

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**



**“QA/QC DEL MUESTREO DE SONDAJES DIAMANTINOS DE  
LA CAMPAÑA 2012 - PROYECTO PALMA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR:  
EDITH GARAY TAZA**

**ASESOR  
Ing. JORGE HUMBERTO PAREDES ANGELES**

**Lima – Perú  
2013**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres por su esfuerzo y apoyo para hacer realidad mi carrera profesional, por su cariño y sus valores inculcados. A mis hermanos por su apoyo, comprensión y amistad en todo este tiempo.

A mis maestros por brindarme sus enseñanzas y experiencias para poder lograr mi profesión.

También a mi Alma Máter por darme conocimientos y un segundo hogar durante mis años de estudiante.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
Objetivos del estudio.....	15
Metodología.....	15
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b> .....	17
1.1 Ubicación.....	17
1.2 Acceso.....	17
1.3 Antecedentes Históricos.....	17
<b>CAPÍTULO II: GEOLOGÍA</b> .....	20
2.1 Geología regional.....	20
2.2 Geología local.....	27
2.3 Geología estructural.....	29
2.4 Mineralogía – Tipo de depósito.....	31
2.5 Alteración.....	32
2.6 Geología económica.....	32
<b>CAPÍTULO III: MUESTREO DE SONDAJES CAMPAÑA 2012</b> .....	34
3.1 Marco Teórico.....	34
3.2 Antecedentes.....	40
3.3 Metodologías – Protocolos.....	41
3.4 Validación de datos de muestreo.....	50
3.5 Flujograma de procedimientos.....	55
3.6 Base de datos.....	57
3.7 Formatos de registro de datos.....	57
<b>CAPÍTULO IV: ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD EN EL MUESTREO Y LA PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS</b> .....	60

	Pág.
4.1 Marco teórico.....	60
4.2 QA/QC del Muestreo primario.....	79
4.2.1 Marcado de la línea de corte de testigos.....	80
4.2.2 Corte de testigo.....	81
4.2.3 Muestreo y envío.....	81
4.2.4 Muestra control (Gemela).....	86
4.3 QA/QC en la preparación de la muestra.....	93
4.3.1 Blancos finos.....	93
4.3.2 Blancos gruesos.....	95
4.3.3 Muestras duplicado grueso.....	98
4.3.4 Muestras duplicado fino.....	100
4.3.5 Muestras estándares.....	103
4.3.6 Muestras de verificación.....	114
<b>CAPÍTULO V: TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>115</b>
5.1 Validación de los datos.....	116
5.2 Análisis exploratorio de datos (Software/Procedimientos).....	119
5.3 Análisis de tendencia.....	128
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>130</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>131</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>134</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1: Ubicación del proyecto Palma.....	18
Figura 2.1: Mapa geológico regional del Proyecto Palma.....	26
Figura 2.2: Columna estratigráfica del Proyecto Palma.....	30
Figura 3.1: Esquema de perforación diamantina DDH.....	37
Figura 3.2: Colocado de sondaje en cajas de testigo.....	38
Figura 3.3: Como ordenar los testigos.....	42
Figura 3.4: Caída de caja, práctica inadecuada.....	44
Figura 3.5: Máquina cortadora de disco diamantado.....	45
Figura 3.6: Materiales y herramientas de muestreo.....	47
Figura 3.7: Flujograma de muestras de verificación.....	55
Figura 3.8: Flujograma de muestreo.....	56
Figura 3.9: Formato donde se ubican las muestras control.....	58
Figura 3.10: Formato de muestreo (registro del lote con ubicación de las muestras control con sus códigos y tramos de muestreo.....	59
Figura. 4.1: Analogía del blanco de disparo para ilustrar las diferencias entre exactitud y precisión.....	62
Figura 4.2: Líneas de corte en el testigo pintadas en amarillo.....	81
Figura 4.3: Corte de testigo.....	82
Figura 4.4: Identificación de tramos de muestreo.....	82
Figura 4.5: Toma de muestras.....	83
Figura 4.6: Muestreo de testigo fragmentado.....	84
Figura 4.7: Embolsado y encostalado.....	84
Figura 4.8: Formato de envío de muestras al laboratorio.....	85

	Pág.
Figura 4.9: Cálculo del LDP para la Ag.....	89
Figura 4.10: Cálculo del LDP para el Pb.....	89
Figura 4.11: Cálculo del LDP para el Zn.....	90
Figura 4.12: Resultado de las gemelas para la Ag.....	91
Figura 4.13: Resultado de las gemelas para el Pb.....	92
Figura 4.14: Resultado de las gemelas para el Zn.....	92
Figura 4.15: Resultado de blancos finos para la Ag.....	94
Figura 4.16: Resultado de blancos finos para el Pb.....	94
Figura 4.17: Resultado de blancos finos para el Zn.....	95
Figura 4.18: Resultado de blancos gruesos para la Ag.....	96
Figura 4.19: Resultado de blancos gruesos para el Pb.....	97
Figura 4.20: Resultado de blancos gruesos para el Zn.....	97
Figura 4.21: Resultado de duplicados gruesos para la Ag.....	99
Figura 4.22: Resultado de duplicados gruesos para el Pb.....	99
Figura 4.23: Resultado de duplicados gruesos para el Zn.....	100
Figura 4.24: Resultado de duplicados fino para la Ag.....	101
Figura 4.25: Resultado de duplicados fino para el Pb.....	102
Figura 4.26: Resultado de duplicados fino para el Zn.....	102
Figura 4.27: Resultado Estándar bajo para la Ag.....	105
Figura 4.28: Resultado Estándar bajo para la Ag sin valores defectuosos.....	105
Figura 4.29: Resultado Estándar bajo para el Pb.....	106
Figura 4.30: Resultado Estándar bajo para el Pb sin valores defectuosos.....	106
Figura 4.31: Resultado Estándar bajo para el Zn.....	107
Figura 4.32: Resultado Estándar bajo para el Zn sin valores defectuosos.....	107

	Pág.
Figura 4.33: Resultado Estándar medio para la Ag.....	108
Figura 4.34: Resultado Estándar medio para la Ag (no se encontraron valores defectuosos).....	108
Figura 4.35: Resultado Estándar medio para el Pb.....	109
Figura 4.36: Resultado Estándar medio para el Pb sin valores defectuosos...	109
Figura 4.37: Resultado Estándar medio para Zn.....	110
Figura 4.38: Resultado Estándar medio para el Zn (no se encontraron valores defectuosos).....	110
Figura 4.39: Resultado Estándar alto para la Ag.....	111
Figura 4.40: Resultado Estándar alto para la Ag sin valores defectuosos.....	111
Figura 4.41: Resultado Estándar alto para el Pb.....	112
Figura 4.42: Resultado Estándar alto para el Pb sin valores defectuosos.....	112
Figura 4.43: Resultado Estándar alto para el Zn.....	113
Figura 4.44: Resultado Estándar alto para el Zn sin valores defectuosos.....	113
Figura 5.1: Hoja de logueo donde se muestra el tramo mineralizado correspondiente a las muestras que se pensaron que eran mamut.....	118
Figura 5.2: Box plot de la Ag.....	118
Figura 5.3: Box plot del Pb.....	118
Figura 5.4: Box plot del Zn.....	119
Figura 5.5: Histograma de la Ag, Zona Palma, distribución asimétrica.....	121
Figura 5.6: Histograma del Pb, Zona Palma, distribución asimétrica.....	121
Figura 5.7: Histograma de la Zn, Zona Palma, distribución asimétrica.....	122
Figura 5.8: Diagrama de cajas Pb y Zn, Zona Palma.....	122
Figura 5.9: Diagrama de cajas Pb y Zn, Prolongación Zona Palma.....	123

	Pág.
Figura 5.10: Diagrama de cajas Pb y Zn, Zona Kenita.....	123
Figura 5.11: Histograma de la Ag, Unidad 2.....	125
Figura 5.12: Histograma del Pb, Unidad 2.....	126
Figura 5.13: Histograma del Zn, Unidad 2.....	126
Figura 5.14: Diagrama de cajas de Pb y Zn, Unidad 2.....	127
Figura 5.15: Diagrama de cajas de Pb y Zn, Unidad 4.....	127
Figura 5.16: Correlación de la Ag y el Pb.....	128
Figura 5.17: Correlación de la Ag y el Zn.....	128
Figura 5.18: Correlación del Pb y el Zn.....	129



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1: Comparación de yacimientos tipo Kuroko en la costa del Perú.....	21
Tabla 4.1: Límites de detección teórico y práctico.....	88
Tabla 4.2: Valores de tolerancia para la evaluación de gemelas.....	90
Tabla 4.3: Resultados de fallos en gemelas.....	93
Tabla 4.4: Valores de tolerancia para la evaluación de duplicados gruesos....	98
Tabla 4.5: Resultados de fallos para los duplicados gruesos.....	100
Tabla 4.6: Valores de tolerancia para la evaluación de duplicados finos.....	101
Tabla 4.7: Resultados de los fallos de duplicados finos.....	103
Tabla 5.1: Muestra en amarillo el error encontrado.....	117
Tabla 5.2: Valores que se creían mamut.....	117
Tabla 5.3: Parámetros estadísticos de zonas Palma, prolongación de Palma y Kenita.....	120
Tabla 5.4: Parámetros estadísticos de las Unidades litológicas de la zona Palma.....	124

## RESUMEN

El presente informe trata sobre el aseguramiento y control de calidad (QA/QC) del muestreo de sondajes diamantinos de la campaña 2012 del Proyecto Palma perteneciente a Empresa administradora Chungar S.A.C. subsidiaria de Volcan Compañía Minera S.A., ubicado en el distrito de Antioquia, provincia de Huarochirí, departamento de Lima.

El objetivo principal es garantizar la representatividad de cada muestra del yacimiento. Para ello se siguió protocolos de trabajo para un muestreo representativo y adecuado de testigos evitando en todo momento la contaminación de muestras, así como también el envío apropiado de las mismas al laboratorio ALS Chemex, inserción de muestras control para monitorear el trabajo del laboratorio en sus diferentes etapas como son el chancado, pulverizado y análisis.

Para llevar el control de los resultados del laboratorio se consideró de un total de 40 muestras, 10 muestras de control, entre ellas un duplicado fino, un duplicado grueso, una gemela, tres estándares, un blanco grueso, un blanco fino y dos muestras de verificación. En total se enviaron 9647 muestras, de las cuales 2412 fueron muestras de control lo que representó un 25% del total de muestras, todas estas muestras distribuidas en 242 lotes de envío.

Para la realización de un muestreo óptimo se marcaron líneas de corte en el testigo, estas líneas fueron determinadas por los geólogos encargados del muestreo, las muestras fueron tomadas con guantes de nitrilo los cuales se lavaban con agua después de cada muestra para evitar contaminación entre muestra y muestra, cada

muestra fue embolsada, etiquetada y encostalada teniendo el mayor cuidado en su codificación así poder evitar errores en la base de datos.

Los duplicados gruesos y finos fueron generados en el laboratorio a pedido nuestro los cuales sirvieron para controlar un proceso adecuado en el chancado y pulverizado de las muestras en el laboratorio. Las muestras gemelas se tomaron en el proyecto, estas sirvieron para controlar que el muestreo sea representativo. Las muestras estándares fueron importados del laboratorio OREAS (Australia), fueron elegidas tres muestras de diferentes leyes (ley baja, ley media y ley alta), así tenemos al estándar bajo, estándar medio y estándar alto. Los blancos gruesos y finos fueron mandados a preparar al laboratorio SGS, estas muestras sirvieron para evaluar el grado de contaminación del laboratorio durante el proceso de chancado y análisis respectivamente.

Para complementar los resultados del muestreo se incluyó un capítulo sobre estadística básica para los elementos de Ag, Pb y Zn. Se realizó la validación de los datos, luego el análisis exploratorio de datos por poblaciones.

Gracias al procedimiento implementado y los cuidados adecuados se logró una precisión y exactitud aceptable en los resultados y sin presencia de contaminación. Las correlaciones de los elementos no son muy buenas, presenta una correlación lineal positiva. Se recomienda mejorar las condiciones de almacenaje de testigos, se recomienda mejorar la supervisión del corte de testigo. Se sugiere capacitar a todo el personal involucrado en QA/QC.

## **ABSTRACT**

This report discusses the quality assurance and quality control (QA / QC) sampling of 2012 diamond drilling campaign belonging to Palma Project, of the Empresa Administradora Chungar S.A.C. subsidiary of Volcan Compañía Minera S.A.A., located in the Antioquia district, Huarochirí province, department of Lima.

The main objective is to ensure the representativeness of each deposit sample. This work protocols for a representative and adequate core sampling avoiding any contamination of samples, as well as the appropriate sending them to the laboratory ALS Chemex, insertion of control samples was followed to monitor laboratory work in their different stages such as crushing, spraying and analysis.

To keep track of the results of the laboratory was considered a total of 40 samples, 10 samples of control, including a pulp duplicate, a coarse duplicate, a twin sample, three standards, a coarse blank, a pulp blank and two check samples. In total 9647 samples, of which 2412 were control samples representing 25% of all samples, these samples distributed in 242 batches were sent.

To achieve optimum sampling, cut lines marked in the core, these lines were determined by geologists in charge of sampling, samples were taken with nitrile gloves which were washed with water after each sample to avoid contamination between sample and sample, each sample was bagged, labeled and placed in the sack taking the utmost care in their coding and to avoid errors in the database.

Coarse and pulp duplicates were generated in the laboratory to our order which served to control a suitable process of crushing and powder samples in the laboratory. The twins were sampled in the project; these were used to check that the sampling is representative. The standard samples were imported laboratory Oreas (Australia), three samples were selected from different grades (low, medium and high grade) and we have the low standard, medium standard and high standard. The coarse and pulp blanks were prepared by SGS laboratory; these samples were used to assess the contamination degree in laboratory during crushing and analysis respectively.

To complement the results of sampling a chapter on basic statistics for the elements Ag, Pb and Zn was included. Validation of the exploratory data analysis was performed by populations then.

Thanks to the implemented procedure and proper care was achieved acceptable precision and accuracy in the results and free of contamination. The correlations of the elements are not very good, has a positive linear correlation. It is recommended to improve the storage of witnesses, it is recommended to improve the supervision of court witness. It is suggested to train all personnel involved in QA / QC.

## INTRODUCCIÓN

En la exploración geológica, el propósito de los programas de Aseguramiento y Control de la Calidad (QA/QC), es asegurar la integridad de la información y en última instancia garantizar que los datos generados sean de naturaleza y estándares tales que permitan su utilización en estimaciones de recursos y reservas, control de leyes, reconciliaciones, etc.

Mientras que el Aseguramiento de la Calidad 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. Por lo tanto, mientras que el Aseguramiento de la Calidad lleva implícita la idea de prevención, el Control de la Calidad se relaciona con la detección de problemas.

Volcan Compañía Minera S.A. implementa el programa QA/QC el año 2011, año en que se dio inicio a la primera campaña de perforación en el Proyecto Palma, por ende se aplicó el Programa de Aseguramiento y Control de calidad para el muestreo de sondajes diamantinos, dando resultados aceptables. El 2012 se da continuidad al programa QA/QC.

El presente informe describe como se llevó a cabo el Aseguramiento y Control de la calidad durante el muestreo primario, la preparación y análisis de las muestras de sondajes diamantinos de la campaña 2012. Describe los protocolos utilizados para el control de calidad en la toma de muestras y las dificultades que se fueron presentando durante el proceso y la solución respectiva, describe también el procedimiento para la inserción de muestras control. Se presentan los resultados obtenidos de las muestras control mediante tablas y figuras, dándose a conocer el desempeño del laboratorio en la preparación y análisis de muestras. Se realiza un análisis exploratorio de los datos obtenidos del muestreo, se calcula la media, moda, desviación estándar, valores máximo y mínimo de los datos, construcción de histogramas y correlación de los elementos Ag, Pb y Zn.

### **Objetivos del estudio**

El objetivo del presente Informe de Suficiencia es obtener el título de Ing. Geólogo, de acuerdo a los procedimientos y normatividad vigentes. Otro objetivo es garantizar que la precisión de la información pueda ser confirmada, dentro de los límites razonables, así como también prevenir el ingreso de grandes errores a la base de datos utilizada para el modelado de recursos, el objetivo principal es garantizar la representatividad de cada muestra del yacimiento, es decir que los resultados obtenidos sean lo más cercanos a la realidad.

### **Metodología**

Se siguió procedimientos de trabajo para un muestreo representativo y adecuado de testigos evitando en todo momento la contaminación de muestras, así como también el envío apropiado de las mismas al laboratorio ALS Chemex, encargado de analizar nuestras muestras. Inserción de muestras control para monitorear el

desempeño del laboratorio en la secuencia de sus diferentes etapas como son el chancado, pulverizado y análisis.



## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 Ubicación**

El Proyecto Palma queda ubicado en la margen izquierda del río Lurín entre los poblados de Pacashuaqui, Palma y Antapucro, pertenecientes al distrito de Antioquía, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. El proyecto Palma se ubica a una altitud aproximada de 1750 m.s.n.m.

#### **1.2 Acceso**

Se accede al proyecto, tomando la autopista que va de Lima al distrito de Cieneguilla y luego siguiendo la carretera afirmada Cieneguilla – Huarochirí, en el Poblado Palma se desvía a la derecha por una trocha que conduce hacia el proyecto. Dista del puerto del Callao 60 Km (Ver Figura 1.1 y Anexo 01). El tiempo de Lima al proyecto es de dos horas aproximadamente en camioneta.

#### **1.3 Antecedentes Históricos**

En 1985 la Empresa Barmine conforma su filial Minera Palma S.A. para explorar y explotar sus denuncios. Luego en 1986 Minera Palma y Cedimin

celebran un contrato temporal con Unión Minera S.A. para su explotación e investigación.

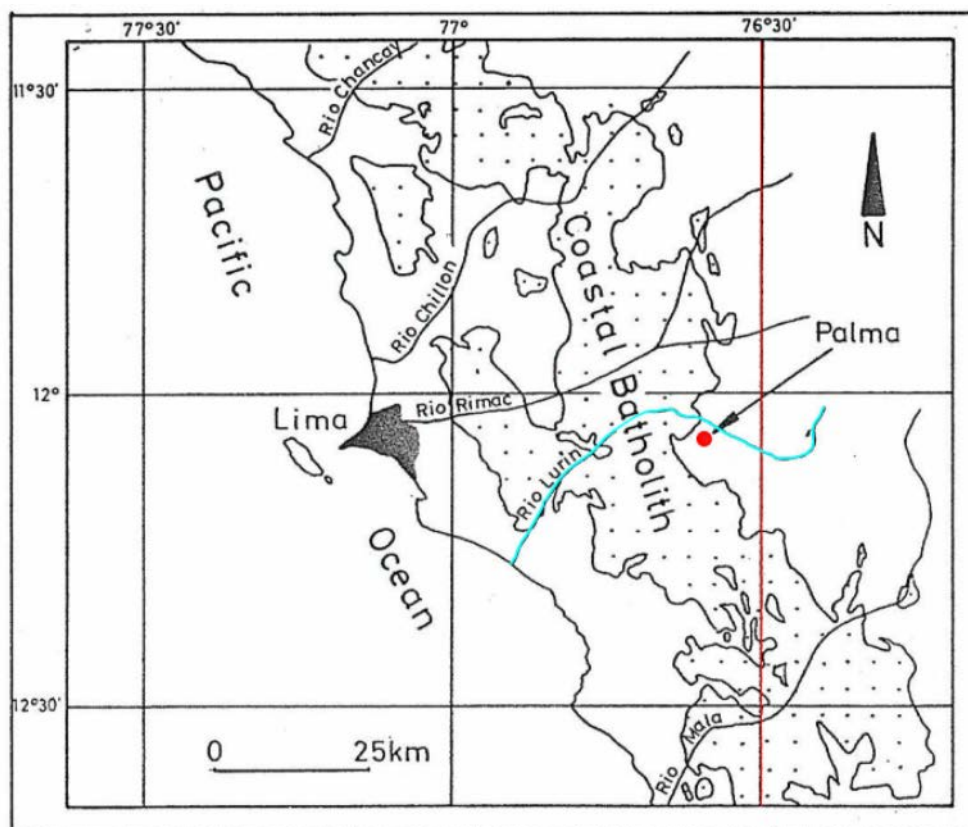


Figura 1.1: Ubicación del proyecto Palma

De 1986 a 1990 Cedimin explora y encuentra mineral y se evalúan las reservas en 1,350 TM de mineral con 12% de Zn, llegando a trabajar tajeos sobre el Manto Vanessa.

En 1995 según informes (C. Urrea) indican que en el último trimestre se extrajeron aproximadamente 60 TM/día con 8.33 % Zn y 2.4% de Pb sobre 2 metros de ancho, siendo el cut-off de mina 7% Zn. En resumen la producción mensual alcanzaría 1800 TM tratadas con una recuperación de 84.5 % de Zn y 55.3 % de Pb. Que proporcionó alrededor de 225 TM de concentrados de Zn y 35 TM de concentrado de Pb.

Desde Agosto de 1995 hasta 1997 SIMSA (D. Dávila, P.Hernández, C. Fernández, A. Torres, R. Suni) ha efectuado la evaluación y prospección Geológica en el Proyecto Palma con los siguientes trabajos. Geoquímica de las rocas, prospección Geofísica y ejecución de 10 sondajes diamantinos de los cuales 4 cortaron niveles mineralizados con leyes marginales de 2% Zn y uno de 3.5 % Cu y 1600 ppb de Au en 1 m y recomiendan explorar con mayor interés dos blancos de exploración. La Franja Mina Palma-Santa Lidia y Palma Norte (Kenita).

La Mina Palma trabajó en su planta piloto, de capacidad de 90 TM/ día el mineral de Zn extraído de los mantos mineralizados, Vanessa, Liliana y Fernanda, reconocidos anteriormente con 6 taladros de Cedimin obteniéndose durante el primer trimestre de 1996 una producción aproximada de 10,200 TM con leyes variables de cabeza entorno al 10% de Zn y 3% de Pb. (P. Hernández-SIMSA).

Desde Junio del 2009 la Compañía Minera Huascarán S.A.C. retomó las exploraciones realizando muestreo de interior mina, mapeo geológico, levantamiento topográfico y se realizó un estimado de 205,500 TM de recursos medidos-indicados, con leyes de 2.19% Pb y 10.18% Zn y 22.7gr Ag y un potencial de 2,600,000 TM como Recursos Prospectivos hacia Santa Lidia.

Desde Agosto del 2010, la consultora Anglo Peruana Terra, ha realizado el mapeo y levantamiento topográfico superficial, así también el levantamiento y mapeo de las labores de interior mina, realizando una nueva estimación de recursos minerales.

## **CAPÍTULO II**

### **GEOLOGÍA**

#### **2.1 Geología regional**

El Proyecto Palma se localiza dentro del cuadrángulo de Lurín, en la parte NE, conformada por secuencia Volcano-Sedimentaria conocida como Grupo Casma (Ver figura 2.1) de edad del Cretáceo Inferior (Valanginiano 126 millones de años hasta el Albiano 107 millones de años); para la zona de Palma se estima una edad aproximada de 122 millones de años (Valanginiano med-sup) evidenciada por el hallazgo de un espécimen fósil clasificado como un *Olcostefanus*, el mismo que se encontró en una secuencia de calizas de color gris plomizo correspondientes al miembro intermedio B de la Unidad Intermedia (Prospectiva).

#### **Grupo Casma**

El Grupo Casma se extiende formando una faja volcánico-sedimentaria orientada estructuralmente en dirección N-S y que se extiende desde la localidad que le da el nombre en el norte hasta la parte sur y sur-este de Lima. A lo largo de esta faja se localizan minas ya conocidas como María Teresa (Colquisiri) en Huaral y Juanita, Leonila-Graciela y Sta. Cecilia (Perubar) en

Corcona de las cuales se han extraído varios millones de toneladas de minerales de Ba, Zn, Pb (Ag), etc.

Hacia la prolongación sur de esta faja y a sólo 17Km en línea recta de estas minas se encuentra el Proyecto Palma, si bien la mineralización es distinta por tratarse de mantos mineralizados en Zn; Palma se localiza entre dos lineamientos o fallas que limitan la mineralización en la mina Perubar y presenta características geológicas muy similares , considerándose una zona altamente prospectiva con una faja potencial de orientación NE-SW donde se han reconocido algunos indicios de mineralización. En conjunto se trataría de una faja de 4Km de longitud por 700m de espesor, sin considerar su prolongación en profundidad.

Tabla 2.1: Comparación de yacimientos tipo Kuroko en la costa del Perú

YACIMIENTO	CONTEXTO GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA PORTADORA	MINERALES PROSPECTADOS-EXPLOTADOS
MARIA TERESA (Huaral)	Mantos de Baritina, brecha mineralizada, cuerpos de sulfuros masivos y stockwork	Gpo. Casma	Pb-Ag,Zn,Cu,Baritina
AURORA AGUSTA (Huachipa)	Cuerpos de forma irregular dentro de un embudo silicificado de rocas volcánicas	Gpo. Casma	Baritina, Zn,Pb
GRACIELA JUANITA SANTA CECILIA (Corcona)	Baritina estratiforme,cuerpos de sulfuros masivos y stockworks silíceos. Brecha mineralizada	Gpo. Casma	Baritina,Zn,Pb
PALMA (Antioquia)	Mantos de sulfuros masivos y baritina dentro de una secuencia de calizas y lutitas negras con pirita bandeada	Gpo. Casma	Zn,Pb,Baritina
BALDUCHO (Chilca)	Lentes estratiformes de Baritina, pirita-esfalerita en posición vertical dentro de pizarras moteadas y grawacas hornfésicas de metamorfismo de contacto	Gpo. Casma	Baritina,Zn
CANTERA (Mala)	Masa pequeña y estratiforme de Baritina-pirita-calcita en lutitas limosas y areniscas intercaladas con flujos de lava y volcanoclásticos	Gpo. Casma	Baritina

### Volcánicos Quilmaná

Al este de Lurín estos volcánicos descansan directamente sobre la Formación Atocongo y en el valle del Rímac se les encuentra como techos colgantes afectados por el Batolito, pasando por la quebrada de Jicamarca al valle del Chillón donde descansan sobre los volcánicos Huarangal en aparente discordancia deposicional.

A lo largo del Batolito han sido metamorfizados constituyendo una metaandesita de color oscuro, dura y en partes silicificada; tal como se puede ver en la localidad de Santa Clara, Km. 21 de la Carretera Central. Litológicamente está constituido por derrames andesíticos masivos poco estratificados, de textura porfirítica, destacando los fenos de plagioclasas en una pasta fina o microcristalina de coloración gris a gris verdosa y en menor proporción doleritas y diabasas.

Edad y correlación.- La edad de los volcánicos Quilmaná aunque no determinada con pruebas paleontológicas es evidente que puede estar entre el Albiano o tal vez el Cenomaniano inferior en la base, sin fijarse con precisión el techo, el mismo que pudiera estar en el Cenomaniano superior o Turoniano pero sin llegar al límite superior del Cretáceo, pues en partes se encuentra intruido por rocas del Batolito (superunidad Patap) datados con 95 y 102 m. a. (PITCHER W.1978).

### **Grupo Rímac**

Esta unidad se encuentra distribuida ampliamente en el flanco Oeste de la Cordillera Occidental Andina en los cuadrángulos de Matucana y Huarochirí,

llegando a la parte oriental de los cuadrángulos de Lurín y Chosica con un rumbo general NW-SE, habiéndose depositado en discordancia angular ya sea sobre el Grupo Casma o sobre una superficie de erosión labrada en el Batolito de la Costa.

En los cuadrángulos de Lurín y Chosica el Grupo Rímac se manifiesta igualmente con una interposición de rocas volcánicas mayormente piroclásticas y sedimentarias que alteran a una coloración rojizo-violáceo muy característica. Al Noroeste del cuadrángulo de Lurín, descansando sobre el Volcánico Quilmaná (Grupo Casma) aflora una gruesa secuencia del Grupo Rímac, la misma que se va engrosando hacia el Este. Allí se tiene brechas andesíticas de color gris azulino a verdoso con sedimentos como lutitas y calizas margosas pardo amarillentas. Hacia la parte media se tienen tobas de composición andesítica y derrames andesíticos porfiroides a veces afaníticos de color gris verdoso pasando a coloraciones violáceas por intemperismo.

#### Edad y correlación

Se le asigna una edad Terciario inferior a medio por constituir con el Grupo Rímac una unidad concordante, enmarcados ambos entre las discordancias Post-grupo Casma y Pre-volcánicos Millotingo.

#### Formación Huarochirí

. Se le ha reconocido en las partes altas entre el valle de Lurín y el valle de Rímac (al Norte del cuadrángulo de Lurín y Sureste del de Chosica). Se trata de una secuencia predominantemente tobácea que viene desde Huarochirí y que corresponde a una fase de vulcanismo más joven que el que dio origen a

los volcánicos Millotingo. En los cuadrángulos de Matucana-Huarocharí, incluye alternancias de rocas sedimentarias como areniscas y limolitas. En las partes altas del valle de Lurín carretera a Huarocharí, presenta su mayor desarrollo, allí se corta la secuencia y se puede ver que la parte inferior está constituida por ignimbritas de tipo riolítico, con un color rosado a rojo ladrillo, las que por intemperismo forman una ceniza blanca, luego sobreyacen ocasionales derrames lávicos (andesíticos y riolíticos) debajo de aglomerados con fragmentos angulosos de variados tamaños, constituidos por andesitas dentro de una matriz tobácea conformando las colinas que sobresalen en estas mesetas.

#### Edad y correlación

Yace en discordancia sobre el Grupo Rímac en el valle de Lurín y más al norte en el valle del Rímac sobre el Volcánico Millotingo. Así mismo, entre San Pedro de los Olleros (cuadrángulo de Lurín) y Calahuaya-Mariatana (cuadrángulo de Matucana) yace en discordancia sobre una superficie labrada en el Batolito Costanero. En estas tobas NOBLE D. ha determinado edades radiométricas de 26.1 m. a. (SALAZAR H., inédito) lo que nos llevaría al Mioceno.

#### **Rocas intrusivas**

Las rocas intrusivas relevadas en los cuadrángulos de Chancay, Lima, Lurín y Chosica corresponden a cuerpos subvolcánicos de intrusiones tempranas, y a cuerpos plutónicos que constituyen el Batolito de la Costa; así como algunas intrusiones subvolcánicas menores de emplazamiento posterior.



### **Intrusiones subvolcánicas**

Se trata de cuerpos hipabisales, emplazados cerca a la superficie en forma de diques, sills o stocks, los mismos que cortan a la columna sedimentaria de Lima desde el Grupo Puente Piedra hasta el Grupo Casma, probablemente como manifestaciones tardías del vulcanismo Casma y/o como intrusiones precursoras del Batolito.

### **El Batolito de la Costa**

Las rocas intrusivas plutónicas han sido relevadas por COBBING; habiéndose adaptado la clasificación y nomenclatura establecida por PITCHER W. (1978) en unidades consanguíneas que tienen idénticas relaciones, la misma variación modal y de alguna manera la misma fábrica y textura, y han sido denominadas super familias o superunidades. Estas a su vez se agrupan en tres grandes segmentos conocidos como: Segmento Trujillo, desde Chimbote hacia el Norte; Segmento Lima, entre Chimbote y el Sur de Lima (Qda. tinajas-Lurín), finalmente Segmento Arequipa, entre el Sur de Lima y Arequipa.

En el área de estudio al nivel del valle de Lurín y específicamente en la quebrada Tinajas se dan cambios petroquímicos en las superunidades, al pasar del Segmento Lima al Segmento Arequipa. Así por ejemplo la Superunidad Santa Rosa es reemplazada por la Superunidad Tiabaya aumentando su contenido potásico.

### **Geología económica**

Áreas prospectivas e interesantes para la prospección de sulfuras metálicos parecen estar en la parte sur del cuadrángulo de Lurín, donde los volcánicos

del Grupo Casma (Fm. Chilca y Volc. Quilmaná) podrían ofrecer mineralizaciones de tipo estrato ligado, similares a las minas Raúl y Condestable. Se observan zonas de oxidación que podrían ser buenos indicios para la prospección.

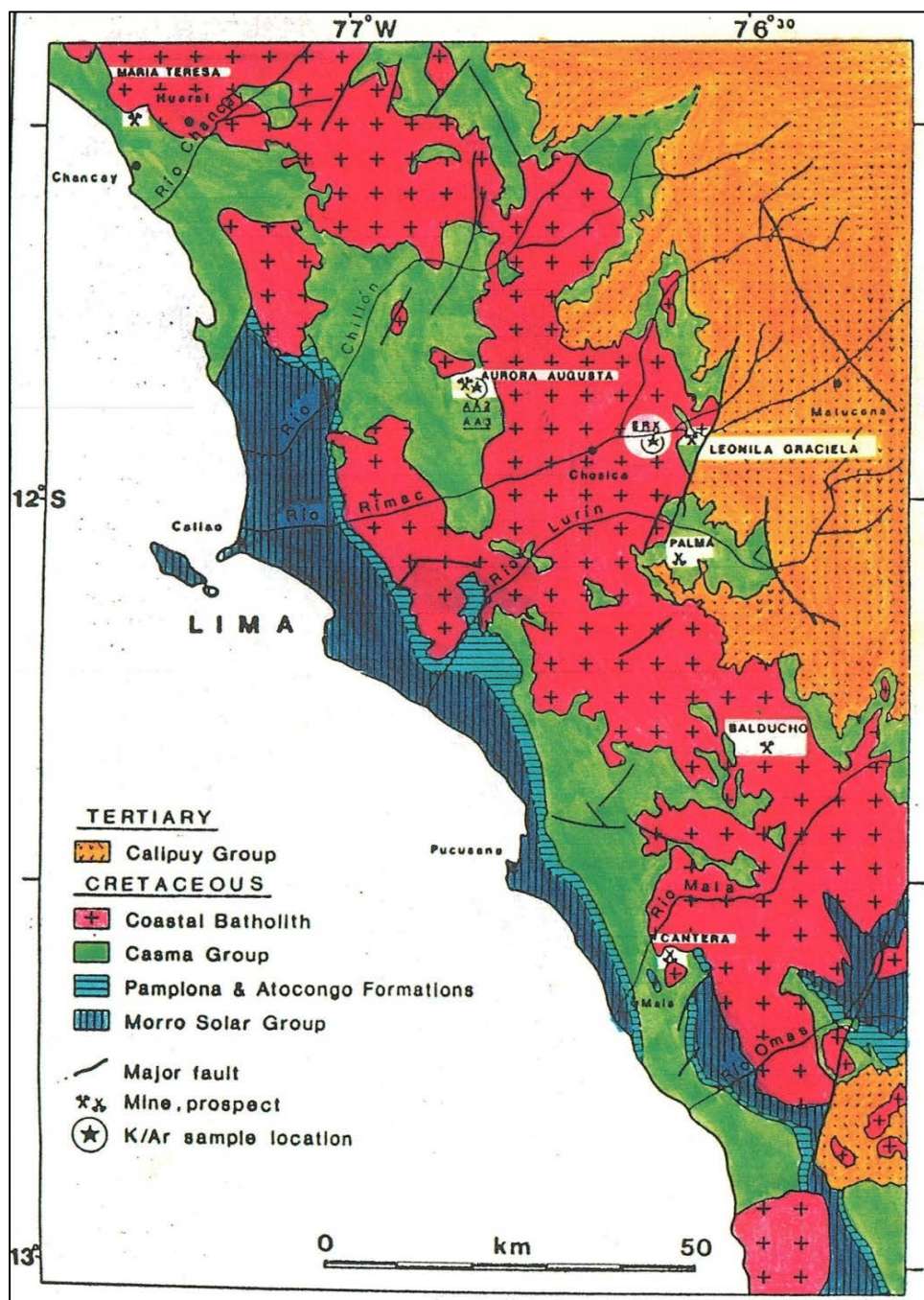


Figura 2.1: Mapa geológico regional del Proyecto Palma.

## 2.2 Geología local

En el Yacimiento Palma se reconocen dos cinturones o fajas mineralizadas donde cada una puede contener entre dos y tres mantos de sulfuros masivos de origen volcánico sedimentario submarino, no estando claro si su origen corresponde a un modelo de sulfuros masivos tipo Kuroko o tipo Sedex. Si bien, el modelo Perubar es del tipo Kuroko, el modelo Palma presenta características morfológicas de yacimiento tipo Sedex. Cabe señalar, que estos modelos están íntimamente relacionados pudiéndose encontrar ambos en distintas partes de una cuenca.

Como se mencionó anteriormente este yacimiento se aloja dentro de las rocas volcánico-sedimentario del Grupo Casma de edad Cretáceo Inferior. Localmente se le ha dividido en tres unidades:

**Unidad Inferior:** Predominantemente volcánica donde se observan rocas volcánicas como andesitas afaníticas y porfiríticas, coladas volcánicas intermedias a básicas, así como también secuencias de tufo arenoso silicificados (Tsds). Esta unidad se altera a un color pardo anaranjado por la formación de limonita a expensas de los ferromagnesianos componentes de las rocas, el cual es un color característico; su espesor no ha sido determinado, ya que no se conoce la base de esta unidad.

**Unidad Intermedia:** con un espesor entre 500-750m (prospectivo) donde se localiza la mineralización, consta de una secuencia compuesta por lutitas negras (acompañando a los sulfuros), flujos de lava félsica (exhalitas), algunos horizontes de caliza y flujos andesíticos, cabe resaltar la presencia de algunos

diques, que si bien es cierto no influyen mayormente en la mineralización, afectan considerablemente la continuidad y espesor de los mantos. Para su mejor comprensión se le ha subdividido en tres miembros que se describen a continuación:

*Miembro intermedio A:* Es el miembro que presenta mayores evidencias de mineralización y en el cual se alojan los mantos mineralizados de Palma, lo conforman lutitas, margas y calizas bituminosas en estratos delgados que pueden variar lateralmente según el contenido de limos y arcillas, asimismo, intercalaciones de lavas andesíticas y félsicas, estas últimas relacionadas directamente a la mineralización.

*Miembro intermedio B:* El nivel se encuentra compuesto principalmente de facies volcánicas andesíticas, tufos marrones de grano muy fino (Tmb) y horizontes de lutitas y calizas de color gris plomizo cuya meteorización origina una alteración blanca pulverulenta.

*Miembro intermedio C:* Secuencia de lutita gris oscura con intercalación de caliza silicificada, estructura laminar, algunos niveles volcánicos.

*Miembro intermedio D:* marca el tope de la unidad intermedia sedimentaria y nos sirvió como horizonte guía de correlación de unidades, lo conforma una secuencia de calizas blancas bioclásticas en bancos gruesos englobados por rocas volcánicas de la unidad superior formando grandes bloques aislados. Su espesor aproximado es de unos 100m y gracias a su continuidad de

afloramiento se pudo determinar los cambios de dirección que presenta toda la unidad intermedia.

**Unidad Superior:** de características muy similares a las de la Unidad Inferior; esta unidad representa el siguiente evento efusivo luego de haberse depositado los sedimentos de la Unidad Intermedia:

Además, se debe mencionar la presencia de una etapa posterior intrusiva donde tuvo lugar el emplazamiento de diques y sills intermedios a básicos los cuales se originan presumiblemente como una etapa precursora a la intrusión del Batolito de la Costa; estos cuerpos ígneos cortan a toda la secuencia volcano-sedimentaria desde la base hasta el techo donde es cubierta por el vulcanismo Terciario. Su orientación predominante es según la dirección N-S y con menor frecuencia en otras direcciones, la presencia de numerosos diques en determinadas zonas nos sugiere los lugares de mayor fracturamiento y zonas de debilidad por donde pudo pasar un flujo mineralizante. Esta diferenciación de unidades se hizo en base a los contrastes litológicos y a los cambios observados entre las etapas volcánicas y sedimentarias así como las intrusiones que afectaron a las minas. (Ver figura 2.2).

### **2.3 Geología estructural**

El control estructural está determinado por dos sistemas principales de fallamiento. Uno con orientación cercana al N-S que dislocan al horizonte prospectivo y está compuesto por fallas antiguas (probablemente sinsedimentarias) posteriormente reactivadas y otro sistema de orientación NW-SE de fallas más recientes que afectaron a las anteriores.

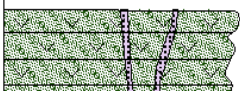






EDAD	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA	DESCRIPCION	MINERALIZACION	
MESOZOICO CRETACEO INFERIOR (Albiano) GRUPO CASMA	Superior		Lavas andesítica a andesita basáltica, escasos niveles sedimentarios y diques.		
	Intermedia (Prospectiva) D C B A		Caliza gris clara de estratificación delgada		
			Caliza gris silicificada a caliza arcillosa intercalada con algunos niveles de lutita gris oscura		
			Lutita gris oscura con intercalación de caliza silicificada, estructura laminar, algunos niveles volcanicos. Ⓜ Domo acido.		Vetillas de ní (cpy). /
			Niveles de caliza silicificada de estructura maciza, ocasionalmente intercalada con niveles de chert negro Caliza fina gris oscura intercalada con lutitas gris oscura con algunos niveles de caliza areniscosa. Se observan niveles de caliza brechosa gris oscura. Ⓜ Cuerpo subvolcánico de textura porfirítica		Vetillas de Cu-Au. / Mantos de Zn-Pb-Ag, en interfase volcanicos a sedimentos. —
	Inferior		Intercalación de caliza de grano grueso a medio con lutitas gris oscura, lentes irregulares de volcanicos. Ⓧ Dique diorítico		Mantos irregulares de Zn-Pb-Ag - (Cu-Au). —
			Secuencia de lutitas gris oscuras de estratificación delgada. Ⓩ Dique dacítico Lavas andesíticas afaníticas a porfiricas de composición de intermedio a básico, intercalaciones de piroclastos y sedimentos volcanoclasticos, abundantes diques a sills básicos. Ⓜ Cuerpos volcanoclasticos		

Figura 2.2: Columna estratigráfica del Proyecto Palma

La característica principal del yacimiento es que encontramos los indicios de mineralización en áreas de debilidad que al parecer fueron causantes de la mineralización como se conoce en las minas Juanita y Graciela.

### Controles de la mineralización

Uno de los controles más importantes es la presencia de lutitas, margas y calizas bituminosas en estratos delgados que pueden variar lateralmente según el contenido de Limo y arcillas. Otro control es la presencia de andesitas félsicas (Exhalitas) muy cercanas a las zonas mineralizadas de sulfuros masivos.

También se puede anotar la presencia favorable en la mineralización las calizas bituminosas con pirita en una trama brechada.

Los slump que ocurren en las lutitas son importantes para el control de la mineralización.

#### **2.4 Mineralogía – Tipo de depósito**

En la mina Palma se encuentra una mineralización del tipo estratoligado de sulfuros masivos de Zn y Pb y Baritina, hospedados en facies orientales de las rocas volcano-sedimentarias del grupo Casma.

Por lo general los mantos son concordantes con la estratificación pero por su morfología se asemejan a lentes o bolsonadas con contactos sinuosos, estos se presentan como sulfuros masivos, aunque en algunas zonas se encuentran tramos estratificados y hasta con textura de brechas y de reemplazamiento. Se han determinado dos zonas favorables a la mineralización como cinturones o fajas receptoras a mineral y estas son.

Faja Superior.- Donde se han reconocido los mantos Fernanda, Liliana, Vanessa. El manto Fernanda se encuentra cerca al techo del miembro intermedio A y consiste en una secuencia de lavas, lutitas y calizas negras con lentes de barita y sulfuros masivos de Zn y Pb con potencias de 0.20m a 3m. Los mantos Liliana y Vanessa, son de mayor proporción sedimentarios estos horizontes son los que mayor espesor alcanzado en conjunto hasta los 30 m. y son los portadores de la mineralización económica de la mina. Su afloramiento es fácil de seguir por presentar características típicas.

Faja Inferior.- Infrayacendo a estos horizontes se conoce la existencia de dos mantos a los que se le denomina Manto M1, y Manto M2, ubicados debajo del

Manto Vanessa, reconocidos por sondajes diamantinos y de los cuales no se reconocen afloramientos.

## **2.5 Alteración**

Se presentan tufos arenosos silicificados en la unidad inferior de la Geología Local, con una alteración pardo anaranjado por limonitas de los ferromagnesianos. El miembro Intermedio b presenta tufos marrones de grano muy fino y horizontes de caliza gris plomizo cuya alteración es blanca pulverulenta.

En resumen la mineralización es del tipo VMS con alteración tipo cloritización-carbonatación definida y asociada a niveles exhalíticos procedente de centros dómicos ácidos.

En los sondajes se observaron horizontes mineralizados con venillas de Pirita y Pirrotita con marcada cloritización y presencia de calcopirita diseminada que probablemente nos definen los horizontes guía de pisos prospectivos lo cual se requiere mayor exploración.

## **2.6 Geología económica**

El Yacimiento Palma es alojado en la secuencia volcano- sedimentaria del Grupo Casma, al igual existen otros yacimientos alojados en el mismo Grupo al Norte en la localidad de Huaral, al Centro en Corcona, Lima, de los cuales se han explotado grandes cantidades de minerales de Barita, Zn y Pb.

La mina Palma es un Yacimiento VMS, de sulfuros masivos con Zinc, Plomo y Plata, el área mineralizada se extiende hasta las zonas de Santa Lidia al Sur y al



Norte hasta Kenita, en una extensión de 4 Km. A lo largo de los cuales se encuentran afloramientos a manera de lentes irregulares tanto en sentido horizontal como vertical.

Principales guías de exploración:

- Domos ácidos.
- Alrededores de un centro mineralizante.
- Corto intervalo estratigráfico.
- Horizontes de tufitas o exhalita tufácea.
- Varios ciclos volcánicos. (ácido-intermedio)
- Zonas de alteración confirmable.
- Deformación sobre la mena
- Combinaciones de estructuras y litogeoquímica mayor.

## **CAPÍTULO III**

### **MUESTREO DE SONDAJES CAMPAÑA 2012**

#### **3.1 Marco Teórico**

La perforación de sondajes constituye la culminación del proceso de exploración de minerales mediante el cual se define la dimensión de un prospecto y su geometría en el subsuelo. La perforación proporciona la mayor parte de la información para la evaluación final de un prospecto y en última instancia, determinará si el prospecto es explotable económicamente. Los análisis químicos de las muestras de testigos son la base para determinar la ley media del depósito mineral. El cuidadoso registro de las muestras de testigos de sondajes ayuda a delinear la geometría y el cálculo del volumen de mineral y proporciona importantes datos estructurales. Los dos principales tipos de perforación son de diamantina (DDH) y los de aire reverso o circulación inversa (RC).

Uno de los métodos de perforación más utilizados es el de recuperación de testigos con brocas de corona diamantada, por las razones siguientes:

- La muestra es continua, por la cual se puede reconocer completamente la zona mineralizada.
- El volumen de la muestra por unidad de longitud se mantiene constante, lo que garantiza la homogeneidad de la muestra.
- El testigo se maneja con facilidad y puede estudiarse y muestrearse con gran cuidado y detalle.
- El testigo proporciona información geológica, geotécnica y mineralógica de calidad.
- Los problemas de contaminación son mínimos.
- El sistema permite obtener muestras de calidad de lugares inaccesibles por otros métodos.

### **Perforación diamantina DDH**

Esta toma de muestras se realiza por medio de los sistemas de perforación con recuperación de testigo. Los testigos son las muestras del macizo rocoso que nos van a permitir un análisis directo de los diferentes materiales que atraviesa, así como la presencia de mineralizaciones, para estudiar su potencial de explotación.

La perforación a rotación con recuperación de testigo se basa en que un elemento de corte de forma anular, con diamantes industriales incrustados colocado en el extremo de una sarta de perforación, “corta” la roca obteniendo un cilindro de roca que se aloja en el interior de la sarta, a medida que el elemento de corte avanza. El elemento de corte se denomina corona de diamante.

El testigo recuperado se aloja en los denominados tubos sacatestigos (o portatestigos), que permiten su desmontaje en el exterior para una mejor maniobrabilidad del mismo. Para la extracción de los núcleos de roca se han desarrollado tubos sacatestigos de diferentes características que han permitido mejorar la recuperación en terrenos difíciles. En los sondeos profundos el sistema "Wireline" ha posibilitado la extracción de testigos sin extraer todo el varillaje en cada maniobra (Ver figura 3.1).

El testigo entra en el tubo interior (portatestigo), situado dentro del tubo de sarta de perforación inmediatamente detrás de la corona de perforación. Se evita que el testigo caiga de nuevo en el barreno por medio de un casquillo en forma de cuña montado en la base de la sarta, llamado muelle rompetestigo o portatestigo. La longitud de las barras es normalmente de 3 metros de longitud, dependiendo del tamaño del equipo de perforación. Cuando la barra está completa con testigo en su interior, el tubo portatestigo se extrae de la sarta, por medio de una mordaza que se baja por el interior de la sarta hasta que "pesca" anclándose a un dispositivo con forma de arpón. Este es el denominado sistema wireline. En esta posición la barra portatestigos queda liberada y una vez en el exterior el testigo puede extraerse fácilmente gracias a que esta barra suele poder desmontarse longitudinalmente, siendo especialmente útil en el caso de testigos altamente fracturados o alterados. Una vez extraído el testigo se monta de nuevo y se desciende de nuevo hasta la corona de perforación.

La perforación con corona de diamante permite realizar sofisticados estudios geológicos. El testigo puede ser orientado permitiendo la medida de las

estructuras geológicas, reproduciendo la posición del testigo en el macizo rocoso.

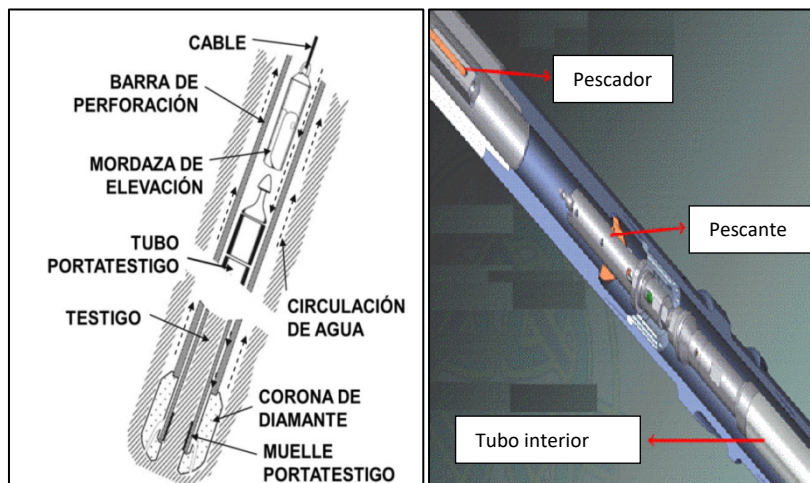


Figura 3.1: Esquema de perforación diamantina DDH

Los tamaños de testigo estándar van desde 27 mm a 85 mm de diámetro. Los diámetros de testigo usados normalmente con el sistema wireline son: AQ (27 mm), BQ (36,5 mm), NQ (47,6 mm), HQ (63,5 mm) y PQ (85 mm).

Desde casi todos los puntos de vista, el mejor tamaño de testigo es el mayor posible. Mayores diámetros permiten mejor grado de recuperación y permiten menores desviaciones en la perforación. En testigos de mayor tamaño se facilitan los ensayos geoquímicos y los cálculos de estimación de reservas.

### Testigos de roca

Los testigos obtenidos mediante perforación con corona de diamante proporcionan información muy valiosa para una identificación geológica posterior. Pero el manejo de los testigos se debe realizar de manera sistemática y muy cuidadosa, para no proporcionar información confusa o errónea. Además, la cantidad de metros de testigo obtenido es tal que se

necesita una infraestructura que permita su almacenamiento para poder localizar fácilmente cada sondaje realizado. Para ello, toda la longitud de sondeo recuperado se coloca en las llamadas “cajas de testigos”, que serán aquellos elementos que permitan almacenar las muestras obtenidas de manera ordenada para su posterior reconocimiento, descripción y reconstrucción de la secuencia obtenida (Ver figura 3.2).



Figura 3.2: Colocado de sondaje en cajas de testigo

### **Muestreo de testigos**

El análisis y ensayo de testigos durante las fases tempranas de la campaña de exploración tiene dos propósitos. El primero es proporcionar un índice de las potenciales leyes minerales presentes, en caso de que las haya. El segundo es conocer dónde están y de qué forma están distribuidas esas leyes en el depósito mineral. Este conocimiento es necesario para ubicar la perforación de nuevos sondeos.

En la primera fase de la campaña de exploración, los intervalos de la toma de muestras durante la perforación de un sondeo los determina la geología. Estos intervalos de interés serán seleccionados en función de la geología y se deberán indicar sobre el propio testigo a medida que se obtienen las muestras. Los límites de la mineralización deberían corresponder con los que la geología indicaba previamente, pero se deberán reflejar los límites reales encontrados. Puede decirse que cada muestra debe responder a las incertidumbres que la geología encontraba. Cuando por la calidad del material no puede recuperarse el testigo correspondiente a una longitud determinada, es importante reflejar este hecho, para una correcta interpretación posterior.

Cuando se vayan a realizar ensayos sobre los testigos de roca, es habitual que se realicen ensayos destructivos, por lo que, no se podrían realizar ensayos posteriores. Por ese motivo es habitual cortar mediante sierra circular el testigo por su eje longitudinal, por la mitad, o incluso en cuatro partes. La decisión de usar el testigo completo, medio testigo o un cuarto de testigo depende del contenido mineral, de modo que la muestra tomada sea representativa del contenido mineral del testigo completo. Sin embargo, el ensayo de testigos completos debería considerarse siempre como último recurso, porque, como se ha dicho anteriormente, se imposibilita un estudio posterior. Los métodos para tomar muestras de testigos para su ensayo dependen del estado del testigo: Algunos de estos métodos son:

Muestreo con navaja.- Esta técnica se emplea cuando se encuentran estructuras húmedas de arcilla. Este material es blando y solo se puede realizar su ensayo, cortando escamas con una navaja.

Muestreo con cuchara.- Si el material está altamente fragmentado, el único método realístico es usar una cuchara o una espátula para recoger una sección representativa de la muestra para cada intervalo objeto de estudio. Se deberá repartir homogéneamente la muestra y dividir en mitades, ensayando una mitad y guardando el resto.

Molienda del testigo.- Si la muestra no se considera interesante para ser cortada con sierra circular, se puede moler parte del testigo completo para ser ensayada por métodos geoquímicos a modo de comprobación.

Fragmentación por cincel.- En rocas cristalinas relativamente homogéneas como rocas ígneas o rocas sedimentarias masivas pueden obtenerse muestras para ensayo con un cincel. Este método es útil en el caso de que se trabaje en lugares remotos, donde no haya disponible una sierra de disco.

Corte con sierra de disco.- Este es el método estándar de trabajo y el preferido para tomar muestras de testigos. En este caso el testigo es cortado longitudinalmente con una sierra circular usando discos de diamante. Este método es relativamente lento y caro, es la única manera de obtener una muestra de testigo de manera precisa.

### **3.2 Antecedentes**

El 2011 se inicia las perforaciones en el Proyecto Palma, con ello la implementación del Programa QA/QC del muestreo de sondajes, la Jefatura Corporativa de Recursos Minerales y Modelamiento se encargó de capacitar a los geólogos del proyecto respecto a los procedimientos a seguir para la



realización del QA/QC, como todo inicio, en dicha campaña se presentó algunas dificultades como la falta de cuidado en el marcado de la línea de corte, procedimiento que se mejoró en la campaña 2012.

Los resultados finales obtenidos de la campaña 2011 fueron aceptables. En el caso de las gemelas los porcentajes de error de la Ag, Pb y Zn fueron 0.49%, 8.37% y 7.88% respectivamente, para la campaña 2012 los porcentajes de error para gemelas de Ag, Pb y Zn fueron 0%, 4.98% y 7.05% respectivamente, se nota una disminución en el porcentaje de error para la campaña 2012, lo cual indica una mejora en la ubicación de la línea de corte y muestreo.

### **3.3 Metodologías – Protocolos**

Para poder llevar un control adecuado de la calidad del muestreo se elaboró un Procedimiento Escrito de Trabajo, este documento se hizo entrega a todo el personal involucrado en el muestreo para que así pudieran trabajar con un solo estándar.

Para la realización del muestreo se deberá contar con el siguiente personal:

- Geólogo de muestreo
- Ayudantes de muestreo
- Cortador de testigos (Técnicos).

#### **Determinación de tramos de muestreo**

Los geólogos de logueo determinarán los tramos de muestreo entre 0.5 a 1m para zonas mineralizadas y de 1 a 2m para zonas estériles, respetando siempre los contactos litológicos y de mineralización, luego se medirá la

profundidad de los tramos seleccionados (considerando la recuperación de la perforación), se ubican los tacos que indican el inicio y fin del tramo, en estos tacos se anota la longitud desde el inicio del sondaje. El personal de apoyo toma nota de estos tramos en unos formatos establecidos para este trabajo. (Ver anexo 2)

### **Marcado de testigos**

El marcado de testigos debe ser realizado por los geólogos encargados del logueo, consiste en marcar la línea por donde debe ser cortado el testigo, la línea debe ir en una dirección donde quede dividida en partes iguales (ideal) la mineralización, Previo ordenado de los pedazos de testigo (Ver figura 3.3).

También se marcará cada inicio y fin de tramo de muestreo.

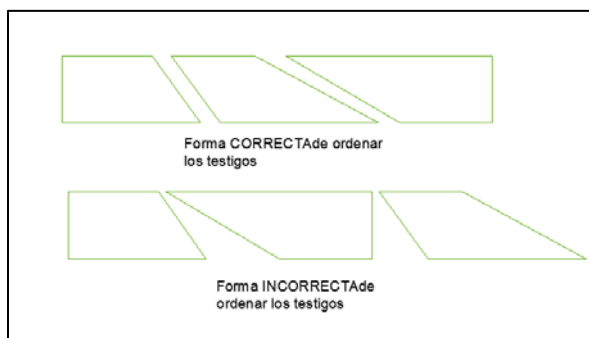


Figura 3.3: Como ordenar los testigos

**Ubicación de muestras control.-** El geólogo QA/QC del proyecto con ayuda de las hojas de logueo escogerá las posiciones donde se insertarán las muestras control.

Se considerará grupos de 40 muestras incluidas las muestras control, a este grupo de muestras se le denominará *Lote*; cada lote debe incluir las siguientes muestras control:

01 muestra gemela.- Será tomada de un tramo fuertemente mineralizado y será la segunda mitad del testigo. Esta muestra se utiliza para determinar la precisión del muestreo primario.

01 blanco fino.- Muestra estéril de granulometría fina que irá luego de una muestra de alta ley. Esta muestra se utiliza para determinar si se produce contaminación durante el proceso de análisis.

01 blanco grueso.- Muestra estéril de granulometría gruesa que se colocará luego de un blanco fino. Sirve para analizar la influencia en los blancos gruesos de las muestras precedentes para determinar si existe algún evento de contaminación durante la preparación de la muestra en la etapa de chancado primario.

01 duplicado fino.- Se elegirá un tramo de muestreo cualquiera al que se le generará un duplicado fino en laboratorio en la etapa de pulverizado (homogenizado y reducción). Estas muestras se utilizan para determinar la precisión del laboratorio en la etapa de pulverizado.

01 duplicado grueso.- Se elegirá un tramo de muestreo cualquiera al que se le generará un duplicado grueso en laboratorio en la etapa de chancado primario. Los duplicados gruesos se usan para determinar la precisión del laboratorio en la etapa de chancado primario y de reducción o sub-muestreo.

03 muestras estándar.- Se colocarán aleatoriamente, son muestras cuyo contenido de los elementos de interés es conocido y certificado, tendrán 3

valores distintos, ley baja, ley media y ley alta (referente al yacimiento). Se analiza los resultados de muestras de referencia estándar para determinar la exactitud del laboratorio en la etapa de análisis.

02 muestras de verificación.- Se elegirán tramos de muestreo cualquiera que después de obtenidos los resultados de análisis en el laboratorio primario, las muestras ya pulverizadas de estos tramos (pulpas) serán enviadas a otro laboratorio. Estas muestras son utilizadas para evaluar la exactitud analítica del laboratorio primario

En un formato digital (Formato de Muestreo) deberá registrarse todas las muestras del lote con sus respectivos códigos y en donde quedará indicada la ubicación de cada muestra control (Ver figura 3.9 y 3.10).

#### **Traslado a la sala de corte**

Los ayudantes de muestreo deberán asegurar las cajas de testigos de tal manera que no sea posible la volcadura o caída de las mismas (Ver figura 3.4), luego deberán ser transportadas con cuidado hasta la sala donde se efectuará el corte, asegurando también el almacenamiento.



Figura 3.4: Caída de caja, práctica inadecuada.

### **Corte de la muestra**

El corte de muestras fue realizado con una máquina cortadora de disco diamantado para testigos de marca Pothier y modelo PEO-1491 (Ver figura 3.5). Se utilizó este tipo de corte porque permite dividir longitudinalmente los testigos de forma más precisa y segura para el operario, el disco diamantado permite cortar rocas de altas durezas y compactas, como las que se encuentran en el Proyecto Palma (andesitas y chert). Es posible realizar cortes perpendiculares al testigo, se puede cortar segmentos de testigos de hasta 45 cm aproximadamente, útil para cortes continuos.



Figura 3.5: Máquina cortadora de disco diamantado

El personal a cargo del corte de las muestras (cortador) debe ser un técnico capacitado y con experiencia en este tipo de trabajo. El cortador deberá contar con el EPP requerido durante todo el proceso de corte, el cual se realizará siguiendo la línea trazada por el geólogo en el testigo, también cortará perpendicular al eje del testigo en cada marca de inicio y fin de los tramos de muestreo.

### **Toma de muestras**

En la mesas de logueo se colocará las cajas con los testigos cortados en orden correlativo y de acuerdo al metraje perforado que se va a muestrear. Se deberá utilizar los siguientes materiales y herramientas (Ver figura 3.6):

- Espátula para recoger la muestra (fragmentos de roca/mineral).
- Plumones indelebles.
- Tarjetas de muestreo codificadas con 4 ticket desglosables.
- Lápiz y lapicero.
- Bolsas de muestreo.
- Engrapador y grapas
- Picota.
- Flexómetro
- Costales y rafia.
- Balanza.
- Cajas de polipropileno.
- Guantes de Nitrilo.

La toma de muestras se deberá realizar por lote y con ayuda del formato de muestreo. Con el uso del guante de látex se deberá ordenar cada tramo de muestreo a manera que todos los pedazos de testigo tengan la misma orientación.

En coordinación con el supervisor se procederá a verificar el marcado y registro de tramos a muestrear con sus respectivos códigos. Haciendo uso del guante de látex recolectar el 50% de la muestra equivalente a  $\frac{1}{2}$  testigo que corresponde al tramo marcado, colocarlo en una bolsa de muestreo (previamente codificado); el restante 50% se archivará en las cajas de polipropileno; al momento de recolectar la muestra a la bolsa, esta debe ser recolectada dándole la menor cantidad de golpes

moderados posibles de tal manera que el tamaño de la muestra debe ser lo suficiente para que ingrese a la bolsa de muestreo, disminuyendo así la probabilidad de ser contaminada.



Figura 3.6: Materiales y herramientas de muestreo.

### **Embolsado de Blancos gruesos**

Esta muestra se colocará luego de una muestra fuertemente mineralizada y se enviarán junto a las muestras ordinarias debidamente embolsadas y etiquetadas. Los blancos gruesos son muestras de material estéril nominal de  $\frac{1}{4}$  de pulgada desprovistas del elemento que está siendo analizado. Ayudan a monitorear la contaminación y desarreglo de las muestras durante la preparación de la muestra. Estas muestras fueron preparadas y certificadas por el laboratorio SGS (Ver anexo 4).

### **Muestras gemelas**

Estas muestras también se enviarán junto a las muestras ordinarias. Se usan para evaluar el error de muestreo y se toma de una muestra que contenga ley, la muestra gemela debe ser la segunda mitad del testigo.

- **Observación importante:** para cada tramo de muestreo se deberá limpiar y/o lavar la picota y los guantes antes de comenzar el tramo posterior.

### **Etiquetado y encostalado**

Colocar los tickets de muestreo de la siguiente manera:

- 1er ticket se deberá introducir en la bolsa junto con la muestra.
- 2do ticket se deberá engrapar en la bolsa de muestreo después de sacar el aire.
- 3er ticket se deberá engrapar en la caja de testigos de polipropileno al inicio del tramo de muestreo.



- El 4to ticket quedan en la tarjeta de muestreo para cualquier remplazo posterior (Ver tarjeta en Anexo 2).
- Llenar en costales en forma correlativa y ordenada; rotulando el número de saco, el número total de muestras que van dentro del saco y los códigos desde -hasta de las muestras a encostalar.

Se evitará realizar sobreesfuerzos al trasladar los sacos, esto a su vez ayudará a conservar las muestras en buen estado (la cantidad de muestras transportadas a mano no debe exceder los 25 kilos) y se mantendrá el área de trabajo limpio y ordenado.

Envío y transporte de muestras: El geólogo QA/QC del proyecto Solicitará al geólogo QA/QC corporativo un formato de envío de muestras al laboratorio, dará las indicaciones a los ayudantes de muestreo para realizar el carguío de los sacos conteniendo las muestras correspondientes para el envío al medio de transporte en forma ordenada, no se colocarán unos sobre otros, se trasladarán los costales con mucho cuidado de no golpearlos o tirarlos para evitar que las bolsas se rompan y las muestras se contaminen, entregará al chofer una copia del formato de envío de muestras que a su vez lo entregará al recepcionista de las muestras en el laboratorio.

Inserción del restante de muestras control: Para el caso de los duplicados gruesos y finos serán generados en el mismo laboratorio, las muestras estándar y el blanco fino serán insertadas una vez que el resto de muestras estén en la etapa final de preparación y previa al análisis. Las muestras de verificación serán enviadas a un segundo laboratorio luego de haber obtenido

los resultados del laboratorio primario. La inserción de muestras control está a cargo del área corporativa de QA/QC de la empresa.

### **3.4 Validación de datos de muestreo**

La validación de los datos de muestreo fue realizada por la Jefatura Corporativa de Recursos Minerales y Modelamiento, lo cual consiste en la evaluación de los resultados de las muestras control de cada lote según los criterios mostrados a continuación:

Un aspecto crítico del programa de Control de Calidad es el proceso de decisión para la aceptación o rechazo de resultados del laboratorio. Normalmente los resultados se revisan sobre la base de los grupos de laboratorio; una cantidad de grupos puede constituir un trabajo completo para el laboratorio. Por lo tanto, es poco frecuente el tener que rechazar un trabajo completo; en vez de eso, grupos individuales (lotes) de trabajos de laboratorios, bajo condiciones ideales, ocasionalmente serán rechazados.

Normalmente no es práctico controlar el grupo desde fuera del laboratorio. El geólogo QA/QC normalmente no sabe dónde termina un grupo y donde comienza el siguiente, y por lo tanto típicamente revela la identidad de la muestra de control (si ya no es conocida) de tal manera que el laboratorio pueda identificar el grupo. En vez de eso, el geólogo QA/QC del proyecto deberá solicitar el re-ensayo de un pequeño grupo de muestras (cinco a diez) que incluye el estándar insertado, de tal manera que la posición del estándar no sea ni el inicio ni el final de la secuencia, pero que por el contrario varía con cada solicitud de re-ensayo. Luego de investigación, el laboratorio estará en capacidad de comunicar al geólogo QA/QC del proyecto el tipo de error que ha

cometido (grupo, mezcla de muestra, etc.) y llevará acabo la acción apropiada (re-analizar el grupo apropiado si hay un error de grupo, emitir un certificado de ensayo corregido).

La idea de un control de calidad por grupos es que todo un grupo podría haber sido sometido a procedimientos incorrectos y por lo tanto todo el grupo esté “mal”. Esto ocurre algunas veces, pero no es usual. Los tipos de errores más frecuentes en los ensayos son los episódicos, los cuales ocurren al azar. Algunos ejemplos son: error al leer un número en una balanza o equipo, transposición de dígitos al registrar el número, error al colocar un punto decimal, derrames o “rebores” de una única muestra, bloqueo parcial transitorio en el flujo de fluidos hacia el espectrómetro, contaminación producida por el goteo de un horno sucio, la reutilización de un crisol contaminado, entre otros.

Usualmente, el segundo tipo de error más común involucra el intercambio de dos muestras, lo que da como resultado dos muestras cercanas con resultados incorrectos. Es poco común tener un “mal grupo”. Algunos ejemplos incluyen: “leer” (en el instrumento) una relación de muestras a la inversa, leer la relación equivocada de muestras, calentar un grupo de muestras por mucho o muy poco tiempo o a la temperatura equivocada, utilizar reactivos inapropiados o calibrar inadecuadamente un instrumento. Debido a que estos son errores de procedimiento que pueden ser eliminados introduciendo buenos procedimientos, los buenos laboratorios tienen muy pocos grupos malos. Los otros tipos de errores son más difíciles de prevenir, pero pueden ser reducidos

por medio del uso de computadoras (conectadas al espectrómetro y balanza, por ejemplo, para prevenir la transposición de dígitos).

Es una buena práctica firmar un acuerdo con el laboratorio en el que se especifiquen los niveles de desempeño requeridos del laboratorio, cómo serán medidos, y qué acciones de remediación son requeridas bajo diferentes circunstancias. Los acuerdos específicos variarán, pero normalmente el laboratorio estará de acuerdo en volver a hacer los ensayos, sin costo adicional, a los grupos que para el gerente del proyecto presentan fallas. Este acuerdo será perjudicado si el programa de Control de Calidad es mal manejado evidenciándose, por ejemplo, por la frecuente mezcla de muestras por parte del personal del proyecto responsable del etiquetado y de insertar los estándares y duplicados de la muestra ciega. Para los materiales de referencia estándar certificados, la "tolerancia" (rango alrededor del valor deseado de un estándar que se crea aceptable) se debe basar en lo que ha sido alcanzado por otros laboratorios utilizando procedimientos analíticos similares, tal como se publica en el informe de certificación. Los límites razonables abarcan el 95% de las determinaciones obtenidas durante el proceso de certificación, *no* el error estándar de la media (la incertidumbre en la estimación del valor certificado), tal como se observa en algunas etiquetas comerciales, incluyendo los estándares CANMET\*.

En el caso de ensayos de verificación arbitral, los resultados originales y de verificación comúnmente presentan diferencias sistemáticas de un pequeño porcentaje relativo (es decir, un laboratorio devuelve valores ligeramente más altos que el otro, en promedio, en el tiempo). Este componente de parcialidad

relativa entre los laboratorios normalmente se factoriza en enunciados de desviación estándar en los informes de certificación. Las muestras que tienen leyes cercanas al límite de detección deben obtener tolerancias aún mayores (en términos de porcentaje relativo de la ley). Este efecto debe ser minimizado tanto como se pueda con la selección de un laboratorio primario y arbitral que muestren buena concordancia con otros laboratorios y muy buena concordancia entre ellos.

\*CANMET: Centro Canadiense de Tecnología Minera y Energética.

Un resultado puede ser descrito como sobrepasando los límites si:

- Para los materiales de referencia estándar, el rango aceptable debe ser el valor deseado  $\pm 2\sigma$  (nominalmente 95% de intervalo de confianza). Esta es una tolerancia generosa. Uno puede esperar que, si el laboratorio tiene un desempeño por encima del promedio y las muestras no han sido mal etiquetadas antes a su entrega al laboratorio, menos del 5% de los estándares entregados estarán fuera de este rango
- Los modelos de pulpas deberán presentar valores menores que o iguales al doble del límite de detección. El material de modelo de gruesos no deberá exceder el triple del límite de detección.

Es más problemático colocar límites de aprobación y falla en los resultados duplicados debido a que se tiene menos conocimiento de la confiabilidad de los pares de duplicados. Lo que puede parecer un requerimiento difícil de conseguir para un depósito puede ser muy fácil de obtener para otro. Algunas “reglas empíricas” especifican que el 90% de los pares de duplicados cumplen con uno de los siguientes criterios:

- Los resultados duplicados (resultados A y B) desarrollados en gruesos rechazados deberán estar dentro del porcentaje relativo  $\pm 20$  (diferencia del par dividido entre la media del par):

$$\frac{A - B}{|0.5 * (A + B)|} < 0.2$$

- Los resultados duplicados (A y B) desarrollados en pulpas deberán estar dentro del porcentaje relativo  $\pm 10$ :

$$\frac{A - B}{|0.5 * (A + B)|} < 0.1$$

En las fórmulas mostradas, los resultados por debajo de la detección reciben un valor de cero. Las ecuaciones son indefinidas donde ambos valores están debajo de la detección. Los valores de la media del par ( $0.5*(A+B)$ ) que son menores a 15 veces el límite de detección tienen límites relativos más amplios:

- Para pulpas, si el valor absoluto de  $A - B$  es menor que o igual al doble del límite de detección, éste pasa
- Para gruesos rechazados, el valor  $A - B$  debe ser menor que o igual a tres veces el límite de detección, para poder pasar.

Qué tan bien funcionen estas “reglas” para resultados duplicados cerca del límite de detección depende de cómo defina el laboratorio su límite de detección; estas reglas son consistentes con las establecidas para los modelos de muestras.

Estas reglas son bastante efectivas para identificar pares de resultados aceptables. Un laboratorio con una gran cantidad de resultados cercanos al límite de detección que no satisface los criterios antes mencionados, pero tiene

buen desempeño con muestras de leyes altas, podría estar subestimando su límite de detección (práctico). Muchos documentos preparados por Thompson y Howarth tratan este problema en detalle. Una solución es redefinir el límite de detección “práctico” en un nivel más alto que el establecido por el laboratorio (por ejemplo, duplicándolo). Existe poco riesgo para la estimación de recursos, mientras que el “nuevo” límite de detección permanezca muy por debajo de cualquier posible corte de mineral o residuo anticipado para el proyecto. Si el corte del mineral o residuo es menor a 15 veces el límite de detección redefinido, la adecuación del método analítico debe ser cuidadosamente revisada.

### 3.5 Flujograma de procedimientos

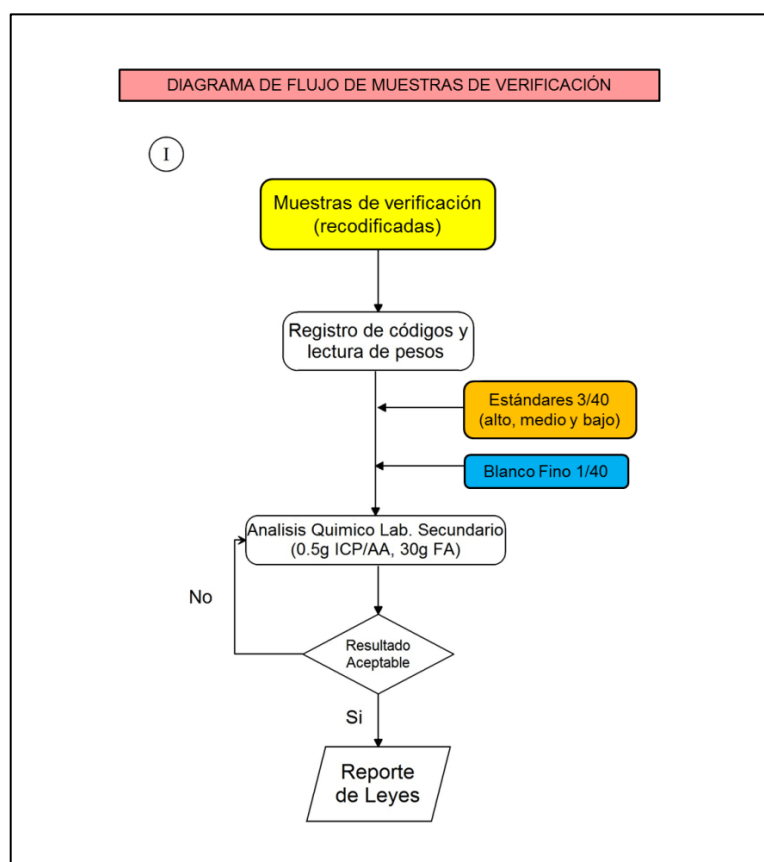


Figura 3.7: Flujograma de muestras de verificación.

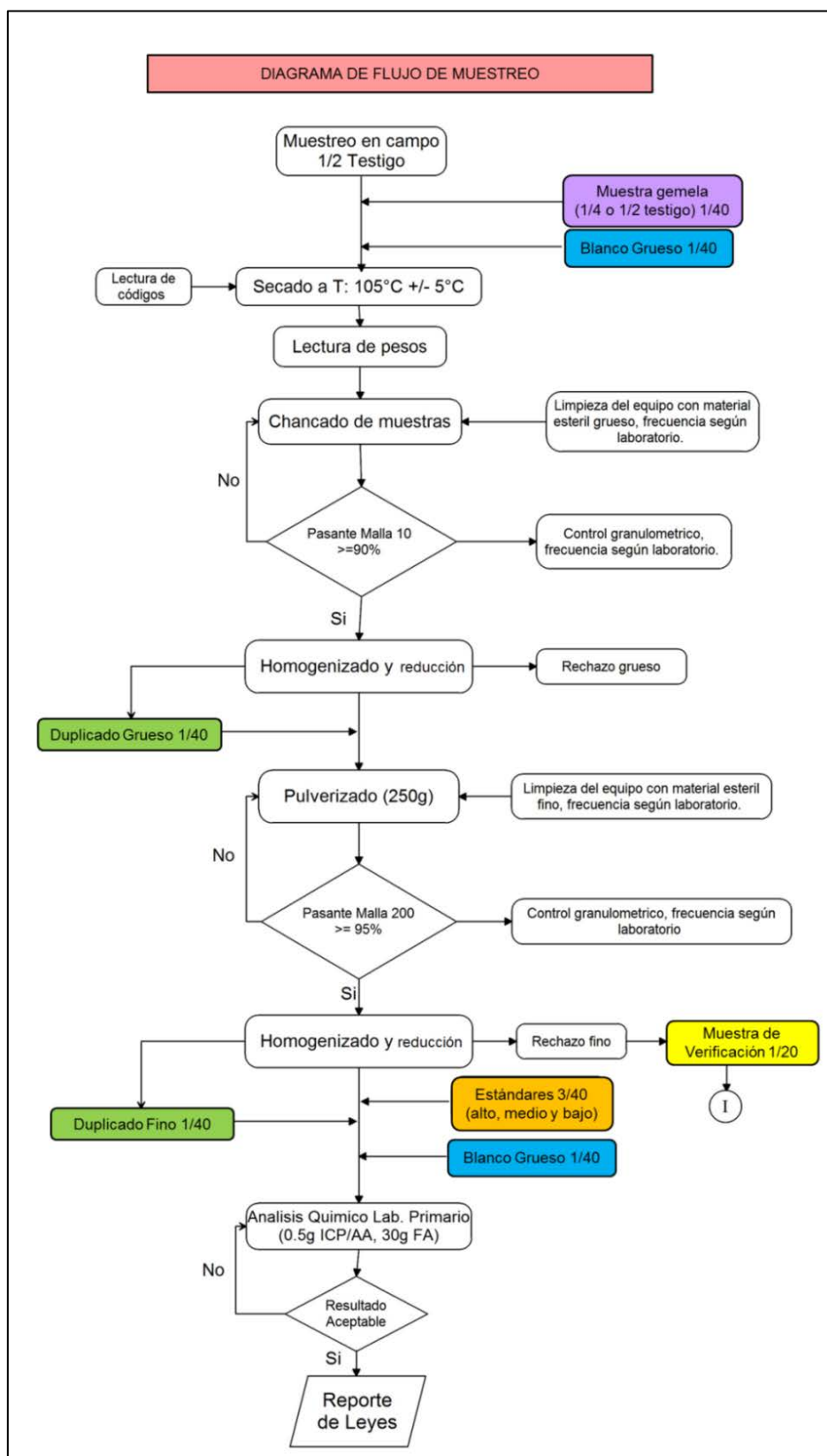


Figura 3.8: Flujograma de muestreo.



### **3.6 Base de datos**

En un programa de QA/QC es muy importante la veracidad de la base de datos, de nada sirve si la base de datos tiene muchos errores por manejarse de forma inadecuada, una base de datos errónea nos daría un resultado falso del yacimiento.

La base de datos del muestreo inicia en el registro manual y luego digital de los tramos de muestreo en donde pueden ocurrir errores de transcripción y digitación, otro error es confundir los códigos de las muestras. Las transcripciones y digitaciones deben ser revisadas para identificar errores y ser corregidos, en este sentido se cuenta con un formato de muestreo digital en donde se minimiza la intervención del usuario (automatización mediante macros).

Los resultados del laboratorio deben ser guardados tal y como fue enviado, es decir que los resultados originales deben ser archivados tal como se recibió del laboratorio, estos resultados deben ser pasados a otro formato para el manejo de las leyes, durante este traspaso puede ocurrir algún error, para ello también se automatizó el proceso con una importación de los datos a otro formato de Excel, esto permite ahorrar tiempo y anular errores, este manejo lo realiza el geólogo QA/QC corporativo de la empresa.

### **3.7 Formatos de registro de datos**

Para llevar un control en la inserción de las muestras control se trabajó con un formato en Excel automatizado con macros para minimizar la intervención del usuario, a continuación de muestra los formatos utilizados.

FORMATO DE INSERCIONES									
PROYECTO: PALMA		LOTE:		RESPONSABLE:			FECHA:		
Código	Gemela	Blanco G	Blanco F	Estandar Al	Estandar Me	Estandar Ba	Chequeo	Duplicado G	Duplicado F
PLM027153									
PLM027154									
PLM027155									
PLM027156				Estandar Al					
PLM027157									
PLM027158									
PLM027159									
PLM027160									
PLM027161							Chequeo 1		
PLM027162									
PLM027163									
PLM027164									
PLM027165									
PLM027166									
PLM027167			Blanco F						
PLM027168		Blanco G							
PLM027169									
PLM027170									
PLM027171	Gemela 1								
PLM027172	Gemela 2								
PLM027173									
PLM027174									
PLM027175								Duplicado G 1	
PLM027176								Duplicado G 2	
PLM027177									
PLM027178									
PLM027179						Estandar Ba			
PLM027180									
PLM027181							Chequeo 2		
PLM027182									
PLM027183					Estandar Me				
PLM027184									
PLM027185									
PLM027186									
PLM027187									Duplicado F 1
PLM027188									Duplicado F 2
PLM027189									
PLM027190									
PLM027191									
PLM027192									

Figura 3.9: Formato donde se ubican las muestras control.

FORMATO DE MUESTREO							
PROYECTO:	PALMA	LOTE:	<b>49</b> -130308	RESPONSABLE:	E:G:T:	FECHA:	08/03/2013
DDH	Código	From	To	Longitud	Diámetro	Análisis	Observaciones
DDHPLM12028	PLM027153	271.65	273.65	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027154	273.65	275.65	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027155	275.65	277.65	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027156				HQ	ICP	Estandar Alto
DDHPLM12028	PLM027157	277.65	279.65	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027158	279.65	281.65	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027159	281.65	283.34	1.69	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027160	283.34	285.34	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027161	285.34	287.34	2.00	HQ	ICP	Muestra de chequeo 1
DDHPLM12028	PLM027162	287.34	289.57	2.23	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027163	289.57	291.45	1.88	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027164	291.45	293.43	1.98	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027165	293.43	294.47	1.04	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027166	294.47	295.47	1.00	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027167				HQ	ICP	Blanco Fino
DDHPLM12028	PLM027168				HQ	ICP	Blanco Grueso
DDHPLM12028	PLM027169	295.47	296.74	1.27	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027170	296.74	298.74	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027171	298.74	300.74	2.00	HQ	ICP	Gemela de PLM027172
DDHPLM12028	PLM027172	298.74	300.74	2.00	HQ	ICP	Gemela de PLM027171
DDHPLM12028	PLM027173	300.74	301.80	1.06	HQ	ICP	
DDHPLM12028	PLM027174	301.80	302.90	1.10	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027175	11.35	12.80	1.45	HQ	ICP	Duplicado Grueso de PLM027176
DDHPLM12029	PLM027176				HQ	ICP	Duplicado Grueso de PLM027175
DDHPLM12029	PLM027177	12.80	14.80	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027178	14.80	16.80	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027179				HQ	ICP	Estandar Bajo
DDHPLM12029	PLM027180	16.80	18.00	1.20	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027181	18.00	19.30	1.30	HQ	ICP	Muestra de chequeo 2
DDHPLM12029	PLM027182	19.30	21.00	1.70	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027183				HQ	ICP	Estandar Medio
DDHPLM12029	PLM027184	21.00	22.30	1.30	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027185	22.30	24.30	2.00	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027186	24.30	25.30	1.00	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027187	25.30	26.86	1.56	HQ	ICP	Duplicado Fino de PLM027188
DDHPLM12029	PLM027188				HQ	ICP	Duplicado Fino de PLM027187
DDHPLM12029	PLM027189	26.86	28.22	1.36	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027190	28.22	29.42	1.20	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027191	29.42	30.60	1.18	HQ	ICP	
DDHPLM12029	PLM027192	30.60	32.60	2.00	HQ	ICP	

Figura 3.10: Formato de muestreo (registro del lote con ubicación de las muestras control con sus códigos y tramos de muestreo)

## CAPÍTULO IV

### ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD EN EL MUESTREO Y LA PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

#### 4.1 Marco teórico

*Aseguramiento de Calidad* es el conjunto de actividades planificadas y sistemáticas aplicadas en un Sistema de Calidad para demostrar y cuantificar la confiabilidad de los datos de los ensayos. *El Control de Calidad* son todos los mecanismos, acciones, herramientas que realizamos para detectar la presencia de errores, son los procedimientos utilizados para mantener el nivel de calidad deseado en la base de datos de los ensayos.

El Aseguramiento de Calidad puede, hasta cierto punto, ser adicionada posteriormente en el programa. El Control de Calidad, sólo puede llevarse a cabo en tiempo real.

El cumplimiento con normas QA/QC establecidos en seguida es sumamente importante para proyectos de cualquier etapa de avance para evitar correcciones durante etapas avanzadas que pueden retrasar el desarrollo o estudio de factibilidad de un proyecto de exploraciones.

Es inevitable que ocurra la introducción de errores de ensayos por las mismas acciones de recolección, preparación y análisis de muestras pero es esencial mantener estos errores en un nivel mínimo, ya que aunque constituyen errores separados tienen un efecto acumulativo. El programa de Aseguramiento y Control de Calidad es parte esencial de cualquier programa de exploración y/u operación de mina, siendo su propósito de monitorear los procesos de muestreo y el desempeño del laboratorio en un intento por minimizar el total de errores posibles en el proceso de muestreo-fraccionamiento-análisis. QA/QC en el muestreo y ensayo se logra con el monitoreo y control de cuatro componentes esenciales de dicha secuencia:

- recolección y reducción de las muestras en campo
- preparación y sub-muestreo (reducción) de las muestras en laboratorio
- exactitud y precisión analítica
- exactitud del informe (del personal o transferencia de datos)

### **Exactitud y precisión**

Un concepto importante de QA/QC es el de exactitud y precisión. La meta de un programa de QA/QC es demostrar y mantener una buena exactitud y una precisión adecuada para muestras de mineral de ley. La precisión es la habilidad para reproducir una medida consistentemente. La exactitud es la cercanía (en promedio) de dichas medidas al valor "verdadero". Nunca se sabe cuál es el valor "verdadero", pero en la práctica generalmente puede ser estimado a un nivel de confianza, o intervalo de confianza suficiente. Un intervalo de confianza comúnmente empleado es el correspondiente a 95%; éste es el intervalo (más o menos) alrededor de la media que tiene el 95% de

probabilidad de incluir el valor “verdadero”. Este intervalo de confianza de 95% es muchas veces referido como el error estándar de la media. En la práctica, sin embargo, no se conoce el valor verdadero de un estándar, solamente se conoce el promedio, con su variación estadística, de un gran número de análisis realizados en varios laboratorios. Se considera que el promedio se encuentra cerca del “valor verdadero”.

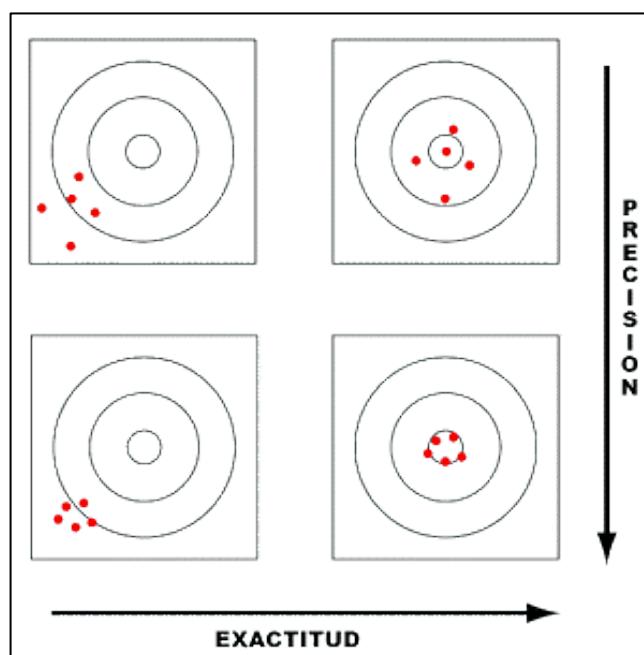


Figura 4.1: Analogía del blanco de disparo para ilustrar las diferencias entre exactitud y precisión.

Una analogía comúnmente empleada es el blanco de disparo (Ver figura 4.1), si el patrón de los disparos se encuentra muy junto o agrupado, se dice que el disparo ha sido preciso, aún si no han caído en el centro del blanco: el observador puede predecir con cierta confiabilidad el área en la que el próximo disparo probablemente caerá. Para ser exactos, los disparos deberían estar distribuidos de forma pareja alrededor del centro del blanco, aún si no están concentradas en un solo punto. Cuando los disparos se dispersan alrededor del centro del blanco, se incrementa la dificultad de determinar con confianza que

el disparo ha sido “exacto”. Entonces, hay una conexión entre la exactitud y la precisión: si la precisión es pobre, se requiere de más mediciones (es decir, más muestras) para lograr un resultado exacto, o una evaluación de la exactitud del grupo de resultados. Cualquier demostración de que el grupo de resultados no está parcializado, o cualquier esfuerzo para cuantificar una parcialidad, tiene una incertidumbre (un intervalo de confianza) que está relacionado con la precisión de las mediciones.

### **Laboratorio Primario**

La selección del laboratorio primario se basa en una serie de factores que incluyen: calidad de trabajo, precio, conveniencia y servicio. El laboratorio primario debe proporcionar resultados que sean lo suficientemente oportunos, precisos y exactos para las necesidades del proyecto a un costo competitivo. Normalmente la precisión no es tan buena como la ofrecida por los laboratorios arbitrales, pero debe ser aceptable para el uso en la estimación de reservas de mineral. La exactitud deberá ser suficiente para ser empleada en el modelado de recursos sin incluir factores de corrección. Para evitar factores de corrección, debe existir una apropiada evidencia de que la exactitud general de los resultados del laboratorio primario se encuentra dentro del  $\pm 5$  por ciento del valor “verdadero” probable, tal como lo demuestra el desempeño en estándares insertados (valores medios) y la concordancia con los resultados del laboratorio de verificación y posible laboratorio arbitral (comparando valores medios).

### **Laboratorio de verificación**

Una parte decisiva de cualquier programa de QA/QC son los ensayos de verificación realizados por un laboratorio externo o arbitral. La selección de un

laboratorio de verificación implica mayor escrutinio que el requerido para la selección de un laboratorio primario, ya que este(os) laboratorio(s) debe realizar un trabajo analítico rutinario y de excepcional alta calidad, a la vez que monitorea lo siguiente:

- **Fineza de la pulpa:** Las pulpas recibidas del laboratorio primario deben ser verificadas rutinariamente en cuanto al porcentaje que pasa la malla #100 (ó #150). Típicamente cada quinta o décima muestra que es enviada para ensayo de verificación, es también verificada por tamizado (de preferencia húmedo) de 10 ó 20 gramos de pulpa. El material obtenido de la bolsa de pulpa para esta prueba deberá ser descartado y no devuelto a la bolsa.
- **Condición y Método de transmisión de muestras:** Las muestras recibidas del laboratorio primario deberán ser almacenadas en paquetes legiblemente marcados y no dañados, ordenadas correctamente e ir acompañadas de una hoja organizada de transmisión de muestras. Esto es un reflejo de las condiciones de manejo de muestras dentro del laboratorio primario.

El objetivo del programa de verificación de ensayos es incrementar la confianza en la exactitud de laboratorio primario. Por lo tanto, es importante seleccionar un laboratorio arbitral ampliamente reconocido dentro de la industria por tener buena exactitud.

De acuerdo con un consenso que se está logrando con la industria minera, los ensayos de verificación deberán ser realizados únicamente por laboratorios acreditados. Entre las organizaciones mundialmente reconocidas que



proporcionan acreditaciones están la International Standards Organization (ISO) y la recientemente creada "Guide 25", un programa del Standards Council of Canada (SCC) que es administrada por el Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET). Una acreditación no es evidencia, por ningún medio, que el trabajo de ensayo realizado a un grupo de muestras es adecuadamente preciso y exacto. De la misma manera, la falta de acreditación no es indicador de que el laboratorio realiza un trabajo mediocre. La parte negativa de los programas de acreditación radica en su resistencia a la innovación que puede significar mejoras en la precisión y exactitud.

#### **Inserción de muestras control**

Los programas de QA/QC en el muestreo y ensayo de testigos integran un programa de inserción rutinaria de materiales de control de calidad en diferentes etapas críticas del proceso de recolección, preparación y ensayo de muestras, con determinaciones analíticas desarrolladas en varios laboratorios:

- La inserción rutinaria de materiales de control de calidad incluye una cantidad de diferentes tipos de materiales de control de calidad para monitorear y medir el desempeño del laboratorio. Estos incluyen:
  - **material de referencia estándar (MRE)**,
  - material en **blanco**, consistente en material desprovisto del (los) elemento(s) o producto de interés económico.
  - muestras **duplicadas**.
- Se utilizan varios laboratorios: el **laboratorio primario** ensaya todas las muestras. Otros **laboratorios de verificación** analizan algunas de las muestras para validar los resultados del laboratorio primario.

En la práctica, un programa de QA/QC se mantiene gracias a las entregas rutinarias al laboratorio primario de las muestras del proyecto (“originales”), las cuales están acompañadas de una intercalación de materiales QA/QC (en ubicaciones desconocidas), evitando que dichos controles reciban un tratamiento especial en el laboratorio. El tratamiento especial en el laboratorio puede parecer tan inofensivo como que el laboratorio observe el desempeño de los estándares incorporados por el cliente y decida volver a correr el grupo de muestras en los casos en los que la concordancia sea pobre; esto impide que el laboratorio del cliente obtenga una medida independiente del desempeño del laboratorio. Todos los laboratorios comerciales de buena reputación tienen sus propias medidas de control de calidad, aun así el cliente debe realizar evaluaciones independientes sobre el desempeño del laboratorio.

El laboratorio de verificación realiza los *ensayos de verificación* en una muestra representativa de las pulpas previamente analizadas u otros materiales rechazados. La combinación de resultados de los estándares insertados y ensayos de verificación deberá ser empleada por el gerente de proyecto para aceptar o rechazar los resultados del grupo de muestras del laboratorio del laboratorio primario.

### **Materiales de Referencia Estándar**

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

Un material de referencia estándar ideal tiene una matriz idéntica a las muestras que están siendo ensayadas, heterogeneidad extremadamente baja, valor (ley) dentro de la clasificación utilizada para categorizar mineral y una reputación de ser preparado confiablemente y caracterizado con exactitud. Lo que se conoce al momento de crear los estándares debe reflejarse en las leyes y matrices de los materiales seleccionados. Los temas geológicos y metalúrgicos de importancia también deberán ser claramente reflejados en los materiales seleccionados para los estándares.

### **Material Blanco**

Los blancos son muestras de material desprovistas del elemento que está siendo analizado. Los materiales blancos ayudan a monitorear la contaminación y desarreglo de las muestras durante la preparación y análisis de la muestra. Los blancos pueden ser entregados como material grueso (blancos gruesos) consistente en material estéril nominal de  $\frac{1}{4}$  de pulgada el cual se inserta dentro de la cadena de muestreo en el sitio de la perforación (en el caso de cortes rotatorios) o durante la partición de testigos. Luego este material se somete a los mismos pasos de preparación de la muestra por los que pasó la muestra de un proyecto. Otro tipo de blanco consiste en material pulpado (blanco fino), como arena Ottawa u otra arena de alta pureza, o material estéril confiable recolectado del lugar de perforación del proyecto, el cual se ha convertido en pulpa. Estos blancos de pulpa se incluyen dentro de

la cadena de muestreo luego que la preparación de muestras se ha completado.

La mineralogía de la muestra blanca debe parecerse a la del material analizado rutinariamente (por ejemplo: cortes estériles de perforaciones); sin embargo, esto no es tan crítico para el material modelo como para los estándares. Un blanco grueso debe ser suficientemente duro y tener el tamaño de malla necesario para permitir la molienda efectiva de cualquier material contaminante (de muestras anteriores) adherido al equipo de preparación de muestra. En cualquier otro punto del laboratorio, este material blanco revelará: la presencia de niveles elevados e inaceptables de concentraciones de fondo causadas por el paso de contaminación (polvo, reboses, etc.); mala limpieza del laboratorio; o, en circunstancias donde es frecuente que los resultados estén por debajo del límite de detección, desarreglo de las muestras.

Como regla general, los blancos gruesos deberán dar valores menores que o iguales al doble del valor del límite de detección; y el 90% de las veces, los blancos de pulpas deberán dar valores menores que o iguales al doble del valor del límite de detección. Luego de corregir cualquier intercambio de muestra y reemplazar los resultados de cualquier grupo fallado con nuevos resultados, el valor medio de los blancos de pulpa (asignando un valor de "0" a las muestras reportadas por debajo de la detección) no deberán exceder el límite de detección.

### **Duplicados de muestras**

Un grupo de muestras duplicadas puede ser generado en cualquier momento del proceso de muestreo donde la masa de la muestra es reducida (es decir, la muestra es dividida y un material de rechazo es generado). Los duplicados deberán ser recolectados en todas las etapas iniciales de muestreo, preparación de muestras y protocolos de ensayo con la finalidad de generar información suficiente para obtener estimaciones de la varianza introducida en cada etapa.

Con una adecuada medición del tamaño de partícula en el que el material es dividido (separación) y la masa de la fracción, se puede describir los tipos de duplicados. Gy (1992) ha efectuado una investigación exhaustiva empleando diferentes tipos de chancadoras y zarandas para determinar que mediciones de tamaño de partícula caracterizan mejor una muestra. Gy encontró que el tamaño de malla que deja pasar el 95% de la muestra es la medida más independiente del método en que el material ha sido chancado o rodado, y más independiente del rango de tamaño de partículas (es decir, se aplica bien tanto en materiales finos como gruesos).

La práctica más común de los laboratorios de ensayos comerciales es describir la salida de la chancadora como malla #10, seguido de un cierto porcentaje pasante, en lugar de determinar el tamaño de la malla que deja pasar el 95% del material. Muchas veces, esto disimula algunos inconvenientes que se pueden presentar en un determinado material, tales como la presencia de "astillas" o partículas alargadas (con más de 2 ó 3 pulgadas en la dimensión más larga) producto de una chancadora de rodillo, lo que resulta perjudicial

para la precisión de la muestra. Si la teoría de muestreo indica que un proceso debe proporcionar un determinado nivel de precisión, que según los duplicados no se está logrando, la distribución del tamaño de partículas es el primer lugar donde se debe buscar un problema.

Otro parámetro importante al describir duplicados es la masa de la muestra. Muchas veces, esto se da a modo de rango con un factor de dos, tal como de 4 a 8 kg, o de 200 a 400 gr, ya que cuando se emplea un separador mecánico de forma adecuada, éste separa la muestra en dos muestras de igual masa. Consecuentemente, salvo que se emplee una rutina compleja de separación y recombinado, se tiene la opción de separar la muestra una vez más o no, dando entonces el factor de dos en el rango. Cuando se emplean otros métodos tales como separadores rotativos o recolectando muestra de un tapiz, se puede lograr un rango de masas más justo. Si la teoría de muestro indica que un proceso debe proporcionar un determinado nivel de precisión, que según los duplicados no se está logrando, este es el primer lugar donde se debe buscar un problema para el caso de duplicados de perforación en campo, y en el segundo lugar (después del tamaño de partículas) ver el caso de otros tipos de duplicados.

Aunque no son verdaderamente muestras duplicadas, otras muestras, a veces referidas como “duplicados” incluyen la otra mitad de la fracción del testigo de perforación y perforaciones “gemelas”. La fracción del testigo incorpora más variaciones que los duplicados del equipo de perforación (de una perforación con taladro rotatorio) porque hay una pequeña pero cuantificable separación espacial de las dos muestras; esto contribuye a la varianza que es una función

de la geología del depósito y no del método de muestreo. Para la separación de testigo, se puede analizar una selección al azar de los intervalos de la ley del mineral para establecer que el proceso de selección de la mitad del testigo no fue parcializada.

Las perforaciones gemelas tienen una mayor separación espacial y comúnmente son difíciles de evaluar. Esto es porque las muestras no pueden ser fácilmente agrupadas en pares entre las dos perforaciones, ya que los controles de mineral no son siempre horizontales y son frecuentemente variables en una escala de metros.

Debido a la dificultad en igualar los intervalos para crear pares en las perforaciones gemelas, aun cuando las perforaciones han sido sometidas a registros de detalle en toda su profundidad, es recomendable comparar las perforaciones gemelas en base a la similitud de las distribuciones, tal como se hace con un trazo cuantil-cuantil (Q-Q). En algunos casos, las dos técnicas diferentes de perforación revelan la presencia de muestreo parcial, causado por factores tales como contaminación del barreno hacia abajo durante la perforación rotatoria con agua o pérdida de mineral selectivo durante la perforación, comparado con la perforación rotatoria en seco. En tales circunstancias, emparejar los resultados o comparar los valores medios resulta aún más problemático ya que los tamaños de las partículas son por lo general desiguales.

### **Tipos de errores**

Los “errores” en los datos generalmente se pueden categorizar en tres tipos diferentes: los que consideramos como “equivocaciones”, los que son consecuencia de las limitaciones del proceso, y las fallas en el proceso que proporcionan respuestas totalmente erradas.

Las equivocaciones incluyen acciones tales como la transposición de dígitos al momento de registrar una lectura, mezclar las muestras, olvidar aplicar un factor de dilución al calcular una respuesta, falla electrónica o mecánica de un instrumento de medición y error en la asignación de los resultados con los números de las muestras, entre otras. Algunas veces, este tipo de error se conoce como “Tipo I”. Los resultados que presentan dichos errores tienen una relación no predecible con los resultados sin equivocaciones. Esto quiere decir, dada una lista de resultados en la que todos contienen este tipo de error, no se puede hacer una predicción sobre cuales serían los resultados sin estos errores. La diferencia entre el resultado errado y el valor “verdadero” puede ser muy grande o muy pequeña. Algunos de los errores de este tipo pueden ser cuantificados por su frecuencia de ocurrencia. Por ejemplo, al verificar algunos de los ingresos en una base de datos con la documentación de origen, se puede hallar el porcentaje de valores que presentan errores en su ingreso.

Los errores de medición y muestreo, a veces llamados errores “Tipo II”, son más predecibles. Una población lo suficientemente extensa de estos errores tiene una medida de cero (los errores positivos y negativos tienden a anularse entre si). Para este tipo de errores, se pueden calcular intervalos de confianza y similares. Este tipo de errores no previenen la obtención de una respuesta



“correcta”. Los errores de medición y muestreo no se pueden prevenir, sólo se pueden reducir en tamaño.

El tercer tipo, los errores sistemáticos, también son predecibles pero proporcionan la respuesta “equivocada”. Por ejemplo, si la calibración de una balanza utilizada para pesar alícuotas de muestra está 5% por debajo, entonces el promedio de resultados de las muestras pesadas en dicha balanza estará 5% por encima, debido a que cada alícuota de muestra pesada en dicha balanza tiene un promedio de 5% más de masa de muestra que la utilizada en el cálculo de la ley de la muestra. Los errores sistemáticos pequeños se presentan en cualquier proceso; son la razón por la cual diferentes laboratorios obtendrán resultados promedio ligeramente diferentes para el mismo grupo de muestras. Los errores sistemáticos grandes en los ensayos o muestreos pueden ser fallas fatales en un modelo de recursos.

Estos tres diferentes tipos de errores coexisten en un grupo de datos de control de calidad. El control de calidad efectivo tiene esto en consideración.

El primer ítem por ubicar son los errores grandes Tipo I. Estos son los “puntos alejados” en un gráfico de dispersión de resultados duplicados. Estos se pueden ubicar visualmente en los gráficos de dispersión. Si se pueden identificar y remover, los valores restantes contienen errores pequeños Tipo I que no son distinguibles de los errores Tipo II y Sistemáticos. Luego de remover los puntos alejados, los valores duplicados pueden utilizarse para construir una tabla para aceptar o rechazar cualquier par de resultados duplicados.

### **Evaluación del Control de Calidad**

Como fue mencionado, el programa de Control de Calidad tiene por objeto evaluar la precisión, la exactitud y la contaminación, lo que se logra mediante la inserción regular de muestras de control. Por tener propósitos diferentes, la exclusión de un tipo particular de muestras de control no puede ser suplida por la inclusión de otro tipo de muestras. La evaluación del Control de Calidad se hace del siguiente modo:

- Precisión del laboratorio primario:
  - en el muestreo, a través de muestras gemelas;
  - en la preparación o el cuarteo, a través de duplicados gruesos;
  - en el análisis, a través de duplicados de pulpa.
- Exactitud del laboratorio primario:
  - en el mismo laboratorio, a través de los estándares;
  - en un laboratorio secundario, a través de duplicados externos.
- Contaminación en el laboratorio primario:
  - durante la preparación, a través de los blancos gruesos;
  - durante el análisis, a través de los blancos finos.
- Precisión, exactitud y contaminación del laboratorio secundario:
  - En los lotes de control, mediante la inserción de duplicados, estándares y blancos finos en los lotes de control.

Para evaluar los resultados del control de calidad se utiliza comúnmente el principio del reconocimiento de patrones. Mediante la preparación de gráficos especializados, se representan los datos y se visualizan los diversos tipos de

errores. A continuación se presentan algunos de los métodos de evaluación de uso más frecuente.

#### Duplicados y Muestras Gemelas

Los gráficos más utilizados son los de dispersión, o X-Y, de frecuencia acumulada de los errores relativos, de Thompson-Howarth (Thompson and Howarth, 1973, 1978, etc. El error relativo aceptable para cada tipo de muestra de control (30% para muestras gemelas, 20% para duplicados gruesos, 10% para duplicados de pulpa). Un nivel aceptable de admisibilidad se alcanza cuando el nivel de rechazos no excede el 10% de los pares.

#### Estándares

Para la evaluación de los estándares habitualmente se construyen gráficos de control o de Shewhart para cada estándar y cada elemento estudiado. Los valores reportados son ploteados en una secuencia temporal, preferiblemente la fecha de análisis de cada lote, y el gráfico incluye líneas con valores Y constantes, correspondientes a determinados niveles significativos, como MV,  $1.05 \cdot MV$ ,  $0.95 \cdot MV$ ,  $PR \pm 2 \cdot DE$  (donde MV es el mejor valor resultante de una prueba inter-laboratorios; PR y DE, el promedio y la desviación estándar, respectivamente, calculados a partir de los valores obtenidos al analizar los estándares insertados). El sesgo analítico Sa es calculado como:

$$Sa (\%) = (PReve / MV) - 1$$

Donde PReve representa el promedio de los valores obtenidos, calculado tras excluir los valores erráticos, y MV representa el mejor valor del estándar para el elemento estudiado. El sesgo es considerado aceptable si su valor absoluto es

inferior a 5%, arriesgado si se encuentra entre 5% y 10%, e inaceptable cuando supera el 10%.

Adicionalmente, cuando han sido utilizados varios estándares, se construyen gráficos de exactitud, en los que se plotean los valores PReve y MV de cada estándar en los ejes Y y X, respectivamente, y que se utilizan para calcular la exactitud analítica global.

### Blancos

Para evaluar la contaminación se recomienda preparar gráficos de Blancos versus Muestra Precedente, en los que se plotean los valores reportados para los blancos en el eje Y, y los valores de las muestras precedentes en el eje X. Este tipo de gráfico permite identificar claramente los eventos de contaminación cruzada de muestras ricas a los blancos, y la posible existencia de un patrón de contaminación.

### Duplicados Externos

Para evaluar los duplicados externos comúnmente se construyen gráficos de dispersión X-Y, en los que se plotean los resultados de dichos duplicados en el eje Y, y de las muestras originales en el eje X, y posteriormente se representa la curva de regresión lineal entre ambas series. Con este fin, se recomienda utilizar el método de Reducción al Eje Mayor (Reduction to Major Axis, o RMA; Sinclair, 1999), que ofrece un ajuste insesgado de las dos series de resultados, mediante un procedimiento matemático que trata ambas series como independientes entre sí. En este caso, el sesgo Sp-s del laboratorio primario con relación al secundario es calculado del siguiente modo:

$$Sp-s (\%) = 1 - pRMA$$

Donde pRMA es la pendiente de la curva de regresión obtenida por el método RMA.

En presencia de errores, se recomienda el siguiente procedimiento general de verificación y/o solución:

- Para todos los tipos de muestras de control: chequear los valores de las muestras vecinas, con el fin de identificar posibles confusiones o cambios en la posición de las muestras, y de ser necesario repetir los análisis de las muestras de control fallidas junto con algunas muestras vecinas, o incluso el lote entero si el error subsiste.
- Para las muestras gemelas: revisar los testigos remanentes, para comprobar si los intervalos muestreados se corresponden realmente con los valores reportados.
- Para los blancos: requerir al laboratorio mejoras en los procedimientos de preparación y análisis.

No obstante, las opciones pueden llegar a ser muchas, en dependencia del tipo y magnitud de los errores identificados. De cualquier modo, en última instancia es necesario investigar, localizar y eliminar la fuente del problema.

### **Exigencias de Regulaciones Internacionales sobre la Calidad de los Datos Geológicos**

Durante los últimos años han entrado en vigencia nuevas regulaciones internacionales que persiguen la normalización de los aspectos esenciales de la exploración, tales como la NI 43-101 de Canadá, (CIM, 2000) y el código

JORC de Australia (JORC, 1999) , entre otros. Estas regulaciones son de uso cada vez más frecuente en la industria minera, y plantean estrictos requisitos en lo relativo a la calidad de la información en que se basan los estimados de recursos y reservas.

Entre las especificaciones de la norma NI 43-101, por ejemplo, se requiere que una Persona Calificada verifique los datos en que se basa dicha información, incluyendo el muestreo, los análisis y otras pruebas, describa el programa de aseguramiento de la calidad y las medidas de control de calidad, incluyendo la naturaleza y las limitaciones de la verificación, y explique cualquier deficiencia encontrada (CIM, 2000). El código JORC, por su parte, exige que una Persona Competente informe sobre la naturaleza, calidad y correcta selección de los procedimientos de muestreo y de análisis de laboratorio, de los procedimientos de control utilizados, especificando los estándares, blancos, duplicados y controles externos, y si se han alcanzado niveles aceptables de exactitud y precisión (JORC, 1999).

### **Almacenamiento de pulpas y rechazos**

Las pulpas deben ser almacenadas para siempre en un lugar seguro y de manera bien organizada, en cajas selladas y debidamente rotuladas con nombre de proyecto, número de caja y números de muestras contenidas.

Los rechazos deben ser almacenados durante toda la vida de un proyecto hasta que finalmente está terminado. Los rechazos deben ser almacenados en costales cerrados y debidamente rotulados con nombre de proyecto, número de costal y números de muestras contenidas. El proyecto debe mantener un registro / base de datos de sus pulpas y rechazos almacenados.

Nota: Los rechazos gruesos y rechazos de pulpas de nuestros muestreos son enviados a la empresa Abil Corporation S.A.C. ubicada en Independencia, Lima. Es una empresa especializada en almacenamiento de muestras minerales.

#### **4.2 QA/QC del Muestreo primario**

El QA/QC comenzó en la perforación, al personal de perforación se indicó el cuidado que debían tener al momento de colocar los testigos a las cajas de polipropileno y durante el cargado de las cajas para evitar caídas, en todo momento se supervisó la correcta ubicación de tacos de corrida y secuencia correcta del testigo, de encontrarse algún error se pasó a informar al residente de la contrata perforista para evaluar el error, corregir y evitar errores futuros.

Algunos de los errores encontrados fueron:

- El número de caja rotulado en la tapa de la caja del testigo era distinto al rotulado en la base de la caja, este error se corrigió verificando los tacos de las corridas y la secuencia de testigos.
- Un pedazo de testigo se encontraba en un lugar que no le correspondía o colocado en forma invertida, esto se notó por la discontinuidad de litología sin apreciarse algún contacto litológico y la falta de encaje entre pedazos de testigos, esta situación se hizo conocer al residente de la empresa perforadora para que tomara las acciones correctivas con su personal. Este error se corrigió identificando la secuencia litológica y encajando los pedazos de testigos para encontrar la posición real.

Errores como estos se fueron encontrando repetidas veces por lo que se exigió a la empresa perforadora tomara cartas en el asunto, se identificó que era una misma guardia la que cometía este tipo de errores así que para evitar equivocaciones futuras, la empresa perforadora cambió toda esa guardia por otro grupo de trabajadores con reconocida experiencia.

Previo al muestreo se capacitó a todo el personal involucrado en los procedimientos que debían seguir para realizar un buen muestreo, se explicó la metodología del marcado de cores, el corte adecuado, y como debían realizar la recolección, etiquetado y encostalado de las muestras, también se explicó en qué consistía las muestras control y como debían de ser ubicadas, se explicó la importancia del cuidado que debían tener en el carguío y transporte de las cajas de testigo; durante la etapa de muestreo se fue retroalimentando al personal respecto a los procedimientos adecuados del muestreo.

#### **4.2.1 Marcado de la línea de corte de testigos**

A parte de la línea de corte por el eje del testigo se optó por marcar cada inicio y fin de tramo de muestreo para que el cortador también corte en esos puntos (perpendicular al eje de testigo) con el objetivo que al momento del muestreo se evite utilizar la picota para separar los tramos de muestreo así poder reducir la contaminación entre tramo y tramo (Ver figura 4.2). Constantemente se supervisó el corte de los testigos, que sean por las líneas trazadas y que las mitades sean simétricas y que no se obvие de cortar algunos trozos pequeños de testigos.





Figura 4.2: Líneas de corte en el testigo pintadas de amarillo.

#### 4.2.2 Corte de testigo

Luego del corte se observó que los testigos tenían mucho polvo fino adherido en su superficie (producto de la polución de finos durante el corte), ante esta situación se optó por lavar con agua corriendo cada pedazo de testigo para eliminar una posible contaminación.

Por la escasez de agua en la zona la presión de esta al petrótomo no era la suficiente lo que provocaba gran polución de finos, para evitar la contaminación en las muestras se indicó al cortador lavar cada pedazo de testigo luego de ser cortado ya que era muy posible que luego del corte la muestra haya terminado impregnada no sólo de su mismo polvo sino de finos de otras muestras. (Ver figura 4.3).

#### 4.2.3 Muestreo y envío

Antes de iniciar con la toma de muestra se verificó el tendido de cajas, el orden correcto, se verificó los tacos de muestreo y tacos de corridas.

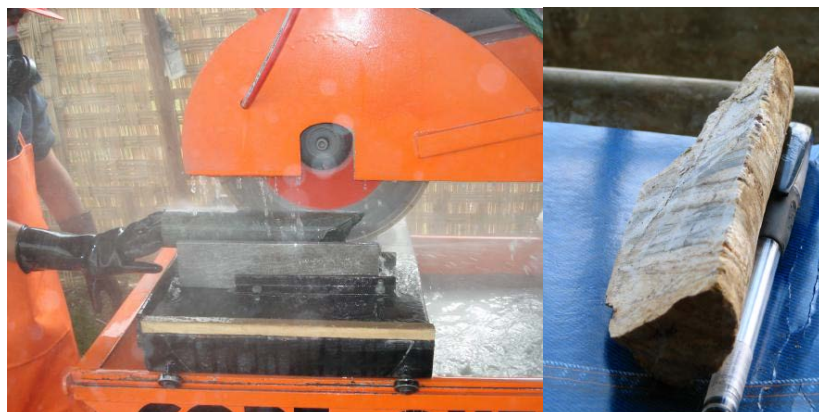


Figura 4.3: Corte de testigo

En algunas ocasiones se encontró una caja colocada de forma inversa, de inmediato se pidió al personal de apoyo colocar bien la caja y se indicó como debían guiarse para no repetir el mismo error, en otras ocasiones se encontró los tacos ubicados en posiciones que no le correspondían corrigiéndose el error de inmediato. Estas verificaciones debían de ser siempre antes de comenzar con la toma de muestra para evitar el error grave de tomar una muestra por otra (Ver figura 4.4).



Figura 4.4: Identificación de tramos de muestreo.

Para evitar la contaminación entre muestra y muestra se utilizó guantes de látex para ordenar los testigos y realizar el muestreo, estos se limpiaban para cada toma de muestra. Se prohibió el guante de cuero

para la manipulación de testigos ya que estos quedan impregnados con la mineralización y al hacer contacto con otras muestras se va contaminando. Se evitó en todo momento dañar las bolsas de muestreo durante el llenado de estas, en caso la bolsa sufría roturas se pasó a reemplazar inmediatamente. (Ver figura 4.5).



Figura 4.5: Toma de muestras

Se controló que los códigos escritos en las bolsas sean los mismos que los tickets y que correspondan a la muestra. Para la recolección de muestras en zonas de falla se utilizó una regla de polipropileno para separar la muestra en dos partes, con ayuda de una espátula se recogió la muestra, se prohibió coger la mitad de la muestra ubicada en la parte superior ya que los finos quedan en la parte inferior por lo tanto no sería un muestreo representativo (Ver figura 4.6). Las muestras embolsadas se colocaron en orden consecutivo según su codificación luego se colocaron de 3 a 5 muestras en cada costal, de acuerdo al peso, los costales

quedaban agrupados por lotes, conservando siempre el orden (Ver figura 4.7).

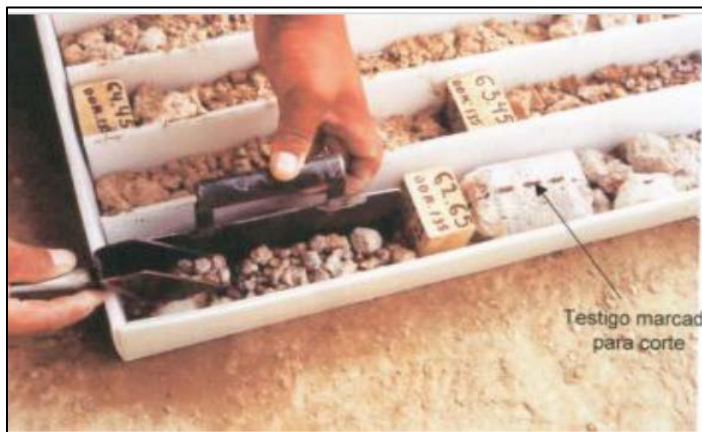



Figura 4.6: Muestreo de testigo fragmentado



Figura 4.7: Embolsado y encostalado.

Antes de enviar las muestras al laboratorio se revisó bien el formato de envío de muestras, este formato debía de estar correcto (Ver figura 4.8). El geólogo de muestreo se encargó de dar indicaciones de los costales de muestras a enviar, tenía que verificar que sean enviadas todas las muestras correspondientes.

- En total se tomaron 7235 muestras ordinarias más 2412 muestras control, haciendo un total de 9647 muestras distribuidas en 242 lotes, para una perforación de 11 691m.



**Formulario de Remisión de Muestras**  
Sample Submittal Form

---

Nombre de Compañía:  
Company Name: **Empresa Administradora Chungar S.A.C.**

Remitidas por:  
Submitted By: **Billy Flores**      No. Teléfono:  
Telephone N°: **4167417**

Proyecto:  
Project: **Palma**      Fecha:  
Date: **05-jun-13**

No. Orden:  
Order N°: **120 Muestras**      Cotización:  
Quotation N°: **LIM - 057 - 13**

Mensajería:  
Courier: \_\_\_\_\_      Nro. Guía:  
Waybill N° \_\_\_\_\_

**Solo Para Uso Interno**  
*Internal Use Only*

Fecha Recibido:  
Date Received: \_\_\_\_\_

Laboratorio:  
Laboratory: \_\_\_\_\_

Código de Cliente:  
Client Code: \_\_\_\_\_

Orden de Trabajo N°:  
Workorder No: **PLM\_98**

---

Tipo Muestra: Roca  Sedimento  Testigo  Suelo  Aire Reversa  Mena  Otro       **Urgente = 1.5 x Precio de Lista**  
 Sample Type: Rock      Sediment      Drill Core      Soil      Reverse Circulation      Ore      Other      **Rush = 1.5 x Price of list**

Muestras / Samples		Cantidad Quantity	Elementos o Códigos de Métodos Elements or Method Codes	Rush ( √ )	Rango (X)	
No. Inicial / Start N°	No.Final / Finish N°				Traza	Mena
<b>33993</b>	<b>34112</b>	<b>120</b>	<b>PREP31</b>			
<b>Total:</b>		<b>120</b>				

---

Instrucciones Especiales: Los duplicados gruesos y finos serán tomados de las muestras precedentes, las muestras de control se insertarán después de la preparación.  
 Special Instructions: Dup. gruesos (34007, 34063 y 34087)      Dup. finos (34020, 34045 y 34099)  
 Muestras de control: (34000, 34014, 34023, 34027, 34036, 34049, 34054, 34065, 34075, 34082, 34094 y 34108)

---

**Resultados a:**  
Results to: **Ing. Cesar Farfan , Gustavo Velez Arana**

Dirección:  
Address: **Av. Manuel Olgún 375**  
**Santiago de Surco**

Email: **cfarfan@volcan.com.pe, gvelez@volcan.com.pe**

Fax: \_\_\_\_\_

Certificado  
Certificate

Webtrieve

Email

Fax

**Pulpas / Pulps**

Devolver después de análisis  
Return after analysis

Devolver después de 90 días  
Return after 90 days

Desechar después de 90 días  
Discard after 90 days

Cobrar almacenaje después  
90 días  
Paid storage after 90 days

**Rechazos / Rejects**

Devolver después de análisis  
Return after analysis

Devolver después de 90 días  
Return after 90 days

Desechar después de 90 días  
Discard after 90 days

Cobrar almacenaje después  
90 días  
Paid storage after 90 days

---

**Copia a:**  
Copy to:

Dirección:  
Address: \_\_\_\_\_

Email: **bflores@volcan.com.pe (Contacto No Conformidad)**

Fax: \_\_\_\_\_

Certificado  
Certificate

Webtrieve

Email

Fax

Dirección para la Devolución:  
Return Address: \_\_\_\_\_

Atención / Attention:  
*Consulte la Política sobre Pulpas y rechazos en la Lista de Servicios.*

---

**Factura a:**  
Invoice to: **Empresa Administradora Chungar S.A.C.**

Dirección:  
Address: **Av. Manuel Olgún 375**  
**Santiago de Surco**

Se requiere Certificado  
Certificate required

Certificate required

**Autorizado Por / Authorized by:**

Nombre:  
Name: **Ing. Cesar Farfan**

Firma:  
Signature: \_\_\_\_\_  
(Please Print)  
(Letra de Moice)

Figura 4.8: Formato de envío de muestras al laboratorio.

#### 4.2.4 Muestra control (Gemela)

La etapa del muestreo primario aparte de ser controlada por los protocolos de trabajo, la supervisión constante, la identificación de errores, etc., puede ser evaluada mediante el uso de una muestra control llamada “muestra gemela”.

La muestra gemela se obtienen al dividir nuevamente a la mitad las muestras de medio testigo, de modo que un cuarto representa la muestra original, y otro cuarto representa la muestra gemela; ambas muestras deben 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. Se recomienda evitar el uso en este caso del término de duplicado, ya que el original y la muestra gemela ocupan, formalmente, diferentes posiciones espaciales, (Simón, 2006).

Para la obtención de la muestra gemela el Área Corporativa de Recursos minerales y modelamiento de la empresa, ha establecido que la segunda mitad del testigo debería ser tomada como muestra gemela. Por recomendación de Armando Simón en la capacitación de QA/QC dictada a la empresa Volcan el 2012, porque identificó que en ciertos yacimientos al considerar  $\frac{1}{4}$  de testigo como gemelas no obtenía resultados tan parecidos, lo que mejoró usando  $\frac{1}{2}$  testigo.

Para las muestras de sondajes siempre se toma  $\frac{1}{2}$  testigo, si consideramos como muestra gemela  $\frac{1}{4}$  de testigo no estaríamos evaluando adecuadamente el error de muestreo, pero si se consideran

como gemelas ambas mitades del testigo dicha evaluación estaría más cercana a la realidad, permitiendo así un mejor aseguramiento y control de la calidad en el muestreo. Para evitar perder información de testigo en los tramos donde se tomarán las gemelas, se ha determinado que los rechazos gruesos de una de las gemelas sean devueltas a las cajas de testigos. La muestra gemela debe ser tomada de un tramo de alta ley para identificar realmente si la toma de muestra fue representativo. En total se muestrearon 241 gemelas.

Para el caso de las muestras gemelas se ha determinado (según recomendación de AMEC y establecido por el área Corporativa de Recursos Minerales y Modelamiento de la empresa) que mínimo el 90% de datos deben ser aceptables para aprobar el muestreo, así como también el error relativo de las gemelas deben ser hasta un máximo de 30% para ser aceptadas y se le da una tolerancia de 10 veces el límite de detección práctico.

#### **4.2.4.1 Límite de detección práctico**

Debemos saber que existen dos límites de detección, el teórico y el práctico, el límite de detección teórico es el que usa el laboratorio, pero eso es calculado en condiciones óptimas, el límite de detección práctico es lo mínimo que detecta el laboratorio con cierta certeza en un proceso de análisis común y corriente, depende de cada laboratorio y también de la mineralogía del yacimiento, entonces cualquier resultado de laboratorio que esté por debajo del límite práctico tendría mucha

probabilidad de fallo lo cual sería comprensible, la gran mayoría de fallos estará cerca del límite de detección teórico y eso hará que fácilmente nuestros fallos sean más del 10%, para evitar esto es que se considera el límite de detección práctico, es decir le damos más tolerancia a las muestras con valores cercanos al límite de detección teórico, para que éstas no tengan mucha influencia en el conteo de pares fallados, considerando todos estos parámetros es que recién podemos decir si un par de muestras ha fallado.

El límite de detección práctico se calcula a partir de los duplicados finos porque evalúan la precisión en el análisis y el límite de detección es un parámetro del análisis, los duplicados gruesos evalúan el chancado y las gemelas el corte del core. Los estándares y blancos finos también evalúan el análisis pero no la precisión, estos evalúan la exactitud y contaminación. (ver Figuras 4.9, 4.10 y 4.11)

Tabla 4.1: Límites de detección teórico y práctico

Elementos	Lim. Det teórico (ppm)	Lim. Det práctico (ppm)
	(Usado en Laboratorio)	(Determinado por duplicados finos)
Ag	0.5	2
Pb	2	20
Zn	2	50



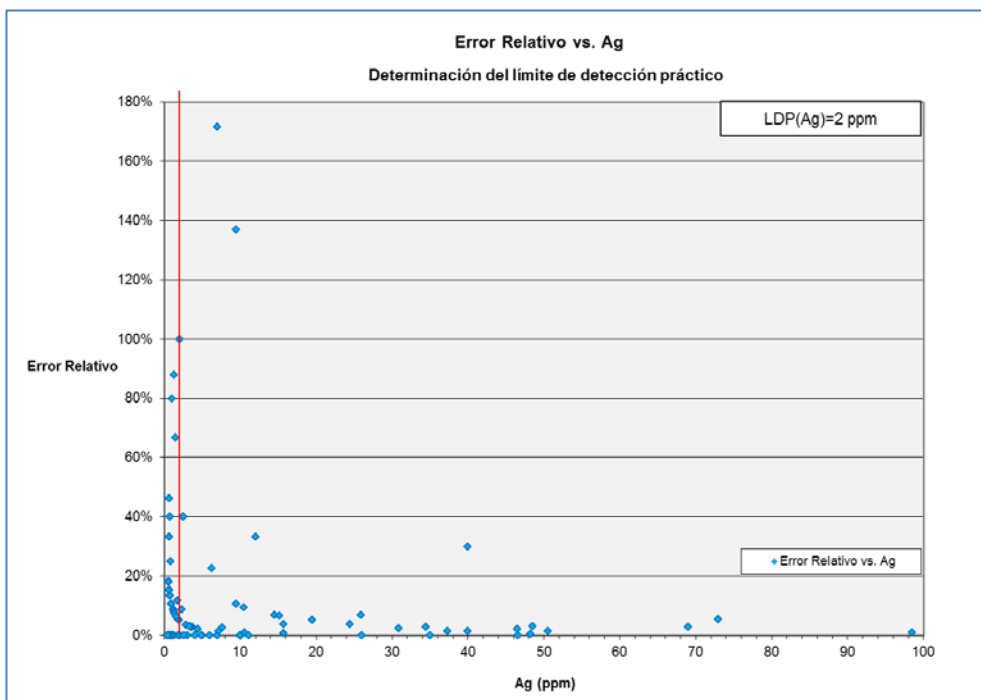


Figura 4.9: Cálculo del LDP para la Ag

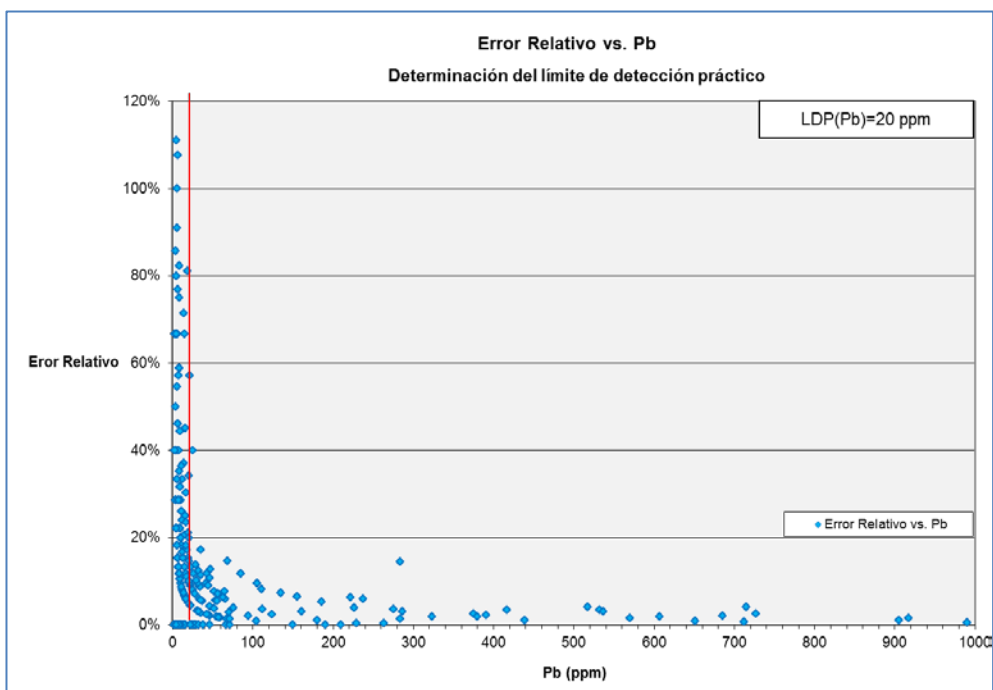


Figura 4.10: Cálculo del LDP para el Pb

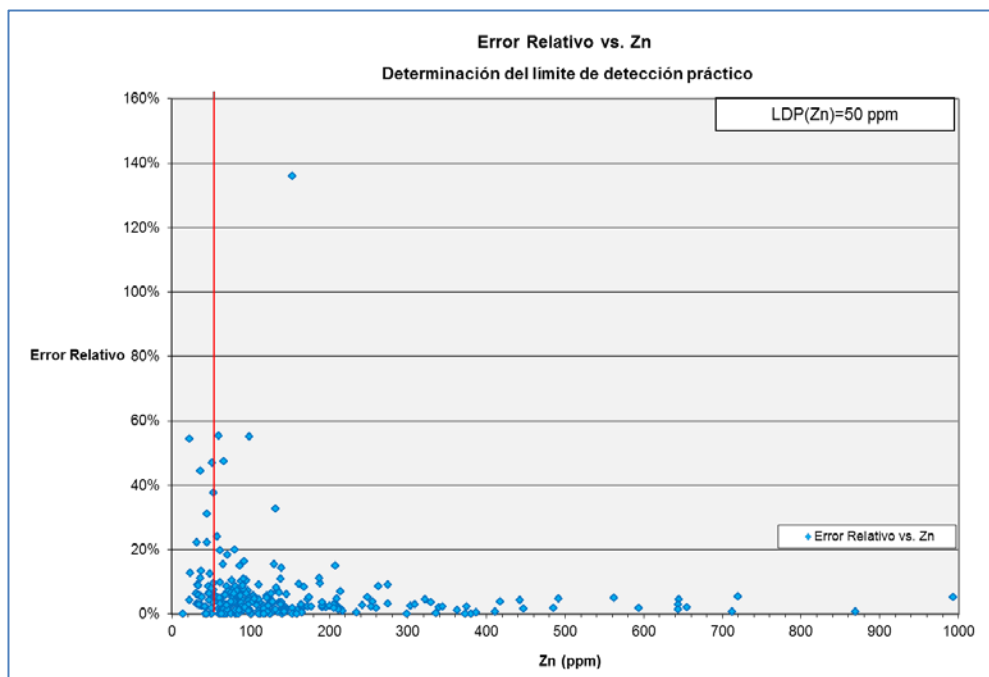


Figura 4.11: Cálculo del LDP para el Zn

#### 4.2.4.2 Resultados de las muestras gemelas

El análisis de las muestras control se hará para los elementos principales del yacimiento, los cuales son la Ag, Pb y Zn.

Tabla 4.2: Valores de tolerancia para la evaluación de gemelas.

Elementos	Límite de detección práctico (ppm)	Factor de tolerancia	Valor corregido ppm (Tolerancia)	Max. % Error Relativo aceptado
Ag	2	10	20	30
Pb	20	10	200	30
Zn	50	10	500	30

En total se revisaron 241 gemelas, los porcentajes de error son 0.00% para Ag, 4.98% para Pb y 7.05% para Zn (Tabla 4.3). No se encontraron muestras intercambiadas. Los resultados de las

muestras gemelas están considerados dentro del rango aceptable para Ag, Pb y Zn, considerando que al menos el 90% de las muestras debe tener errores relativos menores a 30%, en este caso se obtuvieron para los elementos Ag, Pb y Zn, los valores de 100%, 95.02% y 92.95% respectivamente de muestras con error relativo menor a 30%.

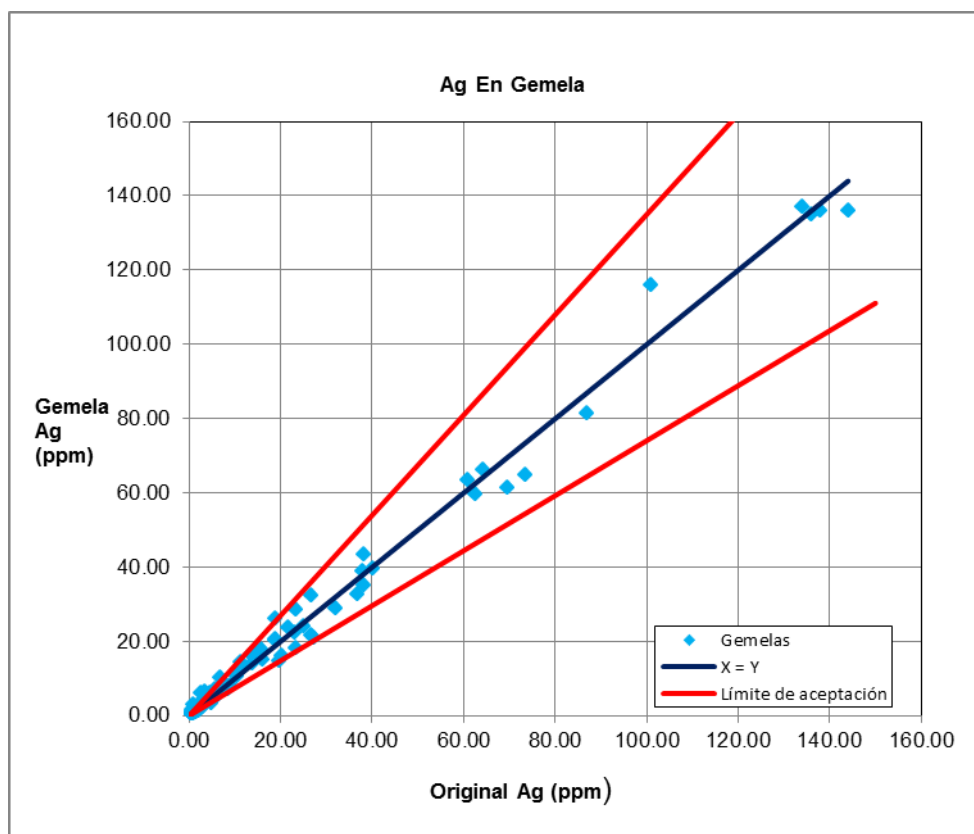


Figura 4.12: Resultado de las gemelas para la Ag.

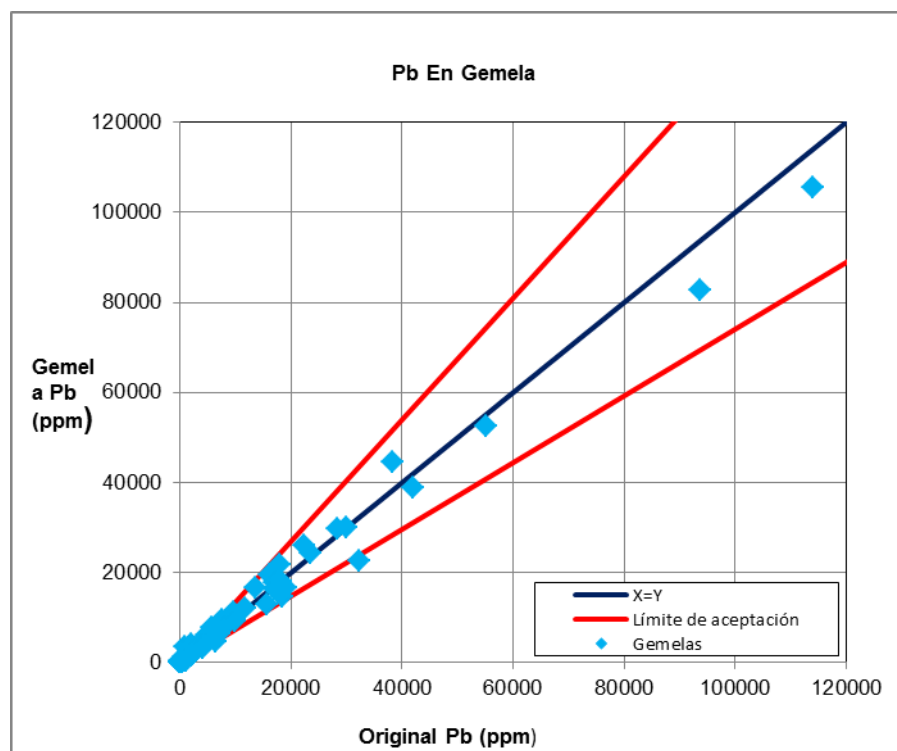


Figura 4.13: Resultado de las gemelas para el Pb.

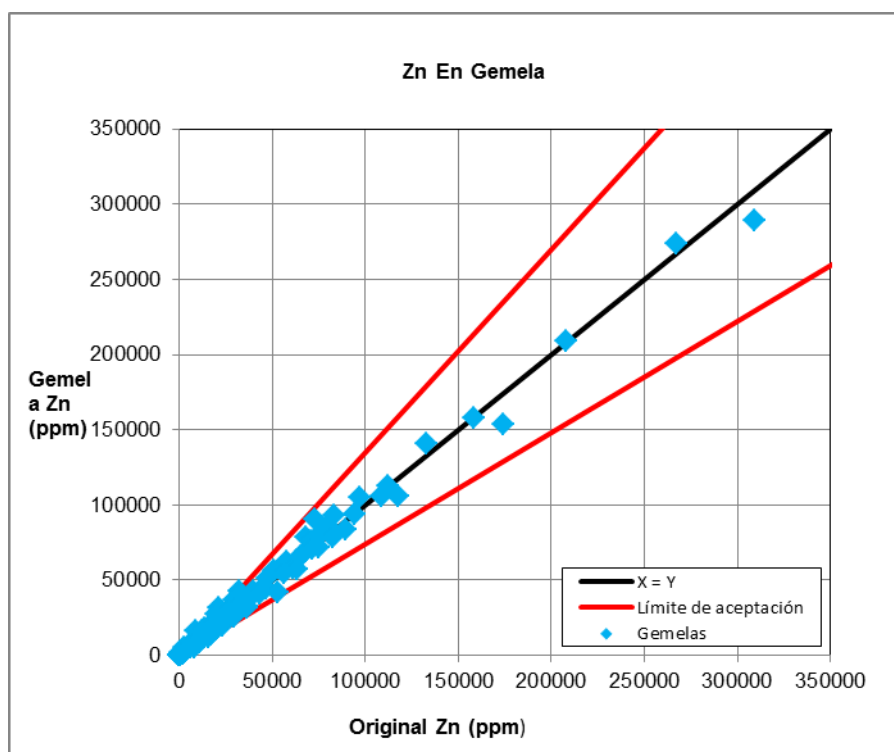


Figura 4.14: Resultado de las gemelas para el Zn.

Tabla 4.3: Resultados de fallos en gemelas.

Elementos	Pares	Fallos	Fallos (%)	c Factor
Ag	241	0	0.00%	10
Pb	241	12	4.98%	10
Zn	241	17	7.05%	10

### 4.3 QA/QC en la preparación de la muestra

Para poder evaluar la precisión, exactitud y contaminación en la preparación y análisis de las muestras, se necesitó la inserción de muestras control que son las siguientes:

#### 4.3.1 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. (Simón, 2006). Estas muestras fueron preparadas y certificadas por el laboratorio SGS, (ver anexo 4).

En total, 241 muestras de blancos finos fueron procesadas, los gráficos de Blancos finos vs. Previos fueron procesados para los elementos Ag, Pb y Zn. Las muestras tienen valores de Ag menores de 1ppm siendo el valor seguro de 6ppm (3 veces el LDP=2ppm), valores de Pb menores a 40ppm siendo el valor seguro de 60ppm (3 veces el LDP=20ppm) y valores de Zn son menores a 100 ppm siendo el valor seguro de 150ppm (3 veces el LDP=50ppm) a excepción de una muestras con 176ppm (Ver figuras 4.15, 4.16 y 4.17).

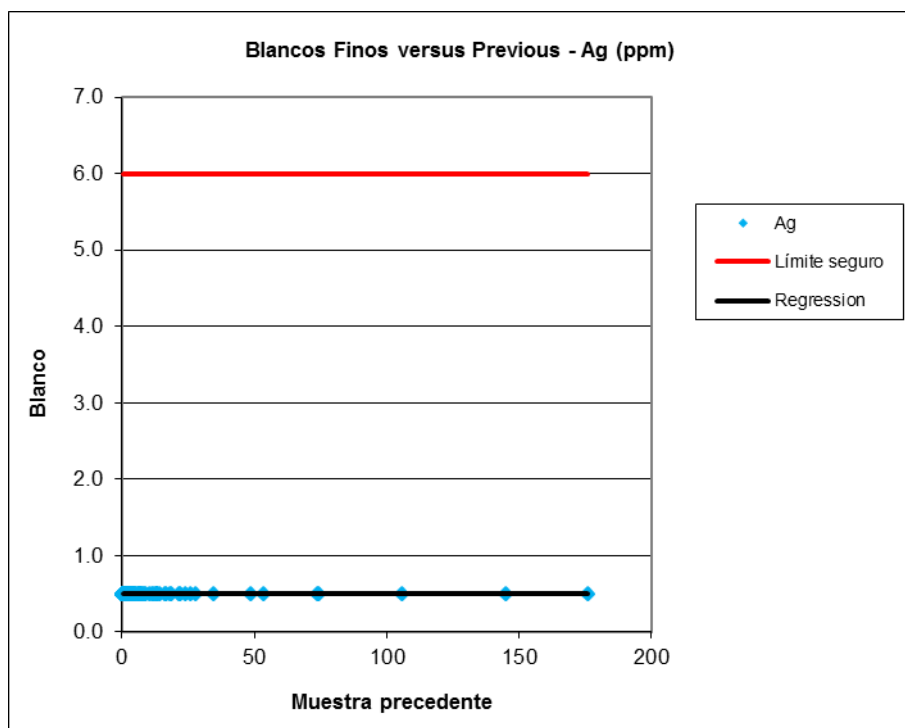


Figura 4.15: Resultado de blancos finos para la Ag.

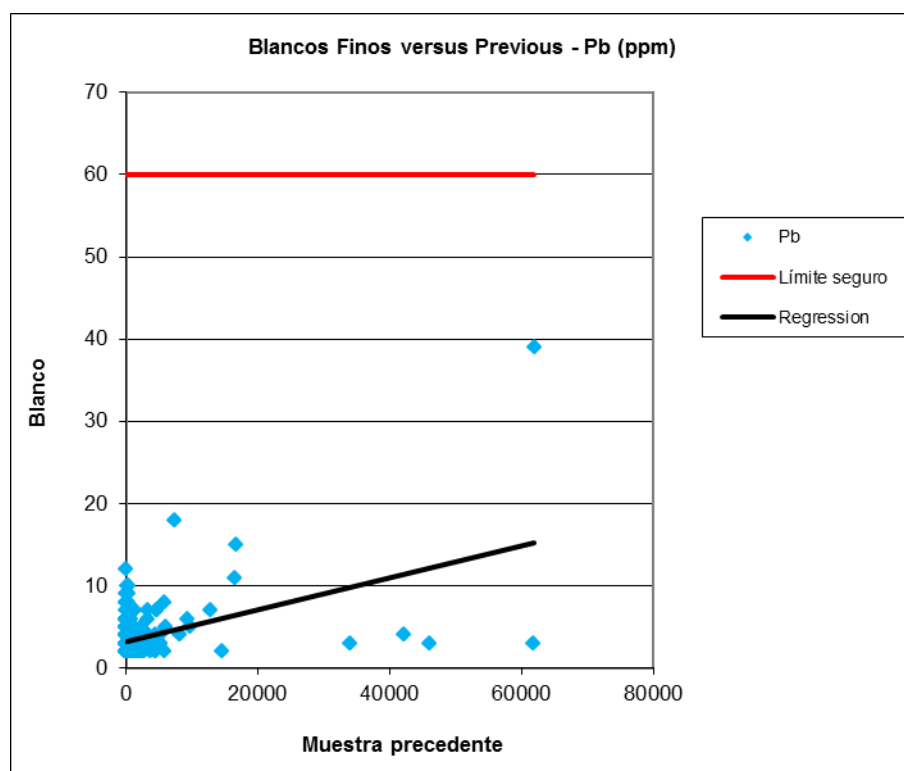


Figura 4.16: Resultado de blancos finos para el Pb.

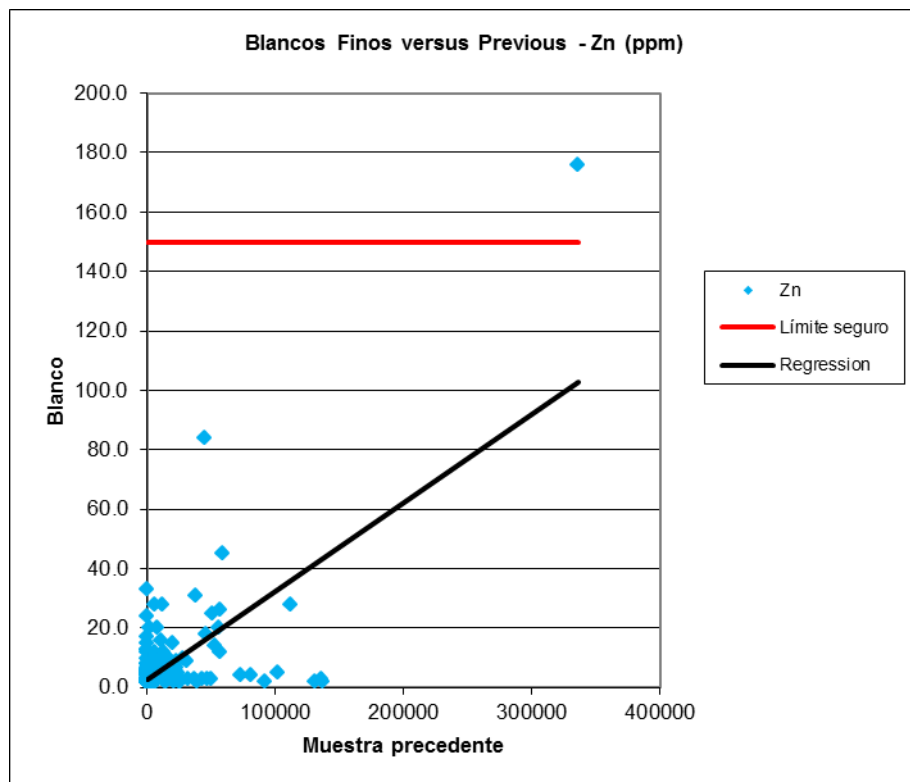


Figura 4.17: Resultado de blancos finos para el Zn.

#### 4.3.2 Blancos gruesos

Son muestras de material estéril de 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.

Al insertar blancos, se recomienda seguir la siguiente secuencia: después de una muestra fuertemente mineralizada, la primera muestra insertada debe ser un blanco fino, seguida de un blanco grueso. (Simón, 2006).

Estas muestras fueron preparadas y certificadas por el laboratorio SGS (ver anexo 4).

En total, 241 muestras de blancos gruesos fueron procesadas, los gráficos de Blancos gruesos vs. Previos fueron procesados para los elementos Ag, Pb y Zn. Las muestras tienen valores de Ag menores de 2ppm siendo el valor seguro de 10ppm (5 veces el LDP=2ppm), valores de Pb menores a 80ppm siendo el valor seguro de 100ppm (5 veces el LDP=20ppm) y valores de Zn son menores a 200 ppm siendo el valor seguro de 250ppm (5 veces el LDP=50ppm) **a excepción de una muestras con 376ppm** (Ver figuras 4.18, 4.19, 4.20).

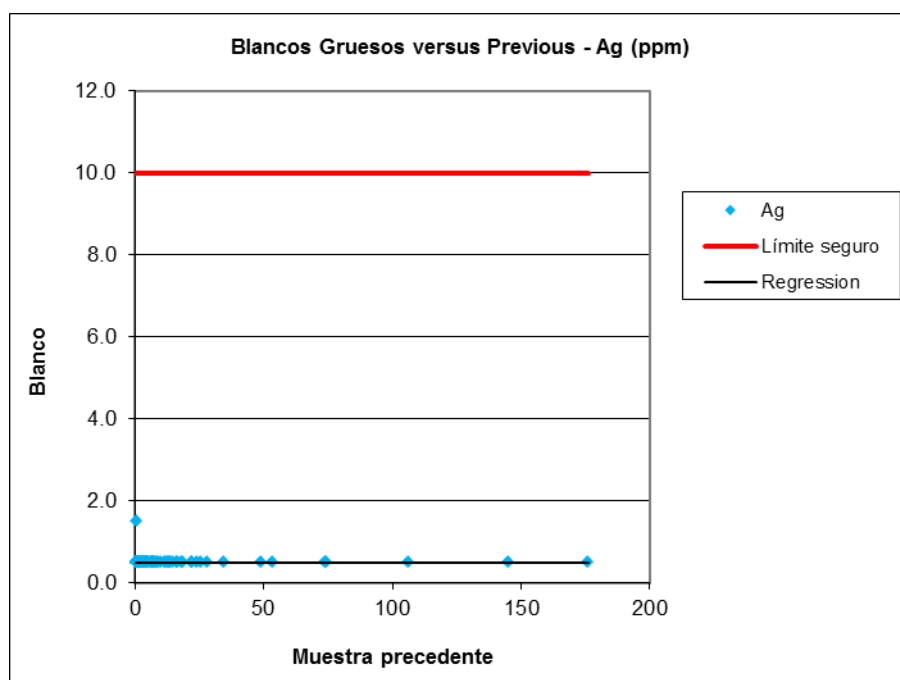


Figura 4.18: Resultado de blancos gruesos para la Ag.



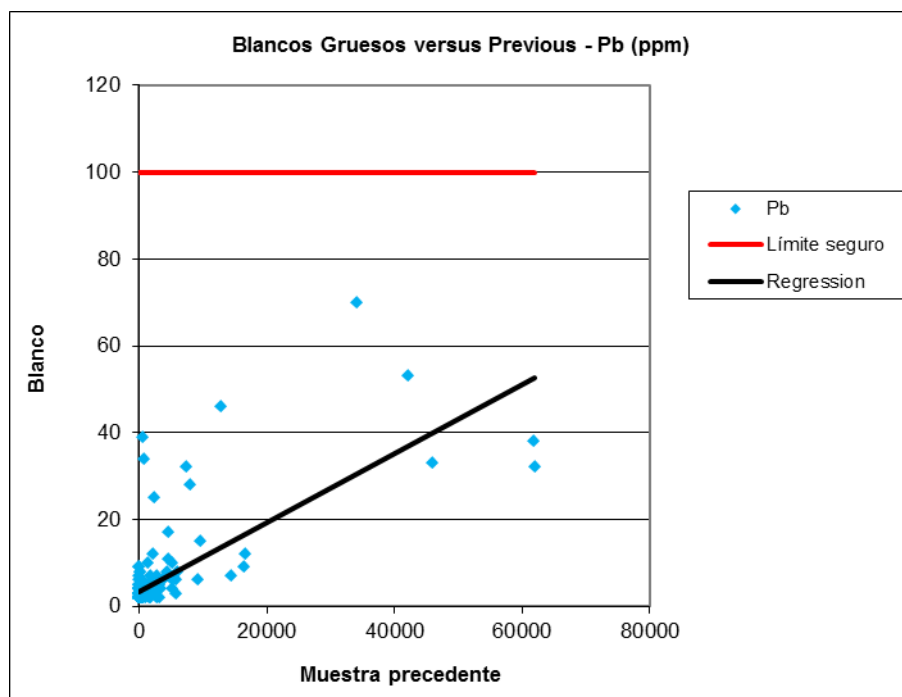


Figura 4.19: Resultado de blancos gruesos para el Pb.

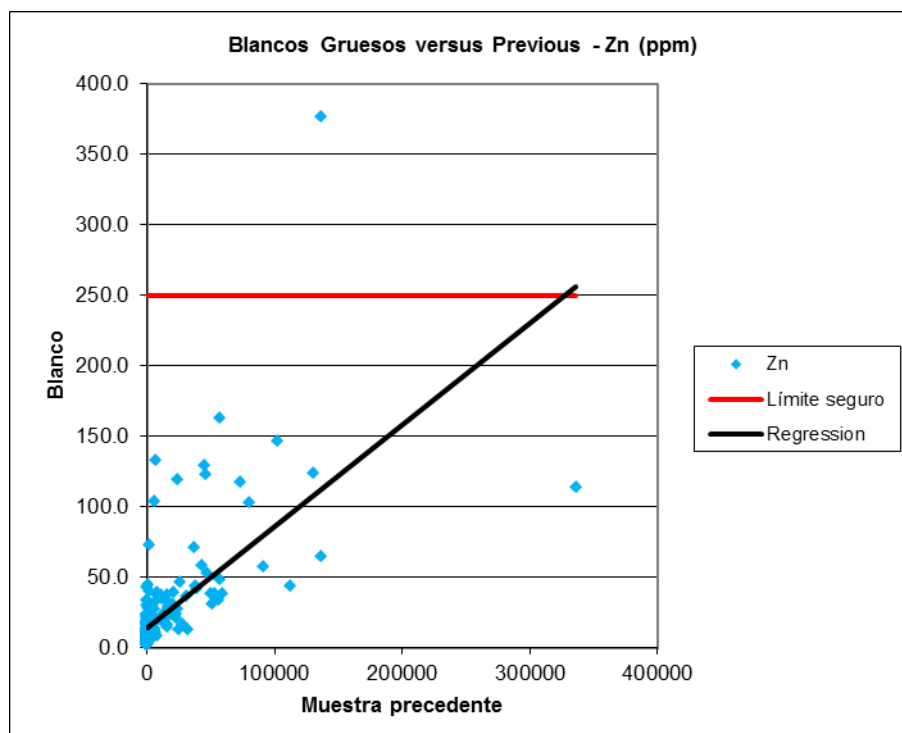


Figura 4.20: Resultado de blancos gruesos para el Zn.

### 4.3.3 Muestras duplicado grueso

Son duplicados tomados inmediatamente después de una fase de chancado y reducción, 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 reducción o sub-muestreo y se toma la muestra de manera aleatoria. (Simón, 2006).

Tabla 4.4: Valores de tolerancia para la evaluación de duplicados gruesos.

Elementos	Límite de detección práctico (ppm)	Factor de tolerancia	Valor corregido ppm (Tolerancia)	Max. % Error Relativo aceptado
Ag	2	5	10	20
Pb	20	5	100	20
Zn	50	5	250	20

En total, 242 muestras de duplicados gruesos fueron revisadas, las cuales representan 2.5% de ratio de inserciones. Los gráficos Max-Min fueron preparados para Ag, Pb y Zn. Los porcentajes de error son 0.00% para Ag, 0.00% para Pb y 1.24% para Zn (Ver tabla 4.5). No se encontraron muestras intercambiadas. Los resultados de los duplicados gruesos están considerados dentro del rango aceptable para los 3 elementos en estudio, considerando que al menos el 90% de las muestras debe tener errores relativos menores a 20%, en este caso se obtuvieron para los elementos Ag, Pb y Zn, los valores de 100%, 100% y 98.76% respectivamente de muestras con error relativo menor a 20% (Ver figuras 4.21, 4.22, 4.23).

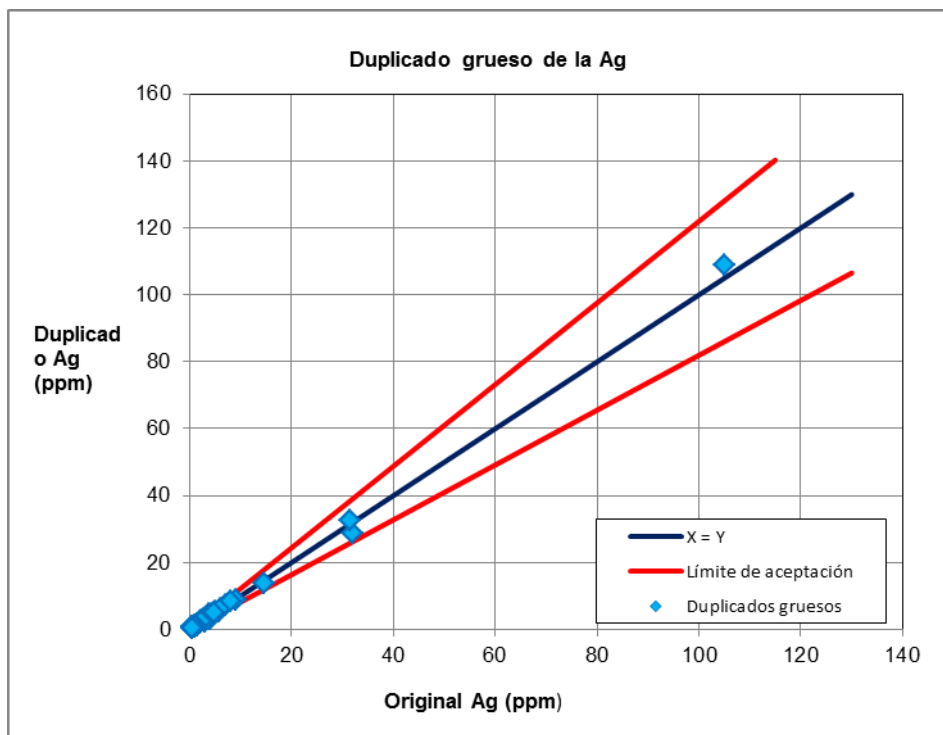


Figura 4.21: Resultado de duplicados gruesos para la Ag.

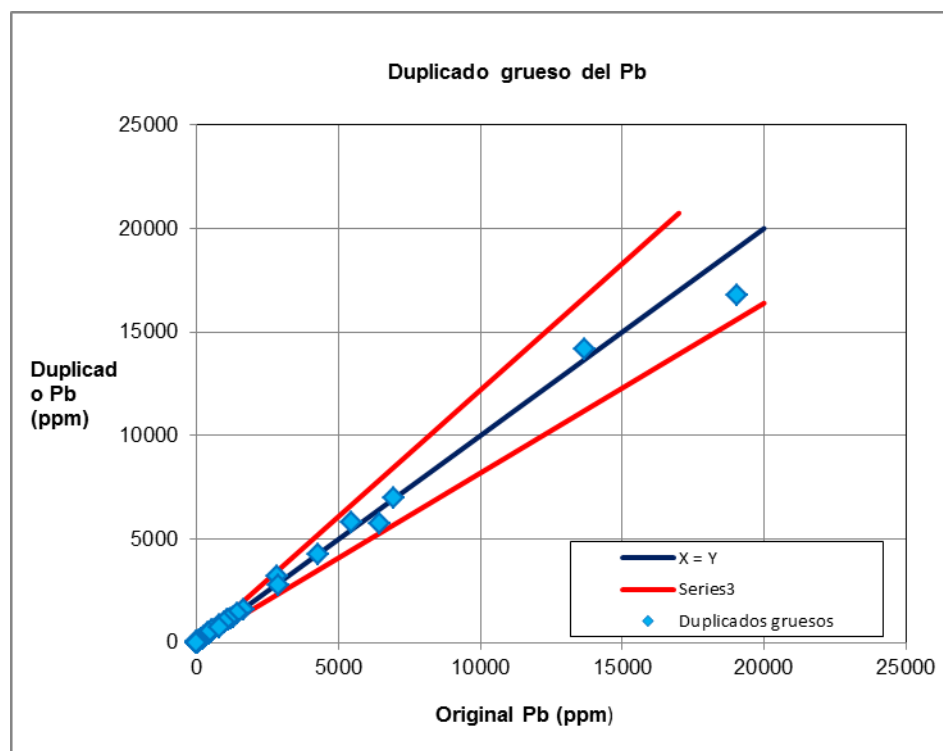


Figura 4.22: Resultado de duplicados gruesos para el Pb.

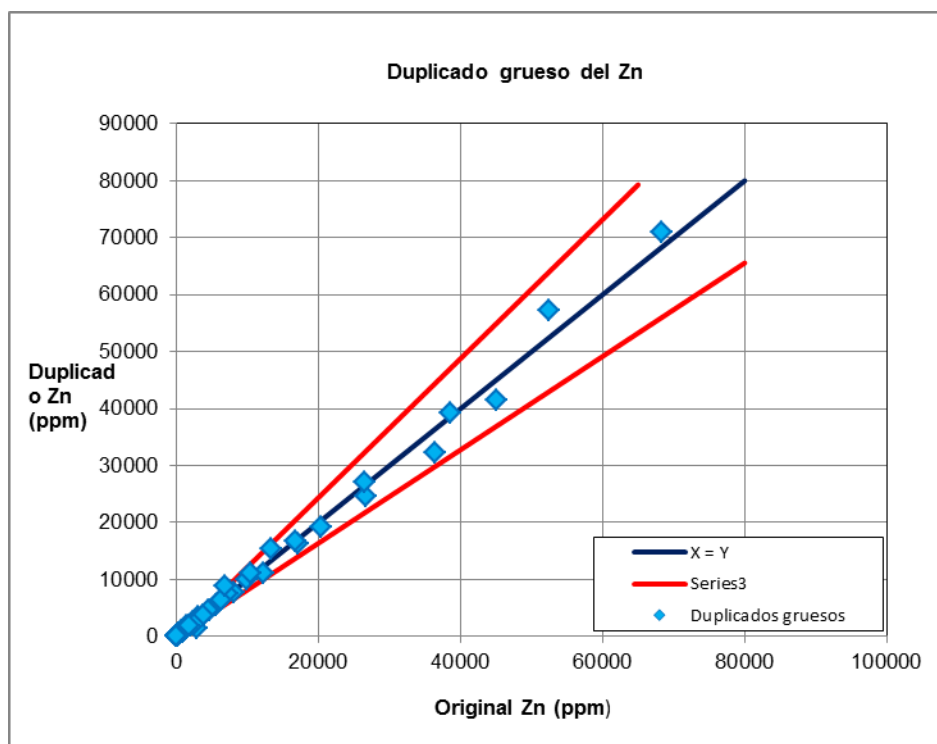


Figura 4.23: Resultado de duplicados gruesos para el Zn.

Tabla 4.5 Resultados de fallos para los duplicados gruesos

Elementos	Pares	Fallos	Fallos (%)	c Factor
Ag	242	0	0.00%	5
Pb	242	0	0.00%	5
Zn	242	3	1.24%	5

#### 4.3.4 Muestras duplicado fino

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 y se toma la muestra de manera aleatoria. (Simón, 2006).

Tabla 4.6: Valores de tolerancia para la evaluación de duplicados finos.

Elementos	Límite de detección práctico (ppm)	Factor de tolerancia	Valor corregido ppm (Tolerancia)	Max. % Error Relativo aceptado
Ag	2	3	6	10
Pb	20	3	60	10
Zn	50	3	150	10

En total, 241 muestras de duplicados finos fueron revisadas, las cuales representan 2.5% de ratio de inserciones. Los gráficos Max-Min fueron preparados para Ag, Pb y Zn. Los porcentajes de error son 0.00% para Ag, 0.00% para Pb y 0.41% para Zn (Ver tabla 4.7). No se encontraron muestras intercambiadas. Los resultados de las muestras gemelas están considerados dentro del rango aceptable para los 3 elementos en estudio, considerando que al menos el 90% de las muestras debe tener errores relativos menores a 10%, se obtuvieron para los elementos Ag, Pb y Zn, los valores de 100%, 100% y 99.59% respectivamente de muestras con error relativo menor a 10% (Ver figuras 4.24, 4.25 y 4.26).

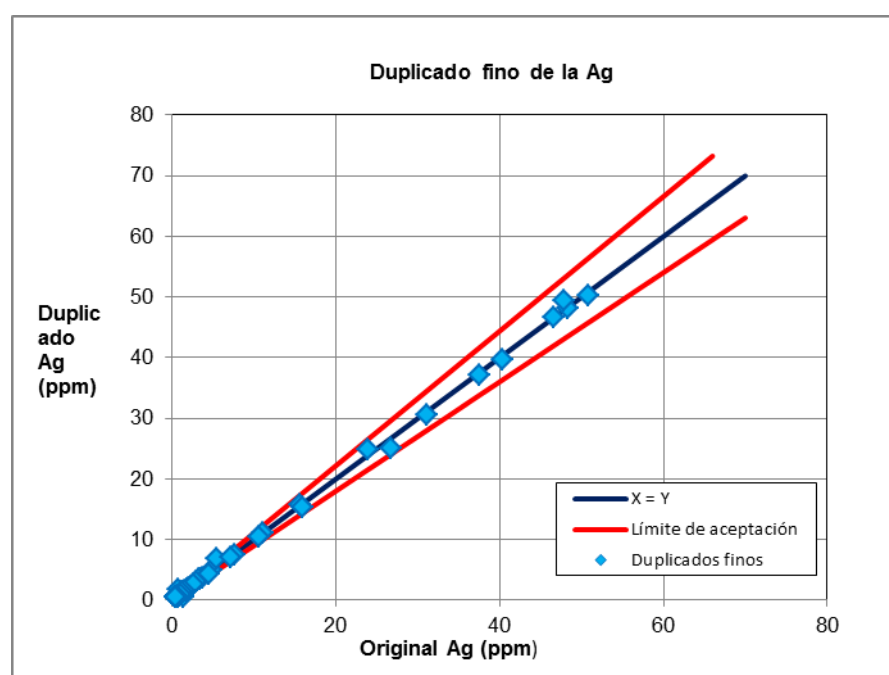


Figura 4.24: Resultado de duplicados fino para la Ag.

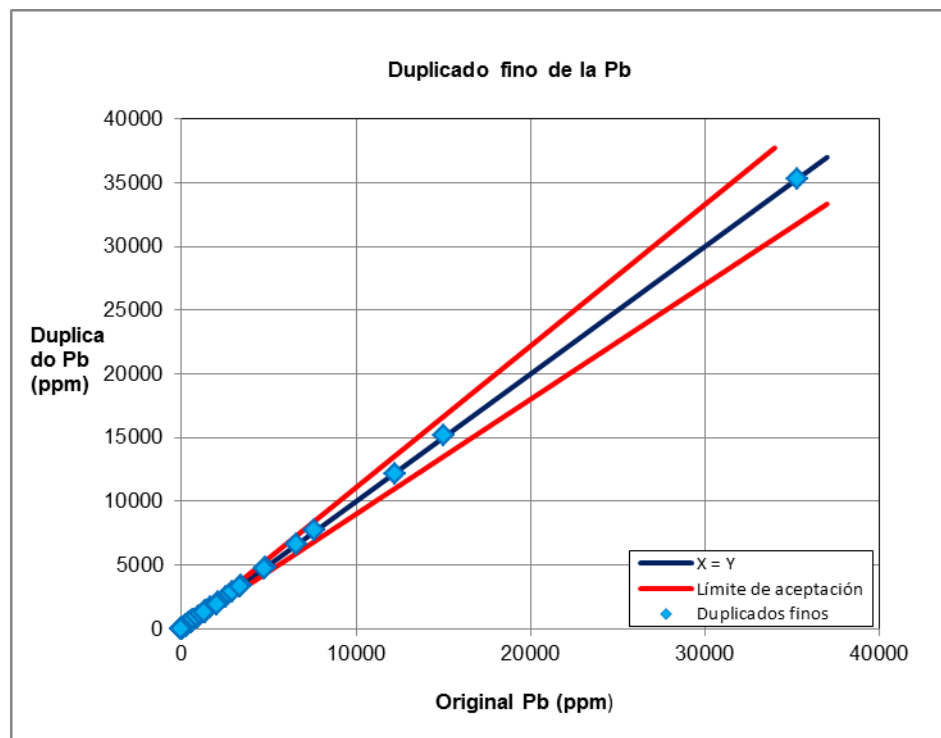


Figura 4.25: Resultado de duplicados fino para el Pb.

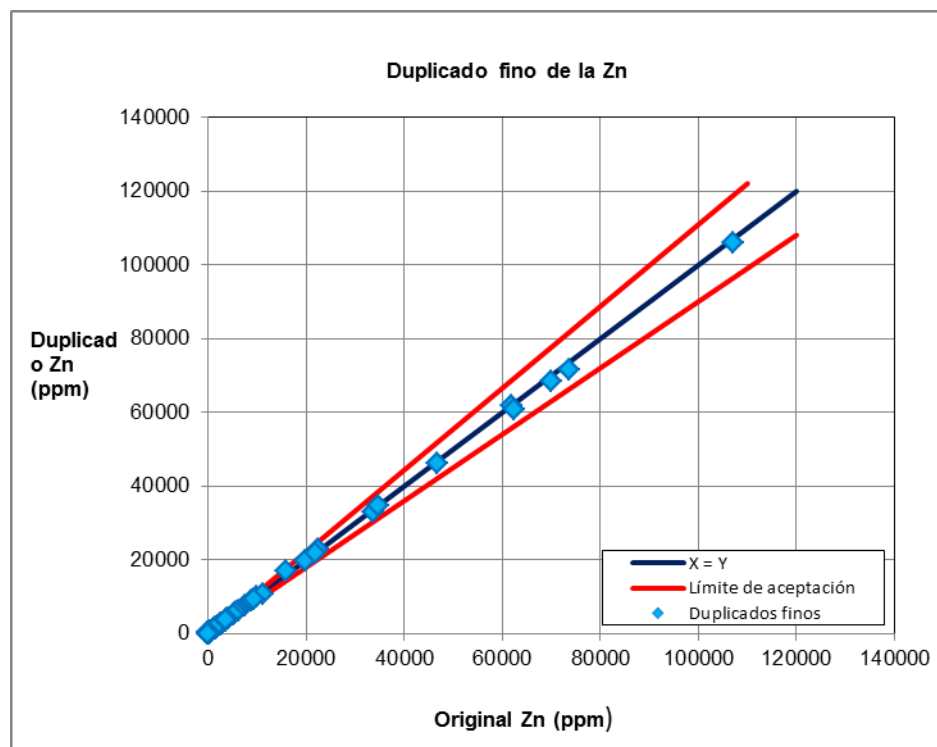


Figura 4.26: Resultado de duplicados fino para el Zn.

Tabla 4.7: Resultados de los fallos de duplicados finos

Elementos	Pares	Fallos	Fallos (%)	c Factor
Ag	241	0	0.00%	3
Pb	241	1	0.41%	3
Zn	241	1	0.41%	3

#### 4.3.5 Muestras estándares

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

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.

Se recomienda utilizar al menos tres estándares para los elementos de importancia económica (incluidos los contaminantes), de modo que cubran aproximadamente la gama prevista de concentraciones económicas o subeconómicas: un estándar de baja ley, cercana al valor de cut off; un estándar medio, con ley cercana al promedio del depósito, y un estándar alto, teniendo en cuenta lo que significa alta ley para el proyecto concreto. Se toman las muestras de manera aleatoria. (Simón, 2006).

- Estas muestras fueron preparadas y certificadas por el laboratorio OREAS (Australia), (ver anexo 4)

En total, 724 muestras de material estándar fueron procesadas (242 muestras de OREAS131a, 241 muestras de OREAS132b y 241 muestras de OREAS133b), las cuales representan 7.5% de ratio de inserción. Los gráficos de control fueron preparados para todos los elementos en estudio y para cada estándar. Se encontraron 05 muestras con material defectuoso, las cuales no fueron consideradas, las demás muestras se encuentran en el rango aceptable, para las cuales los sesgos son los siguientes:

- OREAS131a: 5.8% para Ag, 0.6% para Pb y 2.0% para Zn.
- OREAS132b: 1.7% para Ag, -0.3% para Pb y 4.0% para Zn.
- OREAS133b: 4.6% para Ag, -0.3% para Pb y 2.1% para Zn.

Se consideran los sesgos como: bueno de 0 a  $\pm 5\%$ ; aceptable de +5 a +10% o de -5% a -10% y no aceptable  $>10\%$  o  $<-10\%$ ).

Los resultados para el estándar OREAS131a tienen una exactitud buena para Pb y Zn y una exactitud aceptable para Ag.

Los resultados para el estándar OREAS132b tienen una exactitud buena para Ag, Pb y Zn.

Los resultados para el estándar OREAS133b tienen una exactitud buena para Ag, Pb y Zn.

Ver de la figura 4.27 a la figura 4.44.



Desempeño Individual del MRC						
MRC	Elemento	Resultados	Media		Sesgo (%)	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-131a	Ag	240	31.20	(ppm)	5.8%	3
MRC	Elemento	Resultados	Media*		Sesgo*	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-131a	Ag	240	31.17	(ppm)	5.7%	3

(\*) Después de excluir las MFC

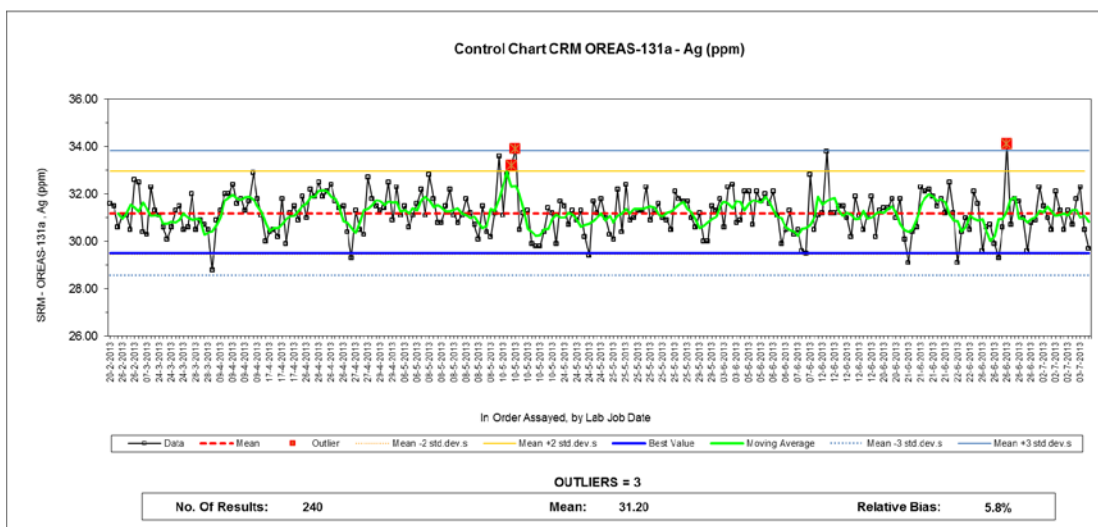


Figura 4.27: Resultado Estándar bajo para la Ag.

**Nota:** Según criterio usado por Amec, si dos muestras fuera de control se encuentran juntas no se les puede tolerar, por eso en la figura de arriba no se consideran los puntos rojos que van juntos, a diferencia del punto que se encuentra solo hacia el lado derecho de la figura.

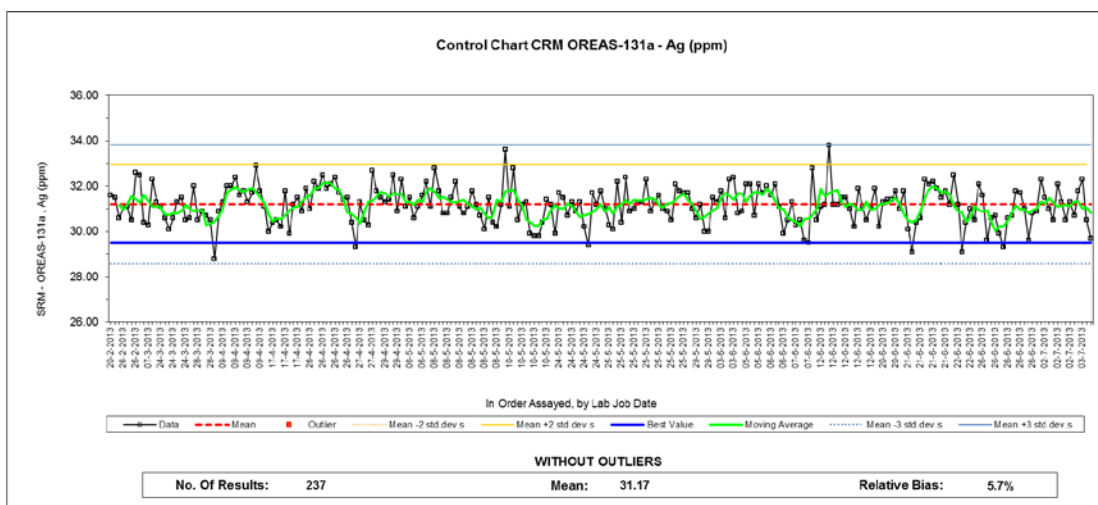


Figura 4.28: Resultado Estándar bajo para la Ag sin valores.

Desempeño Individual del MRC						
MRC	Elemento	Resultados	Media		Sesgo (%)	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-131a	Pb	241	17207.88	(ppm)	0.6%	4
MRC	Elemento	Resultados	Media*		Sesgo*	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-131a	Pb	241	17222.15	(ppm)	0.7%	4

(\*) Después de excluir las MFC

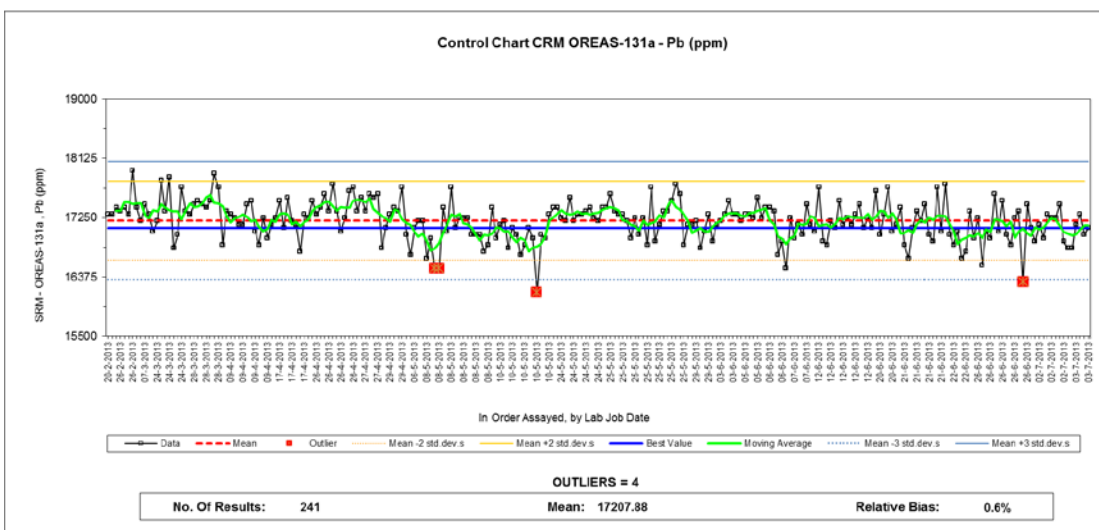


Figura 4.29: Resultado Estándar bajo para el Pb.

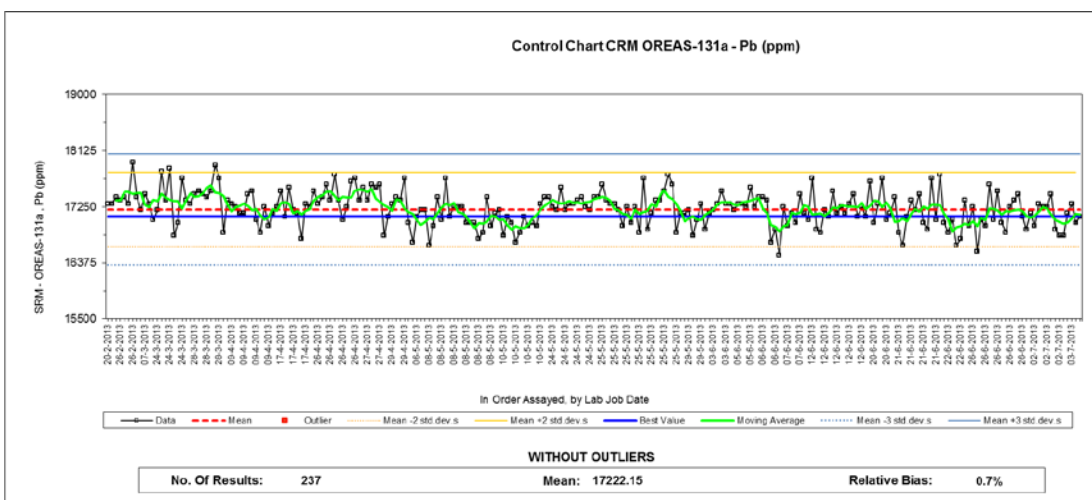


Figura 4.30: Resultado Estándar bajo para el Pb sin valores outlier.

Desempeño Individual del MRC						
MRC	Elemento	Resultados	Media		Sesgo	No. De MFC
			Valor	Unidad	(%)	
OREAS-131a	Zn	241	28458.92	(ppm)	2.0%	3

MRC	Elemento	Resultados	Media*		Sesgo*	No. De MFC
			Valor	Unidad	(%)	
OREAS-131a	Zn	241	28476.47	(ppm)	2.1%	3

(\*) Después de excluir las MFC

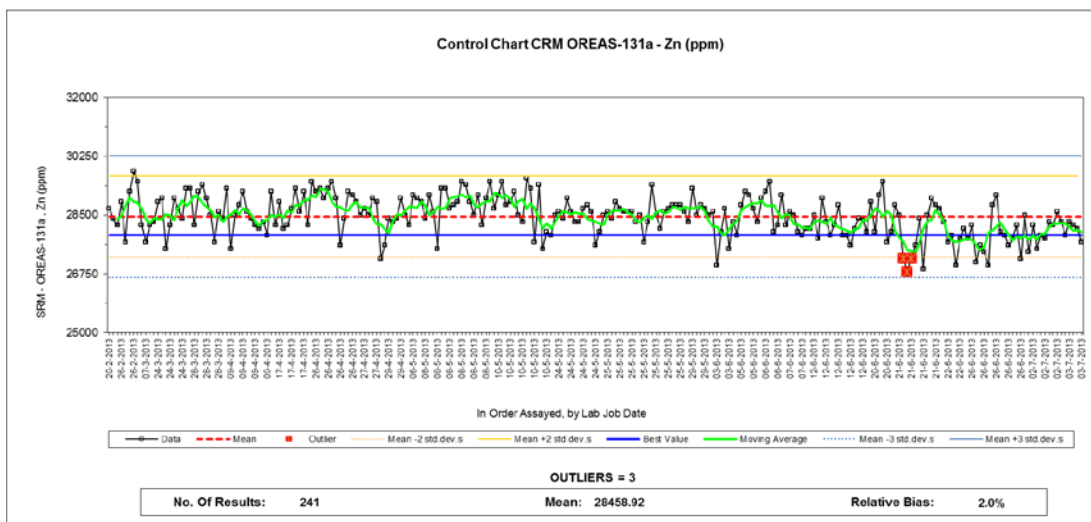


Figura 4.31: Resultado Estándar bajo para el Zn.

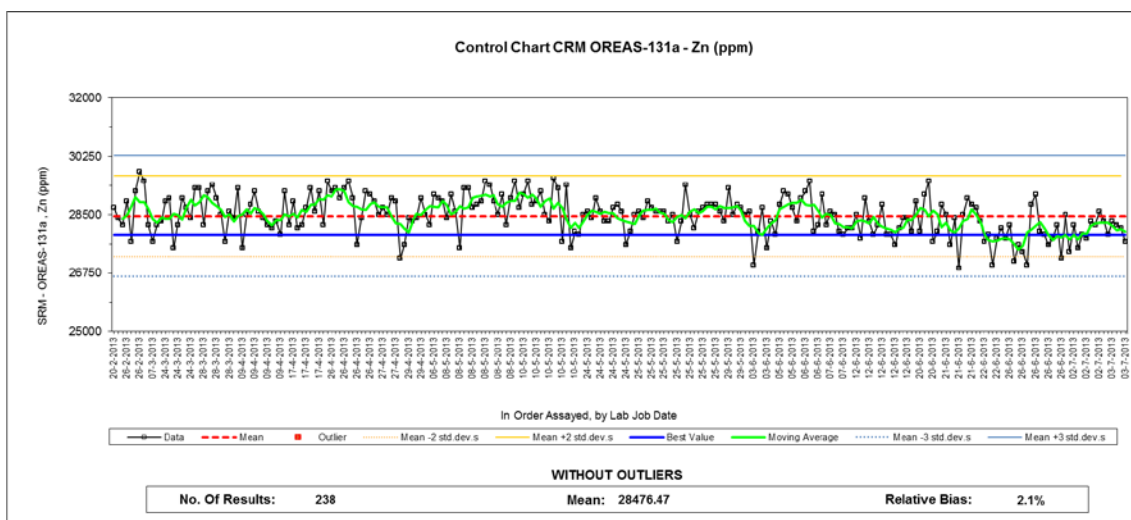


Figura 4.32: Resultado Estándar bajo para el Zn sin valores outlier.

Desempeño Individual del MRC						
MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
OREAS-132b	Ag	239	61.32	(ppm)	1.7%	0

MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
OREAS-132b	Ag	239	61.32	(ppm)	1.7%	0

(\*) Después de excluir las MFC

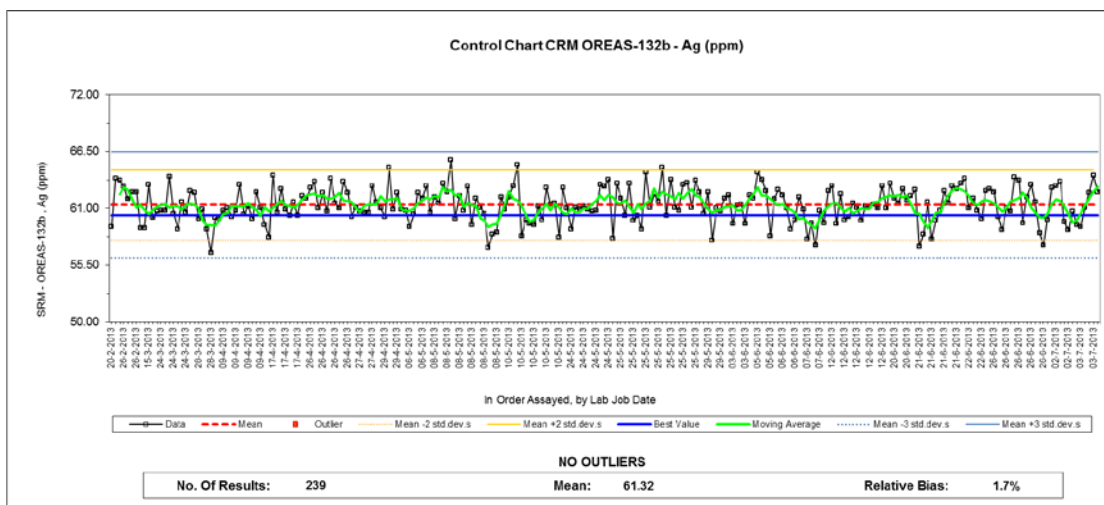


Figura 4.33: Resultado Estándar medio para la Ag.

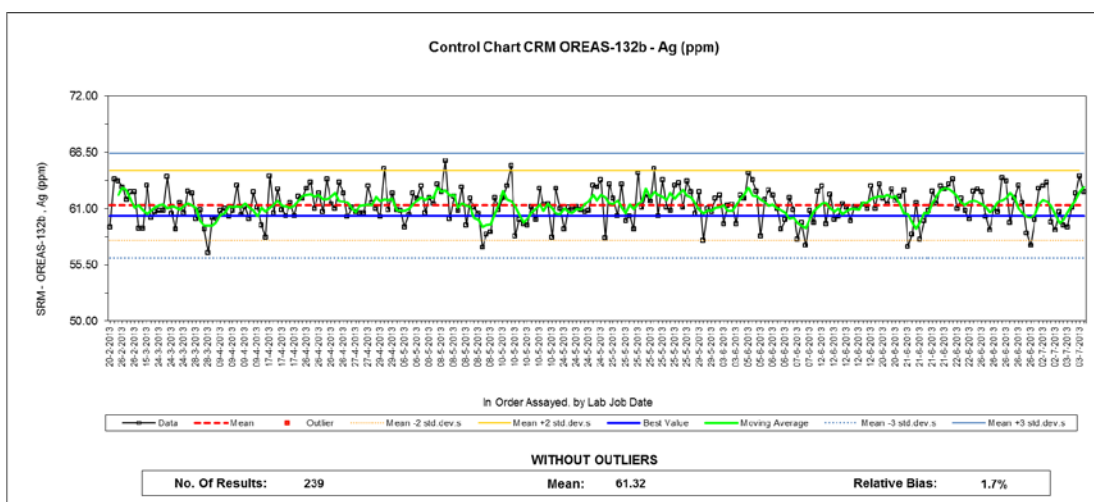


Figura 4.34: Resultado Estándar medio para la Ag (no se encontraron valores outlier).

Desempeño Individual del MRC						
MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Medida Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
OREAS-132b	Pb	239	38471.55	(ppm)	-0.3%	5
MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Medida* Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
OREAS-132b	Pb	239	38476.50	(ppm)	-0.3%	5

(\*) Después de excluir las MFC

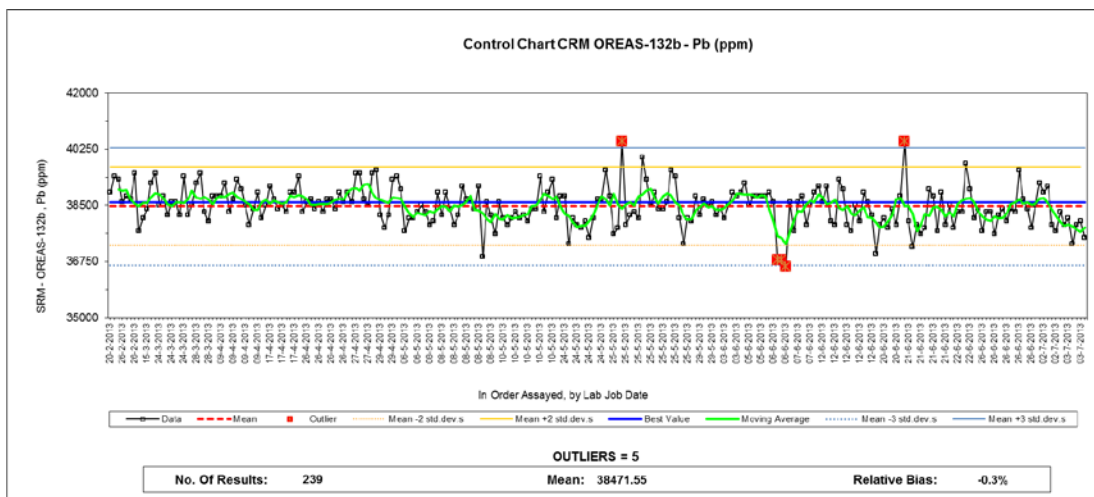


Figura 4.35: Resultado Estándar medio para el Pb.

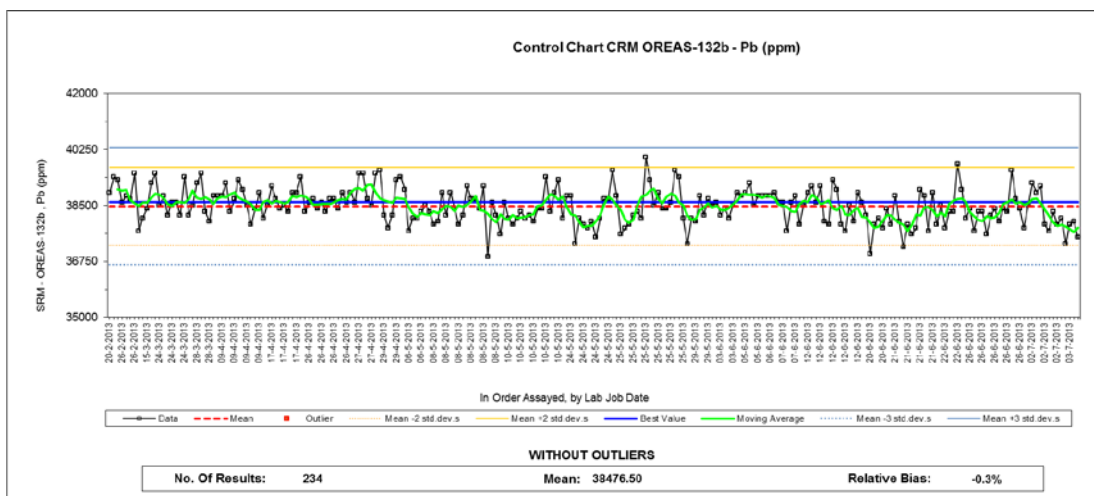


Figura 4.36: Resultado Estándar medio para el Pb sin valores outlier.

Desempeño Individual del MRC						
MRC	Elemento	Resultados	Media		Sesgo (%)	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-132b	Zn	239	53352.72	(ppm)	4.0%	0
MRC	Elemento	Resultados	Media*		Sesgo*	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-132b	Zn	239	53352.72	(ppm)	4.0%	0

(\*) Después de excluir las MFC

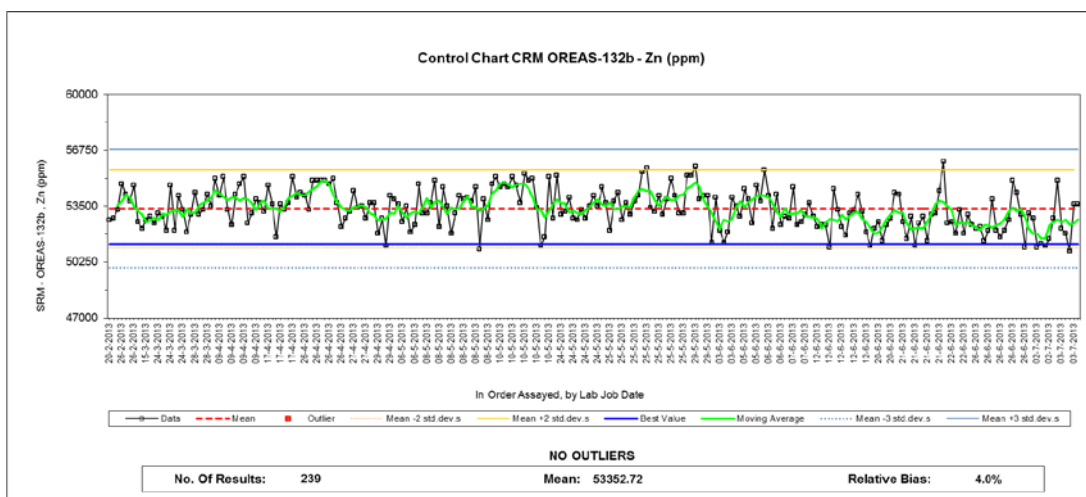


Figura 4.37: Resultado Estándar medio para Zn.

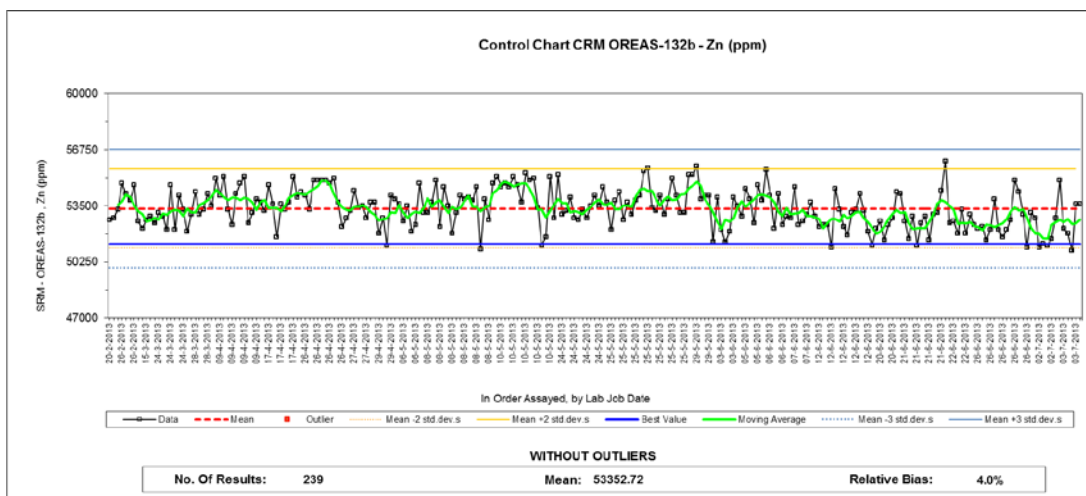


Figura 4.38: Resultado Estándar medio para el Zn (no se encontraron valores outlier)

Desempeño Individual del MRC						
MRC	Elemento	Resultados	Media		Sesgo (%)	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-133b	Ag	240	104.55	(ppm)	4.6%	5
MRC	Elemento	Resultados	Media*		Sesgo*	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-133b	Ag	240	104.53	(ppm)	4.5%	5

(\*) Después de excluir las MFC

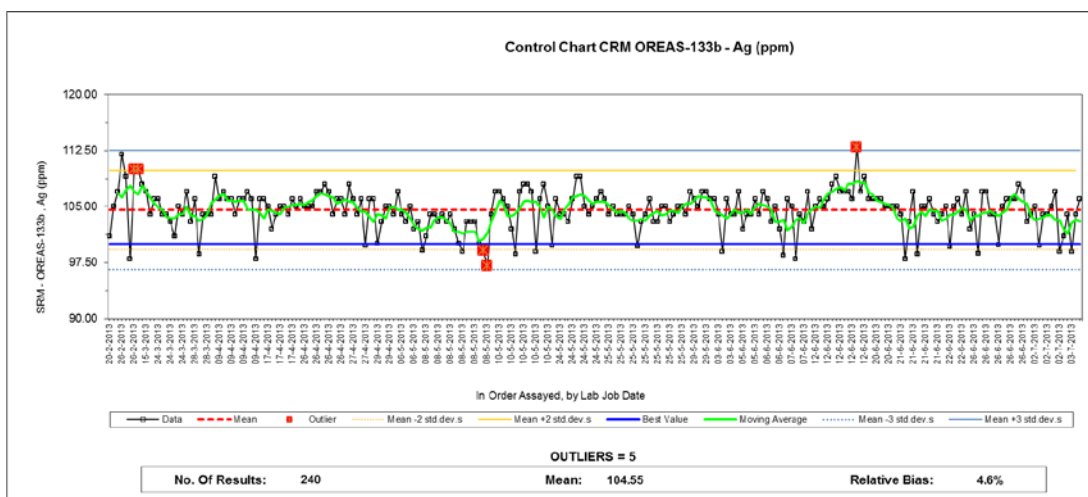


Figura 4.39: Resultado Estándar alto para la Ag.

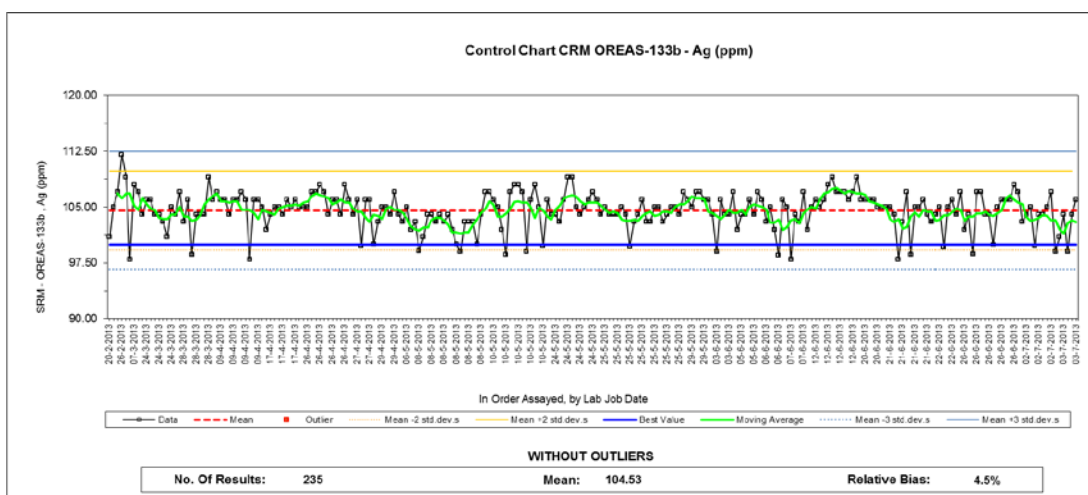


Figura 4.40: Resultado Estándar alto para la Ag sin valores outlier.

Desempeño Individual del MRC						
MRC	Elemento	Resultados	Media		Sesgo (%)	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-133b	Pb	240	50552.92	(ppm)	-0.3%	2
MRC	Elemento	Resultados	Media*		Sesgo*	No. De MFC
			Valor	Unidad		
OREAS-133b	Pb	240	50536.13	(ppm)	-0.3%	2

(\*) Después de excluir las MFC

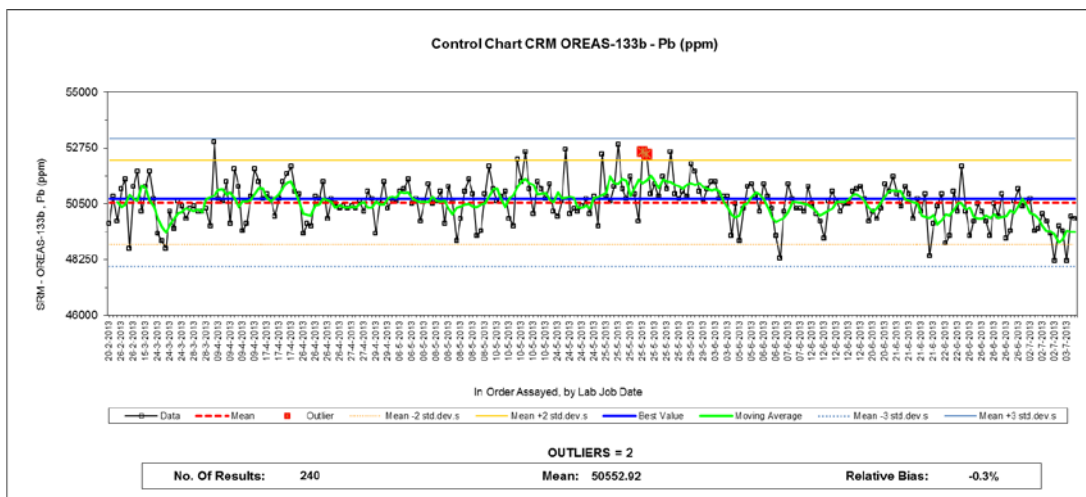


Figura 4.41: Resultado Estándar alto para el Pb.

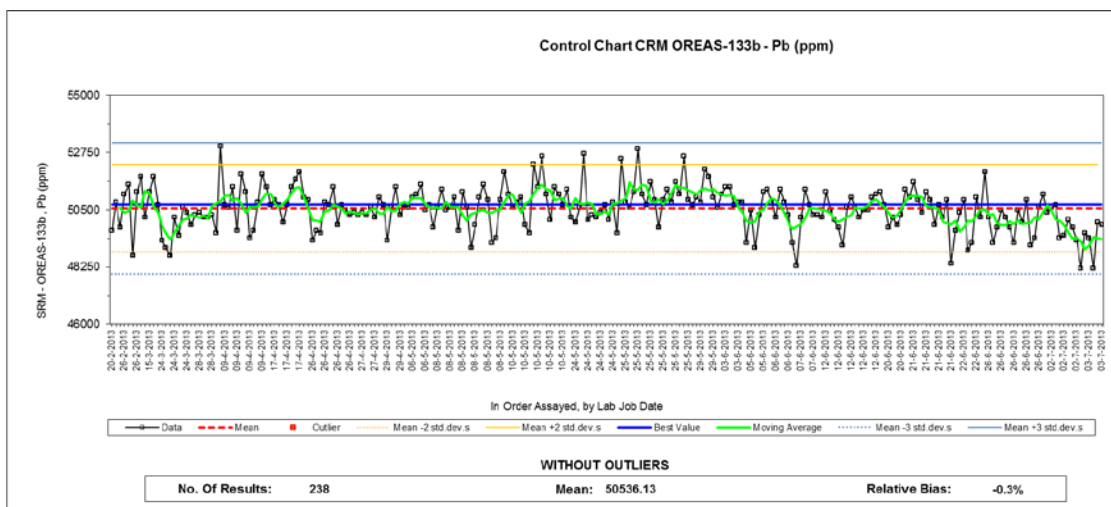


Figura 4.42: Resultado Estándar alto para el Pb sin valores outlier.



Desempeño Individual del MRC						
MRC	Elemento	Resultados	Media Valor	Unidad	Sesgo (%)	No. De MFC
OREAS-133b	Zn	240	113506.25	(ppm)	2.1%	3
MRC	Elemento	Resultados	Media* Valor	Unidad	Sesgo* (%)	No. De MFC
OREAS-133b	Zn	240	113413.50	(ppm)	2.0%	3

(\*) Después de excluir las MFC

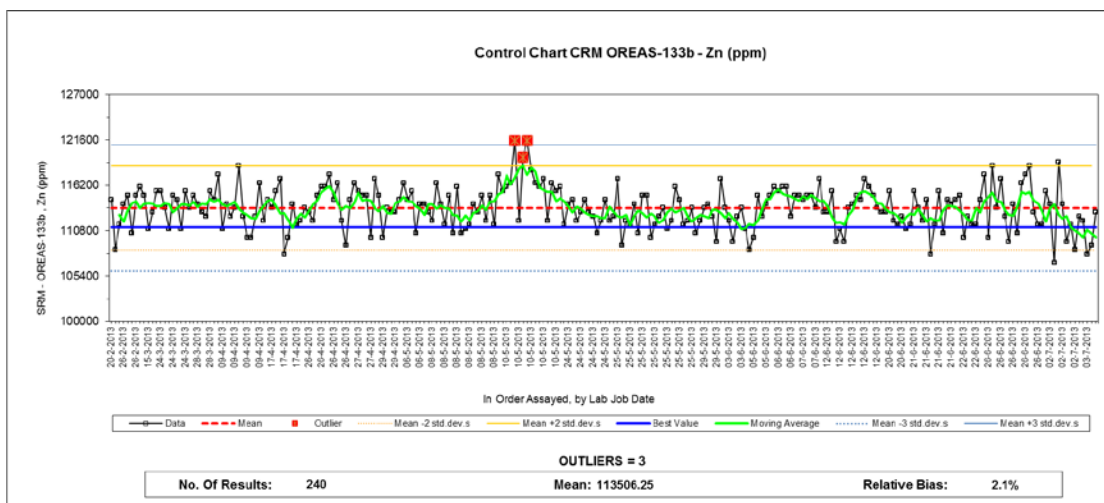


Figura 4.43: Resultado Estándar alto para el Zn.

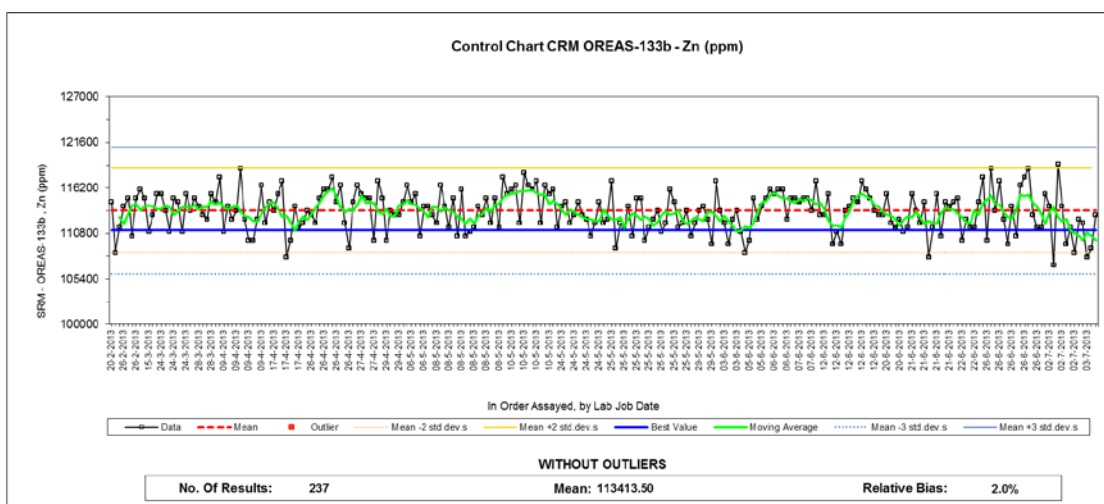


Figura 4.44: Resultado Estándar alto para el Zn sin valores outlier.

#### **4.3.6 Muestras de verificación**

Son duplicados externos de muestras ordinarias previamente pulverizadas, que son reanalizados en el laboratorio de verificación. Estas muestras son utilizadas para evaluar la exactitud analítica del laboratorio primario, de modo complementario a los estándares. Se toman las muestras de manera aleatoria en cada 20 muestras.

Nota: Los análisis de estas muestras se detuvieron por problemas de presupuesto (baja de metales).

## **CAPÍTULO V**

### **TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**

Se ha incluido este capítulo para mostrar grosso modo el comportamiento de leyes obtenidas del muestreo de los principales elementos de estudio, la caracterización estadística y la correlación entre los elementos de Ag, Pb y Zn.

Para realizar el análisis exploratorio de datos se utilizó el software Excel 2013 y para el análisis de tendencias el Minitab.

#### **Excel 2013**

Excel versión 2013 es un software de Microsoft de la plataforma Windows, es un programa de hojas de cálculo. Excel permite a los usuarios elaborar tablas y formatos que incluyan cálculos matemáticos mediante fórmulas; las cuales pueden usar “operadores matemáticos” como son: + (suma), - (resta), \* (multiplicación), / (división) y ^ (exponenciación); además de poder utilizar elementos denominados “funciones” (especie de fórmulas, pre-configuradas). Así mismo Excel es útil para gestionar “Listas” o “Bases de Datos”; es decir agrupar, ordenar y filtrar la información.

### Usos para el presente capítulo

El programa Excel se ha utilizado para manejar la base de datos, para la validación de los datos, la herramienta de filtros ha sido útil para identificar los valores por debajo del límite de detección y altos erráticos, revisión del “From-To”, etc., también se han elaborado las gráficas de correlación de los elementos Ag-Pb, Ag-Zn y Pb-Zn.

### **Minitab**

El programa Minitab Statistical Software fue desarrollado en 1972 por tres profesores de Estadística de Penn State University. Uno de los desarrolladores originales, Barbara Ryan, es la presidenta y directora ejecutiva de Minitab.

En poco tiempo, Minitab llegó a ser, y continúa siendo, el principal software del mundo para la enseñanza de estadística. En todo el mundo, Minitab ha sido el software con el que más estudiantes han aprendido estadística. Asimismo, Minitab es el software utilizado con mayor frecuencia en Six Sigma, la principal metodología del mundo para el mejoramiento de la calidad.

### Usos para el presente capítulo

Para el presente informe se ha utilizado el Minitab para calcular la estadística básica de los datos y para la elaboración de histogramas y boxplot.

## **5.1 Validación de los datos**

Se revisó los datos de leyes para identificar si hay algún error, se encontró en el taladro DDHLM12026 que el “To” de un tramo de muestreo era distinto al “From” de la muestra siguiente, estos deberían de ser iguales, se revisó el

formato donde se apunta de forma manual los tramos de muestreo, se encontró que el valor correcto era 186.67m (Ver tabla 5.1), también se revisó los tacos de muestreo en la caja de logueo encontrándose también que el valor correcto es de 186.67m. No se encontró más errores en los tramos de muestreo. Las leyes por debajo del límite de detección no se consideraron para los cálculos de la caracterización estadística.

Tabla 5.1: Muestra en amarillo el error encontrado

DDH	Código	From	To	Longitud
DDHPLM12026	PLM026632	185.17	186.67	1.50
DDHPLM12026	PLM026633	186.87	187.21	0.34

Se realizaron gráficos de cajas para encontrar valore mamut (Ver figuras 5.2, 5.3 y 5.4), para el caso del Pb se encontró un valor que parecía un mamut, se revisó los datos y se observó que el valor de Zn también tenía un porcentaje alto en ese tramo y los valores vecinos guardan relación con el valor alto encontrado en el Pb (Ver tabla 5.2 y figura 5.1). De igual manera se verificó los posibles altos erráticos del Zn y la Ag, observándose que eran muestras ubicados en tramos mineralizados, descartándose así que fueran altos erráticos. Se revisó las hojas de logueo y se encontró que era un tramo fuertemente mineralizado confirmando lo que ya se había determinado. Estas muestras corresponden al tramo de 22.24 - 24.24m del sondaje 27.

Tabla 5.2: Valores que se creían mamut

DDH	Código	From	To	Longitud	unid	Análisis	Ag (%)	Pb (%)	Zn (%)
DDHPLM12027	PLM026697	16.15	16.90	0.75	1.00	ICP	*	0.0034	0.0105
DDHPLM12027	PLM026699	16.90	18.22	1.32	1.00	ICP	*	0.0040	0.0165
DDHPLM12027	PLM026700	18.22	19.03	0.81	2.00	ICP	0.000104	0.1950	6.7210
DDHPLM12027	PLM026701	19.03	21.24	2.21	2.00	ICP	*	0.0086	0.0445
DDHPLM12027	PLM026702	21.24	22.24	1.00	2.00	ICP	0.000988	1.9955	18.9800
DDHPLM12027	PLM026703	22.24	23.24	1.00	2.00	ICP	0.002990	14.8200	40.2350
DDHPLM12027	PLM026705	23.24	24.24	1.00	2.00	ICP	0.001469	2.2425	27.9500
DDHPLM12027	PLM026706	24.24	24.86	0.62	2.00	ICP	0.002834	8.0600	43.6670
DDHPLM12027	PLM026709	24.86	25.36	0.50	2.00	ICP	*	0.0946	0.1593
DDHPLM12027	PLM026710	25.36	26.36	1.00	2.00	ICP	0.001157	2.4570	18.4600

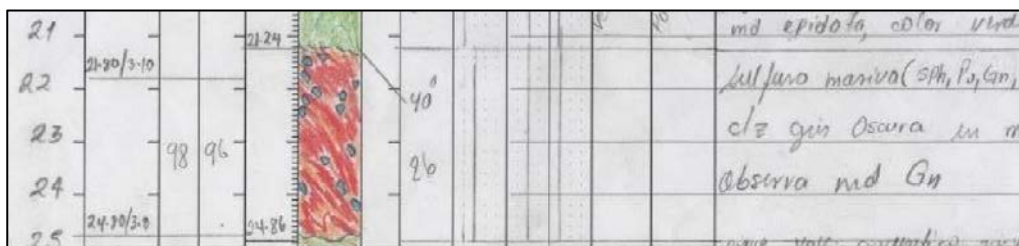


Figura 5.1: hoja de logeo donde se muestra el tramo mineralizado correspondiente a las muestras que se pensaron que eran mamut.

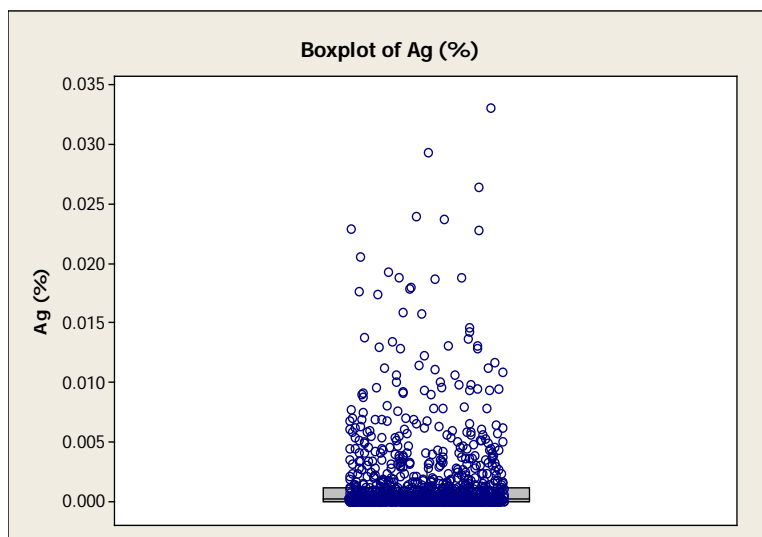


Figura 5.2: Box plot de la Ag

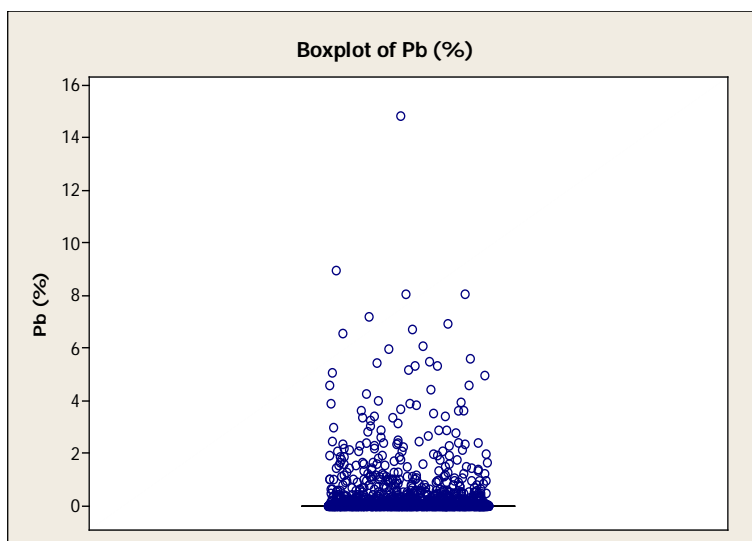


Figura 5.3: Box plot del Pb

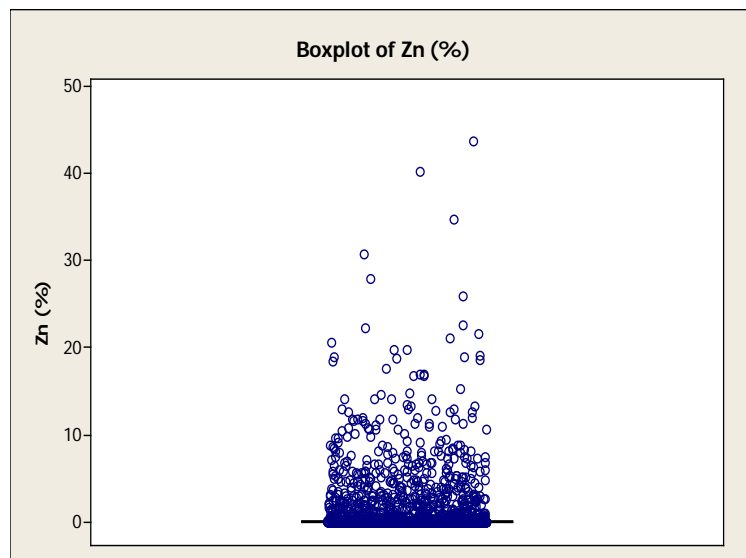


Figura 5.4: Box plot del Zn

## 5.2 Análisis exploratorio de datos (Software/Procedimientos)

Para el cálculo de los valores estadísticos de las leyes se ha utilizado el Minitab, donde se ha ingresado los datos validados y sin considerar aquellos que están por debajo del límite de detección.

El análisis exploratorio de datos se realizó por 2 tipos de poblaciones.

**Primer tipo poblacional.-** Se consideró de acuerdo a la zona donde se ubican los taladros, los taladros están distribuidos en tres zonas las cuales son: Zona Palma, Zona Kenita (al norte de la zona Palma) y la prolongación de la Zona Palma (al sur de Zona Palma), en total serían tres poblaciones (Ver plano 4 de anexo 1) a las cuales se les ha calculado sus parámetros estadísticos y se muestran en la tabla 5.3.

Tabla 5.3: parámetros estadísticos de zonas Palma, prolongación de Palma y Kenita.

ZONA PALMA									
Variable	Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Ag (%)	0.0016	0.0034	0.00001	2.1539	0.0001	0.0001	0.0003	0.0012	0.0330
Pb (%)	0.1864	0.7319	0.53570	3.9265	0.0003	0.0014	0.0031	0.0246	14.8200
Zn (%)	0.9549	2.9795	8.87730	3.1202	0.0012	0.0117	0.0207	0.1716	43.6670
PROLONGACIÓN ZONA PALMA									
Variable	Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Ag (%)	0.0006	0.0013	0.00000	2.3115	0.0001	0.0001	0.0002	0.0004	0.0150
Pb (%)	0.0698	0.4815	0.23184	6.8983	0.0003	0.0012	0.0021	0.0084	12.9740
Zn (%)	0.4059	1.7668	3.12158	4.3528	0.0010	0.0114	0.0183	0.0873	28.9900
ZONA KENITA									
Variable	Mean	StDev	Variance	CoefVar	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Ag (%)	0.0001	0.0000	0.00000	0.4800	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003
Pb (%)	0.0053	0.0265	0.00070	4.9904	0.0003	0.0007	0.0010	0.0017	0.4264
Zn (%)	0.0411	0.1475	0.02177	3.5860	0.0012	0.0059	0.0083	0.0116	2.4830

- Los parámetros estadísticos se calcularon para Ag, Pb, Zn, como elementos de margen económico principalmente, Encontrándose que la Zona Palma, presenta mayor contenido mineralógico, y el menor contenido mineralógico la Zona Kenita.
- En las tres zonas los valores mínimos de los tres elementos son prácticamente los mismos.
- La media de la Ag, Pb y Zn son más elevadas en la Zona Palma.
- Los resultados de la desviación estándar y el coeficiente de variación indican que el Pb presenta mayor grado de dispersión. La Zona Prolongación Palma presenta mayores grados de dispersión de Ag, Pb y Zn.

**Histogramas:** A continuación se muestran los histogramas de la Zona Palma realizados para Ag, Pb y Zn. Los histogramas son de distribución asimétrica a la derecha, todos los casos presentan una sola moda, el grado de dispersión es mayor para la Ag (Ver figuras 5.5, 5.6 y 5.7).



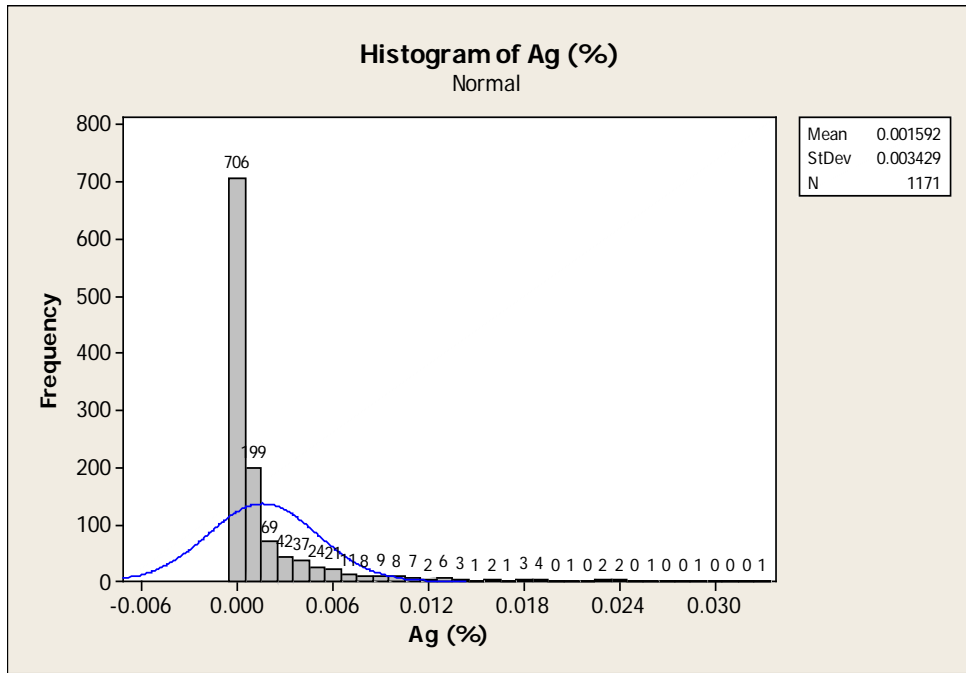


Figura 5.5: Histograma de la Ag, Zona Palma, distribución asimétrica

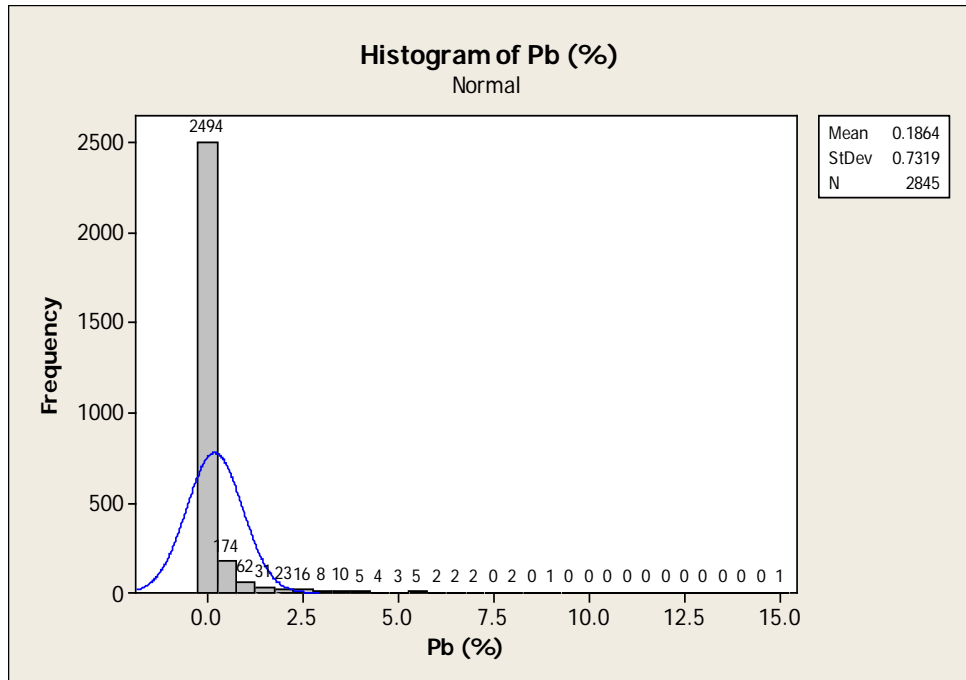


Figura 5.6: Histograma del Pb, Zona Palma, distribución asimétrica

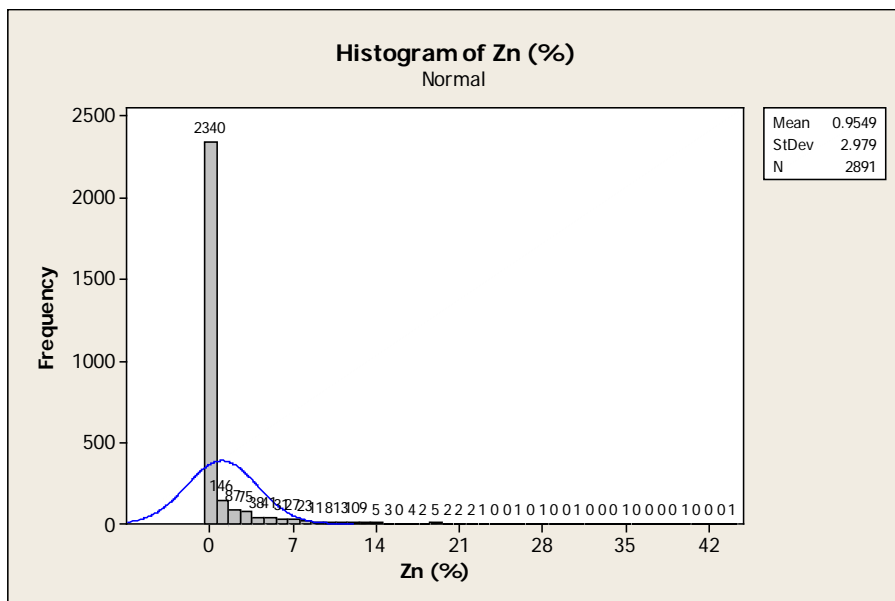


Figura 5.7: Histograma de la Zn, Zona Palma, distribución asimétrica

**Diagramas de cajas:** Los diagramas de cajas nos ayuda a ubicar la posición de la media, de los cuartiles (extremo superior e inferior de la caja) y el tamaño de caja. A continuación se muestran gráficos de cajas para el Pb y Zn de cada zona, en los cuales se puede observar que en todos los casos la caja del Zn es mayor a la del Pb, en la Zona Palma las leyes de Zn y Pb son mayores que en las otras zonas. En la Zona de Kenita la media del Zn y Pb se encuentran más alejados (Ver figuras 5.8, 5.9 y 5.10).

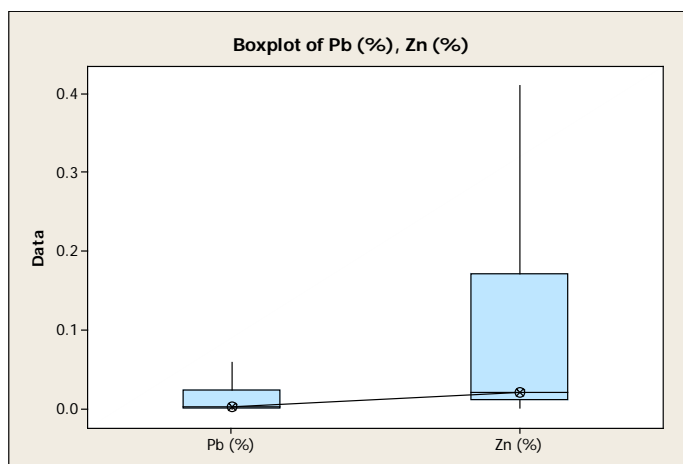


Figura 5.8: Diagrama de cajas Pb y Zn, Zona Palma.

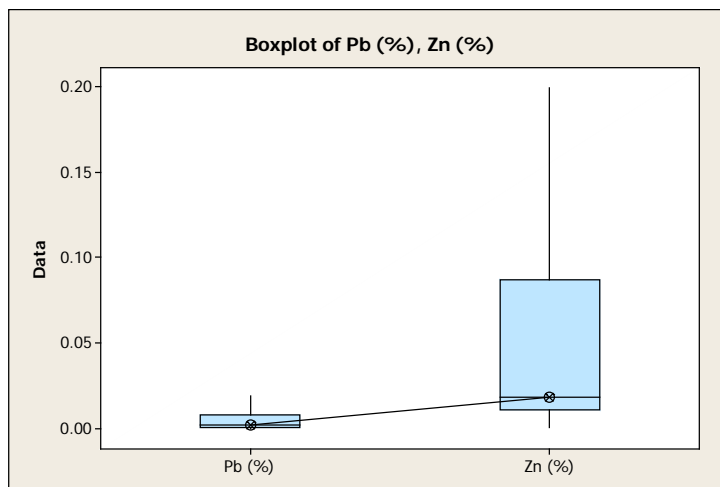


Figura 5.9: Diagrama de cajas Pb y Zn, Prolongación Zona Palma.

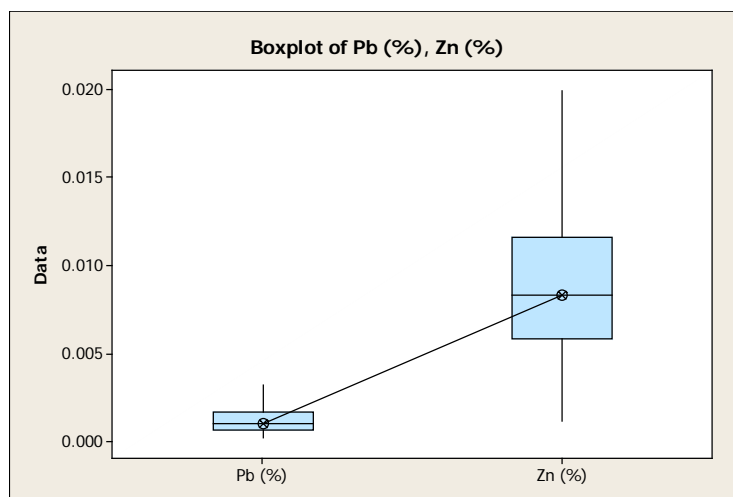


Figura 5.10: Diagrama de cajas Pb y Zn, Zona Kenita.

**Segundo tipo poblacional.-** La zona Palma está dividida en siete niveles en profundidad (Ver sección 2 de anexo 1), a los cuales se les ha llamado como unidades litológicas (del 1 al 7), a la Unidad 2 y 4 se les ha reconocido como zonas sedimentarias con contenido de sulfuros, Unidad 2 con sulfuros económicos y la Unidad 4 mayormente con sulfuros no económicos. Bajo ese contexto se ha decidido considerar 7 poblaciones para la zona Palma

calculándose para cada una de ellas sus parámetros estadísticos, cuyos resultados se muestran en la tabla 5.4.

Tabla 5.4: Parámetros estadísticos de las Unidades litológicas de la zona Palma

<b>UNIDAD 1 - ZONA PALMA</b>									
<b>Variable</b>	<b>Mean</b>	<b>StDev</b>	<b>Variance</b>	<b>CoefVar</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Median</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
Ag (%)	0.0009	0.0022	0.00000	2.4387	0.0001	0.0001	0.0001	0.0005	0.0187
Pb (%)	0.0666	0.3795	0.14402	5.6982	0.0003	0.0010	0.0018	0.0051	5.4470
Zn (%)	0.4554	1.9045	3.62712	4.1820	0.0012	0.0099	0.0151	0.0351	20.6050
<b>UNIDAD 2 - ZONA PALMA</b>									
<b>Variable</b>	<b>Mean</b>	<b>StDev</b>	<b>Variance</b>	<b>CoefVar</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Median</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
Ag (%)	0.0021	0.0040	0.00002	1.9362	0.0001	0.0001	0.0004	0.0019	0.0293
Pb (%)	0.4129	1.1310	1.27916	2.7392	0.0003	0.0030	0.0137	0.2473	14.8200
Zn (%)	2.0410	4.4280	19.60718	2.1695	0.0026	0.0211	0.1080	2.0360	43.6670
<b>UNIDAD 3 - ZONA PALMA</b>									
<b>Variable</b>	<b>Mean</b>	<b>StDev</b>	<b>Variance</b>	<b>CoefVar</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Median</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
Ag (%)	0.0023	0.0063	0.00004	2.7100	0.0001	0.0001	0.0002	0.0004	0.0330
Pb (%)	0.0429	0.2139	0.04575	4.9860	0.0003	0.0012	0.0020	0.0037	1.8720
Zn (%)	0.2587	1.1761	1.38321	4.5462	0.0047	0.0110	0.0155	0.0256	7.7480
<b>UNIDAD 4 - ZONA PALMA</b>									
<b>Variable</b>	<b>Mean</b>	<b>StDev</b>	<b>Variance</b>	<b>CoefVar</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Median</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
Ag (%)	0.0015	0.0022	0.00000	1.4970	0.0001	0.0002	0.0005	0.0017	0.0143
Pb (%)	0.1771	0.4402	0.19378	2.4856	0.0005	0.0025	0.0090	0.1661	4.5890
Zn (%)	0.8379	1.8152	3.29495	2.1664	0.0021	0.0138	0.0356	0.5753	11.4010
<b>UNIDAD 5 - ZONA PALMA</b>									
<b>Variable</b>	<b>Mean</b>	<b>StDev</b>	<b>Variance</b>	<b>CoefVar</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Median</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
Ag (%)	0.0001	0.0000	0.00000	0.4708	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
Pb (%)	0.0033	0.0065	0.00004	1.9997	0.0003	0.0011	0.0016	0.0024	0.0533
Zn (%)	0.0154	0.0166	0.00027	1.0733	0.0029	0.0091	0.0124	0.0159	0.1599
<b>UNIDAD 6 - ZONA PALMA</b>									
<b>Variable</b>	<b>Mean</b>	<b>StDev</b>	<b>Variance</b>	<b>CoefVar</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Median</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
Ag (%)	0.0002	0.0002	0.00000	1.3608	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0012
Pb (%)	0.0097	0.0428	0.00183	4.4311	0.0003	0.0012	0.0022	0.0061	0.6123
Zn (%)	0.0995	0.5514	0.30404	5.5417	0.0020	0.0079	0.0138	0.0311	8.3980
<b>UNIDAD 7 - ZONA PALMA</b>									
<b>Variable</b>	<b>Mean</b>	<b>StDev</b>	<b>Variance</b>	<b>CoefVar</b>	<b>Minimum</b>	<b>Q1</b>	<b>Median</b>	<b>Q3</b>	<b>Maximum</b>
Ag (%)	0.0002	0.0002	0.00000	1.1386	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0007
Pb (%)	0.0016	0.0018	0.00000	1.1040	0.0004	0.0008	0.0012	0.0017	0.0103
Zn (%)	0.0227	0.0610	0.00372	2.6837	0.0020	0.0072	0.0119	0.0163	0.5291

- Los parámetros estadísticos se calcularon para Ag, Pb, Zn, como resultado se tiene que la Unidad 2 presenta el mayor contenido mineralógico y en segundo lugar la Unidad 4, concluyéndose que la Unidad 2 es la zona

mineralizada, su litología corresponde a rocas sedimentarias, la Unidad 4 con contenido mineral también corresponde a secuencias sedimentarias. Las otras unidades con bajos contenidos de mineral corresponden a rocas subvolcánicas.

- La media de la Ag, Pb y Zn son más elevadas en la Unidad 2
- Los resultados de la desviación estándar y el coeficiente de variación indican que el Pb presenta mayor grado de dispersión. Las unidades 1 y 6 presentan mayor grado de dispersión de Ag, Pb y Zn.

**Histogramas:** A continuación se muestran los histogramas de Ag, Pb y Zn de la Unidad 2, en todos los casos son de distribución asimétrica a la izquierda, de una sola moda, la mayor dispersión lo presenta la Ag (Ver figuras 5.11, 5.12 y 5.13).

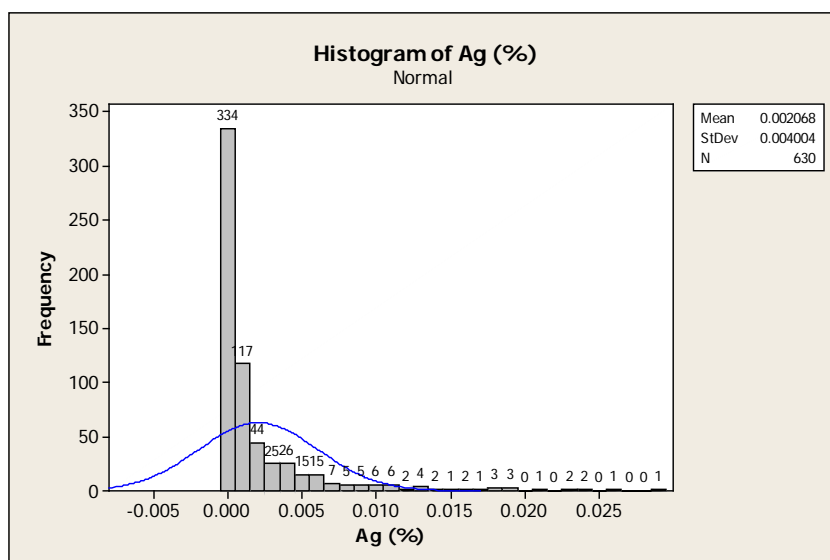


Figura 5.11: Histograma de la Ag, Unidad 2

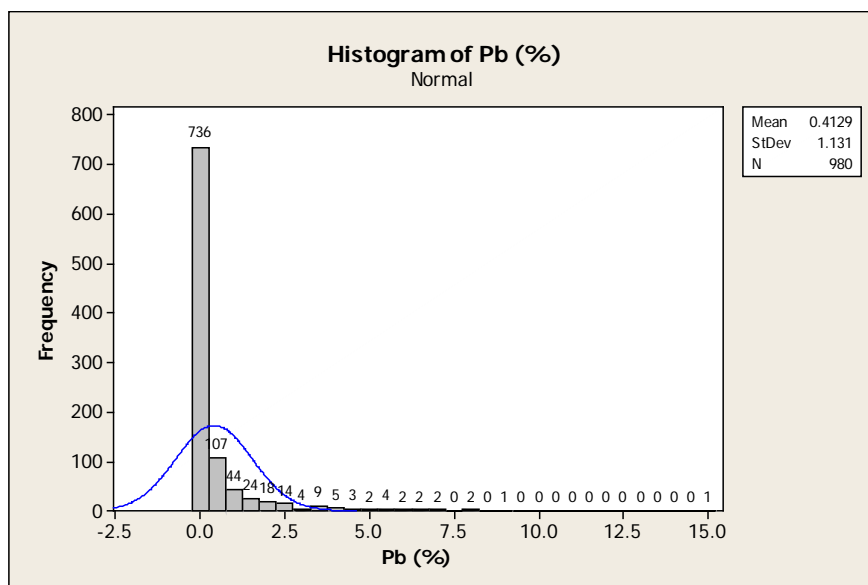


Figura 5.12: Histograma del Pb, Unidad 2

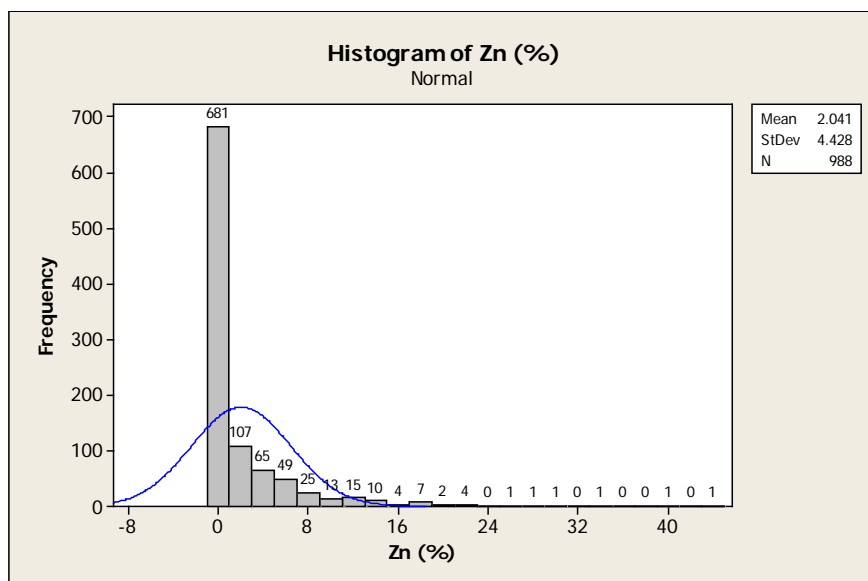


Figura 5.13: Histograma del Zn, Unidad 2

**Diagrama de cajas:** A continuación se muestra el diagrama de cajas del Pb y Zn para las Unidades 2 y 4, se observa que el Zn tiene mayor tamaño de caja que el Pb, el Zn presenta leyes más altas, la media de Zn y Pb están cercanas (Ver figuras 5.14 y 5.15).

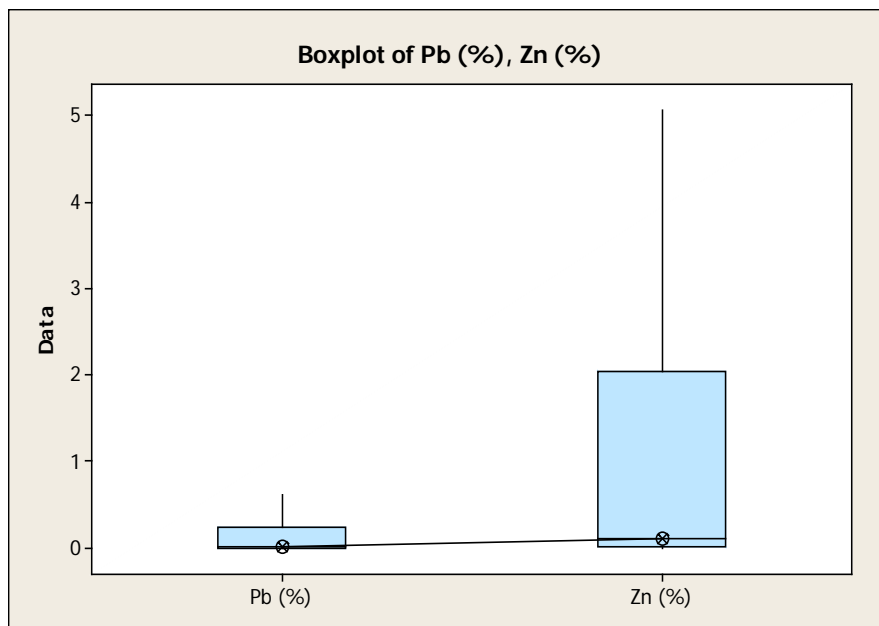


Figura 5.14: Diagrama de cajas de Pb y Zn, Unidad 2

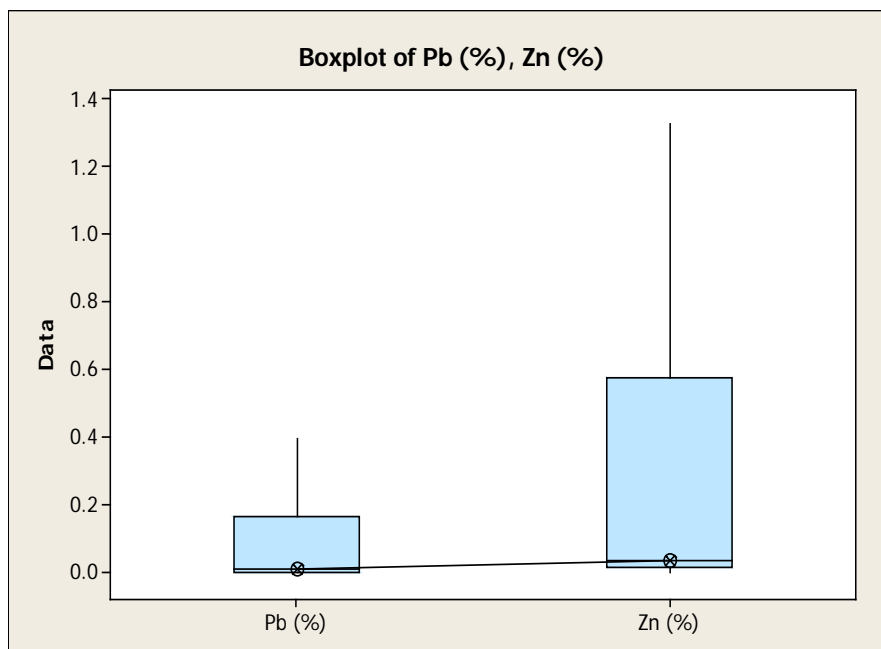


Figura 5.15: Diagrama de cajas de Pb y Zn, Unidad 4.

### 5.3 Análisis de tendencia

**Ag-Pb:** La correlación entre Ag y Pb es lineal positiva. Tiene cierta tendencia a aumentar la ley de la plata si el plomo también presenta una ley más alta, pero justo en los valores más altos de Pb las leyes de Ag son bajas. Coeficiente de correlación Ag-Pb = 0.579, correlación positiva moderada (Ver figura 5.16).

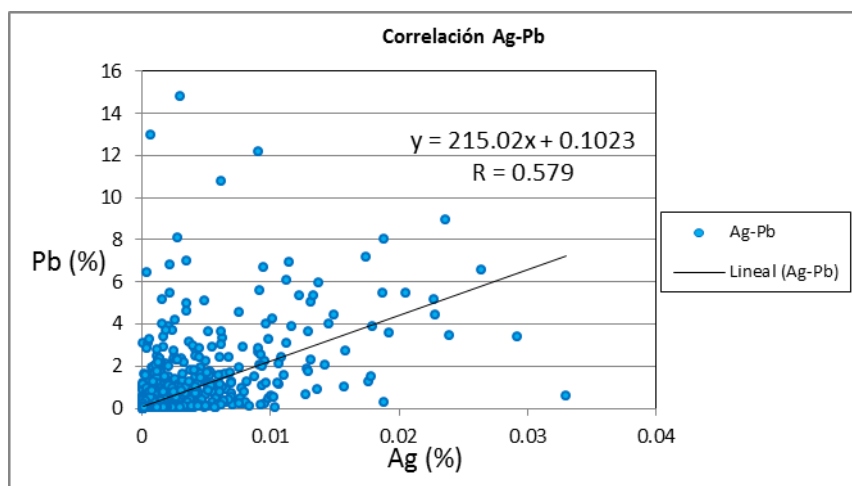


Figura 5.16: Correlación de la Ag y el Pb

**Ag-Zn:** La correlación de Ag y Zn también es lineal positiva, se observa que en las leyes más altas de Zn las leyes de Ag son bajas. Coeficiente de correlación Ag-Zn = 0.449, correlación positiva moderada (Ver figura 5.17).

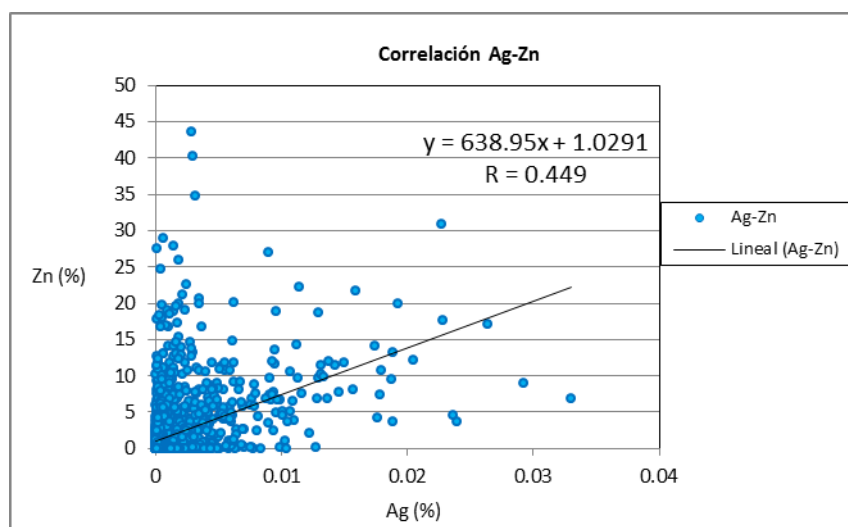


Figura 5.17: Correlación de la Ag y el Zn.



**Pb-Zn:** La correlación entre Pb y Zn es lineal positiva, se puede observar que las leyes de Pb son inferiores a las de Zn, puede encontrarse que para una ley alta de Zn hay una ley baja de Pb, no es común encontrar leyes altas de Pb acompañadas de leyes bajas de Zn, pero tiene la tendencia de aumentar la ley de Pb si la ley de Zn es mayor. Coeficiente de correlación Pb-Zn = 0.706, correlación positiva alta (Ver figura 5.18).

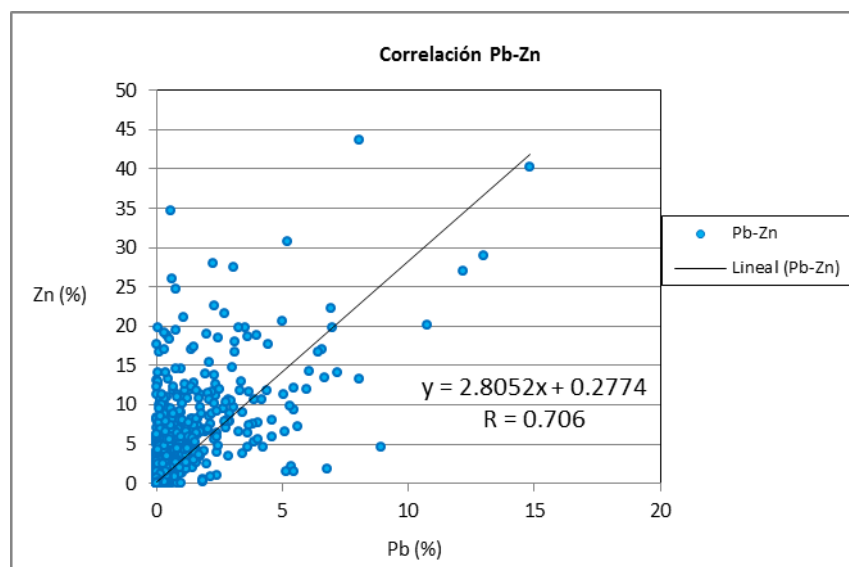


Figura 5.18: Correlación del Pb y el Zn.

## CONCLUSIONES

1. Se encontraron ciertas dificultades durante el muestreo que fueron subsanadas y se logró un muestreo aceptable reflejándose en los resultados de las muestras gemelas.
2. Más del 90% de los resultados del control de muestras gemelas tienen un error relativo menor al 30%, por lo tanto se considera dentro de lo aceptable.
3. Más del 95% de los resultados del control de duplicados gruesos tienen un error relativo menor al 20%, esto indica tratamiento aceptable de las muestras en la preparación.
4. Más del 95% de los resultados del control de duplicados finos tienen un error relativo menor al 10%, esto indica tratamiento aceptable de las muestras en el análisis.
5. Los resultados del control de estándares indican una exactitud buena demostrada por los sesgos obtenidos dentro del rango de 0 a  $\pm 5\%$ .
6. Los resultados del control de blancos gruesos y finos se encuentran por debajo del límite seguro, esto determinó que no existieron eventos de contaminación.
7. Los resultados de los datos procesados son aceptables para precisión y exactitud, no se detectó contaminación, por lo tanto los lotes revisados pueden ser aceptados y usados para propósitos de estimación de recursos.
8. Las correlaciones de los elementos son lineales y positivos, la mejor correlación es entre Pb-Zn (0.706). La Ag correlaciona mejor con Pb que con el Zn.
9. La Zona de Palma presenta mayor mineralización así como también su Unidad litológica 2.

## RECOMENDACIONES

1. Mejorar la conexión del agua para el petrotomo para un corte óptimo.
2. Mejorar las condiciones de almacenaje de testigos para evitar su degradación y a la vez su contaminación.
3. Acondicionar mesas para colocar las muestras embolsadas así evitar ponerlas en el piso.
4. Mejorar la supervisión del corte de testigo y retroalimentar al personal de corte en cuanto a los procedimientos establecidos referente a dicha tarea.
5. Revisar el estado en que llegan las muestras al laboratorio para obtener mejores resultados.
6. Terminar la validación enviando las muestras de verificación a un laboratorio externo de prestigio.
7. Capacitar a todo el personal involucrado en QA/QC.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amec Perú S.A. (2003). *Programa de aseguramiento y control de calidad de los ensayos para proyectos de perforación a un nivel de pre-factibilidad a factibilidad*. Lima, Perú.
- Canchaya, S. (2013, marzo). Introducción a la teoría del muestreo y QA/QC del muestreo secundario y análisis. Ponencia presentada en el Curso de muestreo con prácticas en campo, Lima, Perú.
- Canchaya, S. (2013, marzo). QA/QC ¿Realidad o fantasía? Ponencia presentada en el Curso de muestreo con prácticas en campo, Lima, Perú.
- Castilla, J. & Herrera, J. (2012). El proceso de exploración minera mediante sondeos. Madrid: Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Universidad Politécnica de Madrid. 94
- Cobbing, E. & Pitcher, W. (1978). Boletín Nro. 7 del INGEMMET, El Batolito Costanero en la parte Central del Perú.
- Dávila, D., Hernández, P, Fernández, C., Torres, A., Suni, R. (1997, mayo). Informe de Exploraciones – Proyecto Palma, SIMSA.
- Farrar, E., Noble, D. (1976). Timing of late Tertiary deformation in the Andes of Peru. *Geology Society of America Bulletin* 87, 1247-1250.
- Gy, Pierre, 1992, "Sampling of heterogeneous and dynamic material systems: theories of heterogeneity, sampling and homogenizing", Elsevier Science Publishers B.V. Países Bajos. ISBN 0-444-89601-5
- Injoque, J. (2000, enero). *Resumen ejecutivo Proyecto Mina Palma*, Cía de Minas Buenaventura S.A.A.

- Palacios, O; Caldas, J; Vela, CH (1992) *Geología de los cuadrángulos de Lima (25-i), Lurin (25-j), Chancay (24-i) y Chosica (24-j)*. Boletín No.43 de la Serie A: Carta Geológica Nacional. INGEMMET.
- Simón, A. (2006, mayo). Aseguramiento y control de la calidad en la exploración geológica. Ponencia presentada en II International Conference on Mining Innovation, Santiago, Chile.
- Simón, A. (2012, mayo). Aseguramiento y Control de la Calidad. Ponencia presentada en el Curso Aseguramiento y Control de la Calidad, Lima, Perú.
- Sinclair, A.J. (1999). Evaluation of errors in paired analytical data by a linear model. *Explor. Mining Geol.*, V 7, Nrs. 1-2, 167-173.
- Thompson, Michael y Richard Howarth, 1976, "Duplicate analysis in geochemical practice Part 1: Theoretical approach and estimation of analytical reproducibility", *The Analyst*, 101, 690 – 698
- Urrea, C. (1995, setiembre), *Informe técnico N°001*, Exploraciones Nacionales de Compañía minera San Ignacio de Morococha - Proyecto Palma.

## **ANEXOS**

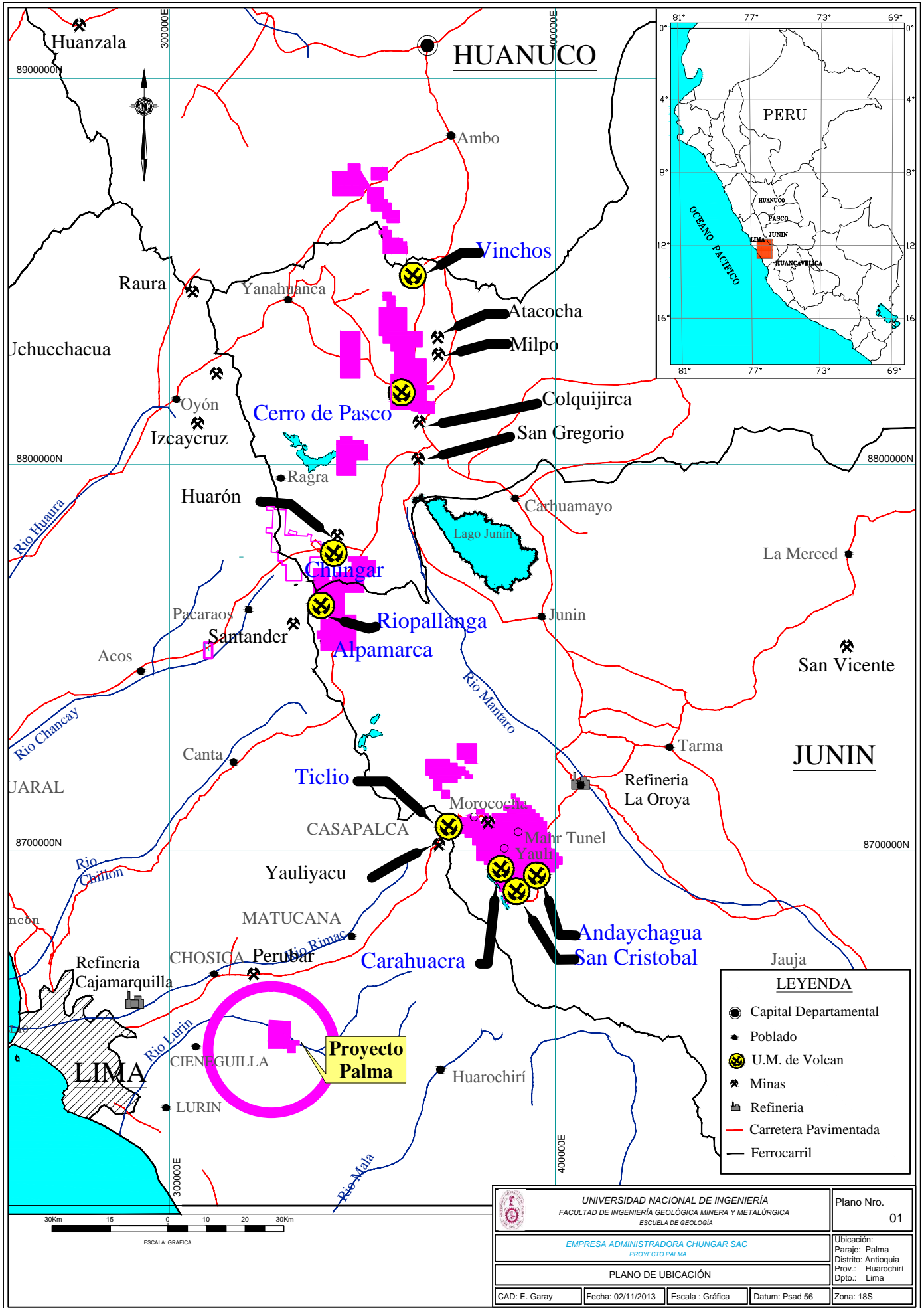
**Anexo 1: Planos y secciones**

**Anexo 2: Formatos**

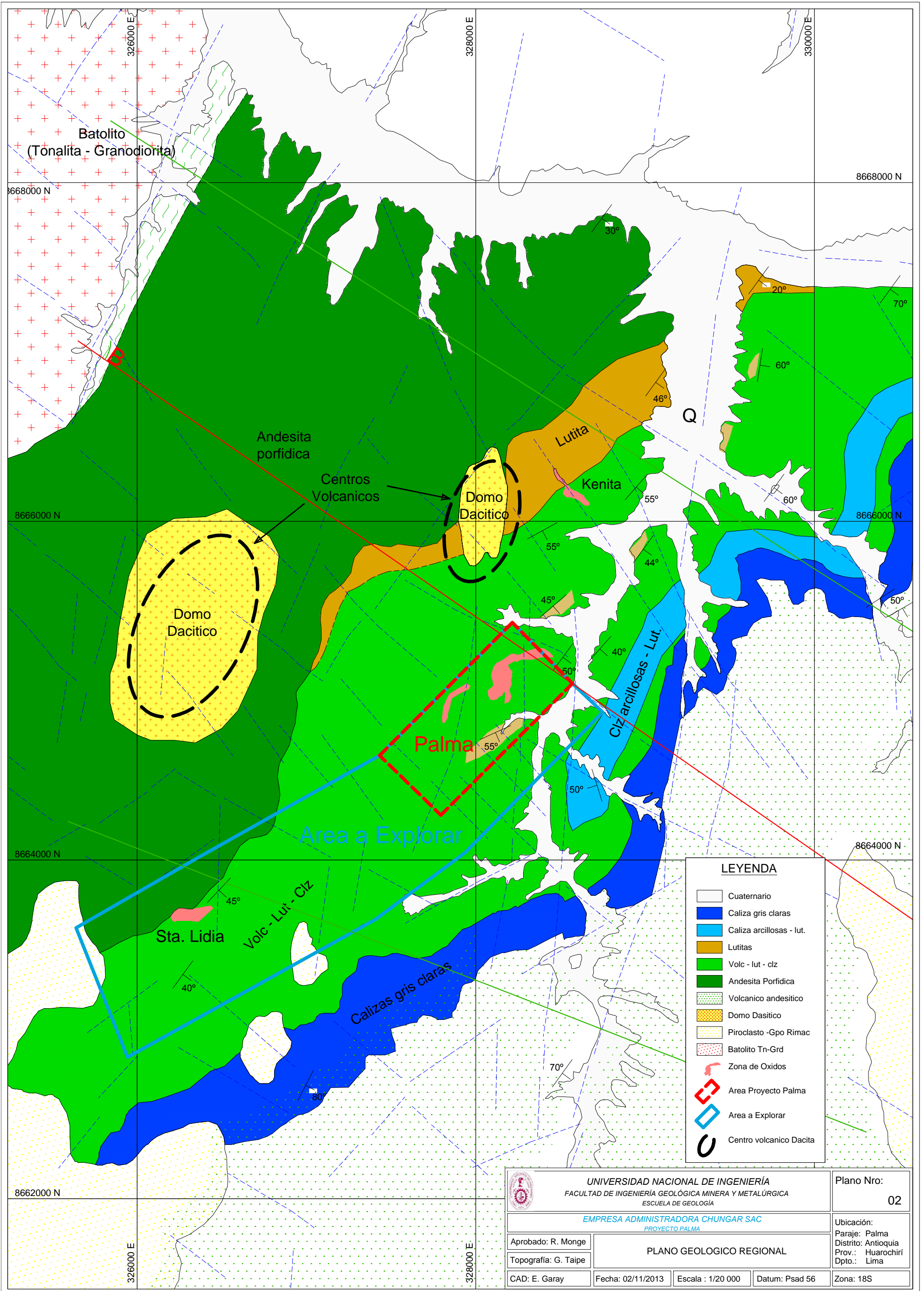
**Anexo 3: Resultados**

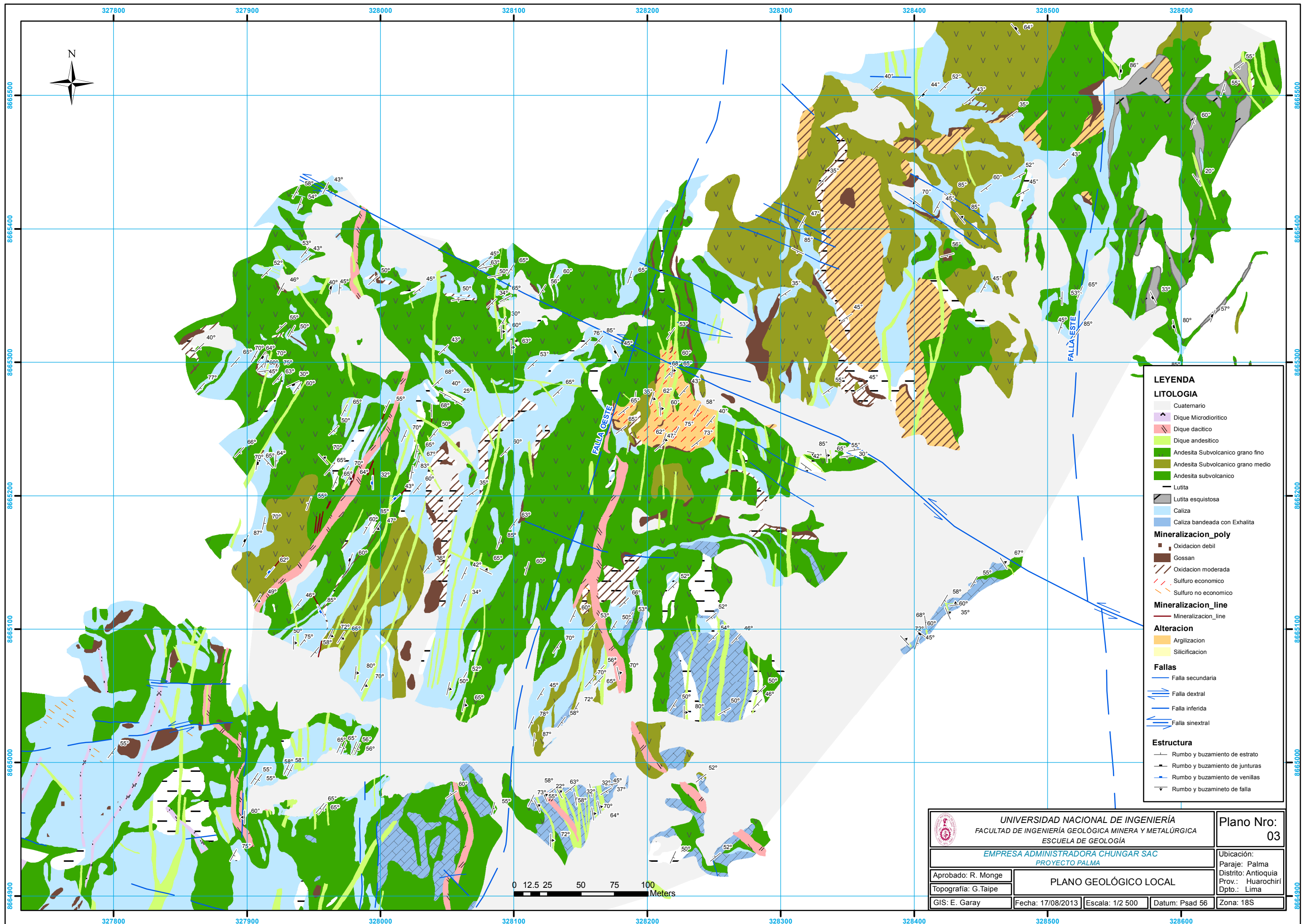
**Anexo 4: Certificados**

## **ANEXO 1**









**LEYENDA**

**LITOLOGIA**

- Cuaternario
- Dique Microdiorítico
- Dique dacítico
- Dique andesítico
- Andesita Subvolcanico grano fino
- Andesita Subvolcanico grano medio
- Andesita subvolcanico
- Lutita
- Lutita esquistosa
- Caliza
- Caliza bandeada con Exhalita

**Mineralizacion\_poly**

- Oxidacion debil
- Gossan
- Oxidacion moderada
- Sulfuro economico
- Sulfuro no economico

**Mineralizacion\_line**

- Mineralizacion\_line

**Alteracion**

- Argilizacion
- Silicificacion

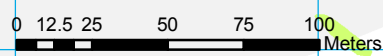
**Fallas**

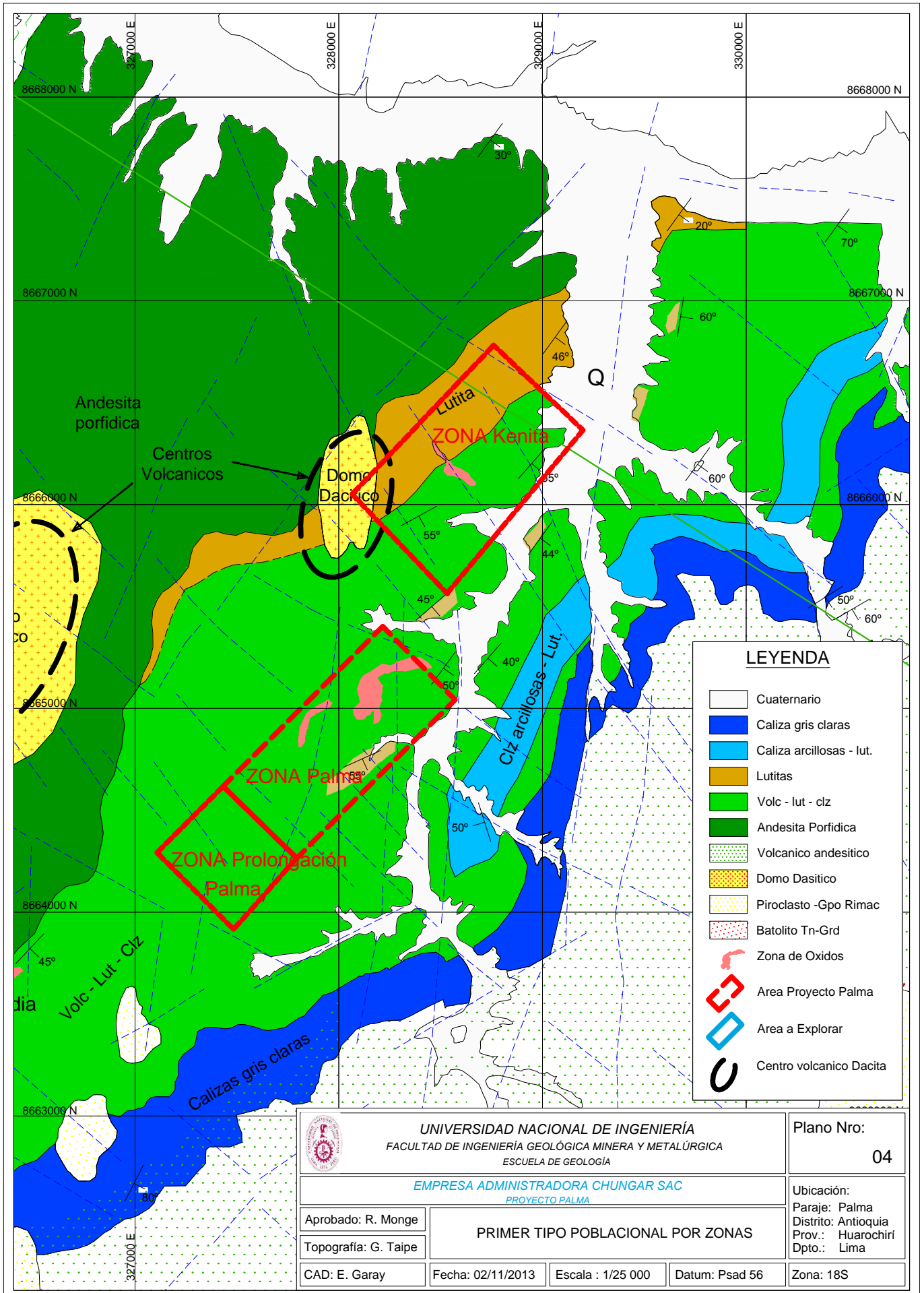
- Falla secundaria
- Falla dextral
- Falla inferida
- Falla sinextral

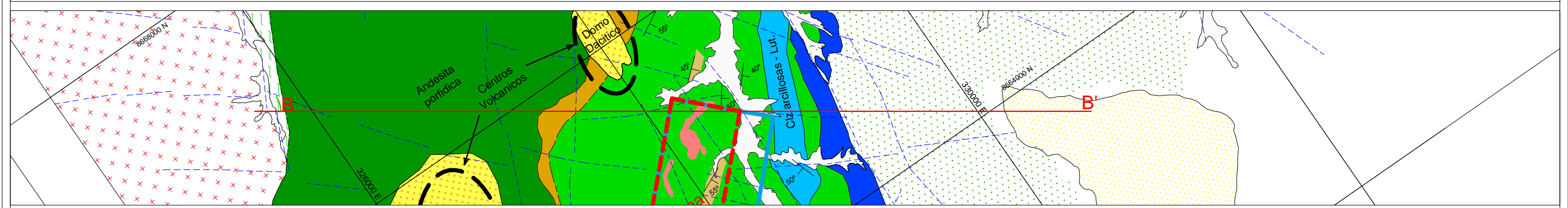
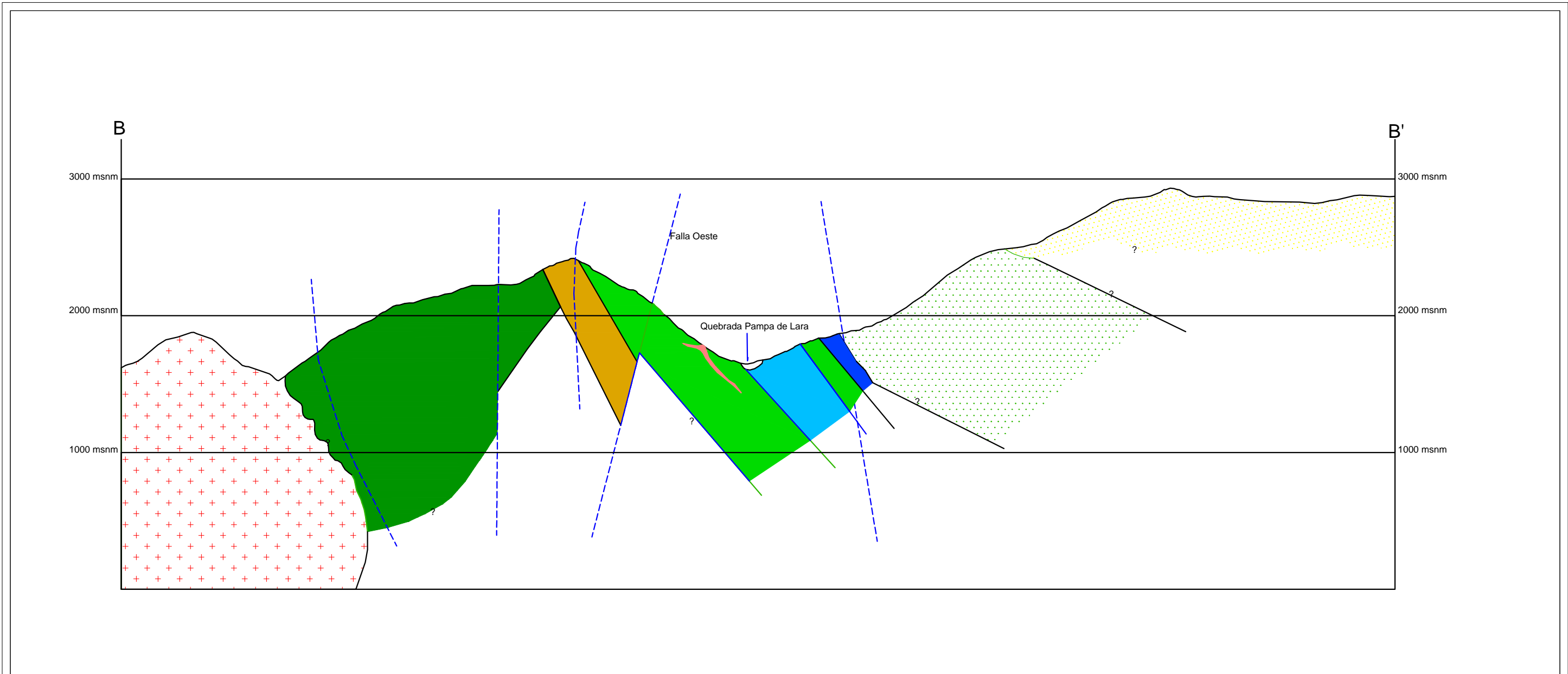
**Estructura**

- Rumbo y buzamiento de estrato
- Rumbo y buzamiento de juntas
- Rumbo y buzamiento de venillas
- Rumbo y buzamiento de falla

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA ESCUELA DE GEOLOGÍA</p>		<p>Plano Nro: 03</p>
<p>EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR SAC PROYECTO PALMA</p>		<p>Ubicación: Paraje: Palma Distrito: Antioquia Prov.: Huarochiri Dpto.: Lima</p>
<p>Aprobado: R. Monge</p>	<p><b>PLANO GEOLÓGICO LOCAL</b></p>	
<p>Topografía: G.Taipe</p>	<p>Fecha: 17/08/2013</p>	<p>Escala: 1/2 500</p>
<p>GIS: E. Garay</p>	<p>Datum: Psad 56</p>	<p>Zona: 18S</p>



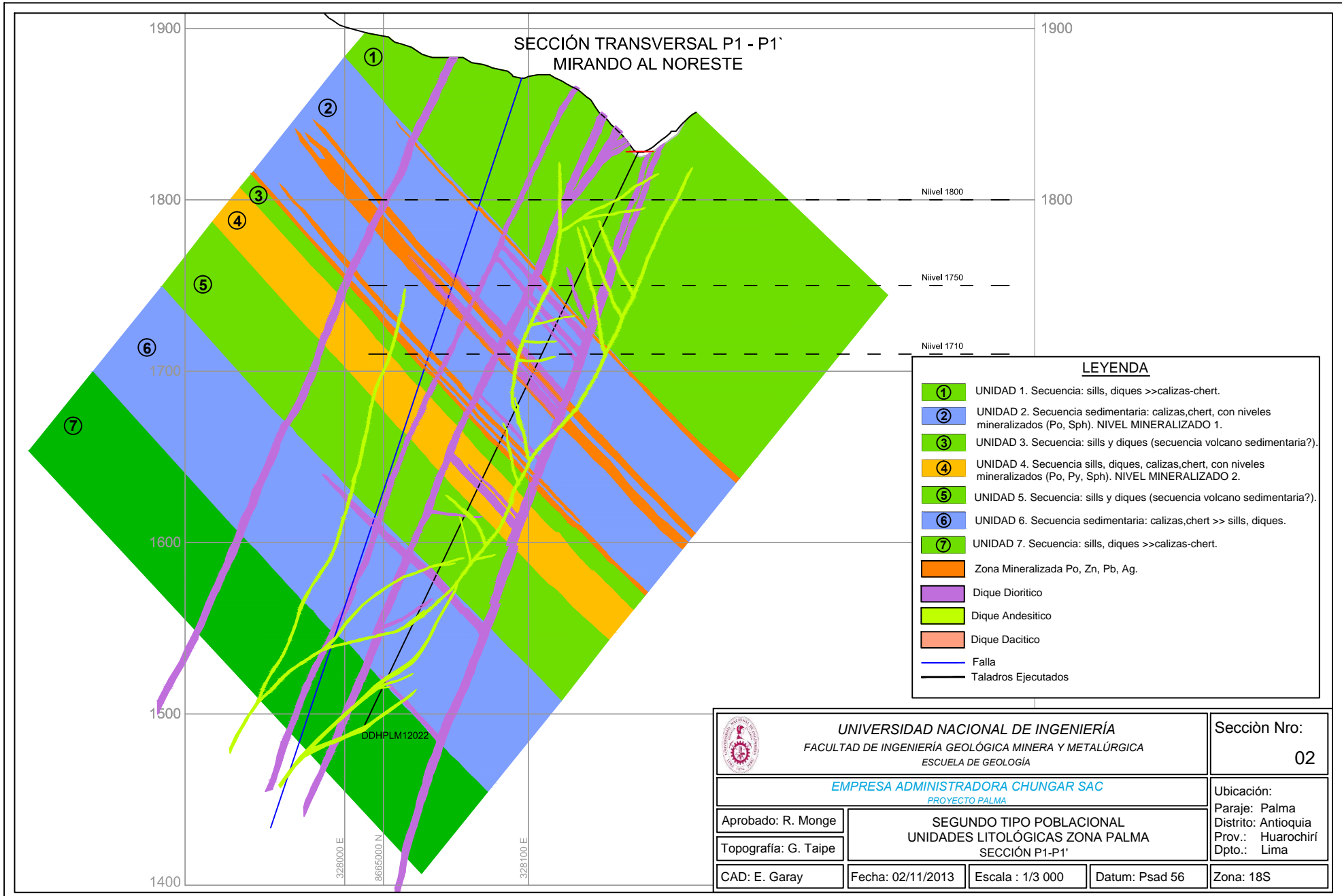




**LEYENDA**

	Cuaternario		Piroclasto -Gpo Rimac
	Caliza gris claras		Batolito Tn-Grd
	Caliza arcillosas - lut.		Zona de Oxidos
	Lutitas		Area Proyecto Palma
	Volc - lut - clz		Area a Explorar
	Andesita Porfídica		Centro volcanico Dacita
	Volcanico andesítico		
	Domo Dacítico		

<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>          FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA          ESCUELA DE GEOLOGÍA</p>		Sección Nro: <p style="text-align: center;"><b>01</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR SAC</b>          PROYECTO PALMA</p>		Ubicación: Paraje: Palma Distrito: Antioquia Prov.: Huarochirí Dpto.: Lima
Aprobado: R. Monge	SECCIÓN GEOLÓGICA TRANSVERSAL MIRANDO AL NE	
Topografía: G. Taipei	Fecha: 02/11/2013	Escala : 1/30 000
CAD: E. Garay	Datum: Psad 56	Zona: 18S



<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA ESCUELA DE GEOLOGÍA</p>	<p>Sección Nro:</p> <p style="font-size: 1.2em;"><b>02</b></p>			
<p><b>EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR SAC</b> PROYECTO PALMA</p>				
Aprobado: R. Monge	<p><b>SEGUNDO TIPO POBLACIONAL</b> <b>UNIDADES LITOLÓGICAS ZONA PALMA</b> <b>SECCIÓN P1-P1'</b></p>			
Topografía: G. Taípe	<p>Ubicación: Paraje: Palma Distrito: Antioquia Prov.: Huarochirí Dpto.: Lima</p>			
CAD: E. Garay	Fecha: 02/11/2013	Escala : 1/3 000	Datum: Psad 56	Zona: 18S

## **ANEXO 2**





**CHUNGAR**

**PLM-N° 036001**

FECHA \_\_\_\_\_

MUESTRA  
TOMADA POR \_\_\_\_\_

PROYECTO - MINA \_\_\_\_\_

NIVEL \_\_\_\_\_


CROQUIS

TIPO DE MUESTRA \_\_\_\_\_

UBICACION \_\_\_\_\_

REFERENCIA \_\_\_\_\_

ANCHO DE MUESTRA \_\_\_\_\_

ANCHO DE ESTRUCTURA \_\_\_\_\_

RUMBO \_\_\_\_\_ BUZ \_\_\_\_\_

DESCRIPCION DE MUESTRA \_\_\_\_\_

Au. Ag. Cu. Pb. Zn. Mn. Fe. W. Sb. Hg. As. Mo. Ni.

Co. Bi. Ba. Cr. \_\_\_\_\_

ENSAYE POR:

**PLM-N° 036001**

Au. Ag. Cu. Pb. Zn. Mn. Fe. W. Sb. Hg. As. Mo. Ni.

Co. Bi. Ba. Cr. \_\_\_\_\_

ENSAYE POR:

**PLM- N° 036001**

Au. Ag. Cu. Pb. Zn. Mn. Fe. W. Sb. Hg. As. Mo. Ni.

Co. Bi. Ba. Cr. \_\_\_\_\_

ENSAYE POR:

**PLM-N° 036001**

Au. Ag. Cu. Pb. Zn. Mn. Fe. W. Sb. Hg. As. Mo. Ni.

Co. Bi. Ba. Cr. \_\_\_\_\_

ENSAYE POR:

**PLM- N° 036001**

Au. Ag. Cu. Pb. Zn. Mn. Fe. W. Sb. Hg. As. Mo. Ni.

Co. Bi. Ba. Cr. \_\_\_\_\_

Modelo de tarjeta de muestreo.



## **ANEXO 3**

**MATERIAL DE REFERENCIA – BLANCO**  
**ST1200006**

**EVALUACIÓN DE LA HOMOGENEIDAD**

**PRUEBA: h DE MANDEL**

Esta prueba nos indica qué resultados específicos son marcadamente diferentes a los otros. Se utiliza la medición llamada estadística *h* de Mandel.

Se analizaron 125 muestras por digestión multiácida y lectura por ICP-OES (Espectrofotómetro de Emisión de plasma acoplado inductivamente). Y para Au, ensayo al fuego con 30g de muestra y finalización por AAS.

Los resultados se muestran en siguiente cuadro:

RESULTADOS DE HOMOGENEIDAD	ST1200006	REPRODUCIBILIDAD R	LÍMITES DE REPORTE ESTIMADOS		LD MÉTODO ICP40B
			MÍNIMO	MÁXIMO	
Ag(ppm)	0.3	0.3	<0.2	0.6	0.2
Al(%)	0.12	0.03	0.09	0.15	0.01
As(ppm)	4	3	<3.0	7	3
Ba(ppm)	17	6	11	23	1
Be(ppm)	<0.5	0.5	<0.5	1.0	0.5
Bi(ppm)	<5	5	<5	10	5
Ca(%)	0.03	0.01	0.02	0.04	0.01
Cd(ppm)	<1	1	<1	2	1
Co(ppm)	1	1	<1	2	1
Cr(ppm)	1	1	<1	2	1
Cu(ppm)	1.6	1.4	<0.5	3.0	0.5
Fe(%)	0.05	0.01	0.04	0.06	0.01
Ga(ppm)	<10	10	<10	20	10
K(%)	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01
La(ppm)	1.9	0.3	1.6	2.2	0.5
Li (ppm)	4	1	3	5	1
Mg(%)	0.01	0.01	<0.01	0.02	0.01
Mn(ppm)	7	3	4	10	2
Mo(ppm)	1	1	<1	2	1
Na(%)	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01
Nb(ppm)	1	1	<1	2	1
Ni(ppm)	1	1	<1	2	1
P(%)	<0.01	0.01	<0.01	0.02	0.01
Pb(ppm)	8	7	<2	15	2
S(%)	<0.01	0.01	<0.01	0.02	0.01
Sb(ppm)	<5	5	<5	10	5
Sc(ppm)	<0.5	0.5	<0.5	1.0	0.5
Sn(ppm)	<10	10	<10	20	10
Sr(ppm)	6.4	0.8	5.6	7.2	0.5
Ti(%)	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01
Tl(ppm)	2	2	<2	4	2
V (ppm)	<2	2	<2	4	2
W(ppm)	<10	10	<10	20	10
Y (ppm)	1.1	0.3	0.8	1.4	0.5
Zn(ppm)	3.3	3.1	<0.5	6.4	0.5
Zr(ppm)	13.7	6.2	7.5	19.9	0.5
Au(ppb)	<5	5	<5	10	5

**CONCLUSIÓN DE LA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD:**

“No se encontró evidencias de NO homogeneidad en las pruebas realizadas para la orden ST1200006, analizada por digestión multiácida, lectura por absorción atómica y por ensayo al fuego (30g de muestra y finalización por AAS)”.

**MATERIAL DE REFERENCIA – BLANCO**  
**ST1200007**

**EVALUACIÓN DE LA HOMOGENEIDAD**

**PRUEBA: h DE MANDEL**

Esta prueba nos indica qué resultados específicos son marcadamente diferentes a los otros. Se utiliza la medición llamada estadística *h* de Mandel.

Se analizaron 80 muestras por digestión multiácida y lectura por ICP-OES (Espectrofotómetro de Emisión de plasma acoplado inductivamente). Y para Au, ensayo al fuego con 30g de muestra y finalización por AAS.

Los resultados se muestran en siguiente cuadro:

RESULTADOS DE HOMOGENEIDAD	ST1200007	REPRODUCIBILIDAD R	LÍMITES DE REPORTE ESTIMADOS		LD MÉTODO ICP40B
			MÍNIMO	MÁXIMO	
Ag(ppm)	0.3	0.3	<0.2	0.6	0.2
Al(%)	0.15	0.08	0.07	0.23	0.01
As(ppm)	12	11	<3	23	3
Ba(ppm)	22	11	11	33	1
Be(ppm)	<0.5	0.5	<0.5	1.0	0.5
Bi(ppm)	<5	5	<5	10	5
Ca(%)	0.02	0.02	<0.01	0.04	0.01
Cd(ppm)	1	1	<1	2	1
Co(ppm)	2	1	1	3	1
Cr(ppm)	657	132	525	789	1
Cu(ppm)	19.7	11.2	8.5	30.9	0.5
Fe(%)	0.62	0.14	0.48	0.76	0.01
Ga(ppm)	<10	10	<10	20	10
K(%)	0.03	0.03	<0.03	0.06	0.01
La(ppm)	0.6	0.3	0.3	0.9	0.5
Li (ppm)	2	1	1	3	1
Mg(%)	0.01	0.01	<0.01	0.02	0.01
Mn(ppm)	58	14	44	72	2
Mo(ppm)	4	3	1	7	1
Na(%)	0.03	0.03	<0.01	0.06	0.01
Nb(ppm)	6	3	3	9	1
Ni(ppm)	21	3	18	24	1
P(%)	23	17	6	40	0
Pb(ppm)	7	6	<2	13	2
S(%)	0.01	0.01	<0.01	0.02	0.01
Sb(ppm)	7	3	<5	10	5
Sc(ppm)	<0.5	0.5	<0.5	1.0	0.5
Sn(ppm)	<10	10	<10	20	10
Sr(ppm)	2.5	2.0	0.5	4.5	0.5
Ti(%)	0.01	0.01	<0.01	0.02	0.01
Tl(ppm)	2	2	<2	4	2
V (ppm)	2	2	<2	4	2
W(ppm)	<10	10	<10	20	10
Y (ppm)	<0.5	0.5	<0.5	1.0	0.5
Zn(ppm)	5.6	4.2	1.4	9.8	0.5
Zr(ppm)	0.5	0.5	<0.5	1.0	0.5
Au(ppb)	<5	5	<5	10	5

**CONCLUSIÓN DE LA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD:**

“No se encontró evidencias de NO homogeneidad en las pruebas realizadas para la orden ST1200006, analizada por digestión multiácida, lectura por absorción atómica y por ensayo al fuego (30g de muestra y finalización por AAS)”.



ORE RESEARCH & EXPLORATION PTY LTD

6 – 8 Gatwick Road, Bayswater North, Vic 3153 AUSTRALIA  
Telephone: 61-3-9729 0333 Facsimile: 61-3-9729 4777

CERTIFICATE OF ANALYSIS FOR

**OREAS 131a**

**Zn-Pb-Ag REFERENCE MATERIAL**

SUMMARY STATISTICS

Constituent	Recommended Values			
	Fusion	4 Acid	Aqua Regia	Leco
Silver, Ag (ppm)	30.2	30.9	29.5	-
Aluminium oxide, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt.%)	8.79	8.75	1.85	-
Arsenic, As (ppm)	91	82	82	-
Barium, Ba (ppm)	851	728	111	-
Calcium oxide, CaO (wt.%)	7.81	7.57	7.36	-
Cadmium, Cd (ppm)	80	81	81	-
Cobalt, Co (ppm)	25	23	21.9	-
Copper, Cu (ppm)	324	322	329	-
Iron, Fe (wt.%)	5.90	5.88	5.64	-
Magnesium oxide, MgO (wt.%)	5.39	5.17	4.91	-
Lead, Pb (wt.%)	1.74	1.72	1.71	-
Sulphur, S (wt.%)	4.82	4.80	4.73	4.66
Antimony, Sb (ppm)	49	47	41	-
Silica dioxide, SiO <sub>2</sub> (wt.%)	44.6	-	-	-
Zinc, Zn (wt.%)	2.84	2.83	2.79	-

Prepared by:  
*Ore Research & Exploration Pty Ltd*  
*April 2008*

REPORT 08/596A\_Revised



ORE RESEARCH & EXPLORATION PTY LTD

6 – 8 Gatwick Road, Bayswater North, Vic 3153 AUSTRALIA

Telephone: 61-3-9729 0333 Facsimile: 61-3-9729 4777

CERTIFICATE OF ANALYSIS FOR

**OREAS 132b**

**Zn-Pb-Ag REFERENCE MATERIAL**

SUMMARY STATISTICS

Constituent	Recommended Values			
	Fusion	4 Acid	Aqua Regia	Leco
Silver, Ag (ppm)	61	60.7	60.3	-
Aluminium oxide, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt.%)	7.47	7.64	1.76	-
Arsenic, As (ppm)	155	149	146	-
Barium, Ba (ppm)	890	594	118	-
Calcium oxide, CaO (wt.%)	7.21	6.90	6.83	-
Cadmium, Cd (ppm)	174	165	163	-
Cobalt, Co (ppm)	43	44.1	42.1	-
Copper, Cu (ppm)	467	477	488	-
Iron, Fe (wt.%)	7.81	7.71	7.65	-
Magnesium oxide, MgO (wt.%)	4.80	4.75	4.50	-
Lead, Pb (wt.%)	3.88	3.86	3.86	-
Sulphur, S (wt.%)	8.02	8.34	8.19	8.23
Antimony, Sb (ppm)	51	52.5	40.7	-
Silica dioxide, SiO <sub>2</sub> (wt.%)	38.11	-	-	-
Zinc, Zn (wt.%)	5.19	5.25	5.13	-

Prepared by:

*Ore Research & Exploration Pty Ltd*

*April 2008*

REPORT 08/596D\_Revised



ORE RESEARCH & EXPLORATION PTY LTD

6 – 8 Gatwick Road, Bayswater North, Vic 3153 AUSTRALIA

Telephone: 61-3-9729 0333 Facsimile: 61-3-9729 4777

CERTIFICATE OF ANALYSIS FOR

**OREAS 132b**

**Zn-Pb-Ag REFERENCE MATERIAL**

SUMMARY STATISTICS

Constituent	Recommended Values			
	Fusion	4 Acid	Aqua Regia	Leco
Silver, Ag (ppm)	61	60.7	60.3	-
Aluminium oxide, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt.%)	7.47	7.64	1.76	-
Arsenic, As (ppm)	155	149	146	-
Barium, Ba (ppm)	890	594	118	-
Calcium oxide, CaO (wt.%)	7.21	6.90	6.83	-
Cadmium, Cd (ppm)	174	165	163	-
Cobalt, Co (ppm)	43	44.1	42.1	-
Copper, Cu (ppm)	467	477	488	-
Iron, Fe (wt.%)	7.81	7.71	7.65	-
Magnesium oxide, MgO (wt.%)	4.80	4.75	4.50	-
Lead, Pb (wt.%)	3.88	3.86	3.86	-
Sulphur, S (wt.%)	8.02	8.34	8.19	8.23
Antimony, Sb (ppm)	51	52.5	40.7	-
Silica dioxide, SiO <sub>2</sub> (wt.%)	38.11	-	-	-
Zinc, Zn (wt.%)	5.19	5.25	5.13	-

Prepared by:

*Ore Research & Exploration Pty Ltd*

*April 2008*

REPORT 08/596D\_Revised



## Sample Preparation Package

### PREP-31

### Standard Sample Preparation: Dry, Crush, Split and Pulverize

Sample preparation is the most critical step in the entire laboratory operation. The purpose of preparation is to produce a homogeneous analytical sub-sample that is fully representative of the material submitted to the laboratory.

The sample is logged in the tracking system, weighed, dried and finely crushed to better than 70 % passing a 2 mm (Tyler 9 mesh, US Std. No.10) screen. A split of up to 250 g is taken and pulverized to better than 85 % passing a 75 micron (Tyler 200 mesh, US Std. No. 200) screen. This method is appropriate for rock chip or drill samples.

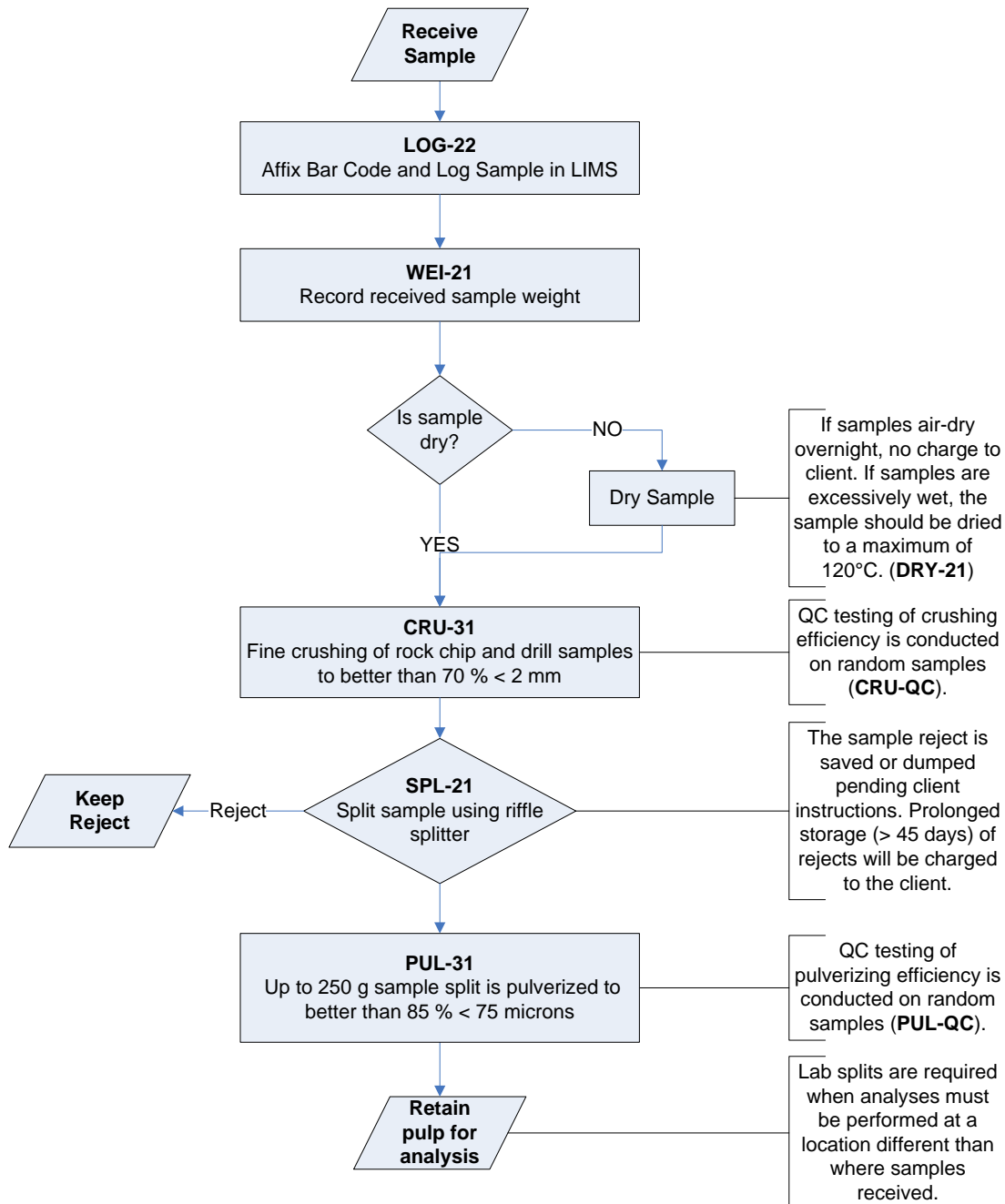
Method Code	Description
LOG-22	Sample is logged in tracking system and a bar code label is attached.
CRU-31	Fine crushing of rock chip and drill samples to better than 70 % of the sample passing 2 mm.
SPL-21	Split sample using riffle splitter.
PUL-31	A sample split of up to 250 g is pulverized to better than 85 % of the sample passing 75 microns.

Revision 03.03  
March 29, 2012



## Sample Preparation Package

### Flow Chart - Sample Preparation Package - PREP-31 Standard Sample Preparation: Dry, Crush, Split and Pulverize



Revision 03.03  
March 29, 2012

RIGHT SOLUTIONS RIGHT PARTNER

www.alsglobal.com



## **ANEXO 4**



ME-ICP61

Trace Level Methods Using

Geochemical Procedures

Conventional ICP-AES Analysis

Sample Decomposition:

HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>-HF-HCl digestion, HCl Leach (GEO-4ACID)

Analytical Method:

Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy (ICP - AES)

A prepared sample (0.25 g) is digested with perchloric, nitric, hydrofluoric and hydrochloric acids. The residue is topped up with dilute hydrochloric acid and the resulting solution is analyzed by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Results are corrected for spectral interelement interferences.

**NOTE:** Four acid digestions are able to dissolve most minerals; however, although the term “near-total” is used, depending on the sample matrix, not all elements are quantitatively extracted.

Element	Symbol	Units	Lower Limit	Upper Limit	Default Overlimit Method
Silver	Ag	ppm	0.5	100	Ag-OG62
Aluminum	Al	%	0.01	50	
Arsenic	As	ppm	5	10000	
Barium	Ba	ppm	10	10000	
Beryllium	Be	ppm	0.5	1000	
Bismuth	Bi	ppm	2	10000	
Calcium	Ca	%	0.01	50	
Cadmium	Cd	ppm	0.5	500	
Cobalt	Co	ppm	1	10000	Co-OG62
Chromium	Cr	ppm	1	10000	



## Geochemical Proced

Element	Symbol	Units	Lower Limit	Upper Limit	Default Overlimit Method
Copper	Cu	ppm	1	10000	Cu-OG62
Iron	Fe	%	0.01	50	
Gallium	Ga	ppm	10	10000	
Potassium	K	%	0.01	10	
Lanthanum	La	ppm	10	10000	
Magnesium	Mg	%	0.01	50	
Manganese	Mn	ppm	5	100000	
Molybdenum	Mo	ppm	1	10000	Mo-OG62
Sodium	Na	%	0.01	10	
Nickel	Ni	ppm	1	10000	Ni-OG62
Phosphorus	P	ppm	10	10000	
Lead	Pb	ppm	2	10000	Pb-OG62
Sulphur	S	%	0.01	10	
Antimony	Sb	ppm	5	10000	
Scandium	Sc	ppm	1	10000	
Strontium	Sr	ppm	1	10000	
Thorium	Th	ppm	20	10000	
Titanium	Ti	%	0.01	10	
Thallium	Tl	ppm	10	10000	
Uranium	U	ppm	10	10000	
Vanadium	V	ppm	1	10000	
Tungsten	W	ppm	10	10000	
Zinc	Zn	ppm	2	10000	Zn-OG62



Elements listed below are available upon request



## Geochemical Procedures

Element	Symbol	Units	Lower Limit	Upper Limit	Default Overlimit Method
Lithium	Li	ppm	10	10000	
Niobium	Nb	ppm	5	2000	
Rubidium	Rb	ppm	10	10000	
Selenium	Se	ppm	10	1000	
Tin	Sn	ppm	10	10000	
Tantalum	Ta	ppm	10	10000	
Tellurium	Te	ppm	10	10000	
Yttrium	Y	ppm	10	10000	
Zirconium	Zr	ppm	5	500	



## Evaluation of Ores and High Grade Materials

Assay Procedure

### Sample

### Decomposition:

HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>-HF-HCl digestion (ASY-4ACID)

### Analytical Method:

Atomic absorption spectrometry (AAS)

A prepared sample (0.4) g is digested with nitric, perchloric, and hydrofluoric acids, and then evaporated to dryness. Hydrochloric acid is added for further digestion, and the sample is again taken to dryness. The residue is dissolved in nitric and hydrochloric acids and transferred to a volumetric flask (100 or 250) mL. Sample is then treated with AlCl<sub>3</sub> solution (for Molybdenum analysis only). The resulting solution is diluted to volume with de-mineralized water, mixed and then analyzed by atomic absorption spectrometry against matrix-matched standards.

Element	Symbol	Units	Lower Limit	Upper Limit	Default Over Limit Method
Silver	Ag	ppm	1	1000	Ag-GRA21
Arsenic	As	%	0.01	30	
Cadmium	Cd	%	0.0001	10	
Cobalt	Co	%	0.001	30	
Copper	Cu	%	0.001	50	
Iron	Fe	%	0.01	100	
Manganese*	Mn	%	0.01	50	
Molybdenum	Mo	%	0.001	10	
Nickel	Ni	%	0.001	50	
Lead	Pb	%	0.001	30	
Antimony	Sb	%	0.01	20	
Strontium	Sr	%	0.01	20	
Vanadium	V	%	0.01	30	
Zinc	Zn	%	0.001	30	

\* Elements generally reported as oxide.