

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



**T E S I S**

**Evaluación del control de calidad en labores de planificación a corto plazo -  
unidad minera Raura – 2019**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor: Bach. Aldo Anhielo ALMERCÓ ARRIETA**

**Asesor: Mg. Vidal Víctor CALCINA COLQUI**

**Cerro de Pasco – Perú - 2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Evaluación del control de calidad en labores de planificación a corto plazo -  
unidad minera Raura – 2019**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Mg. Luis Arturo LAZO PAGÁN**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Eder Guido ROBLES MORALES**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Javier LOPEZ ALVARADO**  
**MIEMBRO**

## DEDICATORIA

*A mis padres: Ciro Almerco, Julia Arrieta; que siempre me apoyaron incondicionalmente, moral y económicamente para poder llegar a ser un profesional.*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre Julia Arrieta Huaricancha que desde el cielo siempre derrama sus bendiciones, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mi padre, Emilio Almerco Vega que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mis hermanos Harold y Aldair, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mis amigos de la UNDAC que incondicionalmente en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con ellos.

Finalmente, Al Ing. Vidal Calcina por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

**Aldo Anhielo Almerco Arrieta**

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación aborda la evaluación de los procedimientos para el control de calidad en la unidad minera Raura que se ejecutaron en las labores de planificación a corto plazo en el año 2019, A raíz del escándalo de Bre-X en 1997, que generó una crisis económica en todo el mundo, es que se crean códigos y normas internacionales, los cuales se dan parámetros para garantizar la calidad de la información.

El objetivo principal de la presente investigación es evaluar el control de calidad, las diferentes fases y los procedimientos que influirá en labores de planificación a corto plazo de la Unidad minera Raura. Se planteó una metodología con enfoque de carácter aplicativo, la investigación que se lleva a cabo es del tipo de exploratorio. Con este tipo de investigación se busca conocer para realizar, actuar, construir y modificar. Así mismo porque se requiere de un marco teórico.

De acuerdo a los análisis realizados con la inserción de muestras de control de calidad: muestras gemelas, duplicado grueso, duplicado fino, estándares, blanco grueso y blanco finos se concluye que el muestreo, preparación y análisis están dentro de los límites aceptables para poder garantizar los resultados de las leyes de las muestras tomadas tanto de diamantina y canales, así tener confiabilidad de los datos para estimar recursos y realizar una buena planificación en la unidad minera Raura.

***Palabras Clave:*** Control de calidad, evaluación, muestreo, preparación, análisis.

## ABSTRACT

This research project addresses the evaluation of the procedures for quality control in the Raura mining unit that were executed in the short-term planning work in 2019, following the Bre-X scandal in 1997, which generated an economic crisis throughout the world, is that international codes and standards are created, which are given parameters to guarantee the quality of the information.

The main objective of this research is to evaluate quality control, evaluate the different phases and evaluate the procedures that influence the short-term planning of the Raura Mining Unit. A methodology with an applicative approach was proposed; the research carried out is of the exploratory-deductive type. This type of research seeks to know to carry out, act, build and modify. Also, because a theoretical framework is required.

According to the analyzes performed with the insertion of quality control samples: twin samples, coarse duplicates, fine duplicates, standards, coarse and fine targets, it is concluded that the sampling, preparation and analysis are within the acceptable limits to be able to guarantee the results of the grades of the samples taken from both diamond and canals, thus having the reliability of the data to estimate resources and carry out good planning in the Raura mining unit.

**Keywords:** *Quality control, evaluation, sampling, preparation, analysis.*

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación es presentación como Tesis en la Facultad de Ingeniería, Escuela de Formación Profesional de Geología intitulada **“EVALUACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD EN LABORES DE PLANIFICACIÓN A CORTO PLAZO - UNIDAD MINERA RAURA – 2019”**, para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo, la investigación tuvo lugar en la empresa minera RAURA.

Con frecuencia nos enfrentamos en situaciones donde los trabajos realizados no prestan una calidad necesaria para poder garantizar el servicio o resultado en diferentes ámbitos de la industria, por lo tanto; resulta muy importante conocer los procedimientos, fases etapas y controles de calidad con la finalidad de contribuir al conocimiento del valor del yacimiento. El trabajo se efectuó en el periodo 2019 a través de la evaluación de muestras mediante controles tanto de exactitud, precisión y contaminación en los procesos de muestreo preparación y análisis; dichas muestras fueron recolectadas de canales y de DDH.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones que reflejan la importancia de conocer la evaluación y control de calidad en las diferentes etapas.

Se agradece a los colaboradores e instituciones que permitieron elaborar esta investigación tales como Empresa Minera Raura.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	v
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Identificación y determinación de problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos.....	4
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación.....	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	9
2.2. Bases teóricas - científicas.....	11

2.2.1. Relaciones pórfidos - skarn .....	11
2.2.2. Criterios de reemplazamiento del skarn .....	12
2.2.3. Pórfido asociado .....	12
2.2.4. Metamorfismo de contacto .....	13
2.2.5. Practica actual del qa/qc .....	15
2.2.6. Definiciones para el control de la calidad .....	17
2.2.7. Conceptos básicos para evaluación de control de calidad.....	20
2.3. Definición de términos básicos .....	29
2.3.1. Los sondajes .....	29
2.3.2. Prospección minera .....	29
2.3.3. Exploración minera .....	29
2.4. Formulación de hipótesis .....	30
2.4.1. Hipótesis general.....	30
2.4.2. Hipótesis específicas .....	30
2.5. Identificación de las variables.....	30
2.5.1. Variable independiente.....	30
2.5.2. Variable dependiente.....	30
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	31
CAPITULO III .....	32
METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACION.....	32
3.1. Tipo de investigación .....	32
3.2. Nivel de investigación.....	32
3.3. Métodos de investigación.....	32
3.4. Diseño de investigación .....	33
3.5. Población y muestra .....	33

3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	34
3.8.	Tratamiento estadístico .....	35
CAPÍTULO IV .....		36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		36
4.1.	Descripción de trabajo de campo .....	36
4.1.1.	Ubicación. ....	36
4.1.2.	Accesibilidad.....	37
4.1.3.	Geomorfología .....	38
4.1.4.	Geología regional .....	41
4.1.5.	Geología local .....	43
4.1.6.	Geología estructural .....	50
4.1.7.	Control de calidad .....	55
4.2.	Presentación análisis e interpretación de resultados .....	58
4.3.	Prueba de hipótesis.....	72
4.4.	Discusión de resultados.....	73
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Identificación y determinación de problema**

Según SRK Consulting (2012), tanto el muestreo como el aseguramiento y el control de la calidad (QA/QC) apropiados son esenciales durante todos los aspectos del proceso de evaluación de un yacimiento mineral para garantizar que se logre la mayor confiabilidad posible de las estimaciones resultantes con respecto a los recursos y las reservas minerales; la calidad de una estimación depende de la calidad de los datos utilizados.

Según Golder Associates (2013), se desarrollaron e implementaron procedimientos de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) a fin de garantizar que los datos recogidos sean de calidad aceptable, y que se sigan los procedimientos apropiados (por ejemplo, el manejo de la base de datos, el manejo general de los archivos de la computadora, el control

documentario, los procedimientos de revisión de los informes).

Según AMEC (2006), el análisis de datos de control debe hacerse tan simple como sea posible. Esto permite que el proceso se realice muy rápidamente y en tiempo real. Existen otras metodologías más complejas, pero generalmente no son significativamente más fiables. Los resultados de laboratorio también se evaluarán fácilmente usando métodos gráficos.

Según Verástegui Rayo (2006), el ingrediente básico en la nueva concepción del control de calidad es la utilización masiva del método científico y, en concreto, de la estadística, en la planificación de recogida y análisis de los datos necesarios para la toma de decisiones tendentes a mejorar todos los procesos. Un control de calidad del que no se deriven actuaciones constantes para el perfeccionamiento de los sistemas no es un control de calidad verdadero. Por lo que el éxito de este proceso de control de calidad se basa en optimizar recursos apoyándose de tecnología mediante la automatización que permita la eficiencia en los procesos.

Según Martínez (2010), la aplicación de las técnicas estadísticas ha tomado importancia alrededor del control de calidad y la mejora continua, porque si bien es cierto que lo que no se mide no se puede controlar, he aquí la importancia de la aplicación de estas técnicas, sin embargo, el problema radica en la identificación y selección de la técnica para las diferentes características de cada proceso.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La calidad de estimación de recursos y reservas depende de factores geológicos, muestreo primario, muestreo secundario (preparación y análisis), interpretación geológica, factores de densidad, el control y aseguramiento de la calidad del proceso geológico, registro de datos, validación de datos y métodos de procesamiento de datos, entonces el control y aseguramiento de la calidad, nos ayuda a verificar y a optimizar la calidad de información, de esta manera se evita sobreestimar los recursos. Por tal motivo se ha postulado un trabajo que involucre la evaluación de calidad en las diferentes etapas: muestreo, preparación y análisis que es una herramienta que integra la información geológica, minera y metalúrgica que nos ayudará a realizar una interpretación geológica. En la cual la evaluación del control y aseguramiento de la calidad nos ayuda a verificar y a optimizar la calidad de información, de esta manera se evita sobreestimar los recursos en la unidad minera Raura.

## **1.3. Formulación del problema**

De la formulación del problema se plantea las siguientes interrogantes:

### **1.3.1. Problema general**

¿De qué manera la evaluación del Control de Calidad influirá en las labores de planificación a corto plazo de la Unidad minera

Raura, 2019?

### **1.3.2. Problemas específicos**

¿En qué grado la determinación de las diferentes fases influye en el control de calidad en las labores de planificación de la unidad minera Raura?

¿Cómo es que la evaluación de la efectividad de los procedimientos influye en el control de calidad en las labores de planificación de la unidad minera Raura?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar el control de calidad que influirá en labores de planificación a corto plazo de la Unidad minera Raura, 2019.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Determinar las diferentes fases del control de calidad en labores de planificación a corto plazo de la Unidad minera Raura, 2019.

Evaluar la efectividad de los procedimientos de control de calidad en labores de planificación a corto plazo de la Unidad minera Raura, 2019.

### **1.5. Justificación de la investigación**

El proyecto se justifica porque es necesario conocer las ventajas y desventajas del control de calidad en los procedimientos establecidos y evaluar la efectividad de los mismos.

La preocupación por la calidad de la información ha estado siempre presente en la práctica de la profesión, sin embargo, solo durante los últimos años, y tras varios lamentables incidentes que conmocionaron a la industria minera mundial, esta ha asimilado de forma real la indisoluble relación existente entre la calidad de la información y la confiabilidad de la estimación de recursos y reserva.

La importancia de asegurar la calidad de la información con lo que se trabaja y establecer mecanismos que permitan cuantificar y cualificar la misma, una base de datos que sea manejable y auditable contribuye en gran manera a la realización de cualquier proyecto minero.

Por lo que aportar al conocimiento sobre la eficacia de la aplicación de un Sistema de Control de Calidad QA/QC en el proceso de análisis de muestras geológicas ya que actualmente no existe mucha información al respecto, en tal sentido el presente trabajo de investigación brindará a la empresa una herramienta que le permitirá tener una mejora en el proceso de análisis de muestras geológicas y un nivel de confianza de las muestras lo que permitirá tener una mejor información para la estimación de recurso de yacimiento.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

La información geológica de una empresa privada es limitada por lo

que se realiza en base a cinco meses de estudio, por lo que los resultados solo son relativos y se pueden usar como guía para futuros proyectos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.2 Antecedentes internacionales**

Minera Bre-X (Borneo-Indonesia), en el que difundieron que encontraron 6.500 toneladas de oro, casi el 8% de las reservas mundiales de oro, la cual generó crisis económica, desplome de las bolsas mundiales en las que se transaban compañías mineras y de exploración, reducción de la exploración minera en el mundo, preparación de nuevas regulaciones y recomendación de nuevas prácticas y consecuencias de esto se crean códigos que proporciona un sistema para la categorización de las estimaciones según la confiabilidad en las consideraciones geológicas, mineras y técnico económicas. Establece los requerimientos mínimos de calificación para personas competentes, entrega una lista de resumen de los principales criterios a ser considerados al preparar

reportes sobre resultados de exploración, recursos y reservas mineras; establece un lenguaje específico para reportar resultados de exploración y de estimaciones de recursos y reservas mineras; establece estándares mínimos para el reporte público de resultados de estimaciones de recursos y reservas mineras.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Soto (1997), en su investigación titulada “Estudio estadístico para la validación del muestreo geoquímico”, nos manifiesta que al desarrollar una metodología de campo que permita validar el muestreo estándar de mina a través de la comparación con un muestreo realizado en condiciones ideales, y por otro lado realizar un análisis estadístico con el fin de cuantificar las diferencias entre ambos métodos de muestreo. Sobre el método desarrollado se concluyó que es útil y de fácil aplicación en minas de pequeña y mediana escala. Sobre la cuantificación de las diferencias, se encontró que éstas aumentan proporcionalmente a la concentración de Au en el cono de detritos. Además, se encontró que en el muestreo de conos de alta ley (mayor a 2,00 ppm de Au) no existe correlación entre el muestreo estándar y el muestreo ideal. Se propone aquí que la causa para esta falta de correlación encontrada se debe a la presencia de oro grueso en los rangos de alta ley, lo que produce el llamado efecto pepita (nugget effect).

Nos manifiesta también Soto (1997) que todos los cálculos, tablas, test y gráficos presentados en este estudio fueron realizados

con los programas Excel 2003 (Microsoft Office) y Statistica 7.0 (StatSoft Inc). Prácticamente todos los análisis estadísticos realizados en esta investigación están enfocados al estudio de datos pareados. En base a esto, los procedimientos estadísticos comienzan con la confección de diagramas de dispersión, el cálculo de la regresión lineal, los coeficientes de correlación y la estadística descriptiva de los datos. Para visualizar y comprender mejor el comportamiento de los datos se efectuaron también gráficos de Box & Whiskers (Hoaglin, 2003; Oyhantçabal, 2004). La identificación de outliers, debido a que tratamos con información pareada, se efectuó de manera visual sobre los diagramas de dispersión, gráficos de Box & Whisker y/o sobre cálculos realizados sobre los valores de la variable diferencia, (obtenida restando los datos pareados de cada conjunto) representados en gráficos de Box & Whiskers (Isaaks y Srivastava, 1989; Seo, 2006; Wellmer, 1998). En los casos de identificación positiva de outliers, se los elimina de la base de datos y se vuelven a calcular los parámetros y a graficar los datos.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

CCAMA H (2017) otro antecedente es el proyecto de la tesis intitulada “Aplicación del QA/QC en el proceso geológico, para validar la estimación de recursos y reservas, de la unidad operativa Chungar” presentada por M. CCAMA H. donde se describe el Control de Calidad.

El aseguramiento de la calidad actúa desde el inicio del proyecto hasta minimizar o eliminar las fuentes de error, mediante un conjunto de actividades sistemáticas que garantizan que la operación alcance un grado aceptable de calidad.

Grupo Milpo (2009), 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 realización de operaciones de control, con el fin de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar oportunamente sus medidas correctivas mediante la aplicación de los siguientes controles:

Evitar ingresar errores considerables a la base de datos usados para la estimación de recursos y reservas.

Determinar que los errores analíticos y de muestreo sea aceptable dentro de estándares establecidos.

Garantizar la precisión y exactitud de la información para garantizar el grado de confiabilidad en la estimación de recursos y que ésta pueda ser confirmada por otros laboratorios.

De esta manera seleccionar muestras de mineral con leyes estándares, enviados a un laboratorio externo de prestigio, para que esta lo analice y a su vez envíe a otros laboratorios que lo analicen, con el fin de obtener el comparativo de las leyes que está evaluando.

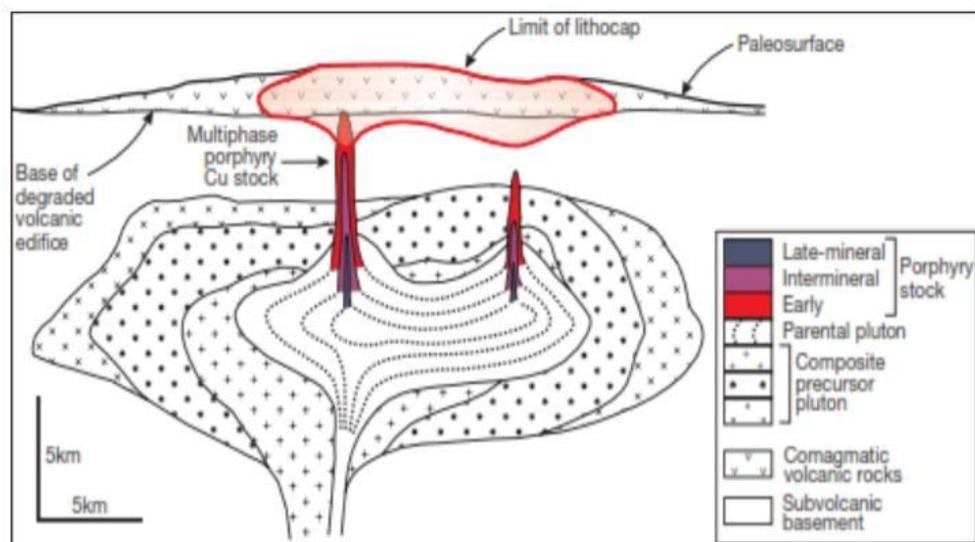
## 2.2. Bases teóricas - científicas

### 2.2.1. Relaciones pórfidos - skarn

La relación intrínseca que existe entre las intrusiones multifásicas de niveles batolíticos (diorítica- granito) y los plutones precursores son determinantes para la generación de depósitos como rocas hospedantes; los plutones precursores con respecto a los stocks del pórfido pueden estar separados por un lapso de tiempo de 1 a 2 ma. o menos, ellos son considerados como de media a alta cristalización de la corteza, y varían de magmas máficos a félsicos que asciende desde un reservorio más profundo para desarrollar un sistema pórfido skarn.

**Figura 1**

*Relación espacial de los stocks porfiríticos, magmas parentales, y los plutones precursores. Ref (tesis UNDAC – Wilfredo Muñoz)*



### **2.2.2. Criterios de reemplazamiento del skarn**

- Restos de la roca caja inicial.
- Contactos netos cortantes.
- Tamaño de grano grueso (> 1 mm).
- Zonación mineralógica y geoquímica.
- Mineralogía característica (granates, piroxenos, etc).
- Preservación y continuidad de las estructuras.
- Geoquímica isotópica (desequilibrio).

### **2.2.3. Pórfido asociado**

Los pórfidos son formados por procesos magmáticos-hidrotermales, caracterizados en muchos casos por la presencia de minerales de mena como los sulfuros y los óxidos, en venillas y diseminados, la alteración presente en los pórfidos suele ser pervasiva y zonada de acuerdo con el tipo de alteración, la relación tectónica se da a través de zonas de subducción y arcos de isla. Los pórfidos pueden clasificarse de acuerdo al metal económico como de Au-Cu-Mo-W-Sn, y los tamaños varían desde el Cu>Mo>Au>Sn>W.

En condiciones específicas los pórfidos se relacionan a magmas de composición andesítica a dacítica, los mismos que tienden a formar los pórfidos económicos, además este magmatismo tiene que ser

calcoalcalino o alcalino; para que un magma sea considerado fértil tiene que contener un 4% de agua aproximadamente dentro de su composición, esta característica es determinada por la presencia de fenocristales de hornblenda.

En los pórfidos los controles magmáticos sobre los elementos de mena, están en función del grado de evolución composicional, fraccionación y estado de oxidación, los pórfidos económicos son asociados con magmas relativamente oxidados y poco evolucionados, siendo un magma evolucionado aquel que se ha formado lejos del manto y de sus elementos compatibles; el grado de oxidación de un sistema químico está determinado por la presencia del  $Fe^{+3}$ , el cual se encuentra en la magnetita, el  $Fe^{+2}$  denota el estado de reducción y está relacionado a la ilmenita. La reducción de un magma oxidado se da cuando este reacciona con rocas básicas, es decir rocas carbonatadas, carbón, u otro material orgánico, además si la corteza por la cual asciende el magma contiene paquetes de rocas ricas en materia orgánica estos se van a reducir a través de su recorrido.

#### **2.2.4. Metamorfismo de contacto**

Se forma a partir de aureolas adyacentes al plutón a altos gradientes de temperatura, pueden extenderse por kilómetros en ambientes relativamente profundos, en ambientes subvolcánicos a

superficiales el metamorfismo es de menor magnitud; el metamorfismo isoquímico se denomina de contacto, que no es más que la deshidratación y decarbonatación de las rocas sedimentarias como las calizas, margas, lutitas, etc. El tiempo de formación del metamorfismo isoquímico varía de 1,000 a 10,000 años, en esta fase no hay circulación de fluidos y solo la temperatura juega un papel importante en su formación. Como característica mecánica de la roca, esta disminuye su permeabilidad y volumen, pero aumenta su fragilidad haciendo que sea susceptible a una porosidad secundaria.

Las etapas de metamorfismo son esencialmente estériles de minerales de mena, pero al parecer es una etapa de formación temprana de minerales, en el caso de los hornfels calcáreos estos son fácilmente fracturados durante la adaptación estructural ocurrida en el emplazamiento de magma o debido a la pérdida de volátiles, esto genera un incremento en la porosidad.

Los calcosilicatos formados durante el metamorfismo de contacto, reflejan los componentes de los protolitos originalmente sedimentarios; en muchos casos las impurezas dominantes de los mismos son el magnesio y el aluminio, y los minerales calcosilicatos resultantes son la grosularita y diópsido; los protolitos sedimentarios ricos en hierro, forman rocas metamórficas con calcosilicatos ricos en hierro; la distinción de los calcosilicatos de origen metamórfico y de origen metasomático es muy compleja, en algunos casos el criterio usado para su diferenciación dada la complejidad, está dado a partir del número de fases de formación.

Las reacciones entre la fase metamórfica y la fase metasomática en los depósitos del tipo skarn son importantes porque los minerales metamórficos son sobreimpuestos y alterados por el metasomatismo tardío, las asociaciones mineralógicas pueden conducir a un mejor entendimiento de las condiciones generales de presión y temperatura del sistema en la formación temprana de skarn, y a entender la distribución termal y patrones de flujo de fluidos en aureolas de contacto. Las reacciones metamórficas involucran solamente cambios en la cantidad de componentes volátiles presentes en la roca, como son el O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, y están en función de las condiciones de presión, temperatura y la fugacidad de estos componentes volátiles.

#### **2.2.5. Practica actual del qa/qc**

Se sigue los lineamientos de un protocolo de Control de Calidad, que comprende aquellas acciones sistemáticas y preestablecidas orientadas a elevar el nivel de la confianza de un programa de exploración, el Control de la Calidad abarca los procedimientos rutinarios seguidos para monitorear la calidad, que 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. La aplicación del QA/QC recopiló las propuestas de hasta siete consultores internacionales distintos, quienes coinciden en recomendar en promedio un 20 % de muestras de control, entre blancos,

duplicados, estándares y gemelos.

En la tabla 1 se muestra la proporción acostumbrada de cada tipo.

Se observa que las únicas muestras de control, a nivel del muestreo primario, son las muestras gemelas; vale decir sólo el 2% del 20% total recomendable.

**Tabla 1**

*Proporciones Actuales de muestras de control. Ref (Ppt QA/QC – Rosmery Delgado)*

<b>PROPORCION ACOSTUMBRADA DE MUESTRAS DE CONTROL</b>		
<b>Tipo de control</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>% Adecuado</b>
Muestras gemelas (duplicado de campo)	1 de 30 a 50	2%
Duplicados Gruesos	1 de 30 a 50	2%
Duplicados de Pulpa	1 de 30 a 50	2%
Estándar Bajo	1 de 20 alternadamente	2%
Estándar Medio		2%
Estándar Alto		2%
Blancos Gruesos	1 de 30 a 50	2%
Blancos Finos	1 de 30 a 50	2%
Duplicados Externos	1 de 20	4%

De acuerdo al protocolo de trabajo se cuenta con un programa de inserción de muestras, generalmente los lotes son menores a 60 muestras en diamantina y menores a 40 muestras en mina muestreo por canales.

**Tabla 2***Porcentaje de Inserción ref (Ppt QA/QC – Rosmery Delgado)*

<b>Porcentaje de Inserción de Muestras Control</b>				
<b>Tipo de Control</b>		<b>% Frecuencia mínima</b>	<b>% Mínimo</b>	<b>Tipo de Evaluación</b>
Muestras Gemelas	<b>MG</b>	5% del total de muestras	<b>5%</b>	Precisión en la actividad de muestreo
Duplicados Gruesos (Rechazos)	<b>DG</b>	2% del total de muestras	<b>2%</b>	Precisión en la actividad de sub-muestreo y cuarteo
Duplicados fino (Pulpas)	<b>DP</b>	2% del total de muestras	<b>2%</b>	Precisión en la etapa analítica de laboratorio.
Estándar Bajo	<b>EB</b>	1 en 20 alternadamente, en el 6% de total de muestras.	<b>6%</b>	Evalúa la exactitud analítica de laboratorio Primario
Estándar Medio	<b>EM</b>			
Estándar Alto	<b>EA</b>			
Blancos Gruesos	<b>BG</b>	2% del total de muestras	<b>2%</b>	Contaminación en la etapa de preparación de muestras
Blancos Finos	<b>BF</b>	2% del total de muestras	<b>2%</b>	Contaminación en la etapa de análisis de muestras
Controles Externos	<b>CE</b>	1 en 20 alternadamente	<b>5%</b>	Evalúa la exactitud del Laboratorio Primario en comparación con un Laboratorio Externo

**2.2.6. Definiciones para el control de la calidad****Muestra gemela**

Se obtienen al realizar un canal paralelo sobre el área donde previamente se ha colectado una muestra (Ver figura N°1), o al dividir por la mitad las muestras de testigo diamantino, de modo que una representa la muestra original, y otra la muestra gemela; ambas deben ser muestreadas bajo las mismas condiciones, ser preparadas en el mismo laboratorio y analizadas con diferente número en el mismo lote.

Las muestras gemelas se usan para evaluar el error de muestreo.

## **Figura 2**

*Muestra diamantina cortada por la mitad Ref tesis UNSA (Mary Ccama).*



### **Duplicados gruesos (o de preparación)**

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 el error de cuarteo o sub-muestreo.

### **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.

#### **Duplicados de pulpa (o duplicados internos)**

Son duplicados de muestras ordinarias previamente pulverizadas, 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.

#### **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.

#### **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.

### **Figura 3**

*Estándares. (Unidad minera Raura)*



### **Duplicados externos**

Son duplicados de muestras ordinarias previamente pulverizadas, que son reanalizados en el laboratorio secundario. Estas muestras son utilizadas para evaluar la exactitud analítica del laboratorio primario, de modo complementario a los estándares.

### **Pruebas granulométricas**

Como parte de los controles externos también se debe solicitar al laboratorio secundario que realice chequeos granulométricos a una parte de las pulpas, con el fin de chequear la calidad de la pulverización en el laboratorio primario.

## **2.2.7. Conceptos básicos para evaluación de 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.

Para los conceptos que se presentan en este capítulo se tomó como referencia a Armando Simón (2010).

### **Precisión**

Es la habilidad de reproducir consistentemente una medición en condiciones similares. Vinculada a errores aleatorios, 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 geológico, 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.

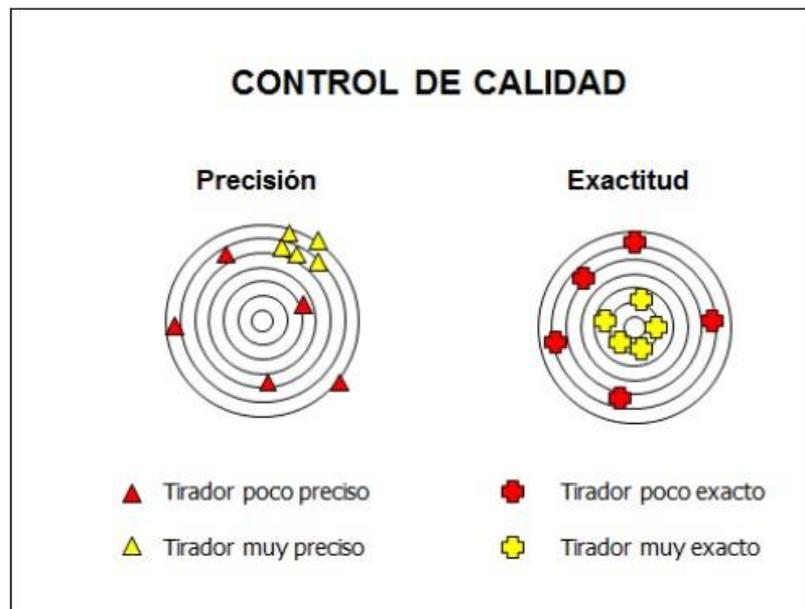
### Exactitud

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 (MV) del estándar para cada elemento en particular.

**Figura 4**

*Precisión vs Exactitud Ref Tesis UNSA (Mary Ccama)*



## **Contaminación**

Es la transferencia involuntaria de material de una muestra o del medio circundante 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, En Resumen.

## Evaluación de precisión

**Figura 5**

*Condiciones para evaluación (Ref. A. Simon 2010)*



Se recomienda enviar las muestras gemelas y duplicados, 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 y los duplicados en los siguientes procesos:

En el muestreo (error de muestreo). A través de muestras gemelas (medio testigo, canales paralelos).

En la preparación o el cuarteo (error de sub-muestreo). A través de duplicados de rechazo grueso (de preparación de cuarteo)

En el análisis (error analítico). A través de duplicados de rechazo fino (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:

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

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

Dónde:

Vo=Valor original Vd.= Valor duplicado

Los valores aceptables de error relativo son:

- Muestras gemelas: ER = 30% (m=1.35)
- Duplicados gruesos: ER = 20% (m=1.22)
- Duplicados finos: ER = 10% (m=1.11)

El método para aplicar para la evaluación de gráficos es el Hiperbólico

GráficoMax-Min ( $y^2 = m^2x^2 + b^2$ )

## Estimación de exactitud

Evaluamos que los resultados de leyes de los estándares en la etapa analítica sean próximos a los valores reales.

En el mismo Laboratorio

A través de estándares certificados, materiales preparados y documentados en condiciones especiales muy controladas por laboratorios de reconocida reputación.

- 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.

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

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

el Sesgo (es un error sistemático), que es una magnitud cuantitativa. La fórmula del sesgo para estándares es:

Dónde:

AV= Representa el promedio de los valores obtenidos en el análisis del estándar. BV=el valor aceptado del estándar.

El gráfico de control 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).

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

### **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.

### 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.

### 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 procedentes y no deben exceder en más de 3 ó 5 veces los límites de detección del elemento.

La tasa de contaminación no debe superar el 2%. Es recomendable mantener la siguiente secuencia:

7	8	9
MUESTRA RICA	BLANCO FINO	BLANCO GRUESO

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.

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Los sondajes**

Son perforaciones que permiten obtener muestras de dichas zonas a profundidades de hasta 1.200m para ser estudiadas y analizadas por lo geólogos. Las técnicas más utilizadas actualmente son la perforación con recuperación de testigos o diamantina y la con recuperación de detritos.

### **2.3.2. Prospección minera**

Desde el punto de vista geológico, es la etapa en la que se buscan minerales aprovechables en una zona determinada. Las técnicas que se usan están basadas en estudios geológicos, o técnicas basadas en geofísica, geoquímica, etc.

### **2.3.3. Exploración minera**

Es la etapa inicial de la actividad minera, consiste en identificar las zonas por donde se ubican los yacimientos de minerales que luego - dependiendo de su dimensión y composición – serán explotados en un proyecto minero.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La evaluación del Control de Calidad influye en labores de planificación a corto plazo de la Unidad minera Raura.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

1) La determinación de las fases de control de calidad influye en labores de planificación a corto plazo de la unidad minera Raura.

2) La evaluación de la efectividad de los procedimientos influye en el control de calidad en las labores de planificación a corto plazo de la unidad minera Raura.

## **2.5. Identificación de las variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

La evaluación del Control de Calidad.

### **2.5.2. Variable dependiente**

Labores de planificación a corto plazo de la unidad minera Raura.

## 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Labores de planificación	Como lo estimamos	Validación confiable
	Muestreo preciso	muestras gemelas
	Preparación precisa	muestras duplicadas
	Análisis Exacto	muestras blancas

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

De acuerdo con su carácter aplicativo la investigación que se lleva a cabo es del tipo de exploratorio.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación es correlacional, porque según los datos obtenidos de las muestras de DDHH y canales se realiza la correlación con los resultados de las muestras de control.

#### **3.3. Métodos de investigación**

Para el presente trabajo de investigación se ha requerido básicamente del análisis muy detallado de la base teórica y antecedentes del depósito, los cuales ayudaron en el entendimiento de la mineralización, la parte más importante consistió en aplicar los conocimientos y técnicas modernas que

nos ayudaron a entender por qué se debe realizar un control de calidad.

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación es descriptivo – analítico. Se describirá todos los procedimientos para realizar el control de calidad además se realizará una descripción de las características geológicas y estructurales del yacimiento cuyo conocimiento es autocorrectivo y progresivo, donde los datos recogidos en campo nos permitirán observar, evaluar y analizar los resultados.

Se recopila los antecedentes e información necesaria, para la elaboración y apoyo en la realización del proyecto de tesis, se procede a la revisión bibliográfica variada referente al tema. Se realizará recolección de datos en campo mediante, trabajos de muestreo interior mina y muestreo de perforación diamantina, supervisión y seguimiento en cada etapa del muestreo, realizando la cadena de custodia durante el proceso geológico y supervisión de trabajos en laboratorio para análisis de muestras.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Las muestras de canal y de perforación diamantina de todo el yacimiento de la unidad minera Raura.

#### **3.5.2. Tamaño de muestra**

El tamaño incluye la revisión de 30 lotes, de ellos 11 correspondientes a las labores de control sistemático (canales) y 19

al muestreo de diamantina, analizados en el laboratorio Minlab-Raura, totalizando 1276 muestras incluidas las muestras de control.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para seleccionar los diferentes datos y muestras, se recolectarán muestras de las perforaciones diamantinas y de muestreo de canales, la recolección estará orientada a las zonas de interés. Donde los datos recogidos en campo nos permitirán observar, evaluar y analizar los resultados.

Se utilizará la base de datos utilizada para el envío de muestras al laboratorio, proporcionados por la empresa para realizar el diagnóstico y poder detectar las desviaciones.

#### **Diagnóstico**

##### **➤ Técnicas**

Utilizaremos el sistema de control de calidad QA/QC para detectar los errores de análisis de muestras geológicas.

##### **➤ Instrumentos de Evaluación**

Una vez obtenido la información de datos se procesará la información, para la realización de la propuesta de mejora.

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Ejecución de estudios de geología, geología estructural, mineralogía, que nos servirá para determinar la calidad propuesta de exploración para el incremento de recursos minerales en el yacimiento, Técnicas analíticas e

interpretación de toda la información obtenida en las diferentes etapas de trabajo.

➤ **Técnica:**

De acuerdo a los resultados obtenidos se elaborará la implementación de un plan de Control QA/QC lo cual nos permitirá ver con más detalle lo que se va a mejorar.

➤ **Instrumentos**

Se hará en base a resultados obtenido del diagnóstico previamente establecido, lo cual para ello se utilizará la estadística descriptiva, en donde obtendrá resultados como media, desviación estándar, etc.

La evaluación se hará con estadística descriptiva, de donde obtendremos la media, moda, desviación estándar, entre otros.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

El tratamiento estadístico del trabajo de investigación se basó en la recopilación, representación y el uso de datos de muestras de control de perforación diamantina y canales sobre una o varias características de interés como son: desviación estándar, mediana, coeficiente de correlación, moda, mediana, rango intercuartílico, sesgo, error relativo. A partir de ellos, tomar decisiones o extraer conclusiones generales. Desde el punto de vista estadístico, un gráfico de control no es más que un test de hipótesis.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción de trabajo de campo**

La Unidad Minera Raura, es una empresa dedicada a la exploración, explotación y tratamiento de minerales polimetálicos con contenidos de plomo, zinc, cobre y plata.

##### **4.1.1. Ubicación.**

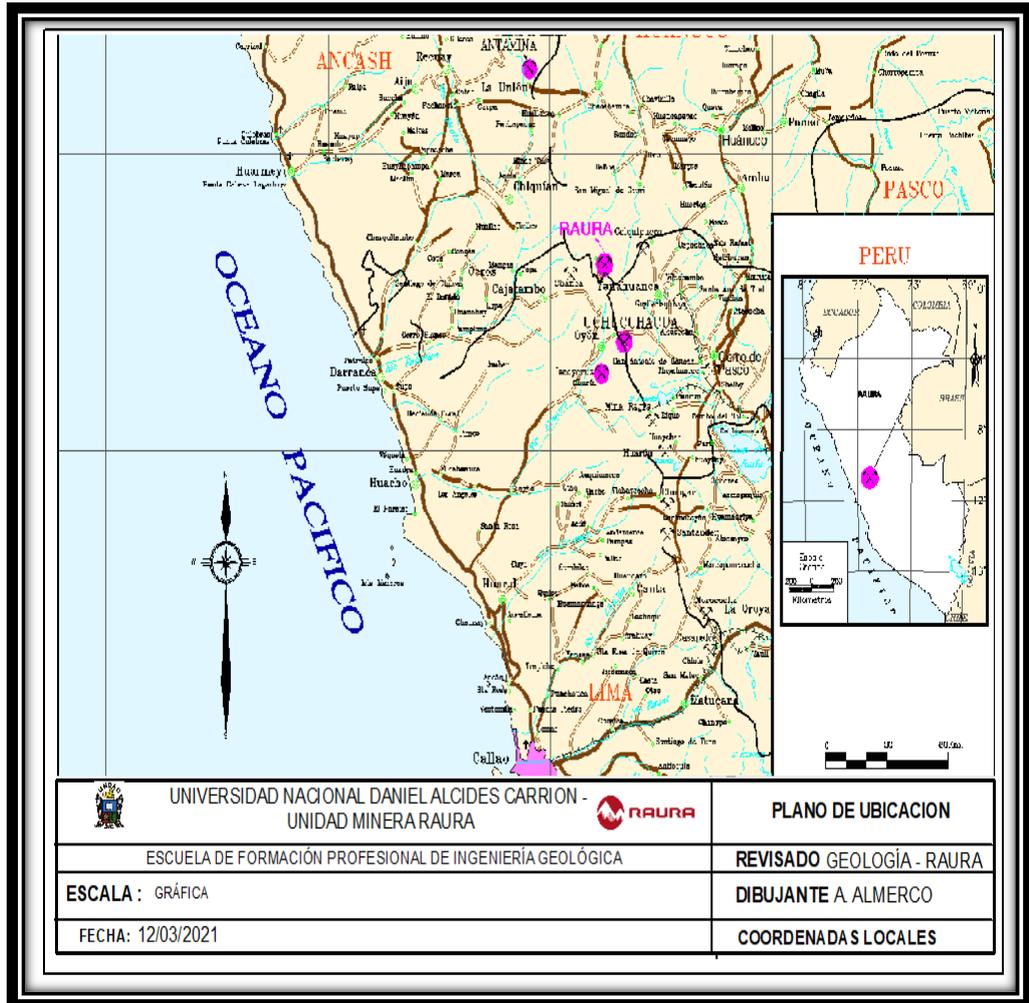
La mina Raura se encuentra ubicado entre:

o Departamento de Huánuco (Provincia de Lauricocha, distrito de San Miguel de Cauri).

o Departamento Lima (Provincia y distrito de Oyón).

o Departamento Pasco (Provincia Daniel Alcides Carrión distrito de Yanahuanca), Tiene una altura promedio de 4,700 m.s.n.m.

**Plano 1**  
*Plano de Ubicación unidad minera Raura*



**4.1.2. Accesibilidad**

La unidad Minera Raura es accesible desde la ciudad de Lima con una longitud de 415 Km la cual se indica a continuación:

**Tabla 3***Vías de acceso Unidad Minera Raura*

<b>TRAMO</b>	<b>Km</b>	<b>TIPO DE ACCESO</b>	<b>CONDICIONES</b>
LIMA-HUACHO	170	ASFALTADA	MUY BUENA
HUACHO-SAYAN	50	ASFALTADA	BUENA
SAYAN-CHURIN	61	AFIRMADA	REGULAR
CHURIN-OYON	74	ASFALTADA	BUENA
OYON - RAURA	60	AFIRMADA	BUENA

#### **4.1.3. Geomorfología**

Los rasgos geomorfológicos de la zona de estudio son el resultado de procesos tectónicos (plegamientos y sistemas de fallas), procesos exógenos (clima, precipitaciones pluviales, escorrentía superficial, etc.) y dada las características de las diferentes unidades litológicas, se tiene como resultado una topografía agreste con zonas accidentadas y deprimidas producto de la acción de los fenómenos meteorológicos presentando también una delgada capa de suelo.

Las estructuras como fallas y pliegues son las principales causantes de la forma del relieve actual, la zona de estudio se encuentra a pie de la cordillera Raura que forma parte de la divisoria de aguas y estribaciones superiores de la cordillera occidental (4800 – 5685 msnm) y en la región puna (4300– 4800 msnm).

La descripción regional de las unidades geomorfológicas se realizó en base a información levantada durante los trabajos de campo y a la información existente.

### **Unidades Geomorfológicas**

Para la definición de las unidades geomorfológicas se consideró 2 grandes grupos: Geformas de carácter tectónico-degradacional. • Geformas de Carácter deposicional. Con este criterio se describe las siguientes unidades geomorfológicas:

#### **Cordillera Raura**

Constituyen las elevaciones topográficas más altas y resaltantes que forman parte de las cordilleras que en la parte superior de sus crestas contienen áreas con glaciares. Esta cadena de cerros en conjunto constituye la Cordillera Occidental y divisoria de aguas, donde se inicia las vertientes de Pacífico y del Atlántico. Estas cadenas de cerros generalmente están modeladas por rocas cretácicas y localmente en rocas volcánicas e intrusivas.

Sus configuraciones topográficas son accidentadas y distribuidas con formas predominantemente irregulares. Las laderas de esta cadena de cerros presentan pendientes variables, predominantemente pronunciadas a abruptas.

## **Valle Glaciar**

Los valles en su mayoría de origen glaciar constituyen las geoformas más resaltantes que existen en el área de estudio, estas han sido modeladas principalmente por los glaciares durante el pleistoceno, y algunos también tienen origen tectónico. En la zona de estudio los valles tienen diferentes orientaciones, siendo los principales: valle de laguna Tinquicocha, valle Gayco, valle Yanco, Shucshapac y otros valles menores como Santa Ana. La mayoría de los valles drenan sus aguas hacia la vertiente del Atlántico y en menor porcentaje hacia el Pacífico.

## **Morrenas**

Esta unidad comprende a geoformas convexas, suaves y alargadas producidas por la acumulación de materiales depositados por acción glaciar durante el Pleistoceno-Holoceno. Corresponde a coluviones de rocas con tamaños decimétricos, que responderían a procesos de desprendimientos, flujos y gelifracción (este último con generación de avalanchas de detritos).

Existen varios tipos de morrena de acuerdo a su posición frente a un glaciar; morrena de fondo es la que se sitúa en contacto con el lecho glaciar; morrena lateral, cuando se sitúa en las orillas o bordes del lecho glaciar; morrena central, formada por la unión de morrenas laterales en la confluencia de dos glaciares en un mismo valle; morrena frontal o terminal, cuando se sitúa en la zona de deshielo del glaciar.

## **Lomadas**

Esta unidad agrupa a las superficies conformadas por lomas (con desniveles menores a 300 m), mesetas y pampas caracterizadas por su modelado suave. Estas superficies se ubican en los márgenes inmediatos a la zona donde existían glaciares, han sido formadas a causa de la alternancia periódica de procesos de hielo y de deshielo, y los efectos de la crioturbación, geliturbación, solifluxión y reptación.

## **Quebradas**

En el área de la mina Raura existen numerosas depresiones por donde drenan las aguas de las lagunas y precipitaciones pluviales; tienen forma de U y localmente en forma de una V. Gran parte de estas geoformas fueron modelados en rocas calcáreas y algunas en rocas volcánicas. Asimismo, se pudo apreciar en algunas quebradas causes escalonados y con pronunciadas huellas del modelado glaciar y que el eje de las quebradas coincide con las trazas de las fallas y/o contacto litológico.

### **4.1.4. Geología regional**

La secuencia estratigráfica en la zona de estudio comprende desde el Neoproterozoico, Paleozoico superior, Mesozoico – Cenozoico y Cuaternario.

El Neoproterozoico está constituido por el Complejo del Marañón

formado por esquistos, filitas y pizarras ubicadas en la parte media y oriental de la Unión y NE de cuadrángulo de Yanahuanca, constituyendo la Cordillera Oriental.

El paleozoico superior está conformado por el Grupo Ambo y Mitu, sobreyaciendo discordantemente sobre el Complejo Marañón, estas unidades no muestran mayor deformación y se les encuentran en amplios sinclinales (Llata y Margos). El Grupo Ambo constituido por areniscas pardo-verdosas y material volcanoclástico, infrayace al grupo Mitu que presenta una secuencia donde se distinguen conglomerados, areniscas rojas y algunas andesitas. El grupo pucará también se presenta en estos sinclinales, así como en los alrededores de los pueblos de Yanahuanca y la Unión.

La Formación Oyón, mayormente constituida por rocas pelíticas y areniscas, representan al Titoniano – Valanginiano. Sobre la Formación Oyón se sitúa el Grupo Goyllarisquizga, mejor desarrollado en la parte central del Perú. A esta secuencia de areniscas y limoarcillitas le suprayacen las formaciones Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín, formadas esencialmente por calizas, margas y limoarcillitas que muestran un adelgazamiento hacia el Este.

El Cretáceo superior-Paleógeno consiste de capas rojas cartografiadas como Formación Casapalca, las que han sido deformadas con igual intensidad que la secuencia cretácica infrayacente. Inmediatamente después se emplazaron las diversas

unidades del Batolito como un plutonismo post-tectónico.

Posteriormente, con el levantamiento andino (Fase Peruana), se acumuló el grupo Calipuy que actualmente forma la cordillera Negra y que consiste mayormente en piroclastos y algunas lavas y aglomerados andesíticos – dacíticos. Durante el Mioceno – Plioceno se han emplazado stocks graníticos y subvolcánicos porfiríticos en rocas del Grupo Calipuy y en las secuencias mesozoicas al Este del Batolito de la Cordillera Blanca, los que están asociados en algunos casos a yacimientos minerales.

La Formación unión representa la erosión pleistocénica de las secuencias cretáceas y se depositó en las depresiones preexistentes que se localizan en La Unión Baños y Rondos.

#### **4.1.5. Geología local**

Las rocas sedimentarias que afloran en los alrededores de la Mina Raura, pertenecen a la secuencia estratigráfica del Cretáceo. Las más antiguas se exponen al suroeste y oeste las cuales pertenecen al Grupo Goyllarisquizga representada por la Formación Carhuaz. A éste sobreyace la Formación Chúlec, Pariatambo. Jumasha y Celendín. La Formación Jumasha ocupa la mayor área aflorante y es la más importante por que alberga los yacimientos mineros.

#### **Fm. Carhuaz (Ki-ca)**

Esta formación yace concordante sobre la Formación Santa y consiste principalmente de limoarcillitas, aunque pueden estar presentes capas de arenisca cuarzosas en la parte central de la unidad. Las limoarcillitas son principalmente de color gris a gris verdosa, con algunas intercalaciones de capas de yeso. Esta secuencia tiene 1000 m. de potencia aproximadamente y la morfología que caracteriza a esta formación es más suave en relación a las unidades adyacentes. La Formación Carhuaz es considerada de edad Hauteriviana – Barremiano.

#### **Fm. Chúlec (Ki-ch)**

La Formación descansa concordantemente sobre el Grupo goyllarisquizga. Litológicamente consiste de calizas y margas. Las calizas son macizas con costras amarillas alteradas en capas de 1 m de espesor. En la región de la cordillera de Huayhuash tiene una potencia de 50 m. Según los fósiles encontrados en la formación chúlec se le atribuye una edad correspondiente al cretáceo inferior (Albiano medio).

#### **Fm. Pariatambo (Ki-pt)**

La Formación pariatambo descansa concordantemente sobre la Formación chúlec e infrayace a la Formación Jumasha. Consiste principalmente de margas de color marrón oscuro y calizas marrón oscuras que tiene un olor fétido y se presenta en capas delgadas. Esta formación tiene una potencia de 100 m que se mantiene

regularmente constante, pero hacia el eje de la cuenca es ligeramente más grueso, alcanzando una potencia de 500 m. en la zona de la Cordillera de huayhuash. Esta formación contiene una fauna abundante, perteneciente al Cretáceo inferior (Albiano medio).

### **Fm. Jumasha (Ks-jm)**

Sobreyace concordante a la Formación pariatambo e infrayace concordante a la Formación Celendín. El grosor en algunas zonas excede los 1000 m aproximadamente. Según su litología presenta una estratificación regularmente maciza de calizas grises en estratos de 1 a 2 m. La Formación Jumasha constituye una de las unidades más importantes y características en los andes centrales. Se ha observado que se conservan en los núcleos de los sinclinales y forman cadenas de elevaciones muy conspicuas, tal como la Cordillera de Huayhuash. Las calizas se describen como micritas y biomicritas con una buena proporción de material limoarcilloso. La Formación Jumasha es pobremente fosilífera, pero su rango va del Albiano superior al Turoniano (Cretáceo superior). En los alrededores de la mina afloran las calizas de esta formación, en contacto con las Formación Carhuaz, por sobrecurrimiento, los estratos de la Formación Jumasha presentan un rumbo en el sentido de plegamiento regional N030W. Por efecto de la intrusión granodiorítica, las calizas presentan diferentes grados de alteración que va de calizas frescas a granatización (Skarn) pasando por marmolización, silicificación y epidotización. Fm. Celendín (Ks-ce)

Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Jumasha e infrayace a la Formación Casapalca, estableciéndose un pase rápido de una secuencia netamente marina a las capas rojas continentales. La formación

consiste en calizas margosas nodulares, pobremente estratificadas, algo homogéneas con presencia de fósiles, con coloración amarillo-grisácea. Se intercalan con las calizas, estratos de limoarcillitas grises y margas. A la formación celendín se le encuentra en los núcleos de sinclinales de rumbo NO-SE que se ubican en la Cordillera de Raura. Se le define una potencia de 500 m. aproximadamente, aflorando al noreste de la falla Chonta. La fauna presente en la Formación Celendín es indicativa del Coniaciano al Santoniano (Cretáceo superior).

### **Fm. Casapalca (KsT-ca)**

Sobreyace concordantemente a la Formación Celendín. Su afloramiento se le encuentra al este de la falla Chonta en estructuras sinclinales y un frecuente contacto fallado con las areniscas del Cretáceo inferior. La litología consiste de areniscas rojas friables, margas, lodolitas y conglomerados que tienen un color rojo característico. Puede llegar a tener un grosor de 600 m. aproximadamente. También se observan areniscas y lodolitas rojas, siendo de aguas deltaicas de poca profundidad o depósitos continentales. A la unidad de capas rojas continentales y en base a las algas carofitas se le asigna una edad Cretáceo superior posterior al Paleógeno temprano.

### **Volcánico Raura (T-vr)**

El Volcánico Raura está compuesto de flujos riolíticos y tobas litocristalinas de composición dacítica a riodacítica (Uribe, E., Zapana, E., 2012). Esta unidad local aflora al parecer en contacto erosivo sobre las calizas Jumasha. Se ubican en la zona SE de la Unidad Minera, asimismo en

la zona central del cuerpo mineralizado se encuentra en contacto con las rocas intrusivas granodioríticas. La edad aproximada de estas rocas volcánicas data del Mioceno.

### **Depósitos Morrénicos (Q-mo)**

En la microcuenca Putusay y en la zona de Nieve Ucro se presentan tanto morrenas laterales como terminales, las cuales están constituidas por material grueso en una matriz fina. Los depósitos morrénicos se consideran como el resultado de la glaciación pleistocénica y se diferencia de los depósitos morrénicos recientes por presentar formas de crestas o depósitos alargados e inconsolidados.

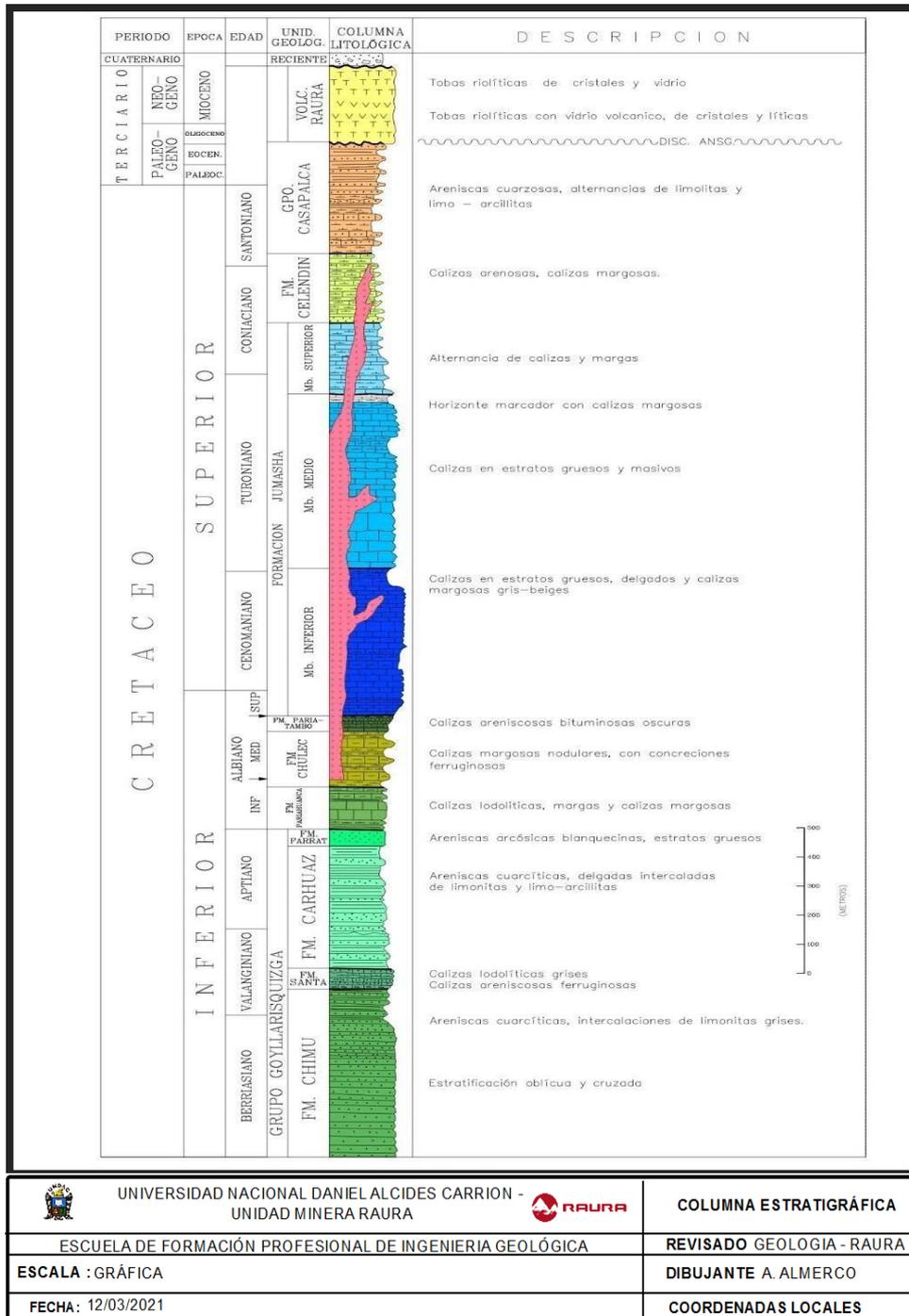
### **Depósitos Coluviales (Q-co)**

Los depósitos coluviales están compuestos por fragmentos angulosos que se acumulan regularmente en los taludes adyacentes a los macizos rocosos, con tamaño y formas variables dependientes de la roca madre. En algunas zonas se evidencian fragmentos angulosos con fracciones de limoarcillas y arena distribuidos irregularmente.

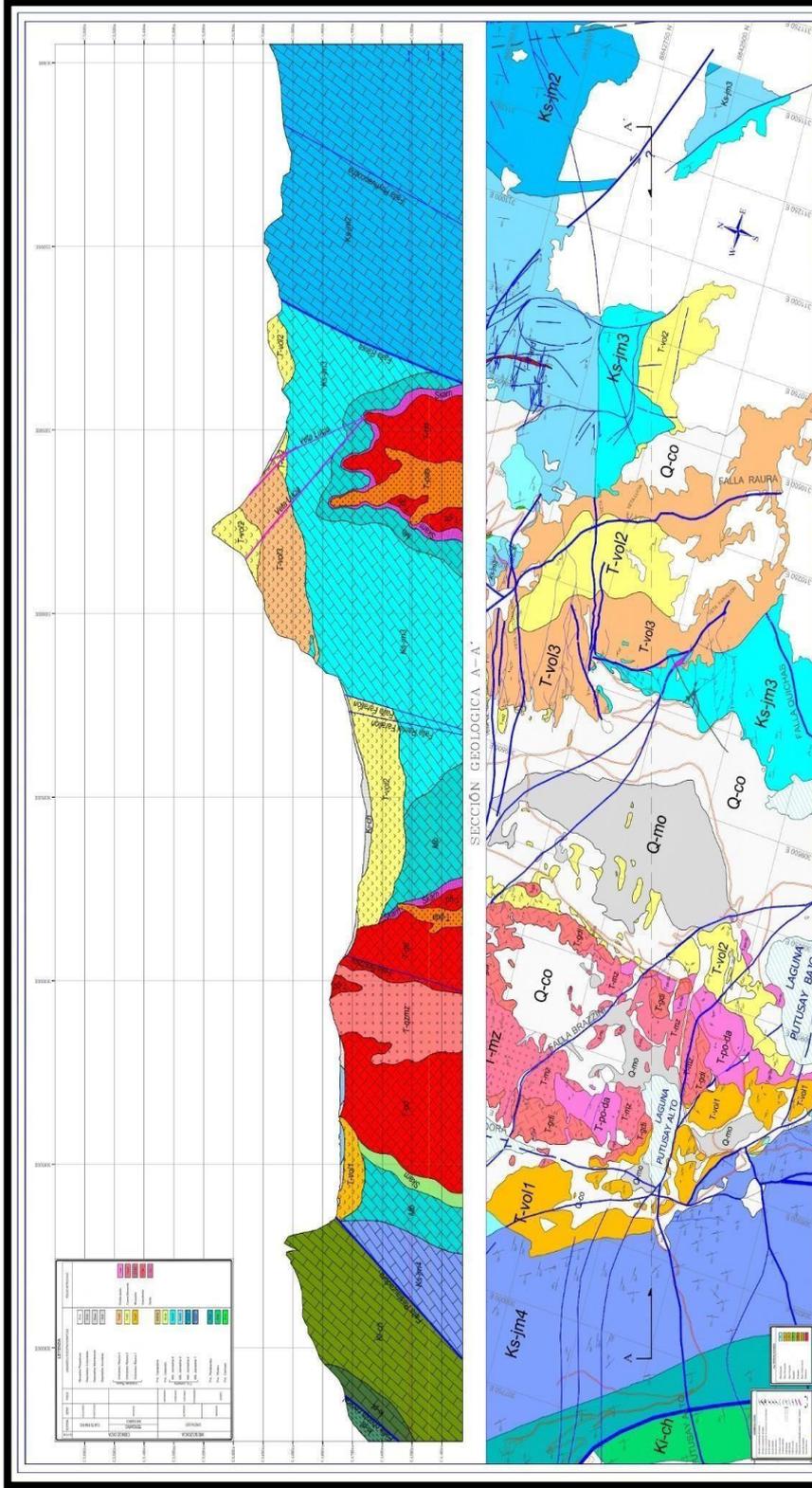
### **Rocas Intrusivas**

En la Unidad Minera Raura se encuentra un stock de 6 km<sup>2</sup> que se emplazó dentro del anticlinal que corta las calizas Jumasha, las que han sido alteradas en el contacto, formándose el proceso de marmolización. El intrusivo es complejo, tiene un marcado diaclasamiento planar paralelo al techo de la intrusión el cual se aproxima a roca volcánica. El material pseudo volcánico es cortado por diques de diorita y pórfido dacítico, además ha sido

cortado por un cuerpo de tonalita que contiene pirita diseminada.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION - UNIDAD MINERA RAURA		<b>COLUMNA ESTRATIGRÁFICA</b>
	ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA	REVISADO GEOLOGIA - RAURA	
	ESCALA : GRÁFICA	DIBUJANTE A. ALMERO	
	FECHA : 12/03/2021	COORDENADAS LOCALES	



 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION - UNIDAD MINERA RAURA</p>	<p><b>SECCIÓN GEOLÓGICA UNIDAD MINERA - RAURA</b></p>
<p>ESCALA : GRÁFICA</p>	<p><b>REVISADO GEOLOGIA - RAURA</b></p>
<p>FECHA: 12/03/2021</p>	<p><b>DIBUJANTE A. ALMERCO</b></p>
	<p><b>COORDENADAS LOCALES</b></p>

#### 4.1.6. Geología estructural

En la Unidad Minera Raura se han reconocido tres fases de plegamiento producto del proceso tectónico compresional, y entre cada periodo hubo un proceso tensional a lo largo del eje SW-NE. La zona de estudio está controlada por el sistema de fallas de la Cordillera Blanca.

Teniendo como patrón estructural la cadena de montañas de los Andes centrales, en el cretácico superior (fase Inca) se dieron etapas de plegamiento, fallamiento y plutonismo como producto de los esfuerzos de compresión (SW-NE) en la zona de Raura. Las estructuras principales de plegamientos están representadas por el anticlinal Santa Ana y el sinclinal Caballococha que son los más importantes del área, con rumbo N 020-030 W, produciendo fallas y sobre escurrimientos en la misma dirección, siendo la falla Chonta la que representa este evento, colocando en contacto a las arenisca y cuarcitas del Grupo Goyllarisquizga con las calizas de la Formación Jumasha.

Se han producido varios sistemas de fracturación N65° - 80°W (vetas Gianina, Abundancia, Roxana, Torre de Cristal, Flor de Loto). El fallamiento local en bloques es un patrón estructural importante en la zona de Catuva. Dos sistemas de fallas regionales de gran ángulo están cortando y atravesando las calizas Jumasha:

- **El primer sistema N-NW, 70° SW**, el más antiguo, inverso y

longitudinal, controla aparentemente los stocks elongados de granodiorita y de monzonita de 10 Ma. Las fallas principales son Restauradora, Raura, Caballococha, Chonta y Gayco.

**El segundo sistema W-NW, 70° SW**, el más reciente, transversal, sinistral y tensional, aloja a los diques pórfido cuarcíferos, que espacialmente están asociados a los cuerpos de skarn de Zn-Pb (Ag, Cu) tales como Ofelia y Cobriza y vetas polimetálicas, respectivamente. Sin embargo, algunas fallas longitudinales de gran ángulo y de pocos metros de desplazamiento inverso, como las fallas Raura y Restauradora, se comportan tan igual que las fallas transversales controlando tanto el cuerpo de skarn de Zn-Pb como el cuerpo Balilla y el gran cuerpo Niño Perdido - Catuva - Betsheva - primavera, respectivamente (Golder Associates, 2012).

Cabe mencionar que la falla Flor de Loto de sentido SW-NE, ubicada en la parte noroeste de la zona de estudio, es una de las estructuras geológicas principales de Raura. Su potencia en interior mina se logra apreciar en galerías de mayor profundidad, cortando principalmente a las calizas de la Formación Jumasha y Celendín. Al parecer, es un nexo en toda la red de fallas inversas las cuales transitan flujos subterráneos culminando en Flor de Loto. Estructuralmente, la zona de estudio es compleja, las principales fallas son: Virgen de las Nieves, Matapaloma, Esperanza, Restauradora, Chonta, Puyhuancocha, Raura, Tinquicocha, Santa Rosa, Yerupaja, Brazzini, Putusay Alto, Putusay Bajo y Quichas. Del mismo modo, se ha identificado el Anticlinal Raura y Caudalosa y el Sinclinal Caballococha. Estas fallas de orden regional en algunos casos, juegan un papel importante en la

mineralización de la unidad, mayormente de sentido inverso.

**Tabla N° 4**

*Principales sistemas de fracturación unidad minera Raura.*

Formación Litológica	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
Fm. Jumasha	N319E / 72NE	N345E / 55NE	N027E / 82NW
Intrusivo Dacítico	N030E / 11SE	N282E / 70NE	
Fm. Celendín	N078E / 54SE	N279E / 81NE	
Volcánico Raura	N075E / 33NW	N068E / 61SE	

En la Formación Jumasha se encuentran 3 sistemas principales de fracturación:

El sistema 1, posee una dirección de 319° y un buzamiento de 72° hacia el NE.

El sistema 2, posee una dirección de 345° y un buzamiento de 55 al NE.

El sistema 3, posee una dirección de 027° y un buzamiento de 82 al NW.

El Intrusivo Dacítico posee 2 sistemas principales de fracturación:

El sistema 1, posee una dirección de 030° y buza 11° hacia el SE.

El sistema 2, posee una dirección de 282° y buza 70° hacia el NE.

La Formación Celendín posee 2 sistemas principales de fracturación:

El sistema 1, posee una dirección de 078° y un buzamiento de 54° al SE.

El sistema 2, posee una dirección de 279 y un buzamiento de 81° al NE.

En el macizo rocoso del Volcánico Raura se encuentra 2 sistemas principales de fracturación:

El sistema 1, posee una dirección de 075° y buza 33° hacia el NW.

El sistema 2, posee una dirección de 068° y buza 61° hacia el SE.

La apertura, extensión y frecuencia de las fracturas se convierten en aspectos fundamentales al momento de caracterizar el macizo rocoso y su relación directa con el movimiento del flujo subterráneo. Otro parámetro aún más importante es el tipo de material que rellana las fracturas, ya que de ello depende la cantidad de flujo de agua que circula. Los medios fracturados, se caracterizan por presentar, en superficie, fracturas de mayor frecuencia y de mayor apertura, mientras que en profundidad las fracturas disminuyen su frecuencia y apertura.

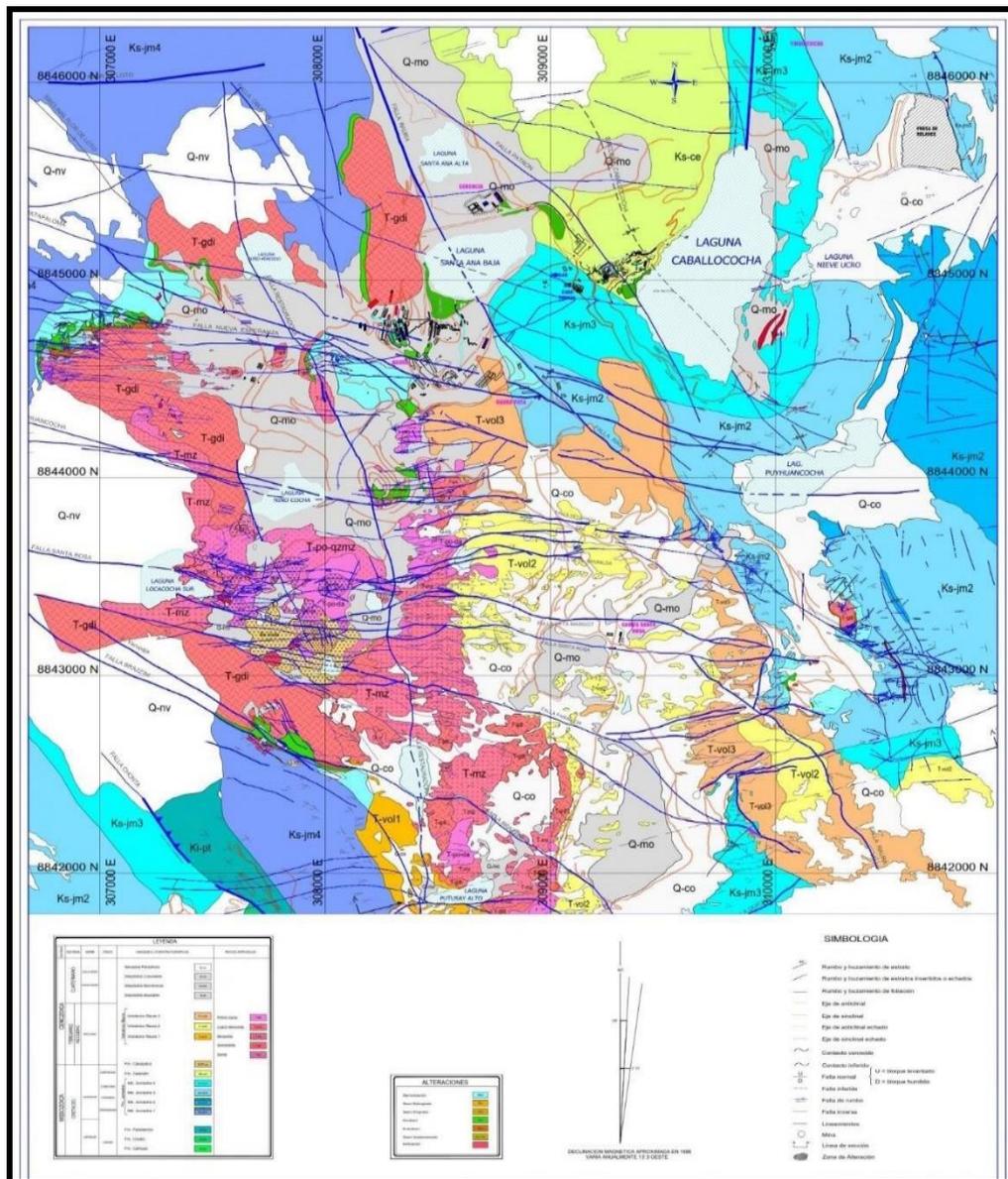
La Formación Jumasha conformado por calizas se caracteriza por presentar fracturas con apertura de 0.5 a 2.5 milímetros y como material de relleno óxidos y poco de finos. Por otro lado, el espaciamiento de las discontinuidades se encuentra en el rango de 0.3 a 1 metro con persistencia de 2 a 16 metros. Cabe mencionar que la Formación Jumasha ocupa una gran extensión en la zona de estudio y es la roca caja de la mineralización, por ende, está fuertemente fracturada y alterada.

El macizo rocoso conformado por las rocas intrusivas de composición dacítica se caracteriza por presentar fracturas con apertura 0.5 a 2.5 milímetros principalmente y relleno de estas compuesto por finos y óxidos. Asimismo, el espaciamiento de las discontinuidades se encuentra en el rango de 0.3 a 3 metros con persistencia menores a 15 metros.

La Formación Celendín conformada por calizas se caracteriza por presentar

estructuras o fracturas con apertura de 0.5 a 10 milímetros rellenas de material orgánico y óxidos, asimismo las discontinuidades poseen un espaciamiento de 0.3 a 1 metros con una persistencia del orden de 1 a 15 metros.

En síntesis, sobre la base de la dinámica estructural de la zona de estudio, el cual comprende de principales fallas, como la falla Flor de Loto, Oblicua, Matapaloma, Santa Rosa, Farallón y Raura son favorables para que exista movimiento del flujo subterráneo desde las partes altas (zonas de nevados)



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN - UNIDAD MINERA RAURA</b> 	<b>PLANO ESTRUCTURAL</b>
	<b>REVISADO GEOLOGÍA - RAURA</b>
	<b>DIBUJANTE A. ALMERCO</b>
<b>SCALA : GRÁFICA</b>	<b>COORDENADAS LOCALES</b>
<b>FECHA : 12/03/2021</b>	

#### 4.1.7. Control de calidad

##### Base de Datos.

En esta etapa se han ejecutado 14 sondajes diamantinos. En mina se ha ejecutado 198 canales. Dichas operaciones han sido llevadas a cabo de acuerdo a los procedimientos establecidos para la toma de muestras, las cuales fueron enviadas al laboratorio para el análisis de Cu%, Pb%, Zn%, Ag (oz/t), As%, Bi%, Sb% y %Fe, incluyendo las muestras de control para Cu%, Pb%, Zn% y Ag (oz/t). Las tablas a continuación reflejan un inventario de toda la información correspondiente a este periodo.

**Tabla 5**

*Resumen de las labores ejecutadas mayo 2019.*

<b>Tipo Sondaje</b>	<b>Periodo</b>	<b>N. Labores</b>	<b>Metros Perforados(m)</b>	<b>Longitud Promedio(m)</b>
<b>Diamantinos</b>	Mayo 2019	14	1527.30	109
<b>Canales</b>	Mayo 2019	198	-	1.20

**Tabla 6**

Resumen de los datos de análisis realizados durante el periodo.

Tipo de Labor	N°	Long Total (m)	Cu (%)			Pb (%)		
			No. Muestras	Min	Max	No. Muestras	Min	Max
Diamantina	14	1527.30	708	0.01	3.09	708	0.01	49.35
			Zn (%)			Ag (oz/t)		
			No. Muestras	Min	Max	No. Muestras	Min	Max
			708	0.01	47.58	708	0.01	22.60
Canales	198	-	Cu (%)			Pb (%)		
			568	0.01	2.49	568	0.04	27.58
			Zn (%)			Ag (oz/t)		
			N°. Muestras	Min	Max	No. Muestras	Min	Max
			568	0.03	29.20	568	0.05	52.15

**Tabla 7**

Resumen de la longitud total perforada y analizada.

Tipo	Metros	Metraje Analizado para:			
		Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (oz/t)
Diamantina	1527.30	✓	✓	✓	✓

<b>Canales</b>	-	✓	✓	✓	✓
----------------	---	---	---	---	---

**Tabla 8**

*Lista de lotes de muestras de diamantina incluidos en este reporte.*

<b>Lote</b>	<b>Fecha de Envío</b>	<b>Fecha de Reporte</b>	<b>No. Total, Muestras</b>	<b>Estatus después CC</b>
1	23/04/2019	24/04/2019	40	OK
2	29/04/2019	30/04/2019	36	OK
3	30/04/2019	01/05/2019	37	OK
4	07/05/2019	08/05/2019	39	OK
5	07/05/2019	08/05/2019	37	OK
6	08/05/2019	09/05/2019	37	OK
7	09/05/2019	10/05/2019	38	OK
8	11/05/2019	12/05/2019	37	OK
9	11/05/2019	12/05/2019	35	OK
10	12/05/2019	13/05/2019	37	OK
11	12/05/2019	13/05/2019	28	OK
12	14/05/2019	15/05/2019	36	OK
13	14/05/2019	15/05/2019	35	OK
14	15/05/2019	16/05/2019	45	OK
15	17/05/2019	18/05/2019	36	OK
16	17/05/2019	18/05/2019	39	OK
17	18/05/2019	19/05/2019	38	OK
18	18/05/2019	19/05/2019	39	OK
19	18/05/2019	19/05/2019	39	OK

**Tabla 9**

*Lista de lotes de muestras de canales incluidas en este reporte.*

<b>Lote</b>	<b>Fecha de Envío</b>	<b>Fecha de Reporte</b>	<b>No. Total, Muestras</b>	<b>Estatus después CC</b>
1	07/05/2019	08/05/2019	25	OK
2	08/05/2019	09/05/2019	61	OK
3	09/05/2019	10/05/2019	59	OK
4	10/05/2019	11/05/2019	60	OK
5	11/05/2019	12/05/2019	47	OK
6	12/05/2019	13/05/2019	38	OK
7	13/05/2019	14/05/2019	47	OK

#### **4.2. Presentación análisis e interpretación de resultados**

##### **4.2.1. Precisión.**

##### **Límite de Detección Práctico**

El límite práctico de detección, se ha evaluado sobre la base de 487 duplicados de pulpa analizados como parte del programa CC, para ello fueron preparados gráficos de Error Relativo vs Valor promedio para los elementos Cu%, Pb%, Zn% y Ag (Oz/t). El límite práctico de detección se determina visualmente, como el valor donde el Error Relativo alcanza aproximadamente el 100 % de error, En este caso hubo variación respecto al límite de detección

establecido por el laboratorio, hubo comportamientos erráticos en este rango de contenidos, por lo que el LPD no coincide con el establecido por el laboratorio. La tabla No. 10 a continuación presenta los valores calculados.

**Tabla 10**

*Límite de detección práctico para Cu, Pb, Zn y Ag. Laboratorio Minlab-Raura.*

<b>Elemento</b>	<b>Unidades</b>	<b>Límite dedetección establecido por el laboratorio</b>	<b>Límite de detección practico (determinado por las pulpas)</b>
<b>Cu</b>	%	0.02	0.025
<b>Pb</b>	%	0.02	0.025
<b>Zn</b>	%	0.02	0.035
<b>Ag</b>	oz/t	0.1	0.14

### **Muestras Gemelas (MG)**

#### ***Diamantina***

En total, fueron insertados 17 muestras gemelas, correspondientes a diamantina, lo cual representa una tasa de inserción de 1.33%. Se prepararon gráficos Max-Min para Cu, Pb, Zn y Ag (Anexo A). No fueron detectados fallos para Pb, fueron detectados 1 fallo para Cu, 1 fallo para Zn y 1 fallo para Ag, resultando una tasa de error de 5.9% para cada uno (Tabla 11). El resultado de la evaluación de estos duplicados de campo se considera dentro del rango aceptable para los elementos determinados si al menos 90 % de

los pares se grafican dentro de los límites de error, evaluados para un error relativo máximo de 30%, consideramos que la varianza de muestreo de sondajes diamantinos durante este periodo está dentro de límites aceptables. para un error relativo máximo de 30%, consideramos que la varianza de muestreo de sondajes diamantinos durante este periodo está dentro de límites aceptables.

### ***Canales***

En total, fueron insertados 10 muestras gemelas, correspondientes a muestreo sistemático, lo cual representa una tasa de inserción de 0.78 %. Se prepararon gráficos Max-Min para Cu, Pb, Zn y Ag (Anexo A). No fueron detectados fallos para Cu y Pb, Fueron detectados 01 fallo para Zn y 01 fallo para Ag, resultando una tasa de error de 10% para ambos (Tabla 11). El resultado de la evaluación de estos duplicados de campo se considera dentro del rango aceptable para los elementos determinados si al menos 90 % de los pares se grafican dentro de los límites de error, evaluados para un error relativo máximo de 30%, a pesar que en el Pb y Zn la tasa de error se encuentra en 10%, estos fallos se encuentran cercanos a la línea límite por lo que consideramos que la varianza de muestreo durante este periodo está dentro de límites aceptables.

### **Duplicados Gruesos (DG)**

#### ***Diamantina y Canales***

Fueron evaluados 28 pares de duplicados gruesos, correspondientes 17 a diamantina y 10 a canales, lo cual representa una tasa de inserción de 2.19%.

Fueron preparados gráficos Max-Min para el Cu, Pb, Zn y Ag (Anexo C). Fueron detectados 1 fallo para la Ag resultando una tasa de error de 3.57 %. No se detectaron fallos para los elementos de Cu, Pb, Zn (Tabla 13). Los resultados de los duplicados gruesos se consideran dentro del rango aceptable para todos los elementos estudiados cuando al menos 90 % de los pares se grafican dentro de los límites de error permisibles, evaluados para un error relativo máximo de 20%. En este caso, podemos afirmar que la varianza o error durante la preparación de las muestras tuvo un comportamiento dentro de los límites aceptables.

### **Duplicados de Pulpas (DP)**

#### ***Diamantina y Canales***

En esta etapa fueron evaluados para canales 27 pares de duplicados finos con su original, lo cual representa una tasa de inserción de 2.12%. Se prepararon gráficos Max-Min para Cu, Pb, Zn y Ag (Anexo B). No fueron detectados fallos para ninguno de los elementos, (Tabla 13). Los resultados de los duplicados de pulpa se consideran dentro del rango aceptable para todos los elementos estudiados cuando al menos 90 % de los pares se grafican dentro de los límites de error permisibles, evaluados para un error relativo máximo de 10%. En este caso, podemos afirmar que la varianza durante el análisis de las muestras tuvo un comportamiento dentro de los límites aceptables.

**Tabla 11**

*Resumen del comportamiento de las Muestras Gemelas-canales y diamantina.*

Tipo Labor	Elemento	Muestras Gemelas		
		Total	Fallos	Tasa de Errores (%)
Diamantina	Cu (%)	17	1	5.9%
	Pb (%)	17	0	0.0%
	Zn (%)	17	1	5.9%
	Ag (oz/t)	17	1	5.9%
Canales	Cu (%)	10	0	0.0%
	Pb (%)	10	0	0.0%
	Zn (%)	10	1	10.0%
	Ag (oz/t)	10	1	10.0%

**Tabla 12**

*Resumen del comportamiento de las Muestras Gemelas-canales y diamantina.*

Mes	DIAMANTINA	CANALES	DIAMANTINA	CANALES	DIAMANTINA	CANALES	DIAMANTINA	CANALES
	Cu Tasa error	Cu Tasa error	Pb Tasa error	Pb Tasa error	Zn Tasa error	Zn Tasa error	Ag Tasa error	Ag Tasa error
Enero	0.0 %	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Febrero	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Marzo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Abril	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mayo	5.9%	0.0%	0.0%	0.0%	5.9%	10.0%	5.9%	10.0%

**Tabla 13**

*Resumen del comportamiento de los Duplicados canales.*

Tipo Labor	Elemento	Duplicados Gruesos			Duplicados de Pulpas		
		Total	Fallos	Tasa de Errores (%)	Total	Fallos	Tasa de Errores (%)
Canales y Diamantina	Cu (%)	28	0	0.0%	27	0	0.0%
	Pb (%)	28	0	0.0%	27	0	0.0%
	Zn (%)	28	0	0.0%	27	0	0.0%
	Ag (oz/t)	28	1	3.6%	27	0	0.0%

**Tabla 14**

*Resumen del comportamiento de los duplicados gruesos y duplicados de pulpa por mes-Canales yDiamantina.*

Tipo Labor	Mes	Duplicados Gruesos				Duplicados de Pulpas			
		Cu Tasa error	Pb Tasa error	Zn Tasa error	Ag Tasa error	Cu Tasa error	Pb Tasa error	Zn Tasa error	Ag Tasa error
Canales y Diamantina	Enero	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Febrero	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Marzo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

## **Exactitud**

### **Materiales de Referencia Certificados (Estándares)**

Durante este periodo, 64 muestras de tres estándares han sido insertadas en los lotes correspondientes 38 a las muestras de diamantina y 26 a las muestras de canales, las cuales han sido analizadas en el laboratorio Minlab-Raura, representando ello una tasa de inserción del 5%. Fueron realizados los Gráficos de Control para Cu, Pb, Zn y Ag en cada estándar y calculadas la Media, Sesgo y Coeficiente de Variación de manera individual (Tabla 15), (Anexo D). A su vez fueron preparados los Gráficos de exactitud global para cada uno de dichos elementos y un ajuste lineal fue llevado a cabo con el fin de determinar la exactitud global de los estándares insertados. Los puntos fueron anotados en el gráfico con los nombres de los estándares (Anexo D). Los parámetros resultantes ( $R^2$ , pendiente  $m$  de la línea de regresión de los mínimos cuadrados, intercepto  $b$ , sesgo general, y el número de outliers) son presentados en la Tabla 16.

Los estándares evaluados presentan una buena exactitud, encontrándose los valores calculados de sesgo en el rango de aceptación ( $\pm 5\%$ ), por tanto, están dentro de lo aceptable.

**Tabla 15***Desempeño individual de los estándares insertados.*

Laboreo	MR	Elemento	Unidad	MV	Media	Muestras	Sesgo	CV
<b>Diamantina Y Canales</b>	ELB	Cu	(%)	0.20	0.2066	21	3.3%	3.2%
	ELB	Pb	(%)	0.97	0.96	21	1.2%	1.6%
	ELB	Zn	(%)	1.53	1.51	21	1.4%	2.0%
	ELB	Ag	(Oz/ tn)	1.19	1.18	21	1.0%	2.4%
	ELM	Cu	(%)	0.56	0.56	22	0.7%	2.7%
	ELM	Pb	(%)	1.82	1.82	22	0.2%	1.9%
	ELM	Zn	(%)	3.42	3.56	22	2.0%	1.3%
	ELM	Ag	(Oz/ tn)	2.73	2.68	22	1.9%	2.6%
	ELA	Cu	(%)	0.77	0.76	21	1.4%	2.3%
	ELA	Pb	(%)	4.54	4.46	21	1.8%	1.8%
	ELA	Zn	(%)	4.26	4.23	21	0.8%	1.7%
	ELA	Ag	(Oz/ tn)	5.02	4.90	21	2.4%	1.7%

**Tabla 16***Exactitud global para Cu, Pb, Zn y Ag (%) en los estándares insertados (ELB, ELM y ELA).*

<i>Tipo Labor</i>	<i>Elemento</i>	<i>N</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>m</i>	<i>b</i>	<i>Sesgo</i>	<i>Atípicos</i>
<b>Diamantina Y Canales</b>	<b>Cu</b>	64	1.000	0.966	0.017	3.43%	0
	<b>Pb</b>	64	1.000	0.978	0.024	2.20%	0
	<b>Zn</b>	64	1.000	0.991	0.013	0.87%	0
	<b>Ag</b>	64	1.000	0.971	0.026	2.89%	0

El gráfico de exactitud global confirma igualmente la buena exactitud del laboratorio en la determinación de los diferentes elementos, dado ello en los altos valores del coeficiente de determinación  $R^2$ , indicando un buen ajuste entre las determinaciones realizadas y el mejor valor de cada estándar, indicando ello que el laboratorio trabaja con una buena precisión.

### **Controles Externos**

Fueron enviados 63 duplicados externos, para ser analizados al laboratorio SGS, los cuales corresponden 31 a diamantina y 32 a mina, los cuales representan una tasa de inserción de 5%.

### **Canales y Diamantina**

La evaluación de los controles externos para canales y diamantina, se sostuvo en los resultados del procesamiento por el método RMA, el cual indicó un buen ajuste de ambos laboratorios para Cu, Pb, Zn y Ag, reflejado ello en los altos valores de  $R^2$  una vez excluidos los valores atípicos, los que resultaron con valores cercanos a 1 en todos los casos. Los valores de sesgo para todos los elementos se encuentran dentro de límites considerados como aceptables, aunque el Cu presenta un sesgo de -6.9% el cual es menor a 10% por tanto los valores calculados indican una buena exactitud. Tabla No.18.

**Tabla 17***Estadística RMA para Controles Externos Diamantina y Canales (mayo 2019).*

<b>Raura – RMA Parámetros – Comprobación de todas las muestras</b>				
<b>Elemento</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>N (total</b>	<b>pares</b>	<b>Sesgo</b>
Cu (%)	0.997	63	63	-9.3%
Pb (%)	0.995	63	63	-0.6%
Zn (%)	0.979	63	63	5.8%
Ag(oz/t)	0.987	63	63	-5.5%

**Tabla 18***Estadística RMA para Controles Externos Diamantina y Canales sin valores atípicos. (mayo 2019).*

<b>Raura – RMA Parámetros – Comprobación de muestras sin valores atípicos</b>					
<b>Elemento</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Aceptados</b>	<b>Atípicos</b>	<b>Atípicos %</b>	<b>Sesgo</b>
<b>Cu (%)</b>	0.999	56	7	11.1 %	<b>-6.9%</b>
<b>Pb (%)</b>	0.995	63	0	0.0 %	<b>-0.6%</b>
<b>Zn (%)</b>	0.991	58	5	7.9 %	<b>1.9%</b>
<b>Ag(oz/t)</b>	<b>0.997</b>	<b>58</b>	<b>5</b>	<b>7.9 %</b>	<b>-4.6%</b>

### **Contaminación (Blancos Gruesos. Canales y Diamantina)**

Fueron insertados 29 blancos gruesos correspondientes 11 a mina y 18 a diamantina, lo cual representa una tasa de inserción de 2.27%. Fueron preparados Gráficos de Blancos para el Cu, Pb, Zn y Ag (Anexo E). No fue detectada ninguna muestra contaminada para ninguno de los elementos. Las tasas de contaminación están dentro de lo aceptable para Cu, Pb, Zn y Ag, por lo tanto, se afirma que no hubo contaminación significativa durante el proceso de preparación de las muestras en el laboratorio de Raura.

**Tabla 19**

*Resumen de los Blancos Gruesos. Mayo 2019*

<b>Tabla resumen de Blancos Gruesos MINA-DDH-mayo 2019</b>								
<b>Elemento</b>	<b>N° de blancos</b>	<b>Unid.</b>	<b>Max Previo</b>	<b>Max Blanco</b>	<b>Límite de detección</b>	<b>Límite máximo</b>	<b>Cont.</b>	<b>Tasa de cont.</b>
<b>Cu</b>	<b>29</b>	<b>%</b>	<b>8</b>	<b>0.010</b>	<b>0.025</b>	<b>0.125</b>	<b>0</b>	<b>0.0%</b>
<b>Pb</b>	<b>29</b>	<b>%</b>	<b>14</b>	<b>0.060</b>	<b>0.025</b>	<b>0.125</b>	<b>0</b>	<b>0.0%</b>
<b>Zn</b>	<b>29</b>	<b>%</b>	<b>33</b>	<b>0.090</b>	<b>0.035</b>	<b>0.175</b>	<b>0</b>	<b>0.0%</b>
<b>Ag</b>	<b>29</b>	<b>oz/tn</b>	<b>55</b>	<b>0.100</b>	<b>0.14</b>	<b>0.7</b>	<b>0</b>	<b>0.0%</b>

## Tabla 20

*Resumen de Tasa de contaminación de los Blancos Gruesos por mes.*

Tabla resumen de Blancos Gruesos por mes (MINA-DDH)				
Mes	Tasa de contaminación			
	Cu	Pb	Zn	Ag
Enero	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Febrero	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Marzo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Abril	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mayo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

### **Blancos finos.**

Durante los meses de enero, febrero, Marzo Abril y mayo fueron insertados un total 28 blancos finos, lo que representa una tasa de inserción de 2.19%, de estos 17 corresponde a diamantina y 11 a mina. Fueron preparados Gráficos de Blancos para el Cu, Pb, Zn y Ag (Anexo F). No fue detectada ninguna muestra contaminada, por lo cual se afirma que no hubo contaminación significativa durante el proceso de análisis de las muestras en el laboratorio de Raura.

**Tabla 21***Resumen de los Blancos Finos - mayo 2019.*

Elemento	N° De blancos	Unidades	Max Previo	Max Blanco	LPD	Limite} Max	Tasa de contaminación
Cu	28	%	8	0.020	0.025	0.075	0.0%
Pb	28	%	14	0.020	0.025	0.075	0.0%
Zn	28	%	33	0.020	0.035	0.105	0.0%
Ag	28	oz/t	55	0.100	0.14	0.42	0.0%

**Tabla 22***Resumen de Tasa de contaminación de los blancos Finos por mes.*

<b>Tabla resumen de Blancos Finos por mes (MINA-DDH)</b>				
<b>Mes</b>	<b>Tasa de contaminación</b>			
	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Ag</b>
<b>Enero</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>
<b>Febrero</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>
<b>Marzo</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>
<b>Abril</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>
<b>Mayo</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.0%</b>

### *Densidad Aparente*

Se ha actualizado la base de datos de muestras de densidad correspondientes a muestras de mano y muestras de DDH, a la fecha contamos con 666 muestras que incluyen 397 de mineral y 269 de caja. Los valores de D.A son los siguientes:

**Tabla 23**

*Resumen de densidad aparente.*

SECCION	ESTRUCTURA	DENSIDAD		VALOR DA MINERAL (g/cm <sup>3</sup> )	VALOR DA CAJA (g/cm <sup>3</sup> )
		MINERAL	CAJA		
CATUVA	BALILLA 200_215	14	12	3.53	3.02
CATUVA	BALILLA NORTE	4	4	3.30	2.96
CATUVA	BETSHEVA	8	4	3.38	2.82
CATUVA	PRIMAVERA	1	2	3.97	3.19
CATUVA	HALLEY TECHO	1	2	3.79	3.17
CATUVA	HALLEY PISO	2	1	3.19	2.85
ESPERANZA	ESPERANZA	15	12	3.32	2.99
ESPERANZA	FLOR DE LOTO	37	27	3.14	3.03
ESPERANZA	TOROMINA 3	1	1	3.31	2.75
ESPERANZA	SUSAN	37	21	3.19	2.91
GAYCO	GAYCO	16	2	3.33	3.12
HADAS	BRUNILDA	12	9	3.74	2.86
HADAS	CUERPO BRENDA	18	8	4.21	2.98
HADAS	CUERPO HADAS 1	65	51	3.77	3.14
HADAS	CUERPO KAROL	12	14	4.01	2.88
HADAS	CUERPO MARGOT	22	15	3.61	2.85
HADAS	CUERPO SANTA ROSA	48	20	3.85	2.78
HADAS	CUERPO VANESA	17	12	3.54	3.05
HADAS	FARALLON	7	7	3.59	2.89
HADAS	HADA 4	36	31	3.79	2.89
HADAS	LEAD HILL SUR	20	12	3.43	2.74
HADAS	VETA COLORADA	4	2	4.13	3.15
		397	269		

### ***Medida de Desviación de Sondajes***

Durante el mes de mayo se realizó medida de desviación a 10 sondajes, las verificaciones de cada medición están dentro del rango generalmente aceptable,  $30m/5^\circ$ , En todas las verificaciones en 50m y 30 m, la desviación es menor a  $1^\circ$ .

## **4.3. Prueba de hipótesis**

### **4.3.1. Prueba de Hipótesis General**

La evaluación de control y aseguramiento de calidad en la unidad minera Raura fueron muy importantes realizar para poder comprobar la calidad de trabajo que se realiza en las siguientes etapas: muestreo preparación y análisis de muestras, a partir de esa comprobación se tiene una confiabilidad en la obtención de datos y se evita sobre u sub estimar recursos y en un futuro realizar una buena planificación para la recuperación de las mismas.

### **4.3.2. Prueba de Hipótesis Específicos**

Determinar las diferentes fases del Control y aseguramiento de calidad: como establecer definiciones de procedimiento y herramientas para el control de calidad, control continuo de calidad del proyecto, mejora continua en el área de QA/QC. fueron importantes para preveer que los trabajos a realizar cumplan con todas las normas del código establecido y a partir de esa sacar conclusiones y realizar mejoras según los resultados obtenidos.

Evaluar la efectividad de cada procedimiento como: Inserción de

muestras gemelas, duplicadas, estándares y blancos según las tasas de inserción y de manera correcta influyeron en el control y aseguramiento de calidad con el fin de garantizar que los trabajos se estaban realizando adecuadamente cumpliendo con los protocolos establecidos.

#### **4.4. Discusión de resultados**

Aplicando los procedimientos de control y aseguramiento de la calidad, el manejo de un programa adecuado del QA/QC con protocolos de trabajo establecidos, chequeos de la aplicación de los procedimientos de control (mapeo, muestreo, logueo, densidad, inserción de controles), registro y validación de datos, garantiza una buena estimación de recursos y reservas de la Unidad minera Raura; Se debe resaltar entonces, que aplicando el QA/QC en cada una de la etapas del proceso geológico, garantizamos una buena data la cual permitirá una estimación de recursos confiable.

La implementación de un sistema de control de calidad QA/QC en el proceso de análisis de muestras geológicas aumenta el nivel de confianza de la información obtenida por laboratorio debido a que en la campaña de perforación y muestreo de canales se realizó y se trabajó con la implementación del sistema teniendo un monitoreo constante de las muestras de control emitida por la empresa titular y enviadas al laboratorio SGS, estos controles fueron monitoreados por el sistema verificando los resultados emitidos por laboratorio realizando comparaciones y que los datos estén dentro de los límites permisibles.

## CONCLUSIONES

1. La etapa más importante en el proceso minero es el muestreo y de este proceso depende todo el planeamiento, la vida económica de la mina, la inversión, etc., es por esto que la estimación de reservas y recursos geológicos requieren de un sistemático control de calidad (QA/QC) antes, durante y posterior a los procesos de toma de muestras, los que deben ser auditables en todas las etapas del proceso de muestreo, orientadas con las normas australianas JORC que valida su contenido metalífero.
2. La precisión del muestreo, evaluada a través de las muestras gemelas para las perforaciones diamantinas y de canales estuvo dentro de límites aceptables menores a 30% para MG con una tasa de error máxima del 10% en Zn y Ag.
3. La precisión durante la etapa de preparación de las muestras, tanto para diamantina como de canales, puede considerarse buena, la tasa de error está en el rango aceptable menores a 20% para duplicados gruesos; con una tasa de error máxima de 3.6% en Ag.
4. La precisión analítica evaluada por medio de los duplicados de pulpas insertados tanto para las muestras de diamantina como de canales, resultó dentro de límites aceptables.
5. menores a 10% para duplicados finos; con una tasa de error de 0% para todos los elementos.

6. Los estándares evaluados durante toda la campaña presentan una buena exactitud, encontrándose los valores calculados de sesgo en el rango de aceptación ( $\pm 5\%$ ) con un máximo de sesgo de 3.3% en ELB.
7. En la evaluación de los estándares no se ha detectado valores atípicos.
8. No fue detectada contaminación durante el proceso de preparación de las muestras tanto diamantinas como de canales, estuvieron por debajo de 5 veces el LPD.
9. No fue detectada contaminación durante el proceso de análisis de las muestras tanto diamantinas como de canales, estuvieron por debajo de 3 veces el LPD.
10. Se han actualizado a la base de datos 666 muestras de densidad aparente.
11. Se realizaron medida de desviación estándar de 10 sondajes, en la cual estuvieron dentro del rango generalmente aceptable  $30\text{m}/5^\circ$ .
12. La exploración en la zona debería ser de niveles superiores a niveles inferiores esto permite controlar mejor la continuidad de la mineralización.

## **RECOMENDACIONES**

1. Perfeccionar el programa de control de calidad, sobre todo en el seguimiento continuo de aquellos aspectos que vayan siendo detectados durante las evaluaciones periódicas.
2. Continuar realizando las medidas de desviación de sondajes duplicadas.
3. Realizar determinaciones de densidad aparente duplicadas.
4. La muestra debe ser representativa y confiable, de la misma forma ubicar en el espacio (coordenadas).
5. Se debe realizar constante capacitación de control de calidad a los perforistas, ayudantes y muestreros.
6. Limpieza constante de los materiales de trabajo ya sea en campo y laboratorio, manipular las muestras con extremo cuidado y llevar formatos de control.
7. Selección adecuada de la muestra (Calidad de roca, fragmentos grandes y finos, muestra húmeda, pérdida de material particulado, lavado de finos etc.)
8. Documentar cada procedimiento de control y aseguramiento de calidad de cada proceso, de esta manera materializar el aseguramiento de la calidad, a fin de agilizar el seguimiento en las auditorías correspondientes.

9. Cada empresa minera debería 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.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Delgado, R. (2021) Aseguramiento y control de la calidad aplicado a exploraciones mineras. Cerro de Paco, Perú.
- Ccama, M. (2017) Aplicación del QAQC en el proceso geológico, para validar la estimación de recursos y reservas, de la unidad operativa Chungar. Tesis para optar título profesional en Ingeniería Geológica, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Martínez (2010) “Métodos estadísticos para el control de la calidad y la mejora continua en la industria de transformación” llevándose a cabo en la ciudad de México.
- Alfaro M. (2002) Introducción al Muestreo Minero. - Instituto de Ingenieros de Minas de Chile; 82p.
- Armando, S. (2010) Aseguramiento y Control de la Calidad en la Exploración Geológica. Las Condes, Santiago, Chile.
- Simon, A. (2007) Control Sample Insertion Rate: Is There an Industry Standard. - 23rd, International Applied Geochemistry.
- Simon, A. (2007) Control Sample Insertion Rate: Is There an Industry Standard. - 23rd International Applied Geochemistry.
- Canchaya S. (2011) *QA/QC in mining: ¿reality or fantasy?* - 5ta Conferencia Mundial de Muestreo y Mezclas (5WCSB), Santiago de Chile, 25 al 28 de octubre del 2011; 7p.
- Coyle, M., Dumont, R., Keating, P., Kiss, F., and Miles, W., 2014, *Geological Survey of Canada Aeromagnetic Surveys: Design, Quality Assurance, and Data Dissemination: Geological Survey of Canada Open File 7660*, 48 p.
- SRK, Consulting. (2022) Muestreo, Análisis y QA/QC en Exploración. <https://www.srk.com/es/servicios/muestreo-analisis-y-qaqc-en-exploracion>

## BIBLIOGRAFÍA

- Gy P. (1992) *Sampling of Heterogeneous and Dynamic Material Systems. Theories of Heterogeneity, Sampling and Homogenizing*. - Elsevier, New York.
- JORC (2001): *Código de Australasia para informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena*, Australia.
- Paski E. (2006) *Taller internacional de muestreo geológico*. - IIMP & Actlabs; Lima abr. 2006;120 p.
- Roden, S., and Smith, T., 2014, *Sampling and Analysis Protocols and Their Role in Mineral Exploration and New Resource Development: in Mineral Resource and Ore Reserve Estimation, The AusIMM Guide to Good Practice*, Second Edition, Monography 30, pp.53-60.
- Velez, J. (2015): *Innovación al control de procesos de muestreo (QA/QC), que validan la estimación de recursos y reservas para el yacimiento epitermal de Alta Sulfuración en Coimolache-Cajamarca, desde su etapa de Prospección a Mina de Oro*, Cajamarca, Perú.
- JORC (2012):Australasian Code for Reporting of Exploration  
[https://www.jorc.org/docs/JORC Code 2012 Spanish translation March 2018.pdf](https://www.jorc.org/docs/JORC%20Code%202012%20Spanish%20translation%20March%202018.pdf).
- Wikipedia. (19 de agosto de 2021). *Skarn* <https://es.wikipedia.org/wiki/Skarn>  
[Archivo de Video]. [https://www.youtube.com/watch?v=zviV\\_KX6owA](https://www.youtube.com/watch?v=zviV_KX6owA)
- Canal ARACELI YUPANQUI RAMOS. (26 de noviembre del 2018). *trabajo de investigación ciáminera raura* [Archivo de Video].<https://www.youtube.com/watch?v=UNV9mKw8o5M>
- Canal AAPG UCE Student Chapter. (22 de agosto del 2020). *El QA/QC en las etapas de una evaluación geológica y su importancia para el*

*modelamiento geológico* [Archivo de Video].  
<https://www.youtube.com/watch?v=CkoLjGqqBNY&t=2746s>

Canal Ricardo Valls. (30 de agosto del 2020). *QA/QC en la práctica geológica* [Archivo de Video].  
<https://www.youtube.com/watch?v=rPgvt70BHa4>

Canchaya S. (2010) “QA/QC” *¿Realidad o Fantasía?* XV. Congreso Peruano de Geología, Cuzco 27 set. Al 01 de octubre; 4p.  
[http://admin.proexplo.com.pe/files/totem3\\_08.pdf](http://admin.proexplo.com.pe/files/totem3_08.pdf)

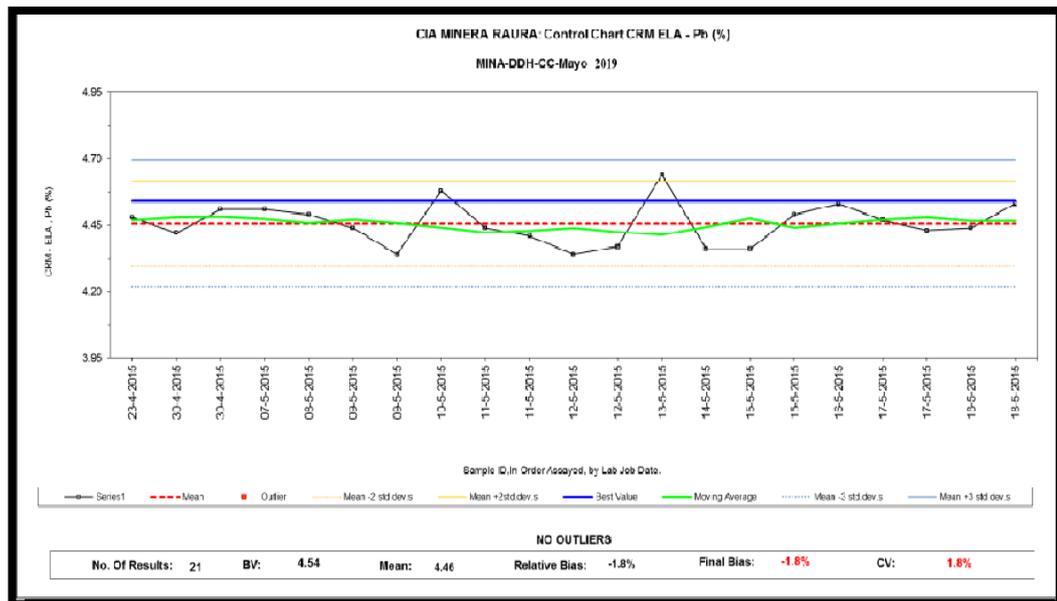
Suaña Asillo, A.J. (2017) *Formulación de un modelo geológico – estructural, en el sistema skarnsanta rosa compañía minera raura* [Tesis de Título, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3410>

Magri, E, y Magri, A. (2013): *Muestreo y control de calidad para exploración y Minería, Chile.* <https://docplayer.es/47579245-Muestreo-y-control-de-calidad-para-evaluacion-de-yacimientos.html>

## **ANEXOS**

## Instrumentos de recolección de datos

El tratamiento estadístico del trabajo de investigación se basó en la recopilación, representación y el uso de datos de muestras de control de perforación diamantina y canales sobre una o varias características de interés como son: desviación estándar, mediana, coeficiente de correlación, moda, mediana, rango intercuartílico, sesgo, error relativo. A partir de ellos, tomar decisiones o extraer conclusiones generales. Desde el punto de vista estadístico, un gráfico de control no es más que un test de hipótesis.



## Observación

La recolección de datos a través de la observación cuantitativa permitió que el enfoque es cuantificar un comportamiento de las leyes de las muestras geológicas vs la recolección de las leyes de las muestras de control, tal como se observa en las siguientes tablas.

Tipo de Labor	N°	Long Total (m)	Cu (%)			Pb (%)		
			No. Muestras	Min	Max	No. Muestras	Min	Max
Diamantina	14	1527.30	708	0.01	3.09	708	0.01	49.35
			Zn (%)			Ag (oz/t)		
			No. Muestras	Min	Max	No. Muestras	Min	Max
			708	0.01	47.58	708	0.01	22.60
Canales	198	-	Cu (%)			Pb (%)		
			568	0.01	2.49	568	0.04	27.58
			Zn (%)			Ag (oz/t)		
			N°. Muestras	Min	Max	No. Muestras	Min	Max
			568	0.03	29.20	568	0.05	52.15

Aplicando los procedimientos de control y aseguramiento de la calidad, el manejo de un programa adecuado del QA/QC con protocolos de trabajo establecidos, chequeos de la aplicación de los procedimientos de control (mapeo, muestreo, logueo, densidad, inserción de controles muestras gemela, duplicados y blancos), registro, garantiza una buena validación y confiabilidad de los datos de las leyes de laboratorio de la Unidad minera Raura.

Los gráficos de dispersión, exactitud y contaminación se observan en los siguientes anexos.

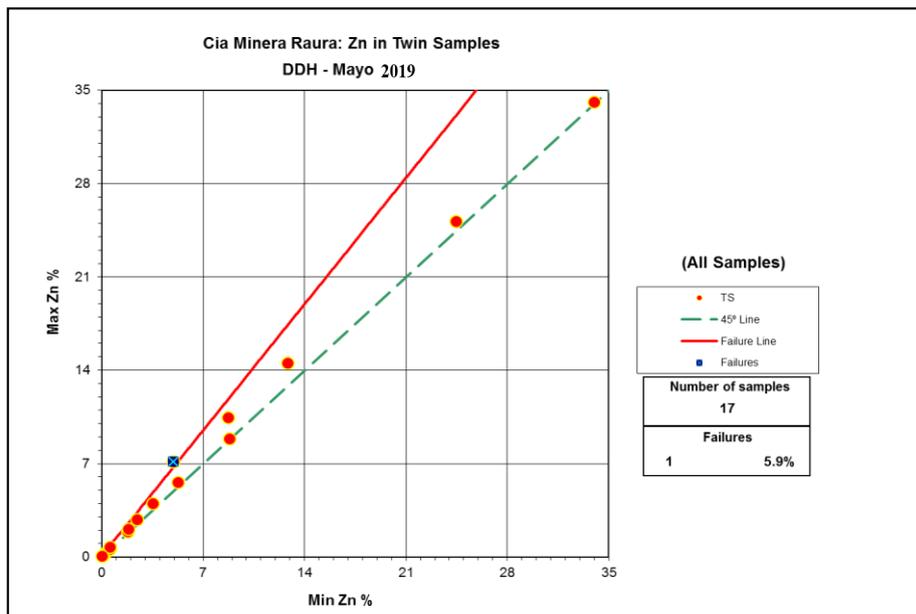
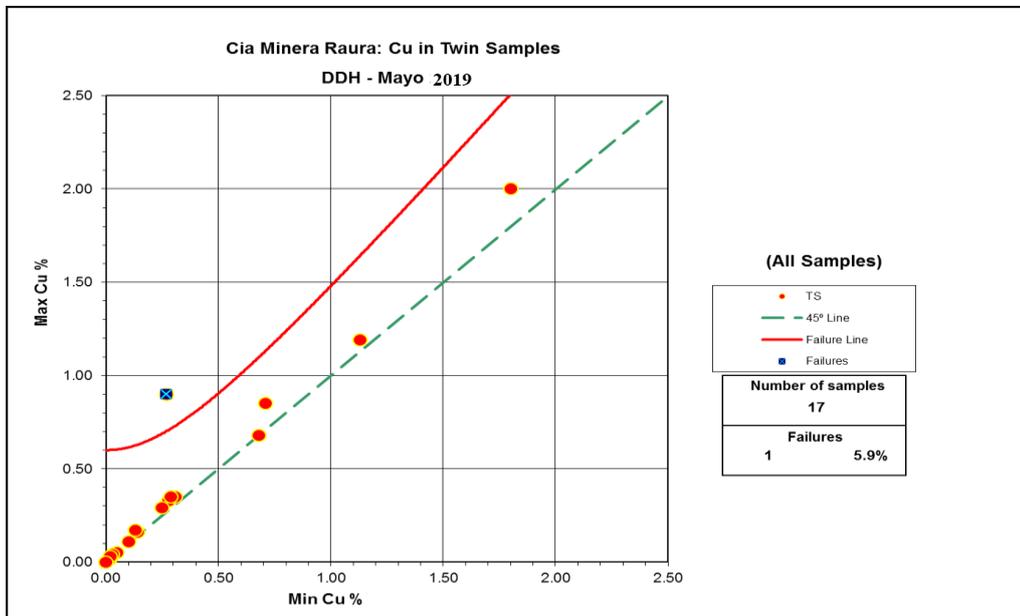
- Las características típicas en la validación son.
  - Límite de detección
  - Límite de cuantificación
  - Precisión
  - Exactitud

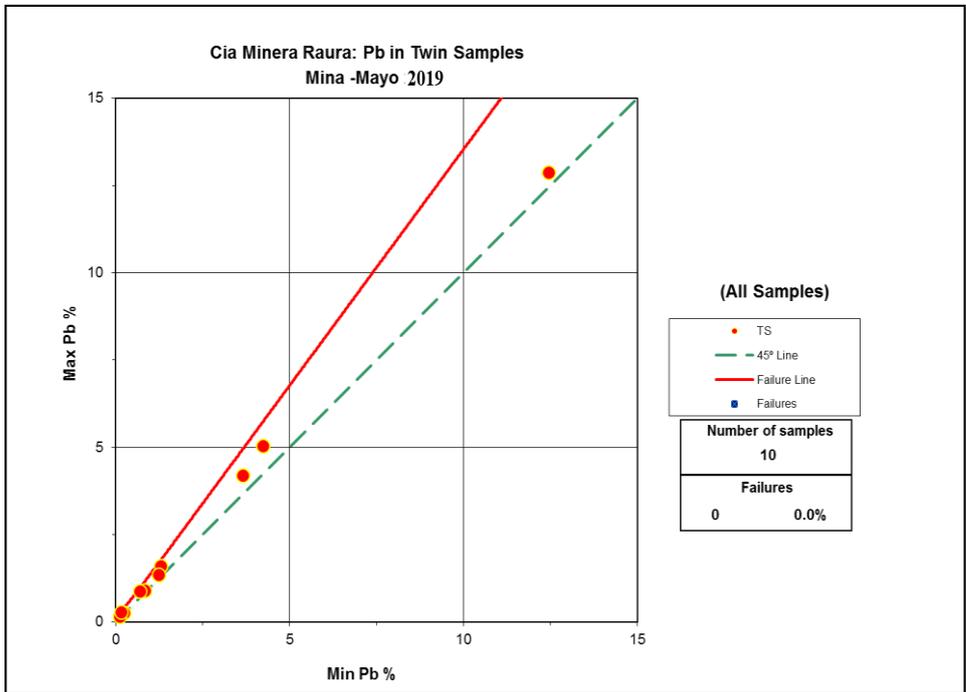
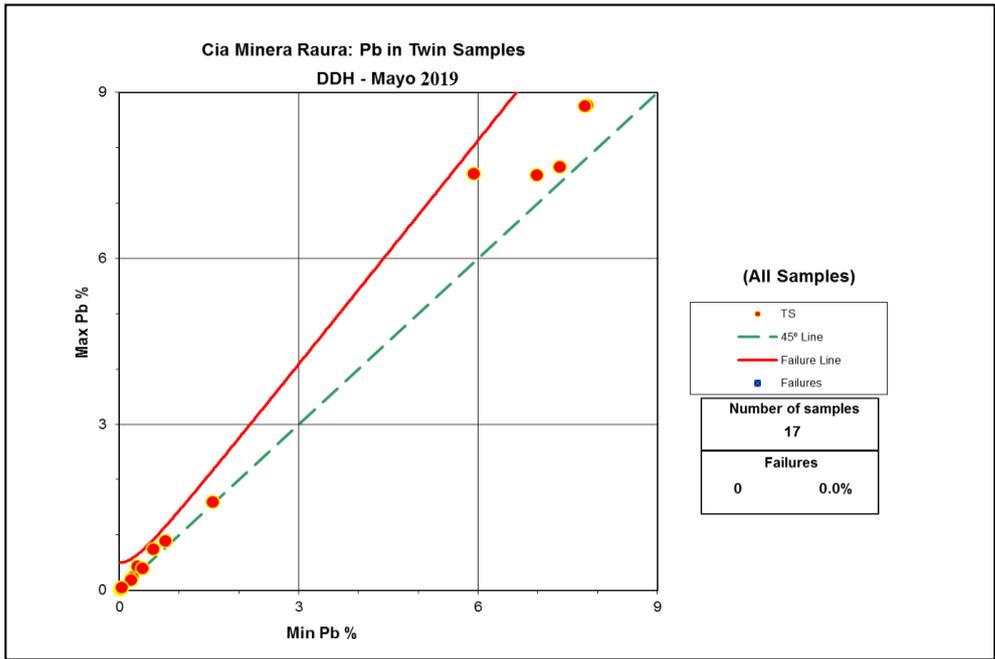
# GRÁFICOS CONTROL DE CALIDAD.

## PRECISION

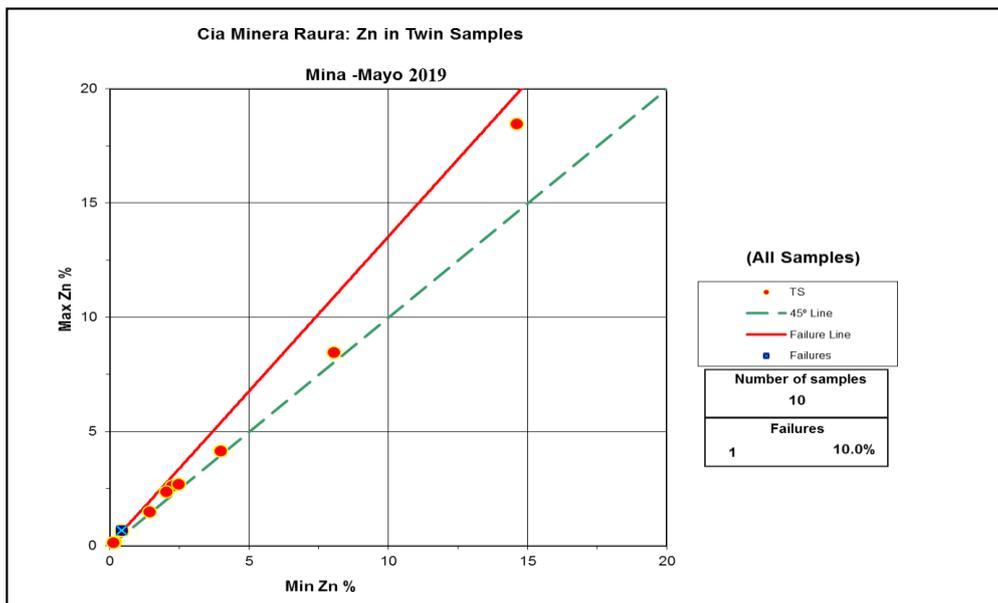
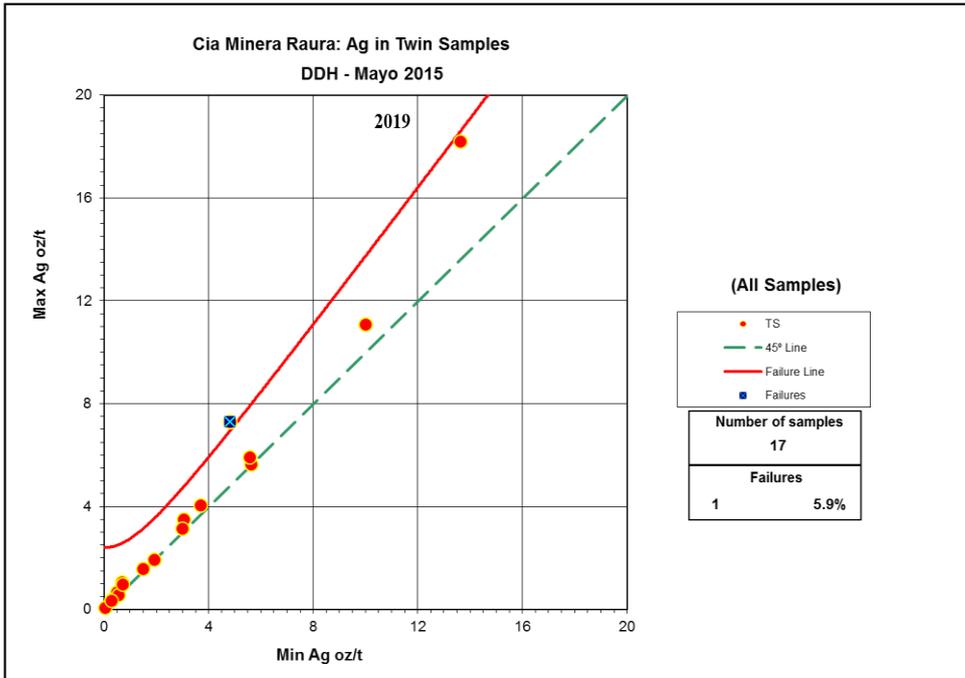
### ANEXO A- Muestras Gemelas

DIAMANTINA:





CANALES:



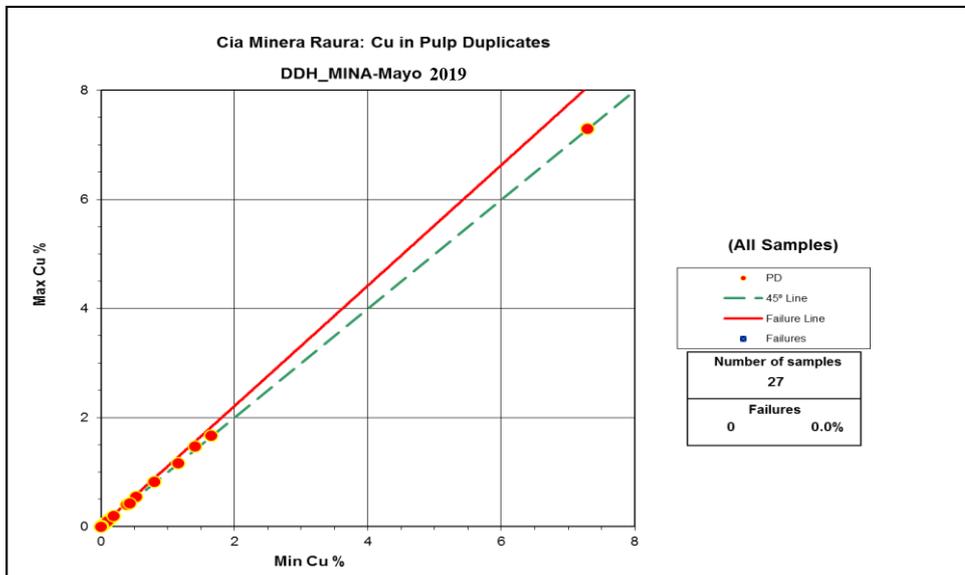
**Tabla 24**

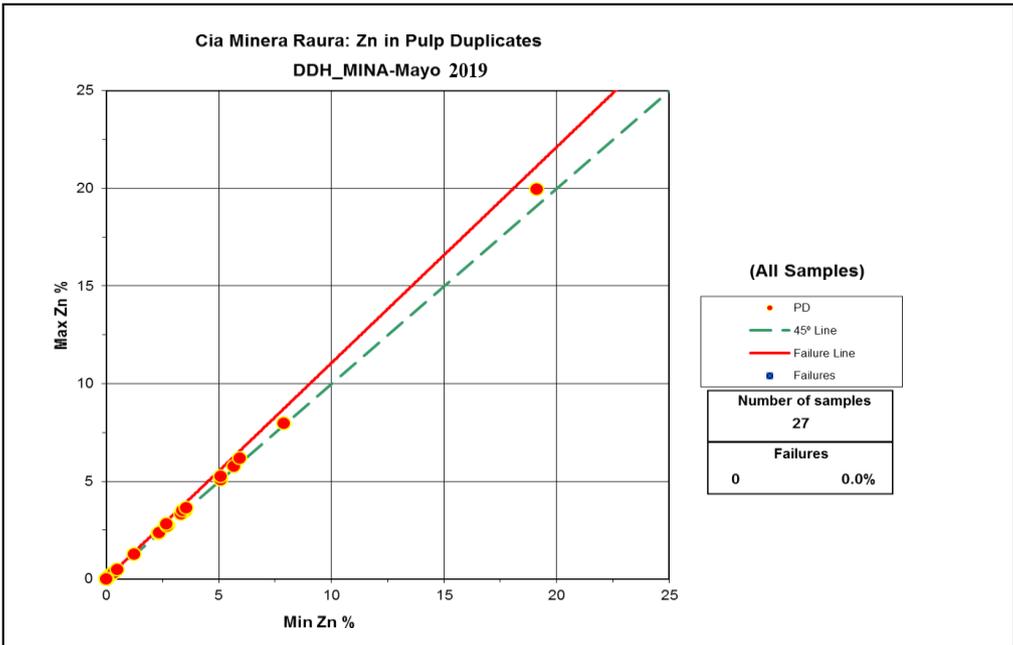
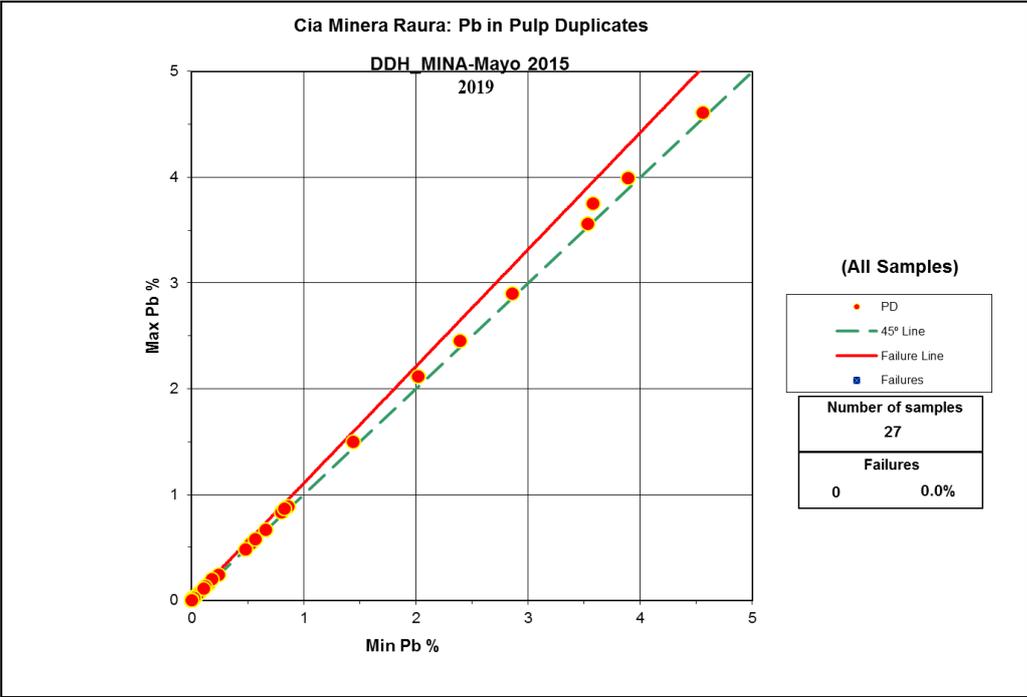
*Resumen Raura-Corto Plazo- Muestras Gemelas-mayo 2019.*

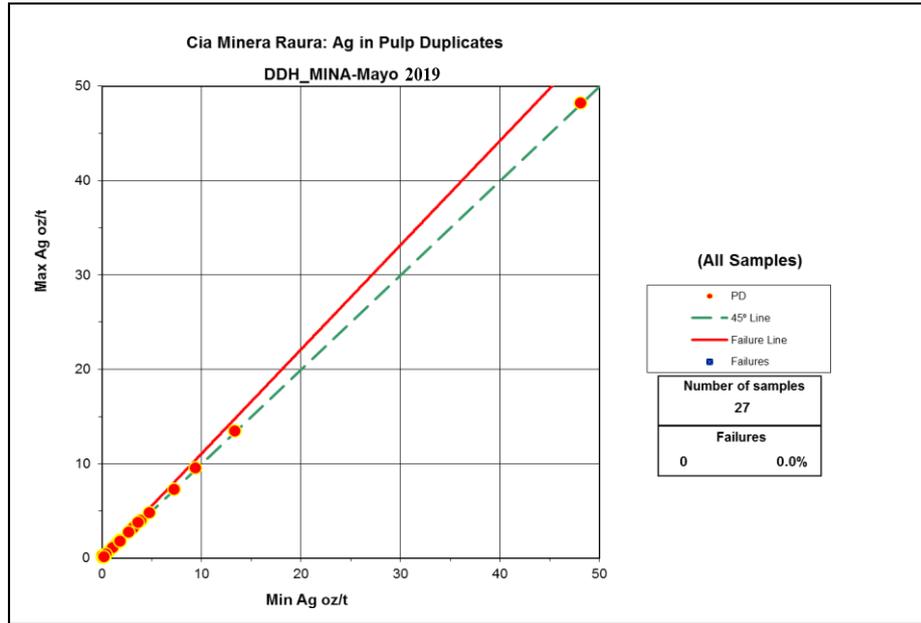
Tipo Labor	Elemento	Total	Fallos	Tasa de Errores (%)
Diamantina	Cu (%)	17	1	5.9%
	Pb (%)	17	0	0.0%
	Zn (%)	17	1	5.9%
	Ag (oz/t)	17	1	5.9%
Canales	Cu (%)	10	0	0.0%
	Pb (%)	10	0	0.0%
	Zn (%)	10	1	10.0 %
	Ag (oz/t)	10	1	10.0 %

**ANEXO B– Duplicados de Pulpas**

DIAMANTINA Y CANALES:







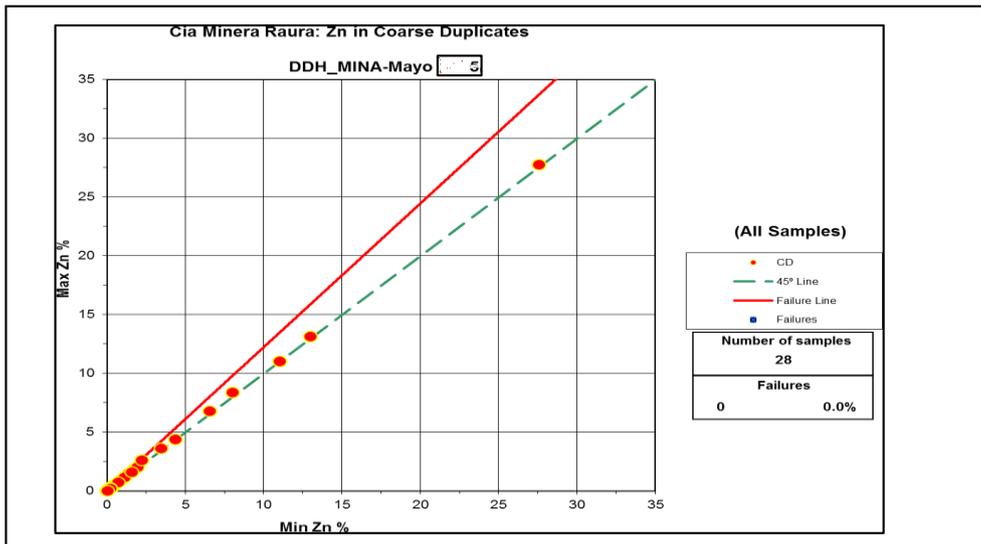
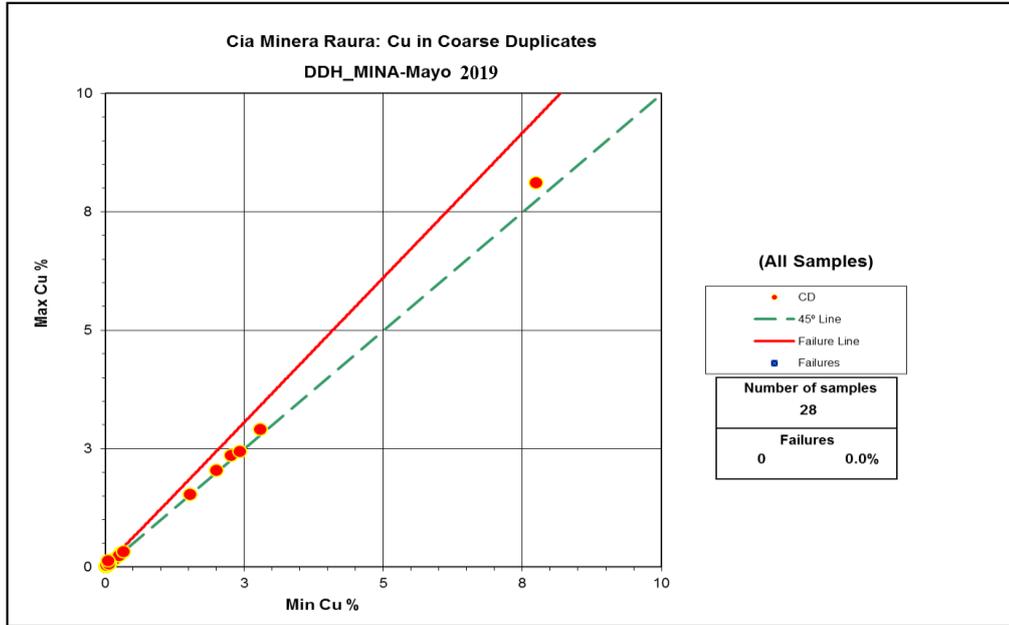
**Tabla 25**

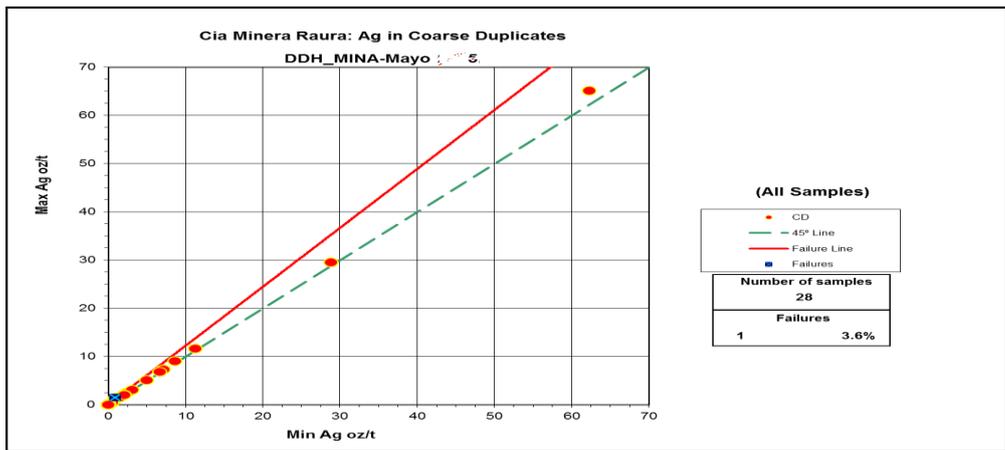
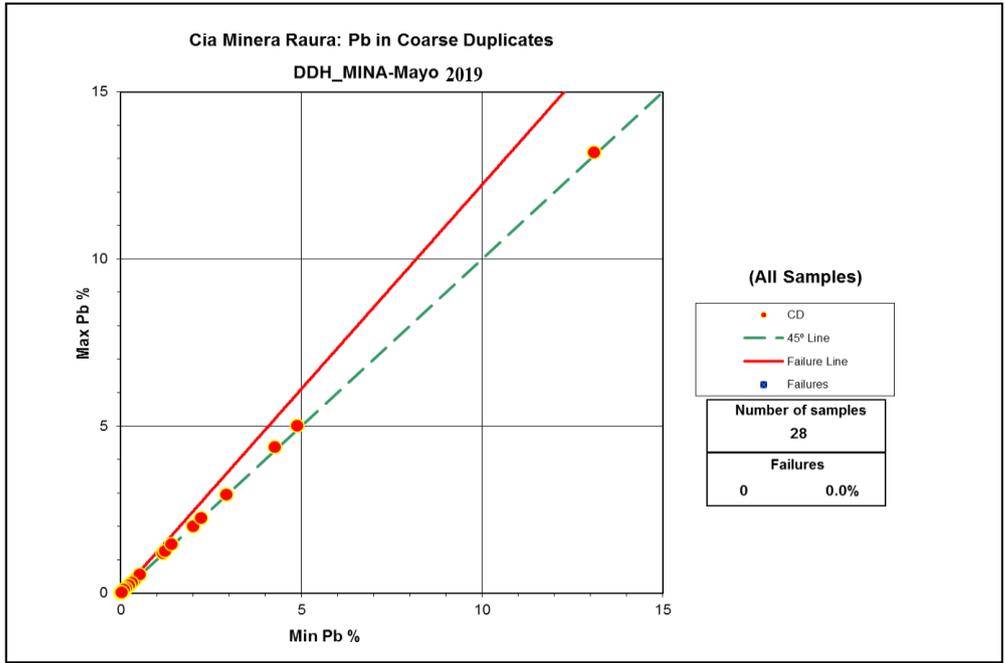
*Resumen Raura-Corto Plazo- Duplicados Finos-mayo 2019*

<b>Tipo Labor</b>	<b>Elemento</b>	<b>Total</b>	<b>Fallos</b>	<b>Tasa de Errores (%)</b>
<b>Diamantina y Canales</b>	<b>Cu (%)</b>	27	0	0.0%
	<b>Pb (%)</b>	27	0	0.0%
	<b>Zn (%)</b>	27	0	0.0%
	<b>Ag (oz/t)</b>	27	0	0.0%

# ANEXO C – Duplicados Gruesos

DIAMANTINA Y CANALES:





**Tabla 26**

*Resumen Raura-Corto Plazo- Duplicados Gruesos-mayo 2019*

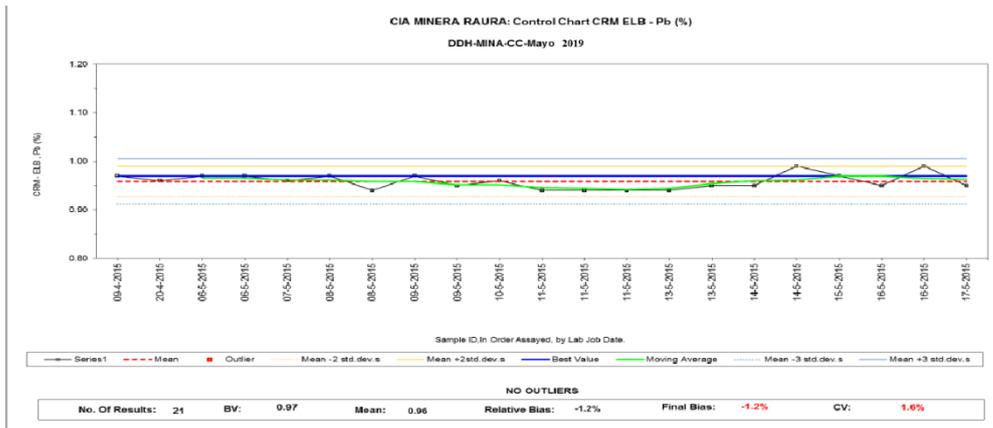
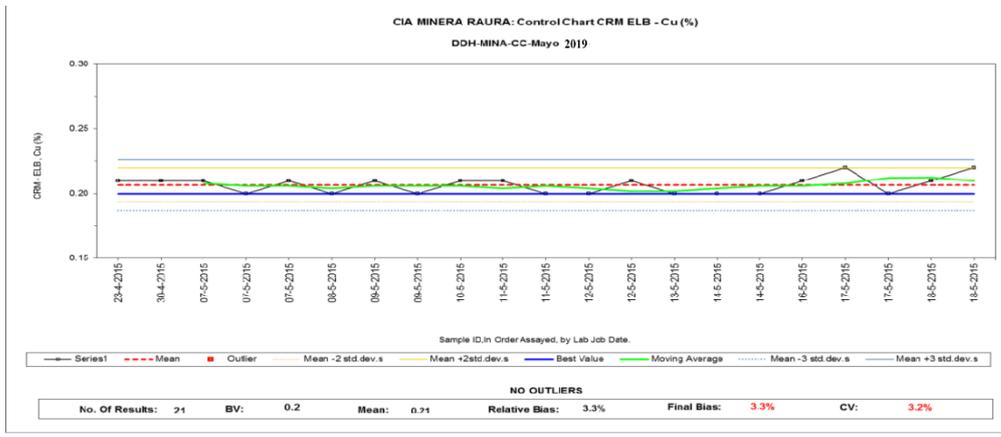
Tipo Labor	Elemento	Total	Fallos	Tasa de Errores (%)
Diamantina y Canales	Cu (%)	28	0	0.0%
	Pb (%)	28	0	0.0%
	Zn (%)	28	0	0.0%
	Ag (oz/t)	28	1	3.6%

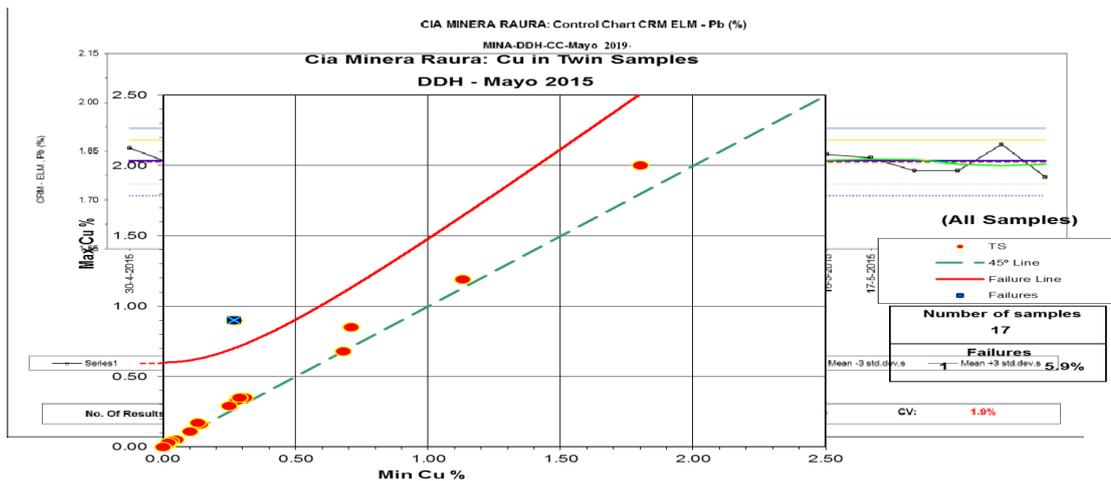
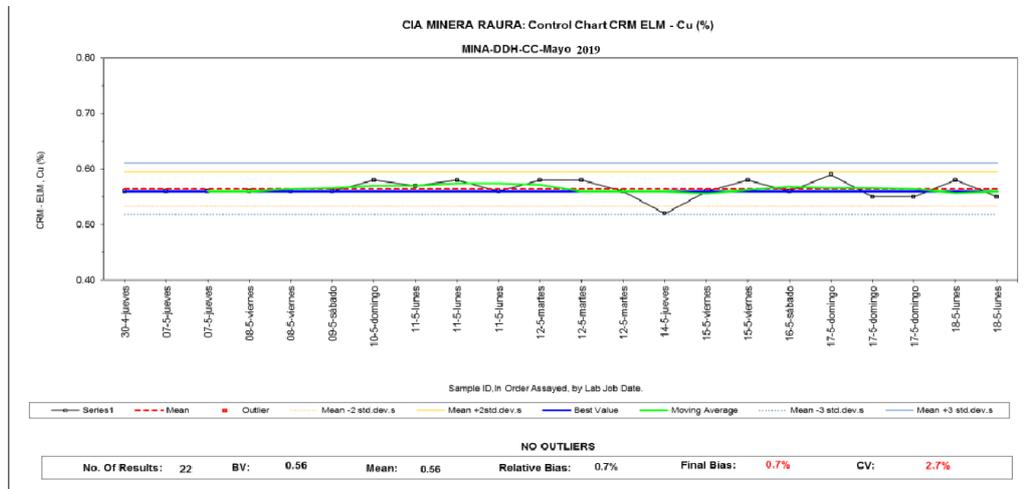
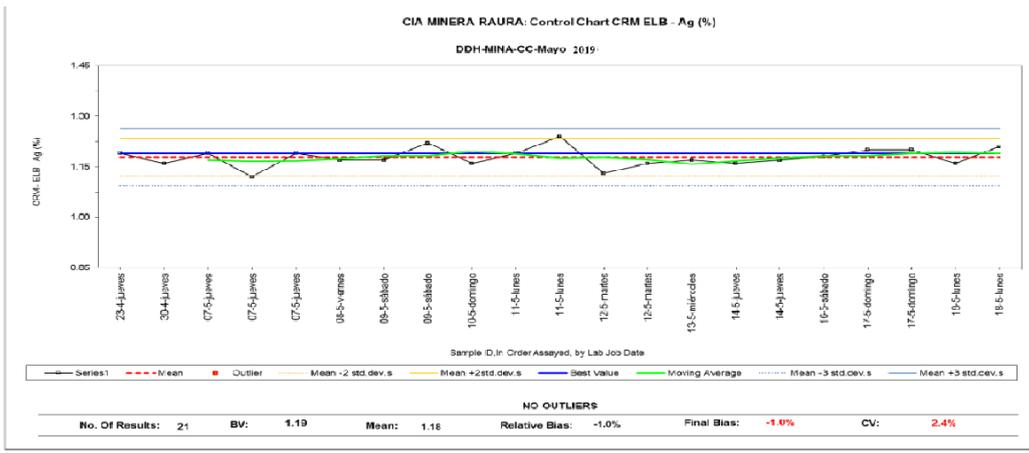
**ANEXO D-Estándares**

**EXACTITUD**

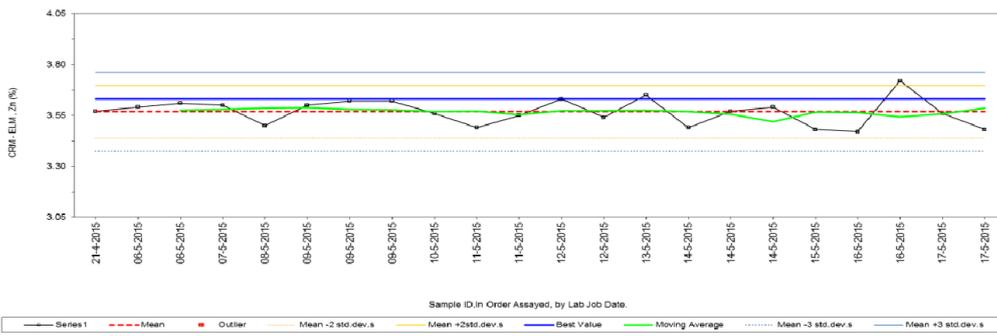
**DIAMANTINA Y CANALES:**

**ELB**



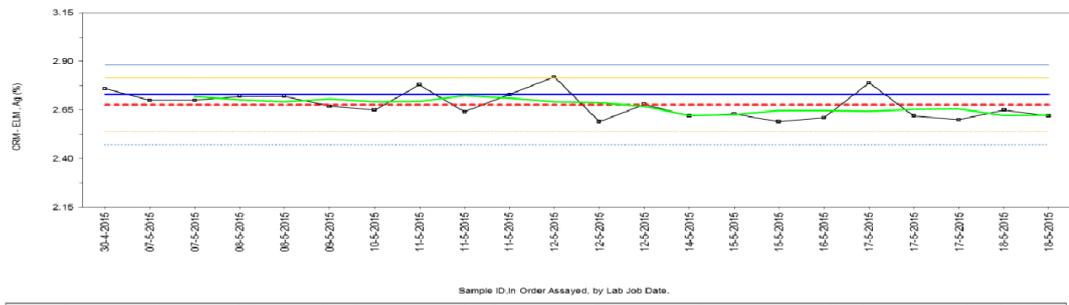


CIA MINERA RAURA: Control Chart CRM ELM - Zn (%)  
MINA-DDH-CC-Mayo 2019



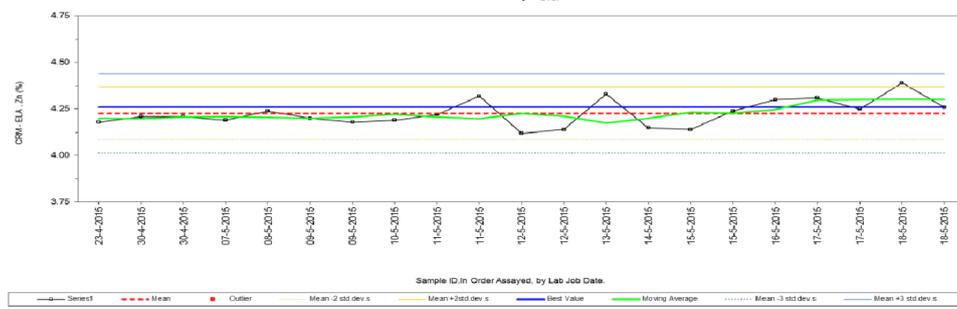
NO OUTLIERS											
No. Of Results:	22	BV:	3.63	Mean:	3.57	Relative Bias:	-1.7%	Final Bias:	-1.7%	CV:	1.8%

CIA MINERA RAURA: Control Chart CRM ELM - Ag (%)  
MINA-DDH-CC-Mayo 2019

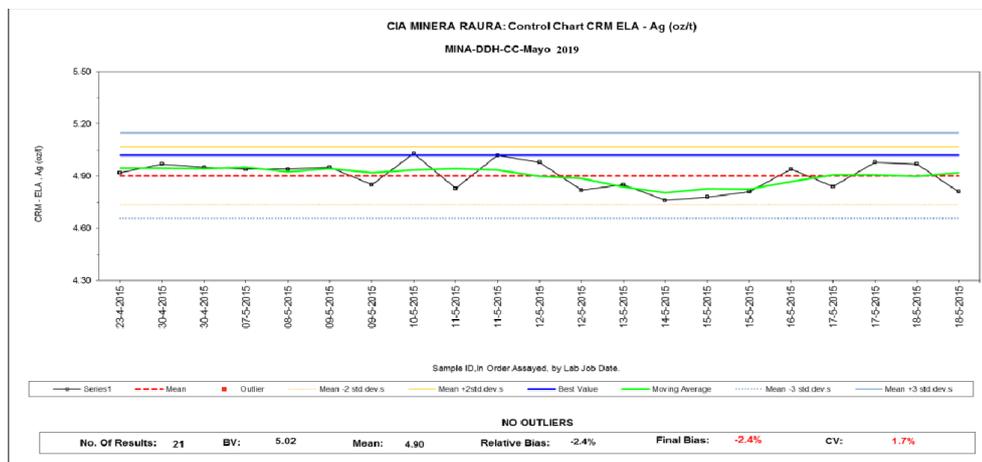
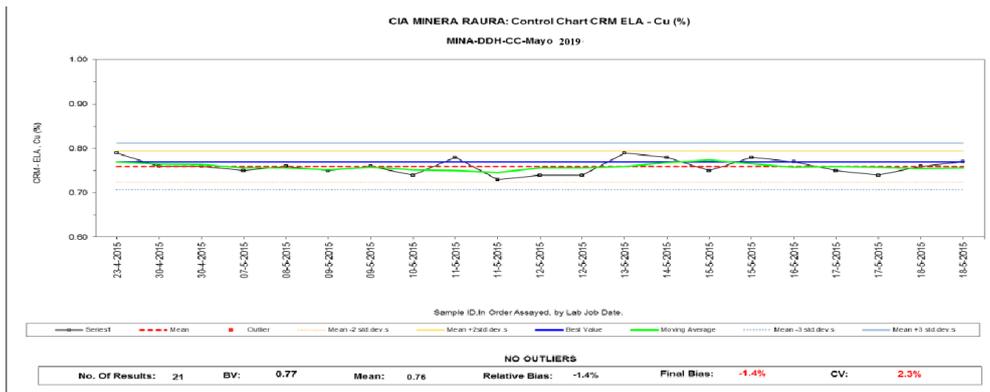


NO OUTLIERS											
No. Of Results:	22	BV:	2.73	Mean:	2.68	Relative Bias:	-1.9%	Final Bias:	-1.9%	CV:	2.6%

CIA MINERA RAURA: Control Chart CRM ELA - Zn (%)  
MINA-DDH-CC-Mayo 2019



NO OUTLIERS											
No. Of Results:	21	BV:	4.26	Mean:	4.23	Relative Bias:	-0.8%	Final Bias:	-0.8%	CV:	1.7%

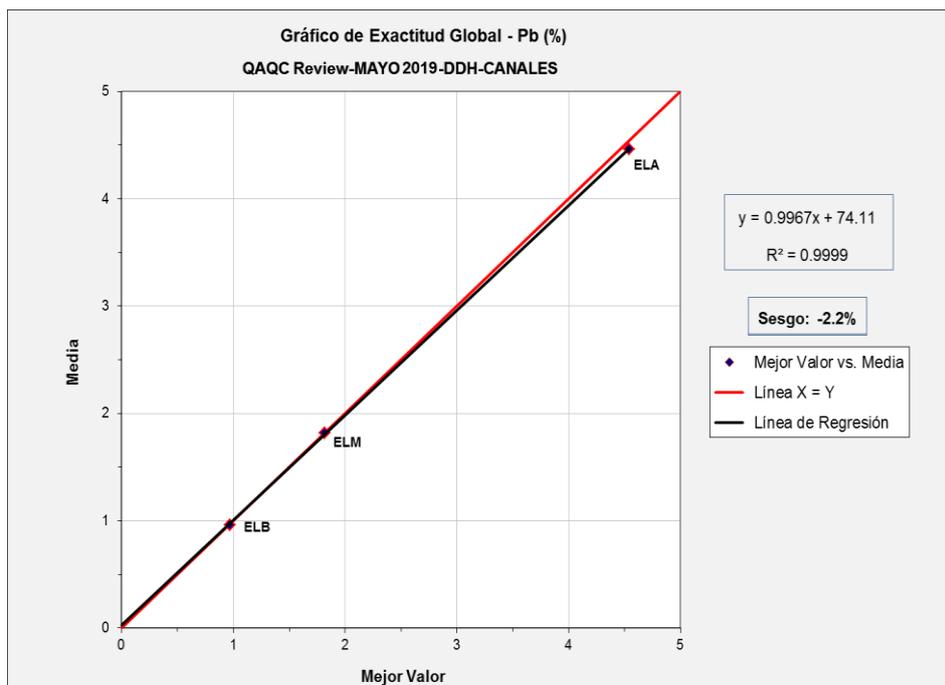
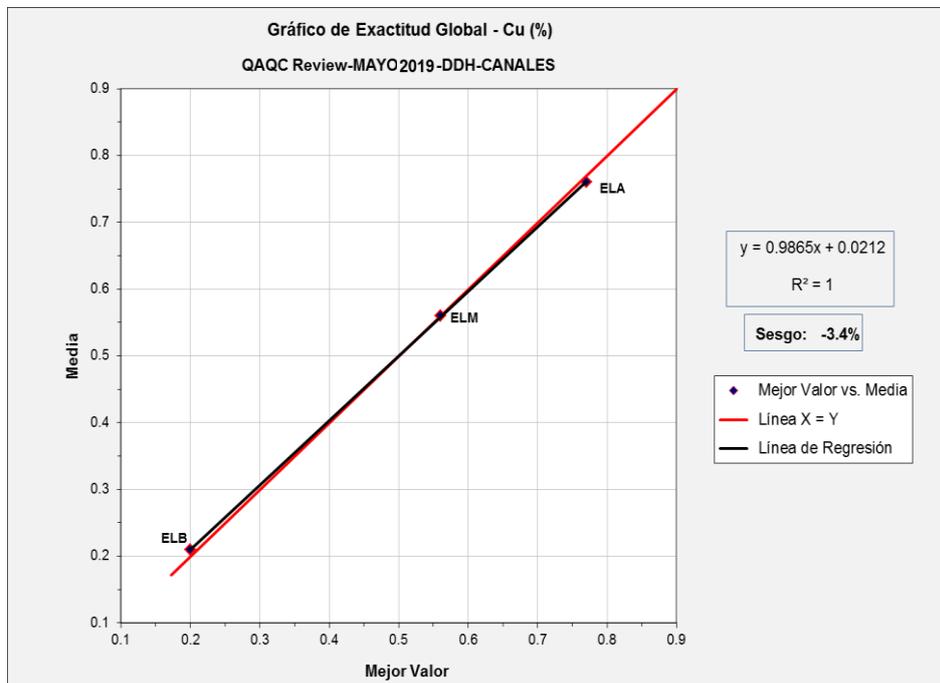


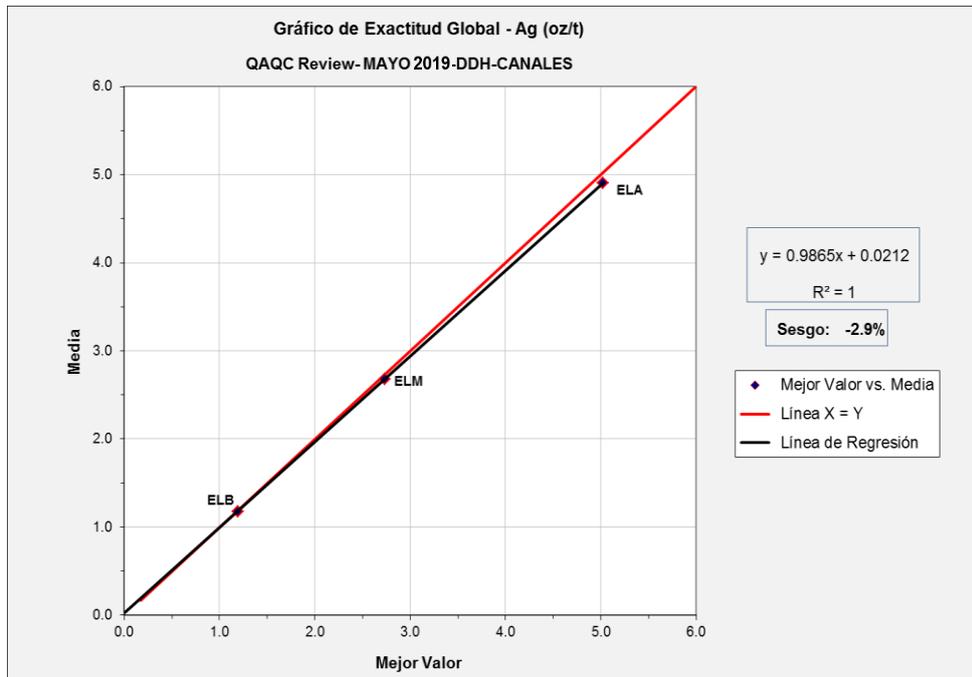
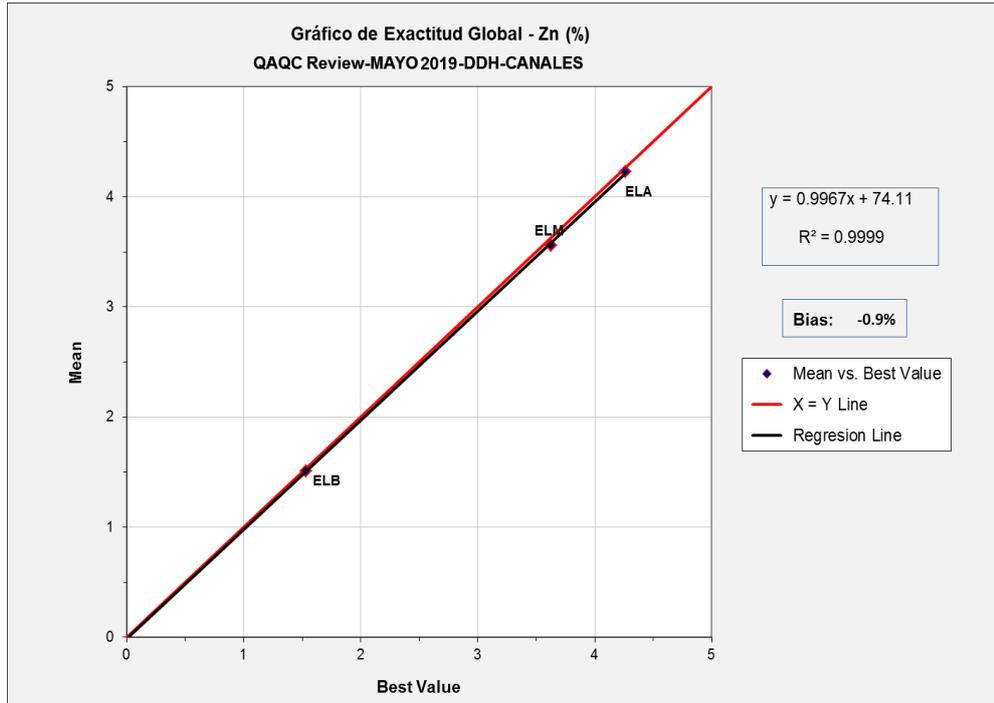
Fecha

## ANEXO E-Exactitud Global

### EXACTITUD Y PRECISION

DIAMANTINA Y CANALES:





**Tabla 27**

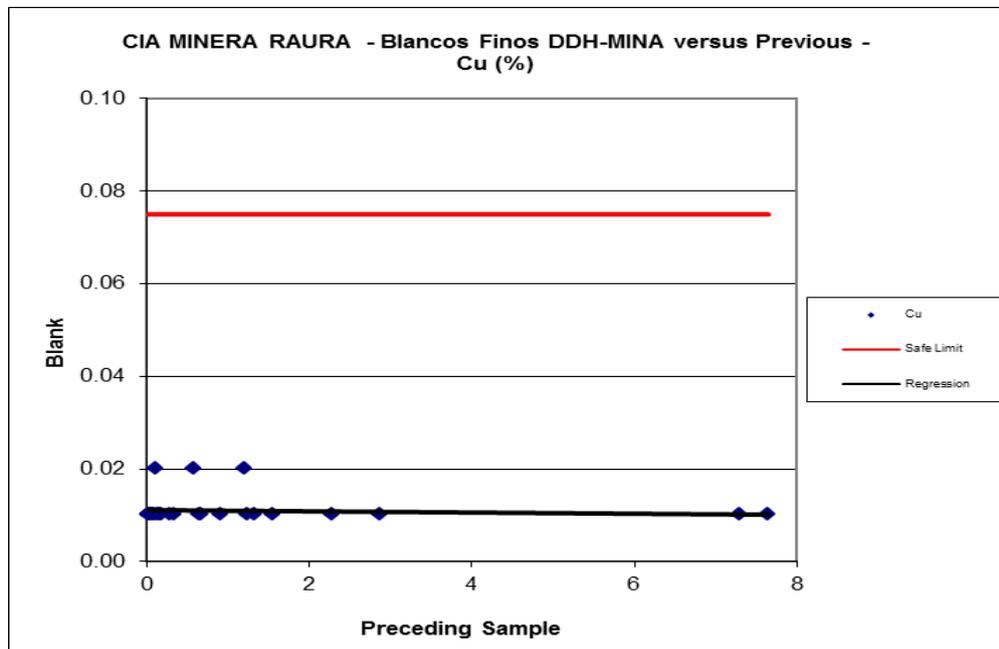
Resumen de Exactitud Global-Diamantina y Mina - mayo 2019

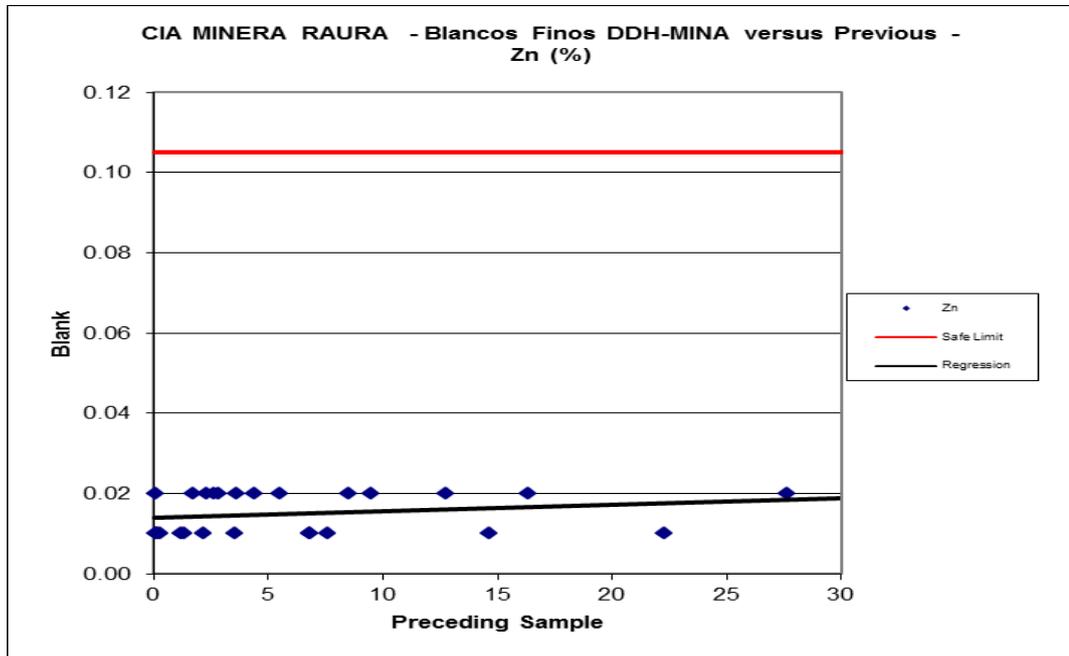
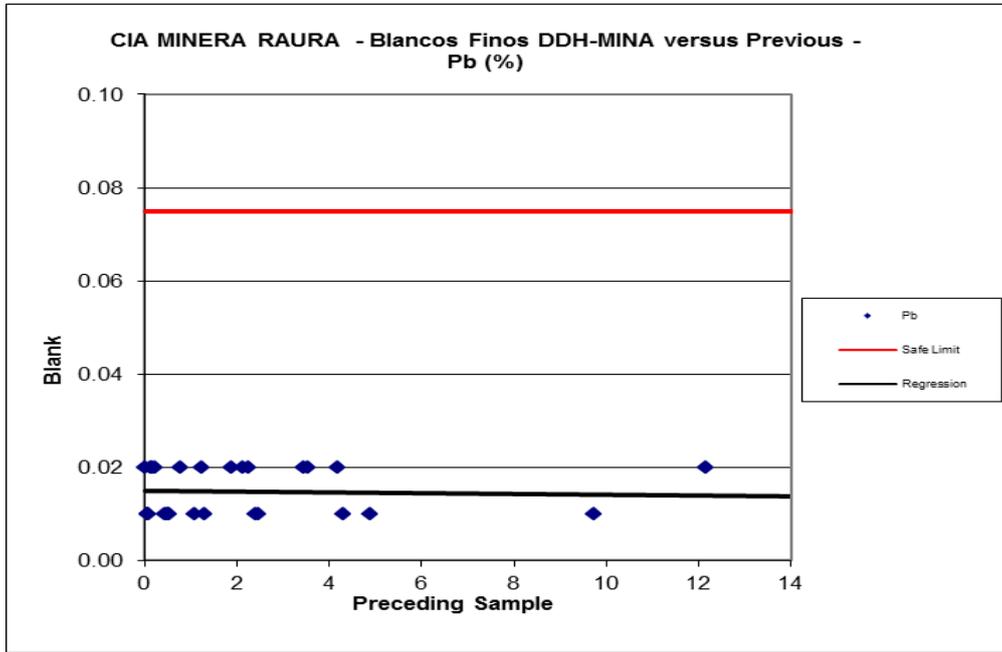
<i>Tipo Labor</i>	<i>Elemento</i>	<i>N</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>m</i>	<i>b</i>	<i>Sesgo</i>
<b>Diamantina y Canales</b>	<b>Cu</b>	64	1.000	0.966	0.017	-3.43%
	<b>Pb</b>	64	1.000	0.978	0.024	-2.20%
	<b>Zn</b>	64	1.000	0.991	-0.013	-0.87%
	<b>Ag</b>	64	1.000	0.971	0.026	-2.89%

**ANEXO F – Blancos.**

**CONTAMINACION**

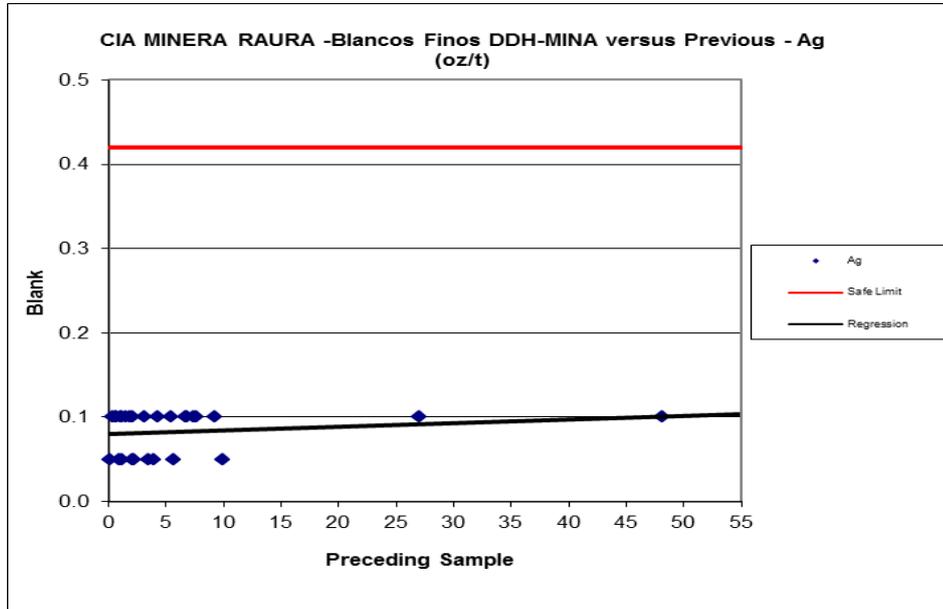
DIAMANTINA Y CANALES



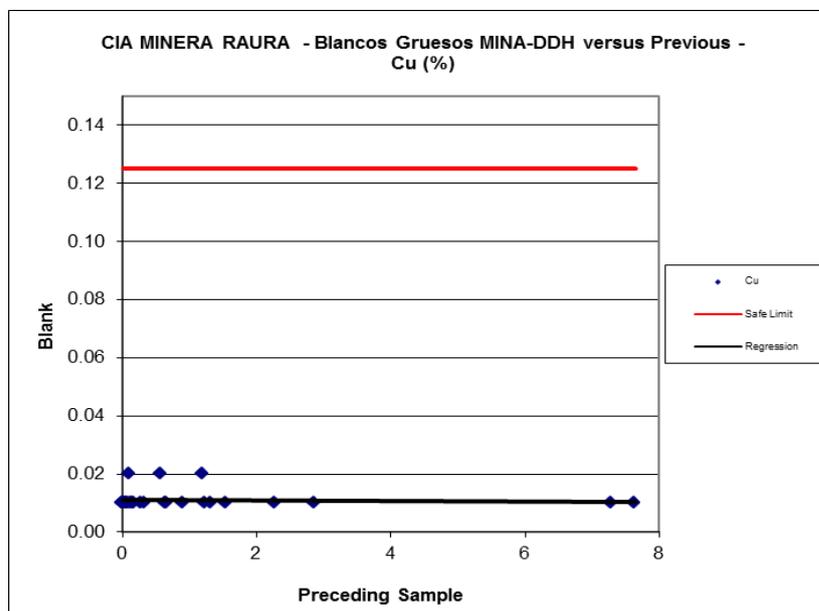


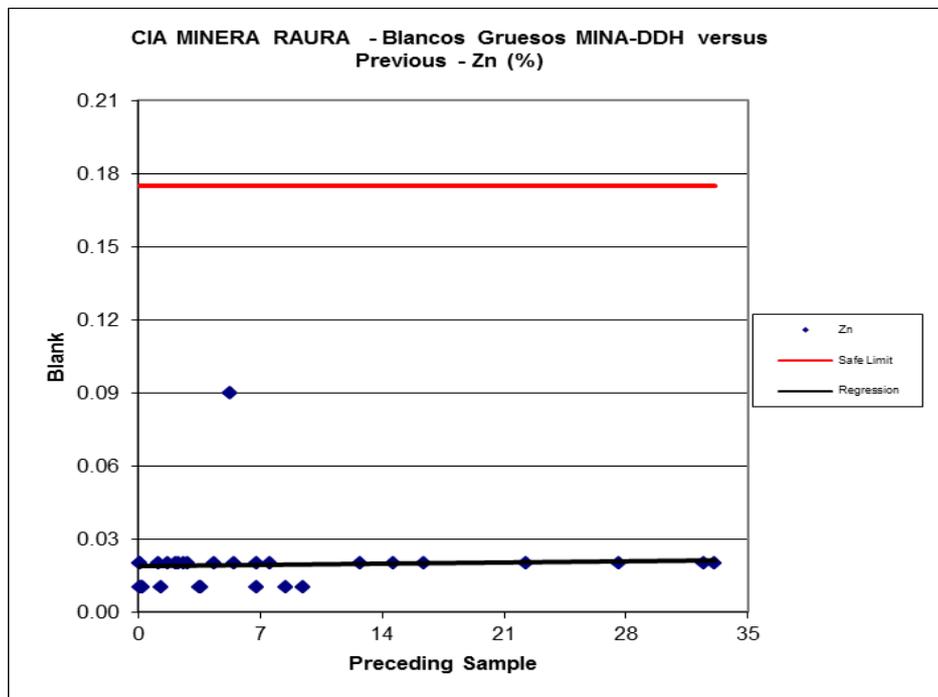
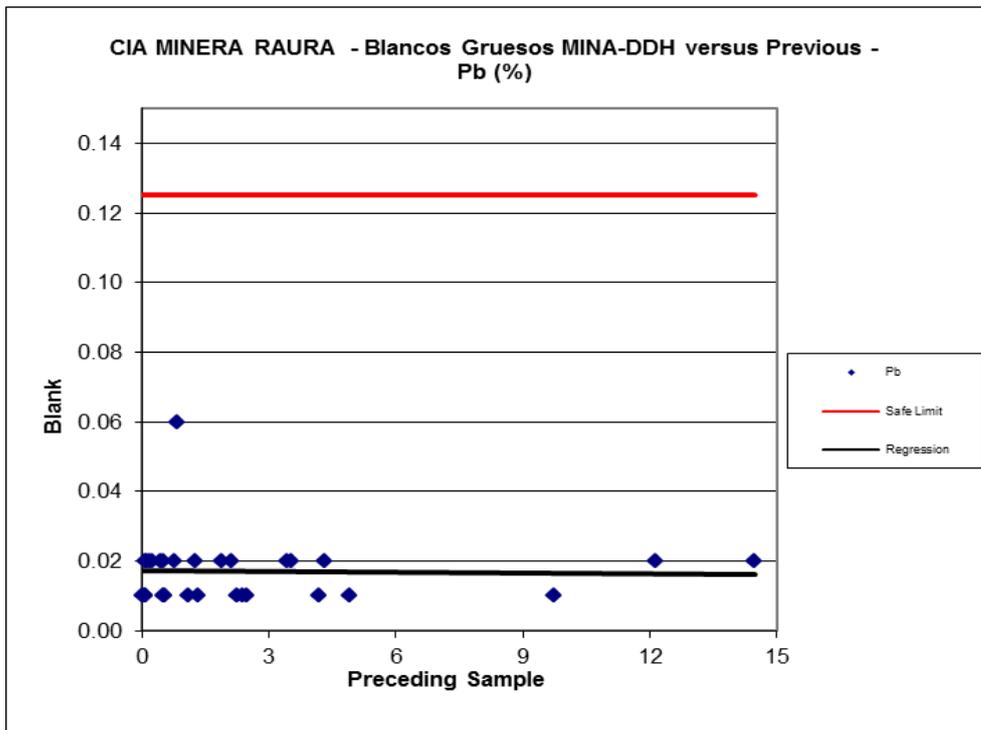
**Tabla 28**

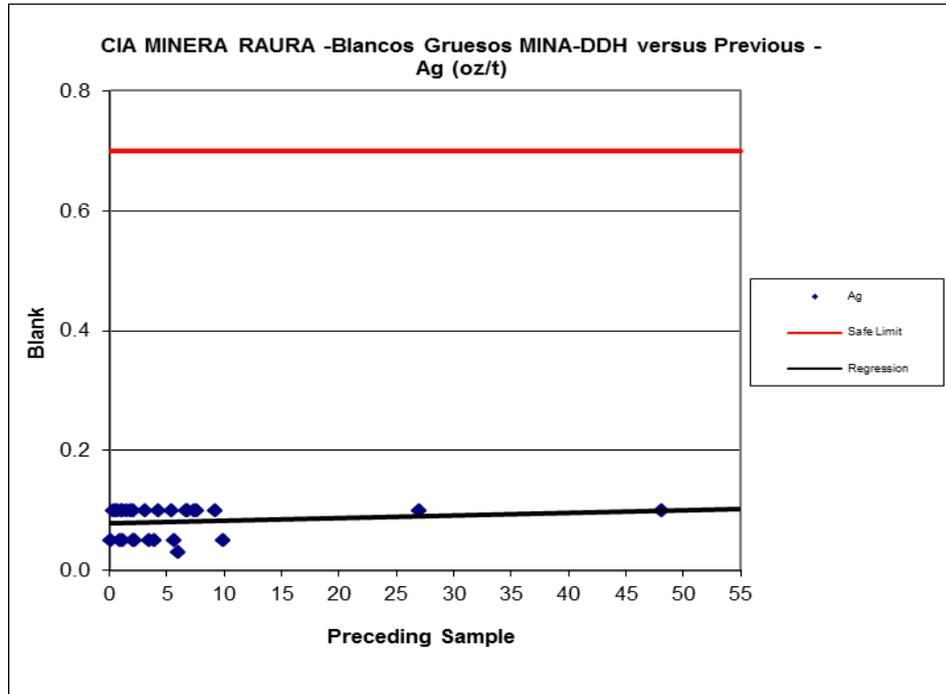
Resumen de Blanco fino-Diamantina Mina - mayo 2019



Elemento	N° de Blancos	Unidades	Max Previo	Max Blanco	Límite detección	Limite Max
Cu	28	%	8	0.020	0.025	0.075
Pb	28	%	14	0.020	0.025	0.075
Zn	28	%	33	0.020	0.035	0.105
Ag	28	oz/t	55	0.100	0.14	0.42







**Tabla 29**

*Resumen de Blanco Grueso-Diamantina Mina - mayo 2019*

Elemento	N° de blancos	Unid.	Max Previo	Max Blanco	Límite de detección	Limite Max
Cu	29	%	8	0.010	0.025	0.125
Pb	29	%	14	0.060	0.025	0.125
Zn	29	%	33	0.090	0.035	0.175
Ag	29	oz/t	55	0.100	0.14	0.7

**Anexo 02**

**Procedimiento de validez y confiabilidad**

**HOJA DE EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

**Apellidos y Nombres del Informante.** Cutipa Pachacute Yaneth Rubeaniza

**Cargo o Institución donde labora:** Geóloga Junior – Unidad Minera Cerro S.A.C.

**Autor del instrumento:** Aldo Anhielo Almerco Arrieta.

**Título:** Evaluación del control de calidad en labores de planificación a corto plazo - unidad minera Raura – 2019

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente					Regular					Bueno					Muy bueno					Excelente				
		0	10	15	20	25	21	30	35	40	45	41	50	55	60	65	61	70	75	80	85	81	90	95	100	
1. TITULO	Hace referencia al problema mencionado en las variables.																									
2. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.																									
3. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.																									
4. ACTUALIDAD	Está acorde a los cambios en la Administración Moderna.																									
5. ORGANIZACIÓN	Existe una organización Lógica.																									

6. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	70
7. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los aspectos de la gestión educativa.	80
8. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos científicos.	80
9. COHERENCIA	Entre los indicadores y las dimensiones	75
10. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.	80

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:**

El tiempo aproximado de su aplicación es aceptable para realizar una evaluación de control y aseguramiento de calidad para llevarlos a cabo en procesos más complejos como, muestreo, preparación y análisis de las muestras geológicas.

Asimismo los resultados de laboratorio nos permite visualizar la correcta evaluación de los diferentes procesos en el laboratorio y nos garantizan las leyes de las muestras para poder estimar recursos y reservas de la unidad minera Rauru.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

De manera resumida para la valoración de evaluación del instrumento se trabajó en un versus de datos de laboratorio con muestras ordinarias y muestras de control en la cual los resultados estuvieron dentro de lo aceptable con un promedio de 80 muy bueno.

Cusco de Perú, 23/08/2022  
Lugar y fecha

70093291  
DNI Numero

  
Firma del experto

951104113  
Teléfono N°