

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERA Y
METALURGICA**



**“MODELAMIENTO GEOLÓGICO E INVENTARIO DE
RECURSOS APLICANDO ELEMENTOS DE
GEOESTADISTICA EN EL DEPOSITO DE CALIZA OESTE
- SIDER NIVIN – CASMA”**

Tesis que presenta el bachiller

JOSÉ ENRIQUE GUTIÉRREZ RAMÍREZ

Para optar el título de

INGENIERO GEOLOGO

**LIMA - PERU
FEBRERO - 2007**

INDICE

LISTADO DE FIGURAS

LISTADO DE TABLAS

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

CAPITULO I : ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Propiedad minera.....	3
1.4 Planteamiento del trabajo.....	3
1.4.1 Plan de trabajo.....	3
1.4.2 Creación de la base de datos en GEMCOM.....	4

CAPITULO II: ASPECTOS GEOGRAFICOS

2.1 Ubicación, límites y extensión.....	8
2.2 Accesibilidad.....	8
2.3 Unidad geográfica, clima y vegetación.....	9

CAPITULO III : MARCO GEOLÓGICO

3.1 Geomorfología.....	10
3.2 Estratigrafía.....	11
3.2.1 Formación Santa.....	12
3.2.2 Formación Carhuaz.....	13
3.3 Rocas intrusivas – Batolito de la Costa.....	14
3.4 Características geológicas del Depósito Oeste	15

3.4.1 Clasificación Petrográfica del Depósito Oeste	15
3.4.2 Geología estructural del Depósito Oeste.....	22

CAPITULO IV: MODELAMIENTO GEOLÓGICO

4.1 Metodología de trabajo.....	24
4.1.1 Metodología del mapeo geológico.....	27
4.1.2 Metodología del muestreo.....	27
4.2 Creación del modelo 3D de los afloramientos geológicos en GEMCOM (Clipping).....	28
4.3 Creación del modelo geológico Trdidimensional del Depósito Oeste	30
4.3.1 Criterio geológico.....	30
4.3.2 Creación del modelo geológico Tridimensional a partir de secciones verticales en GEMCOM.....	33

CAPITULO V: COMPOSITACION

5.1 Composición.....	36
5.2 Creación de compositos en GEMCOM a partir de muestreos.....	36
5.3 Estadística de la longitud de los muestreos.....	37

CAPITULO VI: ESTADÍSTICA

6.1 Estadística descriptiva.....	42
6.1.1 Densidad de probabilidad.....	44
6.1.2 Distribución de leyes en el Depósito Oeste.....	45
6.1.2.1 Distribución de leyes en el Depósito Oeste “Zona Pobre”	49
6.1.2.2 Distribución de leyes en el Depósito Oeste “Zona Rica”.....	52
6.2 Correlación entre elementos y/o compuestos químicos. en el Depósito Oeste	56

CAPITULO VII: GEOESTADISTICA

7.1 El análisis geoestadístico.....	60
7.2 Variable regionalizada.....	61
7.2.1 Función Aleatoria.....	61

7.3 El Semivariograma.....	62
7.3.1 Calculo del variograma.....	63
7.4 Calculo de los variogramas direccionales del Depósito Oeste.	64
7.5 Modelamiento de los variogramas direccionales.....	66
7.6 Determinación del elipsoide de influencia.....	73

CAPITULO VIII: MODELO DE BLOQUES

8.1 Modelo de bloque.....	76
8.1.1 Tamaño del bloque a usar.....	77
8.1.2 Construcción del modelo de bloque en GEMCOM.....	77
8.2 Delimitación geométrica del yacimiento.....	80

CAPITULO IX: ESTIMACION DE RECURSOS

9.1 Clasificación de recursos.....	81
9.1.1 Recursos medidos.....	82
9.1.2 Recursos indicados.....	83
9.2 El krigeage.....	83
9.2.1 El krigeage ordinario.....	85
9.2.2 Consideraciones importantes del Krigeaje.....	89
9.4 Generación de reportes de volumen, tonelaje y ley.....	92

CAPITULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Conclusiones.....	95
10.2 Recomendaciones.....	98

BIBLIOGRAFÍA.....	100
--------------------------	------------

ANEXOS

- A Listado de Muestras analizadas.
- B Planos de recursos medidos secciones horizontales.
- C Planos de secciones geológicas verticales.
- D Anexos Fotográficos

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Limites de la concesión Sider Nivin 1 (C. Pérez, 2005).....	3
Figura 2: Distribución climática de los Cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras (según Sánchez, Molina y Gutiérrez, 1995).....	9
Figura 3: Mapa Geomorfológico de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras (según Sánchez, Molina y Gutiérrez, 1995).....	10
Figura 4: Secuencia del Grupo Goyllarisquizga en los cuadrángulos de Casma y Culebras (Sánchez, Molina y Gutiérrez, 1995).....	12
Figura 5: Esquema de un Pliegue asimétrico.....	22
Figura 6: Metodología para el modelamiento geológico e inventario de recursos (S.W. Houlding,2001).....	26
Figura 7 A y B: Plano Geológico y de muestreos Depósito Oeste.....	27
Figura 8: Vista Isométrica - Clipping de los afloramientos litológicos en el Sector Oeste de la mina Sider Nivin.....	30
Figura 9: Vista Isométrica - Modelo Geológico del Depósito Oeste de la mina Sider Nivin.....	35
Figura 10: Distribución Estadística de la longitud de los muestreos.....	38
Figura 11: Frecuencia acumulada de la longitud de los muestreos.....	39
Figura 12: Curva de probabilidad de la longitud de los muestreos.....	40
Figura 13: Histograma normal de frecuencia relativa del CaCO ₃ en la litología CAL.....	47
Figura 14: Histograma normal de frecuencia acumulada del CaCO ₃ en la litología CAL.....	47
Figura 15: Histograma normal de frecuencia relativa del CaCO ₃ en la “Zona Pobre”.....	51
Figura 16: Histograma normal de frecuencia acumulada del CaCO ₃ en la “Zona Pobre”.....	51
Figura 17: Histograma normal de frecuencia relativa del CaCO ₃ en	

la “Zona Rica”.....	54
Figura 18: Histograma normal de frecuencia acumulada del CaCO ₃ en la “Zona Rica”.....	55
Figura 19: Nube de correlación CaCO ₃ (%) Vs S (%) en la “Zona Pobre”.....	57
Figura 20: Nube de correlación CaCO ₃ (%) Vs SiO ₂ (%) en la “Zona Pobre”.....	58
Figura 21: Nube de correlación CaCO ₃ (%) Vs Mg (%) en la “Zona Pobre”.....	58
Figura 22: Parámetros variográficos (H. Bermabe, 2003).....	65
Figura 23: Variograma de Modelo Esférico.....	67
Figura 24: Variograma de Modelo Exponencial.....	68
Figura 25: Variograma direccional Este – Oeste “Zona Pobre”.....	70
Figura 26: Variograma direccional Norte – Sur “Zona Pobre”.....	70
Figura 27: Variograma direccional Cota – Altura “Zona Pobre”.....	71
Figura 28: Variograma direccional Este – Oeste “Zona Rica”.....	71
Figura 29: Variograma direccional Norte – Sur “Zona Rica”.....	72
Figura 30: Variograma direccional Cota – Altura “Zona Rica”.....	72
Figura 31: Elipsoides de influencia de la zona “Pobre” y zona “Rica” respectivamente.....	75
Figura 32: Vista en planta del modelo de bloques creado en GEMCOM.....	79

INDICE TABLAS

Tabla 1: Plan de trabajo.....	4
Tabla 2: Estructura de base de datos Drillhole o Muestreos.....	7
Tabla 3: Parámetros de códigos de roca.....	29
Tabla 4: Característica de las secciones verticales.....	32
Tabla 5: Valores del histograma para la longitud de muestreo.....	37
Tabla 6 Cuadro de distribución por intervalos de longitud de muestreo.....	38
Tabla 7 Parámetros estadísticos de longitud de muestreo.....	39
Tabla 8 Valores del Histograma para CaCO ₃ en la litología CAL.....	45
Tabla 9 Cuadro de distribución por intervalos de CaCO ₃ en la litología CAL.....	46
Tabla 10 Estadística descriptiva para CaCO ₃ en la litología CAL.....	46
Tabla 11 Límites de las zonas del Depósito Oeste.....	48
Tabla 12 Valores del Histograma para CaCO ₃ en la “Zona Pobre”.....	49
Tabla 13 Cuadro de distribución por intervalos de CaCO ₃ en la “Zona Pobre”.....	50
Tabla 14 Estadística descriptiva para CaCO ₃ en la “Zona Pobre”.....	50
Tabla 15 Estadística descriptiva (datos agrupados) del S, SiO ₂ y Mg de la “Zona Pobre”.....	52
Tabla 16 Valores del Histograma para CaCO ₃ en la “Zona Rica”.....	53
Tabla 17 Cuadro de distribución por intervalos de CaCO ₃ en la “Zona Rica”.....	53
Tabla 18 Estadística descriptiva para CaCO ₃ en la “Zona Rica”.....	54
Tabla 19 Parámetros de correlación entre elementos y/o compuestos químicos en la litología CAL.....	57
Tabla 20 Dirección de los variogramas en GEMCOM.....	64
Tabla 21 Parámetros variográficos.....	64
Tabla 22 Modelamiento de los variogramas direccionales por zona del Depósito Oeste.....	69
Tabla 23 Variogramas de máximo alcance en las zonas “Pobre” y “Rica” del Depósito Oeste.....	73
Tabla 24 Parámetros del elipsoide de influencia en las zonas del Depósito Oeste.....	74

Tabla 25	Parámetros para la creación del modelo de bloques en GEMCOM.....	78
Tabla 26	Reporte de recursos medidos e indicados por zona del Depósito Oeste.....	93
Tabla 27	Características Secciones Horizontales.....	94

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo es proponer criterios para combinar la información geológica con los métodos geoestadísticos. De esta manera se obtendrá una metodología que permita evaluar los recursos de un yacimiento de caliza de alta ley de CaCO_3 de manera confiable y sistematizada.

El estudio geológico mediante mapeo de afloramientos, muestreo superficial y taladros de perforación en estratos del Depósito Oeste, demuestra la existencia de caliza con diferentes contenidos de CaCO_3 , intercalados con material estéril.

Para una mejor aplicación de las técnicas geoestadísticas se ha subdividido al Depósito Oeste en dos zonas. La zona “Rica” posee leyes más altas y menor intrusión de cuerpos plutónicos con respecto a la zona “Pobre” del Depósito Oeste. Además de las razones geológicas también se ha considerado la homogeneidad del soporte y la densidad de muestreo (desagrupamiento de la información).

Se han cubicado recursos medidos de alta ley (mayor a 89% de CaCO_3) por el orden de 547,222.5 Toneladas y 523,935 Toneladas de recursos indicados de alta ley (mayor a 89% de CaCO_3) estas han sido ubicadas en los dos sectores del Depósito Oeste.

Para el inventario de recursos del Depósito Oeste se ha utilizado el software geológico – minero GEMCOM.

En las condiciones actuales, el desarrollo de una cantera en el Depósito Oeste es factible desde el punto de vista técnico al contar con los recursos y la maquinaria necesaria. Por lo tanto, es recomendable se realice un estudio de factibilidad económica antes de efectuar la inversión para la explotación del Depósito Oeste.

**Dedico este trabajo a Rosa Viteri
Ruiz, mi madre, por todos los años
de cariño y comprensión recibidos**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ingeniero José Willstatter, gerente de Ingeniería y Medio Ambiente de SIDERPERU SAA, por el apoyo brindado en la elaboración de este trabajo. A la empresa SIDERPERU SAA por promover el desarrollo a partir de la investigación. Al Ingeniero Carlos Pérez por sus sabios consejos y enseñanzas. Al Ingeniero Jorge Paredes, Magíster Atilio Mendoza y al Doctor Rolando Carrascal por la guía, apoyo y asesoría en el presente trabajo. A la empresa ERSI 4D SAC, por haber proporcionado los medios tecnológicos necesarios para la elaboración de este trabajo.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

La empresa SIDERPERU SAA, ha venido trabajando en la cantera de caliza Sider Nivin desde el año 1999. La complejidad de la industria siderúrgica y el hecho de depender de materias primas confiere un carácter minero a esta fábrica, en la que el mineral procesable se denomina crudo, que normalmente se obtiene por un proceso de mezcla de diferentes materias primas. La geología aplicada a la industria no metálica debe utilizar, por tanto, bases metodológicas similares a las que se aplican en otras investigaciones mineras. Una cantera de materias primas para una industria siderúrgica es una mina.

SIDERPERU consume anualmente un promedio de 90, 000 TM de caliza con una ley promedio de 89% de CaCO_3 .

Actualmente el Depósito de Caliza Este ha sido explotada casi en su totalidad. A medida que en este depósito se ha hecho poco accesible la extracción de caliza, los costos han ido aumentando. Es por esta razón que se ha realizado una campaña de exploración geológica, modelamiento geológico tridimensional, estudio estadístico y un inventario de recursos para una futura explotación del Depósito de caliza Oeste.

Para el modelamiento geológico tridimensional, el estudio estadístico y la evaluación geoestadística se ha utilizado el software GEMCOM, ya que con el desarrollo de la informática y los avances tecnológicos, los clásicos métodos se han hecho parte de poderosos programas computacionales que facilitan las tareas

del Ingeniero Geólogo o Minero a la hora de cuantificar y cualificar el material In-Situ.

Se ha utilizado información de trabajos anteriores realizados en el Depósito de caliza Oeste (resultados de análisis de 119 muestras de trincheras y 9 muestras de afloramientos) de los muestreos realizadas en una campaña exploratoria (C. Pérez, 2000). Además de ellos se efectuó un mapeo geológico (escala 1/1000), muestreo lineal en la variante canal por puntos (118 muestras) y muestreo de taladros de perforación (10 perforaciones).

El estudio geológico mediante mapeo y muestreo de perforación, canales y trincheras, muestra que existe caliza en estratos con diferentes contenidos de CaCO_3 , intercalados con material estéril. Se ha tomado en cuenta para la clasificación de las leyes de CaCO_3 (%) los siguientes rangos: mayor igual a 0 y menor que 80 (ley baja), mayor igual a 80 y menor que 89 (ley media) y mayor igual que 89 y menor igual a 100 (ley alta).

1.2 Objetivos

El presente estudio tiene los siguientes objetivos:

Determinar la cantidad y la calidad de los recursos de caliza que posee el Depósito de Caliza Oeste.

Confeccionar un modelo geológico tridimensional del yacimiento que facilite la futura explotación de la Cantera Oeste.

Realizar el inventario de recursos aplicando elementos de geoestadística en el Depósito de Caliza Oeste.

Mostrar los pasos necesarios para poder realizar una estimación de recursos y su secuencia. La metodología de evaluación es una adaptación de la metodología LaFarge para evaluación de depósitos de caliza presentado en el Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras (M. Bustillos, Pag. 564 – 583) y de S.W. Houlding (2003).

Demostrar que poseo las habilidades y conocimientos para obtener el título de Ingeniero Geólogo.

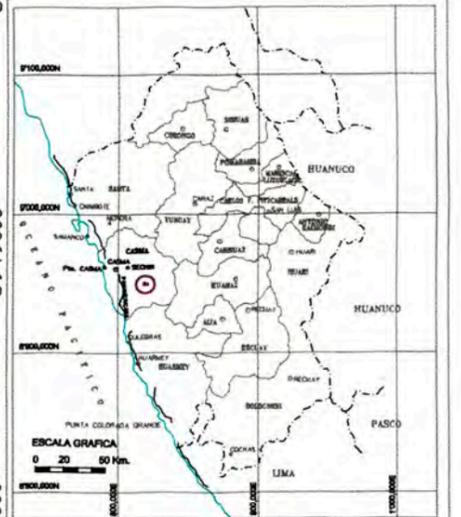
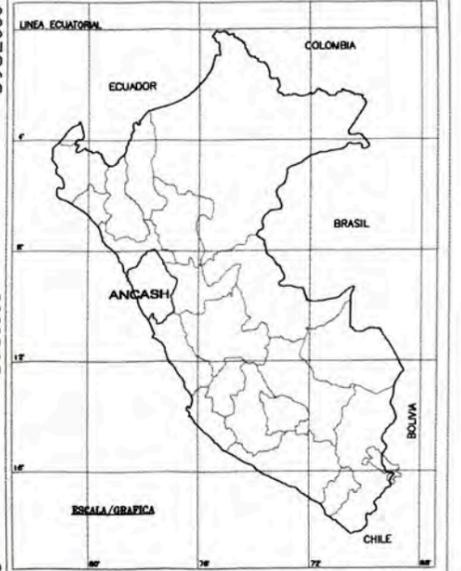
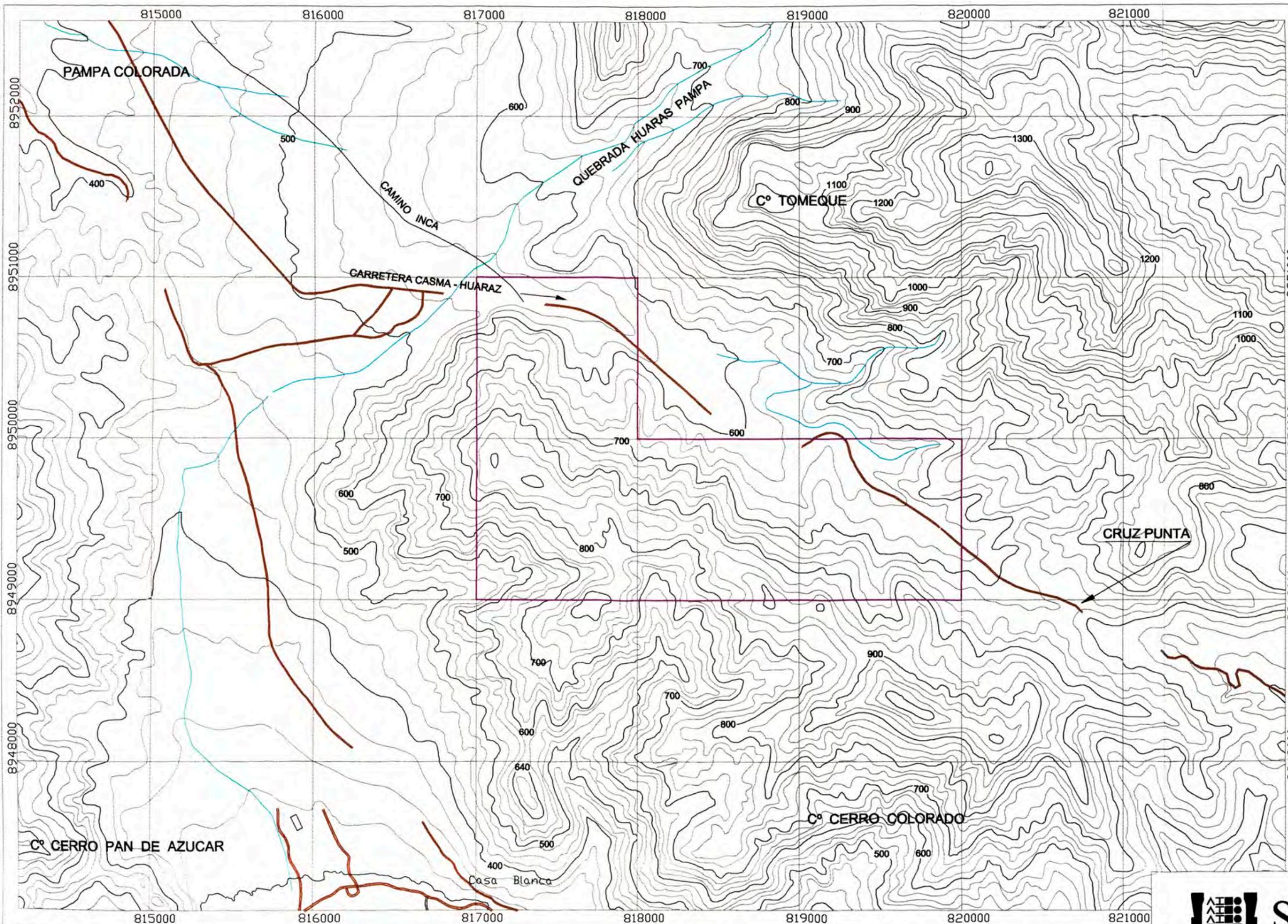
1.3 Propiedad minera

La concesión minera NIVIN 1 pertenece a la empresa SIDERPERU SAA desde el año 1999, esta concesión cuenta con 400 Hectáreas de área (Fig. 1).

1.4 Planteamiento del trabajo

1.4.1 Plan de trabajo

El presente trabajo ha consistido en cuatro partes, estas pueden ser observadas en la Tabla 1



LEYENDA	
	CONCESION NIVIN 1
	CARRETERA, CAMINOS

CUADRO DE COORDENADAS NIVIN 1			
VERTICE	NORTE	ESTE	DISTANCIA
V1	8951000.00	817000.00	
V2	8951000.00	818000.00	1000.00
V3	8950000.00	818000.00	1000.00
V4	8950000.00	820000.00	2000.00
V5	8949000.00	820000.00	1000.00
V6	8949000.00	817000.00	3000.00
V1	8951000.00	817000.00	2000.00
AREA (Ha) :		400.00	
PERIMETRO (m) :		10,000.00	



SIDERPERU
GEOLOGIA E INGENIERIA

PROYECTO SIDER NIVIN 1

PLANO DE UBICACION

Revisado : Ing. Carlos Pérez G.

Escala : 1 : 20,000

Aprobado : Ing. Jose Willstätter V.

Fecha : Agosto 2005

PLANO Nº 1

ACTIVIDADES
1.- RECOPIACION DE LA INFORMACION EXISTENTE
2.- TRABAJO DE CAMPO
2.1.- Cartografiado geológico
2.2.- Muestreo
3.- TRABAJO DE GABINETE
3.1.- Análisis químico de las muestras recolectadas
3.2.- Elaboración del plano geológico y de las secciones verticales
3.3.- Trabajo en el software GEMCOM
3.3.1.- Elaboración de la base de datos
3.3.2.- Elaboración de la topografía 3D
3.3.3.- Elaboración del clipping
3.3.4.- Elaboración de la interpretación y modelamiento geológico
3.3.5.- Calculo del composito
3.3.6.- Análisis Estadístico
3.3.7.- Análisis Geoestadístico
3.3.8.- Elaboración del modelo de bloques
3.3.9.- Calculo del Inventario de recursos utilizando el krigearje Ordinario
3.4.- Redacción de la tesis
4.- CORRECCION Y SUSTENTACIÓN
4.1 Corrección de la tesis por parte de los asesores.
4.2 Sustentación de la tesis

Tabla 1 Plan de trabajo

1.4.2 Creación de la base de datos en GEMCOM

La base de datos o Workspace en GEMCOM, consta de 6 tablas y cada una de ellas están compuestas por diferentes campos. El único campo que aparece en todas las tablas es HOLE-ID, es la llave primaria o campo que entrelaza todas las tablas.

Definiremos los tipos principales de datos que pueden ser ingresados en GEMCOM.

String .- Representa a un texto puede ser hasta de 256 caracteres.

Real .- Representa a un número real.

Angle .- Representa a un ángulo en grados sexagesimales.

Integer .- Representa a un número entero.

Double .- Representa a un número real de doble precisión.

Date .- Representa una fecha.

Time.- Representa una medida de tiempo.

3D Coordinate .- Representa las coordenadas Norte, Este y Cota. El GEMCOM utiliza estas coordenadas para marcar la ubicación exacta de los puntos.

En la Tabla 2, podemos observar los cuadros, los campos, los tipos y la descripción de cada campo que conforma a un workspace Drillhole o base de datos de los muestreos.

TABLAS	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCION
HEADER	HOLE – ID	String	Número del muestreo
	LOCATION	3D coordenadas	X,Y,Z Coordenadas
	LENGTH	Real	longitud del muestreo
	ZONA	String	Zona de ubicación
SURVEY	HOLE – ID	String	Número del muestreo
	FROM	Real	Inicio del muestreo
	TO	Real	Final del muestreo
	AZIMUTH	Real	Azimut de la dirección de muestreo
	DIP	Real	Buzamiento de la dirección de muestreo
ASSAY	HOLE – ID	String	Número del muestreo
	FROM	Real	Inicio del muestreo
	TO	Real	Final del muestreo
	SAMPLE_N	String	Número del dato muestreado
	CaCO3	Real	Ley de CaCO ₃ en %
	S	Real	Ley de S en %
	SIO2	Real	Ley de SiO ₂ en %
MG	Real	Ley de Mg en %	
LITOLOGIA	HOLE – ID	String	Número del muestreo
	FROM	Real	Inicio del muestreo
	TO	Real	Final del muestreo
	TIPO_ROCA	String	Tipo de roca identificada en campo
INT_LITO	HOLE – ID	String	Número del muestreo
	FROM	Real	Inicio del muestreo
	TO	Real	Final del muestreo
	CODE	Double	Código de la roca
	LITO	String	Tipo de roca proveniente de la intercepción solido - muestreos
COMPOLITO	HOLE - ID	String	Número del muestreo
	FROM	Real	Inicio del muestreo
	TO	Real	Final del muestreo
	COMP_ID	String	Número de composito
	LENGTH	Double	longitud del muestreo

	CaCO3	Real	Ley de CaCO ₃ en %
	S	Real	Ley de S en %
	SiO ₂	Real	Ley de SiO ₂ en %
	Mg	Real	Ley de Mg en %

Tabla 2 Estructura de base de datos de Drillhole o Muestras

Los registros en los cuales no existen datos se les colocó NS, para evitar que por omisión el software ponga el número cero en los campos CaCO₃, S, SiO₂ y Mg. Debido a que no todos los análisis han sido efectuados por S, SiO₂ y Mg. Solamente se ha efectuado un análisis por estos elementos en las muestras provenientes de las trincheras.

CAPITULO II

ASPECTOS GEOGRAFICOS

2.1 Ubicación, límites y extensión

La Mina Sider Nivin se encuentra ubicado en la provincia de Casma, departamento de Ancash en la Republica del Perú .

El Depósito Oeste se encuentra dentro de la concesión minera Nivin1, en el “Cerro Colorado”. El área del Depósito Oeste en la cual se realizo el trabajo de campo es de aproximadamente 60,000 metros cuadrados. El Depósito Oeste se encuentra ubicado a una altitud promedio de 800 metros sobre el nivel del mar.

2.2 Accesibilidad

El acceso a esta área es la siguiente (Fig. 1):

Planta SIDERPERU a Casma, con 58 Km. de carretera asfaltada (Panamericana Norte).

Casma a Campamento SIDER NIVIN, con 22 Km. de carretera asfaltada (Carretera Casma – Huaraz).

Campamento SIDER NIVIN a área de trabajo, con 200 metros en dirección sur oeste desde el campamento.

2.3 Unidad geográfica, Clima y Vegetación

El área se encuentra ubicada dentro de la región Yunga o Quebrada, el relieve es accidentado, con valles estrechos y quebradas profundas.

La temperatura en la estación de verano llega hasta los 30° C, mientras que en invierno la temperatura mínima es de 16° C. El área posee un clima de estepa (lluvia escasas en el verano) según clasificación de W. Copen (Boletín N° 59 Serie: Carta Geológica Nacional) (Fig. 2). La Vegetación esta compuesta de cactus y pequeños arbustos.

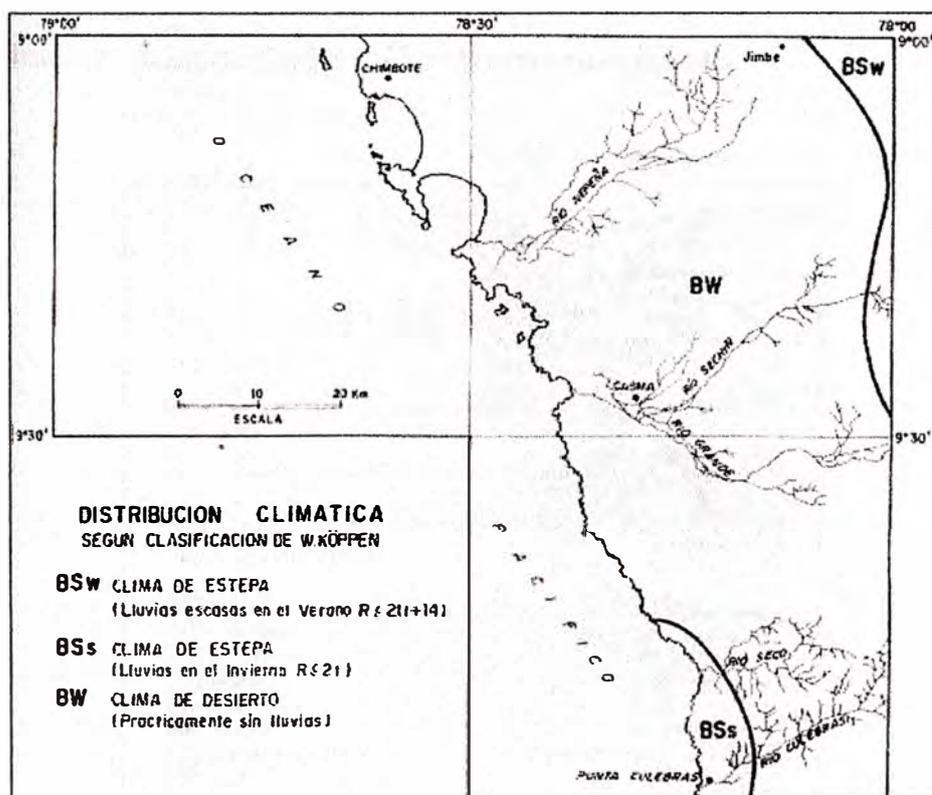


Figura 2 Distribución climática de los Cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras (Sánchez, Molina y Gutiérrez, 1995)

CAPITULO III

MARCO GEOLÓGICO

3.1 Geomorfología

El área estudiada es un promontorio rocoso constituido por rocas intrusivas y sedimentarias entre los 730 – 870 m.s.n.m., con una pendiente entre los 35° - 50°, ligeramente convexa en la cumbre. Esta zona es una estribación de la cordillera occidental como se muestra en la figura 3.

Esta limitada por la carretera a Huaraz y una quebrada hacia el noroeste. Encontramos depósitos de escombros en algunos sectores del Depósito Oeste, principalmente en las pequeñas quebradas que se existentes.

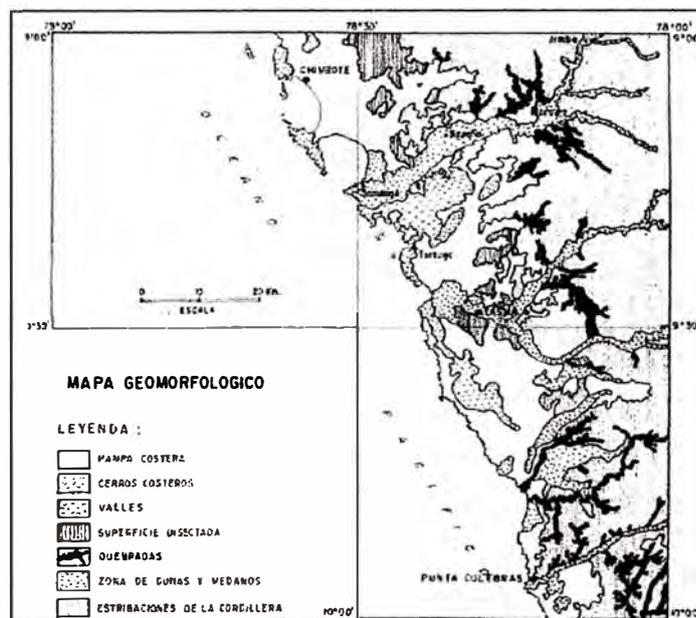


Figura 3 Mapa Geomorfológico de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras (Sánchez, Molina y Gutiérrez, 1995)

3.2 Estratigrafía

La sedimentación Cretácica tuvo lugar en cuencas y cubetas controladas por movimientos oscilatorios verticales a lo largo de fallamientos longitudinales heredados de la tectónica Hercínica y de movimientos Nevadianos que separan bloques levantados y hundidos.

Durante el Cretáceo inferior los mares fueron someros, extendiéndose desde una área positiva en el margen Oeste de la Cordillera Oriental, la misma que permanecía emergida. A lo largo del mar interior en la parte Occidental se formaron varias cuencas separadas por paleorelieves, en las que transgresiones y regresiones dieron lugar a cambios de facies horizontales.

En la parte Norte y Centro de la Cordillera Occidental el Cretácico inferior está representado por sedimentos arenosos de facies mayormente marinas del Grupo Goyllarisquizga.

En la cordillera Occidental, el Grupo Goyllarisquizga yace sobre la formación Chicama, e infrayace a las calizas Albianas de la Formación Inca y a la Formación Pariahuanca.

El Grupo Goyllarisquizga ha sido diferenciado en cuatro Formaciones, de inferior a superior: Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. (INGEMMET, 1995).

Las rocas sedimentarias que afloran pertenecen al Grupo Goyllarisquizga. La secuencia del grupo Goyllarisquizga en los cuadrángulos de Casma y Culebras se da en la columna estratigráfica (Fig. 4).

La secuencias sedimentaria esta conformada por las siguientes formaciones:

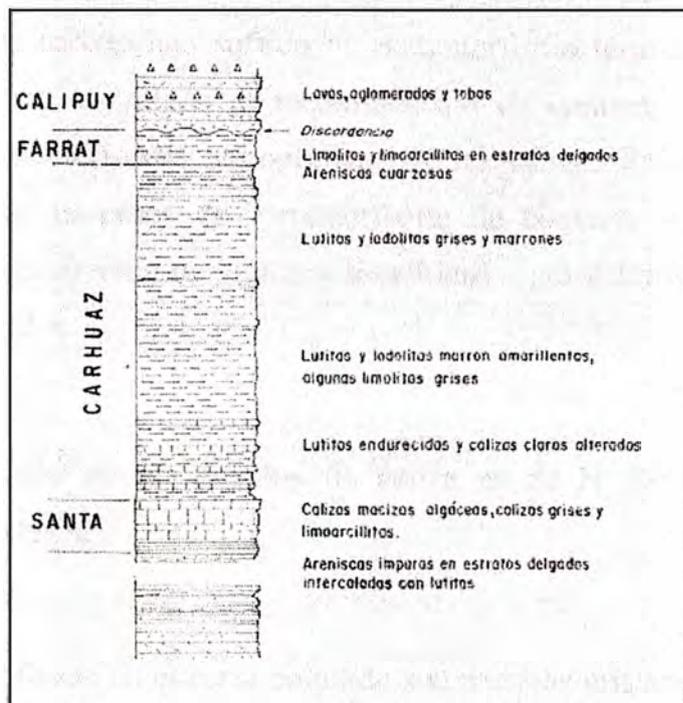


Figura 4 Secuencia del Grupo Goyllarisquizga en los cuadrángulos de Casma y Culebras (Sánchez, Molina y Gutiérrez, 1995)

3.2.1 Formación Santa

Esta formación esta compuesta por una secuencia de calizas oscuras, ha sido datada del Cretáceo Inferior.

Esta secuencia sobreyace a la formación Chimú (aunque en el área de estudio no se identificó esta formación) e infrayace concordante y en contacto transicional a la Formación Carhuaz. Esta secuencia calcárea se encuentra ocupando el núcleo del anticlinal del Cerro Colorado.

Su espesor promedio en el Cerro Colorado es de 300 metros (R. Child, 1976), no obstante debido a la intrusión del Batolito y al emplazamiento de cuerpos subvolcánicos las calizas han sufrido un metamorfismo térmico y silicificación por metasomatismo vinculado al metamorfismo de contacto. La composición química y las características petrográficas de las calizas hacen que sean muy susceptibles a los procesos de metamorfismo de contacto y deformación en respuesta al emplazamiento de plutones tonalíticos – granodioríticos y a cuerpos subvolcánicos ácidos.

El rumbo promedio de los estratos de caliza es de N 37° O y poseen un buzamiento subvertical.

Las calizas que afloran en el cerro Colorado son macizas gris azulas en algunos sectores podemos observar piritita y calcopiritita producto del metamorfismo de contacto. Estas calizas se encuentran intercaladas con estratos delgados de lutitas grises oscuras.

3.2.2 Formación Carhuaz

Benavides V. (1956) denominó Formación Carhuaz a una secuencia limoarcillítica, datada entre el Hauteriviano al Aptiano perteneciente al Cretáceo Inferior. Esta secuencia sobreyace de forma concordante a la Formación Santa. La

característica más notoria en la mayoría de afloramientos es su relieve moderado a suave que generalmente toma una coloración marrón oscura a gris marrón.

Su espesor en el área de estudio es de 50 metros. En algunos sectores encontramos lavas de color verde de composición andesítica.

Debido al emplazamiento de cuerpos subvolcánicos se han producido diversos procesos de alteración y metamorfismo en la secuencia limo arcillosa, como son la silicificación, la que produce un endurecimiento de la roca por el aumento de la sílice en su composición. Además hemos observado una alteración argílica en las rocas intrusivas, principalmente arcillas reemplazando a las plagioclasas.

El rumbo promedio de los estratos de lutita es de N 40° O y poseen un buzamiento subvertical.

3.3 Rocas Intrusivas - Batolito de la Costa

Las rocas intrusivas que afloran en el área pertenecen al Batolito de la Costa, este Batolito forma parte de los plutones circum pacíficos del Cretácico superior al Paleógeno que han sido mapeos en el Perú por diversos autores (Jenks, 1948, Cobbing y Pitcher 1972).

En el Perú el Batolito se encuentra paralelo a la Cordillera Occidental de los Andes y se presenta como un afloramiento casi continuo, desde Trujillo en el Norte hasta Ocoña en el Sur, a lo largo de 1100 Km., continúa como cuerpos aislados irregulares tanto al Norte como al Sur.

En el área de estudio se ubica dentro del segmento Lima que tiene 400 Km desde Chimbote a Lima. La litología varía de cuarzomonzogranito a diorita en la zona de Buenavista – Yautan.

Las rocas son cuarzomonzonitas principalmente y cortan a las secuencias sedimentarias de la Formación Santa y Carhuaz en el Cerro Colorado. Esta unidad posee también diques andesíticos en el contacto con las rocas del Grupo Goyllarisquizga (Sánchez, Molina y Gutiérrez, 1995) y tienen un rumbo N 45° O y en algunos sectores del área de estudio los diques muestran un buzamiento de 50° SE y en otros sectores el buzamiento es casi vertical.

3.4 Características geológicas del Depósito Oeste

3.4.1 Clasificación petrográfica del Depósito Oeste

La clasificación petrográfica de las rocas que afloran en el área de estudio, han sido efectuados basándonos en los parámetros utilizados para un estudio petrográfico (macroscópico) según INGEMMET.

El suelo y el material compuesto por depósitos coluviales han sido clasificados como cuaternario y posee la clasificación CUAT para el modelamiento geológico.

Para la clasificación textural de las calizas se utilizó la clasificación propuesta por Dunhan en 1962.

Tabla de Clasificación textural macroscópica de calizas (Dunham, 1962)				
Granos inmersos en matriz de lodo calcáreo			Sin matriz de lodo calcáreo	
Textura de granos incluida: Granos sin tocarse entre si		Textura de granos sostenida: Granos tocándose entre si		Textura de granos soldados
Granos <10%	Granos >10% y <20%	Granos >20%	Granos <60%	Granos soldados entre si
Mudstone	Wakestone	Packston	Grainstone	Boundstone

DESCRIPCIÓN PETROGRAFICA 1

Denominación (posible roca original): Caliza

Clasificación para el modelamiento: CAL

Características Macroscópicas

COLOR: Gris

TEXTURA: Mudstone

DENSIDAD: Media

POROSIDAD: Baja

TIPO DE FRACTURAMIENTO: Bajo grado

GRADO DE COHESIÓN: Alto grado

REACCIÓN AL ÁCIDO CLORHÍDRICO: Efervece intensamente

OTRAS CARACTERÍSTICAS: Se observan venillas de calcita

DESCRIPCIÓN PETROGRAFICA 2

Denominación (posible roca original): Caliza silicificada con sulfuros

Clasificación para el modelamiento: CALR

Características Macroscópicas

COLOR: Gris oscuro

TEXTURA: Mudstone

DENSIDAD: Media

POROSIDAD: Baja

TIPO DE FRACTURAMIENTO: Bajo grado

GRADO DE COHESIÓN: Alto grado

REACCIÓN AL ÁCIDO CLORHÍDRICO: Efervece moderadamente

OTRAS CARACTERÍSTICAS: Se observan Pirrotina y una ligera silicificación

DESCRIPCIÓN PETROGRAFICA 3

Denominación (posible roca original): Caliza silicificada

Clasificación para el modelamiento: CALS

Características Macroscópicas

COLOR: Gris oscuro

TEXTURA: Mudstone

DENSIDAD: Media

POROSIDAD: Baja

TIPO DE FRACTURAMIENTO: Alto grado

GRADO DE COHESIÓN: Alto grado

REACCIÓN AL ÁCIDO CLORHÍDRICO: Efervece incipiente

OTRAS CARACTERÍSTICAS: En fractura fresca se hace polvo al friccionarla contra la picota.

DESCRIPCIÓN PETROGRAFICA 4

Denominación (posible roca original): Andesita

Clasificación para el modelamiento: ANDE

Características Macroscópicas

COLOR: Verde oscuro

TEXTURA: Afanítica

DENSIDAD: Media

POROSIDAD: Media

TIPO DE FRACTURAMIENTO: Bajo grado.

GRADO DE COHESIÓN: Alto grado

REACCIÓN AL ÁCIDO CLORHÍDRICO: No efervece

DESCRIPCIÓN PETROGRAFICA 5

Denominación (posible roca original): Lutita

Clasificación para el modelamiento: LUTI

Características Macroscópicas

COLOR: Marrón oscuro

TEXTURA: Limosa

DENSIDAD: Media

POROSIDAD: Media

TIPO DE FRACTURAMIENTO: Bajo grado

GRADO DE COHESIÓN: Grado medio

REACCIÓN AL ÁCIDO CLORHÍDRICO: No Efervece

DESCRIPCIÓN PETROGRAFICA 6

Denominación (posible roca original): Cuarzomonzonita

Clasificación para el modelamiento: RINTRU

Características Macroscópicas

COLOR: Gris verdoso

TEXTURA: Fanerítica

DENSIDAD: Media

POROSIDAD: Baja

TIPO DE FRACTURAMIENTO: Bajo grado

GRADO DE COHESIÓN: Alto grado.

REACCIÓN AL ÁCIDO CLORHÍDRICO: No efervece.

OTRAS CARACTERÍSTICAS: Se observan cristales de cuarzo, plagioclasas y ortosas

3.4.2 Geología estructural del Depósito Oeste

Las calizas del Depósito Oeste se encuentran ocupando el núcleo del anticlinal asimétrico del Cerro Colorado. El eje axial de este anticlinal posee un rumbo promedio de N 25° O. La figura 5 nos muestra la geometría de un pliegue asimétrico, similar al pliegue ubicado en el cerro Colorado.

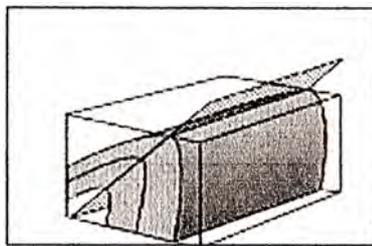


Figura 5 Esquema de un pliegue asimétrico

Las calizas del flanco derecho del anticlinal poseen un rumbo promedio de N 37° O y un buzamiento que oscila entre 85° a 89° SO, mientras que las calizas del flanco izquierdo del anticlinal poseen un rumbo promedio de N 19° O y un buzamiento que oscila entre 70° a 75° SO.

Existen fallas dextrales con un rumbo que oscila entre S 35° - 45° O y también algunas pocas fallas verticales de rumbo andino (NO - SE), el rumbo aproximado es de N 30° O.

Los Estratos de Lutita poseen un rumbo promedio de N 40° O en el flanco derecho del anticlinal y un buzamiento que oscila entre 85° a 90° SO.

Existe un fracturamiento Incipiente - moderado en los estratos de calizas, en el Depósito encontramos fracturas y fallas con dirección perpendicular al rumbo de

la cordillera de los Andes (Noreste – Suroeste).El plano geológico puede ser apreciado en la figura 7A.

CAPITULO IV

MODELAMIENTO GEOLÓGICO

Establecidos los parámetros geológicos importantes en un proyecto, el modelamiento geológico es la representación gráfica y espacial de estos parámetros (roca, alteraciones, leyes, límites de óxidos / sulfuros, etc.) teniendo como límites, la extensión inferida del yacimiento. El objetivo de este trabajo es casi siempre con fines económicos (este trabajo puede ayudar a decidir si se continúa o no con un determinado proyecto).

En realidad, los parámetros geométricos (forma, tamaño, volumen) reales de un yacimiento, se conocerán (y no por completo) solamente cuando se finalice la explotación del mismo; sin embargo, es labor de los geólogos interpretar toda la información disponible y definir un modelo aproximado del yacimiento. Este modelo estará sujeto a continua revisión y actualización, ya que conforme se avance en los trabajos de exploración y explotación se contará con una nueva información que permitirá ajustar con mayor precisión la interpretación realizada y por ende, la geometría del depósito. Este modelo tridimensional deberá en lo posible ser capaz de guiar la optimización del plan de minado.

Entre las fuentes de información geológica de mayor importancia tenemos aquellas provenientes de las perforaciones de taladros efectuadas en la fase exploratoria del proyecto, además del muestreo superficial de afloramiento, los muestreos de trincheras, el mapeo geológico.

4.1 Metodología de Trabajo.

Para el presente estudio se ha utilizado el plano topográfico levantado por GEOSYSTEM en el año 2000.

La topografía ha sido dibujada en el software Autocad, las curvas de nivel principales están espaciada cada 5 metros y las secundarias están espaciadas cada metro.

Una metodología del modelamiento geológico y posterior evaluación e inventario de recursos que aplicaremos es la inspirada en la metodología del libro de S. W. Houlding, 2003 (Fig. 6).

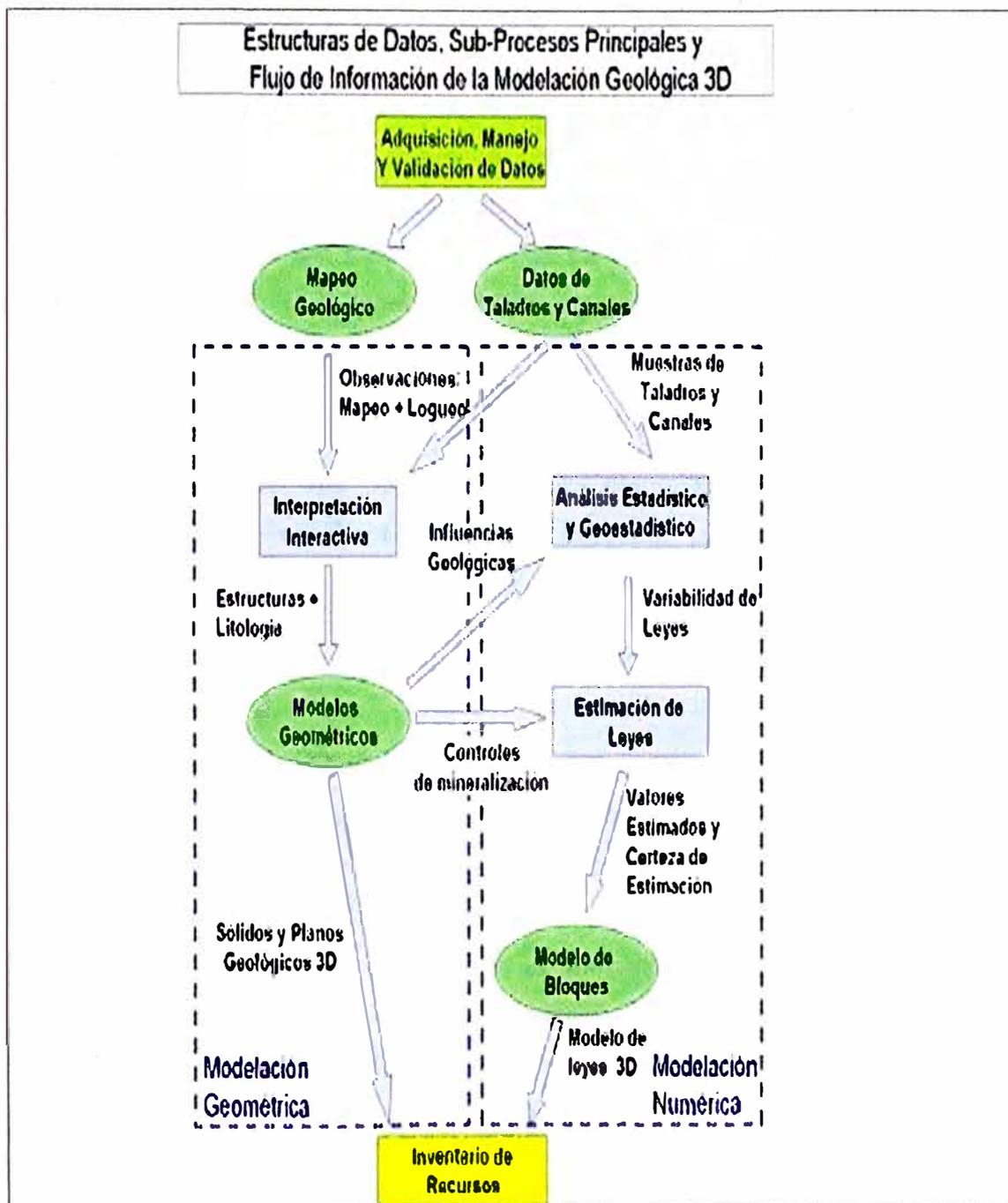


Figura 6 Metodología para el modelamiento geológico e inventario de recursos (Metodología S.W. Houlding, 2003)

4.1.1 Metodología del mapeo geológico

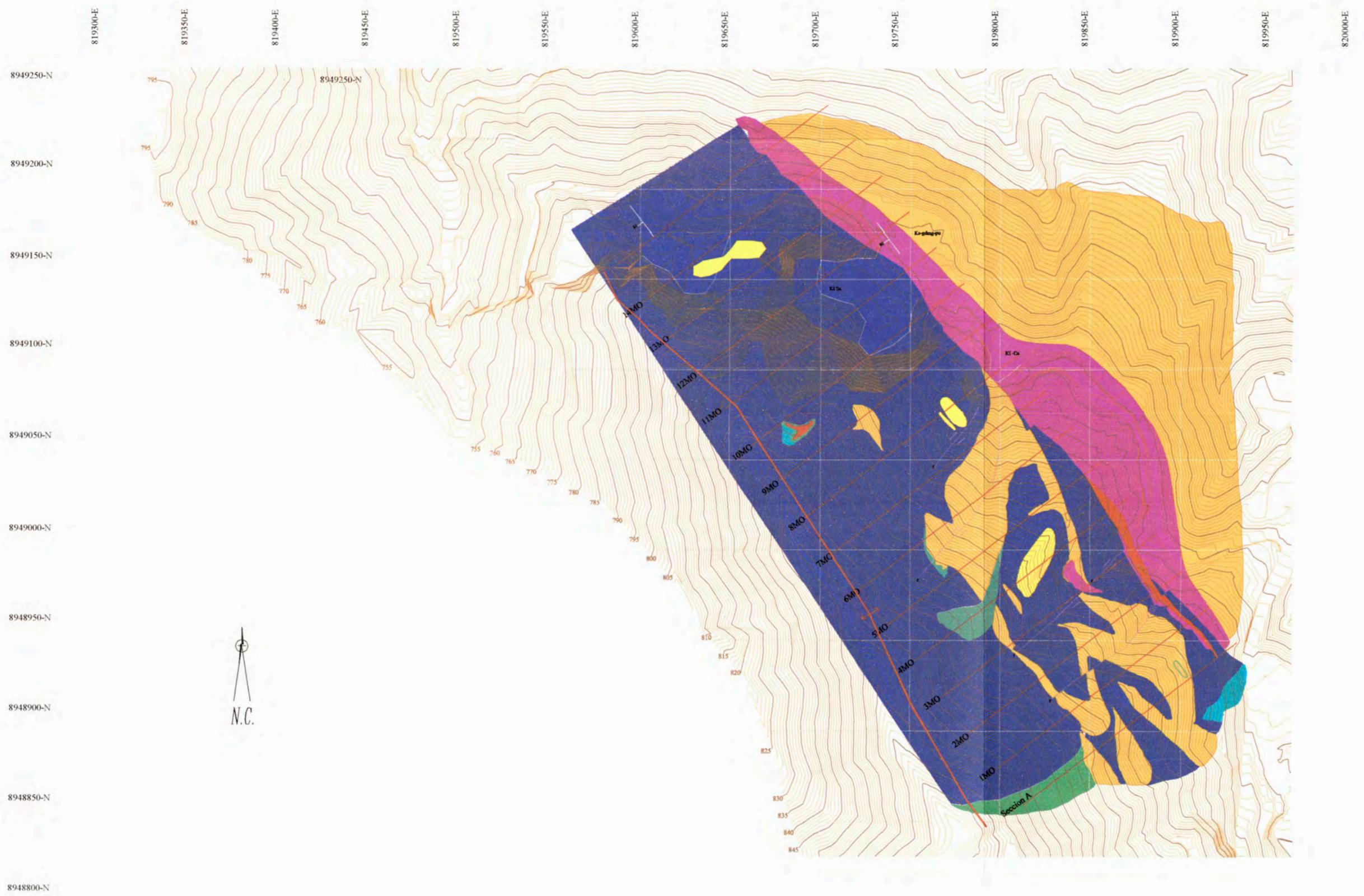
El mapeo geológico fue efectuado en las 6 hectáreas, se utilizó la información geológica proporcionada por las trincheras (C. Pérez y R. Ruiz, 2000) y la información obtenida del mapeo realizado en todos los accesos actuales de este sector pudiendo de esta manera definir con mayor exactitud la continuidad litológica de los diferentes tipos de roca.

El mapeo geológico fue realizado en el plano topográfico elaborado por GEOSYSTEM con escala 1/1000 en Autocad, posteriormente llevados al software GEMCOM y transformado en una superficie topográfica en tres dimensiones.

Se recorrió el Depósito Oeste para tomar datos de la geología del lugar, ubicando y midiendo la longitud de los afloramientos, espesores de los estratos, rumbos y buzamientos; a fin de precisar la geometría de las Calizas. Además de ello también se obtuvo información similar de los estratos de lutita, diques andesíticos, afloramientos de Cuarzomonzonita y la ubicación de sectores con material cuaternario (estos sectores han sido considerados como cuaternario ya que poseen una cobertura mayor a 1.5 metros, constatados a través de las trincheras). La geología del depósito puede ser apreciada en el plano de Geológico (figura 7-A) y de muestreo (Figura 7-B)

4.1.2 Metodología del muestreo

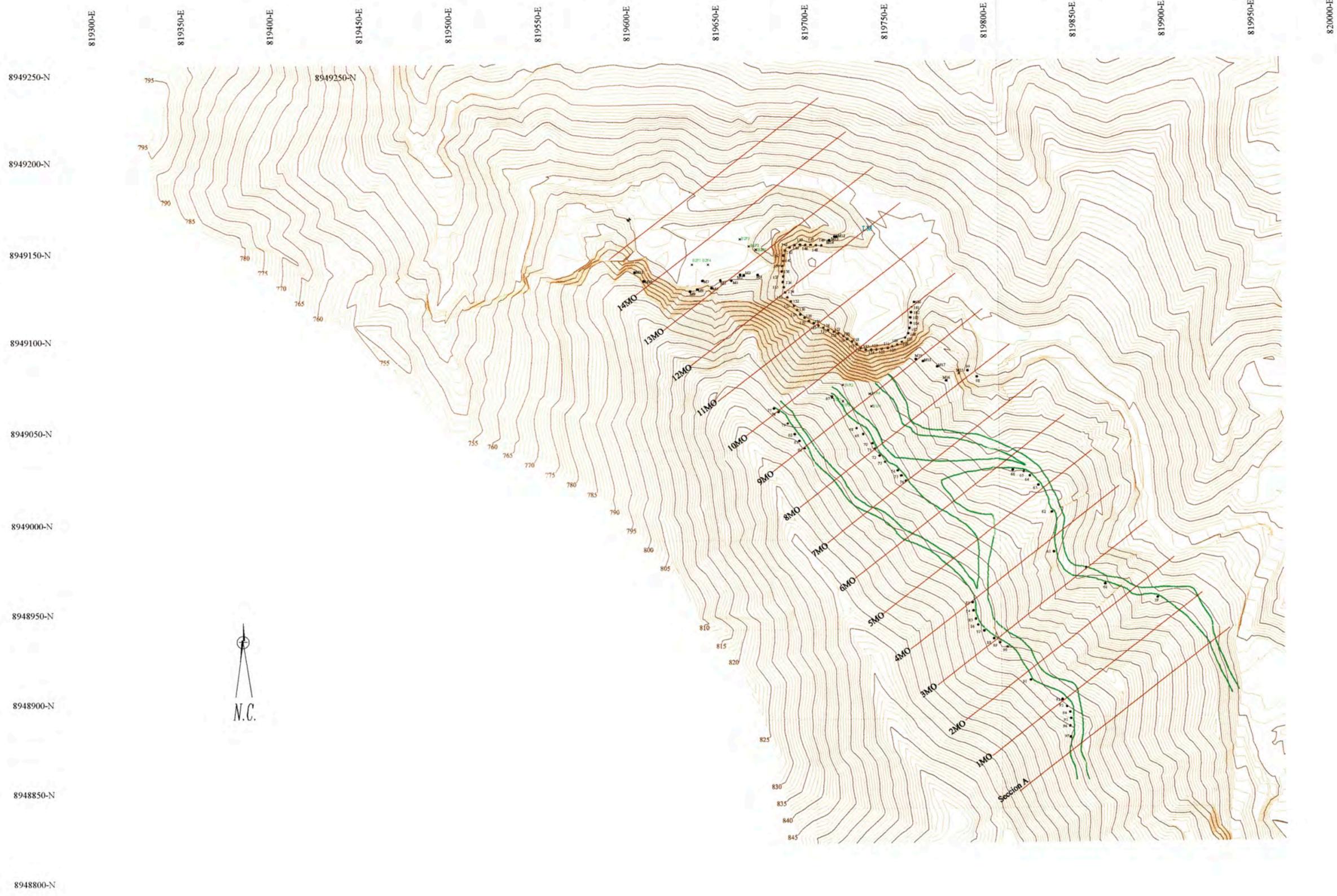
Puntos de observación fueron obtenidos por el muestreo realizado en las cuatro trincheras (se pudo observar la litología que se encontraba bajo la cobertura de



- LEYENDA LITOLOGIA**
- CALIZA - Ki-Sa
 - CALIZA RECALENTADA - Ki-Sa
 - CALIZA SILICIFICADA - Ki-Sa
 - ANDESITA - Ka-gling-pa
 - CUATERNARIO
 - CUARZO MONZONITA - Ka-gling-pa
 - LUTITA - Ki-Ca

- Falla Geológica
- Dirección y Hundimiento de los Estratos de Caliza
- Eje Axial del Anticlinal del Cerro Colorado

PROYECTO: MINA SIDER NIVIN I		PLANO: PLANO GEOLOGICO	
UBICACION: Cruz Punta-Carretera Casma-Yautan Km. 26 - Ancash		PROPIETARIO: SIDERPERU	LAMINA: IT-7A
REALIZADO POR: JOSE E. GUTIERREZ	GEOLOGO: JOSE E. GUTIERREZ	CLIENTE: SIDERPERU	
DIBUJO: JOSE E. GUTIERREZ	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS	ESCALA: 1 : 2000 FECHA: JUL 2006	



-  Anchoa Canal
-  Secciones Ortoyógicas
-  Muestreo Canal por Puntos (Pto. Collar)
-  Muestreo de Perforación (Pto. Collar)

PROYECTO: MINA SIDER NIVIN I		PLANO: MUESTREOS Y UBICACION SECCIONES TRANSVERSALES	
UBICACION: Cruz Punta-Carretera Casma-Yautan Km. 26 - Ancash		PROPIETARIO: SIDERPERU	LAMINA: LT-7B
REALIZADO POR: JOSE E. GUTIERREZ	GEOLOGO: JOSE E. GUTIERREZ	CLIENTE: SIDERPERU	
DIBUJO: JOSE E. GUTIERREZ	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS	ESCALA: 1 : 2000	FECHA: JUL 2006

suelo), las trincheras tienen un metro de profundidad y aproximadamente treinta centímetros de sección (muestreo realizado en el año 2000 por el Ingeniero Carlos Pérez).

El muestreo en las trincheras es lineal a lo largo de todos los afloramientos de caliza, estos poseen azimut, longitud y buzamiento característico de cada muestreo. Los análisis químicos efectuados en las muestras que proceden de las trincheras fueron efectuadas por los elementos CaCO_3 , S, SiO_2 y Mg.

El muestreo realizado por el autor ha sido de dos tipos, el primero ha sido tomado sin conservar una sección correcta de canal, este muestreo lineal es llamado “Canal por puntos” (“Chip channel”). Estos muestreos de longitud variable han sido efectuados en afloramientos, ellos poseen un azimut variable y todos con buzamiento 0° (debido que han sido tomados en el plano horizontal).

El segundo tipo de muestreo es el muestreo de perforación realizados con un “Track drill”, este muestreo consiste en la toma de toda los detritos de la perforación a lo largo de 6 metros y con buzamiento 90°

Los análisis químicos efectuados a estas muestras es por CaCO_3 , ya que son análisis efectuados en el laboratorio de la mina, el cual solo cuenta solo con los insumos para el análisis del carbonato de calcio (Ver listado de muestras en los anexos).

4.2 Creación del modelo 3D de los afloramientos geológicos en GEMCOM (Clipping)

El clipping es el proceso por el cual las áreas que abarcan las litologías cortan a la superficie topográfica, creando superficies amoldadas a la topografía, las cuales pueden ser visualizadas en 3D y 2D. Como se muestra en la siguiente figura (Fig. 8).

Se definió los códigos de cada tipo de roca en GEMCOM, asimismo los parámetros (“Profile”).

Profile	Descripción Petrográfica	Densidad (gr/Tn)	Código de Bloques	Modelo	Color	Elemento o Compuesto Económico
ANDE	Andesita	2.25	10		Rojo	-----
CAL	Caliza	2.5	20		Azul	Carbonato
CALR	Caliza Sil. Con Sulf.	2.5	30		Verde	Carbonato
CALS	Caliza silicificada	2.5	40		Celeste	Carbonato
CUAT	Cuaternario	2	50		Amarillo	-----
LUTI	Lutita	2.4	60		Magenta	-----
RINT	Cuarzomonzonita	2.65	70		Anaranjado	-----

Tabla 3 Parámetros de códigos de roca

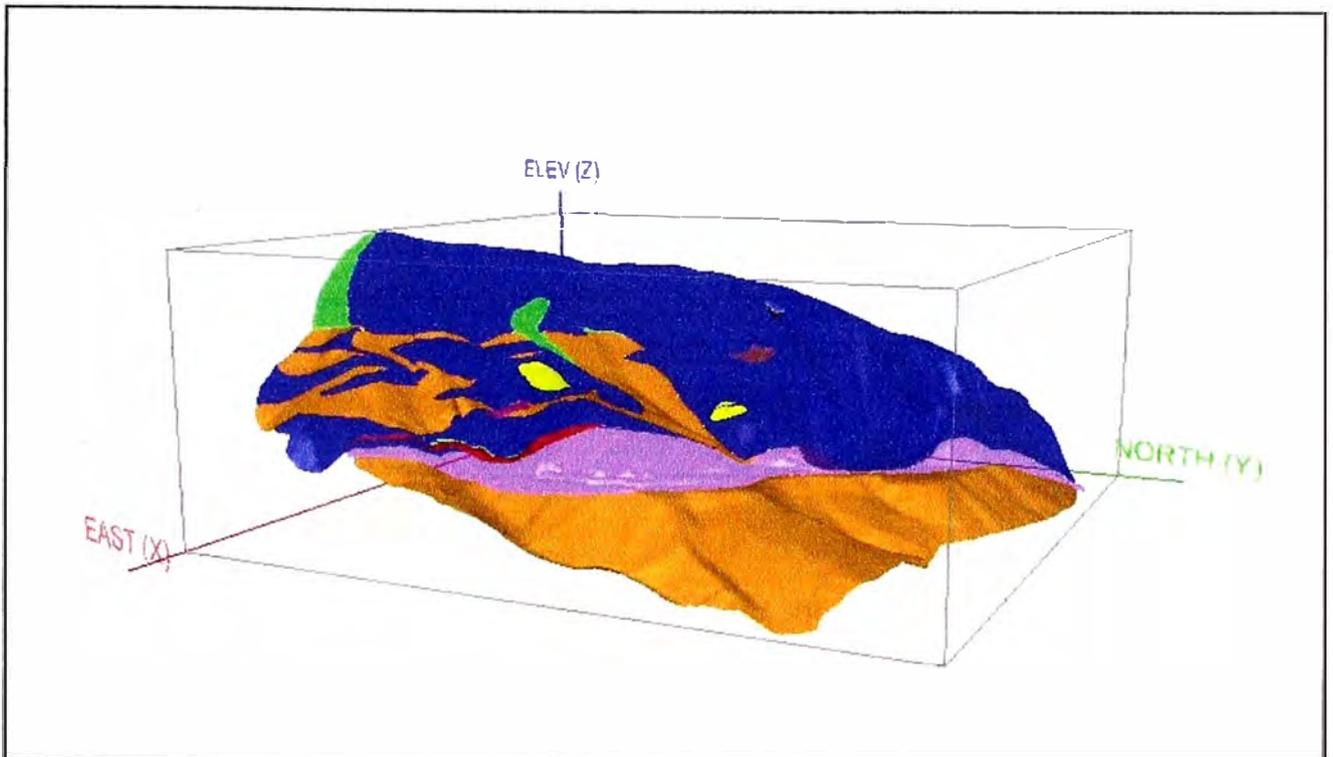


Figura 8 Vista Isométrica - Clipping de los afloramientos litológicos en el Sector Oeste de la mina Sider Nivin

El dibujo del plano geológico se realizó en el software Autocad con 3D Polilyne (líneas de dibujo para 3 dimensiones), posteriormente se separó cada litología en archivos independientes de Autocad y exportado al GEMCOM.

4.3 Creación del modelo Geológico Tridimensional del Depósito Oeste

4.3.1 Criterio Geológico utilizado en el modelamiento

El geólogo que estudia el yacimiento es el encargado de seleccionar el nivel de detalle necesario de los datos y los rasgos que son importantes para el proceso del

minado (densidades, alteraciones, tipos de desmonte, etc.). Su conocimiento del depósito (o la experiencia en otros similares) facilitan la esquematización preliminar de acuerdo a su tipo de mineralización y alteraciones hidrotermales presentes, controles de tipo estructural que pueden haber influido en la formación del yacimiento y otros componentes geológicos. (Jhon Espinoza Miranda, 1998).

Geoméricamente las rocas sedimentarias (calizas y lutitas), los diques andesíticos, así como los plutones de roca intrusiva poseen formas tabulares; estos paralelepípedos poseen longitud, profundidad y espesor.

Para realizar el modelamiento geológico tridimensional se optó por el método de los perfiles o secciones. Estas secciones se realizan en papel y sobre ellas se procede con una primera interpretación. Este procedimiento permite al geólogo una mejor familiarización con el conjunto de datos disponibles además de ir otorgando una visión bidimensional del depósito, lo que ayudará posteriormente en la comprensión del modelo tridimensional. De esta manera se realizaron 15 secciones verticales, espaciadas entre ellas 25 metros, estas secciones poseen una longitud de 150 metros. El nivel de base (cota inferior) de las 15 secciones verticales es la cota 740, que es la cota más baja, donde aflora, los estratos de caliza. Las características de las secciones se muestran en la Tabla 4.

Secciones	Punto Izquierdo		Punto Derecho		Elevaciones de las Secciones		Influencia de las Secciones	
	Norte	Este	Norte	Este	Mínima Elevación (m)	Máxima Elevación (m)	Atrás (m)	Adelante (m)
SECCION A	8,948,859.00	819,813.00	8,948,949.00	819,931.00	740	860	12.5	12.5
1NI	8,948,878.88	819,797.84	8,948,968.88	819,915.84	740	860	12.5	12.5
2NI	8,948,898.76	819,782.68	8,948,988.76	819,900.68	740	860	12.5	12.5
3NI	8,948,918.63	819,767.52	8,949,008.63	819,885.52	740	860	12.5	12.5
4NI	8,948,938.51	819,752.36	8,949,028.51	819,870.36	740	860	12.5	12.5
5NI	8,948,958.39	819,737.19	8,949,048.39	819,855.19	740	860	12.5	12.5
6NI	8,948,978.27	819,722.03	8,949,068.27	819,840.03	740	860	12.5	12.5
7NI	8,948,998.15	819,706.87	8,949,088.15	819,824.87	740	860	12.5	12.5
8NI	8,949,018.02	819,691.71	8,949,108.02	819,809.71	740	860	12.5	12.5
9NI	8,949,037.90	819,676.55	8,949,127.90	819,794.55	740	860	12.5	12.5
10NI	8,949,057.78	819,661.39	8,949,147.78	819,779.39	740	860	12.5	12.5
11NI	8,949,077.66	819,646.23	8,949,167.66	819,764.23	740	860	12.5	12.5
12NI	8,949,097.54	819,631.07	8,949,187.54	819,749.07	740	860	12.5	12.5
13NI	8,949,117.42	819,615.90	8,949,207.42	819,733.90	740	860	12.5	12.5
14NI	8,949,137	819,600	8,949,227	819,718	740	860	12.5	12.5

Tabla 4 Característica de las secciones verticales

Todas las secciones tienen una orientación NE – SO (Azimut 56°) y son casi perpendiculares al rumbo general de los estratos. Es por ello que se aplica la fórmula de rumbo aparente, cuando no son perpendiculares completamente.

$$\text{Tg}(\alpha') = \text{Tg}(\alpha) \times \text{Sen}(\beta)$$

Donde:

α' : Buzamiento aparente.

α : Buzamiento real.

β : Es el ángulo que hace el rumbo del estrato con la dirección del perfil. Siempre se toma el ángulo agudo.

Al aplicar esta formula se obtiene como buzamiento aparente de los estratos del flanco derecho del anticlinal 87.97° (88° buzamiento promedio), es decir solo hay una variación de -0.03° . Aún con la aplicación de la formula por corrección aparente los estratos poseen un rumbo que esta dentro del rango de 85° a 90° .

De lo observado en los afloramientos y debido a que no se aprecian fracturamientos mayores, se asume que los estratos de caliza, lutita, los diques andesíticos y los plutones de cuarzomonzonita continúan en profundidad, por lo menos hasta el nivel de base del cerro colorado.

4.3.2 Creación del modelo geológico tridimensional a partir de secciones verticales en GEMCOM

Primeramente se definieron las secciones geológicas verticales en GEMCOM con la herramienta View e ingresando los datos de la secciones (tabla 4), en este caso 15 secciones.

Para crear el modelo geológico tridimensional debo utilizar los muestreos definidos como Drillhole (workspace de taladros o sondajes), las secciones verticales espaciadas cada 25 metros, la superficie utilizada en el Clipping y crear un nuevo Workspace o base de datos de polígonos (Litología).

La generación de sólidos en el software GEMCOM es un proceso a través del cual se toma como referencia a una sección geológica y a ambos lados de ella el software elabora secciones geológicas similares (para este estudio la distancia entre las secciones geológicas similares y la sección geológica original es 12.5

metros), los vértices de cada litología en las sección geológica similares son unidas a través de líneas, generando de esta manera paralelepípedos.

Después de haber elaborado las secciones geológicas, se generan sólidos a partir de las secciones interpretadas y se define el alcance de las secciones en 12.5 metros a cada lado de la sección. Este paso alternativo, según la complejidad el yacimiento puede agilizar o demorar la realización del trabajo, es por ello que se debe utilizar con mucho criterio.

Este proceso de generar un sólido a partir de las secciones tiene un error empírico de alrededor de +/- 10% en comparación de los sólidos generados por la utilización de los “Tie Line” o línea de unión (utilizada para unir polígonos o polilíneas cerradas), estos últimos son elaborados a partir de sondajes diamantinos para determinar su comportamiento en profundidad.

Debido a las características petrográficas observadas y los muestreos en las diferentes litologías que conforman el Depósito Oeste, hemos seleccionado a la caliza (“CAL”) como la litología evaluar. Es decir a partir del modelo geológico tridimensional CAL y de todos los muestreos efectuados en este modelo, efectuamos los análisis estadísticos, geoestadísticos y de inventario de recursos.

El modelo geológico tridimensional La caliza (“CAL”) ha sido adaptada a la superficie del terreno, de esta manera el modelo tridimensional toma la forma de la topografía del cerro colorado en su parte superior.

El objetivo principal de la aplicación de la información es simplificar el proceso de colección de datos, recuperación, análisis y modelado. Además, el modelado

por computadora reduce la posibilidad de error no detectado en el cálculo y permite evaluar más alternativas en un periodo de tiempo más corto, lo que no es posible con un enfoque manual (Darío Zegarra, Leopoldo Monzón, 1997).

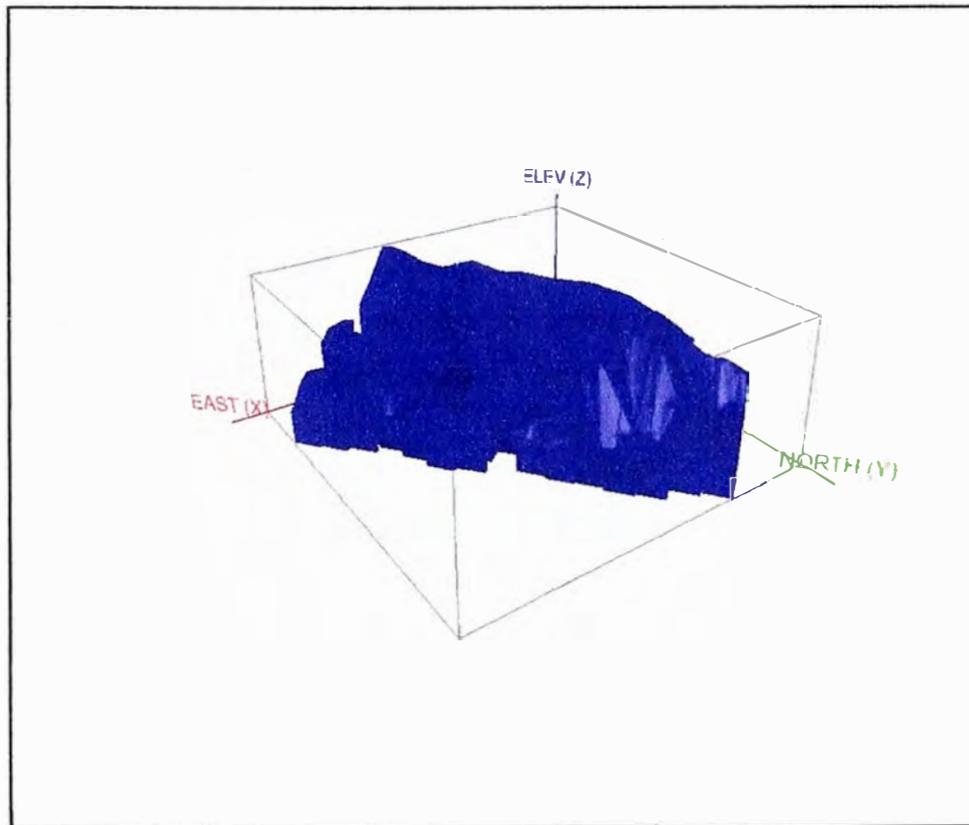


Figura 9 Vista Isométrica del Modelo Geológico del Depósito Oeste de la mina Sider Nivin

CAPITULO V

COMPOSITACION

5.1 Composición

La Composición es una técnica estándar usada para la regularización del largo (longitud) o bien de la altura (distancia en la vertical) de las muestras.

A este composito de una longitud determinada se le asigna una ley media ponderada de un cierto tramo del muestreo. El calculo de la ley media es una simple media aritmética, ella podría acercarnos bastante al valor de la ley media del muestreo.

Se debe tener en cuenta que este método es bastante utilizado en yacimientos masivos, potentes y con pequeños cambios en las densidades aparentes del material.

$$G_m = (\sum(G_i \cdot E_i)) / \sum E_i$$

Donde:

G_m = Ley media.

G_i = Leyes de los tramos i .

E_i = La longitud de los tramos i .

5.2 Creación del composito en GEMCOM a partir de muestreos

Se ha creado las tablas INT_LITO Y COMPOLITO para elaborar el composito y los interceptos con el modelo geológico.

La tabla INT_LITO ha sido creada para guardar la intercepción de los muestreos con las litología caliza. El campo CODE guarda los códigos de roca (tabla 3) en los cuales el muestreo fue realizado. Esto ha sido posible a través de la herramienta Update Workspace with Drillhole/Solid Int del software GEMCOM.

La tabla COMPOLITO ha sido creada para realizar la Composición de las leyes de los muestreos, la longitud y los tipos de roca en los cuales fue realizado el muestreo.

5.3 Estadística de la longitud de los muestreos

Se ha elaborado la estadística de la longitud de los muestreos efectuados en el Depósito Oeste, para poder seleccionar la longitud ideal de los compositos.

Valor mínimo	1.00
Valor máximo	6.00
Intervalos	10.00
Muestreos usados	245.00

Tabla 5 Valores del Histograma para la longitud del muestreo.

Intervalos de clase (m)		Número de muestras	Media (m)	Frecuencia	Número de muestras acumulada	Media acumulada (m)	Frecuencia acumulada (%)
1.00	1.50	3.00	1.00	0.01	3.00	1.00	1.22
1.50	2.00	87.00	1.50	0.36	90.00	1.48	36.73
2.00	2.50	88.00	2.00	0.36	178.00	1.74	72.65
2.50	3.00	6.00	2.50	0.02	184.00	1.76	75.10
3.00	3.50	13.00	3.12	0.05	197.00	1.85	80.41
3.50	4.00	0.00	0.00	0.00	197.00	1.85	80.41
4.00	4.50	4.00	4.50	0.02	201.00	1.91	82.04
4.50	5.00	24.00	5.00	0.10	225.00	2.24	91.84
5.00	5.50	1.00	5.50	0.00	226.00	2.25	92.24
5.50	6.00	19.00	6.00	0.08	245.00	2.54	100.00

Tabla 6 Distribución por intervalos de longitud de muestreo.

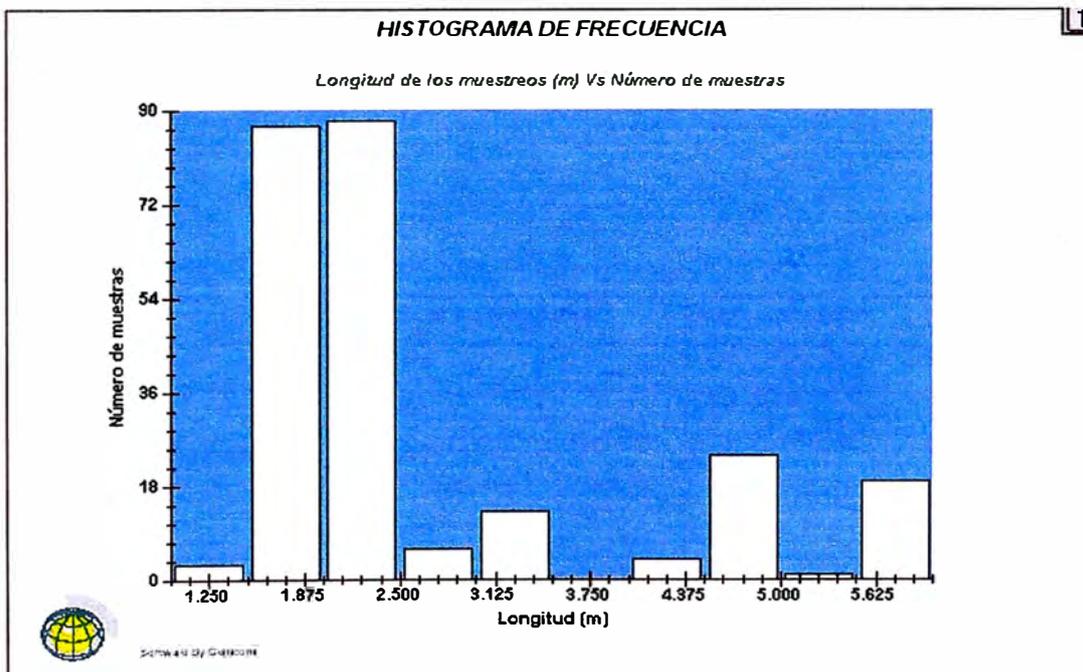


Figura 10 Distribución estadística de la longitud de los muestreos

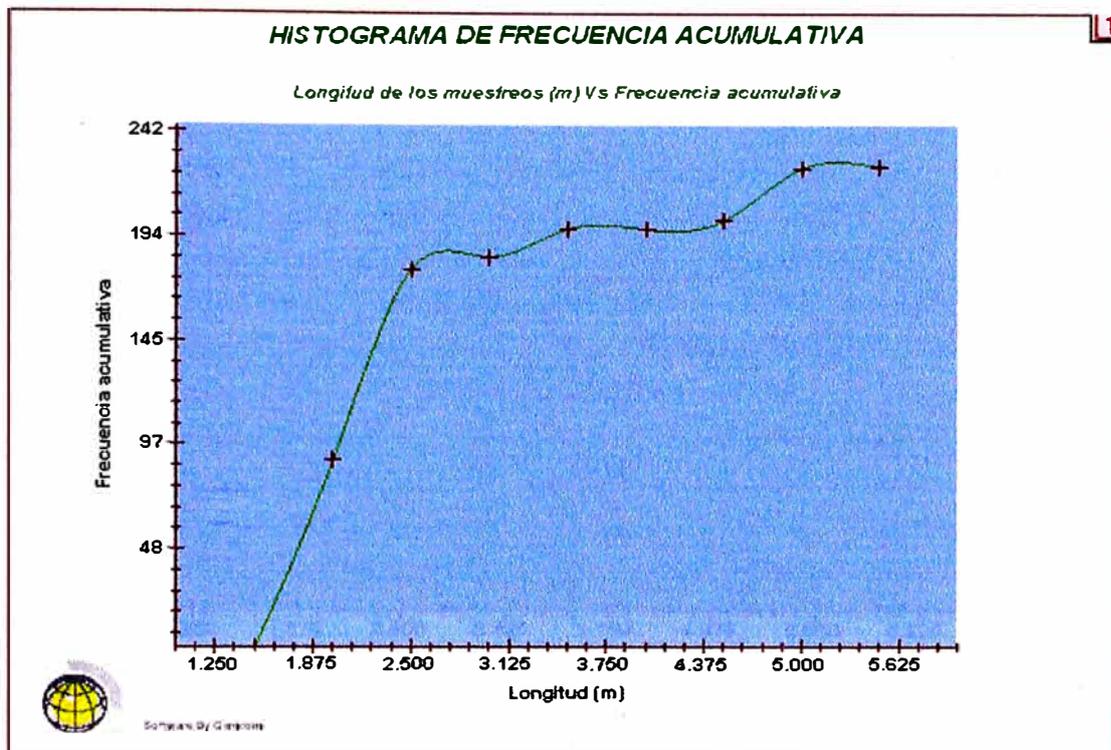


Figura 11 Frecuencia acumulada de la longitud de los muestreos

	Datos no agrupados	Datos agrupados
Media	2.54	2.69
Mediana	N/A	2.18
Desviación estándar	1.47	1.28
Varianza	2.16	1.63

Tabla 7 Parámetros estadísticos de longitud de muestreo

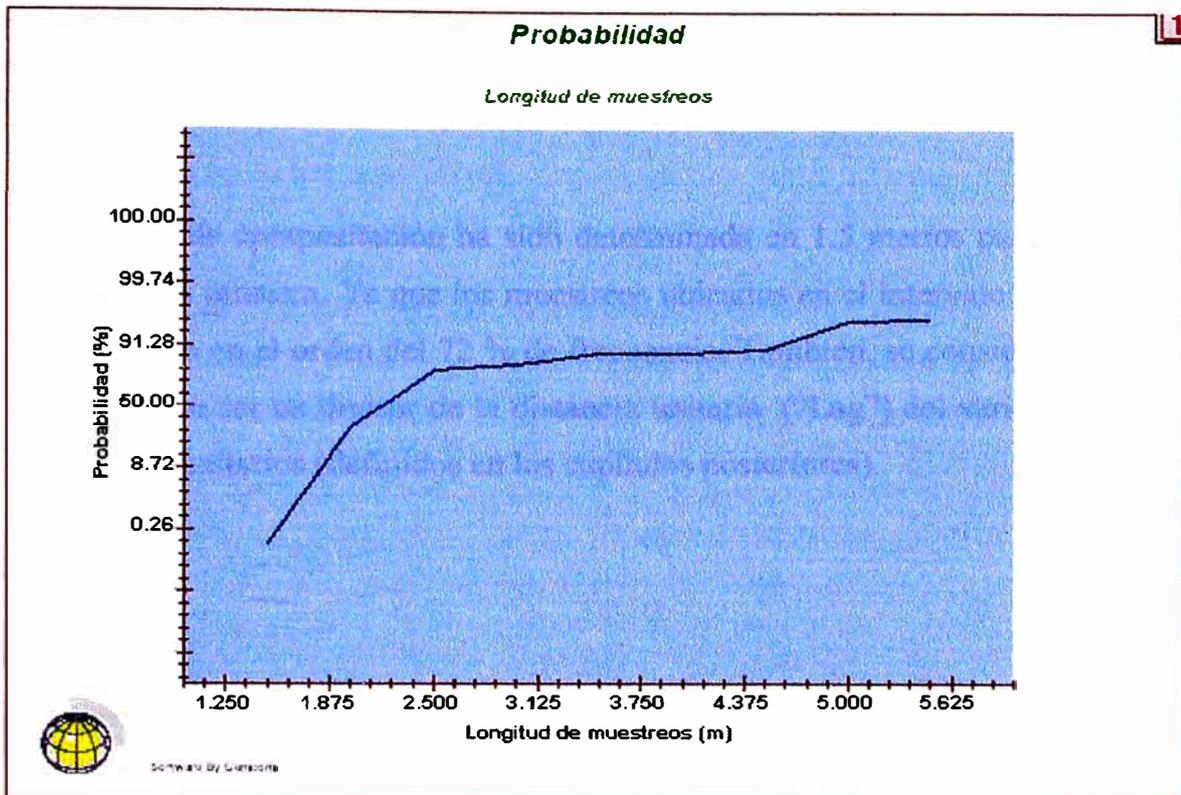


Figura 12 Curva de probabilidad de la longitud de los muestreos

Como podemos observar en la figura 10, la grafica de distribución de frecuencias relativas nos permite identificar dos poblaciones de muestras. La principal población se posee una longitud de muestreo que varia entre 1 y 3.5 metros (en este intervalo se encuentran la mayoría de muestreos lineales de canal por puntos y todos los muestreos lineales tomados en las trincheras), la segunda población varia entre longitudes mayores a 3.5 y 6 metros (en este intervalo se encuentran algunos muestreos lineales de canal punteado y todos los muestreos obtenidos en la perforación con “Track drill”).

A partir de la figura 12, podemos interpretar que no debemos tomar todas las muestras como una sola población, ya que la curva de probabilidad no se asemeja

a una recta. Este será uno de los criterios a considerar cuando realicemos la diferenciación de los sectores que componen el depósito.

La longitud de compositación ha sido determinada en 1.5 metros para asignar el peso de cada muestra. Ya que los muestreos ubicados en el intervalo: de 1.5 a 2.5 metros están en el orden del 72 % de frecuencia. También, se considero que esta longitud debe ser un divisor de la distancia unitaria (“Lag”) del variograma y de los bloques unitarios (definidos en los capítulos posteriores).

CAPITULO VI

ESTADÍSTICA

6.1 Estadística descriptiva

Los datos de las 235 muestras obtenidas mediante muestreo lineal en la variante canal por puntos, el muestreo de trincheras, además de 20 muestras de perforación han sido analizadas por CaCO_3 , mientras que solo los datos considerados para las leyes de S, SiO_2 y Mg son los de 116 muestras obtenidas en el muestreo de las trincheras.

La litología en la cual fueron obtenidas mayoritariamente las muestras es CAL y las medidas de tendencia - dispersión son: la media, la mediana, la desviación estándar y varianza,

a.- La media.- También llamada momento de primer orden o esperanza matemática. En general, la esperanza de una función aleatoria Z depende del punto x considerado; se denota usualmente como $m(x)$:

$$E(z(x)) = m(x)$$

Esperanza de un punto x dado, $m(x)$ representa la “media” alrededor de la cual se distribuyen los valores tomados por múltiples realizaciones independientes de la función aleatoria. Se trata del parámetro descriptivo de base del comportamiento aleatorio de $Z(x)$.

b.- La mediana.- Ordenados los datos de una variable en forma creciente, la mediana m , es el valor para el cual el número de observaciones que son menores que él, es igual al número de observaciones que están por encima de él. Si el número de datos es impar la mediana corresponde al valor central y si el número de datos es par, m es cualquiera de los valores que están entre los datos centrales. Se acostumbra a tomar el promedio de los datos centrales.

c.- La varianza.- Se define como la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones de los datos con respecto a la media aritmética. La varianza es considerada un momento de segundo orden y esta definida por:

$$\text{Var}(Z(x)) = E((Z(x) - m(x))^2)$$

Se tiene igualmente: $\text{Var}(Z(x)) = E((Z(x)^2) - m(x)^2)$

La varianza es una cantidad siempre positiva, por ser definida como la esperanza de un cuadrado.

d.- La Desviación estándar .- Es la raíz cuadrada de la varianza y se denota como:

$$\text{Desv. St} = (\text{Var}(Z(x)))^{1/2}$$

La desviación estándar y la varianza constituyen medida de dispersión de $Z(x)$ en torno a su valor medio $m(x)$ y cuantifican de esta forma su carácter más o menos “aleatorio”. Se muestra que una variable aleatoria de varianza nula es constante con probabilidad 1, es decir, ya no es aleatoria.

6.1.1 Densidad de probabilidad

Si la variable aleatoria puede tomar cualquier valor, $P(x=t)$ representa la probabilidad de que x tome el valor t y $P(a<x<b)$ o simplemente la probabilidad de que tome un valor t en el intervalo $a<t<b$.

En el caso de una curva continua, no es posible asignar una probabilidad $f(x) dx$ aun segmento diferencial $(x, x+dx)$, en que $f(x)$ recibe el nombre de “densidad de probabilidad”.

Por lo tanto,

$$P(x_1 < x < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = F(x_2) - F(x_1)$$

Haciendo $x_1 \rightarrow -\infty$ y $x_2 = a$

$$P(x < a) = F(a) = \int_{-\infty}^a f(x) dx$$

Y haciendo, en, esta última $\rightarrow +\infty$, nos queda,

$$P(-\infty < x < +\infty) = 1 = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx$$

$F(x)$ se define una ley de probabilidad continua.

Si la “ley en metal” es discontinua, a cada valor a_i tomado por la variable x_i estará asociada a una probabilidad $p(a_i)$, de modo que:

$$0 < p(a_i) < 1$$

Así, denominado

$$\sum_{k=1}^N k = \sum k$$

$$\sum_{k=1}^N p(a_i) = 1$$

En el caso de contar con una serie de valores discretos en la que la variable x toma n_i veces el valor x_i , la presentación de los valores obtenidos por la variable consiste en agrupar los valores de acuerdo al número de observaciones que presentan esos valores, define lo que se denomina “distribución estadística”

6.1.2 Distribución de leyes en el Depósito Oeste

Las estadísticas descriptiva de todos los compuestos y elementos químicos CaCO_3 , S, SiO_2 y Mg para la litología caliza (todos en porcentaje), el número de muestras de las tablas siguientes representa el número de “compositos” utilizados.

Valor mínimo	44.00
Valor máximo	94.00
Intervalos	16.00
Compositos usados	398.00

Tabla 8 Valores del Histograma para CaCO_3 en la litología CAL

Intervalos de clase		Número de muestras	Media	Frecuencia	Número de muestras acumulada	Media acumulada	Frecuencia acumulada (%)
44.00	47.12	7.00	46.00	0.02	7.00	46.00	1.76
47.12	50.25	6.00	49.00	0.02	13.00	47.38	3.27
50.25	53.37	4.00	52.25	0.01	17.00	48.53	4.27
53.37	56.50	4.00	54.75	0.01	21.00	49.71	5.28
56.50	59.62	2.00	57.00	0.01	23.00	50.35	5.78
59.62	62.75	11.00	61.36	0.03	34.00	53.91	8.54
62.75	65.87	18.00	63.56	0.05	52.00	57.25	13.07
65.87	69.00	4.00	67.00	0.01	56.00	57.95	14.07
69.00	72.13	32.00	70.68	0.08	88.00	62.58	22.11
72.13	75.25	26.00	73.78	0.07	114.00	65.13	28.64
75.25	78.38	13.00	76.88	0.03	127.00	66.33	31.91
78.38	81.50	59.00	80.01	0.15	186.00	70.67	46.73
81.50	84.63	44.00	83.20	0.11	230.00	73.07	57.79
84.63	87.75	52.00	86.14	0.13	282.00	75.48	70.85
87.75	90.88	72.00	89.38	0.18	354.00	78.30	88.94
90.88	94.00	44.00	91.99	0.11	398.00	79.82	100.00

Tabla 9 Distribución por intervalos de CaCO₃ en la litología CAL

	Datos no agrupados	Datos agrupados
Media	79.82	79.84
Mediana	N/A	82.42
Desviación estándar	11.11	11.12
Varianza	123.50	123.75

Tabla 10 Estadística descriptiva para CaCO₃ en la litología CAL

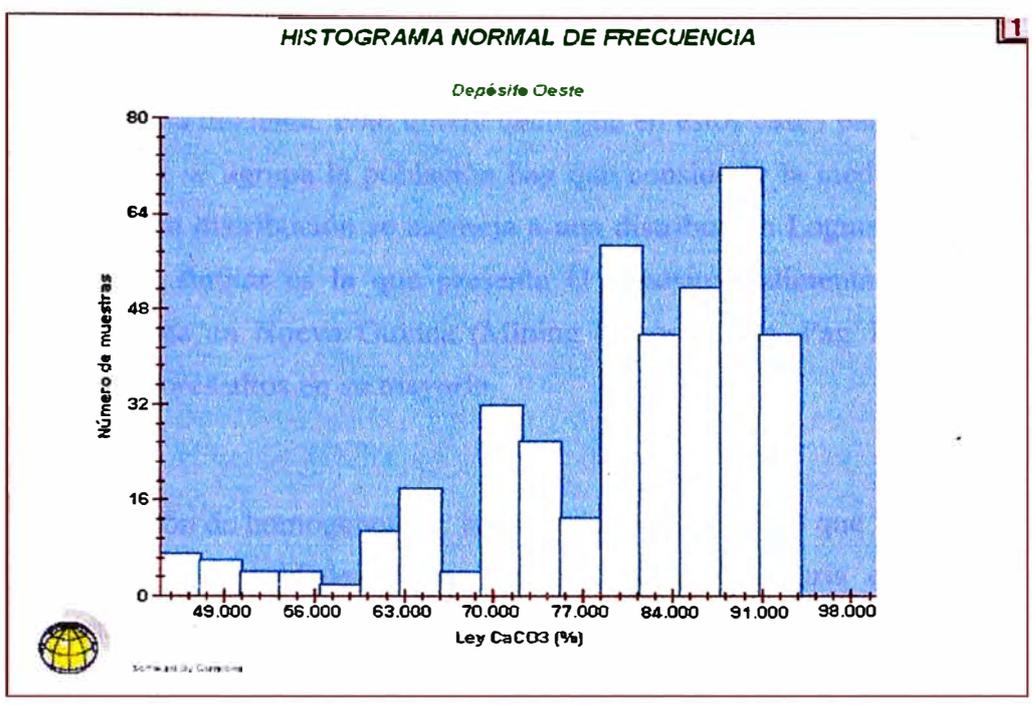


Figura 13 Histograma normal de frecuencia relativa del CaCO₃ en la litología CAL

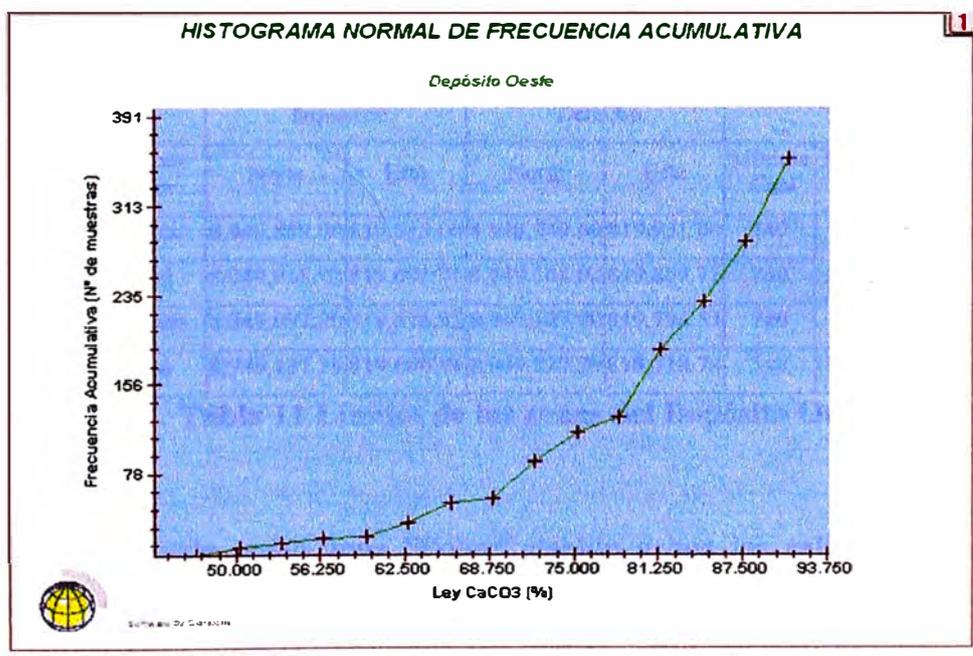


Figura 14 Histograma normal de frecuencia acumulada del CaCO₃ en la litología CAL

Como podemos apreciar en las Figuras 19 y 20, la distribución de la población posee una forma asimétrica, en este caso el valor mas representativo no es la media, sino la mediana. Esto quiere decir que en estos casos para saber alrededor de que valor se agrupa la población hay que considerar la mediana (82.42 % de CaCO₃). Esta distribución se asemeja a una distribución Lognormal inversa, una distribución similar es la que presenta el deposito sedimentario de Hierro de Nimba Range en Nueva Guinea (Mining Geoestadistic, Pag 70), deposito que presenta valores altos en su mayoría

La Restricción de homogeneidad enuncia que en el caso de que la regionalización presente heterogeneidades y que las hipótesis estacionaria e intrínseca sean inadecuadas, conviene dividir el campo en varias sub-zonas homogéneas, luego realizar la estimación global en cada sub-zona y sumar las diferentes estimaciones y varianzas e estimación, supuestas independientes, ponderándolas (George Matheron, 1962). Es por esta razón que se ha decidido dividir el Depósito Oeste en dos zonas una “Pobre” y otra “Rica”. Ambas serán estudiadas y evaluadas en forma independiente. La tabla siguiente muestra los limites de cada zona:

Zonas	Secciones Límites	Punto Izquierdo		Punto Derecho		Elevaciones		Influencia Secciones	
		Norte	Este	Norte	Este	Mínima Cota	Máxima Cota	Atrás (m)	Adelante (m)
Zona “Pobre”	Sec. Inicial	8,948,859.00	819,813.00	8,948,949.00	819,931.00	740	860	12.5	12.5
	Sec. Final	8,949,018.02	819,691.71	8,949,108.02	819,809.71	740	860	12.5	12.5
Zona “Rica”	Sec. Inicial	8,949,037.90	819,676.55	8,949,127.90	819,794.55	740	860	12.5	12.5
	Sec. Final	8,949,137.29	819,600.74	8,949,227.29	819,718.74	740	860	12.5	12.5

Tabla 11 Límites de las zonas del Depósito Oeste

Se ha clasificado como zona “Pobre” debido a que las calizas se encuentran intruídas por la cuarzomonzonita y un dique andesítico en un gran sector de esta

zona. Los plutones y diques producen una alteración en la caliza, generando una reducción de los valores de carbonato de calcio. Además de ello también fue considerado la densidad de muestreo de este sector y la similitud en el tipo de muestreo (homogeneidad del soporte).

Se ha clasificado como zona “Rica” debido a que las calizas se encuentran sin intrusiones importantes, la litología no es muy variada como en la zona “Pobre”, homogeneidad del soporte y posee mayores agrupamientos de muestras con menor espaciamiento entre muestras.

Primero se evaluara la zona “Pobre” del depósito, para ello se empleará el modelamiento geológico tridimensional de la caliza (“CAL”) de este sector y todas las muestras tomadas aquí. El número de muestras es 159, de las cuales 116 han sido obtenidas en trincheras y 43 en muestreos lineales. Solo las muestras obtenidas en el muestreo de trincheras han sido analizadas por CaCO_3 , S, SiO_2 y Mg.

6.1.2.1 Distribución de leyes en el Depósito Oeste “Zona Pobre”

La estadística descriptiva de las leyes de CaCO_3 (%) se muestra en la siguiente tabla:

Valor mínimo	46.00
Valor máximo	91.88
Intervalos	16.00
Muestreos usados	289.00

Tabla 12 Valores del Histograma para CaCO_3 en la “Zona Pobre”

Intervalos de clase		Número de muestras	Media	Frecuencia	Número de muestras acumulada	Media acumulada	Frecuencia acumulada (%)
46.00	48.87	7.00	47.14	0.02	7.00	47.14	2.42
48.87	51.73	4.00	49.50	0.01	11.00	48.00	3.81
51.73	54.60	5.00	53.00	0.02	16.00	49.56	5.54
54.60	57.47	4.00	56.25	0.01	20.00	50.90	6.92
57.47	60.34	1.00	60.00	0.00	21.00	51.33	7.27
60.34	63.20	15.00	62.00	0.05	36.00	55.78	12.46
63.20	66.07	10.00	64.00	0.04	46.00	57.57	15.92
66.07	68.94	4.00	67.00	0.01	50.00	58.32	17.30
68.94	71.81	22.00	70.23	0.08	72.00	61.96	24.91
71.81	74.68	22.00	72.82	0.08	94.00	64.50	32.53
74.68	77.54	15.00	75.59	0.05	109.00	66.03	37.72
77.54	80.41	42.00	79.53	0.15	151.00	69.78	52.25
80.41	83.28	40.00	82.10	0.14	191.00	72.36	66.09
83.28	86.15	34.00	84.91	0.12	225.00	74.26	77.85
86.15	89.01	33.00	87.69	0.11	258.00	75.98	89.27
89.01	91.88	31.00	90.30	0.11	289.00	77.51	100.00

Tabla 13 Cuadro de distribución por intervalos de CaCO_3 en la “Zona Pobre”

	Datos no agrupados	Datos agrupados
Media	77.51	77.48
Mediana	N/A	79.97
Desviación estándar	10.82	10.67
Varianza	116.98	113.87

Tabla 14 Estadística descriptiva para CaCO_3 en la “Zona Pobre”

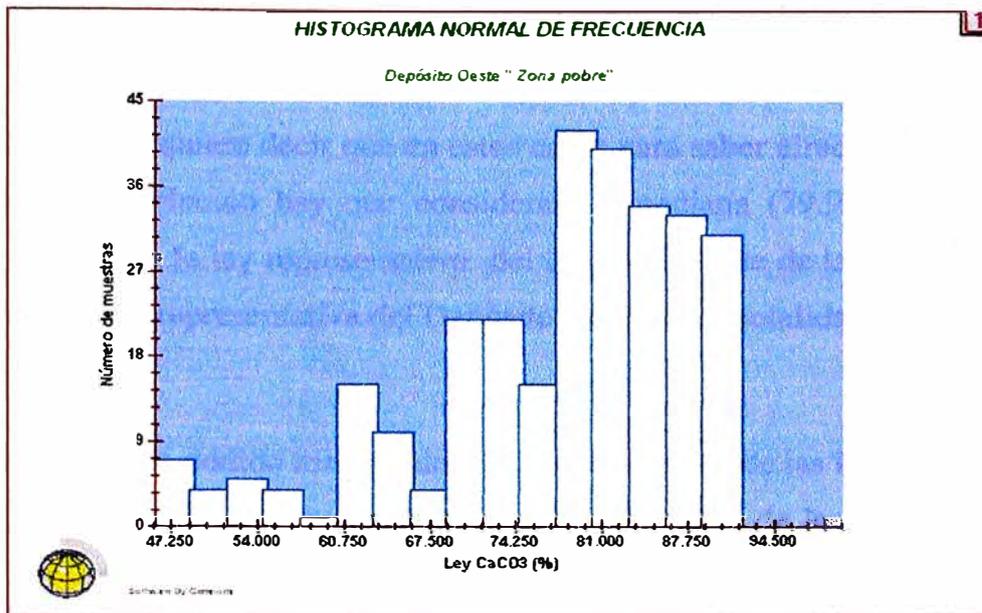


Figura 15 Histograma normal de frecuencia relativa del CaCO₃ en la "Zona Pobre"

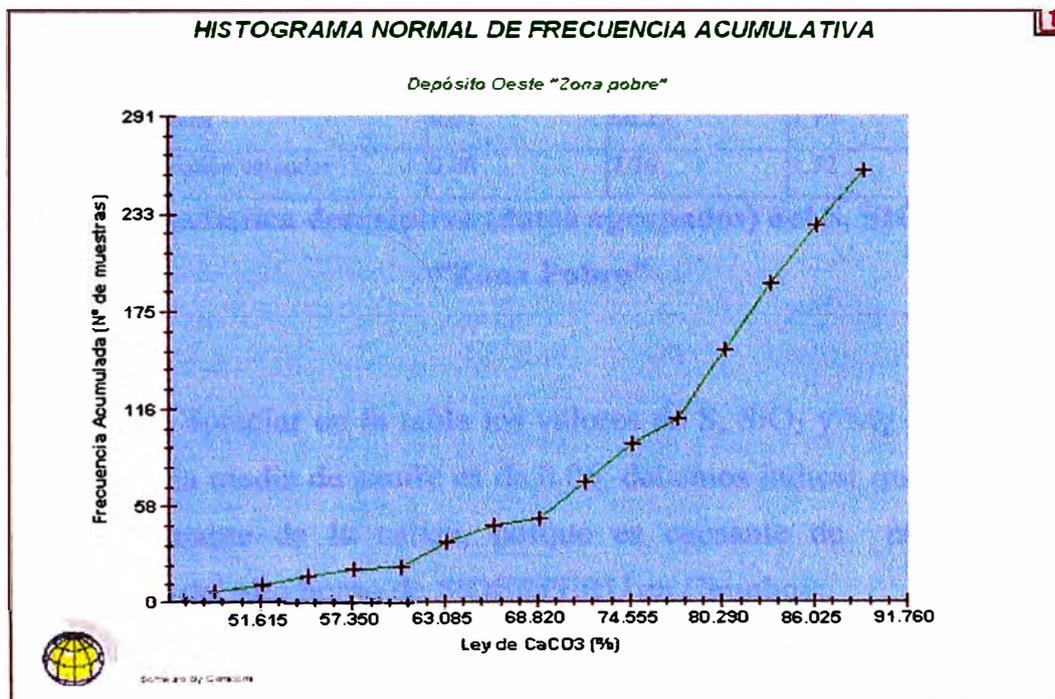


Figura 16 Histograma normal de frecuencia acumulada del CaCO₃ en la "Zona Pobre"

Como podemos apreciar en la Figura 15, la distribución de la población posee una forma asimétrica, en este caso el valor más representativo no es la media, sino la mediana. Esto quiere decir que en estos casos para saber alrededor de que valor se agrupa la población hay que considerar la mediana (79.97 % de CaCO_3). Como se aprecia la ley representativa del Depósito Oeste de la “Zona Pobre” es menor que la ley representativa del Depósito Oeste en su totalidad.

En esta zona se ha podido realizar un análisis estadístico de las leyes de S, SiO_2 y Mg. Esta zona es la que presenta una mayor alteración de la caliza, la cual en ciertos sectores se presenta silicificada y con sulfuros. En la siguiente tabla se muestran los parámetros más representativos:

	S	SiO_2	Mg
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	0.66	40	7
Media	0.06	15.81	1.7
Varianza	0.01	60.29	1.75
Desviación estándar	0.08	7.76	1.32

Tabla 15 Estadística descriptiva (datos agrupados) del S, SiO_2 y Mg de la “Zona Pobre”

Como se puede apreciar en la tabla los valores de S, SiO_2 y Mg no son altos, ya que el valor de la media de azufre es de 0.06, debemos indicar que el azufre es el mayor contaminante de la caliza, porque es causante de problemas en el funcionamiento del alto horno de SIDERPERU en Chimbote.

6.1.2.2 Distribución de leyes en el depósito Oeste “Zona Rica”

La estadística descriptiva de las leyes de CaCO_3 (%) se muestra en la siguiente tabla:

Valor mínimo	70.99
Valor máximo	94.00
Intervalos	16.00
Muestras usadas	93.00

Tabla 16 Valores del Histograma para CaCO_3 en la “Zona Rica”

Intervalos de clase	de	Número de muestras	de	Media	Frecuencia	Número de muestras acumulada	de	Media acumulada	Frecuencia acumulada (%)
70.99	72.43	2.00		71.40	0.02	2.00		71.40	2.15
72.43	73.87	1.00		73.47	0.01	3.00		72.09	3.23
73.87	75.30	1.00		75.09	0.01	4.00		72.84	4.30
75.30	76.74	1.00		75.43	0.01	5.00		73.36	5.38
76.74	78.18	0.00		0.00	0.00	5.00		73.36	5.38
78.18	79.62	0.00		0.00	0.00	5.00		73.36	5.38
79.62	81.06	2.00		80.00	0.02	7.00		75.26	7.53
81.06	82.49	2.00		81.61	0.02	9.00		76.67	9.68
82.49	83.93	0.00		0.00	0.00	9.00		76.67	9.68
83.93	85.37	7.00		84.66	0.08	16.00		80.16	17.20
85.37	86.81	4.00		85.93	0.04	20.00		81.32	21.51
86.81	88.25	8.00		87.48	0.09	28.00		83.08	30.11
88.25	89.69	18.00		89.01	0.19	46.00		85.40	49.46
89.69	91.12	17.00		90.43	0.18	63.00		86.76	67.74
91.12	92.56	17.00		91.73	0.18	80.00		87.81	86.02
92.56	94.00	13.00		93.11	0.14	93.00		88.55	100.00

Tabla 17 Cuadro de distribución por intervalos de CaCO_3 en la “Zona Rica”

	Datos agrupados	no Datos agrupados
Media	88.55	88.61
Mediana	N/A	89.73
Desviación estándar	4.72	4.70
Varianza	22.29	22.13

Tabla 18 Estadística descriptiva para CaCO_3 en la “Zona Rica”

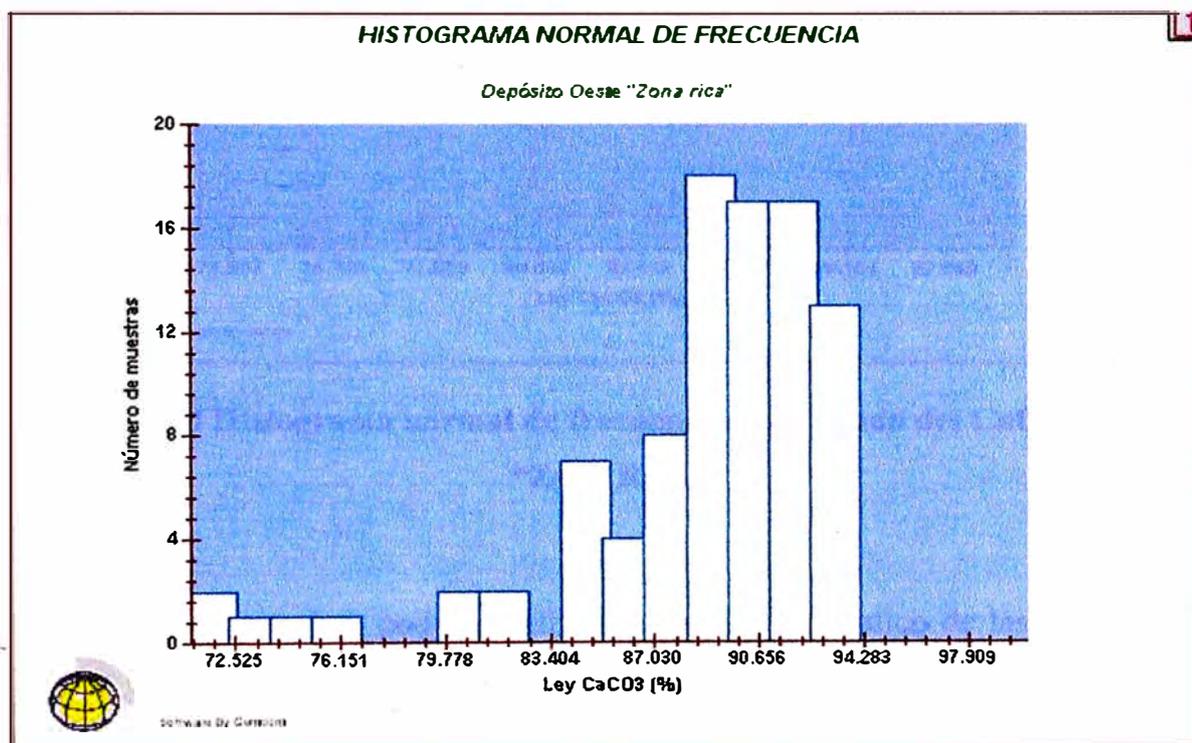


Figura 17 Histograma normal de frecuencia relativa del CaCO_3 en la “Zona Rica”

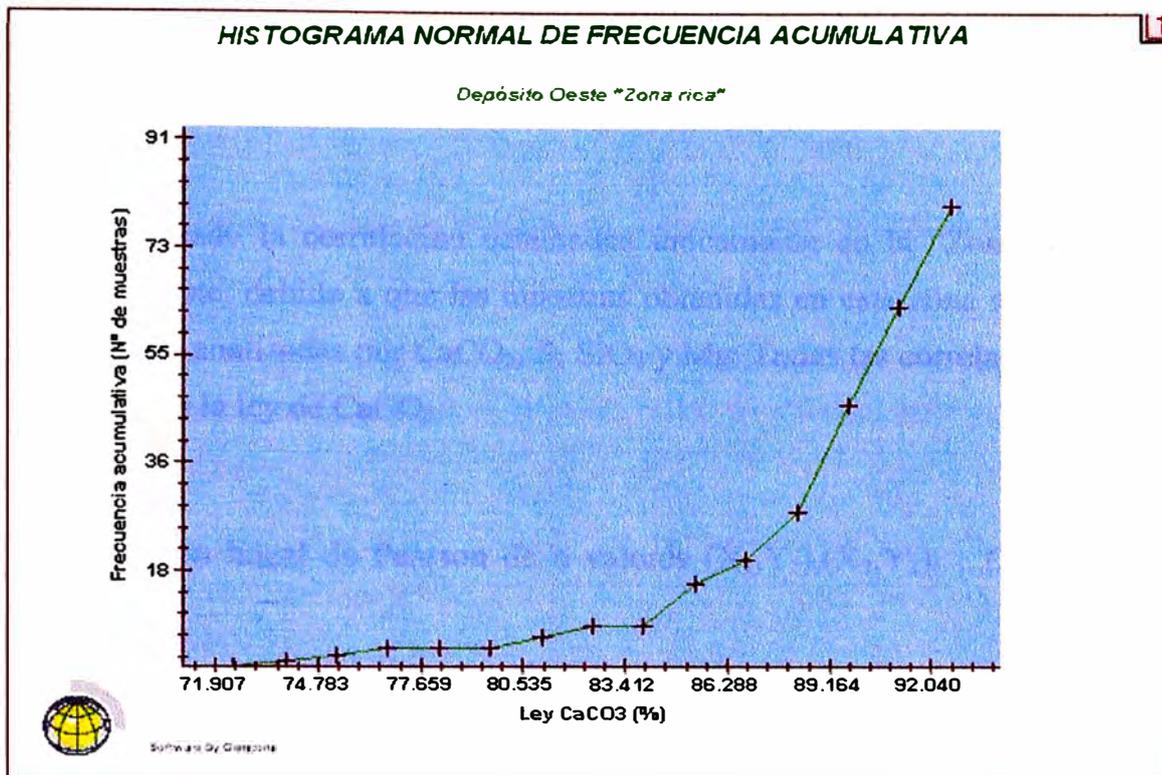


Figura 18 Histograma normal de frecuencia acumulada del CaCO₃ en la "Zona Rica"

En esta zona no se han podido realizar un análisis estadístico de las leyes de S, SiO₂ y Mg, ya que las muestras de esta zona han sido analizadas solo por CaCO₃. Consideramos que la caliza en esta zona no ha sido alterada en la misma proporción que la "Zona Pobre" debido a que no existen un número importante de áreas intruidas por diques ni plutones. Con esto se garantiza que la caliza posea leyes de S, SiO₂ y Mg menores a las presentadas por la "Zona pobre" del Depósito Oeste.

6.2 Correlación entre elementos y compuestos químicos en el Depósito Oeste

Se ha efectuado la correlación estadística únicamente en la “Zona Pobre” del Depósito Oeste, debido a que las muestras obtenidas en esta zona son las únicas que han sido analizadas por CaCO_3 , S, SiO_2 y Mg. Todas las correlaciones se han realizado con la ley de CaCO_3 .

La correlación lineal de Pearson de n valores $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ es el número

$$R = S_{xy} / (S_x \cdot S_y)$$

R: Coeficiente de correlación.

El objetivo de la correlación estadística es el cálculo del coeficiente de correlación, el cual debe estar ubicado entre +1 y -1. Este número mide la dependencia recíproca entre dos variables que se miden al mismo tiempo.

Un coeficiente de + 1 significa que las variables tiene una relación lineal directa perfecta; un valor de - 1 significa que existe una relación lineal inversa perfecta y un valor de 0 significa que no existe una relación lineal.

La siguiente tabla nos muestra la correlación entre los elementos y/o compuestos químicos con la ley de CaCO_3 :

Variable	CaCO ₃
S	0.049
SiO ₂	-0.85
Mg	-0.16

Tabla 19 Parámetros de correlación entre elementos y/o compuestos químicos en la litología CAL

Podemos observar el alto grado de correlación que poseen el CaCO₃ con el SiO₂ (Fig.20), en la figura la dependencia es negativa y en forma inversa el bajo grado de correlación que poseen el CaCO₃ con el S (Fig.19) y el CaCO₃ con el Mg (Fig. 21).

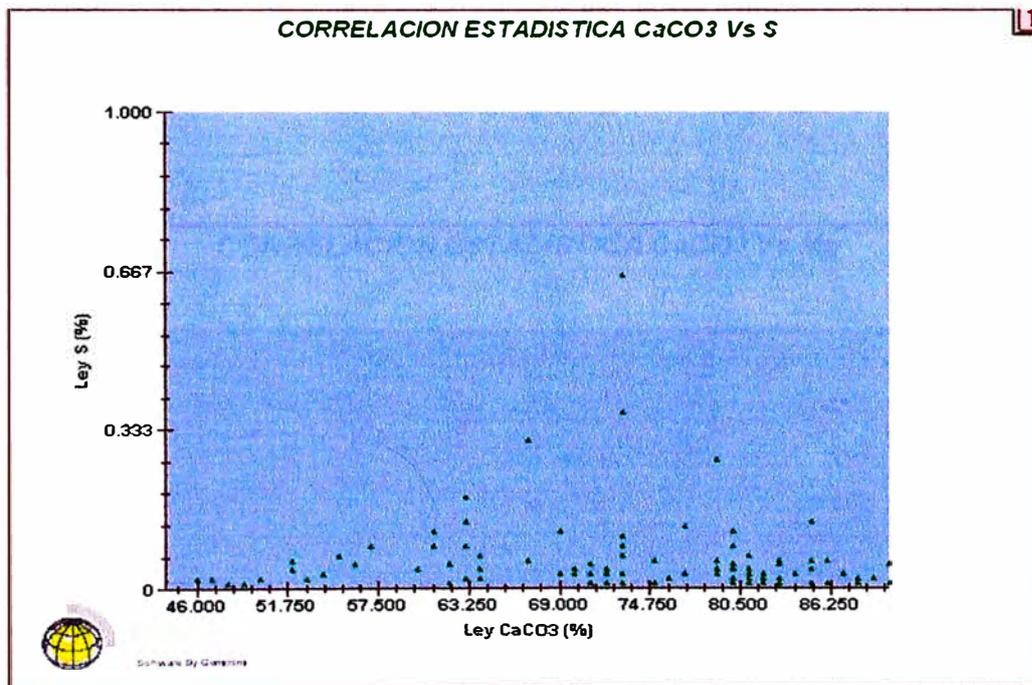


Figura 19 Nube de correlación CaCO₃ (%) Vs S (%) en la “Zona Pobre”

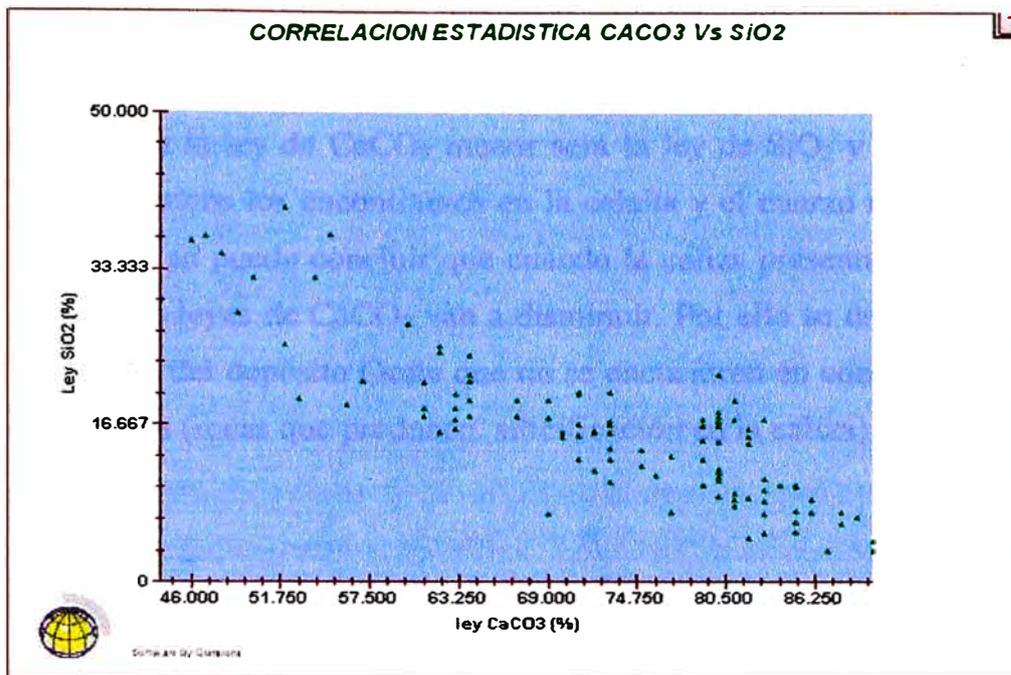


Figura 20 Nube de correlación CaCO₃ (%) Vs SiO₂ (%) en la “Zona Pobre”

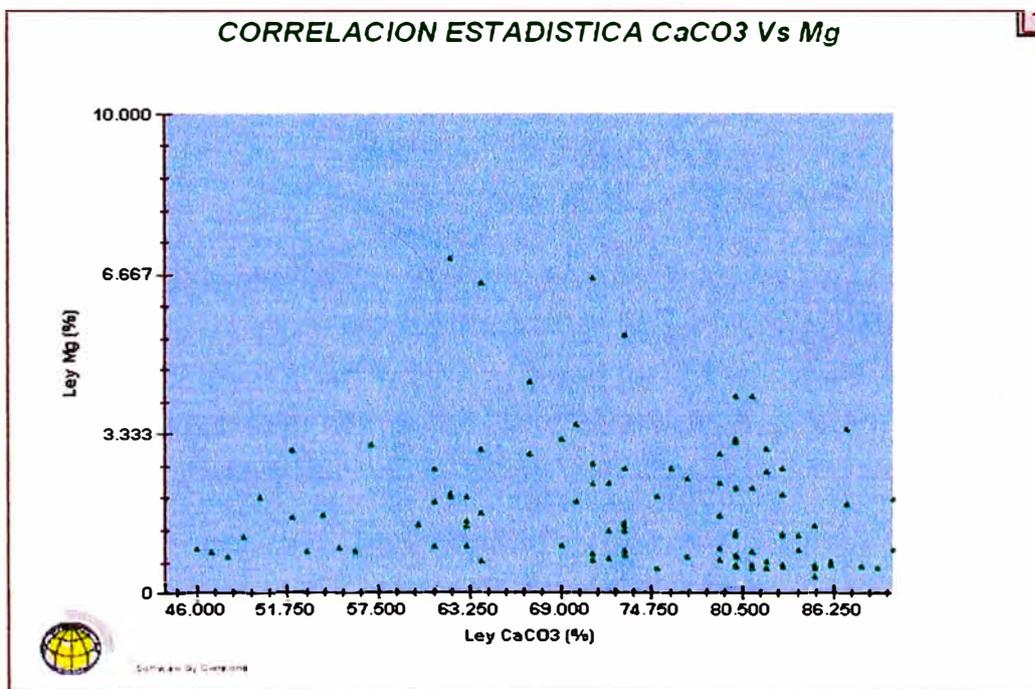


Figura 21 Nube de correlación CaCO₃ (%) Vs Mg (%) en la “Zona Pobre”

La mejor correlación se da entre el CaCO_3 y el SiO_2 , evidenciando la asociación inversa que ocurre entre estos compuestos químicos (Fig. 26). Quiere decir que cuanto mejor sea la ley de CaCO_3 menor será la ley de SiO_2 y viceversa. Estos compuestos químicos los encontramos en la calcita y el cuarzo respectivamente. De esta relación se puede concluir que cuando la caliza presenta algún grado de silicificación, las leyes de CaCO_3 van a disminuir. Por ello se debe buscar zonas de caliza, dentro del depósito Oeste que no se encuentren en contacto con diques ni rocas intrusivas (rocas que producen silicificación en la caliza).

CAPITULO VII

GEOESTADISTICA

Matheron en 1962, definió a la geoestadística como “la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales”.

La Geoestadística con respecto a la Estadística considera en su análisis y formulismo matemático no sólo el valor o magnitud en el punto donde se tomó la muestra, sino también la posición de ese punto dentro del cuerpo mineralizado y su relación con las otras muestras.

El objetivo de la geoestadística es estimar o predecir el valor de una variable que no se conoce, a partir de escasa información conocida. En el presente trabajo, hemos utilizado los muestreos en el depósito Oeste para estimar las leyes de diferentes volúmenes de caliza.

7.1 Análisis geoestadístico

Este análisis comprende dos partes, la primera es el cálculo de variogramas experimentales a diferentes direcciones y la segunda es el ajuste de estos variogramas a modelos matemáticos que servirán para la estimación de leyes. El producto de este análisis es un modelo de variograma del CaCO_3 para la caliza con la orientación y alcance de sus ejes del elipsoide de influencia correspondiente. Estos servirán como base para el diseño del plan de Krigeado.

Según Royle (1979), los principales argumentos para el uso de los métodos geoestadísticos son:

La geoestadística es completamente basada en la práctica de una buena evaluación fundamentada en una teoría racional, en vez de una evaluación minera intuitiva practicada antiguamente.

Reconocimiento de que la variación total es parte aleatoria y parte espacial, lo que conduce a estimaciones que no son insesgadas y con pequeños errores de estimación.

7.2 Variable regionalizada

Un fenómeno natural puede ser caracterizado por la distribución en el espacio de una o más variables llamadas Variables Regionalizadas. Estas se basan en la correlación, que es la dependencia de valores entre muestras contiguas, debido a que casi siempre toda variable tiene un patrón de distribución, ya que nada es al azar en la naturaleza. En el presente trabajo, hemos caracterizado la distribución espacial de la ley de CaCO_3 en el depósito Oeste.

7.2.1 Función aleatoria

Es una función que asocia a un punto x del espacio una variable aleatoria $Z(x)$.

La geoestadística interpreta la variable regionalizada como una realización de una función aleatoria. Este enfoque permite tomar en cuenta los aspectos erráticos y estructurados de la regionalización:

En cada punto x , $Z(x)$ es una variable aleatoria (de donde proviene el aspecto errático).

Para todo conjunto de puntos (x_1, x_2, \dots, x_k) , las variables aleatorias $(Z(x_1), Z(x_2), \dots, Z(x_k))$ están ligadas por una correlación que cuantifican la “semejanza” entre los valores que toman (de donde proviene el aspecto estructurado).

7.3 El Semivariograma

La Geoestadística no es meramente una técnica surgida del amalgamiento de las ciencias Geológicas con la teoría de Probabilidades y la Estadística Clásica, sino enteramente una nueva metodología cuya función fundamental es el semivariograma. En el presente estudio se tomara por conveniencia el termino variograma en vez de semivariograma.

El variograma con el que se trabaja es el variograma regularizado que se genera a partir de volúmenes. De ahí la dependencia directa entre el variograma y el tipo de soporte, esta es una de las razones por las cuales se ha dividido el Depósito Oeste en dos sectores, ya que el soporte en el sector “Pobre” es principalmente muestras de trincheras y el soporte en el sector “Rico” es principalmente muestras lineales de canal punteado.

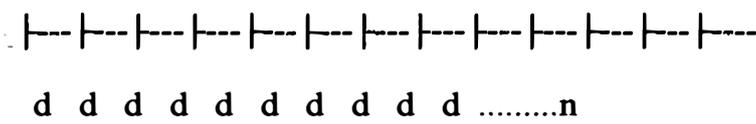
El cálculo de los variogramas en una zona de trabajo es el primer paso en un Inventario de recursos minerales aplicando elementos de geoestadística. Debido a esto se ha realizado el calculo del variograma en diferentes direcciones, para observar si es que existe anisotropía y de que tipo.

7.3.1 Calculo del variograma

Supongamos que tenemos $N(h)$ pares de muestras separados por un vector h . El variograma experimental lo estimamos por:

$$2G(h) = \frac{\sum_{i=1}^{N(h)} \{Z(X_i) - Z(X_i + h)\}^2}{N(h)} \dots\dots\dots(&)$$

Como un caso simple en la siguiente figura se ilustra puntos muestreados regularmente distribuidos a lo largo de una línea.



Este es un grupo de 'n', muestras tomadas a intervalos de "d" metros. Entonces usando la fórmula (&) tendremos 'n-1' pares, al calcular $G(d)$, 'n-2' pares para $G(2d)$, y así sucesivamente. En el Depósito de caliza estudiado: $d = 3$ m. realizándose el cálculo con el programa GEMCOM.

El gráfico del Variograma experimental tendrá en el eje X los valores “h” iguales a 1d, 2d, 3d,..etc, y en el eje Y los valores “G(h)”: G(d), G(2d),..etc. En este mismo gráfico se plotea la varianza de los “n” valores.

7.4 Cálculo de los Variogramas direccionales del Depósito Oeste

Debido a la poca variabilidad de las leyes en los depósitos de caliza (a diferencia de depósitos epitermales, pórfidos, skarn, etc) se ha decidido calcular los variogramas direccionales en las direcciones Norte – Sur, Este – Oeste y en la dirección Altura-Cota. Estos variogramas se calcularán en forma independiente en cada una de las dos zonas del Depósito Oeste.

Las direcciones y los parámetros se muestran en las tablas siguientes:

ZONA	DIRRECCIONES	EJES COORDENADOS
Zona Pobre	Norte - Sur	Y
	Este - Oeste	X
	Altura	Z
Zona Rica	Norte - Sur	Y
	Este - Oeste	X
	Altura	Z

Tabla 20 Dirección de los variogramas en GEMCOM

PARÁMETROS VARIOGRAMA	
Lag	3
Intervalos	30
Spread angulo	45°

Tabla 21 Parámetros variográficos

Lag o distancia (h) del variograma es 3 metros (esta distancia es un intervalo), en este caso en particular se ha colocado el parámetro de 30 intervalos como máximo (rango máximo 90 metros).

Spread ángulo o ventana, es la zona de influencia del variograma direccional.

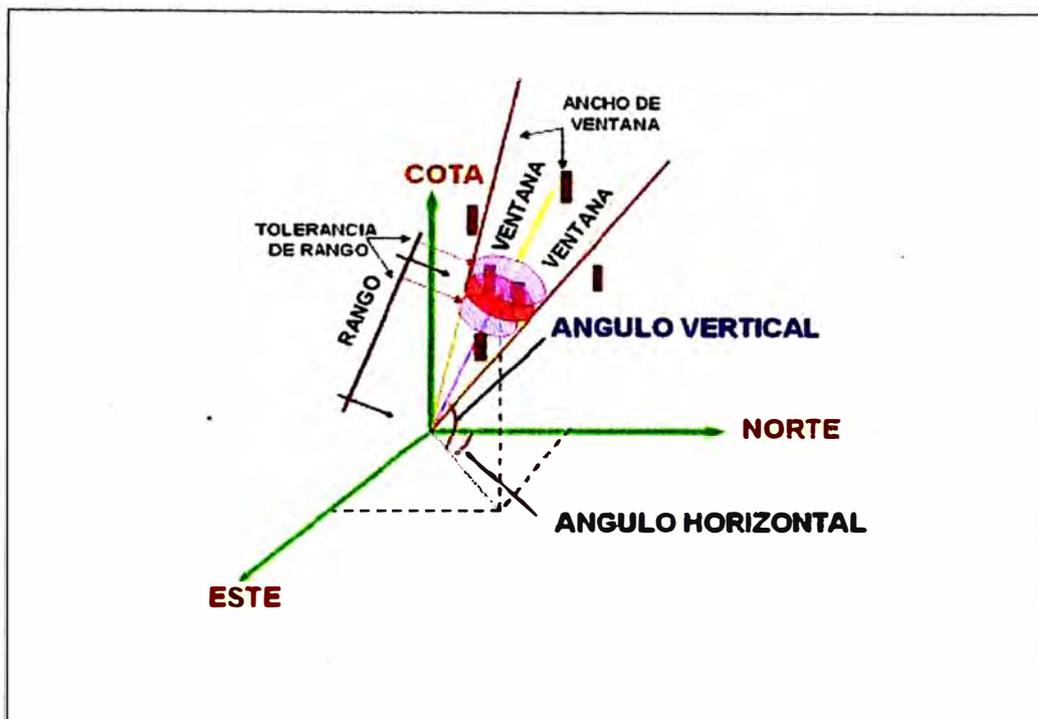


Figura 22 Parámetros variográficos (H. Bernabé,2003)

La figura muestra las tres direcciones en las cuales se ha calculado los variogramas experimentales, los intervalos de rango y el spread ángulo (ventana) que genera un cono de influencia.

Nota.- La figura muestra el parámetro de tolerancia de rango de distancia que el software GEMCOM no posee y que no ha sido considerado dentro de los parámetros variográficos.

7.5 Modelamiento de los variogramas direccionales

La idea es buscar un método teórico de variograma que sea parecido al variograma experimental. Esta etapa de modelamiento, llamado “análisis estructural” o “análisis variográfico”, es la fase esencial en un estudio geoestadístico, obteniéndose malos resultados en caso de realizar un mal modelamiento.

Existen diferentes funciones de modelización:

Modelos sin meseta

Lineal $\gamma(h) = ph$

Lineal generalizado $\gamma(h) = ph^A$, con $0 < A < 2$

De Wijsian $\gamma(h) = 3A \log(h)$

Modelos con meseta

Comportamiento lineal en el origen

Modelo esférico de alcance a y meseta C (válido en R_d , $d \leq 3$)

$$\gamma(r) = \begin{cases} C \left[\frac{3r}{2a} - \frac{1}{2} \frac{r^3}{a^3} \right] & \text{para } 0 \leq r \leq a \\ C & \text{para } r \geq a \end{cases}$$

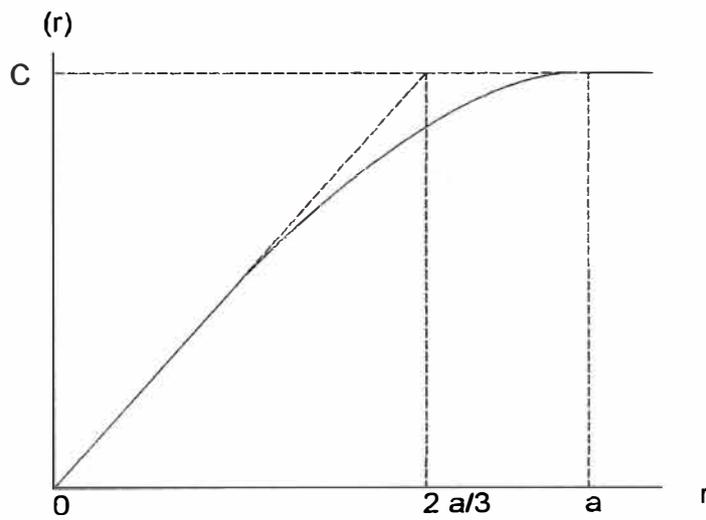


Figura 23 Modelo Esferico

Modelo exponencial de parámetro a y meseta C

$$\gamma(r) = C (1 - \exp(-r/a))$$

Contrariamente al modelo esférico que alcanza su meseta para $r = a$, el modelo exponencial sólo alcanza su meseta asintóticamente. En todo caso, se puede considerar un alcance práctico igual a 3^a para el cual el variograma llega al 95% del valor de su meseta.

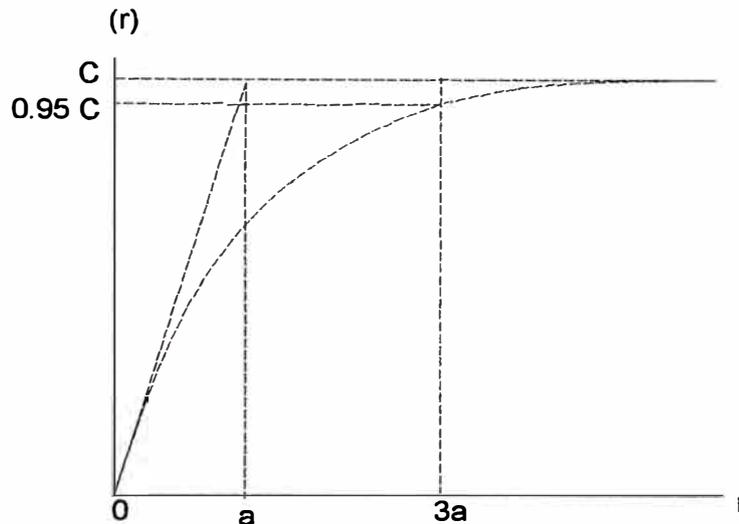


Figura 24 Modelo Exponencial

Efecto pepítico puro

$$\gamma(h) = C, \quad h = 0$$

$$\gamma(h) = C, \quad h > 0$$

El efecto pepita podría verse como un caso particular de un esquema esférico de alcance infinitamente pequeño. Sin embargo, desde el punto de vista físico, existe una diferencia fundamental entre los modelos pepítico y esférico: el primero representa una regionalización discontinua a la escala de observación, para lo cual los valores cambian repentinamente de un punto a otro, mientras que el segundo describe una regionalización continua.

En el presente trabajo el modelo Esférico o de Matheron y el modelo Exponencial han sido utilizados para modelar los variogramas direccionales experimentales.

CODIGO DE ROCA	ZONA	EJE	MODELO	MESETA	ALCANCE (m)	PEPITA
CAL	POBRE	X	ESFERICO	123.48	41.31	9
		Y	EXPONENCIAL	110.93	32.38	9
		Z	ESFERICO	9.83	10.56	9
	RICA	X	EXPONENCIAL	21.6	22.83	5
		Y	ESFERICO	35.01	12.86	5
		Z	ESFERICO	7.38	14.64	5

Tabla 22 Modelamiento de los variogramas direccionales de por zona del Depósito Oeste

A continuación se muestran los variogramas direccionales modelados en las dos zonas del Depósito Oeste.

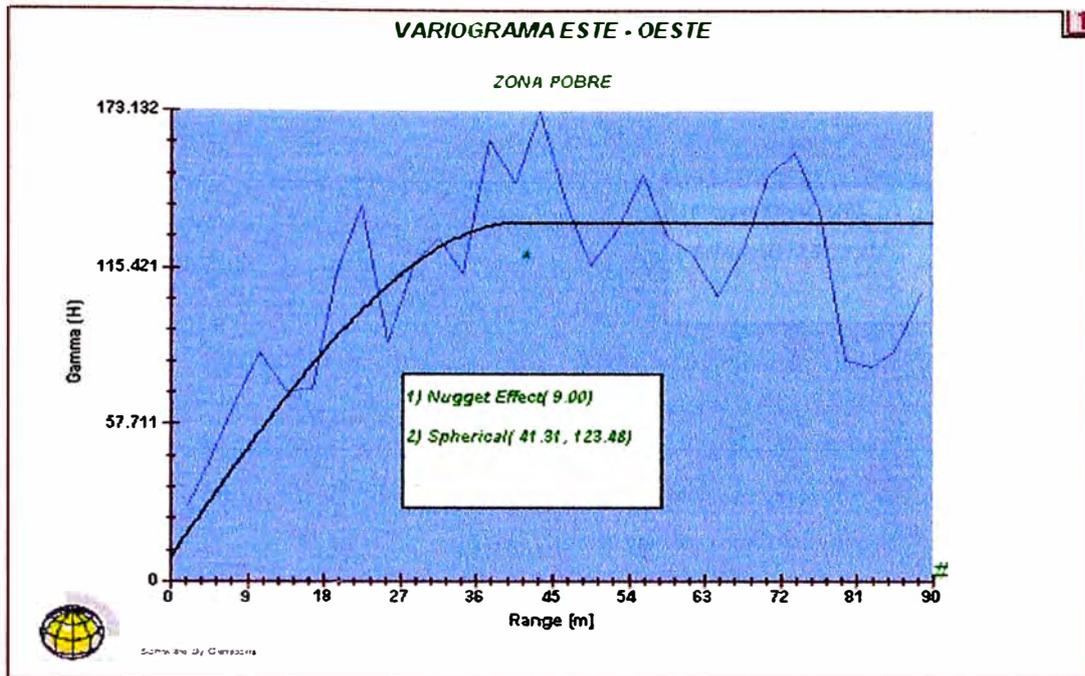


Figura 25 Variograma direccional Este – Oeste “Zona Pobre”

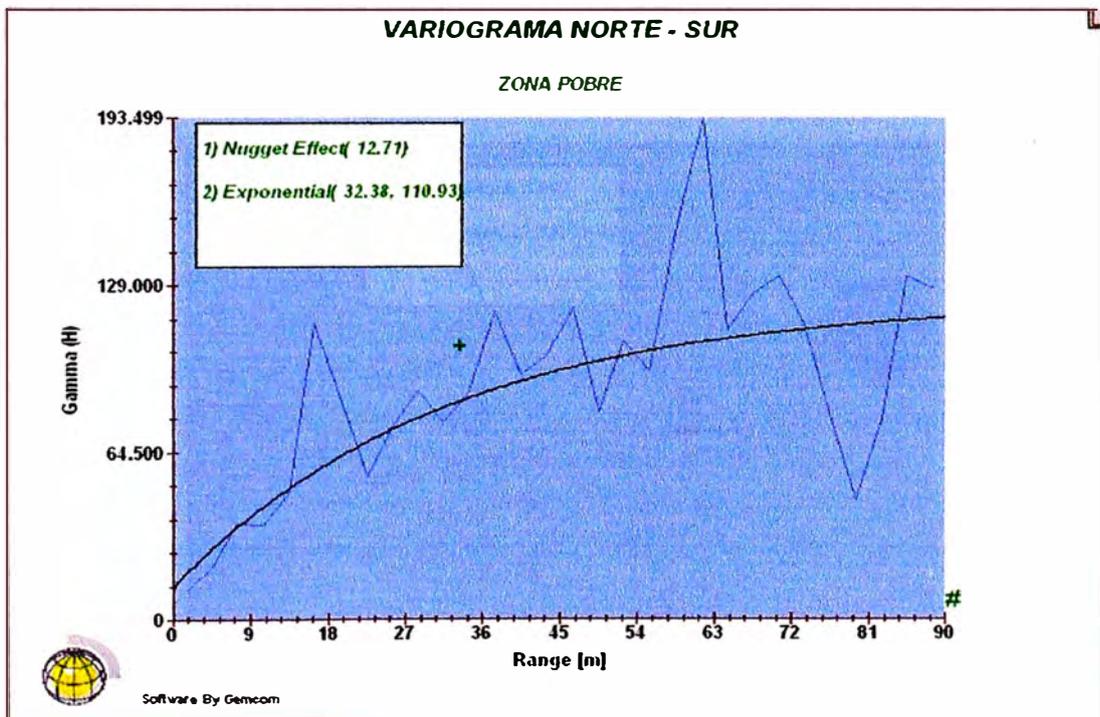


Figura 26 Variograma direccional Norte –Sur “Zona Pobre”

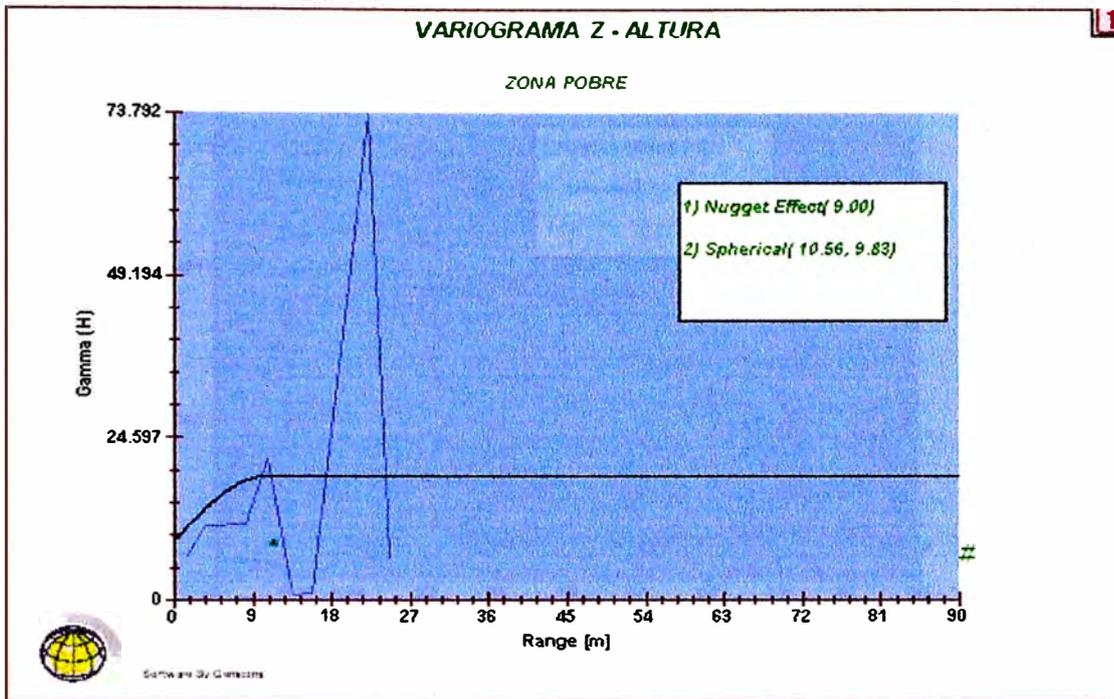


Figura 27 Variograma Cota -Altura “Zona Pobre”

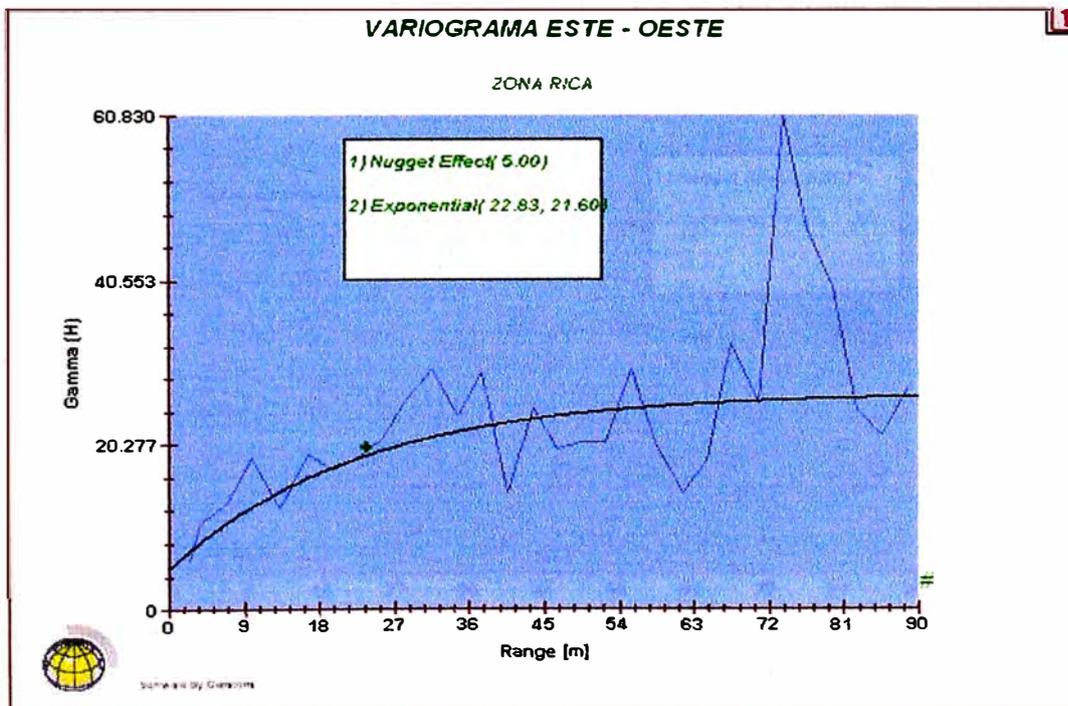


Figura 28 Variograma Este - Oeste “Zona Rica”

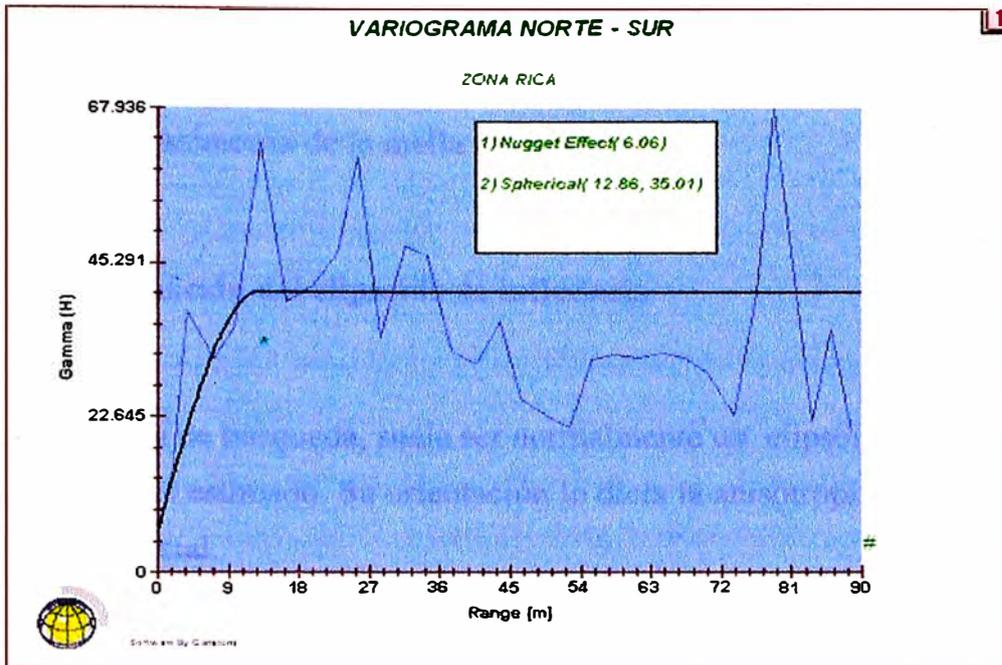


Figura 29 Variograma Norte - Sur “Zona Rica”

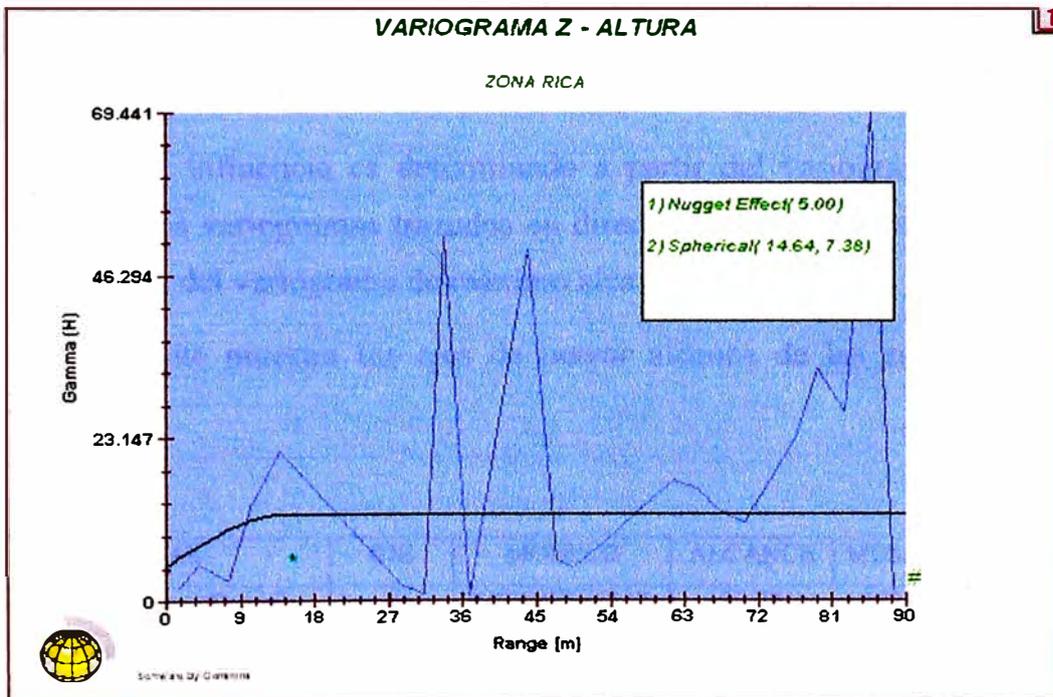


Figura 30 Variograma Cota - Altura “Zona Rica”

Existe una marcada anisotropía zonal, debido a que las mesetas de los variogramas son diferentes en las tres direcciones, pensamos que se ocasiona en gran parte por la asimetría de la malla de muestreo.

7.6 Determinación del elipsoide de influencia

La forma del área de búsqueda, suele ser normalmente un elipsoide centrado en el punto que va a ser estimado. Su orientación lo dicta la anisotropía del esquema de continuidad espacial.

El elipsoide de influencia es construido a partir de los variogramas direccionales. Los variogramas determinan la zona de influencia en un procesos de llenado de los bloques, también sirve para identificar las zonas con las mismas leyes pero en diferentes posiciones.

El elipsoide de influencia es determinado a partir del variograma de máximo alcance y de dos variogramas trazados en direcciones perpendiculares entre si y con la dirección del variograma de máximo alcance.

El tabla siguiente muestra los ejes de mayor alcance de las zonas “Pobre” y “Rica”.

ZONAS	EJE	MODELO	ALCANCE	MESETA	PEPITA
Eje mayor “Zona Pobre”	Y	EXPONENCIAL	32.38	123.48	9
Eje mayor “Zona Rica”	X	EXPONENCIAL	22.83	21.6	5

Tabla 23 Variogramas de máximo alcance en las zonas “Pobre” y “Rica” del Depósito Oeste.

Los modelos exponenciales poseen un alcance real de tres veces el alcance teórico del modelo.

El número de muestras a capturarse, esta relacionado con el tamaño de la elipse, es decir el número de puntos de estimación que se deben incluir en ella.

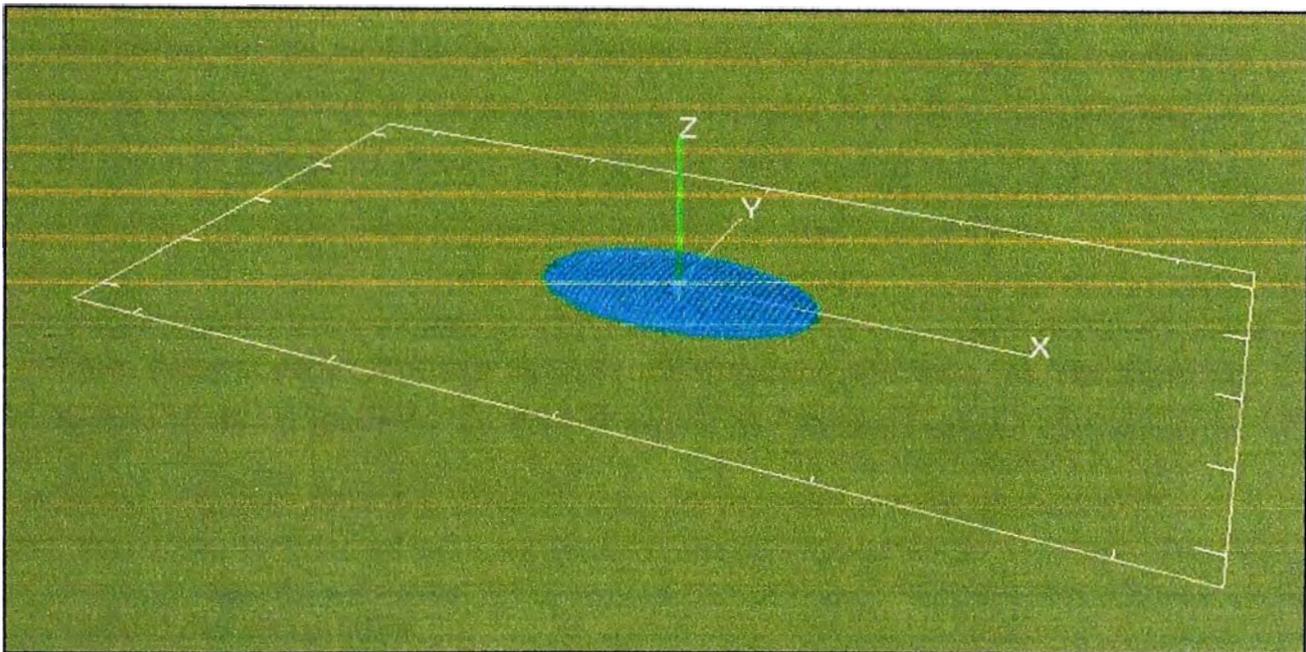
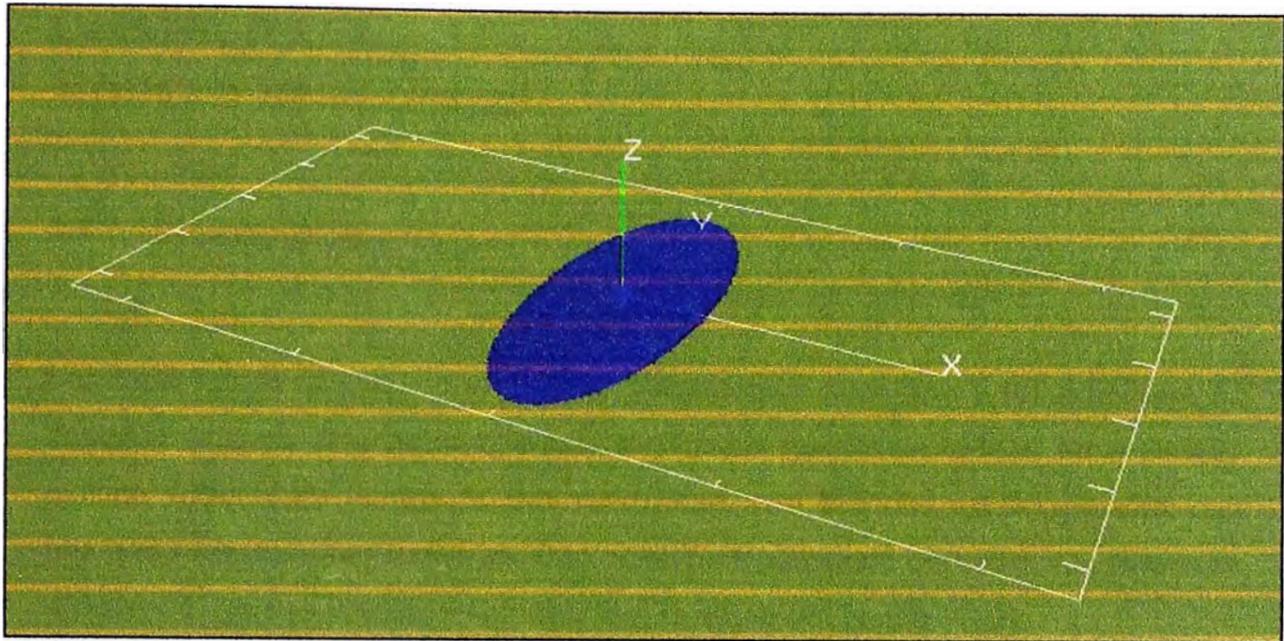
Las características de las muestras son analizadas en dos aspectos: por un lado la posible presencia de agrupamientos de muestras, resuelto por la morfología matemática propia de la geoestadística, que lo toman en cuenta y ponderan este fenómeno. Por otro lado, el segundo aspecto menciona la importancia de las diferentes muestras para su inclusión en la estimación (R. Villanueva, 2000).

En la tabla siguiente se puede observar los ejes de la elipsoide de influencia en las dos zonas del Depósito Oeste.

ZONAS	EJES ELIPSE	EJE	MODELO	ALCANCE	MESETA	PEPITA
POBRE	Eje mayor	Y	EXPONENCIAL	32.38	123.48	9
	Eje semi mayor	X	ESFERICO	41.31	110.93	9
	Eje menor	Z	ESFERICO	10.56	9.83	9
RICA	Eje mayor	X	EXPONENCIAL	22.83	21.6	5
	Eje semi mayor	Z	ESFERICO	14.64	7.38	5
	Eje menor	Y	ESFERICO	12.86	35.01	5

Tabla 24 Parámetros del elipsoide de influencia en las zonas del Depósito Oeste

En la siguiente figura se muestra en forma esquemática las direcciones principales de las elipses de influencia de cada sector.



**Figura 31 Elipsoides de influencia de la zona “Pobre” y zona “Rica”
respectivamente**

CAPITULO VIII

MODELO DE BLOQUES

8.1 Modelo de bloques

Los modelos de bloques se utilizan en yacimientos metálicos y no metálicos. El depósito se suele discretizar con paralelepípedos iguales en todo el área, aunque existen variaciones dentro de esta modalidad, con bloques paralelepípedos con una o dos dimensiones variables que mantienen constante normalmente la tercera dimensión (que es vertical) coincide con la altura del banco.

El primer tipo de modelo fue inicialmente utilizado a comienzos de los años 60 por la Kennecott Koper Corporation en un depósito de pórfido cuprífero masivo. El segundo tipo de modelo se desarrolló en 1968 cuando surgió la necesidad de englobar numerosos bloques regulares contiguos de estéril en uno sólo.

Cada bloque debe contener toda la información necesaria en las fases de desarrollo de un proyecto. La determinación de las dimensiones óptimas de un bloque dependen principalmente de:

Variabilidad de las leyes.

Continuidad geológica de las mineralizaciones.

Tamaño de las muestras y espaciamiento.

Capacidades de los equipos mineros.

Taludes de diseño de la explotación.

Limites propios del ordenador.

Este modelo se desarrollo principalmente para describir la distribución espacial de los valores numéricos (leyes, etc). Últimamente se ha utilizado para modelizar las formas de las unidades geológicas, las superficies de contacto entre ellos y acuíferos de agua subterránea.

8.1.1 Tamaño del bloque a usar

El bloque unitario de estimación ha sido elegido considerando las dimensiones de los bancos de la mina Sider Nivin. Estos bancos poseen una altura de 6 metros, 30 metros de largo y 9 metros de ancho.

El bloque unitario que utilizaremos para generar el modelo de bloques a partir de este, posee 6 metros de alto, 6 metros de largo y 6 metros de ancho (datos proporcionados por J. Montenegro, 2006), este bloque unitario elegido permite representar las irregularidades del contorno.

8.1.2 Construcción del modelo de bloques en GEMCOM.

El modelo de bloque tendrá la forma de un paralelepípedo que abarca todo el volumen del modelo geológico anteriormente creado. Los parámetros utilizado para la creación del modelo de bloques se muestran en el siguiente tabla:

Origen	
X	819811
Y	8948859.9
Z	860
Dimensiones del bloque	
columna	6
Fila	6
Niveles	6
Columnas	26
Filas	64
Niveles	21
Angulo de rotación	36°

Tabla 25 Parámetros para la creación del modelo de bloques en GEMCOM

El número de columnas se obtiene de dividir la diferencia de las coordenadas máxima en X menos la mínima en X entre 6.

El número de filas se obtiene de dividir la diferencia de las coordenadas máxima en Y menos la mínima en Y entre 6.

El número de niveles se obtiene de dividir la diferencia de las coordenadas máxima en Z menos la mínima en Z entre 6.

El ángulo de rotación, es el ángulo horizontal que hacen las secciones verticales que sirvieron para generar el sólido con la línea Este – Oeste. En este caso el ángulo es de 36° (Fig. 32).

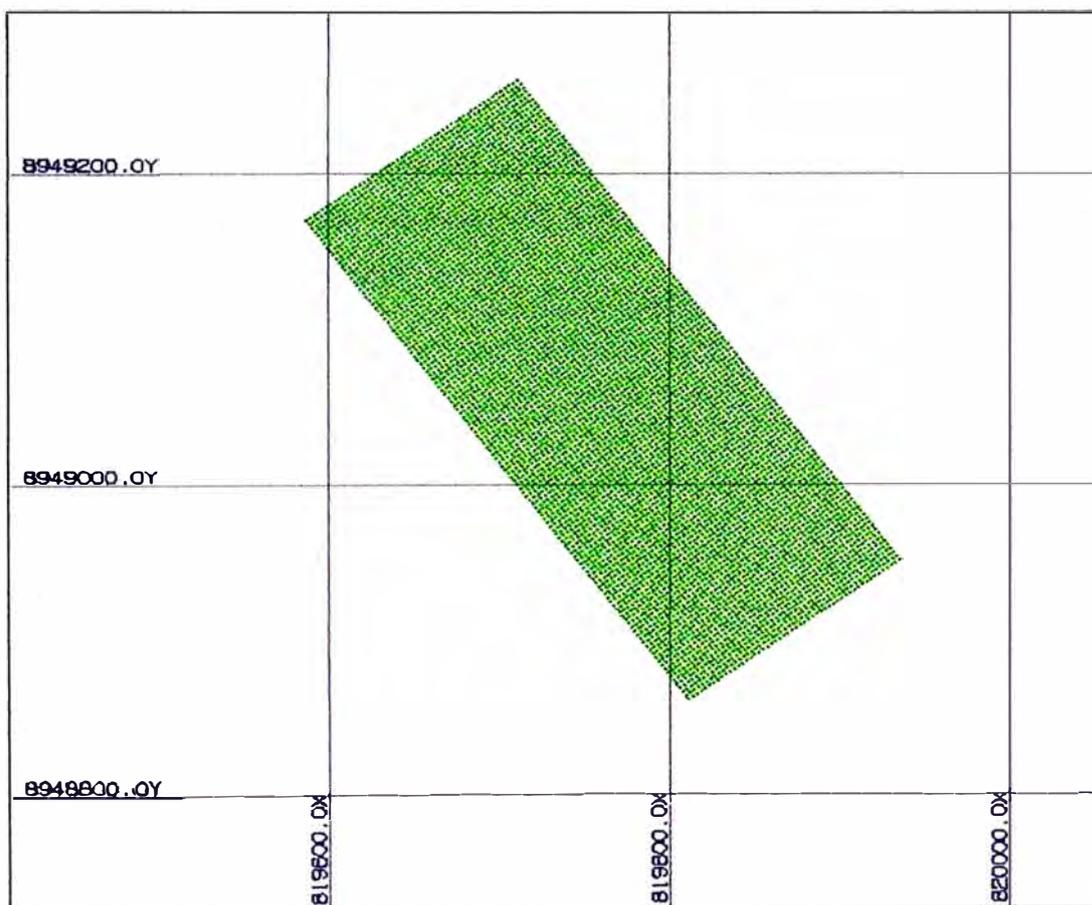


Figura 32 Vista en planta del modelo de bloques creado en GEMCOM

8.2 Delimitación geométrica del yacimiento

Teniendo en cuenta los planos de ubicación de los muestreos, los planos geológicos, las secciones geológicas y considerando las dimensiones del bloque se procedió a crear un modelo de bloques para la litología caliza.

A cada bloque que con más del 65 % de su volumen dentro de alguno de los sólidos litológicos se le asignó un indicador según su litología (tabla 4). A los bloques localizados fuera del modelo geométrico se les asignó un indicador nulo.

A partir del modelo de bloques del Depósito Oeste se selecciono los modelos de bloques de las dos zonas del depósito. De esta manera se modela el Depósito Oeste en forma independiente.

CAPITULO IX

ESTIMACIÓN DE RECURSOS

9.1 Clasificación de recursos

Los esquemas de clasificación de reservas y recursos basados en medidas reales de dispersión son más confiables, pues reflejan, sobre todo, la cantidad y la calidad de la información utilizada en la evaluación de recursos o reservas (Yamamoto, 1991).

En ese sentido la Geoestadística es sugerido como procedimiento válido y confiable en la mayoría de los sistemas, tornándose casi un patrón para la estimación de recursos. El código propuesto por la ONU, por ejemplo propone el uso de la Geoestadística para la clasificación de recursos por permitir una rápida y no ambigua identificación de las categorías de recursos y reservas minerales (UN-ECE, 1996).

Para el presente estudio hemos considerado la clasificación de recursos determinada por el alcance del variograma. El variograma permite una indicación del nivel de correlación que los datos muestreados presentan en una zona mineralizada. El grado de correlación ha sido frecuentemente utilizado para clasificar esa mineralización. Froidevaux (1982) propuso tres clasificaciones:

Bloques dentro del área muestreada y del radio de influencia definido por el alcance del variograma. Esta primera clasificación usa el alcance del variograma con la subdivisión arbitraria del alcance observado. Como ejemplo, todos los bloques estimados con un cierto número mínimo de muestras y dentro del radio de

influencia podrían ser clasificados como medidos y todos los bloques estimados con un determinado número mínimo de muestras y además un radio de alcance mayor serian clasificados como indicados.

Para la segunda clasificación, las categorías estarían basadas en los valores de la meseta (Sill).

Bloques del mismo depósitos pero con grandes distancias entre los datos (incluyendo bloques extrapolados).

En este estudio utilizaremos la primera de las clasificaciones de Froidevaux . Hemos definido dos categorías de recursos: Recursos Medidos y Recursos Indicados. En base al variograma se calculó el área de influencia (alcance) mediante el cual se definen los recursos medidos e indicados.

9.1.1 Recurso Medido

Para ser considerado como un recurso medido debe cumplir los siguientes requisitos:

Los bloques que se encuentran dentro del área de influencia (alcance de los variogramas de los ejes de la elipsoide) de la elipsoide.

El número máximo de muestras tomadas por muestreo es de 2 por muestreo.

El número de muestras mínimo por bloque es 2 y como máximo 5.

9.1.2 Recurso Indicado

Para ser considerado como un recurso medido debe cumplir los siguientes requisitos:

Los bloques que se encuentran dentro del área de influencia (2 veces el alcance de los variogramas de los ejes de la elipsoide) del elipsoide.

El número máximo de muestras tomadas por muestreo es de 2 por muestreo.

El número de muestras mínimo por bloque es 1 y como máximo 12.

Se consideran recurso indicado a los bloques que no han sido considerados como recurso medido y que hayan cumplido los requisitos anteriores.

9.2 El krigeaje

El término “Krigeaje” encierra una serie de aspectos respecto a la variable regionalizada, cuyo estudio, aplicaciones y desarrollo es toda una especialidad y rebasa los límites de este trabajo. Podemos mencionar por ejemplo términos como Krigeaje Puntual, Krigeaje Universal y Krigeaje por indicadores.

El procedimiento para la utilización de la Geoestadística en la estimación de recursos de un depósito mineral puede ser dividido en dos partes (Clark, 1979):

1.- Investigación y modelamiento de una estructura física y estadística de un cuerpo mineral para la construcción de variogramas.

2.- Proceso de estimación del Krigeaje que depende enteramente de los semi-variogramas.

En el krigeaje de bloques el valor estimado se le asigna a un bloque y no a un punto. Esta capacidad que tiene el krigeaje de efectuar la estimación sobre su volumen y no sobre un punto, es una de sus características propias; si bien es cierto la manera de operar puede trasladarse a otros métodos como el inverso de la distancia, los resultados no son consistentes (Isaaks y Sirastava, 1989).

El cálculo de un valor medio para un bloque del yacimiento, a partir de los datos de los valores obtenidos en los muestreos, es un problema de estimación que usa la información de los puntos vecinos. Considerando no solamente a los valores, sino a la posición espacial de los mismos.

La esencia de cualquier buen procedimiento de estimación no es simplemente producir un número (ley (%), potencia (metros)) para un bloque, también es dar una idea cuantitativa entre lo estimado y el número real.

Al analizar los variogramas de CaCO_3 observamos que siempre presentan meseta, lo que permitira elegir el Krigeaje estacionario de orden 2, denominado también krigeaje Ordinario para la litología CAL.

9.2.1 El kriging ordinario

Es un método que permite estimar el valor desconocido de un Z_v asociado a un punto, área o volumen, a partir de un conjunto de n datos ($Z(x_i)$, $i=1,n$).

El estimador Z^*_v puede ser obtenido como una combinación lineal de los datos en la ecuación:

$$Z^*_v = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(x_i) \quad \dots\dots(a)$$

Los ponderadores (λ_i , $i=1,n$) son obtenidos por la resolución de un sistema lineal de ecuaciones (sistema de kriging), construido para que la estimación no sea sesgada y que la varianza de la estimación o de kriging sea mínima.

Según Journel y Huijbregts (1978), para que el estimador Z^*_v no sea sesgado, basta garantizar que:

$$E[Z_v - Z^*_v] = 0 \quad \dots(b)$$

Haciendo que $E(Z_v) = m$ y considerando que:

$$E[Z^*v] = E\left[\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(x_i)\right] = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot E[Z(x_i)]$$

.....©

$$E[Z^*v] = m \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

.....(d)

Resultando en la condición de no sesgada para Z^*v dada por:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

.....(e)

Como en cualquier proceso de estimación, el Krigeaje busca hacer estimaciones con mínima varianza.

Todo método de estimación involucra un error de estimación, que se debe simplemente a la cantidad a ser estimada difiere generalmente de su estimador. Este error de estimación no es conocido pero a partir de sus variogramas es posible estimar su varianza. A esto se le denomina varianza de estimación.

La varianza de estimación o varianza de krigeaje es dada por:

$$\sigma_E^2 = E\left[(Z_V - Z^* v)^2\right] \quad \dots(f)$$

Que desarrollada matemáticamente, origina:

$$\sigma_E^2 = \bar{C}(V, V) - 2\sum_i \lambda_i \bar{C}(V, v_i) + \sum_i \sum_j \lambda_i \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) \quad \dots(g)$$

Donde:

$C(V, V)$ es el valor medio de la función covarianza entre todos los pares de puntos en el volumen V .

$C(V, v_i)$ es el valor medio de la función covarianza entre unas muestras Y_i y todo el volumen V , así calculamos para todas la muestras.

$C(v_i, v_j)$ es el valor medio de la función covarianza entre todos los pares posibles de muestras v_i y v_j .

El objetivo del Krigeaje es buscar la mejor estimación, ósea, encontrar el mínimo de la función varianza de estimación (ecuación g). Minimizándose la varianza de estimación sujeta a la condición de no sesgamiento (ecuación e), por medio de la técnica de los multiplicadores de lagrange se llega al sistema de ecuaciones de krigeaje:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) - \mu = \bar{C}(v_i, V) \quad \text{para } i = 1, n$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad \dots\dots(h)$$

Donde μ es el multiplicador de lagrange.

La solución del sistema de ecuaciones de krigeaje (ecuación h) resulta un conjunto de ponderadores ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) que, aplicados en la ecuación (a), permite determinar el valor medio del bloque.

La aplicación del Krigeaje depende de la obtención satisfactoria de variogramas representativos del deposito, que a su vez es función no solo del comportamiento espacial de la variable en estudio, pero sobre todo, de la cantidad de información (Yamamoto y Bettencourt, 1992).

Los procedimientos para realizar estimaciones por medio del Krigeaje ordinario pueden ser resumidos como sigue (Broker, 1979):

- 1.- Estudio estructural para determinar los variogramas.
- 2.- Selección de muestras a utilizar en la evaluación de un bloque.
- 3.- Calculo de γ o C (del sistema de ecuaciones del krigeaje).
- 4.-Solución del sistema de ecuaciones para la determinación de los ponderadores que minimicen la varianza de krigeaje.
- 5.- Evaluación de estos ponderadores en la evaluación del bloque (valor y varianza de Krigeaje).

9.2.2 Consideraciones importantes del Krigeaje

A.- Generalmente, el krigeaje asigna los mayores pesos a las muestras cercanas al bloque a estimar, sin embargo existen casos en que este principio no se cumple.

B.- Es frecuente encontrarse con ponderadores cercanos al valor 0 o negativos, en la práctica no se pierde precisión al omitirlos, es por ello que en el cálculo de Krigeaje Ordinario hemos considerado que los ponderadores negativos se conviertan en cero.

El valor de los ponderadores dependerá de las características del yacimiento, resumidas en el variograma. A continuación veamos algunos aspectos importantes de la influencia de la morfología del variograma en la estimación de reservas por krigeaje. Se comentarán cinco aspectos: la influencia de la escala (valor de la meseta), de la forma, el efecto de pepita, el alcance y la anisotropía.

La influencia de la escala: Dos variogramas semejantes pero con mesetas diferentes generan dos valores iguales en su estimación, pero diferentes en los valores de las varianzas del krigeaje.

En los sectores “Pobre” y “Rico” se observa que los tres variogramas direccionales presentan diferente meseta, por lo tanto cada variograma generará diferentes varianzas de krigeaje dependiendo de la dirección.

La influencia de la forma: Depende del tipo de modelo matemático que se utilizara en el modelamiento del variograma. Por ejemplo el modelo exponencial

genera factores de ponderación mayores en los puntos más cercanos mientras que, los más alejados tiene ponderaciones menores incluso negativas. Esto se debe a que dicho variograma es indicativo de un fenómeno muy continuo.

En los sectores “Pobre” y “Rico” se observa que los variogramas con mayor alcance han sido modelados con el modelo exponencial. Si tomamos en consideración lo expuesto anteriormente, diremos que la dirección principal de los elipsoides de influencia de ambos sectores nos están indicando un fenómeno mas continuo en comparación con las direcciones modeladas con modelos esféricos.

El efecto de pepita: Dados dos variogramas semejantes uno de ellos con presencia de efecto de pepita, la estimación para un mismo punto utilizando ambos variogramas, refleja una menor variación en los factores de ponderación cuando el semivariograma utilizado es el que presenta el efecto de pepita y la varianza del krigeaje es mayor. Cuanto más se incremente dicho efecto la estimación tiende a semejarse a una simple ponderación de las muestras.

En el presente estudio todos los variogramas direccionales presentan efecto de pepita.

El alcance: En un variograma, la variación del alcance tiene una relativa pequeña influencia en el cálculo de los factores de ponderación, afectando en el resultando final de la estimación, en mayor medida a la varianza de kriging.

Todos los variogramas direccionales modelados de los dos sectores del Deposito Oeste presentan diferentes alcances. Lo que significa que los alcances de los variogramas direccionales tienen una influencia distinta en la varianza de kriging.

La presencia de anisotropía: El principal efecto que tiene este fenómeno en el proceso de estimación es el mayor peso que se le da a las muestras incluidas en la dirección de máxima continuidad (eje mayor de la elipse de influencia), frente a un menor peso a las situadas en la direcciones de mínima continuidad (ejes semi mayor y menor de la elipse de influencia).

En el presente estudio el mayor peso de ponderación lo tendrán las muestras ubicadas en la dirección Norte – Sur del sector “Pobre” y las muestras ubicadas en la dirección Este – Oeste del sector “Rico”.

Redundancias entre datos: Cuando varios datos están “agrupados” y cercanos unos con otros, se vuelven redundantes. En otros términos, el kriging corrige los efectos debidos a las irregularidades del muestreo y no sobrepondera los datos agrupados en perjuicio de los datos aislados.

En el presente estudio el muestreo fue realizados en una malla irregular, esta es una de las razones de la elección del método del Kriging Ordinario, ya que este método no sobrepondera las muestras tomadas con poco espaciamiento (algunos sectores de la zona “Rica”) con respecto a las muestras muy espaciadas y/o aisladas (algunos sectores de la zona “Pobre”).

C.- Las características del área de búsqueda y el número de muestras a captura son factores importantes para analizar.

En el caso del área de búsqueda, se ha optado por la forma de una elipsoide con ejes previamente definidos en un capítulo anterior. Acerca del número de muestras a capturar, es uno de los parámetros importantes en lo que respecta a la

clasificación de los recursos medidos e indicados (anteriormente se ha definido el número de muestras).

9.3 Reportes de volumen, tonelaje y ley

Para el cálculo del tonelaje de los recursos se utilizó una densidad de 2.5 gr/Tn, el cual fue multiplicado por el volumen obtenido mediante una multiplicación de las dimensiones de cada bloque clasificado como recurso Medido e Indicado.

Se generan reportes de tonelaje, volumen y ley promedio en el software GEMCOM. Cabe indicar que conforme se vaya ampliando el muestreo en todo el Depósito Oeste el cálculo del tonelaje puede sufrir variaciones, es decir el cálculo de la ley de los bloques por Krigeaje Ordinario puede tener una mejor estimación por una mayor densidad de muestras.

Zonas	Tipo de recursos	Clasificación	Intervalos de ley	Volumen (m ³)	Densidad (T/m ³)	Tonelaje (T)	Ley Promedio (CaCO ₃)
Zona Pobre	Medido	Ley baja	0 – 80	462,550.50	2.5	1,156,376.25	37.05
		Ley media	80 – 89	121,513.50	2.5	303,783.75	84.62
		Ley alta ^{na}	89 – 100	78,435.00	2.5	196,087.50	90.36
	Indicado	Ley baja	0 – 80	82,917.00	2.5	207,292.50	71.3
		Ley media	80 – 89	33,412.50	2.5	83,531.25	82.9
		Ley alta	89 – 100	64,138.50	2.5	160,346.25	90.83
Zona Rica	Medido	Ley baja	0 – 80	19,251.00	2.5	48,127.50	71.9
		Ley media	80 – 89	87,655.50	2.5	219,138.75	86.3
		Ley alta	89 – 100	140,454.00	2.5	351,135.00	91.24
	Indicado	Ley baja	0 – 80	12,973.50	2.5	32,433.75	71.59
		Ley media	80 – 89	72,495.00	2.5	181,237.50	86.67
		Ley alta	89 – 100	145,435.50	2.5	363,588.75	90.96

Tabla 26 Reporte de recursos medidos e indicados por zona del Depósito Oeste

De este reporte podemos concluir que los recursos medidos de alta ley son 547,222.5 toneladas y como recursos indicados de alta ley tenemos a 523,935 toneladas, ellos representan los recursos mas importantes del Depósito Oeste.

Para tener una mejor idea de la posición de los recursos In-Situ, hemos generado planos horizontales, los cuales tendrán un espaciamiento de 12 metros entre cada plano, la cota que identifica el plano se encuentra al centro y tiene un alcance de 6 metros hacia arriba y 6 metros hacia abajo. En el siguiente cuadro se observan las características de cada plano horizontal:

Secciones	Elevaciones de las		Influencias de las		Elevación Referencial (m)
	Secciones		Secciones		
	Mínima Elevación (m)	Máxima Elevación (m)	Arriba (m)	Abajo (m)	
0HO	857.329	845.329	6	6	851.329
1HO	833.329	839.329	6	6	839.329
2HO	821.329	833.329	6	6	827.329
3HO	809.329	815.329	6	6	815.329
4HO	797.329	809.329	6	6	803.329
5HO	785.329	797.329	6	6	791.329
6HO	773.329	785.329	6	6	779.329
7HO	761.329	773.329	6	6	767.329
8HO	749.329	761.329	6	6	755.329

Tabla 27 Características Secciones Horizontales

Los planos horizontales ayudaran a diseñar y definir las reservas probadas y probables de los sectores “Rico” y “Pobre” del Deposito Oeste. Estas reservas son definidas a partir de los recursos Medidos e Indicados. Todos los planos pueden ser observados en los anexos.

CAPITULO X

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Conclusiones

1.- Estudios de exploración realizados en otros denuncios ubicados al Noroeste de la concesión (C. Pérez, 1999), confirma la existencia de depósitos de caliza con mejores potencias y leyes. Al realizar el presente estudio se observa la mejora de leyes de CaCO_3 (%) hacia el Noroeste.

2.- Las rocas sedimentarias forman parte del Grupo Goyllarisquizga, las calizas pertenecen a la Formación Santa y se encuentran ubicadas en el centro del anticlinal de cerro Colorado.

3.-Las litologías mas importantes del Depósitos Oeste son la caliza con venillas de calcita (CAL), la caliza intensamente silicificada y con sulfuros (CALS) y caliza moderadamente silicificada (CALR).

4.- El presente estudio a determinado que las calizas con mejores leyes de CaCO_3 son las calizas clasificadas como CAL. Este tipo de roca ocupan la mayor parte del Depósito Oeste de la mina Sider Nivin.

5.- Existe un fracturamiento Incipiente-moderado en los estratos de calizas, en el Depósito encontramos fallas y fracturas con dirección perpendicular al rumbo de la cordillera de los Andes (Noreste – Suroeste).

6.- Los métodos estadísticos producen límites de confiabilidad pero ignoran las relaciones espaciales dentro del depósito. Por otro lado, la estadística al analizar poblaciones nos da una medida de dispersión que es la desviación estándar.

7.- Siguiendo la restricción de homogeneidad se ha procedido a dividir al Depósito Oeste en dos zonas: “Zona Pobre” y “Zona Rica”. En las cuales se realizó un análisis estadístico y geoestadístico individual con la finalidad de ubicar recursos In situ en cada zona del Depósito Oeste. Los criterios principales para la división de sectores son la continuidad litológica, la homogeneidad del soporte y la densidad de muestreo de cada sector.

8.- El estudio estadístico nos ha brindado un valor medio de ley de CaCO_3 en la Zona Pobre de 77.51% y en la Zona Rica el valor medio es de 88.55 % de CaCO_3 .

9.- El modelamiento geológico tridimensional se ha basado en la interpretación de secciones transversales a los estratos de caliza, se ha inferido la continuidad de la estructura basándose principalmente en un criterio geológico y no a información obtenida en base a perforaciones (debido a las características de propias de un depósito de caliza sin fallamientos importantes). En este caso, se ha elaborado el modelo geométrico de las siguientes litologías CAL, CALR, ANDE, CUAT, LUTI, ANDE y CALS.

10.- Se evaluaron bloques con el mismo código de roca, para evitar una evaluación incorrecta (es decir la sobre estimación y/o subestimación de la ley del bloque). En el presente estudio analizamos las leyes en la litología CAL en los dos sectores del depósito.

11.- La geoestadística sirve para la evaluación de yacimientos, zonificando mejor las áreas evaluadas, ya que el método proporciona el mínimo error de estimación dado por concepción propia del método y que se corrobora en la práctica.

12.- La evaluación de recursos ha sido realizada a través del Krigeaje ordinario y en la categorización de los recursos se utilizó una de las clasificaciones propuestas por Froidevaux en 1982 (podemos verla en Avaliação de reservas por métodos computacionais: Um estudo de caso na mina de Canoas 2, Yamamoto, J. & Conde, R. en 1996).

13.- Los recursos medidos de la litología CAL obtenidos a partir de la interpolación con Krigeaje Ordinario en la zona “Pobre” son: (a) recursos de alta ley (89% – 100% de CaCO_3) 196,087.5 Toneladas, (b) recursos de ley media (80 % - 89% de CaCO_3) 303,783.75 Toneladas. En la zona “Rica” se obtuvo: (a) recursos de alta ley (89% – 100% de CaCO_3) 351,135 Toneladas, (b) recursos de ley media (80 % - 89% de CaCO_3) 219,138.75 Toneladas.

14.- Los recursos indicados de la litología CAL obtenidos a partir de la interpolación con Krigeaje ordinario en la zona “Pobre” son: (a) recursos de alta ley (89% – 100% de CaCO_3) 160,346.25 Toneladas, (b) recursos de ley media (80 % - 89% de CaCO_3) 83,531.25 Toneladas. En la zona “Rica” se obtuvo: (a) recursos de alta ley (89% – 100% de CaCO_3) 363,588.75 Toneladas, (b) recursos de ley media (80 % - 89% de CaCO_3) 181,237.5 Toneladas.

15.- Los niveles que contiene recursos medidos de alta ley de CaCO_3 , se encuentran principalmente entre las cotas 815 y 767 del Depósito Oeste de la mina Sider Nivin.

16.- Los programas utilizados en el presente trabajo son: (a) Excel utilizado para la creación de la base de datos preliminar, (b) GEMCOM utilizado para la creación de la base de datos, análisis estadístico, análisis geoestadístico, modelamiento geológico, creación de modelo de bloques y evaluación de recursos. El GEMCOM cumple con un objetivo principal, el cual consiste en su aplicación en las distintas tareas para realizar una evaluación de recursos minerales en estudios de Pre – factibilidad y factibilidad de un proyecto minero.

17.- La metodología de modelamiento geológico a través de secciones geológicas espaciadas cada 25 metros, poseen un error empírico de volumen de +/- 8 - 10%, con respecto a la metodología de modelamiento geológico a partir de polilíneas (Tie lines) y anillos.

10.2 Recomendaciones

1.- Considerando que el muestreo y los análisis químicos de laboratorio son fundamentales para el cálculo de recursos, se recomienda una capacitación continua a los muestreros y una implementación de aparatos nuevos en el laboratorio de la mina como balanza electrónica y nuevos colectores de reactivos y muestras.

2.- Implementar una base de datos en el campamento de la mina Sider Nivin que permita tener actualizado todos los muestreos diarios de la cantera y de la planta de chancado.

3.- Es fundamental la presencia de un geólogo residente para la exploración geológica, supervisión del muestreo, el control de leyes y en la explotación.

También es importante la supervisión de un consultor externo para realizar la evaluación de reservas y recursos, este profesional debe actualizar los modelos geológicos y el modelo de bloques, con la finalidad de realizar un cálculo de reservas exacto.

4.- Se recomienda continuar con la exploración geológica del área ubicada al Noroeste del denuncia Nivin 1 y Nivin 4.

5.- Realizar una estimación utilizando el kriging por indicadores para el cálculo de reservas explotables y posteriormente cada 4 meses como mínimo.

6.- Tener un stock de caliza en cancha para 2 meses como mínimo. Ya que en algunas ocasiones al no contar con stock de caliza en cancha se ha procesado mineral de ley baja para cumplir con el pedido de la planta ubicada en Chimbote.

BIBLIOGRAFÍA

01.- Barbosa, P. (2000), Análise estatística de dados geológicos multivariados, Texto didáctico, Universidade Nacional Estadual Paulista - Brasil, 83 P.

02.- Barbosa, P. & Sturaro, J. (2002), Krigagem Ordinária para situações con tendencia regionalizada, Texto didáctico, Universidade Nacional Estadual Paulista - Brasil, 12 P.

03.- Belousov, V. (1979), Geología estructural, Editorial MIR – Rusia, 294 P.

04.- Bernabé, H. (2003), Orientación de los parámetros geoestadísticos variograficos 3D, rotación y búsqueda de Kriging, Curso taller de geoestadística – UNI, CD-ROM, 12 P.

05.- Bustillo, M. & López, C. (1997), Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras, 640 P.

06.- Canchaya, S. (1987), Aplicación de las curvas isovalóricas en yacimientos, guía curso INGEMMET, 52 P.

07.- Canchaya, S. (2003), Como optimizar los métodos tradicionales de estimación de reservas con el análisis variográfico geoestadístico, Graduación de ingenieros Geólogos – UNI, CD-ROM, 13 P.

- 08.- Céspedes, J. (2002), Estimación de reservas aplicando el software SURPAC, tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil de Minas – Universidad de Atacama – Chile, 95 P.
- 09.- Chilés, Jean-Paul & Pierre Delfiner (2001), Geoestistics – Modeling spatial uncertainty, Wiley Series, 695 P.
- 10.- David, Michel (1977), Geoestistical ore reserve estimation, Elsevier Scientific Publishing Company, 361 P.
- 11.- De Souza, L. (2002), Estimativa de incertezas e sua aplicação na classificação de recursos minerais, tesis para obtener o grado de Mestre em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Soul – Brasil, 150 P.
- 12.- Emery, X. (2000), Geoestadística lineal, Universidad de Chile, 409 P.
- 13.- ERSI – 4D (2005), Manual y videos de instrucción GEMS 5.3, 100 P.
- 14.- GEMCOM América Latina S.A. (2004), Guía básica de GEMS 5.1, 89 P.
- 15.- Guibal, Daniel (1976), Elemento de geoestadística aplicada, Apuntes del seminario de Minero – Perú, 173 P.
- 16.- Gutiérrez, J. (2005), Análisis geoestadístico aplicado a la exploración de la cantera Sider Nivin, informe interno SIDERPERU SAA, 14 P.

17.- Journel A. & Huijbregts Ch. (1989), Mining Geoestistics, Academic Press, 594 P.

18.- Matheron, George (1962), Cuadernos del centro de morfologia matematica Fontainebleau – Curso de Geoestadística.

19.- Marin Suarez, Alfredo (2003), Apuntes de los cursos Geoestadística I y Geoestadística II, dictados en la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la UNI.

20.- Machuca, D & Frias, O. (2001), Uso de técnicas de modelamiento tridimensional y geoestadística en CIA Minera Atacocha, articulo T-Matrix, 8 P.

21.- Mery, H & Naim, M. (2003), Estudio de evaluación de reservas aplicando software GEMCOM a yacimientos Open – Pit, articulo descargado de la web www.intercade.com.pe.

22.- Moya, R. & Saravia, G. (1995), Probabilidad e inferencia estadística, Editorial San Marcos, 790 P.

23.- Paredes, J. (2003), Muestreo en la Minería, Ediciones Paste, 54 P.

24.- Pinto, C. (1999), Evaluación de reservas de caliza Cerro Colorado – Casma, informe privado SIDERPERU SAA.

- 25.- Quintín, J. (2003), Elementos de geoestadística, monografía descargada de la web www.monografias.com.
- 26.- Sánchez, A., Molina, O. & Gutiérrez, R. (1995), Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras, INGEMMET, 263 P.
- 27.- Tarbuck, E. & Lutgens F. (1999), Ciencias de la tierra, Editorial Prentice Hall – España, 540 P.
- 28.- Tulcanaza, E. (1992), Técnicas geoestadísticas y criterios técnico económicos para la estimación y evaluación de yacimientos mineros. Editorial Estudios Mineros, 256 P.
- 29.- Twiss, R. & Moores, E (1997), Structural geology, Editorial W.H. Freeman – USA, 532 P.
- 30.- Yamamoto, J. & Conde, R. (1996), Avaliação de reservas por métodos computacionais: Um estudo de caso na mina de Canoas 2 (PR), Revista Brasileira de Geociencias, año 26, número 1, P 35 al 42.
- 31.- Yamamoto, J. & Conde, R. (1999), Classificação de recursos minerais usando a variancia de interpolação, Revista Brasileira de Geociencias, año 29, número 3, P. 349 al 356.

32.- Yamamoto, J. & Monteiro, M (1996), Revisão y recomendações para o calculo e classificação de reservas minerais, Revista Brasileira de Geociencias, año 26, número 4, P. 243 al 254.

33.- Vera, C (2005), Guía del curso de Métodos cuantitativos, Pontificia Universidad Católica del Perú, 40 P.

34.- Villanueva, R. (2000), Guía del curso de Geoestadística dictado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 134 P.

ANEXO A

HOLE ID	LOCATION X	LOCATION Y	LOCATION Z	FROM	TO	CaCO3	S	SiO2	MG
M1	819923	8948949	776,43	0	1	85	0,06	10	0,36
M2	819921	8948948	777,78	0	2	62	0,013	25	7
M3	819917	8948946	780,48	0	4,5	64	0,04	22	3
M4	819916	8948945	781,29	0	1,5	64	0,018	24	6,5
M5	819914	8948945	782,34	0	2	50	0,02	32,5	2
M6	819912	8948943	784,02	0	2	52	0,06	40	1,6
M7	819910	8948942	785,38	0	2	64	0,072	17,5	0
M8	819908	8948941	786,73	0	2	69	0,12	7,1	0
M9	819907	8948941	787,26	0	2	87	0,034	3,2	3,4
M10	819905	8948941	788,29	0	1,5	69	0,027	19,3	0,99
M11	819899	8948938	792,07	0	2,5	49	0,007	28,7	1,2
M12	819897	8948937	793,09	0	1,5	62	0,006	15,8	2
M13	819885	8948929	801,81	0	3,5	80	0,01	10,7	2,2
M14	819882	8948926	804,33	0	3,5	63	0,016	19,9	1,4
M15	819880	8948924	805,74	0	2	44	0,019	30	2
M16	819879	8948924	806,31	0	1,5	52	0,038	25,2	3
M17	819872	8948919	810,85	0	2,5	53	0,018	19,4	0,88
M18	819869	8948917	811,47	0	1,5	56	0,047	18,8	0,88
M19	819868	8948915	811,92	0	2	73	0,114	20,1	1,4
M20	819866	8948915	812,76	0	2	63	0,194	18,4	2
M21	819865	8948914	813,68	0	1,5	63	0,088	17,2	1,5
M22	819863	8948912	815,3	0	4,5	84	0,028	10,2	0,9
M23	819845	8948895	829,21	0	2,5	82	0,052	20,4	1,2
M24	819844	8948894	829,96	0	1,5	81	0,467	26,7	0,6
M25	819876	8948985	773,5	0	2	66	0,02	18,4	1,59
M26	819875	8948985	774,12	0	2	64	0,044	19,3	1,66
M27	819874	8948983	775,52	0	2	80	0,022	11,1	1,26
M28	819872	8948982	777,07	0	2	81	0,027	8,8	0,51
M29	819871	8948980	778,46	0	2	81	0,042	9,4	0,85
M30	819869	8948979	780,06	0	2	83	0,013	9,8	1,23
M31	819868	8948978	781,05	0	2	73	0,072	16,7	1,29
M32	819858	8948964	792,8	0	2,5	73	0,085	17,1	1,46
M33	819856	8948964	794,06	0	1,5	60	0,037	27,4	1,43
M34	819855	8948962	795,39	0	2	54	0,033	32,5	1,63
M35	819854	8948962	795,54	0	1,5	46	0,017	36,4	0,96
M36	819832	8948939	813,87	0	2	80	0,041	17,5	3,15
M37	819830	8948938	815,64	0	2	84	0,031	10,3	1,19
M38	819829	8948938	816,33	0	2	73	0,034	15,8	0,8
M39	819828	8948936	817,74	0	2	64	0,044	21,4	0,7
M40	819826	8948935	819,46	0	2	47	0,024	36,8	0,9
M41	819825	8948934	820,5	0	2	48	0,008	35	0,8
M42	819824	8948932	821,93	0	1,5	55	0,073	37	0,96
M43	819820	8948929	825,69	0	5	71	0,009	20	0,68
M44	819819	8948928	826,72	0	1,5	79	0,033	13	0,7
M45	819818	8948926	828,08	0	2	73	0,006	12,9	0,9
M46	819817	8948924	828,74	0	2	82	0,006	8,9	0,66
M47	819817	8948923	828,48	0	2	83	0,006	8,6	0,58
M48	819815	8948922	828,44	0	2	85	0,043	6,4	0,5
M49	819812	8948920	831,29	0	2	85	0,138	10,2	0,56
M50	819811	8948919	832,44	0	2	80	0,121	12	0,6
M51	819810	8948918	833,57	0	2	71	0,015	13	6,6
M52	819857	8949024	782,2	0	1	61	0,086	17,5	1,9
M53	819855	8949023	783,72	0	2	61	0,124	18,4	1
M54	819853	8949023	785,3	0	2	62	0,049	24,4	2,1
M55	819851	8949022	786,82	0	2	75	0,015	14	0,5

M56	819849	8949023	787	0	2	86	0,064	8,8	0,57
M57	819848	8949023	787,43	0	2	88	0,017	7,3	0,56
M58	819845	8949023	789,63	0	2	89	0,018	6,8	0,51
M59	819843	8949023	791,49	0	2	88	0,012	6,2	0,56
M60	819841	8949023	793,39	0	2	85	0,012	7,5	0,58
M61	819839	8949023	794,64	0	1,5	82	0,007	16,2	0,53
M62	819836	8949022	795,83	0	5	82	0,006	15,4	0,51
M63	819836	8949021	795,95	0	1,5	80	0,038	18,1	0,56
M64	819833	8949018	796,94	0	2	81	0,011	17,3	0,57
M65	819832	8949017	797,76	0	2	80	0,038	16,6	0,55
M66	819830	8949014	798,01	0	2	83	0,005	10,9	0,56
M67	819808	8948979	810,05	0	2,5	80	0,007	8,6	0,48
M68	819806	8948976	812,06	0	1,5	86	0,006	10,5	0,56
M69	819803	8948975	814,12	0	4,5	78	0,066	9,8	0,55
M70	819802	8948974	815,14	0	1,5	80	0,023	9,6	0,51
M71	819800	8948973	816,67	0	2	81	0,044	14,2	0,56
M72	819798	8948972	818,21	0	2	77	0,008	20,8	0,59
M73	819796	8948972	819,25	0	2	81	0,006	14,7	0,58
M74	819778	8948964	832,58	0	2	58	0,076	21	0,64
M75	819774	8948959	837,12	0	2	57	0,11	20,3	0,61
M76	819773	8948959	837,69	0	2	57	0,041	21,3	0,61
M77	819772	8948959	838,24	0	2	62	0,51	20,3	3,8
M78	819771	8948959	838,78	0	2	76	0,024	11,2	2,6
M79	819769	8948957	840,75	0	2	67	0,313	19,3	4,4
M80	819765	8948955	843,83	0	2	73	0,66	10,6	5,4
M81	819763	8948955	844,2	0	2	73	0,37	14,2	2,6
M82	819761	8948954	845,28	0	2	71	0,055	15,6	2,3
M83	819760	8948954	845,7	0	2	67	0,065	17,5	2,9
M84	819758	8948952	847,52	0	2	57	0,093	21,4	3,1
M85	819756	8948951	848,88	0	2	61	0,094	21,1	2,6
M86	819755	8948950	849,84	0	2	63	0,136	16,3	0,99
M90	819729	8949113	746,51	0	2	80	0,015	11,7	0,78
M93	819781	8949103	768,05	0	2	86	0,011	7,3	0,66
M94	819780	8949100	769,55	0	2	83	0,061	5,2	2,05
M95	819778	8949099	770,79	0	2	82	0,016	4,6	2,53
M96	819777	8949098	771,63	0	2	87	0,027	3,3	1,86
M97	819775	8949095	773,63	0	2	90	0,008	4,3	1,96
M98	819774	8949095	773,93	0	2	90	0,052	3,2	0,88
M99	819778	8949086	777,41	0	2	80	0,092	9	0,77
M100	819778	8949084	777,5	0	2	77	0,133	7,4	0,77
M101	819776	8949082	778,82	0	2	79	0,27	15	0,92
M102	819768	8949078	784,11	0	2,5	71	0,05	16,8	0,84
M103	819767	8949075	785,13	0	3,5	72	0,012	15,9	0,71
M104	819766	8949074	785,83	0	1,5	72	0,035	11,8	1,3
M105	819762	8949072	788,51	0	5,5	83	0,024	7,1	2,6
M106	819761	8949070	790,09	0	1,5	80	0,088	22	3,2
M107	819759	8949069	791,38	0	1	77	0,025	13,4	2,4
M108	819758	8949066	793,16	0	3	85	0,01	5,3	1,4
M109	819756	8949064	794,67	0	1,5	81	0,069	8	2,2
M110	819755	8949063	795,31	0	2	75	0,056	12,3	2
M111	819754	8949062	795,99	0	2	72	0,029	16	2,3
M112	819753	8949061	796,97	0	2	70	0,037	15,8	3,5
M113	819751	8949061	797,52	0	2	69	0,027	17,4	3,2
M114	819748	8949059	799,74	0	2	71	0,032	20,1	2,7
M115	819748	8949058	800,4	0	1,5	70	0,025	15,3	1,9
M116	819744	8949055	803,41	0	4,5	79	0,056	10,3	2,3

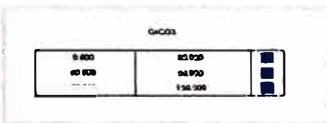
M117	819741	8949051	806,54	0	2	79	0,036	16,6	1,6
M118	819738	8949050	808,18	0	2	83	0,053	17,3	1,2
M119	819736	8949046	810,98	0	2	82	0,032	14,6	3
M120	819735	8949046	811,45	0	2	81	0,022	19,3	4,1
M121	819733	8949045	812,92	0	2	80	0,054	14,9	1,2
M122	819732	8949044	813,91	0	2	80	0,037	17	4,1
M123	819731	8949042	815,48	0	2	79	0,039	17,2	2,9
M124	819908	8948974	772,83	0	2	45	0	0	0
M125	819883	8948981	774,35	0	2	91	0	0	0
M126	819874	8948985	774,87	0	2	83	0	0	0
M127	819856	8949001	777,11	0	2	74	0	0	0
M128	819845	8949046	782,27	0	2	89	0	0	0
M129	819782	8949043	792,67	0	2	80	0	0	0
M130	819818	8948974	805,22	0	2	84	0	0	0
M131	819834	8948953	804,54	0	2	80	0	0	0
M132	819868	8948923	811	0	2	84	0	0	0
M133	819890,85	8948966,32	777,35	0	6	47	0	0	0
M134	819861,76	8948974,21	786,46	0	6	88,64	0	0	0
M135	819833,44	8948992,32	792,01	0	6	74,91	0	0	0
M136	819832,6	8949014,21	797,8	0	6	80	0	0	0
M138	819820,48	8949034,58	790,55	0	5	79,38	0	0	0
M139	819817,1	8949036,97	790,01	0	5	90	0	0	0
M140	819810,91	8949037,81	789,45	0	6	89,45	0	0	0
M141	819709,83	8949079,66	814,95	0	5	89,91	0	0	0
M142	819723,63	8949061,85	811,95	0	5	91,88	0	0	0
M143	819727,21	8949058,55	810,72	0	5	85,98	0	0	0
M144	819732,35	8949053,35	809,4	0	5	80,98	0	0	0
M145	819733,77	8949050,22	809,75	0	5	87,25	0	0	0
M146	819736,23	8949046,43	810,87	0	6	84,54	0	0	0
M147	819739,4	8949043,05	810,2	0	3	90,81	0	0	0
M148	819746,45	8949038,09	807,92	0	5	87,23	0	0	0
M149	819748,49	8949035,21	807,5	0	5	77,95	0	0	0
M150	819750,88	8949032,26	807,13	0	5	70	0	0	0
M151	819677,48	8949073,33	827,69	0	5	78,13	0	0	0
M152	819680,01	8949071,36	827,28	0	6	82,95	0	0	0
M153	819685,22	8949064,9	828,93	0	5	80,63	0	0	0
M154	819688,97	8949058,88	833,01	0	3	75,99	0	0	0
M155	819691,57	8949055,08	834,44	0	5	72,24	0	0	0
M156	819694,45	8949051,01	834,36	0	5	67,42	0	0	0
M157	819787,37	8948964,35	827,19	0	5	85,95	0	0	0
M158	819787,8	8948959,78	827,5	0	5	83,29	0	0	0
M159	819788,99	8948955,21	826,82	0	5	91	0	0	0
M160	819790,27	8948951,94	826,09	0	3	90	0	0	0
M161	819793,65	8948948,63	824,01	0	5	86,52	0	0	0
M162	819799,06	8948944,34	821,23	0	3	85,81	0	0	0
M163	819802,3	8948942,09	820	0	5	88,13	0	0	0
R1	819654	8949145	770,16	0	1,5	91	0	0	0
M164	819806,66	8948939,56	819,09	0	3	75,63	0	0	0
M165	819819,56	8948921,11	827,82	0	5	79,71	0	0	0
M166	819837,18	8948909,97	824,42	0	5	85,07	0	0	0
M167	819839,64	8948906,16	825,34	0	3	82,57	0	0	0
M168	819841,41	8948902,99	826,12	0	3	89,91	0	0	0
M169	819841,87	8948899,44	828	0	3	88,31	0	0	0
M170	819841,42	8948895,23	830,13	0	5	89,71	0	0	0
M171	819841,73	8948888,99	830,34	0	3	87,75	0	0	0
M172	819791,14	8949090,06	761,18	0	6	91	0	0	0

M173	819786,02	8949093,54	763,39	0	6	90	0	0	0
M174	819756,29	8949131,94	752,36	0	1,5	91,24	0	0	0
M175	819754,94	8949129,26	752,02	0	1,5	90,7	0	0	0
M176	819754,59	8949126,28	751,63	0	1,5	91,5	0	0	0
M177	819754,02	8949123,33	751,01	0	1,5	91,48	0	0	0
M178	819754,27	8949120,34	751,13	0	1,5	91,14	0	0	0
M179	819753,57	8949117,43	750,64	0	1,5	70,99	0	0	0
M180	819752,88	8949114,51	750,32	0	1,5	92,91	0	0	0
M181	819751,06	8949112,12	750,32	0	1,5	90,7	0	0	0
M182	819749,23	8949109,74	751,65	0	1,5	91,84	0	0	0
M183	819746,65	8949108,22	754,51	0	1,5	92,93	0	0	0
M184	819743,79	8949107,31	755,21	0	1,5	92,71	0	0	0
M185	819741,33	8949106,48	756,69	0	1,5	92,45	0	0	0
M186	819737,96	8949106,05	755,48	0	1,5	90,52	0	0	0
M187	819734,99	8949105,64	754,41	0	1,5	91,95	0	0	0
M188	819732	8949105,4	755,63	0	1,5	91,41	0	0	0
M189	819729,01	8949105,53	751,81	0	1,5	92,39	0	0	0
M190	819726,2	8949106,6	749,72	0	1,5	93,28	0	0	0
M191	819724,01	8949108,65	750,29	0	1,5	93,46	0	0	0
M192	819721,42	8949110,16	753,7	0	1,5	91,86	0	0	0
M193	819718,83	8949111,68	754,72	0	1,5	92,57	0	0	0
M194	819716,66	8949113,29	756,32	0	1,5	89,36	0	0	0
M195	819713,73	8949114,79	757,2	0	1,5	87,39	0	0	0
M196	819711,36	8949115,83	760,09	0	1,5	91,68	0	0	0
M197	819708,08	8949116,77	763	0	1,5	93,11	0	0	0
M198	819705,37	8949118,05	764,17	0	1,5	86,32	0	0	0
M199	819702,66	8949119,34	763,71	0	1,5	89,36	0	0	0
M200	819700,03	8949120,79	763,33	0	1,5	84,91	0	0	0
M201	819697,27	8949121,96	763,63	0	1,5	92,93	0	0	0
M202	819694,89	8949123,78	761,31	0	1,5	91,5	0	0	0
M203	819692,5	8949125,6	760,91	0	1,5	90,25	0	0	0
M204	819690,8	8949128,07	759,78	0	1,5	91,23	0	0	0
M205	819689,09	8949130,54	755,42	0	1,5	93,82	0	0	0
M206	819687,28	8949132,93	754,07	0	1,5	92,93	0	0	0
M207	819685,45	8949135,3	752,69	0	1,5	92,21	0	0	0
M208	819684,25	8949138,05	753,35	0	1,5	87,57	0	0	0
M209	819683,64	8949140,99	754,55	0	1,5	82,06	0	0	0
M210	819682,99	8949143,92	755,63	0	1,5	75,09	0	0	0
M211	819683,32	8949146,9	755,91	0	1,5	73,47	0	0	0
M212	819682,48	8949149,78	756,59	0	1,5	84,38	0	0	0
M213	819682,79	8949152,77	756,91	0	1,5	75,43	0	0	0
M214	819683,63	8949155,65	756,35	0	1,5	90,07	0	0	0
M215	819683,57	8949158,65	757,13	0	1,5	90,61	0	0	0
M216	819684,49	8949161,5	754,62	0	1,5	81,15	0	0	0
M218	819689,74	8949164,37	753,38	0	1,5	71,81	0	0	0
M219	819692,72	8949164,64	752,35	0	1,5	88	0	0	0
M220	819695,72	8949164,46	750,3	0	1,5	89,18	0	0	0
M221	819698,72	8949164,43	751,14	0	1,5	86,86	0	0	0
M222	819701,99	8949164,28	749,58	0	1,5	84,72	0	0	0
M223	819704,7	8949164,03	750,47	0	1,5	90,96	0	0	0
R2	819659	8949148	768,54	0	1,5	89	0	0	0
R3	819661	8949147	769,07	0	1,5	88	0	0	0
R4	819669	8949148	768,72	0	1,5	93	0	0	0
R5	819648	8949145	769,47	0	1,5	90,7	0	0	0
R6	819643	8949141	770,95	0	1,5	87	0	0	0
R7	819638	8949145	766,51	0	1,5	88,27	0	0	0

R8	819635	8949140	770,18	0	1,5	89,27	0	0	0
R9	819631	8949139	770,13	0	1,5	94	0	0	0
R10	819605	8949145	787,36	0	1,5	92	0	0	0
R11	819600	8949150	787,67	0	1,5	92,73	0	0	0
R12	819713	8949175	763,19	0	1,5	91,5	0	0	0
R13	819712	8949169	758,56	0	1,5	90	0	0	0
R14	819709	8949167	755,43	0	1,5	89,63	0	0	0
R15	819781	8949092	770,61	0	1,5	90,16	0	0	0
R16	819774	8949088	778,95	0	1,5	87,5	0	0	0
R17	819769	8949096	775,36	0	1,5	89,49	0	0	0
R18	819761	8949099	777,55	0	1,5	92,06	0	0	0
R19	819757	8949100	778,98	0	1,5	90	0	0	0
B2P1	819668	8949162	771,84	0	3	84	0	0	0
B2P1	819668	8949162	771,84	3	6	83,5	0	0	0
B2P2	819664	8949164	767,37	0	3	50	0	0	0
B2P2	819664	8949164	767,37	3	6	52	0	0	0
B2P3	819659	8949168	766,31	0	3	48	0	0	0
B2P3	819659	8949168	766,31	3	6	53,56	0	0	0
B2P4	819641	8949154	766	0	3	53,56	0	0	0
B2P4	819641	8949154	766	3	6	57,13	0	0	0
B2P5	819632	8949154	765,57	0	3	57,13	0	0	0
B2P5	819632	8949154	765,57	3	6	48	0	0	0
B1P1	819710	8949079	815,22	0	3	89,27	0	0	0
B1P1	819710	8949079	815,22	3	6	87,5	0	0	0
B1P2	819716	8949086	809,59	0	3	88,5	0	0	0
B1P2	819716	8949086	809,59	3	6	84,5	0	0	0
B1P3	819716	8949077	812,14	0	3	85,7	0	0	0
B1P3	819716	8949077	812,14	3	6	89,27	0	0	0
B1P4	819731	8949081	801,47	0	3	88,7	0	0	0
B1P4	819731	8949081	801,47	3	6	88,56	0	0	0
B1P5	819732	8949074	802,64	0	3	84,81	0	0	0
B1P5	819732	8949074	802,64	3	6	91,06	0	0	0

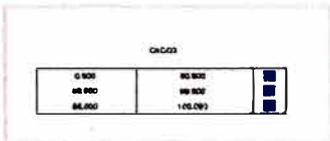
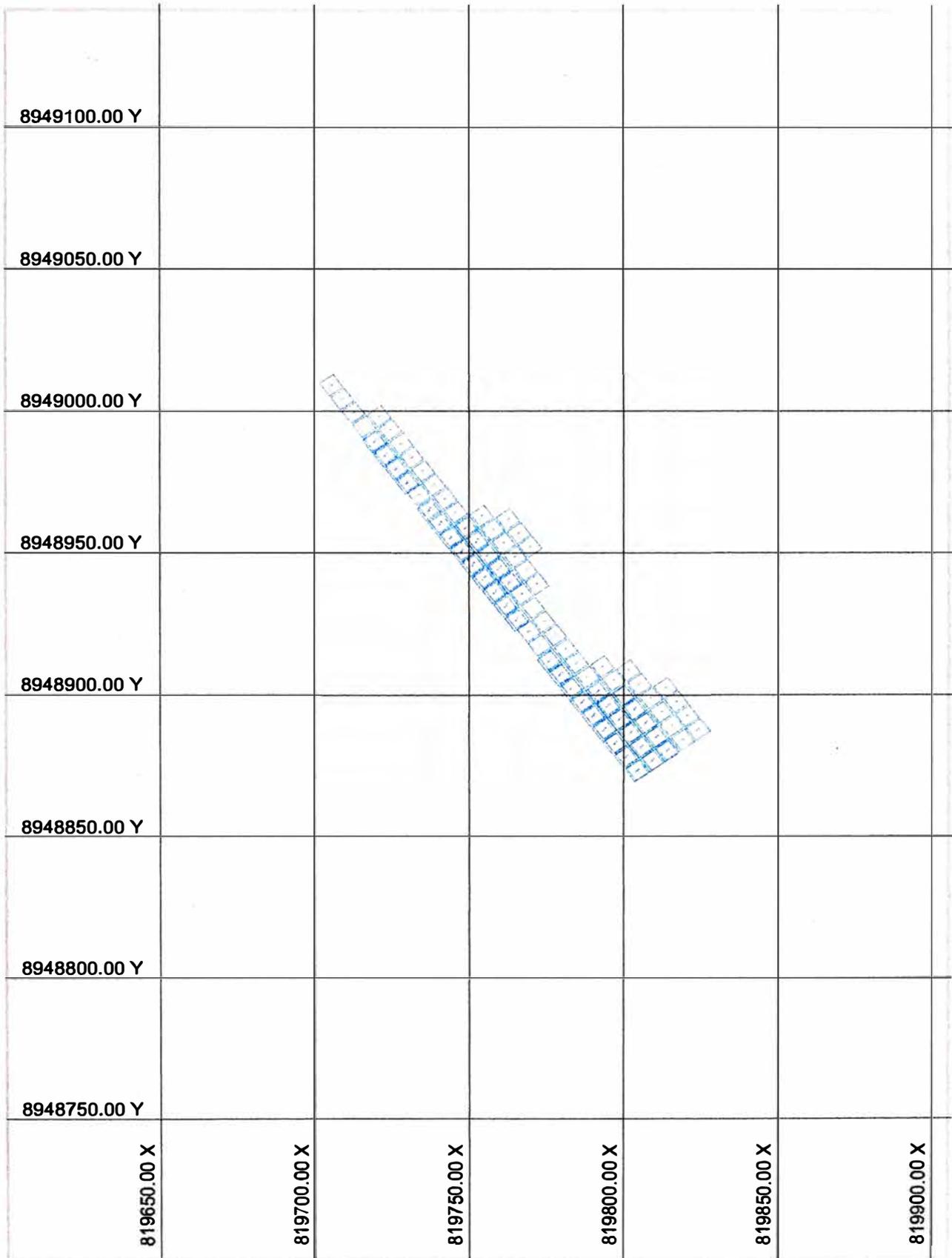
ANEXO B

8949000.00 Y							
8948950.00 Y							
8948900.00 Y							
8948850.00 Y							
8948800.00 Y							
8948750.00 Y							
8948700.00 Y							
8948650.00 Y							
819700.00 X	819750.00 X	819800.00 X	819850.00 X	819900.00 X	819950.00 X	820000.00 X	

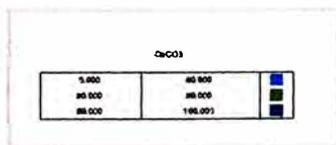
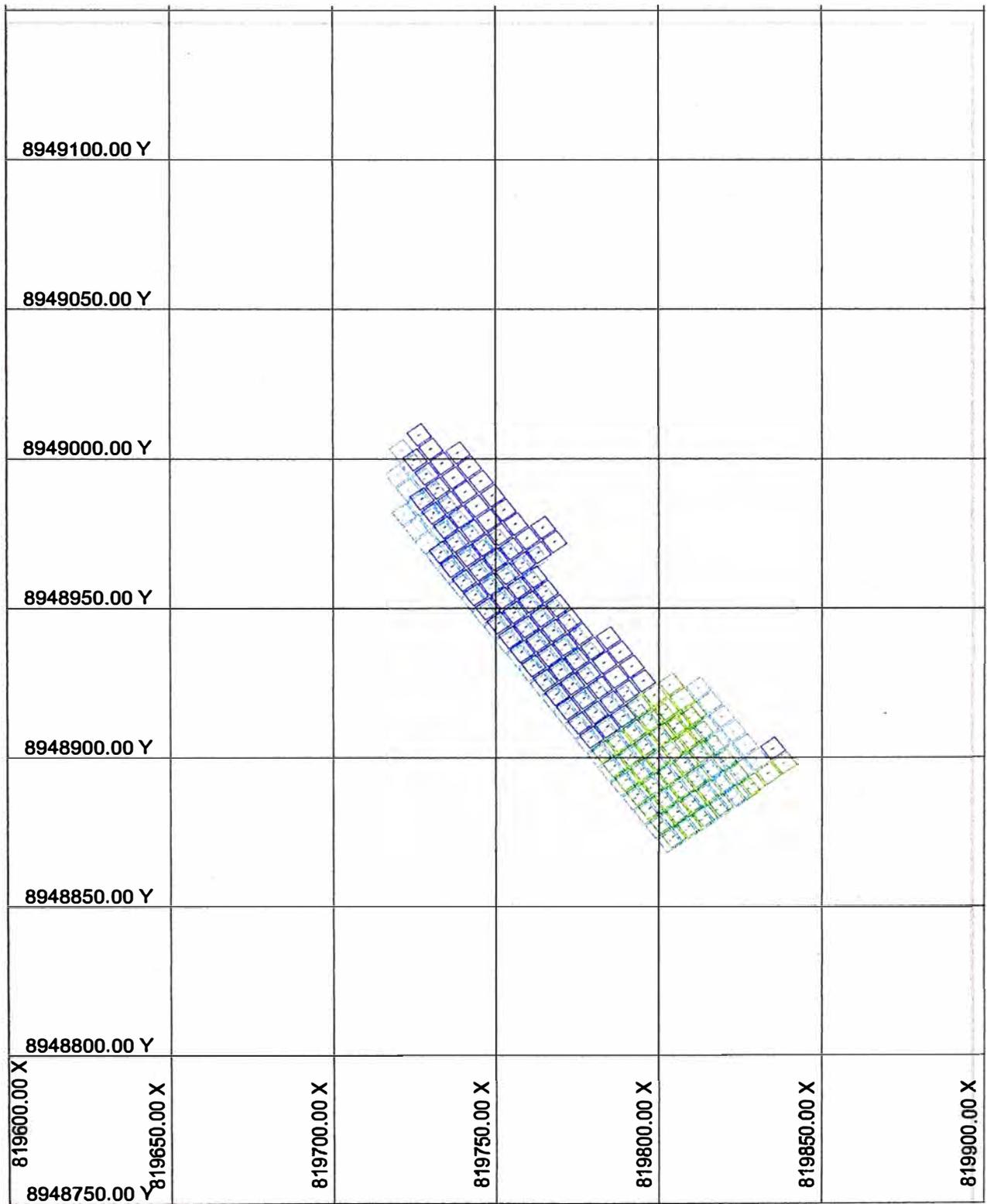


INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS	
	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ

	ESCALA: 1/2000 COTA: 851 mts.
	MINA: SIDERNIVN PLANO: 0 HO

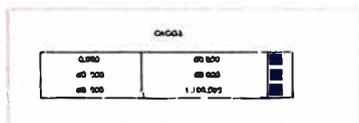


INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E	
SECTOR: POBRE	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS ESCALA: 1/2000 COTA: 839 mts. MINA: SIDERNIVN PLANO: 1 HO

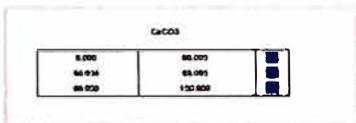
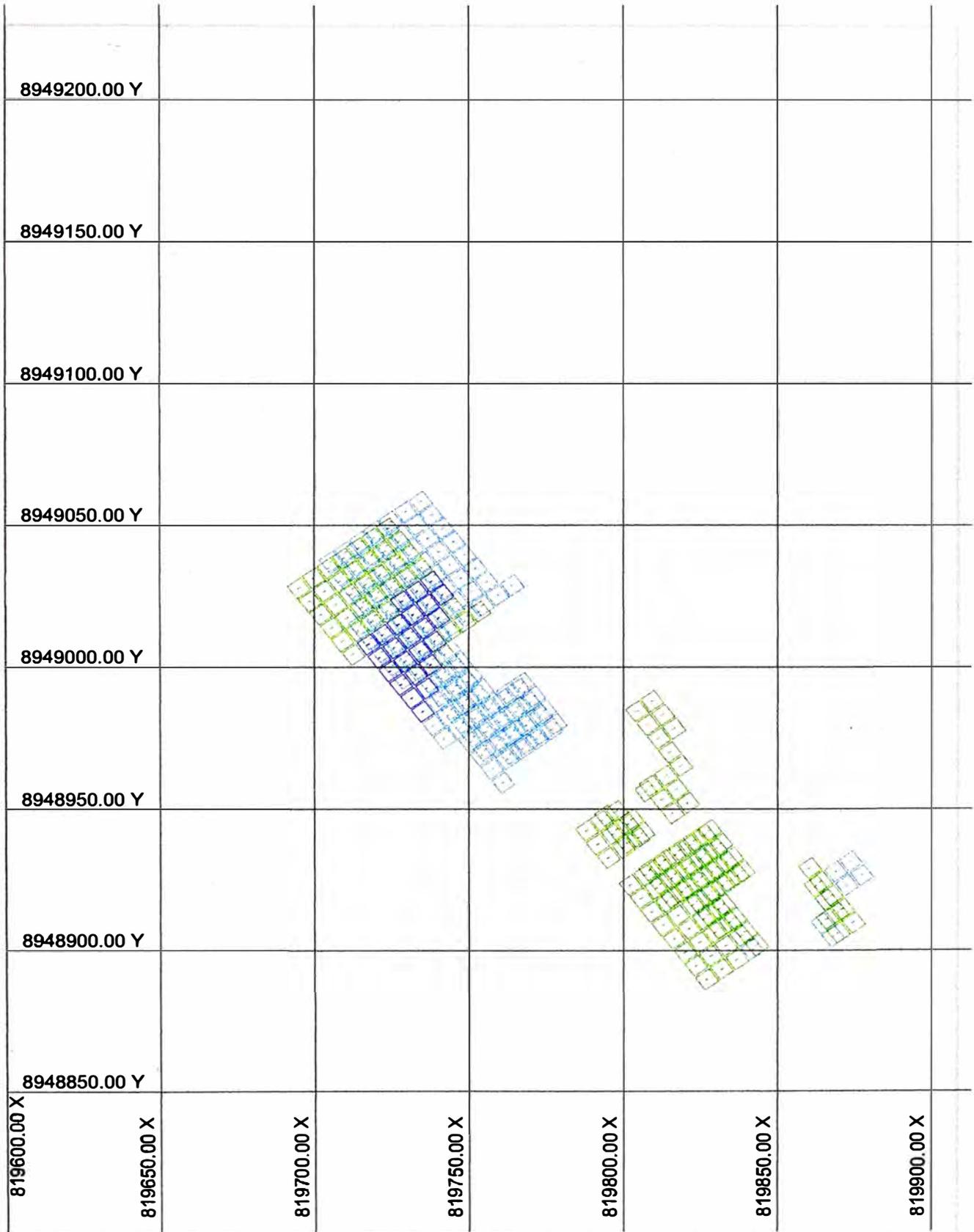


INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS

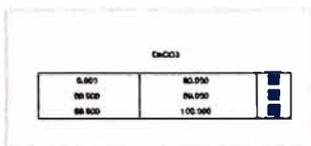
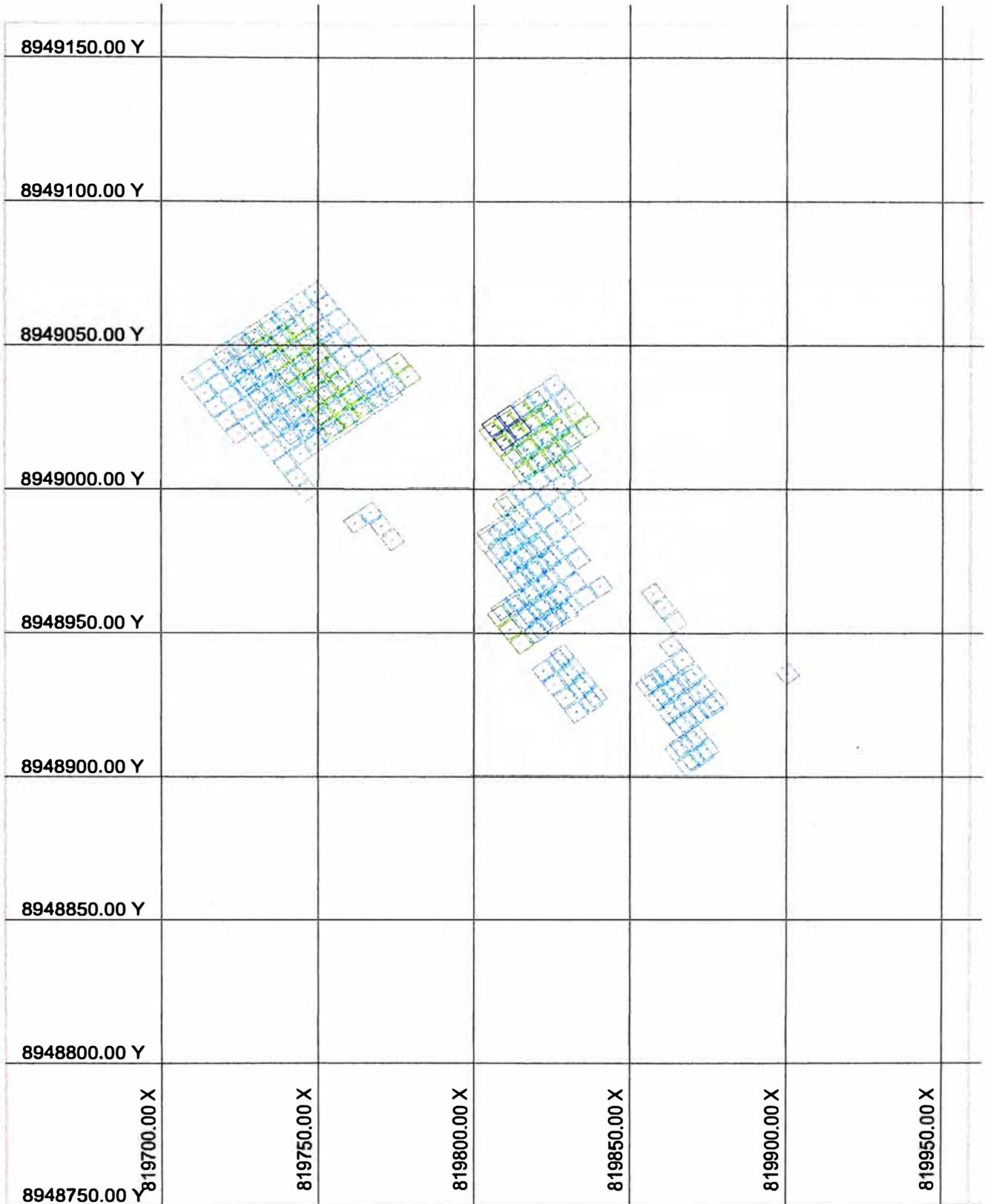
<p>SECTOR: POBRE</p>	<p>DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ</p> <p>REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS</p> <hr/> <p>ESCALA: 1/2000 COTA: 827 mts.</p> <p>MINA: SIDERNIVN PLANO: 2 HO</p>
----------------------	--



INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS	
SECTOR: POBRE	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS <hr/> ESCALA: 1/2000 COTA: 815 mts. MINA: SIDERNIVN PLANO: 3 HO



INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS	
SECTOR: POBRE	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS ESCALA: 1/2000 COTA: 803 mts. MINA: SIDERIVN PLANO: 4 HO



INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS

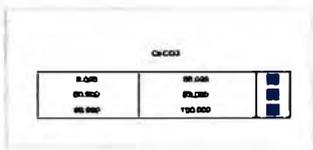
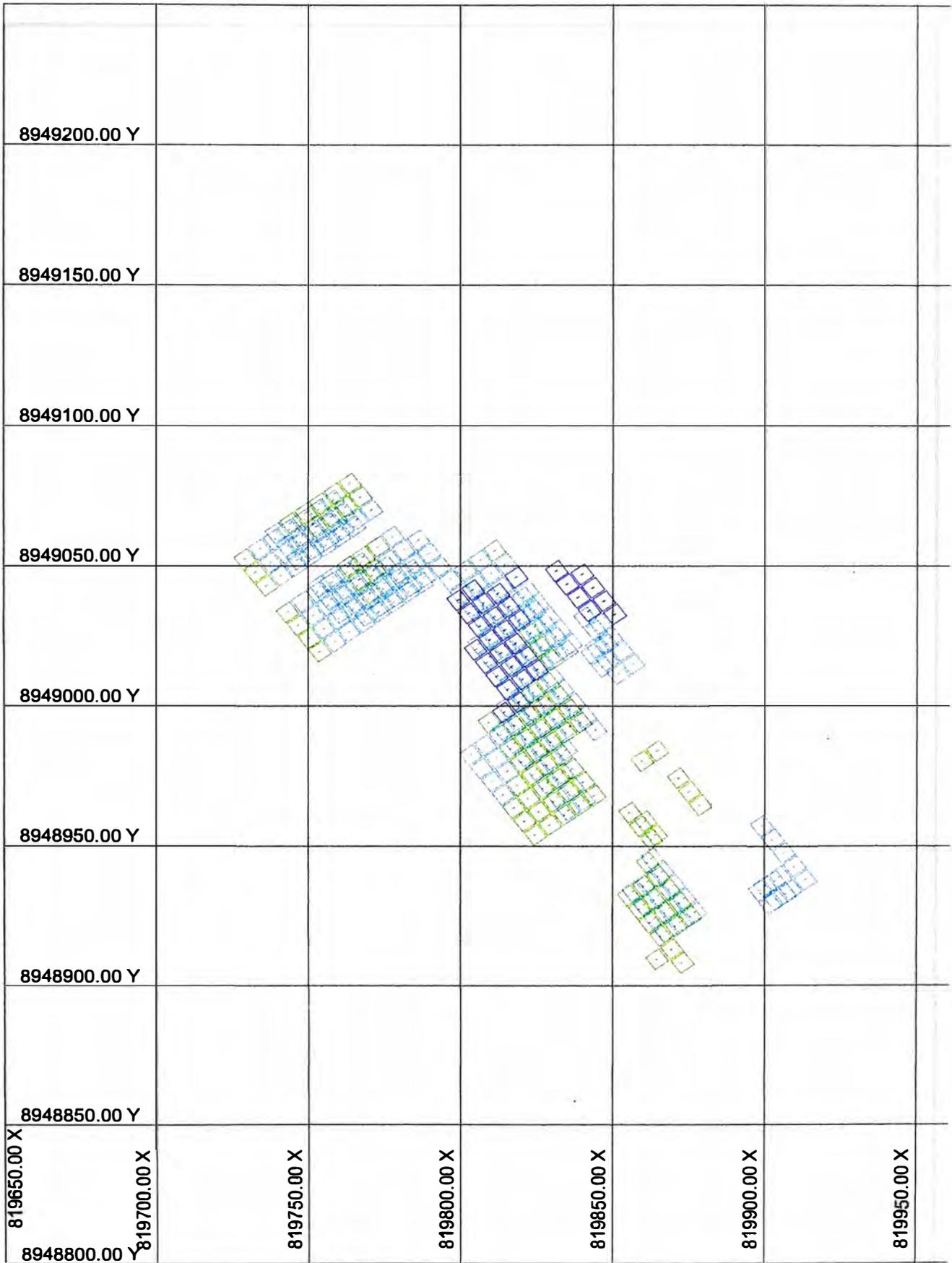
SECTOR: POBRE

DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ

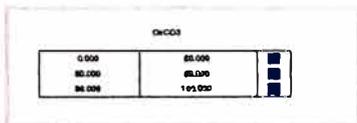
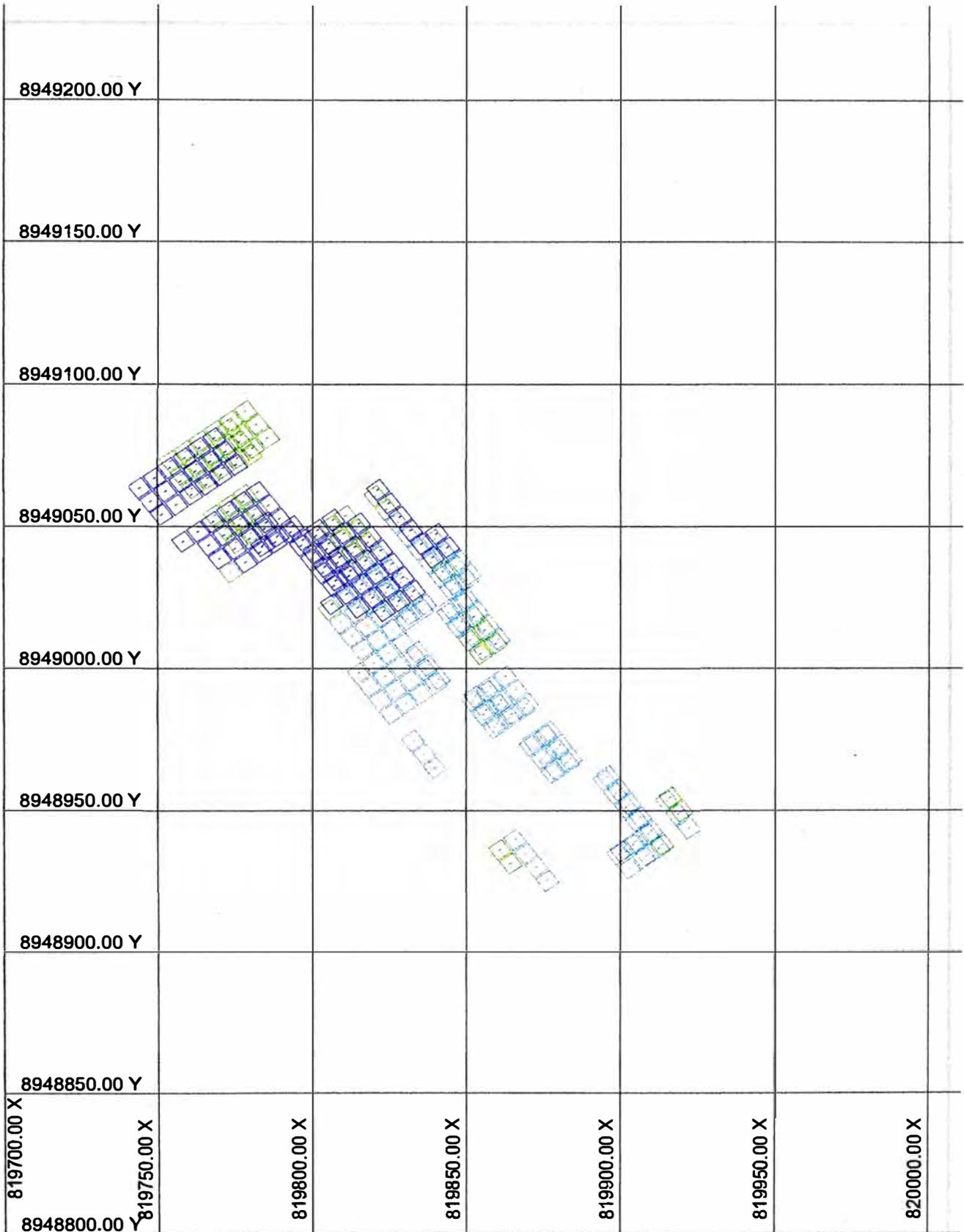
REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS

ESCALA: 1/2000 COTA: 791 mts.

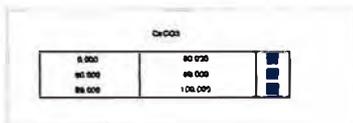
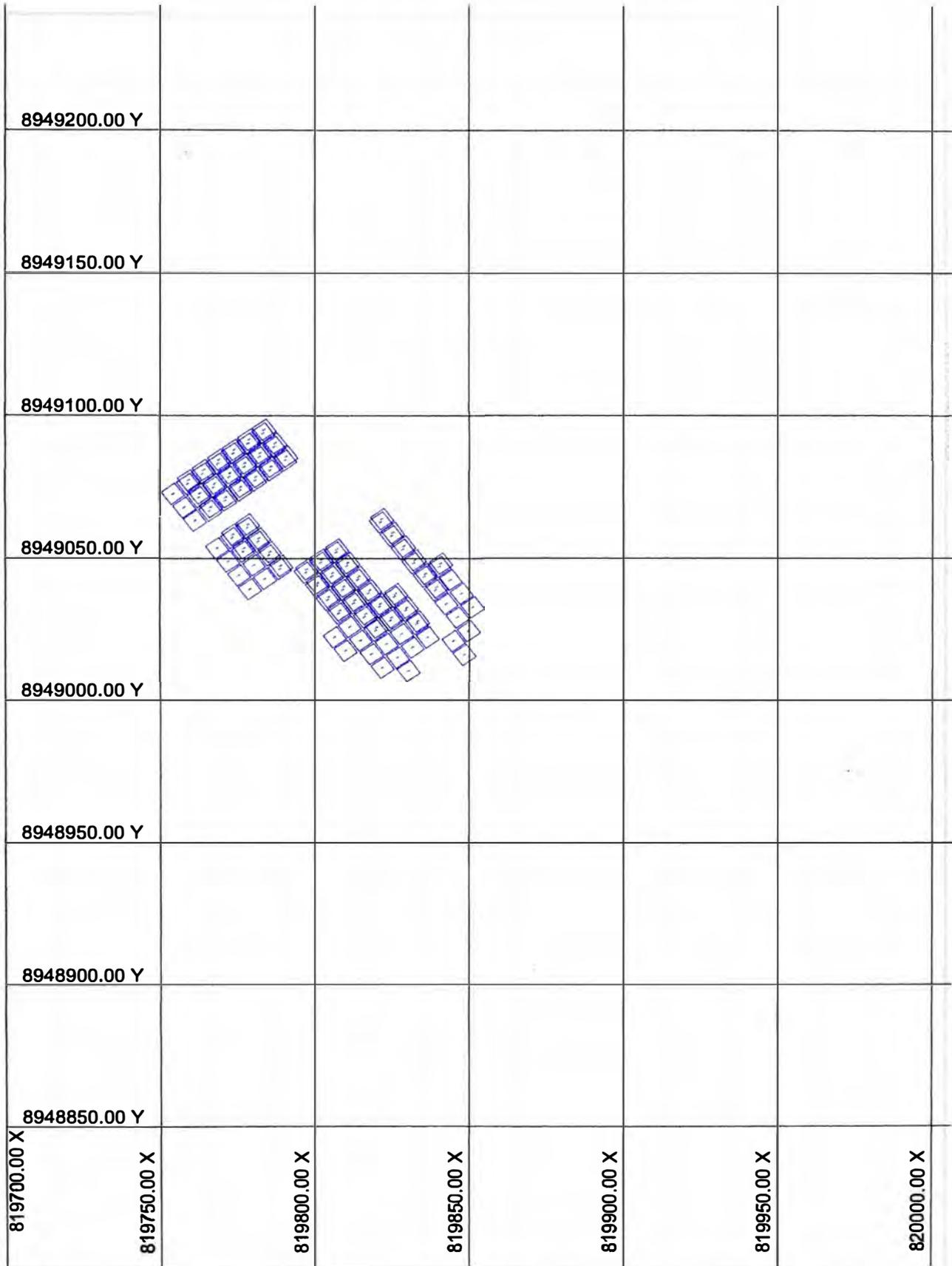
MINA: SIDERNIVN PLANO: 5 HO



INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS	
SECTOR: POBRE	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS ESCALA: 1/2000 COTA: 779 mts. A: SIDERNIVN PLANO: 6 HO

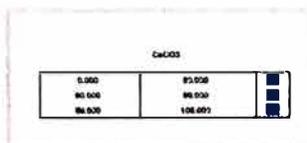


INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS	
SECTOR: POBRE	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS ESCALA: 1/2000 COTA: 767 mts. MINA: SIDERNIVN PLANO: 7 HO

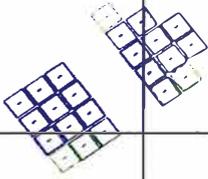


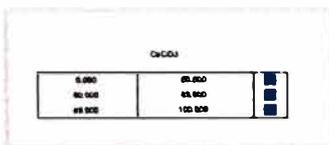
INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS	
SECTOR: POBRE	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000 COTA: 755 mts. MINA: SIDERNIVN PLANO: 8 HO

8949350.00 Y					
8949300.00 Y					
8949250.00 Y					
8949200.00 Y					
8949150.00 Y					
8949100.00 Y					
8949050.00 Y					
8949000.00 Y					
8948950.00 Y	819650.00 X	819700.00 X	819750.00 X	819800.00 X	819850.00 X



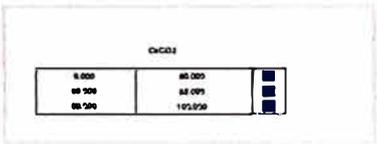
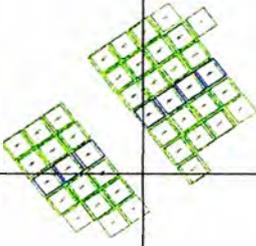
INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS	
SECTOR: RICO	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000 COTA: 827 mts.
	MINA: SIDERNIVN PLANO: 2 HO

8949300.00 Y							
8949250.00 Y							
8949200.00 Y							
8949150.00 Y							
8949100.00 Y							
8949050.00 Y							
8949000.00 Y							
8948950.00 Y							
819500.00 X	819550.00 X	819600.00 X	819650.00 X	819700.00 X	819750.00 X	819800.00 X	
8948900.00 Y							



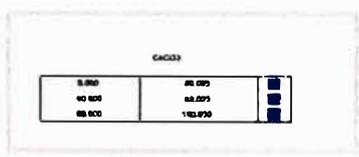
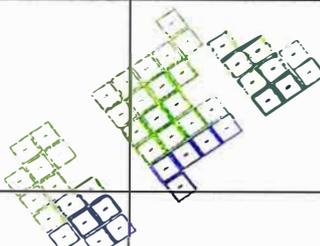
INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E	
SECTOR: RICO	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000 COTA: 815 mts. MINA: SIDERMIN PLANO: 3 HO

8949300.00 Y							
8949250.00 Y							
8949200.00 Y							
8949150.00 Y							
8949100.00 Y							
8949050.00 Y							
8949000.00 Y							
8948950.00 Y							
819500.00 X	819550.00 X	819600.00 X	819650.00 X	819700.00 X	819750.00 X	819800.00 X	
8948900.00 Y							



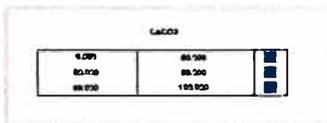
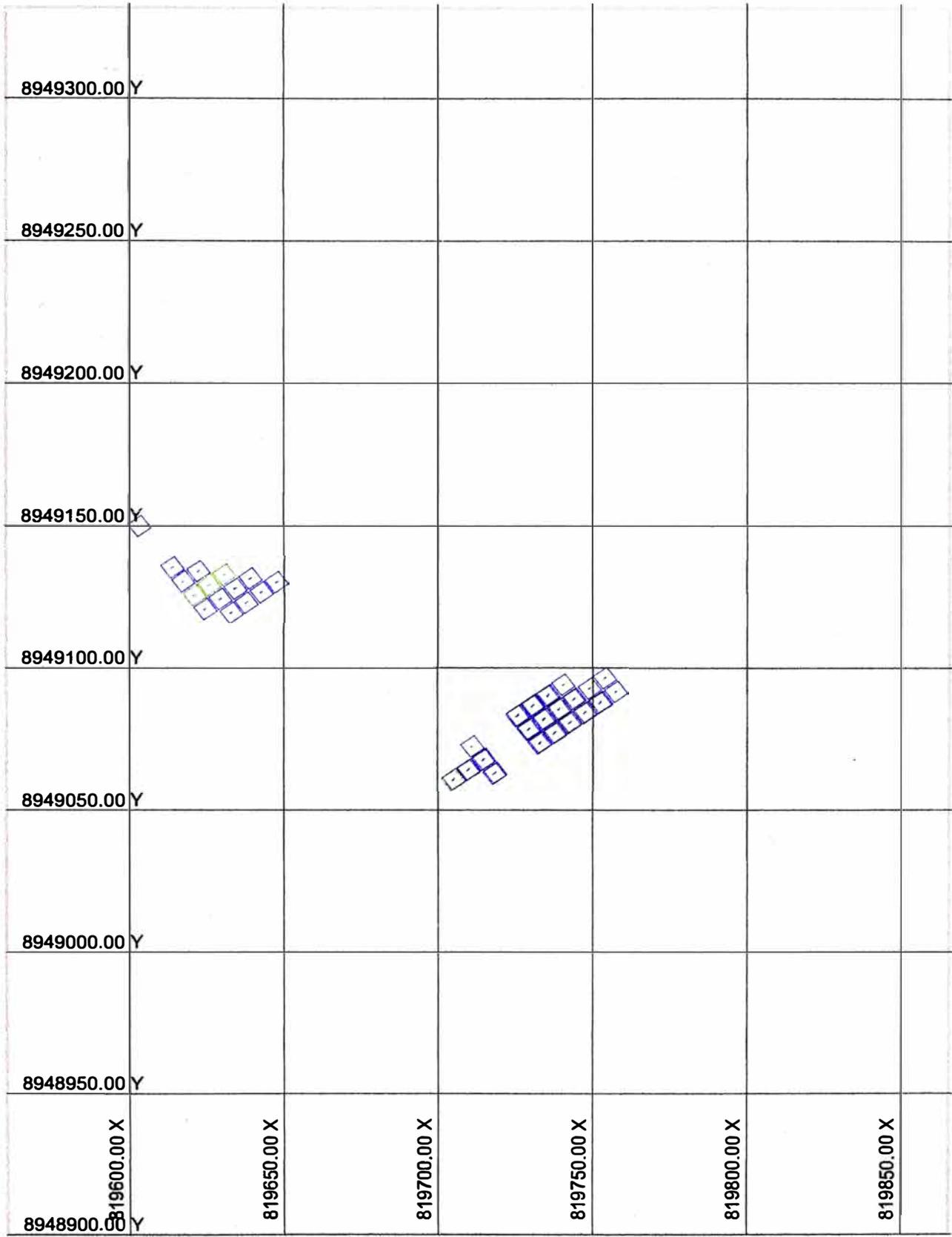
INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS	
SECTOR: RICO	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000 COTA: 815 mts.
	MINA: SIDERNVN PLANO: 4 HO

8949300.00 Y							
8949250.00 Y							
8949200.00 Y							
8949150.00 Y							
8949100.00 Y							
8949050.00 Y							
8949000.00 Y							
8948950.00 Y							
819500.00 X	819550.00 X	819600.00 X	819650.00 X	819700.00 X	819750.00 X	819800.00 X	



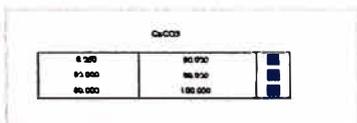
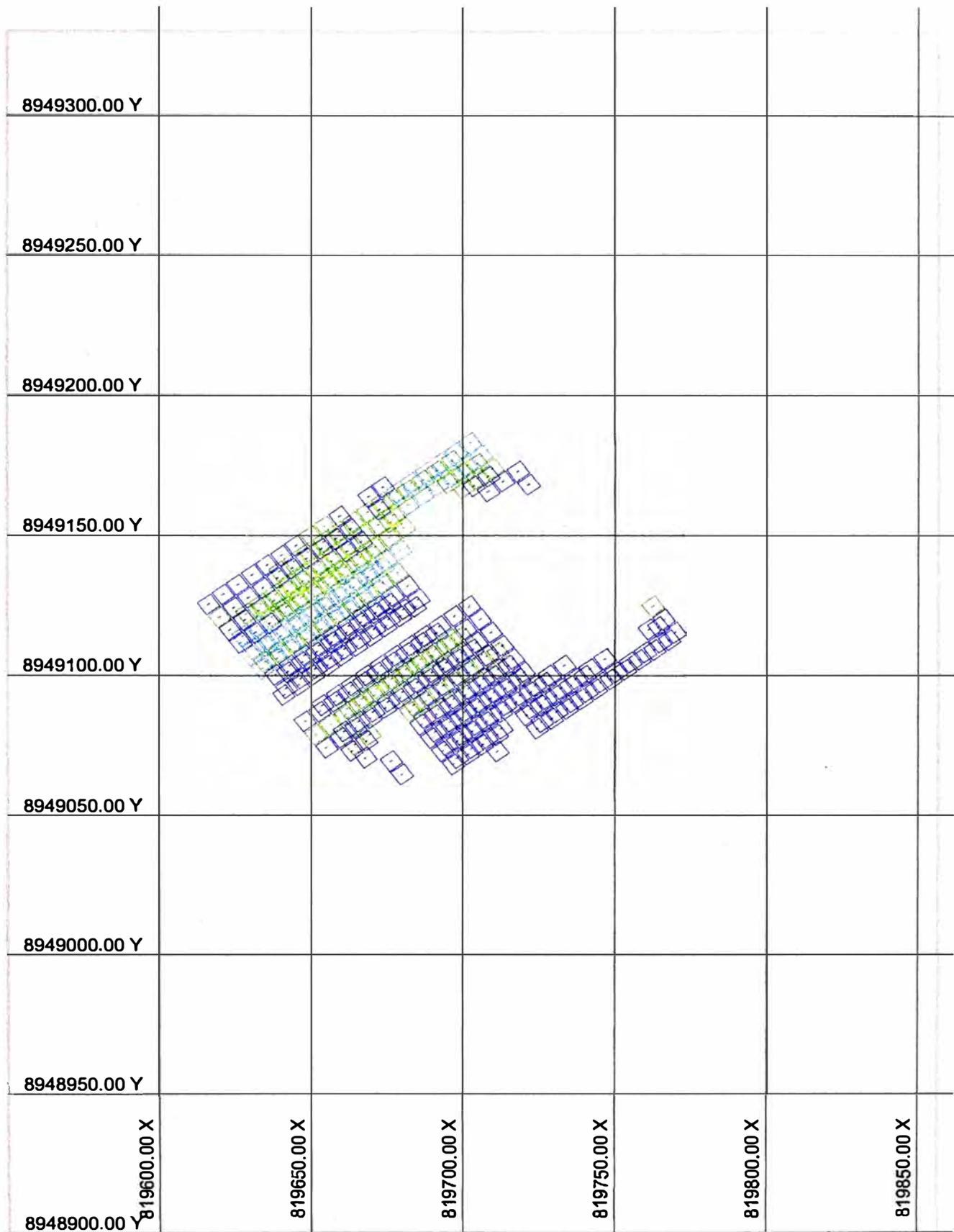
INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS

SECTOR: RICO	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
ESCALA: 1/2000	COTA: 803 mts.
MINA: SIDERNIVN	PLANO: 5 HO



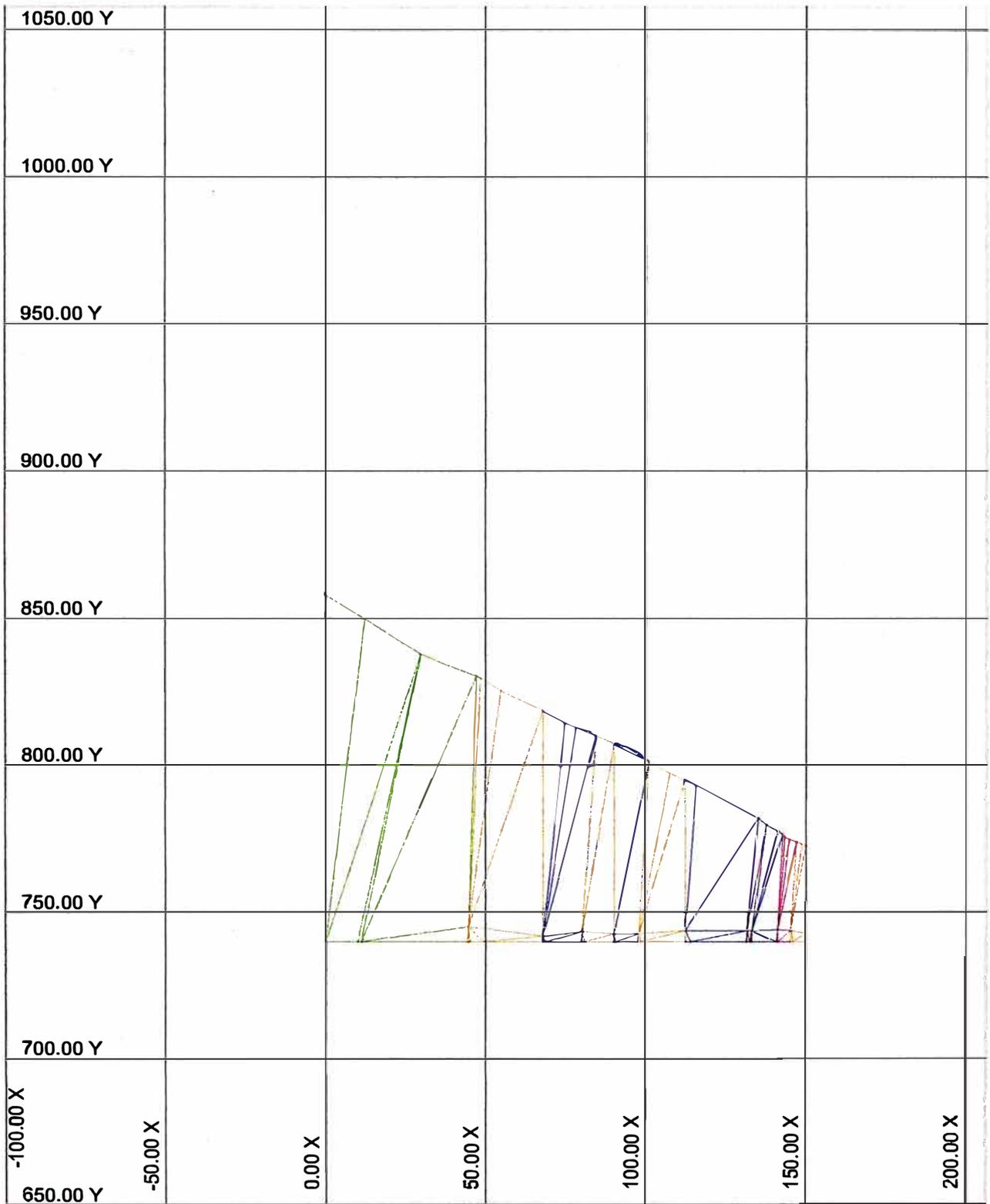
INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS

SECTOR: RICO	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000 COTA: 791 mts. MINA: SIDERNIVN PLANO: 6 RO



INVENTARIO DE RECURSOS MEDIDOS E INDICADOS	
SECTOR: RICO	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS ESCALA: 1/2000 COTA: 755 mts. MINA: SIDERNIVN PLANO: 8 HO

ANEXO C



LIOLOGI

CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: SECCION A

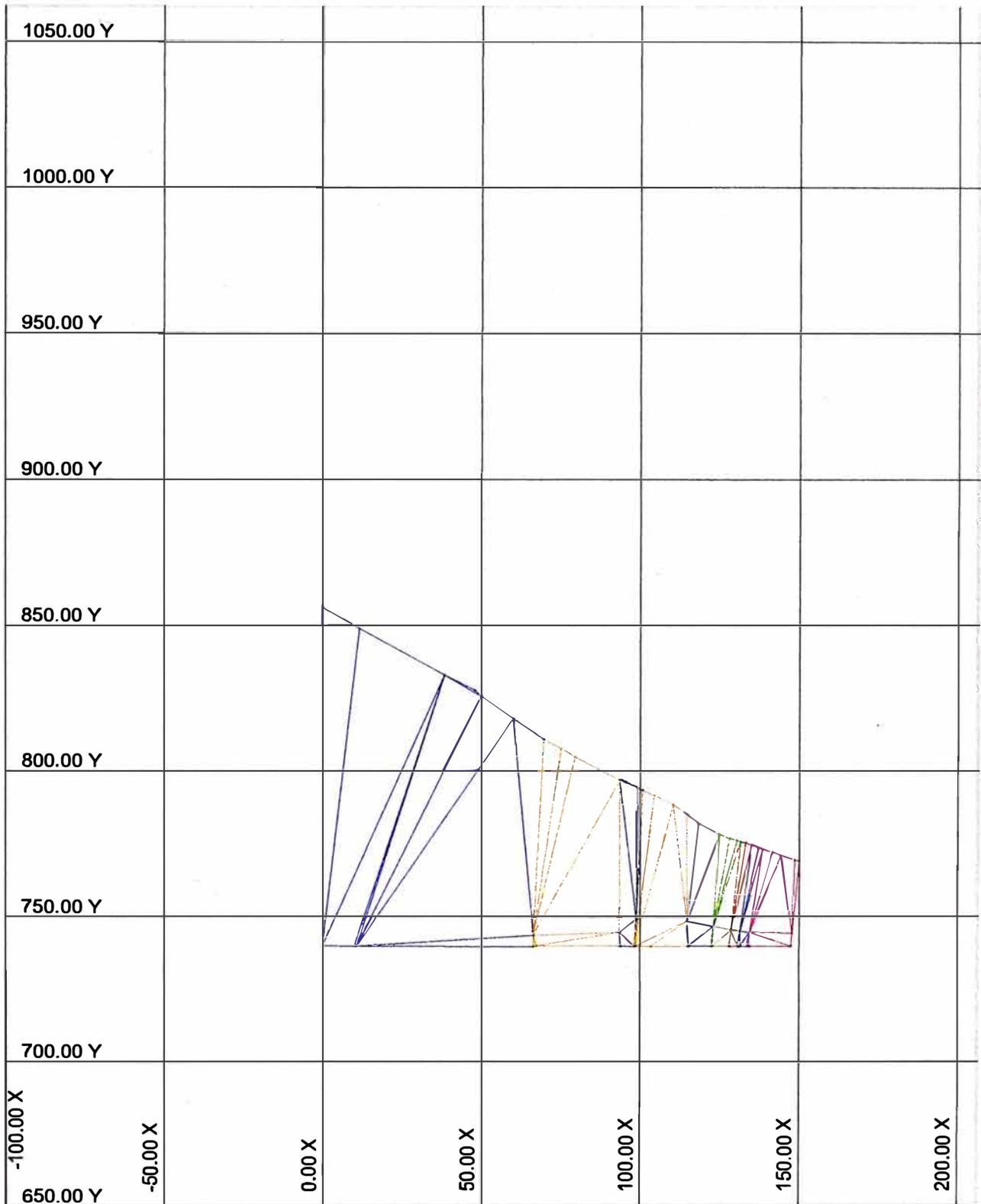


LILOGI

CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

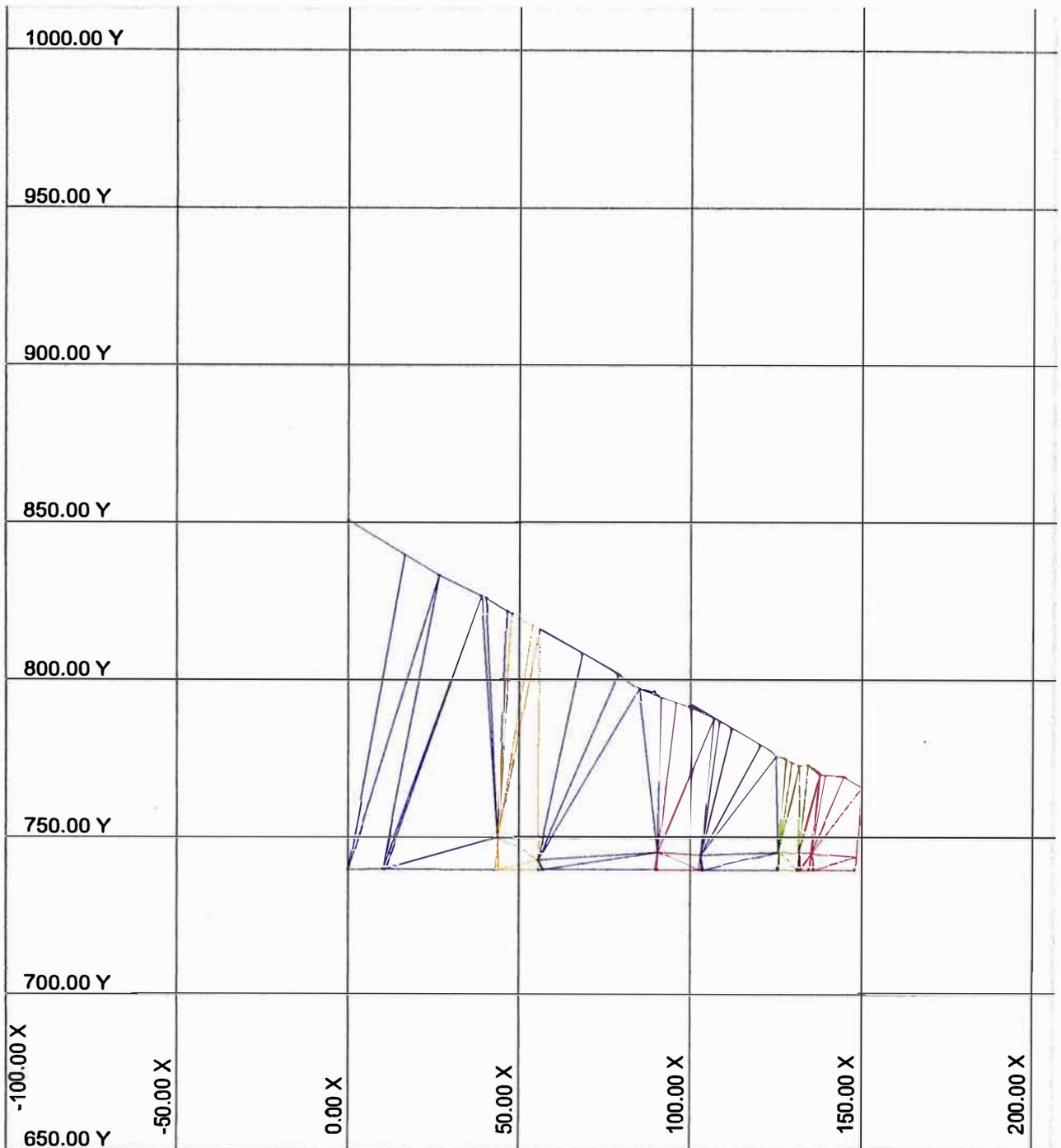
SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE

SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
MINA: SIDERNIVN	SECCION: 1 MO



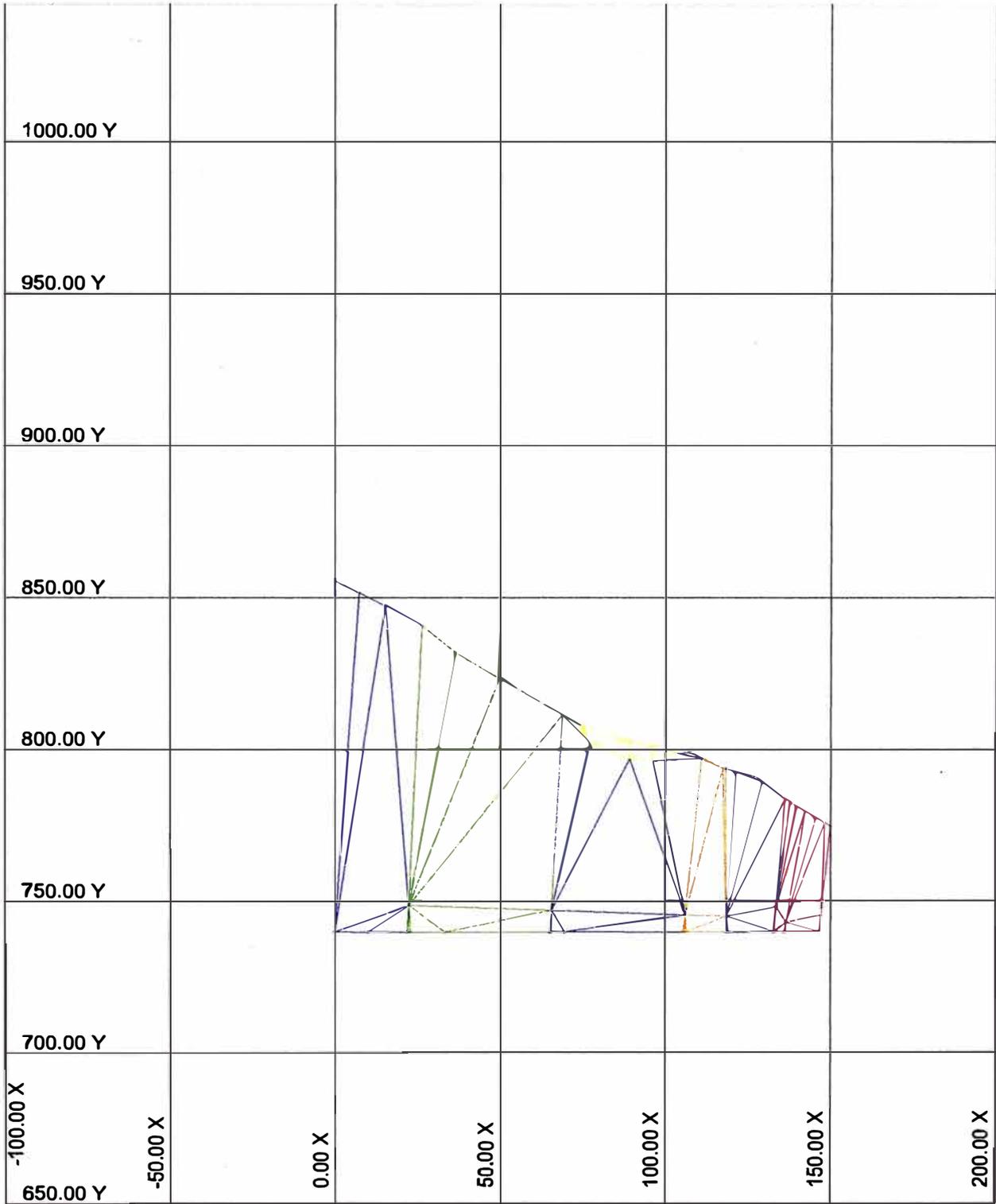
LITOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS ESCALA: 1/2000 MINA: SIDERNIVN SECCION: 2 MO



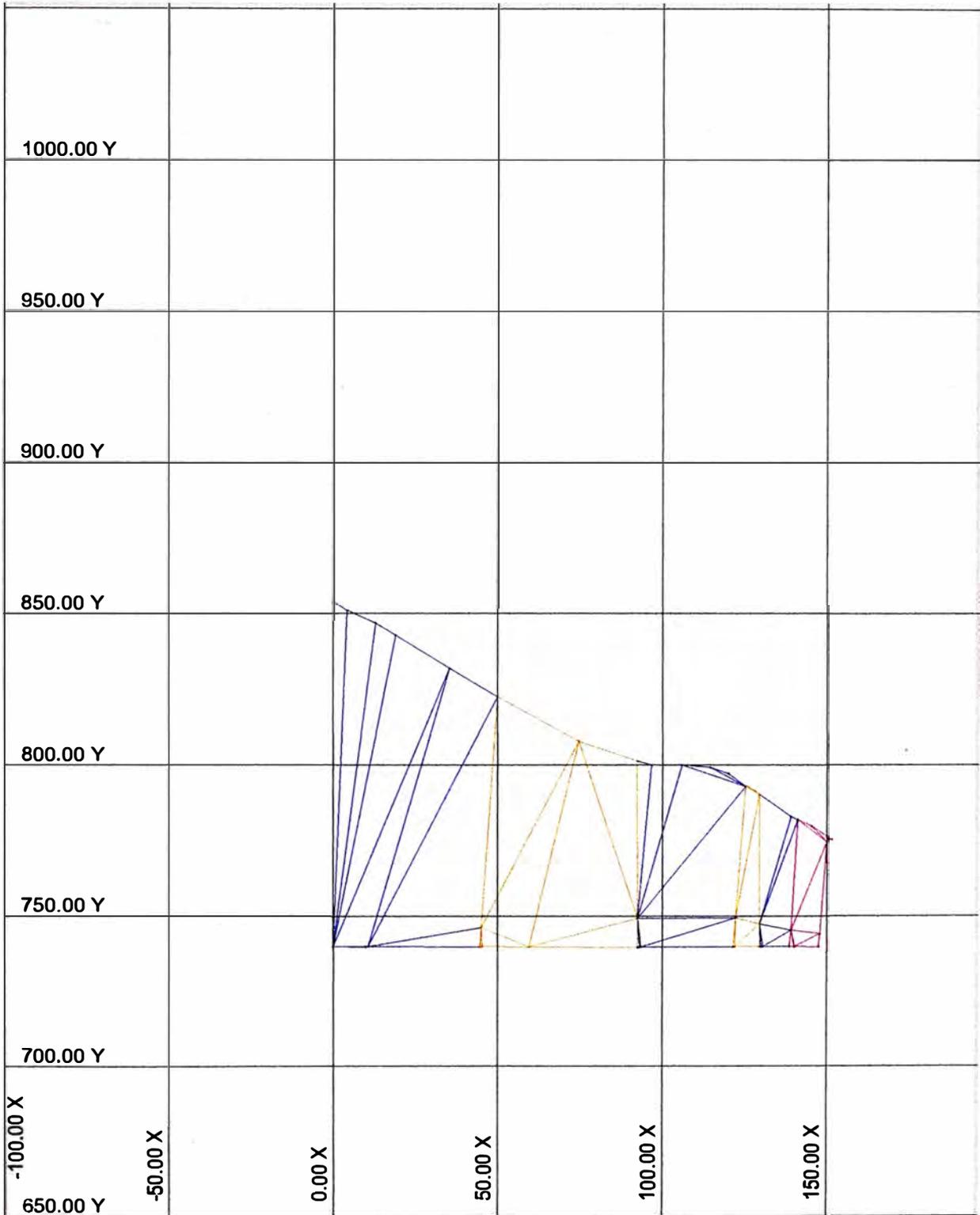
LIOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
ESCALA: 1/2000	
MINA: SIDERNIVN	SECCION: 3 MO



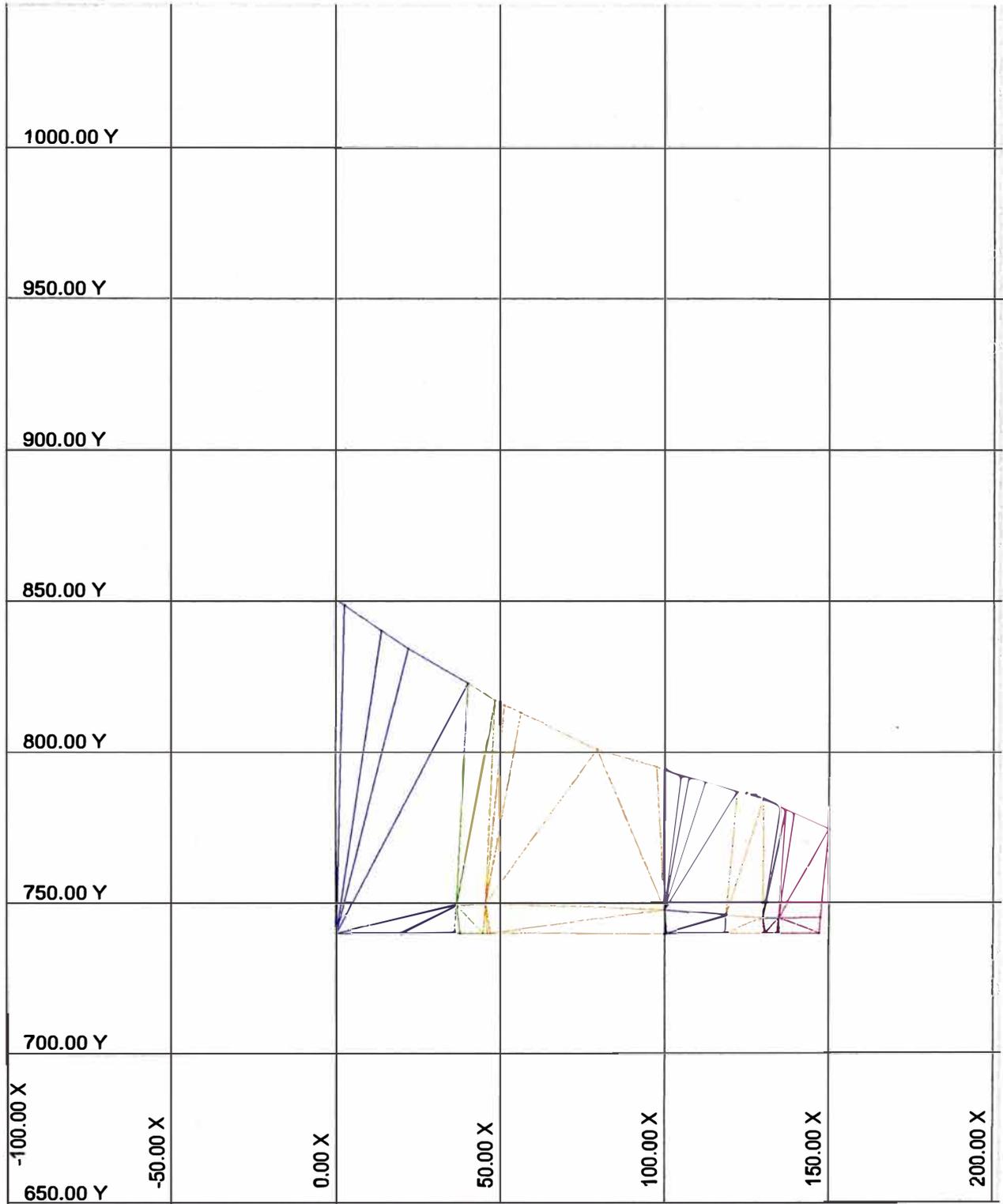
LIOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: 4 MO



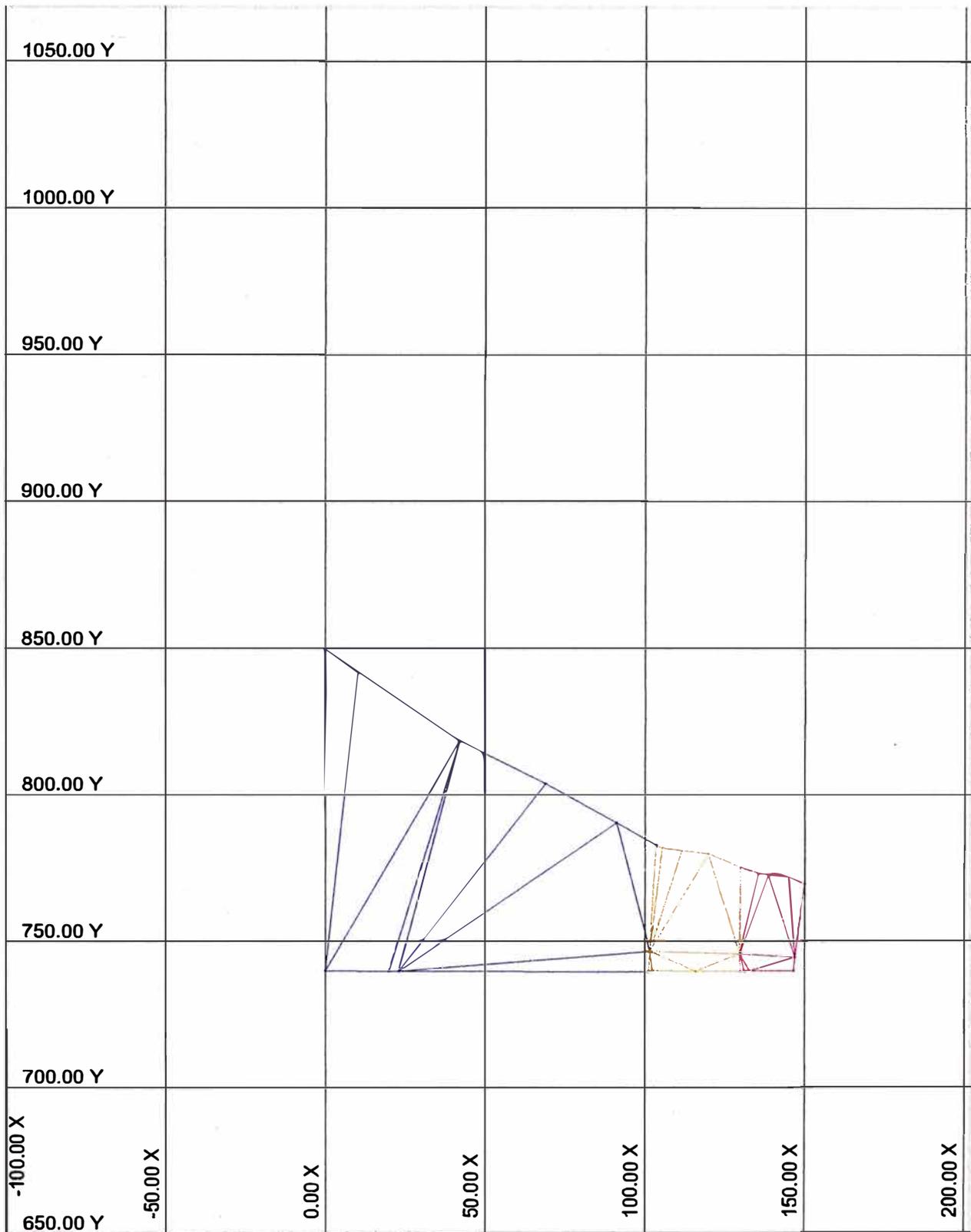
LIOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: 5 MO



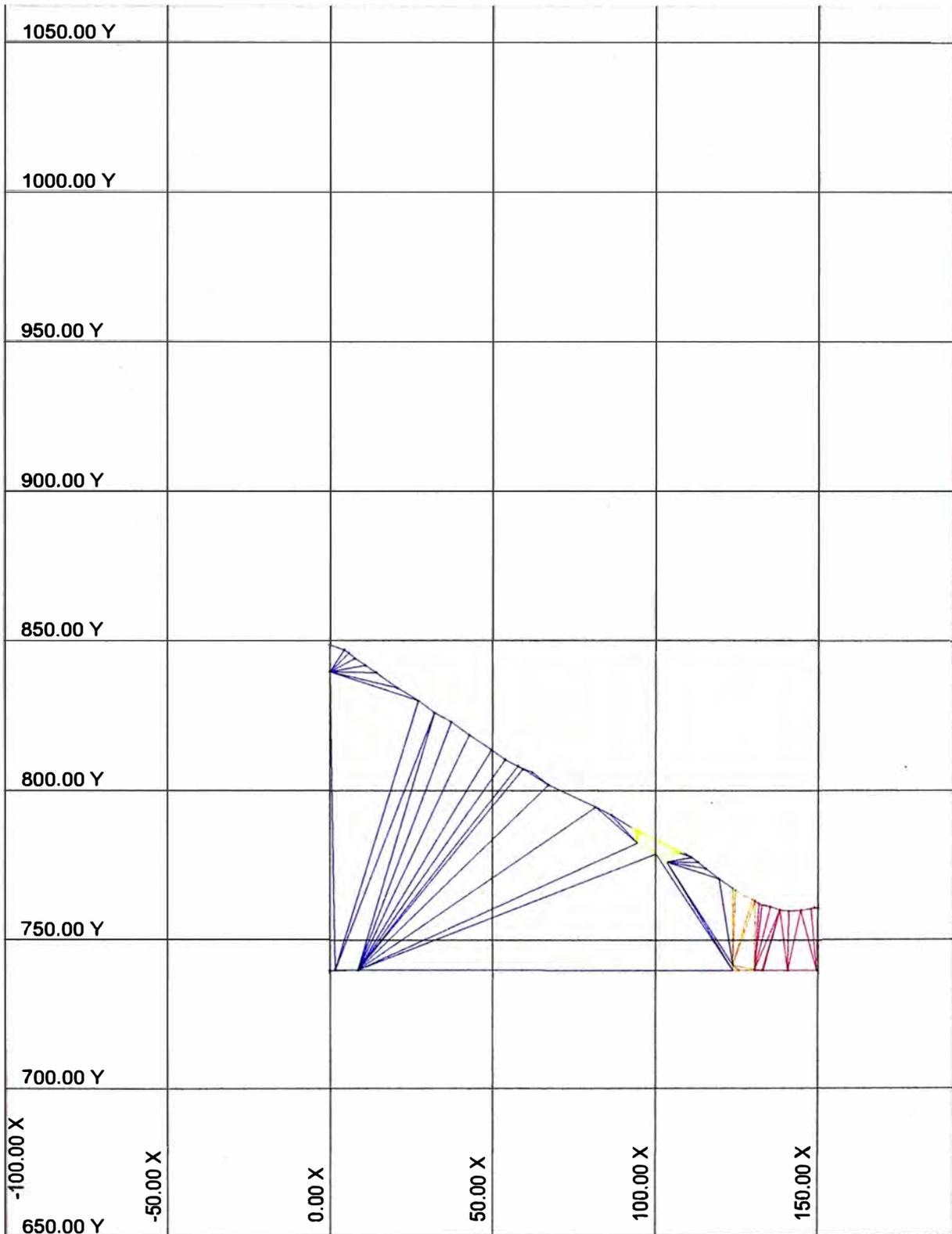
LIOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: 6 MO



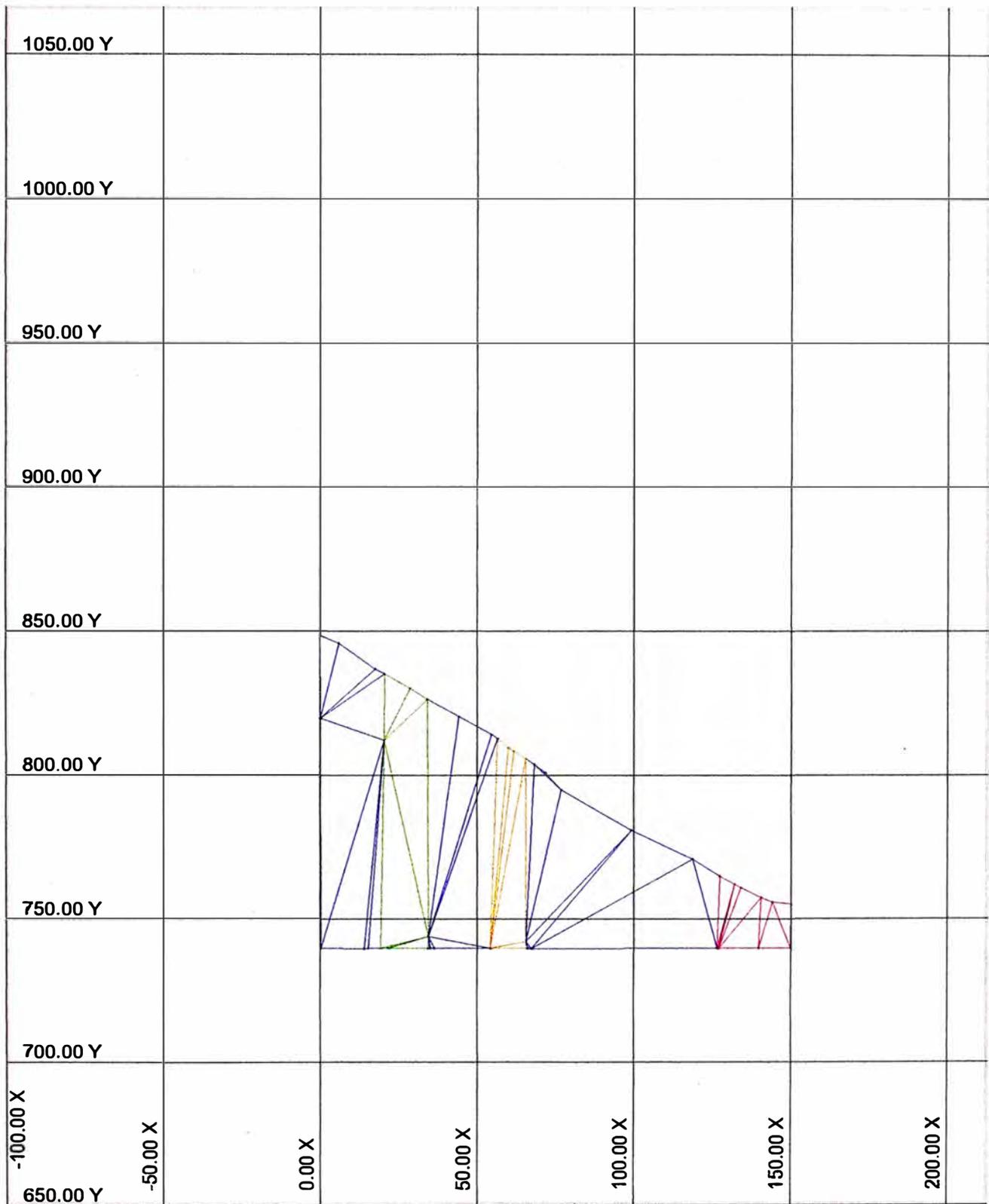
LIOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
ESCALA: 1/2000	SECCION: 7 MO
MINA: SIDERNIVN	



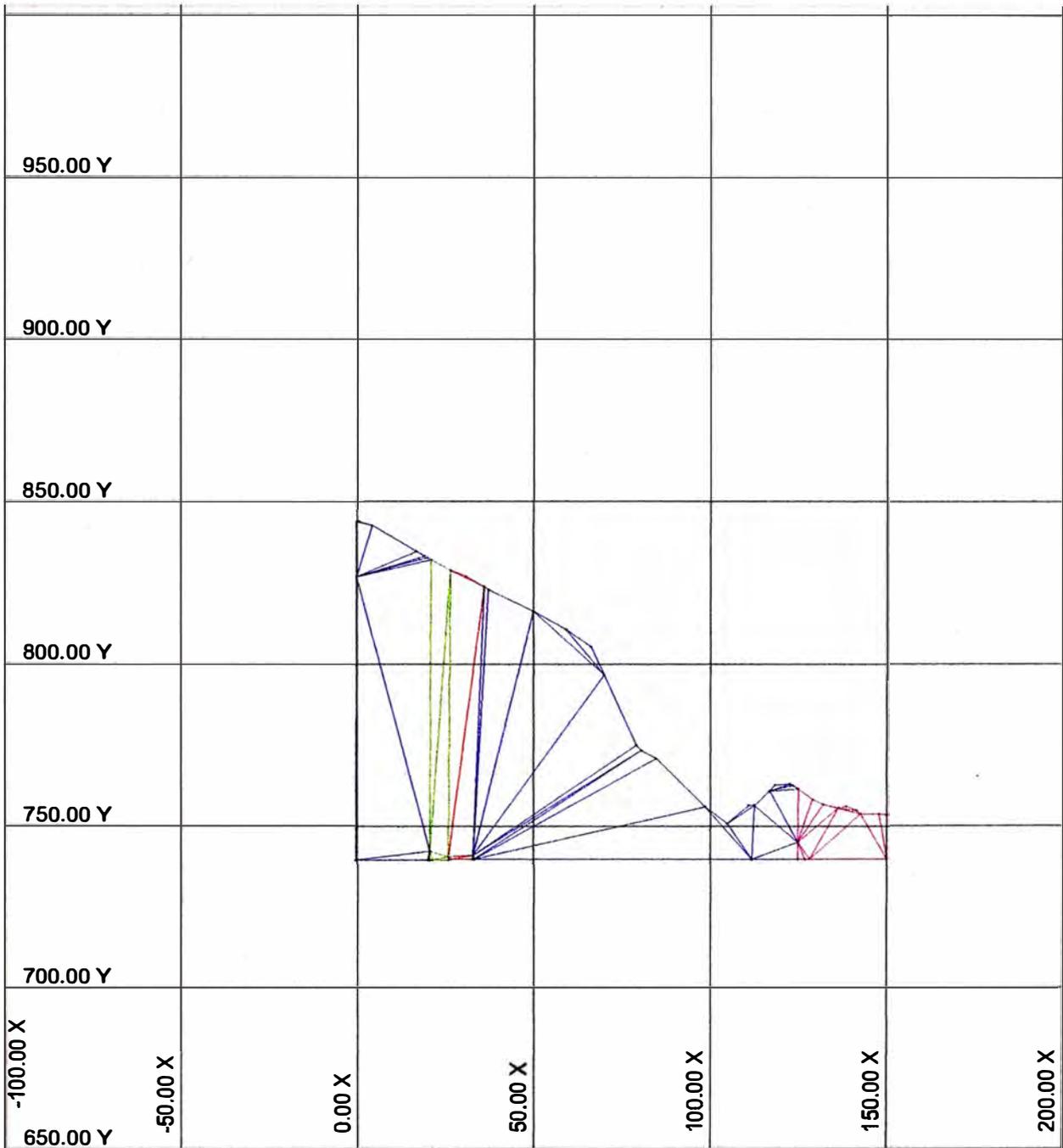
LIOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: 8 MO



LIOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: 9 MO



LIOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUT	■

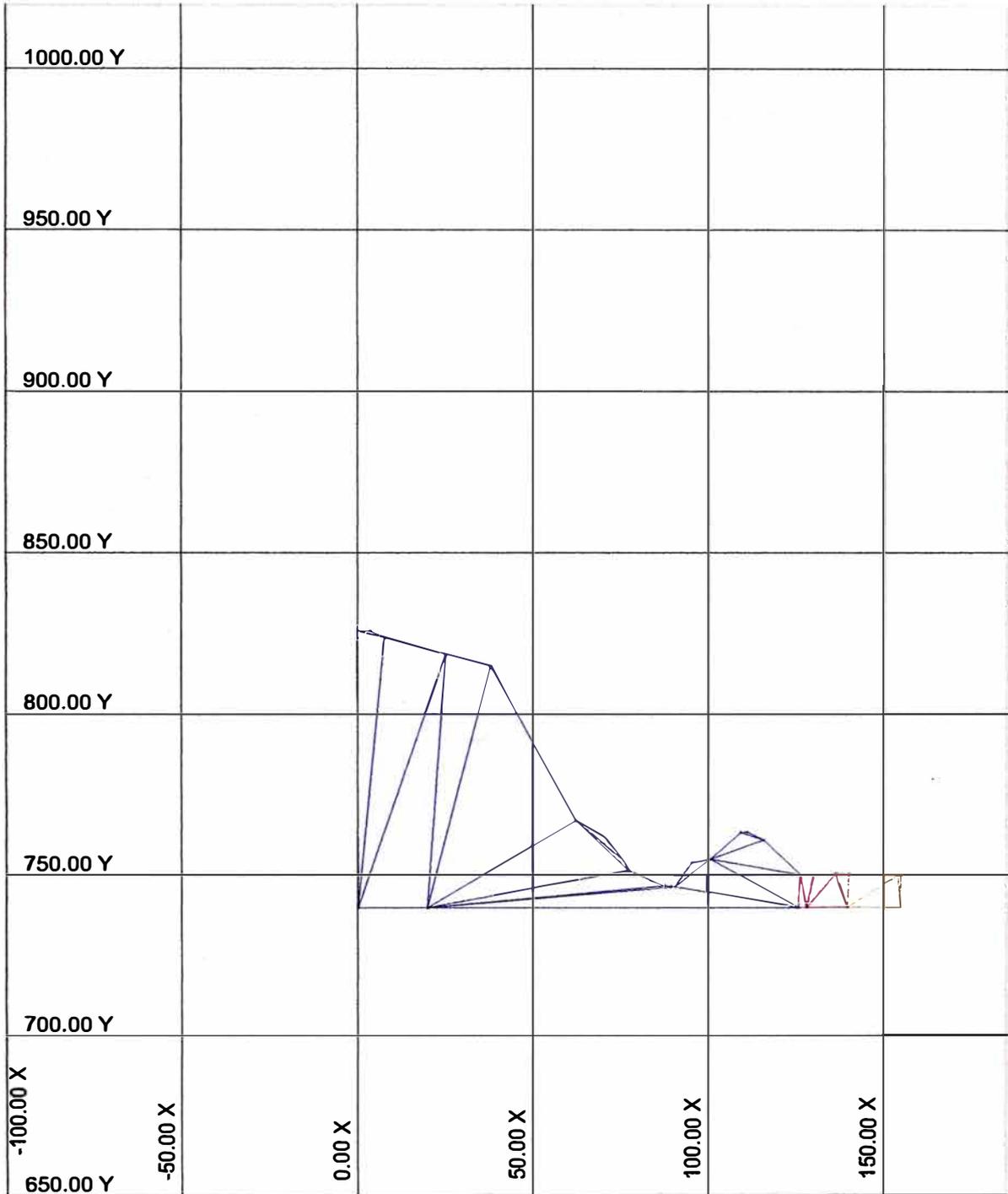
SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: 10 MO



LIOLGI

CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: 11 MO



LIOLOGI	
CAL	
CALR	
CALS	
ANDE	
RINTRU	
LUTI	

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS ESCALA: 1/2000 MINA: SIDERNIVN SECCION: 12 MO

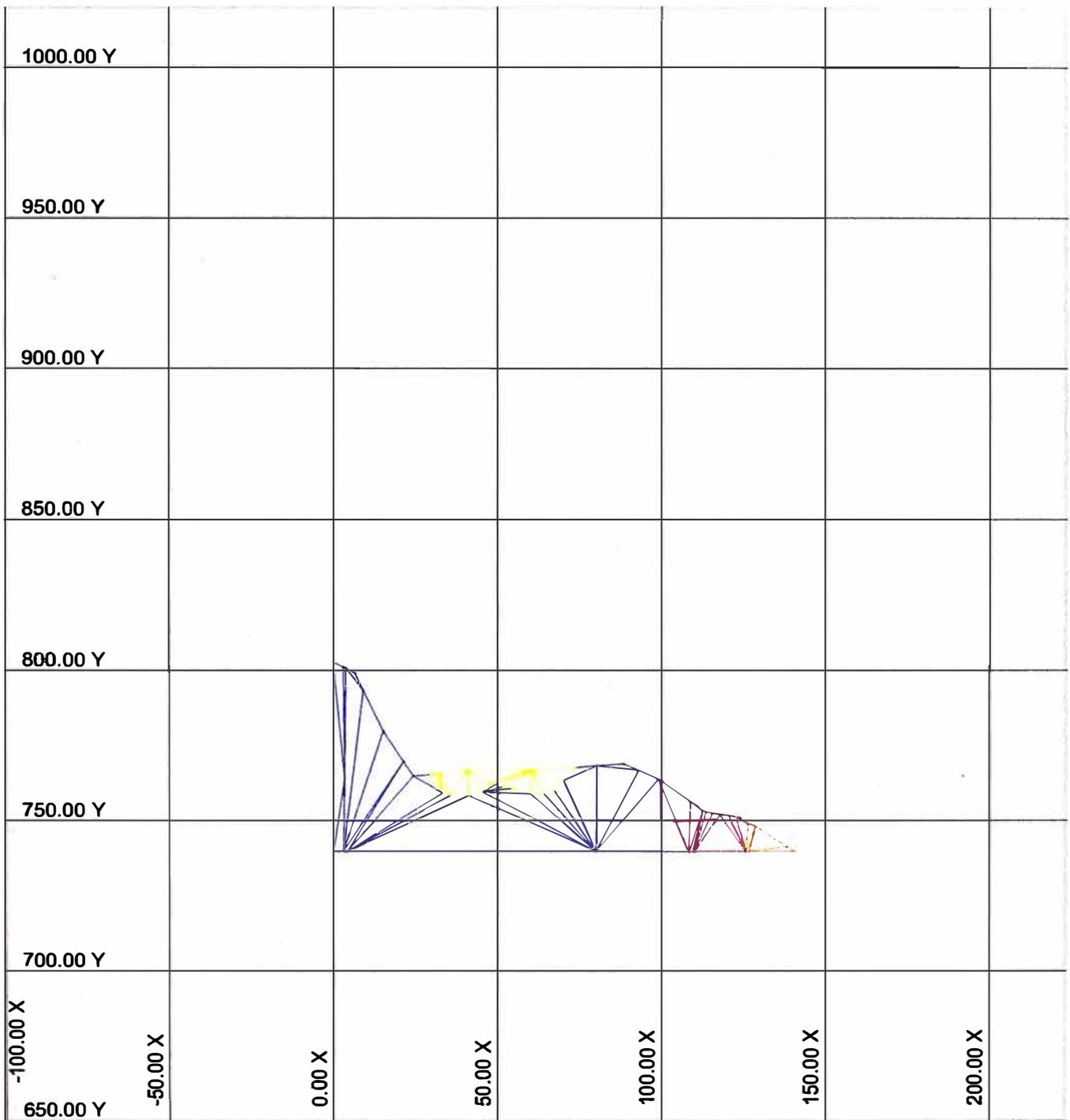


LIOLGI

CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE

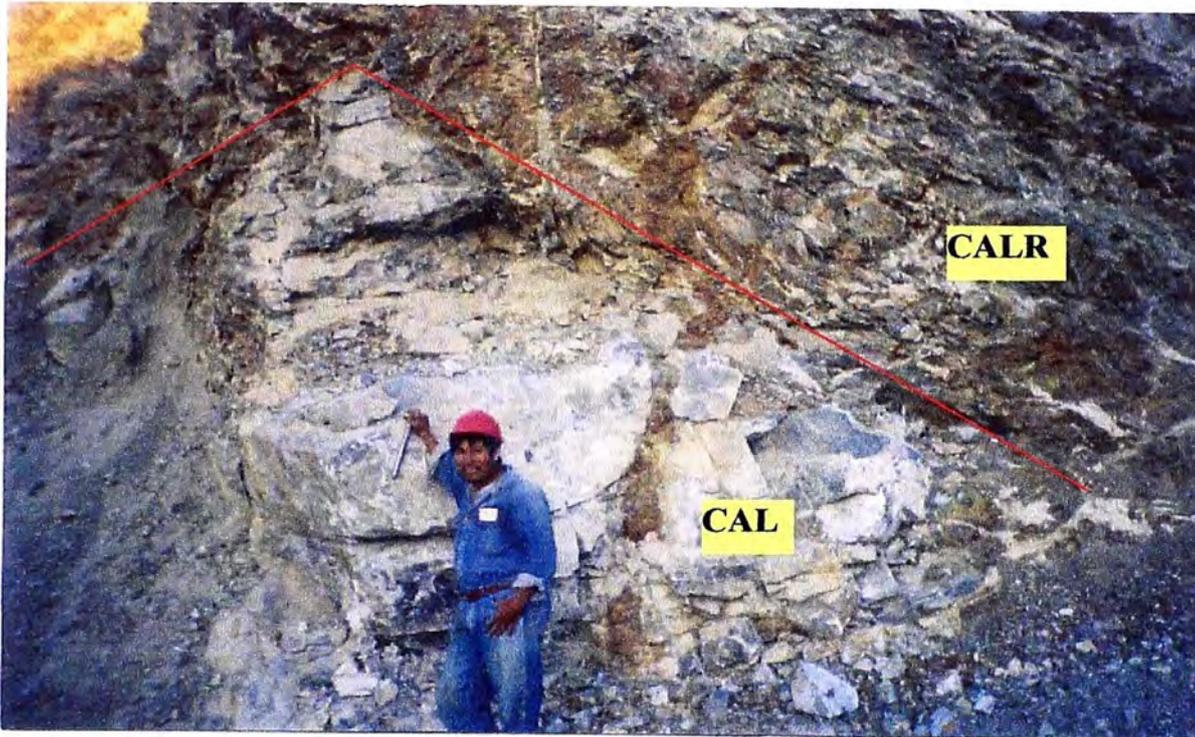
	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: 13 MO



LIOLOGI	
CAL	■
CALR	■
CALS	■
ANDE	■
RINTRU	■
LUTI	■

SECCIONES VERTICALES - DEPOSITO OESTE	
SIDERPERU	DIBUJADO POR: JOSE GUTIERREZ RAMIREZ
	REVISADO POR: LUDWIN CAMPOS
	ESCALA: 1/2000
	MINA: SIDERNIVN SECCION: 14 MO

ANEXO D



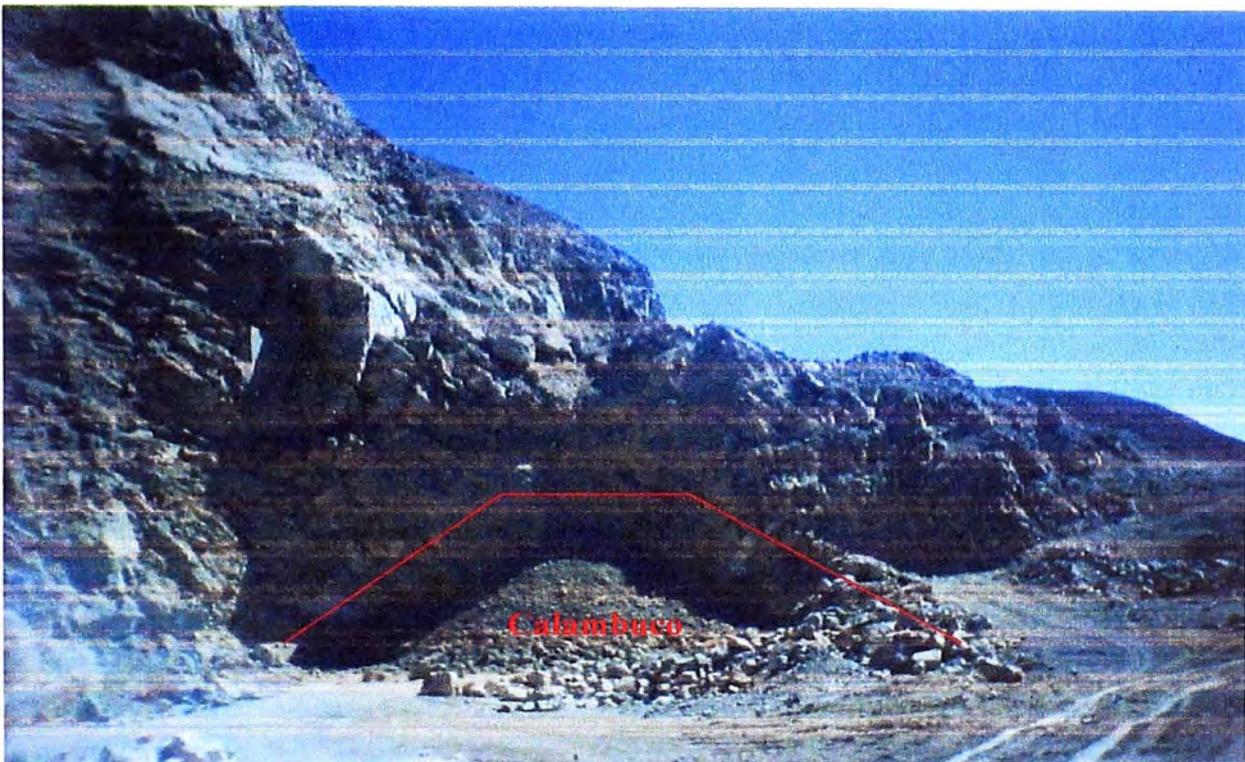
Banco potente de caliza (CAL) infrayaciendo a caliza (CALR) fracturada – Sector Pobre



Estratos de caliza (Cal) de alta ley de CaCO_3 en la cota 755 – Sector Rico



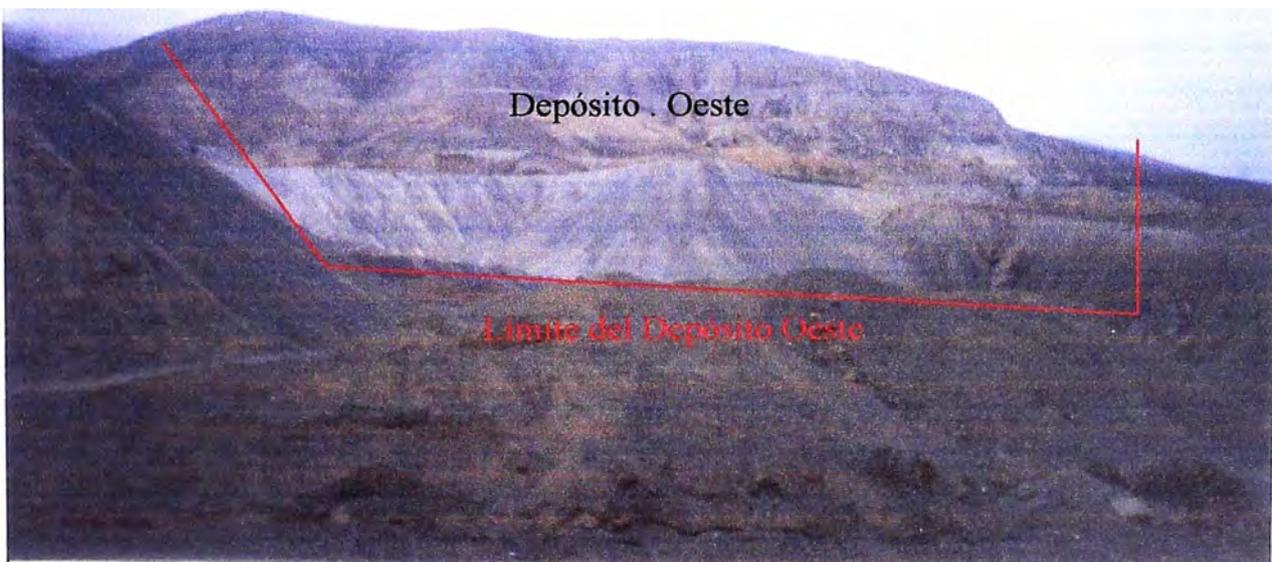
Estratos de caliza de alta ley de CaCO_3 (Cal) ubicados en el Banco # 1 – Sector Rico



Antiguos calambucos ubicados en el “Sector Rico”



Trackdrill realizando trabajos de perforación en el Sector Rico



Vista panorámica del Depósito Oeste – foto tomada mirando al Sur-Oeste