

APLICACIÓN DE QAQC EN EL PROCESO GEOLÓGICO CONDUCENTE A LA ESTIMACIÓN DE RECURSOS

Johnny Bonilla C.

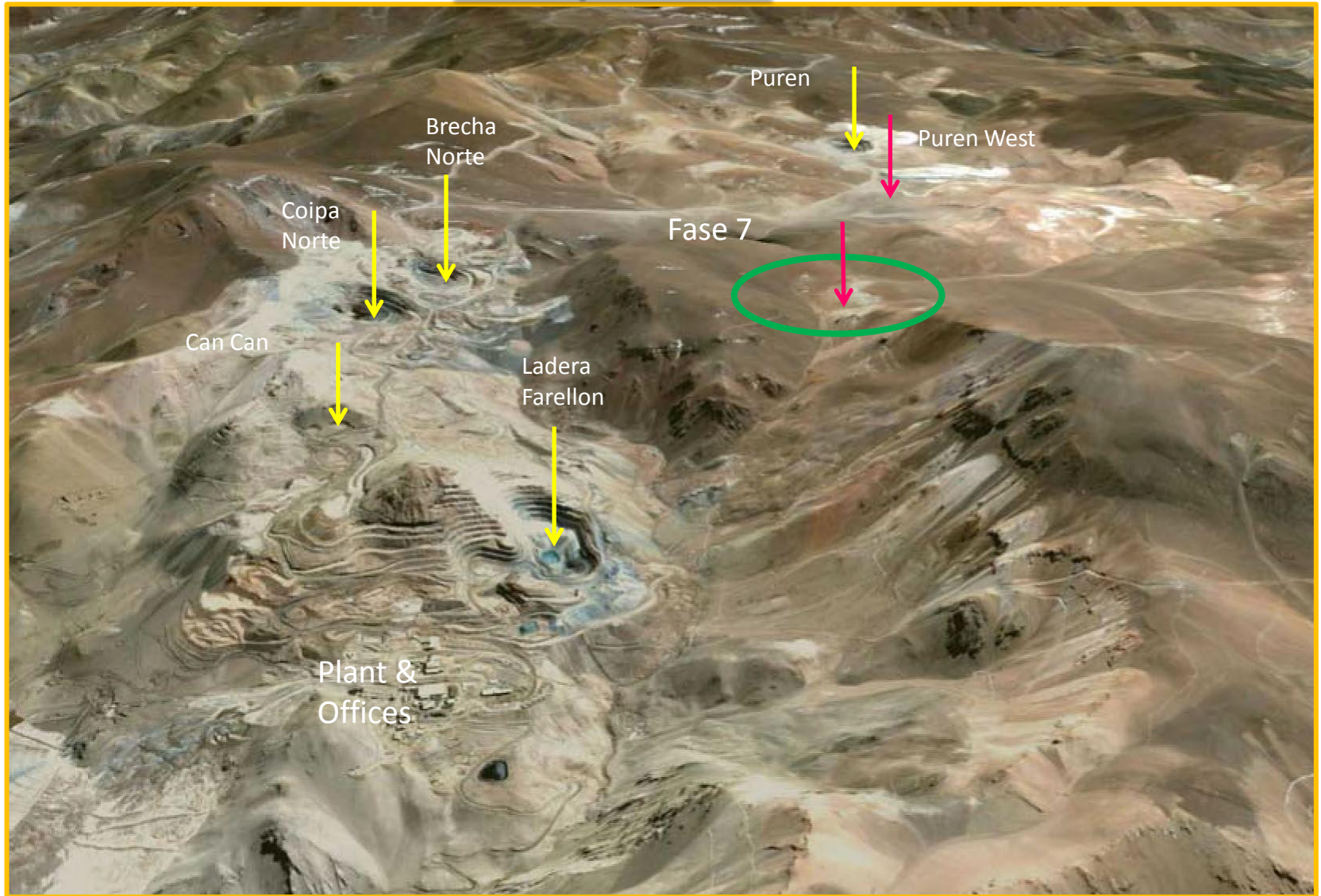
Gerente Geología Kinross

Samuel Collipal.

Geólogo Senior Exploraciones Kinross

Abril de 2013

La Coipa Fase 7



APLICACIÓN DE QAQC EN TODO EL PROCESO DE DESARROLLO PARA ESTIMACION DE RECURSOS



8. Estimación de Recursos

7. Modelamiento

6. Base de Datos

5. QAQC Leyes

4. QAQC Laboratorio (Físico)

3. QAQC Geología

2. QAQC Muestreo

1. QAQC Perforación

CALIDAD v/s RIESGO



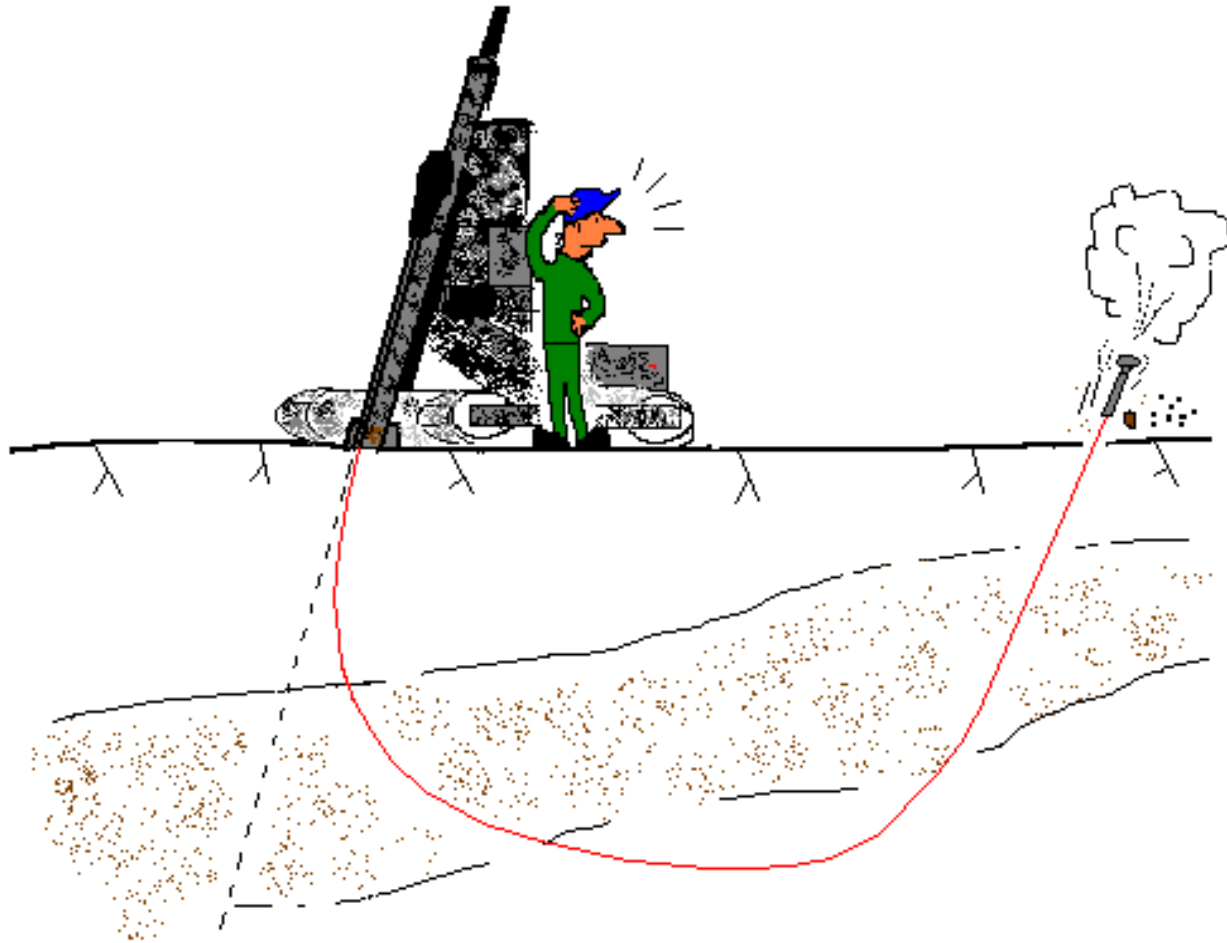
QA – QC PERFORACION



Control de Calidad en Perforación

Etapas	Actividad	Control de Calidad
Programa Perforación (recomendaciones)	• Validación Recomendaciones • Construir Plataformas	• Validar objetivo: ➤ Categorizar Continuidad geológica ➤ Reconocer blanco exploración
Replanteo Físico terreno	• Planteo de recomendaciones en terreno • Trazado de Rumbo con geodesia	• Uso de Instrumentos topográficos • Calibración de instrumentos • Capacitación de personal
Instalación de equipo	• Medición de Rumbo e inclinación de sonda con topografía	• Instalación por operador • Chequeo y validación con equipo topográfico externo
Perforación	• Perforación RC • Perforación DDH	• Control de parámetros de diseño ➤ Recuperación de muestra ➤ Survey

Criterio Primordial: Toda Perforación se Desvía



Control del Programa de Perforación

Validación de recomendación



Compañía Minera Mantos de Oro
Gerencia de Exploración y Desarrollo
Campaña de Sondajes

**Emisión de Certificado de
Recomendación por geólogo
que propone recomendación**

CERTIFICADO RECOMENDACION N°151

Diseñada por Fernando Salinas
Proyecto Pompeya
Programa Infill
Sector La Coipa
Región Atacama
Sist.de Coordinadas UTM
Datum PSAD-56 19S
Unidad E, N en metros; m.s.n.m
Graduación Sexagesimal

SONDAJE

DPMP-078

RECOMENDACIÓN

R-0688

Coordenadas Topográficas

RECOMENDACIÓN

ESTE:	476128.869	m
NORTE:	7035991.153	m
ELEVACIÓN:	4226.616	m.s.n.m
AZIMUT:	110	°
INCLINACIÓN:	-75	°
LONGITUD:	400	m

Comentarios ajuste de recomendación:

Metros Perforados:

Tipo Pozo:	D
Tricono Inicial (Sin Recuperación):	44 m
Fondo RC:	m
Fondo DDH:	382.2 m
Estado pozo:	usar

Firma
Fernando Salinas
Geólogo Especialista
Kinross

La Coipa, 23 de junio de 2012

Control Topográfico



- Levantamiento programa sondajes
- Postura de Equipos
- Levantamiento sondajes perforados
- Levantamiento accesos y caminos.
- Levantamiento Puntos Geológicos.
- Levantamiento Superficial



Control Topográfico

- Emisión de Certificado Topográfico

Emisión de Certificado
Topográfico por empresa
contratista con datos extraídos
directamente desde su base de
datos (vía formulario)



La Coipa

Compañía Minera Mantos de Oro
Gerencia de Exploración y Desarrollo
Campaña de Sondajes



CERTIFICADO TOPOGRAFICO N°20
COLLAR, AZIMUTH y DIP DE SONDAJE

<table border="0"> <tr><td>Solicitado por:</td><td>Marcos Lopez</td></tr> <tr><td>Fecha Solicitud:</td><td>7 de marzo de 2012</td></tr> <tr><td>Levantado por:</td><td>Claudio Sepúlveda</td></tr> <tr><td>Fecha Levantamiento:</td><td>15 de marzo de 2012</td></tr> <tr><td>Proyecto:</td><td>Pompeya</td></tr> <tr><td>Programa:</td><td>infili</td></tr> <tr><td>Sector:</td><td>La Coipa</td></tr> <tr><td>Región:</td><td>Atacama</td></tr> <tr><td>Sistema de Coordenadas:</td><td>UTM</td></tr> <tr><td>Datum:</td><td>PSAD-56 196</td></tr> <tr><td>Unidad:</td><td>E, N en metros; m.s.e.m</td></tr> <tr><td>Graduación:</td><td>Sexagesimal</td></tr> <tr><td>Puntos de Amarre:</td><td>Aux-6, Aux-7, Aux-8</td></tr> </table>	Solicitado por:	Marcos Lopez	Fecha Solicitud:	7 de marzo de 2012	Levantado por:	Claudio Sepúlveda	Fecha Levantamiento:	15 de marzo de 2012	Proyecto:	Pompeya	Programa:	infili	Sector:	La Coipa	Región:	Atacama	Sistema de Coordenadas:	UTM	Datum:	PSAD-56 196	Unidad:	E, N en metros; m.s.e.m	Graduación:	Sexagesimal	Puntos de Amarre:	Aux-6, Aux-7, Aux-8	SONDAJE DPMP-002 RECOMENDACIÓN R-0343
Solicitado por:	Marcos Lopez																										
Fecha Solicitud:	7 de marzo de 2012																										
Levantado por:	Claudio Sepúlveda																										
Fecha Levantamiento:	15 de marzo de 2012																										
Proyecto:	Pompeya																										
Programa:	infili																										
Sector:	La Coipa																										
Región:	Atacama																										
Sistema de Coordenadas:	UTM																										
Datum:	PSAD-56 196																										
Unidad:	E, N en metros; m.s.e.m																										
Graduación:	Sexagesimal																										
Puntos de Amarre:	Aux-6, Aux-7, Aux-8																										

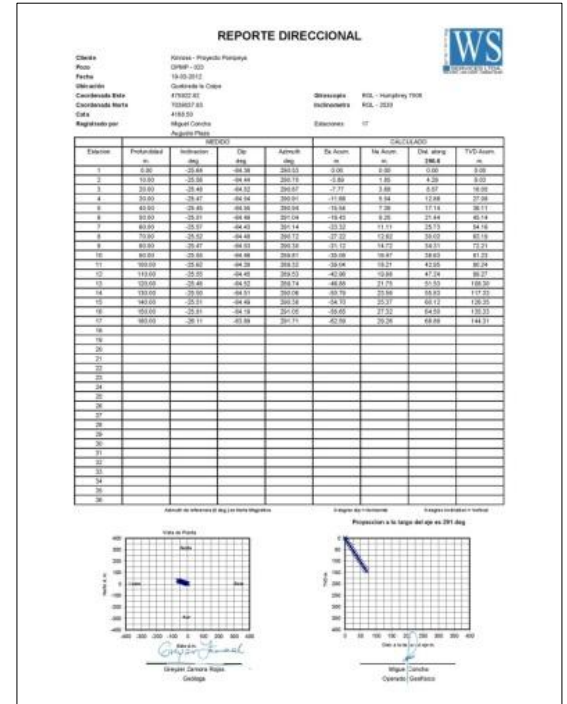
COORDENADAS				CALIDAD DATOS
	RECOMENDACIÓN		REAL	
ESTE:	476225 60909 999997	m	476224 2519 999998	Calidad del collar: collar geodesico
NORTE:	7035622 9400 000004	m	7035624 042 999999	
ELEVACIÓN:	4271 4850909 999999	m	4269 145000 0000004	Calidad del azimuth: postura gps Calidad del Dip: nivel trípode
AZIMUT:	290	°	290	
INCLINACIÓN:	-65	°	-65	
LONGITUD:	400	m	376 6000000 0000002	

Medición topográfica:	si, azimuth	anterior a la perforación
	no	durante la perforación
	si, collar	posterior a la perforación
	Instrumento:	gps magellan 500



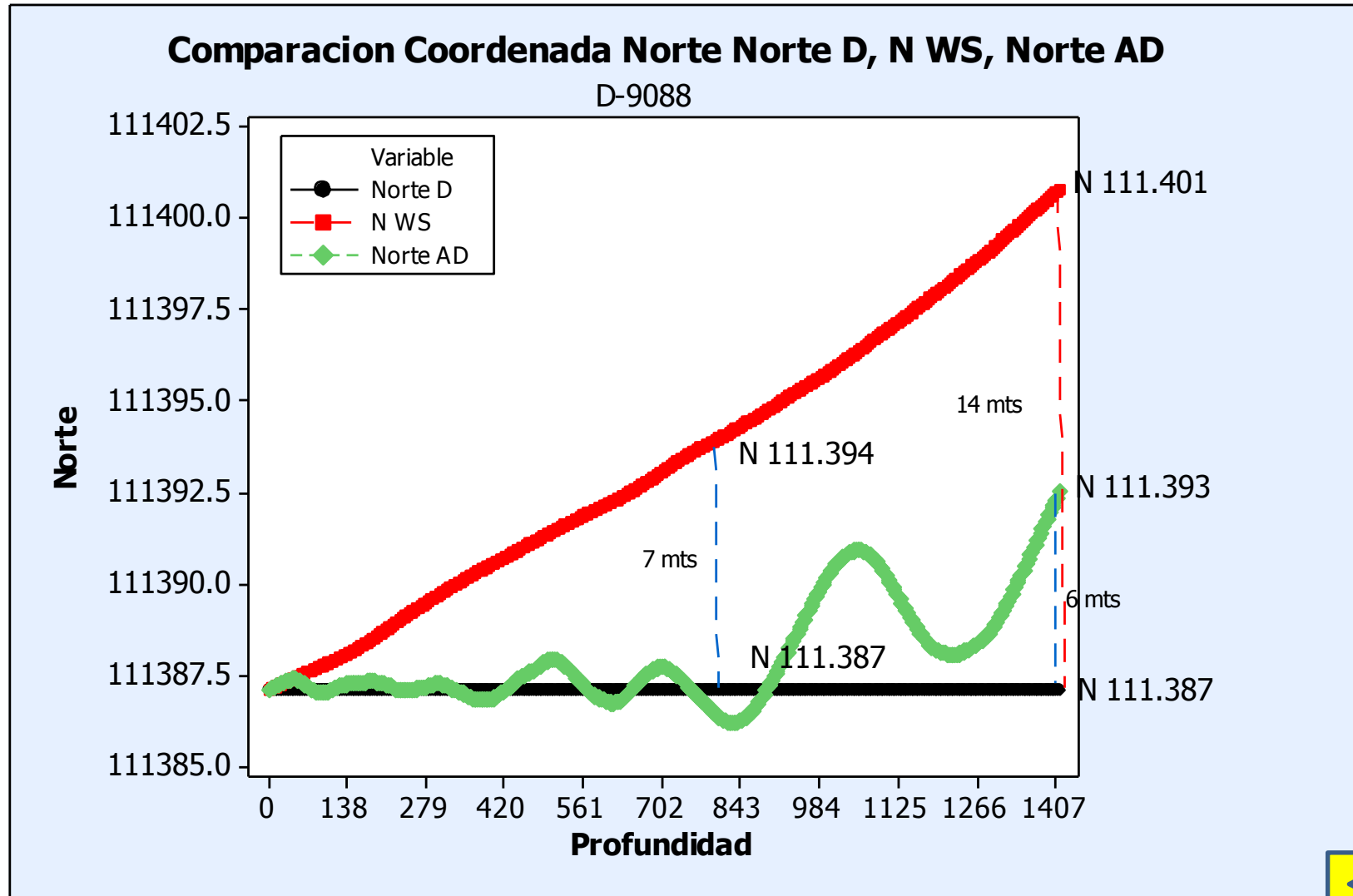
Firma
Amaldeo Tiff Pascoal
Ingeniero Geomensor
TIF
Copiapó, 22 de marzo de 2012

- [illegible]



QA- QC Sondaje Profundo

Doble medición

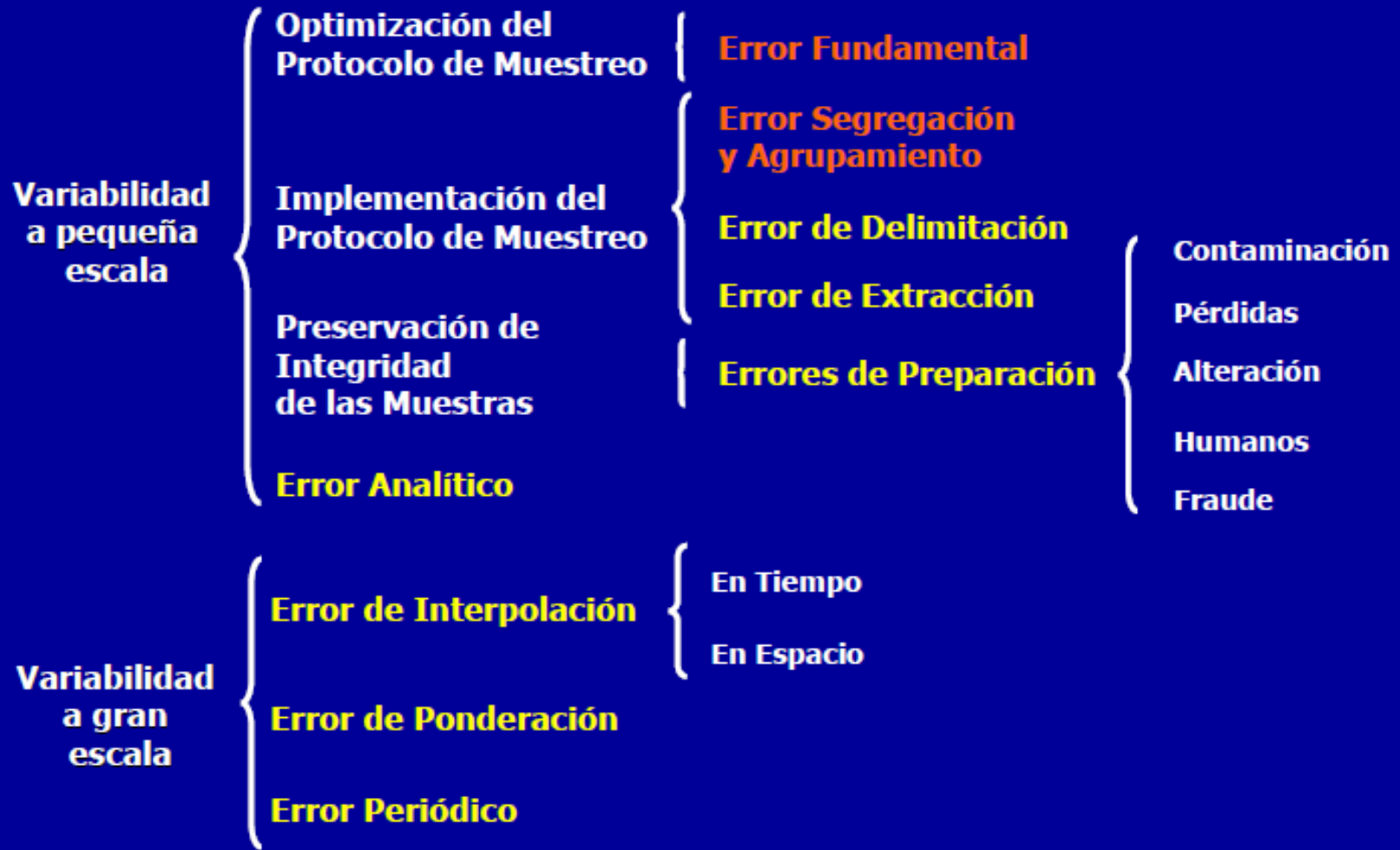


QA – QC MUESTREO



QA/QC para Asegurar controlar «Errores de Muestreo»

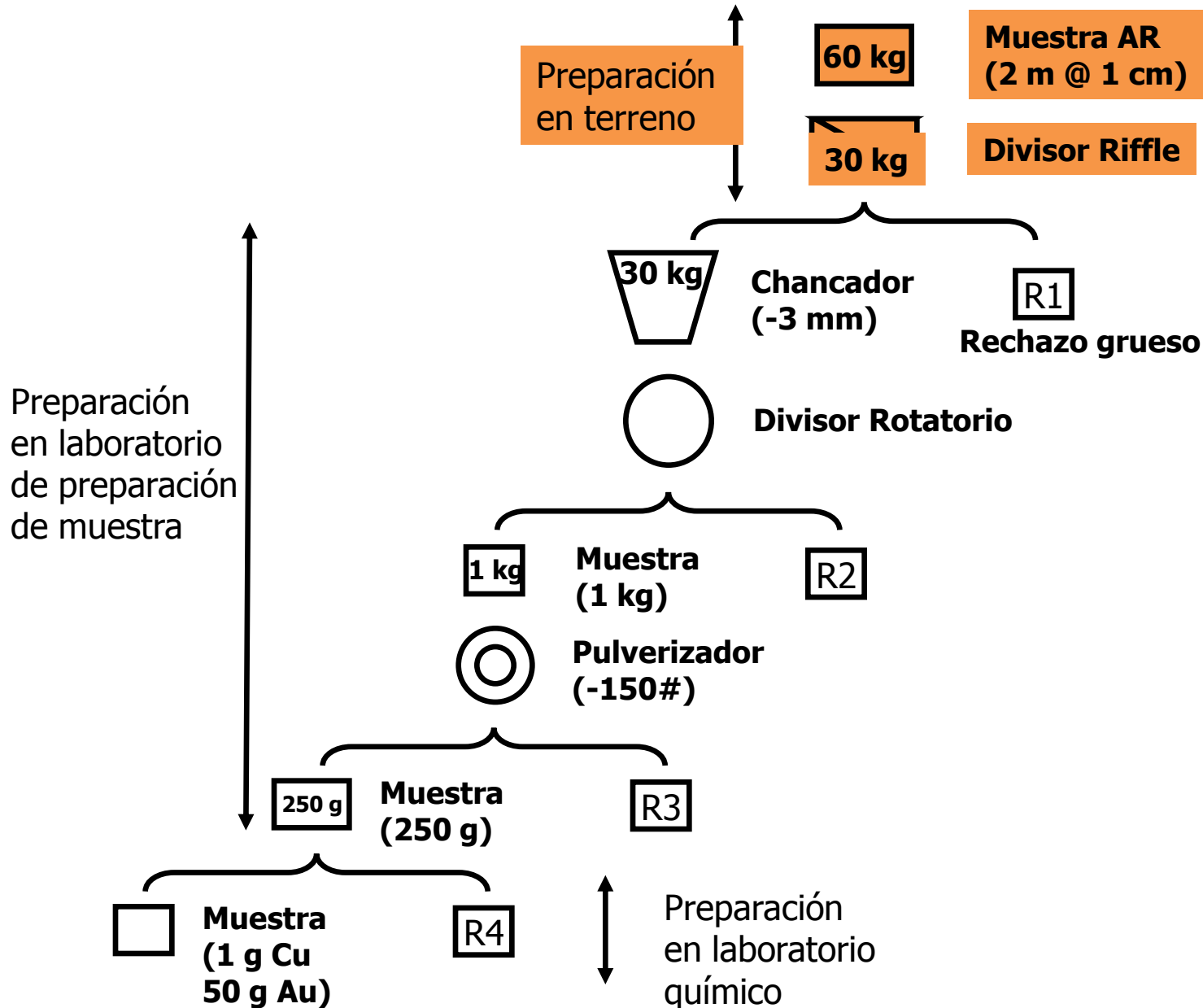
Resumen de errores de muestreo



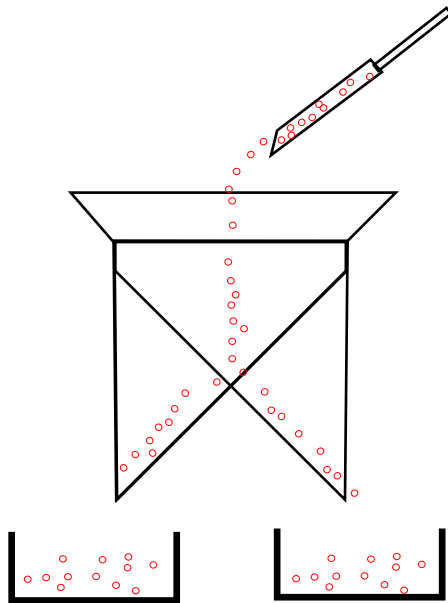
Control de Calidad Muestreo en Perforación

Etapas	Actividad	Control de Calidad
Perforacion RC DDH	• Control de recuperación	• Control de pesos • Control de largo de tacos • Calibración de instrumentos • Pesos patrones • Registros Base de datos
Toma de Muestras RC	• Aplicación de protocolo de cuarteo/divisiones	• Control de pesos muestras A Y B • Establecer limites de control LS LI • Chequeo de divisor – riffle (N° de aberturas-tamaño de abertura) • Método de distribución de muestra en riffle

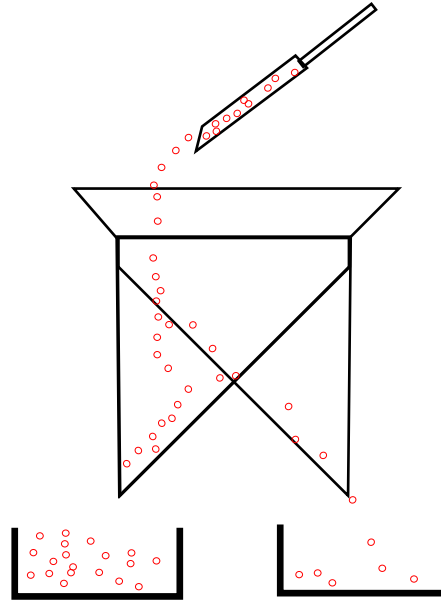
Protocolo de muestreo RC Terreno



Método de distribución de muestra en cuarteador



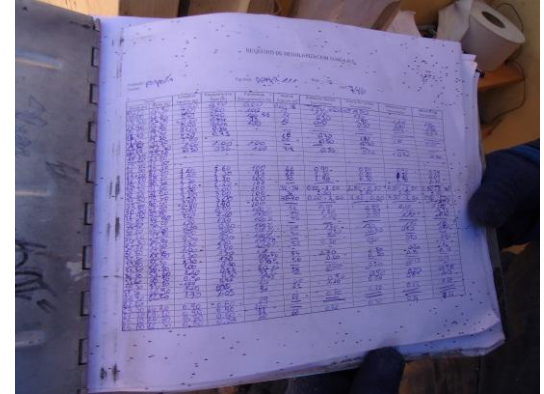
Correcto



Incorrecto



Medición de Recuperación



Mala
Recuperación



Buena
Recuperación



QA – QC GEOLOGIA



QA/QC DE GEOLOGIA

Etapas

Actividad

Control de Calidad

Mapeo Geotécnico

(Levantamiento de Registros de..)

FF

Chequeo Aplicación de Procedimiento de **Mapeo** Geotécnico
Chequeo Aplicación Procedimiento **Calidad** Mapeo Geotécnico

- Validaciones Cruzadas (Bancos, Superficie)

RQD

- Levantamiento por terceros

- **Discusión de Levantamiento por Equipo**

- Aplicación del levantamiento Validado por Equipo al Modelo Estr y Geot

PLT

- Gestión de mapeo en el modelo

Generación de Reporte

Mapeo Geológico

(Levantamiento de Registros de..)

Litología

Chequeo Aplicación de Procedimiento de **Mapeo** (Litología, Alteración, Zonas Minerales, Estructuras)

Alteración

Chequeo Procedimiento **Calidad** (Litología, Alteración, Zonas Minerales, Estructuras)

- Validaciones en Terreno junto a equipo

Zona Mineral

- Validaciones Cruzadas (Bancos, Superficie, PT) Levantamiento por terceros

- **Discusión de Levantamiento por Equipo**

- Aplicación del levantamiento Validado por Equipo al Modelo

Estructuras

- Gestión de mapeo en el modelo

Generación de Reporte

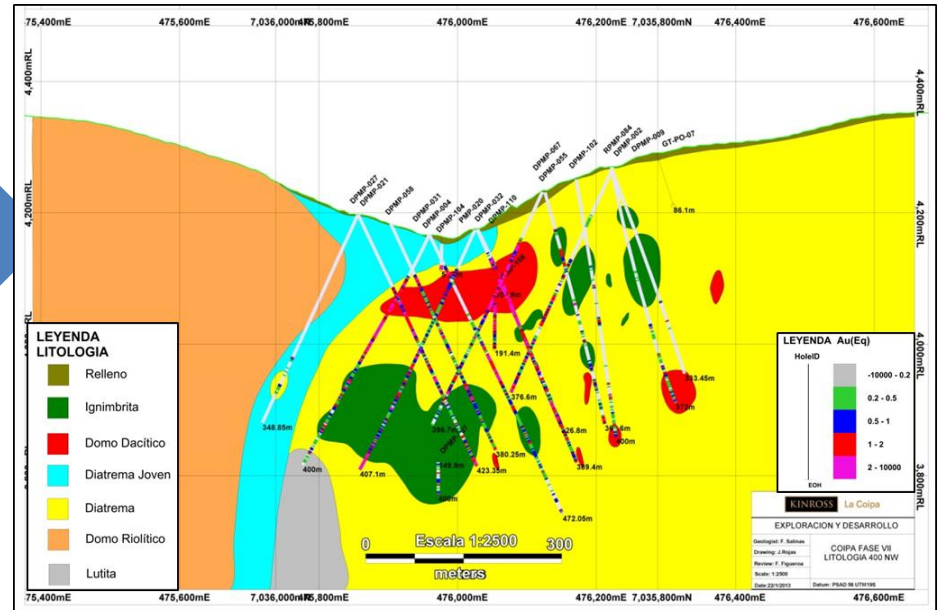
Modelo Geológico

Modelo Geológico

Litología

Alteracion

Mineralizacion



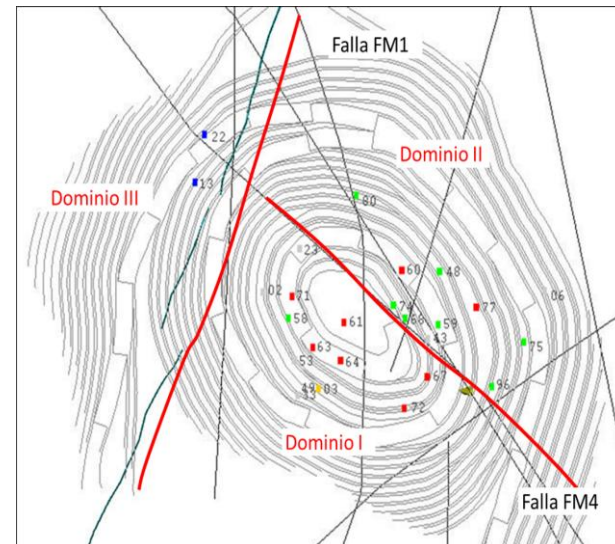
Modelo Estructural

Estructuras Mayores-Fabrica Estructural

Mapeo de Bancos (Shape Matrix 3D)

Mapeo subterraneo

Sondajes (Televiewer, orientados)



QA – QC LABORATORIO (FÍSICO)



QA/QC Laboratorio (Control): Asegurar Representatividad de la muestra & Precisión de las Leyes

Etapas	Actividad	Control de Calidad
Protocolos Preparación (producción de submuestras analíticamente homogéneas)	• Chancado Muestras	• Duplicados de Terreno ($\leq 30\%$ Error) • Blancos Gruesos ($\leq 3 - 5$ veces L.D.) • Chequeo Granulométrico
Protocolos Preparación (producción de submuestras analíticamente homogéneas)	• Pulverización Muestras	• Duplicados Gruesos ($\leq 20\%$ Error) • Chequeo Granulométrico
Protocolos Análisis	• Inserción Controles Internos	• Estándar • Duplicados

QAQC Laboratorio (Físico)

Requisitos para materializar la operación de muestreo

1. Caracterizar la Heterogenidad del Lote



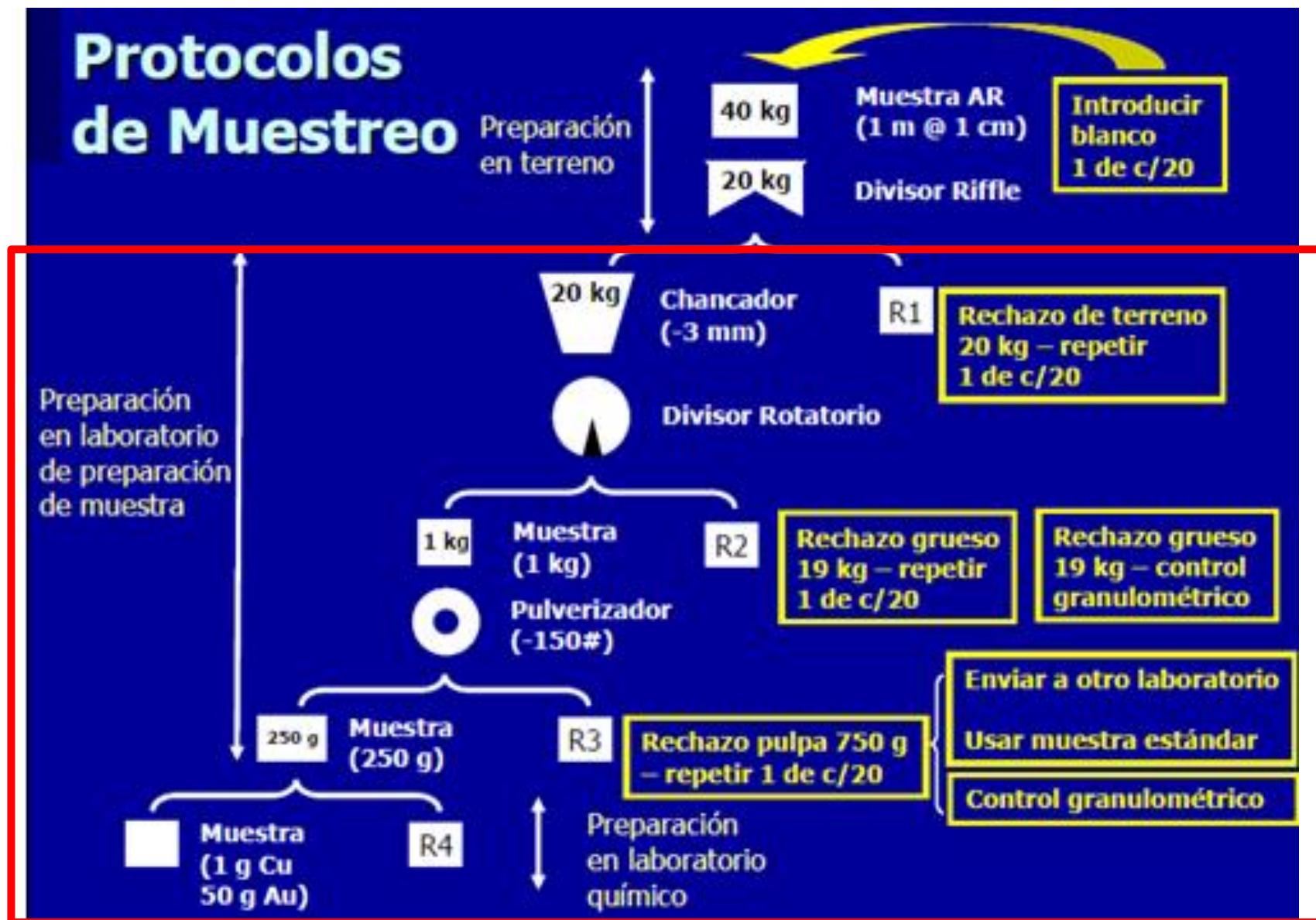
**Test de Heterogeneidad
(determinar la constante de muestreo)**

1. Optimizar el Protocolo de Muestreo



**Diseño de Preparacion de Muestras
(nomogramas)**

Estrategia de QAQC Laboratorio (Físico)



QAQC Laboratorio (Físico)

Chancador Primario



Divisor Rotatorio



Pulverizador



QA – QC LEYES

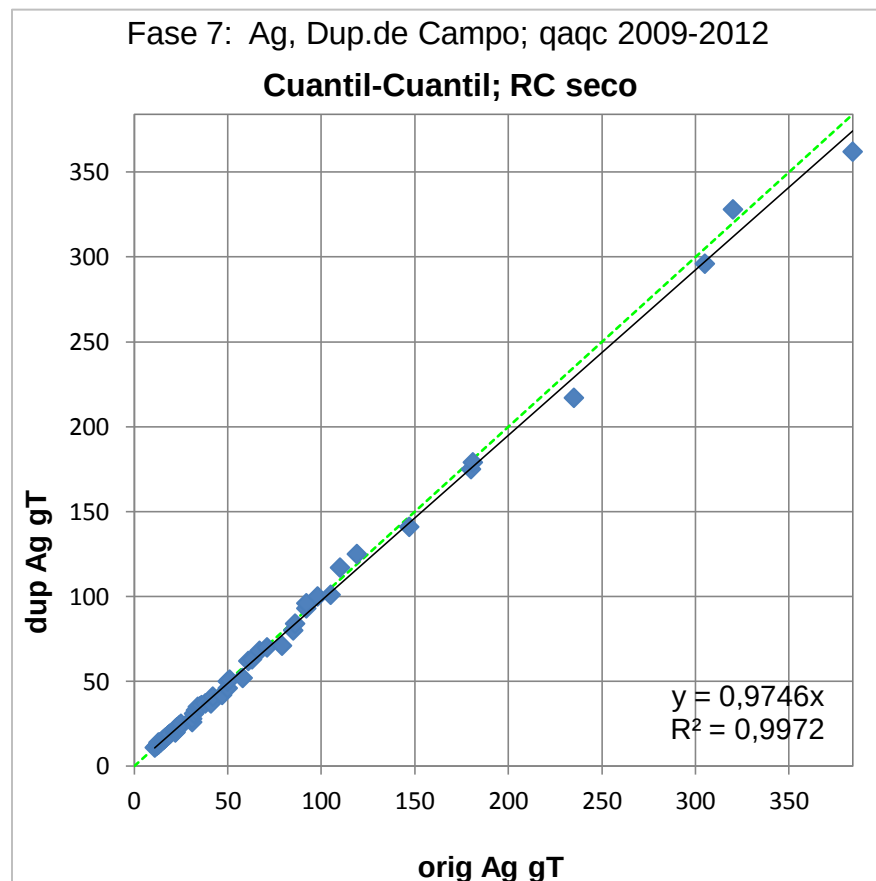
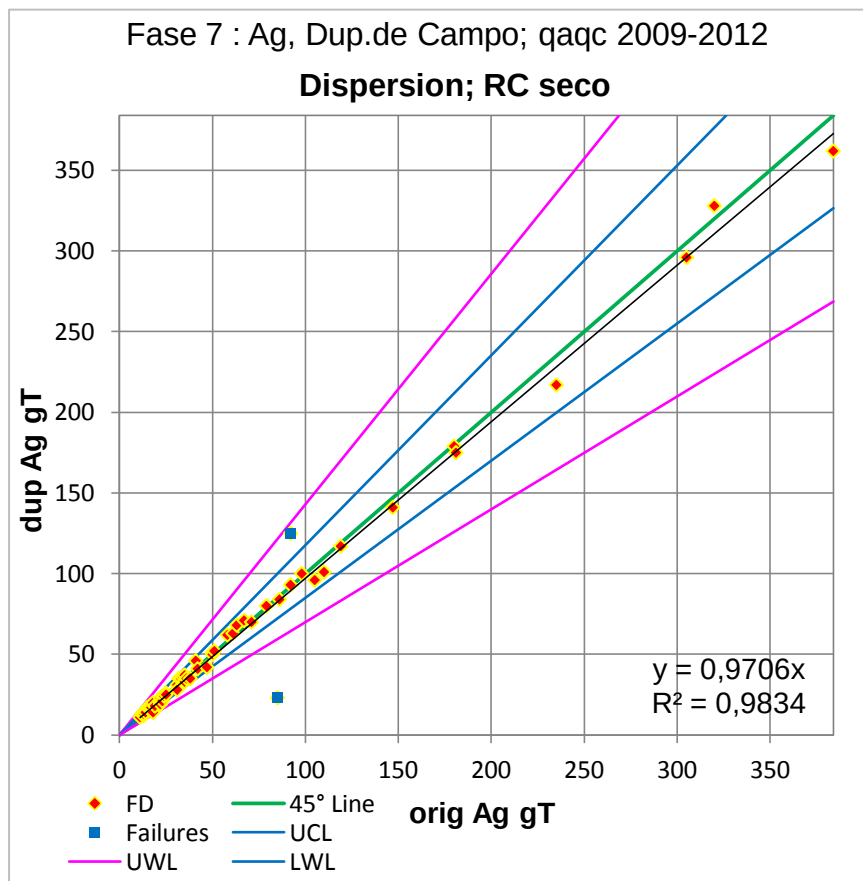


QA-QC LEYES

Etapas	Actividad	Control de Calidad
Control Estandar (In Situ o Comercial) Se mide en base al valor del sesgo.	Selección Leyes Muestras Estándar dentro del Batch de Resultados	Generación Gráficos Estándar (Exactitud) • Gráfico de control con Media y Límites de Confianza • Gráficos de suma acumulativa versus tiempo. • Gráficos resultados análisis versus tiempo. • Generación Gráficos Duplicados (Precisión)
Control Duplicado (pulpa). No debe de exceder más del 10% de error	Selección Leyes Muestras Duplicados dentro del Batch de Resultados	Generación Gráficos Duplicados (Precisión) • Estadísticas Básicas • Nubes de dispersión • Gráficos cuantil vs cuantil (q-q plot) • Regresión • Test de comparación de medias: T de Student • Cálculo de varianza relativa entre pares • Cálculo del % de error relativo total • Cálculo de diferencia relativa absoluta entre pares • Cálculo de diferencias relativas
Control Blanco (Finos). No deben de exceder más de 3-5 veces DL	Selección Leyes Muestras Blancos dentro del Batch de Resultados	Generación Gráficos Blancos (Contaminación) • Gráficos Ley v/s N° Muestra • Gráficos Ley v/s N° Muestra Precedente
Chequeo Externo	Selección del 5-10% de Análisis	Generación Gráficos Duplicados • Estadísticas Básicas • Nubes de dispersión • Gráficos cuantil vs cuantil (q-q plot) • Regresión

QAQC Duplicados

Gráficas, Estadísticas y detalles Muestras y Duplicados



QAQC Duplicados

Gráficas, Estadísticas y detalles Muestras y Duplicados

	Ag gT		Ag > 0.1 gT				
	Original	Duplicado	Original	Duplicado	Parametros estadísticos	Ag gT	Ag > 0.1 gT
Número	477	477	65	65	Sesgo %	6.8	2.6
Minimo	0.50	0.50	11	11	Test T-Student (medias)	1.59	1.08
Máximo	384	362	384	362	Error Relativo Medio (%)	19	8
Promedio	9.8	9.5	62.4	61.1	% Datos con DRA <30%	75%	97%
Desv.Std.	34.96	34.08	76.14	74.09	Correlacion	0.99	0.99
Mediana	1.0	1.0	34.0	35.0	Intercepto de Regresion	0.019	0.860
Varianza	1162.18	1161.77	5797.50	5489.60	Pendiente de Regresion	0.969	0.965
Coef.Varianza	3.57	3.59	1.22	1.21	Bondad de ajuste	0.988	0.984

Test t-Student (Means), [-1.96; +1.96]

Error Relativo Medio (%) <30%, <20%, <10% (segun tipo duplicado)

Correlation, high or near to 1;

Regression Intercept, near to 0;

Regression Slope, near to 1

QAQC Duplicados

Gráficas, Estadísticas y detalles Muestras y Duplicados

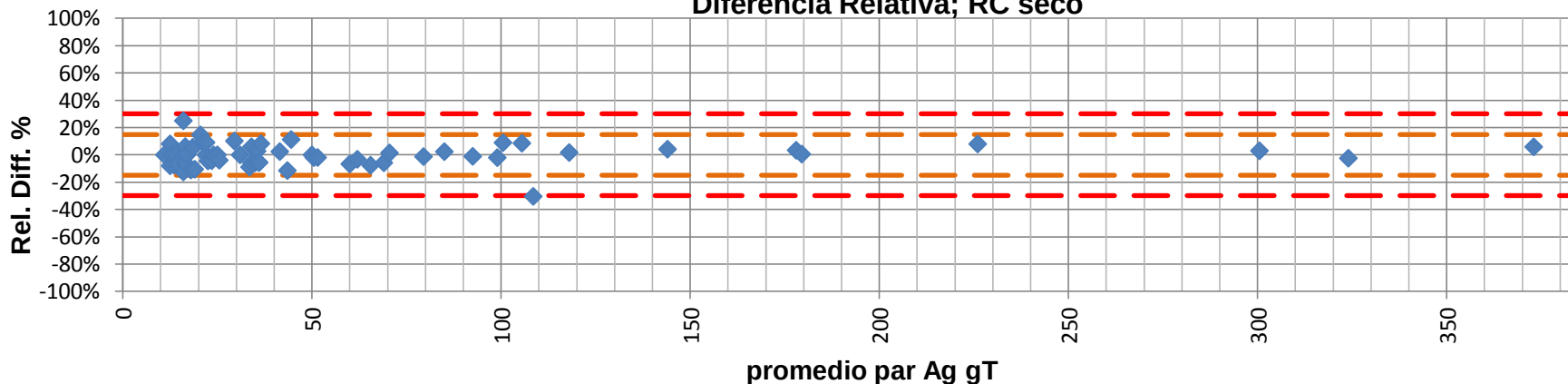
Fase 7: Ag, Duplicado de Campo; qaqc 2009-2012

Rank v/s Diferencia Relativa Absoluta; RC seco



Fase 7: Ag, Duplicado de Campo; qaqc 2009-2012

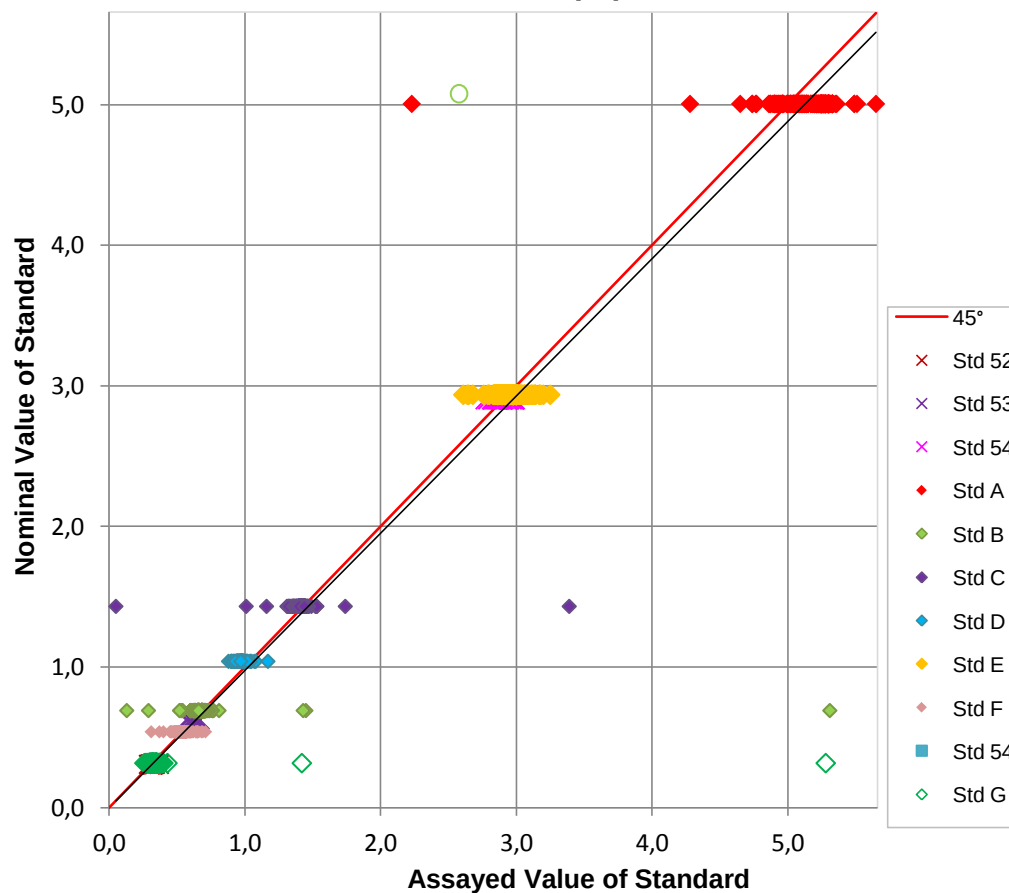
Diferencia Relativa; RC seco



QAQC Estandares

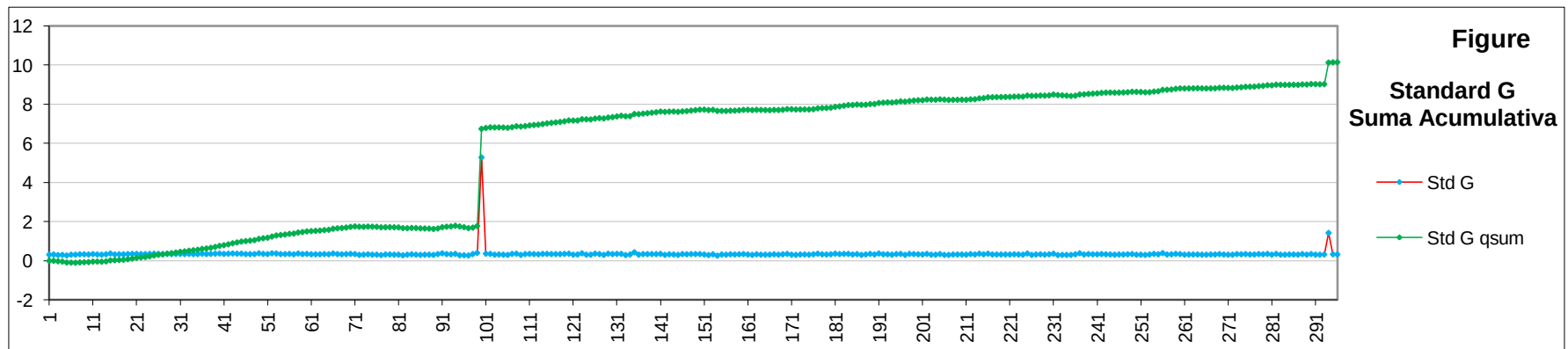
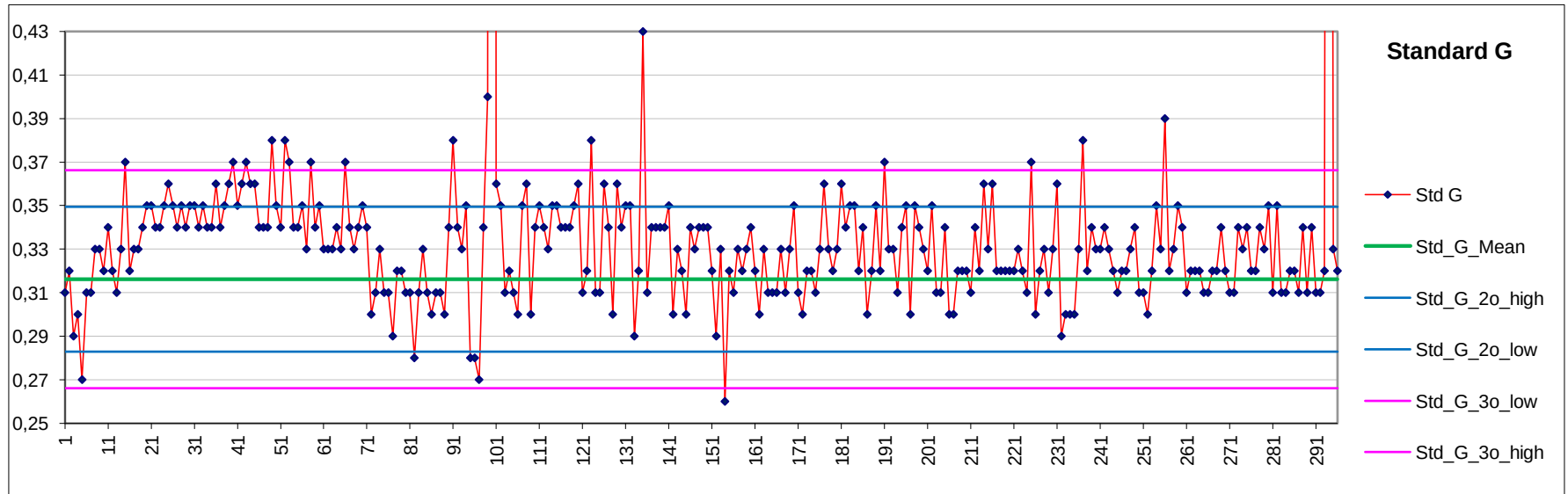
Gráficas, Estadísticas y detalles Estandares

Fase 7: Au standard; qaqc 2009-2012



Estandar	N°	Nominal	Analisis	Sesgo
STD A	223	5.01	5.16	-6.80
STD B	331	0.69	0.68	0.49
STD C	296	1.43	1.42	7.49
STD D	110	1.04	0.97	-0.36
STD E	363	2.94	2.95	0.04
STD F	335	0.54	0.54	-0.02
STD G	296	0.32	0.35	22.65
STD-52	30	0.31	0.32	2.39
STD-53	33	0.62	0.63	-0.59
STD-54	30	2.90	2.90	-0.36
Total	2047	1.63	1.65	1.20

QAQC Estandares Cartas de Control



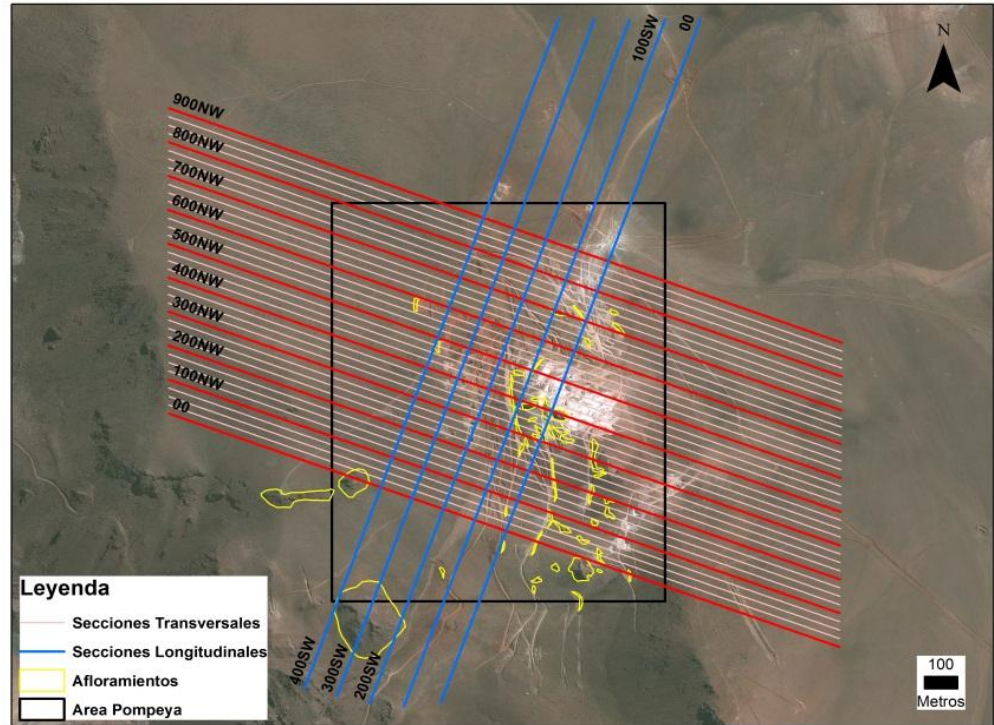
QA – QC Base de Datos



QA/QC Base de Datos: Validar Datos de Base de Datos v/s Certificados Originales de las distintas Etapas.

Etapas	Actividad (verificacion de...)	Control de Calidad
Recomendaciones de sondajes	Datos originales v/s Base de Datos.	Cambio Base de Datos según registro original firmado
Certificado Topográfico de coordenadas de sondajes.	Datos originales (2 - 3 Contratistas) v/s Base de Datos.	Cambio Base de Datos según registro original firmado
Report de Regularización.	Datos originales (Recuperaciones, FF, Angulos) v/s Base de Datos	Cambio Base de Datos según registro original firmado
Report de Contratista.	Datos originales v/s Base de Datos	Cambio Base de Datos según registro original firmado
Report de Perforación.	Datos originales v/s Base de Datos	Cambio Base de Datos según registro original firmado
Certificados de Desviaciones.	Datos Originales (Dip > 0 y Azimut entre 0 - 360°, chequear que sondajes con survey tengan collar) v/s Base de Datos (Al menos 10% duplicados)	Cambio Base de Datos según registro original firmado
Certificados de Análisis Geoquímico.	Datos originales (Límites de detección, que el from no sea igual al To, chequear valores minimos reportados se ajustan a L.D.) v/s Base de Datos	Cambio Base de Datos según registro original firmado
Logeo Geológico y Geotécnico.	Planillas Originales entregadas por Geólogo (Fondos de sondajes, From - To, Códigos Geos, recuperaciones, RQD) v/s Base de Datos	Cambio Base de Datos según registro original firmado
Certificados de Densidades.	Datos originales v/s Base de Datos	Cambio Base de Datos según registro original firmado

QA – QC MODELAMIENTO



QA/QC Control Calidad en Geología Modelamiento Geológico

Etapas	Actividad	Control de Calidad
Generación Modelo Geológico Conceptual	Establecimientos de patrones geológicos	Revisión Experta certificada (Reporte)
Determinación del Tipo de información a Utilizar		<i>Aplicación de Test de Calidad</i> Muestras secas-húmedas, recuperación, survey,
	Topografía	<i>Aplicación test de Calidad</i> (Revisión y validación experta, tipos de soportes
	Proveniente de Sondajes DDH RC	Rx, Alt, Mineralizacion
	Mapeos de Superficie	<i>Aplicación de test de Calidad</i> Validaciones respecto de modelo, de sondajes, etc
Determinación Base de Datos	Labores Subterranas	<i>Aplicación Test de Calidad</i> Validaciones respecto de modelo, respecto de PT,
	Mapeos de Bancos	de sondajes
	Validación de Base de Datos	
	Base de Datos Compositada (considerar Unidad Mín de Modelamiento	
	Definición de forma de trabajar las Unidades Modeladas (Excluyentes?)	

QA/QC Control Calidad en Geología Modelamiento Geológico

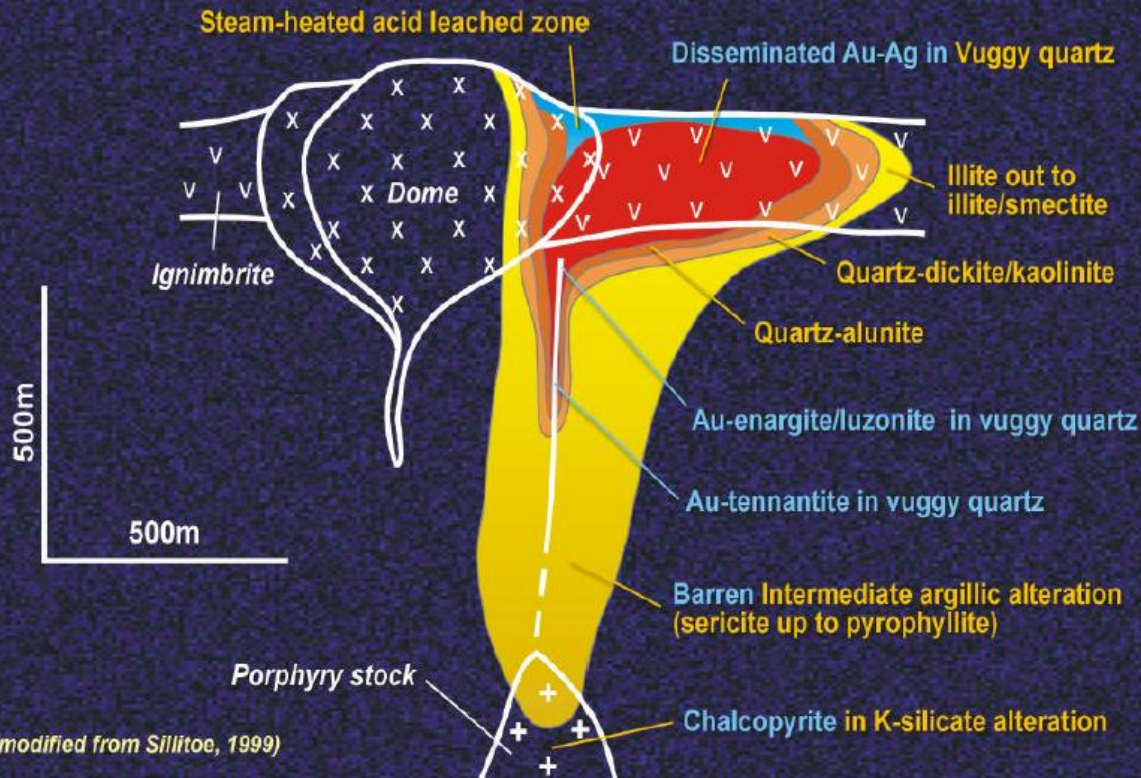
Etapas	Actividad	Control de Calidad
Determinación de Plantas y Secciones Tipo	Generación de Plantas y Secciones tipo	Validaciones Expertas de Secciones y Plantas Maestras Controles litológicos y soportes Controles alteración y soportes Controles de mineralogía de mena y ganga y soportes Controles de terreno de elementos estructurales
Tipo de Modelo a Desarrollar	Interpretación Geológica secciones EW Construcción de sólidos y Modelos de bloques EW Reinterpretación NS Reinterpretación sólidos y modelo bloques NS Reinterpretación en plantas Construcción sólidos finales Construcción modelo de bloques	El modelo de bloques final respeta en (0%, 90%, 95% la información de sondeos geológicos Revisiones y Estadísticas

Modelamiento geológico Dinámico utiliza interpretación 3D en pantalla –Litología –Alteración – Mineralización –Estructural- Geomecánico – Geometalurgico

Generación Modelo Geológico Conceptual

Modelo Fase 7

Schematic reconstruction of a high-sulfidation deposit



Syn – mineral
and post –
mineral
domes

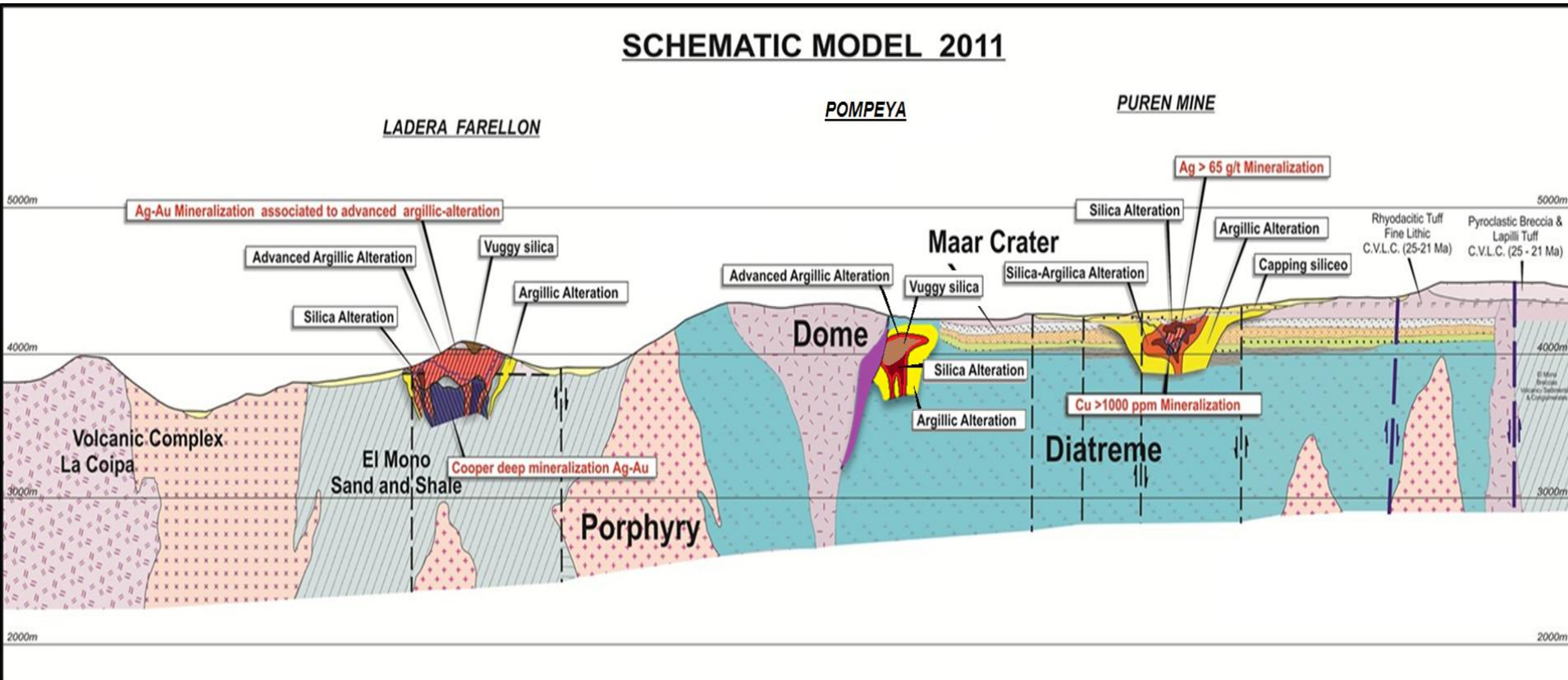
Porphyry at
depth driving
system (?)

Most
gold in
vuggy
silica

Small
envelope of
advanced
argillic
alteration

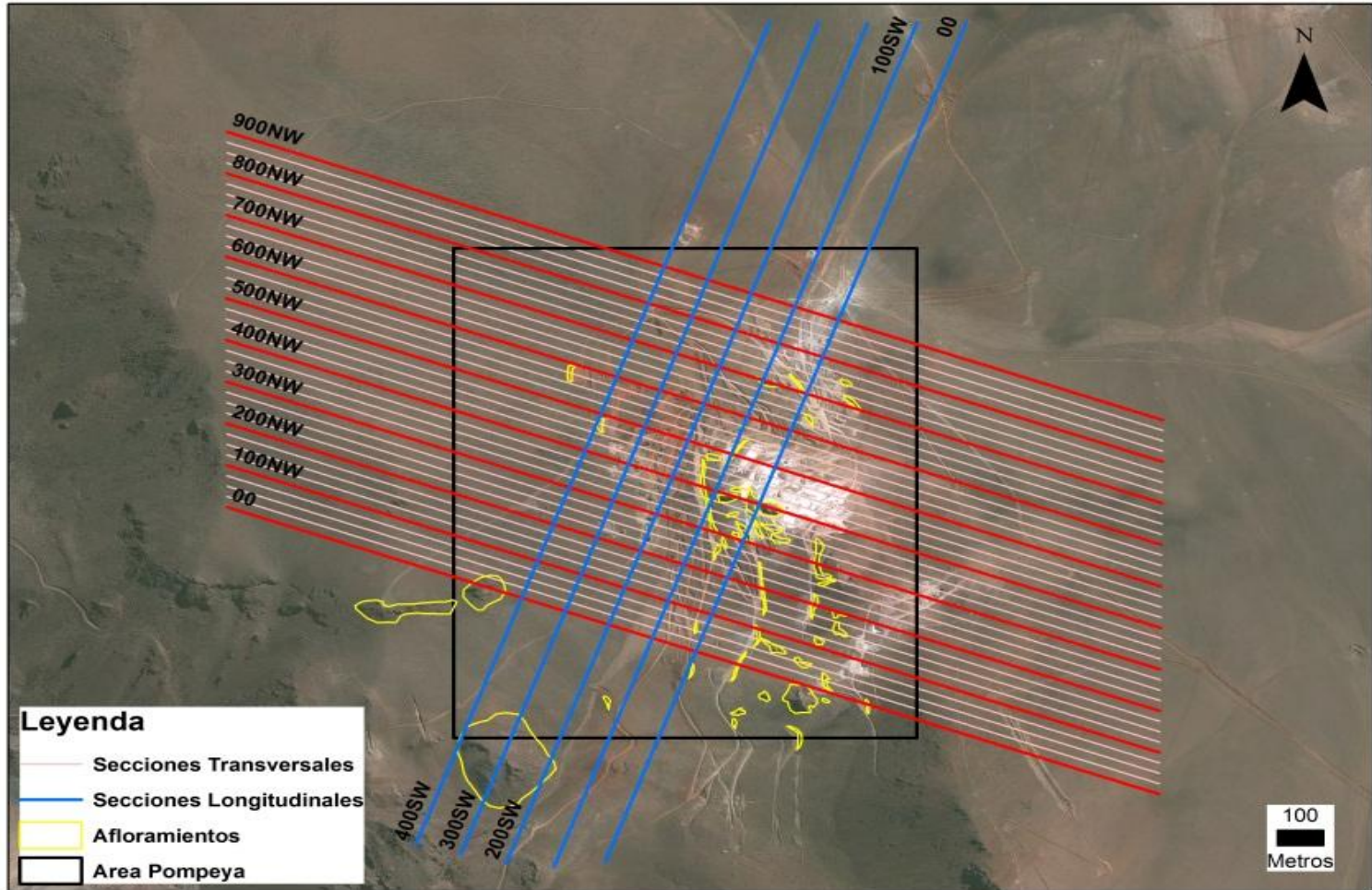
Outer
envelope
of argillic
alteration

Generación Modelo Geológico Conceptual

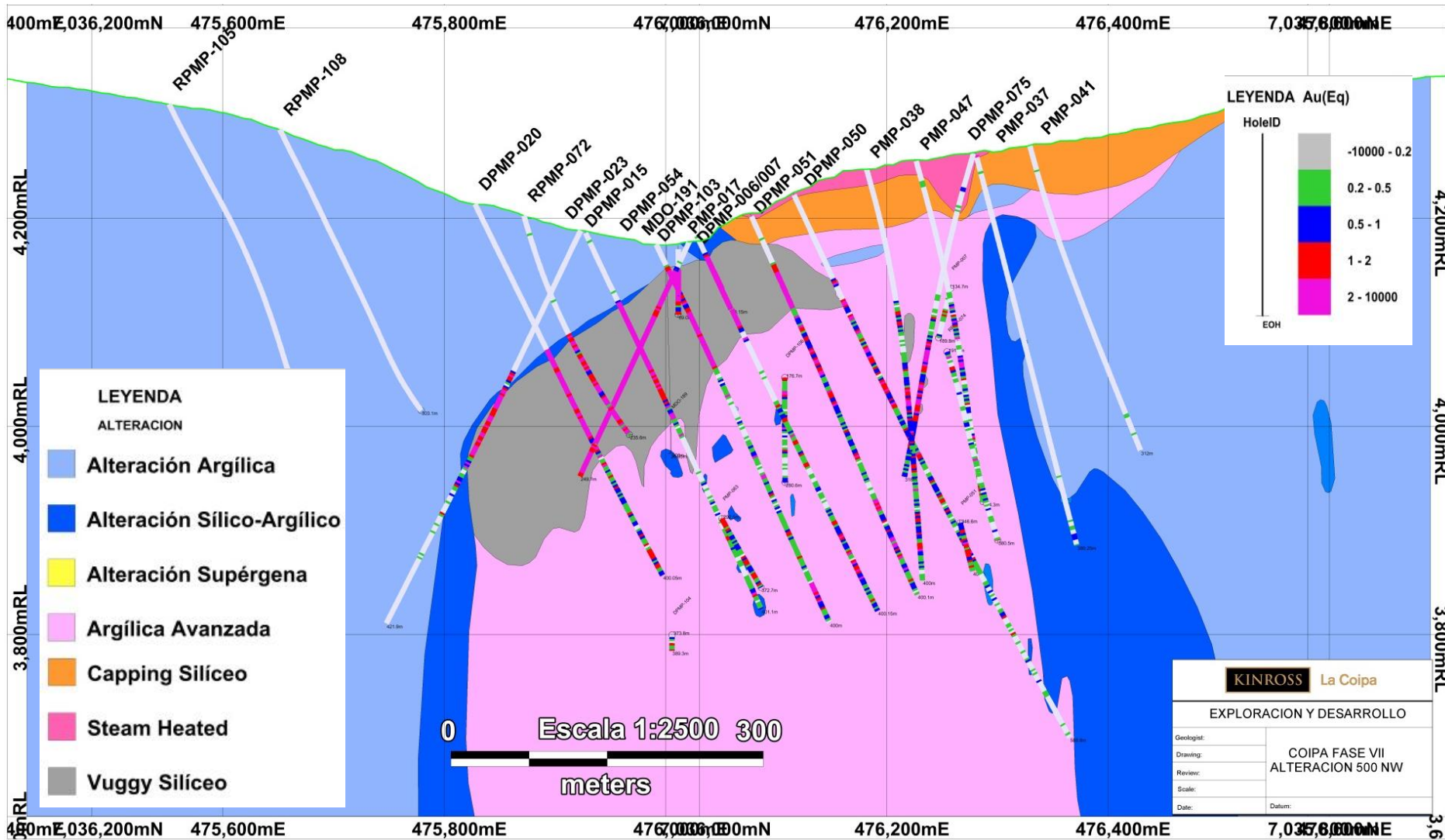


HS Sedimentary/ Volcanic
 HS Dome Margin.
 MS Puren Diatrem/Maar.

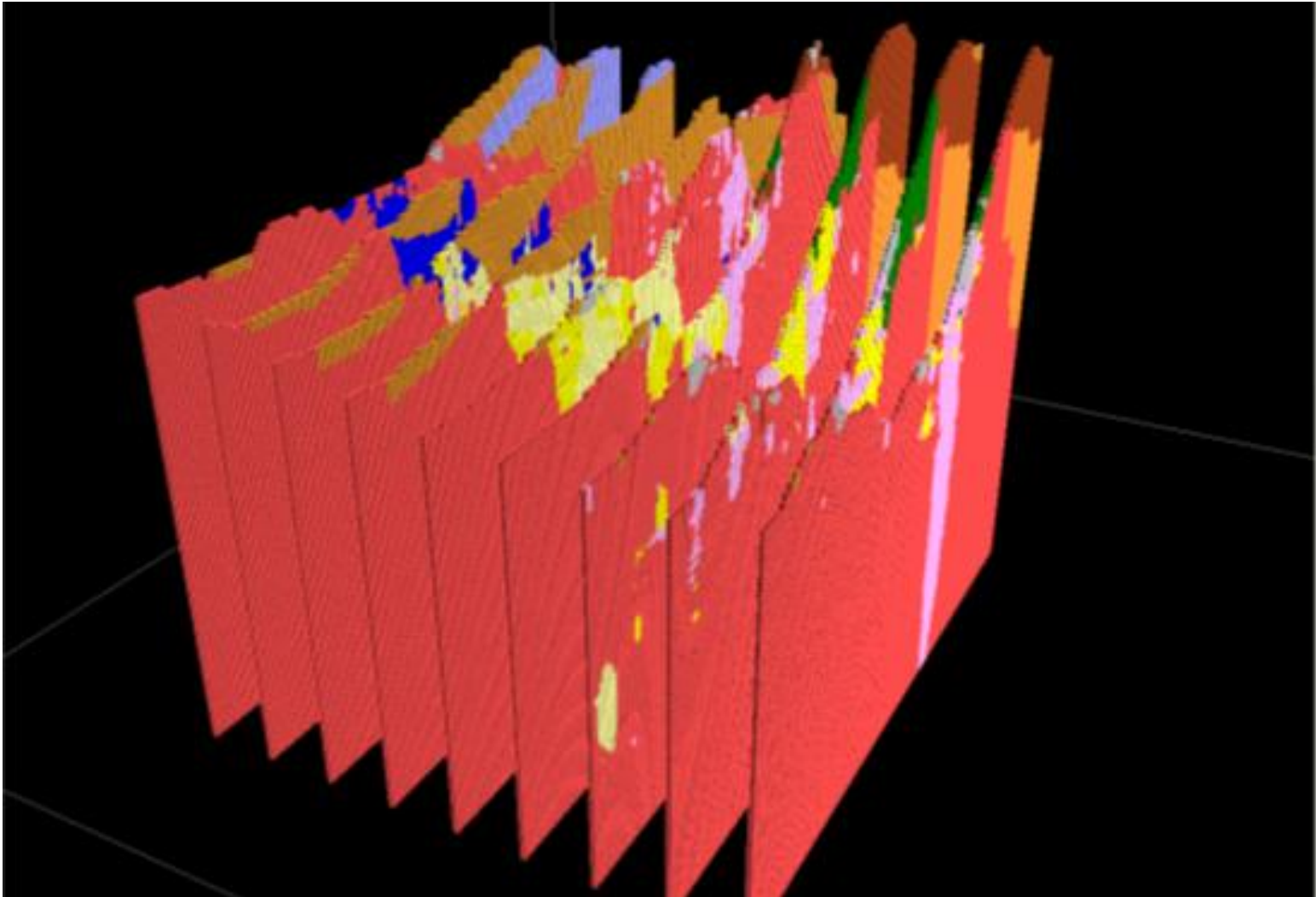
Determinación de Plantas y Secciones Tipo



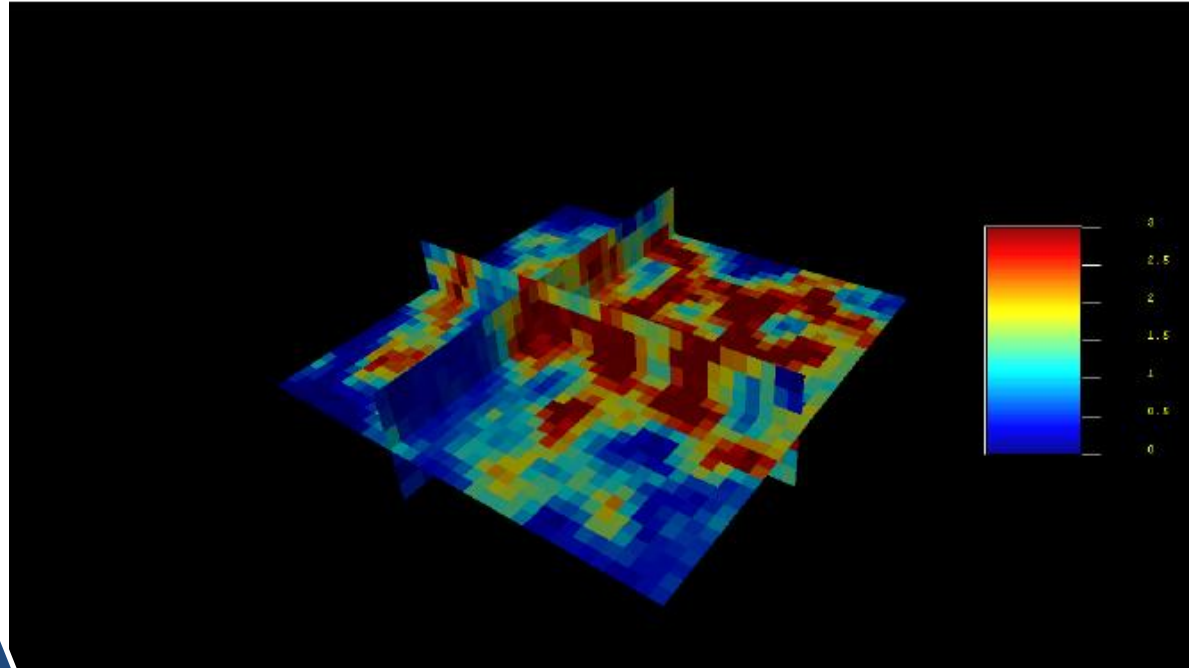
Secciones Tipo



Determinación de Plantas y Secciones Tipo



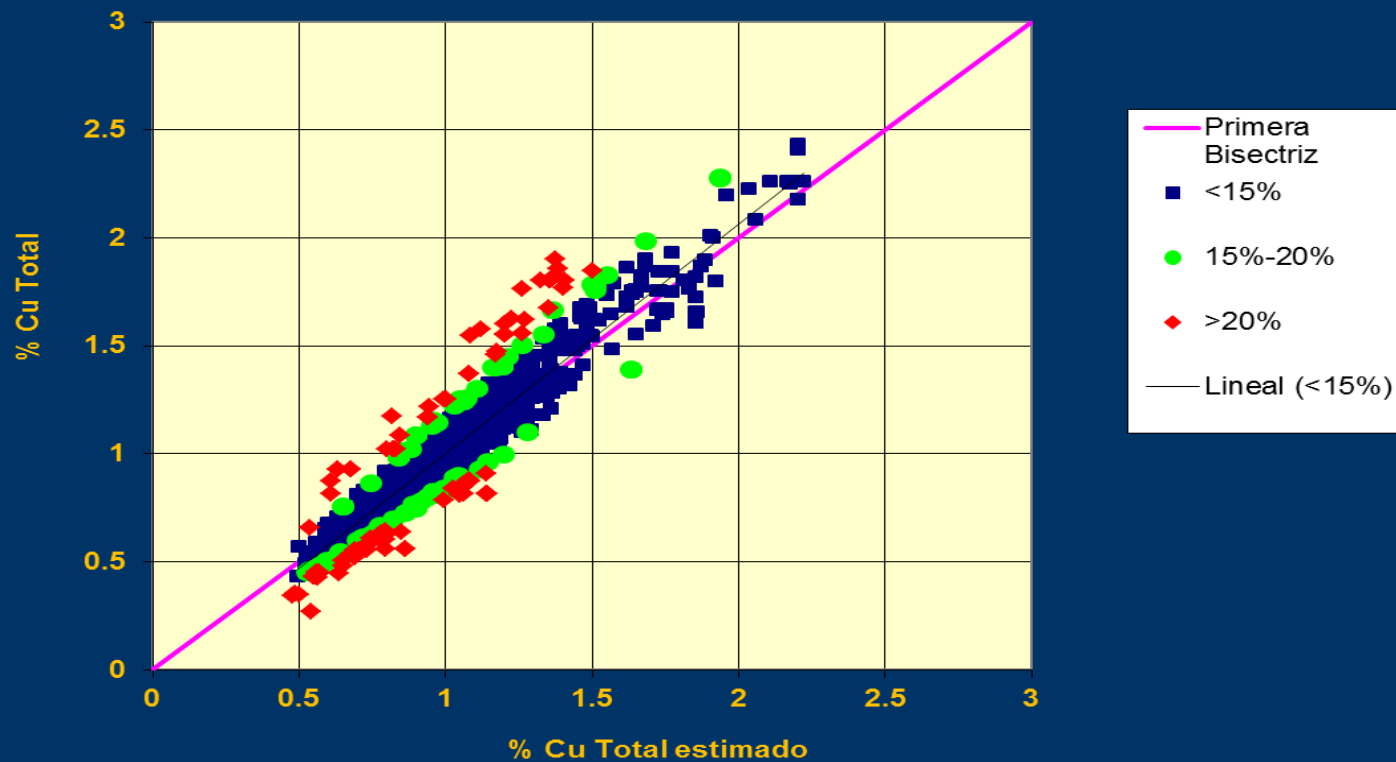
QA – QC ESTIMACION DE RECURSOS



QA-QC Media Movil

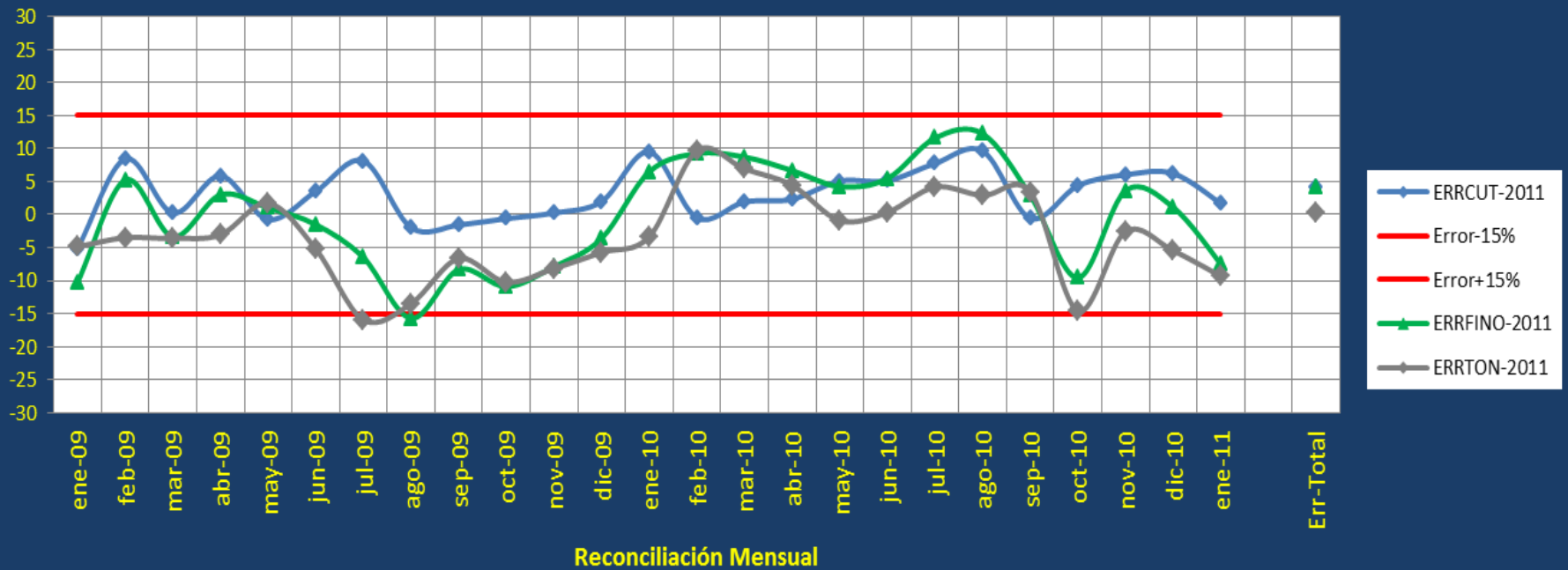
Validación Media Móvil
Cu Total - Roca 40 / Redox 20

$$y = 1.0582x - 0.0543$$
$$R^2 = 0.9426$$



QA –QC Reconciliación

Reconciliación modelo 2011 CuT [Modelo Largo Plazo vs Modelo In-Situ]



Modelo de recursos

