P2	0.019	0.023	0.023	0.019	21%		0.032
9	2018GG009-P1	2018GG009-P2	0.013	0.010	0.013	0.010	22%		0.024
10	2018GG010-P1	2018GG010-P2	0.007	0.007	0.007	0.007	3%		0.022
11	2018GG011-P1	2018GG011-P2	0.014	0.014	0.014	0.014	14%		0.026
12	2018GG012-P1	2018GG012-P2	0.013	0.012	0.013	0.012	7%		0.026
13	2018GG013-P1	2018GG013-P2	0.009	0.009	0.009	0.009	0%		0.023
14	2018GG014-P1	2018GG014-P2	0.027	0.025	0.027	0.025	9%		0.039
15	2018GG015-P1	2018GG015-P2	0.015	0.016	0.016	0.015	5%		0.028
16	2018GG016-P1	2018GG016-P2	0.030	0.019	0.030	0.019	13%		0.031
17	2018GG017-P1	2018GG017-P2	0.008	0.007	0.008	0.007	18%		0.022
18	2018GG018-P1	2018GG018-P2	0.007	0.008	0.008	0.007	20%		0.022
19	2018GG019-P1	2018GG019-P2	0.010	0.011	0.011	0.010	10%		0.024
20	2018GG020-P1	2018GG020-P2	0.011	0.012	0.012	0.011	7%		0.025
21	2018GG021-P1	2018GG021-P2	0.005	0.005	0.005	0.005	0%		0.021
22	2018GG022-P1	2018GG022-P2	0.003	0.003	0.003	0.003	8%		0.020
23	2018GG023-P1	2018GG023-P2	0.006	0.006	0.006	0.006	14%		0.021
24	2018GG024-P1	2018GG024-P2	0.004	0.005	0.005	0.004	7%		0.021
25	2018GG025-P1	2018GG025-P2	0.022	0.023	0.023	0.022	7%		0.035
26	2018GG026-P1	2018GG026-P2	0.039	0.038	0.039	0.038	4%		0.055
27	2018GG027-P1	2018GG027-P2	0.008	0.009	0.009	0.008	7%		0.023
28	2018GG028-P1	2018GG028-P2	0.009	0.007	0.009	0.007	29%		0.022
29	2018GG029-P1	2018GG029-P2	0.051	0.053	0.053	0.051	3%		0.072
30	2018GG030-P1	2018GG030-P2	0.055	0.060	0.060	0.055	10%		0.076
31	2018GG031-P1	2018GG031-P2	0.004	0.004	0.004	0.004	0%		0.021
32	2018GG032-P1	2018GG032-P2	0.010	0.009	0.010	0.009	10%		0.023
33	2018GG033-P1	2018GG033-P2	0.035	0.055	0.055	0.035	45%	0.035	0.055
34	2018GG034-P1	2018GG034-P2	0.011	0.012	0.012	0.011	11%		0.025
35	2018GG035-P1	2018GG035-P2	0.013	0.016	0.016	0.013	15%		0.027
36	2018GG036-P1	2018GG036-P2	0.007	0.008	0.008	0.007	16%		0.022
37	2018GG037-P1	2018GG037-P2	0.005	0.006	0.006	0.005	7%		0.021
38	2018GG038-P1	2018GG038-P2	0.013	0.016	0.016	0.013	18%		0.027
39	2018GG039-P1	2018GG039-P2	0.063	0.053	0.063	0.053	18%		0.074
40	2018GG040-P1	2018GG040-P2	0.004	0.005	0.005	0.004	11%		0.021
41	2018GG041-P1	2018GG041-P2	0.006	0.006	0.006	0.006	13%		0.021
42	2018GG042-P1	2018GG042-P2	0.011	0.026	0.026	0.011	79%	0.011	0.026
43	2018GG043-P1	2018GG043-P2	0.004	0.005	0.005	0.004	25%		0.021
44	2018GG044-P1	2018GG044-P2	0.005	0.004	0.005	0.004	17%		0.021
45	2018GG045-P1	2018GG045-P2	0.005	0.005	0.005	0.005	8%		0.021
46	2018GG046-P1	2018GG046-P2	0.004	0.004	0.004	0.004	2%		0.021
47	2018GG047-P1	2018GG047-P2	0.004	0.004	0.004	0.004	5%		0.021
48	2018GG048-P1	2018GG048-P2	0.004	0.004	0.004	0.004	2%		0.021
49	2018GG049-P1	2018GG049-P2	0.006	0.006	0.006	0.006	5%		0.021
50	2018GG050-P1	2018GG050-P2	0.005	0.005	0.005	0.005	4%		0.021
51	2018GG051-P1	2018GG051-P2	0.005	0.006	0.006	0.005	9%		0.021
52	2018GG052-P1	2018GG052-P2	0.006	0.006	0.006	0.006	10%		0.021
53	2018GG053-P1	2018GG053-P2	0.006	0.006	0.006	0.006	11%		0.021
54	2018GG054-P1	2018GG054-P2	0.004	0.005	0.005	0.004	9%		0.021
55	2018GG055-P1	2018GG055-P2	0.006	0.006	0.006	0.006	10%		0.021
56	2018GG056-P1	2018GG056-P2	0.005	0.005	0.005	0.005	2%		0.021
57	2018GG057-P1	2018GG057-P2	0.005	0.005	0.005	0.005	2%		0.021
58	2018GG058-P1	2018GG058-P2	0.008	0.007	0.008	0.007	7%		0.021
59	2018GG059-P1	2018GG059-P2	0.005	0.005	0.005	0.005	2%		0.021
60	2018GG060-P1	2018GG060-P2	0.004	0.004	0.004	0.004	5%		0.021
61	2018GG061-P1	2018GG061-P2	0.005	0.006	0.006	0.005	24%		0.021
62	2018GG062-P1	2018GG062-P2	0.007	0.005	0.007	0.005	24%		0.021
63	2018GG063-P1	2018GG063-P2	0.005	0.005	0.005	0.005	4%		0.021
64	2018GG064-P1	2018GG064-P2	0.007	0.007	0.007	0.007	0%		0.022
65	2018GG065-P1	2018GG065-P2	0.008	0.007	0.008	0.007	4%		0.022
66	2018GG066-P1	2018GG066-P2	0.010	0.011	0.011	0.010	11%		0.024
67	2018GG067-P1	2018GG067-P2	0.007	0.007	0.007	0.007	1%		0.022
68	2018GG068-P1	2018GG068-P2	0.009	0.008	0.009	0.008	11%		0.023
69	2018GG069-P1	2018GG069-P2	0.009	0.011	0.011	0.009	24%		0.023
70	2018GG070-P1	2018GG070-P2	0.007	0.007	0.007	0.007	8%		0.022
71	2018GG071-P1	2018GG071-P2	0.010	0.026	0.026	0.010	88%	0.010	0.026
72	2018GG072-P1	2018GG072-P2	0.006	0.006	0.006	0.006	14%		0.021
73	2018GG073-P1	2018GG073-P2	0.006	0.007	0.007	0.006	11%		0.021
74	2018GG074-P1	2018GG074-P2	0.031	0.025	0.031	0.025	23%		0.039
75	2018GG075-P1	2018GG075-P2	0.018	0.015	0.018	0.015	17%		0.029
76	2018GG076-P1	2018GG076-P2	0.016	0.017	0.017	0.016	6%		0.030
77	2018GG077-P1	2018GG077-P2	0.009	0.010	0.010	0.009	10%		0.023
78	2018GG078-P1	2018GG078-P2	0.014	0.031	0.031	0.014	78%	0.014	0.031
79	2018GG079-P1	2018GG079-P2	0.009	0.008	0.009	0.008	8%		0.023
80	2018GG080-P1	2018GG080-P2	0.018	0.020	0.020	0.018	9%		0.031
81	2018GG081-P1	2018GG081-P2	0.016	0.012	0.016	0.012	27%		0.026
82	2018GG082-P1	2018GG082-P2	0.010	0.029	0.029	0.010	98%	0.010	0.029
83	2018GG083-P1	2018GG083-P2	0.005	0.022	0.022	0.005	121%	0.005	0.022
84	2018GG084-P1	2018GG084-P2	0.010	0.010	0.010	0.010	1%		0.024
85	2018GG085-P1	2018GG085-P2	0.017	0.019	0.019	0.017	10%		0.031
86	2018GG086-P1	2018GG086-P2	0.026	0.023	0.026	0.023	11%		0.037
87	2018GG087-P1	2018GG087-P2	0.067	0.062	0.067	0.062	7%		0.086
88	2018GG088-P1	2018GG088-P2	0.061	0.058	0.061	0.058	6%		0.080
89	2018GG089-P1	2018GG089-P2	0.013	0.029	0.029	0.013	75%	0.013	0.029
90	2018GG090-P1	2018GG090-P2	0.018	0.020	0.020	0.018	10%		0.031
91	2018GG091-P1	2018GG091-P2	0.025	0.046	0.046	0.025	57%	0.025	0.046
92	2018GG092-P1	2018GG092-P2	0.015	0.018	0.018	0.015	15%		0.029
93	2018GG093-P1	2018GG093-P2	0.012	0.014	0.014	0.012	15%		0.026
94	2018GG094-P1	2018GG094-P2	0.018	0.016	0.018	0.016	8%		0.030
95	2018GG095-P1	2018GG095-P2	0.030	0.029	0.030	0.029	4%		0.044
96	2018GG096-P1	2018GG096-P2	0.017	0.017	0.017	0.017	14%		0.028
97	2018GG097-P1	2018GG097-P2	0.014	0.015	0.015	0.014	7%		0.028
98	2018GG098-P1	2018GG098-P2	0.017	0.021	0.021	0.017	20%		0.031
99	2018GG099-P1	2018GG099-P2	0.012	0.014	0.014	0.012	17%		0.025
100	2018GG100-P1	2018GG100-P2	0.018	0.015	0.018	0.015	20%		0.028

Anexo 4

Datos de muestras Gemelas extraídas con Tubo - Mo%

Mo_pct	Límite h	Límite m	Factor m
DPLT - Gemelas	10	30%	1.35

LPD	0.002
Tasa de Error	3%
Rechazadas	3

DATOS MUESTRAS GEMELAS CON TUBO - Mo%										
DDH ID	Muestra Original		Muestra Duplicado		Mo_pct		Error Relativo	y=Raiz(m2x2+h2)	Min	Max
	Código	Mo_pct	Código	Mo_pct	Max	Min				
1	2018GG001-L1	0.018	2018GG001-L2	0.015	0.018	0.015	18%	0.028		
2	2018GG002-L1	0.009	2018GG002-L2	0.009	0.009	0.009	3%	0.023		
3	2018GG003-L1	0.019	2018GG003-L2	0.021	0.021	0.019	10%	0.033		
4	2018GG004-L1	0.031	2018GG004-L2	0.031	0.031	0.031	0%	0.046		
5	2018GG005-L1	0.013	2018GG005-L2	0.011	0.013	0.011	17%	0.025		
6	2018GG006-L1	0.034	2018GG006-L2	0.036	0.036	0.034	6%	0.050		
7	2018GG007-L1	0.013	2018GG007-L2	0.012	0.013	0.012	5%	0.026		
8	2018GG008-L1	0.022	2018GG008-L2	0.025	0.025	0.022	12%	0.036		
9	2018GG009-L1	0.013	2018GG009-L2	0.015	0.015	0.013	13%	0.027		
10	2018GG010-L1	0.009	2018GG010-L2	0.008	0.009	0.008	14%	0.023		
11	2018GG011-L1	0.011	2018GG011-L2	0.012	0.012	0.011	9%	0.025		
12	2018GG012-L1	0.014	2018GG012-L2	0.012	0.014	0.012	12%	0.026		
13	2018GG013-L1	0.011	2018GG013-L2	0.009	0.011	0.009	21%	0.023		
14	2018GG014-L1	0.024	2018GG014-L2	0.025	0.025	0.024	3%	0.038		
15	2018GG015-L1	0.014	2018GG015-L2	0.016	0.016	0.014	10%	0.028		
16	2018GG016-L1	0.014	2018GG016-L2	0.018	0.018	0.014	24%	0.028		
17	2018GG017-L1	0.011	2018GG017-L2	0.013	0.013	0.011	14%	0.025		
18	2018GG018-L1	0.009	2018GG018-L2	0.008	0.009	0.008	11%	0.023		
19	2018GG019-L1	0.012	2018GG019-L2	0.011	0.012	0.011	12%	0.025		
20	2018GG020-L1	0.018	2018GG020-L2	0.018	0.018	0.018	1%	0.031		
21	2018GG021-L1	0.013	2018GG021-L2	0.015	0.015	0.013	12%	0.027		
22	2018GG022-L1	0.020	2018GG022-L2	0.034	0.034	0.020	53%	0.033	0.020	0.034
23	2018GG023-L1	0.006	2018GG023-L2	0.006	0.006	0.006	5%	0.022		
24	2018GG024-L1	0.007	2018GG024-L2	0.008	0.008	0.007	8%	0.022		
25	2018GG025-L1	0.013	2018GG025-L2	0.013	0.013	0.013	2%	0.027		
26	2018GG026-L1	0.039	2018GG026-L2	0.038	0.039	0.038	4%	0.055		
27	2018GG027-L1	0.010	2018GG027-L2	0.009	0.010	0.009	13%	0.023		
28	2018GG028-L1	0.008	2018GG028-L2	0.009	0.009	0.008	10%	0.023		
29	2018GG029-L1	0.049	2018GG029-L2	0.053	0.053	0.049	7%	0.069		
30	2018GG030-L1	0.067	2018GG030-L2	0.060	0.067	0.060	11%	0.084		
31	2018GG031-L1	0.007	2018GG031-L2	0.007	0.007	0.007	4%	0.022		
32	2018GG032-L1	0.012	2018GG032-L2	0.012	0.012	0.012	1%	0.026		
33	2018GG033-L1	0.012	2018GG033-L2	0.013	0.013	0.012	8%	0.026		
34	2018GG034-L1	0.006	2018GG034-L2	0.007	0.007	0.006	10%	0.022		
35	2018GG035-L1	0.017	2018GG035-L2	0.016	0.017	0.016	9%	0.029		
36	2018GG036-L1	0.018	2018GG036-L2	0.042	0.042	0.018	80%	0.031	0.018	0.042
37	2018GG037-L1	0.012	2018GG037-L2	0.016	0.016	0.012	27%	0.026		
38	2018GG038-L1	0.013	2018GG038-L2	0.016	0.016	0.013	21%	0.027		
39	2018GG039-L1	0.050	2018GG039-L2	0.053	0.053	0.050	5%	0.070		
40	2018GG040-L1	0.005	2018GG040-L2	0.005	0.005	0.005	8%	0.021		
41	2018GG041-L1	0.003	2018GG041-L2	0.004	0.004	0.003	24%	0.020		
42	2018GG042-L1	0.004	2018GG042-L2	0.005	0.005	0.004	12%	0.021		
43	2018GG043-L1	0.004	2018GG043-L2	0.005	0.005	0.004	12%	0.021		
44	2018GG044-L1	0.005	2018GG044-L2	0.005	0.005	0.005	6%	0.021		
45	2018GG045-L1	0.006	2018GG045-L2	0.005	0.006	0.005	22%	0.021		
46	2018GG046-L1	0.004	2018GG046-L2	0.004	0.004	0.004	0%	0.021		
47	2018GG047-L1	0.005	2018GG047-L2	0.004	0.005	0.004	17%	0.021		
48	2018GG048-L1	0.004	2018GG048-L2	0.004	0.004	0.004	10%	0.021		
49	2018GG049-L1	0.003	2018GG049-L2	0.004	0.003	0.003	15%	0.020		
50	2018GG0050-L1	0.005	2018GG0050-L2	0.005	0.005	0.005	2%	0.021		
51	2018GG0051-L1	0.004	2018GG0051-L2	0.005	0.005	0.004	14%	0.021		
52	2018GG0052-L1	0.006	2018GG0052-L2	0.006	0.006	0.006	7%	0.021		
53	2018GG0053-L1	0.005	2018GG0053-L2	0.005	0.005	0.005	4%	0.021		
54	2018GG0054-L1	0.004	2018GG0054-L2	0.005	0.005	0.004	14%	0.021		
55	2018GG0055-L1	0.006	2018GG0055-L2	0.006	0.006	0.006	3%	0.022		
56	2018GG0056-L1	0.003	2018GG0056-L2	0.004	0.004	0.003	18%	0.020		
57	2018GG0057-L1	0.002	2018GG0057-L2	0.002	0.002	0.002	5%	0.020		
58	2018GG0058-L1	0.003	2018GG0058-L2	0.003	0.003	0.003	14%	0.020		
59	2018GG0059-L1	0.005	2018GG0059-L2	0.005	0.005	0.005	8%	0.021		
60	2018GG0060-L1	0.005	2018GG0060-L2	0.004	0.005	0.004	20%	0.021		
61	2018GG0061-L1	0.005	2018GG0061-L2	0.006	0.006	0.005	13%	0.021		
62	2018GG0062-L1	0.007	2018GG0062-L2	0.005	0.007	0.005	31%	0.021		
63	2018GG0063-L1	0.005	2018GG0063-L2	0.005	0.005	0.005	2%	0.021		
64	2018GG0064-L1	0.012	2018GG0064-L2	0.011	0.012	0.011	9%	0.025		
65	2018GG0065-L1	0.009	2018GG0065-L2	0.007	0.009	0.007	21%	0.022		
66	2018GG0066-L1	0.017	2018GG0066-L2	0.014	0.017	0.014	19%	0.028		
67	2018GG0067-L1	0.006	2018GG0067-L2	0.007	0.007	0.006	20%	0.022		
68	2018GG0068-L1	0.008	2018GG0068-L2	0.008	0.008	0.008	5%	0.023		
69	2018GG0069-L1	0.010	2018GG0069-L2	0.011	0.011	0.010	11%	0.024		
70	2018GG0070-L1	0.006	2018GG0070-L2	0.007	0.007	0.006	13%	0.022		
71	2018GG0071-L1	0.008	2018GG0071-L2	0.009	0.009	0.008	15%	0.023		
72	2018GG0072-L1	0.006	2018GG0072-L2	0.006	0.006	0.006	5%	0.022		
73	2018GG0073-L1	0.008	2018GG0073-L2	0.007	0.008	0.007	21%	0.022		
74	2018GG0074-L1	0.030	2018GG0074-L2	0.025	0.030	0.025	19%	0.039		
75	2018GG0075-L1	0.018	2018GG0075-L2	0.015	0.018	0.015	16%	0.029		
76	2018GG0076-L1	0.023	2018GG0076-L2	0.024	0.024	0.023	5%	0.037		
77	2018GG0077-L1	0.014	2018GG0077-L2	0.013	0.014	0.013	9%	0.026		
78	2018GG0078-L1	0.018	2018GG0078-L2	0.015	0.018	0.015	18%	0.028		
79	2018GG0079-L1	0.011	2018GG0079-L2	0.010	0.011	0.010	10%	0.024		
80	2018GG0080-L1	0.018	2018GG0080-L2	0.020	0.020	0.018	9%	0.031		
81	2018GG0081-L1	0.015	2018GG0081-L2	0.012	0.015	0.012	22%	0.026		
82	2018GG0082-L1	0.019	2018GG0082-L2	0.033	0.033	0.019	54%	0.032		
83	2018GG0083-L1	0.016	2018GG0083-L2	0.020	0.020	0.016	20%	0.029		
84	2018GG0084-L1	0.013	2018GG0084-L2	0.011	0.013	0.011	17%	0.025		
85	2018GG0085-L1	0.021	2018GG0085-L2	0.019	0.021	0.019	10%	0.033		
86	2018GG0086-L1	0.026	2018GG0086-L2	0.023	0.026	0.023	13%	0.037		
87	2018GG0087-L1	0.058	2018GG0087-L2	0.062	0.062	0.058	6%	0.087		
88	2018GG0088-L1	0.051	2018GG0088-L2	0.058	0.058	0.051	12%	0.072		
89	2018GG0089-L1	0.007	2018GG0089-L2	0.007	0.007	0.007	7%	0.022		
90	2018GG0090-L1	0.020	2018GG0090-L2	0.020	0.020	0.020	1%	0.033		
91	2018GG0091-L1	0.024	2018GG0091-L2	0.026	0.026	0.024	7%	0.038		
92	2018GG0092-L1	0.023	2018GG0092-L2	0.028	0.028	0.023	18%	0.037		
93	2018GG0093-L1	0.016	2018GG0093-L2	0.014	0.016	0.014	13%	0.028		
94	2018GG0094-L1	0.020	2018GG0094-L2	0.016	0.020	0.016	20%	0.030		
95	2018GG0095-L1	0.030	2018GG0095-L2	0.029	0.030	0.029	3%	0.044		
96	2018GG0096-L1	0.017	2018GG0096-L2	0.017	0.017	0.017	0%	0.030		
97	2018GG0097-L1	0.017	2018GG0097-L2	0.015	0.017	0.015	13%	0.028		
98	2018GG0098-L1	0.030	2018GG0098-L2	0.031	0.031	0.030	4%	0.045		
99	2018GG0099-L1	0.017	2018GG0099-L2	0.014	0.017	0.014	22%	0.027		
100	2018GG0100-L1	0.015	2018GG0100-L2	0.015	0.015	0.015	1%	0.028		

Anexo 5

Datos Muestras Gemelas - Cu%

CuSec_pct	Limite b	Limite m	Factor m
DP.LT. Gemelas	10	30%	1.35
LPD	0.002		
Tasa de Error	1.5%		
Rechazadas	2		

DATOS DE MUESTRAS GEMELAS - Cu%											
DDH ID	Muestra Original		Muestra Duplicado		CuSec_pct		Error Relativo	y=Raiz(m2x2+b2)	Min	Max	
	Código	CuSec_pct	Código	CuSec_pct	Max	Min					
1	2018GG001-T1	1.096	2018GG001-T2	1.090	1.096	1.090	1%	1.472			
2	2018GG002-T1	0.865	2018GG002-T2	0.864	0.865	0.864	0%	1.167			
3	2018GG003-T1	0.784	2018GG003-T2	0.703	0.784	0.703	11%	0.948			
4	2018GG004-T1	0.563	2018GG004-T2	0.569	0.569	0.563	1%	0.760			
5	2018GG005-T1	0.695	2018GG005-T2	0.628	0.695	0.628	10%	0.848			
6	2018GG006-T1	1.677	2018GG006-T2	1.860	1.860	1.677	10%	2.265			
7	2018GG007-T1	2.772	2018GG007-T2	2.437	2.772	2.437	10%	3.289			
8	2018GG008-T1	1.111	2018GG008-T2	1.173	1.173	1.111	5%	1.500			
9	2018GG009-T1	1.921	2018GG009-T2	1.862	1.921	1.862	3%	2.514			
10	2018GG010-T1	1.776	2018GG010-T2	1.968	1.968	1.776	10%	2.397			
11	2018GG011-T1	0.614	2018GG011-T2	0.754	0.614	0.614	20%	0.829			
12	2018GG012-T1	0.706	2018GG012-T2	0.681	0.706	0.681	4%	0.919			
13	2018GG013-T1	2.714	2018GG013-T2	2.803	2.803	2.714	3%	3.664			
14	2018GG014-T1	1.131	2018GG014-T2	1.121	1.131	1.121	1%	1.513			
15	2018GG015-T1	0.643	2018GG015-T2	0.790	0.790	0.643	20%	0.868			
16	2018GG016-T1	0.628	2018GG016-T2	0.570	0.628	0.570	10%	0.770			
17	2018GG017-T1	0.584	2018GG017-T2	0.665	0.665	0.584	13%	0.789			
18	2018GG018-T1	0.581	2018GG018-T2	0.615	0.615	0.581	6%	0.798			
19	2018GG019-T1	0.699	2018GG019-T2	0.709	0.709	0.699	1%	0.944			
20	2018GG020-T1	0.545	2018GG020-T2	0.595	0.595	0.545	9%	0.736			
21	2018GG021-T1	0.339	2018GG021-T2	0.345	0.345	0.339	2%	0.458			
22	2018GG022-T1	0.608	2018GG022-T2	0.633	0.633	0.608	4%	0.821			
23	2018GG023-T1	0.551	2018GG023-T2	0.622	0.622	0.551	12%	0.744			
24	2018GG024-T1	0.341	2018GG024-T2	0.374	0.374	0.341	9%	0.461			
25	2018GG025-T1	0.584	2018GG025-T2	0.516	0.584	0.516	14%	0.667			
26	2018GG026-T1	0.474	2018GG026-T2	0.460	0.474	0.460	3%	0.621			
27	2018GG027-T1	0.507	2018GG027-T2	0.527	0.527	0.507	4%	0.684			
28	2018GG028-T1	0.562	2018GG028-T2	0.618	0.618	0.562	9%	0.759			
29	2018GG029-T1	0.421	2018GG029-T2	0.445	0.445	0.421	6%	0.562			
30	2018GG030-T1	0.738	2018GG030-T2	0.812	0.812	0.738	10%	0.996			
31	2018GG031-T1	0.535	2018GG031-T2	0.619	0.619	0.535	14%	0.723			
32	2018GG032-T1	1.417	2018GG032-T2	1.472	1.472	1.417	4%	1.913			
33	2018GG033-T1	1.095	2018GG033-T2	1.074	1.095	1.074	2%	1.450			
34	2018GG034-T1	0.755	2018GG034-T2	0.781	0.781	0.755	3%	1.019			
35	2018GG035-T1	0.870	2018GG035-T2	0.753	0.870	0.753	14%	1.017			
36	2018GG036-T1	0.668	2018GG036-T2	0.591	0.668	0.591	6%	0.798			
37	2018GG037-T1	0.479	2018GG037-T2	0.546	0.546	0.479	13%	0.647			
38	2018GG038-T1	0.617	2018GG038-T2	0.500	0.617	0.500	21%	0.675			
39	2018GG039-T1	0.527	2018GG039-T2	0.462	0.527	0.462	13%	0.664			
40	2018GG040-T1	0.739	2018GG040-T2	0.737	0.739	0.737	0%	0.968			
41	2018GG041-T1	0.389	2018GG041-T2	0.313	0.389	0.313	22%	0.423			
42	2018GG042-T1	0.936	2018GG042-T2	0.989	0.989	0.936	6%	1.263			
43	2018GG043-T1	0.308	2018GG043-T2	0.504	0.504	0.308	48%	0.416	0.308	0.504	
44	2018GG044-T1	0.562	2018GG044-T2	0.515	0.562	0.515	9%	0.695			
45	2018GG045-T1	0.715	2018GG045-T2	0.744	0.744	0.715	4%	0.965			
46	2018GG046-T1	0.252	2018GG046-T2	0.328	0.328	0.252	26%	0.341			
47	2018GG047-T1	0.817	2018GG047-T2	0.718	0.817	0.718	17%	1.082			
48	2018GG048-T1	0.620	2018GG048-T2	0.755	0.755	0.620	20%	0.838			
49	2018GG049-T1	0.814	2018GG049-T2	0.940	0.940	0.814	14%	1.099			
50	2018GG050-T1	0.402	2018GG050-T2	0.447	0.447	0.402	10%	0.547			
51	2018GG051-T1	1.251	2018GG051-T2	1.692	1.692	1.251	10%	1.689	1.251	1.692	
52	2018GG052-T1	0.673	2018GG052-T2	0.741	0.741	0.673	10%	0.909			
53	2018GG053-T1	0.455	2018GG053-T2	0.457	0.457	0.455	0%	0.615			
54	2018GG054-T1	0.290	2018GG054-T2	0.319	0.319	0.290	0%	0.392			
55	2018GG055-T1	0.532	2018GG055-T2	0.555	0.555	0.532	4%	0.718			
56	2018GG056-T1	0.264	2018GG056-T2	0.247	0.264	0.247	7%	0.334			
57	2018GG057-T1	0.809	2018GG057-T2	0.767	0.809	0.767	5%	1.036			
58	2018GG058-T1	0.295	2018GG058-T2	0.312	0.312	0.295	6%	0.398			
59	2018GG059-T1	0.933	2018GG059-T2	1.036	1.036	0.933	10%	1.260			
60	2018GG060-T1	0.399	2018GG060-T2	0.439	0.439	0.399	9%	0.540			
61	2018GG061-T1	0.370	2018GG061-T2	0.457	0.457	0.370	21%	0.499			
62	2018GG062-T1	0.696	2018GG062-T2	0.675	0.696	0.675	3%	0.911			
63	2018GG063-T1	0.314	2018GG063-T2	0.255	0.314	0.255	20%	0.345			
64	2018GG064-T1	2.311	2018GG064-T2	2.094	2.311	2.094	10%	2.827			
65	2018GG065-T1	2.319	2018GG065-T2	2.444	2.444	2.319	5%	3.129			
66	2018GG066-T1	2.278	2018GG066-T2	2.303	2.278	2.303	8%	2.839			
67	2018GG067-T1	1.427	2018GG067-T2	1.428	1.428	1.427	0%	1.927			
68	2018GG068-T1	1.389	2018GG068-T2	1.254	1.389	1.254	10%	1.693			
69	2018GG069-T1	2.066	2018GG069-T2	1.770	2.066	1.770	15%	2.389			
70	2018GG070-T1	1.827	2018GG070-T2	1.997	1.997	1.827	9%	2.467			
71	2018GG071-T1	1.453	2018GG071-T2	1.350	1.453	1.350	7%	1.823			
72	2018GG072-T1	1.535	2018GG072-T2	1.726	1.726	1.535	12%	2.072			
73	2018GG073-T1	1.323	2018GG073-T2	1.172	1.323	1.172	12%	1.582			
74	2018GG074-T1	2.361	2018GG074-T2	2.491	2.491	2.361	5%	3.187			
75	2018GG075-T1	1.676	2018GG075-T2	1.461	1.676	1.461	14%	1.973			
76	2018GG076-T1	1.529	2018GG076-T2	1.584	1.584	1.529	4%	2.056			
77	2018GG077-T1	0.467	2018GG077-T2	0.512	0.512	0.467	9%	0.631			
78	2018GG078-T1	1.049	2018GG078-T2	1.057	1.057	1.049	1%	1.416			
79	2018GG079-T1	0.783	2018GG079-T2	0.675	0.783	0.675	15%	0.911			
80	2018GG080-T1	0.658	2018GG080-T2	0.695	0.695	0.658	5%	0.889			
81	2018GG081-T1	1.210	2018GG081-T2	1.004	1.210	1.004	19%	1.356			
82	2018GG082-T1	1.703	2018GG082-T2	1.660	1.703	1.660	3%	2.241			
83	2018GG083-T1	1.461	2018GG083-T2	1.386	1.461	1.386	5%	1.871			
84	2018GG084-T1	0.257	2018GG084-T2	0.242	0.257	0.242	6%	0.327			
85	2018GG085-T1	0.234	2018GG085-T2	0.216	0.234	0.216	8%	0.292			
86	2018GG086-T1	1.447	2018GG086-T2	1.329	1.447	1.329	9%	1.794			
87	2018GG087-T1	0.732	2018GG087-T2	0.729	0.732	0.729	0%	0.989			
88	2018GG088-T1	1.076	2018GG088-T2	0.960	1.076	0.960	11%	1.296			
89	2018GG089-T1	0.384	2018GG089-T2	0.341	0.384	0.341	12%	0.460			
90	2018GG090-T1	0.817	2018GG090-T2	0.903	0.903	0.817	10%	1.103			
91	2018GG091-T1	0.906	2018GG091-T2	0.995	0.995	0.906	9%	1.224			
92	2018GG092-T1	1.239	2018GG092-T2	1.336	1.336	1.239	8%	1.673			
93	2018GG093-T1	1.504	2018GG093-T2	1.373	1.504	1.373	9%	1.853			
94	2018GG094-T1	1.039	2018GG094-T2	2.461	2.461	2.339	6%	3.023			
95	2018GG095-T1	0.890	2018GG095-T2	0.861	0.890	0.861	3%	1.162			
96	2018GG096-T1	0.380	2018GG096-T2	0.400	0.400	0.380	5%	0.513			
97	2018GG097-T1	0.641	2018GG097-T2	0.701	0.701	0.641	9%	0.865			
98	2018GG098-T1	0.709	2018GG098-T2	0.727	0.727	0.709	2%	0.929			
99	2018GG099-T1	1.462	2018GG099-T2	1.532	1.532	1.462	5%	1.974			
100	2018GG100-T1	0.262	2018GG100-T2	0.215	0.262	0.215	20%	0.291			
101	2018GG101-T1	1.039	2018GG101-T2	0.941	1.039	0.941	10%	1.271			
102	2018GG102-T1	0.480	2018GG102-T2	0.449	0.480	0.449	7%	0.607			
103	2018GG103-T1	1.969	2018GG103-T2	2.099	2.099	1.969	6%	2.658			
104	2018GG104-T1	0.386	2018GG104-T2	0.401	0.401	0.386	4%	0.522			
105	2018GG105-T1	1.358	2018GG105-T2	1.199	1.358	1.199	12%	1.619			
106	2018GG106-T1	1.277	2018GG106-T2	1.271	1.277	1.271	0%	1.717			
107	2018GG107-T1	0.713	2018GG107-T2	0.715	0.715	0.713	0%	0.963			
108	2018GG108-T1	0.907	2018GG108-T2	0.732	0.907	0.732	21%	0.988			

Anexo 6
 Datos Muestras Gemelas - Mo%

Mo_pct	Limite b	Limite m	Factor m	DATOS DE MUESTRAS GEMELAS - Mo%																
DPLT - Gemelas	10	30%	1.35																	
LPD	0.002																			
Tasa de Error	0.9%																			
Rechazadas	1																			
DDH ID	Muestra Original		Muestra Duplicado		Mo_pct		Error Relativo	y=Raiz(m2x2-b2)	Min	Max										
	Código	Mo_pct	Código	Mo_pct	Max	Min														
1	2018GG001-T1	0.025	2018GG001-T2	0.025	0.025	0.025	0%			0.039										
2	2018GG002-T1	0.018	2018GG002-T2	0.023	0.023	0.018	24%			0.031										
3	2018GG003-T1	0.021	2018GG003-T2	0.021	0.021	0.021	0%			0.035										
4	2018GG004-T1	0.011	2018GG004-T2	0.011	0.011	0.011	0%			0.025										
5	2018GG005-T1	0.022	2018GG005-T2	0.021	0.022	0.021	5%			0.035										
6	2018GG006-T1	0.005	2018GG006-T2	0.007	0.007	0.005	24%			0.021										
7	2018GG007-T1	0.009	2018GG007-T2	0.008	0.009	0.008	1%			0.023										
8	2018GG008-T1	0.004	2018GG008-T2	0.005	0.005	0.004	9%			0.021										
9	2018GG009-T1	0.006	2018GG009-T2	0.007	0.007	0.006	6%			0.022										
10	2018GG010-T1	0.007	2018GG010-T2	0.007	0.007	0.007	3%			0.022										
11	2018GG011-T1	0.014	2018GG011-T2	0.012	0.014	0.012	17%			0.026										
12	2018GG012-T1	0.013	2018GG012-T2	0.012	0.013	0.012	7%			0.026										
13	2018GG013-T1	0.009	2018GG013-T2	0.009	0.009	0.009	0%			0.023										
14	2018GG014-T1	0.027	2018GG014-T2	0.025	0.027	0.025	9%			0.039										
15	2018GG015-T1	0.015	2018GG015-T2	0.016	0.016	0.015	5%			0.028										
16	2018GG016-T1	0.020	2018GG016-T2	0.018	0.020	0.018	13%			0.031										
17	2018GG017-T1	0.008	2018GG017-T2	0.007	0.008	0.007	18%			0.022										
18	2018GG018-T1	0.007	2018GG018-T2	0.008	0.008	0.007	20%			0.022										
19	2018GG019-T1	0.010	2018GG019-T2	0.011	0.011	0.010	10%			0.024										
20	2018GG020-T1	0.011	2018GG020-T2	0.012	0.012	0.011	7%			0.025										
21	2018GG021-T1	0.005	2018GG021-T2	0.005	0.005	0.005	0%			0.021										
22	2018GG022-T1	0.003	2018GG022-T2	0.003	0.003	0.003	0%			0.020										
23	2018GG023-T1	0.006	2018GG023-T2	0.006	0.006	0.006	14%			0.021										
24	2018GG024-T1	0.004	2018GG024-T2	0.005	0.005	0.004	7%			0.021										
25	2018GG025-T1	0.022	2018GG025-T2	0.023	0.023	0.022	7%			0.035										
26	2018GG026-T1	0.038	2018GG026-T2	0.038	0.039	0.038	4%			0.055										
27	2018GG027-T1	0.008	2018GG027-T2	0.009	0.009	0.008	7%			0.023										
28	2018GG028-T1	0.009	2018GG028-T2	0.009	0.009	0.009	3%			0.023										
29	2018GG029-T1	0.005	2018GG029-T2	0.003	0.003	0.005	4%			0.022										
30	2018GG030-T1	0.055	2018GG030-T2	0.060	0.060	0.055	10%			0.076										
31	2018GG031-T1	0.004	2018GG031-T2	0.004	0.004	0.004	0%			0.021										
32	2018GG032-T1	0.010	2018GG032-T2	0.009	0.010	0.009	10%			0.023										
33	2018GG033-T1	0.019	2018GG033-T2	0.018	0.019	0.018	4%			0.029										
34	2018GG034-T1	0.016	2018GG034-T2	0.016	0.016	0.016	2%			0.029										
35	2018GG035-T1	0.013	2018GG035-T2	0.016	0.016	0.013	15%			0.027										
36	2018GG036-T1	0.007	2018GG036-T2	0.008	0.008	0.007	16%			0.022										
37	2018GG037-T1	0.005	2018GG037-T2	0.006	0.006	0.005	0%			0.021										
38	2018GG038-T1	0.013	2018GG038-T2	0.016	0.016	0.013	18%			0.027										
39	2018GG039-T1	0.063	2018GG039-T2	0.053	0.063	0.053	18%			0.074										
40	2018GG040-T1	0.004	2018GG040-T2	0.005	0.005	0.004	11%			0.021										
41	2018GG041-T1	0.006	2018GG041-T2	0.005	0.006	0.005	21%			0.021										
42	2018GG042-T1	0.005	2018GG042-T2	0.005	0.005	0.005	13%			0.021										
43	2018GG043-T1	0.004	2018GG043-T2	0.005	0.005	0.004	25%			0.021										
44	2018GG044-T1	0.005	2018GG044-T2	0.005	0.005	0.005	0%			0.021										
45	2018GG045-T1	0.005	2018GG045-T2	0.005	0.005	0.005	8%			0.021										
46	2018GG046-T1	0.004	2018GG046-T2	0.004	0.004	0.004	2%			0.021										
47	2018GG047-T1	0.004	2018GG047-T2	0.004	0.004	0.004	5%			0.021										
48	2018GG048-T1	0.004	2018GG048-T2	0.004	0.004	0.004	2%			0.021										
49	2018GG049-T1	0.006	2018GG049-T2	0.006	0.006	0.006	5%			0.021										
50	2018GG050-T1	0.005	2018GG050-T2	0.005	0.005	0.005	4%			0.021										
51	2018GG051-T1	0.005	2018GG051-T2	0.006	0.006	0.005	0%			0.021										
52	2018GG052-T1	0.006	2018GG052-T2	0.006	0.006	0.006	10%			0.021										
53	2018GG053-T1	0.006	2018GG053-T2	0.005	0.006	0.005	11%			0.021										
54	2018GG054-T1	0.004	2018GG054-T2	0.005	0.005	0.004	9%			0.021										
55	2018GG055-T1	0.006	2018GG055-T2	0.006	0.006	0.006	10%			0.021										
56	2018GG056-T1	0.005	2018GG056-T2	0.005	0.005	0.005	2%			0.021										
57	2018GG057-T1	0.005	2018GG057-T2	0.005	0.005	0.005	2%			0.021										
58	2018GG058-T1	0.008	2018GG058-T2	0.007	0.008	0.007	7%			0.022										
59	2018GG059-T1	0.005	2018GG059-T2	0.005	0.005	0.005	0%			0.021										
60	2018GG060-T1	0.004	2018GG060-T2	0.004	0.004	0.004	5%			0.021										
61	2018GG061-T1	0.005	2018GG061-T2	0.006	0.006	0.005	24%			0.021										
62	2018GG062-T1	0.007	2018GG062-T2	0.008	0.007	0.008	24%			0.021										
63	2018GG063-T1	0.005	2018GG063-T2	0.005	0.005	0.005	0%			0.021										
64	2018GG064-T1	0.007	2018GG064-T2	0.007	0.007	0.007	0%			0.022										
65	2018GG065-T1	0.008	2018GG065-T2	0.007	0.008	0.007	4%			0.022										
66	2018GG066-T1	0.010	2018GG066-T2	0.011	0.011	0.010	11%			0.024										
67	2018GG067-T1	0.007	2018GG067-T2	0.007	0.007	0.007	1%			0.022										
68	2018GG068-T1	0.009	2018GG068-T2	0.008	0.009	0.008	11%			0.023										
69	2018GG069-T1	0.009	2018GG069-T2	0.011	0.011	0.009	24%			0.023										
70	2018GG070-T1	0.007	2018GG070-T2	0.007	0.007	0.007	8%			0.022										
71	2018GG071-T1	0.010	2018GG071-T2	0.009	0.010	0.009	9%			0.024										
72	2018GG072-T1	0.006	2018GG072-T2	0.006	0.006	0.006	14%			0.021										
73	2018GG073-T1	0.006	2018GG073-T2	0.007	0.007	0.006	11%			0.021										
74	2018GG074-T1	0.031	2018GG074-T2	0.025	0.031	0.025	23%			0.039										
75	2018GG075-T1	0.018	2018GG075-T2	0.015	0.018	0.015	17%			0.029										
76	2018GG076-T1	0.016	2018GG076-T2	0.017	0.017	0.016	6%			0.030										
77	2018GG077-T1	0.009	2018GG077-T2	0.010	0.010	0.009	10%			0.023										
78	2018GG078-T1	0.014	2018GG078-T2	0.014	0.014	0.014	2%			0.027										
79	2018GG079-T1	0.009	2018GG079-T2	0.008	0.009	0.008	8%			0.023										
80	2018GG080-T1	0.018	2018GG080-T2	0.020	0.020	0.018	9%			0.031										
81	2018GG081-T1	0.016	2018GG081-T2	0.012	0.016	0.012	27%			0.026										
82	2018GG082-T1	0.026	2018GG082-T2	0.053	0.053	0.026	69%		0.026	0.040										
83	2018GG083-T1	0.022	2018GG083-T2	0.025	0.025	0.022	14%		0.026	0.036										
84	2018GG084-T1	0.010	2018GG084-T2	0.010	0.010	0.010	1%		0.024	0.034										
85	2018GG085-T1	0.017	2018GG085-T2	0.019	0.019	0.017	10%		0.031	0.031										
86	2018GG086-T1	0.026	2018GG086-T2	0.023	0.026	0.023	11%		0.037	0.037										
87	2018GG087-T1	0.067	2018GG087-T2	0.062	0.067	0.062	7%		0.086	0.086										
88	2018GG088-T1	0.061	2018GG088-T2	0.058	0.061	0.058	4%		0.080	0.080										
89	2018GG089-T1	0.013	2018GG089-T2	0.014	0.014	0.013	4%		0.027	0.027										
90	2018GG090-T1	0.018	2018GG090-T2	0.020	0.020	0.018	10%		0.031	0.031										
91	2018GG091-T1	0.025	2018GG091-T2	0.026	0.026	0.025	2%		0.040	0.040										
92	2018GG092-T1	0.015	2018GG092-T2	0.018	0.018	0.015	15%		0.028	0.028										
93	2018GG093-T1	0.012	2018GG093-T2	0.014	0.014	0.012	15%		0.026	0.026										
94	2018GG094-T1	0.018	2018GG094-T2	0.016	0.018	0.016	8%		0.030	0.030										
95	2018GG095-T1	0.030	2018GG095-T2	0.029	0.030	0.029	4%		0.044	0.044										
96	2018GG096-T1	0.015	2018GG096-T2	0.017	0.017	0.015	14%		0.028	0.028										
97	2018GG097-T1	0.014	2018GG097-T2	0.015	0.015	0.014	7%		0.028	0.028										
98	2018GG098-T1	0.017	2018GG098-T2	0.021	0.021	0.017	20%		0.031	0.031										
99	2018GG099-T1	0.012	2018GG099-T2	0.014	0.014	0.012	11%		0.025	0.025										
100	2018GG100-T1	0.018	2018GG100-T2	0.015	0.018	0.015	20%		0.028	0.028										
101	2018GG101-T1	0.013	2018GG101-T2	0.012	0.013	0.012	5%		0.026	0.026										
102	2018GG102-T1	0.007	2018GG102-T2	0.006	0.007	0.006	6%		0.022	0.022										
103	2018GG103-T1	0.023	2018GG103-T2	0.024	0.024	0.023	7%		0.037	0.037										
104	2018GG104-T1	0.016	2018GG104-T2	0.020	0.020	0.016	22%		0.029	0.029										
105	2018GG105-T1	0.019	2018GG105-T2	0.023	0.023	0.019	21%		0.032	0.032										
106	2018GG106-T1	0.013	2018GG106-T2	0.010	0.013	0.010	22%		0.024	0.024										
107	2018GG107-T1	0.025	2018GG107-T2	0.021	0.025	0.021	18%		0.034	0.034										
108	2018GG108-T1	0.013	2018GG108-T																	

Anexo 7

Datos de muestras insertadas para estándar bajo de Cu%

MRS	STD-Bajo	
BV Cu (%)	0.207	
2DE Cu (%)	LC	LA
	0.006	0.003
Promedio Cu (%)	0.21	
Desviación Cu (%)	0.004	
Sesgo	0.6%	

DATOS DE MUESTRAS INSERTADAS - STD BAJO CU%

Fecha Envío	# Muestra	Control	% Cu	LCS	LCI	LAS	LAI	Media Móvil	Media Certificada	VLAS	VLAJ
1-Mar-2018	2018PPP001-SB	STDB	0.207	0.213	0.201	0.216	0.198	0.209	0.207	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP002-SB	STDL	0.211	0.213	0.201	0.216	0.198	0.208	0.207	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP003-SB	STDL	0.207	0.213	0.201	0.216	0.198	0.207	0.207	Correcto	Correcto
5-Mar-2018	2018PPP004-SB	STDL	0.201	0.213	0.201	0.216	0.198	0.207	0.207	Correcto	Correcto
7-Mar-2018	2018PPP005-SB	STDL	0.209	0.213	0.201	0.216	0.198	0.207	0.207	Correcto	Correcto
7-Mar-2018	2018PPP006-SB	STDL	0.210	0.213	0.201	0.216	0.198	0.207	0.207	Correcto	Correcto
8-Mar-2018	2018PPP007-SB	STDL	0.208	0.213	0.201	0.216	0.198	0.210	0.207	Correcto	Correcto
8-Mar-2018	2018PPP008-SB	STDL	0.211	0.213	0.201	0.216	0.198	0.208	0.207	Correcto	Correcto
9-Mar-2018	2018PPP009-SB	STDL	0.203	0.213	0.201	0.216	0.198	0.208	0.207	Correcto	Correcto
9-Mar-2018	2018PPP010-SB	STDL	0.208	0.213	0.201	0.216	0.198	0.208	0.207	Correcto	Correcto
10-Mar-2018	2018PPP011-SB	STDL	0.211	0.213	0.201	0.216	0.198	0.208	0.207	Correcto	Correcto
10-Mar-2018	2018PPP012-SB	STDL	0.210	0.213	0.201	0.216	0.198	0.208	0.207	Correcto	Correcto
11-Mar-2018	2018PPP013-SB	STDL	0.203	0.213	0.201	0.216	0.198	0.207	0.207	Correcto	Correcto
11-Mar-2018	2018PPP014-SB	STDL	0.203	0.213	0.201	0.216	0.198	0.205	0.207	Correcto	Correcto
12-Mar-2018	2018PPP015-SB	STDL	0.203	0.213	0.201	0.216	0.198	0.205	0.207	Correcto	Correcto
12-Mar-2018	2018PPP016-SB	STDL	0.209	0.213	0.201	0.216	0.198	0.207	0.207	Correcto	Correcto
13-Mar-2018	2018PPP017-SB	STDL	0.213	0.213	0.201	0.216	0.198	0.209	0.207	Correcto	Correcto
13-Mar-2018	2018PPP018-SB	STDL	0.211	0.213	0.201	0.216	0.198	0.211	0.207	Correcto	Correcto
14-Mar-2018	2018PPP019-SB	STDL	0.211	0.213	0.201	0.216	0.198	0.212	0.207	Correcto	Correcto
14-Mar-2018	2018PPP020-SB	STDL	0.211	0.213	0.201	0.216	0.198	0.210	0.207	Correcto	Correcto
15-Mar-2018	2018PPP021-SB	STDL	0.205	0.213	0.201	0.216	0.198	0.208	0.207	Correcto	Correcto
15-Mar-2018	2018PPP022-SB	STDL	0.203	0.213	0.201	0.216	0.198	0.208	0.207	Correcto	Correcto
16-Mar-2018	2018PPP023-SB	STDL	0.213	0.213	0.201	0.216	0.198	0.209	0.207	Correcto	Correcto
16-Mar-2018	2018PPP024-SB	STDL	0.213	0.213	0.201	0.216	0.198	0.209	0.207	Correcto	Correcto
17-Mar-2018	2018PPP025-SB	STDL	0.207	0.213	0.201	0.216	0.198	0.211	0.207	Correcto	Correcto
18-Mar-2018	2018PPP026-SB	STDL	0.212	0.213	0.201	0.216	0.198	0.211	0.207	Correcto	Correcto
19-Mar-2018	2018PPP027-SB	STDL	0.211	0.213	0.201	0.216	0.198	0.211	0.207	Correcto	Correcto
19-Mar-2018	2018PPP028-SB	STDL	0.214	0.213	0.201	0.216	0.198	0.210	0.207	Correcto	Correcto
20-Mar-2018	2018PPP029-SB	STDL	0.202	0.213	0.201	0.216	0.198	0.209	0.207	Correcto	Correcto
20-Mar-2018	2018PPP030-SB	STDL	0.207	0.213	0.201	0.216	0.198	0.208	0.207	Correcto	Correcto

Anexo 8

Datos de muestras insertadas para estándar Medio de Cu%

MRS	STD Medio	
BV Cu (%)	0.585	
2DE Cu (%)	LC	LA
	0.014	0.007
Promedio Cu (%)	0.59	
Desviacion Cu (%)	0.01	
Sesgo	0.9%	

DATOS DE MUESTRAS INSERTADAS - STD MEDIO CU%

Fecha Envío	# Muestra	Control	% Cu	LCS	LCI	LAS	LAI	Media Móvil	Media Certificada	VLAS	VLAJ
1-Mar-2018	2018PPP001-SM	STDM	0.582	0.599	0.571	0.606	0.564	0.591	0.585	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP002-SM	STDM	0.599	0.599	0.571	0.606	0.564	0.593	0.585	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP003-SM	STDM	0.599	0.599	0.571	0.606	0.564	0.593	0.585	Correcto	Correcto
7-Mar-2018	2018PPP004-SM	STDM	0.578	0.599	0.571	0.606	0.564	0.591	0.585	Correcto	Correcto
7-Mar-2018	2018PPP005-SM	STDM	0.597	0.599	0.571	0.606	0.564	0.591	0.585	Correcto	Correcto
8-Mar-2018	2018PPP006-SM	STDM	0.598	0.599	0.571	0.606	0.564	0.593	0.585	Correcto	Correcto
8-Mar-2018	2018PPP007-SM	STDM	0.599	0.599	0.571	0.606	0.564	0.596	0.585	Correcto	Correcto
9-Mar-2018	2018PPP008-SM	STDM	0.591	0.599	0.571	0.606	0.564	0.597	0.585	Correcto	Correcto
9-Mar-2018	2018PPP009-SM	STDM	0.599	0.599	0.571	0.606	0.564	0.597	0.585	Correcto	Correcto
10-Mar-2018	2018PPP010-SM	STDM	0.599	0.599	0.571	0.606	0.564	0.597	0.585	Correcto	Correcto
10-Mar-2018	2018PPP011-SM	STDM	0.599	0.599	0.571	0.606	0.564	0.595	0.585	Correcto	Correcto
11-Mar-2018	2018PPP012-SM	STDM	0.581	0.599	0.571	0.606	0.564	0.591	0.585	Correcto	Correcto
11-Mar-2018	2018PPP013-SM	STDM	0.585	0.599	0.571	0.606	0.564	0.587	0.585	Correcto	Correcto
12-Mar-2018	2018PPP014-SM	STDM	0.581	0.599	0.571	0.606	0.564	0.581	0.585	Correcto	Correcto
12-Mar-2018	2018PPP015-SM	STDM	0.577	0.599	0.571	0.606	0.564	0.585	0.585	Correcto	Correcto
13-Mar-2018	2018PPP016-SM	STDM	0.598	0.599	0.571	0.606	0.564	0.589	0.585	Correcto	Correcto
13-Mar-2018	2018PPP017-SM	STDM	0.598	0.599	0.571	0.606	0.564	0.587	0.585	Correcto	Correcto
14-Mar-2018	2018PPP018-SM	STDM	0.576	0.599	0.571	0.606	0.564	0.589	0.585	Correcto	Correcto
14-Mar-2018	2018PPP019-SM	STDM	0.585	0.599	0.571	0.606	0.564	0.588	0.585	Correcto	Correcto
15-Mar-2018	2018PPP020-SM	STDM	0.591	0.599	0.571	0.606	0.564	0.588	0.585	Correcto	Correcto
15-Mar-2018	2018PPP021-SM	STDM	0.599	0.599	0.571	0.606	0.564	0.592	0.585	Correcto	Correcto
16-Mar-2018	2018PPP022-SM	STDM	0.592	0.599	0.571	0.606	0.564	0.594	0.585	Correcto	Correcto
16-Mar-2018	2018PPP023-SM	STDM	0.593	0.599	0.571	0.606	0.564	0.595	0.585	Correcto	Correcto
19-Mar-2018	2018PPP024-SM	STDM	0.595	0.599	0.571	0.606	0.564	0.592	0.585	Correcto	Correcto
19-Mar-2018	2018PPP025-SM	STDM	0.589	0.599	0.571	0.606	0.564	0.590	0.585	Correcto	Correcto
20-Mar-2018	2018PPP026-SM	STDM	0.585	0.599	0.571	0.606	0.564	0.586	0.585	Correcto	Correcto
20-Mar-2018	2018PPP027-SM	STDM	0.573	0.599	0.571	0.606	0.564	0.582	0.585	Correcto	Correcto

Anexo 9

Datos de muestras insertadas para estándar Medio de Mo%

MRS	STD Medio	
BV Mo (%)	0.0412	
2DE Mo (%)	LC	LA
	0.0037	0.00185
Promedio Mo (%)	0.04	
Desviacion Mo (%)	0.002	
Sesgo	2.8%	

DATOS DE MUESTRAS INSERTADAS - STD MEDIO MO%

Fecha Envío	# Muestra	Control	% Mo	Cantidad Insertada	Tasa de Insercion	LAS	LAI	Media Móvil	Media Certificada	VLAS	VLA I
1-Mar-2018	2018PPP001-SM	STD M	0.0440	0.045	0.038	0.047	0.036	0.044	0.041	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP002-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.043	0.041	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP003-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.043	0.041	Correcto	Correcto
7-Mar-2018	2018PPP004-SM	STD M	0.0410	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
7-Mar-2018	2018PPP005-SM	STD M	0.0420	0.045	0.038	0.047	0.036	0.041	0.041	Correcto	Correcto
8-Mar-2018	2018PPP006-SM	STD M	0.0400	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
8-Mar-2018	2018PPP007-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
9-Mar-2018	2018PPP008-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.043	0.041	Correcto	Correcto
9-Mar-2018	2018PPP009-SM	STD M	0.0450	0.045	0.038	0.047	0.036	0.043	0.041	Correcto	Correcto
10-Mar-2018	2018PPP010-SM	STD M	0.0410	0.045	0.038	0.047	0.036	0.043	0.041	Correcto	Correcto
10-Mar-2018	2018PPP011-SM	STD M	0.0440	0.045	0.038	0.047	0.036	0.044	0.041	Correcto	Correcto
11-Mar-2018	2018PPP012-SM	STD M	0.0440	0.045	0.038	0.047	0.036	0.043	0.041	Correcto	Correcto
11-Mar-2018	2018PPP013-SM	STD M	0.0440	0.045	0.038	0.047	0.036	0.044	0.041	Correcto	Correcto
12-Mar-2018	2018PPP014-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.043	0.041	Correcto	Correcto
12-Mar-2018	2018PPP015-SM	STD M	0.0410	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
13-Mar-2018	2018PPP016-SM	STD M	0.0390	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
13-Mar-2018	2018PPP017-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.041	0.041	Correcto	Correcto
14-Mar-2018	2018PPP018-SM	STD M	0.0420	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
14-Mar-2018	2018PPP019-SM	STD M	0.0440	0.045	0.038	0.047	0.036	0.043	0.041	Correcto	Correcto
15-Mar-2018	2018PPP020-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
15-Mar-2018	2018PPP021-SM	STD M	0.0400	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
16-Mar-2018	2018PPP022-SM	STD M	0.0420	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
16-Mar-2018	2018PPP023-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
19-Mar-2018	2018PPP024-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.043	0.041	Correcto	Correcto
19-Mar-2018	2018PPP025-SM	STD M	0.0430	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
20-Mar-2018	2018PPP026-SM	STD M	0.0400	0.045	0.038	0.047	0.036	0.042	0.041	Correcto	Correcto
20-Mar-2018	2018PPP027-SM	STD M	0.0400	0.045	0.038	0.047	0.036	0.041	0.041	Correcto	Correcto

Anexo 10

Datos de muestras para estándar Alto de Cu %

MRS		STD Alto	
BV Cu (%)		1.133	
2DE Cu (%)		LC	LA
		0.046	0.023
Promedio Cu (%)		1.12	
Desviación Cu (%)		0.02	
Sesgo		-0.8%	

DATOS DE MUESTRAS INSERTADAS - STD ALTO Cu%

Fecha Envío	# Muestra	Control	% Cu	LCS	LCI	LAS	LAI	Media Móvil	Media Certificada	VLAS	VLAI
1-Mar-2018	2018PPP001-SA	STDH	1.110	1.179	1.087	1.202	1.064	1.116	1.133	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP002-SA	STDH	1.121	1.179	1.087	1.202	1.064	1.110	1.133	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP003-SA	STDH	1.099	1.179	1.087	1.202	1.064	1.116	1.133	Correcto	Correcto
5-Mar-2018	2018PPP004-SA	STDH	1.133	1.179	1.087	1.202	1.064	1.127	1.133	Correcto	Correcto
7-Mar-2018	2018PPP005-SA	STDH	1.155	1.179	1.087	1.202	1.064	1.134	1.133	Correcto	Correcto
8-Mar-2018	2018PPP006-SA	STDH	1.147	1.179	1.087	1.202	1.064	1.137	1.133	Correcto	Correcto
11-Mar-2018	2018PPP007-SA	STDH	1.111	1.179	1.087	1.202	1.064	1.132	1.133	Correcto	Correcto
15-Mar-2018	2018PPP008-SA	STDH	1.116	1.179	1.087	1.202	1.064	1.117	1.133	Correcto	Correcto
17-Mar-2018	2018PPP009-SA	STDH	1.092	1.179	1.087	1.202	1.064	1.119	1.133	Correcto	Correcto
23-Mar-2018	2018PPP010-SA	STDH	1.158	1.179	1.087	1.202	1.064	1.122	1.133	Correcto	Correcto

Anexo 11

Datos de muestras para estándar Alto de Mo %

MRS		STD Alto	
BV Mo (%)		0.3127	
2DE Mo (%)		LC	LA
		0.0273	0.0137
Promedio Mo (%)		0.31	
Desviación Mo (%)		0.01	
Sesgo		0.5%	

DATOS DE MUESTRAS INSERTADAS - STD ALTO Mo%

Fecha Envío	# Muestra	Control	% Mo	Cantidad Insertada	Tasa de Insercion	LAS	LAI	Media Móvil	Media Certificada	VLAS	VLAI
1-Mar-2018	2018PPP001-SA	STDA	0.3120	0.340	0.285	0.354	0.272	0.311	0.313	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP002-SA	STDA	0.3100	0.340	0.285	0.354	0.272	0.311	0.313	Correcto	Correcto
3-Mar-2018	2018PPP003-SA	STDA	0.3110	0.340	0.285	0.354	0.272	0.311	0.313	Correcto	Correcto
5-Mar-2018	2018PPP004-SA	STDA	0.3100	0.340	0.285	0.354	0.272	0.309	0.313	Correcto	Correcto
7-Mar-2018	2018PPP005-SA	STDA	0.3030	0.340	0.285	0.354	0.272	0.309	0.313	Correcto	Correcto
8-Mar-2018	2018PPP006-SA	STDA	0.3110	0.340	0.285	0.354	0.272	0.311	0.313	Correcto	Correcto
11-Mar-2018	2018PPP007-SA	STDA	0.3210	0.340	0.285	0.354	0.272	0.311	0.313	Correcto	Correcto
15-Mar-2018	2018PPP008-SA	STDA	0.3090	0.340	0.285	0.354	0.272	0.318	0.313	Correcto	Correcto
17-Mar-2018	2018PPP009-SA	STDA	0.3320	0.340	0.285	0.354	0.272	0.322	0.313	Correcto	Correcto
23-Mar-2018	2018PPP010-SA	STDA	0.3250	0.340	0.285	0.354	0.272	0.322	0.313	Correcto	Correcto

Anexo 12

Datos de muestras para Blancos de Cu% y Mo %

LDICu	0.001	DATOS DE INSERCIÓN DE BLANCOS - Cu% y Mo%				
LDIMo	0.0002					
Fecha Envío	# Muestra	Control	% Cu	% Mo	5LDI Cu	5LDI Mo
1-Mar-2018	2018PPP001-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
3-Mar-2018	2018PPP002-B	BLK	0.001	0.000	0.005	0.001
3-Mar-2018	2018PPP003-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
5-Mar-2018	2018PPP004-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
7-Mar-2018	2018PPP005-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
7-Mar-2018	2018PPP006-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
8-Mar-2018	2018PPP007-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
8-Mar-2018	2018PPP008-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
9-Mar-2018	2018PPP009-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
9-Mar-2018	2018PPP010-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
10-Mar-2018	2018PPP011-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
10-Mar-2018	2018PPP012-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
11-Mar-2018	2018PPP013-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
11-Mar-2018	2018PPP014-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
12-Mar-2018	2018PPP015-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
12-Mar-2018	2018PPP016-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
13-Mar-2018	2018PPP017-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
13-Mar-2018	2018PPP018-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
14-Mar-2018	2018PPP019-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
14-Mar-2018	2018PPP020-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
15-Mar-2018	2018PPP021-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
15-Mar-2018	2018PPP022-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
16-Mar-2018	2018PPP023-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
16-Mar-2018	2018PPP024-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
17-Mar-2018	2018PPP025-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
18-Mar-2018	2018PPP026-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001
19-Mar-2018	2018PPP027-B	BLK	0.000	0.000	0.005	0.001

MAPAS

