

# Análisis Estadístico Modelo de Bloques Mina

Emmanuel Herrera Flores

Marzo del 2020

- **OBJETIVO**
  - **EXPLORACIÓN DESCRIPTIVA**
    - Cobre Residual
    - Exploración por Categoría
  - **EXPLORACION GRÁFICA**
    - Exploración con Datos Filtrados
    - Exploración 3D del Recurso

# OBJETIVO

El presente estudio tiene como objetivo el mapeo los niveles de leyes de cobre asociados a diferentes unidades geometalúrgicas y zonas del yacimiento, lo anterior servira como apoyo al proceso de planificación de producción del yacimiento.

# EXPLORACIÓN DESCRIPTIVA

A continuación se exploran las principales características de los datos:

Se puede apreciar que existen 15 variables con aproximadamente 8.7 millones de datos por cada una. Adicionalmente se indican los nombres de cada una de las variables, las cuales son todas numéricas.

X	Y	Z	Rock.Type
Min. :373998	Min. :7434798	Min. : 682.50	Min. : 1.000
1st Qu.:374803	1st Qu.:7435438	1st Qu.: 777.50	1st Qu.:10.000
Median :375145	Median :7435769	Median : 872.50	Median :11.000
Mean : 375146	Mean :7435783	Mean : 879.46	Mean : 9.515
3rd Qu.:375505	3rd Qu.:7436118	3rd Qu.: 972.50	3rd Qu.:11.000
Max. : 376275	Max. :7436954	Max. :1222.50	Max. :12.000
Density	Percent	CUT	RSOL
Min. :2.6390	Min. : 0.001	Min. :0.000000	Min. :0.000000
1st Qu.:2.6450	1st Qu.:100.000	1st Qu.:0.000000	1st Qu.:0.000000
Median :2.6450	Median :100.000	Median :0.000000	Median :0.000000
Mean : 2.6663	Mean : 99.013	Mean : 0.032768	Mean : 0.057337
3rd Qu.:2.7110	3rd Qu.:100.000	3rd Qu.:0.000000	3rd Qu.:0.000000
Max. : 2.7190	Max. :100.000	Max. :6.497000	Max. :1.000000
CAT	CA	CUS_CN	CUS_MP
Min. :0.00000	Min. : 0.0000	Min. :0.0000000	Min. :0.000000
1st Qu.:0.00000	1st Qu.: 0.0000	1st Qu.:0.0000000	1st Qu.:0.000000
Median :0.00000	Median : 0.0000	Median :0.0000000	Median :0.000000
Mean : 0.23712	Mean : 4.8901	Mean : 0.0056031	Mean : 0.024014
3rd Qu.:0.00000	3rd Qu.: 0.0000	3rd Qu.:0.0000000	3rd Qu.:0.000000
Max. : 4.00000	Max. :127.5000	Max. :3.4190000	Max. :5.263000
CUS_OK	R_CUCN	R_MP	
Min. :0.00000	Min. : 0.000000	Min. :0.000000	
1st Qu.:0.00000	1st Qu.: 0.000000	1st Qu.:0.000000	
Median :0.00000	Median : 0.000000	Median :0.000000	
Mean : 0.01841	Mean : 0.018561	Mean : 0.075906	
3rd Qu.:0.00000	3rd Qu.: 0.000000	3rd Qu.:0.000000	
Max. : 5.26300	Max. : 0.866000	Max. :1.000000	

La tabla anterior muestra el resumen estadístico por variable, en la cual se reportan los siguientes estadísticos:

- Valor mínimo (Min.).
- Primer cuartil (1st Qu.), indica que el 25% de los datos es menor o igual al valor reportado.
- Mediana (Median), indica que el 50% de los datos es menor o igual al valor reportado.
- Media (Mean), indica el promedio de los datos.
- Tercer cuartil (3rd Qu.), indica que el 75% de los datos es menor o igual al valor reportado.
- Valor Maximo (Max.).

En complemento a lo anterior, a continuación se muestra la desviación estándar por variable:

## Cobre Residual

El cobre residual se define como "CUT - CUS\_OK - CUS\_CN" el cual debe ser siempre mayor o igual a cero. A forma de verificar la existencia (o no) de valores de cobre residual menores que cero (lo cual correspondería a errores en el modelo de bloques), se procedió a verificar la existencia de valores negativos para la variable antes indicada.

Se observa la existencia de 50 observaciones negativas correspondientes a la variable CU\_RES\_r (cobre residual=CUT - CUS\_OK - CUS\_CN). Adicionalmente se muestran las variables utilizadas en el cálculo (CUT, CUS\_OK, CUS\_CN) y el número de fila correspondiente (row\_id).

## Exploración por Categoría

Desde la base de datos original se seleccionaron las variables CAT y Rock.Type como categorías, con el propósito de evaluar el comportamiento de las variables CUT, CUS\_CN y CUS\_OK en función de estos factores. El análisis realizado se puede observar a continuación:

La estadística por categoría CAT (5 niveles de "0" a "4") nos muestra que el 90.85% de los datos tiene un promedio de CUT (CUT\_Media) igual a 0.001, es decir, el nivel "0" de la variable CAT contiene en su mayoría mineral estéril. Adicionalmente en la tabla se incluye el n° de obs. (n) y Porcentaje (%) por categoría, CUS\_CN (CUS\_CN\_Media) y CUS\_OK (CUS\_OK\_Media).

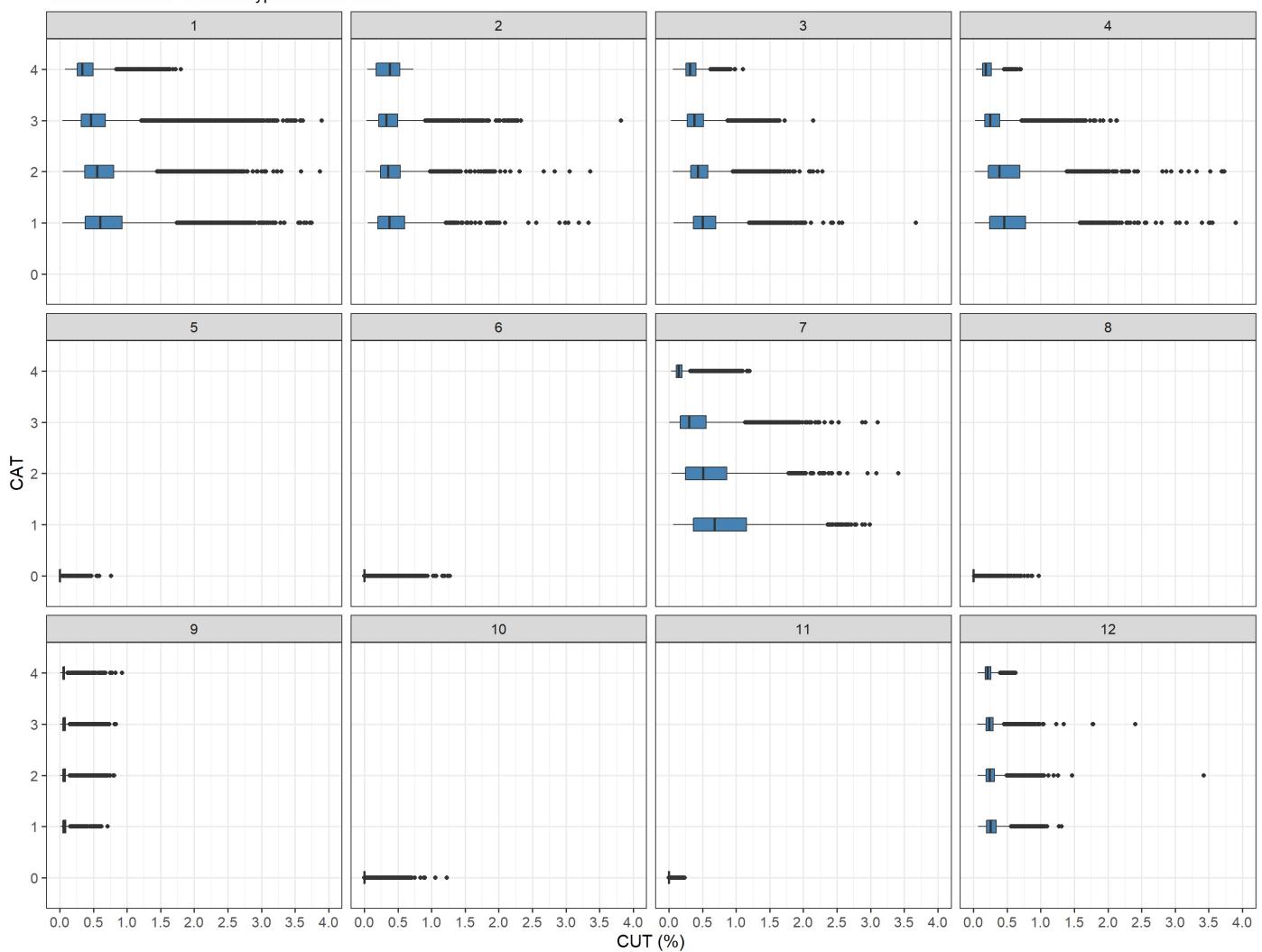
Al igual que para la variable CAT, la estadística por Rock.Type nos muestra los tipos de roca cuyos valores de CUT son cercanos a cero (estéril), los cuales se identifican con los niveles n° 5, 6, 8, 9, 10 y 11.

## EXPLORACION GRÁFICA

A continuación se aprecian una serie de gráficas que nos entregan información adicional de las distribuciones de los datos:

## CUT por CAT y Rock.Type

CAT: niveles 0 al 4. Rock.Type: niveles 1 al 12



En la gráfica se puede apreciar el comportamiento de la variable CUT por CAT y Rock.Type, en esta se comprueba lo indicado en las tablas anteriores en donde se observa que los Rock.Type n°s 5, 6, 8, 9, 10 y 11 son los que reportan los CUT mas bajos y que, a excepción del rock.Type n°9, pertenecen en su totalidad al CAT "0".

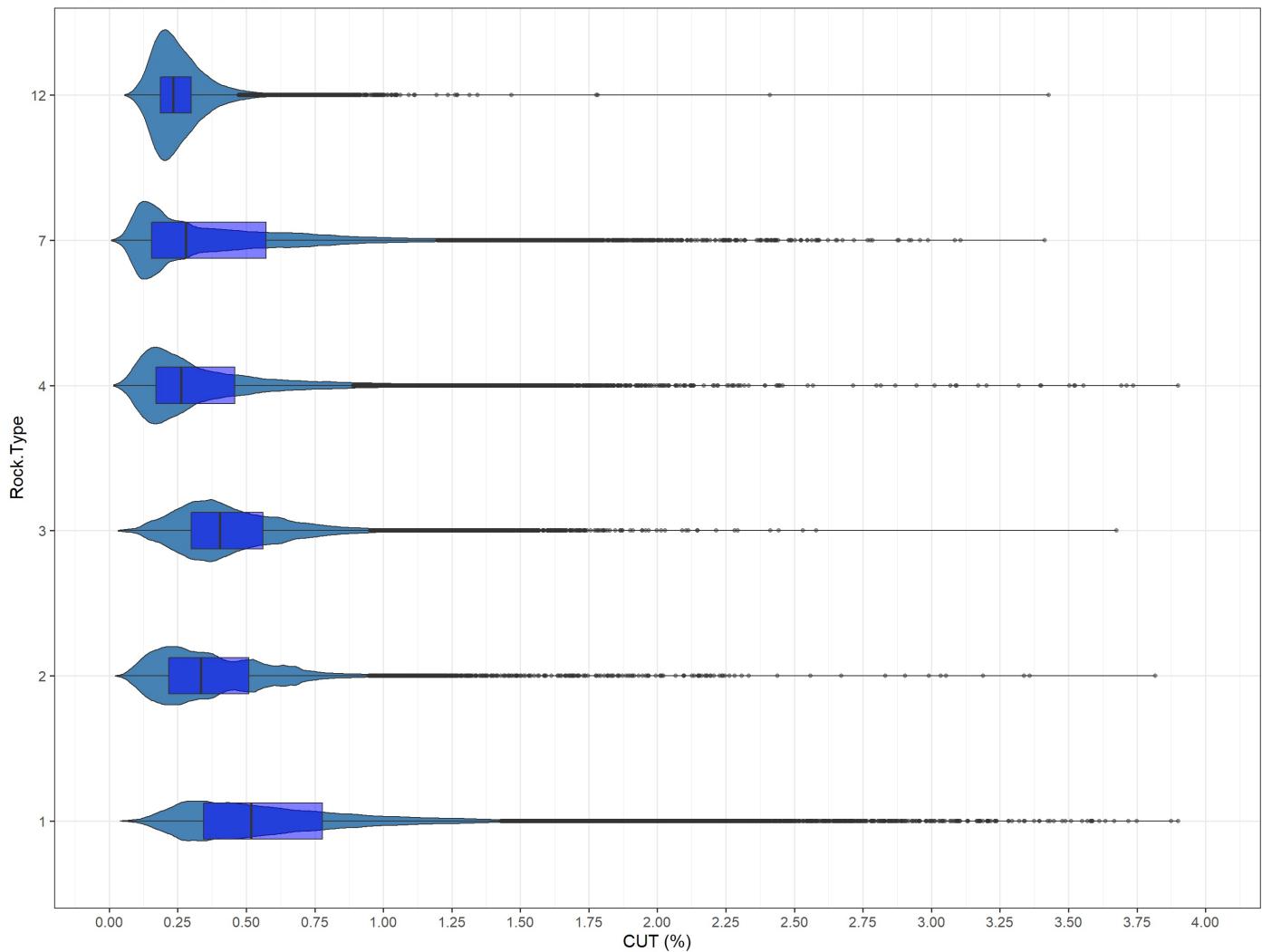
## Exploración con Datos Filtrados

Para efectos de visualizar las observaciones con valores relevantes de CUT, se filtraron las observaciones correspondientes a los Rock.Types n° 5, 6, 8, 9, 10 y 11.

Las gráficas para los datos filtrados se muestran a continuación:

## CUT por Rock.Type

Rock.Type n°: 1, 2, 3, 4, 7 y 12



En la gráfica anterior (violín + boxplot) se muestra la variable CUT por Rock.Type (para sus niveles 1 al 4, 7 y 12). Cabe señalar aca que el gráfico de violín (el cual es simétrico respecto al eje) nos muestra la distribución general de los datos para variables con muchos datos (como en nuestro caso), adicionalmente los boxplots son útiles para comparar diferentes estadísticos (1 cuatil, mediana y 3er cuatil) entre distribuciones.

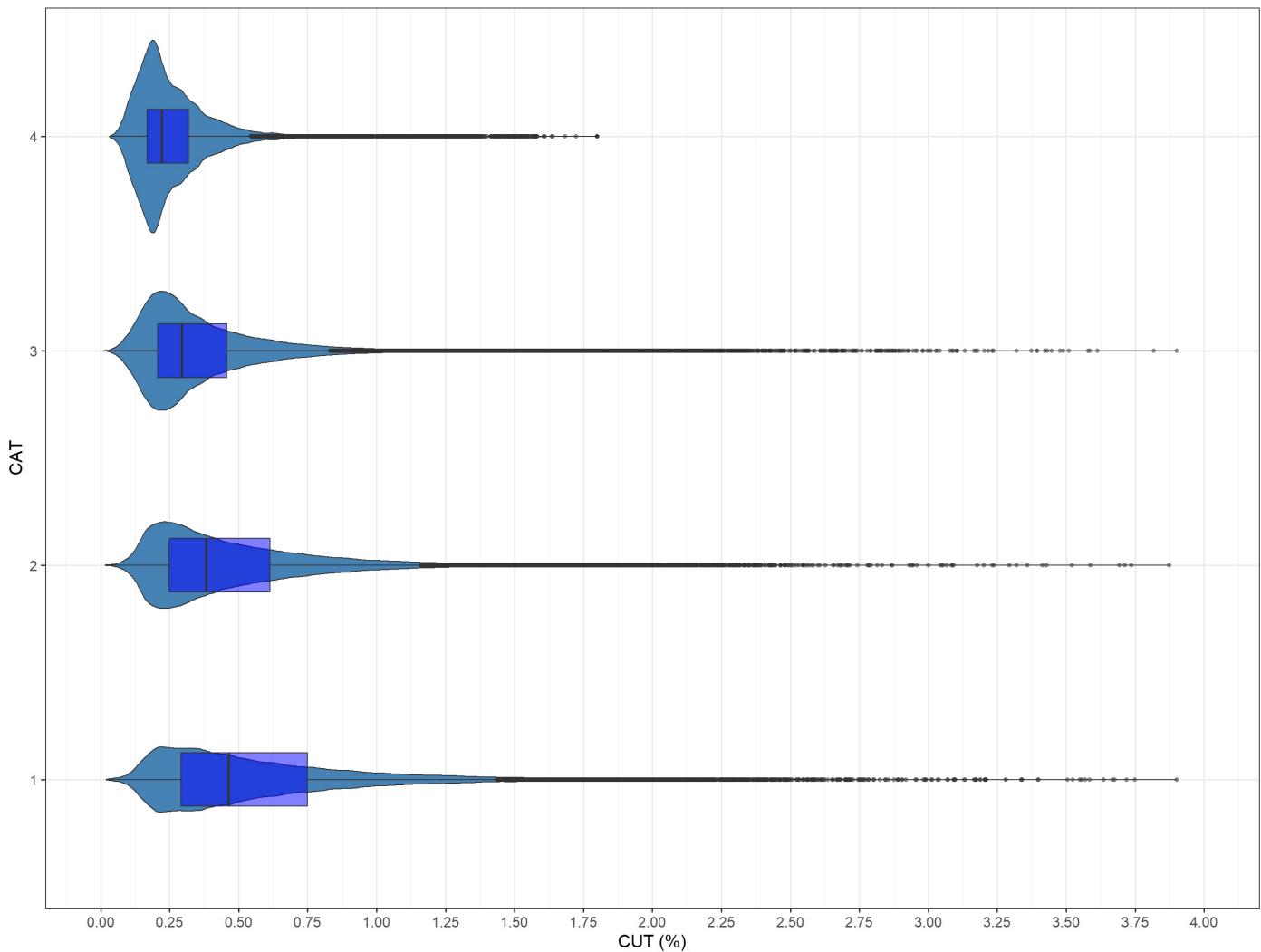
De los diferentes gráficos la principal característica observada radica en la existencia de una fuerte asimetría positiva de los datos (cola derecha de los gráficos de violín), lo cual nos indica la existencia de una gran cantidad de valores atípicos (outliers) que se reportan hacia el intervalo derecho de los indicadores de tendencia central (media y mediana) de la variable CUT.

Los gráficos sugieren que a medida que el número de Rock.Type disminuye la mediana de estos aumenta (recta vertical central de los boxplots) así como la dispersión de los datos (reflejado en la forma plana de los gráficos de violín).

El efecto antes señalado se puede ver claramente en el gráfico del Rock.Type n°12 en el cual la mayoría de los valores de CUT estan concentrados aproximadamente alrededor de 0.2%, esto ultimo reflejado en la forma del boxplot y violin correspondiente.

## CUT por CAT

Rock.Type n°: 1, 2, 3, 4, 7 y 12 correspondientes a CAT n°: 1 al 4



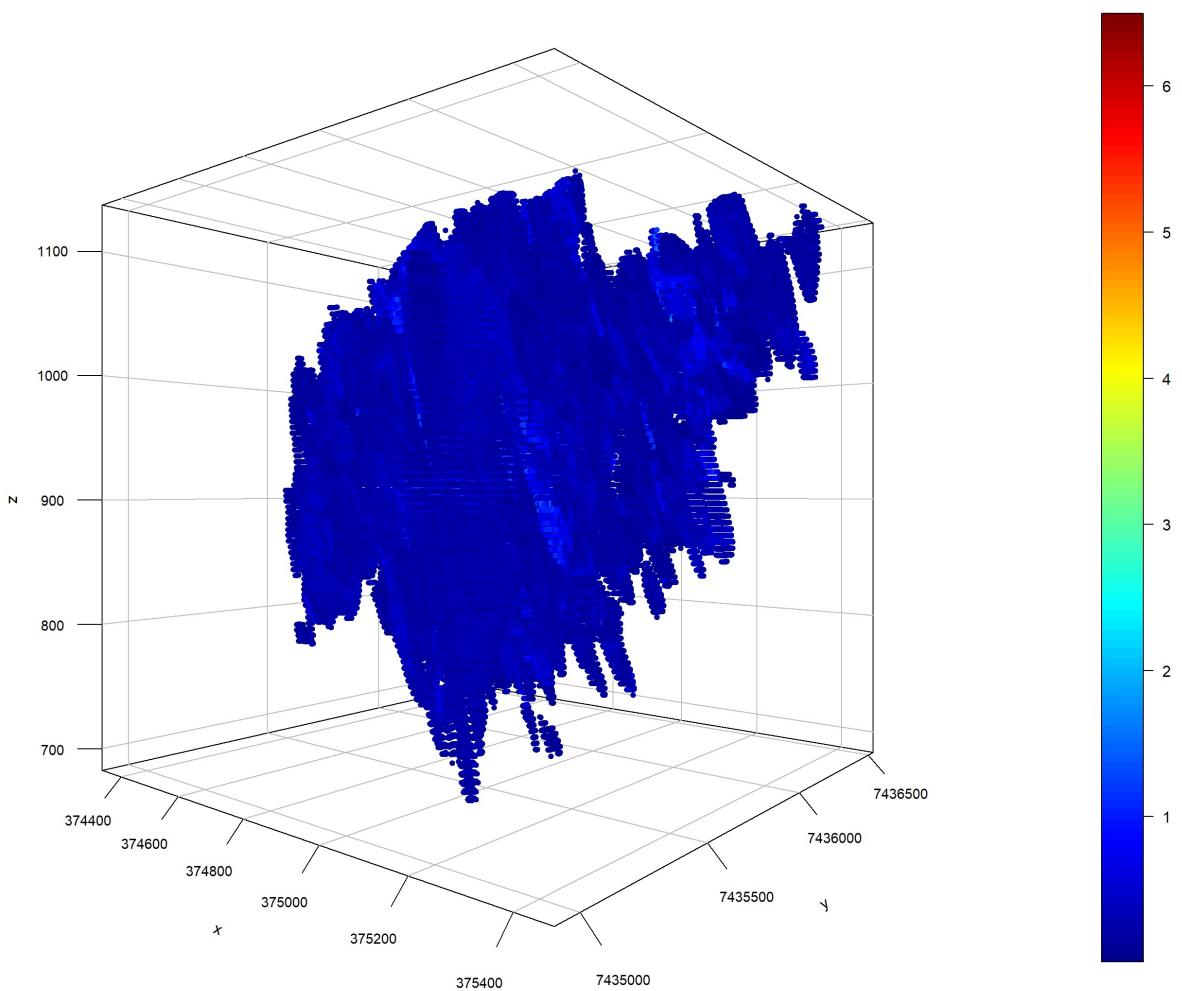
En la gráfica anterior se muestra la variable CUT por CAT (para sus niveles 1 al 4). En esta se puede observar un fenómeno similar a lo indicado en el gráfico por Rock.Type, esto es, la existencia de una asimetría positiva en todos los CAT's, así como una concentración en los valores de CUT para los CAT's mas altos, y por ende, un aumento en la mediana del CUT y en la dispersión para los CAT's mas bajos.

## Exploración 3D del Recurso

Para visualizar el recurso en formato 3D se siguió la lógica usada en los gráficos anteriores, lo que significa que se filtraron los datos correspondientes a los Rock.Types n° 5, 6, 8, 9, 10 y 11. De esta forma se pueden observar solo los datos con valoes de CUT relevantes.

Gráfico 3D para CUT

CUT (%)



Dado que la mayoría de las observaciones se concentran en el intervalo inferior de leyes, no es posible visualizar de forma clara el gradiente del recurso, dado lo anterior se decidió separar las leyes en 3 intervalos;  $\leq 0.25$ ,  $> 0.25$  y  $< 1$  y  $\geq 1$ . Los gráficos de estos intervalos se muestran a continuación:

Gráfico 3D para CUT<=0.25%

CUT (%)

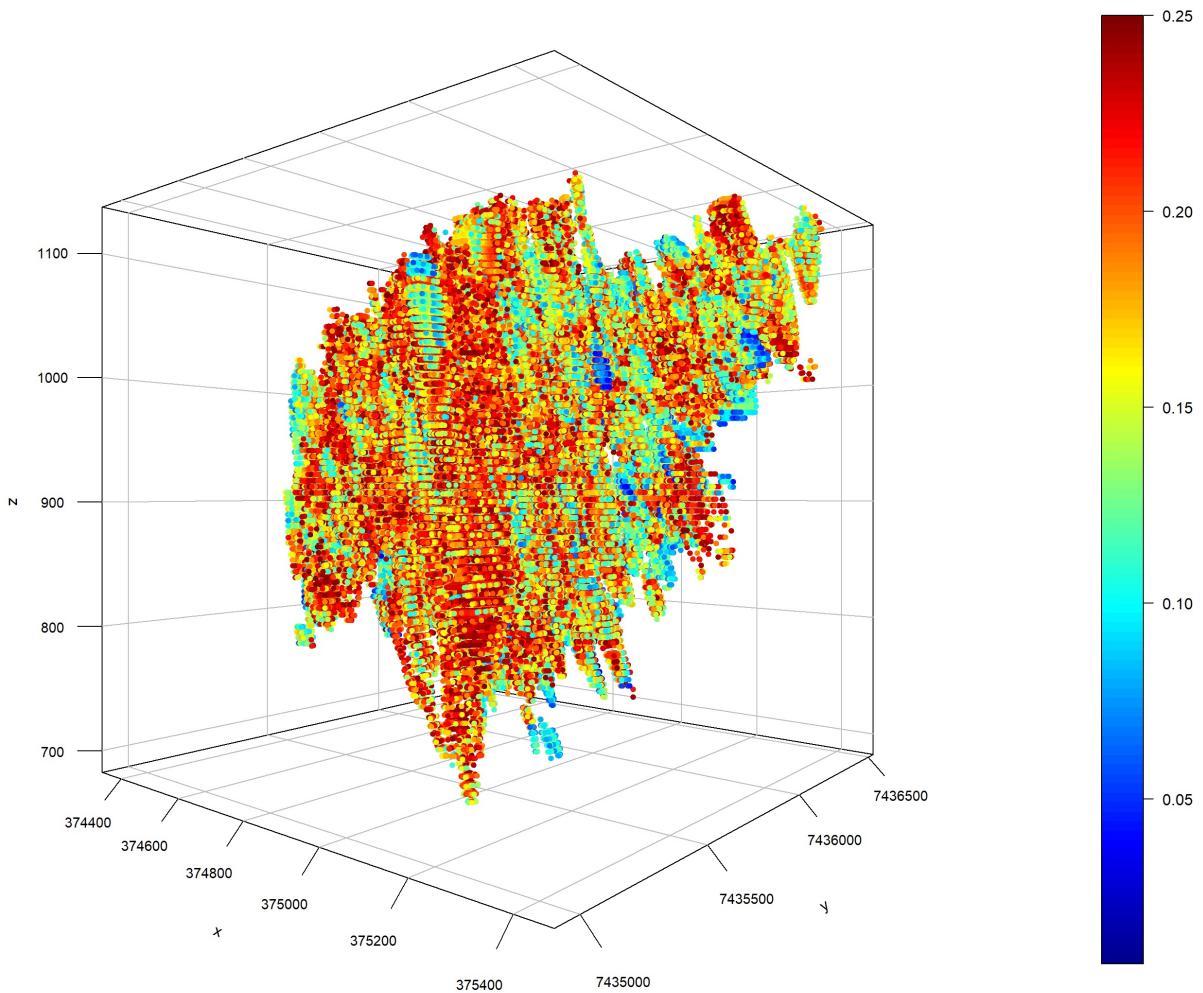


Gráfico 3D para CUT >0.25% y <1%

CUT (%)

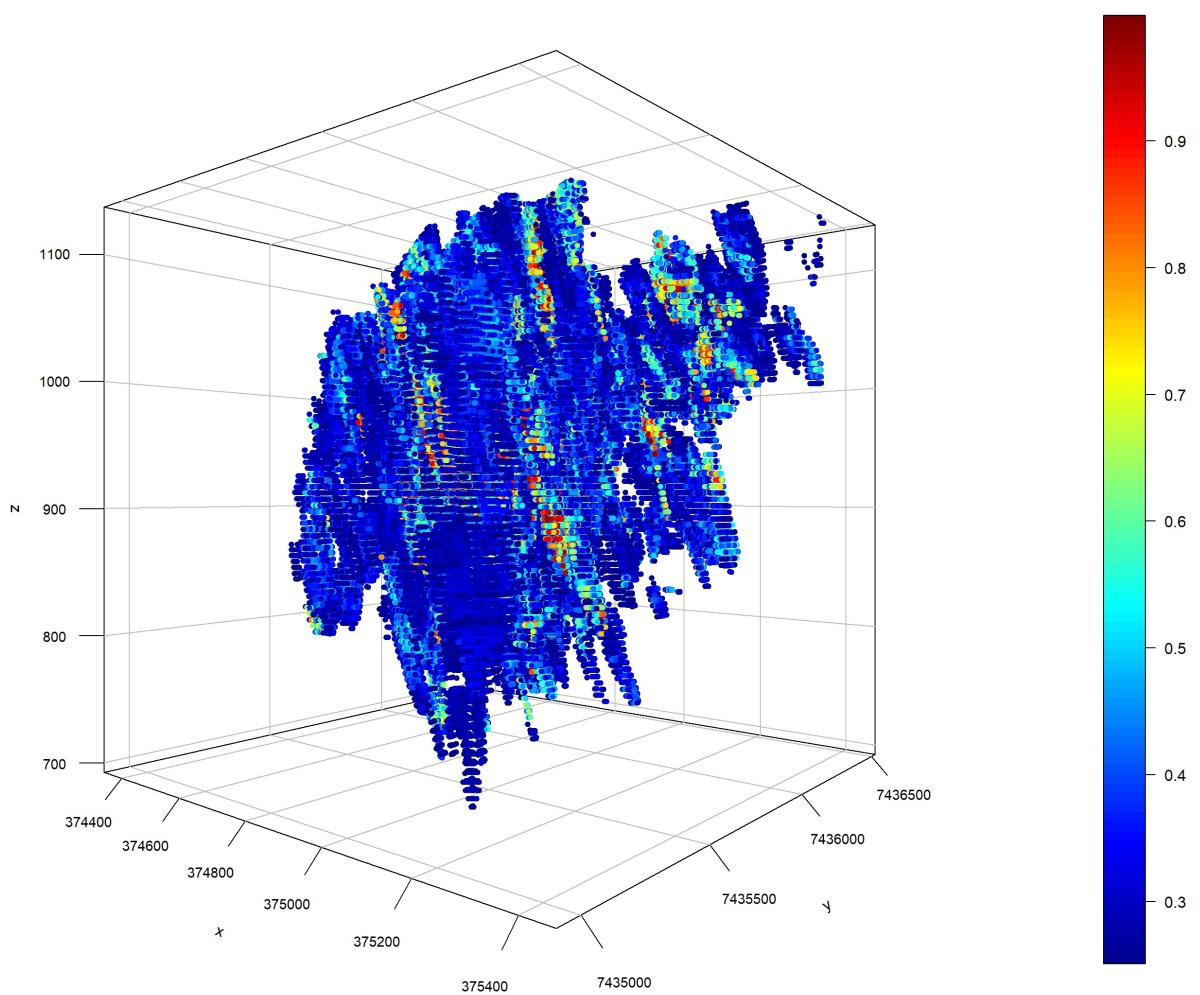


Gráfico 3D para CUT  $\geq 1\%$ 

CUT (%)

