

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS PISCINAS DE  
ALMACENAMIENTO DE LA ESCOMBRERA NO. 9 EN LA MINA PRIBBENOW DE  
DRUMMOND LTD, EN EL MUNICIPIO DE LA LOMA (CESAR).**

**INFORME DE PRÁCTICA PROFESIONAL PRESENTADA A LA  
DIRECCIÓN DE PRACTICAS PROFESIONALES**

**UNIVERSIDAD DELMAGDALENA**

**ELABORADO POR:  
YENIFER LORENA RUEDAS RACINES  
CODIGO 2014217162**

**SANTA MARTA, COLOMBIA  
2018**

**INFORME PARCIAL - PRÁCTICAS PROFESIONALES  
DRUMMOND LTD SEDE PRIBBENOW**

**ELABORADO POR:  
YENIFER LORENA RUEDAS RACINES  
CODIGO 2014217162**

**JEFE INMEDIATO:  
ARMANDO CALVANO**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA Y QUÍMICA  
GERENTE DE COMPENSACIÓN Y REVEGETALIZACIÓN**

**TUTOR:  
MARIO E. MEJIA VIVES  
MSc. INGENIERO AMBIENTAL  
ESPECIALISTA EN SALUD OCUPACIONAL**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
SANTA MARTA  
2018**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. PRESENTACIÓN</b>	6
1.1 Periodo de practicas	7
<b>2. OBJETIVOS</b>	8
2.1 Objetivo general	8
2.2 Objetivos específicos	8
<b>3. JUSTIFICACION</b>	9
<b>4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	10
4.1 General	10
4.2 Ubicación	11
4.3 Origen de la empresa y situación actual	12
4.4 Política de Seguridad, Salud en el Trabajo y Ambiente	13
4.5 Compromiso	14
<b>5. FUNCIONES EN LA EMPRESA</b>	15
<b>6. PROCESOS INVOLUCRADOS EN LA PROPUESTA</b>	16
6.1 Inspección inicial	16
6.2 Adecuación del terreno	17
6.3 Estabilización de taludes	18
6.4 Implantación y extensión de la capa superficial del suelo	18
6.5 Arado del terreno	19
6.6 Aplicación de semillas	19
6.7 Aplicación de heno	20
6.8 Plantación de arboles	20
6.9 Seguimiento	21
6.10 Construcción de drenaje	21
<b>7. DIAGNOSTICO</b>	22
7.1 Localización de la propuesta	22

7.2 Inventario de piscinas .....	23
7.2.1 Piscinas en verano .....	23
7.2.2 Piscinas en invierno .....	24
7.3 Parámetros de diseño de piscina .....	25
7.4 Parámetros de diseño de canales .....	26
7.5 Selección de muestras .....	26
7.6 Calculo de volumen de piscinas .....	28
<b>8. DESCRIPCION DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>29</b>
<b>9. CRONOGRAMA .....</b>	<b>30</b>
<b>10. PRESUPUESTO .....</b>	<b>31</b>
<b>11. DESARROLLO DE PROPUESTA .....</b>	<b>32</b>
<b>12. CONCLUSIONES .....</b>	<b>33</b>
<b>13. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>34</b>

## LISTA DE IMÁGENES

1. Imagen 1,2: Revisión actividades de revegetalización.....	18
2. Imagen 3,4: Revisión de construcción de canales.....	19
3. Imagen 5: Adecuación del terreno.....	20
4. Imagen 6,7: Estabilización de taludes.....	20
5. Imagen 8,9: Aplicación de topsoil.....	21
6. Imagen 10: Arado del terreno.....	22
7. Imagen 11,12: Aplicación de semilla.....	22
8. Imagen 13,14: Aplicación de heno.....	22
9. Imagen 15: Plantación de árboles.....	23
10. Imagen 16: Seguimiento de actividades.....	24
11. Imagen 17: Construcción de canales.....	24
12. Imagen 20,21,22,23: Estado de piscinas de almacenamiento.....	29

## LISTA DE FIGURAS

1. Figura 1: Ubicación de sedes de Drummond Ltd.....	13
2. Figura 2: Operaciones a nivel mundial de Drummond Ltd.....	17
3. Figura 3: Ubicación de la escombrera 9.....	25
4. Figura 4: Áreas principales de drenaje. ....	30
5. Imagen 5: piscinas de la escombrera 9 en verano.....	31
6. Imagen 6: piscinas de la escombrera 9 en invierno.....	32
7. Imagen 7: división en parcelas de la Escombrera 9. ....	34
8. Imagen 8: Piscinas seleccionadas. ....	34

## LISTA DE TABLAS

1. Tabla1: Área de las piscinas de almacenamiento.....	26
2. Tabla 2: coordenadas de las piscinas.....	35
3. Tabla 3: Parámetros de calidad de agua para peces. ....	41
4. Tabla 4: Resultados de parámetros evaluados,2016.....	45
5. Tabla 5: Parámetros propuestos para la evaluación de la calidad de agua.....	45

## **Agradecimientos**

A mis padres y mi familia por la formación en valores y principios necesarios para salir adelante.

A la universidad por darme la oportunidad de formarme académica y personalmente.

A mis profesores por ser ejemplos a seguir en la vida profesional que me espera.

A Drummond ltd por abrirme las puertas a la implementación de todo el conocimiento adquirido durante la formación universitaria.

A mi jefe y compañeros de trabajo por brindarme de forma abierta conocimientos y la calidad humana que los caracteriza.

## **1. Presentación**

El presente documento es una propuesta de gestión desarrollada durante el periodo de prácticas en la empresa Drummond Ltd mina Pribbenow. Desarrollada en el departamento Ambiental, Área de Compensaciones.

El área de Compensaciones es la encargada de realizar las actividades necesarias para compensar al medio ambiente y sociedad el impacto ambiental negativo que la actividad minera pueda estar generando en el entorno, afectando principalmente la flora y fauna de la zona. Dicha compensación se realiza dentro y fuera de la mina Pribbenow

Dentro de las actividades de compensación que realiza la empresa internamente se encuentran las actividades de revegetalización de las escombreras (Deposito final del material estéril de la actividad minera), dichas actividades se basan en la restauración de la cobertura vegetal a partir de la adecuación del terreno, esparcimiento de semillas y siembra de árboles principalmente. Así como la construcción de canales de drenaje que son direccionados a cuerpos de agua lenticos denominados piscinas para evitar y/o controlar la erosión hídrica.

La relevancia de estas piscinas es por el significado que tendrán en cuanto la actividad minera finalice y se haya concluido la revegetalización de las áreas intervenidas puesto que pueden generar un ecosistema adecuado para especies nativas y podrán permitir, además, un beneficio económico para la población de la región con la pesca. Por esto, se hace importante la evaluación temprana de la calidad del agua para conocer si cumple con los valores permisibles según la normativa ambiental para uso económico (la pesca) o se debe implementar algún procedimiento que conlleve al cumplimiento. Esto a partir de la toma y valoración de muestras periódicas de cada una de las piscinas en época seca y húmeda.

A groso modo, la propuesta se basa en la evaluación de la calidad del agua de las piscinas de almacenamiento pertenecientes a la Escombrera 9, con el fin de determinar los usos posibles que puedan darse en ella, enfocado principalmente en el piscícola.

La selección de la propuesta y por lo tanto su nombre fue determinado en conjunto con el director de compensaciones ambientales y revegetalización, quien es el jefe inmediato y responsable de la restauración vegetal. A partir de su conocimiento sobre las necesidades del área restaurada o en proceso de serlo, compartió una de ellas para establecer una propuesta y su posterior desarrollo. por lo tanto, el nombre del proyecto es el siguiente:

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE PISCINAS DE ALMACENAMIENTO DE LA ESCOMBRERA 9 CON FINES DE PISCICULTURA.**

### **1.2 Periodo de practicas**

La práctica profesional se ejecutará por un periodo de seis (6) meses con una intensidad horaria mínima de 230 horas mensuales. Se efectuarán desde el 16 de mayo del 2018 hasta el 12 de noviembre del 2018 según lo estipulado en el acta de legalización de prácticas profesionales en la oficina de la dirección de prácticas profesionales DIPPRO de la Universidad del Magdalena.

El desarrollo del proyecto se estima que se realice en seis meses a partir de la fecha en la cual se empiece a inventariar las piscinas. Este tiempo fue seleccionado así porque es necesario tener muestras representativas ya que las piscinas tienen un comportamiento distinto en época seca y humedad debido a la capacidad de amortiguamiento que tienen algunas de éstas hasta tal punto de unificar varias piscinas en una; además se presume, la escorrentía será mayor en invierno por lo tanto el aporte de sedimentos a las piscinas será mayor. Por esto se hace importante realizar el estudio y las pruebas en las dos temporadas climáticas con el fin de conocer su influencia.

Durante este tiempo se realizará el inventario de piscinas, caracterización, toma de muestras y su evaluación. Luego se definirá el uso de los cuerpos de agua y se determinara si la calidad es adecuada para la producción pesquera. Las anteriores actividades serán relacionadas a un tiempo específico más adelante en el cronograma de la propuesta.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

- Evaluar la calidad del agua de las piscinas de almacenamiento de la escombrera No. 9 en la Mina Pribbenow de DRUMMOND LTD, en el municipio de La Loma (Cesar).

### 2.2 Objetivos Específicos

- I. Identificar las condiciones actuales, los parámetros de operación de la piscina de almacenamiento en el área de estudio.
- II. Definir los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que deben evaluarse para determinar la calidad del agua en la piscina de almacenamiento
- III. Evaluar las diferentes alternativas de aprovechamiento y reúso, según la calidad del agua de la escombrera No. 9 de acuerdo a lo establecido por la normativa.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Durante el desarrollo de la actividad minera, se debe retirar la cobertura vegetal que se encuentre en la zona de exploración y explotación. Las autoridades ambientales dentro de las licencias que aprueban para el desarrollo de estos proyectos realizan la exigencia de hacer revegetalización con plántulas nativas en las áreas intervenidas. La forma de realizar este proceso es autónoma de cada empresa. La revegetalización de Drummond Ltd., es realizada pensando en la capacidad de regeneración de la naturaleza, debe asegurarse las condiciones necesarias para que ésta pueda regresar a condiciones similares encontradas antes de la intervención una vez sea concluida la actividad minera, por este motivo se realizó el diseño de piscinas de almacenamiento para que sean receptoras de los canales de drenajes distribuidos por la escombrera y además, asegurar un poco de humedad en el terreno y un mejor entorno para las especies de la zona.

También, debe tenerse en cuenta que gran parte de la población alrededor de la empresa se beneficia económicamente por las oportunidades laborales. Al finalizar la actividad en esta zona hay que redirigir la comunidad a otras actividades económicas que permitan la subsistencia de ellas y de sus familias. Si se evalúa y adecuan las piscinas, esto último en caso de no cumplir con las condiciones, la población puede aprovechar éstas para la producción pesquera.

El plan de cierre minero avalado por la autoridad ambiental, muestra que en la medida de lo posible las zonas regresarán a condiciones muy similares a las encontradas antes de la intervención, dentro de estas condiciones se encuentra dejar un buen estado de la calidad del agua y por lo tanto se hace importante evaluarla si dentro del plan de cierre se encuentra el aprovechamiento éstas.

Esta propuesta puede adaptarse igualmente en la Mina El Descanso, también perteneciente a Drummond Ltd., En la cual se está iniciando la explotación del carbón y a medida que esto ocurre se debe revegetalizar las escombreras y diseñar las piscinas de almacenamiento de la misma forma como se ha hecho en Mina Pribbenow (lugar de desarrollo de propuesta).

## 4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 4.1 GENERAL

Drummond LTD. es una compañía privada de explotación y procesamiento de carbón original de Birmingham, Alabama, Estados Unidos.

La compañía fue fundada en Jasper, Alabama, en 1935 por H. E. Drummond, y continúa siendo manejada por sus hijos.

Opera una mina en el noroeste de Alabama, así como otras minas en el norte de Colombia más específicamente en el Cesar y el puerto que se encuentra en el Magdalena, desde son realizadas las exportaciones; controla más de 2 billones de toneladas de reservas y vende aproximadamente 29 millones de toneladas de carbón al año

### 3.2 UBICACIÓN

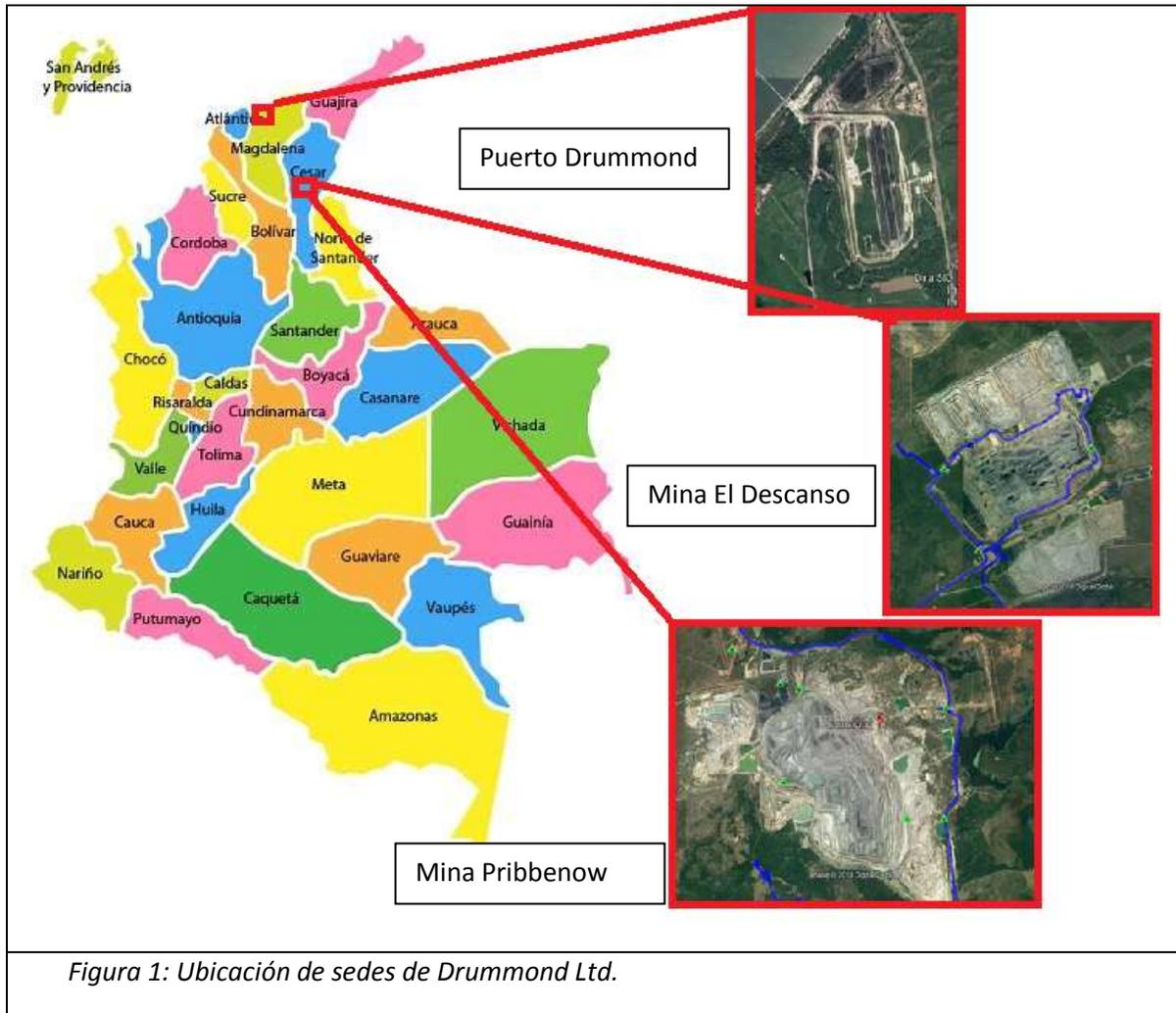


Figura 1: Ubicación de sedes de Drummond Ltd.

Drummond Ltd. cuenta con operaciones en los departamentos del Cesar (Sector de La Jagua de Ibirico, Becerril, Codazzi, La loma, Chiriguaná) y Magdalena (Vía Santa Marta- Ciénaga. Tiene como objetivo esencial la exploración, explotación, transporte y exportación de carbón.

Las minas del Cesar llevan por nombre Pribbenow o La loma y El descanso. La segunda tiene un reciente aprovechamiento comparada con la primera.

### **3.3 ORIGEN DE LA EMPRESA Y SITUACIÓN ACTUAL**

En 1995 se inició la explotación de carbón en un área otorgada por el gobierno colombiano, entre los municipios de El Paso, La Jagua de Ibirico y Chiriguana, conocida como Mina Pribbenow o proyecto La Loma. En 2009 inició la explotación de un segundo proyecto, El Descanso – Sector Norte, ubicado en los municipios de Becerril y Agustín Codazzi.

Como complemento de la operación minera, se ha trabajado en coordinación con las diferentes autoridades colombianas en la construcción y ahora en la ampliación de Puerto Drummond para la exportación de la producción, así como, a través de Fenoco S.A, se ha promovido y participado en la rehabilitación y ampliación de la red férrea del Atlántico. Drummond Ltd. La Loma, El Descanso, Rincón Hondo, Similoa y Cerrolargo; los dos primeros en explotación y los tres últimos en proceso de licenciamiento ambiental.

La compañía tiene una concesión portuaria del gobierno colombiano, Puerto Drummond, un puerto marítimo en el mar Caribe, en Ciénaga, Magdalena. Este terminal marítimo fue diseñado para cargar barcos de todos los tamaños y opera como una instalación de alta capacidad de almacenamiento y carga.

El 31 de marzo de 2014 inició operaciones portuarias con el primer embarque de carbón a través del sistema de cargue directo. Con dos cargadores de buques, Puerto Drummond tiene una capacidad instalada de 60 millones de toneladas al año. En el 2016, se exportaron aproximadamente 32 millones de toneladas de carbón a clientes en más de 30 países en todo el mundo.

Actualmente, en Puerto Drummond, se puede almacenar hasta 800.000 toneladas de carbón. Este carbón es almacenado según sus características de calidad, lo que permite, en el momento del embarque, preparar mezclas que satisfacen los requerimientos de calidad de cada uno de nuestros clientes.

#### **4.4 POLÍTICA DE SEGURIDAD, SALUD EN EL TRABAJO Y AMBIENTE**

Es política de DRUMMOND LTD. (DLTD) conducir sus operaciones de exploración, extracción y transporte de carbón e hidrocarburos de manera segura, manteniendo el sistema integrado de gestión, orientado a proteger y conservar el ambiente, la salud y la vida de sus empleados, contratistas, subcontratistas, visitantes y comunidades relacionadas.

Para desarrollar esta política, DRUMMOND LTD. COLOMBIA manifiesta su compromiso a través de las siguientes acciones:

1. Considerar el cuidado de la salud, la seguridad y el ambiente como un valor primordial para el desarrollo de todas sus actividades.
2. Identificar y evaluar peligros de forma permanente para aplicar los controles requeridos a fin de proteger la salud y la vida de los empleados, contratistas, subcontratistas, visitantes y comunidades.
3. Implementar controles operacionales con el objetivo de prevenir, mitigar y compensar adecuadamente los impactos ambientales.
4. Garantizar el cumplimiento de la legislación aplicable ambiental, de seguridad y salud en el trabajo, las obligaciones establecidas por las autoridades reguladoras y otros compromisos que la organización suscriba voluntariamente.
5. Administrar responsablemente los procedimientos de trabajo, brindando entrenamiento y evaluando el desempeño, para comprometer a los empleados, contratistas, subcontratistas y proveedores, en el cumplimiento de los programas de ambiente, seguridad y salud en el trabajo establecidos.
6. Responder rápida y efectivamente a los accidentes y emergencias que puedan resultar de las operaciones, coopera con organizaciones industriales y agencias gubernamentales autorizadas y realizar las notificaciones oportunas a las autoridades pertinentes en cada caso.
7. Evaluar periódicamente los programas establecidos para verificar su ejecución, medir su efectividad y definir así opciones de mejora en el cumplimiento de esta política.

## 4.5 COMPROMISO

Nuestro compromiso con Colombia es firme. Cada día, en cada proyecto, en cada nivel de Drummond consideramos el impacto que tienen nuestras acciones en nuestros empleados, en nuestras comunidades y en nuestro medio ambiente.

- Nos esforzamos por mejorar la educación, la salud, y el bienestar de nuestros empleados y sus familias.
- Invertimos considerablemente en las iniciativas de la comunidad, trabajamos en estrecha colaboración con el gobierno local, y diseñamos e implementamos programas para el desarrollo y beneficio de nuestras comunidades.
- Trabajamos continuamente para controlar y mitigar los impactos de la minería, el transporte, y el embarque de carbón, a medida que desarrollamos y aplicamos técnicas innovadoras de sostenibilidad.

### **Empleados**

En Drummond nuestros empleados son primordiales. Tenemos la suerte de tener una fuerza laboral compuesta por personas leales, trabajadoras, dedicadas a la excelencia, y sensibles a las necesidades de nuestros clientes. Nuestro objetivo es proporcionarle a cada empleado lo mejor en seguridad, equipos, capacitación y supervisión.

### **Clientes**

Hemos servido a muchos de nuestros clientes por más de 30 años. Nos han ayudado a llegar donde estamos y por eso nos comprometemos a ofrecer el mejor producto a cada cliente que servimos.

### **Comunidad**

Así como nuestros clientes en todo el mundo se han beneficiado por nuestro éxito en Norte y Suramérica, de la misma manera se han beneficiado las comunidades locales donde operamos. El compromiso de la empresa Drummond con el desarrollo comunitario incluye proyectos tan diversos como la construcción de escuelas, el establecimiento de clínicas de salud, la financiación de centros de formación de empleo, la creación de departamentos de bomberos, y la coordinación de la recaudación de fondos para United Way. Somos partícipes activos en todas las comunidades donde trabajamos.

## Medio ambiente

Como un líder en la sostenibilidad ambiental, Drummond ha desarrollado técnicas ambientales particulares a las condiciones de Alabama que otras empresas han emulado. También hemos exportado con éxito muchas de estas técnicas ambientales hacia Colombia. Drummond ha ganado un total de seis premios nacionales y 40 premios estatales, que ponen de manifiesto nuestra sólida trayectoria en reforestación, rehabilitación y revegetalización de la tierra. El trabajo de rehabilitación es un proceso continuo. Hasta la fecha, Drummond ha recuperado más de 60 áreas mineras.

## Operaciones a nivel mundial

Drummond ofrece un sistema de entregas completo para nuestros clientes. Podemos organizar el transporte y la entrega de puerta a puerta. A menudo, esto se traduce en un menor costo, una entrega más rápida, y un menor gasto de funcionamiento para nuestros clientes. Como proveedor global de carbón de alta calidad, entregamos nuestros productos tanto a nivel nacional como internacional.



## 5. FUNCIONES DENTRO DE LA EMPRESA

1. **Acompañamiento en los procesos de las actividades de revegetalización** (grading, topsoil, aplicación de semillas, heno y plantación de árboles) principalmente en la escombrera 9 y la realineación número 4 del arroyo San Antonio. Por medio de visitas periódicas al inicio, durante y final de mes en las áreas donde se hayan realizado actividades de revegetalización con el fin detallar y estimar el avance de la restauración, se revisa principalmente la germinación uniforme de semillas, el progreso del crecimiento de los árboles, la presencia o ausencia de surcos, cárcavas. La información recolectada en campo es depositada en formatos de avances y seguimiento a las actividades de revegetalización pertenecientes al sistema de gestión ambiental a partir del cual se realiza control y seguimiento a las actividades ambientales. Todo lo anterior con el fin de detallar y estimar el avance de la restauración.



2. **Seguimiento al programa de revegetalización del sistema de gestión ambiental de la empresa**, el cual fue certificado con la norma ISO 14001-2015 obtenida en junio de 2018. Este seguimiento se realiza por medio de indicadores. Los cuales tienen metas mensuales y anuales; según el cumplimiento que se le dé a éstos se podrá conocer el comportamiento del progreso a lo largo del año.  
Dicho programa se alimenta de la información recolectada en campo por los supervisores y contratistas (cantidad de semillas esparcidas, hectáreas con suelo fértil, plántulas sembradas) y la información que levanta el equipo de topografía sobre la cantidad de hectáreas que han sido revegetalizadas.
3. **Elaboración de informes mensuales sobre los adelantos de actividades de revegetalización.** Mensualmente deben ser entregados principalmente dos informes. El primero es transmitido a la gerencia, allí se deposita información general concluida sobre el progreso obtenido, el cual incluye las cantidades de insumos requeridas (semillas, heno, arboles) maquinaria y uso de las mismas, costos relacionados y ubicación de las actividades realizadas.
4. **Diseño de canales de drenaje de las áreas revegetalizadas en la Escombrera 3 de la mina Pribbenow.** El diseño es realizado en AutoCAD con ayuda de una figura satelital de la zona, el plano topográfico donde se encuentran las curvas del nivel del terreno y los parámetros de diseño concertados entre el director del área de compensaciones y la Ingeniería civil de proyectos ambientales de la compañía y tutora para realizar esta tarea.



## 6. PROCESOS INVOLUCRADOS EN LA PROPUESTA

La revegetalización en Drummond, inicia con la entrega de una zona de apilamiento de material estéril. El cual es la base para la recuperación principalmente del contenido paisajístico de los terrenos afectados durante el aprovechamiento forestal, mediante la restauración y rehabilitación de la cobertura vegetal, con el objetivo de disminuir y/o mitigar los impactos asociados. Dicha revegetalización, pretende mejorar ecológicamente el área, mediante la conformación de un ecosistema que conste de una correcta cobertura vegetal compatible con el entorno y auto sostenible, con el fin de brindar oferta alimenticia a la fauna de la región, realizar el control de la erosión en las escombreras y dar un manejo adecuado a los materiales estériles extraídos del tajo de explotación. La restauración vegetal realizada en la compañía requiere de una serie de actividades que serán descritas a continuación en el orden en el cual se llevan a cabo.

### 6.1 Inspección inicial

Cuando se deposita suficiente materia estéril en una zona conocida como escombrera, se entrega al área de compensación del departamento ambiental para que restaure esta área, para iniciar la recuperación se realiza una inspección inicial en donde el gerente de revegetalización y sus supervisores, se desplazan a la escombrera. Allí evalúan las necesidades específicas del lugar, proponen el plan de trabajo, se identifican responsabilidades, maquinaria requerida, el estado de las mismas, personal y demás variables necesarias para la restauración del área. Al final de dicha evaluación se crea un cronograma de trabajo, el cual cuenta con los tiempos de ejecución de las actividades.

### 6.2 Adecuación del terreno

Una vez concretada la inspección inicial, los supervisores aseguran la adecuación del terreno para el tránsito seguro de los equipos pesados, la luminaria requerida para realizar trabajos nocturnos y la señalización que se necesite.



Imagen 5: Adecuación del terreno.

### 6.3 Estabilización de taludes

Cuando el área está habilitada para el ingreso de los equipos de carga pesada, se procede a realizar la estabilización de taludes también conocido como grading, el cual consiste en la adecuación de las caras de los taludes con una pendiente 3H:1V, lo que significa que por cada metro en altura los taludes cuentan con 3 m horizontales. La finalidad de esta actividad es controlar los factores externos que afectan la estabilidad del terreno, favorecer la revegetalización y disminuir la probabilidad de presentar erosión en las áreas conformadas.



### 6.4 Implantación y extensión de la capa superior del suelo

En cuanto a la conformación de los taludes de las escombreras están conformados se distribuye el material vegetal que ha sido extraído anteriormente de los primeros metros de suelo de las áreas en donde se dará inicio a la explotación adecuadamente a lo largo del talud con una capa aproximada de 30cm. Este grosor permite garantizar un área adecuada para la germinación y el desarrollo posterior de la vegetación sembrada.



Imagen 8,9: Aplicación de topsoil.

### **6.5 Arado del terreno**

En ocasiones es aplicado un fertilizante para mejorar las propiedades químicas del suelo y aumentar su potencial de productividad, Después de esto se realiza el arado, éste remueve el terreno y mezcla de manera uniforme el fertilizante aplicado, además mejora las propiedades físicas del suelo como la estructura, la capacidad de retención de humedad y controla la erosión facilitando la siembra de semillas.



Imagen 10: Arado del terreno.

## 6.6 Aplicación de semillas

Cuando se ha fertilizado y arado el terreno se procede entonces a la de semillas principalmente gramíneas y leguminosas. La actividad puede realizarse de dos formas, manual o mecánicamente con ayuda del hydroseeder. La decisión del método de siembra depende de las condiciones del terreno, de la facilidad de maniobrabilidad de los equipos y del tamaño y características que presente la semilla para manipularse con los equipos. Esta actividad debe realizarse necesariamente durante los períodos lluviosos a fin de garantizar un alto porcentaje de germinación.



## 6.7 Aplicación del heno

Se aplica el heno con el fin de proteger las semillas de la radiación solar directa, garantizar la humedad del suelo, controlar la erosión e impedir que las semillas sean arrastradas por la lluvia. La labor de cubrimiento se puede efectuar manualmente o mecánicamente empleando una esparcidora que se acopla a un tractor agrícola. La decisión de esparcir el heno de forma manual o mecánica, depende como en la aplicación de semillas de las condiciones del terreno, y de la facilidad de maniobrar los equipos.



### **6.8 Plantación de arboles**

Todos los procedimientos anteriormente descritos pretenden mejorar las condiciones del suelo y propiciar la conformación de este apto para la implantación de árboles. Para esto la empresa cuenta con un vivero forestal que produce hasta 80.000 plántulas al año, con los cuales se cubre las hectáreas a las cuales se les ha realizado los procedimientos anteriormente descritos. La plantación de árboles se realiza teniendo en cuenta la época climática pues en sequia no es recomendable realizar siembra para evitar pérdidas masivas de los arboles por el estrés hídrico producido por la falta de precipitación en la zona.



## 6.9 Seguimiento

Finalmente se realiza un seguimiento y control que consiste en realizar inspecciones periódicas a las áreas recuperadas para conocer el comportamiento de germinación de las semillas, el crecimiento de los árboles, las condiciones del terreno para posteriormente tomar las medidas correctivas según sea el caso. En muchas ocasiones se requiere realizar resiembra por la muerte de plántulas o por la germinación uniforme de las semillas que fueron desplazadas por escorrentías o fuertes vientos.



Imagen 16: Seguimiento de actividades

## 6.10 Construcción de drenajes

Junto a todas las actividades anteriores que conforman la revegetalización se realiza la construcción de canales drenajes que conducen el agua a las piscinas de almacenamiento que serán evaluadas.

Con el fin de controlar del agua de escorrentía se construirá en la parte superior de los terrenos a rehabilitar, canales de coronación con descarga a canales laterales de conducción ubicados en los extremos. Aquellos canales susceptible a la erosión, serán protegidos con un colchón de rocas o con estructuras de disipación según se requiera.



Imagen 17: Construcción de canales

## 7. DIAGNOSTICO

### 7.1 LOCALIZACIÓN DE LA PROPUESTA

La mina Pribbenow a lo largo de su actividad ha removido una gran cantidad de material estéril que ha sido depositado en las 9 escombreras que tiene distribuidas en el proyecto minero hoy día.

La escombrera 9 cuenta con 512,15 hectáreas de las cuales se han revegetalizado 360,67 hectáreas hasta septiembre de 2018 y 141,52 se encuentran en proceso de revegetalización, es decir con grading y aplicación de topsoil.

La escombrera se encuentra ubicada en la mina Pribbenow al nor-oeste del pit y del embalse Paujil. Al nor-este limita con la zona de loadout del proyecto, y al sur-oeste con la garita principal de la mina. Las aguas provenientes de la lluvia que drenan por la escombrera son conducidas al área de influencia del caño Garrapatas.



Figura 3: Ubicación de la escombrera 9.

## 7.2 PARAMETROS DE DISEÑO DE PISCINAS.

Actualmente no existen informes donde se haya documentado los parámetros y lineamientos que se tuvieron en cuenta para la construcción de las piscinas. Sin embargo, se ha realizado la construcción de piscinas en lugares distintos a la escombrera 9 donde se tuvieron en cuenta unos parámetros y se estima, la creación de las piscinas (Escombrera 9) fuese similar a esta.

Sin embargo, por medio de AutoCAD y el plano actualizado de la escombrera 9 se logró determinar el área en metros y hectáreas para identificar el espacio ocupado por los cuerpos de agua en las 512 hectáreas aproximadas que tiene la escombrera.

Tabla1: Área de las piscinas de almacenamiento

<b>Piscina</b>	<b>Área</b>	<b>Hectáreas (Ha)</b>
No. 1	20.965,17	2,096517
No. 2	2672,24	0,267224
No. 3	3227,71	0,322771
No. 4	47570,65	4,757065
No. 5	27992,93	2,799293
No. 6	4274,17	0,427417
No. 7	3301,31	0,330131
No. 8	11379,2	1,13792
No. 9	8124,76	0,812476
No. 10	9031,31	0,903131
No. 11	15300,14	1,530014
No. 12	29336,68	2,933668
No. 13	2910,18	0,291018
No. 14	86951,47	8,695147
No. 15	217057,2	21,70572

Las piscinas de almacenamiento ocupan en total 5.75 hectáreas de la escombrera en estudio.

### 7.3 PARAMETROS DE DISEÑO DE CANALES

La red de drenaje diseñada para la escombrera 9 consta de siete tipos de canales (I, II, III, IV, V, VI, VII); proyectados con una sección trapezoidal de taludes laterales 1:1, para una creciente de retorno de 5 años y pendiente hasta de 50%, de manera que los caudales sean transportados adecuadamente y se asegure la estabilidad geotécnica de dicha sección.

A continuación, se mencionan los criterios de diseño:

- La red de drenaje y las estructuras de protección están diseñadas para una creciente de 5 años de periodo de retorno.
- Para el dimensionamiento de los canales se utilizó la ecuación de Manning con un factor de rugosidad de  $n=0.03$  y borde libre de 0.15m.
- Para la obtención de los caudales se utilizó el método racional, el cual es considerado el más apropiado para cuencas menores a 3 km<sup>2</sup>, aplicable a la red de drenaje de la escombrera 9.
- Para la obtención del caudal mediante el método racional, se requiere de la intensidad de la lluvia para el periodo de retorno de diseño considerado. En este caso el valor fue tomado de la curva IDF del año 2014 construida por Drummond.

## 8. PROPUESTA METODOLÓGICA

Teniendo en cuenta que, ninguna piscina recibe aporte directo de sustancia contaminante, el mayor aporte recibido por éstas son sedimentos que llegan a través de escorrentías donde se produce un arrastre del suelo, la calidad del agua es similar entre ellas y analizar todos los cuerpos de agua existentes representaría una alta inversión económica. Se propone realizar visitas de campo para identificar características generales de la piscina, luego efectuar un inventario de piscinas para las dos épocas climáticas que se presentan en la zona y posteriormente seleccionar algunas de estas piscinas asegurando que sea una cantidad representativa a las cuales se les realizara la evaluación de la calidad de agua.

Por medio de éstas muestras se podrá efectuar un juicio general sobre la composición y características de estas teniendo como referencia la normativa ambiental para este caso será el decreto 1075 de 2015 y la guía práctica de piscicultura de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca donde se establecen los valores máximos permisibles de los parámetros para dar un uso de producción y aprovechamiento pesquero adecuado y sin afectaciones al ser humano y los peces.

## 8.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS PISCINAS.

A partir de visitas realizadas a diferentes piscinas con plantas acuáticas y sin ellas. Se pudo observar que cuentan con vegetación en la orilla, color claro del agua en la mayoría de las piscinas, no se observó turbidez.

Sin embargo, la caracterización válida es aquella realizada a partir de los parámetros que propone la autoridad ambiental.



## 8.2 INVENTARIO DE PISCINAS

La cantidad de piscinas varía según la época climática en la que se encuentre pues de ésta depende el nivel de saturación y capacidad de amortiguamiento que tienen algunas piscinas.

Actualmente la empresa cuenta con piscinas de almacenamiento que son guiadas a 7 áreas de drenaje por medio de canales con las dimensiones necesarias para transportar el agua de forma natural hacia diversos puntos de descarga en la parte inferior y transportarlo de manera controlada hacia cauces naturales, minimizando los procesos erosivos producto de las altas pendientes o la no protección de los mismos.

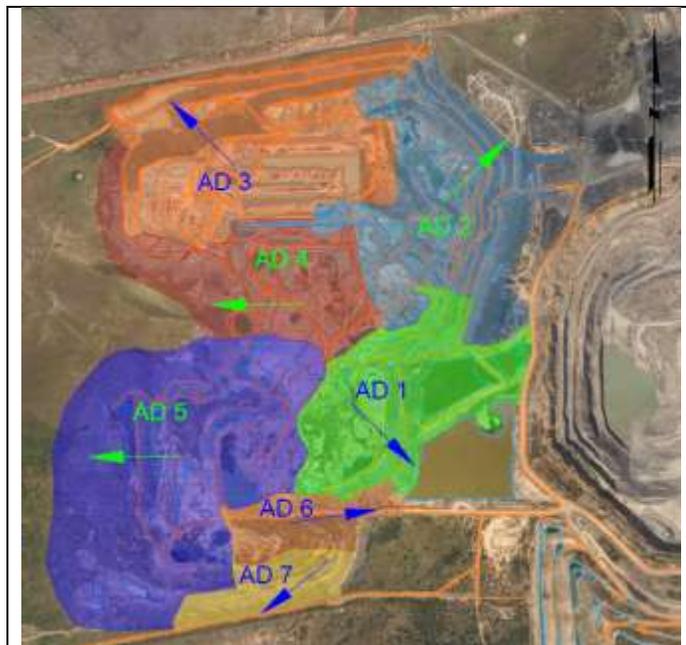


Figura 4: Áreas principales de drenaje.

El agua que alimenta las piscinas es el agua lluvia que escurre por los taludes de las escombreras que han sido revegetalizadas con anterioridad. Por lo tanto, la calidad de esta dependerá en gran medida de la composición del suelo. El cual está compuesto por topsoil, pero debajo de este hay material estéril. Es necesario determinar si el lavado del suelo producto de la época de lluvias o precipitaciones esporádicas influye sobre la calidad de agua que resulta en las piscinas de almacenamiento.

### 8.2.1 Piscinas en verano

Por medio del plano actualizado perteneciente a la compañía de la escombrera 9 se inventario las piscinas y se identificaron 64 en total. De diferentes tamaños y características. Algunas con presencia de plantas acuáticas, animales y otras con ausencia de estos.



Figura 5: piscinas de la escombrera 9 en verano.

### 8.2.2 Piscinas en invierno

El invierno genera una mayor deposición de agua en las piscinas por las lluvias y aumento de escorrentía activando la capacidad de amortiguamiento que permite evitar un colapso en el sistema de drenaje en caso de lluvias. Este amortiguamiento genera una unificación entre varios cuerpos de agua pequeños.

Para el diseño de los canales de drenaje fue necesario evaluar el amortiguamiento a partir del tiempo de llenado del volumen crítico de las piscinas a través de la ecuación del volumen de un tronco de pirámide hexagonal, el plano topográfico del sitio para las áreas de flujo y la altura, y la curva IDF del año 2014 construida por la compañía (Cavajal, L, 2017).

Teniendo en cuenta el amortiguamiento de las piscinas, en tiempo de invierno se tendrían 46 piscinas. 18 piscinas menos que en verano por la unificación de las mismas.

Las piscinas delimitadas con color morado en la figura 22 son aquellas que tienen modificación de tamaño y por lo tanto se extienden hasta unirse con piscinas cercanas a ellas.



Figura 6: piscinas de la escombrera 9 en invierno

### 8.3 TAMAÑO DE MUESTRAS

Determinar el tamaño de la muestra que se va a seleccionar es un paso importante en cualquier estudio de investigación, se debe justificar convenientemente de acuerdo al planteamiento del problema, la población, los objetivos y el propósito de la investigación.

Para determinar el tamaño de la muestra a utilizar para la evaluación de la calidad de agua de piscinas se utilizó la siguiente fórmula estadística de cálculo de tamaño de muestras descrita a continuación:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N + 1)) + k^2 * p * q}$$

Donde:

- **N:** es el tamaño de la población o universo.
- **k:** es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos.
- **e:** es el error muestral deseado.
- **p:** es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que  $p=q=0.5$  que es la opción más segura.
- **q:** es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es  $1-p$ .
- **n:** es el tamaño de la muestra.

Para este caso de estudio

- **N:** Numero de piscinas. Es decir, 64 (piscinas en verano).
- **k:** 1,65 con un nivel de confianza de 90%
- **e:** 10%
- **p:** 0.5
- **q:** 0.5

reemplazando los anteriores valores en la formula, tenemos:

$$n = \frac{1,65^2 * 0,5 * 0,5 * 64}{(10\%^2 * (64 + 1)) + 1,65^2 * 0,5 * 0,5}$$
$$n = 18.7$$

El tamaño de muestra determinado por la fórmula es aproximadamente 19 piscina, pero teniendo en cuenta el elevado presupuesto que esto necesitaría, se reduce el tamaño de muestra a 15 piscinas, no estando muy alejado del resultado obtenido.

#### 8.4 TIPO DE MUESTREO

El tipo de muestreo a utilizar en la evaluación de la calidad de agua de las piscinas será muestreo no probabilístico el cual es adecuado para estudios exploratorios. En este tipo de muestras, se eligen a los individuos utilizando diferentes criterios relacionadas con las características de la investigación, no tienen la misma probabilidad de ser seleccionados ya que se suele determinar la población objetivo.

Para la selección de las piscinas se tuvo en cuenta las que tienen mayor tamaño ya que son las de mayor volumen de agua contenido en ellas y, por lo tanto, la productividad pesquera se presume, sea mayor. Además, se seleccionó piscinas con presencia de plantas acuáticas, principalmente Eneas encontradas en la muestra (1,3,7,8,10,11,12,13) y sin ellas para realizar una comparación de la calidad de agua y determinar si influye de alguna manera la presencia de éstas en los cuerpos de agua. Estos fueron los dos criterios de elección, las piscinas que no tuviesen estas características se escogieron de forma aleatoria.

Para ésta selección se dividió en tres partes iguales el plano para posteriormente seleccionar 5 piscinas en cada parcela.

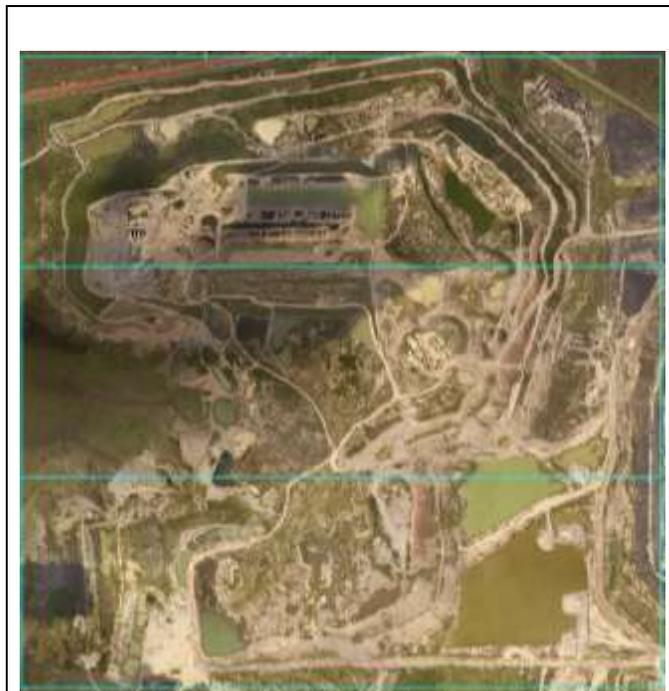


Figura 7: división en parcelas de la Escombrera 9.

La evaluación de la calidad de agua se realizara en las mismas piscinas para la época de lluvia y seca, teniendo en cuenta el amortiguamiento en el primer caso.



La tabla 4 muestra una coordenada geográfica como punto de referencia de las piscinas seleccionadas para la evaluación de la calidad de agua obtenida a partir de avenza maps que es una aplicación que permite visualizar mapas y una figura satelital de la escombrera 9.

Tabla 2: coordenadas de las piscinas.

Parcela	Piscinas	Coordenadas	
		N	E
<b>Parcela 1</b>	Piscina 1	1059064	1551712
	Piscina 2	1059753	1551636
	Piscina 3	1059183	1551288
	Piscina 4	1060023	1551349
	Piscina 5	1060608	1551328
<b>Parcela 2</b>	Piscina 6	1059543	1550943
	Piscina 7	1060138	1550793
	Piscina 8	1060725	1550932
	Piscina 9	1059549	1550413
	Piscina 10	1060591	1550556
<b>Parcela 3</b>	Piscina 11	1059055	1549799
	Piscina 12	1059557	1549455
	Piscina 13	1059742	1549934
	Piscina 14	1060740	1550070
	Piscina 15	1060836	1549625

## 9 CRONOGRAMA

FASES	ACTIVIDAD	Semanas															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>FASE I Planeación</b>	Definición del plan de trabajo	X															
	Investigación de parámetros de diseño relacionados con las piscinas de almacenamiento.		X	X	X	X											
<b>FASE II Ejecución</b>	Visita de campo a las piscinas de almacenamiento.						X	X	X								
	Identificación visual de cantidad y condición actual de las piscinas						X	X	X								
	Inventariado de piscinas de la Escombrera 9									X	X						
	Selección de muestras (piscinas de almacenamiento) a evaluar									X	X						
<b>FASE III Evaluación</b>	Determinación de posibles usos de cuerpos de agua										X	X	X				
	Determinación de parámetros a evaluar/Contacto secundario con ser humano.											X	X				
	Determinación de parámetros a evaluar/Producción pesquera.													X	X	X	

**10 PRESUPUESTO**

<b>Costos relacionados con la toma de muestras</b>				
	<b>Epocas climaticas</b>	<b>Parametros</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Contacto secundario con personas</b>	2	Coliformes totales	31700	63400
	2	Oxigeno disuelto	900	1800
	2	Ph	3400	6800
	2	Tensoactivos	47500	95000
<b>Actividad normal de peces</b>	2	Color	9800	19600
	2	Dioxido de carbono	-	-
	2	Dureza	13700	27400
	2	Alcalinidad	13400	26800
	2	Nitritos	24300	48600
	2	Fosfatos	40300	80600
	2	Turbidez	18000	36000
	2	Temperatura	870	1740
2	Solidos suspendidos totales	19300	38600	
<b>Otros Costos</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Descripcion</b>		<b>Valor unitario</b>	<b>Precio Total</b>
1	Transporte de cavas a la mina		650000	650000
1	Transporte y recepción de muestras de la mina		403000	403000
1	Embalaje y envío de muestras a otro laboratorio		54500	54500
<b>TOTAL</b>			\$	1,553,840.00

## 11 IMPACTOS ESPERADOS

### IMPACTOS AMBIENTALES

La mayor parte de los ecosistemas de Colombia han sido transformados, afectados o degradados por causas diversas, entre las cuales se pueden mencionar los cultivos ilícitos, el uso inadecuado del suelo para actividades agropecuarias, la minería y las especies invasoras; ha disminuido la capacidad de los mismos para la prestación de servicios ecosistémicos a la sociedad como lo es el suministro de agua, alimentos, regulación del clima, entre otros.

La restauración ecológica es el esfuerzo práctico por recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas históricos o nativos de una región. Se entiende que las dinámicas naturales deben estar dirigidas a la recuperación, no de la totalidad si no de los componentes básicos de la estructura, función y composición de especies, de acuerdo a las condiciones actuales que se encuentra en el ecosistema que se va a restaurar (Vargas O, 2015).

Los suelos de la mina Pribbenow han sido altamente afectados por las actividades involucradas en la explotación de carbón. Sin embargo, la compañía tiene el compromiso de realizar una restauración ecológica continua para asegurar que el entorno de la actividad minera regresa a sus condiciones similares. La evaluación de la calidad de agua de las piscinas de almacenamiento de la Escombrera 9 que se encuentran proyectadas para tener una finalidad piscícola permitirá un mejor desarrollo del ecosistema al permitir ser el lugar de reserva de peces.

### IMPACTOS SOCIO-ECONOMICOS

Como anteriormente es mencionado gran parte de la población del área de influencia de la mina se encuentra recibiendo lucros directos (trabajadores Drummond o contratistas) o indirectos (restaurantes, hoteles, oficios varios) por todas las actividades relacionadas con la empresa. Lo cual a largo plazo será una desventaja para la población pues la explotación del mineral tendrá fecha de caducidad. Lo cual Aumenta los índices de desempleo en las comunidades aledañas. Pero, si se realiza una adecuación apropiada de las piscinas de almacenamiento no solo de la escombrera 9 sino de todas las escombreras de la mina Pribbenow y el Descanso. Tanto que la siembra de peces sea efectiva y permita un alto número de individuos, se podrá asegurar

nuevos ingresos para la población, relacionados con la producción, transporte y comercialización de peces.

Teniendo en cuenta que, para tener un buen funcionamiento de las piscinas se debe asegurar que la comunidad realice pesca de la forma adecuado, por lo que deberán ser capacitados acerca de acuicultura, producción pesquera, manejo de aguas y temas relacionados con la actividad.

Las piscinas de almacenamiento y su posible aprovechamiento para producciones pesquero son importante porque, además, las fuentes de agua superficial son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales (Torres P et al, 2009).

La producción pesquera de las piscinas de almacenamiento tendría un efecto positivo en la economía de la población.

## 12 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### 12.1 PARAMETROS DE EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUA

Según decreto 1076 de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental y desarrollo en el artículo 2.2.3.9.8 Criterios de calidad para fines recreativos mediante contacto secundario del sostenible se establecen los siguientes criterios de calidad admisible para este uso.

Referencia	Expresado como	Valor
Coliformes totales	NMP	5.000 microorganismos/100 ml.
Oxígeno disuelto	.	70% concentración de saturación
pH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0.5

**Parágrafo 1.** No se aceptará en el recurso película visible de grasas y aceites flotantes, presencia de material flotante proveniente de actividad humana; sustancias tóxicas o irritantes cuya acción por contacto, ingestión o inhalación, produzcan reacciones adversas sobre la salud humana.

**Parágrafo 2.** El nitrógeno y el fósforo deberán estar en proporción que no ocasionen eutrofización.

*Fuente: Decreto 1075-2015*

Los anteriores son los parámetros y los respectivos valores requeridos para evitar afectaciones a una persona por el contacto con el agua que puede tener al realizar actividades relacionadas con la pesca (siembra y extracción de peces).

Según la guía práctica de piscicultura en Colombia de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca para lograr un buen desarrollo en los cultivos acuícolas el agua tiene que cumplir con un mínimo de propiedades químicas, físicas y biológicas acordes con la especie a utilizar. En términos generales, la mayoría de las aguas de nacimientos y quebradas del país son aptas para emplearlas en piscicultura; una manera básica de conocer previamente si una fuente de agua se puede usar es observando que no presente mal olor, sabor ni color y si en ella viven normalmente peces, cangrejos, camarones, ranas y otros organismos acuáticos.

Las propiedades físicas del agua como la temperatura y la turbidez, deben estar en un rango apropiado y no tener cambios bruscos, es necesario mantener la turbidez baja puesto que este parámetro en exceso puede generar un bloqueo en la penetración de la luz solar afectando la fotosíntesis y, por lo tanto, el oxígeno disuelto. La concentración de sólidos suspendidos debe ser menor o igual a 80 mg/l en los cuerpos de agua. El anterior parámetro mencionado es de especial importancia teniendo en cuenta los aportes de sólidos en suspensión que pueden llegar a tener las piscinas por el barrido de suelo de los taludes que se encuentran a su alrededor.

Las propiedades químicas a controlar son el oxígeno disuelto, el dióxido de carbono, el pH, la dureza, la alcalinidad, el amonio, los nitritos y los fosfatos. Los siguientes valores son las recomendaciones de la AUNAP.

Tabla 3: Parámetros de calidad de agua para peces.

PARAMETRO	VALOR MAXIMO PERMISIBLE	CONSECUENCIA POR INCUMPLIMIENTO
Oxígeno disuelto	>4ppm	Baja drástica produce rápidamente la muerte de los peces. Bajos niveles generan inapetencia, baja resistencia a enfermedades y poco aprovechamiento de alimentos
Dióxido de Carbono	<20 ppm	Letargia e inapetencia.
pH	6.5-8	Disminución del crecimiento, inapetencia, alteración del metabolismo reproductivo.
Dureza	50-300 mg/l (6 ppm)	>20 mg/l afectan los procesos reproductivos y de crecimiento.
Alcalinidad	100-200 ppm	Inestabilidad de pH
Nitritos	<0.1 ppm	Afectación en la respiración y el crecimiento, falta resistencia a enfermedades y lesiones en los órganos.
Fosfatos	0.6-1.5 ppm	Disminución de oxígeno

La piscicultura que se implementará se encuentra dentro de la clasificación de extensiva, la cual se define como el cultivo de peces a baja densidad (1 pez por cada 5-10 m<sup>2</sup>), generalmente en una gran extensión de espejo de agua con poco o ningún recambio de agua, con alimentación natural y una mínima inversión de capital. Es común el uso de cuerpos de agua ya existentes como jagüeyes, lagunas o represas. El hombre tiene poco o ningún control sobre el cultivo, limitándose a la siembra y la cosecha de los animales. (3) Con lo anteriores parámetros se define su posible uso u adecuación.

A partir de la determinación de parámetros físicos y químicos que según la normativa ambiental pertinente deben tener las piscinas para ser destinadas a uso pesquero. Pero, si al realizar la valoración se concluye que éstas piscinas no cumple con las características suficientes se debe realizar un plan de trabajo con los procesos necesarios que adecuen la calidad de agua para este uso.

Teniendo en cuenta que para esta zona prevalecen dos épocas climáticas, húmedas y secas, es necesario realizar la estimación de calidad del agua para cada una de estas y así, estipular si ésta variable influye y debe realizarse adecuaciones temporales, fijas o en el mejor de los casos, no realizarlas. Las muestras deben ser representativas.

La evaluación de los parámetros se llevará a cabo en el laboratorio de la empresa, el cual cuenta con las instalaciones e instrumentos necesarios para confiar en los resultados

## 12.2 Resultados de la caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en las piscinas de almacenamiento.

En el año 2016 se realizó la evaluación de la calidad de agua de 4 piscinas ubicadas en la escombrera 9. Para esto, se tomaron muestras y se comparó posteriormente con los límites de cuantificación establecidos por la normativa ambiental para el consumo humano decreto 1076 de 2015.

Tabla 4: Resultados de parámetros evaluados, 2016.

ANÁLISIS REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS				LÍMITE CUANTIFICACION	METODOLOGIA UTILIZADA DOCUMENTO NORMATIVO
		Piscina 1	Piscina 2	Piscina 3	Piscina 4		
(A) ALUMINIO	mg Al/L	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,0	Absorción atómica
(NAC) BORO	mg B/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,1	Espectrometría de absorción atómica electrotermica
(A) BERILIO	mg Be /L	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	Absorción atómica
(A) CLOROFILA A	mg /m <sup>3</sup>	1,04	7,31	1,24	1,03	//	Espectrofotométrico
(A) COBALTO	mg Co/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,1	Absorción atómica
(A) COBRE	mg Cu/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,1	Absorción atómica
(A) CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1701	5260	1271	1981	//	Electrométrico
(A) CROMO	mg Cr/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,1	Absorción atómica
(A) ORTOFOSFATOS (FOSFATOS)	mg PO <sub>4</sub> /L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	Acido ascorbico
(A) HIERRO	mg Fe/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,1	Absorción atómica
(A) FLUOR	mg F/L	1,16	0,84	1,08	0,98	0,2	metodo spands
(A) TURBIEDAD	NTU	12,1	5,17	12,6	70,9	//	Nefelométrico
(SUB) NITRATOS	mg NO <sub>3</sub> --N	1,31	4,89	0,153	0,145	//	Reducción con Cadmio
(A)	mg NH <sub>3</sub> -	<0,20	313,79	<0,20	<0,20	0,2	Kjedahl

NITROGENO AMONIACAL	N/L						
(A) NITROGENO TOTAL	mg N/L	<0,56	361,58	<0,56	1,83	0,56	Kjedahl
(A) ARSENICO	mg As/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,004	Absorcion atomica, Generacion de Hidruros
(A) LITIO	mg Li/L	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	Absorcion atomica
(A) MANGANESO	mg Mo/L	<0,10	0,71	<0,10	<0,10	//	Absorcion atomica
(NAC) MOLIBDENO	mg Mn/L	<0,001	0,001	0,002	<0,001	0,001	Espectometria de absorcion atomica electrotermica
(A) NIQUEL	mg Ni/L	<0,001	0,001	0,003	0,002	//	Espectometria de absorcion atomica electrotermica
(A) PLOMO	mg Pb/L	<0,000 5	<0,000 5	<0,000 5	<0,000 5	0,0005	Espectometria de absorcion atomica electrotermica
(NAC) RELACION DE ABSORCION DE SODIO (RAS)	//	11,78	4,11	6,99	8,36	//	Calculo matematico
(A) SELENIO	mg Se/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	Absorcion atomica, Generacion de Hidruros
(NAC) PORCENTAJE DE SODIO POSIBLE	%	87,19	23,25	80,85	97,97		Calculo matematico
(NAC) CADMIO	mg Cd/L	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	0,0001	Espectometria de absorcion atomica electrotermica
(NAC) SALINIDAD EFECTIVA	meq/L	20,52	37,12	12,68	14,16	//	Calculo matematico
(NAC) SALINIDAD	meq/L	6,14	1,82	4,23	5,05	//	Calculo matematico

POTENCIAL							
(NAC) VANADIO	Va/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	Espectometria de absorcion atomica electrotermica
(NAC) ZINC	Zn/L	0,003	0,002	0,001	//	//	Espectometria de absorcion atomica electrotermica
<b>MICROBIOLOGIA</b>							
(A) NUMERO MAS PROBABLE DE COLIFORMES FECALES	NPM/100 mL	23	2	18		1,8	Tecnicas de fermentacion de tubos multiples
(A) NUMERO MAS PROBABLE DE COLIFORMES	NPM/100 mL	46	14	230		1,8	Tecnicas de fermentacion de tubos multiples

Los resultados obtenidos reflejan una adecuada calidad de agua, sin aporte de contaminantes químicos. Fueron evaluados en total 31 parámetros físicos, químicos y microbiológicos. De los cuales, solo el nitrógeno, flúor y coliformes totales y fecales sobrepasan el límite de cuantificación establecido para el consumo humano según la normativa ambiental. Se presume que esto se debe a la presencia de fauna en la zona, donde se encuentran chigüiros, aves, babillas, patos, tortugas, morrcoyas, entre otras; que tienen como hábitat natural los alrededores de las piscinas, siendo una fuente constante de aportes de heces fecales que pueden provocar el aumento de coliformes en las piscinas de almacenamiento.

### 12.3 PARAMETROS PROPUESTOS PARA LA EVALUACION DE CALIDAD DE AGUA.

Para asegurar las condiciones óptimas de la actividad de producción pesquera, hay que evaluar la calidad de agua por contacto secundario con personas como es definido en la normativa ambiental la actividad de pesca y por la actividad normal de los peces. La tabla 5 muestra los parámetros propuestos para la evaluación de la calidad de agua de las piscinas junto a la metodología, valor máximo permisible y el documento que sustenta el límite de cuantificación.

Tabla 5: Parámetros propuestos para la evaluación de la calidad de agua.

	<b>Parámetros</b>	<b>Metodología</b>	<b>Valor Maximo permisible</b>	<b>Documento referente</b>
<b>Contacto secundario con personas</b>	Coliformes totales (NMP)	Técnica de fermentación en tubos múltiples	5000 Mo/100 ml	Decreto 1076 de 2015
	Oxígeno disuelto		70% concentración de saturación	
	Ph	Electrométrico	5,0-9,0	
	Tensoactivos	Colorimétrico azul de metileno	0,5	
<b>Actividad normal de peces</b>	Color	Comparación visual	Claro	Guía práctica de piscicultura en Colombia de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca
	Dióxido de carbono		<20 ppm	
	Dureza	Volumétrico	50-300 mg/l (6 ppm)	
	Alcalinidad	Volumétrico	100-200 ppm	
	Nitritos	Colorimétrico	<0.1 ppm	
	Fosfatos	Colorimétrico del ácido ascórbico	0.6-1.5 ppm	
	Oxígeno disuelto		>4ppm	
	pH		6.5-8	
	Turbidez	Nefelométrico	Apropiado	
	Temperatura		Ambiente	
	Solidos suspendidos totales	Gravimétrico	<80 mg/l	

Los parámetros de la actividad normal de peces propuestos son los mínimos para asegurar un adecuado hábitat para peces. En cuanto se conozca las especies a sembrar y producir se deberá evaluar parámetros adicionales de ser necesario según especie.

### **13 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS**

Las piscinas de almacenamiento ubicadas en la escombrera 9 de la mina Pribbenow se encuentran aparentemente en buenas condiciones y ofreciendo a la fauna del entorno un hábitat adecuado para su estadía o transición para el caso de las aves. Además, son el cuerpo receptor del agua proveniente de taludes y niveles más altos a través de los canales de drenaje diseñados previamente para asegurar. Su relevancia radica en ser cuerpos lenticos que ayudan en la sedimentación de material arrastrado a través de los taludes sirviendo como pretratamiento antes de llegar el agua a los cauces naturales.

Según el destino de uso de las piscinas al finalizar la actividad minera que, se propone que sea producción pesquera se debe evaluar la calidad de agua por el contacto secundario con el ser humano y por asegurar las condiciones mínimas para la supervivencia de los peces.

Teniendo en cuenta que se cuentan con un gran número de piscinas y, además, no reciben aportes de contaminantes podría considerarse usar éstos cuerpos de agua para suplir emergencia de escasez de agua que requieran bajos volúmenes de agua. Pero para eso, se deberá realizar evaluaciones de agua recientes para asegurar el buen estado del agua o realizar algún tratamiento físico que asegure las condiciones necesarias para darles este uso en caso de no cumplir con los valores máximos permisibles para este uso.

La propuesta puede ser implementada en otras escombreras del proyecto carbonífero Pribbenow y en las ubicadas en el proyecto El descanso. En este último no se ha realizado el diseño de canales de drenaje ni piscinas de almacenamiento pues la restauración vegetal se encuentra en etapa inicial. Por lo tanto, si se llegase a determinar que la composición del agua se ve altamente afectada por el lavado del suelo desde el inicio. Se puede implementar medidas que minimicen esto y mejorar las condiciones.

## 14 BIBLIOGRAFÍA

- Página web oficial de Drummond Ltd. <http://www.drummondco.com>
- SIG-1550 Procedimiento de revegetalización de áreas intervenidas.
- Informe sobre diseño de red de drenaje de la escombrera 9.
- Guía práctica de piscicultura en Colombia, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca.
- Torres P et al, 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. Revistas de ingenierías, Universidad de Medellín.
- Vargas O, 2015. Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. Universidad Nacional de Colombia.
- Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas – PNR. Página oficial Ministerio de Ambiente de Colombia. (<http://www.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/gestion-en-biodiversidad/restauracion-ecologica>).