

MINERIA DE CAMPO  
(PASANTIA INDUSTRIAL)

**Propuesta de una Metodología Alternativa Para la Toma de Muestras con el Apoyo de un Perforador de Pilotes Para el Cálculo de Reservas en el Tramo Punta Gorda del Río Santo Domingo, Barinas, edo. Barinas**

INFORME DE PASANTIAS

BR José Contreras

ESCUELA DE GEOLOGIA MINAS

Y GEOFÍSICA

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD CENTRAL DE

VENEZUELA

Caracas, Abril 2017

MINERIA DE CAMPO  
(PASANTIA INDUSTRIAL)

**Propuesta de una Metodología Alternativa Para la Toma de Muestras con el Apoyo de un Perforador de Pilotes Para el Cálculo de Reservas en el Tramo Punta Gorda del Río Santo Domingo, Barinas, edo. Barinas**

TUTOR ACADEMICO: Omar Márquez

TUTOR INDUSTRIAL: Antonio Lacruz

Caracas, Abril 2017

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA ALTERNATIVA PARA LA TOMA DE MUESTRAS CON EL APOYO DE UN PERFORADOR DE PILOTES PARA EL CÁLCULO DE RESERVAS EN EL TRAMO PUNTA GORDA DEL RÍO SANTO DOMINGO, BARINAS, EDO. BARINAS**

**Br. José Contreras\***  
**Tutor académico: Omar Márquez\***  
**Tutor industrial: Ing. Antonio Lacruz\*\***  
**CORSOBAIN**

\*Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela

Gustavcontreras@hotmail.com; omarquez800@gmail.com

\*\*Supervisor de Saque, Departamento de Producción, CORSOBAIN.

[antoniovlb560@gmail.com](mailto:antoniovlb560@gmail.com)

Palabras claves: Material granular, áridos, perforador de pilotes XCMG XR150, cálculo de reservas.

La empresa CORSOBAIN C.A especializada en la canalización de ríos, producción de material granular y procesamiento y vertido de asfalto en el estado Barinas; desea conocer la cantidad de material granular acarreado en el frente Punta Gorda ubicado sobre el río Santo Domingo, hasta calificar sus reservas como probadas. Dicho frente presenta rocas con granulometrías de entre 1 y 3 pulgadas de diámetro; para realizar la propuesta de una metodología alternativa para el cálculo de reservas con el apoyo de un perforador de pilotes XCMG XR150. Para tal fin, la investigación se basó y concluyó en los siguientes objetivos: (1) Diagnosticar las condiciones del perforador de pilotes en función de la información disponible, en donde por medio de pruebas realizadas al perforador, relacionadas a su movilidad y desplazamiento, y de información recibida por parte del personal de la empresa, se determinó que el equipo se encuentra en óptimas condiciones y prácticamente nuevo, con solo 30,3 horas de uso, requiriendo solo del mantenimiento habitual y la instalación de piezas propias del equipo que se encontraban ubicadas en el taller de la empresa; (2) Establecer una metodología para llevar a cabo el cálculo de reservas en el frente Punta Gorda, de donde se generaron una serie de pasos a ejecutar, abarcándose la determinación de la malla de perforación, la evaluación de la operatividad y mantenimiento del perforador de pilotes, el traslado hacia el frente Punta Gorda, la realización de pruebas de perforación en zonas secas y húmedas, la ejecución de las perforaciones para obtener datos de profundidad y recuperar muestras en donde el personal de laboratorio lo indique y, finalmente, la agrupación de datos relevantes para obtener matemáticamente el volumen de material granular. (3) Fijar un método de cálculo de reservas para el tramo Punta Gorda, en donde se escogió el método de los triángulos por considerarse que las perforaciones estarían ubicadas prácticamente de manera aleatoria, debido a las irregularidades del tercio medio del río y la consideración del desplazamiento de puntos de perforación específicos por dificultades de acceso. (4) Mencionar los escenarios en los que podría verse inmerso el perforador de pilotes durante su acceso al frente Punta Gorda, en donde se destacaron situaciones en las cuales se dificultaría el acceso del equipo al río por diversos motivos, característicos del medio fluvial y del perforador, en donde se destacó la importancia de la realización de pruebas para estudiar su comportamiento en diversas condiciones; (5) Establecer consideraciones en caso de la posible extrapolación de la metodología descrita a otros frentes de la empresa CORSOBAIN, pertenecientes al río Santo Domingo, lo que arrojó factores de importante relevancia con respecto al resto de los ríos en relación con el equipo.

## INTRODUCCION

La extracción de material granular forma parte de la llamada Minería de los No Metálicos que, si bien trata productos que contienen un menor valor económico neto en comparación a los metálicos, su proporción en cantidad es mucho mayor, siendo considerada en muchos casos como una actividad rentable y de desarrollo económico en diversos sectores del país. Sus usos tampoco son limitados. Pueden ser utilizados como agregados para la construcción, para fabricación de cristales y hormigón, fabricación de cemento, fabricación de cerámica, entre otros.

Tal es el caso del Estado Barinas, en el que una de las principales industrias es la de extracción de material granular de los ríos. Este tipo de material es referido en la literatura con el nombre de "áridos". En este ámbito, una de las compañías con mayor relevancia en Barinas es la empresa CORSOBAIN, una empresa del estado que extrae y aprovecha material granular como agregado para la construcción, asfalto o como basamento. A pesar de ser una empresa instalada en el año 2010, no se tiene información específica sobre la cantidad de material granular que acarrea el río Santo Domingo alrededor de los tres frentes en los que posee concesiones. A partir de allí, surge la necesidad de plantear un estudio para la cuantificación de las reservas. Adicional a esto, se cuenta con la disponibilidad de un perforador de pilotes XCMG XR150 para ser utilizado como apoyo durante estas faenas. Utilizar un perforador de pilotes en labores de recuperación de material es poco habitual, lo que presenta entonces un estudio innovador.

Durante la Minería de Campo realizada, se planteó una propuesta para llevar a cabo una metodología alternativa en la toma de muestras con el apoyo de un perforador de pilotes, todo esto con el fin de poder ejecutar el cálculo de reservas en Tramo Punta Gorda del Río Santo Domingo.

# INDICE GENERAL

<b>CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Limitaciones.....	3
<b>CAPITULO II: GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b> .....	4
2.1 Breve descripción de la empresa.....	5
2.2 Antecedentes históricos.....	5
2.3 Misión.....	6
2.4 Visión.....	6
2.5 Objetivos de la empresa.....	7
2.6 Organización estructural de la empresa.....	7
2.7 Funciones del departamento de producción, en donde se llevó a cabo la Minería de Campo.....	8
2.8 Misión del departamento.....	8
2.9 Visión del departamento de operaciones.....	8
2.10 Objetivos del departamento.....	8
2.11 Organización funcional.....	9
2.12 Geología Regional.....	9
2.13 Tipos, usos y precios de venta de materiales extraídos.....	10
<b>CAPITULO III: Marco Teórico</b> .....	11
3.1 Minería de No Metálicos.....	12
3.2 Extracción de Áridos.....	14
3.3 Calculo de reservas.....	15
3.4 Perforador de pilotes XCMG XR150.....	17
3.5 Fabricación de Mezcla Asfáltica.....	19

<b>Capítulo IV: Resultados y análisis</b> .....	21
4.1 Ubicación del Frente Punta Gorda.....	22
4.2 Descripción de Actividades a Realizar.....	22
4.3 Cronología de Actividades.....	23
4.4 Resultados de Objetivos.....	27
4.4.1 Objetivo 1. Diagnosticar las condiciones del perforador de pilotes en función de la información disponible.....	27
4.4.2 Objetivo 2: Establecer una metodología para llevar a cabo el cálculo de reservas en el frente Punta Gorda.....	29
4.4.3 Objetivo 3. Fijar un método de cálculo de reservas para el tramo Punta Gorda.....	35
4.4.4 Objetivo 4. Mencionar los escenarios en los que podría verse inmerso el perforador de pilotes durante su acceso al frente Punta Gorda.....	38
4.4.3 Objetivo 5. Establecer consideraciones en caso de la posible extrapolación de la metodología descrita a otros frentes de la empresa CORSOBAIN, pertenecientes al río Santo Domingo.....	39
<b>CONCLUSIONES</b> .....	40
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	42
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	43

**CAPITULO I:**  
**GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1 Planteamiento del Problema

Actualmente, la empresa CORSOBAIN posee la concesión de cuatro frentes de explotación en río, tres de ellos sobre el río Santo Domingo. De todos ellos se tiene cierta información, en su mayoría información cualitativa. Sin embargo, los datos sobre cantidades de material granular acarreado por el río en los frentes no han sido estudiados para ninguno de ellos. Existe entonces la necesidad de conocer dichos datos, ya que permitirá a la empresa obtener mayor información del río y, en función de eso, establecer planes de extracción con metas más realistas. Además de esto, la propuesta plantea realizar una caracterización de material según zonas específicas de extracción en los tramos del río, lo que permitirá extraer material de cierta granulometría con un mayor rango de precisión. Es importante considerar que cualquier estudio realizado siempre estará sometido a variables propias del río y de la zona, como el clima, el caudal de agua e incluso las actividades mineras ejecutadas por otras empresas sobre el río, en especial aquellas cercanas al frente en cuestión.

## 1.2 Objetivos:

### ➤ **Objetivo General**

Proponer una metodología alternativa para la toma de muestras con el apoyo de un perforador de pilotes para el cálculo de reservas en el tramo Punta Gorda del río Santo Domingo, Barinas, edo. Barinas

### ➤ **Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar las condiciones del perforador de pilotes en función de la información disponible.
2. Establecer una metodología para llevar a cabo el cálculo de reservas en el frente Punta Gorda.
3. Fijar un método de cálculo de reservas para el tramo Punta Gorda
4. Mencionar los escenarios en los que podría verse inmerso el perforador de pilotes durante su acceso al frente Punta Gorda
5. Establecer consideraciones en caso de la posible extrapolación de la metodología descrita a otros frentes de la empresa CORSOBAIN, pertenecientes al río Santo Domingo.

### **1.3 Justificación**

La extracción de material granular del frente Punta Gorda se ha estado realizando sin conocer la cantidad de material que el río acarrea. Se desea cuantificar las reservas presentes, hasta definir las como Reservas Probadas, para promover un mayor control en la calidad del material comercializado y/o procesado y, posteriormente, extrapolar el cálculo de reservas al resto de los frentes de la empresa.

### **1.4 Limitaciones**

Principalmente, la limitación de tiempo del estudiante, ya que seis semanas no es suficiente tiempo para llevar a cabo una investigación de tal envergadura. Existe también una limitación de disponibilidad de equipos, que imposibilitó el traslado del perforador de pilotes hacia el frente Punta Gorda para realizar las respectivas pruebas al perforador en la zona real de trabajo.

**CAPITULO II:**  
**GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

## 2.1 Breve descripción de la empresa

- Nombre de la empresa:

Corporación Socialista Barinesa de Infraestructura “CORSOBAIN”

- Ubicación Geográfica de la sede de la empresa:

Alto Barinas Sur, Av. Táchira con Av. Suiza al lado de CANTV, Municipio Barinas. Estado Barinas. La dirección de la sede es mostrada en la Figura 1.



Figura 1: Ubicación de Sede de CORSOBAIN. Fuente: Google Maps, 2017

## 2.2 Antecedentes históricos

La Corporación Socialista Barinesa de Infraestructura (CORSOBAIN) fue instituida en junio de 2009 y es la primera empresa mixta entre PDVSA y la Gobernación del estado Barinas, la cual surge para dar respuesta a las obras del Estado y puedan ejecutarse a partir de empresas pública, disminuyendo costos, generando productos de mayor calidad y garantizando el suministro en el menor tiempo posible. Por lo tanto, es una empresa socialista constituida como una alternativa bolivariana y revolucionaria para atender la demanda de obras públicas del gobierno regional y municipal, y así, solucionar de manera efectiva los problemas infraestructura y de vialidad.

La empresa tiene un alto grado de responsabilidad social, que afianza la generación de empleos directos e indirectos al servicio del pueblo, promoviendo el modelo impulsado por el Estado.

Sus objetivos establecen el cumplimiento de los programas de entrega en un tiempo establecido, por lo cual incorpora adiestramiento de su personal, incluyendo la formación y capacitación para lograr un trabajo efectivo, eficaz y eficiente, y a su vez generar sentido de pertenencia, políticas de seguridad industrial, ambiental e higiene ocupacional, con el objeto de brindar al personal adecuadas condiciones de trabajo con un mínimo de riesgo. También promueve la creación, cumplimiento y mejoramiento del sistema de gestión de calidad, considerando el mantenimiento preventivo de maquinarias y equipos de trabajo. Lo anterior conlleva a una reducción de costos en la construcción de nuevas vías de acceso e impulsar el desarrollo de la región.

Es importante resaltar que, además de sus funciones administrativas y de ejecución, CORSOBAIN tiene una función institucional trascendental, que consiste en elaborar manuales y documentos que sirvan de marco de referencia para sí misma y para todos aquellos agentes interesados en las diversas áreas que competen a la Corporación. Al mismo tiempo, representan una inversión y una herramienta fundamental para lograr un trabajo organizado y operativo.

### **2.3 Misión**

Construir la infraestructura pública necesaria para el desarrollo socialista del territorio Barinés, al menor costo y tiempo posible y con la mejor calidad.

### **2.4 Visión**

Ser un ente propulsor del desarrollo social sostenible y sustentable, en el marco de las políticas sociales del Estado venezolano, fundamentado en la aplicación y divulgación de los valores y principios contenidos en la Carta Magna. Ser la alternativa número uno en el desarrollo de la infraestructura pública en el territorio barinés, referencia nacional e internacional de profesionalismo, eficacia y eficiencia.

## 2.5 Objetivos de la empresa

### Objetivo General:

Generar un nivel de extracción y procesamiento óptimo de material granular no metálico de los frentes ubicados en el Río Santo Domingo para el suministro de las USP (Unidad Socialista de Producción) de PDVSA Asfalto y obras de infraestructura ejecutadas por CORSOBAIN, garantizando el uso racional de los recursos naturales, protección del ambiente y el cumplimiento de la legislación ambiental vigente y normativas internas de PDVSA.

### Objetivos Específicos:

- Garantizar el suministro de material granular a menor costo y con calidad para las USP (Unidad Socialista de Producción) de PDVSA Asfalto y las Obras ejecutadas por CORSOBAIN de los saques de Punta Gorda, Bomba Lara, Vegita y Tierra Blanca.
- Impulsar la gestión ambiental durante los procesos de extracción y procesamiento de material granular, así como la ejecución y cumplimiento de los planes de supervisión y monitoreo ambiental a fin de contribuir a mitigar los posibles efectos ambientales ocasionados en los procesos ejecutados por CORSOBAIN.

## 2.6 Organización estructural de la empresa



Figura 2: Organización estructural de CORSOBAIN. Fuente: Datos CORSOBAIN

## **2.7 Funciones del departamento de producción, en donde se llevó a cabo la Minería de Campo:**

- ✓ Realización de Informes de producción y despacho del material granular extraído.
- ✓ Elaboración de mediciones y evaluaciones del tramo de aprovechamiento correspondiente al río, así como coordinar conjuntamente con la unidad de mantenimiento la movilización de la maquinaria al igual que su funcionamiento.
- ✓ Hacer cumplir durante la ejecución de las actividades de operaciones la normativa vigente de seguridad industrial, higiene y ambiente ocupacional.
- ✓ Llevar control de suministro de material granular y mezcla asfáltica a las obras del estado.

## **2.8 Misión del departamento**

Realizar la extracción del material granular necesaria para obras de infraestructura y gestionar el desarrollo socialista del territorio barines a menor costo, en menor tiempo y con mayor calidad.

## **2.9 Visión del departamento de operaciones**

Lograr el bienestar social mediante el desarrollo de programas con métodos de aprovechamiento para la extracción de material granular del río.

## **2.10 Objetivos del departamento**

- ✓ Realizar: la ejecución de las operaciones en forma segura y rentable en el tiempo estipulado.
- ✓ Evaluar: frecuentemente la ejecución de producción de material granular, para así llevar el control de cada una de ellas.
- ✓ Resolver: de manera inmediata y efectiva los problemas presentados en las operaciones de extracción de material granular, así como la adquisición y compra de maquinarias, para evitar los atrasos en el suministro de granzón para la producción de asfalto.
- ✓ Presentar: rentabilidad del área de extracción.

## 2.11 Organización funcional

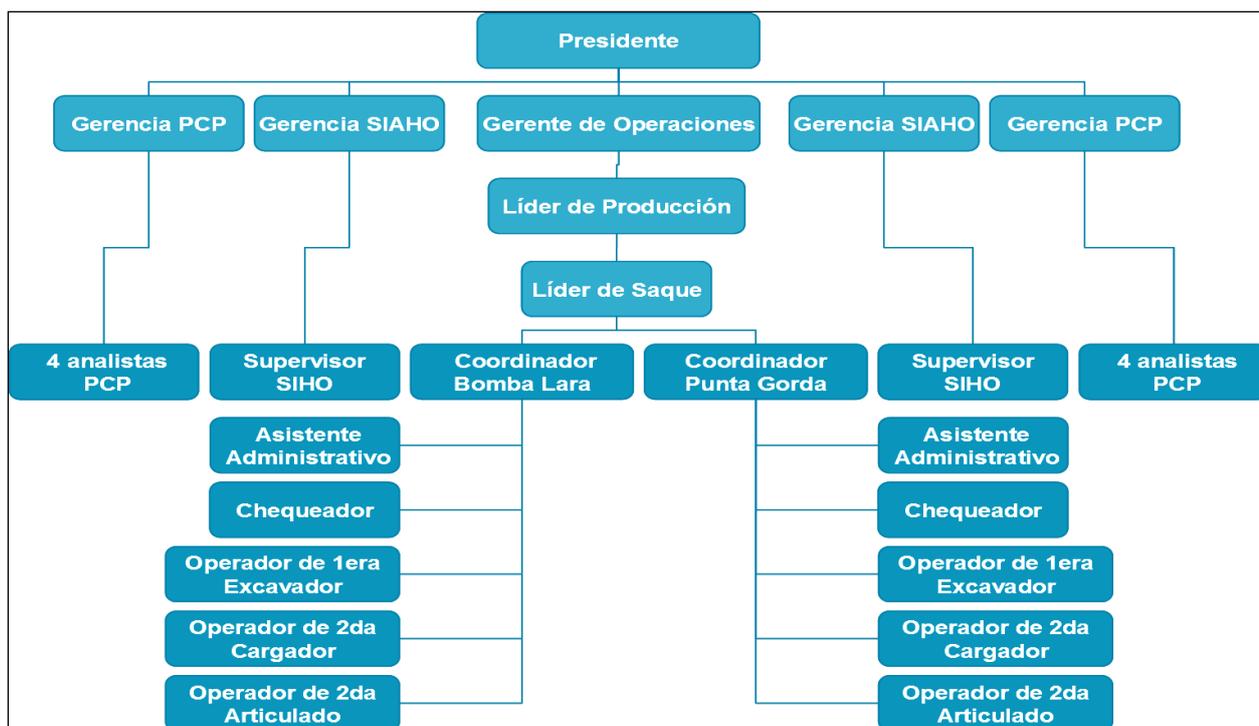


Figura 3: Organización funcional de CORSOBAIN\_Fuente: Datos de CORSOBAIN

## 2.12 Geología Regional

El Frente Punta Gorda se encuentra ubicado en la formación Guanapa, que aflora a lo largo del piedemonte andino, en el borde noroeste de la cuenca de Barinas.

**Descripción Litológica:** Pierce (1960) da la siguiente descripción litológica de la formación Guanapa:

*“La Formación Guanapa consiste de conglomerado, arena y arcilla en estratos masivos, con estratificación cruzada, mal consolidado y con escogimiento y estratificación pobre. Los colores varían entre gris claro a pardo, a gris oscuro y gris-verdoso. Los cantos se componen de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, erosionadas de áreas adyacentes durante el levantamiento de los Andes”*

**Espesor: Variable:** entre 5 y 250 m, (Pierce, 1960); en la región del Río Socopó, al sur de Barinas

**Extensión geográfica:** La Formación Guanapa aflora a lo largo del piedemonte andino, en el borde noroeste de la cuenca de Barinas.

**Expresión topográfica:** Forma mesetas y terrazas, cuestas con buzamientos hacia el sureste de hasta 65° (Tricart y Millies-Lacroix, 1962).

**Contactos:** La Formación Guanapa es discordante sobre la Formación Río Yuca (Kiser 1997, comentarios enviados al CIEN), sobre todas las unidades pre-Cuaternarias, y por debajo de los sedimentos holocenos.

**Correlación:** La Formación Guanapa probablemente se correlaciona litológicamente con la formación Carvajal, la Formación Esnujaque, y las formaciones aluviales del valle medio del río Chama y el río Santo Domingo (Tricart y Millies-Lacroix, 1962). Según Kiser (1997, comentarios enviados al CIEN) se correlaciona probablemente con la Formación El Milagro de la cuenca de Maracaibo.

### 2.13 Tipos, usos y precios de venta de materiales extraídos:

Material	Diámetro (mm)	Precios En Agosto 2016 (Bs/m3)	Usos
Integral # 1	Varios	983.85	Rellenos, terraplenes, producción de asfalto, piedra-bola
Integral # 2	Varios	956.74	
Integral # 3	Varios	921.35	
Integral # 4	Varios	907.10	
Arena Cernida	1 - 10	956.74	Bloques, concreto, mortero
Piedra Zaranda	10 - 60	1246.00	Cajuelas, balastro
Piedra Picada	60 - 150	1684.00	Concreto, asfalto

Figura 4: Tipos, usos y precios de venta de materiales extraídos en CORSOBAIN para el mes de Agosto de 2016. Fuente: Elaboración Propia

**CAPITULO III:**  
**MARCO TEÓRICO**

### 3.1 Minería de No Metálicos

Los minerales no metálicos conforman la mayor parte de nuestro planeta, estos pueden encontrarse en tres estados de la materia a temperatura ambiente: sólido, líquido y gaseoso. Los minerales no metálicos sólidos pueden ser duros como el diamante o blandos como el azufre. Varían mucho en su apariencia, no son lustrosos y la temperatura requerida para fundirlos generalmente es más baja que la de los metales. Muchos minerales no metálicos se encuentran en todos los seres vivos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre en cantidades importantes. Otros son oligoelementos (esto son minerales que el organismo requiere en cantidades extremadamente pequeñas - menos de 100 mg. diarios) como el flúor, el yodo, el arsénico, el magnesio, el sílice y el cromo.

La Minería No Metálica generalmente es muy productiva. La construcción de los caminos mineros es de bajo costo y se produce en un tiempo razonablemente corto. Todo esto la convierte en una actividad rentable, de rápida recuperación de la inversión. Un aspecto importante lo constituye el hecho de que se pueden introducir con más facilidad nuevas tecnologías de producción y además se facilitan las labores de mantenimiento de los equipos.

Esta actividad es menos agresiva con relación a otros tipos de explotación de yacimientos de minerales, se desarrolla en un espacio menor de terreno y no afecta al manto freático durante la actividad en una región más amplia. Además, hace uso del medio ambiente como proveedor de recursos minerales y en la mayoría de los casos lo inhabilita temporalmente. Sin embargo, estos espacios afectados son recuperados para otras actividades económicas y sociales.

Los minerales no metálicos ubicados en el territorio nacional, están diseminados en carácter prospectivo para la explotación en algunos estados, entre ellos, Zulia, Falcón y Lara; pero se encuentran diseminados por toda la geografía. Algunos de estos minerales no metálicos son:

**Arena:** compuesta fundamentalmente por sílice. Es usada para la fabricación de cristales y hormigón, fundamental para la construcción de cualquier edificación.

**Cal:** formada por calcio y oxígeno. Usado desde la antigüedad en la construcción de viviendas, e incluso en el pintado de las mismas.

**Caliza:** roca formada básicamente por un compuesto de calcio, encontrado comúnmente en la naturaleza como reservorio de hidrocarburos. Usado para la fabricación de cemento.

**Granito:** formada por cuarzo, feldespato y micas. Es utilizado en la construcción de viviendas y de edificios públicos debido a su durabilidad.

**Yeso:** usado en diversas industrias, entre ellas en la industria de la construcción para la fabricación de cemento y dry-wall, como aislante térmico, así como para la fabricación de moldes (usados por los dentistas o escultores) y tizas para pizarra. Se usa en la agricultura como fertilizante debido a que su composición química es rica en calcio y azufre.

**Arcilla:** usada en la fabricación de cerámica debido a su gran plasticidad así como para la construcción. En tiempos modernos ha sido usada para la fabricación de ladrillo, porcelana y loza, así como en procesos industriales como el de fabricación de cemento y papel.

**Azufre:** usado en las más diversas industrias, como por ejemplo para la fabricación de baterías de auto, pólvora, como fertilizante en la agricultura y como fungicida (anti hongos).

**Baritina:** Es empleada como pigmento, en la fabricación de agua oxigenada, para la preparación de lodos usados en la extracción de petróleo y gas natural, en la fabricación de resinas sintéticas y vidrio.

**Bentonita:** tipo de arcilla usada en las construcciones para el sostenimiento de tierras y como material de sellado, para la elaboración de lubricantes, en la elaboración de lodos para la extracción de los hidrocarburos, entre otros.

**Carbón Antracita:** variante del carbón mineral, es usado como combustible para la generación de energía eléctrica, fundiciones, cementeras, e incluso para uso doméstico.

**Mica:** Gracias a su resistencia al calor, así como por su elasticidad, es usado como aislante eléctrico y térmico para la protección de máquinas.

**Sal Común:** Se encuentra en las salineras y está compuesta por sodio y cloro, usada ampliamente en la cocina universalmente para condimentar y conservar alimentos.

**Talco:** de color blanco o azul, es usado para la fabricación de papel, en la industria cosmética para prevenir la irritación de la piel, e incluso como parte de algunos plásticos.

### 3.2 Extracción de Áridos

Los áridos son materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas y gravas, utilizados en numerosas aplicaciones industriales, tales como: Preparación de hormigón, materia prima para mezcla, balasto para las infraestructuras ferroviarias, fabricación de cemento, entre otros. Su diversidad de uso es tal, que los áridos son la segunda materia prima consumida por el hombre, siendo la primera el agua. De esta manera, la importancia económica de los áridos se debe a que son fundamentales para la ejecución de actividades tan esenciales para el desarrollo de un país, como la construcción.

Por su naturaleza, las zonas de extracción de áridos son aquéllos lugares en donde se encuentra el recurso geológico, entre ellos los cauces de los ríos. La actividad extractiva en los cauces fluviales requiere un conocimiento detallado del funcionamiento hidráulico-sedimentológico.



Normalmente, se realizan excavaciones en forma de piscinas construidas perpendicularmente a la dirección del cauce del río. De esta manera, en épocas de lluvia se llenan de rocas y sedimentos que arrastran las crecientes. La construcción de estas piscinas es innecesaria en caso de que el tramo del río destinado a la extracción de áridos presente curvas pronunciadas, en donde se generará acumulación de áridos de manera natural impulsada por el propio medio fluvial.

Figura 5: Frente Punta Gorda(2015)Fuente: Datos CORSOBAIN

Reglamentariamente en Venezuela, se tiene permitida la extracción de material granular en la zona definida por el tercio medio del cauce del río. Estaciones topográficas son requeridas para determinar con exactitud límites de dicha zona. El motivo por el cual se delimitada esta sección para la extracción de material granular es para no comprometer la

dirección de las aguas extrayendo el material de los bordes, lo que ocasionaría que se canalizará hacia otras zonas en donde, en varias ocasiones, no está prevista la presencia del agua.

Entonces, la función de las empresas cuyas concesiones son otorgadas para la explotación de frentes de áridos es la de reducir la acumulación de rocas acarreadas por el río, de manera que este continúe su flujo dentro de las zonas establecidas.

El ciclo de extracción de material granular por este medio suele ser sencillo requiriendo, en el más simple de los casos, solamente de un equipo de carga (suele ser un excavador) y un equipo de acarreo (un camión roquero). El equipo de carga es ubicado dentro del río, desde donde extrae las rocas de las profundidades. A partir de allí, carga al equipo de acarreo con material, que los transportará luego hacia unas zonas denominadas "Patios de Secado", en donde se pretende extraer la mayor cantidad posible de humedad de los áridos de manera natural. Una vez seco, el material será transportado hacia las zonas de comercialización o procesamiento, dependiendo de su respectivo uso posterior.

### **3.3 Calculo de reservas**

Las reservas mineras son la porción del recurso medido o indicado económicamente extraíble, en donde se consideran factores geológicos, metalúrgicos, geotécnicos, medioambientales, sociales y gubernamentales. El cálculo de reservas busca entregar el potencial económico que pueden tener los recursos mineros dando origen a diseños que sustentan el plan minero a partir del cual es calculado el flujo de caja del proyecto.

Para que la inversión en el proyecto sea rentable, el producto potencial que hay en el terreno debe estar disponible en cantidades adecuadas y con una calidad que justifique la decisión de invertir. Desde luego, todas las decisiones tecnológicas y financieras relacionadas con la producción planificada se tomarán sobre la base de una comprensión de los recursos minerales disponibles. Por consiguiente, la estimación de la ley y la ubicación del material en el terreno se deben conocer con un grado de confianza aceptable.

Asimismo, las ganancias de la extracción están influenciadas en gran medida por el precio del producto y la ley del material extraído. Una pequeña diferencia entre la ley

estimada y la obtenida en la producción o una variación leve en el precio del metal pueden tener un gran impacto en la rentabilidad de la mina.

En una operación de extracción eficiente existen tres áreas relacionadas: la estimación del mineral, la planificación de la extracción y el control de la ley. Estas se complementan y son la progresión natural del paso de una a la otra. La integración de estos tres desafíos tiene una gran importancia, pues el sistema de control de ley debe estar en equilibrio con las reservas de mineral y con los productos finales de la planta de operaciones, y tanto la estimación como el control de la ley están influenciados por los procedimientos operacionales planificados.

Existen dos grupos de métodos para estimar reservas: Geométricos y Estadísticos. Para efectos de la Minería de Campo realizada, se considera el estudio de los métodos geométricos, explicados a continuación:

- *Método de los Perfiles*: Se utiliza en cuerpos mineralizados irregulares. Para llevarlo a cabo, se realizan cortes verticales, delimitando la zona de mineralización. Se determinan superficies de los perfiles y del bloque en perfiles.
- *Método del Inverso de la Distancia*: es un método de estimación no aconsejable en yacimientos con límites muy definidos (paso de mineralizaciones a estériles neto). Se aplica un factor de ponderación a cada muestra que rodea el punto central (desconocido) de un bloque mineralizado. El factor de ponderación es el inverso de la distancia entre el punto en cuestión y el conocido, elevado a una potencia  $n$ .
- *Método de los Polígonos*: su uso está referido en depósitos con pocas variaciones de Ley y Potencia. El método no delimita el depósito. Su metodología alberga la construcción de polígonos, dejando en su centro un sondeo. A partir de aquí, se forman prismas poligonales y luego se calcula el área.
- *Método de Bloques*: útil para depósitos en una fase de investigación avanzada o de previo a la explotación. Para yacimientos metálicos de tipo masivos y mineralizaciones de tipo tabulares y de poca potencia, potencialmente explotables a cielo abierto. Metodológicamente, el depósito se discretiza con paralelepípedos iguales, lo que da lugar a una división del mismo en bloques. Cada bloque debe tener toda la información (leyes, volúmenes, ubicación espacial, etc). Se utiliza fundamentalmente para describir la distribución espacial de valores numéricos.

- *Método de los triángulos*: cuando existen depósitos con pocas variaciones de Ley y potencia y además las perforaciones están distribuidas aleatoriamente, es recomendable utilizar este método. Para realizarlo, se unen los sondeos, formando un mallado triangular. Cada triángulo es la base de un prisma, donde la potencia, ley y densidad son constantes.

### 3.4 Perforador de pilotes XCMG XR150



Un Perforador de Pilotes es una máquina de construcción de pilotes en la ingeniería de la fundación. Se utiliza principalmente para perforar en el suelo de arena, arcilla, barro salado, etc., para proporcionar el apoyo de las fundaciones de los edificios u otros. También es un producto ideal para puentes, puertos y las zonas de trabajo de ferrocarril. Este equipo se compone de la unidad principal, los rotores, el torno, el embrague, el sistema de control de velocidad y bomba de aceite, así como motores diesel.

Es un equipo para pilotaje multi-funcional, es decir, que puede llevar a cabo la instalación de pilotes, extracción y ejecución de actividades en operaciones estáticas. Su capacidad para perforar con precisión, dotan a este equipo de una alta eficiencia de la

Figura 6: Perforador de Pilotes XCMG XR150

perforación. Posee rangos de velocidad de rotación variados, dependiendo de los requerimientos del operador. El equipo puede ser hidráulicamente presurizado o despresurizado para realizar la perforación. Su fácil transporte y armado, excepcional estabilidad y seguridad operacional lo convierten en una opción ideal para obras que requieran fundaciones.

Con respecto al perforador de pilotes XCMG XR150, es una perforadora rotativa con sistema hidráulico y sensor de carga. Viene integrada con una pantalla LCD de color de sencilla operación. Tiene funciones de detección automática de profundidad, sistema de

alarma de control automático en caso de averías, chasis fabricado para su propio brazo telescópico con oruga y bastidor de estructura en forma de H, sistema de localización por GPS y diagnóstico remoto de avería en tiempo real. El resto de las especificaciones se muestran en la Tabla 1, a continuación:

Modelo			XR150
Cabeza de potencia	Máximo torque de salida	kN·m	150
	Velocidad de revolución	r/min	6 ~ 22
Máximo diámetro de agujero perforador		Mm	Φ1500
Máxima profundidad de agujero perforador		M	56(5unidades),44(4unidades)
Tanque de combustible de presión	Máxima presión	KN	114
	Máxima fuerza de elevación	KN	148
	Máximo recorrido	M	3.5
Cabrestante principal	Máxima fuerza de elevación	KN	155
	Máxima velocidad del cabrestante	m/min	≥65
Ángulo inclinado de mástil de taladro	Lateral/ Inclinado adelante/ Inclinado trasero		±3°/7°
Chasis	Máxima velocidad de conducción	KM/h	2.0
	Máximo grado de arrastre	%	40
	Mínimo claro a tierra	Mm	352
	Anchura de oruga	Mm	800
	Distancia de oruga	Mm	2250 ~ 3300
Peso del equipo sin los accesorios		T	40
Peso de funcionamiento del equipo entero		T	47

Figura 7: Características del XCMGXR150. Fuente: [www.made-in-china.com/showroom/xuzhoureman/product-detailHSgnCWuEsLcx/China-XCMG-Xr150-Hydraulic-Piling-Rig.html](http://www.made-in-china.com/showroom/xuzhoureman/product-detailHSgnCWuEsLcx/China-XCMG-Xr150-Hydraulic-Piling-Rig.html)

### 3.5 Fabricación de Mezcla Asfáltica

Las mezclas asfálticas son de gran utilidad en el ámbito de la construcción, pues desde hace décadas es el elemento principal que utilizado para la elaboración y el acabado de las calles, pistas y carreteras, pues este material permite dar forma y estructura a la superficie, siendo lo suficientemente resistente para soportar el tránsito de los vehículos, pero al mismo tiempo flexible y suave para permitir su rodamiento. En la empresa CORSOBAIN, se produce Mezcla asfáltica en caliente.

Para la producción de este tipo de asfaltos es necesaria la aplicación constante de calor y su vaciado, extendido y compactado se realiza mientras la mezcla aún se encuentra caliente. La mayoría de tipos de mezclas asfálticas tienen un proceso de producción en caliente, siguen un proceso estricto de preparación y una vez terminado el procedimiento, la mezcla debe cumplir con ciertos parámetros de calidad para asegurar su efectividad.



Figura 7: Planta de Asfalto. Fuente: <http://constructoragusa.com/service/plantas-de-asfalto/>

Existen dos diferentes procedimientos que se utilizan para el preparado de esta mezcla, que son mediante el uso de una planta de dosificación o una planta mezcladora de tambor. La diferencia es que con la primera planta el proceso es gradual y la combinación de elementos se realiza de manera dosificada, mientras que en la segunda la combinación es un proceso continuo. A pesar de sus diferencias, el procedimiento general para la preparación de la mezcla en ambos casos es muy similar.

El primer paso es el almacenamiento y alimentación de agregado en frío. Esta parte del proceso se refiere a la incorporación de los materiales que forman parte de la mezcla, que siempre son por lo menos tres: un agregado pétreo, un ligante asfáltico y un polvo mineral, que corresponde al material granular extraído de los diversos frentes. Este primer paso debe ser muy preciso en lo que se refiere a la proporción de cada material, pues de esto depende su consistencia, calidad, características y en consecuencia el uso que se le dará. Para facilitar el proceso, las plantas cuentan con sistemas de distribución e incorporación del material que se programan de manera que la proporción sea la ideal según las necesidades del productor.

Prácticamente al mismo tiempo que se lleva a cabo la alimentación del agregado se realiza la etapa principal, que es el mezclado. Este proceso es mecánico y, dependiendo del tipo de planta, es dosificado o continuo. Si el proceso de alimentación fue correcto en proporciones, el mezclado será seguramente ideal.

Después de este paso, los agregados se someten a un proceso de secado para retirar la humedad y es en este punto donde se aplica calor de manera controlada. Es importante que se aplique la temperatura adecuada, pues un nivel muy alto o bajo puede arruinar la mezcla o provocar que sus características no sean las ideales para su uso.

La temperatura aplicada varía de los 130 a los 150 grados centígrados y ello depende de las necesidades de uso de los asfaltos. Durante este proceso de aplicación de secado, el proceso mecánico de mezclado continúa, pues se requiere el secado y calentamiento total para que la mezcla sea eficiente.

El último paso del proceso es el almacenamiento de la mezcla, dispuesto en puntos de descarga de la planta, a través de los cuales se vierte la mezcla en un silo, que forma parte por lo general de un camión, capaz de mantener el producto hasta 12 horas caliente, tomando en cuenta que su uso debe ser casi inmediato.

Una vez que se ha endurecido es sumamente resistente no solo a la presión sino a las condiciones climáticas y puede ser preparado con diferentes aditivos para que su composición y estructura cumplan con características específicas según el uso para el que se requiere. Debido a estas características, las mezclas en caliente suelen ser utilizadas en la construcción de carreteras, pistas de aterrizaje en aeropuertos y vías urbanas con gran tránsito vehicular, tanto en el acabado final como en las capas inferiores.

**CAPÍTULO IV:**  
**RESULTADOS Y ANÁLISIS**

#### 4.1 Ubicación del Frente Punta Gorda

Ubicado sobre la cuenca del Río Santo Domingo, en la Aldea Punta Gorda, sector “El Limoncito” a 150 m.s.n.m. N: 949.487; E: 373.741 (Coordenadas UTM, Datum Regven, Huso 19). La Figura 8 ilustra la ubicación del frente definida entre los puntos MI1, MD1, MI23 y MD23.



Figura 8: Mapa de Frente Punta Gorda. Fuente: Google Earth 2016

#### 4.2 Descripción de Actividades a Realizar

Se tiene propuesto visitar el frente Punta Gorda y evaluar visualmente las características del material que de allí se extrae. Además, visitar el frente Veguita, en donde se encuentra ubicado el perforador de pilotes, y realizarle pruebas para comprobar su funcionamiento. También se efectuarán reuniones con los distintos departamentos de la empresa para discutir la propuesta de la metodología y someter los resultados a su criterio, así como considerar los aportes que deseen agregar. Por último, se observaran los distintos procesos del material granular extraído, conociendo además la maquinaria utilizada para llevarlo a cabo.

### 4.3 Cronología de Actividades:

#### ➤ Semana 1:

- Día 1: Lunes 22/08/16  
Recorrido general por la empresa. Se recibió una charla de seguridad, una descripción de las actividades de la empresa y una breve reseña de su historia. Además, se mostró la ubicación geográfica de los frentes de explotación y se explicó el destino del material, sus usos y equipos disponibles en la empresa.
- Día 2: Martes 23/08/16  
Se pasó el día en la unidad de Laboratorio, en donde se explicó los distintos ensayos que se realizan al material en cuestión.
- Día 3: Miércoles 24/08/16  
Se pasó el día en la unidad de Mantenimiento, en donde se mostraron los equipos presentes en la empresa, sus utilidades y sus ubicaciones.
- Día 4: Jueves 25/08/16  
Se pasó el día en la unidad de Seguridad Industrial, en donde se explicaron las normativas de seguridad tomadas en cuenta durante cada una de las faenas de explotación de material, así como durante su procesamiento hasta ser usado como materia prima del asfalto.
- Día 5: Viernes 26/08/16  
Se pasó el día en la unidad de Producción, en donde se explicó el proceso de extracción del material y sus posteriores medios de comercialización.

#### ➤ Semana 2:

- Día 6: Lunes 29/08/16  
Se visitó el frente de Explotación "Tierra Blanca", comprobándose entonces la granulometría gruesa del material local, mayor a 8 pulgadas. Además, en dicho frente aflora un manto de lutitas, lo que complica la correcta selección de material granlar a extraer. La lutita es considerada material estéril, ya que presenta efectos negativos en las maquinarias utilizadas durante su extracción y procesamiento. Se visualizó el uso del material al ser introducido en una planta de asfalto, presente en aquella zona.

- Día 7: Martes 30/08/16  
Se realizó una visita al frente de explotación “Veguita”, sitio en donde se encuentra ubicado el perforador de pilotes XCMG XR150. Se hizo un reconocimiento visual y estudio de su estado general, concluyendo en que el equipo requiere de cambio de aceite de caja y de motor, combustible y dos baterías de 12 V cada una, para su funcionamiento.
- Día 8: Miércoles 31/08/16  
Visita al frente de explotación “Veguita”, una vez más. Allí, se realizaron las pruebas de desplazamiento del equipo; específicamente, se comprobó la capacidad de movimiento sobre orugas, swing y ascenso y descenso de la cabria.
- Día 9: Jueves 01/09/16  
Visita al frente “Punta Gorda”. Se realizó una contabilización de los equipos ubicados en el frente, varios de ellos inoperativos por falta de repuestos, y se observó el proceso de comercialización y transporte de material granular extraído del río. Por condiciones meteorológicas (clima nublado y lluvioso) no fue posible realizar el recorrido por el tramo del Río Santo Domingo.
- Día 10: Viernes 02/09/16  
Visita al frente “Punta Gorda”. Se elaboró un recorrido por el tramo Punta Gorda del río Santo Domingo. El recorrido se realizó sobre un Cargador Frontal de Marca CAT, modelo 966H y fue acompañado de la detallada explicación del Supervisor del Saque.

➤ Semana 3:

- Día 11: Lunes 05/09/16  
Visita al frente “Punta Gorda”. Se mostró el mapa topográfico del tramo del río y se explicó, detalladamente, el método de extracción de material granular realizado por ellos, en el cual se extraía casi siempre de la zona interna al río ubicada al extremo del tercio medio.
- Día 12: Martes 06/09/16  
Día de trabajo de oficina. Se estableció una malla de perforación sobre el tramo “Punta Gorda” del río Santo Domingo, haciendo uso del software AutoCAD. Se tomaron cada una de las coordenadas de los puntos de perforación establecidos y se llevaron a una tabla de Excel.

- Día 13: Miércoles 07/09/16  
Viaje a Guanare, estado Portuguesa. El motivo del viaje fue realizar un trámite legal del frente “Veguita”. Debido a que este frente se encuentra en una zona límite entre el estado Barinas y Portuguesa, es necesario acudir a la gobernación de ambos estados al momento de hacer la entrega de documentos.
- Día 14: Jueves 08/09/16  
Redacción de cartas a los departamentos de Seguridad Industrial, Producción y Laboratorio, notificándoles sobre el estudio del cálculo de reservas abordado en este trabajo de pasantías y solicitando, en caso de su ejecución, su apoyo y participación.
- Día 15: Viernes 09/09/16  
Corrección de la malla de perforación establecida previamente. Se decidió modificar para mantener la uniformidad en las perforaciones, minimizando así las variables involucradas.

➤ Semana 4:

- Día 16: Lunes 12/09/16  
Ubicación de puntos intermedios en las progresivas elegidas para la elaboración, considerando el posible error existente en aquellos casos en los que el perforador no pudiese acceder a zonas profundas.
- Día 17: Martes 13/09/16  
Establecimiento de una segunda malla de perforación, considerando progresivas de 100 m cada una en vez de 50 m, presentando así una segunda alternativa para la metodología. La diferencia principal entre ambas es la cantidad total de perforaciones de 88 a 44.
- Día 18: Miércoles 14/09/16  
Análisis de las consideraciones de accesibilidad del equipo al río Santo Domingo. Se discutió la posibilidad de realizar un revestimiento a la broca para minimizar el efecto de la abrasividad durante las perforaciones.
- Día 19: Jueves 15/09/16  
Revisión de los manuales del perforador de pilotes XCMG XR150, para resolver dudas sobre sus controles y funciones.

- Día 20: Viernes 16/09/16  
Visita al frente “Veguita”, en donde se contabilizaron las piezas faltantes del equipo, concluyendo en que eran necesarios 24 tornillos de 5/8” x 2”. Además, se hizo una revisión a los accesorios del equipo allí presentes, entre los que destacan las brocas y las guayas.

➤ Semana 5:

- Día 21: Lunes 19/09/16  
Redacción de documento para la solicitud de movilización del perforador de Pilotes XCMG XR150 del frente “Veguita” hacia el frente “Punta Gorda”, en donde se tiene previsto realizar pruebas de perforaciones.
- Día 22: Martes 20/09/16  
Ubicación de caja de herramientas del perforador de pilotes XCMG XR150, en la cual se encontraron todas las piezas faltantes y algunos repuestos extras, como tornillos, tuercas y arandelas de distintos diámetros.
- Día 23: Miércoles 21/09/16  
Redacción de documento para solicitar la salida de las piezas del perforador de pilotes XCMG XR150 desde la sede hacia el frente Veguita, en donde se precisa instalarlas para situar al equipo en estado de operatividad.
- Día 24: Jueves 22/09/16  
Visita al frente “Bomba Lara”. Observación de la zona y de ese tramo del río. Actualmente, dicho frente se encuentra inoperativo por falta de repuestos de los equipos.
- Día 25: Viernes 23/09/16  
Recepción de respuesta al documento de solicitud de movilización del perforador de Pilotes XCMG XR150 del frente “Veguita” hacia el frente “Punta Gorda”, en donde se señala la imposibilidad de permitir el transporte por existir otras prioridades en la empresa.

➤ Semana 6:

- Día 26: Lunes 26/09/16  
Cambio de objetivos de la minería de campo debido a la imposibilidad de utilización del perforador de pilotes. El nuevo objetivo principal es el de redactar

una propuesta para llevar a cabo un estudio de cálculo de reservas con la utilización de un perforador de pilotes XCMG XR150.

- Día 27: Martes 27/09/16

Visita al departamento encargado del Laboratorio en CORSOBAIN, en el cual fueron explicados todos los análisis que se le realizan a las rocas para asegurar su competencia como materia prima de sus fines posteriores. Adicionalmente, se recibieron varios formatos de evaluación, detallando los aspectos con los que se analiza cada muestra.

- Día 28: Miércoles 28/09/16

Visita a la gobernación de Barinas para realizar la entrega de documentos de importancia sobre los frentes de explotación.

- Día 29: Jueves 29/09/16

Recepción de datos de producción del año actual en la empresa CORSOBAIN. También se realizó parte de la integración de toda la información obtenida durante la Minería de Campo.

- Día 30: Viernes 30/09/16

Entrega de evaluación del pasante al tutor industrial. Último día laborable en la empresa. Regreso de Barinas a Caracas.

#### **4.4 Resultados de Objetivos**

##### **4.4.1 Objetivo 1: Diagnosticar las condiciones del perforador de pilotes en función de la información disponible**

La información obtenida con respecto al estado del perforador de pilotes fue recolectada haciendo uso de técnicas como la observación, las pruebas de funcionamiento y las entrevistas. Otros medios con información relevante sobre el equipo, como la existencia de un historial de mantenimientos, no se encontraban disponibles en la empresa, debido a que se trataba de un equipo cuyo uso fue prácticamente nulo durante su periodo de permanencia en la empresa.

Durante las pruebas realizadas al equipo, se determinó que poseía 30,3 horas de uso total. A través de las entrevistas realizadas a operadores de máquinas que frecuentemente laboran en el frente Veguita, se conoció la información de que el equipo había sido adquirido por la empresa en el año 2010, cuando el gobierno nacional realizó una importación masiva de equipos con el fin de suplir a empresas del estado. El equipo

había sido adquirido por la empresa, pero nunca se había utilizado, poniendo de manifiesto que se encuentra prácticamente nuevo a pesar de haber permanecido allí durante cinco años.

Se realizaron también pruebas de movimiento, tales como:

**Pruebas de Swing:** Giro del equipo sobre su propio eje. Se comprobó entonces que el equipo era capaz de describir un radio de giro de aproximadamente 180°.

**Pruebas de Movimiento del Mástil:** Fue capaz de elevarse el mástil haciendo uso de los dos pares de gatos hidráulicos disponibles en el equipo, uno que permite la inclinación de la cabria de hasta 45° y el otro que termina de elevarla a 90°. Las pruebas fueron realizadas sin novedad, por lo que se concluye en que el funcionamiento del mástil es óptimo.

**Pruebas de Desplazamiento:** El equipo fue desplazado de un punto A a un punto B, determinando entonces que su desplazamiento sobre orugas se lleva a cabo perfectamente.

Mediante la observación, se comprobó también la presencia de los accesorios del equipo necesarios para realizar la perforación. Entre ellos se encontraban: un par de guayas de gran diámetro, una barra metálica y dos brocas, una de 60 cm de diámetro y otra de 1 m de diámetro. Su estado era el de normalidad, aunque muchas de ellas se encontraban oxidadas en ciertas zonas debido a su permanencia en el exterior y al estar susceptibles a influencias por parte de factores climáticos.

Además de esto, el equipo requiere de la instalación de piezas, tales como pernos y gomas; para fijar la zona de las poleas al mástil. Todas estas piezas se encuentran ubicadas en una caja de herramientas en el depósito de la sede principal de CORSOBAIN. También es necesaria la ubicación de una batería de 12V, ya que actualmente posee solo una, para el encendido del perforador. Por último, la realización de mantenimiento habitual, como el de aplicación de combustible y reemplazo de aceite, también es requerido antes de ponerlo en funcionamiento.

En resumen, El perforador de pilotes XCMG XR150 perteneciente a la empresa CORSOBAIN, se encuentra en óptimas condiciones para realizar perforaciones, requiriendo solo de los factores descritos previamente.

#### 4.4.2 Objetivo 2. Establecer una metodología a detalle para llevar a cabo el cálculo de reservas.

En base al equipo disponible y objetivo de la empresa, se plantea la siguiente metodología, recomendada a CORSOBAIN para ser ejecutada con el fin de realizar el cálculo de reservas en el Frente Punta Gorda:

1. Ubicación del mapa topográfico del frente Punta Gorda, disponible en el software CAD.
2. Ubicación de estudios realizados en relación a la naturaleza del río Santo Domingo, en los que se determinen factores de vital relevancia como el caudal del río y pluviosidad de la zona. Es importante conocer ambos valores tanto en temporada de sequía como en temporada de lluvias.
3. Generación de un mallado de perforación en el tercio medio del río, la zona concedida para la explotación de material. Existen dos alternativas para realizar el mallado, que se explican a continuación:
  - a) Un mallado con 22 líneas de perforación distribuidas a lo largo de los 1100 km del frente, con 4 perforaciones en cada línea, de 50 metros cada una. Lo que genera un total de 88 perforaciones a realizar.



Figura 9: Mallado de 88 perforaciones.

Fuente: Elaboración propia, realizada en un software de diseño.

- b) Un mallado con 11 líneas de perforación distribuidas a lo largo de los 1100 km del frente, con 4 perforaciones en cada línea, de 100 metros cada una. Lo que genera un total de 44 perforaciones a realizar.

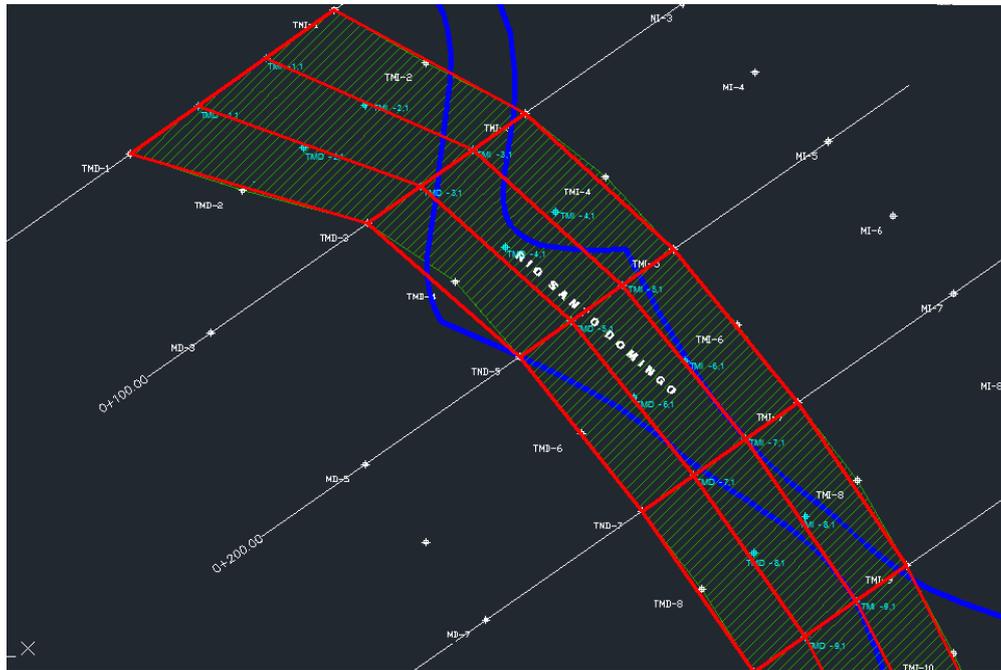


Figura 10: Mallado de 44 perforaciones.

Fuente: Elaboración propia, realizada en un software de diseño.

La elección de la alternativa para la generación del mallado dependerá del tiempo máximo estipulado por la empresa para llevar a cabo el proyecto y del nivel de precisión que se desee obtener con los resultados.

**4.** Mantenimiento y adaptación de piezas requeridas para el funcionamiento del perforador, como pernos y tuercas de diversos diámetros, espaciadores, arandelas y gomas; así como la instalación de una batería de 12 V.

**5.** Traslado del equipo, desde el frente "Veguita", en donde se encuentra ubicado actualmente, hasta el frente Punta Gorda. Para realizar el transporte, se cuenta con el apoyo del equipo Semi Remolque perteneciente a CORSOBAIN. Sin embargo, ciertas condiciones físicas del perforador hacen necesario que se haga en dos viajes. El motivo de esto es que el peso total del perforador armado (con barra y broca) es de 47 toneladas, cuando el Semi Remolque tiene una capacidad máxima de transporte de 42 toneladas. Lo recomendable es, entonces, realizar un viaje con el equipo en su estado

actual y posteriormente un segundo viaje, en donde vaya cargado solo con la barra y la broca, que acumulan las 7 toneladas adicionales.

**6.** Una vez en el frente Punta Gorda, realizar pruebas de perforación y recuperación de material. Es importante recalcar que este equipo no ha sido utilizado para ejecutar las faenas de perforación para las que está dispuesto y las pruebas que se le realizaron no abarcan análisis técnicos específicos para esa tarea. Por tal motivo, es recomendable evaluar su desempeño en las dos condiciones posibles en las que se llevará a cabo el trabajo: tanto en zonas secas como dentro del río.

**7.** Inicio de actividades de perforación, realizando las faenas en el orden de las líneas de perforación preestablecidas en digital. Durante este paso, el apoyo del Cargador Frontal CAT 996H es requerido. Su primera función es la de tantear con el cucharón la profundidad e inclinación aproximada de cada punto de perforación antes de que el perforador de pilotes se posicione allí, para evitar accidentes por hundimiento o volcamiento por inestabilidad. Su segunda función es la de disponer el cucharón para la recepción de material granular extraído, en aquellos puntos en los que el personal de laboratorio requiera de la toma de muestras.

Durante la realización de las perforaciones, será requerida la presencia de ciertos miembros del personal, tales como:

**Personal de laboratorio** dispuesto a tomar muestras en caso de variación de profundidades y/o granulometría en cada perforación. En las zonas en donde estas variaciones estén presentes, tomar un saco de muestras para posteriormente ser evaluadas en laboratorio.

**Operadores de equipos:** un operador para el perforador de pilotes y otro para el cargador frontal.

**Un individuo encargado de registrar los datos** de las coordenadas de perforación, haciendo especial énfasis en aquellos casos en los que no sea posible perforar en la zona preestablecida por imposibilidad de acceso; así como detallar en cuales de los puntos el equipo de laboratorio hace toma de muestras.

8. El laboratorio hará entrega de los resultados de los respectivos análisis de las muestras tomadas. Las planillas de evaluación de cada estudio se muestran a continuación:

					
<b>EXAMEN VISUAL DE MUESTRAS</b>				N°CORSO/PLAG/2016-001	
OBRA:					
PROCEDENCIA:					
FECHA	TIPO DE MUESTRA	N° DE MUESTRA	PROCEDENCIA	USO	DESCRIPCION

Figura 11: Examen Visual de Muestra. Fuente: Datos CORSOBAIN

		<b>ENSAYOS DE PESOS ESPECIFICOS DE AGREGADOS GRUESOS PASANTES DEL TAMIZ # 200</b>											
		ASTM C128					N°CORSO/PLAG/2016-005-3						
OBRA:		FECHA:											
		MUESTRA 1 POLVILLO			MUESTRA 2 ARENA			MUESTRA 3			MUESTRA 4		
IDENTIFICACION DEL ENVASE		1	2	6	2	1	1						
A PESO MATRAZ + MUESTRA SECA													
B PESO MATRAZ													
C PESO MUESTRA SECA		A - C											
D PESO MATRAZ + MUESTRA + AGUA													
E PESO MATRAZ + AGUA													
F VOLUMEN DE MUESTRA		C + E -D											
G PESO ESPECIFICO APARENTE		C / F											
H TEMPERATURA DE ENSAYO °C													
I FACTOR PARA REFERIR ENSAYO A 23°C													
J PESO ESPEC. APARENTE A 23°C		G x I											
<b>RESULTADO PROMEDIOS REFERIDOS A 23°C</b>													

Figura 12: Ensayo de Peso Específico de Agregados Gruesos Pasantes de Tamiz #200.

Fuente: Datos CORSOBAIN

		<b>ENSAYO DE GRANULOMETRIA</b>					
		<b>Nº CORSO/PALG/2013-001</b>					
<b>OBRA:</b>		<b>ORIGEN DEL MATERIAL:</b>					
<b>FECHA:</b>		<b>JORNADA:</b>					
<b>MUESTRA</b>				<b>MUESTRA</b>			
<b>M-1</b>				<b>M-1</b>			
TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	% QUE PASA	% RETENIDO ACUMULADO	PESO RETENIDO ACUMULADO	TAMIZ
1"							1"
3/4"			100				3/4"
1/2"			100	100			1/2"
3/8"			100	100			3/8"
Nº 4			100	100			Nº 4
Nº 8			100	100			Nº 8
Nº 30			100	100			Nº 30
Nº 50			100	100			Nº 50
Nº 100			100	100			Nº 100
Nº 200			100	100			Nº 200
Peso Agregado + tara				Peso Agregado + tara			
Peso tara				Peso tara			
Peso Agregado				Peso Agregado			

Figura 13: Ensayo de Granulometría. Fuente: Datos CORSOBAIN

		<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>		
		<b>ASTM D2419</b>		<b>Nº CORSO/PLAG/2016-007</b>
<b>OBRA:</b>		<b>FECHA:</b>		
<b>USO:</b>				
<b>PROCEDENCIA:</b>				
Nº CAMPO		LECTURA SUSPENSIÓN	LECTURA SEDIMENTACIÓN	EQUIVALENTE DE ARENA
Nº MUESTRA				
Nº LABORATORIO				
PROFUNDIDAD				
		<b>PROMEDIO</b>		

Figura 14: Equivalente de Arena. Fuente: Datos CORSOBAIN

	
<b>CALCULO DEL FACTOR DE ESPONJAMIENTO (FE) RELACIÓN DE DENSIDADES</b>	
Proyecto:	Varias Obras
Ubicación:	Río Santo Domingo - Saque Bomba Lara
Descripción del suelo:	Granzón Arenoso
Fecha de ensayo:	Junio 2015
Densidad Aparente Natural (DNA):	1930,2 kg/m <sup>3</sup>
Humedad del Suelo (w) %:	5,1 %
Densidad Seca in Situ (DS):	2240 kg/m <sup>3</sup>
<b>DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE ESPONJAMIENTO</b>	
Fórmula Utilizada:	<b>FE = DS/DAN</b>
	<b>FE = 1,16</b>

Figura 15: Cálculo del Factor de Esponjamiento y Relación de Densidades.

Fuente: Datos CORSOBAIN

		<b>ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES</b>						
		<b>A.S.T.M. C 131-C535</b>			<b>N°CORSO/PALG/2016-08</b>			
PROYECTO:						FECHA:		
USO:		TIPO DE GRADUACIÓN						
ORIGEN DE LA MUESTRA		% DESGASTE MÁXIMO PERMITIDO ≤40%						
FRACCIÓN		TIPO DE GRADUACIÓN						
PASANTE	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	1/4"			2500				
1/4"	N°4			2500				
N°4	N°8				5000			
<b>PESO TOTAL (gr)</b>		5000	5000	5000	5000	10000	10000	10000
<b>ESFERA</b>		12	11	8	6	12	12	12
<b>ROTACIONES</b>		500	500	500	500	1000	1000	1000
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA</b>						gr		
<b>PESO RETENIDO EN EL TAMIZ N° 12</b>						gr		
<b>PESO QUE PASA EL TAMIZ N° 12</b>						gr		
<b>DESGASTE</b>						%		

Figura 16: Ensayo de Desgaste de Los Ángeles. Fuente: Datos CORSOBAIN

Una vez obtenidos estos datos, es posible efectuar la caracterización del tipo de material por zonas del frente Punta Gorda.

9. Al culminar las 88 o 44 perforaciones, dependiendo de la alternativa elegida, se procede a realizar el trabajo de oficina, que es el de transcribir los datos referentes a cada perforación, y someterlos a un modelo matemático según el método de cálculo de reservas escogido, para así, obtener el valor de las reservas totales del frente Punta Gorda.

#### **4.4.3 Objetivo 3: Fijar un método de cálculo de reservas para el tramo Punta Gorda**

El método elegido propuesto en esta metodología para llevar a cabo el cálculo de reservas es el Método de los Triángulos. Este método es utilizado en aquellos casos en los que las perforaciones son tomadas sin seguir un patrón estricto, siendo ese el caso de la tramo del Río Santo Domingo estudiado.

A pesar de haberse realizado una malla de perforación, esta fue adaptada a los extremos del tercio medio permitido. La zona es curva, no es uniforme y hay que considerar que en muchos casos los puntos de perforación deberán desplazarse por imposibilidad de acceso en aquellas zonas demasiado profundas o irregulares. Entonces, ante la existencia de tantas variables que comprometen el seguimiento de un patrón de perforación, se podría considerar que las perforaciones serán realizadas de forma aleatoria, lo que ratifica el uso del método de los triángulos para realizar su cálculo.

Para llevar a cabo el cálculo de reserva por este método se unirán, de tres en tres, los puntos de las perforaciones del mallado preestablecido. Se formarán entonces varios triángulos entre cada línea de perforación.

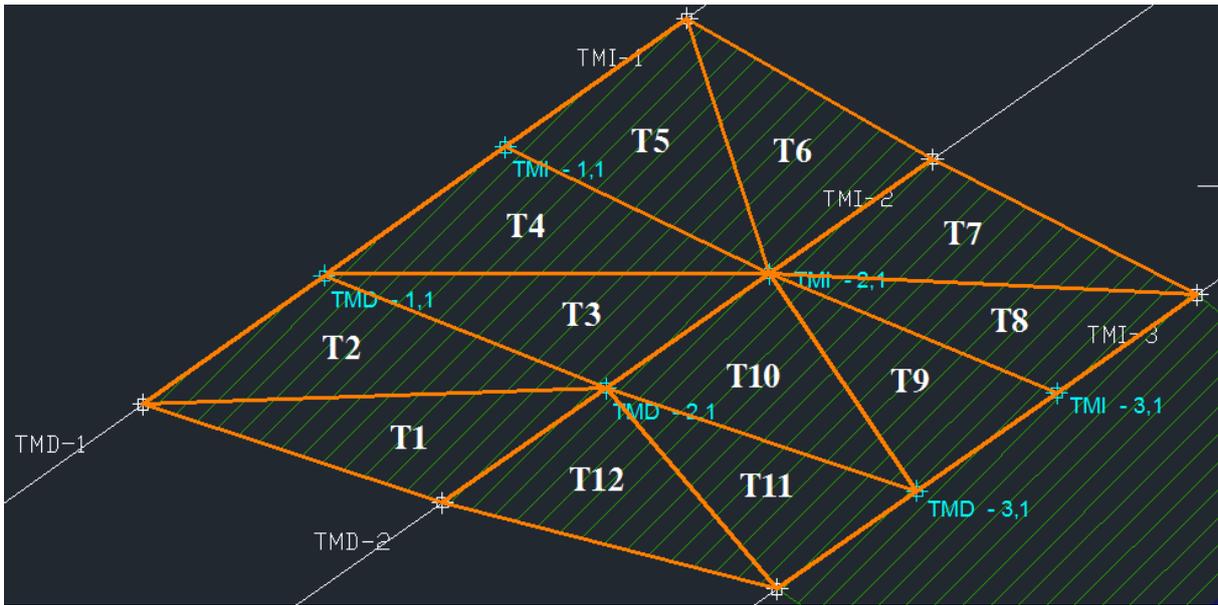


Figura 17: Triángulos de Malla de Perforación con 88 perforaciones. Fuente: Elaboración propia, realizada en un software de diseño.

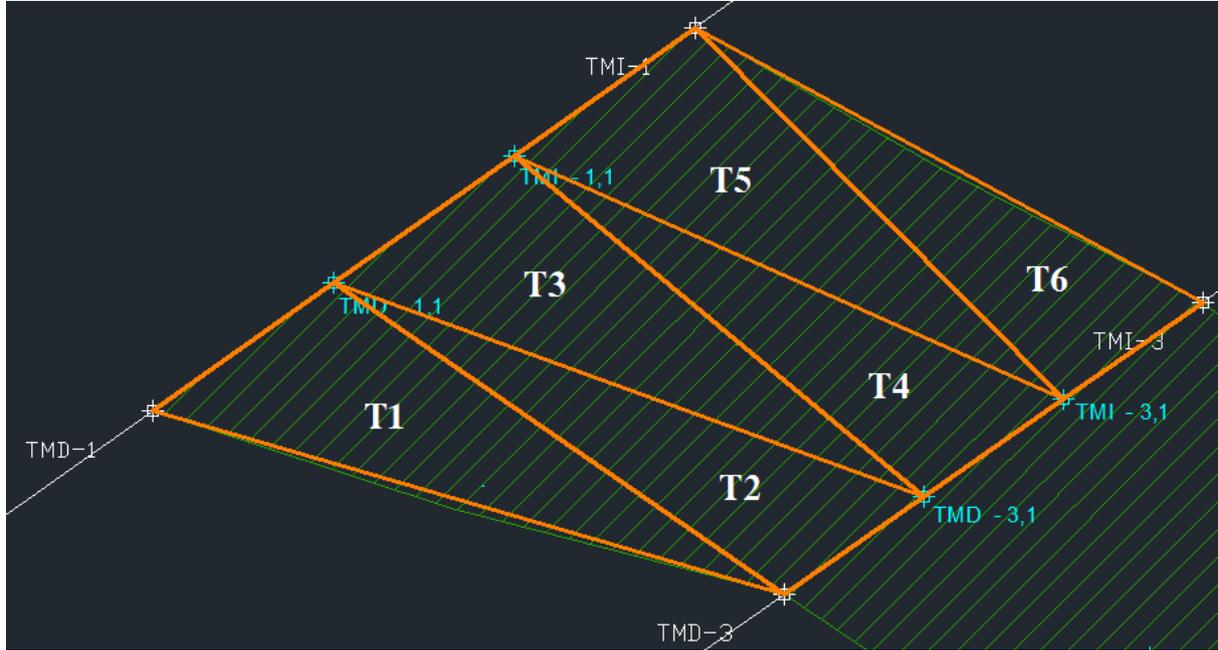


Figura 18: Triángulos de Malla de Perforación con 44 perforaciones. Fuente: Elaboración propia, realizada en un software de diseño.

Es importante asegurarse de identificar a cada uno y de medir las longitudes de los lados de cada triángulo.

Cada uno de los triángulos será sometido a un procedimiento matemático detallado en los siguientes pasos.

1. Se calcula el semiperímetro, con la siguiente expresión:

$$S = \frac{(Lado1 + Lado2 + Lado3)}{2}$$

2. Con la fórmula de Eron, se calcula el área:

$$A = \sqrt{S(S - Lado1)(S - Lado2)(S - Lado3)}$$

3. Con los datos de profundidad obtenidos a partir de las perforaciones, se calcula el espesor promedio:

$$E = \frac{(Espesor1 + Espesor2 + Espesor3)}{3}$$

4. A partir de la siguiente expresión, se obtiene el volumen de ese triángulo:

$$V = E \times A$$

5. A partir de los resultados obtenidos por laboratorio luego del estudio de las muestras, se obtiene el valor de la concentración en cada perforación. Con dicha información, es posible conocer la concentración promedio del triángulo:

$$C = \frac{(Conc1 + Conc2 + Conc3)}{3}$$

6. Respectivamente, se calculan las reservas a partir de la siguiente expresión:

$$R = C \times V$$

7. Se realiza el mismo procedimiento para todos los triángulos.
8. Por último, se realiza una sumatoria de todos los valores de Reservas obtenidos de cada triángulo para obtener las Reservas Totales:

$$R_t = \sum R$$

9. Si se desea conocer la masa de las reservas, basta solo con multiplicar el Valor de reservas totales por la densidad del material, otro parámetro obtenido a partir de análisis de laboratorio.

#### **4.4.4 Objetivo 4. Mencionar los escenarios en los que podría verse inmerso el perforador de pilotes durante su acceso al frente Punta Gorda**

Los perforadores de pilotes son utilizados para el vaciado de pilotes en obras civiles. Por tal motivo, utilizarlo en labores que involucran la recuperación de material granular lo dota de un uso poco convencional.

Es importante considerar aquellos escenarios en los que podría verse inmerso el perforador de pilotes durante su acceso al frente Punta Gorda, tales como:

- ✓ Hundimiento del equipo al ingresar en el río o perder su estabilidad al ubicarse sobre zonas irregulares y con inclinaciones pronunciadas.
- ✓ Incapacidad de recuperación del material granular, al poseer granulometrías mayores a las admitidas por la broca.
- ✓ Ruptura de broca al aplicar rotación durante la recuperación del material
- ✓ Inclinación pronunciada del terreno, lo que imposibilitaría la toma de muestras con la cabria inclinada, ya que con una inclinación mayor a 7° se compromete la estabilidad del equipo.
- ✓ Aumento del caudal del agua de manera excesiva, lo que imposibilitaría el acceso al río por parte del perforador e incluso de los equipos de apoyo.

Para poseer una mayor cantidad de control sobre ciertas variables es necesario poseer información sobre el comportamiento del río y, además de eso, realizar pruebas de perforación a distintos tipos de materiales y bajo diferentes condiciones, tales como:

- Perforación de suelo en Seco
- Perforación de suelo dentro del río
- Perforación de roca en seco
- Perforación de roca dentro del río

Dichas pruebas deben ser realizadas en mínimo dos periodos del año: en temporada de lluvias y temporada de sequías. De esta manera, se evalúan los casos extremos y podrá definirse un rango de operatividad conociendo ciertas variables.

#### **4.4.5 Objetivo 5. Establecer consideraciones en caso de la posible extrapolación de la metodología descrita a otros frentes de la empresa CORSOBAIN, pertenecientes al río Santo Domingo.**

Es importante recordar la ubicación de los tres frentes de explotación con los que cuenta la empresa CORSOBAIN sobre el río Santo Domingo, que se describen a continuación en orden descendente de ubicación: Tierra Blanca, Bomba Lara y Punta Gorda. El frente Veguita forma parte de otro río, por lo que sus condiciones no son abordadas durante este informe de minería de campo.

Para asegurar con certeza que la metodología pueda extrapolarse al resto de los frentes, es necesario haber ejecutado la metodología primero en el frente Punta Gorda. El motivo de esto es que el frente Punta Gorda presenta las condiciones más favorables ya que, al encontrarse en la posición más baja, sus rocas han sido sometidas a erosión durante mayor cantidad tiempo, trayendo como consecuencia principal que la granulometría de las rocas sea menor que en el resto de los frentes.

Por otra parte, el frente Bomba Lara presenta una granulometría mayor, de entre 3 y 5 pulgadas, lo que dificulta la extracción de material por parte del perforador. Más arriba, se encuentra el frente Tierra Blanca, con rocas mayores a 8 pulgadas. Para poder ejecutar la recuperación de material granular de mayores dimensiones, es recomendable en estos dos frentes utilizar la broca de 1 metro de diámetro, que también se encuentra disponible. Antes de ejecutar cada caso, es importante realizar pruebas en seco y dentro del río en cada frente.

También existe otra variable a considerar a la hora de replicar la metodología en los dos frentes restantes y es la existencia de una capa de lutita, visible en el frente Tierra Blanca y a poca profundidad en el frente Bomba Lara. La lutita es considerada material estéril durante la extracción de material granular, además de desfavorable para los equipos en cuestión ya que debido a su porosidad, al ser compactada adquiere una textura pastosa, que se cuele entre las piezas de los equipos o máquinas durante los procesos de separación y/o reducción de tamaño.

## CONCLUSIONES

El cálculo de reservas es una actividad de gran importancia para la minería en general, abarcando las minas metálicas, las canteras e incluso los casos de extracción de áridos, como el caso del frente Punta Gorda. Su importancia radica en que permite conocer la cantidad de material a extraer y, por consiguiente, definir el tiempo total de aprovechamiento de mineral hasta el agotamiento de los recursos. Sin embargo, ha sido dejado de lado por muchas empresas, quienes explotan a ciegas sin conocer los valores finales. Se podría decir que realizan todo el proceso al revés.

La ejecución un proyecto de cálculo de reservas en el frente Punta Gorda se traduciría en una actividad beneficiosa por parte de la empresa CORSOBAIN. Manejar mayor cantidad de datos le da a la empresa cierto control sobre las variables. No obstante, se debe reconocer que no es un trabajo sencillo, sobre todo al tratarse de un río, en el que la cantidad de material granular nunca se conocerá con exactitud puesto que la erosión, motivada por factores meteorológicos, mantiene el material en un constante movimiento de manera ininterrumpida. Es necesario entonces realizar diversas pruebas sobre cada escenario meteorológico posible, lo que implica realizarlo en distintas épocas del año.

Además de eso, el perforador de pilotes XCMG XR150 puede resultar de gran utilidad a la hora de ejecutar las labores planteadas. El hecho de que se encuentre disponible, en óptimas condiciones y con todas las piezas necesarias para realizar su adaptación, reafirma la posibilidad y viabilidad de la metodología descrita; en especial en el frente Punta Gorda, que presenta rocas de 1 a 3 pulgadas de diámetro, una granulometría adecuada para la toma de muestras con el perforador de pilotes XCMG XR150 con la broca de 60 centímetros de diámetro.

No obstante, existen otros detalles a considerar con respecto al equipo. Las 47 toneladas de peso total lo hacen potencialmente inestable y con ciertas limitaciones de perforación, ya que si bien el equipo puede perforar en un ángulo de máximo 7 grados, existe una dificultad constante al realizar la perforación en un río, cuya superficie suele presentar irregularidades y en ocasiones alcanzar profundidades que resultan inaccesibles para el perforador. Para solventar algunos de estos inconvenientes se cuenta con el apoyo del cargador frontal, con la labor de acceder previamente a la zona

del río para determinar si la profundidad es menor a 1,06 metros (altura de las orugas), para conceder o no el acceso del perforador en esa zona.

La ejecución de un proyecto de cálculo de reservas basado en la información recopilada hasta el momento indica que sería factible su cumplimiento, al no tener que realizar ninguna inversión adicional, puesto que se cuenta con el equipo, con el personal operativo, con los analistas de laboratorio y con los individuos encargados de realizar los cálculos para la cuantificación. Se presenta un proyecto en el que solo se generarán beneficios a la empresa, al conocer no solo la cantidad de material existente, sino las granulometrías deseadas y definidas por zonas, aspecto determinante para el uso posterior del material.

De resultar exitosa la metodología descrita, podría incluso plantearse ofrecer el Cálculo de Reservas como un servicio extra que preste la empresa a otros frentes de explotación de áridos del estado Barinas. De esta manera se crearía una actividad que genere ingresos adicionales a la empresa e impulse el desarrollo del mercado de la extracción material granular en Barinas.

## RECOMENDACIONES

- Ejecutar la metodología planteada durante al menos dos épocas diferentes del año: La época de sequías y la época de lluvias. De esta manera, se estaría trabajando con los dos extremos de condiciones meteorológicas, en las que se consideran los mayores y menores caudales del río.
- El apoyo del Cargador Frontal es beneficioso en la metodología establecida, sin embargo, sustituirlo por una Pala Mecánica generaría mejores resultados para determinar la profundidad en los puntos en los que luego se ubicará el perforador. La pala se mueve sobre orugas y tendrá mayor estabilidad, podrá adentrarse a mayores profundidades en el río y podrá, a distancia, verificar si la profundidad del agua en algún punto específico es apta para el acceso del perforador.
- Al tratarse de un equipo con prácticamente ningún uso en la empresa, es recomendable dotar de conocimientos sobre la operación del perforador de pilotes XCMG XR150 al personal. Dicho adiestramiento puede adquirirse solicitándolo a la empresa XCMG.
- Incluso después de haber ejecutado la metodología planteada, se recomienda realizarla nuevamente entre 3 y 5 años, para llevar un registro actualizado de las reservas remanentes. La repetición de la ejecución de la metodología duraría poco más de un mes y la presencia de poco personal.
- Mantener un registro sobre la ubicación de piezas de equipos que estén en desuso por diversas razones y guardar, de ser posible, aquellas piezas pequeñas dentro de la propia cabina del equipo en cuestión, evitando así retrasos al ubicarlas cuando reestablezca el uso del equipo.
- De resultar exitoso el uso del perforador de pilotes en el proceso de recuperación de material granular para el cálculo de reservas, se recomienda ofrecer el servicio de cálculo de reservas a frentes de explotación de otras empresas que estén interesadas en conocer el volumen de áridos acarreado en su frente de explotación.
- Utilizar datos del río para apoyarse en la ejecución de la metodología propuesta.
- A pesar de haberse planteado un método geométrico para la ejecución de la metodología, resultaría mucho más efectivo y exacto el uso de métodos geoestadísticos para el cálculo de reservas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### BIBLIOGRAFÍA LITERARIA:

- Bustillo Revuelta, M. y López Jimeno, C., 1997: Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Madrid. ISBN 84-921708-2-4 .
- “Estimación de Reservas”- Curso dictado por Roberto Oyarzun.
- E. García Orche. Madrid 1999. Manual de Evaluación de Yacimientos.
- Código para la Certificación de Prospectos de Exploración (realizado por Comité de Recursos Mineros del I.IM.Ch)

### BIBLIOGRAFÍA DIGITAL CONSULTADA:

- <http://www.venelogia.com/archivos/9685/>
- <http://escudero.com.mx/proceso-de-produccion-de-los-asfaltos/>
- <http://www.asogravas.org/Portals/0/Archivos2014/BP%20Extractivas%20CHE%2009032011.pdf>
- <http://www.hhdrillrig.com.es/piling-rig.html>
- <http://xgix.xcmg.com/es-es/product/XR150xuanwazuanji.htm#>
- [http://www.bdigital.unal.edu.co/1047/4/169\\_-\\_3\\_Capi\\_3.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1047/4/169_-_3_Capi_3.pdf)
- [http://www.simco.gov.co/Portals/0/publicaciones/recursos%20y%20reservas\\_ecocarbon.pdf](http://www.simco.gov.co/Portals/0/publicaciones/recursos%20y%20reservas_ecocarbon.pdf)
- <http://www.edumine.com/courses/online-courses/metodos-convencionales-de-estimacion-de-recursos-reservas/>
- <http://geoinnova.cl/calculo-de-reservas-mineras/>