

MINERÍA DE CAMPO

ELABORACIÓN DE BASE TOPOGRAFICA EN EL CENTRO DE OPERACIONES DE
CANTERAS TACARIGUA C.A, SECTOR MAR AZUL, PUERTO CABELLO ESTADO
CARABOBO

INFORME PRESENTADO ANTE LA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
POR EL Br. Pedro Arturo Soler Solórzano
PARA OPTAR A LA ASIGNATURA:
MINERÍA DE CAMPO (3230)

CARACAS, 2018

MINERÍA DE CAMPO

ELABORACIÓN DE BASE TOPOGRAFICA EN EL CENTRO DE OPERACIONES DE
CANTERAS TACARIGUA C.A, SECTOR MAR AZUL, PUERTO CABELLO ESTADO
CARABOBO

TUTOR ACADEMICO: Prof. Luis Araya

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Cristian Sánchez

CARACAS, 2018

RESUMEN

Br. Pedro A. Soler S.

ELABORACIÓN DE BASE TOPOGRAFICA EN EL CENTRO DE OPERACIONES DE CANTERAS TACARIGUA C.A, SECTOR MAR AZUL, PUERTO CABELLO ESTADO CARABOBO

Tutor Académico: Prof. Luis Araya

Tutor Industrial: Ing. Cristian Sánchez

Canteras Tacarigua C.A.

Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. Pedrosoler26@yahoo.com

Palabras claves: Base topográfica, georreferenciación, puntos geodésicos.

El avance de las labores mineras de la empresa Canteras Tacarigua C.A ha ocasionado que la base topográfica utilizada se encuentre actualmente desactualizada, por lo tanto, el terreno no es representado adecuadamente, generando mayor incertidumbre en los cálculos e interpretaciones realizadas con ella, por tal motivo, se planteó elaborar una base topográfica con el uso de sistema de posicionamiento satelital (GPS) geodésico y métodos post-proceso en el centro de operaciones de Canteras Tacarigua, sector Mar Azul, municipio Puerto Cabello, estado Carabobo. Se realizaron observaciones en campo e interpretaciones de planos para poder plantear la ubicación de los puntos geodésicos; posteriormente, se realizaron salidas de campo en donde se crearon monumentos de concreto sobre cada punto. Se hicieron levantamientos topográficos modo estático para conocer las coordenadas de los puntos mencionados y cinemático continuo en el Frente 1, Frente 2 y la explotación de lajas para actualizar el mapa topográfico hasta el mes de marzo de 2018. Por último, se propone una guía para la elaboración de bases topográficas en base a las actividades realizadas durante la investigación, donde se compila las principales actividades a realizar junto con sus respectivas imágenes. Se obtuvieron 10 puntos georreferenciados, un mapa topográfico a escala 1:5000 de la cantera y sector Mar Azul. La dilución de la precisión de los puntos georreferenciados fue menor a 4, el mapa destaca las crestas y pies de los taludes, vías de acceso de los frentes. Con la base elaborada la empresa cuenta con la información necesaria para mejorar su planificación según las actividades llevadas a cabo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa Canteras Tacarigua C.A, por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de pasantías en sus instalaciones y apoyarme en cumplir cada objetivo propuesto en esta investigación. En especial al Ing. Cristian Sánchez, Ing. Ángel Mercado y el Sr. Pedro Goncalvez, departamento de recursos humanos y todo el personal que trabaja en esta empresa.

Gracias Ing. Cristian Sánchez por apoyarme, guiarme y compartir sus conocimientos para mi avance en la carrera de Ingeniería de Minas de la Universidad Central de Venezuela y desarrollo como futuro profesional.

Gracias Ing. Ángel Mercado por su apoyo, atención y tiempo invertido en mi estadía durante las pasantías.

Al Sr. Pedro amigo y compañero de residencia por sus conocimientos compartidos.

Muy agradecido con el topógrafo Carranza quien me apoyo en este trabajo.

Agradezco a mi familia, por ser mi pilar para mi desarrollo personal.

Gracias Universidad Central de Venezuela, al profesor Luis Araya y a todo el personal que hace vida en la casa que vence la sombra.

INDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION..... | 2 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 2 |
| 1.2 Objetivo de la investigación | 3 |
| 1.3 Justificación de la investigación | 3 |
| 1.4 Alcances y limitaciones | 3 |
| CAPÍTULO 2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA | 5 |
| 2.1 Localización geográfica..... | 5 |
| 2.2 Reseña histórica | 5 |
| 2.3 Organigrama | 7 |
| 2.4 Proceso productivo | 7 |
| 2.5 Topografía..... | 8 |
| CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO | 9 |
| 3.1 Antecedentes de la investigación..... | 9 |
| 3.2 Bases teóricas..... | 9 |
| 3.3 Sistemas de coordenadas y datum geodésicos | 11 |
| 3.4 Georreferenciación..... | 11 |
| 3.5 Georreferenciación por puntos de control..... | 12 |
| 3.6 Geocodificación | 12 |
| CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO | 16 |
| 4.1 Tipo de investigación..... | 16 |
| 4.2 Diseño de la investigación | 16 |
| 4.3 Sujeto de estudio | 16 |
| 4.4 Instrumentos utilizados en la investigación | 16 |

| | | |
|---|----------------------------------|----|
| 4.5 | Procedimiento experimental | 17 |
| 4.6 | Criterios utilizados | 19 |
| CAPÍTULO 5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | | 22 |
| 5.1 | Laboreo minero | 22 |
| 5.2 | Puntos georreferenciados | 24 |
| 5.3 | Mapa topográfico | 26 |
| CAPÍTULO 6. PROPUESTA DE GUIA PARA LA ELABORACION DE BASE TOPOGRAFICA | | 28 |
| CONCLUSIONES | | 49 |
| RECOMENDACIONES | | 50 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 51 |
| ANEXOS | | 53 |

INTRODUCCIÓN

La empresa Canteras Tacarigua C.A, posee una base topográfica desactualizada debido al avance de las labores mineras del Frente 1 y Frente 2, la base poseía seis puntos georreferenciados que se utilizaban como puntos de control para los levantamientos topográficos, pero en la actualidad cuatro han sido removidos por haber sido ubicados dentro del avance de minas.

Esta investigación contó con los mapas elaborados de la empresa, trabajos de investigación, recopilación de datos en campo con equipos de sistema de posicionamiento global (GPS) y software especializado en el post-procesamiento de data topográfica, para elaborar una base topográfica con el uso de equipo GPS geodésico y métodos postproceso en el centro de operaciones de Canteras Tacarigua, sector Mar Azul, municipio Puerto Cabello, estado Carabobo. Con este propósito, se plantean la ubicación de puntos geodésicos dentro de la concesión, levantando en campo la ubicación de estos puntos y construcción de monumentos de concretos, para usarlos como puntos de apoyo en la actualización de los mapas a medida que avanza las labores mineras. Finalmente, se genera un mapa de la topografía actualizada de la cantera en el sector Mar Azul y se propone una guía metodológica para la elaboración de bases topográficas.

Este trabajo está estructurado por seis capítulos, el primero abarca las generalidades de la investigación, el segundo las generalidades de la empresa, en el tercero se desarrolla el marco teórico que fundamenta la investigación, el marco metodológico empleado se encuentra en el cuarto capítulo, en el quinto se encuentran los análisis y discusiones de los resultados, el último capítulo trata sobre la guía propuesta para la elaboración de bases topográficas, finalmente se encuentran las conclusiones, recomendaciones y anexos.

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION

1.1 Planteamiento del problema

En toda actividad minera resulta indispensable la información topográfica, ya sea desde el inicio de las operaciones hasta su culminación, esta es clave para las actividades mineras porque expone el comportamiento del terreno, necesario para la interpretación geológica, la planificación minera y proyectos que se deseen desarrollar en el futuro.

La empresa Canteras Tacarigua C.A, posee una base topográfica desactualizada debido al avance de las labores. Parte de la información topográfica ha sido obtenida vectorizando el plano Puerto Cabello-Morón, Hoja N° H-15 a escala 1:5000 del año 1984, la cual no posee el nivel de detalle que sí provee un levantamiento instrumental en campo. Con la topografía actual realizar cualquier estimación en base a esta información acarrea un margen de imprecisión mayor debido a que no representa la realidad del terreno de manera confiable, y además está sujeta a cambios frecuentes causados por la explotación de los Frentes 1 y Frente 2 y la extracción de lajas. La base debe actualizarse según el avance de minas y ser georreferenciada con algún vértice de Cartografía Nacional, requisito exigido por la gobernación del estado Carabobo. La cantera poseía seis puntos georreferenciados que se utilizaban como puntos de control para los levantamientos, pero en la actualidad cuatro fueron removidos por haber sido ubicados dentro del avance de minas, lo que afecta en la precisión de los datos, influyendo directamente en la planificación minera y el modelo geológico de la zona.

En vista a esta situación Canteras Tacarigua requiere realizar una base donde se establezcan puntos georreferenciados ubicados en lugares estratégicos dentro de la concesión que puedan abarcar entre ellos el sector Mar Azul y no sean removidos con el avance de las operaciones planificada a corto, media y largo plazo.

Según lo planteado anteriormente, se propone la elaboración de la base topográfica con el establecimiento de puntos georreferenciados, siendo esto indispensable para la cantera, ya que permita la constante actualización del terreno a medida que se desarrolla la minería.

1.2 Objetivo de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Elaborar una base topográfica con el uso de equipo GPS geodésico y métodos postproceso en el centro de operaciones de Cantera Tacarigua, sector Mar Azul, municipio Puerto Cabello, estado Carabobo.

1.2.2 Objetivos específicos

Plantear la ubicación de puntos geodésicos en base a la secuencia de avance y modelo geológico dentro del área de la concesión.

Precisar en campo la ubicación de los puntos geodésicos con equipo GPS de una frecuencia.

Actualizar el mapa topográfico de la cantera dentro del sector Mar Azul.

Proponer una guía para la elaboración de bases topográficas.

1.3 Justificación de la investigación

Esta investigación se encuentra dirigida a la empresa Canteras Tacarigua C.A, los cuales están encargados de la extracción de mármoles calcíticos dolomíticos a través del método de explotación convencional de cantera a cielo abierto. A fin de mejorar la planificación de las operaciones una buena base topográfica resulta fundamental, ya que representa la base para las estimaciones y creación de escenarios de producción, modelamientos geológicos del yacimiento y el control general de la cantera, además que los planos topográficos actualizados de las zonas donde se desarrollan las operaciones son uno de los requisitos en la permisología exigida por la ley de los minerales no metálicos del estado Carabobo, para solicitar y mantener el permiso de explotación de la cantera.

En vista al avance del Frente 1, Frente 2 y la próxima apertura del Frente, 3 la elaboración de la base topográfica en el sector Mar Azul resulta indispensable. De esta manera, Canteras Tacarigua C.A. requirió de este estudio para contar con la topografía actualizada, optimizando el proceso de futuros levantamientos, replanteamientos y actualizaciones en campo.

1.4 Alcances y limitaciones

El alcance de este estudio está comprendido desde la determinación de las coordenadas de puntos geodésicos, la actualización del mapa topográfico que utiliza la empresa y una guía

para la elaboración de bases topográficas. Los puntos georreferenciados se limitan a los espacios de Canteras Tacarigua y no del sector Mar Azul, de este mismo modo los levantamientos topográficos solo se realizaron de los frentes y la explotación de lajas mientras que se reutilizó la data existente de zonas inalteradas.

Entre las limitaciones encontradas en esta investigación se encontraron los factores climáticos, en donde los días lluviosos no se pudo levantar información en campo, la vegetación abundante, que no permitió acceder a distintas áreas como vías de acarreo y terrazas dentro de la cantera, terrenos abruptos o acantilados que dificultaron el trabajo en campo y por último el factor tiempo que limitó el procesamiento de datos recolectados.

CAPÍTULO 2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 Localización geográfica

El área minera de extracción y procesamiento se corresponde con la concesión minera Los Viejos por Canteras Tacarigua CA., destinada al procesamiento de mármoles calcícticos dolomíticos. El área de concesión se encuentra en el sector La Ensenada Mar Azul vía Gañango-Patanemo (Figura 1), en el municipio Puerto Cabello del Estado Carabobo, específicamente a ambas márgenes de la Carretera Nacional.



Figura 1. Ubicación relativa de Canteras Tacarigua.

Fuente: Google Earth.

2.2 Reseña histórica

Según el plan de explotación (Canteras Tacarigua C.A, 2018), la empresa “Canteras Tacarigua, C.A” (Figura 2), se encuentra localizada al Noreste del estado Carabobo, el área actual de explotación, originalmente denominada concesión minera “Los Viejos”, posee antecedentes de la extracción de minerales no metálicos en la zona desde 1955 y bajo la modalidad de concesión otorgada por el Ministerio de Energía y Minas desde 1969; lo cual ha generado una tradición de presencia y resguardo de un área en recuperación, altamente degradada en el pasado, especialmente, debido a la presencia de un antiguo basurero

municipal que en oportunidades se ha visto sometido a una presión constante por las invasiones anárquicas.

Contrario a muchas de las industrias, las cuales pueden escoger su sitio de asentamiento, las empresas extractivas mineras, deben situarse justo en el sitio de localización del yacimiento.

Debido a las características de este yacimiento entre las cuales resaltan el alto contenido de magnesio, carbonatos (96%) y bajo contenido en sílice (3%), hace que el mineral extraído sea una materia prima de excelente calidad para la elaboración de productos en la industria de la construcción, siderúrgica agricultura, plástico, farmacéutica, pinturas y vidrio, entre otras. Esto ha generado el establecimiento de plantas procesadoras de dicho mineral, las cuales generan empleos e inversión de capital privado, junto al incremento del aporte impositivo ante las entidades administrativas correspondientes.

Durante el período de más de 45 años de extracción continua que se ha realizado, parte del material extraído ha sido empleado en la construcción de obras de infraestructura de relevancia regional como: Los muelles de la refinería El Palito, base de los transformadores de Planta Centro, rehabilitación de las autopistas Puerto Cabello- Valencia, El Palito- Distrito. El Cangrejo, El Palito-Morón, carretera Puerto Cabello-Patanemo, ampliación del paseo del malecón, Marina Deportiva de Puerto Cabello, Puerto Pesquero y otras obras de infraestructura realizadas en DIANCA, destacamento Nro. 25 de la Guardia Nacional, CAVIM, PEQUIVEN, empresas mixtas, IPAPC, CEDIMAGUE, Aviación Naval, Base Naval, resaltando los aportes continuos para el saneamiento de las comunidades de Patanemo, Gañango y Borburata, junto al de materia prima para las industrias procesadoras de minerales.



Figura 2. Logo de la empresa.

Fuente: (Canteras Tacarigua C.A, 2018)

2.3 Organigrama

La empresa Canteras Tacarigua, C.A., posee un organigrama cuya estructura se observa en la Figura 3 (Canteras Tacarigua C.A, 2018).

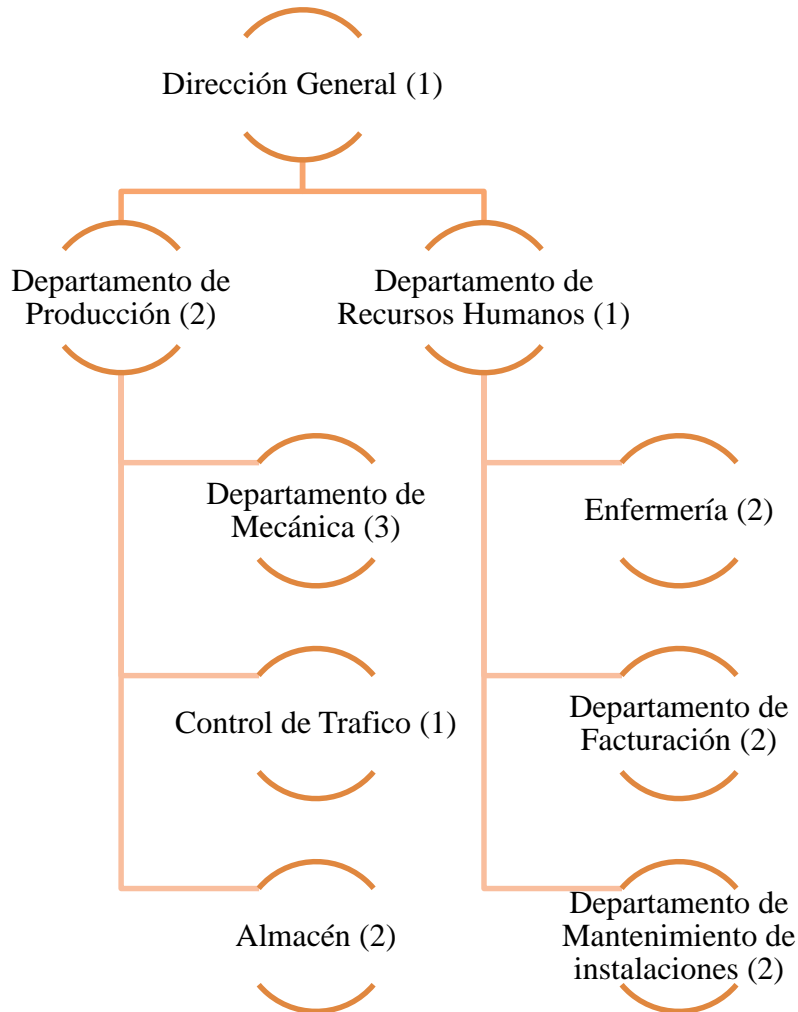


Figura 3. Organigrama de Canteras Tacarigua C.A.

Fuente: (Canteras Tacarigua C.A, 2018)

2.4 Proceso productivo

De acuerdo al departamento de Recursos Humanos (Canteras Tacarigua C.A, 2018) la empresa Canteras Tacarigua C.A desde el momento en que fue concedido su derecho minero ha venido extrayendo roca caliza y dolomita de sus frentes de explotación, denominados Frente 1 y Frente 2 produciendo materia prima de excelente calidad para las industrias de pinturas, cosméticos y micronizado de carbonato de calcio y de magnesio, teniendo en consideración la presencia social y económica que conlleva la actividad minera.

El proceso de producción comienza con la etapa de arranque realizada con perforación y voladura, primero se conforman los pisos y áreas casi horizontales con el tractor CAT D9 para dar inicio a la etapa de perforación en cada sector programado de las diferentes terrazas, dando paso a que el equipo de perforación ingrese al lugar.

Una vez efectuada la perforación según el patrón programado, se procede a la ejecución de la voladura, utilizando explosivos y accesorios del mercado minero venezolano como los son: ANFO, Booster de pentolita, detonadores Handidet y las emulsiones explosivas Senatel Magnafrac.

Finalizada la voladura comienza la etapa de carga y acarreo utilizando la retroexcavadora CAT 330L o la retroexcavadora CAT 330C y el camión articulado CAT 730 respectivamente, estos ingresan a los frentes de explotación para transportar el material volado. El material con sobretamaño no admisible directamente en la trituración primaria, es apartado para su comercialización como bloques de roca ornamental. El material es descargado en la planta de trituración o en un patio de acopio cerca de la planta.

El sistema de trituración consiste en una tolva primaria en donde el material es transportado a través de un alimentador a la mandíbula o trituración primaria, haciendo una pila pulmón que es descargada a cintas transportadora la cual cae sobre una criba donde se hace la clasificación de agregados, obteniendo piedra de 2" a 4" y de 4" a 8". Finalmente, el producto es despachado mediante camiones externos.

2.5 Topografía

La topografía predominante pertenece al sistema montañoso del Caribe o de la Costa, es una continuación estructural del Arco Insular de la región Oriental del Caribe. Constituye un sistema montañoso del tipo alpino con variadas formas de relieve, tales como valles interiores, lomas, colinas y lomerías.

Las montañas de esta área presentan topos redondeados, con estructuras tipo karst, y elevaciones que pueden llegar desde los 225 m a 275 m, con pendientes naturales que van desde los 45° a los 55° de inclinación, de predominante comportamiento abrupto en muchas direcciones.

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Mercado, Angel. (2015). *Evaluación de Yacimiento de Dolomitas Marmolizadas entre los niveles P50 – P160 del Frente 1 en la Cantera Tacarigua C.A ubicada en la localidad de Gañango sector Mar Azul, Estado Carabobo*. Realizó el diseño de bancos y vías para los niveles entre la cota 50 a 160 del Frente 1 de la cantera mostrando las curvas de nivel de la topografía modificada.

Alarcón, Adrian. (2014). *Plan de Explotación del Frente 2 en Cantera Tacarigua C.A. Carretera nacional Gañango–Patanemo, Sector Mar Azul. Puerto Cabello-Estado Carabobo*. Estableció el plan de explotación del Frente 2 de la cantera presentado la topografía modificada del respectivo frente.

Rivero, Anieska. (2017). *Diseño de explotación de roca ornamental tipo laja del Frente 2 en “Canteras Tacarigua. C.A” ubicada en la localidad de Gañango, Sector Mar Azul, estado Carabobo*. Elaboró el diseño de la explotación de lajas en el Frente 2 de la cantera presentando la topografía final de la explotación de lajas.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Levantamiento topográfico

Según Franquet, J. y Querol, A. (2010) un levantamiento topográfico se define como el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota. Para realizar levantamientos topográficos se necesitan varios instrumentos, como el nivel y la estación total o los GPS.

Existen dos modalidades:

- Levantamiento planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener puntos de un terreno y definir la proyección sobre el plano de comparación.
- Levantamiento altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación.

3.2.2 Puntos de apoyo o control

De acuerdo a Navarro y Soler (2002) los puntos de control son puntos monumentados que se conocen sus coordenadas y sirven para realizar cualquier tipo de levantamiento topográfico. Son necesarios para la orientación absoluta de terreno de acuerdo a un sistema de referencia.

3.2.3 Estación de control (Estación base o referencia)

Según Navarro y Soler (2002) la estación base consiste en un receptor colocado sobre un lugar de coordenadas conocidas para coleccionar datos y así corregir diferencialmente la posición de otros receptores observando simultáneamente.

3.2.4 Levantamiento estático

Según LEICA Geosystems (2003), es un método de posicionamiento caracterizado por la ocupación simultánea de dos o más puntos durante un período suficientemente prolongado de tiempo mientras los receptores se mantienen estacionarios mientras registran los datos para su post-procesamiento, con el fin de lograr precisiones inferiores al centímetro.

3.2.5 Levantamiento cinemático

Según LEICA Geosystems (2003), en éste tipo de levantamiento, se coloca un receptor en un punto fijo denominado estación de referencia, y justo después de una operación denominada calibración que toma un par de minutos, un receptor móvil denominado Rover, mide las coordenadas relativas al punto de referencia con varios segundos de observación, por lo que constituye un método de alto rendimiento

3.2.6 Dilución de precisión de posición (PDOP, *Position Dilution of Precision*)

De acuerdo a Langley (1999), la precisión de un GPS va a depender de distintos factores, como el tipo de GPS, su frecuencia, el postproceso de datos y el PDOP, este último, es una cifra sin unidades que expresa la relación entre el error en la posición del GPS y el error de la posición del satélite. Indica el momento en que la geometría del satélite puede facilitar los resultados más precisos (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de PDOP y su clasificación.

| Valor de PDOP | Clasificación | Descripción |
|---------------|---------------|---|
| <1 | Ideal | El nivel de confianza más alto posible para aplicaciones que exijan la mayor precisión posible en todo momento. |
| 1-2 | Excelente | En este nivel de confianza, las mediciones posicionales se consideran lo suficientemente precisas para cumplir con todas las aplicaciones |
| 2-5 | Bueno | Representa un nivel que marca el mínimo apropiado para tomar decisiones comerciales. Las mediciones de posición podrían usarse para hacer sugerencias confiables para el usuario. |
| 5-10 | Moderar | Las mediciones de posición podrían usarse para los cálculos, pero la calidad de los datos aún podría mejorarse. Se recomienda una vista más abierta del cielo. |
| 10-20 | Justa | Representa un nivel bajo de confianza. Las mediciones de posición deben descartarse o usarse solo para indicar una estimación aproximada de la ubicación actual. |
| > 20 | Pobre | En este nivel, las mediciones son inexactas hasta en 300 metros con un dispositivo preciso pueden tener errores de 6 metros, se deben descartar. |

Fuente: Langley (1999)

3.3 Sistemas de coordenadas y datum geodésicos

De acuerdo a ESRI (2016) los sistemas de coordenadas pueden representarse en dos grupos:

- **Sistemas de coordenadas geográficas:** donde se localiza las ubicaciones sobre una superficie esférica, simplificando la forma de la tierra. El objeto de estudio es descrito en términos de coordenadas latitud-longitud asociada a un datum geodésico específico. El más común y extendido es el *World Geodetic System 84* (WGS84), aunque en proyectos europeos se promueve el uso del *European Terrestrial Reference System 89* (ETRS89).
- **Sistemas de coordenadas proyectadas:** simplifica aún más la representación del planeta, ya que localiza ubicaciones en una superficie plana con una proyección. Este sistema es plano y tiene dos dimensiones, siendo útil en áreas pequeñas y para simplificar cálculos, dado que no es posible una proyección sin distorsión entre una superficie elipsoidal y un plano. Uno de los sistemas más comunes es el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (UTM).

3.4 Georreferenciación

De acuerdo a Gomez (2014), la georreferenciación es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datum específicos. Es una operación habitual dentro del sistema de información geográfica (SIG) tanto para objetos ráster (imágenes de mapa de píxeles) como

para objetos vectoriales (puntos, líneas, polilíneas y polígonos que representan objetos físicos).

La georreferenciación es un aspecto fundamental en el análisis de datos geoespaciales, ya que es la base para la correcta localización de la información en mapas.

3.5 Georreferenciación por puntos de control

Según Gómez (2014) la georreferenciación por puntos de control es el proceso en el que a partir de un conjunto de puntos bien identificados y conocidas sus coordenadas, se calculan las coordenadas de otros puntos utilizando funciones de transformación (lineales, cuadráticas). Para que la georreferenciación resulte satisfactoria es necesario elegir de forma apropiada los puntos de control (en número, ubicación y distribución). Se trata de un proceso manual en el que se requiere intervención humana y ofrece mayor exactitud cuándo se trabaja en zonas donde es posible identificar varios puntos de control.

3.6 Geocodificación

Según Del Rio (2010) la geocodificación es el proceso de asignar coordenadas geográficas (Por ejemplo, latitud-longitud) a puntos del mapa (direcciones, puntos de interés). Las coordenadas geográficas producidas pueden luego ser usadas para localizar el punto del mapa en un Sistema de Información Geográfica.

La geocodificación es el proceso de asignar geoidentificadores a elementos del territorio. Un geoidentificador es una estructura geométrica de localización (una cuadrícula). Esta estructura establece una función que relaciona la posición real de un objeto sobre el territorio geográfico (referencia espacial) con un sistema de referencia arbitrario.

3.6.1 Geología regional

Según el plan de explotación (Canteras Tacarigua C.A, 2018) el estado Carabobo cuenta con una geología compleja y heterogénea debido al emplazamiento geotectónico al cual pertenece la región; muestra estructuras como anticlinales, sinclinales, y fallas, que le confieren aproximadamente un 75% a todo lo largo de su territorio condiciones de un relieve montañoso propio de la Cordillera de la Costa.

Regionalmente el yacimiento de calizas y dolomitas otorgado bajo la figura de Concesión Minera a la empresa Canteras Tacarigua CA, forma parte de la provincia metamórfica de la

Fase Antimano, Formación Las Brisas y Formación Las Mercedes, una importante unidad que conforma la parte inferior del Grupo Caracas, la cual atraviesa toda la Cordillera de la Costa y aflora extensamente entre el estado Miranda y el estado Yaracuy. En la zona de la concesión se observan secciones y un gran bloque de rocas metamórficas pertenecientes a las mismas formaciones indicadas anteriormente.

Localmente, el material que se presenta en el área de operaciones mineras de la empresa, está constituido por mármoles calcíticos-dolomíticos y un gneis muy meteorizado, casi disgregado en su superficie y muy friable en zonas más frescas y superficiales. Está laminado horizontalmente hasta el punto donde la delgadez de las láminas, dan un aspecto de paquetes esquistosos.

En el caso de los mármoles, se caracteriza por sus colores claros, uniformidad y cambios frecuentes de facies hasta calizas magnesianas y dolomitas silíceas. Genéticamente, parecen constituir los clásicos depósitos asociados con eventos de dolomitización lenta y mármoles plataformales en ambientes de alto contenido de magnesio.

Es importante destacar, que, en Venezuela, se encuentran cuatro zonas, tres de las cuales están bajo explotación y representan los depósitos comerciales de dolomitas. En el estado Carabobo, se encuentra entre Gañango y Patanemo, aflorando masas de mármoles calcíticos-dolomíticos de excelente calidad, asociados con la Formación Antimano. En la región de Puerto Cabello, esta formación constituye una faja discontinua de rocas metamórficas estratigráficamente ubicada entre las formaciones Las Mercedes y Las Brisas. En esta zona, la Formación Antimano puede reconocerse como una unidad diferenciable. Sus mármoles calcíticos-dolomíticos se presentan en lechos lenticulares y son claramente distintos de las rocas de Las Mercedes suprayacentes.

Las mejores localidades para el estudio de estas rocas son las canteras situadas a lo largo de la carretera Guaicamacuto-Patanemo. Aquí la unidad afloró en dos lentes de aproximadamente 1 Km. de longitud y espesor variable pero importante, separados estratigráficamente por un intervalo de materiales que contienen esquistos, cuarzo-moscovíticos-clorítico-granatíferos. Hasta el momento se han observado mármoles calcíticos-dolomíticos de similar pureza a lo largo del flanco sur de la Cordillera. La

secuencia estratigráfica en este lado de la serranía, pasa directamente de la Formación Las Brisas a la Formación Las Mercedes, sin las dolomitas blancas de la Formación Antímamo.

Los mármoles de la Formación Antímamo, tal y como se reconocen en la región de Puerto Cabello y más típicamente en Patanemo, son muy blancos, de grano grueso y dolomíticos. La mineralogía más característica es dolomita-tremolita-calcita. Las bandas ricas en cuarzo de los mármoles se asocian con calcita, tremolita y diópsido. Además de esas zonas, se han ubicado secuencias dolomíticas en las áreas de: La Concepción, sur de la ciudad de Yaritagua, estado Yaracuy; Torrellero entre Sanare, Lara y Agua Blanca, portuguesa y entre Guiria y Macuro, estado Sucre.

La secuencia estratigráfica del yacimiento (Figura 4) comienza con 15 m de material meteorizado, suprayace 1 m de capa vegetal, infrayacen estratos intercalados de esquistos y arcillas de 20 m de espesor, seguidamente, unas limolitas de colores grises entre oscuras y claras con estratificaciones planares y onduladas. En carbonáticas, el estrato mide 7 m de espesor, por debajo de este estrato continua unas calizas dolomíticas con intercalaciones de óxido de hierro con un espesor de 3,2 m. Luego, un paquete de dolomitas blancas cristalizada, bien competente de 4,6 m. A dicha capa, le infrayace un marcador esquistoso de color verde, seguido de dos paquetes de mármoles masivos. El primero, presenta un color gris claro con algunas intercalaciones dolomíticas de 6,5 m; seguido de un mármol masivo gris oscuro de 69 m. El promedio del buzamiento del yacimiento es de 55°.

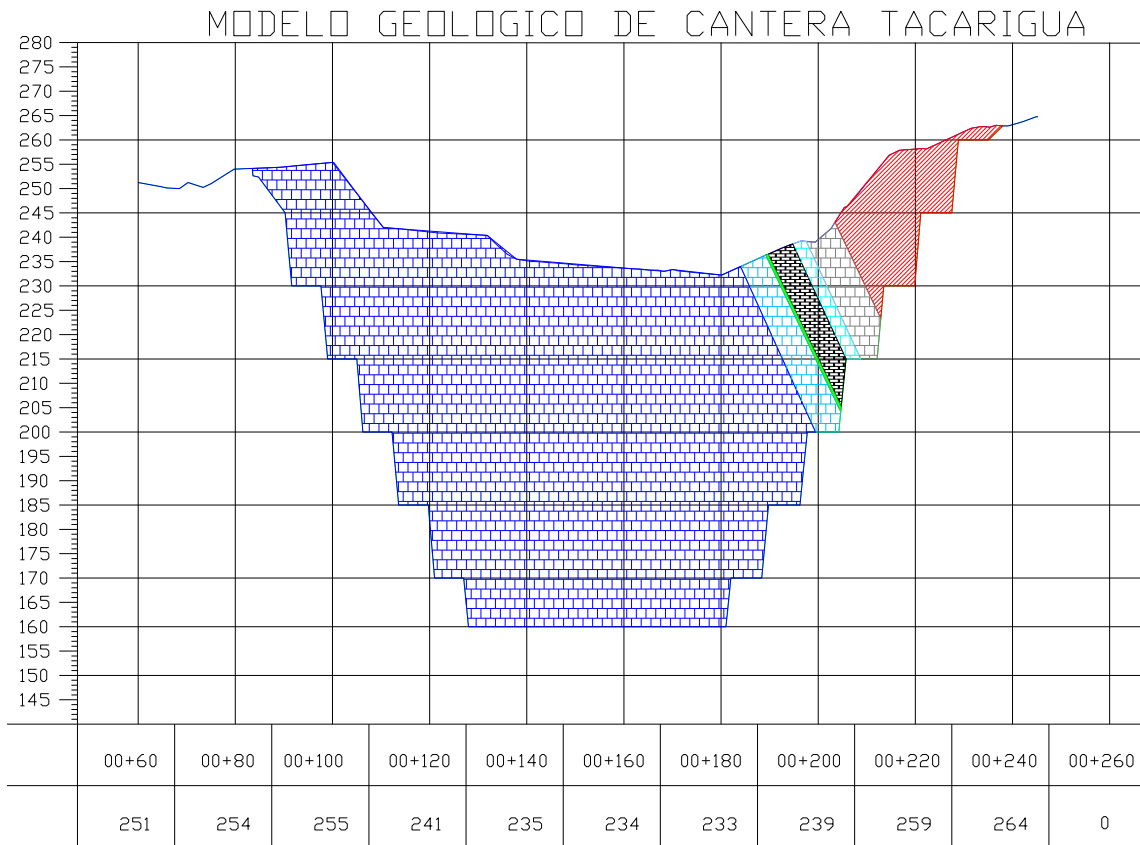


Figura 4. Sección tipo del modelo geológico del yacimiento.

Fuente: (Canteras Tacarigua C.A, 2018)

CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de investigación

La investigación realizada es de tipo de campo y descriptiva, ya que la información recolectada fue buscada sobre el terreno de la concesión de la cantera, la misma busca describir el comportamiento del terreno en las áreas mineras con información desactualizada.

4.2 Diseño de la investigación

La investigación es de tipo no experimental transversal ya que las variables involucradas no fueron modificadas, se estudiaron en su forma natural sin ser alteradas para luego ser interpretadas y transversal ya que la solución a la problemática corresponde a un periodo determinado en el tiempo.

4.3 Sujeto de estudio

El sujeto de estudio es la topografía del área de concesión de “Canteras Tacarigua C.A”, la cual está integrada por dos frentes de trabajo, denominadas Frente 1 y Frente 2. Utilizando levantamientos topográficos estáticos y cinemático continuo para la obtención de coordenadas UTM.

4.4 Instrumentos utilizados en la investigación

A fin de realizar esta investigación, fue necesaria la utilización de los siguientes instrumentos para lograr los objetivos planteados:

- Mapas topográficos a escala de 1:2500 y 1:5000 de la zona de estudio.
- Equipo de computación con procesador Intel i7 3370, 8 gb de memoria RAM y tarjeta gráfica AMD R7 260x
- Software Open Office, AutoCad 2016, AutoCad Civil 3D 2016, GNSS Solutions versión 3,8 y Google Earth.
- Tres GPS; GPS de mano Garmin 60CSx, GPS Ashtech-Promark 100 serial n°: 0200112101316 y GPS Ashtech-Promark 100 serial n°: 0200112100838.
- Estacas de maderas, mezcla de concreto, fragmentos de cabilla menores a 30 cm, martillo y encofrado de madera de área aproximada de 625 cm².
- Vehículo de transporte doble tracción.
- Libreta de campo, cámara fotográfica, insumos de oficina.

4.5 Procedimiento experimental

Para la elaboración de la base topográfica, se necesitó recolectar datos en campo y ser procesadas en oficina, el procedimiento experimental (Figura 5) consistió en:

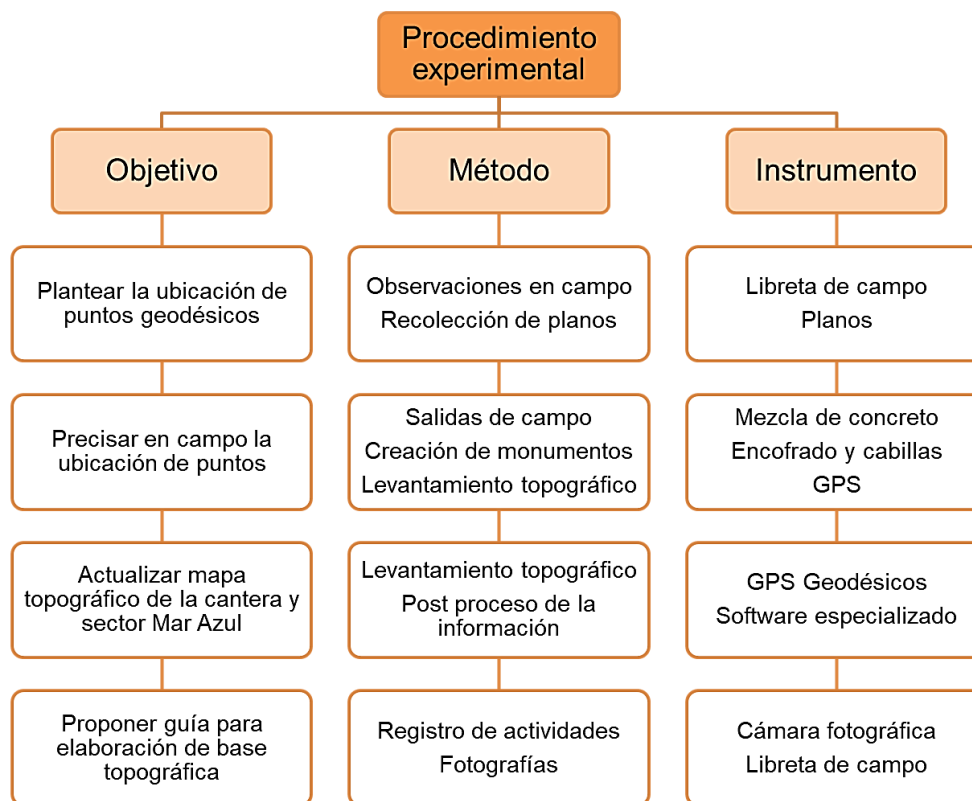


Figura 5. Procedimiento experimental.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.1 Recopilación de planos

Se procedió a recopilar diferentes mapas topográficos del Frente 1, Frente 2, de la infraestructura en la cantera y también mapas de la configuración final de los frentes y proyectos a realizar en el futuro, información de la geología aflorante utilizando el software AutoCad y AutoCad Civil 3D. Se unificó toda la data existente y se categorizó la información.

4.5.2 Evaluación de la secuencia de avance

Para la evaluación del avance se visualizó en campo la forma en que se realizan las labores mineras diariamente, se comparó la información de los planos topográficos de los *pit* con su

configuración final para identificar cuáles fueron las zonas donde es conveniente tener los puntos geodésicos, de acuerdo a criterios explicados en el apartado 4.6.

4.5.3 Establecimiento de puntos geodésicos

Se utilizaron los planos de los diseños mineros, la información geológica que posee la empresa e imágenes satelitales para establecer la posición tentativa de los puntos geodésicos, de modo que abarcaran las áreas del Frente 1 y Frente 2. Posteriormente se realizaron dos salidas de campo a estos sitios para conocer las condiciones de acceso y del terreno, posteriormente se realizaron otras tres salidas de campo para elaborar los monumentos de concreto en los puntos geodésicos (Figura 6).



Figura 6. A) Proceso de ubicación de los puntos, B) Etapa de nombrar los puntos, C) Creación de los monumentos de concreto en los puntos ubicados.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.4 Levantamiento topográfico y actualización de mapa topográfico

Se realizaron jornadas de campo por un tiempo de cinco días utilizando los equipos geodésicos donde se recorrió la posición de los puntos geodésicos, el Frente 1, Frente 2 y la explotación de lajas, registrando las coordenadas UTM, este, norte y altura, para luego procesar la data recopilada y georreferenciarla al vértice CAR-19 Planta Centro ubicado en la autopista Morón-Puerto, este proceso consistió en vectorizar los puntos que registra el GPS base y el receptor, usando las coordenadas de un punto de control donde se ubicó el GPS base. Mediante el software GNSS Solutions se realizó este proceso, y se ajustaron las coordenadas de los puntos registrados por el GPS receptor. Adicionalmente se resta la altura de la antena de los GPS para que los puntos obtenidos sean referentes a la altura del terreno, posteriormente se depura cualquier punto que sea anómalo a las condiciones vista en el terreno, este tipo de errores ocurren accidentalmente si se tropiezan las antenas, si hay mala

recepción de señal de los satélites debido a la vegetación, obstáculos o cualquier inconveniente encontrados en campo.

Con esta información se elaboró el mapa topográfico de la cantera y del sector Mar Azul para el mes de marzo de 2018 utilizando el programa Autocad Civil 3D.

4.5.5 Elaboración de guía compilatoria para creación de base topográfica

Utilizando libreta de campo y cámara fotográfica, se tomaron fotografías y se llevó el registro de los principales pasos realizados para la elaboración de la base topográfica, desde la recolección de información, creación de monumentos, levantamiento topográfico hasta el post-procesamiento de la información y manipulación de la misma con uso de software especializado, se enumeraron los pasos para conformar la guía.

4.6 Criterios utilizados

4.6.1 Establecimiento de puntos geodésicos

Para conocer el avance de las operaciones en la cantera se observó en campo el desarrollo de las labores mineras en su día a día, los diseños de los *pit* finales con la topografía del 2017. Para establecer los puntos geodésicos se tomaron diferentes criterios de acuerdo a dos fases:

Planteamiento de los puntos

Esta fase consiste en interpretar el avance de las operaciones, los planos de la topografía actual y de los *pit* finales para escoger los sitios óptimos de los puntos geodésicos. Los criterios empleados son:

- Los puntos no pueden encontrarse dentro del área de avance de mina, ya que en el futuro deberían ser removidos para continuar con las labores mineras.
- La separación de los puntos deber tal que facilite los trabajos topográficos futuros teniendo una referencia cercana con coordenadas conocidas.
- Deben tener un fácil acceso a los mismos ya sea por vías o caminos rudimentarios para poder un acceso rápido con equipos geodésicos.
- No se pueden encontrar sobre el afloramiento del yacimiento, ya que si en el futuro se pretende realizar una ampliación o algún cambio dentro de la planificación minera pueden encontrar en riesgo de ser removidos.

Creación de los monumentos

- El monumento debe estar fijo y perdurar en tiempo ya que cualquier perturbación de su ubicación alteraría su georreferencia
- Encontrarse fuera de las áreas operativas para disminuir el riesgo a ser destruido accidentalmente por alguna maquinaria.
- Debe tener visual amplia de áreas de interés como vías de acarreo, infraestructura o frentes de explotación.
- Encontrarse fuera de cualquier zona cubierta ya sea vegetación, techos de infraestructura porque la ubicación satelital se ve afectada si existe algún medio de interferencia entre los satélites y el monumento.

4.6.2 Levantamiento topográfico y elaboración de mapa topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico se trabajó con GPS de una secuencia registrando los puntos de la superficie en dos modos, registro estático y cinemático continuo. Para poder georreferenciar un levantamiento topográfico, se debe tener al menos un punto de control con coordenadas previamente conocidas, para realizar la georreferenciación de los monumentos se utilizó el punto de control PT-02 (Tabla 2) mostrado en la Figura 7, el cual ha sido georreferenciado al vértice CAR-19 Planta Centro ubicado en la autopista Morón-Puerto Cabello con anterioridad por la empresa, este se encuentra sobre el techo de la oficina administrativa.

Tabla 2. Coordenadas del punto de control utilizado.

| Nombre | Coordenadas | | | Descripción |
|--------|-------------|--------------|----------|---|
| | Este (m) | Norte (m) | Cota (m) | |
| PT-02 | 614.946,529 | 1.155.980,78 | 104,99 | Punto de control en techo de la oficina |

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Punto de control PT-02, Canteras Tacarigua.

Fuente: Elaboración propia

El registro estático se utilizó solamente para los puntos geodésicos ya que el GPS en este modo registra las coordenadas con mayor precisión, útil en el caso de georreferenciar puntos geodésicos los cuales serán utilizados como vértices de control en futuros proyectos topográficos.

Para el levantamiento del Frente 1, Frente 2 y la explotación de lajas se tiene que recorrer con el GPS las crestas de los taludes, los pies de los taludes y los bordes de la vialidad ya que esa información es la que define la forma de del terreno, los bancos y de las vías.

El levantamiento se tiene que realizar de las zonas alteradas por las labores mineras del Frente 1, Frente 2 y la explotación de lajas excluyendo las áreas de la cantera que no han sido modificadas desde el 2017, como la topografía de las oficinas, planta de trituración o las vías de acceso desde la carretera, para evitar el solapamiento de información y optimizar el trabajo en campo.

El mapa topográfico debe poseer una escala convencional que permita ser ploteado a un tamaño de papel A1 identificando los frentes de producción y la ubicación relativa del levantamiento.

CAPÍTULO 5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Laboreo minero

Según la información recopilada de Alarcón (2014), Mercado (2015), Rivero, (2017) e informes internos de Canteras Tacarigua C.A y verificación en campo, se verifico que el sistema de explotación consiste en el banqueo convencional de canteras a cielo abierto de forma descendente, actualmente poseen dos frentes de extracción Frente 1 (Figura 8) donde se explotan las terrazas 260 hasta la terraza 160 msnm y Frente 2 (Figura 9) la cual posee la terraza 60 msnm y un patio en la cota 15 msnm, adicionalmente, se tiene planificado la apertura de un tercer frente (Figura 10). La configuración de los pit está diseñada con un ángulo de talud final de 64° y de 85° grados en los bancos de explotación y se espera conformar bancos con una altura de 10 a 15 m (Tabla 3).

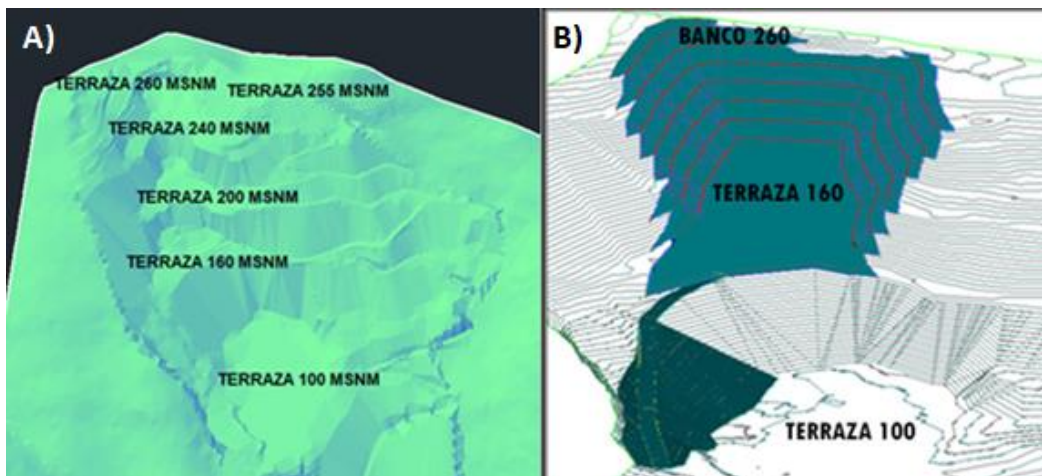


Figura 8. A) Modelo 3D de las terrazas del Frente 1, 2017; B) Modelo 3D del pit final en el Frente 1.

Modificado de: Mercado (2015)

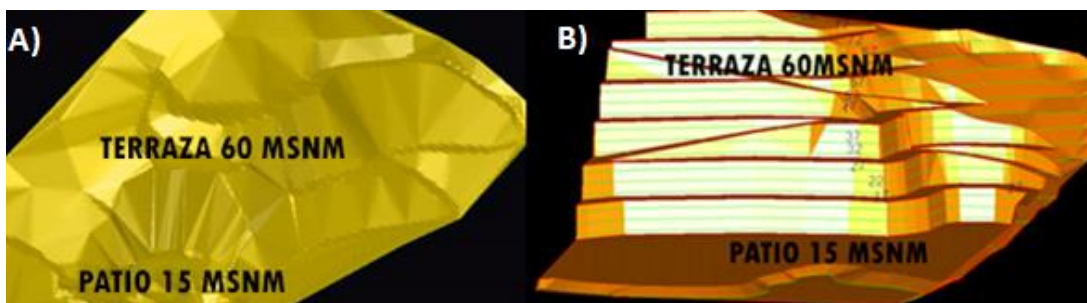


Figura 9. A) Modelo 3D de las terrazas del Frente 2, 2017; B) Modelo 3D del pit final en el Frente 2.

Modificado de: Alarcón (2014)



Figura 10. Modelo 3D del pit final del Frente de lascas.

Fuente: Rivero (2017).

Tabla 3. Criterios mineros de Canteras Tacarigua.

| N | Criterios minero | |
|---|----------------------------------|--------|
| 1 | Altura de bancos de explotación | 10-15m |
| 2 | Angulo de paredes final | 64° |
| 3 | Angulo banco de explotación | 85° |
| 4 | Pendiente de pisos y terrazas | 1% |
| 5 | Ancho mínimo de vías permanentes | 6 m |
| 6 | Ancho mínimo de vías temporales | 8 m |
| 7 | Turno por días | 1 |
| 8 | Horas de trabajo por turno | 8 h |

Fuente: (Canteras Tacarigua C.A, 2018).

De la unificación de esta información, y aplicando los criterios mencionados en el apartado 4.6, se encontraron que los lugares para la ubicación de los puntos geodésicos es, en el perímetro de los pit final, en los bancos cerrados. En el caso del Frente 1, en las aproximaciones de la terraza 260 msnm o en el patio 15 msnm del Frente 2, ya que esas zonas no se desarrollarían más operaciones; los bordes de las vías de acceso, principalmente en las curvas donde existe mayor espacio para la maniobra de la maquinaria.

También se utilizó la data de levantamientos topográficos previos, de zonas las cuales han permanecido inalteradas, como la terraza 100 msnm del Frente 1 y la entrada de la cantera con la carretera nacional Gañango-Patanemo.

Adicionalmente, se evidenció que las principales actividades realizadas en la cantera que impactan significativamente la topografía son las voladuras, la creación de vías, la limpieza de los frentes y los movimientos de tierra en el desarrollo de infraestructura, como galpones o fundaciones, las cuales pueden poner en riesgo los puntos geodésicos.

5.2 Puntos georreferenciados

5.2.1 Ubicación previa de puntos a georreferenciar

Como resultado de la evaluación de la secuencia de avance y los diseños de los frentes de producción se plantearon 11 ubicaciones para los puntos geodésicos, se utilizó un código alfanumérico “CT-Numero” como identificador, que tiene como significado “Canteras Tacarigua – Identificador del Punto”, las coordenadas se observan en la Tabla 4.

Tabla 4. Coordenadas de puntos planteados para ser georreferenciados.

| Código | Este | Norte |
|--------|--------------|----------------|
| CT-0 | 615.007,74 | 1.155.958,57 |
| CT-1 | 615.242,1316 | 1.156.025,357 |
| CT-2 | 615.054,1226 | 1.156.100,258 |
| CT-3 | 614.758,246 | 1.155.722,605 |
| CT-4 | 614.963,220 | 1.155.587,360 |
| CT-5 | 614.767,874 | 1.155.969,84 |
| CT-6 | 615.650,8115 | 1.156.321,267 |
| CT-7 | 615.618,7952 | 1.156.494,372 |
| CT-8 | 615.631,0471 | 1.156.606,48 |
| CT-9 | 615.455,5044 | 1.156.744,7356 |
| CT-10 | 615.819,2878 | 1.156.091,881 |

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Coordenadas de los monumentos:

De acuerdo a la Tabla 5 de los 11 puntos planteados para ser georreferenciados se obtuvieron 10 de ellos, el punto CT-10 el cual está ubicado en el Frente 2, no pudo ser georreferenciado debido a las condiciones de acceso, no permitieron llegar al lugar con los insumos para realizar su monumento y con los equipos geodésicos. Además, la ubicación del mismo se

encontrada en una zona que aún no sido deforestada, lo cual habría afectado sus coordenadas por un PDOP elevado.

Tabla 5. Coordenadas georreferencias de los monumentos ubicados en campo.

| Código | Coordenadas | | | PDOP | Descripción |
|---------------|---------------------|----------------------|------------|------|--|
| | Este (m) | Norte (m) | Altura (m) | | |
| CT-0 | 614.989,101 | 1.155.978,492 | 86,11 | 2,1 | Monumento mirador |
| CT-1 | 615.199,516 | 1.155.992,884 | 13,673 | 1,9 | Monumento zona de construcción de planta trituradora |
| CT-2 | 615.116,277 | 1.156.134,599 | 18,263 | 1,5 | Monumento entrada zona de construcción de planta trituradora |
| CT-3 | 614.757,983 | 1.155.719,439 | 255,425 | 1,3 | Monumento talud oeste frente 1 |
| CT-4 | 614.887,379 | 1.155.585,259 | 259,898 | 1,6 | Monumento talud este frente 1 |
| CT-5 | 614.735,376 | 1.155.978,353 | 182,199 | 1,6 | Monumento explotación lajas |
| CT-6 | 615.599,918 | 1.156.233,455 | 4,737 | 3 | Monumento entrada Frente 2 |
| CT-7 | 615.591,963 | 1.156.525,146 | 3,221 | 3,6 | Monumento en vía Frente 2 |
| CT-8 | 615.528,274 | 1.156.617,833 | 2,966 | 2 | Monumento en vía Frente 2 |
| CT-9 | 615.439,336 | 1.156.611,235 | 1,444 | 1,6 | Monumento inicio vía hacia Frente 2 |
| *CT-10 | <i>615.819,2878</i> | <i>1.156.091,881</i> | - | - | - |

*No pudo ser georreferenciado

Fuente: Elaboración propia

El punto CT-0 que se encuentra a escasos metros del punto de control utilizado PT-02, se ha realizado en ese lugar debido a que el punto PT-02 al encontrarse en el techo resulta poco práctico para acceder con los equipos geodésicos.

En términos generales todos los puntos tuvieron un PDOP bajo comprendido en un intervalo entre 1 y 2 a excepción de CT-6 y CT-7 de 3 y 3,6 respectivamente, debido a que estaban cubiertos parcialmente por ramas de árboles, sin embargo, siguen siendo considerados buenos para ser tomados como punto de control. En la Figura 11 se muestra la ubicación de los puntos.

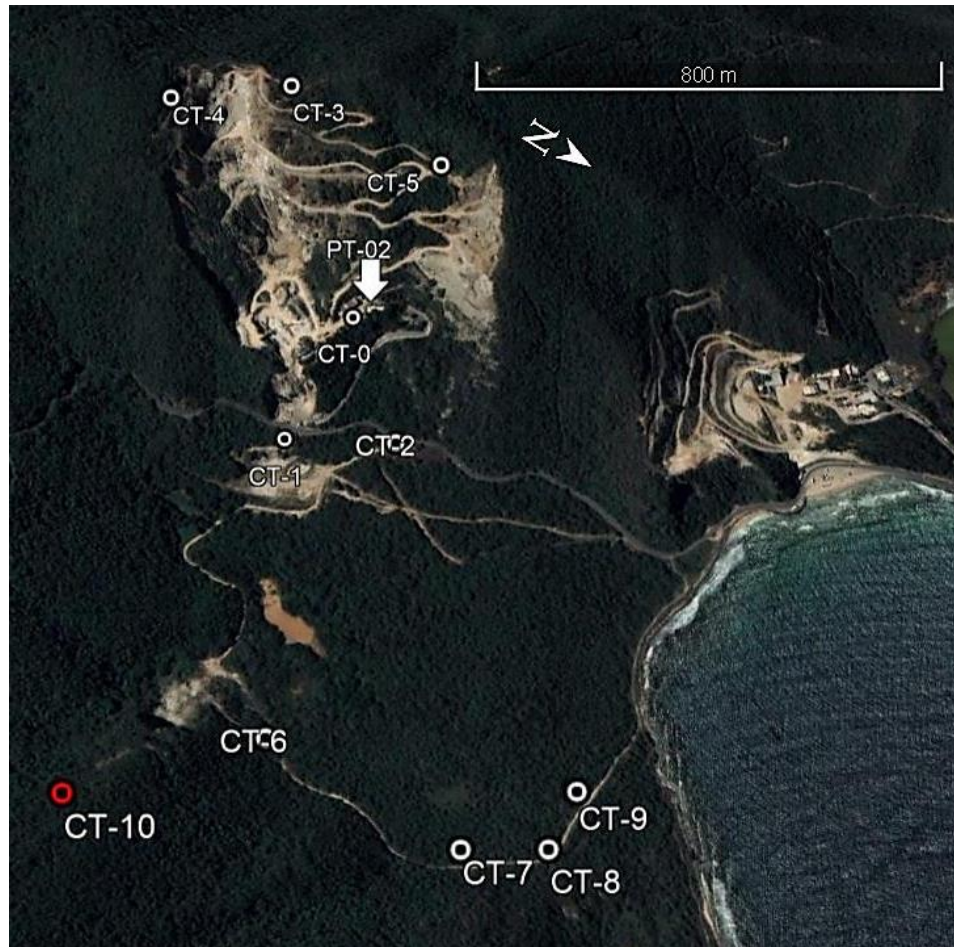


Figura 11. Vista de los puntos geodésicos

Fuente: Elaboración propia

5.3 Mapa topográfico

El mapa elaborado muestra la topografía de la cantera y del sector Mar Azul para marzo de 2018 (Anexo 1) este posee una escala 1:5000, en el mismo, se muestran las áreas actualizadas por el levantamiento topográfico del Frente 1, Frente 2 y la explotación de lajas. En este mapa se observa como se diferencian las crestas, los pies de taludes, las vías y los puntos georreferenciados con sus coordenadas este, norte y altura, cabe destacar que se utilizó la topografía de las áreas que no fueron intervenidas por las operaciones mineras representada en los mapas del año 2017, ya que se han mantenido inalteradas.

La escala 1:5000 fue utilizada para poder abarcar el sector Mar Azul y se pueda plotear en un tamaño de papel A1 con dimensiones 59,4x84,1cm el cual es utilizado convencionalmente para los planos topográficos. En esta escala se tiene una vista general de la zona, resalta la

zona de explotación de lajas la cual es llevada a cabo por una de las cooperativas que integran Canteras Tacarigua, de este sector no había información topográfica elaborada, actualmente se observa que posee 6 áreas de trabajo en las cotas 132m, 135m, 140m, 155m, 162m y 165m.

Durante el levantamiento de los frentes, se encontraron diferentes áreas con material volado que cubrían los pie de los taludes, vegetación que cubría las crestas de los mismos, terrazas cubiertas parcialmente con material suelto y zonas de difícil acceso que ponen en riesgo el equipo GPS a caídas, estos son factores que se tomaron en cuenta para la generación de las curvas de nivel, ya que las características del terreno condicionaron directamente el levantamiento topográfico y estos los resultados obtenidos, hay que tener en cuenta que estas curvas son aproximaciones de la realidad.

Como herramienta adicional para mejorar la interpretación del plano se creó una cuadrícula con dimensión de 50 metros por lado y se le asignó un código alfanumérico. Las filas fueron enumeradas de manera ascendente en sentido norte-sur y las columnas fueron asignadas con letras en sentido oeste-este, con la finalidad de poder sectorizar la cantera utilizando cuadrantes.

CAPÍTULO 6. PROPUESTA DE GUIA PARA LA ELABORACION DE BASE TOPOGRAFICA

La siguiente guía tiene como objetivo facilitar la elaboración de bases topográficas, se realizó en función de las actividades realizadas en Canteras Tacarigua C.A, esta recopila los principales pasos a seguir tanto en campo como en oficina, además de la manipulación del software y de los equipos utilizados, es por ello que la aplicación de los pasos que se mencionan pueden variar de acuerdo a distintas condiciones (terreno, clima, instrumentos e insumos, entre otros). De esta manera se facilita el trabajo de futuros proyectos topográficos en la cantera.

Las imágenes mostradas en este capítulo han sido elaboradas por el autor.

- A. Se realiza una recopilación previa de las cartas, mapas, planos e imágenes satelitales sobre el área de relevancia (Figura 12).



Figura 12. Recopilación de información sobre el área de estudio.

- B. Se establece los criterios para la ubicación de los puntos geodésicos (distancia entre puntos y las zonas que abarcara, ubicados fuera del alcance de equipos o próximas modificaciones del terreno, alejado de vegetación o infraestructura, vía de acceso, entre otros).
- C. Se plantea la ubicación de los puntos en mapa con sus coordenadas este, norte.
- D. Se registra las coordenadas en un GPS de mano para la ubicarlos en el terreno (Figura 13).

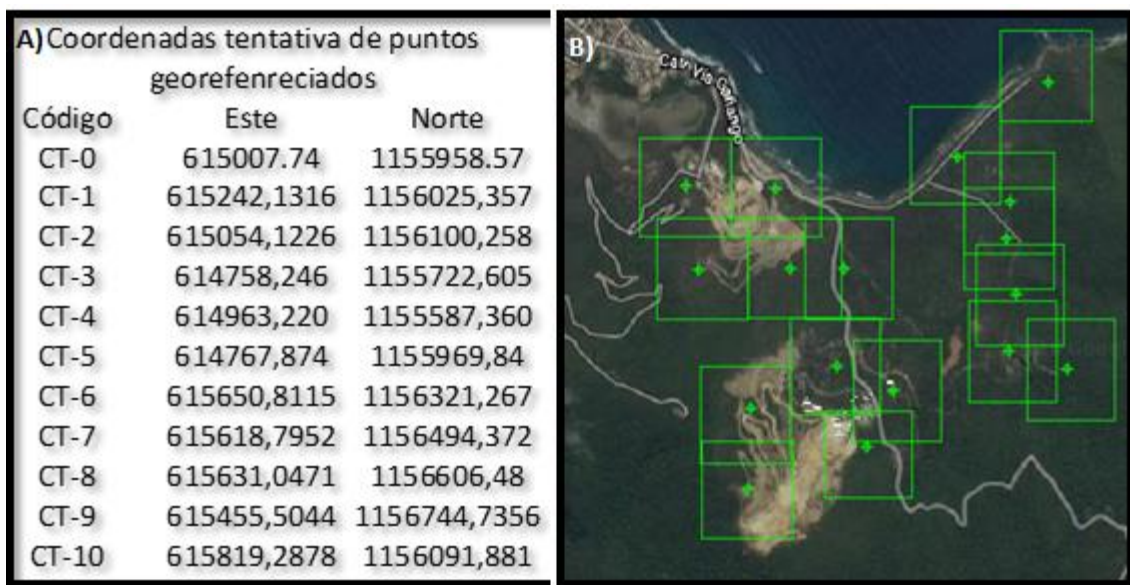


Figura 13. A) Coordenadas tentativas, B) Ubicación y cobertura tentativa de los puntos.

- E. Se ubican los puntos en campo antes de llevar los equipos geodésicos e insumos para elaborar los monumentos de concreto, de esta manera se realizan los siguientes pasos:
- E.1. Se buscan y elaboran estacas de maderas utilizando un machete para fijar la ubicación de los puntos en campo previo a las salidas de campo (Figura 14).



Figura 14. Personal de la empresa elaborando estaca de madera.

- E.2. Se verifica la accesibilidad de los puntos, ubicándolos en campo con el GPS de mano y limpiando el área con ayuda del machete removiendo vegetación u obstáculos cercanos a al punto (Figura 15).



Figura 15. Personal de la empresa limpiando la zona de punto tentativo.

- E.3. Se clava una estaca sobre cada punto con ayuda de una mandarria (Figura 16).



Figura 16. Proceso de fijación de estaca al suelo.

E.4. Se etiqueta la estaca con cinta de precaución amarilla, para fácil visualización y se identifica las estacas utilizando marcador permanente, con la nomenclatura del punto correspondiente (Figura 17).

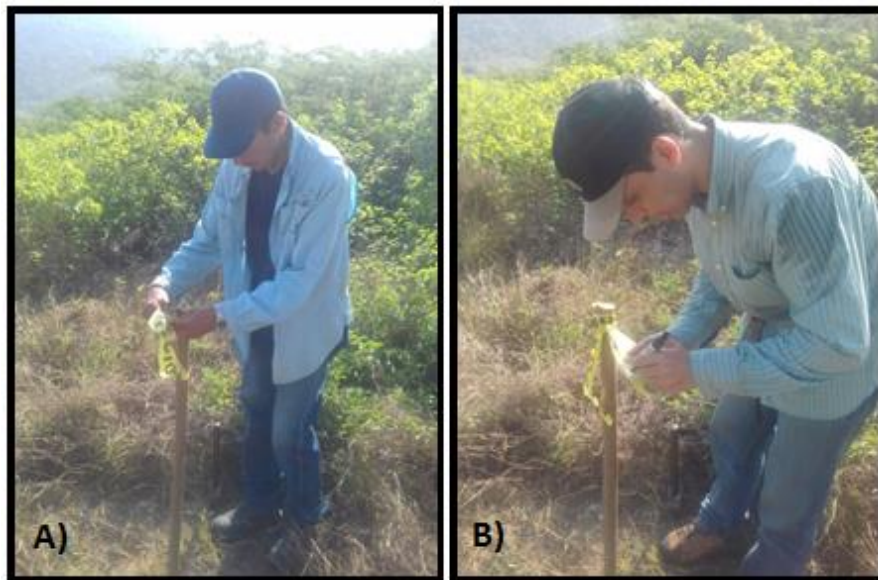


Figura 17. A) Etiquetado con cinta amarilla. B) Identificación de punto con marcador permanente.

E.5. Se registran las coordenadas establecidas en campo (este, norte, altura) usando GPS de mano y libreta de campo (Figura 18).



Figura 18. GPS de mano registrando coordenadas en campo.

E.6. Ahora se actualiza la ubicación relativa de las estacas, usando AutoCad Civil 3D (Figura 19).

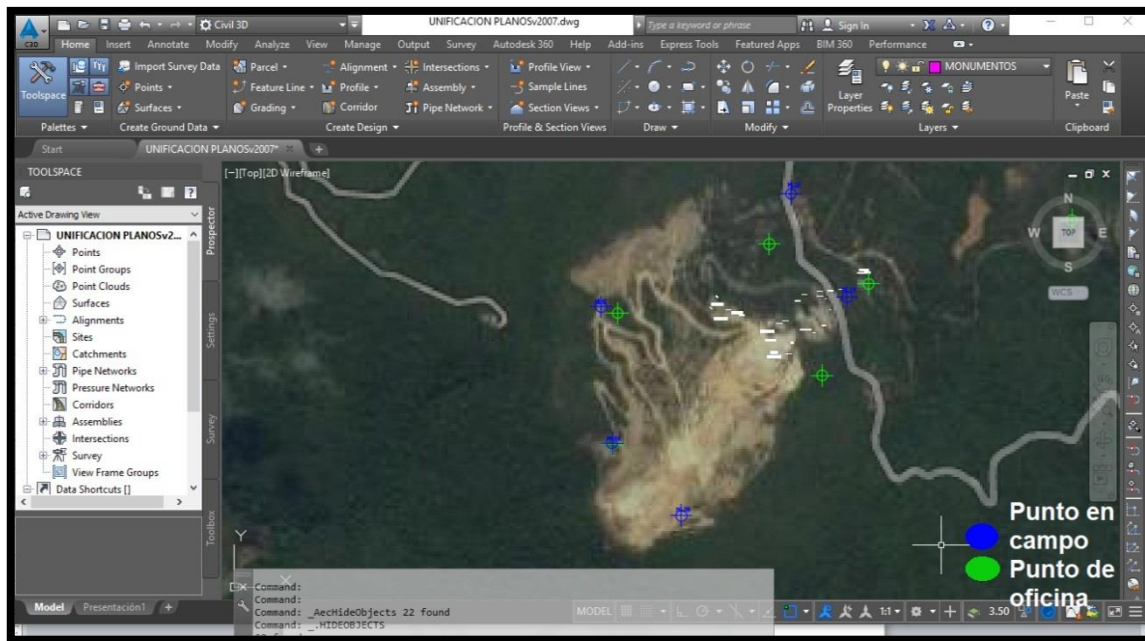


Figura 19. Puntos ubicados en campo y planteados en oficina.

F. Se crean monumentos de concreto para cada punto para garantizar su permanencia en el tiempo, realizando los siguientes pasos:

F.1. Primero se elaboran moldes o encofrados con madera o plástico para vaciar el concreto en ellos (Figura 20).

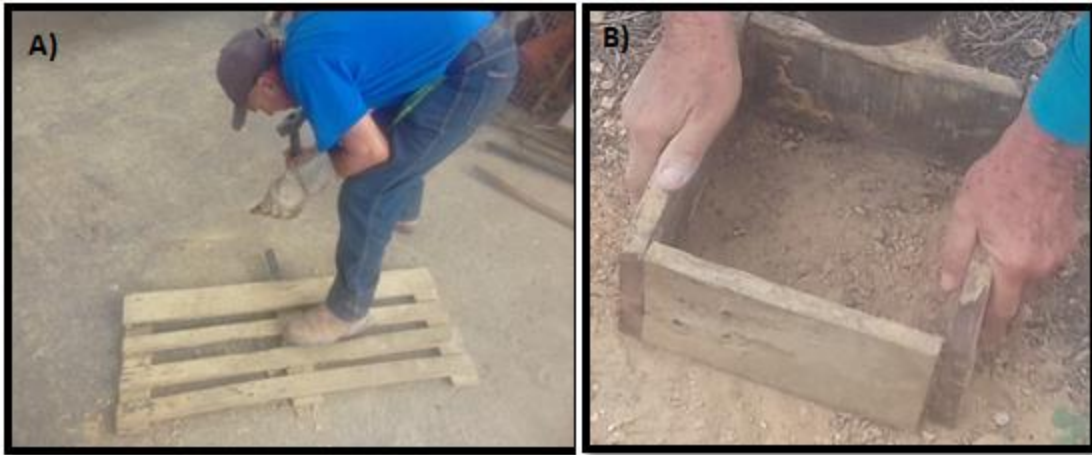


Figura 20. A) Recolección de materiales para realizar encofrado. B) Ubicación de encofrado en el terreno.

F.2. Para fijar los monumentos al suelo se buscan cabillas de 30 cm aproximadamente antes de ir a cada punto geodésico.

F.3. Se prepara el concreto con una mezcla de áridos, cemento y agua (Figura 21).



Figura 21. A) Mezcla de áridos y cemento. B) Elaboración de concreto

F.4. Se traslada con un vehículo con el concreto, las cabillas, el encofrado, una pala, espátula y una mandarria a las cercanías de cada punto, luego se ubica el encofrado en el terreno, se clava la cabilla en el centro y se vierte el concreto (Figura 22), con ayuda de la pala y se asienta con la espátula.



Figura 22. A) Ubicación de encofrado. B) Vertido de concreto

F.5. Una vez asentado el concreto se identifica con la nomenclatura de los puntos y se retira el encofrado cuando el concreto sea suficientemente resistente para autoportarse (Figura 23).



Figura 23. A) Identificación monumento. B) Separación del encofrado.

G. Para conocer las coordenadas georreferenciadas de los puntos geodésicos y de las zonas de interés como frentes de explotación y vías de acceso sean se hace un levantamiento topográfico realizando las siguientes actividades:

G.1. Se procede a la instalación del GPS base: abriendo las patas del trípode, ajustando la base niveladora al trípode, enroscando la antena receptora a la base niveladora y luego sujetar el GPS geodésico en una de las patas del trípode (Figura 24).



Figura 24. A) Instalación la antena receptora en el trípode. B) Instalación del GPS en el trípode.

G.2. Ahora, se ubica el punto de control (Figura 25) previamente establecido, es necesario tener al menos un punto de control georreferenciado.



Figura 25. Punto de control PT-02, ubicado en techo de oficina.

G.3. Se trasladar el GPS, posicionando la antena del GPS base sobre el punto de control (Figura 26) utilizando la plomada óptica y con la ayuda del pie se facilita la ubicación del punto de control.



Figura 26. Chequeo de posición de la antena del GPS.

G.4. Una vez posicionado el equipo en el punto de control se tiene que nivelar el trípode ajustando el tamaño de las patas (Figura 27) hasta que nivel circular se encuentre nivelado.



Figura 27. Nivelación del trípode mientras se chequea el nivel circular.

G.5. Se reposiciona el equipo aflojando el tornillo sujetador a la base del GPS, deslizando suavemente por la base del trípode hasta coincidir con el punto de control (Figura 28).

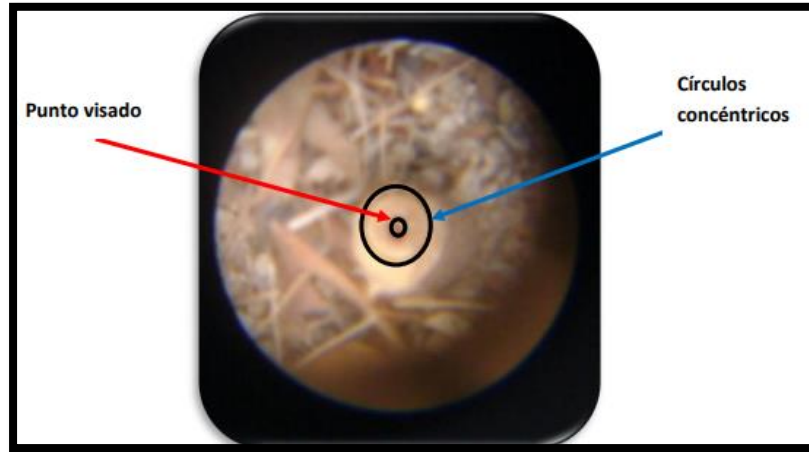


Figura 28. Vista desde la plomada óptica para posicionar el equipo con el punto de control.

G.6. En caso de ser necesario se nivelar la antena receptora con ayuda de los tres tornillos milimétricos.

G.7. Se procede a conectar el cable de comunicación entre la antena (Figura 29) y el GPS.



Figura 29. Conexión del cable de comunicación con la antena.

G.8. Una vez instalado todo los instrumentos se enciende el equipo (Figura 30) y se configura el GPS, abriendo el software interno (ProMark Field) generando un nuevo archivo o proyecto, identificándolo, registrando la altura de la antena, cambiando el modo de registro de datos para el post-procesamiento y por ultimo iniciar la puesta en marcha.



Figura 30. Pantalla de inicio del GPS.

G.9. Una vez instalado un GPS en el punto se control se instala el segundo GPS receptor realizando los pasos 8.1- 8.5, 8.7-8.8 (Figura 31), sobre cada monumento, o trasladándolo sobre el área a estudiar y esperar que los GPS capten la señal de los satélites y se comuniquen entre sí, (5-10 min. Aprox.).

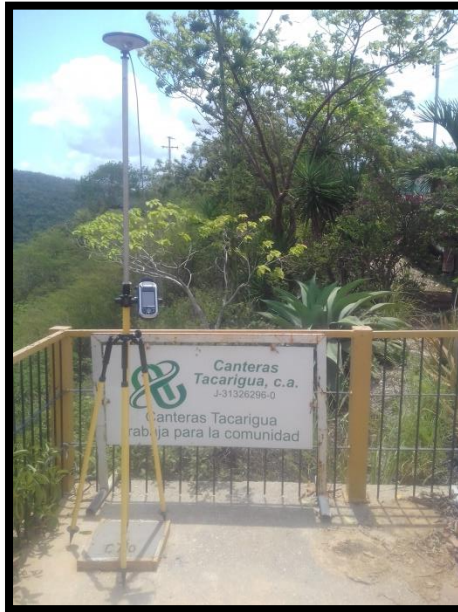


Figura 31. Levantamiento estático de punto geodésico CT-0.

G.10. Culminado el levantamiento, se desinstala los equipos, se apagan los GPS, se desconectan las antenas de los GPS y se remueven los GPS del trípode (Figura 32), la base niveladora, se recogen las patas del trípode y se guardan todos los instrumentos en su respectivo empaque.



Figura 32. Tripode desmontado.

H. Para utilizar la información obtenida por los GPS, la data se tiene que someter a un post-procesamiento, para ello se realiza las siguientes actividades:

H.1. Se enciende el GPS base y se transmite la información del archivo creado hacia la computadora, mediante cable USB o Bluetooth.

H.2. Se inicia el programa para el post- procesamiento GNSS Solutions (Figura 33).

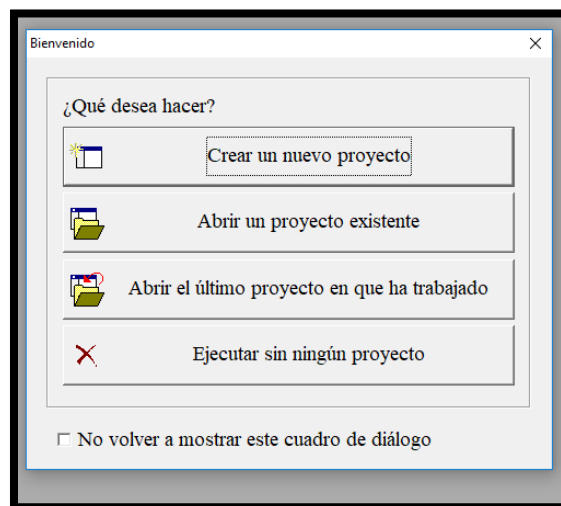


Figura 33. Pantalla de inicio del programa GNSS Solutions.

H.2.1. En la primera ventana mostrada se selecciona “Crear un nuevo proyecto”.

H.2.2. Luego aparece otra ventana donde se nombra el proyecto (Figura 34).

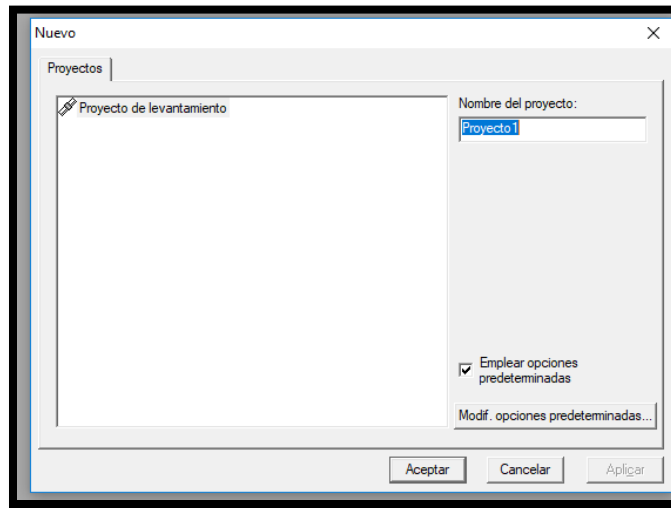


Figura 34. Pantalla para indicar nombre del proyecto.

H.2.3. Hecho el paso anterior, se mostrará otra ventana donde se selecciona la opción descargar datos brutos (Figura 35).

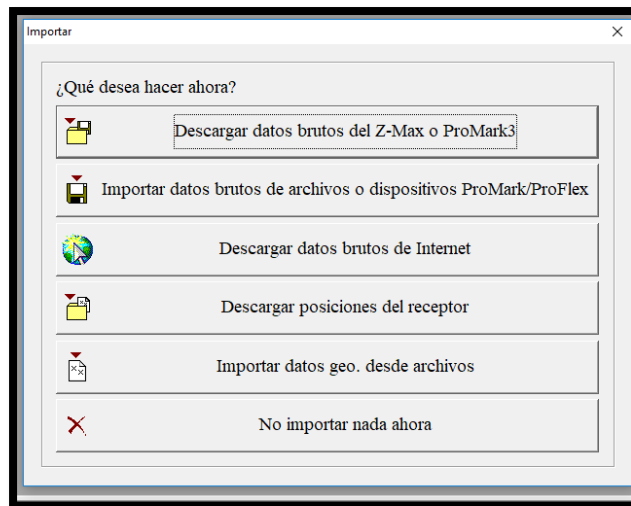


Figura 35. Menú para seleccionar descargar datos brutos.

H.2.4. En este punto el programa requiere que se seleccionen los archivos correspondientes al levantamiento realizado en campo (Figura 36).

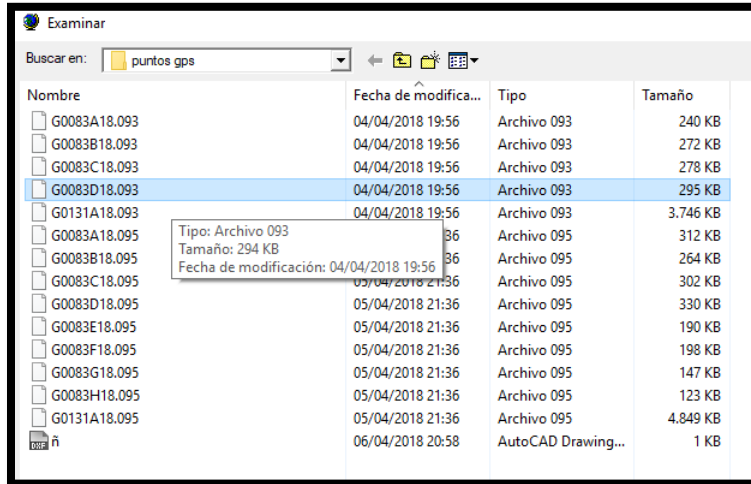


Figura 36. Ventana para seleccionar archivos creados por el GPS.

H.2.5. Ahora se tiene que configurar el punto de control utilizado, seleccionando la casilla “Nombre” en la sección “Punto de control” y establecer el punto de control con sus coordenadas georreferenciadas utilizado en el levantamiento de campo (Figura 37).

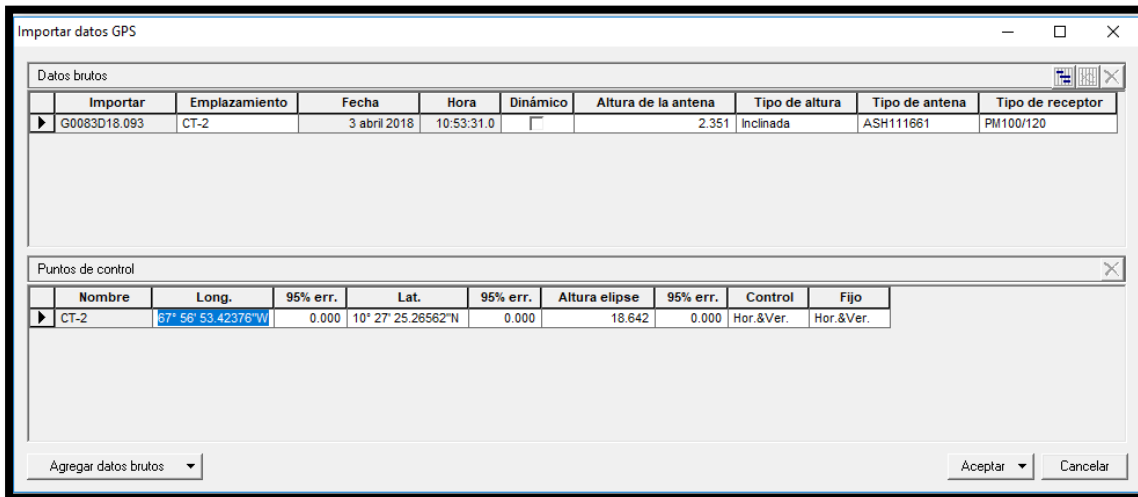


Figura 37. Ventana para establecer puntos de control.

H.2.6. Una vez colocada las coordenadas se hace click principal con el cursor en el botón “Aceptar” y luego en “Para importar, procesar y ajustar”.

H.2.7. Hecho esto se mostrara la ventana del software, inmediatamente se selecciona la pestaña “Proyecto” (Figura 38) y luego en “Procesar todas las líneas de base”

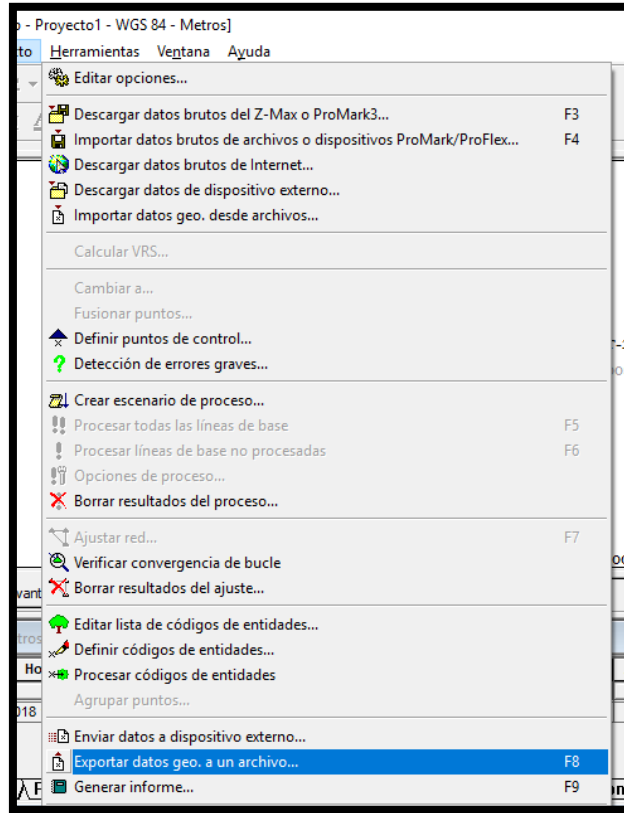


Figura 38. Menu desplegable de la opción "Proyecto".

H.2.8. Ahora se vuelve a seleccionar la pestaña "Proyecto" (Figura 38) y seleccionando la opción "Exportar datos geo. A un archivo".

H.2.9. Aparece una nueva ventana donde se selecciona "Características", posteriormente "AutoCAD DXF" y se cierra seleccionando el botón "Aceptar" (Figura 39).

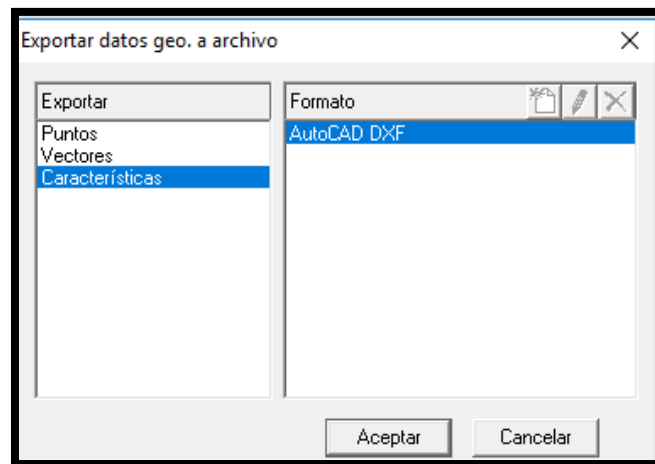


Figura 39. Vista de la ventana "Exportar datos geo. a archivo".

H.2.10. El programa automáticamente mostrará una ventana donde se debe nombrar el archivo y guardar en una dirección definida por el usuario (Figura 40).

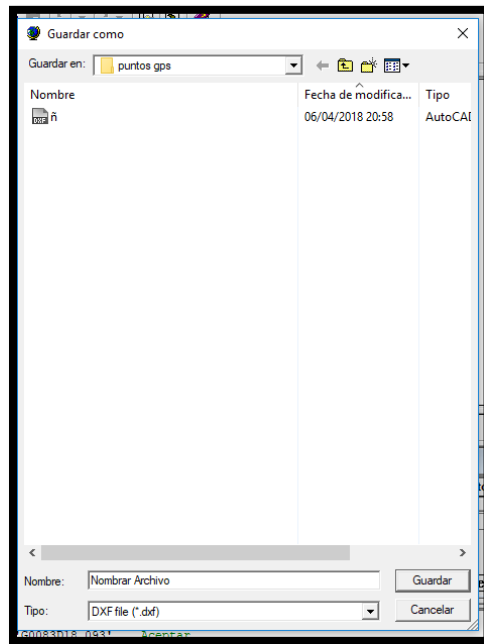


Figura 40. Ventana para guardar la información en formato ".dxf".

- I. En este punto ya la información ha sido postprocesada por consiguiente ya se tienen las coordenadas de los puntos geodésico, a continuación, se encuentran los pasos para actualizar el mapa topográfico.
 - I.1. Se abre el archivo DXF creado en el paso 8.2.10, con AutoCad Civil 3D (Figura 41) y se verifica que concuerden los puntos levantados en campo.

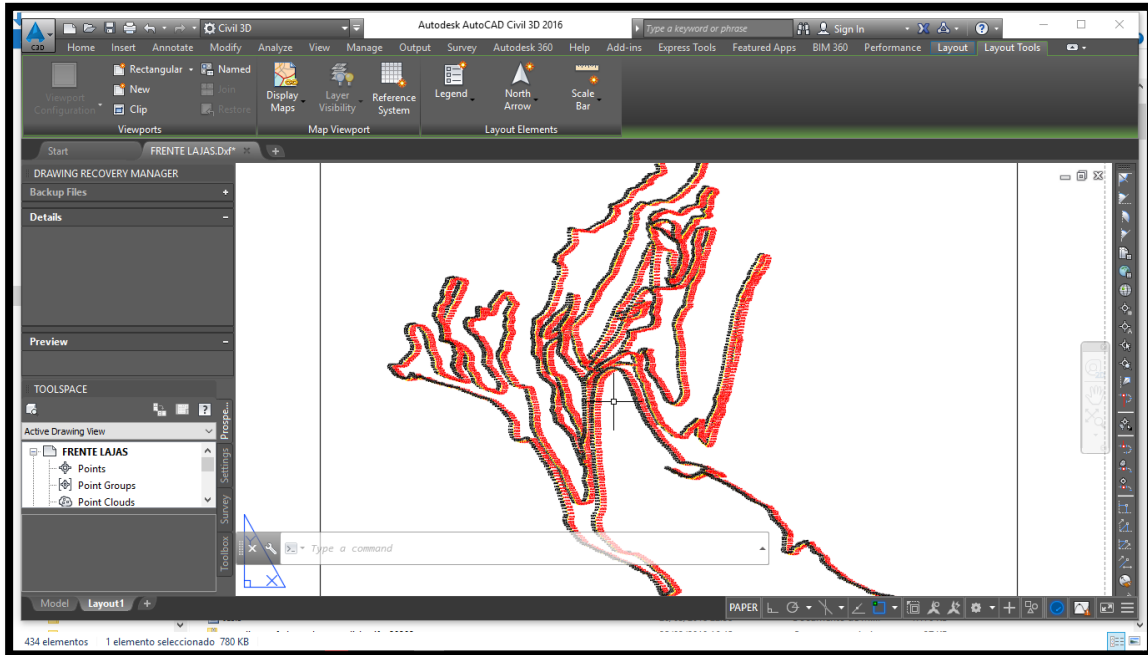


Figura 41. Puntos obtenidos de la explotación de lajas.

I.2. Para trabajar con la data necesaria (puntos con sus coordenadas) se apagan las capas accesorias (etiquetas o textos) y solo dejar visible la capa con los puntos procesados (Figura 42).

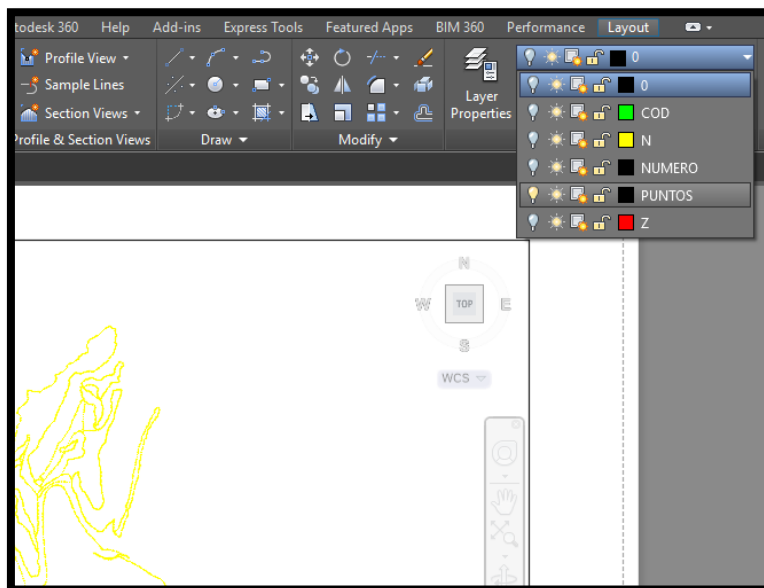


Figura 42. Ventanas de capas en AutoCad Civil 3D 2016.

I.3. Ahora se utiliza la opción “Crear superficie” (Figura 43) haciendo click con botón derecho en la opción “Superficie” en la pestaña “Prospector” de la herramienta “Espacio de herramientas”.

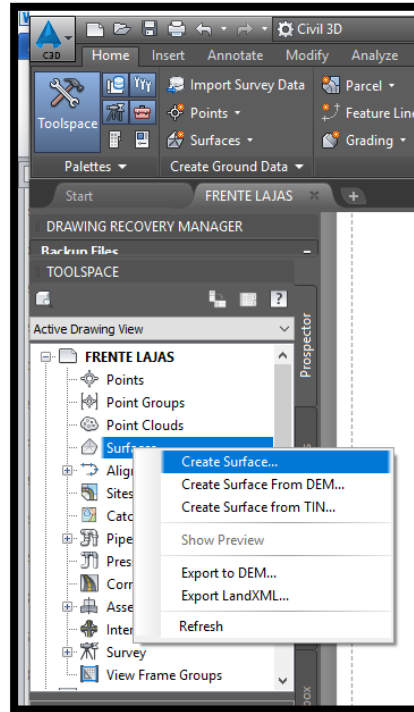


Figura 43. Vista de la opción "Crear superficie" en "Espacio de herramientas".

- I.4. Se mostrara una ventana donde se selecciona la capa donde estará la superficie (Figura 44) y se identifica la superficie con un nombre, luego se selecciona el botón "OK".

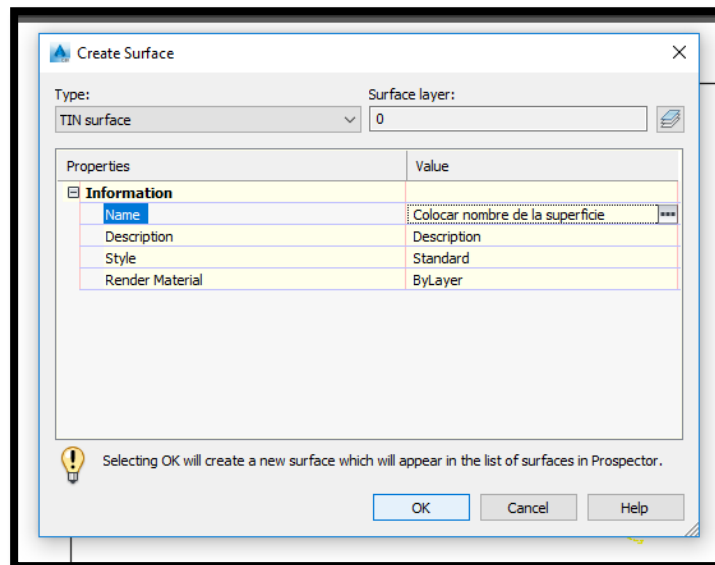


Figura 44. Ventana "Crear superficie".

- I.5. Una vez creada la superficie se tiene que agregar la información que define dicha superficie, para ello, se selecciona la opción "Añadir" haciendo click con el botón derecho del puntero en la opción "Objetos de dibujos" ubicada en la pestaña

“Definición” (Figura 45) dentro de “Nombre de la superficie” en la categoría “Superficie” en la pestaña “Prospector” de la herramienta “Espacio de herramientas”.

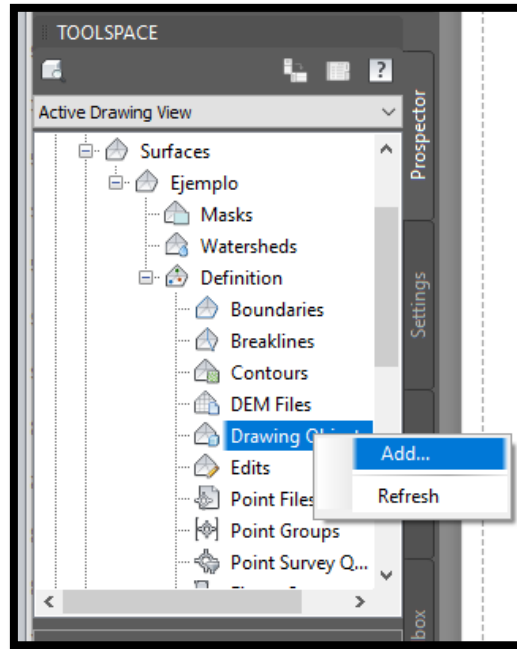


Figura 45. Vista de pestaña "Definición" de superficies en el espacio de herramientas.

I.6. Se seleccionan los objetos de dibujos que representan el terreno (líneas, puntos, curvas, entre otros), para el caso estudiado son puntos y presionar el botón del teclado “Enter” (Figura 46).

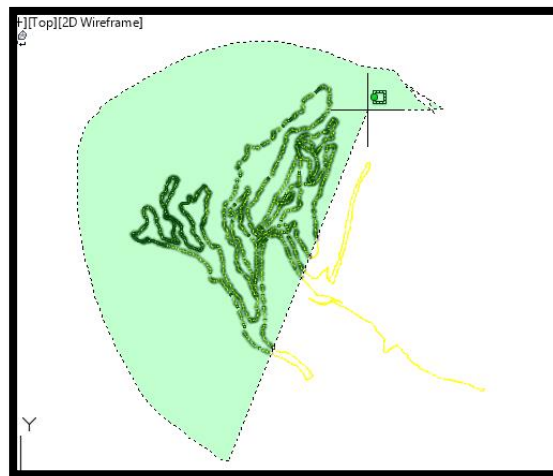


Figura 46. Selección de puntos para crear superficie.

I.7. Ya creada la superficie se procede a configurarla usando la opción de “Estilo de superficie” (Figura 47) donde se puede modificar el intervalo de las curvas de nivel, su color, espesor de las curvas, esta opción se encuentra ubicado en la pestaña “Estilos de superficie”

en la pestaña “Configuración” de la herramienta “Espacio de herramientas”, terminada la configuración se aceptan los cambios realizados.

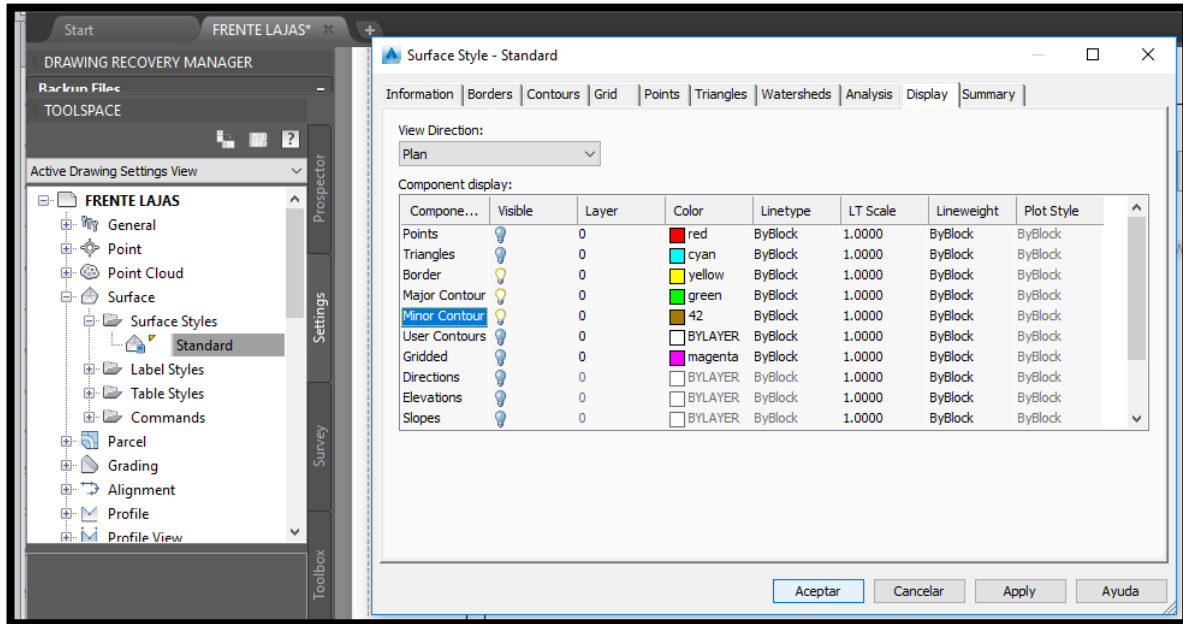


Figura 47. Ventana de "Estilos de superficie".

I.8. Una vez creada las superficies sobre los levantamientos en campo se manipulan las superficies generadas, añadiendo capas adicionales (cajetín, leyenda, cotas, características del equipo GPS, entre otros) de acuerdo al tipo de mapa que se desea obtener (Figura 48).

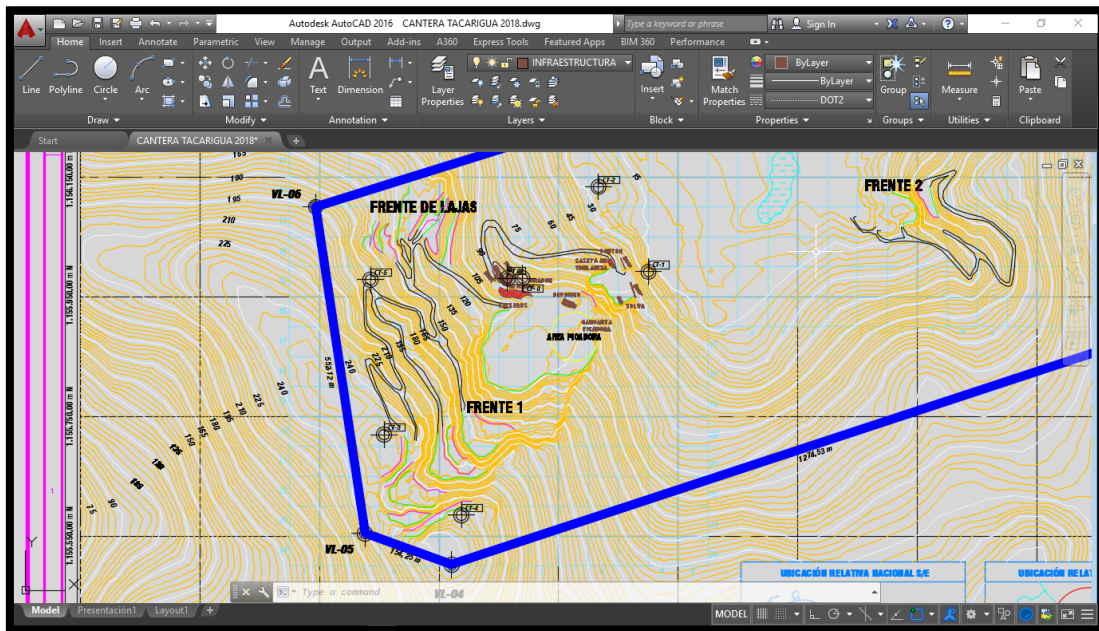


Figura 48. Vista parcial del mapa actualizado.

- J. Ya terminado el plano en el programa se tiene que escalar para que el mapa una vez ploteado cuente con una escala específica, esto se realiza con la herramienta “escala” (Figura 49) según el tamaño de papel al cual se desea plotear.

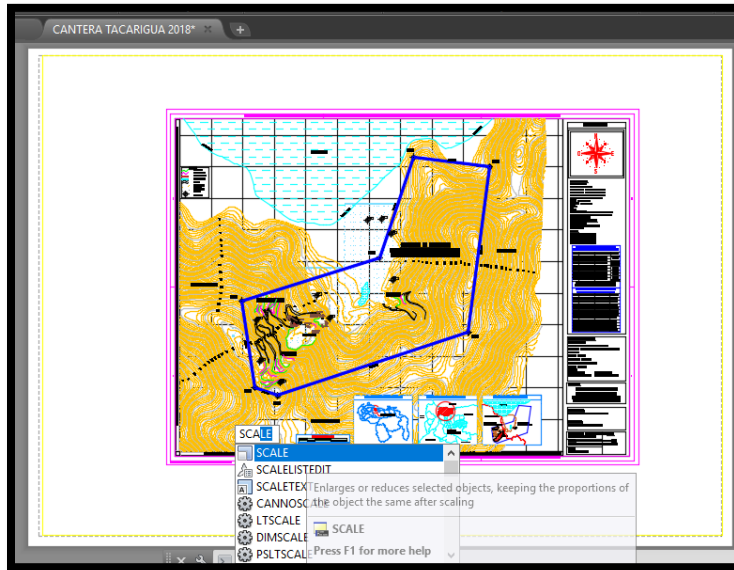


Figura 49. Mapa actualizado a escala 1:5000 en tamaño de papel A1.

- K. Realizado el plano se guarda los cambios realizados al archivo en algún dispositivo periférico (Pendrive, CD o DVD) para ser ploteado.

CONCLUSIONES

Con la base elaborada, la empresa Canteras Tacarigua posee un mapa topográfico actualizado, nueve puntos geodésicos con sus coordenadas y ubicados en el terreno y una guía para la elaboración de bases topográficas, con ello se podrá actualizar la planificación minera, en base a los resultados obtenidos.

El método de explotación aplicado en la cantera es el banqueo convencional a cielo abierto de manera descendente, el Frente 1 posee terrazas bien definidas en las cotas 260, 255, 240, 200, 160 y 100 msnm.

Entre las principales actividades que se realizan en la cantera, las cuales impactan la topografía son las voladuras, la creación de vías, la limpieza de los frentes y los movimientos de tierra en el desarrollo de infraestructura.

Se obtuvieron 10 puntos georreferenciados a través del levantamiento estático los cuales servirán como punto de control para siguientes levantamientos topográficos, el PDOP de todo el conjunto fue menor a 4 lo cual representa unas condiciones de recepción de señal buena por parte de los GPS y los satélites.

El mapa topográfico actualizado corresponde al sector Mar Azul, con una escala 1:5000, en el mismo, se destaca la topografía de la cantera, especialmente en el Frente 1, Frente 2 y la explotación de lajas, la cual posee 6 áreas de trabajo en las cotas 132 m, 135 m, 140 m, 155 m, 162 m y 165 m.

La guía propuesta está enfocada en conocer las principales actividades necesarias para realizar una base topográfica en cantera, esta facilitara el trabajo de futuros levantamientos. Fue elaborada en base a los instrumentos y software que se disponían al momento de la investigación en la cantera, los pasos expuestos podrían variar si se realiza una base topográfica con otros elementos distintos a los mencionados en la guía, como otra versión del software AutoCad Civil 3D, diferentes modelos de GPS o levantamiento topográfico con equipos geodésicos RTK.

RECOMENDACIONES

Para mejorar la visibilidad de los monumentos de los puntos geodésicos se recomienda pintarlos con pintura amarilla u otro color que haga contraste con la vegetación y el terreno.

Ya conocida las coordenadas de los puntos geodésicos se recomienda añadir a los monumentos una placa metálica marcada con un troquel sus respectivas coordenadas norte, este y altura.

Una vez mejoradas las condiciones de acceso en el Frente 2 se recomienda georreferenciar el punto CT-10.

Para el levantamiento de futuros proyectos topográficos se recomienda utilizar más de un punto de control, con la finalidad de mejorar la precisión de la información.

Si se desea tener mayor nivel de detalle en áreas específicas de la cantera se recomienda realizar otros mapas con una escala menor a partir del mapa obtenido. Además, recomienda actualizar los datos sobre las reservas mineras.

Por último, se recomienda realizar un mapa geológico de la zona de estudio para mejorar el modelo geológico actual interceptando la información geológica obtenida de Mercado (2015) y Rivero (2017) con el mapa topográfico resultante.

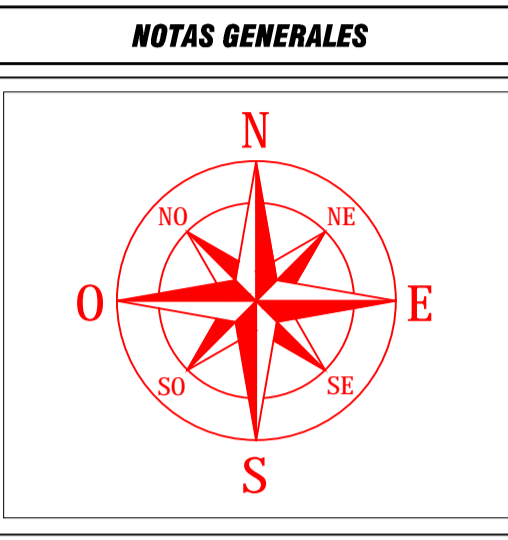
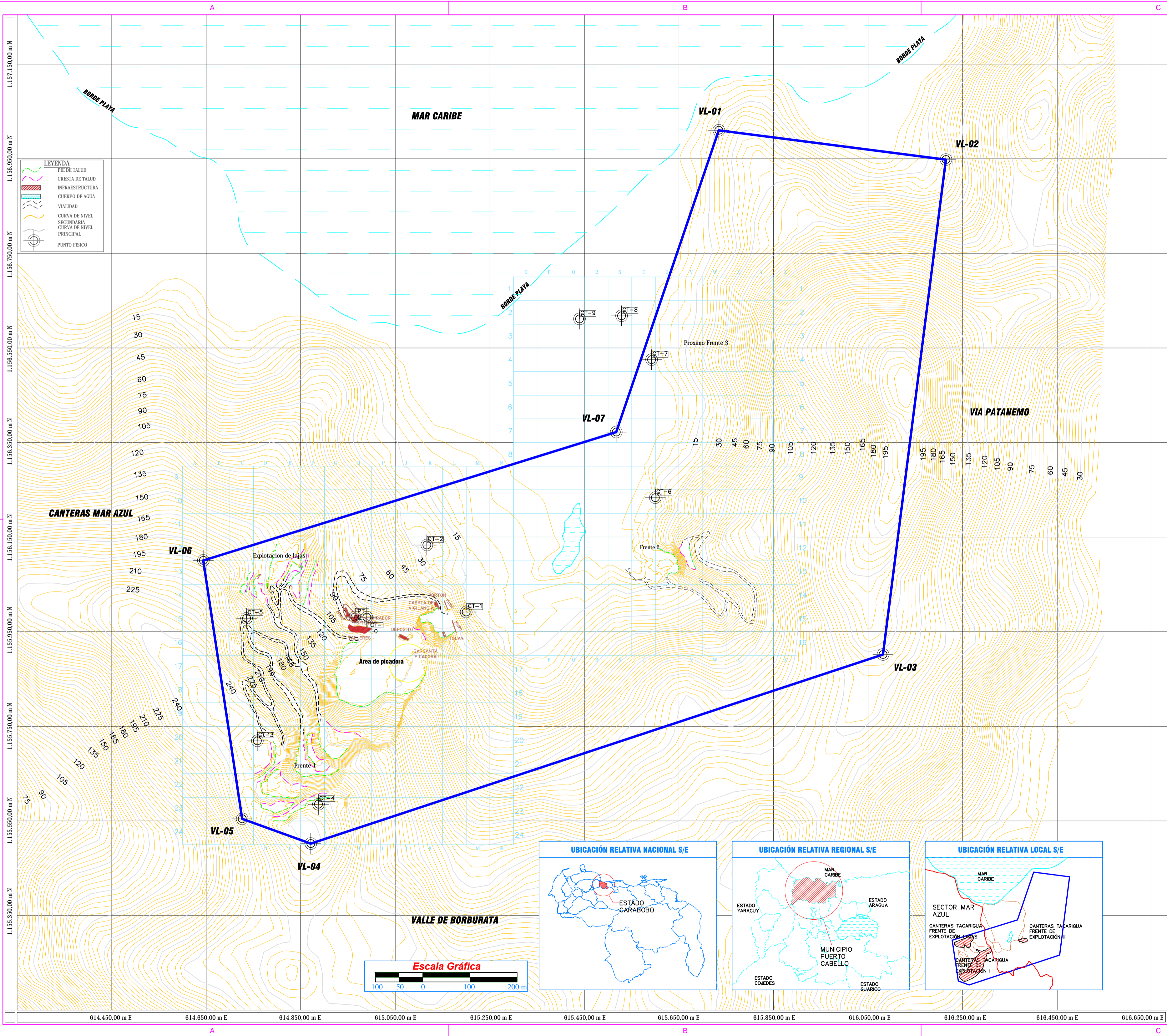
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, A. (2014). Plan de Explotacion del Frente 2 en Cantera Tacarigua C.A. Carretera nacional Gañango-Patanemo, sector Mar Azul, Puerto Cabello, estado Carabobo. Informe de pasantía, Universidad Central de Venezuela, Departamento de Minas, Caracas, Venezuela.
- Canteras Tacarigua C,A. (2018). “Generalidades de la empresa”, estado Carabobo, Venezuela.
- Canteras Tacarigua C,A. (2018). “Plan de explotación”, estado Carabobo, Venezuela.
- Del Rio, J. (2010). “Introducción al tratamiento de datos espaciales en hidrología” Disponible en: <https://www.orbemap.com/geocodificacion/>
- ESRI (2016). “Qué son los sistemas de coordenadas proyectadas”. Disponible en: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/about-projected-coordinate-systems.htm>
- Franquet, J, Querol, A. (2010). “Nivelación de terrenos por regresión tridimensional”. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.
- Gómez-Lahoz, J. (2014). Georreferenciación de imágenes de satélite. Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno: Universidad de Salamanca.
- Leica Geosystems, (2003). General Guide to Static and Rapid-Static. Heerbrugg, Suiza.
- Mercado, A. (2015). Evaluación de Yacimiento de Dolomitas Marmolizadas entre los niveles P50 - P160 del Frente 1 en la Cantera Tacarigua C.A ubicada en la localidad de Gañango, sector Mar Azul, estado Carabobo. Informe de pasantía, Univerisdad Central de Venezuela, Departamento de Minas, Caracas, Venezuela.
- Navarro, A., & Soler, T. (2002). Glosario GPS y términos afines. *Revista Cartográfica*(74- 75).
- Richard B. Langley (1999). "Dilution of Precision" (PDF). GPS World. Retrieved 2011-10-12.

Rivero, A. (2017). Diseño de explotación de roca ornamental tipo laja del Frente 2 en Canteras Tacarigua C.A, ubicada en la localidad de Gañango, sector Mar Azul, estado Carabobo. Informe de pasantía, Universidad Central de Venezuela, Departamento de Minas, Caracas, Venezuela.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa topográfico del sector Mar Azul y Canteras Tacarigua, marzo de 2018.



NOTAS GENERALES

COORDENADAS UTM
EQUIPO UTILIZADO:
 (GPS Garmin-Proximor 100)
 RECEPTOR N° 1: SERIAL N° 020012101216
 RECEPTOR N° 2: SERIAL N° 020012100030
MÉTODO: GEOPROCESAMIENTO SATELITAL
 CON POST-PROCESAMIENTO DIFERENCIAL
DATUM: SIRGAS-REVEN
ELIPSOIDE: IRE-QUWGS-04
MUSO: 19
MC: 69
PUNTO DE ENLACE: VÉRTICE CAR-18 PLANTA CENTRO
**QUEDADO EN LA AUTOPISTA MONÓN PUERTO CABELLO
 FRENTE A PLANTA CENTRO**
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
EQUIPO UTILIZADO:
 (ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE N3 S-DR)
 SERIAL N° 123210
CURVADO
COTA MÁXIMA = 285,00 m
COTA MÍNIMA = 6,00 m
CURVAS FINAS = 3,00 m
CURVAS MAESTRAS = 15,00 m

COORDENADAS UTM SIRGAS-REVEN IRS-00WGS-84
VÉRTICES POLIGONAL DE CONCEPCIÓN CANTERAS TACARIGUA

| PTS. | NORTE (m) | ESTE (m) | ESTANCIAS |
|-------|--------------|------------|-----------|
| VL-01 | 1.157.009,87 | 615.733,96 | 484,45 |
| VL-02 | 1.156.947,99 | 616.214,44 | 1.054,59 |
| VL-03 | 1.155.901,82 | 616.081,40 | 1.274,53 |
| VL-04 | 1.155.502,28 | 614.871,11 | 1.54,25 |
| VL-05 | 1.155.554,50 | 614.725,97 | 552,12 |
| VL-06 | 1.156.100,46 | 614.643,73 | 914,69 |
| VL-07 | 1.156.372,22 | 615.517,12 | 673,51 |
| VL-01 | 1.157.009,87 | 615.733,96 | |

ÁREA TOTAL DE POLIGONAL = 1.213.330,00 m²
 = 121,33 ha

COORDENADAS UTM SIRGAS-REVEN IRS-00WGS-84
PUNTOS GEORREFERENCIADOS CANTERAS TACARIGUA

| PTS. | NORTE (m) | ESTE (m) | ALTURA (m) |
|-------|---------------|-------------|------------|
| CT-0 | 1.155.978,492 | 614.989,101 | 86,110 |
| CT-1 | 1.155.992,884 | 615.199,516 | 13,673 |
| CT-2 | 1.156.134,599 | 615.116,277 | 18,263 |
| CT-3 | 1.155.719,439 | 614.757,983 | 255,425 |
| CT-4 | 1.155.585,259 | 614.887,379 | 239,898 |
| CT-5 | 1.155.978,353 | 614.735,376 | 182,199 |
| CT-6 | 1.156.233,455 | 615.599,918 | 4,737 |
| CT-7 | 1.156.525,146 | 615.591,963 | 3,221 |
| CT-8 | 1.156.617,833 | 615.528,274 | 2,966 |
| CT-9 | 1.156.611,235 | 615.439,336 | 1,444 |
| PT-02 | 1.155.980,780 | 614.946,529 | 104,99 |

RAZÓN SOCIAL Y DIRECCIÓN
 PROPIETARIO (A):
 CANTERAS TACARIGUA, C.A. RIF.: J313262960
DIRECCIÓN: CARRETERA NACIONAL GARANGO PATANEMO
 PARCELA SIN
 SECTOR: MAR AZUL
 PARROQUIA: BORBURATA
 MUNICIPIO: PUERTO CABELLO
 ESTADO: CARABOBO
 LINDEROS:
 NORTE: MAR CARIBE ESTE: VIA PATANEMO
 SUR: VALLE DE BORBURATA OESTE: CANTERAS MAR AZUL

CONTENIDO:
LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO
POLIGONAL DE CONCEPCIÓN CT
ÁREA TOTAL DE POLIGONAL = 1.213.330,00 m²
 = 121,33 ha

LEVANTAMIENTO:
 CANTERAS TACARIGUA, C.A. RIF.: J313262960

REVISADO POR:
 ING. **CRISTIAN SÁNCHEZ C.I.V. 258.346**

| DIGITALIZACIÓN: | HOJA N° |
|----------------------|---------|
| Jucartop828@mail.com | 1/XX |
| FECHA: MARZO 2018 | CT-PC |
| ESCALA: 1:5.000 | |