

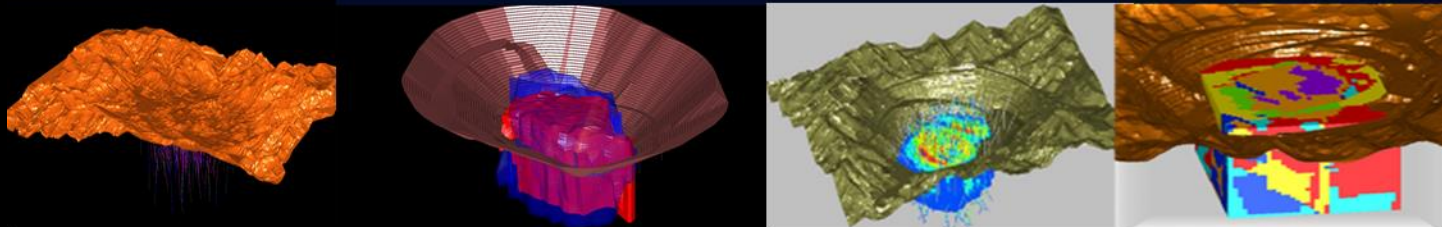
SEMINARIO LATINOAMERICANO ONLINE

“PRÁCTICAS INTERNACIONALES EN ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS MINERALES”

1° de Julio de 2021

**El Modelo Geológico:
un pilar subjetivo fundamental del modelo
de recursos recuperables**

**Julio Bruna Novillo – AusIMM CP (Geo)
Geólogo Principal Consultor – ARGENTINA**



Comisión Calificadora de
Competencias en Recursos
y Reservas Mineras



PatagoniaGEOSCIENCES

www.patagoniageosciences.com

LOS FUNDAMENTOS

LOS FUNDAMENTOS DEL MODELO RECURSOS RECUPERABLES



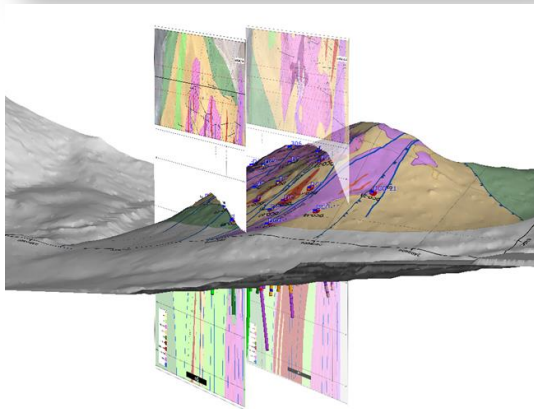
• El nivel de riesgo es determinado por la calidad de los controles.



EL MODELO GEOLÓGICO

UNA GUÍA PRÁCTICA

¿Qué es un Modelo Geológico?



LAS PALABRAS CLAVES SON

información



sistemático



atributos



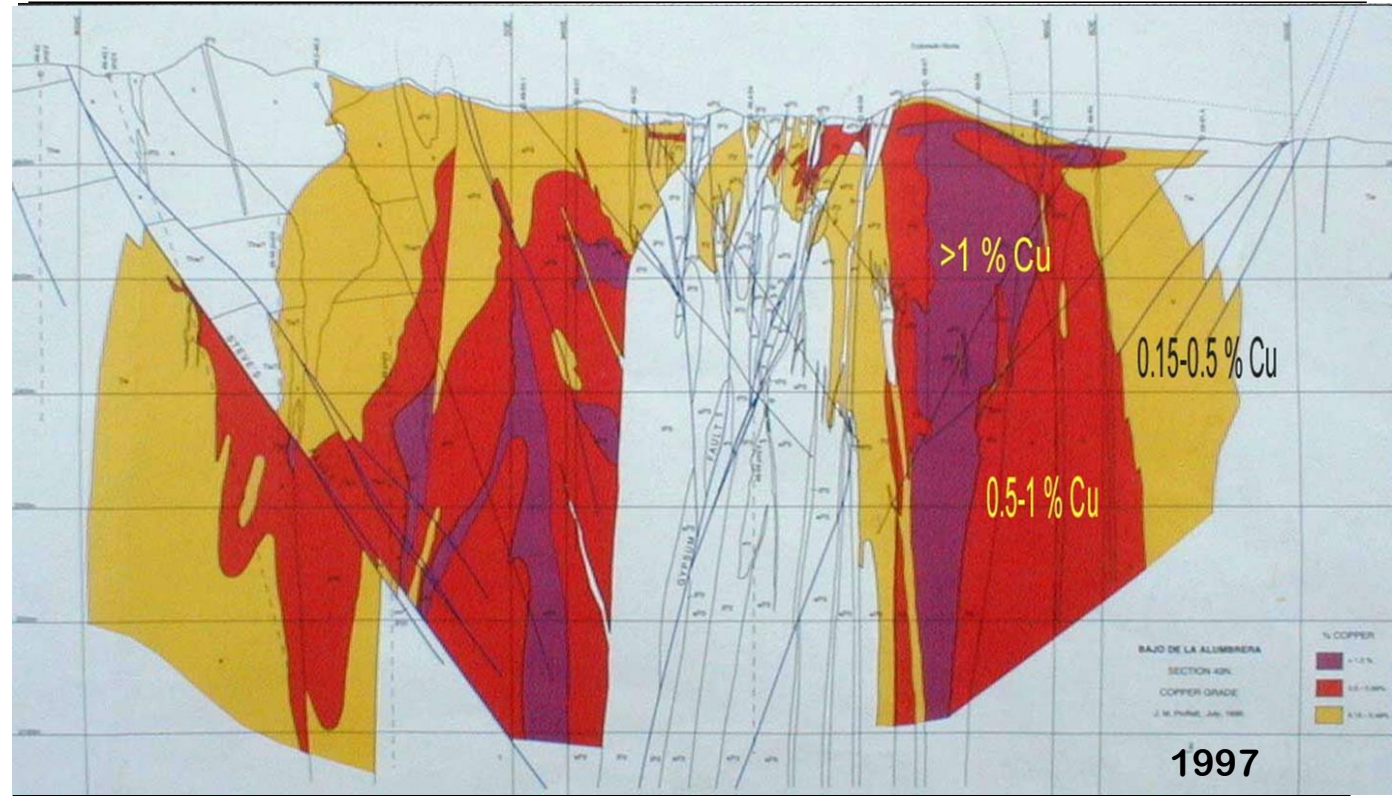
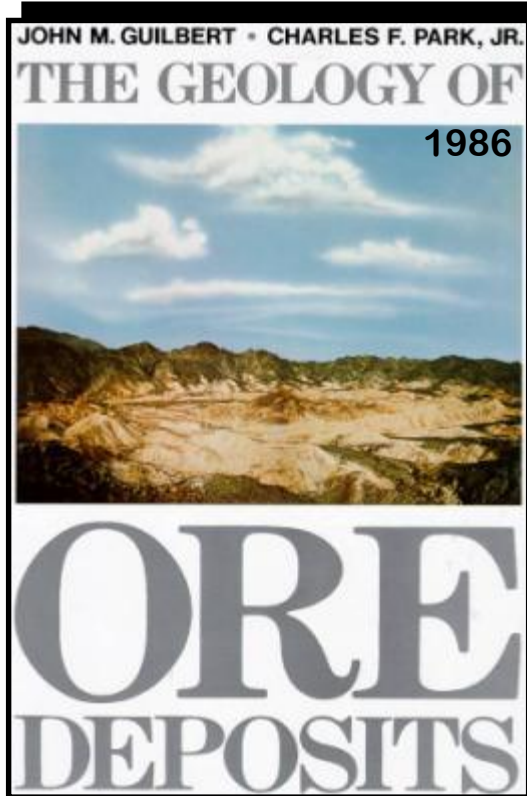
El modelo empírico



El modelo conceptual

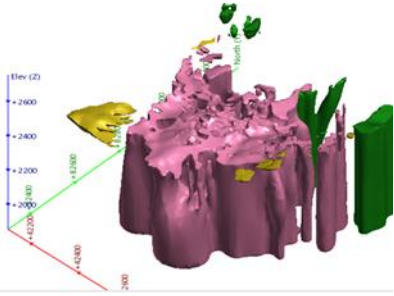
Hay dos componentes en un modelo de depósito mineral

EL MODELO GEOLÓGICO UNA GUÍA PRÁCTICA



- A mayor información y mejor es la interpretación, hay una mayor confianza en el modelo, y por lo tanto, más eficaz-eficiente son la exploración y la evaluación de los recursos minerales.

CONTENIDO



El Modelo Geológico



Una Guía Práctica



**Bruna Novillo, J.
Rossi, M.
Bassan, J.
2021**

01

Protocolo de Logueo.

02

Base de Datos.

03

Unidad Mínima de Interpretación.

04

Control Estructural.

05

Validación.

06

Dominios de Estimación.

1- PROTOCOLO DE LOGUEO

Codificación Litología Sondeos				COLOR		
ROCKG	UNIDAD	LITO_DESC	DESCRIPCIÓN	Hue	Sat	Lum
2	Bas	Bas	Basamento	20	236	60
10	And	And	Andesita	100	240	97
11	AndBx	AndBx	Andesita Brechada	80	240	60
12	AndTuff	AndTuff	Andesita Tuff	201	240	180
20	P0	Dio	Diorita roca de caja	221	138	198
21	P1	Dio	Pórfido Diorítico P1	1	240	192
22	P2	Dio	Pórfido Diorítico P2	239	240	216
30	P4	DDio	Dique Diorítico	160	240	89
31	Dio LP	DQD	Dique Cuarzo-Diorítico	40	238	120
40	Bx1	Bx	Brecha Hidromagmática 1	0	240	60
41	Bx2	Bx	Brecha Hidromagmática 2	239	81	89
42	Bx3	Bx	Brecha Hidromagmática 3	13	240	151
60	Rell	Rell	Relleno fluvial	119	240	180

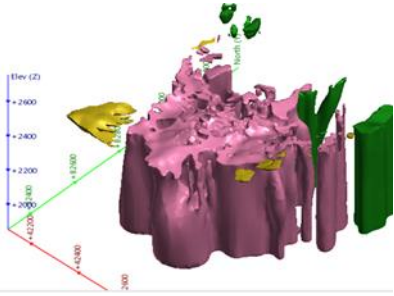
Codificación Alteración Sondeos			COLOR		
ALTRG	ALT_DESC	DESCRIPCIÓN	Hue	Sat	Lum
90	BC	Barren Core	120	240	106
91	Fres	Roca Fresca	119	240	180
92	Arg	Argílica por Fx	40	240	203
93	Pr	Propilítica	62	199	179
94	FDA	FDA + Argílica intermedia	40	238	120
95	K	Potásica	201	240	180
96	Mag	Cuarzo-Magnetita	199	240	61
97	Sil	Silicificación	160	83	151
98	Arg av	Argílica Avanzada	43	230	117
99	Spg	Supérgena	21	240	98

Cod. Meteorización Sondeos		COLOR		
OXID_FRES	DESCRIPCIÓN	Hue	Sat	Lum
0	Relleno	40	2	100
1	Oxidación	8	227	89
2	Fresco	20	238	120

Códigos para Logueo Geológico



CONTENIDO



El Modelo Geológico



Una Guía Práctica



**Bruna Novillo, J.
Rossi, M.
Bassan, J.
2021**

01

Protocolo de Logueo.

02

Base de Datos.

03

Unidad Mínima de Interpretación.

04

Control Estructural.

05

Validación.

06

Dominios de Estimación.

2- BASE DE DATOS

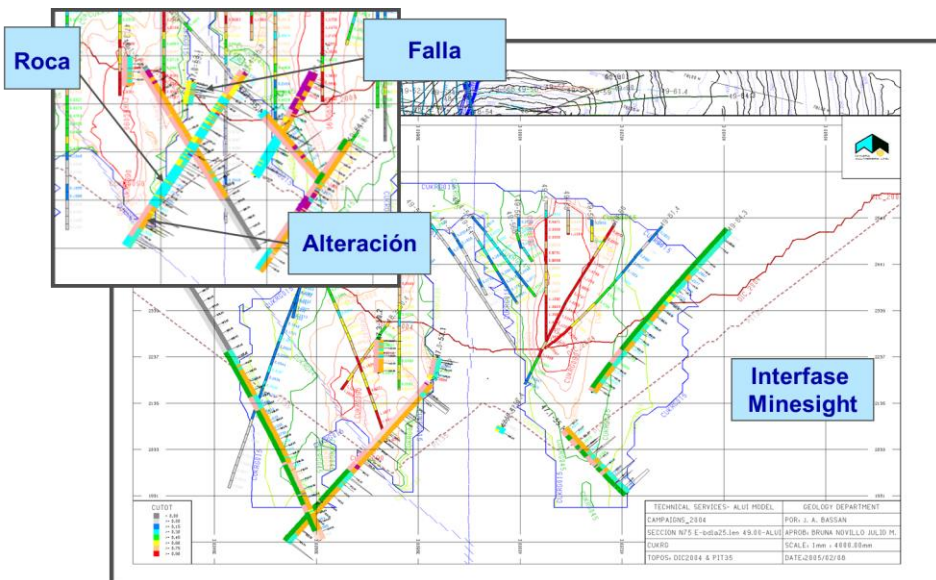
TESTIGOS DE
PERFORACIÓN



LOGUEO GEOLÓGICO
 PLT
 LOGUEO GEOTÉCNICO
 DENSIDAD
 MUESTREO
 ANÁLISIS QUÍMICOS
 LOGUEO



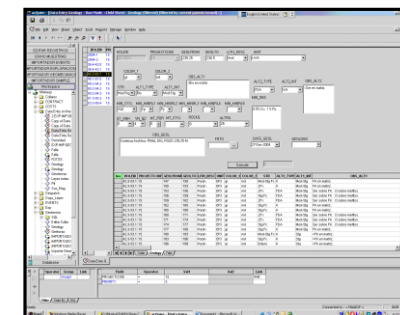
CARGA DE DATOS (ON LINE – OFF LINE)



SECCION N75E°

PROJECTCODE	DI-10	FROM	TO	LENGTH	UTM_ZONE	UTM_NAME	PRIORITY
1	1	2700000-001	0.00	2.00	20	VC	1
2	1	2700000-001	2.00	4.00	20	VC	1
3	1	2700000-001	4.00	6.00	20	VC	1
4	1	2700000-001	6.00	8.00	20	VC	1
5	1	2700000-001	8.00	10.00	20	VC	1
6	1	2700000-001	10.00	12.00	20	VC	1
7	1	2700000-001	12.00	14.00	20	VC	1
8	1	2700000-001	14.00	16.00	20	VC	1
9	1	2700000-001	16.00	18.00	20	VC	1
10	1	2700000-001	18.00	20.00	20	VC	1
11	1	2700000-001	20.00	22.00	20	VC	1
12	1	2700000-001	22.00	24.00	20	VC	1
13	1	2700000-001	24.00	26.00	20	VC	1
14	1	2700000-001	26.00	28.00	20	VC	1
15	1	2700000-001	28.00	30.00	20	VC	1
16	1	2700000-001	30.00	32.00	20	VC	1
17	1	2700000-001	32.00	34.00	20	VC	1
18	1	2700000-001	34.00	36.00	20	VC	1
19	1	2700000-001	36.00	38.00	20	VC	1
20	1	2700000-001	38.00	40.00	20	VC	1
21	1	2700000-001	40.00	42.00	20	VC	1

EXCEL



ACQUIRE (BD – SQL)

2- BASE DE DATOS

Litología	Nomenclatura	Código Numérico	Comentarios
Relleno	Relleno	60	Cobertura/Relleno
Diorita P0	P0	20	Se considera la roca de caja
Diorita P1	P1	21	Intrusivo mineralizado
Diorita P2	P2	22	Intrusivo mineralizado
Diorita P4	P4	30	Intrusivo estéril tardío
Brechas	Bx	Bx1=40, Bx2=41 y Bx3=42	Tres Unidades de Brechas en forma de "fajas" mineralizadas: Oeste, Central y Este respectivamente
Nivel de Oxidación	Oxidación	0=Relleno; 1=Oxidado; 2=No Oxidado	La oxidación se define por la presencia de óxidos de Fe.
Alteración	Nomenclatura	Código Numérico	Comentarios
Fresco	Roca "Fresca"	91	Sin evidencia de alteración
Arg	Argílica por Falla	92	Argílica. Comprende los sectores de falla principales donde predomina arcilla±yeso±carbonato.
Epidota-Clorita-Py	Epidota-Clorita	93	Epidota-Clorita
Arg-Sílice-Pirita + Clorita-Sericita-Pirita	ADF	94	Alteración destructiva de feldespatos: Fílica +Argílica intermedia.
Potásica débil-Fílica + Potásica moderada-Sílice + Potásica Débil + Sílice-Pirita	Potásica	95	Alteración Potásica. Comprende todos los tipos de alteración potásica logueados. Es posible que una subdivisión en el futuro permita mejor definición de controles de mineralización.
Mag	Qz-Magnetita	96	Cuarzo-Magnetita. Casi no existe en el proyecto, restringida en el intrusivo P2, sector central del depósito.
Sil	Silicificación	97	Escasa presencia en el proyecto, agrupada con la Potásica.
Arg Av	Argílica Avanzada	98	Argílica Avanzada

Códigos de litología y alteración usados en el logueo y base de datos.



acquire

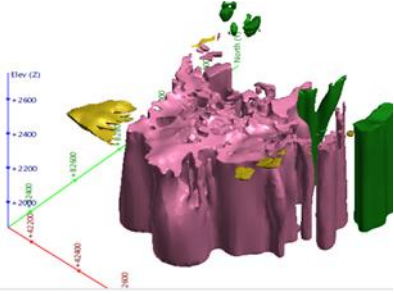




**“Obtén los datos primero, luego puedes
distorsionarlos a tu gusto”**

Mark Twain

CONTENIDO



El Modelo Geológico



Una Guía Práctica



**Bruna Novillo, J.
Rossi, M.
Bassan, J.
2021**

01

Protocolo de Logueo.

02

Base de Datos.

03

Unidad Mínima de Interpretación.

04

Control Estructural.

05

Validación.

06

Dominios de Estimación.

3- LA UNIDAD MÍNIMA DE INTERPRETACIÓN

La Unidad Mínima de Interpretación depende de,

tipo de depósito

su génesis

la unidad selectiva de
minado



La Unidad Mínima de Interpretación óptima,

da como resultado una mejor resolución o nivel de detalle y mejora la precisión del modelo geológico, proporcionando un mejor apoyo al modelo de recursos recuperables.



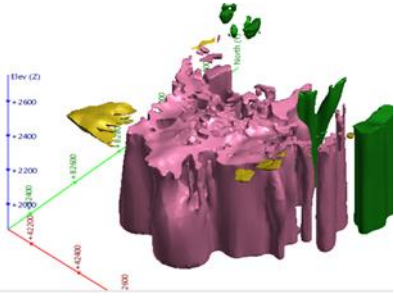
Modelar detalles de menor potencia que la UMI,

complica el modelo

representa un trabajo más
laborioso de lo necesario

no redundando en
beneficios

CONTENIDO



El Modelo Geológico



Una Guía Práctica



**Bruna Novillo, J.
Rossi, M.
Bassan, J.
2021**

01

Protocolo de Logueo.

02

Base de Datos.

03

Unidad Mínima de Interpretación.

04

Control Estructural.

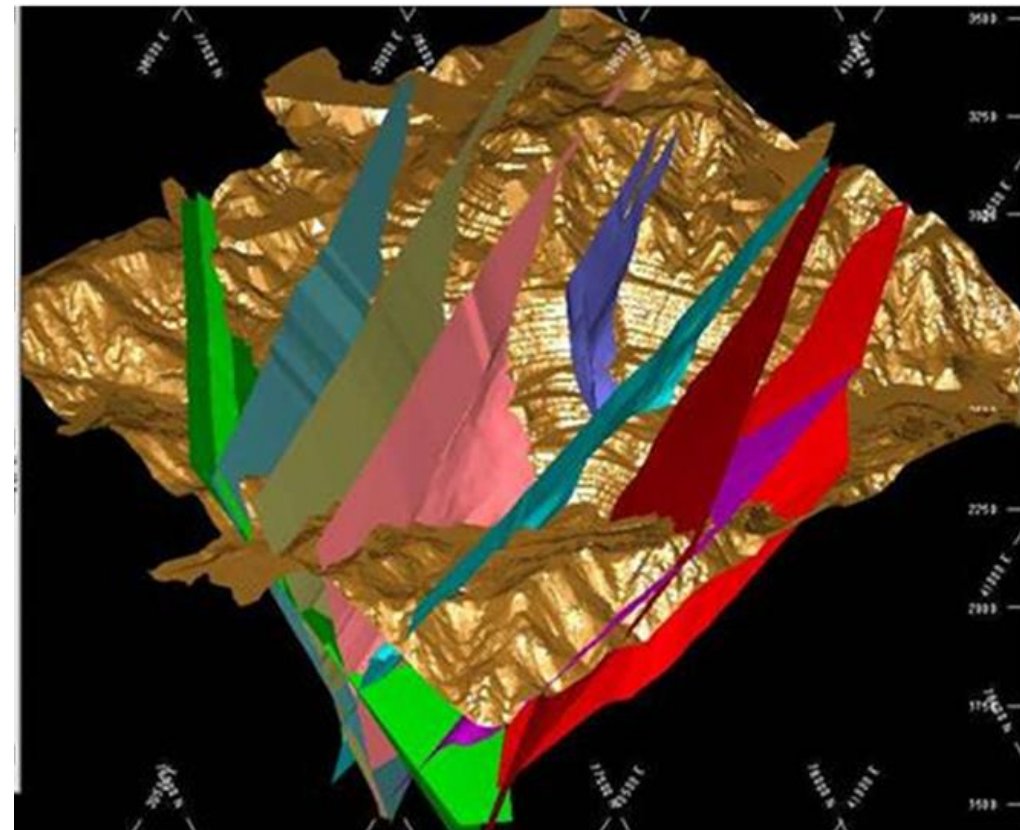
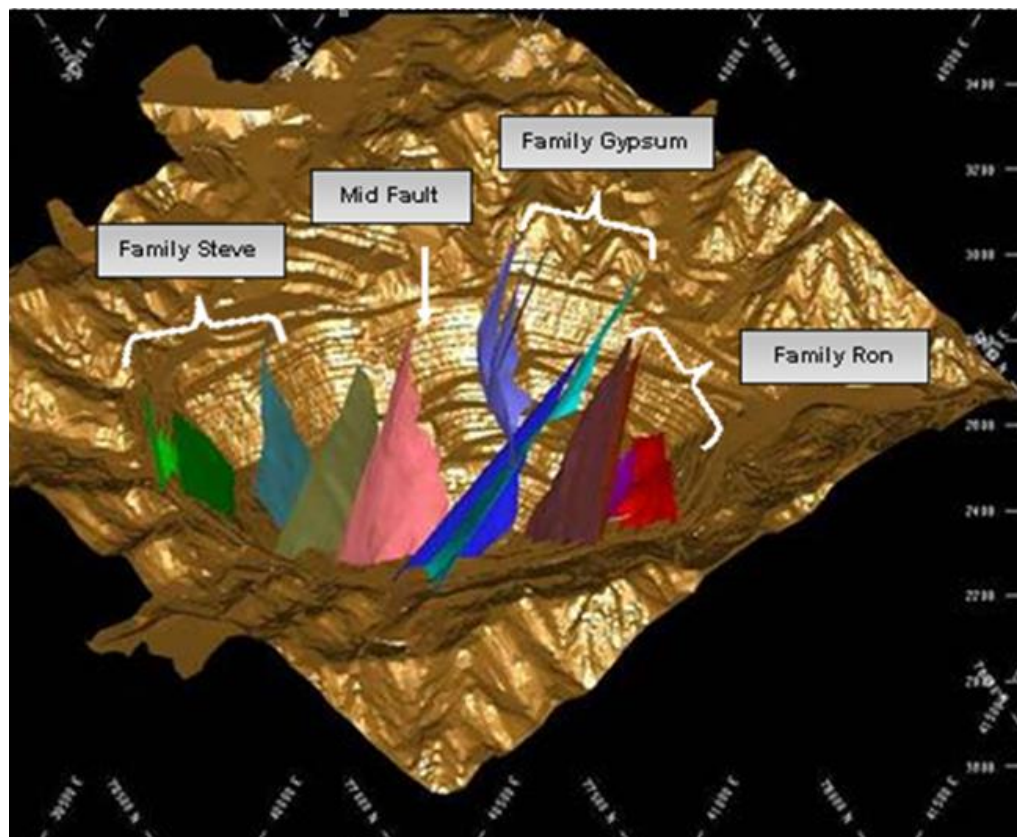
05

Validación.

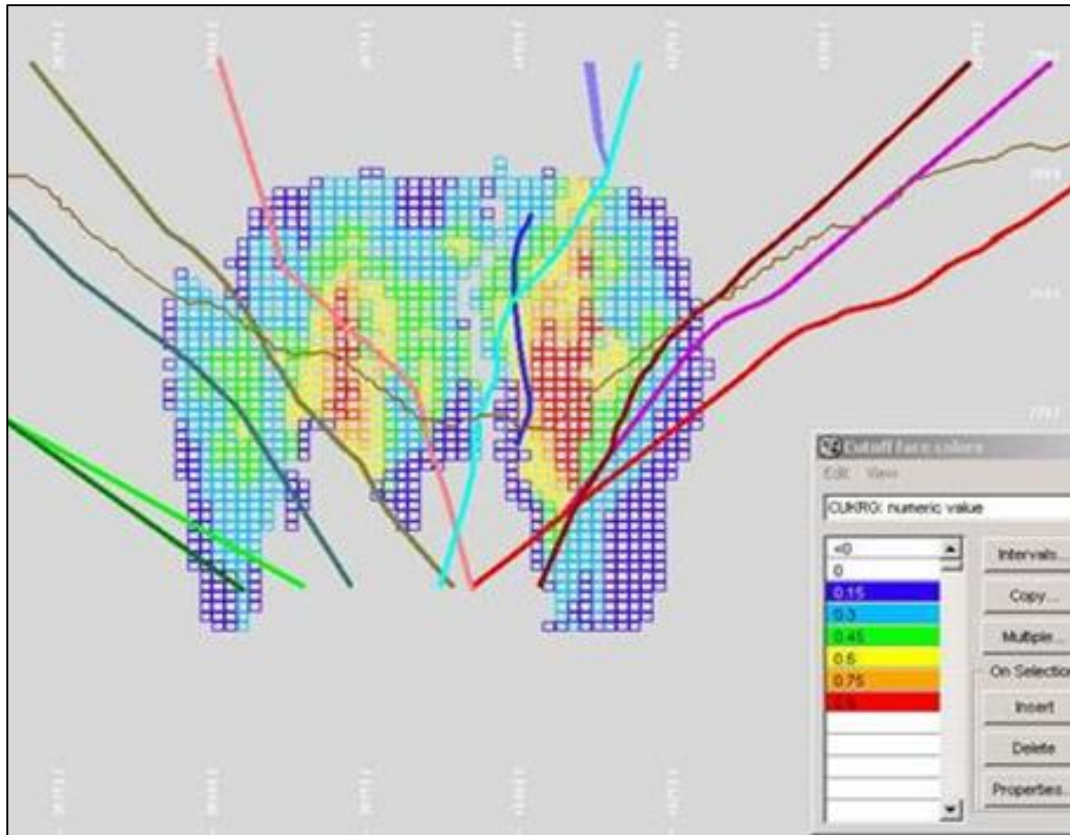
06

Dominios de Estimación.

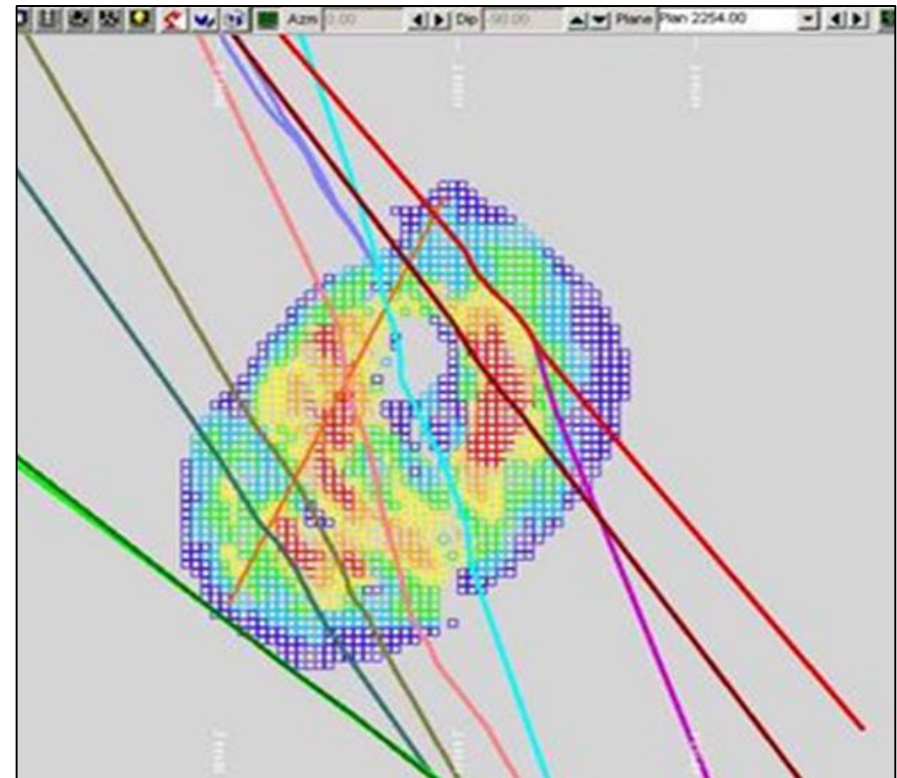
4- CONTROL ESTRUCTURAL

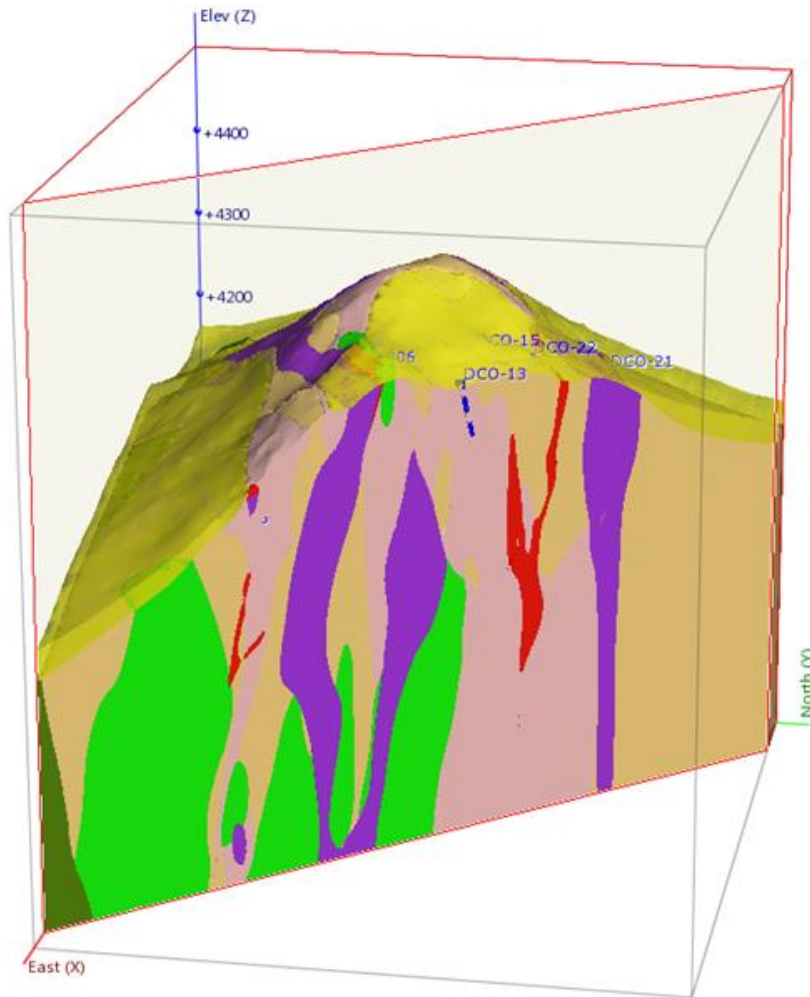


4- CONTROL ESTRUCTURAL



¡ Desarrollar y definir un modelo estructural que sirva de apoyo al modelo de recursos recuperables !

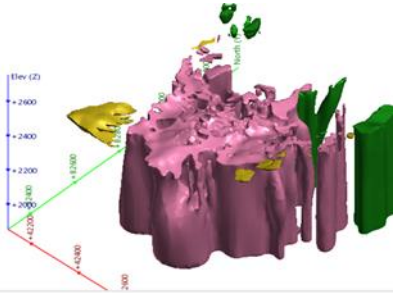




Si no puedes explicarlo de forma sencilla, aún no lo has entendido bien.

Albert Einstein

CONTENIDO



El Modelo Geológico



Una Guía Práctica



**Bruna Novillo, J.
Rossi, M.
Bassan, J.
2021**

01

Protocolo de Logueo.

02

Base de Datos.

03

Unidad Mínima de Interpretación.

04

Control Estructural.

05

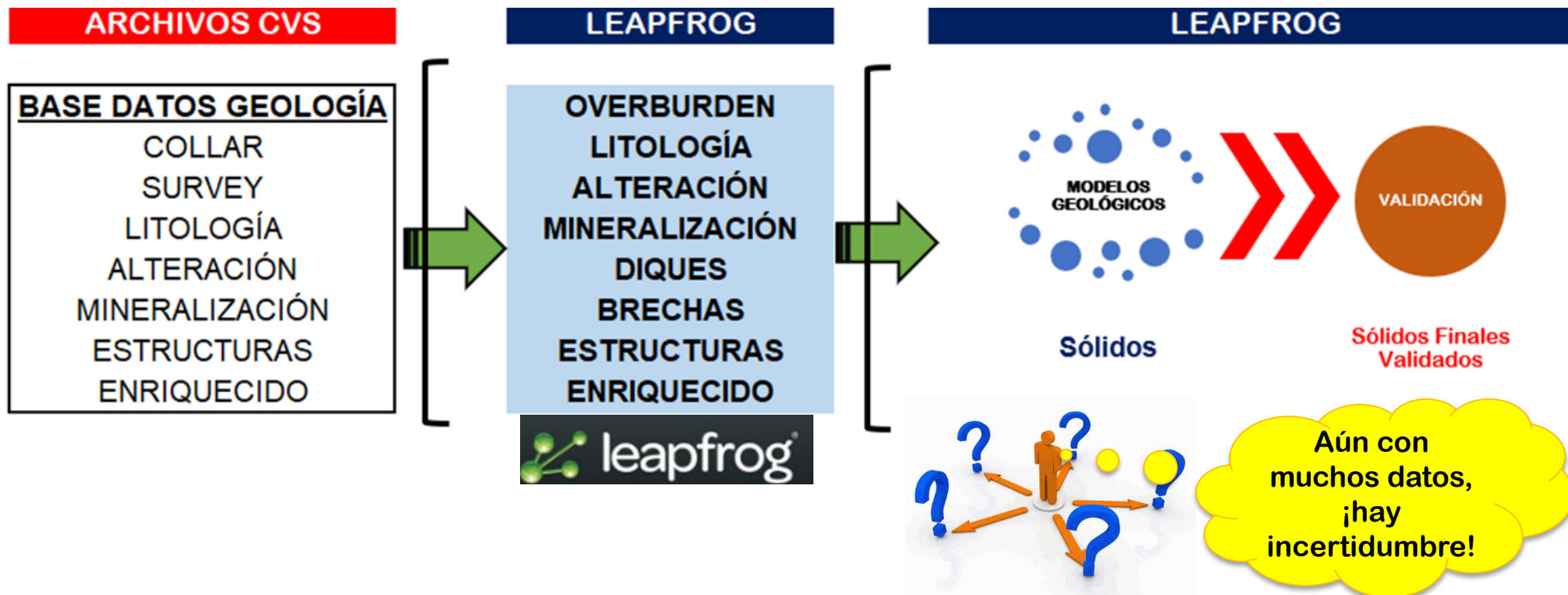
Validación.

06

Dominios de Estimación.

CONSTRUCCIÓN DE SÓLIDOS EN 3D

Diagrama de Flujo para la Construcción del Modelo Geológico

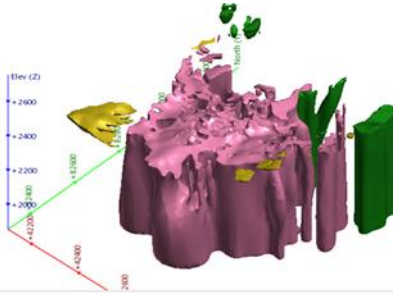


5- VALIDACIÓN

ROCK		BKRT										
		1-2	20	22	23	31	32	34-35	36	37	50 a 54	Total
LOGRT	1	97%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	100%
	20	1%	96%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	100%
	22	3%	5%	91%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	100%
	23	3%	4%	2%	86%	2%	0%	1%	0%	1%	1%	100%
	31	0%	2%	0%	0%	96%	1%	0%	0%	0%	1%	100%
	32	0%	0%	0%	0%	2%	94%	1%	0%	1%	0%	100%
	34	0%	0%	0%	0%	1%	2%	90%	0%	1%	0%	100%
	36	0%	0%	0%	2%	2%	1%	2%	89%	2%	0%	100%
	37	0%	0%	0%	0%	1%	2%	2%	1%	91%	0%	100%
	50	0%	4%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	93%	100%

La validación entre el modelo construido y los intervalos de logueos. En el ejemplo de la tabla, se observa que la validación promedio de los dominios mineralizados es de 8%, entre las variables LOGRT (logueo geológico) vs. BKRT (sólidos codificados). Es decir que del total de datos procesados, este % de intervalos de logueo $\geq 3m$ (intervalo de muestreo) no poseen la totalidad del 100% de asignación al sólido, como producto de las discrepancias en la construcción del modelo de sólidos hacia los contactos entre sí.

CONTENIDO



El Modelo Geológico



Una Guía Práctica



**Bruna Novillo, J.
Rossi, M.
Bassan, J.
2021**

01

Protocolo de Logueo.

02

Base de Datos.

03

Unidad Mínima de Interpretación.

04

Control Estructural.

05

Validación.

06

Dominios de Estimación.

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS (EDA)



Realizar un EDA, tiene tres objetivos

1

Analizar (mediante herramientas estadísticas simples) la cantidad, la calidad y la ubicación de los datos disponibles.

Definir las zonas de estudio. Una división del campo en varias sub-zonas puede ser relevante si uno observa cambios abruptos en la distribución espacial de valores, o si la geología del fenómeno lo indica.

2

3

Anticipar dificultades o problemas que puedan surgir en la fase de estimación local (por ejemplo, presencia de valores atípicos que se destacan de aquellos de los datos vecinos).



6- DOMINIOS DE ESTIMACIÓN (UGs)



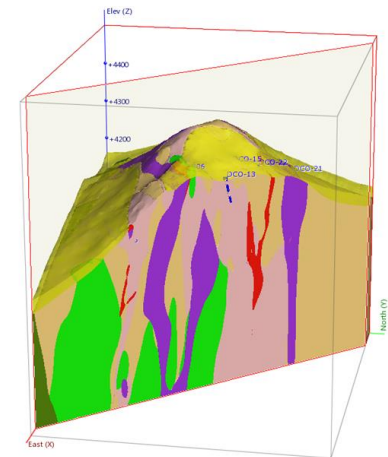
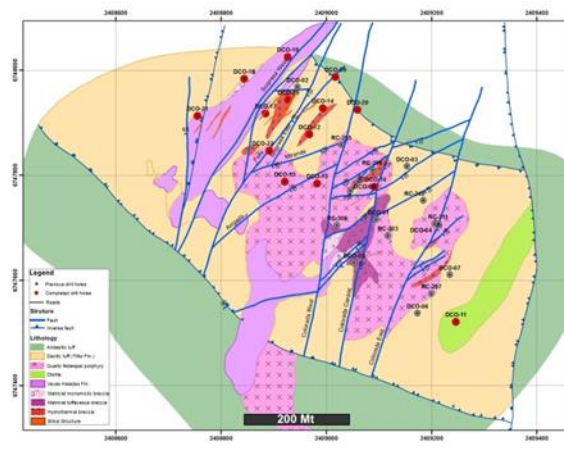
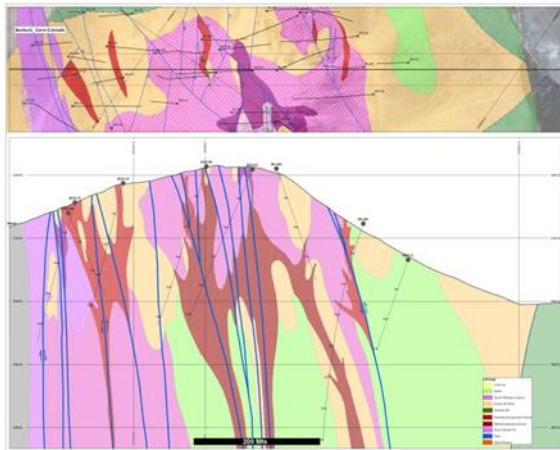
Herramientas Exploratorias que entregan una primera visión de los datos del EDA:

Presentación de los datos: visualizar la ubicación de las muestras en el espacio y darse una idea preliminar de la organización espacial de la variable regionalizada en estudio.

SECCIONES

PLANTA

VISTA 3D



6- DOMINIOS DE ESTIMACIÓN (UGs)

Herramientas Exploratorias que entregan una primera visión de los datos del EDA:

Distribución estadística de los valores (leyes, densidad, etc.):

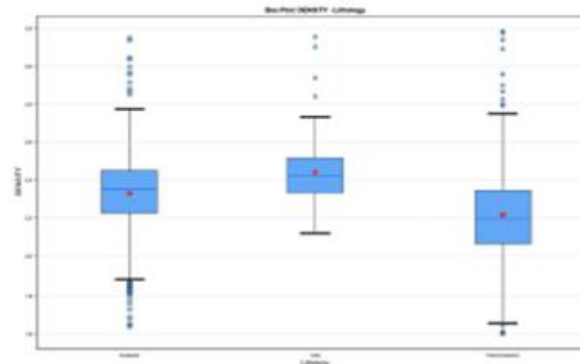
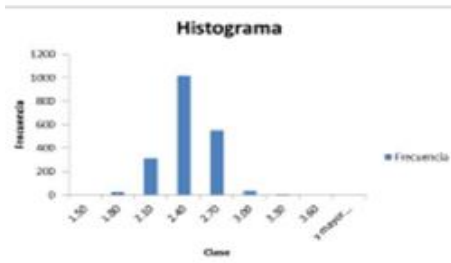
ESTADÍSTICA
BÁSICA

HISTOGRAMAS

DIAGRAMA DE
CAJAS

GRÁFICO DE
PROBABILIDAD

Tipo de Roca	N	Min	Máx	Media
Andesita	1281	1.64	3.15	2.32
AnC_A	8	2.27	2.63	2.44
AnCp	64	1.64	3.15	2.23
AnCp_Fld	868	1.65	3.05	2.32
AnCp_Mlx	339	1.65	3.04	2.32
AnCp_FldHb	1	2.48	2.48	2.48
Volcaniclastico	545	1.60	3.19	2.20
AnV_MPbx	437	1.60	3.14	2.17
AnV_St	108	1.64	3.19	2.32
Veta	129	2.12	3.15	2.43
BL	13	2.17	2.52	2.39
SBx	63	2.16	3.15	2.44
OL	53	2.12	3.10	2.43
Total general	1955	1.60	3.19	2.29



Algunos parámetros estadísticos a utilizar:

Medidas de posición: Máximo, mínimo, media, mediana, moda

Medidas de dispersión: Desviación estándar, Varianza, Rango, IQR

Medidas de forma: Coeficiente de variación, Coeficiente de asimetría, kurtosis

6- DOMINIOS DE ESTIMACIÓN (UGs)



Herramientas Exploratorias que entregan una primera visión de los datos:

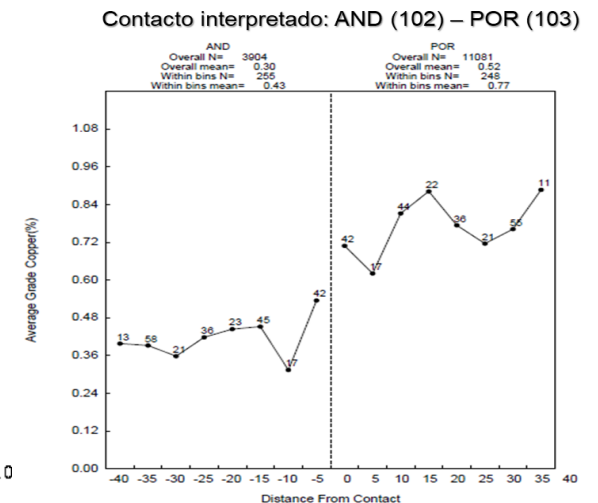
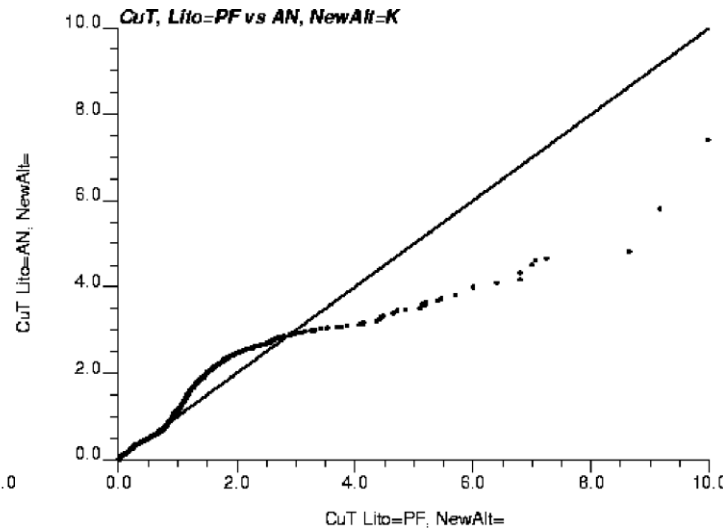
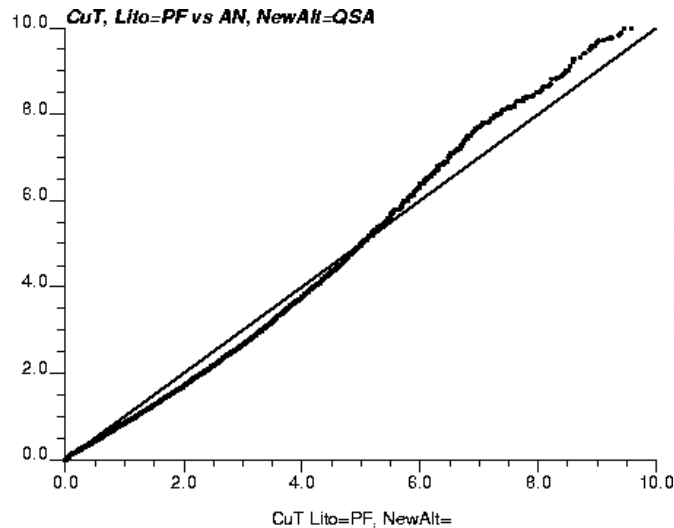
Análisis multivariable:

GRÁFICOS Q-Q
PLOT

SCATTER PLOT

GRÁFICO DE
CONTACTOS

CORRELACIONES



6- DOMINIOS DE ESTIMACIÓN (UGs)

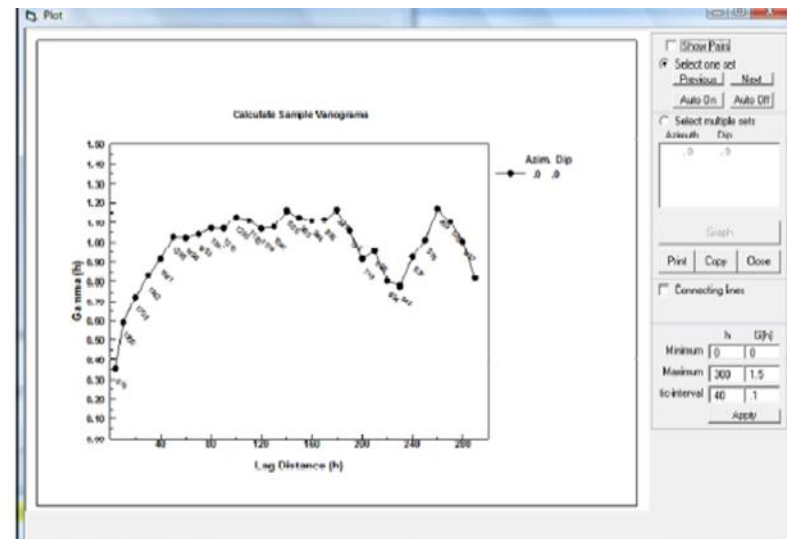
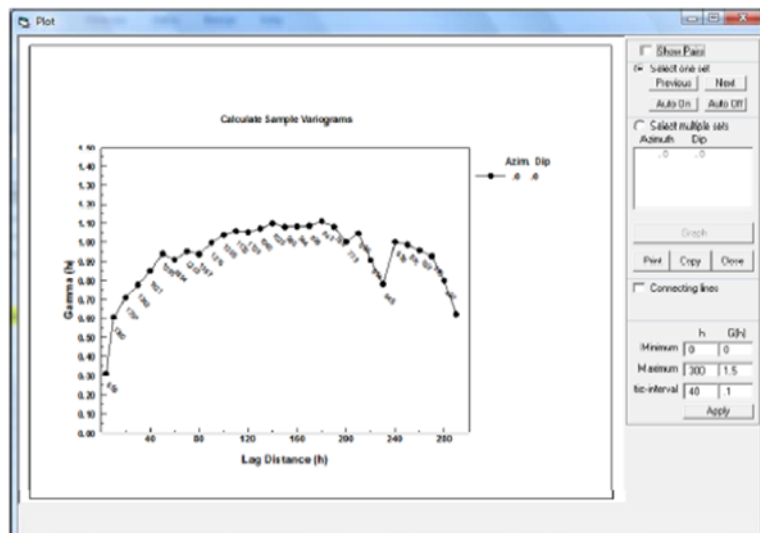


Herramientas Exploratorias que entregan una primera visión de los datos:

El uso de la Geoestadística a través de la variografía:

El variograma es un gráfico que describe como varía, en promedio, la varianza entre dos muestras a una cierta distancia.

Identifica y modela la variabilidad (correlación) espacial, caracterizando anisotropías, tendencias, variabilidad a corta y larga distancia, variabilidad entre dos variables diferentes, etc.



Comisión Calificadora de
Competencias en Recursos
y Reservas Mineras

Estacionaridad implica que todos los datos dentro de A pueden ser combinados. Condición de estacionaridad = zona homogénea.

Un dominio geológico representa un área o volumen dentro del cual las características de la mineralización son más similares que fuera del dominio. Se debe utilizar los intervalos originales de muestras en sondeos, no utilizar compósitos de ningún tipo

El aspecto de mayor consecuencia en el cálculo de recursos es definir que parte de nuestro depósito A es estadísticamente homogéneo. En la práctica significa que tipos de muestras vamos a agrupar de acuerdo a la UGs definida según la mineralización, alteración, litología, etc.

Aplicar sistemáticamente, todos los conocimientos geológicos y estudios estadísticos y geo-estadísticos que se pueda. Hacer el trabajo por etapas, partiendo de la información geológica más básica (mapeos de sondeos y logueos).



**Existen las mentiras,
las grandes mentiras,
y las estadísticas**

Mark Twain



Falta un marco para distinguir las buenas y malas prácticas en las bases y hay una perpetuación de las malas prácticas enmascaradas como prácticas comunes.



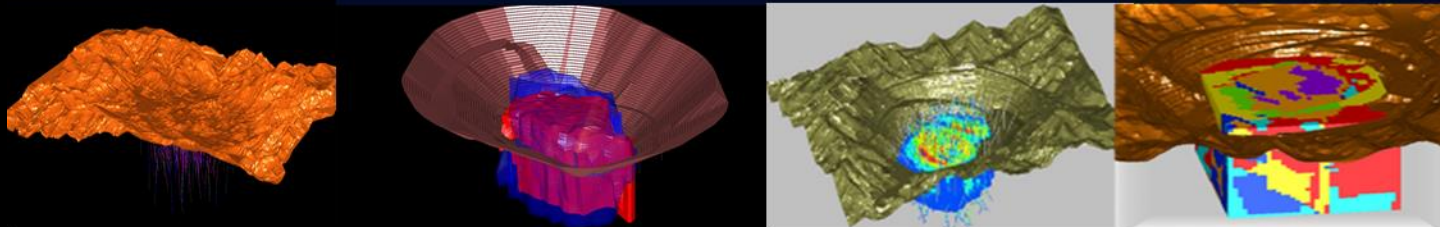
SEMINARIO LATINOAMERICANO ONLINE

“PRÁCTICAS INTERNACIONALES EN ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS MINERALES”

1° de Julio de 2021

El Modelo Geológico:
un pilar subjetivo fundamental del modelo
de recursos recuperables

Julio Bruna Novillo – AusIMM CP (Geo)
Geólogo Principal Consultor – ARGENTINA



Comisión Calificadora de
Competencias en Recursos
y Reservas Mineras

