

República Dominicana
Universidad Tecnológica del Cibao Oriental
(UTECO)



Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales

Escuela de Ingeniería en Geología

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniería en Geología

Título:

Estimación de Reservas Geológicas de la Cantera Caliza Platanal.

Sustentado por:

Kelvin Stewart Castellano Gutiérrez

Yhlene Estefany Camilo Liriano

Franklin Sánchez Bautista

Asesor:

Ing. Beato Martínez

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez

Año académico 2020

Titulo

Estimación de Reservas Geológicas de la Cantera Caliza Platanal.

Índice

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
Lista de figuras	vii
Lista de cuadros.....	vii
Lista de gráficos.....	viii
Lista de imágenes.....	viii
RESUMEN EJECUTIVO	ix
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación e importancia de la investigación	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Operacionalización de las variables	7
1.6 Alcance y límite de la investigación.....	7
1.7 Marco contextual	9
1.7.1 Ubicación geográfica.....	9
1.7.2 Geología general.....	9
1.7.3 Geología regional	11
1.7.3.1 Geología estructural.....	13
1.7.3.2 Estratigrafía	14
1.7.3.3 Morfología.....	14
1.7.3.4 Hidrogeología.....	14
1.8 Definición de términos	15
CAPÍTULO II.....	18
REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1 Introducción	19
2.2 Condiciones topográficas del terreno	19
2.2.1 Área.....	19
2.2.2 Volumen.....	19
2.2.3 Densidad	20
2.3 Composición química del macizo rocoso.....	20

2.3.1	Minerales	20
2.3.2	Anomalías	21
2.4	Método de interpolación el vecino más cercano	21
2.4.1	Elipsoide de búsqueda X.....	21
2.4.2	Elipsoide de búsqueda Y.....	21
2.4.3	Elipsoide de búsqueda Z	22
2.5	Reservas geológicas.....	22
2.5.1	Modelo digital del terreno (DTM)	22
2.5.2	Análisis químicos de las perforaciones	22
2.5.3	Modelo de bloques (Modelo de celdas)	23
CAPÍTULO III		25
METODOLOGÍA.....		25
3.1	Introducción	25
3.2	Diseño de la investigación.....	25
3.3	Tipo de investigación	25
3.4	Enfoque de la investigación	26
3.5	Población y muestra	26
3.6	Método de investigación	26
3.7	Técnicas de investigación.....	26
3.8	Instrumentos	28
3.9	Procedimientos	29
3.10	Análisis y presentación de los resultados	41
CAPÍTULO IV		42
PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS		42
4.1	Condiciones topográficas del terreno	42
4.2	Composición química del macizo rocoso.....	43
4.3	Método de interpolación el vecino más cercano	47
4.4	Reservas geológicas	48
CAPÍTULO V		52
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		52
5.1	Introducción.....	52
5.2	¿Cuáles son las condiciones topográficas del terreno en la cantera caliza Platanal?	52
5.3	¿Cómo es la composición química del macizo rocoso de la cantera caliza Platanal?	52
5.4	¿Cómo aplicar el método de interpolación el vecino más cercano para la estimación en la cantera caliza platanal?	52

5.5 ¿Cuáles son las reservas geológicas de la cantera caliza Platanal?	53
5.6 Conclusiones	53
Aportes	54
Recomendaciones	55
Bibliografía.....	56
Anexos.....	59
Apéndice.....	76

AGRADECIMIENTOS

El camino hacia las metas propuestas se realiza un rato en solitario, y muchos en compañía, tales compañías son importantes e indispensables, ya que solos nunca podremos crecer, el apoyo es vital y sin él no podríamos llegar en armonía a las metas y tampoco tendrían significado sino tenemos con quien compartirlas. En esa trayectoria se agradece a:

A Dios

Por ser nuestro guía y compañía en cada momento a lo largo de esta carrera, por ser la fortaleza en los momentos de debilidad y por brindar una vida llena de aprendizaje y sobre todo felicidad.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO)

Por haber aceptado que formáramos parte de ella y abrir las puertas de su seno científico para poder estudiar esta carrera. A los docentes que siempre lucharon dando apoyo a la escuela de Geología en especial: Mildred Reyes, Yenny Rodríguez, Ricardo Villafaña, Rafael Robles, Francisco Ortiz, Ismael Martínez, Tabaré Mondaray, Amaury Castillo, Jaime Arismendy Acosta. A la facultad de ingeniería y recursos naturales en especial nuestro Decano Juan Antonio Graciano, a nuestro coordinador Elpidio Moronta y a Laura González por siempre brindarnos su ayuda y su profesionalismo.

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia Y Tecnología (MESCYT)

Por habernos dado una beca para cubrir nuestros estudios universitarios.

A Caliza Platanal

Por abrimos la puerta, y darnos la oportunidad que nos brindaron durante las labores realizadas en ella, fruto del cual es la presente tesis. Yobany García y a cada uno de sus colaboradores que hicieron posible esta investigación. Gracias por todo el apoyo que nos fue otorgado en la empresa y por darnos la oportunidad de crecer profesionalmente.

A nuestro asesor: Ing. Beato Martínez

Por la orientación y ayuda que brindo para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que permitieron aprender mucho más de lo estudiado. También agradecemos a todas aquellas personas que directa o indirectamente han colaborado y contribuido con su apoyo, comentarios, sugerencia y ayuda en el desarrollo de esta tesis.

Kelvin Stwart Castellano Gutiérrez

Yhlene Estefany Camilo Liriano

Franklin Sánchez Bautista

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis amigos Yeremi, Argeury y Franklin. Quienes fueron un gran apoyo emocional durante el tiempo en que escribía esta tesis. A mis padres Sijo Castellano y mi madre Ricarda Gutiérrez, quienes me apoyaron todo el tiempo.

A mis hermanos Yeran, Martha, y Ariel, por darme su apoyo siempre. A mi abuela Sixta que en paz descansa por motivarme a seguir con mi Carrera.

A mi esposa Raíza Morillo quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

A las personas de la Faculta de Ing, quienes estudiaron mi tesis y la aprobaron. A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis. Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Kelvin Stwart Castellano Gutiérrez

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años en los cuales nunca me han dejado sola más bien me han impulsado a lograr todos mis sueños, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hija, son los mejores padres.

A mi hermoso hijo, por sacarme una sonrisa en mis momentos de debilidad, gracias porque a tu edad me comprendes y me entregas todo tu amor, porque has sido mi fuerza de seguir escalando.

A mis hermanas (os), por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me han brindado a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Yhlene Estefany Camilo Liriano

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres: Aridia Bautista Belén y Ramón Sánchez Solano

Ha pasado mucho tiempo desde que nací, desde ese momento e incluso antes ustedes ya estaban buscando la manera de ofrecerme lo mejor. Ustedes han sido la fuente de motivación e inspiración para poder seguir adelante. Gracias madre por tus sabios consejos y tu espíritu de lucha en aquellos momentos de debilidad; ustedes han sido y siempre serán la razón por la que me levanto cada día a esforzarme para darles un presente y futuro más digno. Han trabajado duro...La lucha valió la pena, Dios los ha recompensado.

A mis familiares

Gracias por su apoyo incondicional en especial a mi esposa, hijo y hermano: Ana María Santos, Fraylin Sánchez Santos y Jacinto Sánchez Bautista ; quienes con sus palabras de aliento no me dejaban caer para ni siquiera tomar un impulso, siempre alerta de que todos mis pasos fueran firmes y con perseverancia para poder cumplir con mis ideales.

A mis compañeros de tesis: Yhlene Estefany Camilo Liriano y Kelvin Stewart Castellano Gutiérrez

Demostraron que cuando se quiere se puede, y que lo importante es la actitud que tengamos para enfrentar las adversidades en la trayectoria.

A mis maestros

A cada uno de los docentes presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas (Ing. José Argeury Ferreira) y en especial catedráticos de la Escuela de la Geología (Yenny Rodríguez, Elpidio Moronta, Beato Martínez, Ricardo Reinoso Villafaña y Mildred Reyes) que, con su experiencia aportaron sus conocimientos en bien de mi formación académica y profesional.

Con fe, esfuerzo, trabajo y dedicación todo es posible.

Franklin Sánchez Bautista

Lista de figuras

Figuras	Nombres	Pág.
1	Modelo digital del terreno (DTM).	28
2	Tabla de resultados químicos de las perforaciones	29
3	Interpolación con el vecino más cercano	30
4	Tabla Assays	31
5	Tabla Collar	32
6	Tabla Geology	33
7	Tabla Survey	34
8	Hoyos 3D	35
9	Hoyos compositados	36
10	Modelo de bloque sin leyes de mineral	37
11	Modelo de bloque con leyes de mineral	38
12	Modelo digital del terreno (DTM) Cantera Platanal	40
13	Ubicación frontal de las perforaciones realizadas.	41
14	Platanal modelo de bloque vacío o sin leyes de mineral	47
15	Platanal modelo de bloque con leyes de mineral	48
16	Secciones verticales de validación de la estimación geológica	49

Lista de cuadros

Cuadros	Nombres	Pág.
1	Puntajes de los parámetros topográficos del terreno	42

Lista de gráficos

Gráficos	Nombres	Pág.
1	Sondeo de perforación (PLATANAL-001)	42
2	Sondeo de perforación (PLATANAL-002)	43
3	Sondeo de perforación (PLATANAL-003)	43
4	Sondeo de perforación (PLATANAL-004)	44

Lista de imágenes

Imágenes	Nombres	Pág.
1	Elipsoides de búsqueda	45
2	Modelo prototipo	46

RESUMEN EJECUTIVO

Estimación de Reservas Geológicas de la Cantera Caliza Platanal.

Sustentado por:

Kelvin Stewart Castellano Gutiérrez

Yhlene Estefany Camilo Liriano

Franklin Sánchez Bautista

Asesor:

Ing. Beato Martínez

El Proyecto Caliza Platanal está ubicado en el Hato de Casiano del distrito municipal Platanal, municipio de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana. Platanal está ubicado en el cuadrante SO de la Hoja de Cotuí, Calizas oscuras con nódulos de sílex de la Fm Hatillo está cubierta por calizas masivas con rudistas y, de edad Albiano, que trazan un pliegue sinclinal de gran radio de curvatura.

El objetivo de la presente investigación es estimación de reservas geológicas de la cantera Caliza Platanal, estimar el depósito de la cantera Caliza Platanal en sus aspecto geológico, tiene un valor práctico, debido a que constituye una línea base para las instituciones responsables para tomar decisiones a la hora de realizar extracción del yacimiento y también es necesario implementar nuevas alternativas extractivas para tener un mayor beneficio.

La investigación corresponde a un diseño de investigación no experimental del tipo exploratorio-descriptivo, la metodología se desarrolló en varias etapas: Se recolectaron

datos topográficos del terreno para una caracterización de primera mano, y datos químicos provenientes de sondeos de perforación para la caracterización del macizo rocoso en profundidad según la valoración química mineralógica.

La investigación muestra las reservas probadas y no probadas de la cantera con diversas unidades de medidas, además tomando en cuenta que la estimación se realizó mediante métodos modernos con es el cálculo de reservas por modelos de bloques o celdas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el (2017), Cahimba, en su investigación titulada estudio geoambiental de la explotación de materiales para la construcción de la cantera el Pílon, Provincia de Holguín dice que la explotación de georecursos, específicamente la explotación de materiales de la construcción (caliza), ha sido una de las actividades fundamentales desarrolladas por el hombre. Esta actividad al mismo tiempo que favorece a la población, pues su desarrollo implica la satisfacción de necesidades tales como el abastecimiento de materias primas para la construcción, entre otras, también tiene importantes repercusiones ambientales y socioeconómicas, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio natural en que se desenrollan.

En el (2016), Piérولا en su investigación titulada “optimización del plan de minado de cantera de caliza la Unión Distrito de Baños del Inca-Cajamarca, determinó una alta concentración de mercado por parte de los consumidores, los cuales son Yanacocha, Minera Coimolache, Minera Shahuindo, Gold Fields, Lúmina Copper, así como municipalidades; los cuales se abastecen de la compra de terceros, un factor más importante es la ley promedio de carbonato de calcio en la viabilidad y recuperación económica.

En el (2013), Carrero Ronny en su investigación titulada caracterización geológica y cálculo de volumen de calizas en una zona ubicada al norte de San Sebastián de los Reyes, dice que la estimación geológica debe establecer las condiciones óptimas de estudio de la cantera, para hacer un levantamiento adecuado que permita obtener datos suficientemente

informativos para describir y delimitar el volumen que dicha investigación pueda ser utilizada en futuros planes de explotación minera. Este trabajo especial de grado está orientado a la caracterización de la roca más óptima para la explotación de la materia prima y posterior elaboración del cemento.

En el (2009), la Oficina Nacional de Recursos Geológicos y Mineros de Cuba presentada en la Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición No 006 Ordinaria de 26/02/2009 introduce que las reservas Estimadas sobre la base de los datos geológicos obtenidos mediante las perforaciones, laboreos mineros y afloramientos, ubicados a distancia lo suficientemente cercanas que confirmen su continuidad.

“La cantidad, interpretación y confiabilidad determinan con certeza la forma, tamaño y calidad del cuerpo mineral dentro de límites cercanos; cualquier variación del estimado no representa una afectación significativa de la factibilidad del potencial económico”.

“La confianza en el estimado permite la aplicación de parámetros técnicos y financieros en la evaluación de su factibilidad económica”.

En el (2007), González en su investigación titulada determinación de la influencia del tamaño de la unidad de selección minera en la exactitud y precisión de la estimación de los recursos del yacimiento "Mariel" dice que los métodos clásicos no tienen en cuenta los pesos de las muestras de una forma racional y/o adecuada, los pesos de las muestras se asignan sobre la base de consideraciones geométricas y sin tener en cuenta la variabilidad espacial de los parámetros estudiados. En ellos la experiencia acumulada y el factor subjetivo juegan un papel preponderante.

“Otra diferencia fundamental radica en el tamaño del bloque, los métodos tradicionales emplean bloques de grandes dimensiones definidos sobre la base de la aplicación de la

geometría descriptiva y proyectiva, y de aspectos geológicos, mientras que los métodos computarizados permiten realizar la estimación en bloques locales, sustentándose en la distribución espacial de las leyes, aunque hay que destacar que el tamaño del bloque lo determina la persona que realiza la estimación, de una manera que, aunque menos subjetiva, se apoya principalmente de la variabilidad de las leyes, continuidad geológica de las mineralizaciones, tamaño de las muestras y espaciamiento entre ellas, capacidades de los equipos mineros y altura de diseño de los taludes de explotación, por lo que la experiencia acumulada del estimador juega un papel importante”.

“Para propósitos de estimación, existen variados criterios que pueden proporcionar una medida o un estimador de una característica bajo estudio”.

1.2 Planteamiento del problema

Las calizas son rocas sedimentarias que contienen por lo menos 50% de minerales de calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{Ca, Mg (CO}_3\text{)}$) predominando la calcita. Cuando prevalece la dolomita se denomina dolomía. (Minería, 2013, pág. 23)

La minería no metálicas han ido aumentando de tal forma que se hace necesario la exploración de nuevos yacimientos de caliza, ya que la demanda que se ha generado es cada vez mayor principalmente para fines de construcción, por lo que es necesario la búsqueda de nuevas reservas que dispongan del recurso mineral.

La estimación de reservas geológica en la cantera caliza Platanal se realizara para conocer la distribución mineralógica en el cuerpo rocoso y saber a detalle la cantidad volumétrica y calidad del mineral.

Actualmente la Cantera Caliza Platanal se está explotando de forma rudimentaria lo que implica que no se ha realizado una estimación de reservas que cumpla con los estándares de calidad, cantidad y viabilidad que establece la ley minera para su operación.

No obstante, si no se realiza con detalle una estimación de reservas geológica en la cantera platanal se desconocerá el volumen y tipos de mineral de dicho yacimiento lo que conllevará a una mala gestión del posible depósito, además la incredulidad del proyecto al momento de iniciar las operaciones mineras.

Tomando en cuenta que las reservas de caliza se determinan de acuerdo a los resultados obtenidos en las estimaciones geológicas mediante modelos de bloques o modelos de celdas tridimensionales. Por estas necesidades se realizará la investigación en la Cantera Caliza Platanal.

En este contexto se hizo necesario la elaboración de las siguientes interrogantes:

- a) ¿Cuáles son las condiciones topográficas del terreno en la Cantera Caliza Platanal?
- b) ¿Cómo es la composición química del macizo rocoso de la Cantera Caliza Platanal?
- c) ¿Cómo aplicar el método de interpolación el vecino más cercano para la estimación en la Cantera Caliza platanal?
- d) ¿Cuáles son las reservas geológicas de la Cantera Caliza Platanal?

1.3 Justificación e importancia de la investigación

El presente proyecto de grado tiene como importancia la investigación del aprovechamiento que se le puede dar al yacimiento que se pretende estudiar, además calcular la cantidad de caliza existente en la cantera Platanal, esto nos dará a conocer los posibles beneficios que se podrían obtener de este depósito.

La industria extractiva no metálica de la República Dominicana ha tenido un crecimiento paulatino en los últimos años, produciendo una demanda cada vez mayor de agregados para fines de construcción, por lo cual es necesario la búsqueda de nuevas fuentes disponible del recurso mineral.

Estimar el depósito de la cantera de calizas platanal en sus aspecto geológico, tiene un valor práctico, debido a que constituye una línea base para las instituciones responsables para tomar decisiones a la hora de realizar extracción del yacimiento y también es necesario implementar nuevas alternativas extractivas para tener un mayor beneficio.

Cabe señalar que la cantera Caliza Platanal no se han estimado la reservas disponible a pesar de esto se han realizado extracciones, pero es necesario conocer la reserva y definir nuevas alternativas de extracción.

El estudio detallado de la características geológicas y geoquímica de la caliza platanal serán de gran importancia a la hora de seleccionar el adecuado método de extracción, esto avala su valor científico, así como producir y proporcionar información básica para orientar la explotación minera con fines de reducir riesgos y costos en el desarrollo de la actividad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Estimar las reservas geológicas de la cantera Caliza Platanal

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar las condiciones topográficas del terreno en la cantera Caliza Platanal.
- b) Identificar la composición química del macizo rocoso de la cantera Caliza Platanal.
- c) Implementar el método de interpolación el vecino más cercano para la estimación en la cantera Caliza Platanal.
- d) Determinar las reservas geológicas de la cantera Caliza Platanal.

1.5 Operacionalización de las variables

Objetivos específicos	Variables	Indicadores
Determinar las condiciones topográficas del terreno en la cantera Caliza Platanal	Condiciones topográficas del terreno	-Área -Volumen -Densidad
Identificar la composición química del macizo rocoso de la cantera Caliza Platanal	Composición química del macizo rocoso	-Minerales -Anomalías
Implementar el método de interpolación el vecino más cercano para la estimación en la cantera caliza Platanal	Método de interpolación el vecino más cercano	-Elipsoide de búsqueda en X -Elipsoide de búsqueda en Y -Elipsoide de búsqueda en Z
Determinar las reservas geológicas de la cantera Caliza Platanal	Reservas geológicas	-Modelo digital del terreno (DTM) -Análisis químicos de las perforaciones -Modelo de bloques (Modelos de celdas)

1.6 Alcance y límite de la investigación

Campo: Geología.

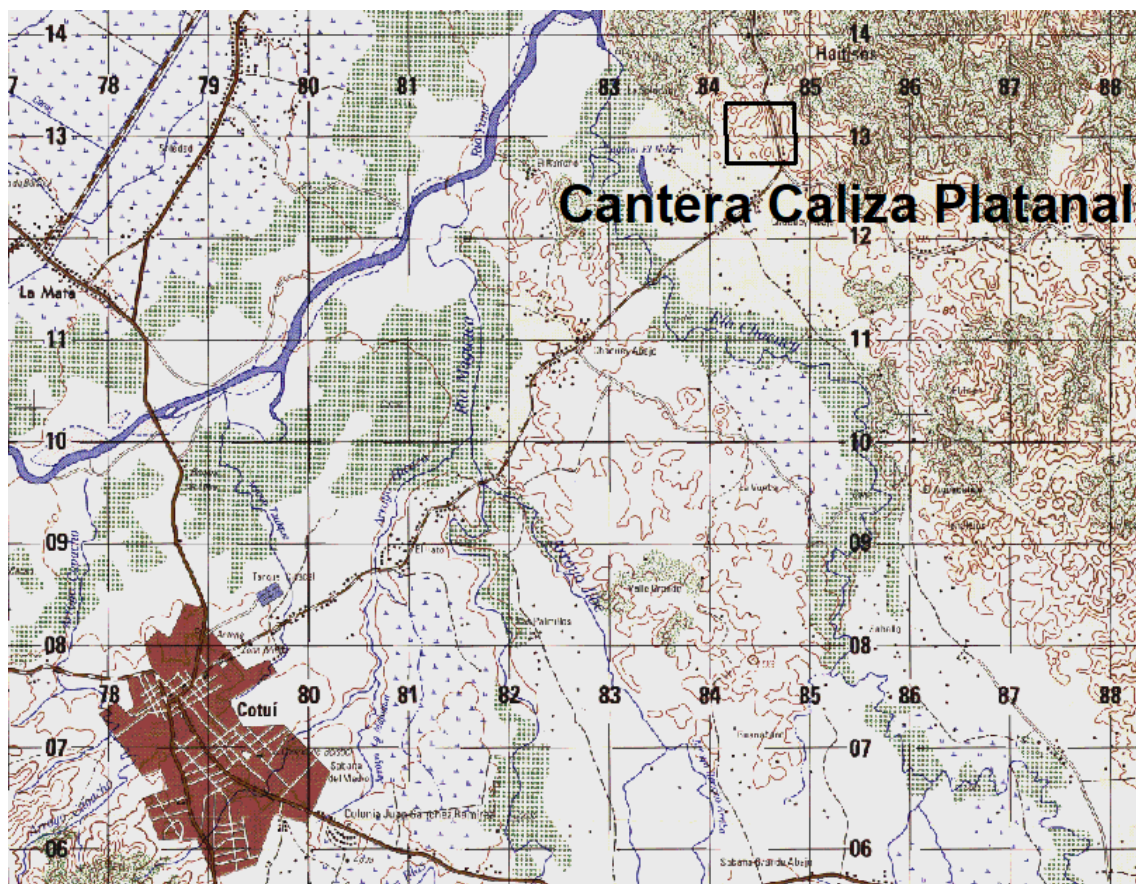
Área: Minería no metálica.

Aspecto: Estimación de Reservas Geológicas de la Cantera de Caliza Platanal

Delimitación espacial:

El proyecto de investigación se desarrollara en la Cantera de Caliza Platanal.

Figura 1.1 Delimitación espacial de la Cantera Platanal.



Fuente: Mapa topográficos de Cotui.

Alcance investigativo:

El trabajo de investigación se fundamentó en la estimación geológica de reservas en la Cantera Caliza Platanal con el fin de calcular la cantidad y calidad del depósito.

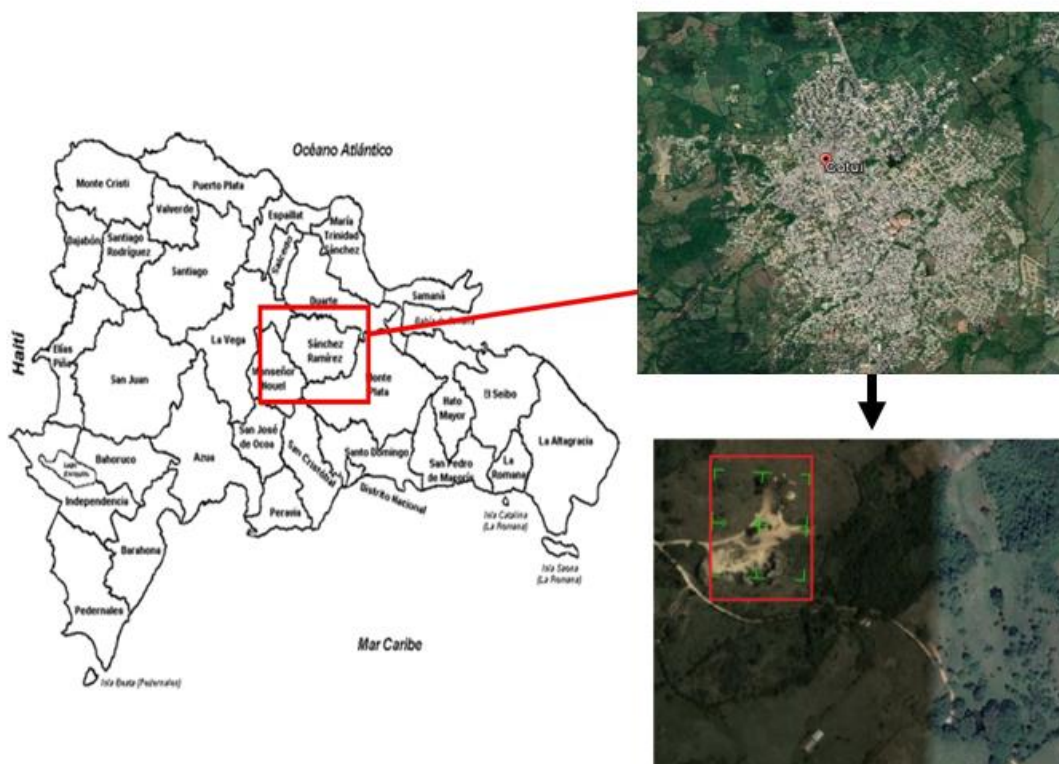
Delimitación temporal:

La investigación abarco un periodo de tiempo desde agosto 2019 hasta enero del 2020

1.7 Marco contextual

1.7.1 Ubicación geográfica

El yacimiento de Caliza de Platanal está ubicado en el Hato de Casiano del distrito Municipal Platanal, municipio de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana. Platanal está ubicado en el cuadrante SO de la Hoja de Cotuí, Calizas oscuras con nódulos de sílex de la Fm Hatillo está cubierta por calizas masivas con rudistas y, de edad Albiano, que trazan un pliegue sinclinal de gran radio de curvatura.



Fuente: Recopilación de imágenes (Google Earth 2019).

1.7.2 Geología general

La isla Hispaniola está situada en el borde septentrional de la placa del caribe que a su vez está separada de la placa norteamericana por una falla transformante con

desplazamiento sinistrolateral según un modelo de la tectónica de placas, entre otros, Pindell (1994), está a favor de que las rocas arcoinsulares de Hispaniola han sido formadas en la región del actual puente terrestre centroamericano, migrando en su posición actual en el transcurso del Cretácico y Terciario.

Las rocas arcoinsulares cretácicas constituyen la subestructura de la isla Hispaniola. Superpuestas están rocas de recubrimiento, formadas esencialmente de los productos de la meteorización de las rocas magmáticas subyacentes durante el Terciario y Cuaternario. Este complejo linda en el suroeste con una plataforma de sedimentos carbonáticos terciarios. (Hannover, 2004).

En la Cordillera Oriental (Kesler, 1991), la Formación Los Ranchos, con un espesor cerca de los 3.000 m, puede equipararse litológicamente a la Formación Tiroo Inferior. En el piso superior, es una fase subaérea de la evolución volcánica está documentada por la alta proporción en sedimentos clásticos con fósiles vegetales. Esta fase termina con un complejo maar-diatrema que contiene el yacimiento de oro de Pueblo Viejo. En la Cordillera Septentrional, lavas andesíticas y basaltos almohadillados y espilitizados, descritos en la Formación Los Canos (Draper, 1994), pueden correlacionarse posible y parcialmente con las Formaciones Los Ranchos y Tiroo Inferior. (Hannover, 2004).

Esta formación tiene una franja de volcano-sedimentaria, definida inicialmente por (Bowin C. 1966) en los alrededores del célebre yacimiento de oro de Pueblo Viejo del que constituye su roca encajante. Está débilmente metamorfizada (facies pumpelita-prehnita), y localmente, es instruida por batolitos de composición tonalítica, emplazados al final del Cretácico Inferior y durante el Cretácico Superior (100-80 Ma). En la parte Sur, moderadamente montañosa, predominan los terrenos volcánicos del Cretácico Inferior, Basaltos y productos volcanoclásticos de composición básica son los constituyentes

esenciales de la formación. Éstos están asociados, interestratificados, y localmente intruídos, por coladas y domos de dacitas, riolitas y andesitas.

La distribución de facies ácidas e intermedias se traduce en la existencia de antiguos volcanes que intruyen a través de la gruesa capa basáltica. (SISMIN, 2010).

En 1991, Kesler S.E. et al citado en la (SISMIN, 2010) propusieron una organización litoestratigráfica de la formación, basada esencialmente en los trabajos de cartografía realizados en la periferia del yacimiento de Pueblo Viejo. La Fm Los Ranchos se subdividió en seis miembros superpuestos:

- En el Miembro Cotuí formado por flujos de lavas submarinas basálticas;
- El Miembro Quita Sueño, representa un episodio volcánico ácido con presencia de lavas, piroclásticas e intrusivas;
- El Miembro Meladito se caracteriza por potentes acumulaciones de rocas volcanoclásticas;
- El Miembro Platanal/Navisa marca un nuevo episodio eruptivo, con predominancia de basaltos y de andesitas.

1.7.3 Geología regional

La caliza Platanal pertenece a la formación geológica los Haitises tiene todas las características de una zona kárstica; En estos casos ha influido mucho la tectónica de placas ya que la reconstrucción paleogeográfica de las cuencas eocenas está oscurecida por la erosión posterior durante el Oligoceno-Mioceno.

Las calizas karstificadas de Los Haitises constituyen el mejor acuífero de la región, tanto en calidad como en cantidad. La cobertura tabular de las calizas de Los Haitises (Plio-

Pleistoceno) está, en sí misma, ampliamente expuesta y ocupa la mayor parte de la mitad Este de la Hoja. Genera, además, una morfología kárstica particularmente característica.

La unidad está compuesta por calizas bioclásticas, calizas margosas, calizas arrecifales y margas, ricas en conchas y fragmentos de fósiles muy diversos. Las calizas son de color gris-azul mientras están frescas, y amarillentas cuando están alteradas. Los afloramientos son escasos y su existencia se deduce de la presencia de abundantes bloques, y bolas de calizas biodetríticas, incrustadas de conchas enteras y/o con fragmentos de fósiles muy variados: Gasteropodos, Lamelibránquios, Políperos, Madréporas, etc.

Cabe señalar que la presencia de los fósiles indica una sedimentación de plataforma interna en medio arrecifal a peri-arrecifal, de edad Mioceno superior - Plioceno inferior. (SISMIN, 2010, p. 20)

Figura 1.3 Ubicación regional del proyecto Pueblo Viejo.



Fuente: (SISMIN, 2010)

1.7.3.1 Geología estructural

Las unidades litológicas y estructurales en la Formación Yanigua son de origen y naturaleza diversa, que pueden agruparse en dos grandes conjuntos: los materiales Cretácicos, que configuran la morfoestructura de la cordillera Oriental, y los materiales 10 Cenozoicos, que aparecen sobreimpuestos a los anteriores, a modo de tapiz y de espesor variable, constituyendo la mayor parte de los afloramientos. (SISMIN, 2010)

1.7.3.2 Estratigrafía

La estratigrafía de la caliza Platanal está formada por limos arcillo-arenosos de color entre amarillo-ferruginoso a gris-rosa, con algunos cordones de gravas centimétrico, de cantos bien rodados. En ciertos lugares, se trata de formaciones de color rojo-vivo que contienen pisolitas de hidróxidos de hierro y manganeso, cuyo aspecto es similar a una laterita.

Los trabajos que describen la estratigrafía de la región de Los Haitises caben destacar el de Brouwer S.B. y Brouwer P.A. (2010), relativo al ámbar, en el que se describen cuatro unidades superpuestas, de muro a techo: conglomerado basal, Fm Yanigua (que alberga el ámbar), caliza de Cevicos y caliza de Los Haitises. Iturralde Vinent M.A. (2001), en un nuevo estudio sobre la geología del ámbar en el ámbito caribeño, considera que el conglomerado basal constituye en realidad intercalaciones dentro de la Fm Yanigua, sugiriendo otro tanto para las calizas de la Fm Cevicos, por lo que simplifica el esquema estratigráfico que queda reducido a dos unidades geológicas. (SISMIN, 2010)

1.7.3.3 Morfología

La plataforma tiene un estilo morfológico muy particular debido a la alteración kárstica que ha desarrollado un complejo sistema de montículos y dolinas. La fracturación condiciona la intensidad de la alteración, en general, las alineaciones de dolinas se traducen inevitablemente en la existencia de fallas o fracturas. (SISMIN, 2010)

1.7.3.4 Hidrogeología

La provincia de Sánchez Ramírez ocupa una gran porción de la cuenca media del río Yuna, la cual cubre en su totalidad una zona de 5,630 Km², equivalente al 10.7% del territorio nacional. A nivel provincial el Yuna recolecta sus aguas de las 17 zonas más

húmedas del país, siendo sus tributarios primarios y secundarios: el Zinc, Camú con Cuayá, Chacuey, Maguaca con Benito e Hicaco, Cevicos, Payabo. (SISMIN, 2010)

1.8 Definición de términos

Caliza: Son rocas sedimentarias que contienen por lo menos 50% de minerales de calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{Ca, Mg}(\text{CO}_3)$), predominando la calcita. Cuando prevalece la dolomita se denomina dolomía. La caliza es aglomerante, neutralizante, escorificante y fundente. (MINERO, 2014, p. 01)

Cordillera: Es una cadena de montañas que están unidas. Estas sucesiones montañosas se formaron en los límites continentales a partir de la acumulación de sedimentos, ya que la compresión ejercida por la presión lateral produjo plegamientos y generó las elevaciones. (Merino, 2012, p. 02)

Estratigrafía: El estudio de rocas sedimentarias comprende tres aspectos principales:

El primero es la Sedimentación, que estudia los procesos por los cuales los sedimentos se forman, transportan y depositan. El segundo es la Petrología Sedimentaria, que estudia la roca como tal, su origen, composición, textura y estructura.

El tercero es la Estratigrafía, que trata de las relaciones totales de las rocas estratificadas, tanto espaciales como temporales y de la historia que registran. (Arellano, 2011, p. 01)

Elevación del terreno: Se define valores de altura en la extensión de un mapa o una escena. El uso más común de las superficies de elevación es definir la fuente de elevación para el contenido rasterizado y los símbolos vectoriales en el suelo, pero las superficies también se utilizan para definir las alturas al editar entidades. Por ejemplo, al

crear entidades, se puede especificar la ubicación x,y mientras se edita, pero el valor z de la entidad se puede derivar de una superficie de elevación. (RESORUCES, 2019)

Fósiles: Son restos de organismos, tanto animales como plantas, que vivieron en épocas geológicas pasadas. La ciencia que se dedica a su estudio es la paleontología. Generalmente los fósiles se encuentran en rocas sedimentarias, porque este tipo de rocas no han sufrido procesos traumáticos, como pueden ser altas temperaturas y fuertes presiones, que habrían provocado la destrucción de los fósiles. Cuando en un lugar determinado encontramos una concentración elevada de fósiles se le considera un yacimiento. Los fósiles más antiguos que se conocen pertenecen a bacterias de ambiente acuático, encontrados en rocas que pueden llegar a tener más de 3.500 millones de años. (Naturales, 2017, p. 01)

Geomorfología: Es la ciencia que estudia las formas de la Tierra. Se institucionalizó a finales del siglo XIX y principios del XX y sus haberes se asientan en los saberes acumulados por las demás ciencias de la Tierra que se sistematizaron a partir de la actitud ilustrada respecto de la naturaleza y sus complejas consecuencias en nuestra cultura. (Escobar, 2014)

Geoquímica: Estudia el origen, distribución y evolución de los elementos químicos en la Tierra, contenidos en los minerales formadores de las rocas y en los productos derivados de ellas, así como en los seres vivos, el agua y la atmósfera. Uno de los objetivos de la geoquímica, es determinar la abundancia de los elementos en la naturaleza, ya que esta información es básica para desarrollar hipótesis sobre el origen y la estructura de nuestro planeta y del universo. (Angeles, 2015, p. 01)

Hidrogeología: Trata sobre las características y el comportamiento del agua subterránea y su relación con el ambiente. Dado que al ambiente lo componen los recursos naturales y el hombre, en el análisis ambiental del agua subterránea, deben considerarse las

vinculaciones e incidencias mutuas entre ésta, el suelo, el aire, el agua superficial, el agua meteórica y la biota (animales, vegetales y el hombre). (Auge, 2008, p. 01)

Interpolación: Es la asignación de valores a puntos intermedios entre dos puntos de medición. La interpolación lineal representa gráficamente los valores a lo largo de una línea recta entre los valores de los dos puntos de medición más cercanos. Otras técnicas de interpolación involucran otras funciones. La interpolación se utiliza para completar los datos faltantes en los registros de pozos y en otros conjuntos de datos. También puede utilizarse para asignar valores a los elementos de cuadrículas en los mapas. (Schlumberger, 2018, p. 01)

Macizo rocoso: Es el medio insitu que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales. (Valeriano Nina, 2015, p. 50)

Terreno: Es un elemento imprescindible para el mantenimiento de los ecosistemas terrestres. Es el soporte de la agricultura y de su conservación depende el futuro de la humanidad. Su formación es un proceso lento y su destrucción, por erosión incendios, deforestación o mal uso, es casi instantánea a escala geológica. Se basa en el uso de seres vivos naturales para la obtención de productos de interés o el aumento de la producción. (CIDEAD, 2013, p. 24)

Topografía: Es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de una porción relativamente pequeña de la tierra, si estamos hablando del campo o naturaleza entonces tenemos una representación de la superficie terrestre, si estamos hablando del ámbito urbano, tenemos que la representación está compuesta de muros, edificios, calles, carreteras entre otras. (Guzman, 2012, p. 03)

Yacimientos geológicos: Son formaciones que presentan una concentración de materiales geológicos inusualmente elevada en comparación al resto de la corteza terrestre. Dada la cantidad y calidad de los materiales, un yacimiento puede justificar su análisis para determinar la posibilidad de su explotación comercial. (Porto, 2010, p. 01)

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Introducción

En este capítulo se presenta la plataforma teórica utilizada como base para la investigación, en la misma se han considerado como parámetros las variables de la investigación. Tomando en cuenta que el propósito de la investigación es estimar las reservas geológicas de la cantera caliza Platanal.

2.2 Condiciones topográficas del terreno

Las condiciones topográficas del terreno persiguen principalmente determinar la posición del terreno entre dos puntos (coordenada este, coordenada norte y elevación), sobre un plano horizontal. Aquí entra en funcionamiento la planimetría, que se define como el proceso de representación a escala de un terreno sobre un plano. Por ello, en esta fase se prescinde de elementos como la altura y el relieve del mismo. (Gomez, 2019, p. 2)

2.2.1 Área

El área es una magnitud métrica de tipo escalar definida como la extensión en dos dimensiones de una recta al plano del espacio, expresada en matemáticas como unidades de medida denominadas unidades de superficie.

Para superficies planas es más intuitivo de lados rectos es decir, cualquier polígono puede triangularse, y se puede calcular su área como suma de las áreas de los triángulos en que se descompone. Sin embargo, para calcular el área de superficies curvas se requiere introducir métodos de geometría diferencial. (Pérez Porto, 2009, p. 02)

2.2.2 Volumen

El volumen es la cantidad de espacio que ocupa un cuerpo y capacidad es lo que cabe dentro de un recipiente. En general se llama capacidad de un recipiente a su volumen y se mide en metros cúbicos. (CIDEAD, 2013)

2.2.3 Densidad

La densidad, ρ , de un cuerpo se define como la masa por unidad de volumen. Similarmente, el peso específico se define como el peso por unidad de volumen. Para un cuerpo homogéneo (es decir, aquel para el cual sus propiedades son iguales en todas sus partes), la densidad es una característica de la sustancia de la que el mismo está compuesto.

La densidad es una típica magnitud intensiva, es decir, una magnitud que no depende de la cantidad de materia que compone al cuerpo, sino sólo de su composición. Otros ejemplos de magnitudes intensivas son la temperatura, la presión, etc. (CIENCIA, 2002, p. 01)

2.3 Composición química del macizo rocoso

La composición de la roca madre, tanto química como mineralógica, entendiendo que es una capa de roca no perturbada que normalmente se encuentra debajo de una capa superficial de tierra.

En las zonas de alta erosión, roca madre puede llegar a ser expuesta a la superficie. De ella se originan las rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas y forma la superficie superior de la base rocosa que compone la corteza terrestre. (Mendoza, 2016)

2.3.1 Minerales

Un mineral es una sustancia natural que se diferencia del resto por su origen inorgánico, su homogeneidad, composición química preestablecida y que corrientemente ostenta una estructura de cristal. Entre sus funciones principales se cuenta la de ser un componente decisivo y fundamental para la conservación y la salud de los seres vivos, ya que su presencia. (Juarez, 2016)

2.3.2 Anomalías

Una anomalía es una desviación con respecto a la norma. Una anomalía geoquímica es una variación de la distribución geoquímica normal correspondiente a un área o a un ambiente geoquímico.

Una anomalía se expresa por medio de números, que se puede separar de un grupo más amplio de números constituyendo el fondo geoquímico. Para ser detectada una anomalía tiene que desviar claramente de este fondo. (Griem-Klee, 2016)

2.4 Método de interpolación el vecino más cercano

El método del vecino cercano asigna el valor del punto más cercano a cada nodo de la cuadrícula. Éste método es útil cuando los datos están espaciados uniformemente. En casos donde los datos están cercanos a la cuadrícula y solo hay algunos valores perdidos, éste método es bastante eficaz para llenar los “agujeros” entre los datos. (GARATE, 2005, p. 27)

2.4.1 Elipsoide de búsqueda X

Sirve para controlar el caso en que solo una muestra cae en la vecindad. Si, por ejemplo, se pone 100 metros en x, solo se podrán interpolar las celdas que están dentro del elipsoide en el caso de los bloques que tengan dos o más datos en la vecindad. (Sironvalle, 2007, p. 120)

2.4.2 Elipsoide de búsqueda Y

Es la distancia máxima en y que muestra la elipsoide. Si se pone, por ejemplo $y = 32$, entonces cuando en la vecindad de un cierto bloques existan más de 32 compositos, solo se utilizarán en la estimación los 32 compositos más cercanos al centro del bloque. Este elipsoide se usa para mayor velocidad de los cálculos. (Sironvalle, 2007, p. 120)

2.4.3 Elipsoide de búsqueda Z

Es la distancia máxima de búsqueda de compósitos por sondaje. Si se pone, por ejemplo $Z = 2$, en cada sondaje se utilizará un máximo de 2 compósitos, los más cercanos al centro del bloque. El objetivo de este parámetro es forzar la interpolación entre sondajes. (Sironvalle, 2007, p. 121)

2.5 Reservas geológicas

Son el resultado del proceso de exploración y son estimados usando modelos geocientíficos. Cuando estos recursos geológicos presentan un interés económico con una perspectiva razonable de una eventual extracción, se denominan recursos minerales. (CODELCO, 2016, p. 39)

2.5.1 Modelo digital del terreno (DTM)

DTM es una alambre estilo de superficie y, por definición, subhorizontal. Se interpola la superficie usando puntos previstos coordenadas y una dirección de observación (por definición vertical).

Un efecto de la dirección de visión (por interpolación algoritmo) es que cualquier punto proyectado sobre la superficie DTM en la dirección de visión únicamente cruzar la superficie una vez. Si dos puntos están alineados en la dirección de visión, entonces el algoritmo será incapaz de generar la superficie. (DATAMINE, 2017, p. 37)

2.5.2 Análisis químicos de las perforaciones

Es importante señalar que, el análisis de rocas y minerales podría aparecer como una simple aplicación de análisis inorgánico. Sin embargo, el desarrollo de metodologías analíticas en este campo implica un conocimiento muy completo sobre las propiedades fisicoquímicas y geoquímicas del elemento a analizar y la naturaleza de la matriz, la cual

en la mayoría de los casos es bastante compleja (Potts, 1987). El análisis químico de rocas puede dividirse en tres grandes secciones (Velasco, 1996):

Análisis de elementos mayores (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K y P), cuya composición se expresa como un porcentaje en peso de su óxido más común. En ocasiones, se reportan datos de Fe total y Fe+2 por separado. Adicionalmente, junto a estos elementos se reportan H₂O⁺, H₂O⁻, CO₂, o pérdida por ignición (loss on ignition, LOI).

Análisis de elementos traza, constituyentes que presentan una concentración que se expresa en ppm (partes por millón) o ppb (partes por billón). Entre los más frecuentemente analizados se encuentran Rb, Sr, Ba, Y, Zr, Nb, Ga, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, lantánidos (La-Lu), Cs, Be, Th, U, Ag, B, Sn, Pb, As, Sb, Se, Te, Hg, Mo y Bi; con una menor frecuencia son determinados elementos del grupo del Pt y Au.

Análisis isotópico, encaminado a establecer las relaciones de abundancia de núclidos importantes existentes en la roca. Estas relaciones tienen aplicación en (a) geocronología, como la relación ⁴⁰K/⁴⁰Ar (Geyh y Schleicher, 1990), ó (b) petrología, como la relación ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr (Cox et al., 1979). (TAPIA, 1996)

2.5.3 Modelo de bloques (Modelo de celdas)

El modelo geológico o modelo de bloques es la recopilación de datos topográficos e información obtenida en las campañas de exploración avanzada. Cuando los yacimientos no afloran en la superficie, es necesario tomar muestras utilizando sondajes, que consisten en perforaciones de poco diámetro pero grandes longitudes y de esta manera alcanzar zonas inaccesibles desde la superficie. Una de las técnicas más utilizadas es la perforación con recuperación de testigo, los cuales son llevados a diferentes laboratorios en donde un grupo de expertos analizan e interpretan la litología, alteraciones, leyes de minerales, impurezas,

densidades, entre otras. A partir de estas variables se elabora el modelo geológico.
(Stefanía, 2014)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Introducción

La presente investigación estuvo apoyada bajo los criterios del Manual de Investigación de la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), por lo consiguiente este capítulo, está orientado a la descripción de los componentes metodológicos entre ellos: diseño y tipo de investigación, enfoque de la investigación, métodos, técnicas, instrumentos y procedimientos que se utilizaron para llevar a cabo la investigación.

3.2 Diseño de la investigación

En la elaboración de Esta investigación, se optó por un diseño no experimental, puesto que la investigación se realizó sin manipular deliberadamente variables, es decir, se trata de estudios donde no se hacen variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, solo es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural del objeto de estudio, para posteriormente analizarlos. (Sampieri, 2014).

3.3 Tipo de investigación

La investigación es de tipo mixta ya que fue necesaria la utilización de la investigación Descriptiva y Exploratoria. Según Sampieri esta es la que se recoge y analiza datos cuantitativos sobre las variables, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren. (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014).

Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha

abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014)

3.4 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es mixto ya que fue necesaria la utilización del enfoque cualitativo y cuantitativo. Según (Terán, 2011) el enfoque mixto de investigación es una visión emergente para la construcción de conocimiento científico que considera los constructos significativos característicos del enfoque cuantitativo, pero también utiliza el rigor lógico matemático de las técnicas estadísticas para la construcción de modelos que faciliten la toma de decisiones que inviten a transformar la realidad.

3.5 Población y muestra

El universo o población de esta investigación estuvo en la Cantera Caliza Platanal de la Provincia Sánchez Ramírez de la República Dominicana.

3.6 Método de investigación

El método de investigación que se desarrolló en este trabajo es el deductivo, (Abreu, 2014) lo define como; un método que permite determinar las características de una realidad particular que se estudia por derivación o resultado de los atributos o enunciados contenidos en proposiciones o leyes científicas de carácter general formuladas con anterioridad. Mediante la deducción se derivan las consecuencias particulares o individuales de las inferencias o conclusiones generales aceptadas.

3.7 Técnicas de investigación

Entre las técnicas utilizadas están las siguientes:

3.7.1 Levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico consiste en describir un terreno desde el punto de vista topográfico. A través de la utilización de instrumental especializado, el topógrafo realiza un escrutinio de la superficie del terreno y procede a la toma de datos, generalmente con un teodolito o estación total. Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se realizan mapas o planos específicos de un lugar, describiendo particularmente las características del terreno, como los relieves o diferencias de altura que pueda haber.

Con esta técnica de topografía se persiguió principalmente determinar la posición del terreno entre dos puntos, sobre un plano horizontal. Aquí entra en funcionamiento la planimetría, que se define como el proceso de representación a escala de un terreno sobre un plano. Por ello, en esta fase se prescinde de elementos como la altura y el relieve del mismo.

Posteriormente, sobre la base del plano horizontal, se procede mediante el método de nivelación directa, a determinar la altura del terreno entre varios puntos. En esta nivelación se parte de un punto cuya altura es conocida, para proceder a la medición vertical de la altura del terreno, pudiendo establecer así cotas o la identificación de diversos puntos o coordenadas. (Gómez, 2019, p. 01)

3.7.2 Campaña de perforación

El proceso de la exploración y la investigación mineras no puede entenderse sin la realización de sondeos que constituyen una de las fases más importantes en la vida de una mina. Comprender adecuadamente los pasos a dar y la importancia de cada una de las etapas que requieren para abordar su estudio con el suficiente rigor para entender como engranan entre sí las distintas actividades. Para ello, la publicación describe de forma

suficientemente pormenorizada las distintas técnicas utilizadas en la exploración de recursos minerales para seguidamente, abordar las técnicas de perforación que pueden utilizarse en la etapa de perforación de sondeos. Merecen especial atención los aspectos relativos a la recogida y tratamiento que deben recibir las muestras y los ensayos a realizar en los sondeos. Por ello, se describe con cuidado cual es la labor de la ingeniería tanto en el planteamiento de la campaña como en su seguimiento y supervisión.

Este aspecto se complementa de manera notable con una explicación de los distintos métodos de evaluación de reservas y una explicación de las modalidades de contratación de una campaña de sondeos. (Castilla Gómez, 2012)

3.7.3 Análisis computacionales

En esta etapa se utilizaran las informaciones recopiladas durante los trabajos de campo y con la utilización del software, CIVIL 3D, ACRGIS y Global Mapper se estimaran las reservas geológicas de la Cantera de Caliza Platanal.

3.8 Instrumentos

Los instrumentos que se usaron para obtener los datos de campo (in-situ), durante los trabajos de mapeo y logueo de testigo de perforación son los siguientes:

- Mapas: para la ubicación en el área y nivel topográfico del terreno.
- Brújula: para la tomar dirección en las estructuras, rumbo y buzamiento.
- Martillo geológico: para obtener una superficie fresca de la roca con el fin de determinar su composición y para un punto de referencia en las fotografías.
- GPS: para el levantamiento de los puntos geográficos en el mapeo de campo y ubicación de los pozos de perforación.
- Plantillas: para el registro de datos en el campo.

- Rallador: para determinar la dureza de la roca.
- Lupa: para visualizar e identificar minerales que no se pueden observar a simple vista.
- EPP: Equipos de protección personal (lentes, casco, botas, guantes, etc.).
- Cinta métrica: para medir y calcular la dimensión de las ventanas; y medir la recuperación de los testigos.

3.9 Procedimientos

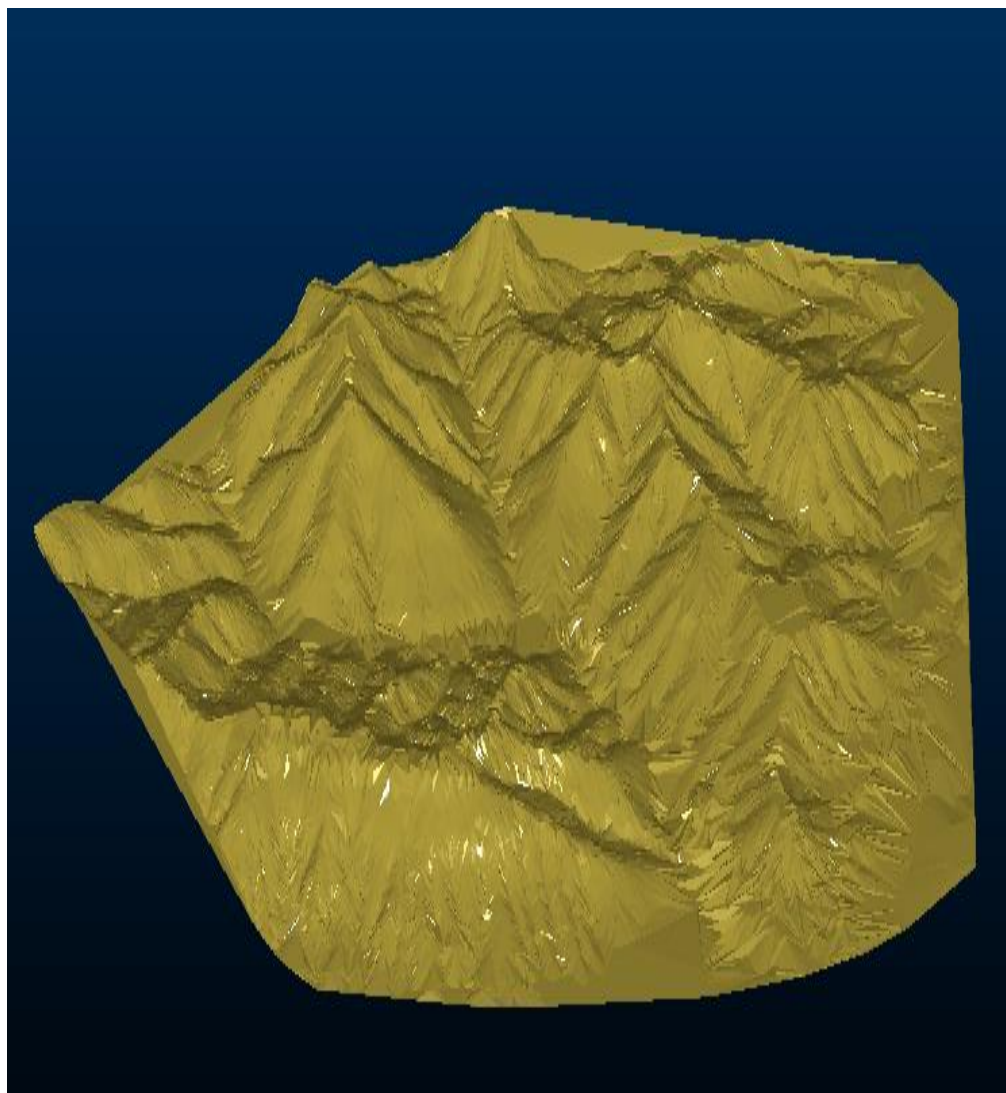
En esta parte, se presentan las diferentes fases secuenciales que se utilizaron para desarrollar la presente investigación:

Fase 1

Para cumplir con el primer objetivo se realizó un levantamiento topográfico, esta técnica de topografía se persigue principalmente determinar la posición del terreno entre dos puntos, sobre un plano horizontal. Aquí entra en funcionamiento la planimetría, que se define como el proceso de representación a escala de un terreno sobre un plano. Por ello, en esta fase se prescinde de elementos como la altura y el relieve del mismo, donde se sumaran cada uno de los parámetros medidos en el campo.

Luego se creó un modelo digital del terreno (DTM) con las coordenadas tanto Este, Norte y Elevación mediante el uso del software DATAMINE RM. Como se indica en la figura No. 1.

Figura No. 1 Modelo digital del terreno (DTM).



Fuente: (DATANINE, 2017).

Etapas II

En el desarrollo de esta investigación el segundo objetivo se realizó una campaña de perforación de recuperación de testigo con broca de diamantina a 20 metros de profundidad y 50 metros de distancia. El logueo de los testigos de perforación se realizó tomando en cuenta el Manual del logueo de testigo de perforación de la consultora Piteau Associates para establecer estándares al momento de realizar la descripción del testigo de diamantina, luego se enviaron las muestras de cada perforación al laboratorio con el fin de obtener los resultados de los análisis químicos de las mismas, tal y como se muestra en la figura NO 2.

Figura No. 2 Tabla de resultados químicos de las perforaciones

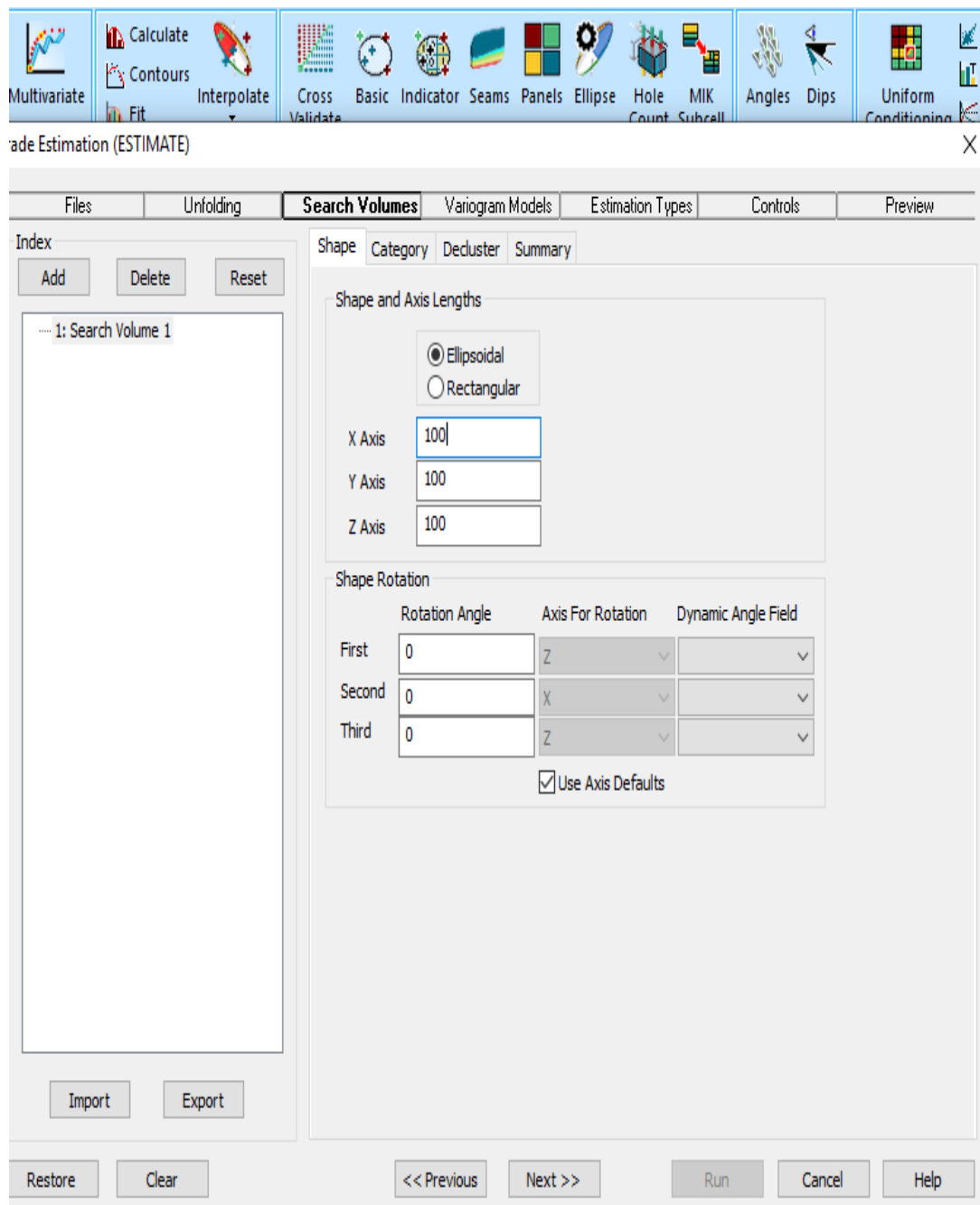
BHID	FROM	TO	AU	CU	
DH2675		0	69.75	0	0.03
DH2675		69.75	72	0	0.03
DH2675		72	74	0	0.03
DH2675		74	76	0	0.03
DH2675		76	78	0	0.03
DH2675		78	80	0	0.03
DH2675		80	82	0	0.03
DH2675		82	84	0.63	0.07
DH2675		84	86	0.56	0.06
DH2675		86	88	0.7	0.07
DH2675		88	90	0.42	0.05
DH2675		90	92	0.98	0.09
DH2675		92	94	2.45	0.19
DH2675		94	96	2.03	0.16
DH2675		96	98	2.38	0.19
DH2675		98	100	15.19	0
DH2675		100	102	0.7	0.07
DH2675		102	104	1.06	0.1

Fuente: (Associates, Piteau, 2016).

Fase III

Para interpolar con el método de búsqueda del vecino más cercano se utilizaron los parámetros de la malla de perforación como son: distancia de la perforación y el espesor de las tiradas, luego se desarrolló el elipsoide de búsqueda y se cargaron los datos al Software DATAMINE donde se crearon la estimación de leyes. Como se muestra en la figura No 3.

Figura No. 3 Interpolación con el vecino más cercano



Fuente: (DATANINE, 2017)

Fase IV

Fase IV.I Se organizó sistemáticamente la base de datos geológica para calcular las reservas y se crearon cuatro tablas para la estimación, mediante los objetivos anteriores estas tablas son:

- a. **Tabla Assays.** Es la tabla química donde se detalla la distribución química-mineralogía de cada perforación desde el FROM y TO de cada tirada como se muestra en la figura No 4.

Figura No. 4 Tabla Assays

assay_txt - Datamine Table Editor

RECORD	BHID (A8)	FROM (N)	TO (N)	AU (N)	CU (N)
1	DH2675	0	69.75	0	0.03
2	DH2675	69.75	72	0	0.03
3	DH2675	72	74	0	0.03
4	DH2675	74	76	0	0.03
5	DH2675	76	78	0	0.03
6	DH2675	78	80	0	0.03
7	DH2675	80	82	0	0.03
8	DH2675	82	84	0.63	0.07
9	DH2675	84	86	0.56	0.06
10	DH2675	86	88	0.7	0.07
11	DH2675	88	90	0.42	0.05
12	DH2675	90	92	0.98	0.09
13	DH2675	92	94	2.45	0.19
14	DH2675	94	96	2.03	0.16
15	DH2675	96	98	2.38	0.19
16	DH2675	98	100	15.19	0
17	DH2675	100	102	0.7	0.07
18	DH2675	102	104	1.06	0.1
19	DH2675	104	106	1.25	0.12
20	DH2675	106	108	1.41	0.13
21	DH2675	108	110	1.42	0.13
22	DH2675	110	112	0.63	0.07
23	DH2675	112	114	0	0.02
24	DH2675	114	115.45	0	0.02
25	DH2675	115.45	118.6	0	0
26	DH2675	118.6	120	0	0.02
27	DH2675	120	122	0	0.02
28	DH2675	122	124	0.02	0.02
29	DH2675	124	126	0	0.02
30	DH2675	126	128	0	0.02

Fuente: (DATANINE, 2017)

- b. **Tabla Collar.** Es la tabla que representa la ubicación geográfica de los sondeos de perforación, como se muestra en la figura No 5.

Figura No. 5 Tabla Collar

collars_txt - Datamine Table Editor

RECORD	BHID (A8)	XCOLLAR (N)	YCOLLAR (N)	ZCOLLAR (N)	LENGHT (N)
1	DH2675	8075.296	6634.682	387.082	185
2	DH2737	8026.002	6625.184	385.028	195.7
3	DH2812	7977.098	6656.163	389.965	176.4
4	DH2813	7977.208	6676.462	392.839	130.1
5	DH2832	7930.126	6634.572	387.516	108.6
6	DH4266	7929.923	6652.543	389.941	120.5
7	DH4267	7930.042	6670.87	392.081	140.7
8	DH4269	7953.456	6635.204	387.161	120.8
9	DH4270	7953.551	6660.345	390.562	121
10	DH4271	7953.55	6672.326	392.339	131.5
11	DH4272	7953.615	6698.003	396.19	140.5
12	DH4280	8001.939	6656.937	389.871	138.4
13	DH4281	8001.897	6670.382	391.877	134.5
14	DH4282	8001.9	6683.439	394.266	107.3
15	DH4283	8001.868	6696.347	396.532	109.7
16	DH4285	8025.212	6644.574	387.986	147.5
17	DH4286	8025.235	6665.321	391.198	122.2
18	DH4287	8051.041	6647.016	388.322	161.7
19	DH4288	8051.011	6669.439	391.706	135.8
20	DH4289	8050.987	6680.129	393.329	115
21	DH4290	8051.011	6700.378	396.667	114
22	DH4291	8075.27	6670.582	391.657	151
23	DH4292	8100.072	6650.326	388.559	161
24	DH4293	8100.062	6663.289	390.423	140.5
25	DH4294	8107.018	6676.234	392.455	119.5
26	DH4295	8108.088	6691.127	395.179	112.5

Fuente: (DATANINE, 2017)

- c. **Tabla Geology.** Es la tabla que representa la geología existente en el sondeo de perforación como se muestra en la figura No 5.

Figura No. 6 Tabla Geology

geology_txt - Datamine Table Editor

RECORD	BHID (A8)	FROM (N)	TO (N)	ROCK (N)	ROCKA (A4)
1	DH2675	82	100	6	OXID
2	DH2675	100	112	8	SULF
3	DH2737	64	86	6	OXID
4	DH2737	86	116	8	SULF
5	DH2812	65.6	78	6	OXID
6	DH2812	78	106	8	SULF
7	DH2813	87.4	102	6	OXID
8	DH2813	102	130.1	8	SULF
9	DH2832	82.35	102	6	OXID
10	DH2832	102	108.6	8	SULF
11	DH4266	86.8	102	6	OXID
12	DH4266	102	118	8	SULF
13	DH4267	109.7	120	6	OXID
14	DH4267	120	140.7	8	SULF
15	DH4269	80	97.6	6	OXID
16	DH4269	97.6	116	8	SULF
17	DH4270	86	96	6	OXID
18	DH4270	96	121	8	SULF
19	DH4271	94.6	100	6	OXID
20	DH4271	100	131.5	8	SULF
21	DH4272	104.5	110	6	OXID
22	DH4272	110	128	8	SULF
23	DH4278	70.7	82	6	OXID
24	DH4278	82	102.7	8	SULF
25	DH4280	95.5	120	6	OXID

Fuente: (DATANINE, 2017)

- d. **Tabla Survey.** En esta tabla aparecen los datos de dirección y buzamientos de los sondeos de perforación como se muestra en la figura No 5.

e.

Figura No. 7 Tabla Survey

survey_txt - Datamine Table Editor

RECORD	BHID (A8)	AT (N)	BRG (N)	DIP (N)
1	DH2675	0	0	90
2	DH2675	69.75	0	90
3	DH2675	72	0	90
4	DH2675	74	0	90
5	DH2675	76	0	90
6	DH2675	78	0	90
7	DH2675	80	0	90
8	DH2675	82	0	90
9	DH2675	84	0	90
10	DH2675	86	0	90
11	DH2675	88	0	90
12	DH2675	90	0	90
13	DH2675	92	0	90
14	DH2675	94	0	90
15	DH2675	96	0	90
16	DH2675	98	0	90
17	DH2675	100	0	90
18	DH2675	102	0	90
19	DH2675	104	0	90
20	DH2675	106	0	90
21	DH2675	108	0	90
22	DH2675	110	0	90
23	DH2675	112	0	90
24	DH2675	114	0	90
25	DH2675	115.45	0	90

Fuente: (DATAMINE, 2017)

Fase IV.II .Después de los resultados presentados en las anteriores tablas se partió a la creación de los hoyos 3D como se muestra en la siguiente figura.

Figura No 8 Hoyos 3D

HOLES3D

Files Fields Parameters

☐ Input files

COLLAR *	collars_txt
SURVEY	survey_txt
SAMPLE1 *	geology_txt
SAMPLE2	assay_txt
SAMPLE3	
SAMPLE4	
SAMPLE5	
SAMPLE6	

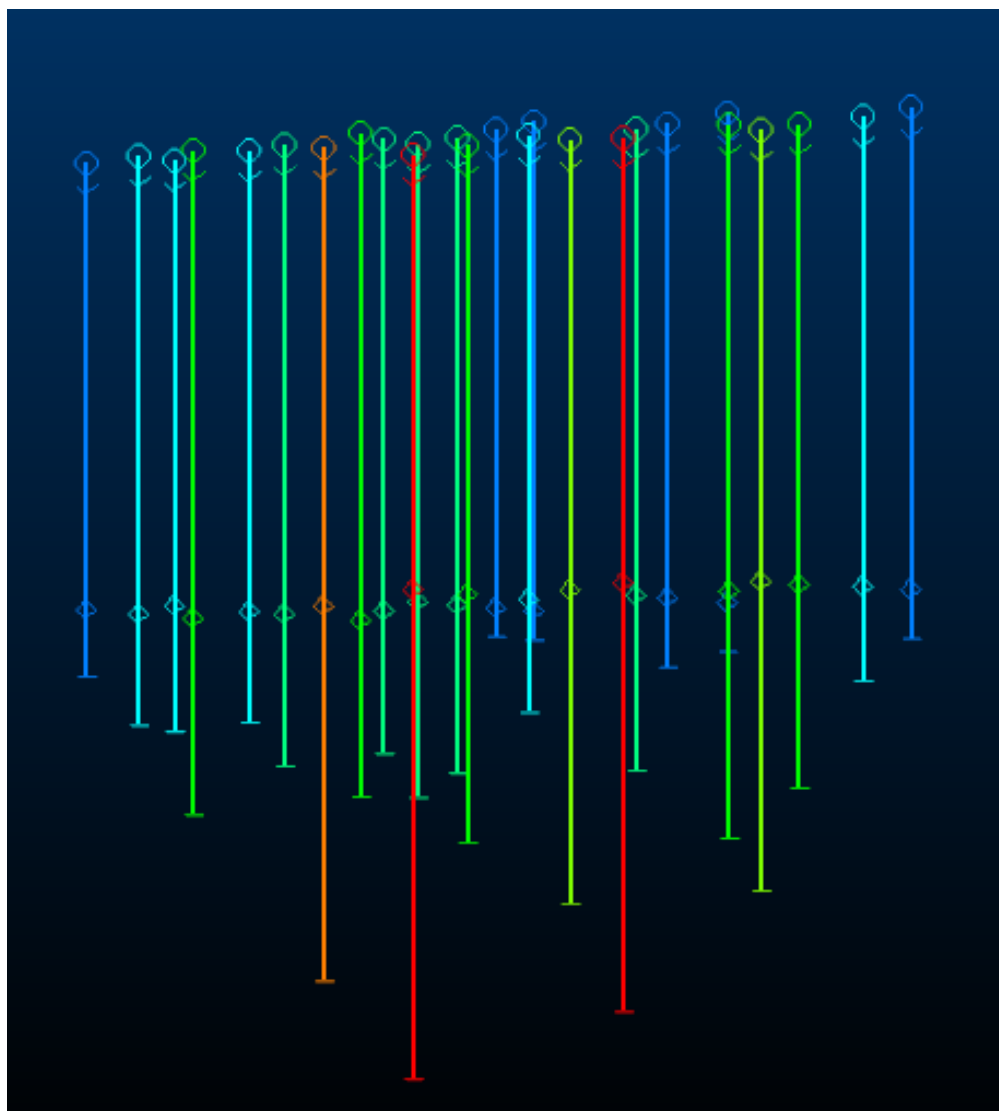
☐ Output files

OUT *	Hoyos 3D
HOLESMRY	
ERRORS	

Fuente: (DATAMINE, 2017)

Fase IV.III .Tomando en cuenta los hoyos 3D se crearon los hoyos compositados, la cual es una técnica estándar usada para la regularización del largo o bien de la altura (distancia en la vertical) de las muestras, como se ve en la figura No 7.

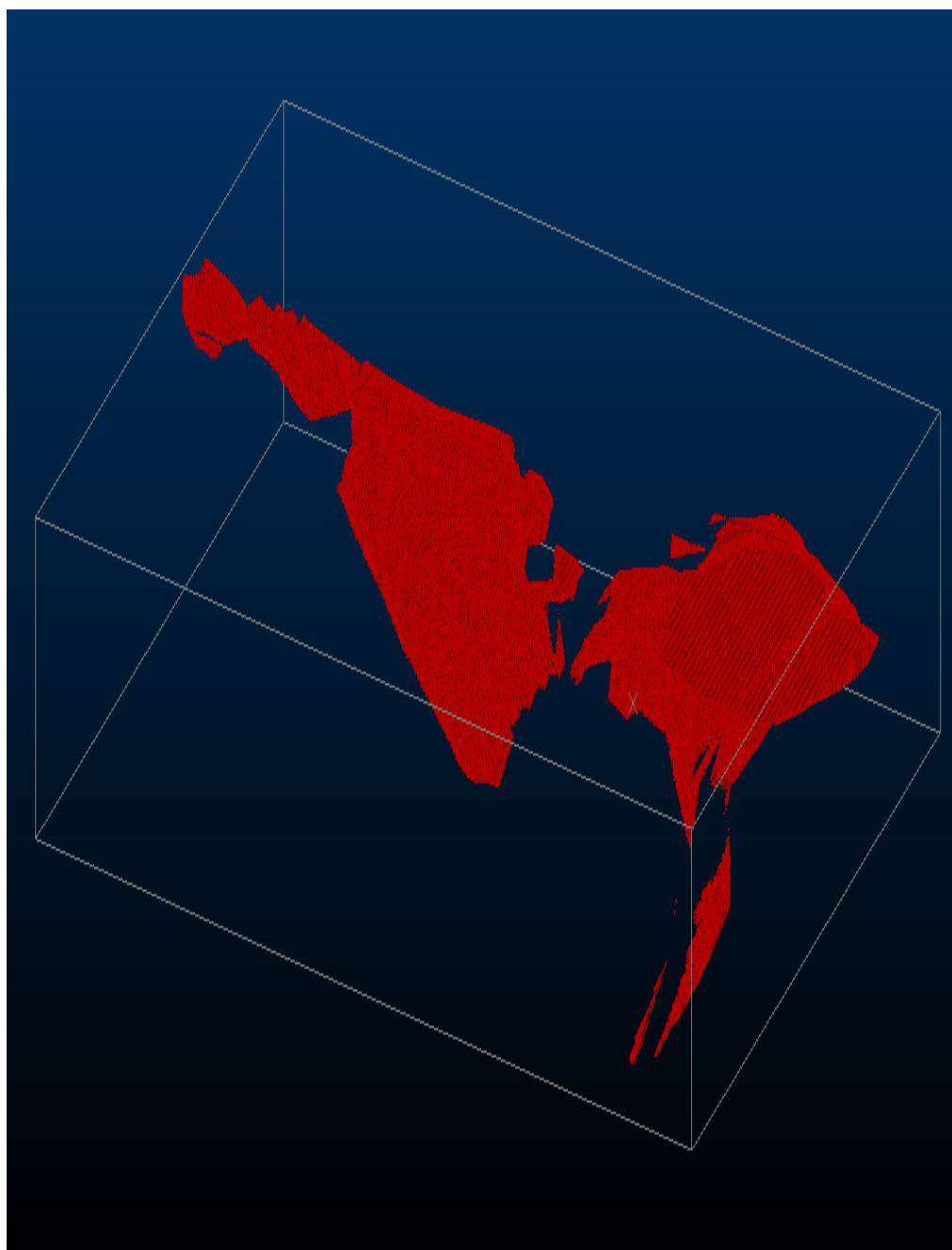
Figura No 9. Hoyos compositados



Fuente: (DATAMINE, 2017)

Fase IV.IV. Partiendo de los hoyos compositivos más el DTM se creó el modelo de bloques sin leyes de mineral como se muestra en la figura No 8.

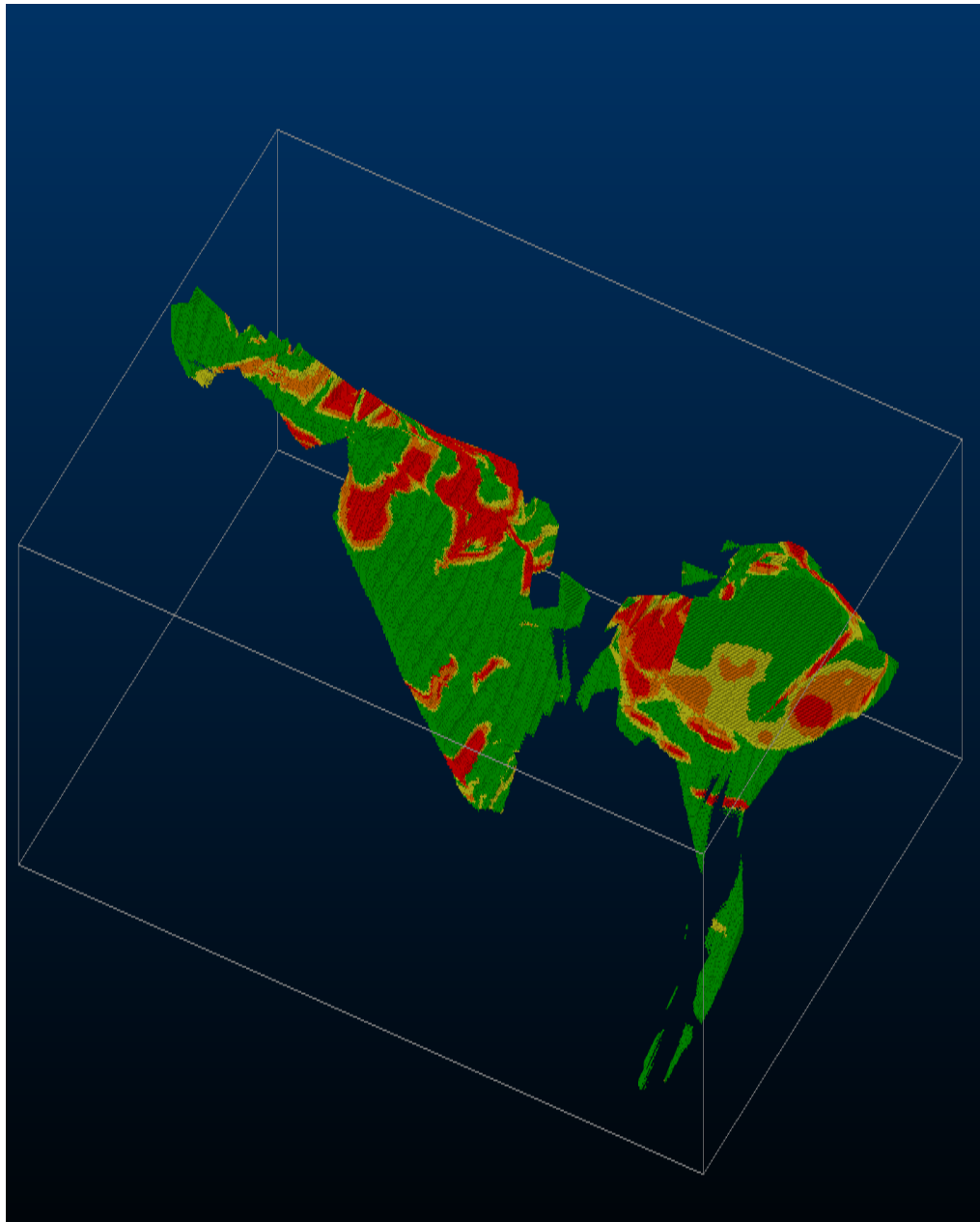
Figura No 10. Modelo de bloque sin leyes de mineral



Fuente: (DATAMINE, 2017)

Fase IV.V. Finalmente se interpola el modelo de bloque sin leyes y se obtuvo un modelo de bloques con leyes ya con su reserva estimada como se muestra en la figura No 9.

Figura No 11. Modelo de bloque con leyes de mineral



Fuente: (DATAMINE, 2017)

3.10 Análisis y presentación de los resultados

Se utilizaron los diferentes programas de minería para realizar los siguientes cálculos:

- Softwares Aplicativos: DATAMINE, Google Earth, ACRGIS, GLOBAL MAPPER y AUTOCAD CIVIL 3D 2018.
- Procesadores de Texto: Microsoft Word 2016.
- Hojas de Cálculo: Microsoft Excel 2016.

CAPÍTULO IV

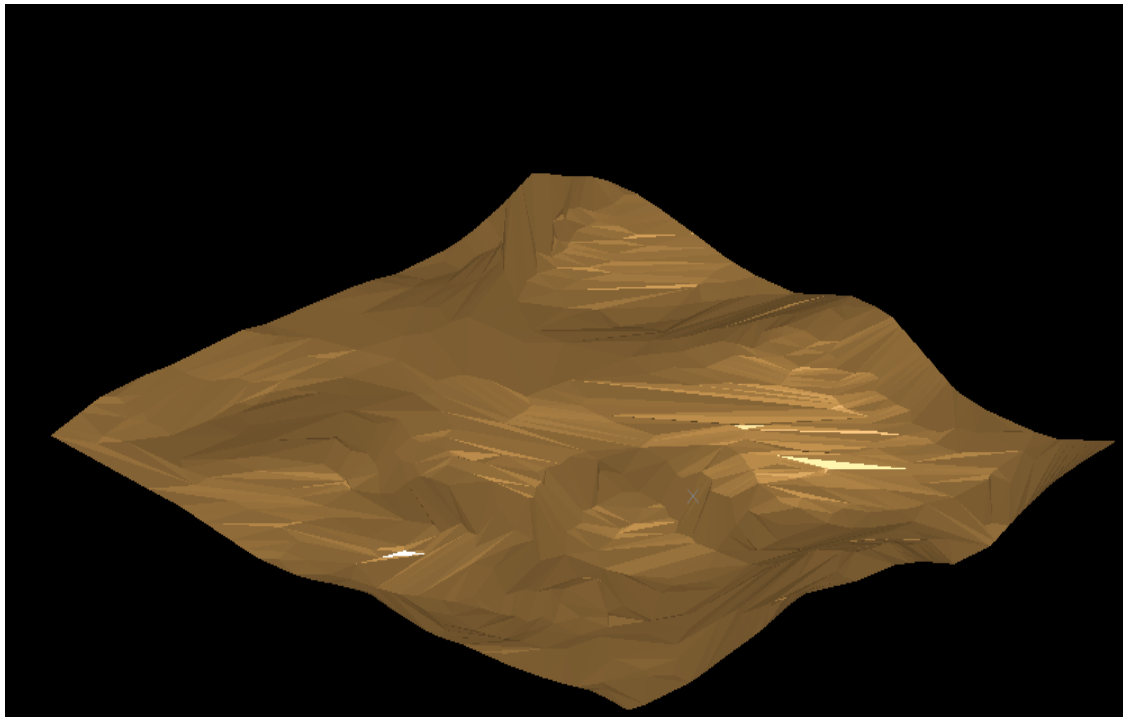
PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación realizada, mostrando los datos mediante cuadros, gráficos para los resultados cuantitativos e imágenes y textos para los resultados cualitativos.

4.1 Condiciones topográficas del terreno

Se ejecutó un levantamiento topográfico superficial del terreno, en toda el área de la fase de investigación según fuera la disponibilidad de la cantera. (Ver anexo I y II), además se realizaron ensayos de laboratorio para determinar la densidad de la roca. (Ver anexo III y IV).

Figura 4.1 Modelo digital del terreno (DTM) cantera Platanal



Fuente: DATAMINE RM 2018.

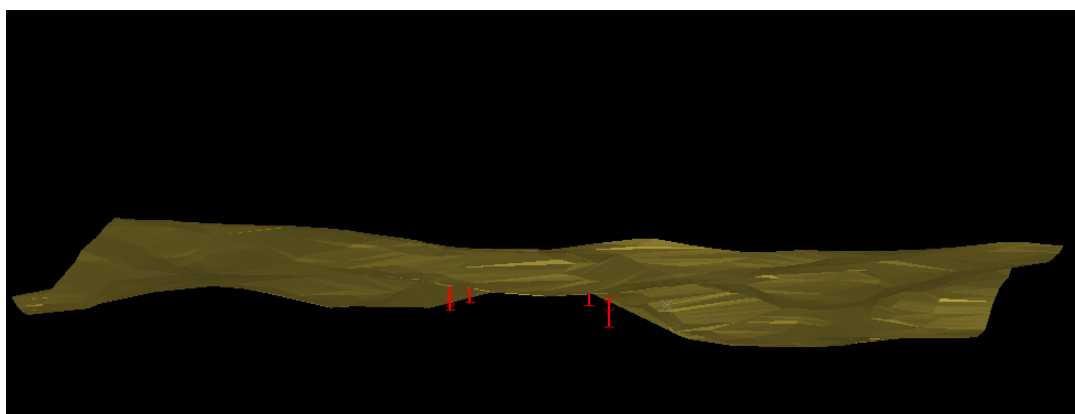
Cuadro 4.1 Puntajes de los parámetros topográficos del terreno

Parámetros del terreno	
Área	397,314.99 m²
Densidad	1.94 kg/dm³
Volumen	36,201,624.42 m³
Coordenada X máxima y mínima	(384848.917 Max) (384175.359 min)
Coordenada Y máxima y mínima	(2113465.773 Max) (2112875.085 min)
Elevación (Z) máxima y mínima	(88 Max) (24 min)

La tabla muestra la valoración topográfica del terreno por parámetro en cada ventana.

4.2 Composición química del macizo rocoso

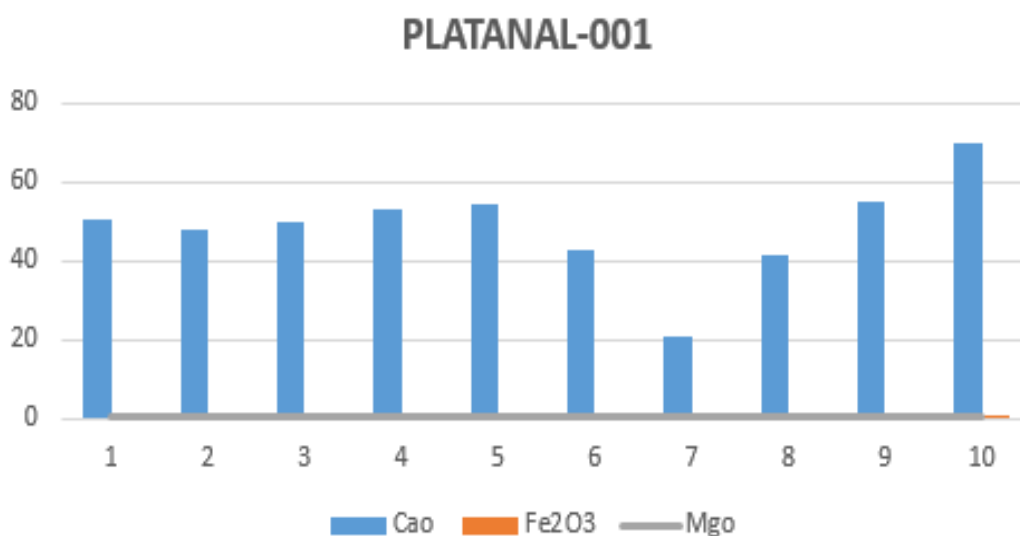
Se realizaron 4 perforaciones previamente planificadas en el área de estudio denominadas (PLATANAL-001, PLATANAL-002, PLATANAL-003, PLATANAL-004), a 20 metros de profundidad y a 100 metros equidistante, estos registros permitieron obtener información confiable que pudo ser usada para determinar la composición química del macizo rocoso. (Ver anexo V).

Figura 4.2 Ubicación frontal de las perforaciones realizadas.

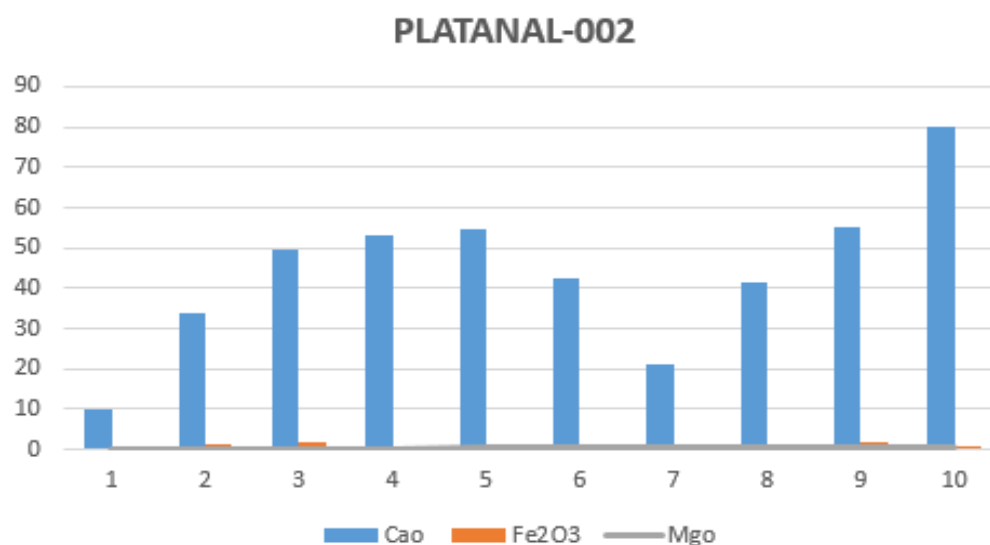
Fuente: DATAMINE RM 2018.

Los siguientes gráficos muestran los valores de cada sondeo de perforación realizado donde se obtuvieron los siguientes minerales: Cao, Fe₂O₃ y Mgo obtenidos mediante el logeo en los testigos de diamantina usados para describir las propiedades químicas del macizo rocoso. (Ver anexo VI)

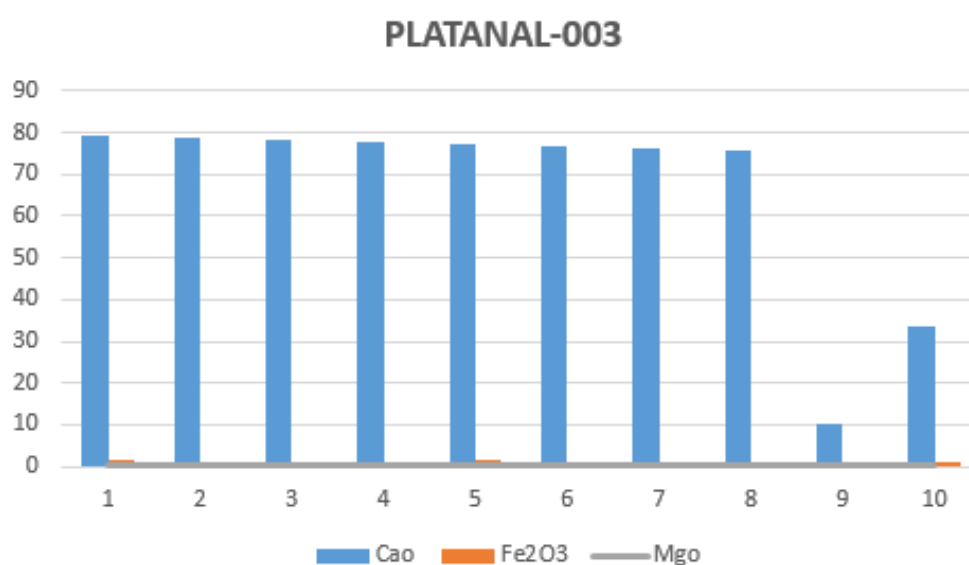
Grafico. 4.1 Sondeo de perforación (PLATANAL-001)



De acuerdo con los registros obtenidos del sondeo PLATANAL-001 de perforación, se obtuvieron valores bajos de Mgo y Fe₂O₃ con un promedio general de 0.26% para el magnesio, para el óxido de hierro un valor promedio de 0.79% distribuidos en la roca adyacentes al sondaje. Mientras que para el Cao los valores fueron altos con un promedio general de 48.60% de carbonato y con un 50.35% de otros minerales.

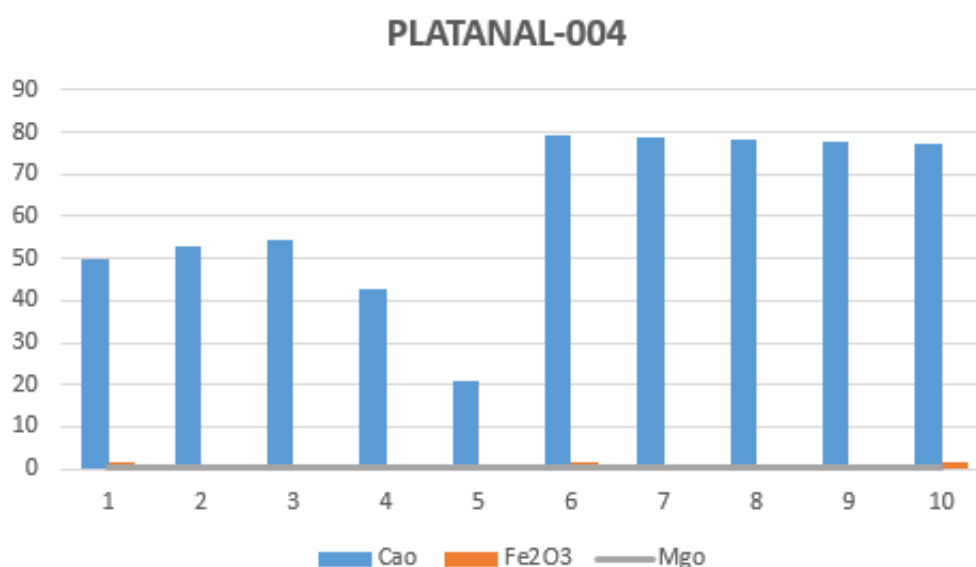
Grafico. 4.2 Sondeo de perforación (PLATANAL-002)

De acuerdo con los registros obtenidos del sondeo PLATANAL-002 de perforación, se obtuvieron valores bajos de Mgo y Fe₂O₃ con un promedio general de 0.24% para el magnesio, para el óxido de hierro un valor promedio de 0.85% distribuidos en la roca adyacentes al sondaje. Mientras que para el Cao los valores fueron altos con un promedio general de 44.048% de carbonato y 54.862% de otros minerales.

Grafico. 4.3 Sondeo de perforación (PLATANAL-003)

De acuerdo con los registros obtenidos del sondeo PLATANAL-003 de perforación, se obtuvieron valores bajos de Mgo y Fe₂O₃ con un promedio general de 0.26% para el magnesio, para el óxido de hierro un valor promedio de 0.80% distribuidos en la roca adyacentes al sondaje. Mientras que para el Cao los valores fueron altos con un promedio general de 66.56% de carbonato y 32.38% de otros minerales.

Grafico. 4.4 Sondeo de perforación (PLATANAL-004)

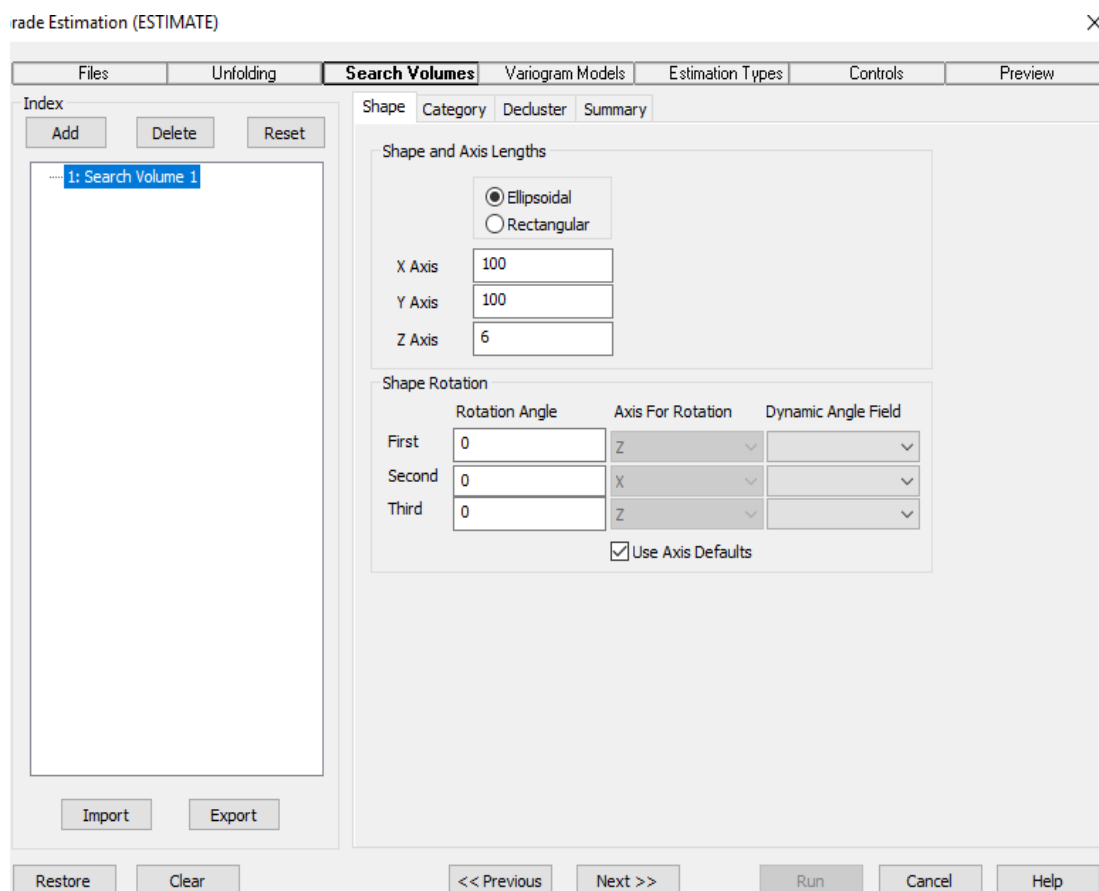


De acuerdo con los registros obtenidos del sondeo PLATANAL-004 de perforación, se obtuvieron valores bajos de Mgo y Fe₂O₃ con un promedio general de 0.26% para el magnesio, para el óxido de hierro un valor promedio de 0.82% distribuidos en la roca adyacentes al sondaje. Mientras que para el Cao los valores fueron altos con un promedio general de 61.32% de carbonato y 37.6% de otros minerales.

4.3 Método de interpolación el vecino más cercano

Este análisis se realizó evaluando los hoyos e interpretando la distribución de los minerales tomando en cuenta la distancia de los sondeos y la profundidad del mismo se obtuvieron los elipsoides de búsqueda principales tal y como se muestran en las siguientes figuras:

Imagen 4.3 Elipsoides de búsqueda



Fuente: DATAMINE RM 2018.

En la imagen se muestran las 3 tipos de elipsoides de búsquedas implementadas para la interpolación con el método del vecino más cercano tomando en cuenta que en X se utilizó un elipsoide de 100 m, en Y de 100 m, y en Z de 6 m. cada una de las cerdas que queden dentro de estos elipsoides tendrán un valor de 1 a 10 en pares de muestras respectivamente. (Ver anexo VII).

4.4 Reservas geológicas

Se consideraron las informaciones topográficas, como el modelo digital del terreno (DTM), los resultados químicos de cada perforación (Tabla assays, collars, surveys y geology) cinemáticamente posibles en cada estimación geológica. (Ver anexo VIII, IX, X, XI).

Imagen 4.4.1 Modelo prototipo

Create Model Prototype

Cell size

X Size: 2.0000

Y Size: 2.0000

Z Size: 2.0000

Model size

X Origin: 384180.0000

Y Origin: 2112880.0000

Z Origin: 20.0000

X Maximum: 384850.0000

Y Maximum: 2113470.0000

Z Maximum: 90.0000

Cell count

Number of cells (X): 335

Number of cells (Y): 295

Number of cells (Z): 35

Total number of cells: 3458875

Rotated model

☐ Rotated model

Axis	Angle
Z axis	0.00
X axis	0.00
Y axis	0.00

Set from data

Model prototype: [Field]

Loaded data:

- ☐ platanal_dtmtr/platanal_dtmp...
- ☐ platanal_hoyos-compositado...

Data margin

X: 0.0000

Y: 0.0000

Z: 0.0000

☐ Equal margins

Output

Model prototype: PLATANAL_Prototype

Preview

☐ Dynamic preview

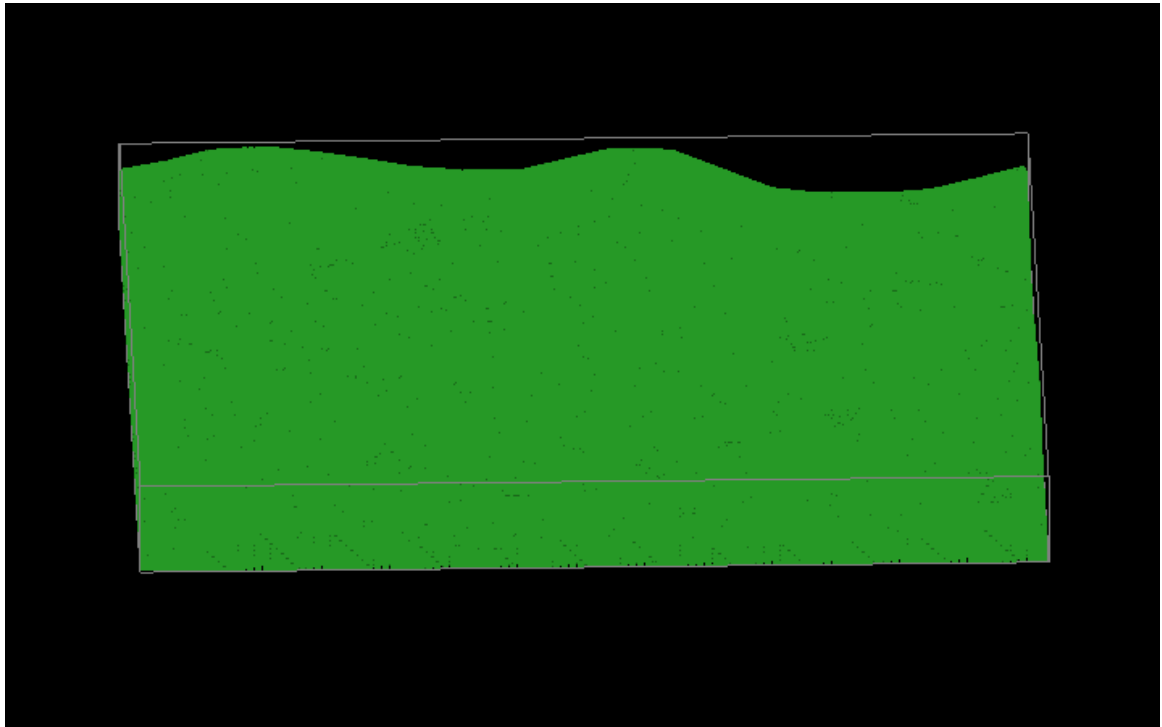
Preview now

Save Restore OK Cancel

Fuente: DATAMINE RM 2018.

En la imagen se muestra el modelo prototipo que se utilizó para dimensionar el modelo de reservas, el tamaño de las celdas o bloques y la cantidad permitida de subceldas todo orientado a las coordenadas máximas y mínimas de la topografía del terreno y la profundidad menor de las perforaciones.(ver anexo XII)

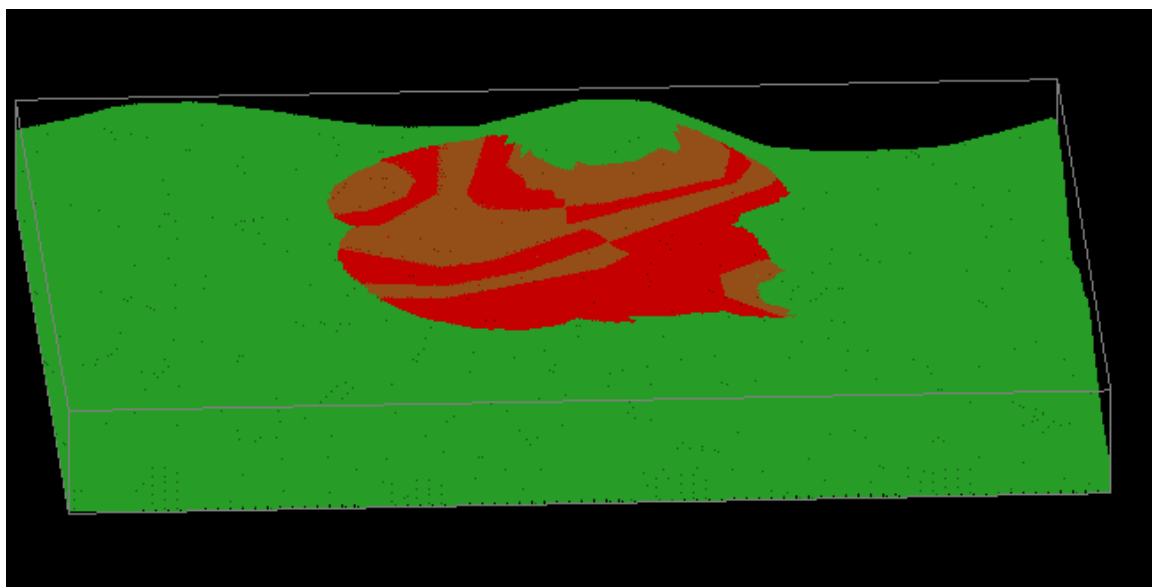
Figura 4.4.2 Platanal modelo de bloque vacío o sin leyes de mineral



Fuente: DATAMINE RM 2018.

En la figura se muestra el resultado de la interpolación y la aplicación del prototipo donde se crearon 335 celdas en X, 295 celdas en Y y 35 celdas en Z.

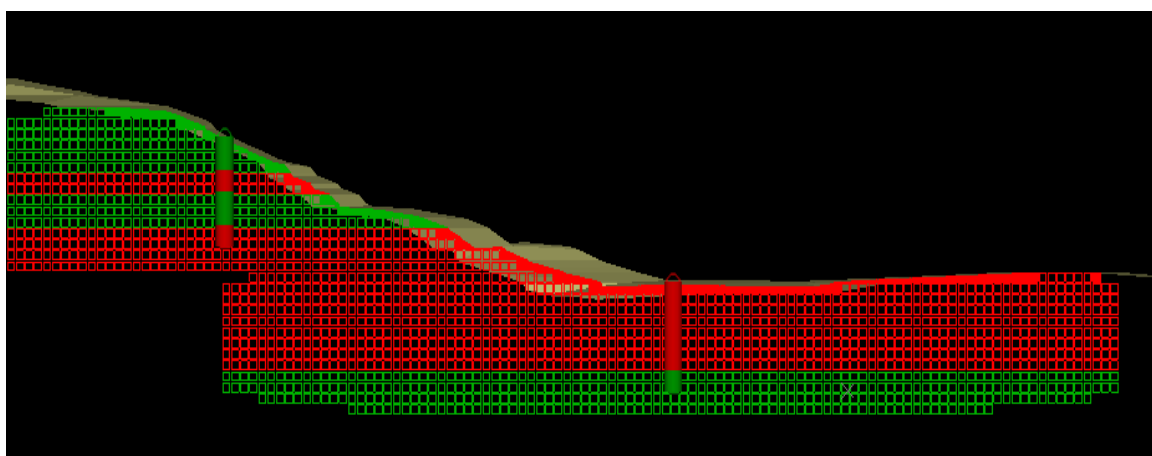
Figura 4.4.3 Platanal modelo de bloque con leyes de mineral



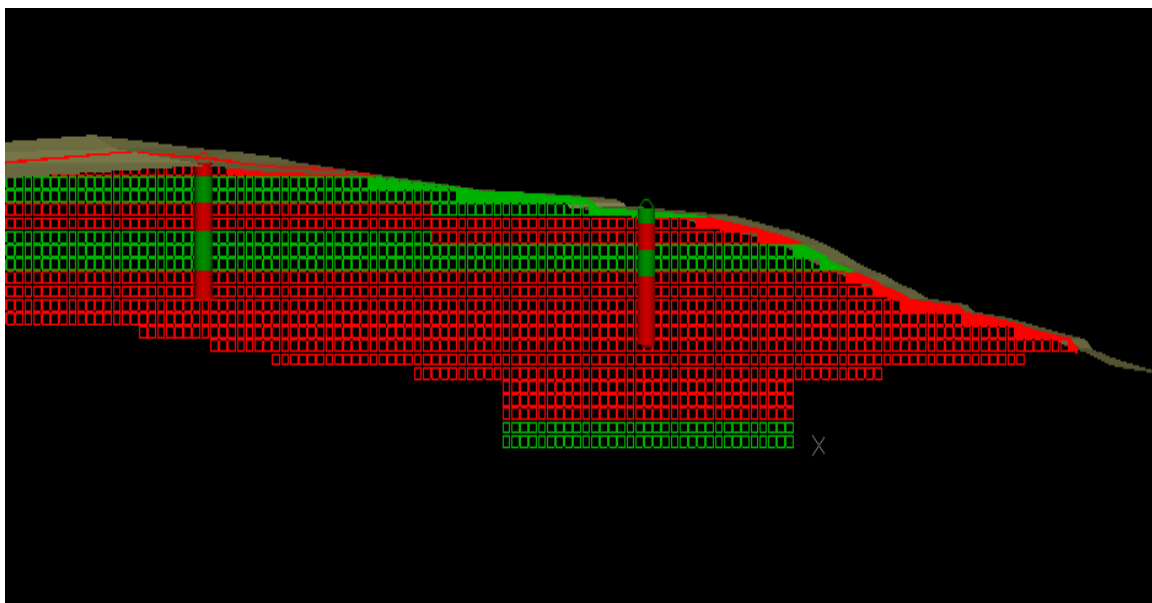
Fuente: DATAMINE RM 2018.

La figura muestra la parte mineralizada evaluada en la cantera, donde el color rojo es la ley más alta, mientras que el anaranjado es baja y lo verde es el mineral no evaluado, es decir el mineral que no fue intersectado por el elipsoide de búsqueda, los cuales pasan a ser recursos inferidos.

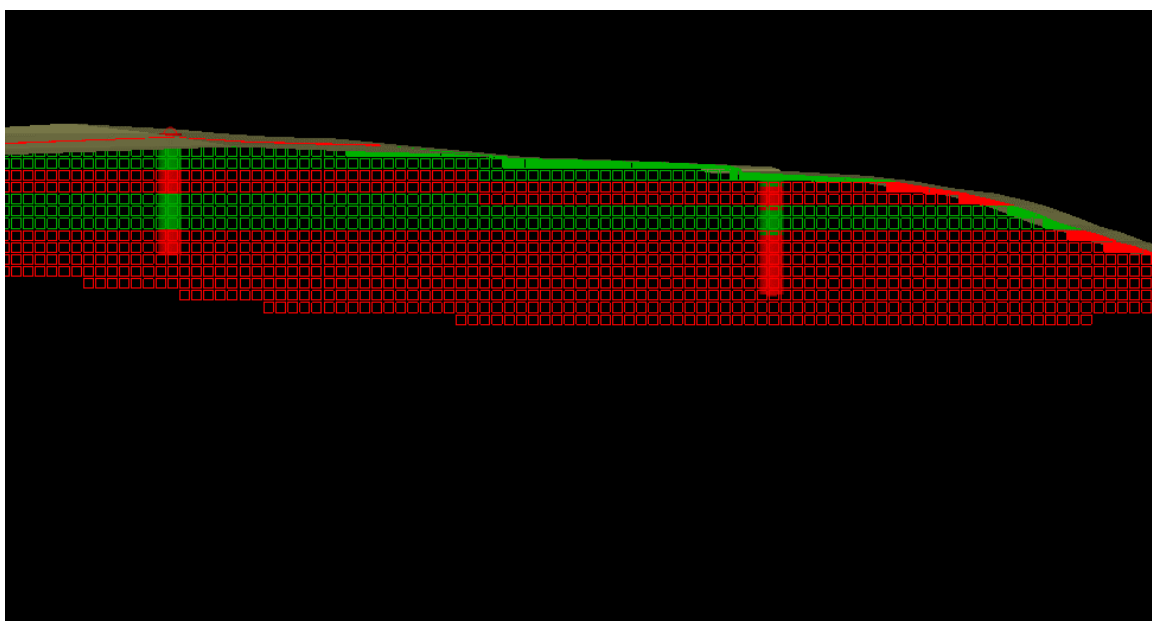
Figura 4.4.4 Secciones verticales de validación de la estimación geológica



Sección vertical No. 1



Sección vertical No. 2



Sección vertical No. 3

Se realizaron 3 secciones verticales de validación para demostrar la correcta estimación de las reservas geológicas, donde cada celda o bloque debe tener valores semejantes a cada sondaje, verde con verde, rojo con rojo y anaranjado con anaranjado.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Introducción

En este capítulo se analizan los resultados recopilados. Este análisis se logró en base a los resultados cuantitativos y cualitativos presentados en el capítulo anterior, con el propósito de dar respuestas a las preguntas de investigación.

5.2 ¿Cuáles son las condiciones topográficas del terreno en la cantera caliza Platanal?

De acuerdo con los resultados obtenidos del levantamiento topográfico y los ensayos de laboratorio, el terreno es generalmente suave con elevaciones bajas, el macizo rocoso estudiado es una unidad sedimentaria finamente estratificada, altamente meteorizada en superficie, con mejoramiento de las condiciones en profundidad.

5.3 ¿Cómo es la composición química del macizo rocoso de la cantera caliza Platanal?

Para responder a esta pregunta se describieron y se analizaron los datos del macizo rocoso a profundidad donde se obtuvieron dos dominios geoquímicos. El macizo rocoso aumenta su calidad química a profundidad con un promedio de 75% de carbonato o superior

5.4 ¿Cómo aplicar el método de interpolación el vecino más cercano para la estimación en la cantera caliza platanal?

Para dar respuesta a esta interrogante se implementaron elipsoide de búsqueda de acuerdo a la profundidad de cada sondaje, el número de tiradas, la distancia existente de entre cada perforación y la inclinación de las mismas.

5.5 ¿Cuáles son las reservas geológicas de la cantera caliza Platanal?

Para estimar las reservas geológicas se organizaron los datos de perforación, datos del terreno en este caso el modelo digital de elevaciones (DTM) las elipsoides de búsqueda (X, Y, Z) a partir de los principios de estimación del software DATAMINE RM, donde se identificaron 3 tipos de reservas geológicas las cuales son: de 0% a 30% de carbonato, de 30% a 100% de carbonato y las no probadas.

5.6 Conclusiones

1. Se determinó que el terreno es generalmente suave con elevaciones bajas de 88 a 24 metros sobre el nivel del mar, abarcando un área total de 397,314.99 metros cuadrados y con una densidad de 1.94 kg/dm³.

2. Se identificó que la química del macizo rocoso generalmente está constituida por carbonato de calcio (Cao) en un 66.7% promedio general de la roca y con minerales traza en bajas porciones de Fe₂O₃ y Mgo.

3. Se implementó una buena interpolación gracias a las condiciones y aplicaciones de cada elipsoide en la X se utilizó 100 metros por la distancia lo mismo en la Y, mientras que en Z se determinó la elipsoide gracias al promedio de cada tira en los sondeo.

4. La estimación geológica de la cantera platanal es la siguiente:

Reservas	Densidad	Volumen	Toneladas	%Cao	%Fe ₂ O ₃	%Mgo
No probada	1.94	10,465,247.66	20,302,580.47	No	No	No
0% a 30% Cao	1.94	216,478.21	419,967.73	15.17	0.29	0.21
30% a 100% Cao	1.94	1,521,423.84	2,951,562.25	63.29	0.96	0.26
Totales	1.94	12,203,149.71	23,674,110.44	57.29	0.88	0.25

Aportes

- Con el presente trabajo se introdujo una metodología para la estimación de reservas geológicas no metálicas. El trabajo consistió en tres meses para formulación e implementación de esta metodología.
- Con la puesta en marcha de la operación de la mina se generaran fuentes de empleo para las personas de las comunidades aledaña, lo que implica un desarrollo económico en dichas comunidades.
- La investigación sirve como una línea base para la implementación de las nuevas formas y tecnologías utilizadas de estimación de recursos geológicos modelados.
- Se elaboró un cálculo el cual permite un minado optimo y más detallado de cada recuso para la cantera Caliza Platanal.

Recomendaciones

- La metodología está basada en un análisis estadístico de los parámetros recolectados; por lo tanto, deben recolectarse las suficientes muestras de manera de incluir las posibles variaciones (calidad de roca, dominios estructurales, condición de agua, orientación de los bancos) más allá de la zona estimada. Deben incluirse otras unidades litológicas y otros frentes.
- Se recomienda que la caliza Platanal sea utilizada para la fabricación de materiales de construcción debido a su bajo carbonato y bajo Mgo.
- Con las observaciones recolectadas respecto a las perforaciones no son suficientes, se recomienda que se continúe perforando la zona para así tener como resultado reservas probadas en su totalidad.
- Se recomienda la creación del pit óptimo operacional para la cantera caliza platanal.

Bibliografía

- Abreu, J. L. (2014). *El Método de la Investigación*. México.
- Angeles, F. (2015). Geoquímica. 01.
- Arellano, J. (2011). Historia de la ESTRATIGRAFÍA.
- Associates, Piteau. (2016). *Manual del logueo geomecánico del testigo de perforación*. Perú.
- Auge, G. M. (2008). *Hidrogeología y Ambiente*. BUENOS AIRES.
- Carrero Ronny , & Br. Rivero Rubén . (2013). *CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y CÁLCULO DE VOLUMEN DE CALIZAS EN UNA ZONA UBICADA AL NORTE DE SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES, EDO ARAGUA* . Caracas.
- Cahimba, J. M. (2017). *ESTUDIO GEOAMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CANTERA EL PILÓN, PROVINCIA DE HOLGUÍN*. . MOA.
- Castilla Gómez, J. (2012). El Proceso de Exploración Minera Mediante Sondeos.
- CIDEAD. (2013). Matemática .
- CIENCIA, R. C. (2002). Masas y Densidades.
- CODELCO. (2016). Recursos y reservas minerales.
- Cuba, L. O. (2009). Normas para la Clasificación de los Recursos y Reservas de Minerales Sólidos y Objetivos del Balance Nacional de Recursos y Reservas de Minerales Sólidos de la

República de Cuba. (*Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición No 006 Ordinaria de 26/02/2009*, 9.

DATAMINE. (2017). Manual de capacitación. En D. RESOURCE, *Manual Datamine* .

DATANINE. (2017). *Interpolacion*. CANADA.

Escobar, G. D. (2014). *MANUAL DE GEOLOGIA PARA INGENIEROS*. Colombia.

GARATE, A. F. (2005). TECNICAS DE INTERPOLACION ESPACIAL UTILIZADAS EN LA EVALUACION DE RESERVAS GEOLOGICAS .

Gomez, F. (2019). Levantamiento topográfico. *PYMET*.

Gómez, F. (2019). Topografía.

González, O. G. (2007). *DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE LA UNIDAD DE SELECCIÓN MINERA EN LA EXACTITUD Y PRECISIÓN DE LA ESTIMACIÓN DE LOS RECURSOS DEL YACIMIENTO "MARIEL"* . Pinar del Río.

Griem-Klee, S. (2016). Apuntes Geología.

Guzman, J. E. (2012). Topografía.

Hannover. (2004). *Mapa Geológico de la República Dominicana 1 : 250.000*. Santo Domingo.

Juarez, U. A. (2016). Los minerales. *H O J A T É C N I C A N O . 1 2*.

listin diario. (22 de julio de 2010). *ADOCEM*. Obtenido de Asociacion dominicana de productores de cemento portland: <http://www.listindiario.com>

Mendoza, M. (2016). Composición Química y Mineralógica de la Roca.

Merino, J. P. (2012). *Coordilleras*.

Mineria, d. g. (2013). *perfil de mercano de la caliza*. santo domingo.

MINERO, D. G. (2014). Perfil de Mercado de la Caliza. 1.

Naturales, U. N. (2017). LOS FOSILES Y LA EVOLUCION.

Pérez Porto. (2009). Definición de área.

Porto, J. P. (2010). *Yacimientos Geologicos*.

RESORUCES, A. (2019). Georreferenciación y sistemas de coordenadas. *ARCGIS*.

Rosario, G. y. (2018). ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA CALIZA PLATANAL, PROVINCIA SÁNCHEZ RAMÍREZ. SANTO DOMINGO, SANCHEZ RAMÍREZ, Republica Dominicana.

Sampieri. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Impreso en México.

- Sampieri, R. H., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Sanchez, w. (2018). *Análisis Físico Químico de la Caliza Platanal, Provincia Sánchez Ramírez. cotui.*
- Schlumberger, i. . (2018). interpolación .
- Sironvalle, M. A. (2007). Estimación de Recursos Mineros.
- SISMIN. (2010). *Memoria Geológica de Platanal (6173-II)*. Santo Domingo, R.D.
- Stefanía, T. B. (2014). *Modelo de Bloques del Depósito de Cobre ESPOL-X para la Selección del Método de Explotación Minera Utilizando Herramientas Informáticas*. GUAYAQUIL-ECUADOR.
- TAPIA, F. V. (1996). *ASPECTOS BASICOS DEL ANALISIS QUIMICO*. monterrey.
- Terán, H. (2011). *Enfoque Mixto*. Venezuela.
- Valeriano Nina, F. A. (2015). *Caracterización geotécnica y modos de falla estructural*. Perú .
- VERA, D. P. (2017). *“OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MINADO DE CANTERA DE CALIZA LA UNIÓN DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA –CAJAMARCA . PERÚ.*

Anexos

Anexo I

Trabajo de campo y levantamiento del terreno













Anexo II

Tabla de puntos del terreno

Puntos	Coordenada ESTE	Coordenada Norte	Elevacion
1	384175.359	2112883.999	52
2	384175.359	2112895.856	54
3	384175.359	2112907.712	56
4	384175.359	2112919.722	58
5	384175.359	2112931.934	60
6	384175.359	2112944.146	62
7	384175.359	2112997.138	62
8	384175.359	2113028.312	60
9	384175.359	2113053.227	60
10	384175.359	2113115.003	60
11	384175.359	2113129.42	58
12	384175.359	2113143.836	56
13	384175.359	2113199.315	54
14	384175.359	2113248.64	52
15	384175.359	2113271.049	50
16	384175.359	2113286.198	48
17	384175.359	2113301.348	46
18	384175.359	2113360.547	46
19	384175.359	2113380.943	48
20	384175.359	2113393.159	50
21	384175.359	2113401.907	52
22	384175.359	2113410.655	54
23	384175.359	2113419.404	56
24	384175.359	2113427.616	58
25	384175.359	2113433.697	60
26	384175.359	2113439.779	62
27	384175.359	2113445.86	64
28	384175.359	2113451.942	66
29	384175.359	2113458.023	68

Anexo III

Toma de muestra





Anexo IV

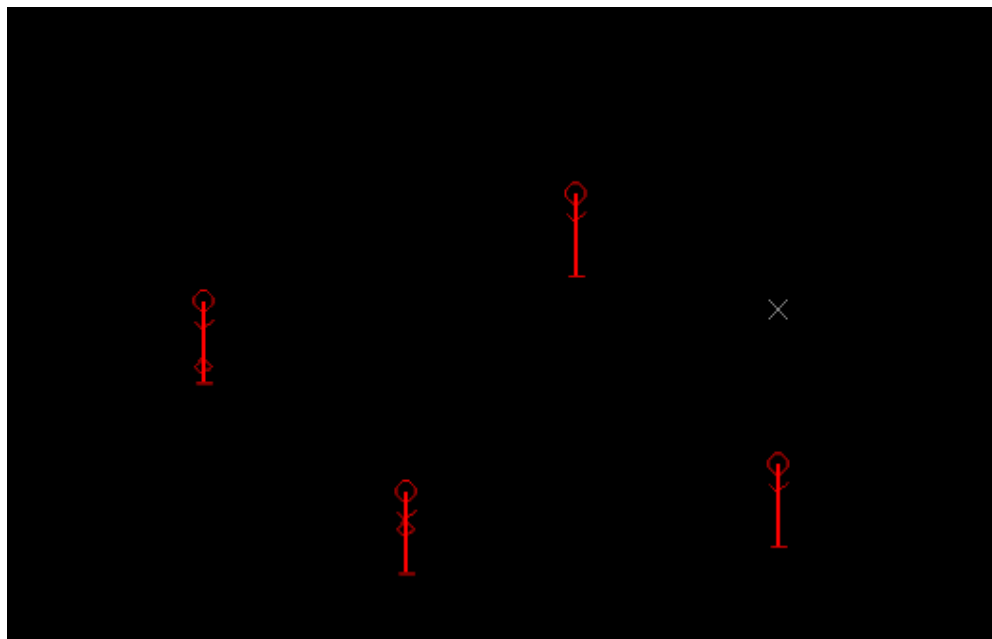
Análisis de densidad en el laboratorio



Anexo V

Tabla de composición química de los sondeos

BHID	FROM	TO	Cao	Fe2O3	Mgo
PLATANAL-001	0	2	50.7	0.33	0.37
PLATANAL-001	2	4	48	0.62	0.368
PLATANAL-001	4	6	49.6	1.53	0.366
PLATANAL-001	6	8	52.9	0.99	0.364
PLATANAL-001	8	10	54.66	0.43	0.24
PLATANAL-001	10	12	42.5	0.06	0.238
PLATANAL-001	12	14	21.05	0.29	0.17
PLATANAL-001	14	16	41.2	1.2	0.168
PLATANAL-001	16	18	55.07	1.6	0.166
PLATANAL-001	18	20	70	0.9	0.164
PLATANAL-002	0	2	10	0.29	0.17
PLATANAL-002	2	4	33.6	1.2	0.168
PLATANAL-002	4	6	49.6	1.6	0.166
PLATANAL-002	6	8	52.9	0.9	0.164
PLATANAL-002	8	10	54.66	0.43	0.3
PLATANAL-002	10	12	42.5	0.06	0.2998
PLATANAL-002	12	14	21.05	0.29	0.2996
PLATANAL-002	14	16	41.2	1.2	0.2994
PLATANAL-002	16	18	55.07	1.6	0.2992
PLATANAL-002	18	20	80	0.9	0.2972
PLATANAL-003	0	2	79.5	1.6	0.166
PLATANAL-003	2	4	79	0.9	0.164
PLATANAL-003	4	6	78.5	0.33	0.37
PLATANAL-003	6	8	78	0.62	0.368
PLATANAL-003	8	10	77.5	1.53	0.366
PLATANAL-003	10	12	77	0.99	0.364
PLATANAL-003	12	14	76.5	0.43	0.24
PLATANAL-003	14	16	76	0.06	0.238
PLATANAL-003	16	18	10	0.29	0.17
PLATANAL-003	18	20	33.6	1.2	0.168
PLATANAL-004	0	2	49.6	1.6	0.166
PLATANAL-004	2	4	52.9	0.9	0.164
PLATANAL-004	4	6	54.66	0.43	0.3
PLATANAL-004	6	8	42.5	0.06	0.2998
PLATANAL-004	8	10	21.05	0.29	0.2996
PLATANAL-004	10	12	79.5	1.6	0.166
PLATANAL-004	12	14	79	0.9	0.164
PLATANAL-004	14	16	78.5	0.33	0.37
PLATANAL-004	16	18	78	0.62	0.368
PLATANAL-004	18	20	77.5	1.53	0.366

Anexo VI**Imágenes de hoyos con la química**



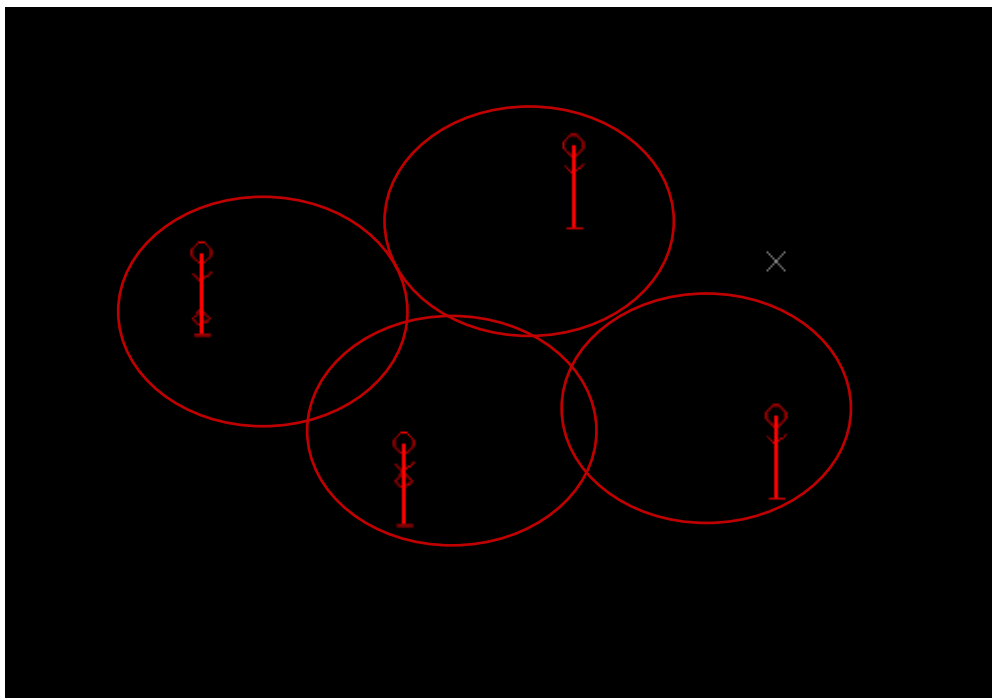
Anexo VII**Elipsoides de búsqueda****Anexo VIII**

Tabla assays

Assays - Datamine Table Editor

RECORD	BHID (A12)	FROM (N)	TO (N)	Cao (N)	Fe2O3 (N)	Mao (N)
1	PLATANAL-001	0	2	50.7	0.33	0.37
2	PLATANAL-001	2	4	48	0.62	0.368
3	PLATANAL-001	4	6	49.6	1.53	0.366
4	PLATANAL-001	6	8	52.9	0.99	0.364
5	PLATANAL-001	8	10	54.66	0.43	0.24
6	PLATANAL-001	10	12	42.5	0.06	0.238
7	PLATANAL-001	12	14	21.05	0.29	0.17
8	PLATANAL-001	14	16	41.2	1.2	0.168
9	PLATANAL-001	16	18	55.07	1.6	0.166
10	PLATANAL-001	18	20	70	0.9	0.164
11	PLATANAL-002	0	2	10	0.29	0.17
12	PLATANAL-002	2	4	33.6	1.2	0.168
13	PLATANAL-002	4	6	49.6	1.6	0.166
14	PLATANAL-002	6	8	52.9	0.9	0.164
15	PLATANAL-002	8	10	54.66	0.43	0.3
16	PLATANAL-002	10	12	42.5	0.06	0.2998
17	PLATANAL-002	12	14	21.05	0.29	0.2996
18	PLATANAL-002	14	16	41.2	1.2	0.2994
19	PLATANAL-002	16	18	55.07	1.6	0.2992
20	PLATANAL-002	18	20	80	0.9	0.2972
21	PLATANAL-003	0	2	79.5	1.6	0.166
22	PLATANAL-003	2	4	79	0.9	0.164
23	PLATANAL-003	4	6	78.5	0.33	0.37
24	PLATANAL-003	6	8	78	0.62	0.368
25	PLATANAL-003	8	10	77.5	1.53	0.366
26	PLATANAL-003	10	12	77	0.99	0.364
27	PLATANAL-003	12	14	76.5	0.43	0.24
28	PLATANAL-003	14	16	76	0.06	0.238
29	PLATANAL-003	16	18	10	0.29	0.17
30	PLATANAL-003	18	20	33.6	1.2	0.168
31	PLATANAL-004	0	2	49.6	1.6	0.166
32	PLATANAL-004	2	4	52.9	0.9	0.164
33	PLATANAL-004	4	6	54.66	0.43	0.3
34	PLATANAL-004	6	8	42.5	0.06	0.2998
35	PLATANAL-004	8	10	21.05	0.29	0.2996
36	PLATANAL-004	10	12	79.5	1.6	0.166
37	PLATANAL-004	12	14	79	0.9	0.164
38	PLATANAL-004	14	16	78.5	0.33	0.37
39	PLATANAL-004	16	18	78	0.62	0.368

Anexo IX

Tabla collars

 Collars - Datamine Table Editor

RECORD	BHID (A12)	XCOLLAR (N)	YCOLLAR (N)	ZCOLLAR (N)	LENGHT (N)
1	PLATANAL-001	384473.44	2113339.38	71.93216228	20
2	PLATANAL-002	384573.44	2113339.38	76.54342651	20
3	PLATANAL-003	384573.44	2113239.38	50.16908169	20
4	PLATANAL-004	384473.44	2113239.38	65.0986228	20

Anexo X

Tabla surveys

 Surveys - Datamine Table Editor

RECORD	BHID (A12)	AT (N)	BRG (N)	DIP (N)
1	PLATANAL-001	0	0	90
2	PLATANAL-001	2	0	90
3	PLATANAL-001	4	0	90
4	PLATANAL-001	6	0	90
5	PLATANAL-001	8	0	90
6	PLATANAL-001	10	0	90
7	PLATANAL-001	12	0	90
8	PLATANAL-001	14	0	90
9	PLATANAL-001	16	0	90
10	PLATANAL-001	18	0	90
11	PLATANAL-002	0	0	90
12	PLATANAL-002	2	0	90
13	PLATANAL-002	4	0	90
14	PLATANAL-002	6	0	90
15	PLATANAL-002	8	0	90
16	PLATANAL-002	10	0	90
17	PLATANAL-002	12	0	90
18	PLATANAL-002	14	0	90
19	PLATANAL-002	16	0	90
20	PLATANAL-002	18	0	90
21	PLATANAL-003	0	0	90
22	PLATANAL-003	2	0	90
23	PLATANAL-003	4	0	90
24	PLATANAL-003	6	0	90
25	PLATANAL-003	8	0	90
26	PLATANAL-003	10	0	90
27	PLATANAL-003	12	0	90

Anexo XI

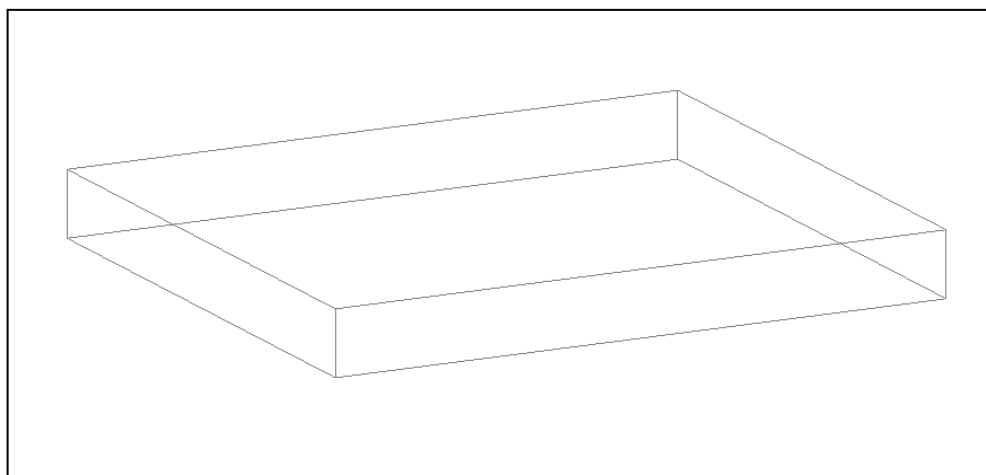
Tabla geology

Geology - Datamine Table Editor

RECORD	BHID (A12)	FROM (N)	TO (N)	ROCK (N)	ROCKA (A8)
1	PLATANAL-001	0	20	1	Caliza
2	PLATANAL-002	0	20	1	Caliza
3	PLATANAL-003	0	20	1	Caliza
4	PLATANAL-004	0	20	1	Caliza

Anexo XII

Modelo prototipo



Apéndice

Detalles del software DATAMINE

Datamine es un software de modelamiento proporciona una gama de soluciones integradas en todas las etapas del trabajo minero y exploratorio, además permite el almacenamiento de base de datos, modelado de recursos y todos los niveles de la planificación de la mina. Es especialmente utilizado para el modelamiento geológico y Planeamiento en minas superficiales como subterráneas.

Es una herramienta líder en la industria para la evaluación de recursos, ofreciendo absoluta calidad, precisión y confiabilidad que requieren los geólogos de recursos.

Detalles del software Google Earth

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.

El programa fue creado bajo el nombre de EarthViewer 3D por la compañía Keyhole Inc, financiada por la Agencia Central de Inteligencia. La compañía fue comprada por Google en 2004 absorbiendo la aplicación.

El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para dispositivos móviles, tabletas y computadoras personales.

Detalles del software ArcGIS

ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o SIG. Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Estas aplicaciones se engloban en familias temáticas como ArcGIS Server, para la publicación y gestión web, o ArcGIS Móvil para la captura y gestión de información en campo.

ArcGIS Desktop, la familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más ampliamente utilizadas, incluyendo en sus últimas ediciones las herramientas ArcReader, ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene y ArcGlobe, además de diversas extensiones. ArcGIS for Desktop se distribuye comercialmente bajo tres niveles de licencias que son, en orden creciente de funcionalidades (y coste): ArcView, ArcEditor y ArcInfo.

Aunque normalmente se asocie ArcGIS con ArcGIS desktop, el software de escritorio, la familia arcgis es muy extensa:

- ArcGIS Pro
- ArcGIS Online
- ArcGIS Server
- ArcGIS Mobile

Detalles del software Global Mapper

Global Mapper es una potente y asequible aplicación que combina una gama completa de herramientas de tratamiento de datos espaciales con acceso a una variedad sin precedentes de formatos de datos. Desarrollado tanto para profesionales SIG como para iniciados, este software versátil es también idóneo como herramienta independiente de

gestión de datos SIG, o como complemento a un SIG existente. Pese a las grandes capacidades que ofrece Global Mapper su precio económico lo hace muy asequible aún para usuarios ocasionales.

Detalles del software AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D es un programa de diseño de cálculo pensado para proyectos de ingeniería civil y urbanismo. Pertenece a la casa Autodesk y permite conectarlo con otras soluciones BIM (Building Information Modeling) de Autodesk para la ingeniería civil.

Este software tiene gran capacidad para trabajar con datos topográficos, lo que permite poder elaborar modelos digitales del terreno sobre los que trabajar, facilitando la realización de diseños urbanísticos, de tuberías y de carreteras, así como el cálculo de movimientos de tierras.