



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RECURSOS,
YACIMIENTO LA NIÑA, TONGOY, CEMENTOS MELÓN SA.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

OSCAR IGNACIO NARANJO CABELLO

PROFESOR GUÍA:
BRIAN TOWNLEY CALLEJAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
VICTOR MAKSAEV JURCHUC
KATJA DECKART

SANTIAGO DE CHILE

2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA
OPTAR AL TÍTULO DE: Geólogo
POR: Oscar Naranjo Cabello
FECHA: 20/10/2017
PROFESOR GUÍA: Brian Townley

MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RECURSOS, YACIMIENTO LA NIÑA, TONGOY, CEMENTOS MELÓN SA.

En este estudio se presentan los resultados del modelamiento geológico y estimación de recursos de $CaCO_3$ en el yacimiento La Niña, ubicado en Tongoy Región de Coquimbo, perteneciente a la empresa Cementos Melón SA. Por otro lado, este trabajo incluye la estimación de las concentraciones de Cl dentro del yacimiento, debido a que, altas concentraciones de Cl ($>0.025\%$) son perjudiciales para los procesos de fabricación de cemento.

Para la elaboración de un modelo geológico y estimación de recursos más preciso, durante los meses de enero y febrero del 2017, se realiza la campaña de sondajes Tongoy 2017, con la finalidad de aumentar la densidad de información, reduciendo la distancia entre sondajes a un promedio de 150 m, llegando a ser de 260 m en algunos casos. En esta campaña se adicionan 13 sondajes ubicados principalmente en la zona centro-sur del yacimiento. Utilizando la información de las campañas de sondajes anteriores (2001 y 2005), más la base de datos generada por la campaña de sondajes 2017 y levantamiento geológico en terreno, se utiliza el software Vulcan 10, para la elaboración del modelo geológico para Conchuela Alta y Baja. Con los modelos geológicos elaborados, se define el modelo de bloques con el que se discretizará el yacimiento, el cual, en base a los bancos del rajo actual, se construyen bloques de $20 \times 20 \times 5$ m con sub-bloques de $5 \times 5 \times 1.25$ m de espesor. La estimación de $CaCO_3$ para cada bloque del modelo, se realizará utilizando inverso a la distancia al cuadrado, donde debido a la gran separación entre sondajes, y poca densidad de información, se imposibilita la aplicabilidad de un *kriking* ordinario. Los radios de búsqueda de la estimación son definidos según la distancia entre sondajes. La variable Cl , al presentar un comportamiento aleatorio sin continuidad apreciable, y ante la necesidad de caracterizar su distribución dentro del yacimiento, se estimó con los mismos criterios que la variable $CaCO_3$. El cálculo final de recursos, o sumatoria de cada bloque para cada unidad Litológica estudiada, arroja que, para conchuela de alta ley, existirían 15 millones de toneladas con una ley promedio del 90.6%, y para conchuela baja se tendría 14 millones de toneladas con una ley promedio del 76%. En cuanto a la problemática de Cl , debido a las bajas concentraciones encontradas, se desestima su importancia como problemática en la producción eficiente de clinker.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi madre Ana Luisa Cabello, por apoyarme a lo largo de todo este proceso universitario, estando presente en todo momento, dándome la posibilidad de ser un profesional.

A Francisco Simian, geólogo de Cementos Melón SA., quien siempre con muy buena disposición y amplios conocimientos, respondió todas mis dudas cuantas veces fuera necesario, guiándome durante este proceso, alcanzando los objetivos planteados para este trabajo.

Agradecer a Maryan Venegas y sus padres Maryanela y Simón, quienes, durante el transcurso de mi estadía en la ciudad de La Calera, me recibieron en su hogar de forma más que acogedora, permitiéndome tener un lugar donde quedarme durante la realización de este trabajo.

A Alan Andrades, Ing. Civil de Minas, quien, con su enorme disposición, me ayudo con la herramienta Vulcan, software con el cual se realizó el modelamiento y estimación de recursos elaborados en este trabajo de título.

A Oscar Araya, Ing. Civil de Minas de Cementos Melón SA., quien me otorgo la posibilidad de realizar este trabajo de título en la empresa, pudiendo así, finalizar este proceso universitario.

A Bryan Townley, profesor guía, quien siempre con rapidez, me respondió todas mis dudas y estuvo presente e interesado en mi trabajo.

También agradecer a Matías Aedo, compañero de carrera, que me ayudo a ordenar este trabajo, además de contestar un sin fin dudas durante toda la carrera.

Finalmente agradecer al albo campeón, que domingo a domingo me dio fuerzas para terminar este trabajo de la mejor manera.

Tabla de Contenido

1.	Introducción.	1
1.1	Fundamento de estudio	1
1.2	Objetivos.	3
1.2.1	Objetivos principales.	3
1.2.3	Objetivos específicos.	3
1.3	Área de estudio	4
1.4	Metodología	5
1.5	Alcance del trabajo	6
2.	Marco teórico	7
2.1	Química y fabricación del cemento	7
2.1.1	Materias primas	8
2.1.2	Fabricación del clinker	8
2.1.3	Relación entre componentes del clinker y propiedades del cemento	10
2.1.4	Componentes minoritarios del clinker	12
2.1.5	Fraguado y endurecimiento	14
2.2	Problemática del CI	15
2.3	Modelamiento Geológico	16
3.	Marco geológico	17
3.1	Marco regional	17
3.1.1	Formaciones geológicas	21
3.2	Geología local	23
4.	Marco Metodológico	29
4.1	Campaña sondajes Tongoy 2017	29
4.1.1	Objetivos campaña	29
4.1.2	Armado malla de sondajes	30
4.1.3	Recuperación de testigos	31
4.1.4	Descripción, armado de muestra y análisis químico.	33
4.2	Modelamiento geológico	34

4.2.1	Base de datos	34
4.2.2	Modelamiento geológico	36
4.3	Estimación de recursos	42
4.3.1	Composición muestras	43
4.3.2	Estadística descriptiva	43
4.3.3	Análisis variográfico	54
4.3.4	Criterios de estimación	61
4.3.5	Modelo de bloques	62
5.	Resultados	63
5.1	Estratigrafía Local	63
5.2	Estimación del modelo de bloques.	65
5.3	Validaciones estimación	71
5.4	Calculo de recursos	74
6.	Discusiones	76
6.1	Comparación Modelo Geológico SIGA (2005)	76
6.2	Comparación estimación SIGA (2005)	79
7.	Conclusiones	81
8.	Bibliografía	83

Tabla de Cuadro

TABLA 2.1 ÓXIDOS PRIMARIOS PARA LA FABRICACIÓN DEL CLINKER	8
TABLA 2.2 FASES MINERALÓGICAS ARTIFICIALES DEL CLINKER	10
TABLA 3.1 LEYES Y TONELAJES, SEGÚN UNIDADES GEOLÓGICAS (SOTO 2005)	28
TABLA 4.1 UBICACIONES GEOGRÁFICAS SONDAJES	30
TABLA 4.2 RESUMEN CAMPAÑA SONDAJES 2017	32
TABLA 4.3 BASE DE DATOS ASSAY	34
TABLA 4.4 BASE DE DATOS LITO	35
TABLA 4.5 BASE DE DATOS COLLAR	35
TABLA 4.6 BASE DE DATOS SURVEY	35
TABLA 4.7 RESUMEN CORRELACIONES	53
TABLA 4.8 VALOR PARÁMETROS VARIOGRAMA	58
TABLA 4.9 ALCANCES VARIOGRAMAS	59
TABLA 5.1 RESUMEN TONELADAS FINALES CONA Y CONB	75
TABLA 6.1 RESUMEN TONELADAS FINALES DE CONA Y CONB PARA SIGA 2015	79
TABLA 6.2 COMPARACIÓN TONELADAS CONA PARA AMBAS ESTIMACIONES DE RECURSOS	80

Tabla de Figura

FIGURA 1.1 UBICACIÓN MINA LA NIÑA	4
FIGURA 2.1 CURVAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN FRENTE AL TIEMPO DE CURADO.	11
FIGURA 2.2 ELEVACIÓN DE TEMPERATURA EN MUESTRAS DE HORMIGÓN.	11
FIGURA 3.1 MAPA GEOLÓGICO ÁREA TONGOY.....	19
FIGURA 3.2 PERFIL ESQUEMÁTICO TRANSVERSAL A LA CUENCA CENOZOICA.....	20
FIGURA 3.3 GEOLOGÍA LOCAL CAMPAÑA 2001 (S1-S21), SOTO (2005), VISTA EN PLANTA.	25
FIGURA 3.4 SECCIÓN E-O ACUÑAMIENTO LATERAL MANTOS DE CONCHUELA, SOTO (2005)	25
FIGURA 3.5 SECCIÓN N-S, ACUÑAMIENTO LATERAL DEL MANTO AL SUR, SOTO 2005).....	26
FIGURA 3.6 PALEO AMBIENTE BAHÍA DEL MIOCENO, SOTO (2005)	26
FIGURA 3.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS LEYES DE $CaCO_3$, SOTO (2005), VISTA EN PLANTA.	27
FIGURA 3.8 CURVA TONELAJE-LEY PARA CONCHUELA ALTA LEY(SOTO205)	28
FIGURA 4.1 MALLA SONDAJES CAMPAÑA 2017, VISTA EN PLANTA.	30
FIGURA 4.2 MONTAJE SONDAJE SC-02.....	31
FIGURA 4.3 DESCRIPCIÓN Y COMPOSITACIÓN DE MUESTRAS CON CORTE DIAMETRAL.....	33
FIGURA 4.4 SONDAJES DESPLEGADOS POR LITOLOGÍA, 3D.	36
FIGURA 4.5 SECCIONES NORTE (AZUL) Y SECCIONES E (ROJO), VISTA EN PLANTA.	37
FIGURA 4.6 PERFIL LITOLÓGICO AA', PARA CONA Y CONB.	38
FIGURA 4.7 PERFILES NORTE, CONA Y CONB, 3D.	38
FIGURA 4.8 PERFIL LITOLÓGICO BB', PARA CONA Y CONB.	39
FIGURA 4.9 PERFILES ESTE, CONA Y CONB, 3D.....	39
FIGURA 4.10 LIMITES MODELO GEOLÓGICO, TOPOGRAFÍA ACTUAL, BATOLITO, PROPIEDAD MINERA Y AGRÍCOLA.3D.	40
FIGURA 4.11 MODELO GEOLÓGICO CONA, 3D.....	41
FIGURA 4.12 MODELO GEOLÓGICO CONCHUELA BAJA. 3D.....	41
FIGURA 4.13 MODELO GEOLÓGICO YACIMIENTO LA NIÑA, 3D.....	42
FIGURA 4.14 BOXPLOT CAO	43
FIGURA 4.15 LOGNORMAL CAO, CONA	44
FIGURA 4.16 LOGNORMAL CAO, CONB.....	44
FIGURA 4.17 BOXPLOT CL	45
FIGURA 4.18 LOGNORMAL CL, CONA	45

FIGURA 4.19 LOGNORMAL CL, CONB	46
FIGURA 4.20 CORRELACIÓN CAO-SIO2 EN CONA Y CONB.....	47
FIGURA 4.21 CORRELACIÓN CAO-FE2O3 EN CONA Y CONB	48
FIGURA 4.22 CORRELACIÓN CAO-AL2O3 PARA CONA Y CONB.....	49
FIGURA 4.23 CORRELACIÓN CAO-MGO PARA CONA Y CONB	50
FIGURA 4.24 CORRELACIÓN CAO-CL PARA CONA Y CONB	51
FIGURA 4.25 CORRELACIÓN CL-SO3 PARA CONA Y CONB.....	52
FIGURA 4.26 CARACTERIZACIÓN VARIOGRAMAS	55
FIGURA 4.27 VARIOGRAMAS CAO PARA CONA	55
FIGURA 4.28 VARIOGRAMA CAO PARA CONB.....	56
FIGURA 4.29 VARIOGRAMAS SIO2 PARA CONA	56
FIGURA 4.30 VARIOGRAMAS SIO2 PARA CONB	57
FIGURA 4.31 VARIOGRAMAS CL PARA CONA.....	57
FIGURA 4.32 VARIOGRAMAS CL PARA CONB.....	58
FIGURA 4.33 MODELO DE BLOQUES, CONA (A) Y CONB (B.....	62
FIGURA 5.1 ESTRATIGRAFÍA YACIMIENTO LA NIÑA	64
FIGURA 5.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CACO3 EN CONA, VISTA EN PLANTA.	66
FIGURA 5.3 ESTIMACIÓN MODELO DE BLOQUES PARA CACO3 EN CONB, VISTA EN PLANTA	66
FIGURA 5.4 ESTIMACIÓN MODELO DE BLOQUES PARA CACO3 Y CL, VISTA EN SECCIÓN E-W	67
FIGURA 5.5 ESTIMACIÓN MODELO DE BOQUES PARA CL EN CONA, VISTA EN PLANTA	68
FIGURA 5.6 ESTIMACIÓN MODELO DE BLOQUES PARA CL EN CONB, VISTA EN PLANTA	68
FIGURA 5.7 ESTIMACIÓN MODELO DE BLOQUES PARA CL, VISTA EN PERFIL E-W CON SC-04 DESPLEGADO.....	69
FIGURA 5.8 CATEGORÍA DE LA ESTIMACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES PARA CONA.	70
FIGURA 5.9 CATEGORÍA DE LA ESTIMACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES PARA CONB	70
FIGURA 5.10 DATA DRIFT CAO EN DIRECCIÓN N-S	71
FIGURA 5.11 DATA DRIFT PARA CAO EN DIRECCIÓN E-W	72
FIGURA 5.12 DATA DRIFT PARA CAO EN COTA VERTICAL.....	72
FIGURA 5.13 VALIDACIÓN CRUZADA PARA CAO	73
FIGURA 5.14 CURVA TON-LEY CACO3, PARA CONA	74
FIGURA 6.1 MODELOS GEOLÓGICOS PARA CONA MELÓN 2017 Y SIGA 2005, 3D.....	76
FIGURA 6.2 MODELOS GEOLÓGICOS PARA CONB MELÓN 2017 Y SIGA 2005	77

FIGURA 6.3 MODELOS GEOLÓGICOS SUPERPUESTOS, MELÓN 2017 Y SIGA 2005, 3D.....	77
FIGURA 6.4 DIFERENCIA SUPERFICIES ENTRE MODELOS MELÓN 2017 Y SIGA 2005, PERFIL E-W	78
FIGURA 6.5 CURVA TONELAJE-LEY CACO3 EN CONA, SIGA 2005.....	79

1. Introducción.

1.1 Fundamento de estudio

La empresa Cementos Melón SA., se dedica principalmente a la producción de cementos en Chile. El cemento es una sustancia que puede emplearse para unir arena y roca molida, u otros tipos de áridos, y formar una masa sólida. De esta manera se originan materiales como el hormigón, los morteros, etc.

El cemento que se fabrica en Cementos Melón SA es a partir de la mezcla molida de tres componentes: Clinker (80%), Yeso (5%) y Puzolana (15%), siendo el clinker quien se lleva el mayor porcentaje de la mezcla y otorgándole todas las propiedades características del cemento, ya sean mecánicas o hidráulicas.

El clinker es una materia artificial producida por el equilibrio de diferentes elementos químicos a elevadas temperaturas. Los principales elementos químicos necesarios para generar el clinker son el CaO , Fe_2O_3 , SiO_2 y Al entre otros, donde el CaO se lleva la mayor parte de la proporción (77% de la mezcla). Estos elementos químicos son obtenidos de materias primas presentes a lo largo de Chile.

Cementos Melón SA. obtiene el Fe comprándolo a yacimientos cercanos a la ubicación de su fábrica, mientras que el SiO_2 y Al , lo obtiene de sus propias pertenencias mineras de cenizas y caolines, mientras que el CaO como elemento principal se obtienen de mantos sedimentarios calcáreos, como pueden calizas y conchuelas (coquinas). Cementos Melón SA., posee dentro de sus pertenencias diversos yacimientos de $CaCO_3$ con diferentes leyes en la cuarta región, siendo los principales La Niña (96% $CaCO_3$), Tunga (%88 $CaCO_3$) y Ñilhue (%60 $CaCO_3$).

Para alcanzar los niveles de CaO apropiados para la producción del clinker, se procede a mezclar las distintas rocas calcáreas procedentes de los distintos yacimientos, para así maximizar los recursos y obtener las leyes o concentraciones deseadas. Ante esto, los yacimientos que poseen altas leyes se vuelven los más valiosos para este tipo de mercado. Para la empresa Cementos Melón SA. el yacimiento La Niña ubicado en la zona de Tongoy (Región de Coquimbo), se convierte en el centro de su producción debido a sus altas leyes, y de él depende su supervivencia en el mercado, sin embargo, la información geológica en este yacimiento es poca, sustentándose solo en base a 15 sondajes realizados en las campañas 2001 y 2005.

Por otro lado, durante el año 2016, se observó que en las mezclas o crudos que dan origen al clinker las concentraciones de Cl alcanzaron niveles perjudiciales para la producción de cemento, determinando que el origen de este Cl provendría de las

coquinas del Yacimiento La Niña, sin embargo, no hay información de la variable CI en este yacimiento, debido a que, en las campañas de sondajes anteriores se utilizó agua salobre para recuperar los testigos, contaminando con CI marino las muestras, invalidando los resultados obtenidos para este elemento.

Ante el poco conocimiento geológico del yacimiento La Niña, y la falta de información sobre la variable CI, es necesario realizar una nueva campaña de sondajes utilizando agua potable, que tendrá como objetivos principales aumentar la información que se tiene sobre el yacimiento, para así poder rehacer el modelo geológico de manera mucho más precisa y poder limitar el cuerpo calcáreo con mayor confiabilidad.

Con los resultados de este trabajo, la empresa Cementos Melón SA, tendrá una base mucho más sólida para realizar una producción eficiente de clinker, además de todos los procesos relacionados con la extracción de minerales del yacimiento La Niña, ya sea el diseño de la mina, planificaciones mineras, evaluaciones de proyecto, etc., lo que evidencia la importancia de realizar este trabajo.

1.2 Objetivos.

Ante la problemática existente, se plantean los siguientes objetivos principales y secundarios para este trabajo, los cuales se realizarán en el yacimiento La Niña, ubicado en la zona de Tongoy, Región de Coquimbo.

1.2.1 Objetivos principales.

Para poder desarrollar un planteamiento minero de mejor calidad en el yacimiento La Niña, tanto en explotación como en producción, y de esta forma tener un impacto positivo para el crecimiento de esta empresa, se plantean los siguientes objetivos principales.

- A. Generar un nuevo modelo geológico.
- B. Caracterizar las concentraciones de Cl .
- C. Calcular recursos de $CaCO_3$.

1.2.3 Objetivos específicos.

Para alcanzar los objetivos principales propuestos anteriormente, se definen los siguientes objetivos específicos, que tienen como finalidad, servir como guía, para alcanzar los objetivos principales propuestos para este trabajo de título. Estos objetivos se enuncian a continuación.

- A. Determinar la distribución espacial de las concentraciones de $CaCO_3$.

1.3 Área de estudio

El yacimiento La Niña, es un yacimiento de calizas de alta ley, que como se puede observar en la Figura 1.1, está ubicado a 5 km al Sur de Tongoy, 4 Región, perteneciente a la empresa Cementos Melón SA., con una extensión de 1 x 0.8 km de área en operación.

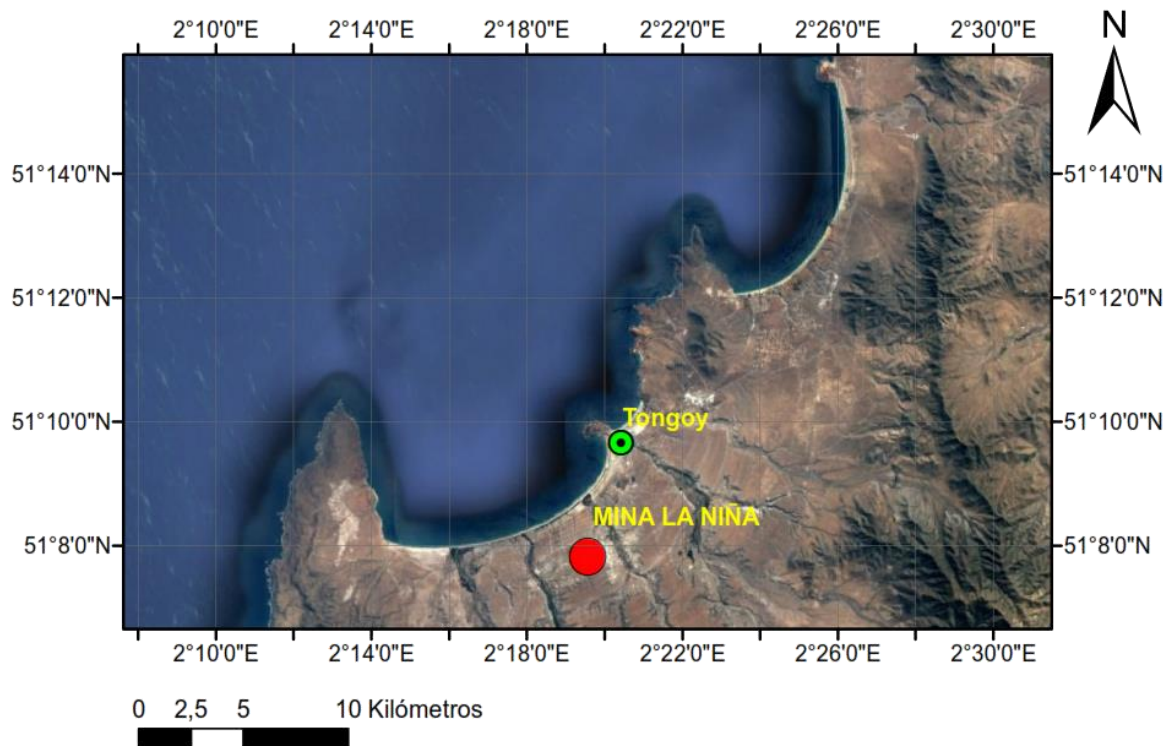


FIGURA 1.1 UBICACIÓN MINA LA NIÑA

Este yacimiento tiene como componente principal una roca sedimentaria que se comporta como un manto subhorizontal de potencia 20 m aproximadamente, compuesta por bioclastos de tamaño arcilla y arena principalmente, la cual se encuentra parcialmente cementada por calcita a lo largo de toda su extensión.

Este manto de calizas o coquinas, al cual desde aquí en adelante se le llamara "Conchuela", sobreyace a arenas silíceas y subyace a un manto de arcillas eólicas. Este paquete pertenece a la serie marina **Formación Coquimbo** de edad Miocena- Pleistocena (Le Roux et al, 2006).

1.4 Metodología

El objetivo del presente estudio es poder modelar y estimar recursos mineros, utilizando la información recopilada tanto en la campaña de sondajes realizada en este estudio como la base de datos creada a partir de las campañas 2001-2005. El proceso de estimación se realiza mediante las herramientas que el software Vulcan provee.

Para el desarrollo del caso estudio se considera la siguiente metodología.

1. Confección de malla de sondajes (13 sondajes), repartidos equidistantes sobre las pertenencias mineras de la empresa Cementos Melón SA.
2. Campaña de sondajes, la cual consiste en la extracción de los testigos correspondientes a cada sondaje.
3. Descripción de testigos, composición y armados de las muestras.
4. Análisis geoquímico de elementos mayores más Cl, mediante Fluorescencia Rayos X en todas las muestras recolectadas.
5. Armado de la base de datos para utilizar en Vulcan, a partir de los análisis químicos realizados e incorporando la base de datos antigua.
6. Determinación de las unidades geológicas: Definir la unidad que se va a modelar y estimar.
7. Modelamiento de los sólidos a interés (Conchuela Alta, Baja y Batolito), con método de secciones manuales en dos direcciones.
8. Crear el modelo de bloques: se construye un modelo de bloques de dimensión 20x20x5 m con las extensiones del box de trabajo.
9. Análisis exploratorio de datos: Mediana, cuartiles, varianza, máximos y mínimo, además de determinar datos escapados. Se hace mediante análisis de *Boxplot*, histograma y *lognormal probability*.
10. Análisis variográfico: Con finalidad de obtener radios de alcance para un eventual *kriking*.
11. Estimación mediante inverso a la distancia al cuadrado: estimación de recursos con los alcances definidos en los variogramas.
12. Validaciones: Análisis de la deriva y de validación cruzada.
13. Calculo de recursos.

1.5 Alcance del trabajo

Para lograr los objetivos propuestos, es necesario dejar en claro los límites en cuanto a información que se utilizarán, como también su delimitación espacial y profundización sobre el tema en estudio.

En cuanto a la información que se desea abarcar, este trabajo se limitará a los datos recopilados en las dos campañas de sondajes realizadas en el año 2001 y 2005, además de la información obtenida en la campaña de sondajes que se realizó en este trabajo y al levantamiento topográfico del techo del manto calcáreo observado en las paredes interiores del rajo en explotación.

El yacimiento se separará en 5 unidades geológicas: Arcillas, Coquina de Alta Ley (Conchuela Alta > 80% en CaCO_3), Coquina de Baja Ley (Conchuela Baja < 80% en CaCO_3), Arenas y batolito basal.

La metodología de modelamiento geológico se limitará a las propiedades minera y agrícola perteneciente a la empresa cementos Melón SA en donde se ubica el yacimiento La Niña, sin extenderse a zonas aledañas. El modelo geológico se realizará en base a la construcción de perfiles tanto para la dirección N-S como E-W, utilizando el software Vulcan 10.

En cuanto a la estimación de recursos que será en función de CaO, solo comprenderá el sólido correspondiente al manto calizo ubicado dentro de las participaciones mineras y agrícolas de la empresa. En relación con la caracterización del Cl , al igual que para el caso de CaCO_3 , solo abarcará las litologías de interés económico.

La estimación de recursos se pretendía realizar mediante un *kriking* ordinario o simple, se realizará finalmente con el método geoestadístico de inverso a la distancia al cuadrado, para ambas unidades de calizas. Esto debido al poco número de muestras y baja densidad de sondajes que se tiene para desarrollar estos procesos. Para encontrar los parámetros y radios de búsqueda de estimación de recursos, se realizará un análisis de estadística descriptiva y variográfico respectivamente, para las dos unidades de conchuela.

Para comprender de mejor manera la variable Cl se realizará un análisis univariante para determinar poblaciones (génesis). Para determinar la distribución espacial de la variable Cl se estimará con inverso a la distancia al cuadrado de la misma forma que para CaCO_3 .

2. Marco teórico

2.1 Química y fabricación del cemento

El cemento es un producto artificial, que se obtiene de la transformación de una materia prima, que puede estar compuesta de una mezcla de calizas, arcillas y otros minerales, o simplemente calizas. Esta materia prima finamente molida u homogeneizada es llevada a altas temperaturas, a través de un horno (rotativo o vertical), de donde se obtiene un producto intermedio denominado Clinker, del cual, al molerse finamente con alrededor de 5% en peso de yeso (para retardar el tiempo de fraguado) se obtiene el cemento, el cual a diferencia de otros aglomerantes, es un aglomerante hidráulico porque posee la propiedad de endurecer en el aire y bajo el agua, debido a las reacciones químicas que se producen entre el agua y los silicatos y aluminatos de calcio, presentes en el cemento. El cemento al reaccionar con el agua presenta un tiempo de fraguado (o curado), acompañado de calor hidráulico y un aumento de volumen. También, mientras más finos sean sus granos, más rápidamente se obtienen elevadas resistencias mecánicas.

Existen variados tipos de cementos, que se diferencian por distintas concentraciones de los elementos químicos principales que componen el cemento, influyendo en sus propiedades mecánicas e hidráulicas. El cemento tipo Portland es el utilizado mayormente a nivel mundial, y será al cual nos referiremos de aquí en adelante a lo largo de este trabajo. Sin embargo, Cementos Melón SA, ocupa el método de fabricación del cemento Portland Puzolanico, el cual a diferencia del cemento Portland, reemplaza de la mezcla clinker + yeso, alrededor de 15% del clinker por puzolana (Pumacita), para reducir los costos de fabricación sin perder sus propiedades principales.

El clinker de cemento, puede definirse como el producto granulado obtenido por tratamiento térmico hasta reblandecimiento o fusión parcial y sinterización de mezclas adecuadas de calizas y arcillas y, eventualmente, de arenas y minerales de hierro. El clinker es la conversión a elevadas temperaturas de mezclas de minerales naturales en una nueva escala de minerales con propiedades hidráulicas obtenidas generalmente entre 1250 y 1450° C.

A partir de aquí, surge la necesidad de preparar una mezcla de las materias primas en las proporciones requeridas (crudo), que resulte apta para elaborar clinker y adecuada para ser quemada en el horno, de manera de obtener la mejor operación y la mejor eficiencia posible.

2.1.1 Materias primas

Los elementos principales que debe contener la mezcla o crudo son el Óxido de Calcio (CaO), el Dióxido de Silicio (SiO_2), el Óxido de Aluminio (Al_2O_3), y el Óxido de Hierro (Fe_2O_3), los cuales tienen que estar relacionados entre sí en proporciones pre establecidas, con el objeto de dar determinadas características al clinker. Estos pueden provenir de diferentes minerales. Las calizas que aportan el CaO están fundamentalmente compuestas por carbonato de calcio y óxido de silicio, teniendo niveles muy bajos de carbonato de magnesio, alúmina y óxido de hierro. La denominada caliza alta es rica en carbonato de calcio, presentando niveles de sílice relativamente bajos. A medida que disminuye el contenido de calcio, y aumenta el contenido de sílice, la caliza pasa a ser tipificada como intermedia y finalmente como baja. Las arcillas y cenizas aportan SiO_2 y el Al_2O_3 que también puede provenir de bauxitas. La pirita o hematita aporta el Fe_2O_3 , etc.; teniendo que proceder a mezclarlos previamente.

Las materias primas son secadas y molidas conjuntamente en una proporción estrictamente controlada para producir el crudo de alimentación al horno, con la composición química y las propiedades físicas requeridas. Luego de producida, el crudo es almacenado y homogeneizado en silos, para mejorar y preservar la calidad lograda.

2.1.2 Fabricación del clinker

Podemos expresar los distintos tipos de cementos como la composición en conjunto, de los distintos tipos de óxidos ya mencionados anteriormente. Estos óxidos que se presentan en la Tabla 2.1, nos indican la composición porcentual de los distintos óxidos, para la fabricación de dos tipos de clinker para cemento Portland.

TABLA 2.1 ÓXIDOS PRIMARIOS PARA LA FABRICACIÓN DEL CLINKER

Óxidos Componente	Porcentaje
Sílice SiO_2	20 %
Óxido ácido sulfúrico SO_3	1.6 %
Óxido férrico Fe_2O_3	4 %
Óxido de aluminio Al_2O_3	4 %
Óxido de calcio CaO	62 %
Óxido de magnesio MgO	2 %
Óxido de Na y K	0.3 %
Pérdidas por calcinación	7.4 %

En forma simplificada podemos decir que en los distintos tipos de cemento su composición varía entre:

- 55 – 65% de $CaO + MgO$
- 20 - 25% de $SiO_2 + SO_3$
- 8 - 15% de $Al_2O_3 + Fe_2O_3$

Se denominan componentes ácidos al SiO_2 , SO_3 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 y básicos al CaO , MgO , K_2O , Na_2O ; se denomina índice de hidraulicidad (I) a la relación entre estos componentes:

$$I = (SiO_2 + SO_3 + Fe_2O_3 + Al_2O_3) / (CaO + MgO + K_2O + Na_2O)$$

De acuerdo con el valor de este índice los cementos se clasifican en:

Cementos rápidos: 0.65 | 1.20 fraguan en un tiempo menor a 1 hora.
Cementos lentos: 0.50 | 0.65 fraguan en un tiempo mayor a 8 horas.

Para lograr los equilibrios químicos deseados de cada componente principal del cemento, es necesario mezclar todas las materias primas en proporciones específicas, que nos permitan generar las concentraciones requeridas de cada elemento químico cumpliendo todas las restricciones requeridas, ya sean de contaminantes, o módulos de las razones entre ciertos elementos químicos perjudiciales para la fabricación del clinker. Para esto se utilizan modelos químicos propios de cada cementera, que garantizan obtener dependiendo de la composición química de cada materia primaria, una dosificación adecuada para cumplir todas las condiciones de composiciones químicas requeridas para un crudo, para así producir el clinker y un posterior cemento de buena calidad.

Una vez establecido esto, se procede a la molienda y mezcla de cada materia prima en sus respectivas cantidades, para así comenzar el proceso de fabricación de clinker o clinkerización

El proceso de formación de clinker, implica varias etapas en las que el material crudo va sufriendo transformaciones muy importantes que permiten la obtención de un producto con las propiedades deseadas. Cuando el calcio reacciona con la sílice, se forman compuestos con propiedades hidráulicas, llamados silicatos cálcicos, cuya composición final depende de las condiciones de reacción. Para que esta transformación ocurra, por fusión parcial de la mezcla, se requieren temperaturas muy elevadas (1900°C). Por este motivo, se utilizan materiales correctores o fundentes como el Mg, que permiten que la fusión ocurra a temperaturas menores. Así, cuando se alcanzan temperaturas superiores a 1250 °C comienza a producirse la fusión parcial de la mezcla que permite la reacción del

calcio con la sílice, la alúmina y el óxido férrico, para formar los minerales o fases del clinker.

Como se mencionó anteriormente, los principales óxidos para la producción de clinker se abreviarán y son los siguientes:

Oxido de calcio: CaO , calcio. Se representa con "C".

Oxido de silicio: SiO_2 , sílice. Se representa con "S".

Oxido de aluminio: Al_2O_3 , alúmina. Se representa con "A".

Óxido de hierro: Fe_2O_3 . Se representa con "F".

Donde, el conjunto de reacciones en fase semisólida descritas a continuación, se denominan reacciones de sinterización o clinkerización.

- $2C + S \rightarrow C_2S$ Belita (Silicato dicalcico)
- $C_2S + C \rightarrow C_3S$ Alita (Silicato tricalcico)
- $4C + F + A \rightarrow C_4AF$ Ferroaluminatotrecalcico
- $3C + A \rightarrow C_3A$ Aluminato tricalcico

La belita, alita, ferroaluminatotetralcico, aluminato tricalcico y el sulfato de calcio serían las principales fases solidas que componen el clinker. Las proporciones de cada uno de estos componentes se presenta en la Tabla 2.2., donde el 6-7% faltante corresponde a los componentes minoritarios.

TABLA 2.2 FASES MINERALÓGICAS ARTIFICIALES DEL CLINKER

Nombre	Formula	Formula de óxidos	Por ciento
Silicato dicalcico	Ca_2SiO_4	$SiO_2 \cdot 2CaO$	32 %
Silicato tricalcico	Ca_3SiO_5	$SiO_2 \cdot 3CaO$	40 %
Aluminato tricalcico	$Ca_3Al_2O_6$	$Al_2O_3 \cdot 3CaO$	10 %
Ferroaluminato tetralcico	$Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$	$Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 \cdot 4CaO$	9 %
Sulfato de calcio	$CaSO_4$		2-3%

2.1.3 Relación entre componentes del clinker y propiedades del cemento

- Resistencia mecánica

La figura 2.1 muestra la variación de la resistencia a la compresión en pastas de cada uno de los cuatro componentes principales del clinker. La resistencia en los primeros tiempos se debe principalmente al C3S, pero, cuando prosigue la hidratación, el efecto del C2S se vuelve cada vez más importante. Una alta resistencia inicial puede obtenerse así, aumentando el contenido de C3S.

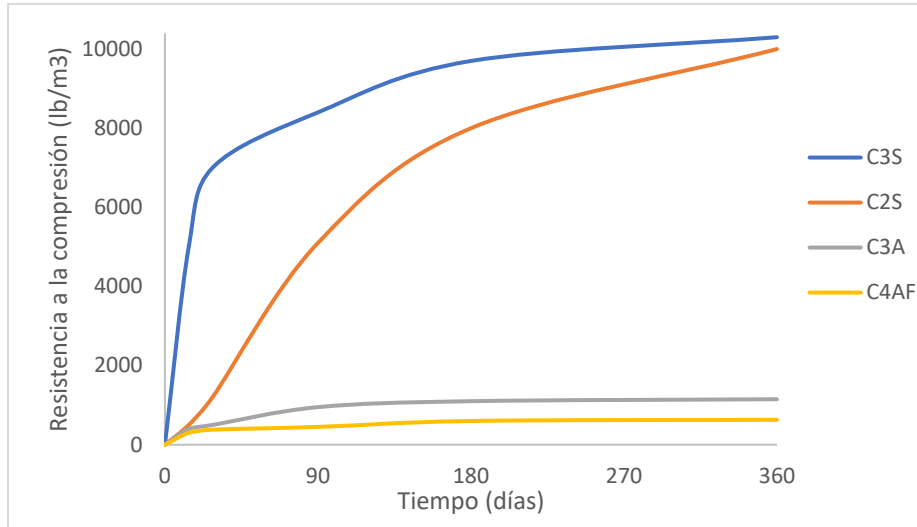


FIGURA 2.1 CURVAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN FRENTE AL TIEMPO DE CURADO.

- Desprendimiento de calor

La hidratación del cemento Portland es un proceso exotérmico y la velocidad de desprendimiento de calor y la cantidad de calor liberado pueden ser importantes, especialmente en la construcción de presas y otras estructuras grandes de hormigón. Las fases C3A Y C3S tienen las mayores contribuciones al calor de hidratación; en los cementos Portland de bajo calor, las proporciones de estos componentes son reducidos, sin embargo, al tener menores concentraciones de C3A y C2S disminuye su resistencia mecánica inicial, pero no la final. La figura 2.2 muestra resultados típicos correspondientes a las elevaciones de temperatura en hormigones curados adiabáticamente para cemento Portland de endurecimiento rápido (A), cemento Portland normal (B) y cemento Portland de bajo calor (C).

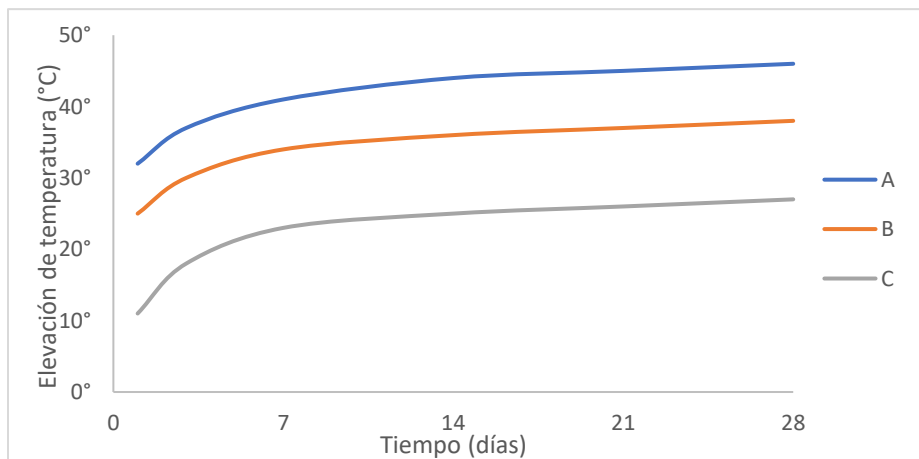


FIGURA 2.2 ELEVACIÓN DE TEMPERATURA EN MUESTRAS DE HORMIGÓN.

- Resistencia a los sulfatos

El hormigón fabricado en base al cemento Portland, es susceptible a ser atacado por soluciones de sulfatos, que pueden causar su expansión y desintegración. Algunas corrientes de aguas superficiales, del mismo modo que las aguas del mar contienen suficientes sulfatos y plantean serios problemas. La facilidad de ataque depende primariamente del contenido de C3A. Los cementos resistentes a los sulfatos contienen proporciones reducidas de dicho componente, o no lo tienen en absoluto; un rápido enfriamiento del clinker cuando deja el horno, favorece la resistencia a los sulfatos, ya sea por que origina menor proporción de C3A o porque afecta el tamaño o la perfección de los cristales.

- Finura

La disolución de un sólido en un líquido es tanto más rápida y tanto más completa cuanto más fino es el sólido. Esto es lo que sucede con la hidratación del cemento. Cuanto más fino sea un cemento, mayor es el número de partículas aglomerantes presentes, y por lo tanto el número de uniones, dando lugar a un conjunto más resistente e impermeable. La velocidad de hidratación incrementa al aumentar la finura, y, por ende, el desarrollo de resistencias es más rápido, con una mayor liberación de calor.

2.1.4 Componentes minoritarios del clinker

Aproximadamente un 95% del clinker está compuesto por una mezcla de los cuatro minerales, C3S, C2S, C3A y C4AF, mientras que el resto está constituido por cal libre (CaO libre), óxido de magnesio (MgO) y sulfatos alcalinos.

- Cal libre

El contenido de cal libre en el clinker está relacionado con el grado de cocción del mismo. Un elevado contenido de cal libre implica un clinker mal quemado, es decir, con un insuficiente grado de cocción. Esto resulta obviamente, en un nivel de C3S menor, con el consiguiente deterioro de la resistencia. Además, puede llevar a problemas de expansión, durante la hidratación de morteros u hormigones. Muchas veces, el contenido de cal libre del clinker se utiliza como parámetro de control del proceso, ya que el mismo refleja el grado de cocción obtenido

- Oxido de magnesio

El magnesio (periclusa), generalmente acompaña al calcio en la naturaleza. Las calizas, están formadas por una mezcla de carbonato de calcio (calcita) y

carbonato de magnesio (dolomita). Contrariamente a lo que ocurre con el calcio, el magnesio no se combina durante el proceso de clinkerización, sino que permanece “inerte”. Sin embargo, desde el punto de vista de la calidad del cemento es un componente peligroso, ya que al reaccionar con el agua forma el hidróxido de magnesio, de mayor tamaño, existiendo por lo tanto riesgo de expansión. Por este motivo, las normas técnicas establecen un límite al contenido posible de óxido de magnesio en el cemento.

- Alcalis (K_2O , Na_2O) y SO_3

Aunque presentes en pequeñas proporciones (entre 0 y 1.5%) los álcalis y el SO_3 influyen en las características resistentes de un clinker. Dependiendo del contenido de SO_3 , los álcalis están parcialmente incorporados a los cuatro minerales de clinker y parcialmente presentes como sulfatos solubles de álcalis y calcio. Estos últimos tienen influencia en el desarrollo de la resistencia. Los álcalis influyen negativamente en un aspecto de la durabilidad del hormigón, que se conoce como la reacción álcali-agregado. Esta se produce cuando reaccionan con determinados minerales y compuestos contenidos en las rocas (áridos susceptibles o reactivos). Por otro lado, durante la operación del sistema del horno, se produce la volatilización de los álcalis y del SO_3 en las partes más calientes del mismo, que se combinan para formar compuestos que se integran al clinker. Si existe un exceso de SO_3 en fase gaseosa, el mismo es arrastrado por los gases del horno y retornado al sistema. De esta manera, se produce una recirculación que lleva a la acumulación de SO_3 en el interior del mismo. Este SO_3 se combina con el óxido de calcio, que en parte sale con el clinker, pero que también puede causar pegaduras en las paredes de los pre calentadores o formación de anillos.

- Cloruros

Los cloruros, al igual que los álcalis y el azufre, forman compuestos volátiles que son arrastrados por los gases calientes del horno, que pueden condensar en las partes frías del sistema, recircular y depositarse gradualmente hasta formar obstrucciones que lleven a parar el horno. Además, los cloruros facilitan la corrosión de las armaduras de hierro, lo cual es muy peligroso y perjudicial para la elaboración de hormigón. Por estos motivos, las normas técnicas limitan el contenido posible de cloruros en el cemento.

- Otros componentes minoritarios

La incorporación de ciertos componentes minoritarios en los minerales del clinker puede modificar la actividad hidráulica del mismo. (Por ejemplo: flúor, titanio).

2.1.5 Fraguado y endurecimiento

La hidratación del cemento es el proceso en el cual el agua se combina con los minerales del clinker anhidros, formándose nuevos compuestos, silicatos, aluminatos y ferritos hidratados, y otros hidratos complejos, con liberación de calor. En este proceso tiene lugar una solidificación, es decir el paso de un estado inicialmente líquido o plástico a un estado sólido. La hidratación del cemento puede dividirse en dos fases: fraguado y endurecimiento.

Durante el fraguado o curado, que transcurre en horas, se disuelven en el agua los componentes del cemento más fácil y rápidamente solubles. Este proceso transcurre con liberación de calor, y la pasta va adquiriendo rigidez, hasta solidificar totalmente (pasta= cemento +agua). Durante el endurecimiento, que tiene lugar a continuación y se prolonga durante muchísimo tiempo (días, meses, años), continúan los procesos de hidratación a un ritmo continuo pero decreciente, aumentando gradualmente la rigidez, la dureza y las resistencias mecánicas, y liberando el calor de hidratación.

Otros factores también influyen en la regulación del fraguado:

- Cemento: el fraguado es más rápido cuanto más fino es el cemento. Los cementos meteorizados aumentan su rapidez de fraguado.
- Agua: a mayor cantidad de agua, mayor es el tiempo de fraguado y viceversa. La presencia de materia orgánica en ella retarda el fraguado.
- Áridos: No deben contener materia orgánica, porque retrasan el fraguado.
- Temperatura: el aumento de temperatura disminuye el tiempo de fraguado y, por el contrario, una disminución de temperatura aumenta el tiempo de fraguado. Nunca debe amasarse a temperaturas inferiores a 0°C sin tomar precauciones especiales.

El yeso retarda el fraguado inicial del cemento (de molerse el clinker sin yeso fragua instantáneamente), lo cual se debe a que el aluminatotricálcico, en presencia del yeso, no se hidrata de inmediato, sino que reacciona con el yeso produciendo con ello una doble sal cristalina o sulfoaluminato ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 3H_2O$), manteniéndose así la concentración de aluminatos tricálcico por debajo de la necesaria, para que así empiecen a separarse sus hidratos cristalinos. La adición de yeso no debe superar el 3%, porque de lo contrario, se dilata dentro de él produciendo fisuras.

2.2 Problemática del Cl

Durante el año 2016 en la empresa Cementos Melón SA., la fabricación de cemento se ha complicado debido a los altos niveles de Cl existentes en el crudo de materias primas que da origen al clinker. Cuando el crudo ingresa al horno rotatorio para dar origen al clinker, comienzan a aumentar las temperaturas fundiéndose el material sólido, liberando ciertos elementos químicos gaseosos como es el caso del Cl. Estos gases de Cl son extraídos del proceso mediante un baipás ubicado en el horno de rotación. Sin embargo, la capacidad de este baipás para extraer los gases es ilimitada, y cuando los niveles de gases superan la capacidad límite del baipás, estos gases no son extraídos del sistema, ascendiendo por las chimeneas precipitando en sus paredes y tapándolas, lo cual provocaría en su debido momento tener que limpiar estos conductos, o en su defecto cambiar el baipás por uno de mayor capacidad. Solo detener el horno para realizar alguna de estas dos acciones tiene altísimos costos, lo cual genera buscar otras opciones para solucionar este problema. La opción con mayor eficacia es mezclar estas calizas de alto nivel en Cl, con calizas con niveles bajos en Cl, para obtener niveles de Cl aceptables para una producción de clinker óptima. Sin embargo, para realizar este procedimiento, es necesario conocer la distribución de las concentraciones de Cl en las calizas contaminadas.

Se ha determinado que el origen de estos altos niveles de Cl proviene de la caliza extraída del yacimiento La Niña, yacimiento en el cual se realizó este trabajo de título. El problema nace, en que el yacimiento La Niña no tiene información de las concentraciones de Cl en su modelo geológico, debido a que la campaña de sondajes realizada el 2001 que dio origen al modelo actual, fue hecha con agua salobre, contaminando con Cl de mar las muestras, por lo cual se invalidaron los resultados del Cl dentro del estudio. Es decir, no se tiene información de la componente Cl en el yacimiento La Niña, lo cual dificulta solucionar la problemática del Cl en la fabricación del Clinker.

Esta problemática obliga a Cementos Melón SA. realizar una nueva campaña de sondajes, que se realizará con agua potable, donde se recalculará el modelo geológico y su estimación de recursos con mayor precisión, incluyendo esta vez el elemento Cl, para así poder modelar las concentraciones de este elemento dentro del Yacimiento La Niña.

2.3 Modelamiento Geológico

El modelamiento geológico consiste en la representación bidimensional o tridimensional de un volumen de rocas. Este puede representar la litología, mineralización, alteración u otro tipo de característica geológica del macizo rocoso. Es una parte fundamental en el procedimiento de estimación de reservas de un depósito.

Sus principales objetivos son:

- Incrementar el conocimiento de la morfología del depósito y representarlo lo más cercano a la realidad posible.
- Relacionar las unidades en diferentes tipos de modelos (litología, alteración, etc.).
- Definir volúmenes de roca en los que la variable a estimar tenga un comportamiento homogéneo (Estacionaridad).

Lo básico para realizarlo es tener una base de datos validada, que contenga los campos a representar, tener conocimiento acabado de la geología del depósito y un adecuado software.

El proceso de realizar un modelo consta básicamente de:

- Definir las unidades a modelar.
- Determinar la orientación del modelo, la distancia y el número de juegos de secciones bidimensionales a interpretar.
- Construcción de sólidos o litologías de interés.
- Validar el modelo.

La creación de un modelo geológico es una de las primeras etapas en la estimación de recursos y requiere de un acucioso conocimiento del yacimiento y una base de datos validada.

Dependiendo de los parámetros utilizados en el modelamiento, tal como cantidad de juegos de secciones, paredes compartidas y respetando el intercepto del sondaje, el modelo tendrá un menor o mayor grado de incertidumbre.

Es vital validar los modelos geológicos, ya que son una parte importante de la cadena que conlleva a la toma de decisiones en nuestro yacimiento.

Una vez determinado el modelo geológico o sólido que delimitara el cuerpo de interés económico, se procede mediante herramientas matemáticas o geoestadísticas a estimar las concentraciones del elemento de interés, a lo largo de todo el sólido modelado. Con la estimación del elemento ya realizada, es posible cuantificar la cantidad del elemento que posee el yacimiento en estudio. El marco teórico asociado a la etapa de estimación de recursos se presenta detalladamente en el Anexo A.1 al final de este trabajo.

3. Marco geológico

3.1 Marco regional

En el contexto del marco regional de la zona de Tongoy, al oeste de la zona de estudio, se observan las rocas más antiguas que corresponden a la unidad denominada como Complejo Metamórfico del Choapa (Pzch), de edad devónico-carbonífera, que aflora en el extremo suroeste de los Altos de Talinay (Figura 3.1), el cual corresponde a metabasitas, metapelitas y metaturbiditas y se interpretan como un complejo de acreción (Hervé et al., 1976). Este está intruido por el Complejo Plutónico Altos de Talinay (Trat), de edad triásica tardía, formado por una facies melanocrática y otra leucocrática principales, y una tercera minoritaria agmatítica. Este último representa un arco magmático del Triásico, el que en conjunto con el Complejo Metamórfico del Choapa se interpreta como el resultado de la construcción y deformación de un bloque Devónico-Triásico Superior acrecionado al margen continental (Irwin et al., 1988).

Hacia el este, se suceden dos franjas, una de granitoides del Jurásico Medio-Superior (Jmg) y la otra de dioritas del Jurásico Superior-Cretácico Inferior (JKd), orientadas regionalmente en dirección NNW-SSE. La franja occidental (Jmg) tendría un contacto por la Falla Pachingo (oculta) con el bloque acrecionado. Esta falla ha sido tentativamente trazada por Emparan y Pineda (2006) en la quebrada Pachingo (Fig. 3.2), en base a los estudios sísmicos realizados por Meinardus (1961). Ambas franjas intruyen cerca de 7.000 m de rocas volcánicas jurásicas, subvolcánicas andesíticas y dacíticas que corresponden al Complejo Volcánico Agua Salada (Jas). Este complejo volcánico está limitado al este por la Falla Romeral, fuera del área descrita en la Figura 3.1.

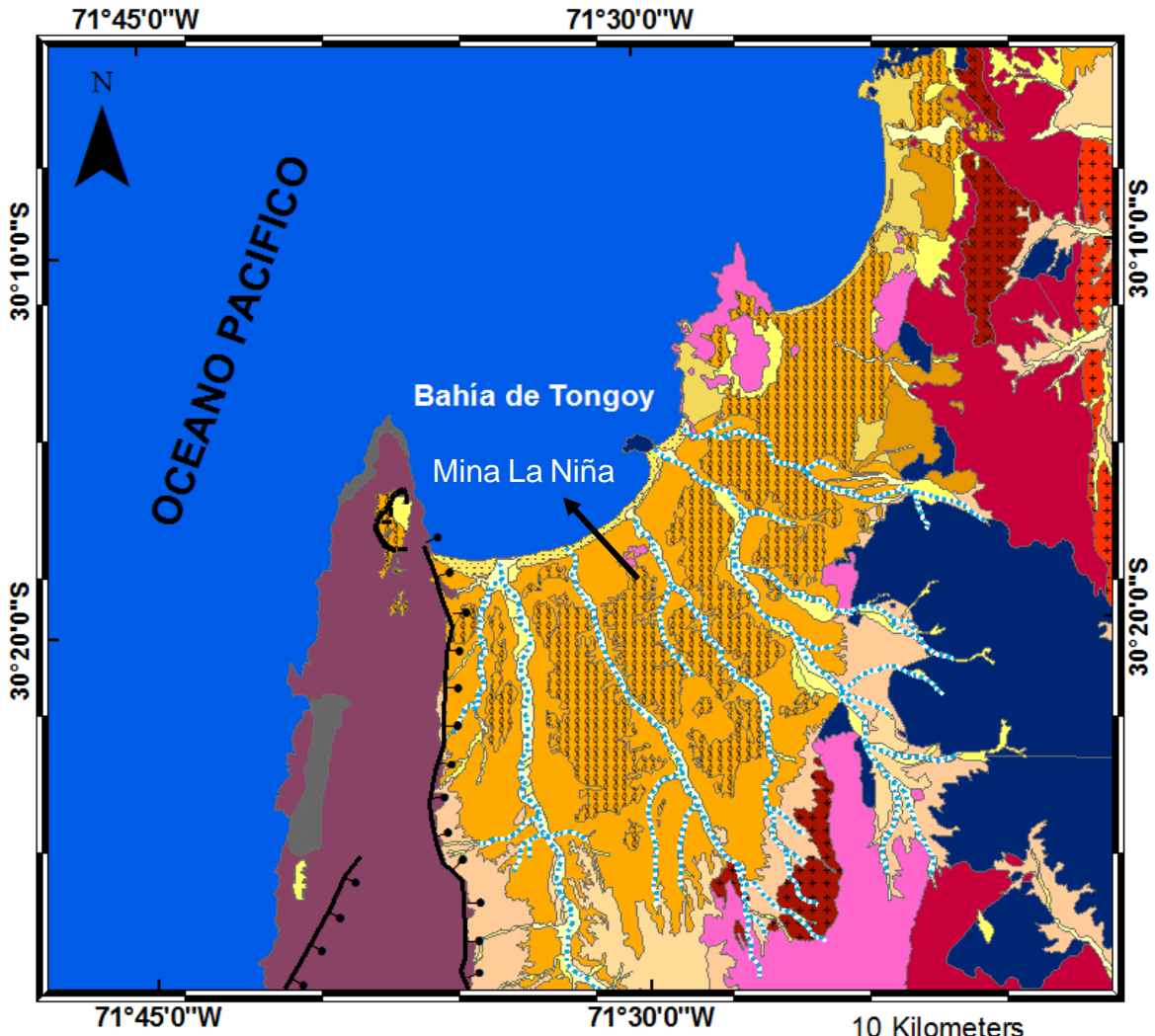
En el área ocurren dos unidades intrusivas del Cretácico Inferior, los intrusivos granitoides del Neocomiano (Kig) y los intrusivos graníticos a dioríticos del Cretácico Inferior Alto (Kigd). La unidad Kig intruye al Complejo Volcánico Agua Salada y unidades de rocas plutónicas del Jurásico-Cretácico (Jmg, JKd), y está compuesto principalmente por granodioritas de anfíbola biotita. La unidad Kigd instruye a la Formación Arqueros (no presente en el mapa) que se presenta al este de la Falla Romeral. No existe registro en el área entre el Paleoceno y Oligoceno, lo que Emparan y Pineda (2006) interpretan como un período de mayor alzamiento y erosión.

Desde el Mioceno hasta Pleistoceno en la costa, existe un registro de sedimentación marina conocidos como Formación Coquimbo (MPlcq) y Formación Confluencia (MPlc) (Le Roux et al., 2006), juntas cubren lo que se ha denominado como la Cuenca Cenozoica por Heinze (2003), la que Paskoff denominó con anterioridad Gran Planicie (Paskoff, 1970), como es posible observar en la Figura

3.2. Esta cuenca tendría como límite occidental una falla normal siguiendo el contorno de afloramientos de rocas devónicas y triásicas, la que Heinze (2003) denominó la falla de Puerto Aldea, e identificó como una falla normal, intraplaca, inclinada al este, con una componente de movimiento sinistral. Para la Cuenca Cenozoica habría desarrollado un espesor de 550 m de sedimentitas adyacentes al plano de la falla, acuñándose hacia el este. La falla de Puerto Aldea tendría una actividad plio-pleistocénica relacionada con los mecanismos de subducción; esta actividad desarrolló un sistema de fallas normales en la Cuenca Cenozoica (Emparan y Pineda, 2006).

Los depósitos de la Formación Coquimbo al cual pertenece el yacimiento La Niña están compuestos por depósitos de bahía que incluyen arcillolitas, areniscas, coquinas y conglomerados, que se han acumulado durante una serie de transgresiones y regresiones relacionadas con los movimientos tectónicos regionales y locales combinados con las variaciones globales del nivel del mar (Le Roux et al., 2006). Esta ha sido descrita con detalle por Olivares (2004) y Le Roux et al. (2006), quienes realizaron una serie de columnas estratigráficas en el área de Tongoy, y proponen una correlación entre las secuencias de facies y las regresiones y transgresiones marinas. Le Roux et al. (2006) proponen seis transgresiones marinas, la primera de ellas ocurrió entre los 11.9 y 11.2 Ma y la última entre 1.7 y 1.4 Ma. Esta variación de los niveles relativos del mar continuó durante el Pleistoceno, dejando una serie de terrazas de abrasión que se desarrollaron sobre la Formación Coquimbo. La Formación Coquimbo, engrana hacia el sur con La Formación Confluencia (MP1c), del Mioceno-Plioceno, y en algunos sectores con los Depósitos Eólicos de Quebrada El Jardín (MP1j). La Formación Confluencia (MP1c) corresponde a una serie sedimentaria continental, en parte bien estratificada y con débil litificación, la que alcanza una altura de hasta 100 m. La formación MP1c forma planicies o terrazas en los valles y quebradas principales, coalescentes en sus cursos inferiores o confluencias, y que forma conos en sus cabeceras y flancos de grandes quebradas con laderas muy escarpadas.

La Falla Puerto Aldea (Figura 3.2) y la Falla Romeral (fuera del área de Tongoy), serían una extensión del sistema de fallas conocido como la Zona de Falla de Atacama (Charrier et al., 2007), la cual se asocia a la deformación asociada a la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana. El sector de Tongoy se encuentra en la zona de subducción plana (flat slab), cuyo segmento está entre los 30°S y los 33°S, y en cuyos bordes hacia el sur y el norte se encuentran zonas de subducción normal (Gutscher et al., 2000; Yáñez et al., 2001). Esta zona está dominada también por la subducción de la dorsal de Juan Fernández, la cual ha migrado hacia el sur durante el Terciario (Yáñez et al., 2002). Le Roux et al. (2005) asoció el alzamiento y subsidencia regional experimentada durante gran parte del Cenozoico a la migración de la dorsal de Juan Fernández, hace 10 Ma, la cual subduce a los 33°S, ~300 km al sur del área de estudio.



Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM)
zona 19 Sur, Datum WGS 1984



LEYENDA

Qc	Qm(a)	MP1c(a)	JKd
Qa	Qf2	MP1c(b)	Jas
Qf1	Kh	Trat	Pzch
Qe	Kigd	Falla Normal	
MP1j	Kig(a)	Escarpe de remoción en masa	
MP1c(a)	Kig(b)	Red de Drenaje	
MP1c(b)	Jmg		

Fuente: Emparan y Pineda, 2006.

FIGURA 3.1 MAPA GEOLÓGICO ÁREA TONGOY

Qc: Depósitos coluviales (Cuaternario); Qa: Depósitos aluviales (Cuaternario); Qm(a): depósitos de playas marinas (Cuaternario); Qf2: Depósitos fluviales recientes (Cuaternario); Qf1: Depósitos fluviales antiguos (Cuaternario); Qe: Depósitos eólicos (Cuaternario); MPLj: Depósitos eólicos de Quebrada el Jardín (Mioceno-Pleistoceno); MPLc(a): Formación Confluencia, conglomerados (Mioceno-Pleistoceno); MPLc(b): Formación Confluencia, brechas (Mioceno-Pleistoceno); MPLcq(a): Formación Coquimbo, areniscas finas limosas (Mioceno-Pleistoceno); MPLcq(b): Formación Coquimbo, calizas bioclásticas (Mioceno-Pleistoceno); Kh: Intrusivos Hipabisales andesíticos basálticos-dioríticos (Cretácico Superior); Kigd: Intrusivos graníticos a dioríticos (Cretácico Inferior); Kig(a): Intrusivo de granodioritas (Cretácico Inferior); Kig(b): Intrusivo de sienogranitos (Cretácico Inferior); Jmg: Intrusivos monzodioríticos-granodioríticos (Jurásico Medio-Superior); JKd: Intrusivos dioríticos (Jurásico-Cretácico); Jas: Complejo Volcánico Agua Salada (Jurásico); Trat: Complejo Plutónico Altos de Talinay (Triásico Superior); Pzch: Complejo Metamórfico del Choapa (Devónico-Carbonífero). Fuente: Empanan y Pineda (2006).

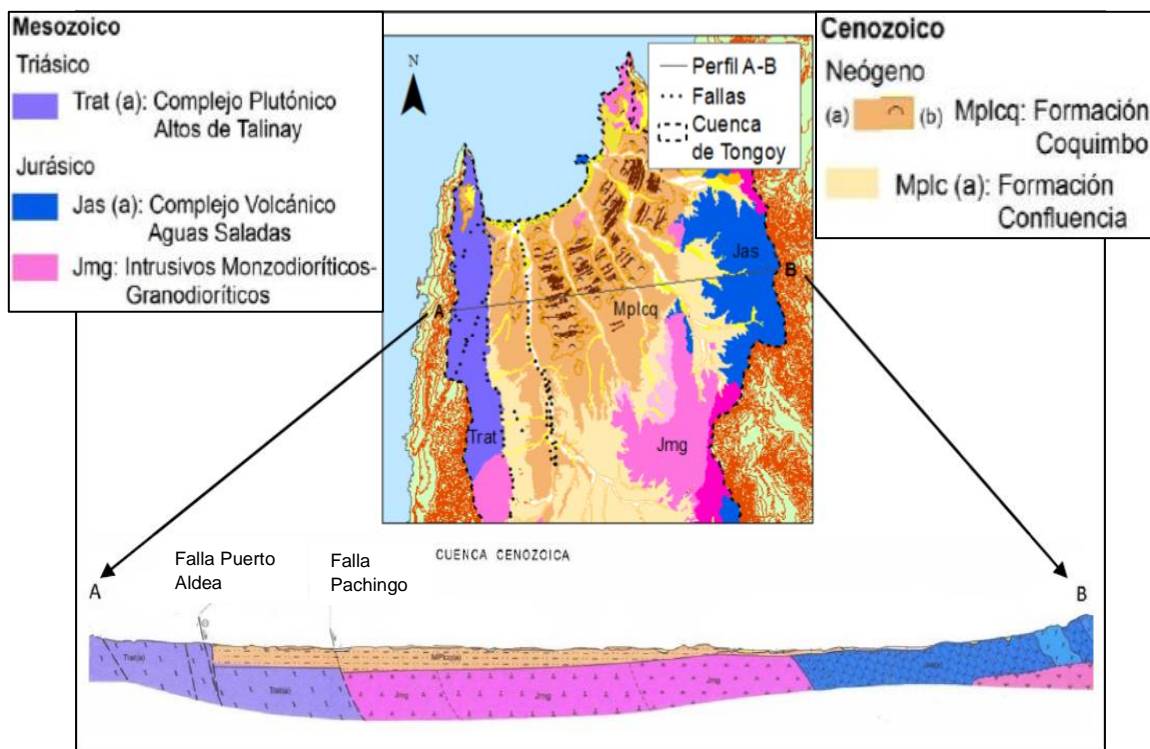


FIGURA 3.2 PERFIL ESQUEMÁTICO TRANSVERSAL A LA CUENCA CENOZOICA

3.1.1 Formaciones geológicas

I. Complejo Plutónico Altos de Talinay (Trat):

Esta constituido mayormente por rocas cataclásticas y miloníticas de protolito plutónico, que afloran en el cordón montañoso Altos de Talinay; exhiben relaciones de contacto intrusivas, tanto internas como con las rocas de caja. Se pueden subdividir en dos facies principales; una facies melanocrática y una facies leucocrática. La facies melanocrática contiene rocas de protolito diorítico intruida por diques leucocráticos. La facies leucocrática está formada por rocas con protolito monzo y sienogranito. Ambas presentan contacto por falla y de intrusión con el complejo Metamórfico del Choapa. También se expone una facies de aspecto agmatítico o brechoso, minoritaria, con relaciones de contacto transicionales con las dos anteriores y por falla con el Complejo Metamórfico del Choapa.

II. Complejo Volcánico Agua Salada (Jas):

Secuencia de rocas volcánicas y subvolcánicas continentales, andesíticas y dacíticas, con escasas intercalaciones de arenisca y lutitas. Su espesor estimado entre la localidad de Durazno y la loma Divisadero, es de 6.400 m. Está constituida, de base a techo en el sector indicado, por sucesiones (facies a) de lavas y tobas andesíticas con escasas intercalaciones de areniscas (calizas localmente), ignimbritas con intercalación de andesitas fluidales (facies b) y asociaciones subvolcánicas (facies c) de andesitas porfídicas 'ocoíticas', pórfidos dioríticos, pórfidos andesíticos y micro dioritas. Se presentan como facies bien estratificadas, cuyo color varía de gris oscuro a ocre; están bien expuestas en el sector sur de la Figura 3.1 con rumbo NNW e inclinación al este. No presenta base ni techo expuesto; sus afloramientos forman una franja de orientación norte-sur. Está delimitada al este por la Falla Romeral (fuera del área de Tongoy) que la pone en contacto con la Formación Arqueros y unidades de rocas plutónicas.

III. Intrusivos Monzodioríticos-Granodioríticos (Jmg):

Esta unidad incluye rocas plutónicas de composición variable desde monzodioritas a granodioritas (transicionalmente), con predominio de las monzodioritas cuarcíferas. Como minerales máficos contienen anfíbola, biotita y piroxeno, en diferentes proporciones, con predominio de anfíbola; en algunos contactos de intrusión se exponen restringidamente granodioritas leucocráticas. Son de grano medio a muy grueso y de color gris rosáceo, con tonalidades de gris medio y gris oscuro, pero en la variedad leucocrática el color es blanco gris rosáceo. Su mineralogía se caracteriza por la uralitización generalizada de los piroxenos y la abundancia de esfeno y circón como accesorios.

Intruyen el Complejo Volcánico Agua Salada y está intruida por la unidad Kig (Intrusivos granitoides) y por diques de granito y felsitas, de color rosado. Por otra parte, está cubierta en discordancia por los depósitos de las formaciones Coquimbo y Confluencia. A esta unidad se le ha asignado una edad en un rango Jurásico Medio Tardío a Jurásico Superior Temprano, obteniendo edades K-Ar de 143+4 Ma. en la Península Guanaquero (EMPARAN & PINEDA, 2006).

IV. Formación Coquimbo

Secuencia sedimentaria marina fosilífera, bien estratificada, con débil litificación y de color pardo anaranjado, que, con 100 m de espesor mínimo, aflora en forma discontinua, en una franja de hasta 19 km de ancho, en la zona costera de la Figura 3.2. Presenta facies sedimentarias de ambiente litoral y, en parte, transicional. Presenta numerosas discontinuidades intraformacionales. Se apoya discordantemente sobre rocas plutónicas mesozoicas y engrana con las facies (a) de la Formación Confluencia y los Depósitos Eólicos de la Quebrada El Jardín.

En esta unidad se han distinguido dos asociaciones de facies principalmente para el área de Tongoy en la Figura 3.2; (Emparan y Pineda,2000):

- **Facies a.** Areniscas finas limosas de color gris anaranjado y pardo claro, areniscas finas laminadas grises, areniscas amalgamadas finas a gruesas; se intercalan areniscas muy gruesas de guijarros con bioclastos y escasas diatomitas. Espesor mínimo de 25 m en la cantera frente a Puerto Velero. En otros lugares presenta intercalaciones delgadas de diatomitas y de conglomerados fosilíferos, y alcanza un espesor de 80 m en la ladera oriental de la quebrada Pachingo (López, 1965). En estas facies, ha sido identificada una abundante fauna de braquiópodos, pelecípodos, crustáceos, foraminíferos, silicoflagelados y diatomeas (López, 1965; Herm, 1969; Martínez, 1979; Martínez y Caro, 1980)
- **Facies b.** Calizas bioclásticas blancas, matriz soportadas y (bio) clasto soportadas minoritarias; la matriz es de areniscas líticas finas y gruesas, con guijarros de hasta 10 cm de diámetro. Se intercalan areniscas bioclásticas finas a gruesas, de color pardo claro. Esta facie se presenta en dos modalidades de afloramientos y relaciones de contacto:
 - i. Expuesta en los flancos de las quebradas (40 m de espesor en el lado sur de la quebrada Lagunillas), con bajo grado de consolidación y contacto por engrane lateral con las facies (a); se interpreta como parte de un evento transgresivo. Presenta fauna de *Balanus* sp., *Concholepas* sp., *Ostrea ferrarisi* entre otros, y a la que se le otorga una edad pliocena (Frassinetti y Covacevich, 1997)

- ii. Constituye una costra cementada de superficies aterrazadas con desarrollo de palolíneas de playa (25 m de espesor frente a Puerto Velero), y sobreyace a la facies (a) con contacto por erosión; se interpreta como parte de un evento regresivo. Para estos depósitos, se ha medido un espesor 'máximo' de 50 m en la ladera oeste de la quebrada Pachingo (López, 1965).

Los depósitos de esta formación representan un ambiente litoral marino en sus diversas facies. En general, la asociación de facies (a) representaría depósitos de planicie y de estuarios en régimen macromareal, donde los sedimentos gruesos corresponderían a depósitos de crecidas de canales de los ríos confluentes. Las areniscas laminadas se interpretan como depósitos de playa con los horizontes de "fierrillo" (concentración de minerales pesados) desarrollados por el oleaje intramareal. La asociación de facies (b) se interpreta como depósitos de playas dominadas por el oleaje y de canales de erosión. Los depósitos de la asociación de facies (b), que forman líneas de paleoplayas sobre diversos niveles estratigráficos de esta formación, se interpretan como regresivos. Lo que representa el retiro paulatino del mar, debido a un alzamiento (tectónico) continental, iniciado tentativamente en el Pleistoceno medio (Leonard y Wehmiller, 1992; Frassinetti, 2001b).

3.2 Geología local

La geología local del yacimiento La Niña fue descrita por Melón (2001) y Soto (2005), quienes indicaron que el yacimiento La Niña tiene como componente principal, un manto de calizas con potencia 20-25m, con un manteo de 5° SE. Esta caliza bioclástica, está compuesta principalmente por una concentración de conchuelas finas, producto de la atrición o trituración de restos de grandes organismos marinos del tipo ostiones, ostras, machas (bivalvos en general), gasterópodos y especialmente enormes colonias de crustáceos tipo Picorocos ("Balanus"), y que una vez acumuladas fueron destruidas a tamaño arena gruesa en un ambiente marino costero de alta energía que existía en el Mioceno (hace 10 millones de años) en la zona de Tongoy, erosionando rocas antiguas tipo Granito, el cual es posible encontrar sus restos en gran parte de las acumulaciones de conchuelas del yacimiento La Niña.

Estas grandes acumulaciones compactas de trocitos de conchas rotas (bioclastos), alcanzando leyes de 95-99% en CaCO₃, se dan en muy pocos lugares del mundo con tales altísimos tenores de Calcio. En general, en otros sitios se presentan muy contaminadas con arenas de mar y de río, arcillas, gravas y gravillas, etc., lo cual les hace bajar la Ley enormemente. En la zona Central de Chile, este

fenómeno de grandes acumulaciones para uso industrial de conchas con alta ley en CaCO_3 se da solo en la zona de Minas en La Niña - Fresia (Propiedades Mineras de Melón, de Muñoz y Huidobro) y en Mina Jeepito, ubicado a 5 km al E de Guanaqueros. El resto de los cientos de hectáreas cubiertas por conchuelas, desde Quebrada Seca al Sur hasta Coquimbo al Norte, presenta estos sedimentos muy contaminados y sub-dosados en calcio para fabricar cemento.

La campaña de sondaje efectuada el año 2001 que considero 13 sondajes (S1-S7, S9-10, S13-S16), permitió generar un modelo geológico basado en la depositación de restos de bivalvos y gastrópodos, conformando un estrato de alta ley adosado a un intrusivo basal, que actuaba como pequeña isla en una bahía. El año 2003 se realizaron dos nuevos sondajes (S20, S21), para validar el modelo geológico y disponer de datos del sector más alejado al intrusivo. Estos sondajes permiten ajustar del modelo la potencia y la ley, confirmando la posición del estrato y su continuidad. A fines del año 2004 se realizaron nuevos 9 sondajes en el área (S22 – S30). En esta última campaña se destinaron los sondajes S22 – S24 para tener datos de la potencia y ley proyectadas al sur - este del cuerpo. Los sondajes S25 – S27 se destinaron para estudiar una propiedad minera que no contaba con información y corresponden a la continuación sur - oeste del depósito. Por último, los sondajes S28 – S30 se destinaron para proyectar los recursos del actual proveedor de conchuelas y estimar con ello la entrada en operaciones del proyecto minero de conchuelas de Melón. En las sucesivas campañas que se realizaron, se perforo un total de 875,9 metros, de los cuales se cortaron 242,7 m de conchuelas de alta ley y 120,8 m conchuelas de baja ley.

En base a las campañas mencionadas anteriormente, se determina según Soto (2005) que el área de estudio corresponde a un depósito mantiforme de conchuela, parcialmente consolidada, este estrato se encuentra adosado en torno a un batolito. En función de la ley, es posible distinguir un estrato basal de baja ley y otro de alta ley que sobreyace a este. El manto de alta ley se ha dividido en dos unidades “Conchuela Este” y “Conchuela Oeste”. Estas conchuelas se componen principalmente de restos de bivalvos, *Balanus* sp. y en menor proporción gastrópodos.

La ubicación de los sondajes, principales litologías, límites de la propiedades minera y agrícola que fueron determinadas en estas compañías son presentadas en la Figura 3.3.

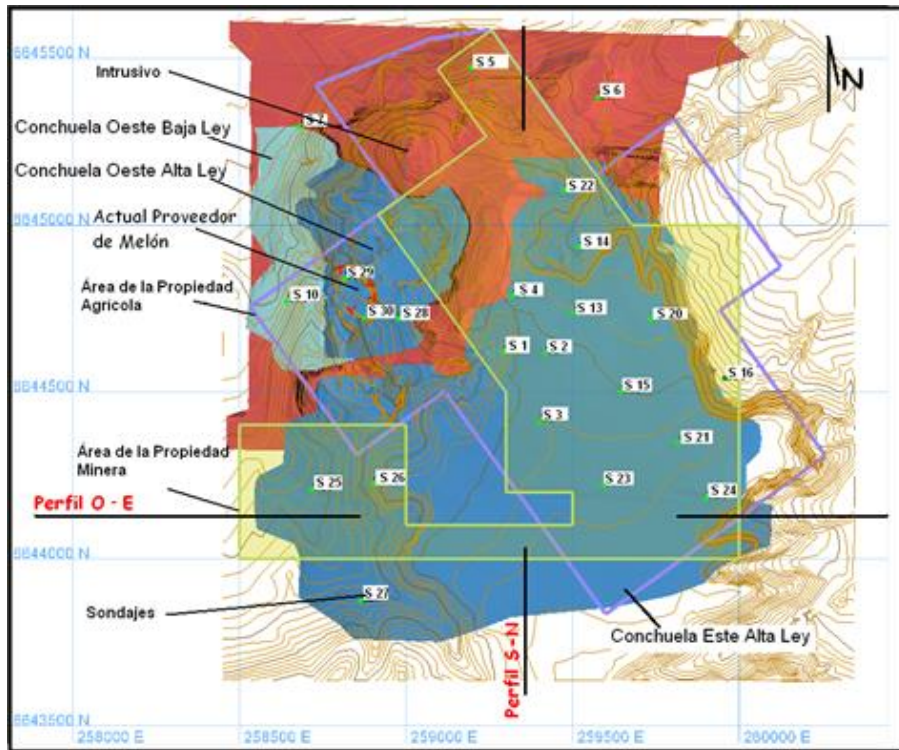


FIGURA 3.3 GEOLOGÍA LOCAL CAMPAÑA 2001 (S1-S21), SOTO (2005), VISTA EN PLANTA.

Se denomina facie proximal el área cercana al batolito, que se caracteriza por una mayor potencia y mayores leyes. En la facie distal (zonas alejadas al batolito), las leyes disminuyen paulatinamente por un aumento de material detrítico arenoso al igual que su potencia. Esto es posible observarlos en las figuras 3.4 y 3.5 que corresponden a los perfiles de la figura 3.3.

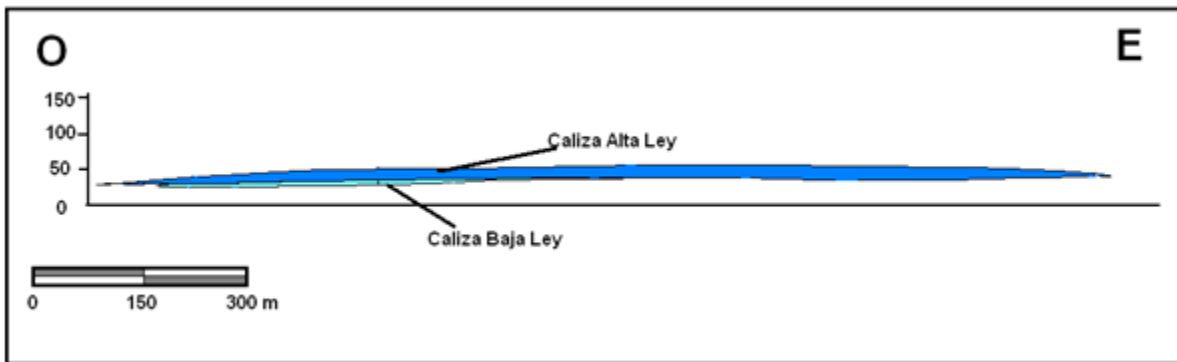


FIGURA 3.4 SECCIÓN E-O ACUÑAMIENTO LATERAL MANTOS DE CONCHUELA, SOTO (2005)

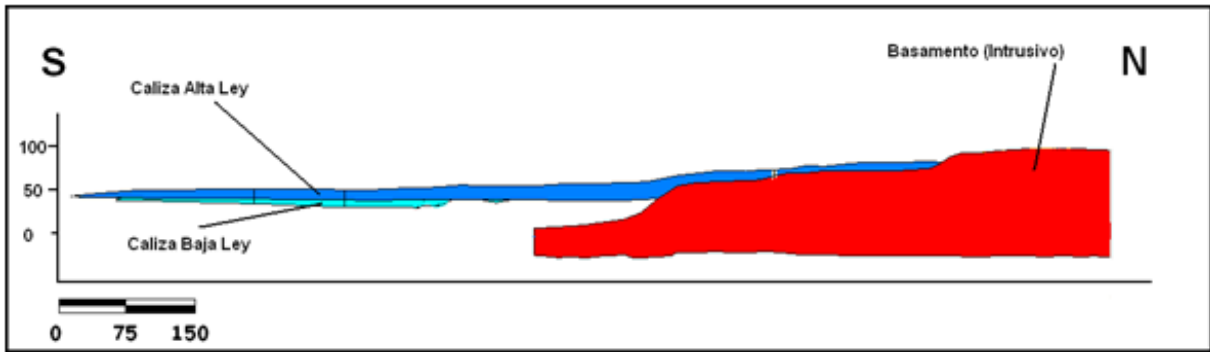


FIGURA 3.5 SECCIÓN N-S, ACUÑAMIENTO LATERAL DEL MANTO AL SUR, (SOTO 2005)

Otra característica importante de estos cuerpos es que en la medida que nos alejamos del batolito va aumentando la sobrecarga o espesor de manto estéril superior, ya que estos cuerpos se inclinan entre 10° a 15° en el sentido de las facies distales. Como referencia la sobrecarga en el sondaje S-1 es de 10,45 m y en el sondaje S-23 es de 34,70 m.

Soto (2005) propone como paleo ambiente de depositación del yacimiento La Niña, como un modelo de paleo isla (Figura 3,4), siendo el batolito el cuerpo rocoso que forma la isla, donde su playa actuaría como soporte y fuente de los invertebrados que aportan su exoesqueleto calcáreo. Este modelo es aplicable tanto para este yacimiento como para los que se encuentran en la cuenca de Tongoy.



FIGURA 3.6 PALEO AMBIENTE BAHÍA DEL MIOCENO, SOTO (2005)

La estimación de recursos de Soto (2005) se realizó con inverso de la distancia al cuadrado donde los datos utilizados son los compósitos por tramos cada dos metros del muestreo de los sondajes. Los datos pertenecientes al nivel calcáreo inferior de menor ley se han distinguido de aquellos superiores de mayor ley, para evitar la interferencia de los datos en la estimación de los recursos.

El comportamiento de las leyes se puede apreciar en la figura 3.7, estas tienen una tendencia Norte Sur, disminuyendo en las facies distales y que tienen relación directa con el aporte de ditritus desde la cuenca.

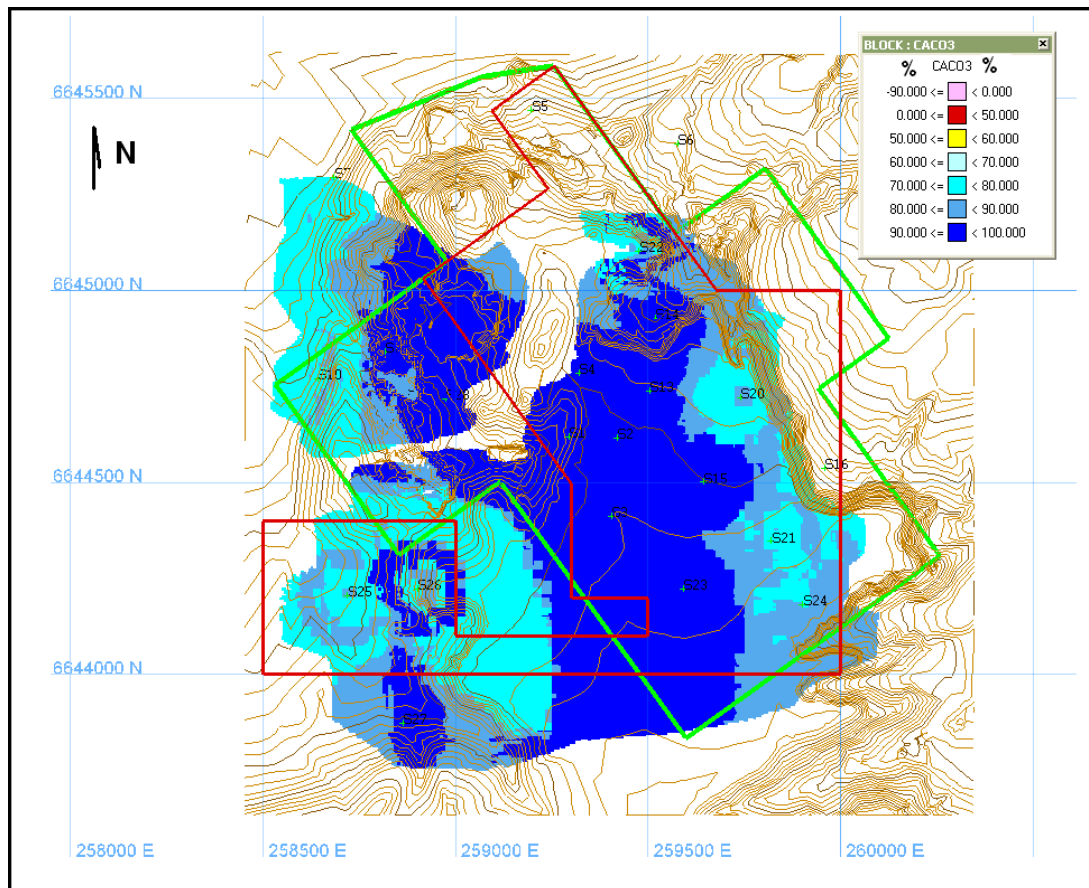


FIGURA 3.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS LEYES DE CACO3, SOTO (2005), VISTA EN PLANTA.

En cuanto al cálculo de recursos, se ha considerado como Recursos Probados aquellos que se encuentran al interior de un radio de 130 metros de la muestra y Recursos Probables aquellos que se encuentran entre 130 m y 260 m. No existen recursos de menor confiabilidad en esta área. El radio de búsqueda de 130 m se estimó del mapeo de las canteras en explotación y de los resultados de las campañas anteriores, ya que no fue posible obtener un variograma con los datos que se disponen.

Los resultados del cálculo de recursos son presentados en la tabla 3.2. Estos valores se restringen a los modelos geológicos de las conchuelas de alta y baja ley que se encuentran al interior de la propiedad minera que controla Cemento Melón S.A.

TABLA 3.1 LEYES Y TONELAJES, SEGÚN UNIDADES GEOLÓGICAS (SOTO 2005)

	Categoría	Ley CaCO ₃ (%)	Ton (Millones)
T_conchuela_alta_este_prop.00t	Probadas	87,9	15,2
T_conchuela_alta_este_prop.00t	Probables	86,0	7,2
Total		87,3	22,4
T_conchuela_baja_este_1_prop.00t	Probadas	73,1	1,8
T_conchuela_baja_este_1_prop.00t	Probables	73,9	0,6
Total		73,3	2,4
T_conchuela_baja_este_2_prop.00t	Probadas	73,4	1,0
T_conchuela_baja_este_2_prop.00t	Probables	75,2	1,5
Total		74,5	2,5
Total Unidades Controladas por Melón		84,9	27,3

La distribución de la curva tonelaje ley obtenida por Soto (2005) para conchuela de alta ley, es presentada en la Figura 3.8, donde para una ley media de corte del 91% de CaCO₃, existen 16.5 millones de toneladas CaCO₃.

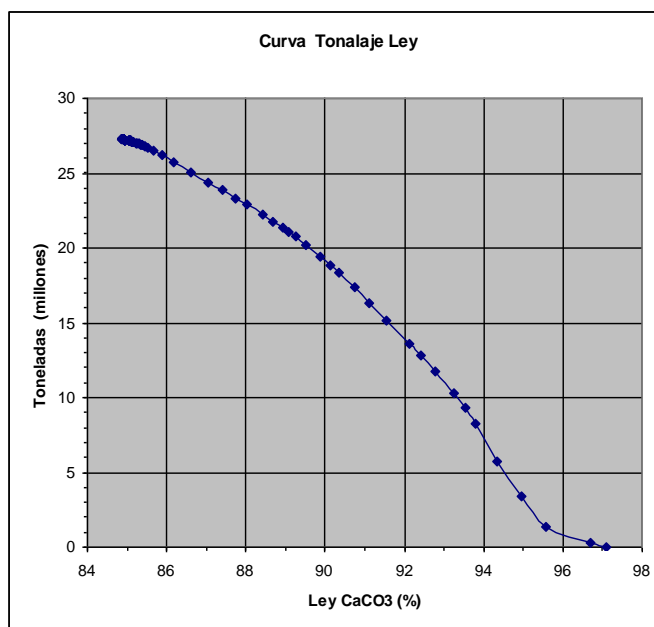


FIGURA 3.8 CURVA TONELAJE-LEY PARA CONCHUELA ALTA LEY(SOTO205)

Finalmente, si consideramos sólo la Conchuela de Alta Ley controlada por Melón S. A., se dispone de 22.4 millones de toneladas con una ley de 87.3% de CaCO₃ y para Conchuela Baja 4.9 millones de toneladas con una ley de 72.9% de CaCO₃.

4. Marco Metodológico

4.1 Campaña sondajes Tongoy 2017

4.1.1 Objetivos campaña

El objetivo principal de esta campaña es completar información para perfeccionar el Modelo Geológico y mejorar el Plan Minero, para esto se plantean los siguientes objetivos secundarios:

- **Duplicar cantidad de información geoquímica del yacimiento:** Con un presupuesto aproximado a los 100 mil USD, se pretende completar los vacíos de información dejados por la anterior y única campaña existente sobre el yacimiento de conchuelas propiedad de Empresas Melón del año 2001 y algunos sondajes del 2004. De esta forma reducir la distancia existente entre sondajes (300 a 400 m) para lograr una precisión en la evaluación de zonas de conchuela de Alta Ley o Baja Ley.
- **Reevaluar calidad y tonelajes de los Bloques del Modelo:** Con la nueva información de los 13 sondajes 2017, se reevalúa la geoquímica de los bloques y se obtiene una nueva Curva Tenor-Tonelaje, la cual podría incrementar las leyes del yacimiento y por ende sus reservas (ley de corte (92%). Por el contrario, si las leyes de $CaCO_3$ obtenidos son inferiores a lo supuesto, las reservas del yacimiento podrían disminuir.
- **Conocimiento del elemento CLORO (Cl-):** El cual no pudo ser evaluado en 2001 debido al uso de agua de mar salada en los lodos de perforación, lo que llevó los valores del Cl-, artificialmente, a las nubes, y por ende debió ser descartado como variable en el Modelo de Bloques.

4.1.2 Armado malla de sondajes

La malla de sondajes antigua tiene una separación de aproximadamente 270 m entre cada sondaje, los nuevos sondajes propuestos en esta campaña reducirán esta distancia a la mitad, rellenando los espacios donde falta información, la nueva malla de sondajes propuesta se puede observar en la Figura 4.1, donde es posible apreciar la disposición de estos sobre el yacimiento La Niña.

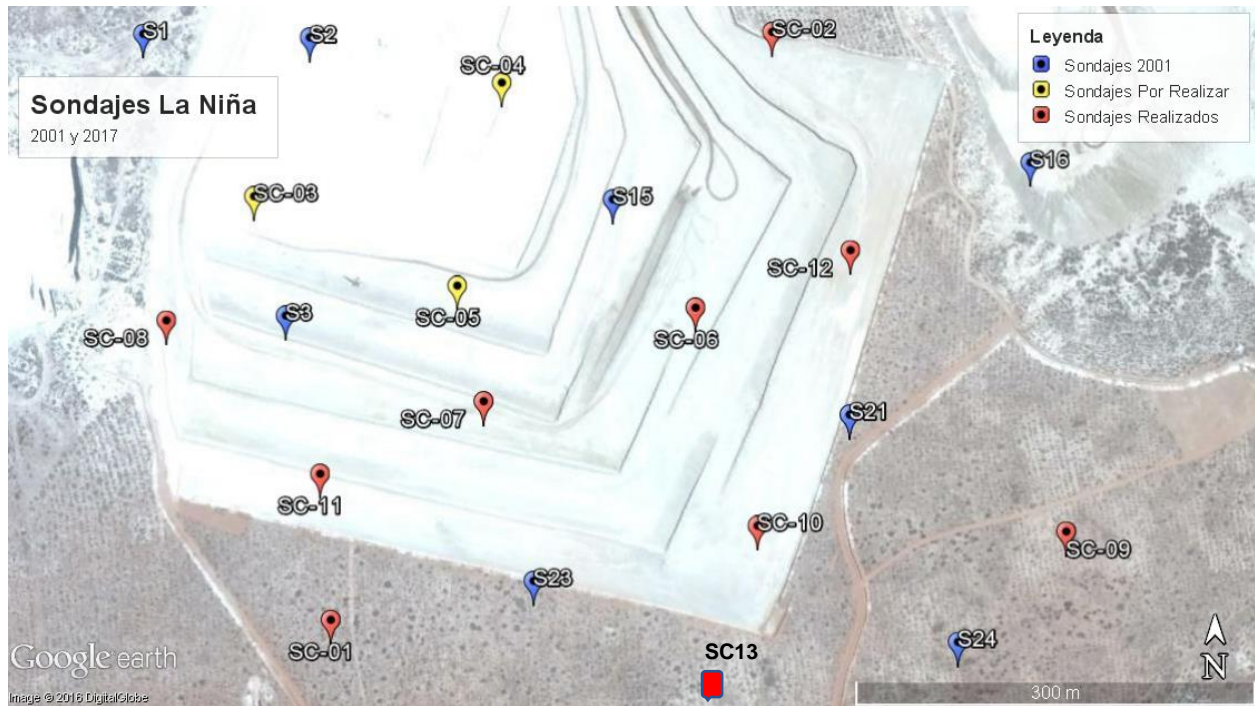


FIGURA 4.1 MALLA SONDAJES CAMPAÑA 2017, VISTA EN PLANTA.

Las coordenadas geográficas de los sondajes en Psad 56, se presentan en la Tabla 4.1.

TABLA 4.1 UBICACIONES GEOGRÁFICAS SONDAJES

Sondaje	SC-11	SC-02	SC-12	SC-10	SC-09	SC-01	SC-13
Coord. E	259.390	259.742	259.802	259.737	259.962	259.426	259.670
Coord. N	6.644.265	6.644.583	6.644.424	6.644.222	6.644.222	6.644.148	6.644.093
Sondaje	SC-06	SC-07	SC-08	SC-05	SC-03	SC-04	
Coord. E	259.689	259.535	259.300	259.514	259.363	259.544	
Coord. N	6.644.380	6.644.309	6.644.364	6.644.393	6.644.456	6.644.542	

4.1.3 Recuperación de testigos

Durante el mes de febrero y marzo, la empresa Basalto Drilling SA, que fue adjudicada para la ejecución de la campaña planeada por Geología de Minera Melón SA, realizó los 12 sondeos presupuestados inicialmente, llamados “SONDAJES COMPLEMENTARIOS” o SC-01, SC-02, al SC-12, habiéndose ejecutado un sondeo extra SC-13 para completar el conocimiento general del yacimiento que actualmente se explota para la provisión de Conchuela de Alta Ley con destino exclusivo la Planta de cemento de La Calera.

La perforación en esta campaña fue realizada utilizando una Sonda canadiense Versadrill Fordia Modelo Eider 1100 con motor Cummins. Capacidad hasta 600 metros en diámetro HQ (61 mm de testigo obtenido), pesando 8 Ton. Montada sobre chasis a medida, con bomba de lodos FMC Bean, como se observa en la Figura 4.2. La metodología de perforación se realizó de dos formas, con tricono destructivo sin recuperación de testigos para sobrecarga, y con sistema HQ3 para la recuperación de testigos del manto calcáreo.

El Equipo Profesional al cual se le encomendó esta campaña, permaneció el 100 % del tiempo controlando la calidad de las muestras, del agua con la que se produjeron los lodos de perforación, el encajonado de los testigos e identificación, por otro lado, el personal de Basalto Drilling SA, demostró grandes habilidades y conocimiento para realizar la tarea encomendada, alcanzando un 100 % en las maniobras de rescate de la barra porta-testigos. Con esto, se garantiza la calidad, validez y representatividad del trabajo ejecutado.



FIGURA 4.2 MONTAJE SONDAJE SC-02

Resumen de las operaciones

- 310,18 m totales perforados en arcillas de escarpe.
 - 268,8 m totales perforados con tricono destructivo para pasar las arcillas eólicas superiores (escarpe).
 - 42,18 m totales perforados con sistema HQ3 para garantizar el contacto geológico exacto entre arcillas y conchuela.
- 261, 97 m totales perforados de conchuela alta y baja ley obtenidos como testigos indisturbados HQ3.
- 31,7 m totales perforados de arenas de playa inferiores (sobre las que se depositó la conchuela), estériles en $CaCO_3$, obtenidas como testigos indisturbados HQ3 para garantizar contacto exacto entre conchuela y arenas inferiores.
- Ningún sondaje de esta nueva campaña toco basamento, o algún bloque de granito.
- Total, metros perforados con ambos métodos (tricono destructivo y testigos con triple barril HQ3) =604,65 m.
- **NOTA 1:** Todos los sondajes atravesaron el 100% del espesor real de la capa de conchuelas, tanto de alta ley como de baja ley, desde su escarpe hasta las arenas basales de playa que ya no contienen conchuelas ni bioclastos.
- **NOTA 2:** La recuperación de los testigos alcanzo el 100% del espesor de las capas perforadas con barra triple HQ3.

La Tabla 4.2, resume lo encontrado en cada uno de los 13 sondajes.

TABLA 4.2 RESUMEN CAMPAÑA SONDAJES 2017

Planilla sondajes La Niña 2017	Controladores Minera Melón F. Simian O. Naranjo P. Torres					Sondajes verticales HQ3 (63 mm)								Total (m)
	SC-11	SC-02	SC-12	SC-10	SC-09	SC-01	SC-13	SC-06	SC-07	SC-08	SC-05	SC-03	SC-04	
Nivel (msnm)	Superior 80								75	70	60	55		
Espesor escarpe con tricono	24.35	24.35	27.35	36.35	40.35	30	34.35	27	12.35	12.35	0	0	0	268.8
Espesor escarpe con testigo para contacto exacto	3.45	6	10.25	0	5.75	5	2	0.18	4.9	0.6	3.4	0.65	0	42.18
Espesor conchuela alta ley aparente	17	6.1	4.1	14.3	7.6	14.7	19.25	8.72	10.65	9	20	11.1	15.05	157.57
Espesor conchuela baja ley aparente	7.5	11	15.05	1.5	5.3	6	0.6	10.75	6.1	15.45	4,7	13	7.5	104.4
Espesor perforado de arenas inferiores	3	3.45	1.5	3	2.2	3	3.35	0.85	2.95	1.45	1.3	1.8	3.85	31.7
Total profundidad (m)	55.3	50.9	58.25	55.15	61.2	58.7	59.55	47.5	36.95	38.85	29.4	26.5	26.4	604.65

4.1.4 Descripción, armado de muestra y análisis químico.

Una vez recuperados los testigos, son compositadas las muestras según cambios litológicos notables. Las premisas usadas para este procedimiento son, si la roca era similar en un tramo muy largo, se definía una muestra cada 1.5 m de largo o espesor. Si, por otro lado, el cambio litológico en forma de intercalación fina no superaba los 30 cm, se la integraba a la muestra mayor. De lo contrario (>0.3 m) se la definió como una muestra independiente. La Figura 4.3 muestra los testigos cortados longitudinalmente para ser compositados y descritos según los criterios propuestos.



FIGURA 4.3 DESCRIPCIÓN Y COMPOSITACIÓN DE MUESTRAS CON CORTE DIAMETRAL

Una vez definidas la totalidad de las muestras, es decir, descripción de cada muestra asociada con su respectiva ubicación espacial, se procede al embolsado de estas, para finalmente a análisis químico. La descripción o mapeo de los sondajes, es adjuntada en el Tabla A.2 – A.14 perteneciente a los anexos.

El análisis químico de cada muestra fue realizado mediante el método de Fluorescencia de Rayos X, obteniendo de esta manera, la composición porcentual de los compuestos químicos CaO , $CaCO_3$, SiO_2 , Cl , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , SO_3 , Na_2O , Na_2O . Este trabajo fue realizado en aproximadamente 6 semanas en el laboratorio de la planta de Cementos Melón SA. Los resultados de estos análisis son adjuntados en la Tabla A.1 como anexo al final de este trabajo.

4.2 Modelamiento geológico

4.2.1 Base de datos

Para la realización del modelo geológico y estimación de las distintas variables que se pretenden estudiar en este trabajo, se utilizara el software Vulcan 10 para manipular los datos obtenidos y alcanzar los objetivos planteados.

Una vez obtenidos los 230 análisis químicos mediante Fluorescencia de Rayos X, correspondientes a cada muestra o compósitos armados, se obtiene una base de datos (.csv) correspondiente a la información de la ubicación del sondaje, unidad geológica correspondiente, composición porcentual de los contenidos de CaO , $CaCO_3$, SiO_2 , Cl , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , SO_3 , Na_2O , Na_2O . y PPC (perdida por calcinación).

A estas 230 muestras correspondientes a los 13 sondajes realizados durante la campaña de febrero del 2017, se suman las bases de datos respectivas a las campañas de sondajes realizadas entre los años 2001 y 2005 (17 sondajes), que originaron el modelo geológico vigente antes de este trabajo. También, se incorpora el mapeo del contacto litológico entre la sobrecarga y el manto de calizas observado en las paredes del rajo.

Con toda esta información y con el fin de tener una base de datos afín con el software Vulcan 10, y así comenzar con el procesamiento de los datos, se crean los 4 archivos .csv madre que Vulcan usa para desplegar los sondajes, estos corresponden a los archivos ASSAY (composición química de cada muestra, Tabla 4.3), COLLAR (ubicación geográfica de cada sondaje, Tabla 4.4), LITO (tramo de muestra y unidad geológica correspondiente, Tabla 4.5) y SURVEY (orientación espacial de sondajes, Tabla 4.6).

TABLA 4.3 BASE DE DATOS ASSAY

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	HOLEID	NSAMPLE	FROM	TO	SIO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	SO3	K2O	Na2O	COLORO	PPC CALC	CaCO3
2	S1	39142	10.45	13.45	2.98	0.64	0.41	51.96	0.51	0.32	0.12	0.5	-1	43.56	92.74
3	S1	39143	13.45	15.45	3.35	0.71	0.38	51.66	0.49	0.26	0.13	0.52	-1	43.5	92.2
4	S1	39144	15.45	17.45	2.51	0.56	0.3	52.09	0.51	0.31	0.12	0.53	-1	44.07	92.97
5	S1	39145	17.45	19.35	2.37	0.48	0.31	52.3	0.54	0.31	0.1	0.52	-1	44.07	93.35
6	S1	39146	19.35	22	0.91	0.18	0.21	53.6	0.43	0.16	0.05	0.27	-1	45.19	95.67
7	S13	39199	18.8	21	1.67	0.36	0.3	53.02	0.54	0.17	0.08	0.36	-1	44.5	94.63
8	S13	39200	21	23	1.19	0.28	0.21	53.4	0.61	0.26	0.07	0.4	-1	44.58	95.31
9	S13	39201	23	25	1.7	0.4	0.24	52.96	0.65	0.26	0.1	0.39	-1	44.3	94.52
10	S13	39202	25	27	2.47	0.55	0.34	52.36	0.67	0.24	0.12	0.4	-1	43.85	93.45

TABLA 4.5 BASE DE DATOS COLLAR

	A	B	C	D	E
1	HOLEID	ESTE	NORTE	COTA	LENGHT
2	S1	259294.7	6644617.2	84.72	31
3	S13	259503.6	6644737.6	89.25	50
4	S14	259519.4	6644928.3	68.82	40
5	S15	259644.9	6644500.4	90.86	56.5
6	S16	259957.6	6644536.5	57.8	26.6
7	S2	259419.3	6644615.5	91.66	50
8	S20	259739.6	6644720.1	86.46	52.5
9	S21	259820.6	6644346.1	93.4	60.1
10	S22	259476.9	6645102.1	85.03	23.2

TABLA 4.4 BASE DE DATOS LITO

	A	B	C	D	E
1	HOLEID	NSAMPLE	FROM	TO	LITO
2	S1	SIN TARJ	0	10.45	1
3	S1	39142	10.45	13.45	2
4	S1	39143	13.45	15.45	2
5	S1	39144	15.45	17.45	2
6	S1	39145	17.45	19.35	2
7	S1	39146	19.35	22	2
8	S1	ficticia	22	25.4	3
9	S1	ficticia	25.4	31	4
10	S13	SIN TARJ	0	18.8	1

	Denominación
1	Arcilla de escarpe
2	Conchuela alta ley
3	Conchuela baja ley
4	Arenas piso conchuela
5	Batolito

TABLA 4.6 BASE DE DATOS SURVEY

	A	B	C	D
1	HOLEID	LENGHT	AZIM	Dip
2	S1	31	0	-90
3	S13	50	0	-90
4	S14	40	0	-90
5	S15	56.5	0	-90
6	S16	26.6	0	-90
7	S2	50	0	-90
8	S20	52.5	0	-90
9	S21	60.1	0	-90
10	S22	23.2	0	-90

Con las bases de datos madre ya construidas, estas se incorporan dentro de nuestra carpeta de trabajo en Vulcan, con el fin de poder desplegar todos los sondeos.

4.2.2 Modelamiento geológico

Para la construcción del modelo geológico que se realizara con el software Vulcan 10, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El compuesto químico explotable en este yacimiento es el $CaCO_3$ o CaO , este se presenta como un manto calcáreo o conchuela, solo este manto será modelado en función de las concentraciones de este compuesto químico. La unidad superior “Arcilla de escarpe”, se considera como sobrecarga y no es modelada.
- Se utilizará la abreviación ConA para Conchuela de Alta Ley y ConB para Conchuela de Baja Ley.
- Las muestras con contenidos $< 80\%$ en $CaCO_3$ que se encuentran ubicadas espacialmente en zonas donde predomina los $CaCO_3 > 80\%$, aplicando un criterio geológico de continuidad litológica, serán determinadas como litología Conchuela Alta. Lo mismo ocurrirá en para el caso de Conchuela Baja.
- El manto de conchuela sobreyace a manto de arenas sin importancia económica (por lo cual no será modelado), o directamente sobre un batolito tipo granodiorita blanca al W y base de la conchuela. Este batolito será modelado como una superficie irregular que limita tanto las conchuelas, como sobrecarga y arcillas.

En primer paso para realizar el modelo geológico tanto para ConA como ConB, es definir los planos de los contactos geológicos entre Arcilla–ConA, ConA–ConB y ConB–Arenas, para así obtener el techo de ConA, base de ConA o techo de ConB y base de ConB respectivamente. Entonces, para definir estos contactos, el despliegue de los sondajes en Vulcan se hará en función de las litologías definidas en las bases de datos, como se observa en la Figura 4.4.

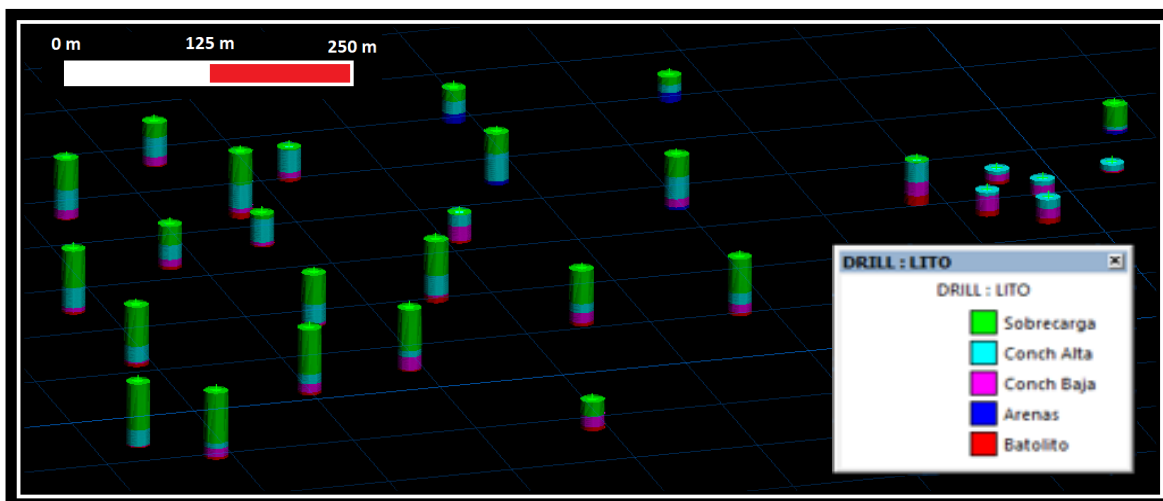


FIGURA 4.4 SONDAJES DESPLEGADOS POR LITOLOGÍA, 3D.

Para definir las superficies de los techos y bases de ConA y ConB, se procede a la confección perfiles geológicos que delimitaran los contactos geológicos de interés, estos perfiles se realizaran en dos juegos de secciones (Figura 4.5), uno en la dirección Norte, con secciones cada 30 m, y el otro en la dirección W, con perfiles cada 60 m, esto debido a que la malla de sondajes tiene una distancia aproximada de 160 m entre cada sondaje. Estas distancias son propuestas para alcanzar una buena densidad de perfiles y así un modelo más preciso.

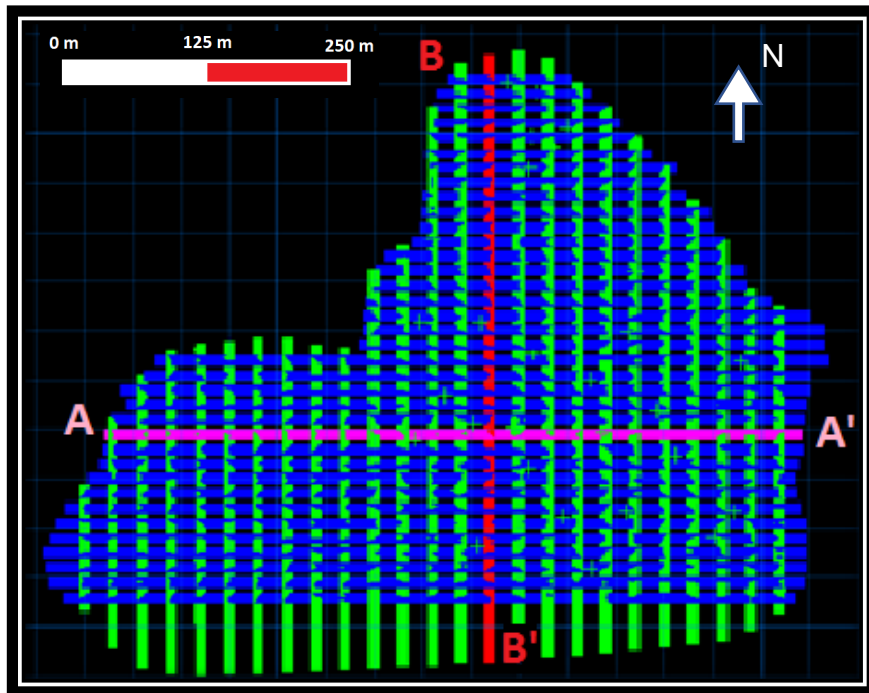


FIGURA 4.5 SECCIONES NORTE (AZUL) Y SECCIONES E (ROJO), VISTA EN PLANTA.

Es posible observar en las paredes del rajo del yacimiento La Niña, un manto de conchuela alta y baja continuo, además del claro contacto continuo entre Conchuela Alta y Arcilla a lo largo de toda la mina, esto sumado a la similar estratigrafía encontrada en todos los sondajes, son argumentos suficientes para asegurar una continuidad litológica de ConA y ConB a la hora de realizar cada uno de los perfiles geológicos.

El primer paso es elaborar los perfiles Norte para las secciones propuestas, donde solo nos concentramos en delimitar los contactos entre las dos unidades ya especificadas. Esta delimitación de litologías para cada sección se presenta en la Figura 4.6 (perfil AA' pertenece a la Figura 4.5), donde ConA aparece delimitado por el color celeste, y ConB por el color rosa.

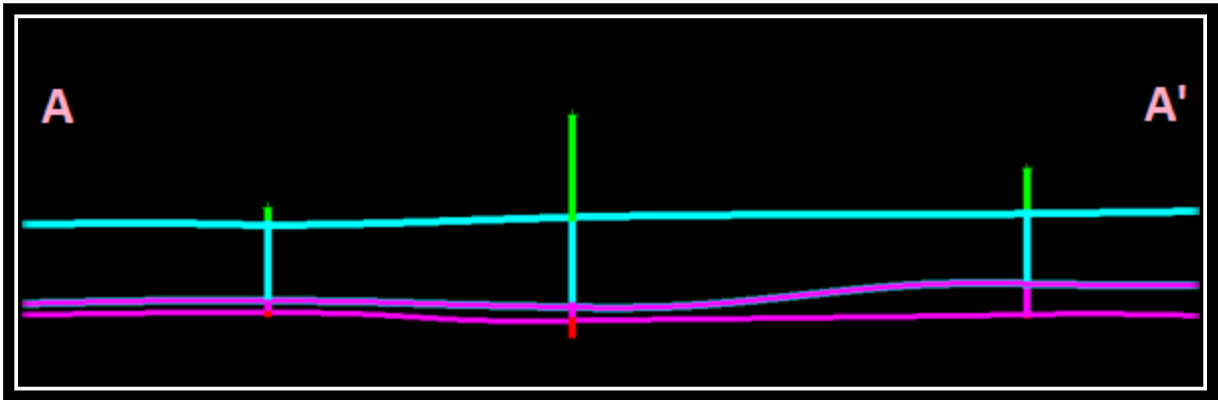


FIGURA 4.6 PERFIL LITOLÓGICO AA', PARA CONA Y CONB.

Quedando finalmente las secciones Norte, tanto para ConA y ConB como se presenta en la Figura 4.7.

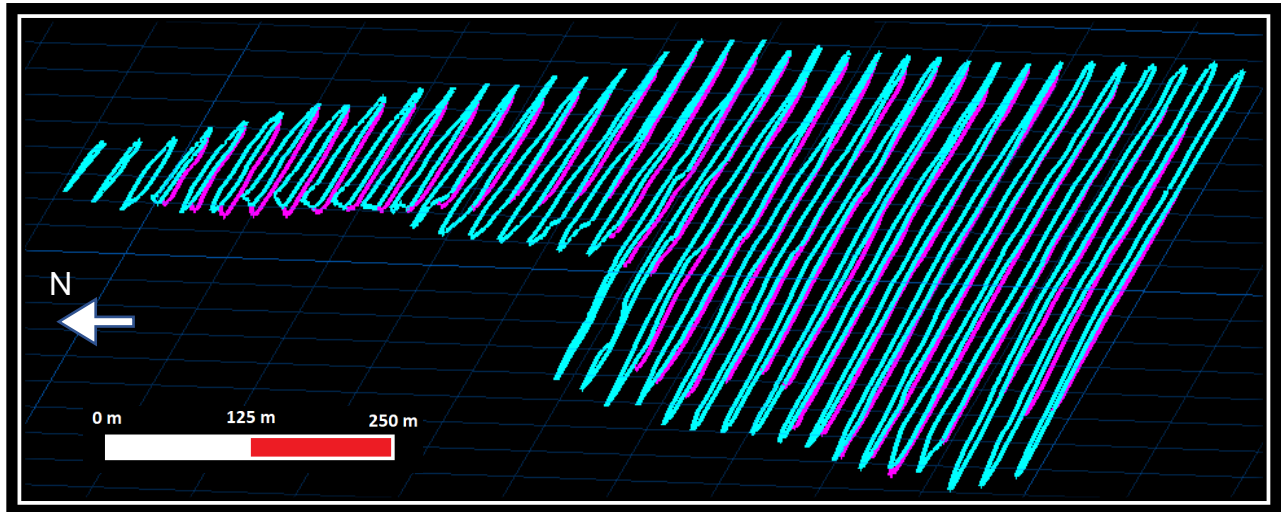


FIGURA 4.7 PERFILES NORTE, CONA Y CONB, 3D.

Finalizados los perfiles Norte, antes de elaborar los perfiles Este, la metodología indica que es necesario crear los interceptos, es decir, la intersección de los perfiles Norte creados, con las secciones Este, y con estos interceptos elaborar nuestros perfiles Este para todas las secciones definidas.

Esta metodología de fabricación de los perfiles Este nos asegura un correcto cerrado de las superficies que dan origen a nuestros solidos o modelos litológicos finales.

Con los interceptos definidos, se pueden crear los perfiles para cada sección Este. La Figura 4.9 presenta la construcción del perfil BB' (Figura 4.5) para ambas litologías. De la misma manera que para las secciones Norte, se construyen todas las secciones Este, obteniendo el juego de perfiles Este.

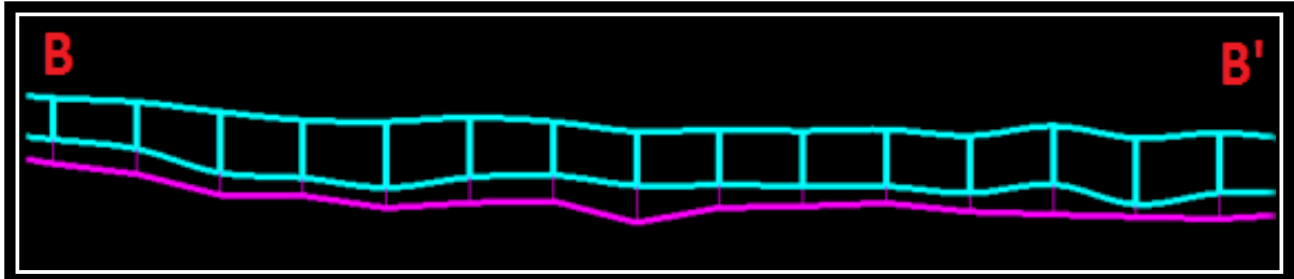


FIGURA 4.8 PERFIL LITOLÓGICO BB', PARA CONA Y CONB.

Finalmente, la Figura 4.9 presente el juego de secciones Este, construido a partir de todos sus perfiles geológicos.

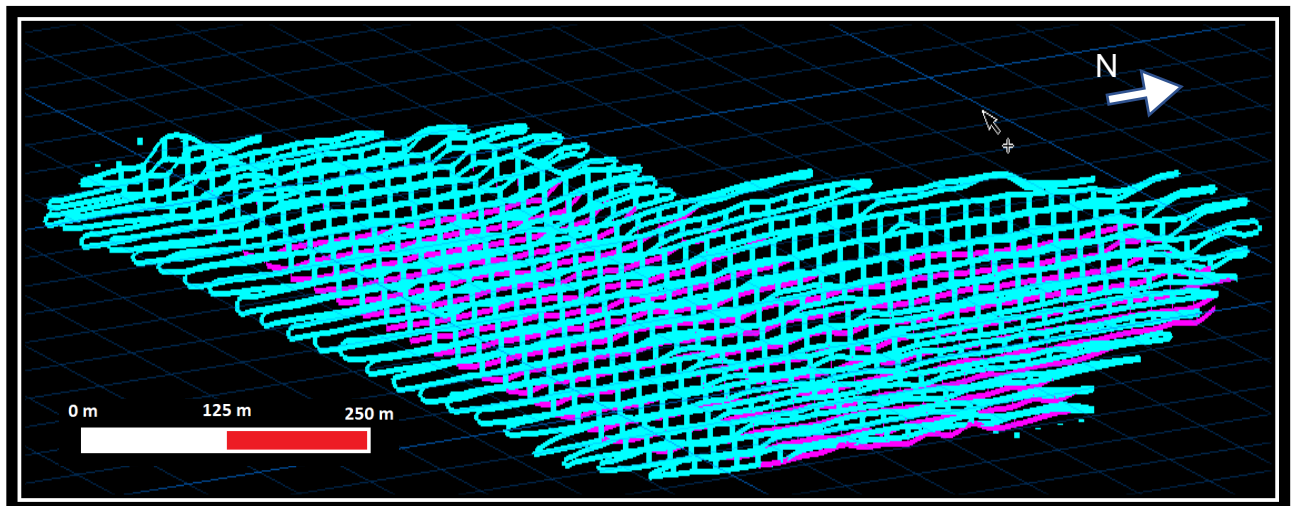


FIGURA 4.9 PERFILES ESTE, CONA Y CONB, 3D.

Confeccionado los dos juegos de secciones, se crean las superficies que encerrarán los sólidos finales juntando los perfiles creados. Estas superficies corresponden al techo de ConA (en base a la mitad superior de los perfiles de ConA en ambas direcciones); base de conchuela alta o techo de conchuela baja, debido que están en contacto geológico concordante (en base a la mitad inferior de los perfiles de ConA en ambas direcciones); y base de conchuela baja (en base a mitad inferior de perfiles ConB en ambas direcciones)

Modeladas las superficies de cada unidad geológica, se procede a juntar techos y bases respectivos a cada litología para generar los sólidos o modelos geológicos de ambas unidades geológicas, sin embargo, para poder obtener los modelos geológicos finales, faltaría limitar los modelos de ConA y ConB (Figura 4.10) a la topografía actual del yacimiento (superficie café), al batolito (superficie roja), y tanto a la propiedad minera como agrícola (línea roja y rosa respectivamente).

Debido a la actividad y explotación del yacimiento La Niña, se limita a la topografía presente el mes de mayo del 2017. En cuanto al batolito, fue modelado como una superficie irregular, en base a secciones Norte cada 10 m, las cuales fueron elaboradas a partir de los datos de sondajes y mapeo del batolito en superficie.

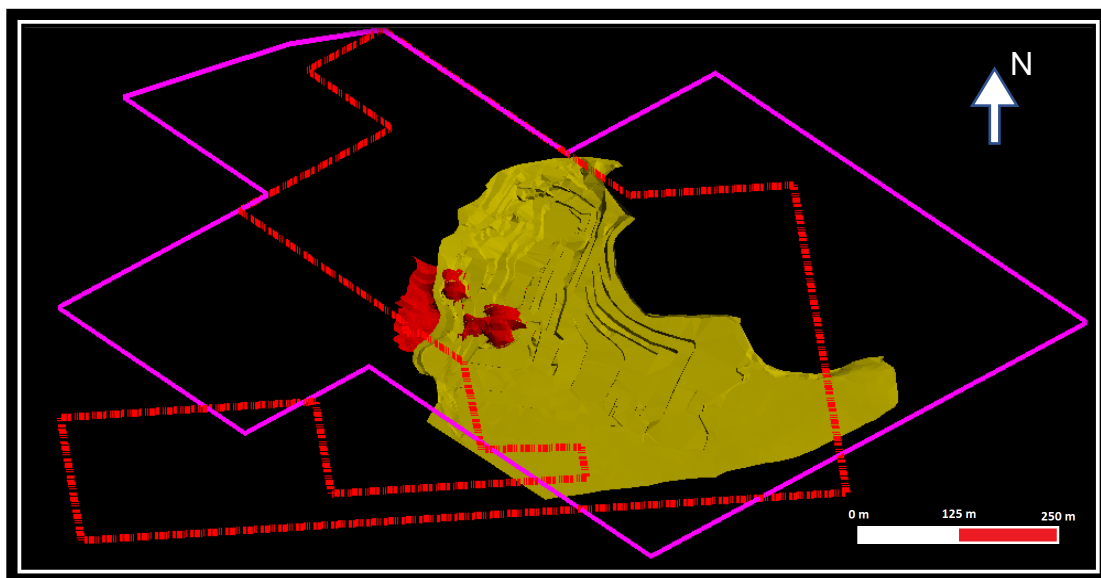


FIGURA 4.10 LIMITES MODELO GEOLÓGICO, TOPOGRAFÍA ACTUAL, BATOLITO, PROPIEDAD MINERA Y AGRÍCOLA.3D.

Finalmente, limitando ambos modelos geológicos preliminares, a las restricciones espaciales mencionadas anteriormente, se obtienen los sólidos o modelos geológicos finales para las unidades geológicas propuesta como Conchuela de Alta ley (Figura 4.11) y Conchuela Baja ley (Figura 4.12). Finalmente, la figura 4.13 nos presenta el modelo geológico final del yacimiento La Niña

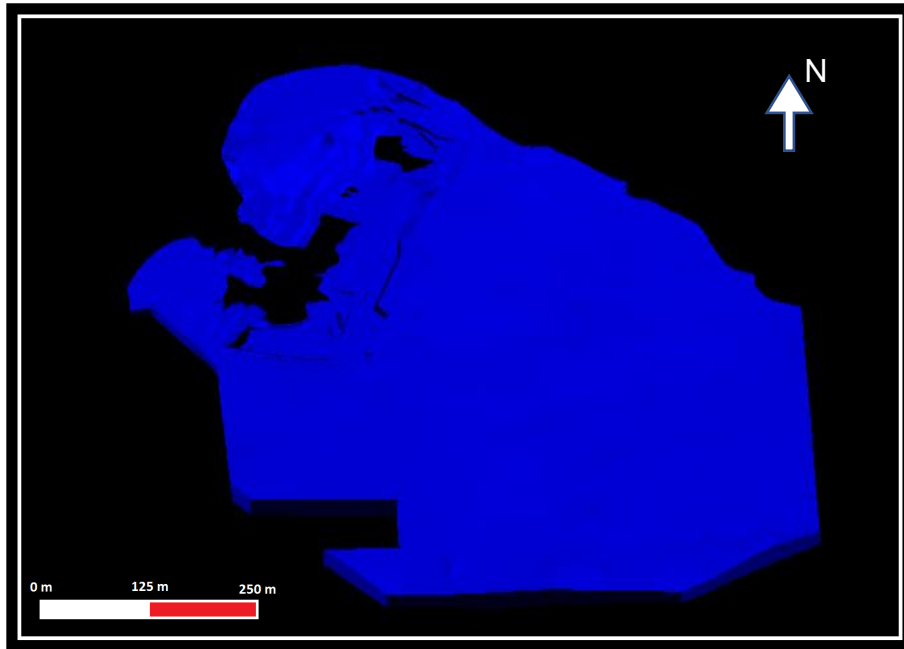


FIGURA 4.11 MODELO GEOLÓGICO CONA, 3D.

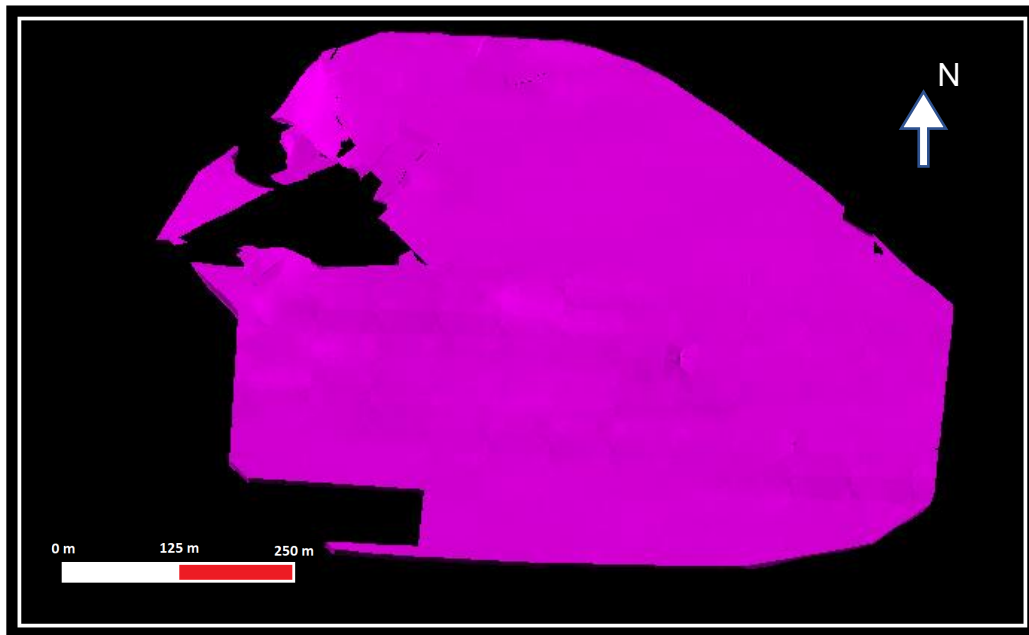


FIGURA 4.12 MODELO GEOLÓGICO CONCHUELA BAJA. 3D.

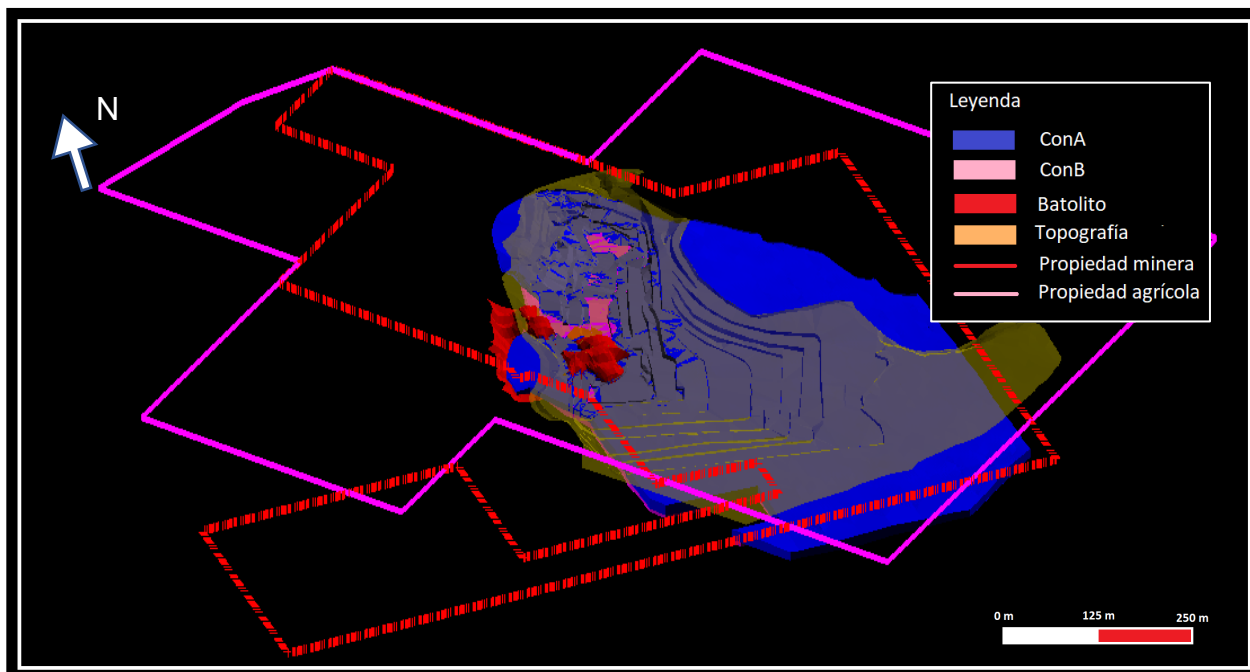


FIGURA 4.13 MODELO GEOLÓGICO YACIMIENTO LA NIÑA, 3D.

4.3 Estimación de recursos

La estimación de los recursos para ambas unidades geológicas debería ser realizada para todos los compuestos químicos analizados en cada muestra, ósea, se pretende estimar las concentraciones en la totalidad de ambas capas, para los compuestos químicos $CaCO_3$, SiO_2 , Cl , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , SO_3 , Na_2O , Na_2O . Ahora, como particularmente La Niña es un yacimiento alto en $CaCO_3$ (95-99% en $CaCO_3$), los elementos contaminantes tienen bajas concentraciones, por lo que sus contenidos en estos elementos son poco influyentes para la mezcla del crudo y posterior fabricación de clinker, debido a esto, este trabajo solo se enfocara en la estimación de la variable $CaCO_3$, dejando propuesto, la estimación de las variables consideradas como contaminantes de ser necesario. Sin embargo, como se mencionó anteriormente en el punto 2.3, el Cl será la única variable contaminante en estudio a estimar y modelar su comportamiento, esto debido a sus repercusiones en la fabricación del clinker.

El proceso de estimación de $CaCO_3$, se realizará en base a la estimación de CaO , es decir, una vez el modelo de bloques estimado en función de CaO , será recalculado mediante la fórmula $\% CaCO_3 = \% CaO / 0.5603$. Esto debido a que el compuesto CaO es más robusto y preciso para el proceso de estimación, debido a el $CaCO_3$ se encuentra asociado a la pérdida por calcinación, por otro lado, la empresa cementos Melón SA por nomenclatura utiliza el compuesto $CaCO_3$ para referirse a las leyes de Ca.

4.3.1 Compositación muestras

Para una correcta estimación de recursos, el primer paso es el compositado regular de las muestras, para este trabajo se utilizará el método de compositado *Run Length*, este método se utiliza para normalizar las muestras, y en este caso, se escoge una normalización cada 2 metros, esto para que nuestro compositado sea afín y con buen soporte respecto a la altura de los bancos del rajo y planificación minera (bancos tienen una altura de 5 m). Para que cada compósito quede lo más representativo al muestreo original, el método *Run Length* composita con quiebre geológico mayoritario, es decir cada compósito tomara las leyes que predominen en sus tramos correspondientes.

4.3.2 Estadística descriptiva

Para una buena comprensión de las variables a estimar, se realiza un análisis de estadística descriptiva, este análisis, considera la elaboración un boxplot y lognormal, tanto para el *CaO* como para el *Cl* en ConA y ConB. Estos resultados se muestran a continuación en las Figuras 4.14 – 4.19.

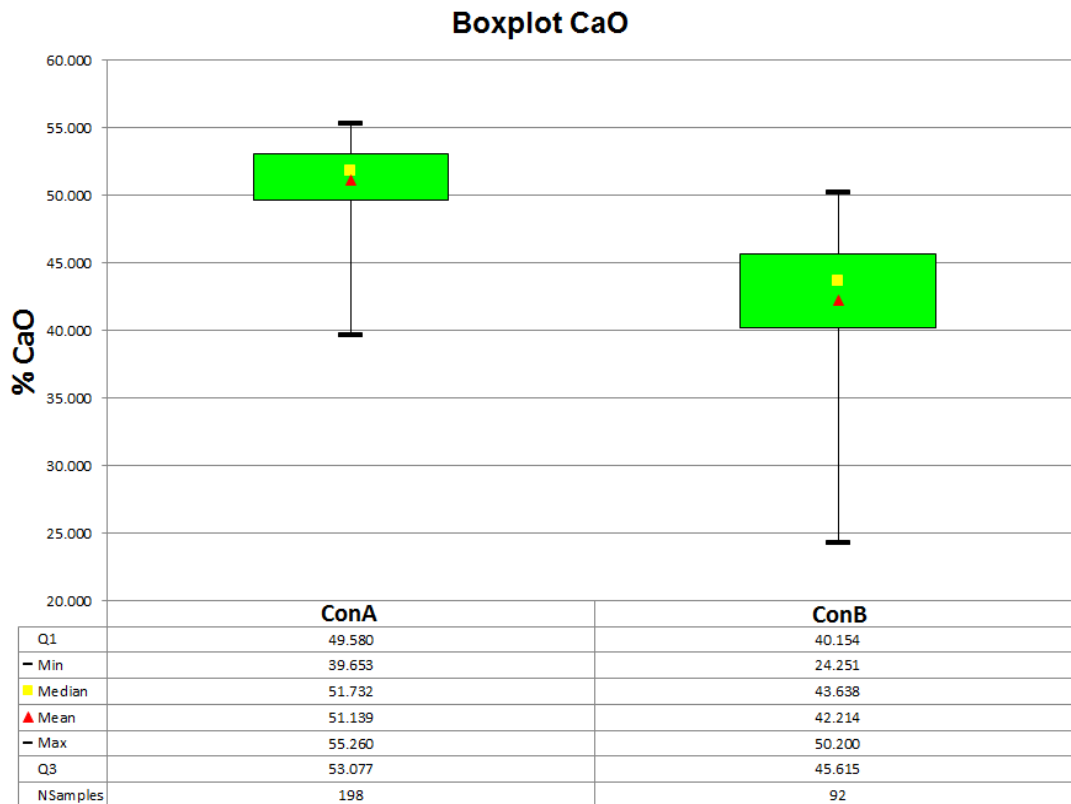


FIGURA 4.14 BOXPLOT CAO

Lognormal ConA

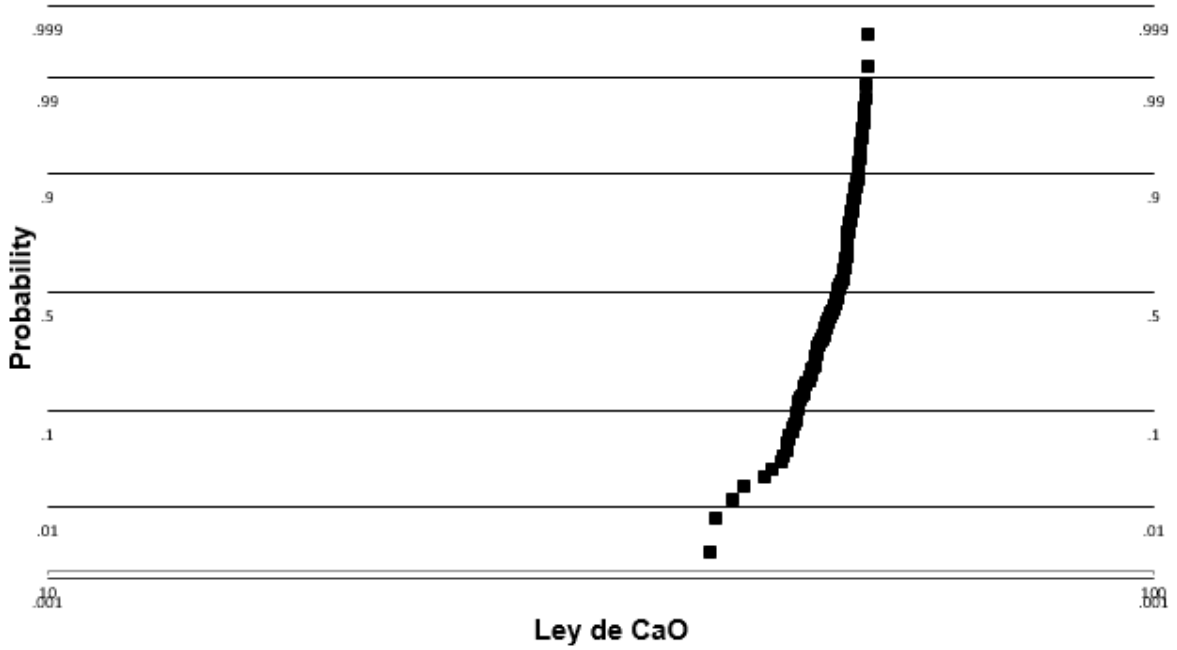


FIGURA 4.15 LOGNORMAL CAO, CONA

Lognormal ConB

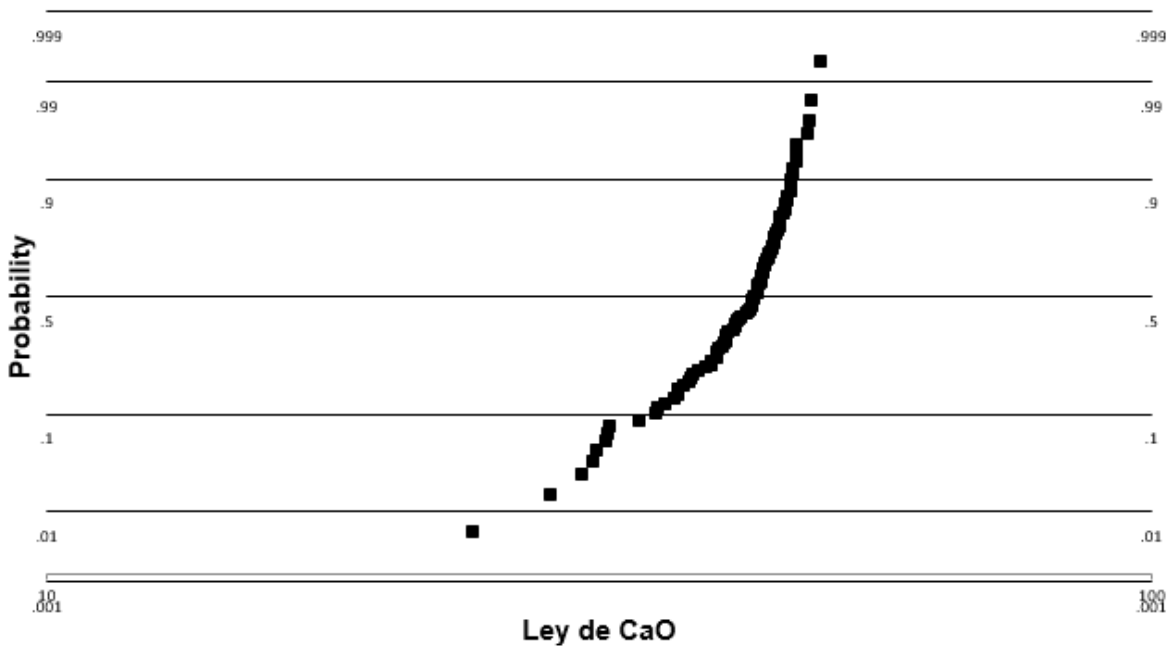


FIGURA 4.16 LOGNORMAL CAO, CONB

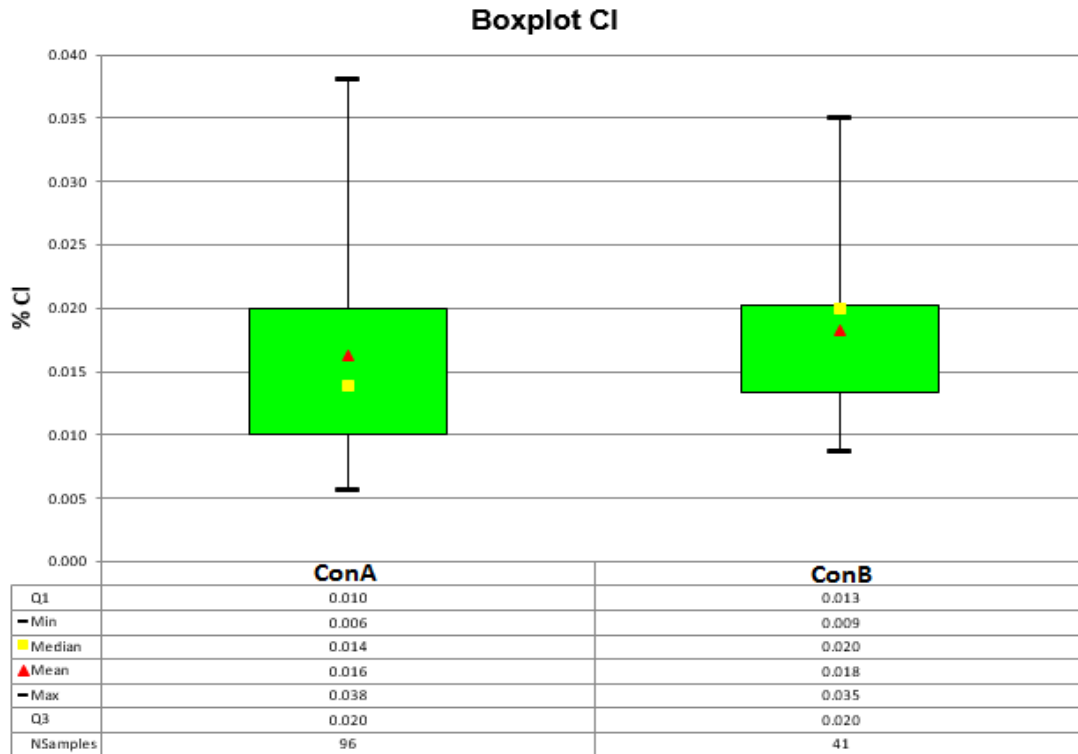


FIGURA 4.17 BOXPLOT CL

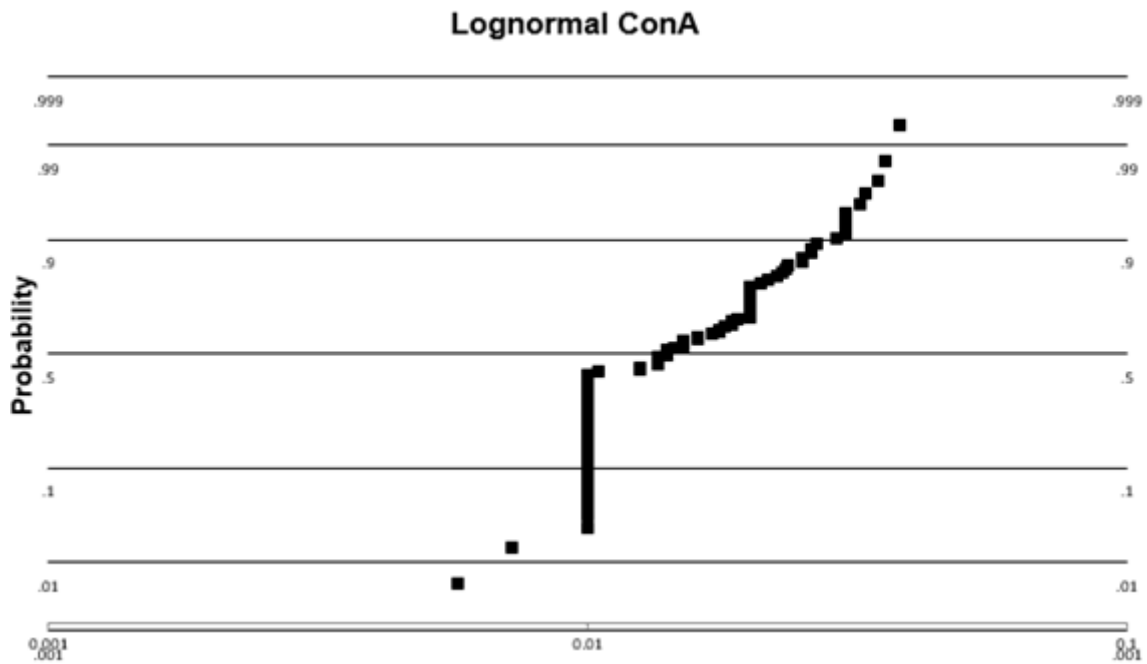


FIGURA 4.18 LOGNORMAL CL, CONA

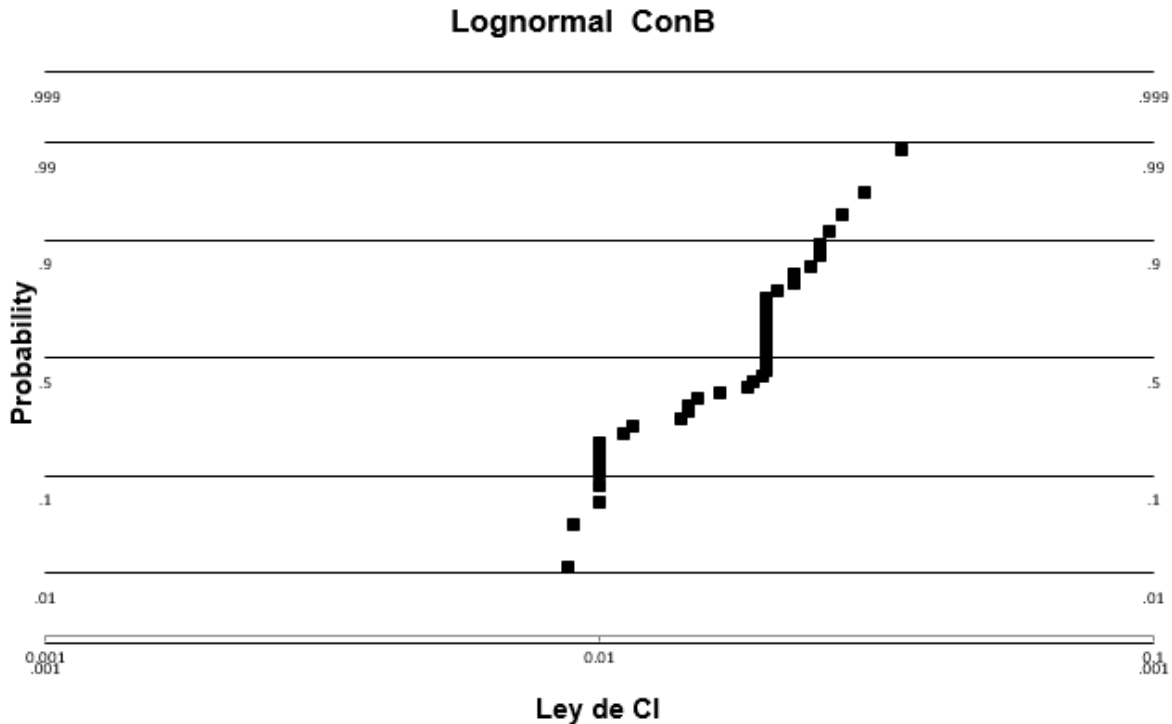


FIGURA 4.19 LOGNORMAL CL, CONB

La estadística descriptiva univariable de ambos compuestos químicos, nos indica que, a partir de las figuras Lognormal para las dos litologías (ConA y ConB), no es posible observar la existencia de más de una población de datos, por lo cual, se asume que los contenidos en *Cl* y *CaO* tendrían un único origen mineral para cada unidad litológica.

Las medias observadas en los compósitos son *CaO* 51,139% y 42,214% para ConA y ConB respectivamente, es decir 91,3% $CaCO_3$ para conchuela alta y 75,4% $CaCO_3$ para conchuela baja. De igual forma, la media para el *Cl* en los compósitos, muestra un valor de 0.016% para la conchuela alta y 0.018% para la conchuela baja.

Otro análisis importante por considerar para la posterior estimación de recursos es el análisis de correlación o scatter plot de *CaO* con los demás compuestos analizados, como también la correlación existente entre el *Cl* y el SO_3 . Estos análisis nos permitirán comprender la correlación entre los elementos, y así, poder asumir o no, una equivalencia en los criterios de una eventual estimación para los contaminantes.

El análisis de correlaciones solo comprende la elaboración de los *scatter plot* de las correlaciones entre *CaO-SiO₂*, *CaO-MgO*, *CaO - Fe₂O₃*, *CaO - Al₂O₃*, *CaO - Cl* y *Cl-SO₃*, debido a que, se pretende relacionar el *CaO* con los contaminantes mayoritarios *SiO₂*, *MgO*, *Fe₂O₃* y *Al₂O₃* y *Cl* para así, asumir o no, una equivalencia

de criterios de una eventual estimación, además de comprender si existen orígenes genéticos relacionados en la depositación de estos compuestos químicos. Finalmente, la correlación $Cl-SO_3$, nos permite definir si la depositación de estos compuestos químicos está asociado a un origen común, sales de mar seguramente, debido al ambiente marino en el que se depositó este manto calcáreo.

Los resultados de estas correlaciones se presentan en las Figuras 4.20-4.25.

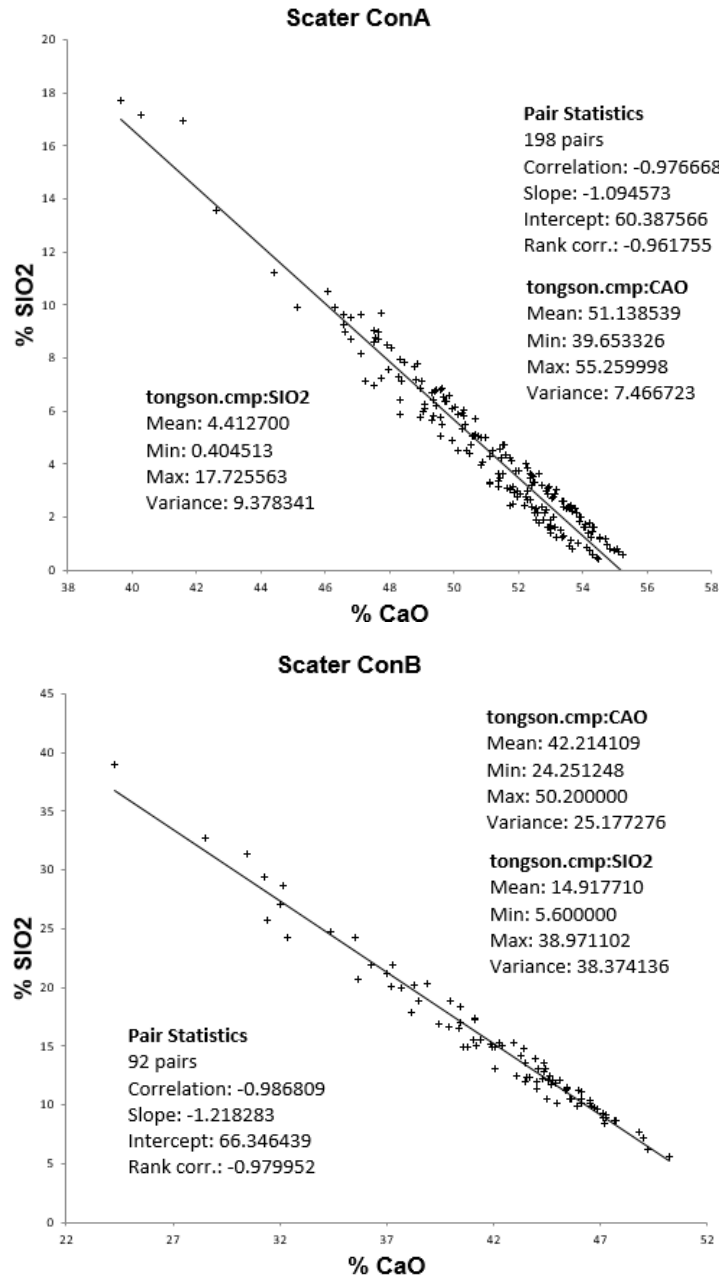


FIGURA 4.20 CORRELACIÓN CAO-SiO2 EN CONA Y CONB

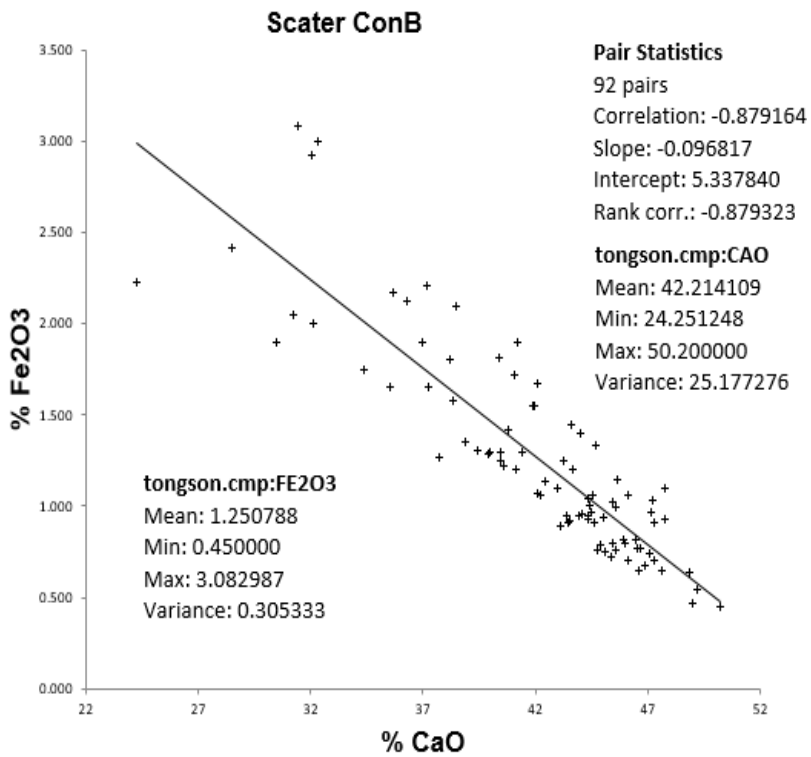
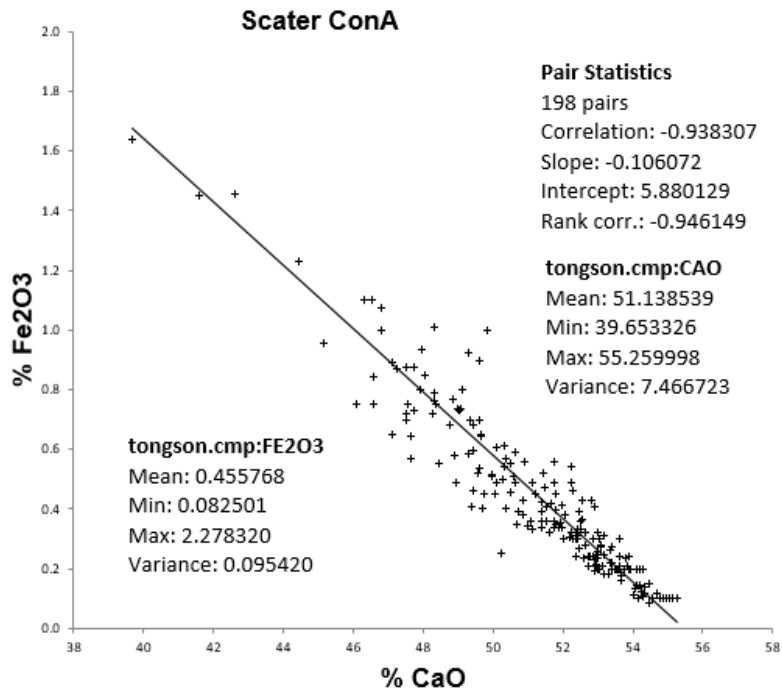


FIGURA 4.21 CORRELACIÓN CAO-FE2O3 EN CONA Y CONB

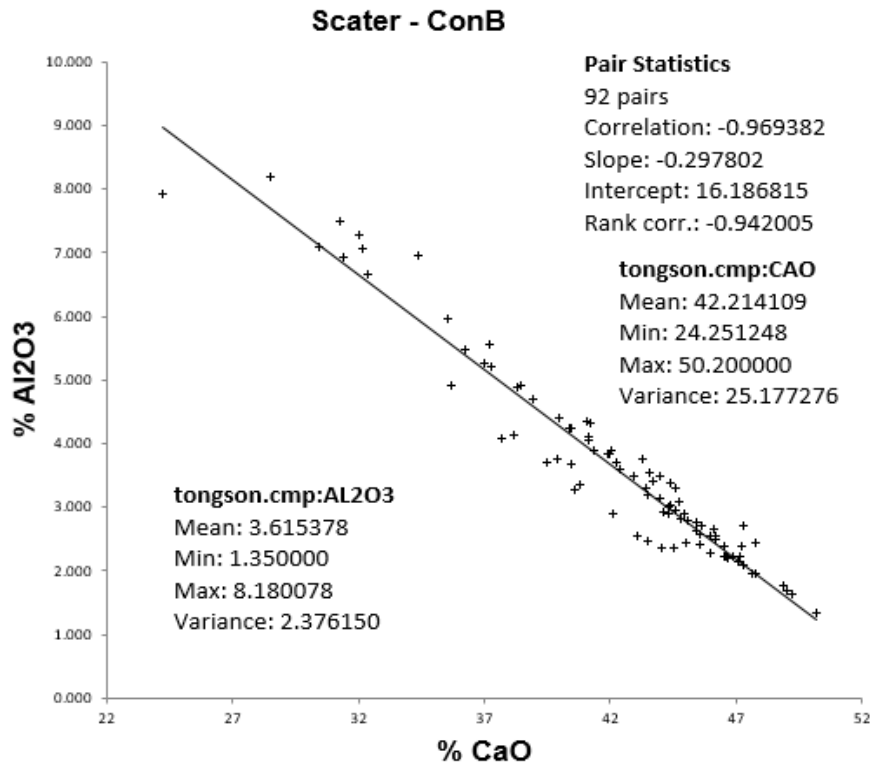
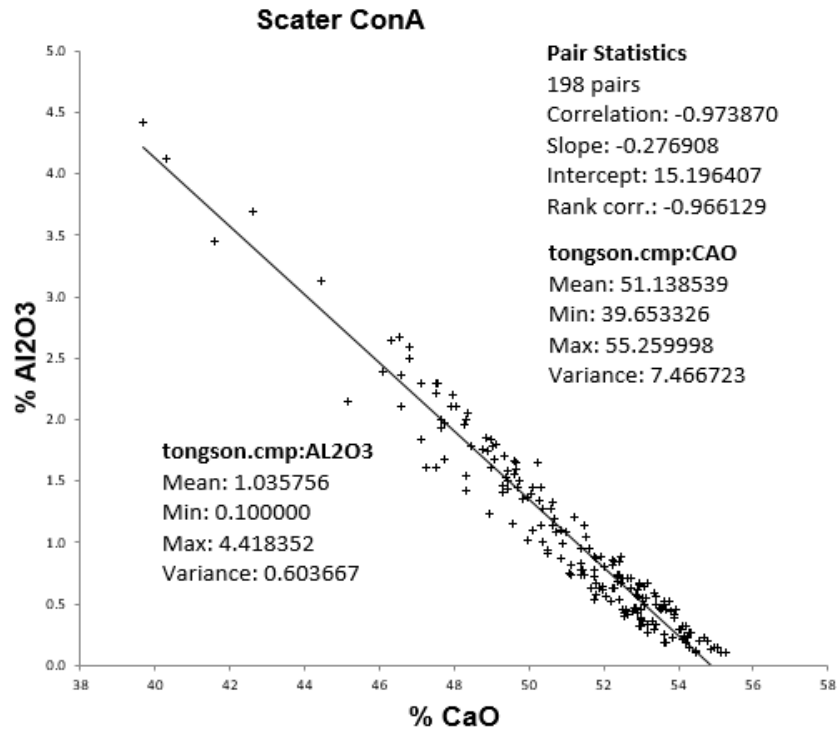


FIGURA 4.22 CORRELACIÓN CAO-AL2O3 PARA CONA Y CONB

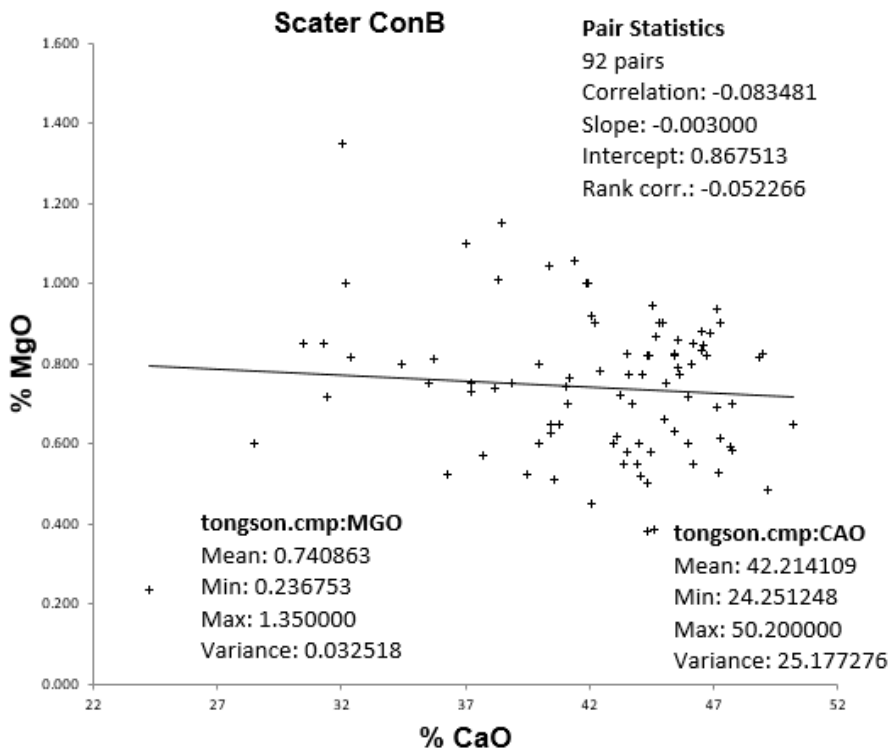
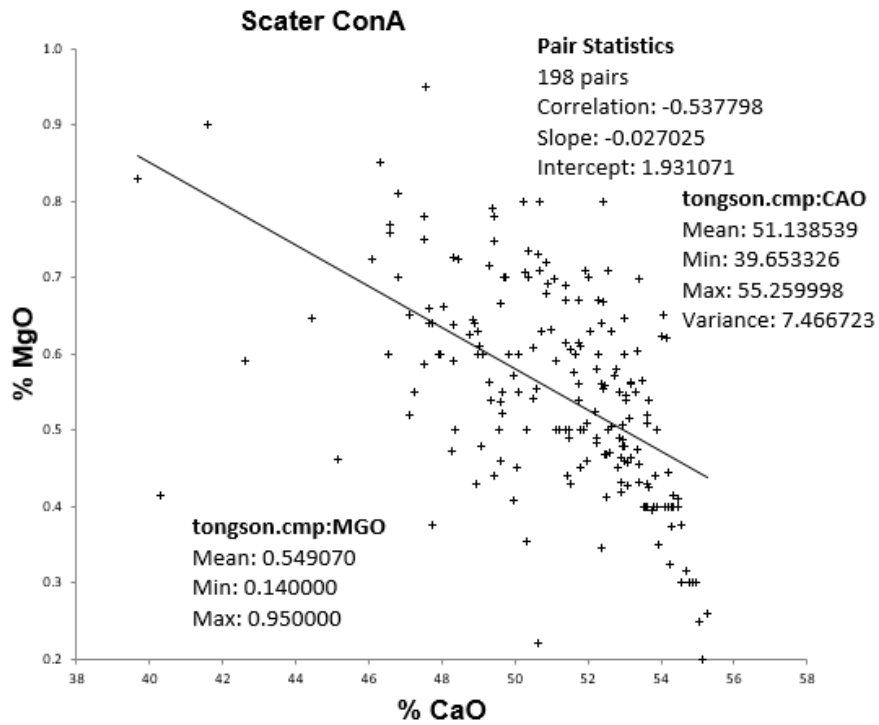


FIGURA 4.23 CORRELACIÓN CAO-MGO PARA CONA Y CONB

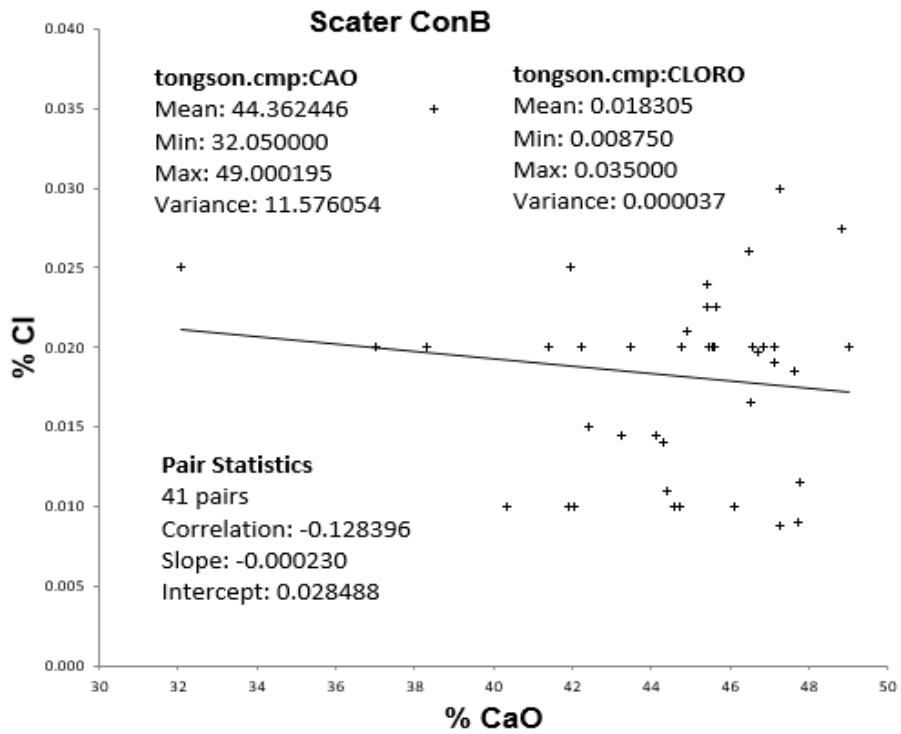
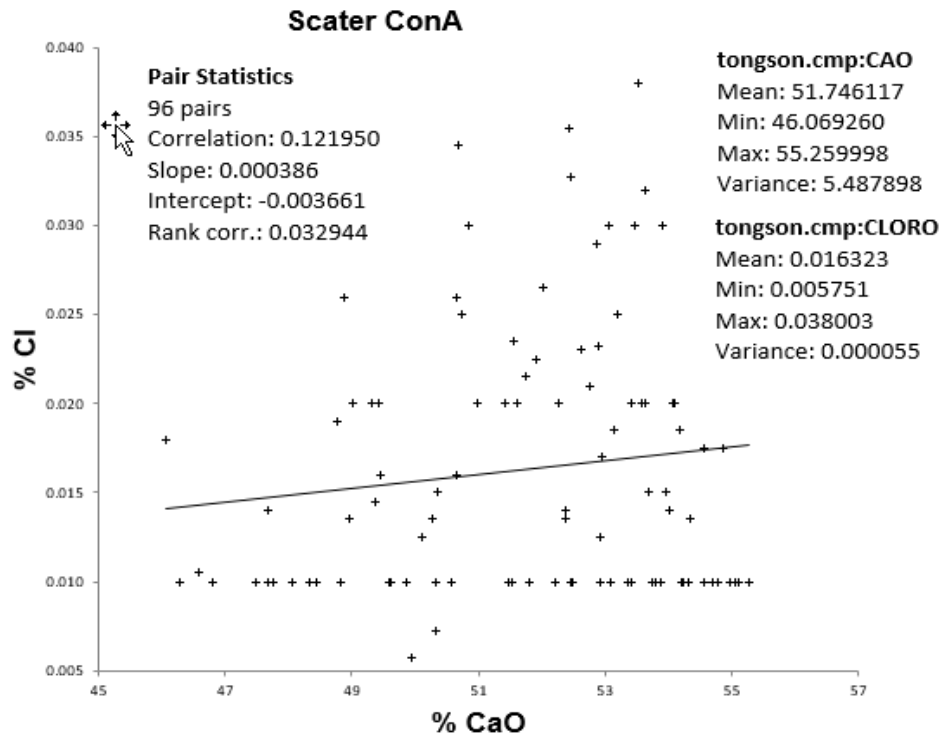


FIGURA 4.24 CORRELACIÓN CAO-CL PARA CONA Y CONB

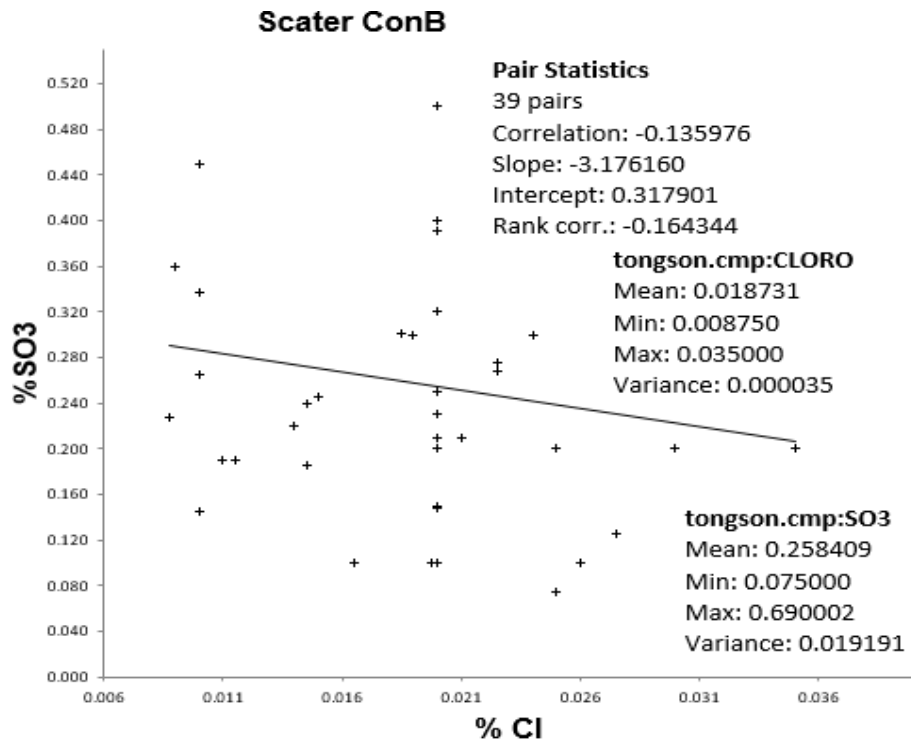
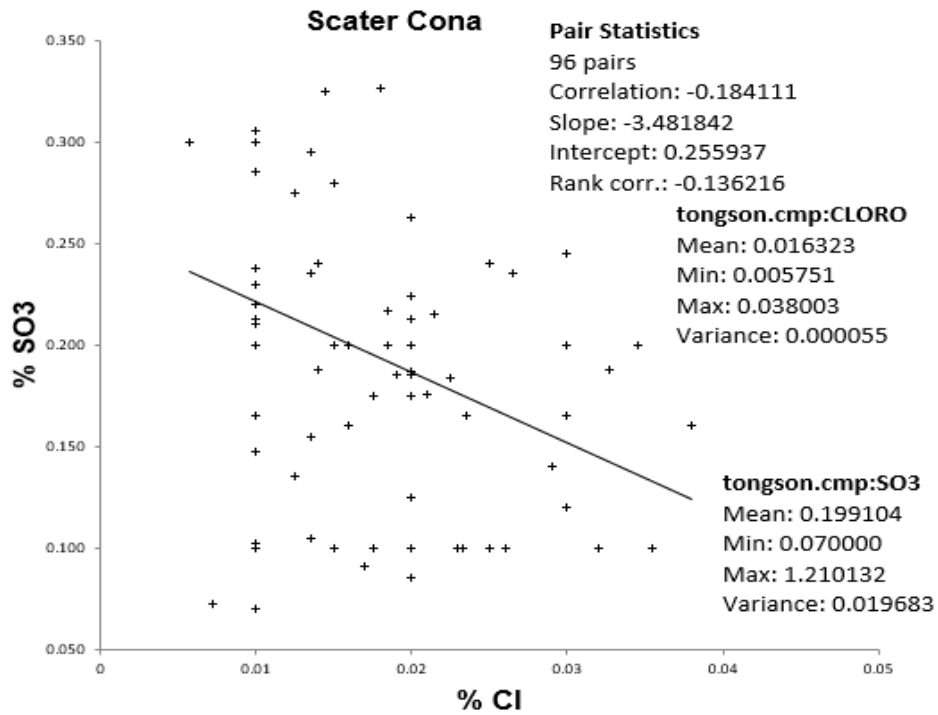


FIGURA 4.25 CORRELACIÓN CL-SO3 PARA CONA Y CONB

Un resumen de los coeficientes de correlaciones se presenta a continuación en la Tabla 4.7.

TABLA 4.7 RESUMEN CORRELACIONES

Conch A	CaO			Conch B	CaO	
SiO ₂	-0.96	Excelente		SiO ₂	-0.98	Excelente
MgO	-0.58	Mala		MgO	-0.05	Mala
Fe ₂ O ₃	-0.94	Excelente		Fe ₂ O ₃	-0.87	Buena
Al ₂ O ₃	-0.96	Excelente		Al ₂ O ₃	-0.94	Excelente
Cl	0.03	Pesimo		Cl	0.002	Pesimo
Conch A	Cl			Conch B	Cl	
So ₃	-0.14	Mala		So ₃	-0.16	Mala

En base a los resultados observados en los coeficientes de correlación, es posible observar, que para los casos $CaO-SiO_2$, $CaO - Fe_2O_3$ y $CaO - Al_2O_3$, se obtiene altas correlaciones de manera inversa, esto hace sentido ya que, a medida que las leyes de CaO aumentan, los contenidos de estos contaminantes mayores tienen que disminuir. Estos contaminantes mayoritarios, se presentan como cuarzos y feldespatos de tamaño arena en la conchuela depositadas dentro de conchas de mayor tamaño y entre ellas. Esto podría indicar que los variogramas para el CaO , Fe_2O_3 y Al_2O_3 deberían comportarse de manera similar al variograma del CaO , pudiendo ocupar sus mismos alcances de búsqueda para la estimación.

Para el caso de $CaO-MgO$, en conchuela alta no se observa una correlación clara, para conchuela baja, se observa una correlación muy pequeña. Estas bajas correlaciones, nos indicarían que la proveniencia del MgO sería de carácter secundario, el cual se originaría por procesos de interacción entre la conchuela y aguas externas ricas en MgO , generando un intercambio Ca-Mg de manera aleatoria que depende de la circulación de estos fluidos.

De la correlación $Cl-SO_3$, es posible observar que la correlación es bastante baja, ahora, como el deposito es de carácter marino, se interpreta que el contenido de Cl es proporcionado por el agua de mar existente en esta depresión al momento de su depositación, sin embargo, al ser el contenido de SO_3 de la conchuela mayor al del Cl, contraponiéndose con la química general del agua de mar, se propone que el Cl habría sido removido por aguas superficiales o connatas, depositándolo en ciertas zonas del yacimiento, generando la concentración de cloruros y SO_3 presente en la conchuela.

4.3.3 Análisis variográfico

Ya finalizada la estadística descriptiva de los elementos seleccionados, se procede a la elaboración de los variogramas, para efectos de este trabajo, como se mencionó anteriormente, solo nos enfocaremos en los variogramas de los elementos de interés, que son el CaO y el Cl, sin embargo, para comprender el comportamiento de los contaminantes, y poder definir los criterios para una eventual estimación, también se presentara el variograma del contaminante mayoritario SiO_2 , que proviene principalmente del cuarzo o “sílice libre” y de sílice como silicatos (Feldespatos).

El análisis de los variogramas nos indicará que tan aleatorio es el comportamiento de los compuestos químicos espacialmente en estudio. Los variogramas son nuestra principal herramienta para definir los criterios de estimación, y de esta forma, definir que método de estimación es el más apropiado para caracterizar el yacimiento La Niña, y poder representar lo más cercano posible la realidad. Finalmente, los variogramas nos permiten definir los alcances de nuestros radios de búsqueda para cada elemento en estudio.

Estos variogramas se elaboraron con la función *Data Analyser* de Vulcan 10, el cual nos permite rápidamente buscar en todas las orientaciones, el mejor variograma para las tres direcciones X, Y y Z, correspondientes a cada compuesto químico de interés según unidad geológica. Cada variograma, tiene asociada su curva o modelo teórico, el cual fue definido según el modelo esférico, ya que es el que mejor se ajusta al variograma experimental. Con los variograma teórico resultantes, es posible definir los alcances para cada semivariograma y con esto, los radios de búsqueda para la estimación de leyes para cada bloque.

El variograma ejemplo que se muestra en la Figura 4.26, presenta las principales características que se observan en un análisis variográfico, para así, poder entender de mejor forma los variogramas resultantes de las variables en estudio, que se presentan en este capítulo.

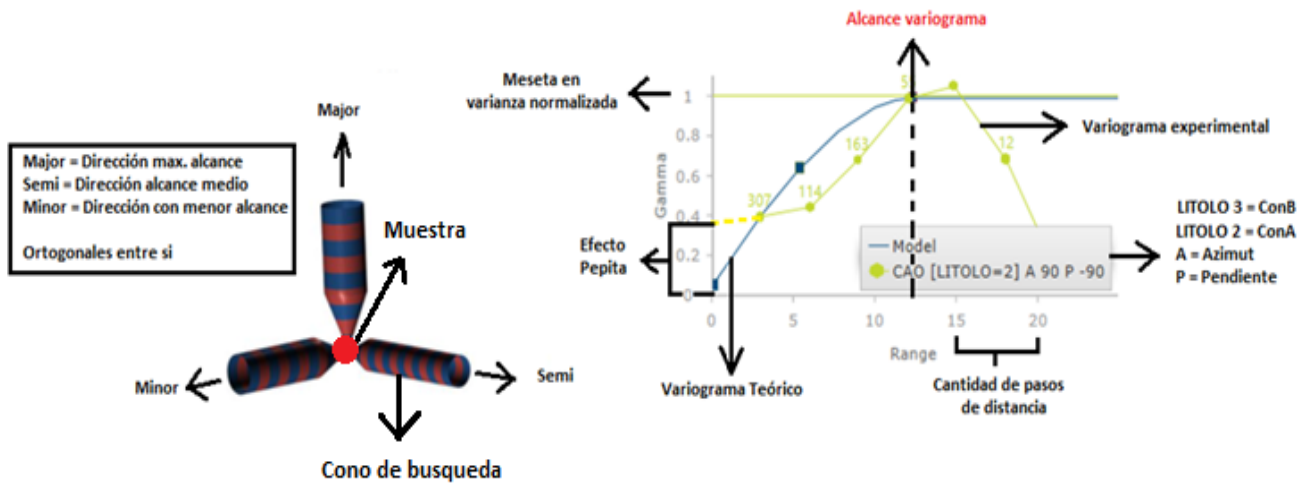


FIGURA 4.26 CARACTERIZACIÓN VARIOGRAMAS

Los variogramas experimentales y teóricos resultantes para cada caso, son presentados en las Figuras 4.27 - 4.32.

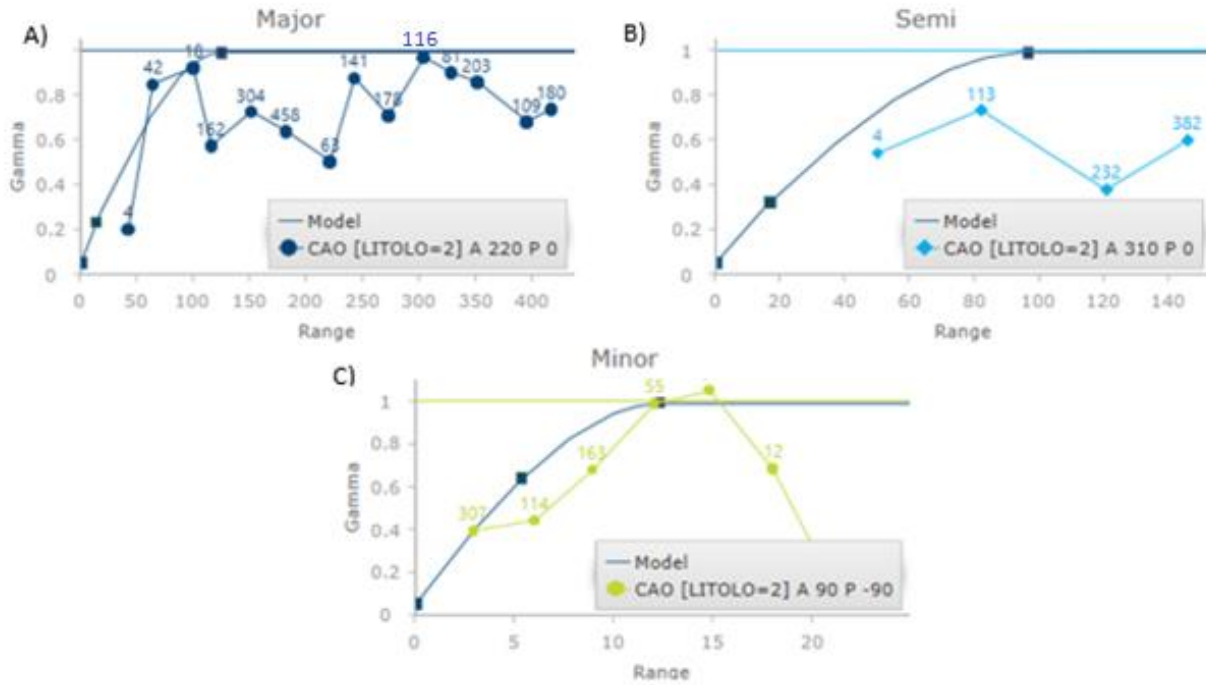


FIGURA 4.27 VARIOGRAMAS CAO PARA CONA

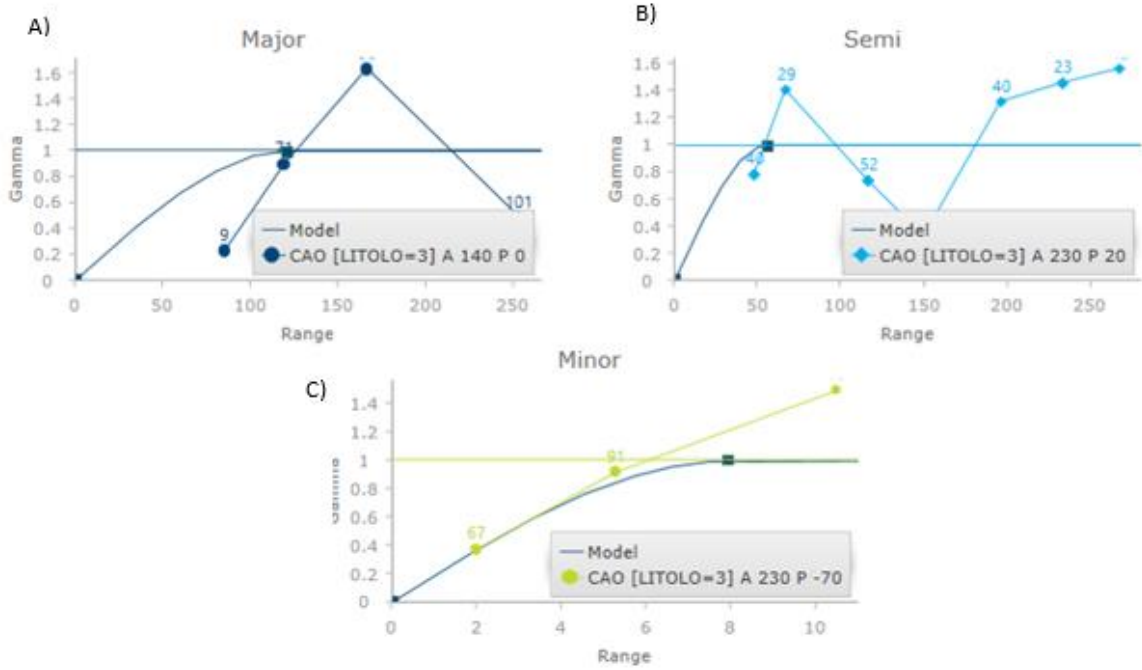


FIGURA 4.28 VARIOGRAMA CAO PARA CONB

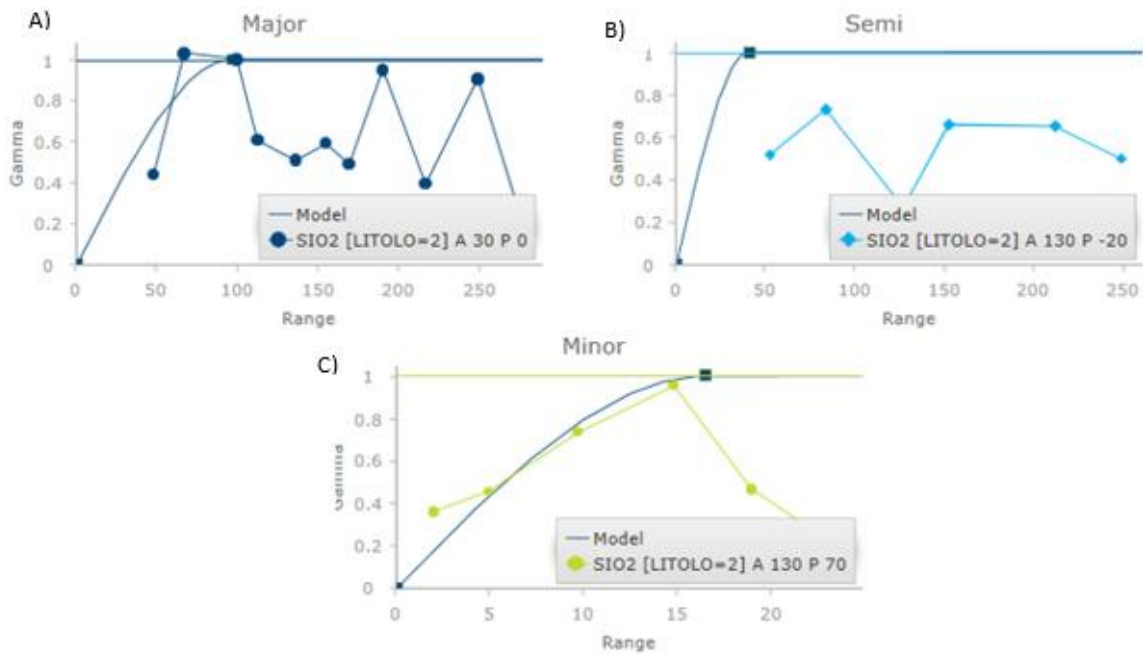


FIGURA 4.29 VARIOGRAMAS SIO2 PARA CONA

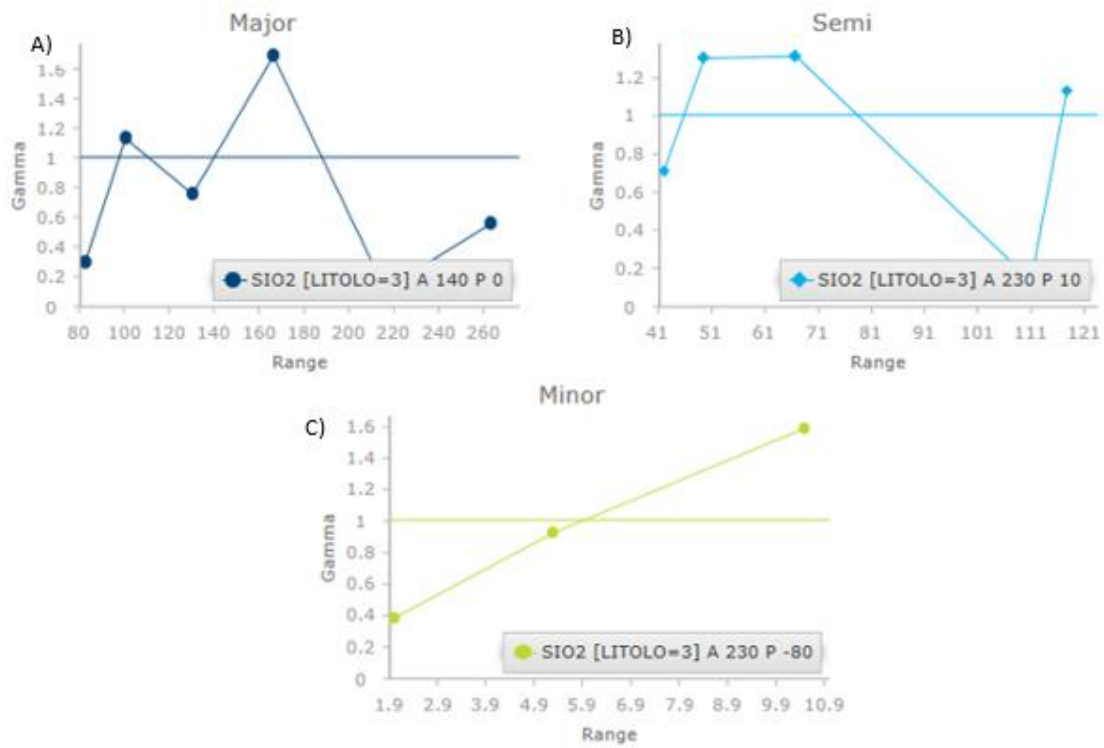


FIGURA 4.30 VARIOGRAMAS SIO2 PARA CONB

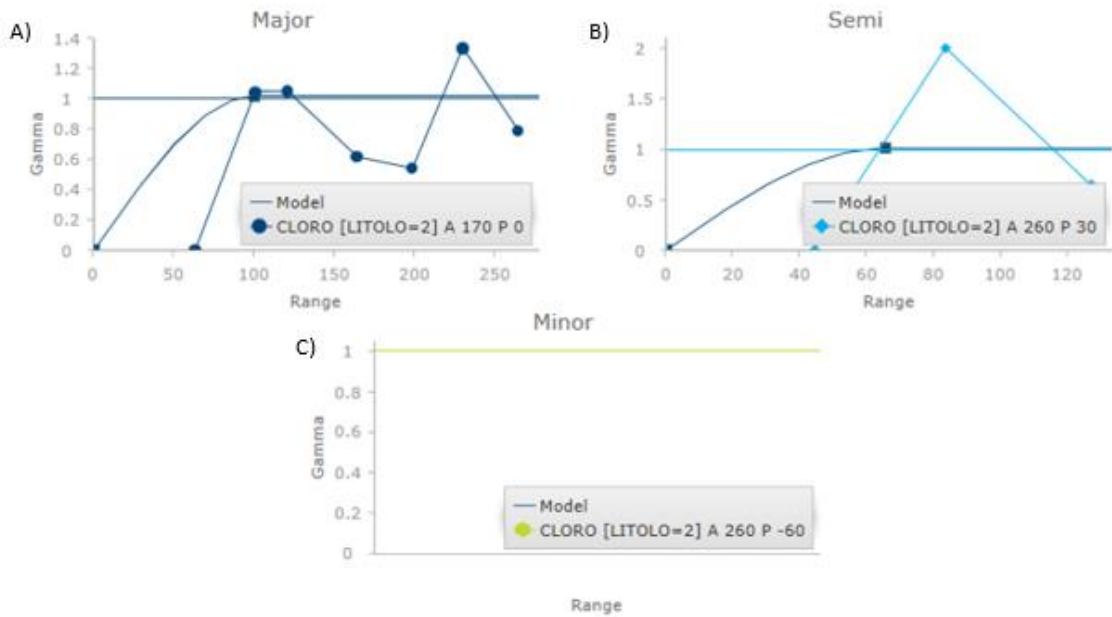


FIGURA 4.31 VARIOGRAMAS CL PARA CONA

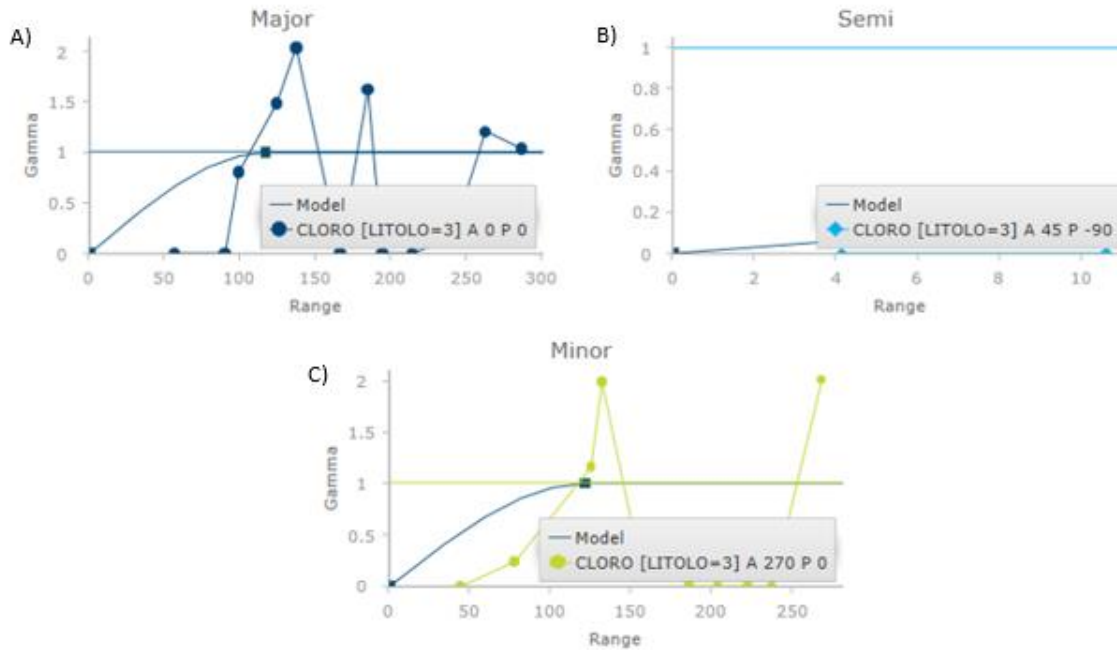


FIGURA 4.32 VARIOGRAMAS CL PARA CONB

La Tabla 4.8, presenta las características que definen a los variogramas en sus tres direcciones, estas propiedades representan los mejores variogramas encontrados para los compuestos químicos de interés, en ambas unidades geológicas (ConA y ConB).

TABLA 4.8 VALOR PARÁMETROS VARIOGRAMA

	CaO ConA			CaO ConB			SiO2 ConA			SiO2 ConB			Cl ConA			Cl ConB		
	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor
Dirección	230	310	90	140	230	230	30	130	130	140	230	230	170	260	260	0	45	270
Plunge	0	0	-90	0	20	-70	0	-20	70	0	10	-80	0	30	-60	0	-90	0
Lag size	30	37	3	60	37	6	22	43	5	33	12	6	33	30	60	20	20	9
Search radius	455	200	60	300	300	300	300	300	300	300	150	300	300	500	300	300	250	300
Lag offset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lag tolerance	15	18.5	1.5	30	14	3	11	21.5	2.5	16.5	6	4	16.5	0	30	10	10	4.5
Cone tolerance	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Azimuth tolerance	22.5	22.5	30	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Plunge tolerance	22.5	22.5	30	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Horizontal tolerance	100	100	30	100	100	20	100	100	100	100	100	30	100	100	50	100	100	50
Vertical tolerance	100	100	30	100	100	20	100	100	100	100	100	30	100	100	50	100	100	50

Donde cada parámetro del variograma mencionado, hace referencia a una característica específica en el cono de búsqueda del variograma, como se muestra en la Figura A.2 del capítulo de anexos.

Construidos los variogramas, y sus modelos esféricos ajustados, se presenta la Tabla 4.9, que resume los alcances de los radios de búsqueda para cada una de las tres direcciones, de los compuestos químicos en estudio, en ambas unidades geológicas.

TABLA 4.9 ALCANCES VARIOGRAMAS

	CaO ConA			CaO ConB			SiO2 ConA			SiO2 ConB			Cl ConA			Cl ConB		
	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor	Major	Semi	Minor
Alcances	120	100	12	120	60	8	110	50	16	100	50	6	100	70	X	120	X	120

Antes de comenzar el análisis de los resultados de los variogramas, es importante recordar que la malla de sondajes tiene aproximadamente una separación de 160 m como promedio, sin embargo, existen sectores de la malla donde la separación entre sondajes supera los 260 m, sobre todo en el norte del yacimiento. Ante estas distancias, se entiende que radios de búsqueda para las direcciones horizontales menores a 125 m aprox., generaría que quedarán bloques sin estimar y una gran cantidad de bloques que solo serían estimados por un sondaje únicamente, es decir, 125 m sería el alcance mínimo para realizar una estimación según *Kriking* Ordinario (Ko). En el eje vertical, el alcance no debería ser menor al largo del composito (2 m), ni mayor a la potencia de la litología respectiva (16 m en ConA Y 8 m en ConB), sin embargo, si no hay una gran variabilidad de leyes, puede exceder a la potencia, aunque obviamente no habrá muestras fuera del horizonte de carbonatos.

Es posible observar que, para el variograma de CaO en ConA, se obtiene un buen variograma en el eje Major con un alcance de 120 m (Figura 4.27.A). En el eje Minor (Figura 4.27.B) se observa variograma aceptable, pero con un evidente efecto pepita, estimando un alcance de 12 m. Sin embargo, para el eje Semi (Figura 2.27.C), el variograma es bastante pobre sin llegar a la meseta, aun así, se propone un alcance de 100 m sin un sustento sólido del variograma experimental. Recordando lo mencionado en el párrafo anterior, el valor de los alcances obtenidos para el eje Major y Semi, estarían dentro de los rangos límites no aceptables, sin embargo, el eje Minor presenta un alcance dentro de los rangos aceptables, es por esto, que la elaboración de un *Kriking* ordinario no cumpliría los objetivos planteados en este trabajo.

Para el caso de los variogramas de CaO en ConB (Figura 4.28), la interpretación es bastante similar, se obtienen buenos variogramas para el eje Major y Minor, con alcances de 120m y 8 m respectivamente, y al igual que para conchuela alta, un variograma muy pobre y con efecto pepita en el eje Semi, proponiéndose

un alcance de 60 m en esta dirección. Así, al igual que en ConA, se descarta la posibilidad de realizar un *Kriking* ordinario, debido a los bajos alcances de búsqueda y la falta de un variograma aceptable en el eje Semi.

Ahora, en los variogramas encontrados para SiO_2 , en ConA, se observa un variograma pobre en el Major (Figura 4.29.A), aunque es posible modelar el variograma y estimar un alcance de 100 m. El eje Semi (Figura 4.29.B), presenta un variograma muy malo que no llega a la meseta, estimando un alcance de 50 m. Para el eje Minor (Figura 4.29.C), se observa un muy buen variograma que nos otorga un alcance de 16 m. Es posible percibir que los variogramas nos otorgan resultados muy similares para el eje Major y Minor con el caso de CaO, lo cual tiene sentido según lo visto en las correlaciones entre estos dos elementos presentados en la estadística descriptiva. Para los variogramas de SiO_2 en ConB, tanto para el eje Major y Semi (Figura 4.30.A y 4.30.B), se tienen variogramas bastante pobres, obteniendo alcances de 100 m y 50 m respectivamente, sin embargo, para el eje Minor (Figura 4.30.C), se obtiene un variograma bastante decente, resultando un alcance de 6 m. Al igual que para ConA, los alcances son muy similares al caso de CaO en ConB, lo cual tiene sentido con las correlaciones entre estos elementos para esta unidad geológica. De esta información recopilada, es posible desprender que ante los bajos alcances obtenidos y los pobres variogramas resultantes, se descarta la posibilidad de realizar un Ko, también se percibe que la correlación presente entre SiO_2 y CaO, respeta de forma aproximada, los alcances obtenidos de los variogramas para estos dos elementos en cada unidad geológica.

Finalmente, En el caso del Cl en ConA, se observa un buen variograma en el eje Major (Figura 4.31.A), con un alcance de 100 m. Para eje Semi (Figura 4.31.B), se observa un variograma muy pobre, donde se propone una curva modelo que nos otorgaría un alcance de 60 m, y en el eje Minor (Figura 4.31.C), no se observa ningún variograma. Así, es posible desprender que estos variogramas son muy pobres, con alcances muy bajos sobre todo en el eje Semi, por lo cual se descartaría la estimación mediante un Ko en ConA. En ConB el escenario no es muy distinto, el eje Major (Figura 4.32.A) presenta un variograma bastante similar, con un alcance de 120 m, sin embargo, el eje Semi (Figura 4.32.B) resulta un variograma muy pobre que ni siquiera llega a la meseta, imposibilitando encontrar un alcance, ahora, en el eje Minor (Figura 4.32.C), se observa un buen variograma con un alcance de 120 m. Concluyendo de igual forma que para ConA, que ante el pobre variograma en el eje Semi, y los bajos alcances para los ejes Major y Minor, impediría la implementación de un Ko.

4.3.4 Criterios de estimación

Ya analizado los resultados de los variogramas para cada compuesto químico, es posible definir, según los alcances y pobres o nulos variogramas encontrados, que la aplicación de un Ko no sería representativa, dejando bloques sin estimar y otros que solo estarían estimados en base a un solo sondaje, contradiciendo los objetivos planteados por la planificación minera de este proyecto, que necesitan de una estimación a lo largo de todo el modelo para ambas unidades litológicas, así, se descarta la aplicación de un kiking ordinario, lo cual ya se preveía, debido a la poca cantidad de compositos generados en esta base de datos, esto se nota claramente en los pobres variogramas encontrados a lo largo de este análisis.

Excluyendo el kiking ordinario para la estimación de este trabajo, se propone la utilización del inverso a la distancia al cuadrado para estimar las variables en estudio. Los radios de búsqueda para la estimación de todas las variables en estudio serán respaldados en base a los variogramas útiles, y la distancia entre los sondajes, para así, tener una estimación que abarque el total de los modelos planteados en este trabajo, cumpliendo con los objetivos planteados por la planificación de este proyecto y poder representar la realidad de la mejor manera posible.

Para la estimación de CaO, tanto en conchuela alta y baja, para los ejes Major y Semi, al obtener en los variogramas alcances bajos, alrededor de 110m, se descarta utilizar estos alcances, y se define un alcance de 150m, de esta forma, la estimación contemplaría el total de ambos modelos. En el caso del eje Minor, los valores obtenidos en los variogramas serán respetados, ya que, además de ser variogramas buenos, tienen sentido con el espesor de estas dos unidades, 16 y 10 m aprox., utilizando un alcance de 12 m para ambas unidades geológicas (Al ser en ConB un radio mayor a la potencia del estrato, la estimación es limitado por la litología).

Para una eventual estimación de los contaminantes, representados por SiO_2 , los cuales no serán presentados en este trabajo, debido lo explicado previamente, se propone utilizar los mismos alcances propuestos para el CaO en ambas litologías, esto respaldado en función de las similitudes de sus variogramas y las correlaciones presentadas en la estadística descriptiva.

Para el caso del Cl, al presentar variogramas con alcances bajos, y pobres en ambas unidades, y ante el requerimiento de ser estimado en todo el modelo para el conocimiento de las zonas con alto contenido en Cl, también será estimado en función de inverso a la distancia al cuadrado, con los mismos alcances de CaO para ambas unidades, siendo la separación de los sondajes nuestro único argumento con un alcance en la vertical concordante con la estratigrafía.

En cuanto a la orientación del estimador ortogonal con inverso a la distancia al cuadrado, y en base a que el manto de conchuela es un estrato sub horizontal con manto aproximado norte sur, se utiliza una orientación N-S, E-W y vertical para las direcciones de cada rango de búsqueda. Así respetando la geología del yacimiento La Niña.

4.3.5 Modelo de bloques

Con los criterios definidos para realizar una estimación óptima del yacimiento, se procede a la construcción del modelo de bloques, que será el soporte para la estimación de nuestras variables en estudio. Las dimensiones del modelo de bloque se definen en función de la planificación minera del yacimiento La Niña, el cual considera bancos para el rajo de 5 m de altura, ante esto, el modelo de bloques que se construye para la estimación de recursos, se define con un tamaño de bloques de 20x20x5 m, con sub bloques de 5x5x1.25 m, para delimitar de mejor manera las irregularidades de las superficies de los modelos geológicos. La Figura 4.33 ilustra los modelos de bloques para ambas litologías.

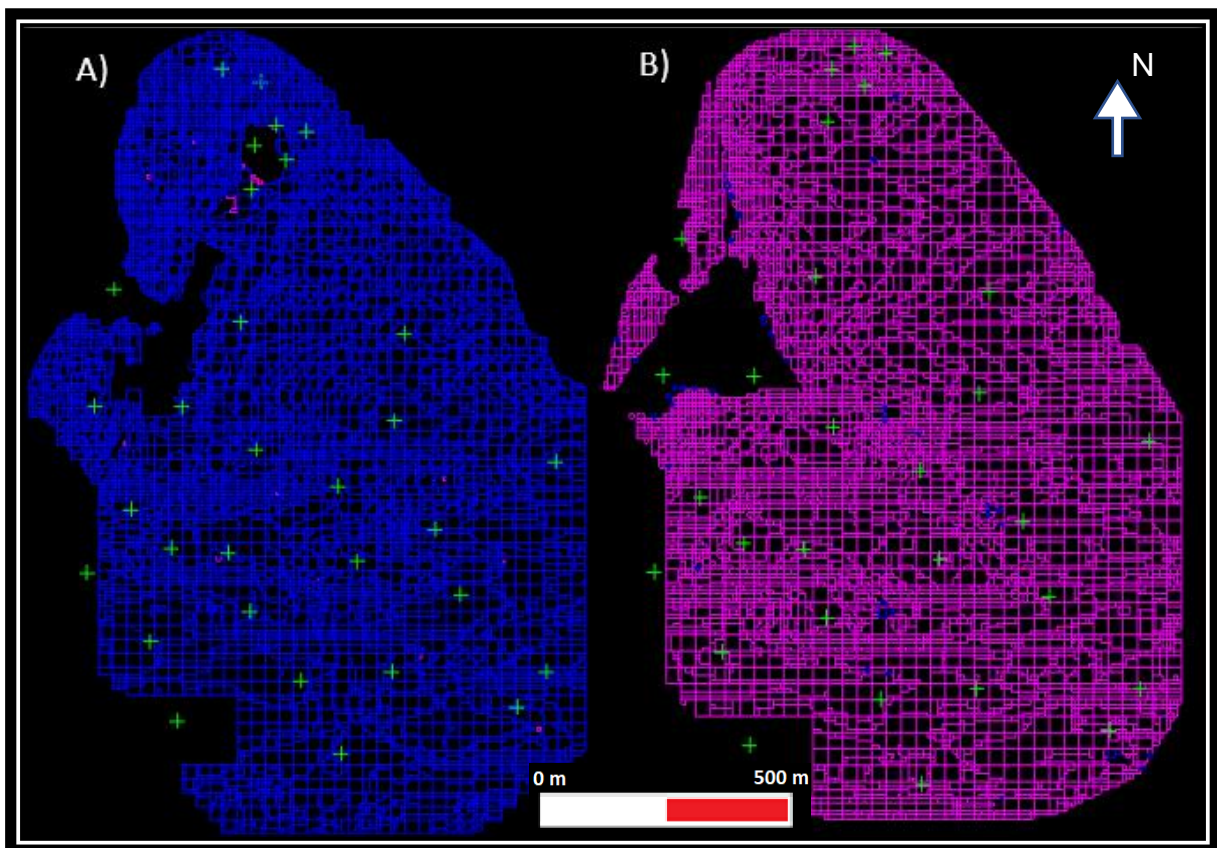


FIGURA 4.33 MODELO DE BLOQUES, CONA (A) Y CONB (B)

5. Resultados

5.1 Estratigrafía Local

La secuencia estratigráfica observada en la campaña de sondajes 2017, coincide con la ya conocida de la campaña anterior. Sin embargo, se han podido reconocer ciertos rasgos nuevos, no indicados anteriormente que pueden ayudar en las tareas mineras de explotación.

- **Escarpe Arcilloso**: Secuencia de capas de arcillas eólicas y una cobertura menor de areniscas verdes finas. El espesor del Escarpe, indicado por los sondajes que lo atravesaron en su totalidad, varía según los parámetros ya conocidos.
- **Conchuela de Alta Ley**: Inicia inmediatamente bajo el escarpe, con no más de 0,50 metros de “transición” de conchuela contaminada con arcillas verdosas. El espesor de esta conchuela ha sido estimado en la tabla 4.2 visualmente, y no por ello va a coincidir con lo que indiquen los análisis químicos. Es de notar que los mayores espesores aparentemente se dan también hacia el Suroeste del yacimiento Melón, engranando con las propiedades Mineras vecinas de Muñoz y Huidobro. Podemos decir que aproximadamente un 50 % de la conchuela de alta Ley es fina, blanca, del tipo arena de bioclastos, especialmente grandes paquetes de “Balanus” o picorocos triturados; mientras que el otro 50 % de da en paquetes acumulados con restos de conchuelas tipo moluscos bivalvos estilo “Pecten”. Rara vez ambos tipos de bioclastos se encuentran juntos, lo que habla de una diferenciación subacuática según las zonas de aquel antiguo mar Mioceno.
- **Conchuela de Baja Ley**: Transicionalmente hacia abajo, en el 100 % de los casos de los 13 sondajes, se ha observado una creciente contaminación con arcillas verdes relativamente plásticas rodeando a los bioclastos, las que a veces poseen también arenas finas (distinguibiles al tacto). Hubo sondajes que mostraron hasta 15 metros de aparente baja ley antes de cortar a las arenas verdosas estériles inferiores. Esto habla de una posible reducción de las Reservas Explotables (por baja Ley) calculadas para los Modelos anteriores.
 - **Sub-capa o Zona de acumulación horizontal de Pecten**: Es un rasgo geológico notable en varios de los sondajes por varios metros de espesor. Moluscos exclusivamente tipo Pecten se han acumulado horizontalmente y luego se han cementado.

- **Arenas Basales de Playa:** Subyacen a la conchuela de baja ley, estériles en $CaCO_3$. Fueron perforados hasta unos 5 metros para garantizar que no hubiese un resto de conchuela útil por debajo.
- **Granodiorita, Roca de Basamento o Batolito:** A pesar de no haber sido encontrado en ninguno de los sondajes, los afloramientos de esta roca plutónica antigua de la Cordillera de la Costa fueron mapeada con GPS dentro del Rajo La Niña Melón, para ser modelado geológicamente y delimitar de forma más certera la conchuela. Sin dudas su presencia por debajo de las conchuelas en la zona media de la actual faena de Melón es mayor que lo pensado, debido a que la campaña de sondajes 2001 tampoco la interceptó debido a la gran distancia entre aquellos pozos.

La Figura 5.1, muestra la columna estratigráfica del sector Sur del yacimiento La Niña, esta columna característica al yacimiento en su totalidad, solo con la diferencia que el espesor de la sobrecarga disminuye hacia el Norte.

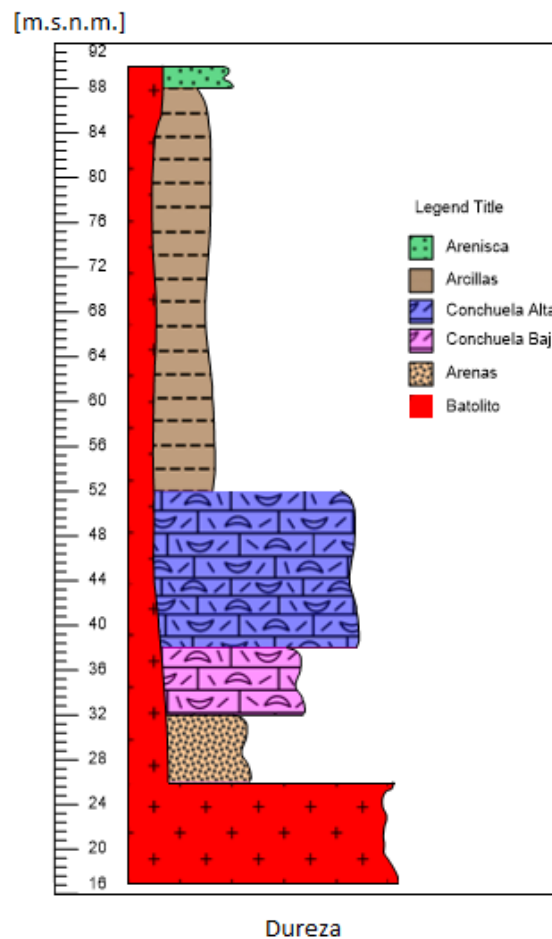


FIGURA 5.1 ESTRATIGRAFÍA YACIMIENTO LA NIÑA

5.2 Estimación del modelo de bloques.

Con nuestro modelo de bloques definido y construido, se tiene la base para la estimación de los recursos. Antes de realizar la estimación de recursos en el modelo de bloques, es importante dejar en claro ciertos puntos:

- La estimación se realizará con inverso a la distancia para las variables CaO y Cl, excluyendo los demás contaminantes, debido a su poca importancia en la producción de clinker.
- La estimación se realizará acotada a los modelos geológicos finales.
- Para una completa estimación de todo modelo geológico, el proceso estimativo considera 3 estimaciones o pasadas. La primera con radios de búsqueda de 150x150x12 m como se definió anteriormente, la cual nos indicaría los recursos medidos. Una segunda pasada ampliando los rangos de búsquedas al doble, llegando a 300x300x24 m, para así abarcar zonas distales (Recursos indicados). Finalmente se amplía el rango de búsqueda al máximo 1000x1000x50 m, para obtener de esta manera los recursos inferidos, es decir, bloques que no pudieron ser abarcados por las otras dos estimaciones (zonas más distales a sondajes).

Ya definido todos los criterios para nuestra estimación, se presenta en las Figuras 5.2 y 5.3 la distribución en planta de las concentraciones de CaCO₃ en ConA Y ConB respectivamente. Donde es posible percibir que las mejores leyes se concentran en la zona Centro-Sur del yacimiento, en ambas unidades, disminuyendo sus leyes hacia el E o zonas distales al batolito.

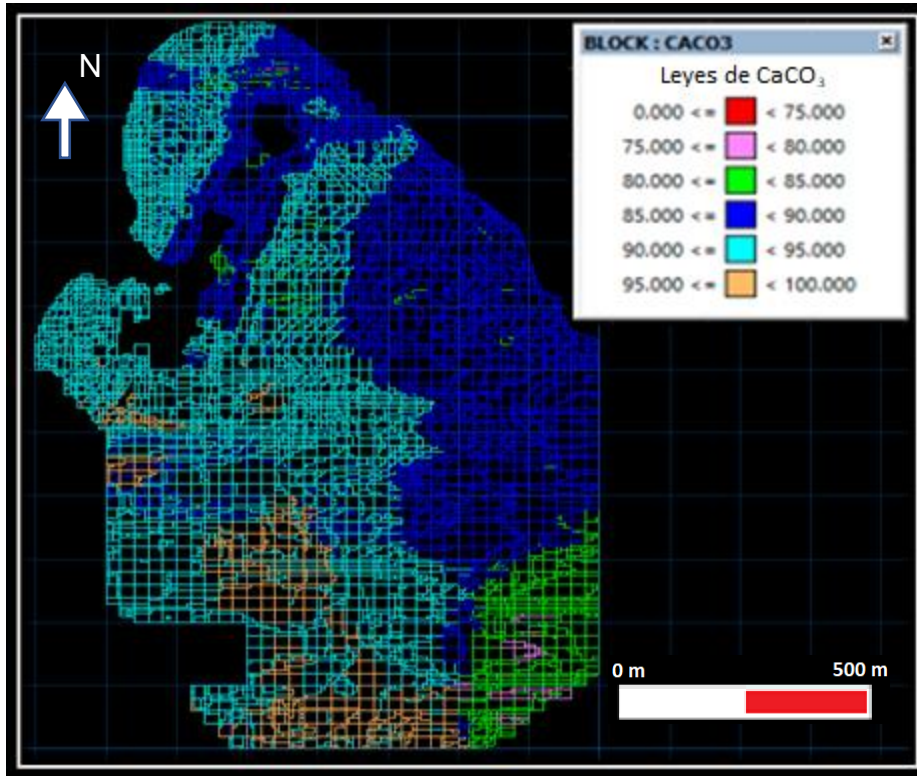


FIGURA 5.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CaCO₃ EN CONA, VISTA EN PLANTA.

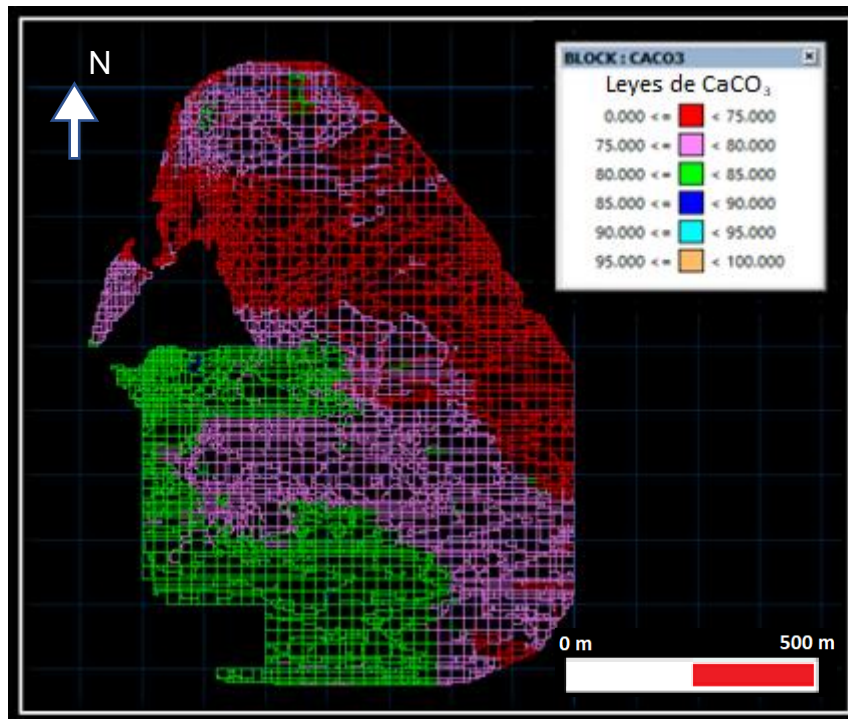


FIGURA 5.3 ESTIMACIÓN MODELO DE BLOQUES PARA CaCO₃ EN CONB, VISTA EN PLANTA

La Figura 5.4, presenta una vista en perfil para entender el comportamiento de la estimación en un modelo de bloques en profundidad, donde es posible observar una clara cercanía entre el valor estimado de CaCO3 para cada bloque (N° celeste) y la litología asociada al sondaje SC-02 desplegado con el valor del composito correspondiente (N° rojo). Esto sirve como validación visual del modelo de bloques estimado. También, es posible observar como los sub bloques nos ayudan a afinar los límites de la superficie de las unidades geológicas modeladas.

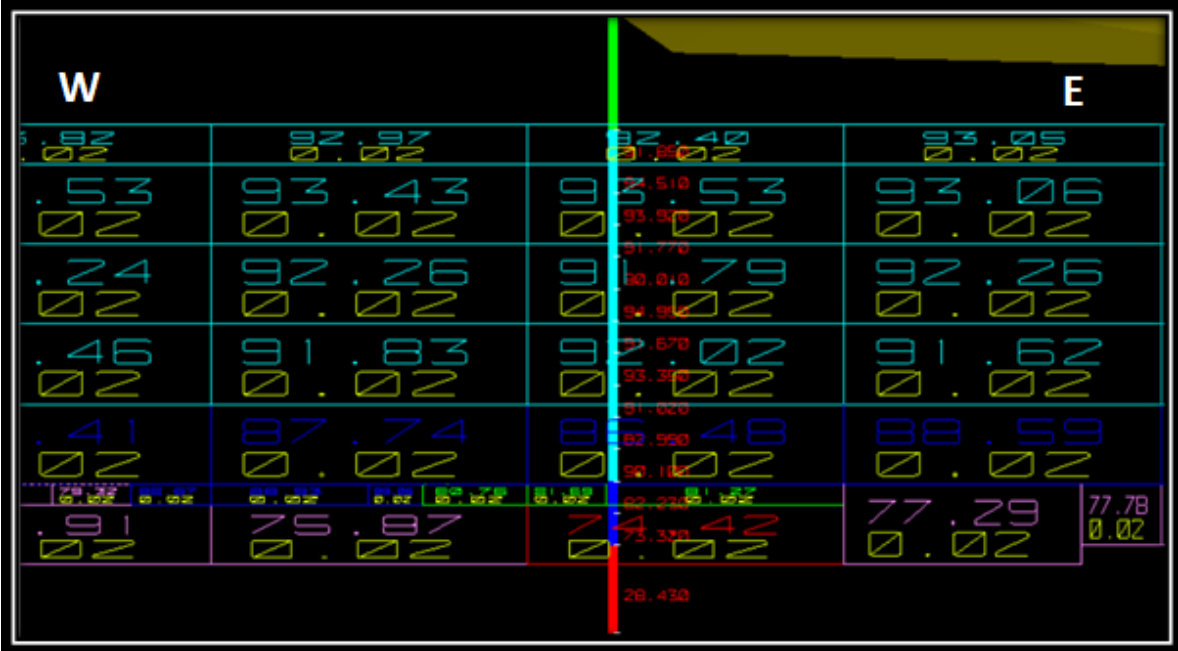


FIGURA 5.4 ESTIMACIÓN MODELO DE BLOQUES PARA CaCO3 Y Cl, VISTA EN SECCIÓN E-W

Para el caso de la estimación del Cl, tanto para ConA como ConB (Figura 5.5 y 5.6), se observa falta de información en el sector Norte del yacimiento, esto es debido a la ausencia de análisis de Cl en los sondajes Norte realizados en las campañas de sondajes anteriores, donde los análisis de Cl fueron errados. A esto se complementa, que solo 3 sondajes de los 13 de la campaña del 2017 arrojaron muestras con altos contenidos de Cl, los cuales se evidencian en las pequeñas zonas con altos contenidos de Cl.

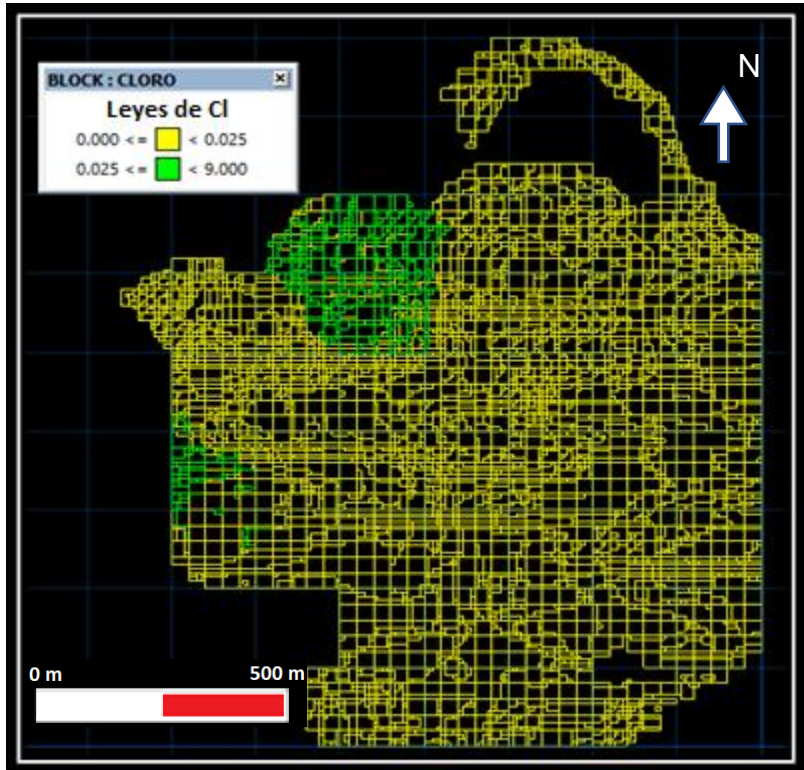


FIGURA 5.5 ESTIMACIÓN MODELO DE BOQUES PARA CL EN CONA, VISTA EN PLANTA

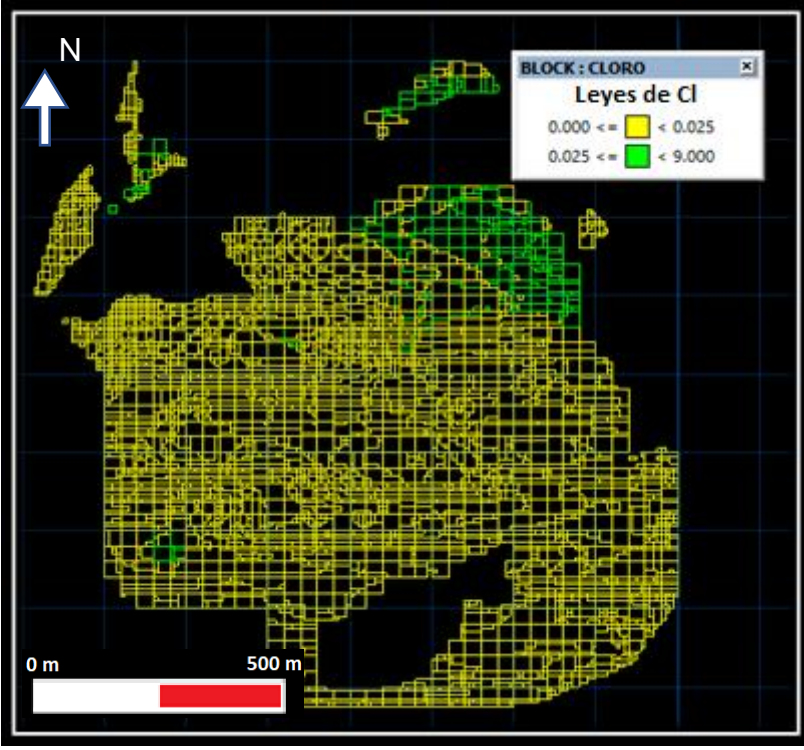


FIGURA 5.6 ESTIMACIÓN MODELO DE BLOQUES PARA CL EN CONB, VISTA EN PLANTA

La Figura 5.7, muestra el sondaje que tiene más compositos con altos contenidos de Cl (> 25 ppm), donde se observa que no existe una continuidad vertical de estas altas concentraciones, corroborando la suposición de que el Cl se presenta de forma aleatoria en el yacimiento, afirmación que es apoyada por la estadística descriptiva y variogramas realizados sobre la variable Cl. Sin embargo, es posible observar una muy buena similitud entre los valores obtenidos entre la estimación del modelo de bloque de la variable Cl, y los valores de las concentraciones de Cl de cada composito (N° rojo), lo cual nos da una validación visual de la estimación realizada.

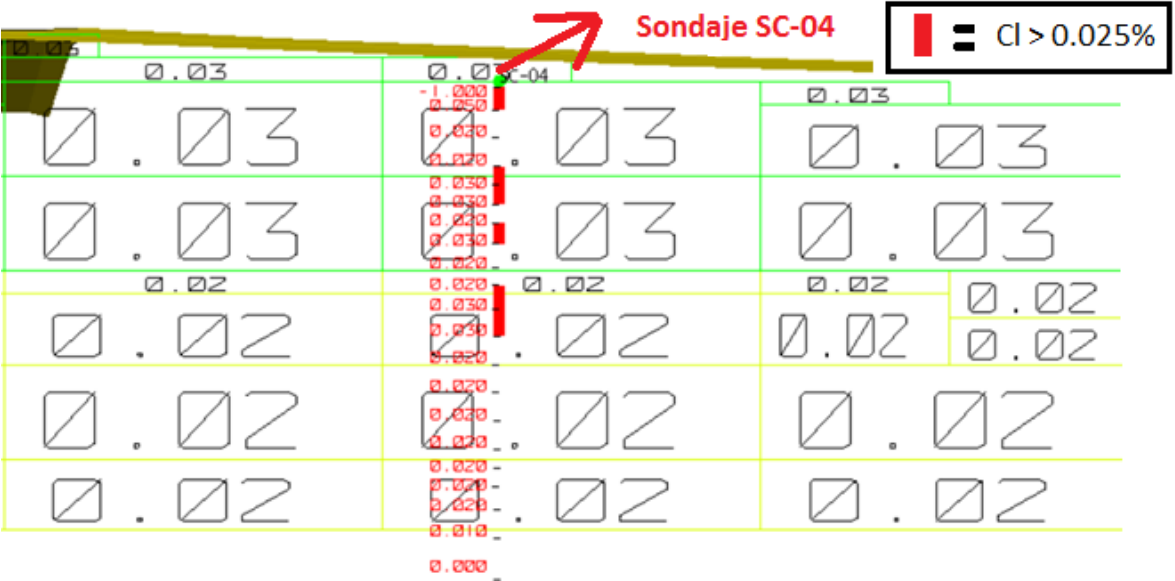


FIGURA 5.7 ESTIMACIÓN MODELO DE BLOQUES PARA CL, VISTA EN PERFIL E-W CON SC-04 DESPLEGADO

Finalmente, para conocer el grado de confiabilidad o categoría correspondiente a cada bloque, es decir, con que radio de estimación fue interpolado cada bloque, las Figuras 5.8 y 5.9 presentan la distribución de los boques pertenecientes a los recursos medidos, indicados e inferidos de $CaCO_3$ para ambas litologías. En ambas Figuras es posible observar que el 95% de los recursos estimados para ConA y ConB, corresponden a recursos medidos, por lo que, de aquí en adelante, todo cálculo de recurso expuesto se referirá a recurso medido.

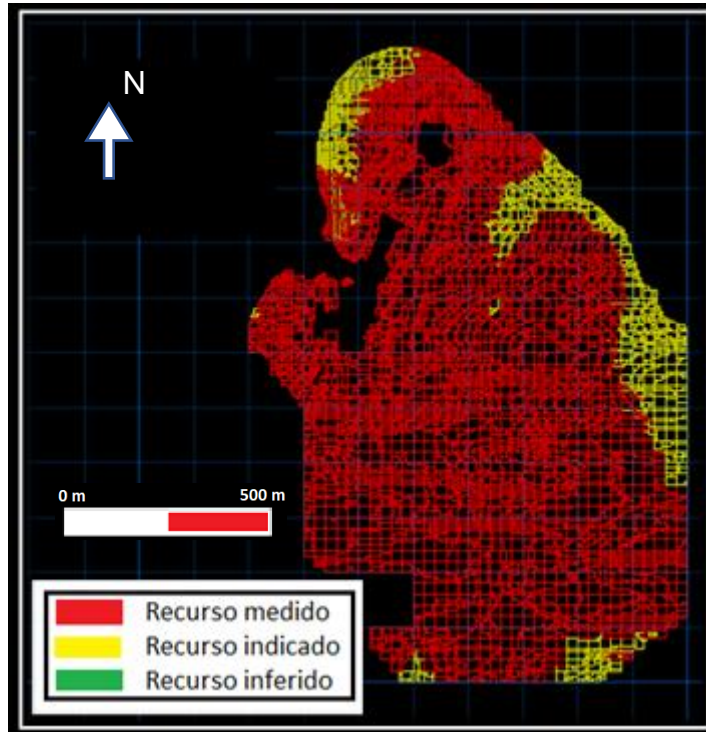


FIGURA 5.8 CATEGORÍA DE LA ESTIMACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES PARA CONA.

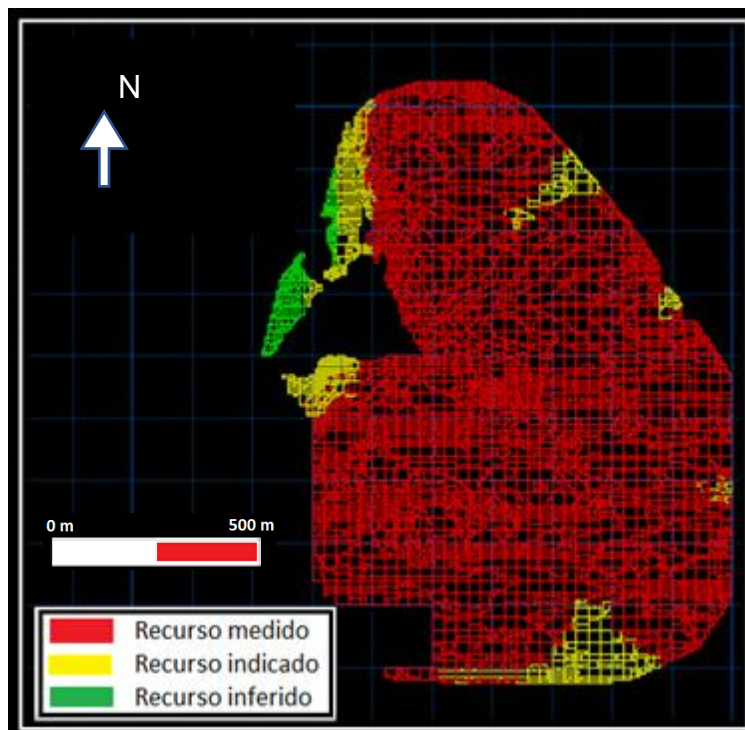


FIGURA 5.9 CATEGORÍA DE LA ESTIMACIÓN DEL MODELO DE BLOQUES PARA CONB

5.3 Validaciones estimación

La validación para la estimación de la variable CaO o $CaCO_3$, se realiza mediante un *Drift Analysis* en las tres direcciones de estimación (EW, NS y Vertical), y una Validación Cruzada. Para obtener una validación aceptable se espera que, para la validación mediante *Drift Analysis*, la estimación sea muy similar al gráfico que representa los datos del muestreo, y para la Validación Cruzada, tener resultados con una correlación lo más cercano al 100% posible.

Las figuras 5.10 – 5.12, presentan los análisis a la deriva para CaO en las tres direcciones. Los resultados muestran una gran similitud entre los dos gráficos para las 3 direcciones analizadas, lo cual nos indica que nuestra estimación es bastante sólida, y no tendría mayores desviaciones al compararse con los resultados de las muestras, de esta forma se corroboraría una buena estimación de la variable CaO .



FIGURA 5.10 DATA DRIFT CaO EN DIRECCIÓN N-S

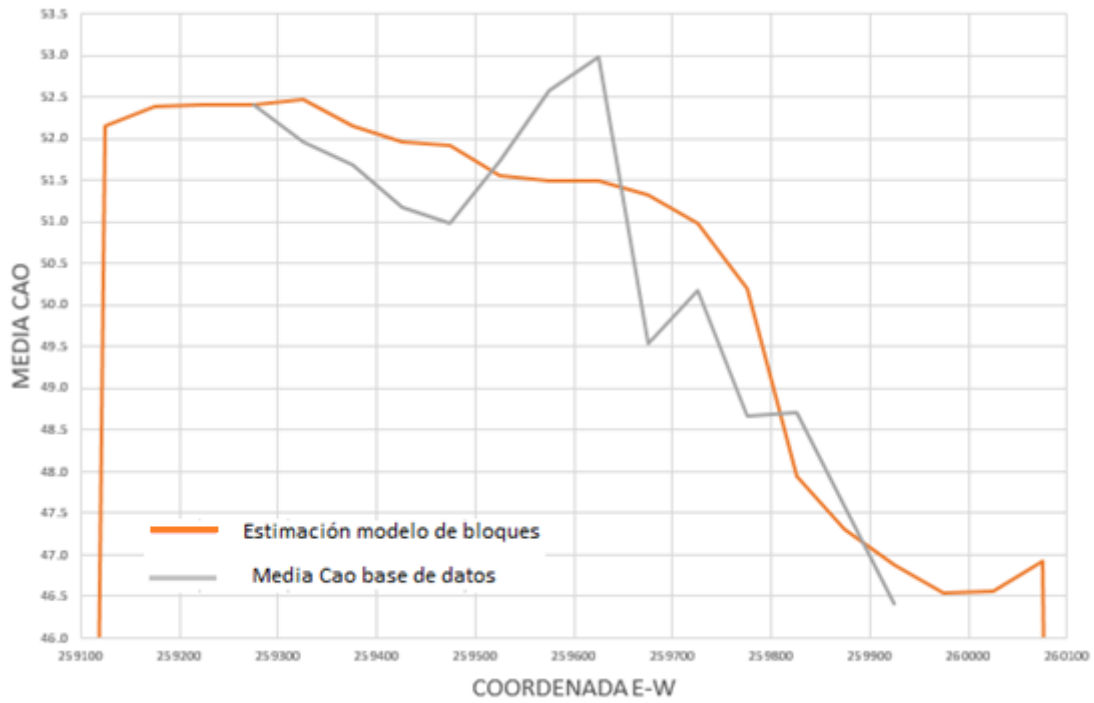


FIGURA 5.11 DATA DRIFT PARA CAO EN DIRECCIÓN E-W

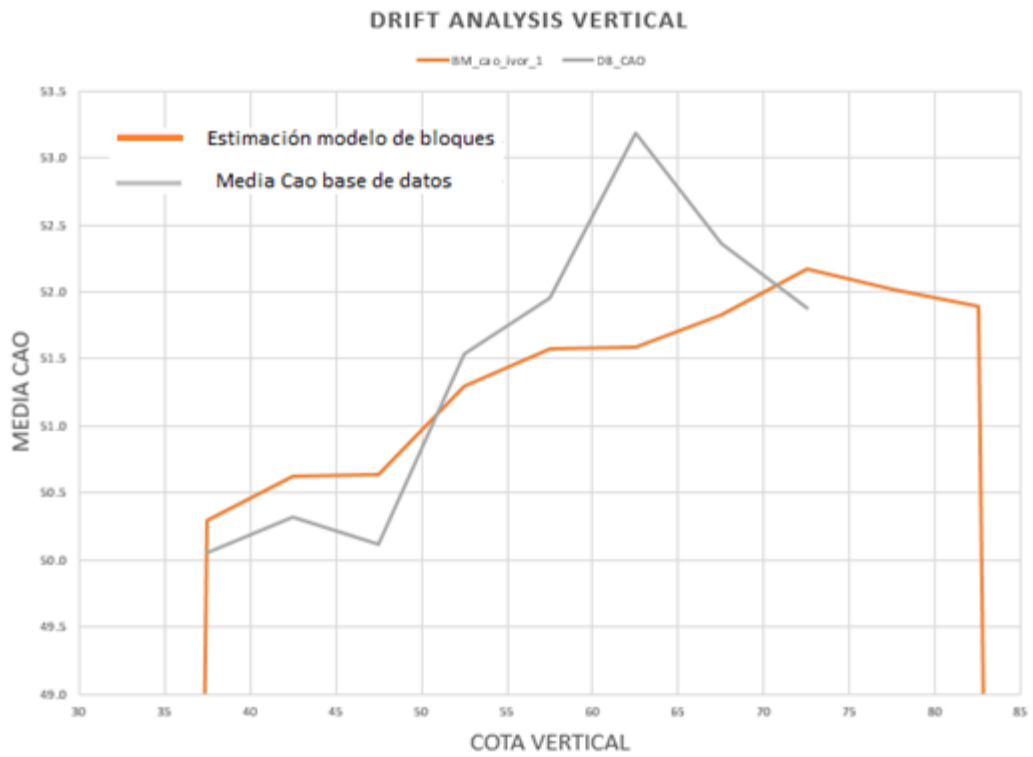


FIGURA 5.12 DATA DRIFT PARA CAO EN COTA VERTICAL

En cuanto a la validación cruzada presentada en la Figura 5.13, se observa una correlación del 73% entre la estimación y el valor real medido para cada composito. Así, mediante este método se corroboraría que la estimación representa con una confiabilidad aceptable en relación con los datos obtenidos del análisis de Fluorescencia de Rayos X de CaO de todos los compositos medidos.

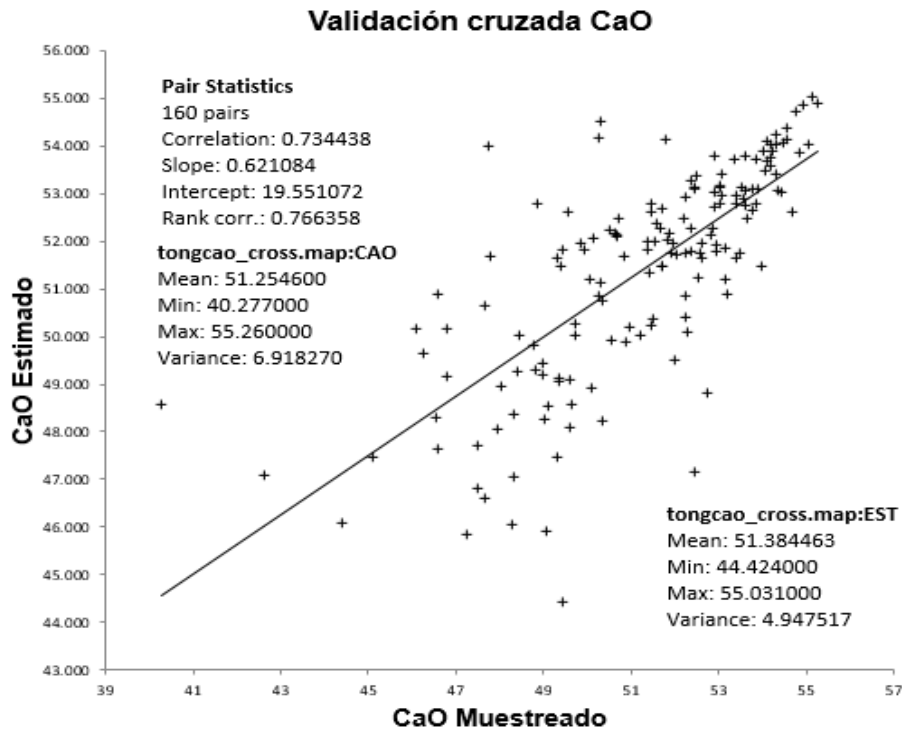


FIGURA 5.13 VALIDACIÓN CRUZADA PARA CAO

En cuanto a la validación del Cl, al observar que su distribución es de forma aleatoria, y que su estimación fue realizada en función de la distribución de los sondajes, y no de sus variogramas bastante pobres, deberían observarse validaciones bastante malas. Así, el comportamiento del Cl no responde a una distribución espacial homogénea, si no, a un comportamiento aleatorio del tipo “efecto pepita puro”. Ante la necesidad de conocer las zonaciones de este elemento dentro del yacimiento en su totalidad, esta estimación no representaría bien las concentraciones de Cl en todo el yacimiento, siendo los bloques más cercanos a los sondajes con altos contenidos en Cl, los mejores representados por esta estimación. Por esta razón, no se presentará una validación del contaminante Cl, ya que evidentemente su validación carece de veracidad.

5.4 Cálculo de recursos

El cálculo recursos de $CaCO_3$, que se hace a partir de la estimación según el modelo de bloques definido, será realizado tanto para ConA como ConB, aun cuando ConB no es económicamente rentable (baja ley y distante a la planta de fabricación), sin embargo, es utilizada para mezclarla con ConA, y así disminuir las concentraciones de a un nivel óptimo para la fabricación de clinker.

Para el cálculo de estimación de recursos para la unidad geológica ConA y ConB, se utilizó una densidad uniforme 2 kg/dm³, el cual fue medido varias veces en laboratorio y usada oficialmente por la empresa Cementos Melón SA. El cálculo de recursos o recursos medidos se obtiene como la sumatoria de todos los bloques modelados, obteniendo de esta forma la curva Tonelaje- Ley para ConA (no para ConB debido a la limitada utilidad en la fabricación del clinker), y una tabla resumen, con las toneladas finales de ConA y ConB.

La Figura 5.14 presenta la curva tonelaje-ley para $CaCO_3$. Para un correcto entendimiento, si quisiéramos saber cuántas toneladas de ConA existen con Ley media del 92% de $CaCO_3$, nos ubicamos en el punto A y nos desplazamos horizontalmente hasta interceptar la curva Ley (punto B). Ahora, verticalmente desde punto B se intercepta la curva Tonelaje en el punto C, donde las toneladas resultantes corresponderían a la coordenada Y de este punto, es decir, nos desplazamos hacia el punto D obteniendo 12.3 millones de toneladas. Si quisiéramos saber la ley de corte, esta sería la coordenada X del punto C o B, es decir, nos desplazamos hacia el punto E, resultando una ley de corte del 86.5%.

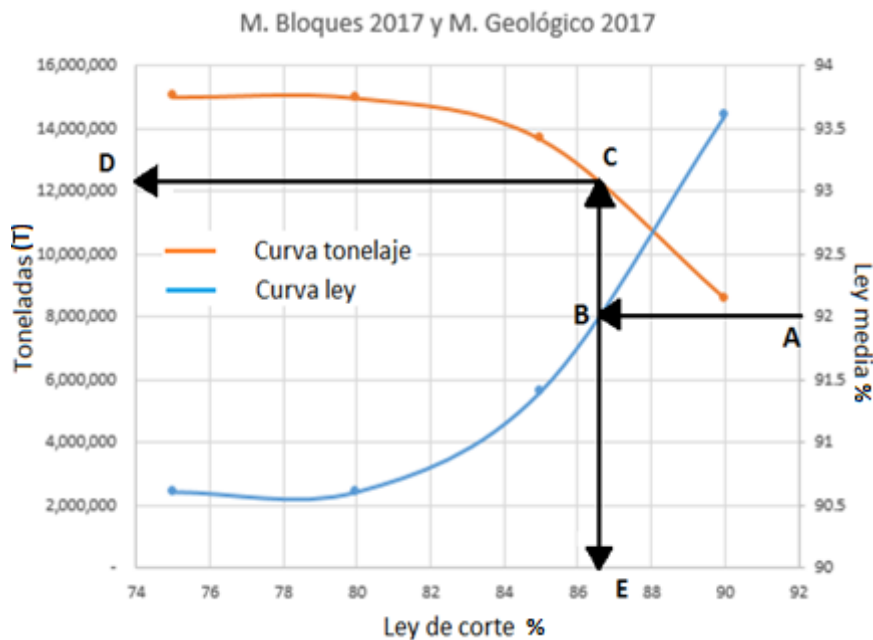


FIGURA 5.14 CURVA TON-LEY $CaCO_3$, PARA CONA

La tabla 5.1, nos muestra las toneladas correspondientes a ConA y ConB, donde resulta que las toneladas presentes en la unidad geológica Conchuela de alta ley, es de 15.02 millones de toneladas, con una ley media del 90.6%. Para Conchuela de baja ley, se obtienen 13.9 millones de toneladas con una ley media del 75.3%, resultando un total de 28.94 toneladas de conchuela. Sin embargo, ante el requerimiento por parte de Cementos Melón SA. de una ley media del 92% aproximadamente en La Niña para una eficiente producción de clinker, la Fig.23 como se mencionó en el párrafo anterior, indica que para obtener una ley media del 92% en ConA, se necesita un *cutoff* del 86,5%, donde obtendríamos un recurso de 12.3 millones de toneladas de $CaCO_3$.

En la práctica, para alcanzar estas leyes, sectores con leyes > al 92%, son mezclados en el día a día de la faena con conchuela de baja ley, para así, enviar camiones cargados con producto lo más homogéneo (poco variable) posible, de esta forma se mejora el uso de esta materia prima para la fabricación de un clinker uniforme.

TABLA 5.1 RESUMEN TONELADAS FINALES CONA Y CONB

	% $CaCO_3$	Toneladas
ConA	90.6	15,023,673
ConB	75.3	13,919,963
Total	83.24	28,943,636

6. Discusiones

6.1 Comparación Modelo Geológico SIGA (2005)

En el año 2005, la consultora SIGA, elaboro el modelo geológico y estimación de recursos utilizados previamente a este trabajo, en el cual obtuvieron un resultado final de 17 millones de toneladas de Conchuela de Alta Ley aproximadamente. Sin embargo, al realizar su cálculo de recursos, consideraron un límite de propiedad minera distinto al utilizado en este trabajo, esta diferencia de límites corresponde a que SIGA considero la propiedad minera Fresia indicada en la Figura 6.1.B, dentro de su modelo y cálculo de recursos. Otra diferencia evidente que considerar es la existente entre las superficies topográficas del 2005 y 2017 con las cuales se limitó el modelo de bloques para los cálculos de recursos respectivos. La clara diferencia en topografía es debido al transporte de material propio que tiene el yacimiento La Niña debido a su explotación durante el transcurso de estos 12 años.

Para una correcta comparación de los modelos geológicos y recursos calculados en este trabajo con los obtenidos por SIGA el año 2005, es necesario limitar el modelo geológico y estimación de modelo de bloques de SIGA, a la misma topografía y límites de propiedades minera-agrícolas que se utilizaron en este trabajo, es decir, a la topografía actual y las propiedades minera-agrícola actuales (sin considerar propiedad minera Fresia). Estos modelos actualizados se presentan en las Figura 6.1 y 6.2 para ambas litologías.

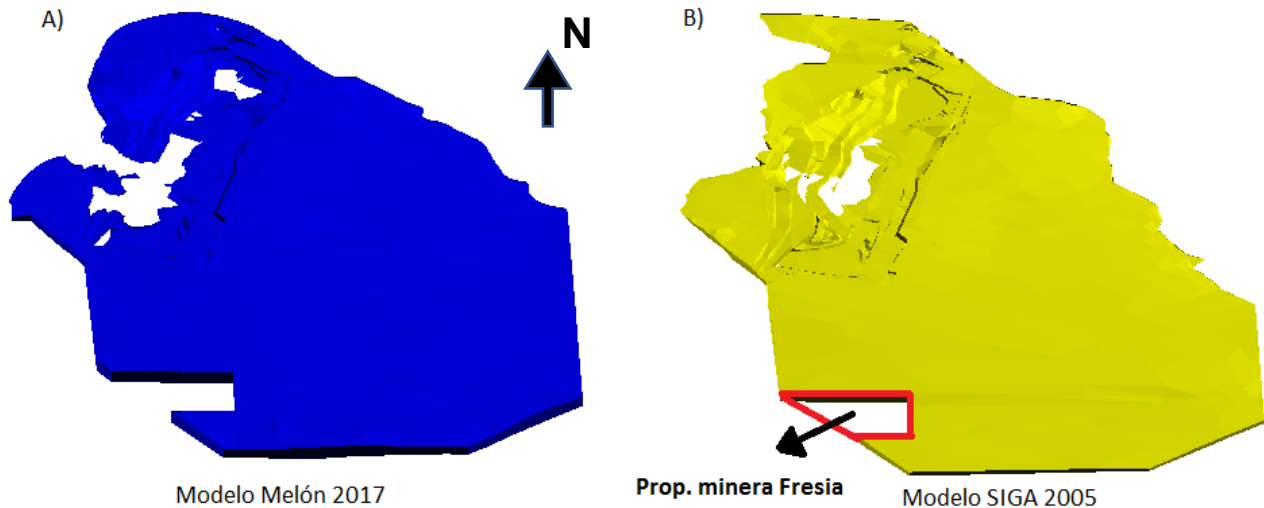


FIGURA 6.1 MODELOS GEOLÓGICOS PARA CONA MELÓN 2017 Y SIGA 2005, 3D.

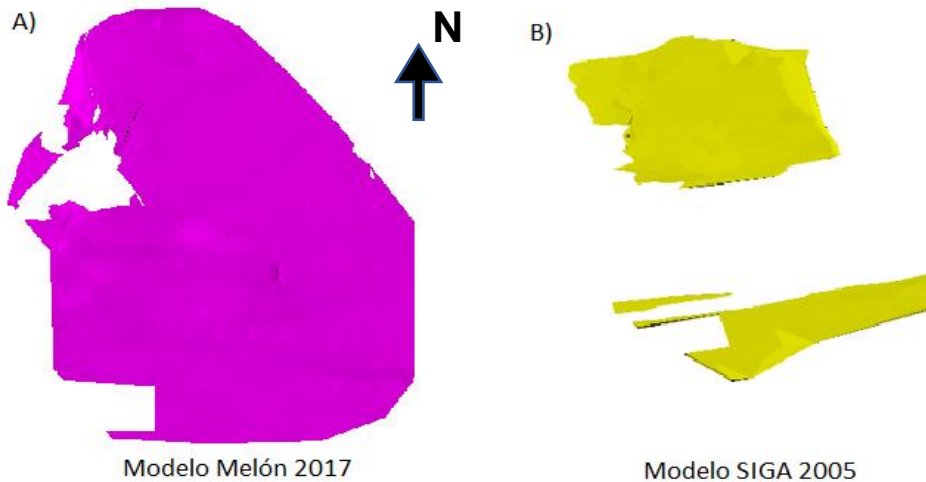


FIGURA 6.2 MODELOS GEOLÓGICOS PARA CONB MELÓN 2017 Y SIGA 2005

Las principales diferencias, entre la elaboración del modelo geológico generado por SIGA y el modelo generado en este trabajo, se deben principalmente al aumento en la densidad de sondajes, lo cual se evidencia en la clara diferencia existente entre los modelos geológicos para ConB observados en la Figura 6.2, y al nuevo modelo del Batolito elaborado en este trabajo (aumentando su superficie), reduciendo el volumen de ConA en el sector N-W (Figura 6.1).

Las diferencias morfológicas entre ambos cuerpos modelados se presentan en la Figura 6.3, donde es posible observar las desigualdades que existen en sus techos y bases.

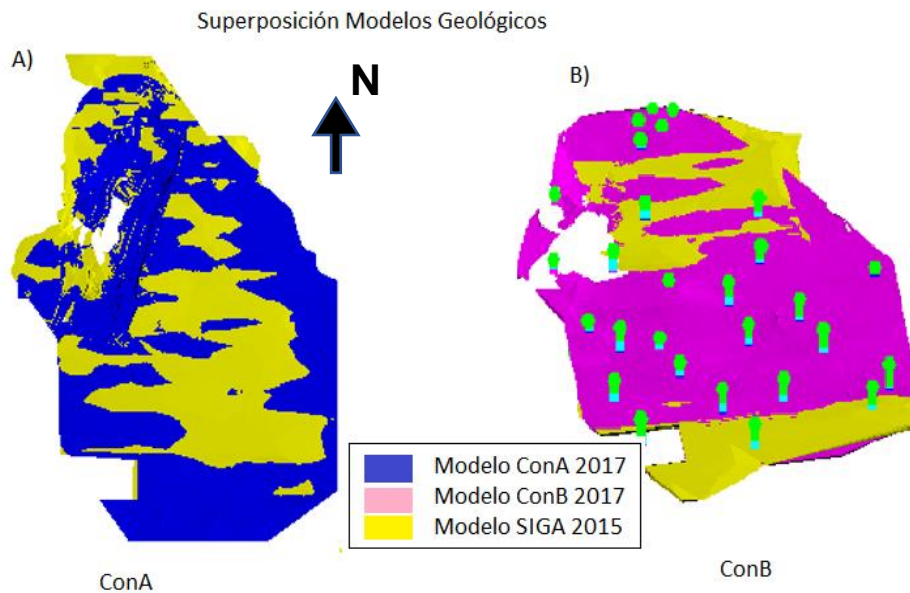


FIGURA 6.3 MODELOS GEOLÓGICOS SUPERPUESTOS, MELÓN 2017 Y SIGA 2005, 3D.

En la Figura 6.3.A, es posible observar las discrepancias entre las superficies de ConA, esto es debido a las diferencias en la elaboración de las secciones cuando se modela el sólido, como se muestra en la Figura 6.4.

En cuanto a las diferencias de modelos geológicos para ConB (Figura 6.3.B), el modelo geológico SIGA 2005, se corta a la mitad en ConB norte y ConB sur, esto se debe a la falta de interpretación entremedio producto de la falta de sondajes. Con la nueva campaña de sondajes 2017 se tiene más información del techo y piso de ConB, pudiendo definir la continuidad norte – sur de la misma.

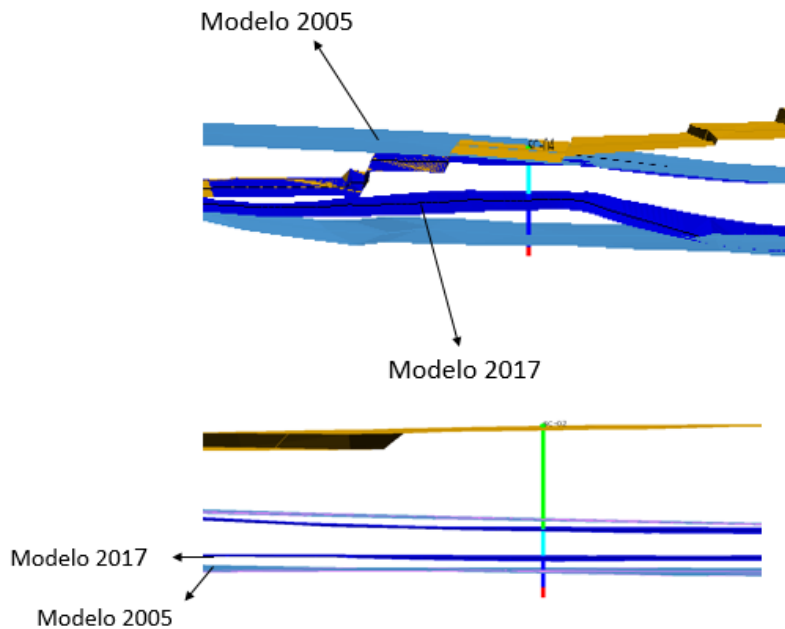


FIGURA 6.4 DIFERENCIA SUPERFICIES ENTRE MODELOS MELÓN 2017 Y SIGA 2005, PERFIL E-W

La razón de estas diferencias es que el modelo nuevo tiene mucho mejor definido los límites del sólido, debido a que posee una mayor densidad de datos, el cual fue el objetivo de la campaña de sondajes del 2017. Por tanto, el modelo generado en este trabajo es mucho más preciso que el de SIGA 2005, y representa la realidad de mejor manera.

6.2 Comparación estimación SIGA (2005)

Ahora, respecto a la comparación de recursos, para un correcto contraste de los resultados, como se mencionó anteriormente, el cálculo de recursos de SIGA, tanto para ConA como para ConB, fue obtenido a partir de la estimación del modelo de bloques elaborado el año 2005, pero limitado a la topografía y propiedad minera - agrícola actuales, recalculado los recursos del modelo de bloques antiguo, de igual forma como se hizo para obtener los recursos del modelo de bloque realizado en este trabajo. Estos resultados son presentados con una curva Tonelaje-Ley para ConA (Figura 6.5), y una tabla con las toneladas finales para ConA y ConB (Tabla 6.1).

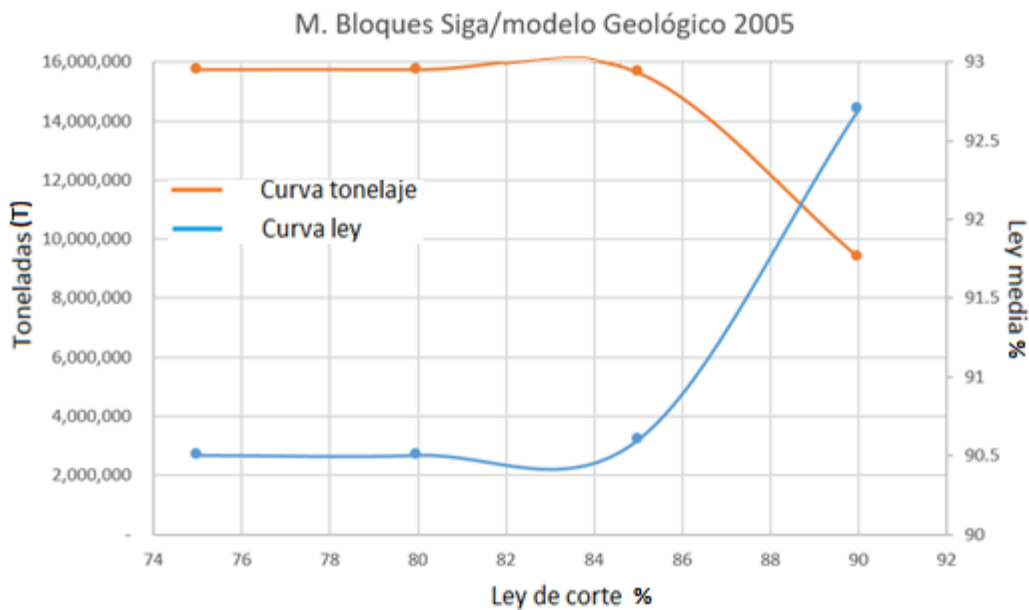


FIGURA 6.5 CURVA TONELAJE-LEY CaCO3 EN CONA, SIGA 2005

TABLA 6.1 RESUMEN TONELADAS FINALES DE CONA Y CONB PARA SIGA 2015

SIGA 2005	% CaCO3	Toneladas
ConA	90.5	15,729,808
ConB	76.4	3,307,708
Total	88.05	19,037,516

Según la estimación de recursos recalculada para el modelo de bloques de SIGA 2005, resulta que ConA tiene 15,7 millones de toneladas con ley media de 90.5% de $CaCO_3$. Ahora, según esta estimación de recursos, la curva Tonelaje- Ley (Figura 6.5), arroja para una ley optima media del 92% con ley de corte del 88,5% de $CaCO_3$, una cantidad de recursos de 11.6 millones de toneladas.

La tabla 6.2, presenta la comparación final entre el cálculo de recursos de SIGA 2005 y Melón 2017, de las toneladas existentes en ConA para ambos modelos geológicos, tanto para ConA total, o sea, ley de corte 80% debido a que con esta ley mínima fue definida ConA (Tabla 6.2.A) como para las toneladas con ley optima media del 92% (Tabla 6.2.B)

TABLA 6.2 COMPARACIÓN TONELADAS CONA PARA AMBAS ESTIMACIONES DE RECURSOS

A)

Cutoff 80%	% $CaCO_3$	Toneladas
ConA 2005	90.5	15,729,808
ConA 2017	90.6	15,023,673

Diferencia	-706,135
------------	----------

B)

Media 92%	Cutoff	Toneladas
ConA 2005	88.5	11,600,000
ConA 2017	86.5	12,300,000

Diferencia	700,000
------------	---------

Finalmente, el cálculo de reservas a partir de la estimación del modelo de bloques realizado en este trabajo disminuiría en 0.7 millones de toneladas los recursos de Calizas de alta ley respecto al modelo geológico anterior, sin embargo, ante el requerimiento de una ley del 92% para una óptima fabricación del clinker, es posible apreciar que ocurre un aumento de 0.7 millones de toneladas de recurso con respecto al modelo antiguo. La disminución de toneladas presentes en ConA, se debería a un batolito que fue re modelado con una mayor superficie irregular. Por otro lado, el aumento en las toneladas con ley media de 92%, se debe a las altas leyes encontradas en la campaña de sondajes 2017 que se concentró en el sector centro- sur del yacimiento, lo que provocó un aumento en la concentración de $CaCO_3$ en los bloques al ser re evaluados.

7. Conclusiones

La Niña es un yacimiento de CaCO_3 (95-99% CaCO_3), que tiene como componente principal un estrato sub horizontal (5° SE de manteo) de origen bioclástico marino, con una potencia que va desde 20 a 25 m, perteneciente a la Formación Coquimbo.

Se reconoce una estratigrafía que desde techo a base presenta una capa de arcillas o sobrecarga que da forma la topografía, con un espesor que va desde los 0 m a 40 m en el yacimiento. Subyacente a las arcillas, se encuentra el manto calcáreo o coquina, donde se reconocen dos niveles diferenciados por sus utilidades en la producción de clinker, uno superior de alta ley ($> 80\%$ de CaCO_3), con una potencia media de 16 m, y un nivel inferior de baja ley ($< 80\%$ de CaCO_3), con una potencia aproximada de 6 m. Subyacente al manto calcáreo, se encuentran las arenas estériles en CaCO_3 , la cual no tiene definida su base y por ende su potencia. Finalmente, como base del yacimiento tenemos al batolito que aflora en el NW del yacimiento.

Se aumenta la cantidad de información recopilada en el yacimiento La Niña, producto del aumento en densidad de sondajes, donde se redujo una distancia promedio entres sondajes de 280 m a 160 m aproximadamente,

En base a los contactos litológicos resultantes de las campañas de sondajes antiguas y 2017, mapeo del contacto litológico y batolito al interior del rajo, se ha podido elaborar los modelos geológicos de Conchuela Alta, Conchuela Baja y Batolito, a partir de perfiles geológicos realizados cada 30 m en la dirección N y cada 60 m en la dirección S.

A partir de herramientas geoestadísticas (inverso a la distancia al cuadrado) sobre los datos de los análisis químicos realizados en las muestras obtenidas en la campaña de sondajes 2017 y anteriores, se ha podido determinar la distribución espacial de las variables CaCO_3 y Cl en el manto calcáreo perteneciente al yacimiento La Niña.

Conocer la distribución espacial de CaCO_3 , ha permitido calcular un recurso medido para ConA de 15.02 millones de toneladas con una ley media del 90.6%, para ConB se obtienen 13.9 millones de toneladas con una ley media del 75.3%, resultando un total de 28.94 toneladas de conchuela. Ahora, para una ley media optima del 92% en ConA, resultan 12.3 millones de toneladas con una ley de corte del 86,5% de CaCO_3 .

Al comparar el cálculo de recursos con el realizado con la consultora SIGA 2005, se observa una pérdida de 700 toneladas en ConA, producto del aumento de volumen del batolito modelado en este trabajo, sin embargo, los recursos para una ley media optima del 92% de CaCO_3 en ConA, aumentan en 700 toneladas, esto se debe a las altas leyes encontradas en la campaña de sondajes 2017, lo que provocó un aumento en la concentración de CaCO_3 en los bloques al ser re evaluados.

En cuanto a la problemática del Cl, las concentraciones de este elemento se localizan en áreas proporcionalmente reducidas y son susceptibles de manejo durante la explotación minera, mezclando estas zonas de elevadas concentraciones con zonas reconocidas con niveles bajos en Cl.

Desde el punto de vista práctico, a raíz de este trabajo, se podrá entregar a los jefes de faena planos (en Auto CAD) de los diferentes niveles de explotación, con las leyes esperables sector por sector, que funcionaría como herramienta de control químico de la conchuela para una correcta explotación, garantizando precisión en el control de esta.

Como recomendación, sin dudas, otra pequeña campaña de sondajes en unos 7 años más será necesaria para cubrir el sector Sur - Sur del Rajo, puesto que, para la campaña que terminó, no hubo recursos económicos suficientes como para abarcar esa área distal. Por otro lado, se propone utilizar métodos de "micro-minería" (ataque a pequeños sectores con maquinaria de pequeño porte), para recuperar el 100 % de las reservas de conchuela en el fondo irregular de la faena. Por otro la

8. Bibliografía

- Benado, D.E., 2000. *Estructuras y estratigrafía básica de terrazas marinas en sector costero de Altos de Talinay y Bahía Tongoy: implicancia neotectónica*. Memoria, Universidad de Chile, 78 p.
- Charrier, R., Pinton, L., Rodriguez, M. 2007. *Tecnostratigraphic evolution of the andean Orogen in Chile*. En: Moreno, T. & Gibbons, W. [eds.] *The Geology of Chile*. The Geological Society, Londres: 21:114.
- Emery, X. (2007). *apuntes de Geoestadística, profesor departamento de ingeniería de minas, facultad de ciencias físicas y matemáticas, universidad de chile. chile*.
- Emery, X. "Cokriging regionalized variables with linearly linked means". Universidad de Chile.
- Emparan, C.; Pineda, G. 2000. *Area La Serena-La Higuera. Región de Coquimbo*. Servicio Nacional de Geología y Minería. *Mapas Geológicos*, No. 18, 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- Frassinetti, D.; Covacevich V. 1997. *Informe paleontológico: perfiles, cinco, desde los 29°37'S (Caleta Los Hornos) a los 30°15'S (Tongoy)*. (Inédito), Servicio Nacional de Geología y Minería, 30 p. Santiago.
- Geraldine Jacqueline Lagos (2013). *Caracterización geomorfológica y dinámica costera de bahías del semiárido de Chile*
- H. F. W. Taylor. *La química de los cementos*. Volumen 1
- Heinze, B. 2003. *Active intraplate faulting in the forearc of north central Chile (30-31°S): Implications from neotectonic field studies*. Geo Forschungs Zentrum, Scientific Technical Report STR03/07, 127 p. Postdam, Germany.
- Herm, D. 1969. *Marines Pliozân und Pleistozân in Noed-und Mittel-Chile unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen*. Zittelaina, Vol. 2, p. 1-159.
- Hervé, F.; Godoy, E.; del Campo, M.; Ojeda, J.M. 1976. *Las metabasitas del basamento metamórfico de Chile central y austral*. In *Congreso Geológico Chileno No.1, Actas, v. 2, p. F 175-187*. Santiago.
- Irwin, J.J.; García, C.; Hervé, F.; Brook, M. 1988. *Geology of part of a long-lived dynamic plate margin: the coastal cordillera of north-central Chile, latitude 30°51'-31°S*. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 25, p. 603-624.
- Le Roux J. P., Olivares, D., Nielsen, S., Smith, N., Midelton, H., Feniner, J., Ishman, S. 2006. *Bay sedimentation as controlled by regional crustal behaviour, local tectonics and eustatic sea-level changes: Coquimbo Formation (Miocene–Pliocene), Bay of Tongoy, central Chile*. *Sedimentary Geology*, 184: 133 - 153.

- López, M.C. 1965. *Estudio de los depósitos marinos de la Bahía de Tongoy. Memoria para optar al título de geólogo (Inédito), Universidad de Chile, Escuela de Geología, 174 p. Santiago.*
- Marco Matías Pfeiffer Jacob (2011). *Evolución y Genesis de calcretas pedogénicas en la Paleobahía de Tongoy.*
- Martínez, R.; Caro, R. 1980. *Microfósiles silíceos de las diatomitas de Tongoy, Provincia de Coquimbo, Chile: su significado biocronoestratigráfico, biocronogeológico, paleoecológico y paleogeográfico. Revista Geológica de Chile, No. 10, p. 33- 53.*
- Paskoff, R. 1970. *Le Chili semi-aride: recherches géomorphologiques. Biscaye Frères, Imprimeurs, 420 p. Bordeaux, France.*
- Pfeiffer, M. *Evolución y génesis de calcretas pedogénicas en la paleobahía de Tongoy. Tesis para optar al grado de magister en ciencias, mención Geología. Universidad de Chile. Santiago, Chile.*
- Pineda, G.; Emparan, C. *En edición. Geología del área Vicuña-Pichasca. Región de Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, 1 mapa escala 1:100.000.*
- Saillard, M., Hall, S.R., Audin, L., Farber, D.L., Hérail, G., Martinod, J., Regard, V., Finkel, R.C., Bondoux, F., 2009. *Non-steady long-term uplift rates and Pleistocene marine terrace development along the Andean margin of Chile (31°S) inferred from 10Be dating. Earth and Planetary Science Letters, 277: 50–63.*
- SERNAGEOMIN (2006). *Carta geológica Andacollo-Puerto Aldea, Región de Coquimbo.*
- SIGA 2001-2004, *Informe Proyecto La Niña, Modelamiento y estimación de recursos.*

A. Anexo

A.1 Estimación de recursos

A.1.1 Definición de geoestadística

La definición más antigua de la Geoestadística fue acuñada por Georges Matheron, y se entiende como “la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales (Matheron 1962).

Matheron (1962) formalizó y generalizó matemáticamente un conjunto de técnicas desarrolladas por antecesores que explicaban las correlaciones espaciales para la estimación de recursos en minas de oro en Sudáfrica.

La Geoestadística es una rama de la estadística aplicada, que se especializa en el análisis y la modelación de la variabilidad espacial en ciencias de la tierra.

Su objeto de estudio es el análisis y la predicción de fenómenos en espacio y/o tiempo, tales como: ley de metales, porosidades, concentraciones de un contaminante, etc.

En comparación con la estadística tradicional es que, al momento de analizar los datos, no toma en cuenta algún tipo de relación espacial con las variables, excluyendo la interdependencia entre ellos, no así, la Geoestadística que analiza las variables regionalizadas que responden a comportamientos o fenómenos ocurridos en un espacio determinado.

Las variables que responden a fenómenos de regionalización son:

- Ley de mineral, potencia de una veta, densidad de la roca, recuperación metalúrgica, en definitiva, cualquier variable que pueda describir un fenómeno de mineralización o geológico.
- La porosidad y la permeabilidad de la roca en un reservorio de petróleo o en un acuífero.
- La concentración de un elemento contaminante en la atmósfera o en el suelo.
- La conductividad eléctrica, el pH y la concentración en nutrientes medidas sobre una muestra de suelo.

A.1.1.1 Etapas de la Geoestadística

El objetivo final de la Geoestadística es estudiar y predecir el comportamiento, de una variable regionalizada, a partir de mediciones de una multiplicidad de muestras regionalizadas. Las etapas son:

- Toma de muestras, tiene importancia en aspectos como cantidad, distribución y representatividad de las muestras.
- Visualizar muestras, determinar ubicación de las muestras.
- Análisis exploratorio de datos, Análisis mediante herramientas de estadísticas tradicional de las muestras
- Desagrupamiento, definir las zonas de estudio. Una división del campo en varias sub-zonas puede ser relevante si uno observa cambios abruptos en la distribución espacial de valores, o si la geología del fenómeno lo indica.
- Predicciones (Simulaciones con Inverso a la distancia o Kriking)

A.1.1.2 Fundamento de la Geoestadística

Se entiende como un fenómeno de regionalización como una función aleatoria Z la cual influye a una variable regionalizada x ubicada en cualquier punto de un espacio k , además la función aleatoria $Z(x)$ está acotado por un dominio D .

$$Z=\{Z(x), x \in D\}$$

Las funciones aleatorias se caracterizan por tener una distribución espacial, formada por el conjunto de funciones de distribución de la forma:

$$F_{x_1, \dots, x_k}(z_1, \dots, z_k) = Prob\{Z(x_1) < z_1, \dots, Z(x_k) < z_k\} \forall z_1, \dots, z_k \in R$$

Una variable regionalizada puede definirse, no sólo en cada punto del espacio, sino que también en una superficie (2D) o en un volumen (3D). Dependiendo de la superficie o el volumen sobre el cual se considera la variable regionalizada se denomina soporte.

Esta noción es esencial debido a la dependencia que existe entre el soporte y la distribución estadística de los valores, esto es conocido como efecto de soporte.

En términos de probabilidades, la definición de una variable regionalizada corresponde a una variable aleatoria de naturaleza continua (como la ley de mineral) en un dominio D .

Entonces, se dice que una variable aleatoria x (posición) tiene una distribución absolutamente continua si existe una función real f , positiva e integrable en el conjunto de números reales, tal que la función de distribución Z de x se puede expresar como:

$$Z(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(z) dz$$

A.1.1.3 Valor esperado

El valor esperado o esperanza de una variable aleatoria es un número que formaliza la idea de un valor promedio o medio de un fenómeno aleatorio o dicho de otra manera es un operador estadístico que corresponde a la probabilidad promedio ponderada de una variable aleatoria:

$$E\{Z\} = \int_{-\infty}^{\infty} z * f(z) dz$$

Propiedades de una función aleatoria continua para el valor esperado:

Linealidad de la esperanza:

- $E(X+Y) = E(X)+E(Y)$
- $E(cX) = c+E(x)$, para todo número real k
- $E(c) = c$, para todo número real c
- $E(a*X+b) = a*E(X)+b$, para todo par de números reales a y b

Esperanza del producto:

- $E(X*Y) = E(X)*E(Y)$ En el caso que X e Y sean variables aleatorias independientes

A.1.2 Momentos

Los Momentos consisten en la caracterización de la función aleatoria, al considerar solamente algunos parámetros descriptivos de la distribución univariable y bivariable, cuya función es resumir la información más relevante.

A.1.2.1 Momento de primer orden

La media o la esperanza de una variable aleatoria:

$$m(x) = E[Z(x)]$$

La varianza, es una medida de dispersión de los datos respecto de su media, y la desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza. También mide la variabilidad de datos respecto de la media.

$$\sigma^2(x) = Var[Z(x)] = E\{[Z(x) - m(x)]^2\} = E[Z(x)^2] - m(x)^2$$

A.1.2.2 Momento de segundo Orden:

La covarianza centrada entre dos variables aleatorias da una visión elemental del grado de interacción que existe entre $Z(x_i)$ y $Z(x_j)$.

$$\begin{aligned}C(x_i, x_j) &= E[\{Z(x_i) - m(x_i)\}\{Z(x_j) - m(x_j)\}] \\ &= E[Z(x_i)Z(x_j)] - m(x_i)m(x_j)\end{aligned}$$

El variograma o Semi-variograma es una herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área definida.

$$\gamma(x_i, x_j) = \frac{1}{2} Var[Z(x_i), Z(x_j)]$$

A.1.3 Regionalización

La hipótesis de regionalización consiste en que la distribución espacial de la función aleatoria es invariante a la traslación respecto a un vector h (separación entre las muestras), es decir, que las propiedades de un conjunto de datos no dependen de su posición absoluta en el espacio, sino que solamente de sus posiciones relativas.

Además, consiste en permitir la inferencia estadística, reemplazando la repetición sobre las realizaciones de la función aleatoria (inaccesibles, por disponer solamente de una realización) por una repetición en el espacio, es decir, se supone que los valores que se encuentran en las diferentes regiones del campo presentan las mismas características y, por ende, pueden considerarse como distintas realizaciones del mismo proceso aleatorio.

Se puede trabajar hasta los segundos momentos, pero resulta más práctico limitarlo hasta los primeros momentos.

- La distribución univariable no depende del sitio considerado,

$$F(z_1) = prob\{Z(x_1) < z_1\}$$

- La esperanza y el variograma son constantes en el espacio

$$m = E[Z(x)]; \forall x$$

$$\sigma^2 = Var[Z(x)]$$

- La distribución bivariable solo depende de la separación entre las muestras (h)

$$C(h) = cov[Z(x+h), Z(x)]$$

$$\rho(h) = corr[Z(x+h), Z(x)]$$

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} var[Z(x+h), Z(x)]$$

Estos parámetros muestran la interacción que existe entre dos valores, luego dan una descripción sintética de la continuidad espacial de la variable regionalizada.

La covarianza y el correlograma indican qué tan semejantes son los valores entre dos sitios, mientras que el variograma indica qué tan semejantes son. Siendo constante la esperanza, se tiene también.

- La varianza es igual a la función de covarianza evaluada para el vector H=0

$$\sigma^2 = C(0)$$

- El correlograma es igual a la covarianza dividida por la varianza

$$\rho(h) = C(h)/C(0)$$

- El variograma es igual a la varianza menos la covarianza.

$$\gamma(h) = C(0) - C(h)$$

- Cuando el h en el variograma tiende a infinito, a la covarianza tiende a 0 y el variograma es igual a la varianza.

$$\gamma(\infty) = C(0) = \sigma^2$$

A.1.4 Variograma

Ya que los valores de una variable regionalizada no son independientes, sino que dependen de otras muestras vecinas, una forma de representar esta dependencia espacial es el variograma.

El variograma es un método de medir la varianza, y en definitiva es una forma de cuantificar como una variable aleatoria z cambia con respecto a la posición x espaciado a h, es decir a una distancia x+h.

La fórmula de variograma:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Donde:

$Z(x)$ = valor de la variable en el sitio x

$Z(x+h)$ = valor de la variable en el sitio $x+h$

N = número de pares formados

Con el propósito que el variograma funcione, es necesario formar números de pares, y debido a que el variograma es solo un vector de tipo unidireccional, nace la necesidad de añadir tolerancias y direcciones con el fin de captar el mayor número de pares de puntos.

A.1.4.1 Variograma Direccional 3D

Para formar un variograma es necesario, tener una dirección y tolerancias para generar números de pares. Con la ayuda de las tolerancias y direcciones se puede formar los números de pares, y el programa Vulcan utiliza estas tolerancias en los tres ejes x , y , z para generar los variogramas 3D.

En este contexto, los variogramas que realiza el programa Vulcan son tridimensionales como se muestra en la Figura A.1, entonces, el variograma se distribuirá en tres direcciones ortogonales, como es el caso de dirección X (Major), dirección Y (Semi) y dirección Z (Minor).



FIGURA A.1 FORMA VARIOGRAMA, 3D

Además de las direcciones tendrá inclinaciones tales como azimuth, dip, y plunge entre otros parámetros necesarios para su utilización en Vulcan, todos estos parámetros están explicados en la Figura A.2. Cada una de estas direcciones tiene todos sus parámetros bien definidos.

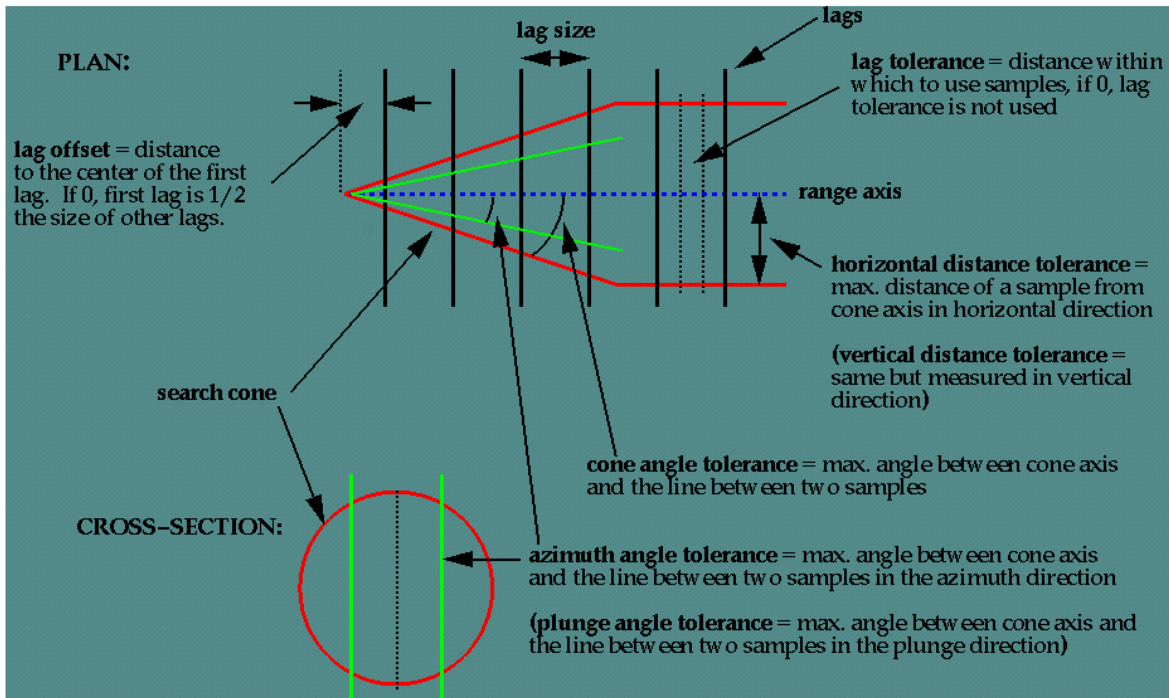


FIGURA A.2 PARÁMETROS VARIOGRAMA 3D VULCAN

9.1.4.2 Forma del Variograma

El variograma está compuesto de los siguientes elementos. Estos son ilustrados en la Figura A.3:

- **Nuggets (efecto pepita):** El efecto pepita es el error que tiene el variograma cuando $h=0$, y consiste en la manifestación de una escala de variabilidad cuyas dimensiones características son muy inferiores a la escala de trabajo. Esto se puede explicar debido a: soporte de las mediciones, errores de la medición, errores de ubicaciones de los datos.
- **Sill (Meseta):** Es la representación de la varianza máxima de los datos presentes. Se muestra cuando el variograma se estabiliza o bien pierda correlación.
- **Range (alcance):** Distancia a la cual el variograma alcanza valores constantes o pierde correlación. Es cuando el variograma alcanza la meseta.

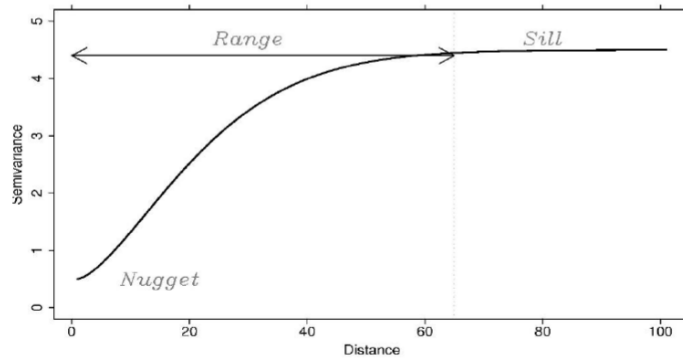


FIGURA A.3 FORMA DEL VARIOGRAMA EN GRÁFICO

9.1.4.3 Modelo de variograma:

Luego de obtener el variograma experimental, es necesario que un modelo de variograma se ajuste mejor.

Existen más de 7 modelos de variograma que se utilizan en la actualidad y es de mucha importancia para la estimación, debido a que es la base de la estimación para calcular la varianza y así poder determinar los ponderadores o alcances. A continuación, se mostrará el modelo utilizado en este trabajo.

- **El modelo esférico:**

Este modelo define que el efecto pepita es de alcance infinitamente corto o pequeño. Es el modelo más comúnmente usado para depósitos minerales. Se ajusta a variogramas que exhiben un comportamiento casi lineal desde el origen, elevándose rápidamente mientras se va curvando gradualmente.

A.1.5 Inverso de la distancia al cuadrado

Este método sirve para realizar estimaciones locales y consiste en ponderar las muestras cercanas al punto a estimar por el inverso de la distancia elevado a alguna potencia (en general, entre 1 y 2).

La suma de todas las muestras ponderadas, dividida por la suma de los ponderadores entrega el valor estimado en el punto que se quería estimar.

La Figura A.4 presenta un ejemplo de estimación local mediante el inverso a la distancia al cuadrado, donde: $n(u)$ corresponde al número de muestras utilizadas para estimar el punto u , que puede estar definido por un radio de búsqueda, por

ejemplo; p es la potencia a la que se eleva el inverso de la distancia y que en general está entre 1 y 2; $z(u_\alpha)$ es el valor de la variable en el punto muestreado u_α .

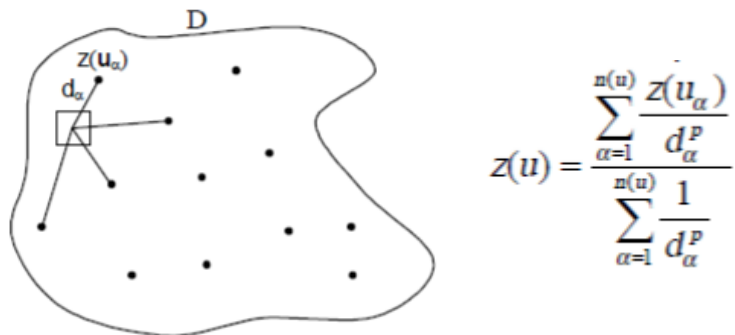


FIGURA A.4 ESTIMACIÓN POR INVERSO A LA DISTANCIA

En base a esta matemática, será posible estimar la concentración de cada bloque propuesto en el proceso de estimación de recursos, y así estimar el sólido completo. Para obtener resultados con una alta confiabilidad, es necesario determinar los alcances o radios de búsquedas más eficientes, la forma de obtener este radio óptimo es mediante los resultados observados por los variogramas.

A.2 Análisis químicos

**TABLA A.1 ANÁLISIS QUÍMICOS CAMPAÑAS ANTERIORES (HOLE ID S) Y
CAMPAÑA 2017 (HOLE ID SC)**

HOLE ID	SAMPLE FROM	TO	LITO	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	K2O	Na2O	Cl	PPC CALC	CaCO3	
S1	SIN TARJ	0	10.45	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
S1	39142	10.5	13.45	2	3	0.64	0.41	51.96	0.51	0.32	0.12	0.5	-1	43.56	92.74
S1	39143	13.5	15.45	2	3.4	0.71	0.38	51.66	0.49	0.26	0.13	0.52	-1	43.5	92.2
S1	39144	15.5	17.45	2	2.5	0.56	0.3	52.09	0.51	0.31	0.12	0.53	-1	44.07	92.97
S1	39145	17.5	19.35	2	2.4	0.48	0.31	52.3	0.54	0.31	0.1	0.52	-1	44.07	93.35
S1	39146	19.4	22	2	0.9	0.18	0.21	53.6	0.43	0.16	0.05	0.27	-1	45.19	95.67
S1	ficticia	22	25.4	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S1	ficticia	25.4	31	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S13	SIN TARJ	0	18.8	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S13	39199	18.8	21	2	1.7	0.36	0.3	53.02	0.54	0.17	0.08	0.36	-1	44.5	94.63
S13	39200	21	23	2	1.2	0.28	0.21	53.4	0.61	0.26	0.07	0.4	-1	44.58	95.31
S13	39201	23	25	2	1.7	0.4	0.24	52.96	0.65	0.26	0.1	0.39	-1	44.3	94.52
S13	39202	25	27	2	2.5	0.55	0.34	52.36	0.67	0.24	0.12	0.4	-1	43.85	93.45
S13	39203	27	29	2	4.1	0.91	0.44	50.67	0.68	0.31	0.16	0.62	-1	43.11	90.44
S13	39204	29	31	2	3.2	0.73	0.35	51.15	0.7	0.4	0.18	0.58	-1	43.75	91.29
S13	39205	31	33	2	6.8	1.64	0.81	48.02	0.73	0.38	0.33	0.8	-1	41.52	85.71
S13	39206	33	35	2	7	1.61	0.71	47.45	0.57	0.36	0.33	1	-1	41.96	84.69
S13	39207	35	37	2	10	2.2	0.98	44.88	0.45	0.3	0.41	1.2	-1	40.36	80.1
S13	39208	37	39	2	6.8	1.55	0.86	47.5	0.56	0.32	0.33	0.8	-1	42.28	84.78
S13	39209	39	41	3	18	3.94	1.36	38.57	0.52	0.31	0.62	1.7	-1	36.03	68.84
S13	39210	41	43	3	15	3.21	1.21	40.82	0.51	0.35	0.54	1.4	-1	38.4	72.86
S13	39211	43	45	3	17	3.81	1.3	39.83	0.61	0.34	0.59	1.6	-1	36.02	71.09
S13	39212	45	46.5	4	23	5.7	2.23	35.79	0.51	0.38	0.95	1.7	-1	31.09	63.88
S13	ficticia	46.5	50	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S14	ficticia	0	0.5	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S14	39213	0.5	2.5	2	2.3	0.47	0.3	52.88	0.55	0.19	0.12	0.34	-1	43.88	94.38
S14	39214	2.5	4.5	2	1.8	0.41	0.28	52.66	0.63	0.38	0.1	0.49	-1	44.25	93.99
S14	39215	4.5	6.5	2	2.4	0.54	0.34	51.73	0.67	0.36	0.13	0.49	-1	44.3	92.33
S14	39216	6.5	8.5	2	2.5	0.58	0.35	51.81	0.61	0.38	0.13	0.6	-1	44.05	92.47
S14	39217	8.5	10.5	2	3.3	0.73	0.33	51.12	0.5	0.33	0.16	0.57	-1	43.98	91.24
S14	39218	10.5	12.5	2	5.8	1.23	0.49	48.95	0.43	0.3	0.25	0.64	-1	42.94	87.37
S14	39219	12.5	14.5	2	5.1	1.15	0.52	49.58	0.5	0.33	0.23	0.8	-1	42.84	88.49
S14	39220	14.5	16.5	2	5.9	1.42	1.01	48.31	0.59	0.34	0.31	1.2	-1	41.96	86.22
S14	39221	16.5	18.5	2	8.2	1.84	0.89	47.11	0.52	0.32	0.33	1	-1	40.83	84.08
S14	39222	18.5	20.5	3	13	2.89	1.07	42.1	0.45	0.31	0.51	1.2	-1	39.35	75.14
S14	39223	20.5	22.5	3	10	2.37	0.97	44.49	0.58	0.37	0.42	1.2	-1	40.14	79.41
S14	39224	22.5	24.5	3	20	4.08	1.27	37.7	0.57	0.35	0.72	1.6	-1	34.79	67.29
S14	39225	24.5	27.65	3	12	2.55	0.89	43.09	0.62	0.39	0.49	1.2	-1	39.34	76.91
S14	39226	27.7	31.1	3	11	2.36	0.96	44.05	0.52	0.23	0.61	0.8	-1	40.09	78.62
S14	ficticia	31.1	40	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

S15	SIN TARJ	0	31.45	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S15	39227	31.5	33.45	2	3.4	0.77	0.52	51.44	0.44	0.19	0.14	0.46	-1	43.6	91.81
S15	39228	33.5	35.45	2	2.2	0.47	0.43	52.81	0.45	0.19	0.09	0.37	-1	44.02	94.26
S15	39229	35.5	37.45	2	2.8	0.63	0.49	52.23	0.49	0.19	0.12	0.38	-1	43.7	93.22
S15	39230	37.5	39.45	2	1.9	0.46	0.32	53.01	0.46	0.19	0.09	0.39	-1	44.17	94.61
S15	39231	39.5	41.45	2	0.5	0.12	0.15	54.45	0.4	0.18	0.03	0.33	-1	44.86	97.18
S15	39232	41.5	43.45	2	1	0.23	0.21	53.85	0.44	0.25	0.05	0.36	-1	44.62	96.11
S15	39233	43.5	45.45	2	3.1	0.78	0.56	51.73	0.54	0.21	0.15	0.38	-1	43.56	92.33
S15	39234	45.5	47.45	2	3	0.72	0.49	51.73	0.56	0.29	0.14	0.46	-1	43.6	92.33
S15	39235	47.5	49.45	2	4.5	1.1	0.49	50.11	0.55	0.28	0.21	0.54	-1	43.21	89.44
S15	39236	49.5	50.85	3	10	2.44	0.94	45	0.66	0.34	0.42	1	-1	40.1	80.32
S15	ficticia	50.9	56.5	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S16	SIN TARJ	0	13.2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S16	39237	13.2	15.2	2	15	3.35	1.42	40.8	0.65	2.48	0.53	1.3	-1	35.57	72.82
S16	39238	15.2	17.2	3	18	4.13	1.8	38.19	0.74	3.08	0.59	1.5	-1	33.13	68.16
S16	39239	17.2	19	3	20	4.73	2.08	36.07	0.81	3.38	0.65	1.7	-1	31.28	64.38
S16	39240	19	21	3	24	6.66	2.99	32.34	0.83	3.75	0.87	1.9	-1	27.42	57.72
S16	39241	21	23	3	25	6.65	3.03	32.37	0.71	3.34	0.83	2	-1	27.5	57.77
S16	39242	23	25	4	36	9.33	3.56	22.89	0.76	3.53	1.17	3	-1	20.57	40.85
S16	ficticia	25	26.55	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S2	SIN TARJ	0	18.2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

S2	39147	18.2	20.2	2	1.3	0.26	0.18	53.19	0.56	0.33	0.07	0.42	-1	44.74	94.93
S2	39148	20.2	22.2	2	1.1	0.25	0.3	53.64	0.51	0.18	0.06	0.32	-1	44.63	95.74
S2	39149	22.2	24.2	2	0.8	0.19	0.16	53.66	0.54	0.24	0.04	0.4	-1	44.98	95.77
S2	39150	24.2	26.2	2	1.9	0.44	0.24	52.78	0.58	0.28	0.08	0.48	-1	44.25	94.2
S2	39151	26.2	28.2	2	1.5	0.36	0.18	53.31	0.55	0.25	0.09	0.44	-1	44.34	95.15
S2	39152	28.2	30.2	2	1.4	0.37	0.2	52.99	0.6	0.26	0.09	0.42	-1	44.66	94.58
S2	39153	30.2	32.2	2	3.2	0.77	0.34	51.38	0.69	0.33	0.16	0.54	-1	43.64	91.7
S2	39154	32.2	34.2	2	7.2	1.68	0.73	47.76	0.64	0.4	0.3	0.9	-1	41.38	85.24
S2	39155	34.2	36.2	2	2.7	0.62	0.34	51.98	0.46	0.3	0.16	0.55	-1	43.85	92.77
S2	39156	36.2	38	2	5.2	1.08	0.53	49.68	0.41	0.29	0.23	0.8	-1	42.8	88.67
S2	39157	38	39.92	2	2.3	0.47	0.33	52.5	0.4	0.28	0.12	0.54	-1	44.11	93.7
S2	39158	39.9	42	2	1.8	0.38	0.36	52.67	0.49	0.33	0.1	0.49	-1	44.42	94.01
S2	39159	42	43.55	2	3.1	0.63	0.42	51.64	0.6	0.31	0.16	0.45	-1	43.7	92.17
S2	ficticia	43.6	47.1	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S2	ficticia	47.1	50	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S20	SIN TARJ	0	30.25	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S20	416	30.3	31.45	1	59	16.5	6.3	2.3	2.3	0.1	2.7	3.4	-1	8.4	4.04
S20	417	31.5	33	2	10	2.8	1	46	0.5	0.2	0.4	0.8	-1	39.1	82.14
S20	418	33	35.8	2	5.3	1.6	0.6	49.8	0.5	0.2	0.2	0.6	-1	42.2	88.92
S20	419	35.8	38.9	2	6.1	1.8	0.8	49.1	0.6	0.2	0.2	0.7	-1	41.5	87.65
S20	420	38.9	41.75	2	8.3	2.4	1	47.4	0.6	0.2	0.3	0.9	-1	39.9	84.66

S20	421	41.8	44.6	3	12	3.5	1.4	44	0.6	0.2	0.4	1	-1	37.9	78.53
S20	422	44.6	46.6	3	16	4.5	2	40.6	0.8	0.2	0.6	1.2	-1	35.4	72.39
S20	423	46.6	47.55	3	19	5.4	2.3	37.8	0.8	0.2	0.7	1.4	-1	33.4	67.43
S20	424	47.6	48.75	3	24	6.3	2.2	34.7	0.6	0.2	0.8	1.7	-1	30.8	61.97
S20	425	48.8	49.4	3	31	7.9	2.2	29.9	0.6	0.2	1.1	2.4	-1	25.5	53.45
S20	426	49.4	50.45	4	39	9.5	2.7	23.8	0.6	0.2	1.5	2.7	-1	20.7	42.4
S20	427	50.5	52.5	4	63	14	3.9	6.7	0.6	0.2	2.4	3.6	-1	7	12.03
S21	SIN TARJ	0	39.3	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S21	428	39.3	40.85	1	59	16.1	6.3	2.8	1.9	0.1	2.6	3	-1	9.7	5
S21	429	40.9	42.1	2	5.5	1.6	0.7	49.9	0.4	0.2	0.2	0.6	-1	41.9	89.11
S21	430	42.1	44.5	2	5.9	1.7	0.7	49.4	0.5	0.2	0.2	0.7	-1	41.7	88.23
S21	431	44.5	47.1	2	5.7	1.7	0.7	49.3	0.6	0.3	0.2	0.7	-1	41.8	87.94
S21	432	47.1	49.8	2	8.7	2.5	1	46.8	0.7	0.3	0.3	0.9	-1	39.8	83.55
S21	433	49.8	52.15	3	14	3.9	1.6	42.5	0.8	0.3	0.5	1.2	-1	36.6	75.88
S21	434	52.2	53.3	3	17	4.7	1.8	40	0.7	0.3	0.6	1.4	-1	34.5	71.44
S21	435	53.3	55	3	7.8	2.2	1	47.8	0.5	0.2	0.3	0.8	-1	40.4	85.37
S21	436	55	57.7	3	12	3.4	1.2	43.7	0.7	0.3	0.4	1.2	-1	37.8	78.05
S21	437	57.7	60.1	4	62	14.1	3.6	7.3	0.7	0.2	2.3	3.9	-1	7.4	12.96
S22	SIN TARJ	0	17.35	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S22	1828	17.4	18.55	1	61	16.83	6.11	2.59	2.58	0.13	2.87	3.15	-1	5.85	4.62
S22	1829	18.6	18.85	1	52	13.27	4.84	12.25	1.25	0.15	2.16	3.01	-1	12.02	21.86

S22	1830	18.9	21.6	2	2.4	0.71	0.21	52.75	0.14	0.16	0.13	0.31	-1	44.21	94.15
S22	1831	21.6	22.5	3	22	5.08	2.08	36.74	0.27	0.25	0.88	1.63	-1	32.4	65.58
S22	1832	22.5	23.2	4	68	13.06	2.98	2.64	0.23	0.19	5.98	2.66	-1	5.2	4.72
S23	SIN TARJ	0	34.1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S23	1721	34.1	34.7	2	12	2.83	1.31	44.57	0.06	0.17	0.52	1.04	-1	38.03	79.55
S23	1722	34.7	36.25	2	1.8	0.42	0.28	53.22	0.29	0.14	0.1	0.58	-1	44.14	94.99
S23	1723	36.3	37.15	2	0.6	0.15	0.1	54.27	0.33	0.14	0.06	0.46	-1	44.93	96.86
S23	1724	37.2	37.65	2	0.3	0.07	0.07	54.54	0.37	0.13	0.03	0.69	-1	44.76	97.35
S23	1725	37.7	38.3	2	0.4	0.1	0.09	54.49	0.49	0.12	0.02	0.63	-1	44.66	97.26
S23	1726	38.3	39.8	2	0.3	0.08	0.07	54.57	0.4	0.12	0.02	0.59	-1	44.85	97.4
S23	1727	39.8	41.35	2	0.9	0.22	0.14	54.08	0.41	0.12	0.04	0.46	-1	44.6	96.51
S23	1728	41.4	42.9	2	0.8	0.21	0.15	54.16	0.38	0.12	0.05	0.5	-1	44.65	96.66
S23	1729	42.9	43.65	2	0.8	0.19	0.15	54.21	0.5	0.12	0.05	0.55	-1	44.46	96.75
S23	1730	43.7	45.25	2	0.6	0.16	0.12	54.34	0.47	0.13	0.05	0.57	-1	44.53	96.99
S23	1731	45.3	46.95	2	3.8	0.96	0.49	51.37	0.37	0.16	0.18	0.68	-1	42.96	91.68
S23	1732	47	47.75	2	2	0.54	0.21	53.01	0.3	0.16	0.11	0.57	-1	44.15	94.61
S23	1733	47.8	48.65	2	1.3	0.35	0.16	53.23	0.39	0.17	0.09	0.65	-1	44.63	95
S23	1734	48.7	49.85	2	1.8	0.47	0.2	52.68	0.43	0.18	0.11	0.76	-1	44.42	94.03
S23	1735	49.9	51.1	2	1.6	0.42	0.21	53.2	0.43	0.18	0.1	0.68	-1	44.2	94.95
S23	1736	51.1	52.4	2	1	0.24	0.19	53.61	0.48	0.19	0.06	0.59	-1	44.67	95.68
S23	1737	52.4	53.6	2	6.9	1.81	0.61	48.51	0.5	0.27	0.3	0.82	-1	41.32	86.58

S23	1738	53.6	54.23	2	7.8	2.03	0.59	48.22	0.46	0.2	0.33	0.92	-1	40.46	86.05
S23	1739	54.2	56.25	3	13	3.38	0.93	44.36	0.38	0.23	0.52	1.16	-1	37.19	79.17
S23	ficticia	56.3	58.45	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S24	SIN TARJ	0	42.1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S24	1741	42.1	42.42	1	60	14.51	7.33	4.41	0.72	0.12	2.5	2.83	-1	8.12	7.87
S24	1742	42.4	43.55	2	11	2.52	1.64	45.66	0.31	0.17	0.44	0.82	-1	38.81	81.49
S24	1743	43.6	45.1	2	5.5	1.37	0.65	50.09	0.45	0.2	0.21	0.8	-1	41.77	89.4
S24	1744	45.1	46.65	2	6.9	1.8	0.71	48.79	0.43	0.19	0.28	0.82	-1	41.06	87.08
S24	1745	46.7	48.15	2	7.4	2.02	0.72	48.09	0.49	0.29	0.3	0.86	-1	40.84	85.83
S24	1746	48.2	49.65	2	11	3.11	1.21	44.52	0.65	0.37	0.47	1.12	-1	38.44	79.46
S24	1747	49.7	51.2	2	12	3.32	1.36	43.7	0.65	0.35	0.48	1.18	-1	38.01	78
S24	1748	51.2	52.75	2	16	4.16	1.57	41.27	0.52	0.27	0.56	1.38	-1	35.77	73.67
S24	1749	52.8	54.25	2	1.8	0.48	0.33	52.84	0.46	0.22	0.09	0.57	-1	44.21	94.3
S24	1750	54.3	55.75	2	6	1.47	1	49.03	0.51	0.23	0.24	0.96	-1	41.6	87.51
S24	1751	55.8	57.25	2	5.9	1.54	0.85	48.97	0.83	0.26	0.24	1.23	-1	41.14	87.41
S24	1752	57.3	57.7	3	12	3.34	1.6	42.46	0.94	0.33	0.52	2.65	-1	36.97	75.79
S24	1753	57.7	58.7	4	58	13.91	3.95	9.7	0.7	0.17	2.13	3.03	-1	9.56	17.31
S3	SIN TARJ	0	28.55	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S3	39160	28.6	30.5	2	3.7	0.74	0.48	51.46	0.49	0.16	0.15	0.39	-1	43.42	91.85
S3	39161	30.5	32.5	2	1.6	0.32	0.21	52.95	0.48	0.19	0.08	0.36	-1	44.8	94.51
S3	39162	32.5	34.5	2	2.2	0.45	0.23	52.62	0.47	0.18	0.12	0.43	-1	44.35	93.92

S3	39163	34.5	36.5	2	3.3	0.73	0.39	51.42	0.5	0.2	0.15	0.42	-1	43.88	91.77
S3	39164	36.5	38.5	2	4.5	0.96	0.46	50.43	0.54	0.21	0.19	0.53	-1	43.22	90.01
S3	39165	38.5	40.5	2	1.6	0.32	0.31	53.2	0.56	0.2	0.09	0.34	-1	44.42	94.95
S3	39166	40.5	42.5	2	3.6	0.84	0.42	51.36	0.67	0.2	0.18	0.46	-1	43.24	91.67
S3	39167	42.5	44.5	2	2.6	0.62	0.46	52.3	0.67	0.22	0.12	0.4	-1	43.57	93.35
S3	39168	44.5	46.5	2	4	0.96	0.55	51	0.69	0.2	0.19	0.47	-1	42.99	91.02
S3	39169	46.5	48.5	2	9.1	2.13	0.85	46.5	0.76	0.24	0.38	0.8	-1	40.27	82.99
S3	39170	48.5	50.5	2	4.4	0.97	0.56	50.48	0.7	0.26	0.17	0.53	-1	42.97	90.1
S3	39171	50.5	52.5	3	9.8	2.25	0.81	46.07	0.72	0.27	0.41	1	-1	39.69	82.23
S3	39172	52.5	54.5	3	16	3.49	1.24	41.08	0.63	0.39	0.56	1.4	-1	35.99	73.32
S3	39173	54.5	56.75	4	50	10.96	3.65	15.93	0.45	0.32	1.72	3.6	-1	14.29	28.43
S3	ficticia	56.8	58	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S3	ficticia	58	60	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S30	ficticia	0	0.5	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S30	1842	0.5	2.25	2	6.1	1.57	0.59	49.2	0.64	0.22	0.28	0.97	-1	41.45	87.81
S30	1843	2.25	3.9	2	5.6	1.43	0.51	49.87	0.67	0.18	0.25	0.8	-1	41.73	89.02
S30	1844	3.9	5.55	2	5.4	1.53	0.45	50.14	0.69	0.17	0.27	0.68	-1	41.68	89.49
S30	1845	5.55	7.2	3	13	3.52	1.16	43.86	0.42	0.18	0.59	1.15	-1	37.51	78.28
S30	1846	7.2	7.75	3	14	3.75	0.94	43.59	0.13	0.18	0.56	1.4	-1	36.34	77.8
S30	1847	7.75	8.4	3	14	3.7	0.98	43.88	0.17	0.18	0.55	1.4	-1	36.45	78.32
S30	1848	8.4	9.4	3	13	3.55	0.99	44.25	0.19	0.17	0.52	1.37	-1	36.74	78.97

S30	1849	9.4	10.75	3	14	3.88	1.24	42.77	0.34	0.2	0.52	1.48	-1	36.5	76.33
S30	1850	10.8	11.05	3	14	3.86	1.21	42.97	0.34	0.19	0.54	1.51	-1	36.09	76.69
S30	1851	11.1	12.6	3	19	5.15	1.2	39.26	0.11	0.2	0.76	1.69	-1	33.79	70.06
S30	1852	12.6	14.15	3	33	8.7	1.78	28.91	0.1	0.21	1.19	2.69	-1	24.84	51.6
S30	1853	14.2	14.45	3	21	5.83	1.37	37.62	0.16	0.19	0.78	1.88	-1	31.84	67.15
S30	1854	14.5	15.7	3	6.9	1.83	0.75	49.09	0.38	0.21	0.29	0.85	-1	40.66	87.61
S30	1855	15.7	15.8	4	23	6.27	1.7	36.14	0.19	0.2	0.86	2.06	-1	30.66	64.5
S30A	ficticia	0	0.5	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S30A	6378	0.5	1	2	5.3	1.4	0.6	50.5	0.6	0.2	0.2	0.5	-1	41.7	90.2
S30A	6379	1.1	2	2	7.7	1.8	0.7	48.8	0.5	0.2	0.3	0.7	-1	40.3	87.2
S30A	6380	2.1	3	2	7.3	1.9	0.8	48.8	0.6	0.2	0.4	0.6	-1	40.4	87.1
S30A	6381	3.1	4	2	9.7	2.3	0.8	47	0.6	0.2	0.4	0.8	-1	39.2	84
S30A	6382	4.1	5	3	14	3	0.9	44.2	0.5	0.2	0.5	1	-1	36.9	78.9
S30A	6383	5.1	6	3	16	3.6	1	42.6	0.6	0.2	0.5	1.2	-1	35.5	76.1
S30A	6384	6.1	7	3	7.3	1.7	0.6	48.9	0.6	0.4	0.3	0.7	-1	40.5	87.4
S30A	6385	7.1	8	3	3.9	1	0.3	51.5	0.7	0.4	0.2	0.5	-1	42.5	92
S30A	6386	8.1	9	3	6.3	1.4	0.5	49.8	0.7	0.3	0.3	0.6	-1	41.1	89
S30A	6387	9.1	10	3	38	9	2.8	24.7	0.8	0	2.6	2.6	-1	21	44.2
S30A	6388	10.1	11	4	45	12.8	3.8	17	0.6	0	3.1	4	-1	14.8	30.3
S30A	6389	11.1	12	4	42	14	5.8	16.3	1.2	0	2.7	4.6	-1	14.6	29.1
S31	ficticia	0	0.5	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

S31	6301	0.5	1	2	5.3	1.4	0.6	50.5	0.6	0.2	0.2	0.5	-1	41.7	89.4
S31	6302	1.1	2	2	3.7	1	0.3	51.9	0.4	0.3	0.2	0.5	-1	42.7	92.7
S31	6303	2.1	3	2	9.4	2	0.6	47.7	0.4	0.2	0.3	0.7	-1	39.7	85.2
S31	6304	3.1	4	2	2.9	0.8	0.3	52.4	0.5	0.3	0.2	0.4	-1	43.2	93.6
S31	6305	4.1	5	2	7.2	1.5	0.6	49.2	0.5	0.2	0.3	0.6	-1	40.9	87.8
S31	6306	5.1	6	3	27	5.4	2.3	34	1.3	0.1	1.6	1.6	-1	28	60.8
S31	ficticia	6	7	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S32	ficticia	0	0.3	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S32	6321	0.3	1	2	2.9	0.8	0.3	52.4	0.6	0.5	0.2	0.5	-1	42.8	93.6
S32	6322	1.1	2	2	3	0.9	0.3	52.2	0.6	0.4	0.2	0.5	-1	42.9	93.3
S32	6323	2.1	3	2	4.6	1.3	0.5	50.9	0.6	0.4	0.2	0.5	-1	42	90.8
S32	6324	3.1	4	2	6	2	0	49.6	1	0	0.3	0.6	-1	41.5	88.6
S32	6325	4.1	5	2	7.3	1.6	0.4	48.9	0.7	0.4	0.3	0.7	-1	40.7	87.3
S32	6326	5.1	6	2	5.4	1.3	0.4	50.5	0.7	0.4	0.2	0.5	-1	41.6	90.2
S32	6327	6.1	7	2	6.2	1.5	0.4	49.8	0.7	0.4	0.3	0.6	-1	41.1	89
S32	6328	7.1	8	2	6.5	1.5	0.5	49.7	0.7	0.3	0.3	0.6	-1	40.9	88.7
S32	6329	8.1	9	2	7.8	1.8	0.5	48.6	0.8	0.3	0.3	0.6	-1	40.3	86.8
S32	6330	9.1	10	3	13	3.3	0.9	43.7	0.9	0.2	0.6	1.1	-1	37.2	78
S32	6331	10.1	11	3	20	4.6	1.3	39.1	0.7	0.3	0.7	1.6	-1	32.5	69.7
S32	6332	11.1	12	3	20	4.8	1.4	38.7	0.8	0.2	0.7	1.6	-1	32.4	69.2
S32	6333	12.1	13	3	8.1	1.7	0.7	48.7	0.5	0.2	0.3	0.6	-1	40.2	86.9

S32	6334	13.1	14	3	22	5.3	1.5	37.2	0.7	0.1	0.8	1.8	-1	31.2	66.4
S32	6335	14.1	15	3	22	5.2	1.5	37.6	0.7	0.1	0.7	1.7	-1	31.9	67.2
S32	6336	15.1	16	3	27	6.7	1.8	33.5	0.8	0.1	0.9	2.3	-1	28.1	59.8
S32	6337	16.1	17	3	24	5.8	1.7	35.9	0.8	0.1	0.8	1.9	-1	30.3	64
S32	6338	17.1	18	4	35	9.2	2.4	26.6	0.9	0.1	1.2	3.1	-1	22.4	47.5
S32	6339	18.1	19	4	38	10.4	2.9	24.1	1	0.1	1.4	3.5	-1	20	43
S32	6340	19.1	20	4	42	14.1	5.1	17.3	1	0	1.8	4.9	-1	15.3	31
S32	6341	20.1	21	4	41	13.9	5.3	17.7	1.2	0	1.6	5	-1	15.3	31.6
S32	6342	21.1	22	4	40	12.93	5.69	19.18	1.25	0	1.55	4.41	-1	16.29	34.3
S33	ficticia	0	0.5	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S33	6351	0.5	1	2	3.1	0.8	0.3	52.5	0.8	0.3	0.2	0.3	-1	42.7	93.8
S33	6352	1.1	2	2	3.3	0.9	0.3	52.3	0.8	0.3	0.2	0.4	-1	42.5	93.4
S33	6353	2.1	3	2	5.3	1.4	0.5	50.4	0.9	0.2	0.3	0.4	-1	41.6	90.1
S33	6354	3.1	4	3	12	3.2	1	44.7	1	0.2	0.6	0.9	-1	37.2	79.8
S33	6355	4.1	5	3	11	2.5	0.7	45.8	0.7	0.3	0.4	1	-1	38.2	81.8
S33	6356	5.1	6	3	13	3.1	0.8	44.4	0.8	0.4	0.5	1.1	-1	37	79.3
S33	6357	6.1	7	3	12	2.8	0.9	45.2	0.7	0.3	0.4	1	-1	37.7	80.7
S33	6358	7.1	8	3	10	2.3	0.7	46.8	0.5	0.2	0.4	0.8	-1	38.9	83.6
S33	6359	8.1	9	3	13	2.9	0.9	44.8	0.5	0.2	0.5	1	-1	37.3	79.9
S33	6360	9.1	10	3	15	3.4	1	43.1	0.6	0.2	0.5	1.2	-1	36	77
S33	6362	10.1	11	3	16	3.8	1.1	42.4	0.7	0.2	0.5	1.2	-1	35.3	75.7

S33	6363	11.1	12	3	19	4.4	1.3	39.9	0.7	0.2	0.6	1.5	-1	33.4	71.3
S33	6364	12.1	13	3	23	5.3	1.5	37.3	0.8	0.2	0.7	1.8	-1	30.7	66.5
S33	6365	13.1	14	3	15	3.5	1.1	42.6	0.8	0.3	0.5	1.3	-1	35.8	76.1
S33	6366	14.1	15	3	25	5.5	1.6	35.9	0.9	0.2	0.8	1.8	-1	29.5	64.2
S33	6367	15.1	16	3	33	8.6	2.4	28.4	1.1	0.1	1.1	2.8	-1	24	50.8
S33	6368	16.1	17	3	28	6.2	1.7	32.9	0.9	0.2	0.9	2	-1	28	58.8
S33	6369	17.1	18	4	35	8	2.1	28	0.8	0.1	1.7	2.4	-1	23.3	49.9
S33	6370	18.1	19	4	39	15.1	7	16.5	1.7	0	2.8	4.4	-1	14.6	29.4
S33	6371	19.1	20	4	41	11.6	3.9	20.4	0.9	0	2.6	3.5	-1	17.3	36.5
S33	6372	20.1	21	4	41	12.3	4.2	19.3	1.3	0	2.5	3.7	-1	16.4	34.4
S33	6373	21.1	22	4	37	15.3	7.6	16.7	2.5	0	2.1	4.8	-1	14.8	29.8
S34	ficticia	0	0.5	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S34	6394	0.5	1	2	6.9	1.9	0.6	49.1	0.8	0.2	0.4	0.5	-1	40.6	87.6
S34	6395	1.1	2	2	11	2.7	0.8	45.9	0.7	0.2	0.5	0.8	-1	38.2	81.9
S34	6396	2.1	3	2	9.8	2.3	0.6	47	0.7	0.3	0.4	0.8	-1	39.1	83.9
S34	6397	3.1	4	2	9.5	2.3	0.7	47.2	0.6	0.3	0.4	0.8	-1	39.2	84.4
S34	6398	4.1	5	2	11	2.5	0.7	46.1	0.6	0.2	0.4	0.9	-1	38.5	82.4
S34	6399	5.1	6	2	11	2.5	0.7	46.2	0.5	0.2	0.5	0.8	-1	38.4	82.5
S34	6400	6.1	7	3	14	3.2	1	43.7	0.5	0.2	0.5	1	-1	36.6	78.1
S34	6401	7.1	8	3	13	2.8	0.9	45	0.5	0.2	0.4	0.9	-1	37.5	80.4
S34	6402	8.1	9	3	14	3.3	1.1	43.6	0.6	0.2	0.5	1.1	-1	36.4	77.8

S34	6403	9.1	10	3	22	5.2	1.4	37.3	0.7	0.2	0.7	1.7	-1	31.4	66.6
S34	6404	10.1	11	3	21	4.9	1.4	38.4	0.7	0.2	0.7	1.7	-1	32.2	68.6
S34	6405	11.1	12	3	14	3.2	1	43.9	0.7	0.2	0.5	1.1	-1	36.8	78.4
S34	6406	12.1	13	3	13	2.8	0.8	44.9	0.6	0.2	0.5	1	-1	37.3	80.1
S34	6407	13.1	14	4	37	11.1	2.7	23.9	1	0	1.2	3.8	-1	20.6	42.8
S34	6408	14.1	15	4	41	12.7	4	19	1.1	0	2.5	3.9	-1	16.5	33.9
S4	SIN TARJ	0	7.05	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S4	39174	7.05	9.05	2	4.3	0.82	0.49	51.12	0.59	0.21	0.2	0.41	-1	42.88	91.24
S4	39175	9.05	10.55	2	5.3	1.03	0.61	50.01	0.6	0.18	0.21	0.49	-1	42.56	89.26
S4	39176	10.6	13.05	2	2.9	0.56	0.38	52.04	0.63	0.21	0.11	0.42	-1	43.8	92.88
S4	39177	13.1	14.25	2	2.3	0.43	0.43	52.55	0.71	0.22	0.11	0.34	-1	43.88	93.79
S4	ficticia	14.3	15	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S4	ficticia	15	16	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-08	SIN TARJ	0	12.95	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-08	T 2501	13	14.3	2	2.6	0.5	0.2	53.2	0.4	0.1	0.1	0.2	0.02	42.63	94.9
SC-08	T 2502	14.3	15.8	2	3.5	0.7	0.3	52.3	0.5	0.1	0.2	0.3	0.03	42.14	93.3
SC-08	T 2503	15.8	16.35	2	3.2	0.7	0.3	52.7	0.6	0.2	0.1	0.3	0.04	42.07	94
SC-08	T 2504	16.4	17.85	2	3.1	0.6	0.2	52.5	0.6	0.3	0.1	0.3	0.03	42.23	93.7
SC-08	T 2505	17.9	19.35	2	2.4	0.5	0.2	53.5	0.5	0.2	0.1	0.2	0.03	42.42	95.6
SC-08	T 2506	19.4	20.85	2	1.9	0.4	0.2	54	0.5	0.1	0.1	0.2	0.03	42.66	96.5
SC-08	T 2507	20.9	22.55	2	1.8	0.4	0.2	54.2	0.5	0.1	0.1	0.2	0.03	42.65	96.8

SC-08	T 2508	22.6	24.05	2	4.8	1	0.4	51.3	0.6	0.1	0.3	0.3	0.04	41.11	91.7
SC-08	T 2509	24.1	25.65	2	2.1	0.4	0.2	53.8	0.5	0.1	0.1	0.2	0.03	42.62	96.1
SC-08	T 2510	25.7	27.75	2	2.4	0.5	0.2	53.3	0.6	0.2	0.1	0.2	0.03	42.38	95.2
SC-08	T 2511	27.8	29.25	2	6.7	1.5	0.5	49.2	0.8	0.2	0.3	0.5	0.03	40.3	87.8
SC-08	T 2512	29.3	30.65	2	6.7	1.5	0.6	49.3	0.7	0.2	0.3	0.5	0.02	40.28	88
SC-08	T 2513	30.7	31	2	6.6	1.2	0.6	49.5	0.7	0.1	0.3	0.4	0.01	40.49	88.5
SC-08	T 2514	31	32.5	3	9.9	2.2	0.8	46.6	0.8	0.1	0.6	0.6	0.02	38.41	83.1
SC-08	T 2515	32.5	34.5	3	9.9	2.3	0.7	46.7	0.9	0.1	0.6	0.7	0.02	38.3	83.3
SC-08	T 2516	34.5	36	3	8.9	2	0.6	47.4	0.8	0.1	0.5	0.6	0.02	39.08	84.7
SC-08	T 2517	36	37.7	3	11	2.5	0.7	45.7	0.9	0.2	0.5	0.9	0.02	37.77	81.5
SC-08	T 2518	37.7	38.85	3	13	3	0.8	44.2	0.9	0.4	0.6	1	0.02	36.36	78.9
SC-08	ficticia	38.9	40	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-09	SIN TARJ	0	46.2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-09	T 2519	46.2	46.5	2	19	3.9	1.3	39.9	0.7	0.2	0.9	1.2	0.01	33.05	71.3
SC-09	T 2520	46.5	47	2	7.9	1.8	0.6	48.4	0.7	0.3	0.4	0.6	0.01	39.44	86.3
SC-09	T 2521	47	48.5	2	7	1.6	0.5	49.3	0.6	0.3	0.3	0.6	0.01	39.71	88.1
SC-09	T 2522	48.5	50.1	2	10	2.5	0.8	46.1	0.8	0.5	0.5	0.9	0.01	37.93	82.3
SC-09	T 2523	50.1	51	2	9.8	2.4	0.7	46.3	0.8	0.5	0.4	0.9	0.02	38.18	82.6
SC-09	T 2524	51	52.5	3	11	2.7	0.8	45.1	0.9	0.8	0.5	1.1	0.02	37.2	80.5
SC-09	T 2525	52.5	53	3	15	3.6	1.1	42.1	1	0.7	0.7	1.3	0.02	34.87	75.1
SC-09	T 2526	53	53.7	3	17	4.4	1.5	40.4	1.2	0.7	0.8	1.4	0.02	32.76	72.2

SC-09	T 2527	53.7	55.2	3	18	4.2	1.5	39.8	1	0.6	0.7	1.4	0.02	33.27	71.1
SC-09	T 2528	55.2	56.7	3	25	6.3	2.3	34.2	1.2	0.4	1	1.9	0.02	27.76	61
SC-09	T 2529	56.7	58.9	3	6.9	1.6	0.6	49.2	0.7	0.4	0.3	0.6	0.02	39.67	87.9
SC-09	T 2530	58.9	61.2	4	39	12.6	3.9	20.9	1.3	0	1.6	4.2	0	16.6	37.2
SC-07	SIN TARJ	0	17.3	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-07	T 2531	17.3	18.9	2	0.7	0.1	0.1	55.1	0.2	0.1	0	0.1	0.01	43.65	98.4
SC-07	T 2532	18.9	20.1	2	0.5	0.1	0.1	55.2	0.2	0.1	0	0.1	0.01	43.81	98.6
SC-07	T 2533	20.1	21.6	2	0.6	0.1	0.1	55.3	0.3	0.1	0	0.1	0.01	43.54	98.8
SC-07	T 2534	21.6	22.5	2	0.5	0.1	0.1	55	0.3	0.1	0	0.1	0.01	43.87	98.3
SC-07	T 2535	22.5	24	2	1	0.2	0.1	54.8	0.3	0.1	0	0.1	0.01	43.43	97.9
SC-07	T 2536	24	25.05	2	0.9	0.2	0.1	54.7	0.3	0.1	0	0.1	0.01	43.64	97.8
SC-07	T 2537	25.1	26.1	2	0.9	0.2	0.1	55	0.3	0.1	0	0.1	0.01	43.4	98.1
SC-07	T 2538	26.1	27.1	2	0.6	0.1	0.1	55.2	0.2	0.1	0	0.1	0.01	43.57	98.5
SC-07	T 2539	27.1	27.5	2	1.4	0.2	0.1	54.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.01	43.24	97.3
SC-07	T 2540	27.5	28.35	2	1.7	0.4	0.1	54.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.01	42.81	97.1
SC-07	T 2541	28.4	30.05	2	3.1	0.7	0.3	53	0.5	0.2	0.2	0.2	0.01	41.9	94.6
SC-07	T 2542	30.1	30.75	2	5.3	1.1	0.4	50.7	0.7	0.3	0.3	0.4	0.02	40.77	90.6
SC-07	T 2543	30.8	32.2	3	11	2.5	0.9	46	1	0.2	0.6	0.6	0.01	37.55	82.2
SC-07	T 2544	32.2	33.7	3	13	3.3	1.2	43.4	0.9	0.1	0.7	0.8	0.01	36.23	77.5
SC-07	T 2545	33.7	34.5	3	13	3	1.1	44.1	0.9	0.2	0.7	0.7	0.01	36.76	78.7
SC-07	T 2546	34.5	35.45	3	11	2.6	0.9	45	0.7	0.3	0.5	0.8	0.02	38.03	80.4

SC-07	T 2547	35.5	36.95	3	10	2.4	1	45.6	0.8	0.4	0.5	0.9	0.02	38.05	81.5
SC-07	ficticia	37	40	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-02	SIN TARJ	0	30.4	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-02	T 2548	30.4	30.7	2	13	3.1	1.2	43.7	0.7	0.1	0.7	0.7	0.02	36.76	78.1
SC-02	T 2549	30.7	31.25	2	6	1.3	0.5	50.4	0.6	0.2	0.3	0.3	0.02	40.28	90.1
SC-02	T 2550	31.3	31.45	2	9.5	2.2	0.8	47.4	0.7	0.2	0.4	0.6	0.01	38.32	84.7
SC-02	T 2551	31.5	32.75	2	6.6	1.5	0.6	49.7	0.6	0.2	0.3	0.5	0.02	40.13	88.7
SC-02	T 2552	32.8	34.25	2	5.6	1.4	0.6	50.3	0.6	0.3	0.3	0.4	0.01	40.59	89.9
SC-02	T 2553	34.3	35.75	2	7	1.8	0.7	49.1	0.6	0.2	0.4	0.5	0.02	39.82	87.6
SC-02	T 2554	35.8	36.5	2	7.3	1.9	0.8	48.8	0.6	0.2	0.4	0.6	0.02	39.54	87.2
SC-02	T 2555	36.5	37.1	2	7.1	1.8	0.8	48.7	0.7	0.3	0.4	0.5	0.02	39.84	86.9
SC-02	T 2556	37.1	38.6	2	6.7	1.5	0.7	49.1	0.6	0.3	0.3	0.5	0.01	40.22	87.6
SC-02	T 2557	38.6	40.1	3	9.1	2.3	1	46.9	0.7	0.3	0.4	0.7	0.02	38.55	83.8
SC-02	T 2558	40.1	41.9	3	9.1	2.3	1	46.9	0.7	0.3	0.4	0.7	0.02	38.58	83.7
SC-02	T 2559	41.9	43.4	3	15	3.9	1.6	41.9	1	0.2	0.7	1	0.03	34.86	74.8
SC-02	T 2560	43.4	44.9	3	15	3.8	1.5	42	1	0.2	0.7	1	0.02	34.99	75
SC-02	T 2561	44.9	46.4	3	20	5.3	2.3	37.3	1.2	0.2	0.8	1.4	0.04	31.22	66.7
SC-02	T 2562	46.4	47.9	3	24	6.3	2.8	34.5	1.4	0.1	1	1.6	0.03	28.07	61.6
SC-02	T 2563	47.9	49.4	4	36	10.2	3.3	24.7	1.2	0	1.5	3.3	0.01	20.06	44.1
SC-02	ficticia	49.4	50.9	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-11	SIN TARJ	0	27.8	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

SC-11	T 2564	27.8	28.6	2	8.5	1.8	0.7	48.1	0.7	0.1	0.4	0.5	0.02	39.34	85.9
SC-11	T 2565	28.6	30.1	2	7.3	1.7	0.5	49.4	0.6	0.1	0.4	0.5	0.03	39.64	88.2
SC-11	T 2566	30.1	30.8	2	2.7	0.6	0.2	53.5	0.5	0.1	0.1	0.2	0.03	42.14	95.4
SC-11	T 2567	30.8	32	2	2	0.4	0.2	54.1	0.4	0.1	0.1	0.2	0.02	42.59	96.6
SC-11	T 2568	32	33.5	2	3.6	0.7	0.3	52.7	0.5	0.1	0.2	0.2	0.02	41.81	94.1
SC-11	T 2569	33.5	34	2	4.9	1	0.5	51.3	0.6	0.1	0.2	0.3	0.04	41.1	91.5
SC-11	T 2570	34	35	2	4.7	1.1	0.4	51.5	0.7	0.1	0.2	0.3	0.02	41.01	92
SC-11	T 2571	35	36.5	2	7.2	1.7	0.6	49.4	0.8	0.1	0.4	0.4	0.03	39.55	88.1
SC-11	T 2572	36.5	38	2	3.4	0.7	0.3	52.7	0.5	0.2	0.2	0.3	0.02	41.83	94.1
SC-11	T 2573	38	39.5	2	2.7	0.5	0.2	53.3	0.5	0.2	0.1	0.3	0.02	42.15	95.1
SC-11	T 2574	39.5	41	2	3.2	0.7	0.2	52.7	0.6	0.2	0.2	0.3	0.01	41.98	94.1
SC-11	T 2575	41	42.5	2	3.8	0.8	0.3	51.9	0.7	0.3	0.2	0.4	0.02	41.78	92.6
SC-11	T 2576	42.5	43.9	2	3.7	0.8	0.3	52.1	0.7	0.2	0.2	0.4	0.03	41.7	93.1
SC-11	T 2577	43.9	44.8	2	4.1	0.9	0.3	51.7	0.7	0.2	0.2	0.4	0.04	41.47	92.4
SC-11	T 2578	44.8	46.3	2	6.1	1.5	0.4	49.6	0.9	0.2	0.4	0.5	0.03	40.33	88.6
SC-11	T 2579	46.3	47.8	3	9.8	2.3	0.8	46.5	0.9	0.2	0.5	0.7	0.03	38.23	83.1
SC-11	T 2580	47.8	49.6	3	12	2.9	0.8	44.9	0.9	0.2	0.7	0.8	0.02	37	80.1
SC-11	T 2581	49.6	50.2	3	12	2.9	0.7	45.2	0.9	0.3	0.6	0.9	0.03	36.64	80.7
SC-11	T 2582	50.2	50.6	3	14	3.1	0.8	43.5	0.8	0.3	0.6	1.1	0.03	35.85	77.8
SC-11	T 2583	50.6	52.1	3	10	2.4	0.7	46.1	0.8	0.3	0.5	0.8	0.02	38.19	82.4
SC-11	T 2584	52.1	52.7	3	16	3.6	1.2	42.2	0.9	0.1	0.7	1.1	0.02	34.52	75.3

SC-11	T 2585	52.7	54.2	3	13	2.7	0.9	44.6	0.7	0.2	0.6	0.9	0.01	36.88	79.6
SC-11	T 2586	54.2	55.3	4	38	10.4	3.2	23.7	0.9	0	1.6	3.3	0.02	19.35	42.3
SC-01	SIN TARJ	0	33.5	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-01	T 2587	33.5	35	2	12	2.5	1.1	45.6	0.4	0.1	0.6	0.8	0.01	36.66	81.4
SC-01	T 2588	35	36.5	2	1.8	0.4	0.2	54.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.01	42.79	96.8
SC-01	T 2589	36.5	38	2	2.2	0.5	0.2	53.7	0.4	0.1	0.1	0.2	0.02	42.52	96
SC-01	T 2590	38	39.5	2	2.5	0.5	0.2	53.6	0.4	0.2	0.1	0.2	0.02	42.3	95.6
SC-01	T 2591	39.5	41	2	0.7	0.1	0.1	54.9	0.3	0.1	0	0.1	0.02	43.71	98
SC-01	T 2592	41	42.5	2	1.1	0.2	0.1	54.7	0.3	0.1	0	0.1	0.01	43.39	97.7
SC-01	T 2593	42.5	44	2	1.3	0.2	0.1	54.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.01	43.28	97.1
SC-01	T 2594	44	45.5	2	1.2	0.2	0.1	54.6	0.4	0.2	0	0.2	0.02	43.18	97.5
SC-01	T 2595	45.5	47	2	1.6	0.3	0.2	54.2	0.4	0.1	0.1	0.2	0.02	43.05	96.8
SC-01	T 2596	47	48.5	2	2	0.4	0.2	53.8	0.4	0.2	0.1	0.2	0.02	42.69	96.1
SC-01	T 2597	48.5	49	2	1.6	0.3	0.1	54.2	0.4	0.2	0.1	0.2	0.01	43	96.8
SC-01	T 2598	49	50.3	2	3.2	0.7	0.2	52.9	0.5	0.2	0.2	0.3	0.01	41.81	94.5
SC-01	T 2599	50.3	51.2	2	8.3	1.7	0.5	48.5	0.9	0.2	0.4	0.5	0.02	39.09	86.6
SC-01	T 2600	51.2	52.7	2	4.7	1	0.3	51.2	0.7	0.2	0.2	0.4	0.02	41.36	91.4
SC-01	T 2601	52.7	54.2	3	10	2.1	0.7	46.8	0.9	0.1	0.5	0.7	0.01	38.2	83.5
SC-01	T 2602	54.2	55.7	3	11	2.3	0.8	46.4	0.8	0.1	0.5	0.7	0.02	37.78	82.8
SC-01	T 2603	55.7	57.1	3	10	2.3	0.8	46.8	0.8	0.2	0.5	0.7	0.01	37.92	83.6
SC-01	T 2604	57.1	57.5	3	25	6	1.8	35.1	0.9	0.2	1	2.1	0.01	28.37	62.7

SC-01	T 2605	57.5	57.8	4	38	11.2	3.1	22.5	0.9	0	1.7	3.7	0	18.96	40.2
SC-01	ficticia	57.8	60	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-13	SIN TARJ	0	36.35	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-13	T 2606	36.4	36.9	2	19	3.6	1.7	40.1	0.5	0	0.8	1.1	0	33.62	71.5
SC-13	T 2607	36.9	38.55	2	1.2	0.2	0.1	54.2	0.3	0.1	0	0.1	0.01	43.66	96.8
SC-13	T 2608	38.6	40.05	2	1	0.2	0.1	54.9	0.3	0.1	0	0.1	0.01	43.33	98
SC-13	T 2609	40.1	41.55	2	2	0.4	0.2	54	0.4	0.1	0.1	0.1	0.01	42.74	96.4
SC-13	T 2610	41.6	43.05	2	1.4	0.2	0.2	54.5	0.4	0.1	0.1	0.1	0.01	43.06	97.3
SC-13	T 2611	43.1	44.55	2	1.7	0.3	0.2	54.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.01	42.81	96.8
SC-13	T 2612	44.6	46.05	2	1.1	0.2	0.1	54.3	0.3	0.2	0	0.1	0.01	43.67	97
SC-13	T 2613	46.1	47.55	2	1.5	0.3	0.2	54	0.4	0.2	0.1	0.1	0.01	43.35	96.4
SC-13	T 2614	47.6	48.6	2	2.3	0.5	0.3	53.7	0.4	0.2	0.1	0.2	0.01	42.34	95.9
SC-13	T 2615	48.6	49.25	2	5.7	1.2	0.8	50.6	0.6	0.2	0.3	0.2	0.01	40.52	90.4
SC-13	T 2616	49.3	50.55	2	1.8	0.3	0.2	54.1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.01	42.83	96.6
SC-13	T 2617	50.6	52.05	2	3	0.7	0.3	53	0.5	0.2	0.2	0.2	0.01	42	94.7
SC-13	T 2618	52.1	53.95	2	1.1	0.2	0.1	54.6	0.4	0.2	0	0.1	0.01	43.2	97.6
SC-13	T 2619	54	54.6	2	2.7	0.5	0.3	53.2	0.4	0.3	0.1	0.3	0.01	42.22	95
SC-13	T 2620	54.6	55.5	2	5.4	1.2	0.4	50.7	0.5	0.3	0.2	0.5	0.01	40.85	90.5
SC-13	T 2621	55.5	56.6	3	7.8	1.8	0.7	48.2	0.7	0.3	0.4	0.6	0	39.52	86.1
SC-13	T 2622	56.6	59.85	4	40	13.7	4.4	19.1	1.2	0	1.8	4.7	0	15.74	34.1
SC-06	SIN TARJ	0	27.1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

SC-06	T 2623	27.1	28.5	2	4.1	0.9	0.3	52.1	0.4	0.2	0.2	0.3	0.01	41.46	93.1
SC-06	T 2624	28.5	29.9	2	6.1	1.4	0.5	50.2	0.5	0.2	0.3	0.4	0.01	40.44	89.6
SC-06	T 2625	29.9	31	2	5.7	1.5	0.7	50.3	0.5	0.2	0.3	0.4	0.01	40.58	89.8
SC-06	T 2626	31	32.5	2	4.5	1.2	0.5	51.5	0.5	0.2	0.2	0.3	0.01	41.23	91.9
SC-06	T 2627	32.5	34	2	3.6	1	0.4	51.4	0.5	2.2	0.2	0.3	0.01	40.49	91.8
SC-06	T 2628	34	35.5	2	6.2	1.5	0.6	49.9	0.6	0.4	0.3	0.4	0.01	40.15	89.1
SC-06	T 2629	35.5	36.8	2	6.6	1.7	0.7	49.3	0.6	0.3	0.3	0.4	0.01	40.03	88
SC-06	T 2630	36.8	38.2	2	11	3	1.3	45.4	0.9	0.2	0.5	0.6	0.01	37.19	81
SC-06	T 2631	38.2	39.35	2	7.8	2.1	0.8	48.5	0.7	0.2	0.4	0.5	0.01	39.18	86.5
SC-06	T 2632	39.4	40.5	2	2.4	0.6	0.3	53.5	0.4	0.2	0.1	0.2	0.01	42.14	95.5
SC-06	T 2633	40.5	41.7	2	3.8	0.9	0.4	52.1	0.5	0.3	0.2	0.3	0.01	41.58	93
SC-06	T 2634	41.7	43.4	2	13	3.4	1.4	43.8	1	0.3	0.6	0.8	0.01	36.34	78.2
SC-06	T 2635	43.4	44.3	2	5.5	1.3	0.5	50.5	0.6	0.3	0.3	0.4	0.01	40.68	90.2
SC-06	T 2636	44.3	45.6	3	11	2.8	1.1	45.5	0.9	0.3	0.5	0.7	0.01	37.61	81.2
SC-06	T 2637	45.6	46.5	3	2.7	0.6	0.3	53.2	0.5	0.3	0.1	0.3	0.02	42.06	95
SC-06	T 2638	46.5	47.5	4	35	9.3	2.8	26.5	0.9	0.1	1.5	3.1	0.01	21.46	47.3
SC-04	SIN TARJ	0	0.3	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-04	T 2639	0.3	1.5	2	2.6	0.5	0.2	53.4	0.4	0.2	0.1	0.3	0.05	42.33	95.3
SC-04	T 2640	1.5	3	2	2.1	0.4	0.2	53.7	0.4	0.1	0.1	0.2	0.02	42.72	95.9
SC-04	T 2641	3	4.5	2	2.5	0.5	0.2	53.5	0.4	0.1	0.1	0.2	0.02	42.52	95.5
SC-04	T 2642	4.5	5.5	2	2.6	0.5	0.2	53.3	0.5	0.1	0.1	0.2	0.03	42.39	95.2

SC-04	T 2643	5.5	6.5	2	3.6	0.7	0.3	52.2	0.5	0.2	0.2	0.3	0.03	42.01	93.2
SC-04	T 2644	6.5	7.5	2	4.6	1	0.4	51.2	0.6	0.2	0.2	0.4	0.02	41.47	91.5
SC-04	T 2645	7.5	8.6	2	6	1.3	0.4	49.8	0.7	0.3	0.3	0.6	0.03	40.51	89
SC-04	T 2646	8.6	9.9	2	4.3	0.9	0.4	51.7	0.6	0.2	0.2	0.3	0.02	41.37	92.3
SC-04	T 2647	9.9	10.8	2	2.6	0.5	0.2	53.3	0.6	0.2	0.1	0.2	0.02	42.13	95.3
SC-04	T 2648	10.8	12.1	2	9.4	2.2	0.8	47.3	0.9	0.1	0.6	0.5	0.03	38.2	84.5
SC-04	T 2649	12.1	13.5	2	8.8	2.1	0.7	47.7	0.8	0.1	0.5	0.5	0.03	38.84	85.2
SC-04	T 2650	13.5	15	3	12	2.8	1	44.7	1	0.1	0.6	0.8	0.02	37.06	79.8
SC-04	T 2651	15	16.5	3	7.8	1.8	0.6	48.4	0.9	0.3	0.4	0.7	0.02	39.2	86.4
SC-04	T 2652	16.5	18	3	6.6	1.5	0.4	49.6	0.8	0.2	0.4	0.6	0.02	39.85	88.5
SC-04	T 2653	18	19.5	3	10	2.5	0.7	46.4	0.9	0.2	0.6	0.7	0.02	37.85	82.9
SC-04	T 2654	19.5	20.5	3	23	5.5	1.6	36	0.9	0.2	1	1.8	0.02	29.88	64.3
SC-04	T 2655	20.5	21.5	3	21	5.3	1.8	37.9	1.2	0.1	1.1	1.3	0.02	30.85	67.7
SC-04	T 2656	21.5	22.7	3	19	4.2	1.3	39.4	0.8	0.2	0.9	1.4	0.02	32.77	70.3
SC-04	T 2657	22.7	24.2	3	4	0.8	0.9	51.6	0.5	0.2	0.2	0.4	0.01	41.5	92.2
SC-04	T 2658	24.2	26.4	4	37	10.2	3.3	23.7	1	0	1.7	3.4	0	19.62	42.3
SC-12	SIN TARJ	0	37.6	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-12	T 2659	37.6	38.85	2	7.1	1.7	0.5	49.5	0.5	0.2	0.3	0.5	0.01	39.65	88.3
SC-12	T 2660	38.9	40.35	2	6.5	1.6	0.6	49.8	0.6	0.3	0.3	0.5	0.01	39.96	88.8
SC-12	T 2661	40.4	41.85	2	9.5	2.4	1	47	0.7	0.2	0.4	0.7	0.01	38.18	83.9
SC-12	T 2662	41.9	43.35	2	7.2	1.8	0.7	49	0.6	0.2	0.3	0.5	0.01	39.61	87.5

SC-12	T 2663	43.4	44.85	3	11	2.8	1.1	45.6	0.8	0.3	0.5	0.8	0.01	37.46	81.4
SC-12	T 2664	44.9	46.25	3	9.2	2.4	1	47	0.8	0.4	0.4	0.8	0.01	38.12	83.9
SC-12	T 2665	46.3	47.75	3	13	3.4	1.5	43.6	0.9	0.2	0.6	0.9	0.01	36.15	77.8
SC-12	T 2666	47.8	49.25	3	15	4	1.7	41.9	0.9	0.2	0.7	1.1	0.01	34.26	74.8
SC-12	T 2667	49.3	50.75	3	14	3.7	1.6	42.1	1		0.7	1.1	0.01	35.35	75.3
SC-12	T 2668	50.8	52.6	3	19	5	2.1	38	1.1	0.5	0.8	1.6	0.01	31.56	67.8
SC-12	T 2669	52.6	54.25	3	11	2.7	1	45.8	0.9	0.4	0.5	0.9	0.01	37.07	81.8
SC-12	T 2670	54.3	55.4	3	1.8	0.3	0.2	54	0.5	0.4	0.1	0.3	0.01	42.56	96.3
SC-12	T 2671	55.4	56.75	4	41	13.9	4.9	18.1	1.2	0	1.8	4.7	0	14.92	32.3
SC-10	SIN TARJ	0	36.35	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-10	T 2672	36.4	37.35	2	5.9	1.2	0.8	50.6	0.5	0.1	0.3	0.3	0.01	40.21	90.3
SC-10	T 2673	37.4	38.85	2	7.3	1.5	1.2	49.1	0.7	0.1	0.3	0.3	0.01	39.42	87.7
SC-10	T 2674	38.9	40.3	2	2.8	0.6	0.3	53.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.01	42.1	95.3
SC-10	T 2675	40.3	41.65	2	7.3	1.7	1	49.1	0.7	0.2	0.3	0.5	0.01	39.4	87.6
SC-10	T 2676	41.7	42.5	2	5.8	1.3	0.7	50.5	0.6	0.2	0.3	0.3	0.01	40.29	90.2
SC-10	T 2677	42.5	44	2	2	0.4	0.2	54	0.4	0.2	0.1	0.2	0.01	42.69	96.4
SC-10	T 2678	44	45.5	2	3.8	0.9	0.4	52.1	0.5	0.2	0.2	0.3	0.01	41.81	92.9
SC-10	T 2679	45.5	47	2	1.4	0.3	0.1	54.4	0.4	0.2	0.1	0.2	0.01	43.02	97.1
SC-10	T 2680	47	48.5	2	2.5	0.5	0.3	53.5	0.4	0.2	0.1	0.2	0.01	42.17	95.6
SC-10	T 2681	48.5	49.15	2	1.7	0.3	0.2	54.2	0.4	0.2	0.1	0.2	0.01	42.79	96.8
SC-10	T 2682	49.2	49.6	2	8.9	2.2	0.7	47.5	0.7	0.2	0.5	0.6	0.01	38.67	84.9

SC-10	T 2683	49.6	50.65	2	1.5	0.2	0.3	53.8	0.4	0.2	0	0.2	0.01	43.31	96.1
SC-10	T 2684	50.7	51.05	2	13	3.1	1	44.4	0.7	0.2	0.6	0.9	0.01	36.48	79.3
SC-10	T 2685	51.1	52.1	2	2.3	0.5	0.2	53.5	0.5	0.3	0.1	0.3	0.01	42.36	95.5
SC-10	ficticia	52.1	52.5	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
SC-10	T 2686	52.5	55.15	4	41	14.3	4.5	17.8	1.2	0	1.8	5	0	14.47	31.8
SC-05	SIN TARJ	0	3.4	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S14	39235	47.5	49.45	2	4.5	1.1	0.49	50.11	0.55	0.28	0.21	0.54	-1	43.21	89.44
S14	39236	49.5	50.85	2	10	2.44	0.94	45	0.66	0.34	0.42	1	-1	40.1	80.32
S14	ficticia	50.9	56.5	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S14	ficticia	0	0.5	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S14	39213	0.5	2.5	2	2.3	0.47	0.3	52.88	0.55	0.19	0.12	0.34	-1	43.88	94.38
S14	39214	2.5	4.5	2	1.8	0.41	0.28	52.66	0.63	0.38	0.1	0.49	-1	44.25	93.99
S14	39215	4.5	6.5	2	2.4	0.54	0.34	51.73	0.67	0.36	0.13	0.49	-1	44.3	92.33
S14	39216	6.5	8.5	2	2.5	0.58	0.35	51.81	0.61	0.38	0.13	0.6	-1	44.05	92.47
S14	39217	8.5	10.5	2	3.3	0.73	0.33	51.12	0.5	0.33	0.16	0.57	-1	43.98	91.24
S14	39218	10.5	12.5	2	5.8	1.23	0.49	48.95	0.43	0.3	0.25	0.64	-1	42.94	87.37
S14	39219	12.5	14.5	2	5.1	1.15	0.52	49.58	0.5	0.33	0.23	0.8	-1	42.84	88.49
S14	39220	14.5	16.5	2	5.9	1.42	1.01	48.31	0.59	0.34	0.31	1.2	-1	41.96	86.22
S14	39221	16.5	18.5	2	8.2	1.84	0.89	47.11	0.52	0.32	0.33	1	-1	40.83	84.08
S14	39222	18.5	20.5	3	13	2.89	1.07	42.1	0.45	0.31	0.51	1.2	-1	39.35	75.14
S14	39223	20.5	22.5	3	10	2.37	0.97	44.49	0.58	0.37	0.42	1.2	-1	40.14	79.41

S14	39224	22.5	24.5	3	20	4.08	1.27	37.7	0.57	0.35	0.72	1.6	-1	34.79	67.29
S14	39225	24.5	27.65	3	12	2.55	0.89	43.09	0.62	0.39	0.49	1.2	-1	39.34	76.91
S14	39226	27.7	31.1	3	11	2.36	0.96	44.05	0.52	0.23	0.61	0.8	-1	40.09	78.62
S14	ficticia	31.1	40	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S13	SIN TARJ	0	18.8	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S13	39199	18.8	21	2	1.7	0.36	0.3	53.02	0.54	0.17	0.08	0.36	-1	44.5	94.63
S13	39200	21	23	2	1.2	0.28	0.21	53.4	0.61	0.26	0.07	0.4	-1	44.58	95.31
S13	39201	23	25	2	1.7	0.4	0.24	52.96	0.65	0.26	0.1	0.39	-1	44.3	94.52
S13	39202	25	27	2	2.5	0.55	0.34	52.36	0.67	0.24	0.12	0.4	-1	43.85	93.45
S13	39203	27	29	2	4.1	0.91	0.44	50.67	0.68	0.31	0.16	0.62	-1	43.11	90.44
S13	39204	29	31	2	3.2	0.73	0.35	51.15	0.7	0.4	0.18	0.58	-1	43.75	91.29
S13	39205	31	33	2	6.8	1.64	0.81	48.02	0.73	0.38	0.33	0.8	-1	41.52	85.71
S13	39206	33	35	2	7	1.61	0.71	47.45	0.57	0.36	0.33	1	-1	41.96	84.69
S13	39207	35	37	2	10	2.2	0.98	44.88	0.45	0.3	0.41	1.2	-1	40.36	80.1
S13	39208	37	39	2	6.8	1.55	0.86	47.5	0.56	0.32	0.33	0.8	-1	42.28	84.78
S13	39209	39	41	3	18	3.94	1.36	38.57	0.52	0.31	0.62	1.7	-1	36.03	68.84
S13	39210	41	43	3	15	3.21	1.21	40.82	0.51	0.35	0.54	1.4	-1	38.4	72.86
S13	39211	43	45	3	17	3.81	1.3	39.83	0.61	0.34	0.59	1.6	-1	36.02	71.09
S13	39212	45	46.5	3	23	5.7	2.23	35.79	0.51	0.38	0.95	1.7	-1	31.09	63.88
S13	ficticia	46.5	50	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S1	SIN TARJ	0	10.45	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

S1	39142	10.5	13.45	2	3	0.64	0.41	51.96	0.51	0.32	0.12	0.5	-1	43.56	92.74
S1	39143	13.5	15.45	2	3.4	0.71	0.38	51.66	0.49	0.26	0.13	0.52	-1	43.5	92.2
S1	39144	15.5	17.45	2	2.5	0.56	0.3	52.09	0.51	0.31	0.12	0.53	-1	44.07	92.97
S1	39145	17.5	19.35	2	2.4	0.48	0.31	52.3	0.54	0.31	0.1	0.52	-1	44.07	93.35
S1	39146	19.4	22	2	0.9	0.18	0.21	53.6	0.43	0.16	0.05	0.27	-1	45.19	95.67
S1	ficticia	22	25.4	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
S1	ficticia	25.4	31	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

A.3 Descripción mapeo sondajes.

TABLA A.2 MAPEO SONDAJES SC-13

DDH LOG		Sondaje	SC-13	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres Oscar Naranjo
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	28-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción		Muestra	NSAMPLE
36.35	36.9	Cch gruesa, con arcillas de escarpe, baja ley		M1	2606
36.9	38.55	Cch gruesa-media blanca, sin contaminantes y homogenea		M2	2607
38.55	40.05	Idem M2 mas amarillenta		M3	2608
40.05	41.55	Idem M3		M4	2609
41.55	43.05	Idem M3		M5	2610
43.05	44.55	Idem M3 pero mas gruesa		M6	2611
44.55	46.05	Idem M6, pura de altísima ley		M7	2612
46.05	47.55	Idem M7, Bioclastos 3-6mm balanus completos		M8	2613
47.55	48.6	Idem M8		M9	2614
48.6	49.25	Transicionalmente en 30cm conch gruesa pura pasa a contener arcillas hasta final de la muestra, bioclastos mayores que en muestras anteriores		M10	2615
49.25	50.55	Idem M9		M11	2616
50.55	52.05	Idem M11, algo mas fino		M12	2617
52.05	53.95	Idem M12		M13	2618
53.95	54.6	Idem M13, ocre, presencia de arenas al tacto, algunas colonias de Balanus (3cm)		M14	2619
54.6	55.5	Inicia conch media a gruesa contaminada con arcillas verdes (20cm), continua conch mas clara y pura; balanus de gran tamaño		M15	2620
55.5	56.6	Tramo final de conch. Contaminada con arenas, contacto neto con arenas de playas esteriles		M16	2621
56.6	59.85	Arenas esteriles		M17	2622
FIN SONDAJE					

TABLA A.3 MAPEO SONDAJE SC-03

DDH LOG		Sondaje	SC-03	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres Oscar Naranjo
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	30-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción	Muestra	NSAMPLE	
0	0.7	Arcillas no muestreadas, sondaje dentro del rajo			
0.7	1.5	Conch muy impura, contaminada con liticos y arcilla	M1	2707	
1.5	2.7	Inicio de conch mas pura, grano fino, menos liticos nivel de 10cm de gravas negras hasta 5 cm de tamaño	M2	2708	
2.7	4	Conch fina poco contaminada, blanca, alta ley, pocos liticos	M3	2709	
4	5.5	Idem M3	M4	2710	
5.5	7	Idem M4, mas fina, menos blanca	M5	2711	
7	8.5	Inicia conch gruesa blanca, poco contaminada, sigue mas fina y uniforme	M6	2712	
8.5	10	Conch media a fina, poco contaminada, no se reconocen bioclastos	M7	2713	
10	11.5	Idem M7	M8	2714	
11.5	13	Idem M8, con sectores bien cementados, mas contaminada, tonalidades marron ocre	M9	2715	
13	13.6	Continua sector contaminado	M10	2716	
13.6	15.2	Conch marron contaminada con arcillas	M11	2717	
15.2	16.4	Conchu fina, sector de pectens compactos, dureza alta, con arenas	M12	2718	
16.4	17.8	Arenas calcareas finas, color ocre verdoso, no se distinguen fosiles	M13	2719	
17.8	19	Regreso a zona biogenica, con lentes de pectens compactos resto es arena calcarea, aumenta arcilla en profundidad	M14	2720	
19	20.3	Arenas calcareas con dos lentes de pectens de 15 cm de espesor	M15	2721	
20.3	21.4	Inicia arena blanca de bioclastos uniforme, grano medio, alta ley	M16	2722	
21.4	22.3	Reinicio arenas calcareas muy impuras, grano fino a muy fino, arcillosa, sin bioclastos visibles	M17	2723	
22.3	23.6	Inicio transicional a 20 cm a xona de acumulaci3n de pectens con mucha arena, alta dureza	M18	2724	
23.6	24	Aumento paulatino bioclastos, disminuci3n de arenas, conch ocre	M19	2725	
24	24.6	Conch blanca fina, pura, no se reconocen especies	M20	2726	
24.6	25.6	Arenas calcareas	M21	2727	
25.6	26.5	Transici3n arenas de playa verde oscuras	M22	2728	
FIN SONDAJE					

TABLA A.4 MAPEO SONDAJE SC-05

DDH LOG		Sondaje	SC-05	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres Oscar Naranjo
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	29-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción	Muestra	NSAMPLE	
0	3.4	Arcilla escarpe no muestreada (sondaje en rajo)			
3.4	4	Conch fina blanca uniforme, ligeramente contaminada con arena fina, escasos trozos de gastropodos	M1	2687	
4	5.4	Conch blanca fina, densa pero friable, ligeramente contaminada con arenas, trozos de conchas diseminadas	M2	2688	
5.4	6.9	Idem M2	M3	2689	
6.9	8.4	Idem M2, un poco mas blanca	M4	2690	
8.4	9.9	Conch blanca fina, muy pura, alta ley	M5	2691	
9.9	11.4	Conch muy fina y poco contaminada	M6	2692	
11.4	12.7	Idem M6	M7	2693	
12.7	14.2	Conch blanca fina, mas arcillosa y contaminada con liticos	M8	2694	
14.2	15.9	Conch muy fina y densa, friable y arenosa	M9	2695	
15.9	17.4	Idem 9	M10	2696	
17.4	18.9	Idem 10	M11	2697	
18.9	20.4	Idem 11	M12	2698	
20.4	21	Idem 12	M13	2699	
21	21.6	Arena calcarea muy fina, que pasa a conchuela gruesa blanca	M14	2700	
21.6	22.9	Conch fina c/ bioclastos medios, arenosa color blanca amarillenta	M15	2701	
22.9	23.7	Idem 15 cementada, blanquesina amarillenta, tramo 20 cm muy densa y dura	M16	2702	
23.7	25	Idem M15, friable, densa, grandes conchas pectens apilados, dura, intercalacion de zonas ocre y verdosas	M17	2703	
25	26.4	Conch fina verdosa, pectens estratificados horizontales cementados, va de arenosa a conchas estratificadas	M18	2704	
26.4	27.9	Arenas calcareas amarillentas-ocre, finas, muy baja ley	M19	2705	
27.9	29.4	Contacto con arenas, (recuperación 33%)	M20	2706	
FIN SONDAJE					

TABLA A.5 MAPEO SONDAJE SC-10

DDH LOG		Sondaje	SC-10	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres
Proyecto Tongoy 2017					
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción		Muestra	NSAMPLE
0	36.35	Arcilla, escarpe con tricono			
36.35	37.35	Conch gruesa a media, blanca, alta ley, poco densa, con		M1	2672
37.35	38.85	Conch media a fina, notable presencia de arcilla verde, textura friable, poco densa, aparentemente toda de balanus		M2	2673
38.85	40.3	Cambio neto a conch media blanca, sin arcillas verdes, alta ley		M3	2674
40.3	41.65	Idem M3, aparecen sectores con arcillas verdes		M4	2675
41.65	42.5	Idem M4, casi sin arcillas verdes		M5	2676
42.5	44	Idem M3, sin arcillas verdes, sin contaminantes, alta ley		M6	2677
44	45.5	Idem M3, compuesta totalmente de balanus, inicia ligera contaminación de arcillas verdes		M7	2678
45.5	47	Conch blanquesina fina a media, con sectores con arcilla verde		M8	2679
47	48.5	Idem M8		M9	2680
48.5	49.15	Idem M9, muy pura media a gruesa, blanca-amarillenta		M10	2681
49.15	49.6	Idem M9, contaminada con arcillas marrones plasticas (posible contaminación por maniobra de sondeaje)		M11	2682
49.6	50.65	Idem M9		M12	2683
50.65	51.05	Conch con arcillas verdes plasticas de matriz (30%)		M13	2684
51.05	52.1	Conch fina a media blanca amarillenta, ligeramente arcillosa y arenosa, contacto directo con arenas verdes basales		M14	2685
52.1	55.15	Arenas verdes esteriles		M15	2686
FIN SONDAJE					

TABLA A.6 MAPEO SONDAJE SC-12

DDH LOG		Sondaje	SC-12	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres
Proyecto Tongoy 2017					
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción		Muestra	NSAMPLE
0	37.6	Arcilla de escarpe			
37.6	38.85	Contacto neto con conch blanca fina a media uniforme		M1	2659
38.85	40.35	Conch media fina, arcillas color amarillo y arenas, poco		M2	2660
40.35	41.85	Idem M2, mas ocre		M3	2661
41.85	43.35	Idem M3, presencia de balanus molidos		M4	2662
43.35	44.85	Idem M4, pero mas arcillosa y verdosa		M5	2663
44.85	46.25	Idem M5		M6	2664
46.25	47.75	Idem M6		M7	2665
47.75	49.25	Idem M7, balanus 2-3cm dispersos		M8	2666
49.25	50.75	Idem M8		M9	2667
50.75	52.6	Idem M9		M10	2668
52.6	54.25	Conch media , blanquesina grisacea, muy arenosa, con colonia de balanus		M11	2669
54.25	55.4	Conch fina a media blanca pura, alta ley, contaminada con arenas verdes esteriles al final		M12	2670
55.4	56.75	Arenas verdes esteriles		M13	2671
FIN SONDAJE					

TABLA A.7 MAPEO SONDAJE SC-04

DDH LOG		Sondaje	SC-04	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres Oscar Naranjo
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	29-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción	Muestra	NSAMPLE	
0	1.5	Conch blanca fina, sin arcillas, liticos negros aislados (Rec.	M1	2639	
1.5	3	Idem M1, sin liticos	M2	2640	
3	4.5	Idem M2, pero con liticos aislados	M3	2641	
4.5	5.5	Idem M3, conch blanca, grano fino, poco consoloidad uniforme	M4	2642	
5.5	6.5	Idem M4	M5	2643	
6.5	7.5	Conch muy cementada con calcio, muy dura, con poca arena	M6	2644	
7.5	8.6	Conch fina muy arenosa color ocre claro	M7	2645	
8.6	9.9	Conch fgrano fino algo arcilosa y arenosa, sin liticos, cementada los ultimos 40 cm	M8	2646	
9.9	10.8	Conch media fina, algo arenosa con bioclastos de pectens compactados	M9	2647	
10.8	12.1	Idem M9, cementada dura, acumulación subhorizontal de pecten	M10	2648	
12.1	13.5	Idem 10, impura verdosa	M11	2649	
13.5	15	Idem 10, mas arenosa y menos cementada	M12	2650	
15	16.5	Arenisca calcarea con acumulaciones de pectens	M13	2651	
16.5	18	Idem M13	M14	2652	
18	19.5	Idem M13, acumalación de bivalvos cementados	M15	2653	
19.5	20.5	Idem M15	M16	2654	
20.5	21.5	Conch arenosa marron con liticos, fina	M17	2655	
21.5	22.7	Conch media color ocre y arena con liticos, contacto con arenas verdes	M18	2656	
21.5	22.7	Conch media color ocre y arena con liticos, contacto con arenas verdes	M18	2656	
22.7	24.2	Arenas verdes esteriles	M19	2657	
24.2	26.4	Arenas verdes esteriles	M20	2658	
		FIN SONDAJE			

TABLA A.8 MAPEO SONDAJE SC-06

DDH LOG		Sondaje	SC-06	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	29-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción	Muestra	NSAMPLE	
0	27.1	Arcilla escarpe con tricono , no muestreada			
27.1	28.5	Conchuela con contacto directo con arcillas, blanco ocre claro, grano medio uniforme, conas con colores amarillentos	M1	2623	
28.5	29.9	Idem M1, algo mas verdosa (mas arcilla), sin líticos	M2	2624	
29.9	31	Conch amarillenta ocre, granos de bioclastos medio a grueso, sin liticos	M3	2625	
31	32.5	Conch blanquesina grano medio uniforme, balanus triturados sin liticos, algo de arcilla blanca	M4	2626	
32.5	34	Idem M4, colonia de balanus muy uniforme	M5	2627	
34	35.5	Idem M5, 30cm iniciales ocre, luego blanquesina, uniforme balanus grano medio sin liticos	M6	2628	
35.5	36.8	Idem M6, blanquesina con zonas ocre, balanus 100%	M7	2629	
36.8	38.2	Inicia conch con arcillas verdes (10%) en masa de balanus triturados, grano medio	M8	2630	
38.2	39.35	Conch blanca grano medio con arcillas, prescencia de balanus, con arenas	M9	2631	
39.35	40.5	Conch blanquesia, grano medio con zonas ocre, sin liticos	M10	2632	
40.5	41.7	Idem M10	M11	2633	
41.7	43.4	Inicia conch ocre impura, grano medio, posible contaminación	M12	2634	
43.4	44.3	Idem M12, intercalación baja ley con tramos blancos, sin liticos	M13	2635	
44.3	45.6	Idem M13, mas blanca, balanus, mejor ley	M14	2636	
45.6	46.5	Grano medio amarillo ocre, contaminada con arcillas sin litico	M15	2637	
46.5	47.5	Arenas verdes esteriles	M16	2638	
		FIN SONDAJE			

TABLA A.9 MAPEO SONDAJE SC-01

DDH LOG		Sondaje	SC-01	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	28-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción	Muestra	NSAMPLE	
0	33.5	Escarpe arcillos no muestreado			
33.5	35	Conch media a fina, contaminada con minerales verdosos	M1	2587	
35	36.5	Conch media a gruesa, muy pura, poco densa, muy homogenea	M2	2588	
36.5	38	Idem M2	M3	2589	
38	39.5	Idem M3	M4	2590	
39.5	41	Idem M4, muy homogenea	M5	2591	
41	42.5	Idem M5, ligero cambio de color, mas amarillenta	M6	2592	
42.5	44	Idem M4	M7	2593	
44	45.5	Idem M7, mas fina con contenido de arcilla calcica o silicea	M8	2594	
45.5	47	Idem M8, intercalación de 20 cm de conch arcillosa verde al inicio,	M9	2595	
47	48.5	Idem M9	M10	2596	
48.5	49	Idem M10	M11	2597	
49	50.3	onch arcillosa fina, color blanco amarillenta, con liticos (1-2 mm)	M12	2598	
50.3	51.2	Conch arenosa-arcillosa, color verde claro, inicio baja ley	M13	2599	
51.2	52.7	Conch fina areno arcillosa, color verde claro, continua baja ley	M14	2600	
52.7	54.2	Idem M14, pectens compactados hacia base, inicio pectens compactados color verdoso en matriz areno arcillosa	M15	2601	
54.2	55.7	Secuencia de pectens apilados horizontalmente, cementados por calcita verde, muy duro	M16	2602	
55.7	57.1	Idem M16, muy duro, 57.1 contacto con arenas basales	M17	2603	
55.7	57.1	Idem M16, muy duro, 57.1 contacto con arenas basales	M17	2603	
57.1	55.8	Arenas con minima cantidad de bioclastos	M18	2604	
55.8	57.8	Arenas basales verdes oscuras sin bioclastos	M19	2605	
		FIN SONDAJE			

TABLA A.10 MAPEO SONDAJES SC-02

DDH LOG		Sondaje	SC-02	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres Oscar Naranjo
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	27-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción		Muestra	NSAMPLE
0	30.4	Arcillas basales no muestradas			
30.4	30.7	Conch grano medio, completamente contaminada con liticos y arenas, color ocre		M1	2548
30.7	31.25	Inicio conch media-gruesa, amarillilla clara algo arenosa		M2	2549
31.25	31.45	Intercalación arcillas calcareas muy plásticas		M3	2550
31.45	32.75	Idem M2, uniforme, blanda y poco contaminada		M4	2551
32.75	34.25	Idem M4, color amarillo ocre, posible menor ley		M5	2552
34.25	35.75	Idem M5, mas clara, arcillas amarillas presentes		M6	2553
35.75	36.5	Idem M6		M7	2554
36.5	37.1	Idem M7, pero mucho mas arcillosa y con arenas, fina		M8	2555
37.1	38.6	Idem M8, con mayor cantidad de bioclastos que suben ley		M9	2556
38.6	40.1	Idem M9		M10	2557
40.1	41.9	Idem M10		M11	2558
41.9	43.4	Conch baja ley arcillosa arenosa, color amarillo oscura, bioclastos medios a finos con liticos		M12	2559
43.4	44.9	Idem M12, bioclastos mas gruesos 2-6mm		M13	2560
44.9	46.4	Idem M13		M14	2561
46.4	47.9	Arcillas calcareas con pocos bioclastos tamaño medio, amarillo		M15	2562
47.9	49.4	Arenas de playa basales, verde oscura sin bioclastos		M16	2563
FIN SONDAJE					

TABLA A.11 MAPEO SONDAJES SC-09

DDH LOG		Sondaje	SC-09	Geologo	Francisco Simian Pablo
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	24-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción		Muestra	NSAMPLE
0	46.2	Escarpe arcilloso, no muestreado			
46.2	46.5	Conch de contacto verdosa, muy contaminada con arcillas		M1	2519
46.5	47	Conch blanca fina, poco compacta, arenosa sin liticos		M2	2520
47	48.5	Con media gruesa, ligeramente verdosa, balanus con liticos		M3	2521
48.5	50.1	Conch grano medio, poco cementada uniforme, marron clara, sin liticos		M4	2522
50.1	51	Idem M4		M5	2523
51	52.5	Conch grano medio a grueso, sin arcillas, sin liticos, color marron claro, posible contenido arena fina		M6	2524
52.5	53	Idem M6		M7	2525
53	53.7	Conch gruesa, mas clara, algo arenosa, aparente mejor ley		M8	2526
53.7	55.2	Conch media fina, marron oscura, muy arcillosa, baja ley		M9	2527
55.2	57.1	Idem M9, mas arcillosa, menos bioclastos pero mas grandes		M10	2528
57.1	58.9	Conch basal blanca, bioclastos medios gruesos, con intercalaciones de 10cm de segmentos arcillosos		M11	2529
58.9	61.2	Arenas verdosas de playas no fosiliferas		M12	2530
FIN SONDAJE					

TABLA A.12 MAPEO SONDAJE SC-11

DDH LOG		Sondaje	SC-11	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres Oscar Naranjo
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	27-03-2017		
Prof. m		Descripción		Muestra	NSAMPLE
Desde	Hasta				
0	27.8	Arcillas basales no muestradas			
27.8	28.6	Conch blanca fina algo impura, con liticos, plastica		M1	2564
28.6	30.1	Conch blanca fina con liticos		M2	2565
30.1	30.8	Idem M2, mas pura, algo mas blanca		M3	2566
30.8	32	Conch blanca de alta ley, sin contaminación		M4	2567
32	33.5	Idem M4, algo mas oscura		M5	2568
33.5	34	Idem M5, no es posible reconocer los fosiles, matriz		M6	2569
34	35	Conch marron clara fina, con arcila impura		M7	2570
35	36.5	Conch blanca amarillenta con grandes bioclastos de pectens, matriz areno arcillosa		M8	2571
36.5	38	Pasaje a conch fina algo arenosa, recementado amarillento		M9	2572
38	39.5	Conch blanca cementada poco consolidada (alta ley)		M10	2573
39.5	41	Idem M10, altizima dureza		M11	2574
41	42.5	Idem M11, menos cementada, mas oscura, aparentemente arenosa, grano muy fino, no se reconocen fosiles		M12	2575
42.5	43.9	Conch blanco amarillenta arenosa, con fosiles pectens, impura		M13	2576
43.9	44.8	Idem M13, mas impura, aumenta arcilla amarilla		M14	2577
44.8	46.3	Conch fina arenosa y arcillosa, con liticos, inicio baja ley		M15	2578
46.3	47.8	Idem M15		M16	2579
47.8	49.6	Conch marron grano medio con arenas, arcillas y liticos.		M17	2580
49.6	50.2	Conch marron clara grando fino, mas dura, con restos de pectens, con arcillas de color pardo oscuras		M18	2581
50.2	50.6	Conch marron grano fino a medio, con abundante arcilla		M19	2582
50.6	52.1	Conch fina arenosa ocre, con liticos y bioclastos de tamaño medio a grueso		M20	2583
52.1	52.7	Idem M20, intercalada con capa de 20 cm de conch blanca		M21	2584
52.7	54.2	Con fina ocre muy arenosa, en partes cementada, muy baja		M22	2585
54.2	55.3	Fin conchuela, arenas basales verde oscuras de playa		M23	2586
FIN SONDAJE					

TABLA A.13 MAPEO SONDAJE SC-08

DDH LOG		Sondaje	SC-08	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	23-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción	Muestra	NSAMPLE	
0	12.95	Escarpe arcillos perforado con tricono, sin muestra			
12.95	14.3	Conch gruesa de balanus, marron clara dura	M1	2501	
14.3	15.8	Conch media a gruesa clara, algunos liticos homogenea	M2	2502	
15.8	16.35	Idem M2	M3	2503	
16.35	17.85	Conch fina amarillenta clara homogenea, podria tener arena	M4	2504	
17.85	19.35	Conch media a gruesa amarillenta con balanus y arena	M5	2505	
19.35	20.85	Idem M5	M6	2506	
20.85	22.55	Idem M6	M7	2507	
22.55	24.05	Conch media a gruesa verdosa, contaminada liticos negros (1cm	M8	2508	
24.05	25.65	Idem M8	M9	2509	
25.65	27.75	Idem M9	M10	2510	
27.75	29.25	Conch gruesa a media clara con balanus, gastropodos, arenas y arcillas	M11	2511	
29.25	30.65	Idem M11	M12	2512	
30.65	31	Conch gruesa de intercalacion con liticos, mas clara y ocre	M13	2513	
31	32.5	Conch gruesa con arcillas y arenas, marron verdosa, restos de pecten	M14	2514	
32.5	34.5	Conch gruesa restos de pecten, con arenas y liticos aislados	M15	2515	
34.5	36	Conch muy gruesa, bioclastos semi completos, con arena verde, cementada color marron verdoso, muy compactada.	M16	2516	
36	37.7	Idem M16	M17	2517	
36	37.7	Idem M16	M17	2517	
37.7	38.85	Arena basal sin bioclastos	M18	2518	
FIN SONDAJE					

TABLA A.14 MAPEO SONDAJE SC-07

DDH LOG		Sondaje	SC-07	Geologo	Francisco Simian Pablo Torres Oscar Naranjo
Proyecto Tongoy 2017		Fecha	27-03-2017		
Prof. m					
Desde	Hasta	Descripción		Muestra	NSAMPLE
17.3	18.9	Conch media a gruesa blanca, alta ley, sin arena		M1	2531
18.9	20.1	Idem M1		M2	2532
20.1	21.6	Idem M1, contaminada con arenas diseminadas, algunos balanus gran tamaño		M3	2533
21.6	22.5	Idem M3, con menos arenas negras		M4	2534
22.5	24	Conch en paso directo a grano fino (30 cm), gran cantidad de arena,		M5	2535
24	25	Conch grano fino blanca, minimos liticos (1mm), poco compacta		M6	2536
25	26.1	Conch media poco contaminada, restos de balanus grandes		M7	2537
26.1	27.1	Cambio brutal a conch baja ley, de grano medio, balanus con conchas marrones poco compacta, con arenas		M8	2538
27.1	27.5	Idem M8, grano fino bioclastos marrones oscuros con arenas		M9	2539
27.5	28.35	Con muy arcillosa ocre, bioclastos medios a grandes, muy impura		M10	2540
28.35	30	Conch menos arcillosa, blanquesina, bioclastos medios, poca arena		M11	2541
30	30.75	Idem M11, mas fina		M12	2542
30.75	32.2	Idem m12, muy arcillosa, ocre oscura, baja ley, hacia base acumulación de pectens con arena		M13	2543
32.2	33.7	Acumulación de pectens con arenas subhorizontales, sin balanus, cementado con arcilla marrón, muy compacta y alta		M14	2544
33.7	34.5	Termina acumulación de pectens		M15	2545
34.5	35.45	Arenas ocre mayormente silíceas sin bioclastos		M16	2546
35.45	36.95	Arenas basales verdos esteriles		M17	2547
		FIN SONDAJE			