

**IMPLEMENTACIÓN AMBIENTAL Y PRODUCTIVA**

**EDGAR DE JESÚS AREIZA RÍOS  
OSIEL ALEXANDER HERRERA LUNA  
JUAN CAMILO TORRES VALENCIA**

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
DECANATURA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL Y DISEÑO  
TECNOLOGÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2013**

**IMPLEMENTACIÓN AMBIENTAL Y PRODUCTIVA**

**EDGAR DE JESÚS AREIZA RÍOS  
OSIEL ALEXANDER HERRERA LUNA  
JUAN CAMILO TORRES VALENCIA**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de  
Tecnólogo en Producción Industrial**

**Asesor  
Jacobó Echavarría  
Ingeniero Industrial**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
DECANATURA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL Y DISEÑO  
TECNOLOGIA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2013**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Medellín, 31 de Mayo de 2013

## **DEDICATORIA**

Este proyecto queremos dedicárselo a nuestras familias, AREIZA RIOS, HERRERA LUNA y TORRES VALENCIA, quienes nos han dado su apoyo incondicional y han estado a nuestro lado durante el recorrido de este largo camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar deseamos agradecer a la Empresa PACHELLY LOS MANGOS SAS, por darnos la oportunidad de analizar tan importante causa y desarrollar una propuesta para mejorar.

A todos aquellos que de manera voluntaria e involuntaria ayudaron al desarrollo de esta propuesta.

A nuestro asesor que ha sido quien nos mostró el camino y nos abrió la mente en nuestro proyecto.

## GLOSARIO

**ASFALTO:** material viscoso, pegajoso y de color negro, usado como aglomerante en mezclas asfálticas para la construcción de carreteras autovías o autopistas.

**ASPI:** Acción Susceptible de Producir Impactos

**DESCAPOTE:** remover capa vegetal de un terreno a explotar.

**EXPLORACIÓN:** recorrer un lugar para conocerlo o descubrir lo que hay en él.

**EXPLORACIÓN:** conjunto de actividades organizadas para la obtención de distintos tipos minerales.

**FARI:** Factores Ambientales Susceptibles de Recibir Impacto

**MINERÍA:** obtención selectiva de los minerales y otros materiales de la corteza terrestre por medio de procesos artesanales o con maquinaria.

**MITIGACIÓN:** conjunto de medidas que se pueden tomar para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos que pudieran tener algunas intervenciones antrópicas.

**PML (Producción Más Limpia):** sistema de mejora continua y optimización de recursos tanto ambientales como industriales para el óptimo desempeño de los procesos.

**POLISOMBRA:** tela para recubrimientos en áreas de viveros.

**REFORESTACIÓN:** operación en el ámbito de la silvicultura destinada a repoblar zonas que en el pasado histórico resiente estaban cubiertas de bosques que han sido eliminados por diversos motivos.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	19
1. PROBLEMA	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
2. OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. JUSTIFICACIÓN	23
4. MARCO DE REFERENCIA	25
4.1 MARCO CONTEXTUAL	25
4.1.1 Descripción de la empresa	25
4.1.2 Reseña histórica	25
4.1.3 Ubicación de la empresa	26
4.1.4 Proceso de explotación	29
4.1.4.1 Planificación	30
4.1.4.2 Explotación	30
4.1.4.3 Beneficio	32
4.1.5 Salida a vertiente principal	35
4.1.6 Prueba de sedimentos.	36
4.1.7 Comercialización	36

4.1.8 Diagrama de proceso	37
4.1.9 Efectos generados por la mina	38
4.1.9.1 Posibles causas	38
4.1.10 Marco legal institucional	38
4.1.10.1 Código CIU	39
4.2 MARCO TEÓRICO	40
4.2.1 Antecedentes	40
4.2.1.1 Entidades del sector minero	40
4.2.2 Marco legal	41
4.2.2.1 Ley 685 de 2001. Código de Minas	42
4.2.2.2 ISO 14000 en la industria minera	43
4.2.2.3 Registro minero	43
4.2.2.4 Requisitos ambientales para la exploración	44
4.3 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. UNA ESTRATEGIA PARA LA PRODUCTIVIDAD Y LA COMPETITIVIDAD	45
4.3.1 Definición de PML	45
4.3.2 Objetivo global	46
4.3.3 Objetivos Específicos	46
4.3.4 Aplicación producción más limpia	47
4.3.5 Herramientas de producción más limpia para la optimización del proceso	47
4.3.6 Opciones de mejora	48
4.4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	48
4.4.1 Identificación de impactos	49
4.4.2 Valoración de la magnitud de los impactos ambientales	54
4.4.3 Relación de actividades, impactos y fichas de manejo	55
4.4.3.1 Impactos en el componente agua	55
4.4.3.2 Impactos en el componente aire (aumento material particulado y gases)	56
4.4.3.3 Impactos en el componente aire (ruido)	57
4.4.3.4 Impactos en el componente suelo	58
4.4.3.5 Impacto en el componente suelo (activación de erosión)	59

4.4.3.6 Impactos en el componente suelo (hundimiento del terreno)	60
4.4.3.7 Impacto en el componente flora	61
4.4.3.8 Impacto en el componente fauna	62
4.4.3.9 Impacto en el componente social (generación de expectativas)	63
4.4.3.10 Impacto en el componente social (afectación de la infraestructura pública y privada)	64
4.4.3.11 Impacto en el componente social (cambios en el uso del suelo)	65
4.4.3.12 Impacto en el componente social (afectación del patrimonio cultural)	66
4.4.3.13 Impacto en el componente social (modificación del paisaje)	67
4.4.3.14 Impacto en el componente social (aumentos en la demanda de bienes y servicios)	68
4.4.4 Método de Criterios Relevantes Integrados (CRI)	68
4.4.5 Formato utilizado en el cálculo del impacto neto en el método Batelle-Columbus	69
4.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN RÁPIDA DEL IMPACTO AMBIENTAL (RIAM)	73
4.5.1 Importancia del componente ambiental (A1)	74
4.5.2 Magnitud del cambio/efecto (A2)	75
4.5.3 Criterio B	76
4.5.4 Permanencia (B1)	76
4.5.5 Reversibilidad (B2)	76
4.5.6 Acumulación del impacto (B3)	77
4.6 MÉTODO EPM O MÉTODO ARBOLEDA	77
4.6.1 Duración (D)	78
4.6.2 Evolución (E)	79
4.6.3 Magnitud (M)	79
5. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR	81
5.1 PLAN DE TRABAJO	81
5.1.1 Etapa 1	81
5.1.1.1 Identificación de impactos ambientales	81

5.1.2 Etapa 2	85
5.1.2.1 Evaluación de impactos	85
5.1.3 Etapa 3	89
5.1.3.1 Implementación de producción más limpia	89
6. RESULTADOS	91
6.1 ETAPA 1	91
6.1.1 Identificación de impactos	92
6.1.2 Identificación y descripción de las acciones susceptibles de producir impactos (Aspi)	93
6.1.3 Factores ambientales susceptibles de recibir impacto (FARI)	98
6.1.4 Impactos generados	101
6.1.4.1 Impactos en el componente agua	101
6.1.4.2 Impacto en el componente aire	101
6.1.4.3 Impactos en el componente aire (ruido)	102
6.1.4.4 Impactos en el componente suelo	102
6.1.4.5 Impacto en el componente flora	103
6.1.4.6 Impacto en el componente fauna	103
6.1.4.7 Impacto en el componente social (generación de expectativas y paisaje)	103
6.2 ETAPA 2	104
6.2.1 Evaluación de impactos	104
6.2.2 Normatividad En Los Impactos	106
6.2.2.1 Impactos en el componente agua	106
6.2.2.2 Impacto en el componente aire	106
6.2.2.3 Impacto en el componente aire (ruido)	106
6.2.2.4 Impacto en el componente suelo	107
6.2.2.5 Impacto en el componente flora	107
6.2.2.6 Impacto en el componente fauna	107

6.2.2.7 Impacto en el componente social (generación de expectativas y paisaje, afectación de la infraestructura pública y privada, cambios en el uso del suelo, afectación del patrimonio cultural, modificación del paisaje, aumentos en la demanda de bienes y servicios)	108
6.3 ETAPA 3	108
6.3.1 Herramientas de PML	108
6.3.2 Sugerencias de PML	110
7. RECOMENDACIONES	116
8. CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	118
CYBERGRAFIA	119

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Coordenadas NEH-14331	27
Tabla 2. Coordenadas JKD-08051	28
Tabla 3. Métodos y Modelos de Identificación de Impactos	50
Tabla 4. Matriz Causa Efecto – La matriz es un referente técnico para minería a Cielo Abierto	52
Tabla 5. Matriz Causa Efecto – La matriz es un referente técnico para minería subterránea	53
Tabla 6. Atributos para valoración del impacto ambiental como referente técnico	54
Tabla 7. Análisis multicriterio	70
Tabla 8. Escala de valoración de la intensidad del impacto	71
Tabla 9. Escala de valoración de la extensión del impacto	72
Tabla 10. Escala de valoración de la duración del impacto	72
Tabla 11. Escala de valoración de la importancia del componente	75
Tabla 12. Escala de valoración de la magnitud del cambio	75
Tabla 13. Escala de valoración de la permanencia del impacto	76
Tabla 14. Escala de valoración de la reversibilidad del impacto	76
Tabla 15. Escala de valoración de la acumulación del impacto	77
Tabla 16. Lista de chequeo	82
Tabla 17. Identificación y descripción de las acciones susceptibles de producir impactos (ASPI)	82
Tabla 18. Factores ambientales susceptibles de producir Impacto (FARI)	83
Tabla 19. Esquema general del método matricial para la identificación de impactos	84

Tabla 20. Ejemplo de lista de impactos producidos en el proceso de identificación	84
Tabla 21. Ejemplo de matriz para la evaluación de los impactos ambientales por método EPM	87
Tabla 22. Resumen de rangos para aplicación de EPM	88
Tabla 23. Lista de chequeo	92
Tabla 24. Descripción de impactos ASPI	93
Tabla 25. Impactos FARI	98
Tabla 26. Calificación en tabla FARI	100
Tabla 27. Evaluación de impactos	105

## LISTA DE FOTOS

	<b>pág.</b>
Foto 1. Retroexcavadora	31
Foto 2. Sistema de transporte	31
Foto 3. Transporte en volquetas	32
Foto 4. Canales de agua	32
Foto 5. Almacenamiento de arena	33
Foto 6. Represa 1	33
Foto 7. Tanque sedimentador 2	34
Foto 8. Tanque sedimentador 3	34
Foto 9. Represa 2	35
Foto 10. Canal de abastecimiento	35
Foto 11. Prueba de sedimentos	36
Foto 12. Volqueta y retroexcavadora en proceso de producción	36

## LISTA DE PLANOS

	<b>pág.</b>
Plano 1. Localización Título NEH-14331	27
Plano 2. Localización Título JKD-08051	29

## LISTA DE GRAFICOS

	<b>pág.</b>
Gráfico 1. Diagrama de proceso de explotación de arena	29
Gráfico 2. Impactos en el agua	55
Gráfico 3. Impactos en el aire	56
Gráfico 4. Impactos en el aire (ruido)	57
Gráfico 5. Impactos en el suelo	58
Gráfico 6. Impactos en el suelo (erosión)	59
Gráfico 7. Impactos en el suelo (hundimiento de terreno)	60
Gráfico 8. Impactos en la flora	61
Gráfico 9. Impactos en la fauna	62
Gráfico 10. Impactos en lo social (expectativas)	63
Gráfico 11. Impactos en lo social (infraestructura publica y privada)	64
Gráfico 12. Impactos en lo social (cambios del suelo)	65
Gráfico 13. Impactos en lo social (patrimonio cultural)	66
Gráfico 14. Impactos en lo social (paisaje)	67
Gráfico 15. Impactos en lo social (demanda bienes y servicios)	68
Gráfico 16. Análisis Causa Efecto	109

## **RESUMEN**

En el ámbito ambiental de nuestro país y del mundo, nos hemos dado cuenta que estamos perdiendo nuestra diversidad y poco a poco deteriorando más nuestro medio ambiente. Realizaremos este trabajo enfocados en la utilización de las técnicas establecidas para un mejor desempeño productivo, en nuestro caso implementaremos todas estas normas y reglas en el sector minero y de explotación de arena ya que es un problema al que debemos darle importancia por sus impactos ambientales y sociales.

Con el plan de trabajo establecido se controlara y se dará orden al proceso de producción a la arenera PACHELLY LOS MANGOS SAS y concientizaremos tanto a las personas de la compañía como a la comunidad aledaña a saber utilizar los recursos naturales para el mejor desempeño y cuidado del medio ambiente.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación del medio ambiente y la destrucción de los recursos naturales han suscitado una creciente preocupación en la sociedad, y su debate alcanza todos los sectores de la comunidad. Ello ha obedecido, fundamentalmente a la paulatina toma de conciencia acerca de los peligros que la degradación del ambiente entraña para el presente y futuro de la humanidad, ya que en definitiva, lo que está en juego es la propia supervivencia de la especie humana.

En las últimas décadas la gestión ambiental comienza a ocupar los primeros lugares de la atención mundial. Esta preocupación actual por el deterioro ambiental se ve plasmada en diversas iniciativas adoptadas por la comunidad internacional a partir de conferencias de las naciones unidas sobre el medio ambiente humano, celebrada en Estocolmo, Suecia en 1972.

Acorde a estas sugerencias en el ámbito ambiental nacional se ve la necesidad de implementar un programa que este a nivel de un desarrollo sostenible y una optimización de los recursos dentro de las empresas mineras, que aún no tienen en cuenta este tipo de proyectos y no evalúan la necesidad de hacer un buen uso de los recursos naturales.

## **1. PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La arenera PACHELLY LOS MANGOS SAS, es una empresa dedicada a la explotación y extracción a cielo abierto de arena en el municipio de Bello desde 1979, siendo la materia prima para la construcción de obras civiles.

Esta empresa cuenta con unas áreas naturales ricas en aguas y zonas verdes, donde se tienen tanques de almacenamiento, canales de transporte, represas (que se alimentan por la desviación de caudales naturales), sedimentadores y maquinaria pesada; siendo en el proceso de explotación afectadas.

El aumento en la demanda municipal de arena, la cual es la materia prima principal en el proceso de la construcción de obras civiles, ha generado un crecimiento sin precedentes del sector minero colombiano en los últimos años; lo cual ha llevado a una mayor explotación y extracción del material, y en mira de esto nos lleva a plantear un proyecto de protección y mejora.

La empresa suministra una actividad económica que representa el 28% de la explotación de arena en el municipio de Bello y genera 12 empleos directos con las condiciones que garantizan todas sus prestaciones sociales y amparadas sobre las normas y reglamentos internos que mejoran el nivel de vida de los trabajadores que viven cerca a la arenera. También genera 4 empleos indirectos, pero en el momento de tenerlos dentro de la zona gozan con las condiciones laborales y de seguridad industrial.

Estos empleos son aparte de los que se pueden concebir de una forma más indirecta ya que este producto explotado es la materia prima primordial en el proceso de fabricación de ladrillos, bloques y en la construcción de obras civiles en general a lo cual las demás empresas pueden generar un gran número de empleos.

La construcción se consolidará por la buena dinámica de edificaciones y recuperación en obras civiles, dados los esfuerzos de reconstrucción ligeramente inferiores a los alcanzados durante 2006 y 2007, época del mayor auge económico reciente en Colombia. Lo anterior sugiere un buen ritmo de crecimiento para el consumo privado en el segundo semestre de 2011 y para comienzos de 2012.

Se conoce que dentro de las empresas de explotación minera a cielo abierto en el municipio de Bello, ninguna de estas cumple con algunas normas básicas e importantes en el manejo de minas de acuerdo al código general de minas dictado por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, haciendo una información general los empleados trabajan al contrato (de acuerdo a las labores diarias).

Por las múltiples problemáticas encontradas en el sector minero a cielo abierto, nos hemos enfocado en la profundización de las prácticas y alternativas de Producción más Limpia, para llevarlas a cabo en una mina de explotación y extracción de arena en el Municipio de Bello.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo disminuir el impacto ambiental con las nuevas condiciones de trabajo, en el proceso de extracción y explotación minera aplicando alternativas de Producción más Limpia?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Establecer los pilares para la implementación de alternativas de Producción más Limpia en la arenera PACHELLY LOS MANGOS SAS para mejorar el programa de ayuda al medio ambiental y atacar los factores ambientales y productivos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los impactos ambientales generados por la arenera y sus alrededores.
- Evaluar impactos en la extracción y remoción de la capa vegetal para cubrir zonas antes destapadas o que carecen de dicha capa.
- Proponer la implementación de PML para el mejoramiento de las aguas residuales y área de sedimentación para generar el proceso de asentamiento y limpieza de las aguas utilizadas en el proceso de transporte y lavado de la materia prima, recuperando así el recurso hídrico.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto nace como fruto de un análisis y con una posterior reflexión sobre las actividades que se vienen realizando en la arenera Pachelly Los Mangos SAS, ya que mediante esta investigación pretendemos implementar y mejorar muchos procesos que se realizan en este lugar, es muy importante realizar una explotación minera que cumpla con todos los requisitos ambientales y en la cual aportemos los recursos necesarios tanto económicos como educativos, haciendo así, un buen uso de los recursos naturales que en este sector se vienen explotando desde hace varios años.

Vemos pues así, una gran importancia no solo a nivel local si no a nivel nacional en la cual muchas empresas como esta se dedican a la extracción del mineral, y en las cuales se puede implementar en cada una de ellas un proyecto el cual vaya encaminado a la conservación y protección del medio ambiente, creando con esto, una conciencia de cuidado y responsabilidad en las personas para con su entorno; haciendo de todos un hábito de conciencia que no solamente haga parte su representante legal sino también de todas las persona que intervienen en los procesos; ya que al capacitar a sus colaboradores, más se verá el impacto sobre sus labores diarias.

Se podría recuperar gran parte del agua que está siendo contaminada en este sector devolviéndole vida a la vertiente en la cual caen estos sedimentos y con esto evitando la erosión de los terrenos los cuales han sido absorbidos no solo por la falta de agua sino también por la falta de reforestación de dichos terrenos, implementando alternativas de Producción más Limpia se podrá implementar estrategias que involucran típicamente la modificación de los procesos durante la producción, utilizando esta estrategia como medida preventiva integrándola a los procesos.

Siendo eficaces y haciendo buen uso de los recursos se mejorara el entorno no solo a un corto y mediano plazo si no también a un largo plazo pues el permiso para esta extracción abarca los 100 años de los cuales aún faltan 78, dándonos la expectativa de que se puede lograr muchas recuperaciones en el terreno el cual va en un 20% de su explotación de su límite geográfico, dejando para el futuro un terreno en el cual no solo se extraiga su mineral si no que se le brinden las condiciones necesarias para recuperarse del impacto y en el cual haciendo un uso óptimo de los recursos no solo se beneficien las personas si no el ecosistema que interactúa con nosotros.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO CONTEXTUAL

#### 4.1.1 Descripción de la empresa.

**RAZÓN SOCIAL:** Arenera Pachelly Los Mangos SAS.

**REPRESENTANTE LEGAL:** John Jairo Arango Quintero.

**NIT:** 71613874-1.

**TELÉFONO:** 272 10 14.

La arenera PACHELLY LOS MANGOS SAS, es una empresa dedicada a la explotación y extracción a cielo abierto de arena en el municipio de Bello desde 1979, siendo la materia prima para la construcción de obras civiles.

Esta empresa cuenta con unas áreas naturales ricas en aguas y zonas verdes, donde se tienen tanques de almacenamiento, canales de transporte, represas (que se alimentan por la desviación de caudales naturales), sedimentadores y maquinaria pesada; siendo en el proceso de explotación afectadas.

**4.1.2 Reseña histórica.** En los inicios de explotación de esta área el proceso se desarrollaba por medio de la utilización de pico y pala con agua a presión, eliminando la capa vegetal y descargándola a la quebrada, lo que conllevó a un daño evidente realizado por terceros, dejando una grande área descapotada.

La anterior compañía se dedicó directamente a la explotación del recurso mineral sin tener en cuenta los cambios generados al suelo y subsuelo en la zona de explotación y como tal a las áreas vecinas ya que el incremento de la población se ha ido extendiendo y delimita con el área de explotación.

Antiguamente se generó en la explotación de la compañía, un inadecuado proceso, aunque no se utilizaba maquinaria en ese momento, ya que la explotación se realizaba manualmente no realizaron la reforestación adecuada y no se tenía una entidad encargada de vigilar los procesos de exploración y explotación minera en nuestro país, la cual surge con mayor fuerza en los momentos que resultan los riesgos de accidentes laborales en estas empresas que ya sean con o sin título minero han tenido pérdidas humanas por no cumplir con los requisitos básicos de seguridad o la debida capacitación al personal.

Falto regular los distintos aspectos relacionados con las condiciones de operación en las explotaciones mineras ya que no se incluyó un correcto estudio y diseño del plan a seguir y no se tuvieron en cuenta cambios atmosféricos y maquinaria de innovación del mercado.

Se deben cumplir las normas exigidas para el manejo de residuos, material de combustión y químicos utilizados ya sea en el proceso de exploración y explotación como también los abonos orgánicos utilizados en el nuevo proceso de revegetalización.

**4.1.3 Ubicación de la empresa.** La arenera se encuentra ubicada en la vereda Quitasol al Noroccidente del Municipio de Bello, parte central del Departamento de Antioquia; cartográficamente la empresa se encuentra localizada en las planchas: 146-IIA en escala 1:25.000 del año 1979; 108 en escala 1:2.000 del año 1985 actualizada por planeación del Municipio de Bello. Las cartas bases fueron elaboradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC. (Tabla 2 – FIG 1).

El área objeto de estudio, cuenta en la actualidad con varias vías carreteables que se encuentran destapadas, las que en ocasiones se convierten en pantanales en épocas de invierno y en verano se vuelven lugares de intenso polvo. Esta vía comunica a la arenera con el barrio Pachelly, por la carrera 59ª y 60 con la calle

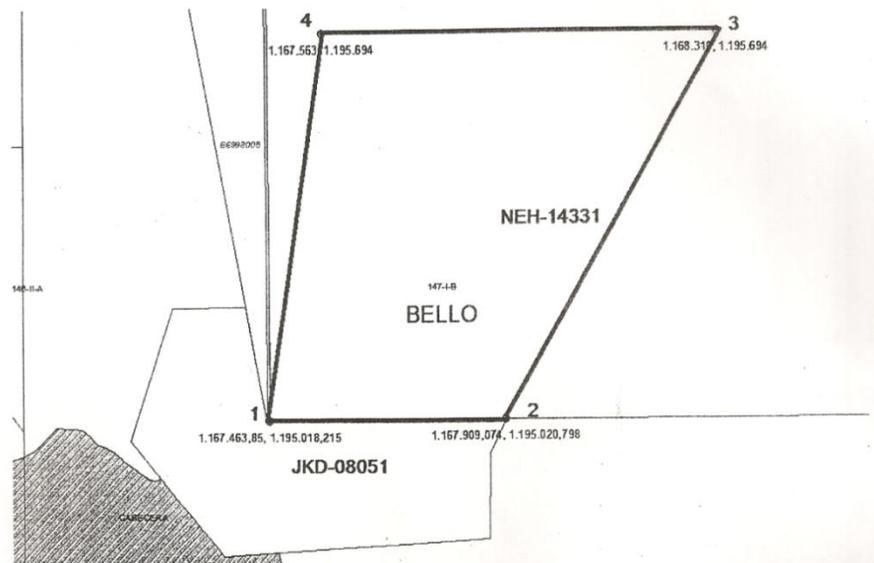
73 hasta la calle 63, la cual conduce al centro de la ciudad de Bello y de allí a los diferentes sitios del valle de Aburra; también cuenta con senderos peatonales para el desplazamiento de los empleados a sus lugares de residencia.

**Tabla 1.** Coordenadas NEH-14331.

PUNTO	ESTE	NORTE
1	1167463,9	1195018
2	1167909,0	1195020
3	1168310,0	1195694
4	1167563,0	1195694
5	1167463,9	1195023

**Fuente:** Realizado por los autores.

**Plano 1.** Localización Título NEH-14331.



**Fuente:** Realizado por los autores.

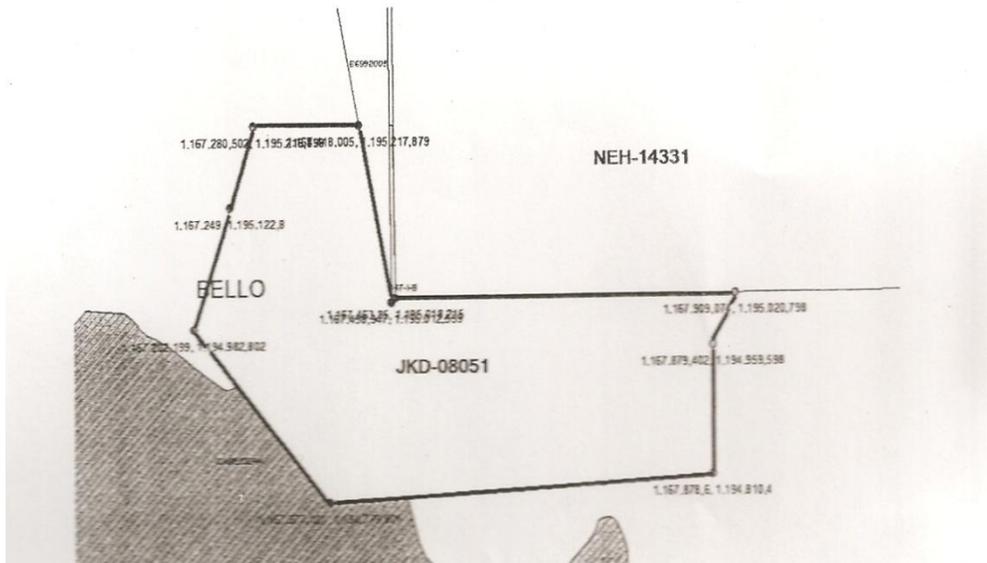
Por otro lado, colindante al título mencionado anteriormente, se encuentra ante la dirección de titulación minera, adscrita a la Secretaria de Minas del Departamento, la solicitud de trámite radicada con el No. JKD-08051, con fecha 13 de noviembre de 2008, con el fin de realizar la explotación minera en esta área. (Tabla 2 – Plano 2).

**Tabla 2.** Coordenadas JKD-08051.

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
1	1167463,850	1195018,215
2	1167909,074	1195020,798
3	1167879,402	1194959,598
4	1167878,600	1194810,400
5	1167377,101	1194779,801
6	1167202,199	1194982,802
7	1167249,000	1195122,800
8	1167280,502	1195216,899
9	1167418,005	1195217,879
10	1167458,947	1195012,559
11	1167549,900	1195218,800

**Fuente:** Realizado por los autores.

## Plano 2. Localización Título JKD-08051.



Fuente: Realizado por los autores.

### 4.1.4 Proceso de explotación.

Gráfico 1. Diagrama de proceso de explotación de arena.



Fuente: Realizado por los autores.

**4.1.4.1 Planificación.** Se realiza la remoción de la cobertura vegetal de forma mecánica removiendo las capas superficiales del área, mediante retroexcavadora la cual conforman terrazas de frentes de avance. Después de la preparación del frente de trabajo mediante la remoción de cobertura vegetal y los cortes del terreno, las arenas brutas se someten a diferentes procesos, de modo que, en cada caso, las distintas granulometrías responden a un rendimiento óptimo del mineral tratado, así como la mayor calidad de producto terminado, que pueda ofrecer satisfacción al usuario final, tanto de arenas normalizadas, como de calidades especiales que a veces demandan.

**4.1.4.2 Explotación.** Se realiza la explotación por medio de un banco único de explotación minera descendiente. El proceso se realiza de la siguiente manera:

- **Descapote:** Se da el descapote de los diferentes materiales que se encuentran en el yacimiento, para este caso en particular se extrae suelo arcillo-limoso o suelo residual y materiales meteorizados contaminados.
- **Arranque:** Se ha considerado el arranque mecánico para materiales meteorizados en bloque de arenisca, con algunos bloques más duros, por medio de la realización de cortes pequeños que avanzan con una retroexcavadora (Foto 1) y su correspondiente sistema de transporte del mineral con agua (Foto 2); igualmente se cuenta con mangueras que surte de agua al sistema de lavado y clasificación. La misma retroexcavadora es usada para transportar todos los equipos. El personal empleado es un operador para la retroexcavadora, un ayudante y un chorrero.

**Foto 1.** Retroexcavadora.



**Fuente:** Tomada por los autores.

**Foto 2.** Sistema de transporte.



**Fuente:** Tomada por los autores.

- **Cargue y transporte:** Para todos los materiales provenientes de la cantera y su disposición final sea el acopio de crudos o botadero para estériles, se utilizarán los siguientes medios: el estéril, se cargará con retro y transporte en volquetas (Foto 3) y el material útil, se hace con arranque retro y transporte en canales de agua (Foto 4).

**Foto 3.** Transporte en volquetas.



**Fuente:** Tomada por los autores.

**Foto 4.** Canales de agua.



**Fuente:** Tomada por los autores.

**4.1.4.3 Beneficio.** Esta actividad se lleva a cabo, mediante el lavado, almacenamiento (Foto 5) y secado, en esta etapa se realiza el lavado y clasificación de la arena, el proceso de lavado inicia en el frente de explotación donde se da el transporte del material mediante un medio fluido y a su vez se lava y se clasifica la arena llegando finalmente a tres tanques sedimentadores (Foto 7 y 8): en el primero se dispone la arena gruesa, en el segundo la arena de revoque y en el último se retienen los elementos arcillosos o desechos. En el lavado intervienen aguas limpias procedentes de una represa captada con agua de una

fuente hídrica (Foto 6). La relación de agua a mineral es de 2:1, es decir por cada metro cúbico de arena producido se consumen 2 metros cúbicos de agua. Lo anterior se realiza con el fin de eliminar la materia orgánica y arcillosa existente en los minerales brutos. Cada producto ya lavado y clasificado, por vía húmeda se almacena en los distintos acopios, perfectamente identificados, en espera de su traslado a la siguiente fase del proceso.

**Foto 5.** Almacenamiento de arena.



**Fuente:** Tomada por los autores.

**Foto 6.** Represa 1.



**Fuente:** Tomada por los autores.

**Foto 7.** Tanque sedimentador 2.



**Fuente:** Tomada por los autores.

**Foto 8.** Tanque sedimentador 3.



**Fuente:** Tomada por los autores.

Dentro del proceso de beneficio no se utiliza energía eléctrica, mecánica ni se utilizan elementos químicos.

Para el proceso de secado, las instalaciones cuentan con dos circuitos en paralelo, lo que permite dejar secar y cargar mientras el otro se encuentra en funcionamiento de llenado y cargado. Algunas arenas y gravas son utilizadas en construcción y para ello los depósitos no requieren mayores especificaciones.

**4.1.5 Salida a vertiente principal.** Las aguas residuales son vertidas a las fuentes hídricas cercanas a la arenera.

**Foto 9.** Represa 2.



**Fuente:** Tomada por los autores.

**Foto 10.** Canal de abastecimiento.



**Fuente:** Tomada por los autores.

#### 4.1.6 Prueba de sedimentos.

**Foto 11.** Prueba de sedimentos.



**Fuente:** Tomada por los autores.

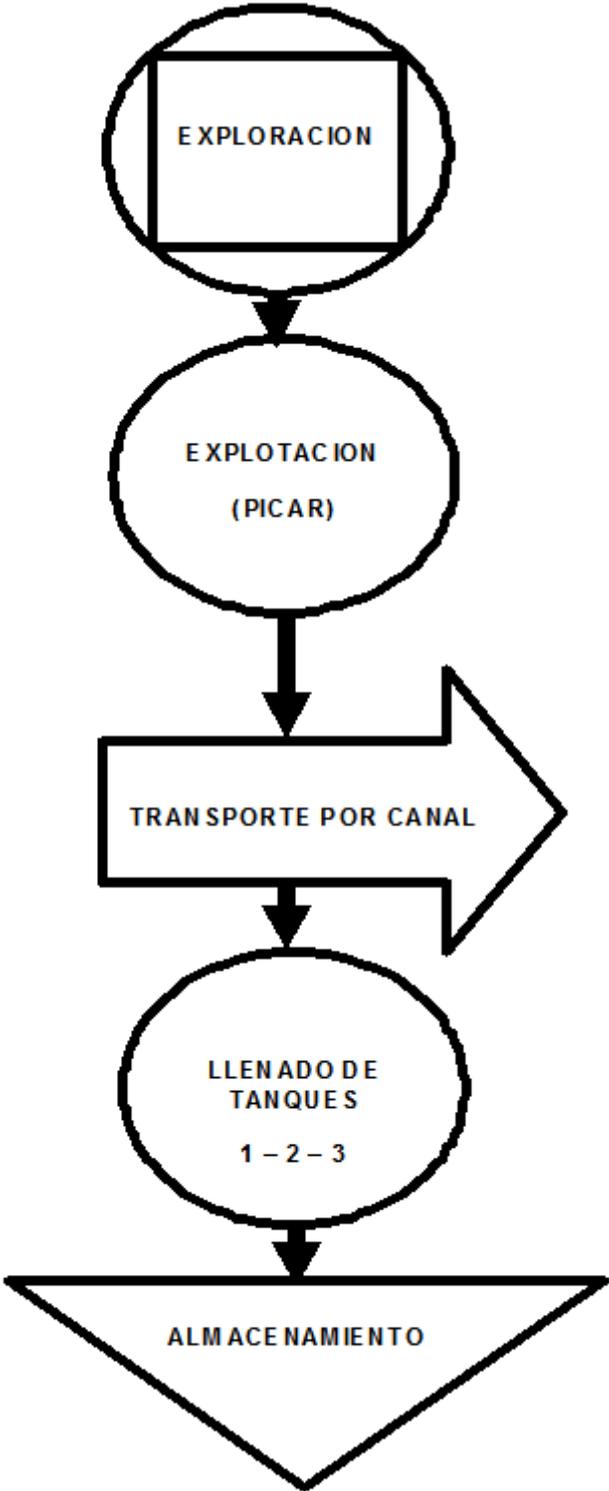
**4.1.7 Comercialización.** El material se comercializa por medio del transporte de volquetas al cliente.

**Foto 12.** Volqueta y retroexcavadora en proceso de producción.



**Fuente:** Tomada por los autores.

4.1.8 Diagrama de proceso.



#### **4.1.9 Efectos generados por la mina.**

- **Áreas deforestadas:** Se presentan en las zonas que fueron explotadas en inicios de la cantera sin hacerse el proceso de recuperación de suelos adecuadamente para su reparación.
- **Áreas con erosión y taludes:** Generadas por el proceso de explotación inadecuado y sin las técnicas en el trascurso de extracción del mineral.
- **Aguas contaminadas:** El agua utilizada en el transporte del mineral es depositada a la vertiente de la quebrada con el sedimento generado en el proceso de lavado.
- **Desvío y absorción de canales naturales:** Estos fueron creados para el proceso de transporte de arena, dejando la vertiente con un caudal mínimo.

**4.1.9.1 Posibles causas.** Falta de información y capacitación por parte del propietario de la mina en el proceso de extracción del mineral, ya que no contaba con el conocimiento de la realización de explotación con alternativas de producción más limpia con las cuales protegería el medio ambiente y el área de trabajo.

Falta de vigilancia por entes gubernamentales departamentales o nacionales en las empresas de explotación y extracción minera ya que no se cumplen las normas especificadas.

**4.1.10 Marco legal institucional.** Las arenas extraídas de la mina de explotación a cielo abierto PACHELLY LOS MANGOS SAS, cuenta con permisos y títulos mineros de exploración y explotación, que al ser comercializados benefician al gremio de la construcción y por ende a sus propietarios; por esta razón se deben cumplir con unas exigencias establecidas por el gobierno colombiano en el sector de explotación y generar unos reportes periódicos a las diferentes entidades gubernamentales encargadas de vigilar el cumplimiento de las normas y reglas

especificadas en los decretos, para así buscar la mayor eficacia en los cumplimientos establecidos y acordados.

Debido a que las actividades de explotación minera, se llevan a cabo como actividades de minería tradicional, su representante legal se acogió al proceso de legalización minera No NEH-14331

**4.1.10.1 Código CIU.** El Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, mediante la Resolución 56 de 1998 y modificada por la Resolución 300 de 2005, establece la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas - CIU, para el caso de la arenera Pachelly Los Mangos SAS, el número CIU corresponde a la división 14, explotación de minerales no metálicos y en la subdivisión, 1411 que se refiere a extracción de piedra, arena y arcillas comunes.

Debido a que dentro del área de trabajo se cuenta con un área dedicada a la explotación minera tradicional, se han recibido varias visitas de CORANTIOQUIA con el fin de identificar el manejo ambiental actual que se ha desarrollado dentro de la arenera, donde no se han encontrado desprendimientos de taludes que pongan en riesgo a la comunidad vecina (la cual se encuentra bastante alejada del frente de explotación).

Cabe resaltar que la actividad de explotación dentro de la mina se desarrolla teniendo en cuenta las normas que regulan la actividad, tales como: siendo el 3 de junio de 2009, con asesoría de la Compañía de Recursos Geológicos S.A, con NIT: 811045712-1, se presentó solicitud de Licencia Ambiental, ante la Corporación Autónoma Regional Aburra Norte.

## 4.2 MARCO TEÓRICO

**4.2.1 Antecedentes.** Como una respuesta a la solución de la problemática ambiental de los sectores productivos colombianos, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio del Medio Ambiente, ha definido dentro de sus políticas ambientales fundamentales incentivar "la prevención de la contaminación" en su origen, en lugar de tratarla una vez generada. Para lo anterior, el Proyecto Colectivo Ambiental del presente Gobierno considera el programa de Producción más Limpia entre los prioritarios para el cumplimiento del objetivo específico de contribuir a la sostenibilidad de los sectores productivos, continuando con la implementación de la Política Nacional de Producción más Limpia, que se comenzó desde 1995.

La Política Nacional de Producción más limpia, aprobada por el Consejo nacional Ambiental en agosto de 1997, ampliamente discutida por cerca de un año en diferentes espacios de concertación con diferentes instituciones gubernamentales, en especial con ministerios, al interior del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y con los sectores productivos público y privado, está orientada a Prevenir y minimizar eficientemente los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial, a partir de introducir la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío de largo plazo.(Carlos Mario Tamayo S. Ministerio del Medio Ambiente de Colombia).

**4.2.1.1 Entidades del sector minero.** La Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, el Instituto Nacional de Geología y Minería - Ingeominas y las Gobernaciones Delegadas, tendrán a cargo las siguientes responsabilidades.

Serán responsables de la captura, producción, procesamiento, análisis, distribución, almacenamiento, custodia y actualización de la información de su competencia definida acorde a sus funciones, a la normatividad vigente a lo establecido en este documento de política sectorial.

- Implementar una base de datos de la información solicitada por los usuarios mineros.
- Implementar un sistema de metadatos basados en los estándares establecidos.
- Establecer los mecanismos necesarios para garantizar el libre acceso a la información minera
- Evaluación de los parámetros de calidad pertinentes para la gestión y administración de la información de su competencia.

**4.2.2 Marco legal.** Durante los últimos años el sector de minas y energía ha experimentado cambios sustanciales en su estructura organizacional debido a fusiones de algunas instituciones y re-estructuraciones al interior de las mismas, todo lo anterior se ha traducido en un reacomodamiento de funciones y competencias institucionales basadas en el marco normativo vigente; la arquitectura empresarial funcional opera hoy en día en el sector basada en las políticas sectoriales. (Ministerio de Minas y Energía, 2009).

Para el Ministerio de Minas y Energía, las actividades de exploración y explotación minera, deben obedecer al concepto integral de sostenibilidad que viene promoviendo bajo el slogan de “COLOMBIA MINERA” Desarrollo Responsable”, y esa sostenibilidad no puede entenderse sino como la implementación de buenas prácticas en los aspectos técnico, ambiental, social y de seguridad para los trabajadores y el personal minero, basados en la ley 685 del código de minas y la ley 1382 del 2010 por la cual se modifica la ley anterior.

La información relativa a la riqueza del subsuelo, la oferta de minerales, el estado de los recursos y de la industria minera en general se declara de utilidad pública en el art. 339, Código de Minas.

El Gobierno establecerá un Sistema de Información Minera sobre todos los aspectos relacionados con el conocimiento de la riqueza del subsuelo en el territorio nacional y los espacios marítimos jurisdiccionales, y sobre la industria minera en general, art 336, Código de Minas.

La información del Sector Minero Colombiano deberá ser pertinente, imparcial y de acceso equitativo y su gestión y administración deberá garantizar su calidad, oportunidad y credibilidad. (Según Código de Minas, Ley 685 de 2001)

**4.2.2.1 Ley 685 de 2001. Código de Minas.** La actividad minera del país está regulada por la Ley 685 de 2001. Código de Minas, cuyos objetivos fundamentales son:

- Fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros estatales y privados.
- Estimular las actividades de exploración y explotación minera, con el fin de satisfacer los requerimientos de la demanda interna y externa de los mismos.
- Incentivar el aprovechamiento racional de los recursos mineros, de manera que armonice con los principios y normas de explotación de los recursos naturales no renovables.
- Promover el aprovechamiento de los recursos mineros dentro del concepto integral de desarrollo sostenible y fortalecimiento económico y social del país.

El Código regula las relaciones jurídicas del Estado con los particulares y las de estos entre sí, por causa de los trabajos y obras de la industria minera en sus

fases de prospección, exploración, construcción y montaje, explotación, beneficio, transformación, transporte y promoción de minerales que se encuentren en el suelo o subsuelo, ya sea de propiedad nacional o propiedad privada.

De igual modo, establece el principio de sostenibilidad como el deber de manejar adecuadamente los recursos naturales renovables y la integridad y disfrute del ambiente, lo cual es compatible y concurrente con la necesidad de fomentar el aprovechamiento racional de los recursos mineros como componentes básicos de la economía nacional y el bienestar social. Este principio deberá inspirar la interacción de los dos campos de actividad. (Ley 685 de 2001).

**4.2.2.2 ISO 14000 en la industria minera.** La norma ISO 14000 se diseña con el fin de ayudar a las empresas en el manejo de sus impactos ambientales. (ISO 14000; 1996, Introducción). Aun cuando las normas ISO sean exigibles en algunos países, o se tornen requisitos obligatorios en algunos sectores industriales, por acuerdos convencionales (Bell & Connaughton, 1993), la decisión de adoptar la norma ISO 14000, dependerá en gran medida en la forma que puede asistir a la gestión ambiental, y si resultan costo efectivos para la empresa que las busque aplicar.

Existen 2 ámbitos donde un sistema de gestión ambiental como el de la ISO 14000 puede contribuir a reducir costos. Por un lado puede mejorar la eficiencia de la producción y por otro, puede bajar los gastos administrativos y financieros ligados con el acatamiento de las regulaciones ambientales. (NTC ISO 14000 de 2004)

**4.2.2.3 Registro minero.** El Registro Minero Nacional es un medio de autenticidad y publicidad de los actos y contratos estatales y privados, que tiene por objeto principal la constitución, conservación, ejercicio y gravamen de los derechos a

explorar y explotar minerales, emanados de títulos otorgados por el Estado o de títulos de propiedad privada del subsuelo.

Únicamente se podrá constituir, declarar y probar el derecho a explorar y explotar minas de propiedad estatal, mediante el contrato de concesión minera, debidamente otorgado e inscrito en el Registro Minero Nacional.

Para cumplir con la normatividad relacionada con la solicitud y trámite de permisos, autorizaciones y concesiones de recursos naturales renovables requeridos para los trabajos de exploración, es necesario tener conocimiento de la oferta y demanda de recursos naturales objeto de uso, aprovechamiento o afectación, con el fin de establecer las asignaciones, el manejo y el grado de intervención que pueda realizarse sobre los mismos. La solicitud de los permisos debe realizarse de acuerdo con la información que se presenta a continuación. La obtención de los mismos, es indispensable para dar inicio a los trabajos de exploración.

La guía minero-ambiental es el instrumento de referencia para el manejo ambiental y por tanto, el concesionario deberá ajustarla a las características y condiciones específicas del área solicitada (Art. 272 código de minas).

**4.2.2.4 Requisitos ambientales para la exploración.** Para cumplir con la normatividad relacionada con la solicitud y trámite de permisos, autorizaciones y concesiones de recursos naturales renovables requeridos para los trabajos de exploración, es necesario tener conocimiento de la oferta y demanda de recursos naturales objeto de uso, aprovechamiento o afectación, con el fin de establecer las asignaciones, el manejo y el grado de intervención que pueda realizarse sobre los mismos. La solicitud de los permisos debe realizarse de acuerdo con la

información que se presenta a continuación. La obtención de los mismos, es indispensable para dar inicio a los trabajos de exploración.

La guía minero-ambiental es el instrumento de referencia para el manejo ambiental y por tanto, el concesionario deberá ajustarla a las características y condiciones específicas del área solicitada antes de iniciar los trabajos de exploración deberá diligenciar el formato de inscripción de las medidas de manejo ambiental, de acuerdo con la guía y con la reglamentación expedida por el Ministerio del Medio Ambiente. (Art. 272 código de minas).

### **4.3 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. UNA ESTRATEGIA PARA LA PRODUCTIVIDAD Y LA COMPETITIVIDAD**

**4.3.1 Definición de PML.** “UNEP (United Nations Environment Programme), define **producción más limpia** como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente.

En el caso de los procesos productivos se orienta hacia la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas, y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones contaminantes y los desechos. En el caso de los productos se orienta hacia la reducción de los impactos negativos que acompañan al ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. En los servicios se orienta hacia la incorporación de la dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos”.

En la práctica la aplicación del concepto de producción más limpia, tanto en los sistemas actuales de producción como en los productos y servicios, no significa una “sustitución en sentido estricto por otros diferentes”, sino “mejorarlos continuamente”, bajo el entendido que las nuevas tecnologías serán más limpias. De aquí, que producción limpia se perfila como la meta que será alcanzada con las nuevas inversiones, en tanto que la búsqueda sistemática del mejoramiento continuo, corresponde al concepto de producción más limpia, que obedece a un proceso dinámico y sistemático, el cual no se aplica una vez, sino permanentemente, en cada una de las fases del ciclo de vida.

En este contexto, la tecnología más limpia es sólo un elemento integral, pero parcial, dentro del concepto de producción más limpia, ya que éste incluye otros elementos como las actitudes y prácticas gerenciales de mejoramiento continuo de la gestión ambiental.

**4.3.2 Objetivo global.** Prevenir y minimizar eficientemente los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, garantizando la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial, a partir de introducir la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío a largo plazo. (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible enero de 2003).

#### **4.3.3 Objetivos Específicos.**

- Optimizar el consumo de recursos naturales y materias primas.
- Aumentar la eficiencia energética y utilizar energéticos más limpios.
- Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes.
- Prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas.
- Adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental.
- Minimizar y aprovechar los residuos.

#### **4.3.4 Aplicación producción más limpia.** La producción más limpia considera:

Proceso – Tecnología – Productos – Empleados – Materia Prima – Emisiones -  
Insumos

Mientras la producción convencional se pregunta QUÉ HACER con los residuos y emisiones, la producción más limpia indaga acerca de DÓNDE provienen dichos residuos y emisiones y POR QUÉ se generan y su COSTO (Bart Van Hoof 1ra edición ALFAOMEGA).

- Fase 1 - Compromiso
- Fase 2 - Análisis de las etapas del proceso
- Fase 3 – Generación de oportunidades de PML
- Fase 4 – Seleccionar soluciones de PML
- Fase 5 – Implementar soluciones de PML
- Fase 6 – Mantener el proceso de PML

#### **4.3.5 Herramientas de producción más limpia para la optimización del proceso.**

- ANÁLISIS DE DIAGRAMA DE FLUJO: Nos muestra la secuencia e interrelación entre las operaciones unitarias así como las entradas y salidas en cada operación.
- BALANCE DE MATERIALES: Un balance de materiales mide las cantidades de insumos (materia prima, energía, consumo de agua, etc.) que entran en un proceso, y la producción (producto terminado, residuos sólidos, efluentes, emisiones, etc.) que se genera como resultado de ese proceso.

Permite además identificar y cuantificar pérdidas o emisiones previamente desconocidas. (Ingeniería Ambiental, Sans Ramón.1989.)

#### **4.3.6 Opciones de mejora.**

- **PRÁCTICAS DE BUEN MANEJO:** Esta opción consiste en identificar y agrupar aquellas prácticas que por su simplicidad en la mayoría de los casos no requieren de una inversión alta; se refieren a mejorar y optimizar el manejo que el operario realiza en su puesto de trabajo.
- **CAMBIO DE PROCESO:** Aquí se contemplan aquellas acciones que requieren de un cambio en el proceso productivo, con el fin de lograr una reducción de las corrientes residuales, una minimización de los riesgos en el puesto de trabajo y la optimización del proceso.
- **CAMBIO TECNOLÓGICO:** Después de identificar y agotar las posibilidades para implementar prácticas de buen manejo y cambio de proceso se recurre a evaluar la viabilidad de un cambio tecnológico que consiste en la sustitución de equipos con tecnología de punta. (Tratamiento De Aguas Industriales, Rigola 1989).

#### **4.4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

La evaluación que se presenta en éste capítulo, parte de un análisis de los impactos ambientales más significativos y usuales, que potencialmente ocurren en un proyecto de explotación minera, tanto para la Construcción y Montaje como para las Obras y trabajos de Explotación a Cielo Abierto y Subterránea. Entre los impactos más notorios se encuentran: los cambios en la calidad físico-química de agua, la remoción y pérdida del suelo, la generación de estériles y escombros, la remoción y pérdida de cobertura vegetal (y por ende el desplazamiento de comunidades faunísticas), los cambios en el uso del suelo y la modificación del paisaje. Estos impactos ambientales se presentan por la alteración, tanto positiva como negativa de los componentes bióticos, abióticos y sociales del medio.

Para la evaluación de impactos ambientales se hace, en primer lugar, una correlación de las actividades realizadas para construcción, montaje, explotación y desmantelamiento del proyecto minero con cada uno de los impactos potenciales. Luego se procede a la valoración de los impactos, de acuerdo a criterios cualitativos, para establecer una magnitud; finalmente se hace referencia a las medidas de manejo ambiental de acuerdo con la relación específica de las actividades generadoras del impacto o los impactos.

Es importante anotar que todos los proyectos de explotación minera, incluso los de explotación temprana, requieren de Licencia ambiental, la cual se otorgará de manera global. Para el trámite de la Licencia Ambiental es necesaria la aprobación previa de un Estudio de Impacto Ambiental, que incluya las medidas para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales ocasionados.

**4.4.1 Identificación de impactos.** En la tabla 3 se mencionan algunos de los métodos más empleados para la identificación de impactos ambientales. Unos de los principales, y el sugerido en esta guía, es la matriz Causa-Efecto, en la que se relacionan las actividades generadoras de impacto, con los factores ambientales susceptibles de afectación. Esta matriz se aplica en las actividades de Construcción, Montaje y Explotación, tanto a cielo abierto como subterráneas.

**Tabla 3.** Métodos y Modelos de Identificación de Impactos.

MÉTODOS PARA IDENTIFICAR IMPACTOS	MODELOS PARA IDENTIFICAR IMPACTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Lista de chequeo:</b> Método de evaluaciones preliminares para seleccionar los impactos relevantes y previsibles.</li>   <li>• <b>Red de impactos:</b> Determina impactos a mediano y largo plazo. Relaciona impactos individuales entre sí (sinergismo), obteniendo impactos indirectos (secundarios o terciarios).</li>   <li>• <b>Método Mc. Harg:</b> compara el mapa de uso potencial con el uso actual para determinar las zonas en conflicto de uso por sobre explotación o sub explotación de sus ofertas.</li>   <li>• <b>Ad hoc:</b> Prevalece la opinión de un grupo de expertos que dan conclusiones lógicas y prácticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Modelos empíricos:</b> Predicen o cuantifican problemas ambientales específicos, con información experimental de la dinámica del ecosistema.</li>   <li>• <b>Modelos descriptivos:</b> Permiten plantear el funcionamiento del sistema con base en la observación detallada.</li>   <li>• <b>Modelos matemáticos complejos:</b> Permiten predicciones más precisas. Incluyen variables temporales, espaciales y de variaciones al azar.</li>   <li>• <b>Modelo ecológico:</b> Similar al de la superposición de mapas pero con un Análisis ecológico del territorio más exhaustivo.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Matriz causa-efecto:</b> Método cualitativo, que organiza los factores ambientales susceptibles de afectación con las actividades generadoras de la afectación, precedidos del signo + o -, según sea la variación de la calidad ambiental en una escala de 1 a 10 (1 alteración mínima y 10 alteración máxima).</li>   <li>• <b>Superposición de transparencias:</b> Permite obtener la imagen de la afectación general mediante la superposición de diferentes mapas cartográficos con características propias de una zona.</li> </ul>	
--	--

**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**Tabla 4.** Matriz Causa Efecto – La matriz es un referente técnico para minería a Cielo Abierto.

ACTIVIDADES		ACTIVIDADES GENERALES Y ESPECÍFICAS DE LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DE SUPERFICIE																
		PLANIFICACIÓN		PREOPERATIVA				OPERACIÓN										
		Reconocimiento de campo	Socialización y visita de campo	Ubicación de campamentos	Definición y uso de accesos	Contratación de personal	Adecuación y construcción de campamentos y helipuertos	Utilización y/o adecuación de accesos	Base topográfica y levantamiento topográfico	Cartografía geológica	Apertura de trincheras y a paques	Geoquímica	Geofísica	Levantamiento topográfico				
COMPONENTE AMBIENTAL	ABIÓTICO	Cambios en la calidad físico química del agua						●	●									
		Afectación de la dinámica de aguas superficiales y subterráneas																
		Sedimentación de cuerpos de agua						●	●			●						
		Emisión de material particulado y de gases						●	●			●		●				
		Generación de ruidos						●	●					●				
		Remoción en masa y pérdida del suelo						●	●			●						
		Generación de estériles y escombros						●	●			●						
		Desestabilización de pendientes							●									
	BIÓTICO	Remoción y pérdida de cobertura vegetal						●	●			●		●				
		Afectación de comunidades faunísticas						●	●									
	SOCIAL	Generación de expectativas	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Generación de empleo					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Afectación de la infraestructura pública y privada						●	●									
		Incremento del uso de bienes y servicios						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Cambios en el uso del suelo						●										
		Afectación del patrimonio cultural						●										
		Modificación del paisaje						●										

**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**Tabla 5.** Matriz Causa Efecto – La matriz es un referente técnico para minería subterránea.

ACTIVIDADES		ACTIVIDADES, OBRAS Y TRABAJOS DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA													
		CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE					ARRANQUE, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO				CIERRE Y ABANDONO				
		Construcción de edificaciones	Construcción de patios de acopio	Construcción y adecuación de vías externas e internas	Construcción de líneas de transmisión	Construcción de infraestructura de servicios públicos	Entibación	Perforación y voladura	Transporte interno	Transporte externo	Almacenamiento externo (patios de acopio)	Disposición de escombros	Frentes mineros	Infraestructuras	
COMPONENTE AMBIENTAL	ABIÓTICO	Cambios en la calidad físico-química del agua			●					●					
		Afectación de la dinámica de aguas superficiales		●	●		●					●			
		Afectación de la dinámica de aguas subterráneas					●		●						
		Sedimentación de cuerpos de agua	●	●	●						●	●			
		Emisión de material particulado y de gases	●	●	●				●	●	●	●	●		
		Generación de ruidos	●	●	●				●	●	●	●	●		●
		Remoción en masa y pérdida del suelo	●	●	●	●	●						●		
		Activación de procesos erosivos	●	●	●	●	●	●							
		Contaminación del suelo									●				
		Hundimiento del terreno						●	●		●				
	Movimiento del macizo rocoso							●							
	BIÓTICO	Remoción y pérdida de cobertura vegetal	●	●	●	●	●	●					●		
		Afectación de comunidades faunísticas	●	●	●	●	●	●			●	●	●		
	SOCIAL	Generación de expectativas	●	●	●	●	●		●		●			●	●
		Generación de empleo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
		Cambios en el uso del suelo	●	●	●	●							●		
		Afectación del patrimonio cultural		●	●								●		
		Modificación del paisaje	●	●		●			●			●	●		

**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.2 Valoración de la magnitud de los impactos ambientales.** Para que el concesionario complemente la evaluación de los impactos ambientales, debe determinar la magnitud del impacto generado, partiendo de la matriz de causa y efecto. Se valora cada impacto puntual por separado, de acuerdo con los criterios de valoración (tabla 6) o criterios similares. La magnitud de los impactos dependerá de varios factores a considerar: localización, tamaño del área, trabajos de construcción y montaje, métodos de explotación minera, cantidad de trabajadores, líneas de transmisión de vehículos y maquinaria utilizada, cercanía a vías de acceso, relieve del lugar, suelo, cercanía a asentamientos humanos y presencia de cuerpos de agua subterráneos y superficiales.

**Tabla 6.** Atributos para valoración del impacto ambiental como referente técnico.

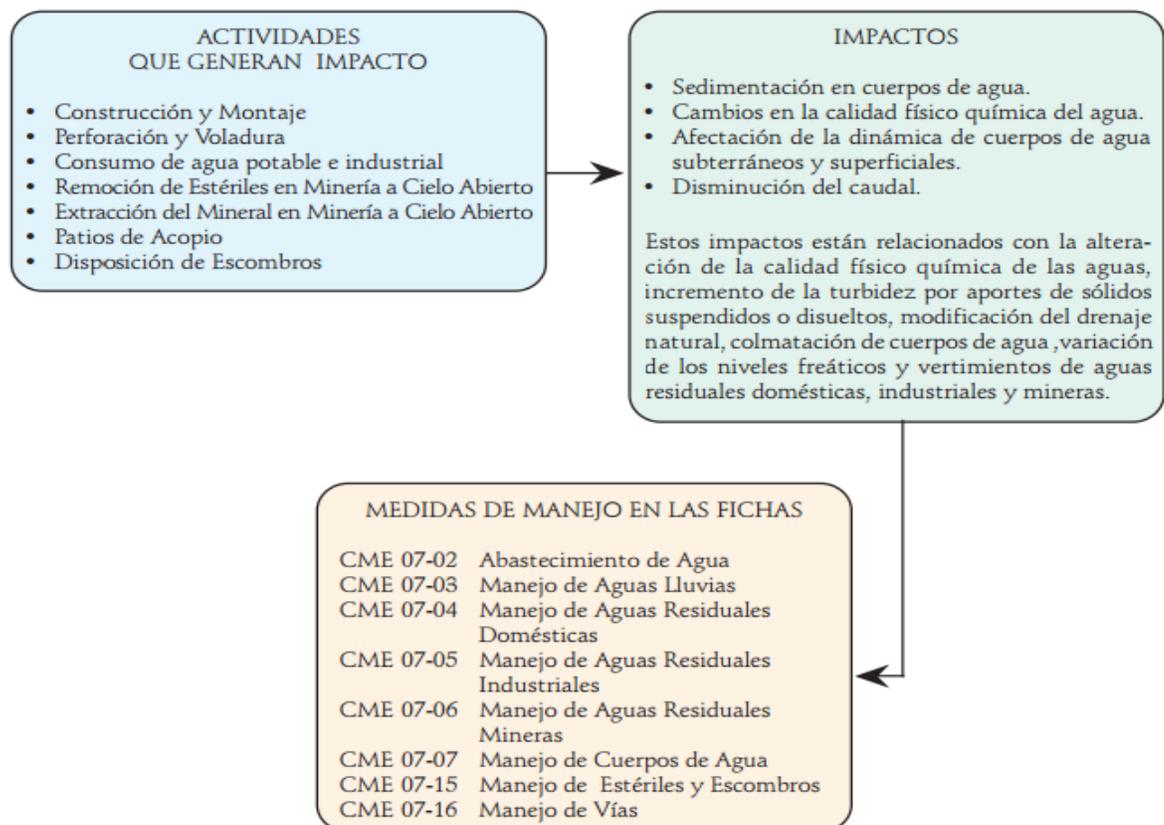
ATRIBUTO CUALITATIVO	CARACTERIZACIÓN DEL ATRIBUTO	VALORACIÓN (Efecto que produce)
<b>Intensidad</b>	Define el grado de incidencia de la acción sobre el factor.	Alto
		Medio
		Bajo
<b>Duración</b>	Plazo de manifestación del impacto. Hace referencia al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto.	Fugaz
		Temporal
		Pertinaz
		Permanente
<b>Capacidad de recuperación</b>	Tiempo de permanencia del efecto desde su aparición hasta que el factor afectado retorna a las condiciones iniciales, gracias a efectos naturales o acciones correctivas.	Irrecuperable
		Irreversible
		Reversible
		Recuperable
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	Establece la potencialidad de que se presente un efecto tras la acción.	Poco probable
		Probable
		Seguro
<b>Extensión</b>	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.	Puntual
		Parcial
		Extremo
		Total
<b>Periodicidad</b>	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica (efecto periódico), de forma impredecible cada vez que se repite (efecto irregular), o constante (efecto continuo).	Continuo
		Discontinuo
		Aparición irregular
<b>Interrelación acciones y/o efectos</b>	Contempla el efecto de dos o más acciones simples.	Simple
		Acumulativo
		Sinérgico
<b>Manifestación</b>	Establece el grado de inminencia del efecto durante y después de que se presente la acción.	Latente
		Inmediato
<b>Carácter</b>	Hace referencia al carácter beneficioso (positivo) o perjudicial (negativo) de las diferentes actividades sobre los factores considerados.	Positivo
		Negativo

**Fuente:** Adaptado de Actividades de Exploración en Hidrocarburos. DNP 2001.

**4.4.3 Relación de actividades, impactos y fichas de manejo.** Se presenta una correlación entre las actividades que generan los impactos, los impactos mismos y las medidas de manejo, para las cuales se indica la ficha específica en lo referido a agua, material particulado, gases, ruido, suelo, erosión, hundimientos, flora, fauna, generación de expectativas, afectación de infraestructura, cambios en el uso del suelo, patrimonio cultural, modificación del paisaje y aumento en la demanda de bienes y servicios. Estas medidas de manejo serán la base para la gestión ambiental que se realiza posteriormente hasta el seguimiento, monitoreo y evaluación. Se presenta a continuación las correlaciones en forma separada.

**4.4.3.1 Impactos en el componente agua.** Se muestran en el siguiente grafico:

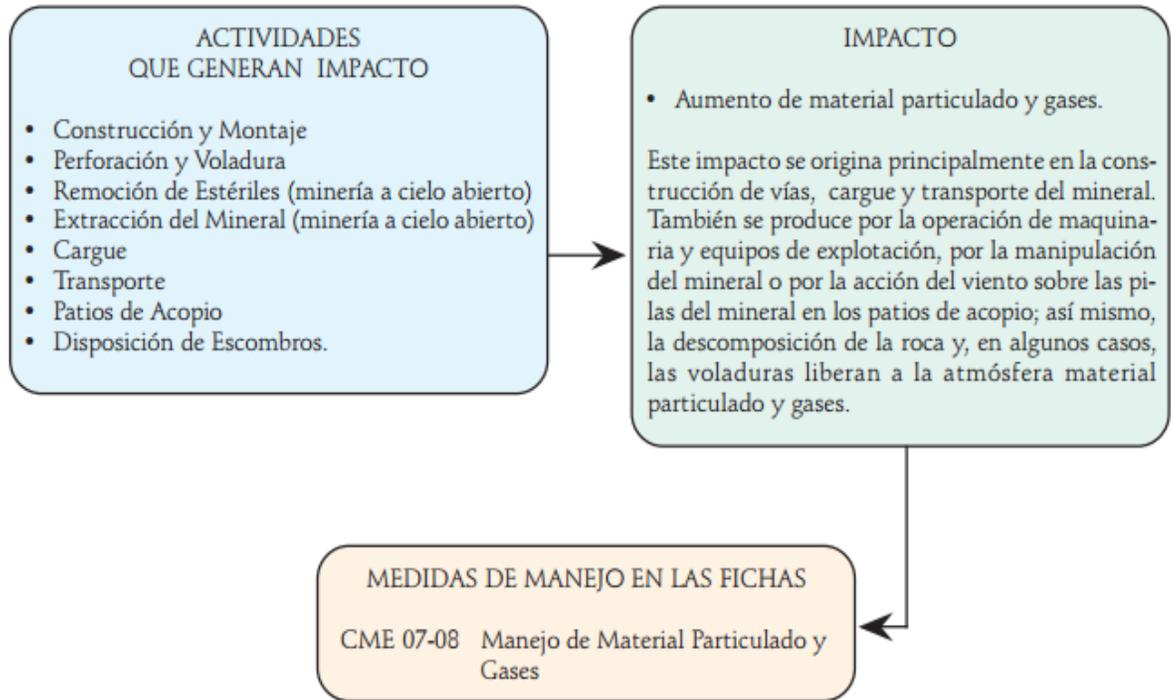
**Gráfico 2.** Impactos en el agua.



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.2 Impactos en el componente aire (aumento material particulado y gases).** Se muestran en el siguiente grafico:

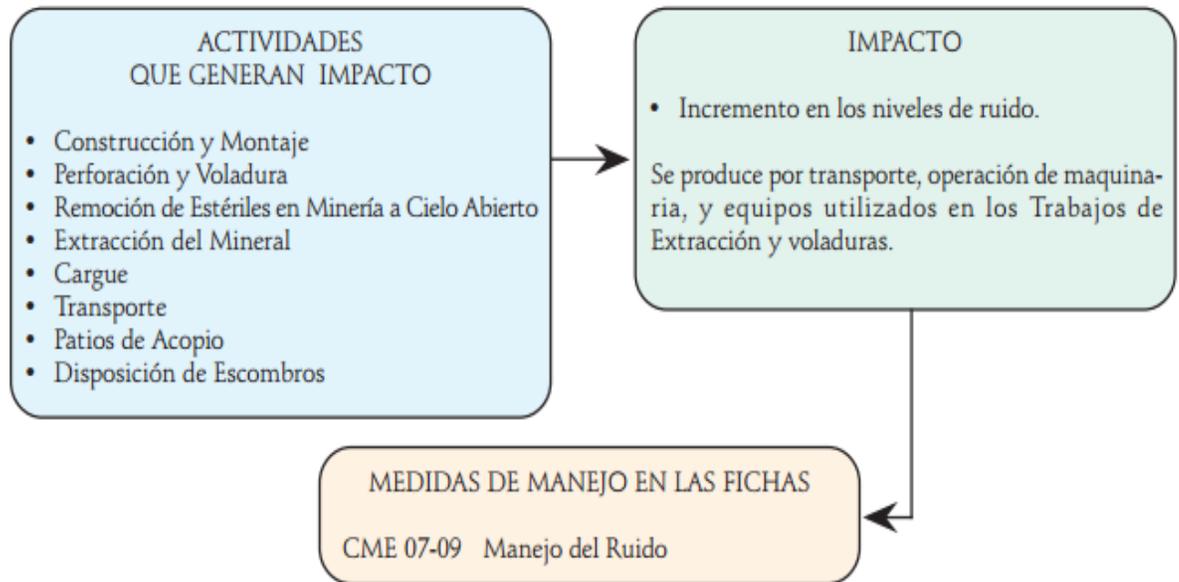
**Gráfico 3.** Impactos en el aire.



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.3 Impactos en el componente aire (ruido).** Se muestran en el siguiente grafico:

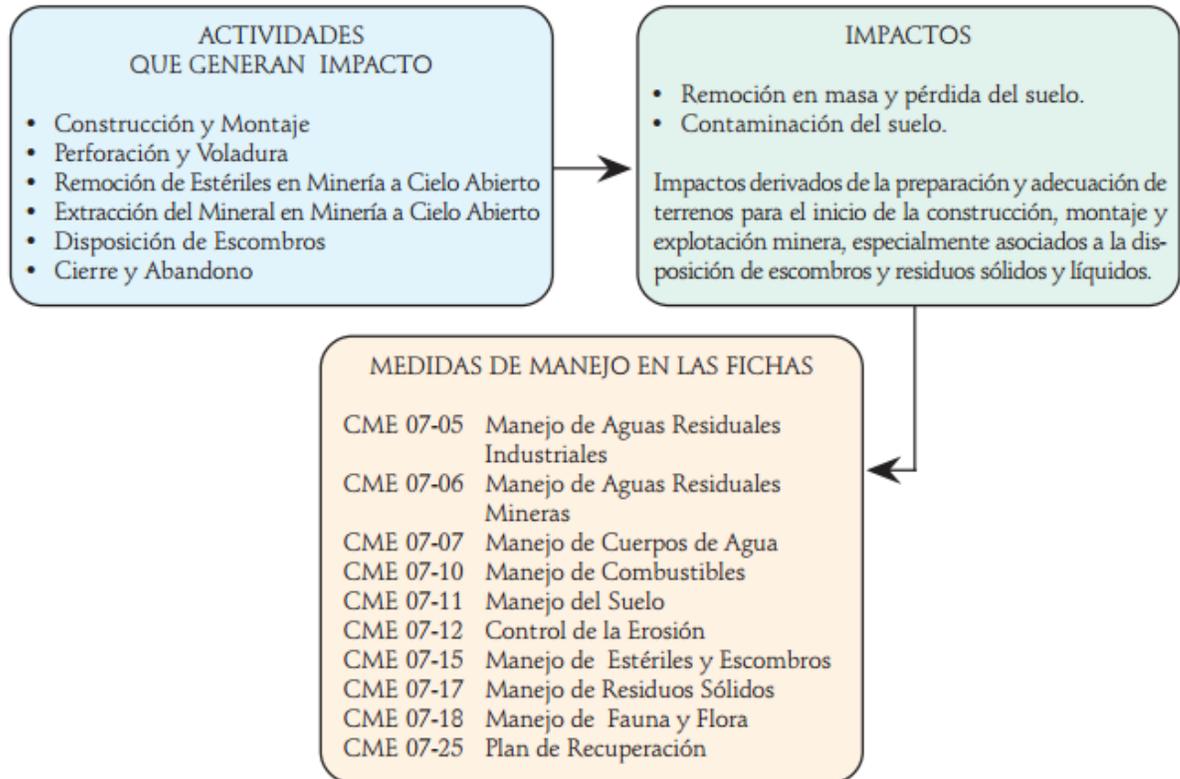
**Gráfico 4.** Impactos en el aire (ruido).



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.4 Impactos en el componente suelo.** Se muestran en el siguiente grafico:

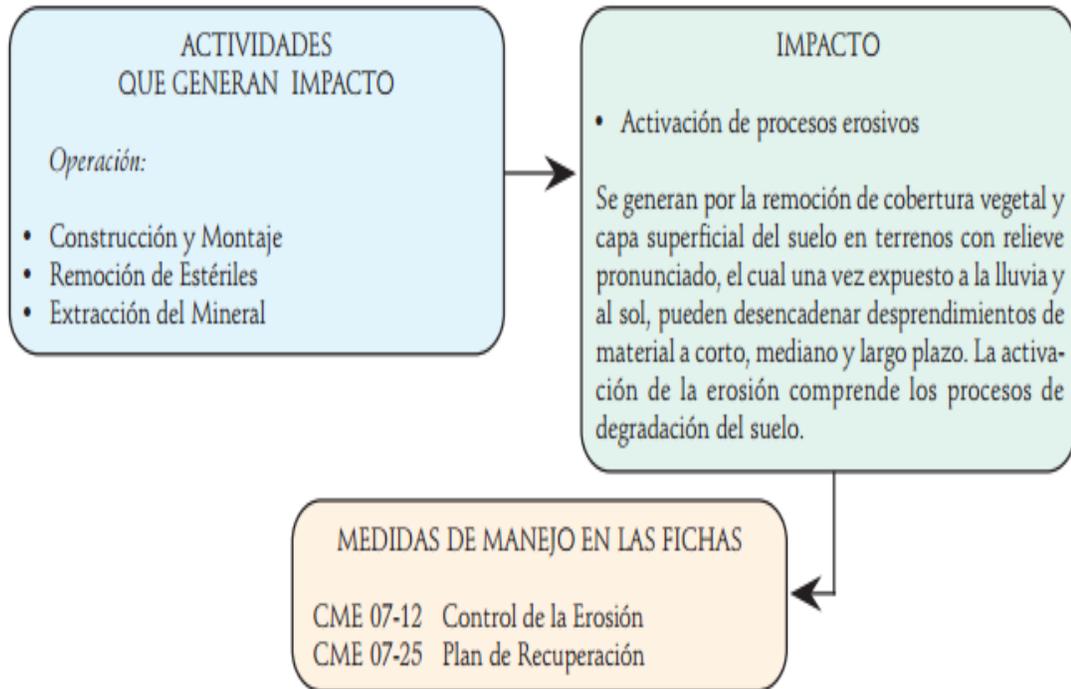
**Gráfico 5.** Impactos en el suelo.



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.5 Impacto en el componente suelo (activación de erosión).** Se muestran en el siguiente grafico:

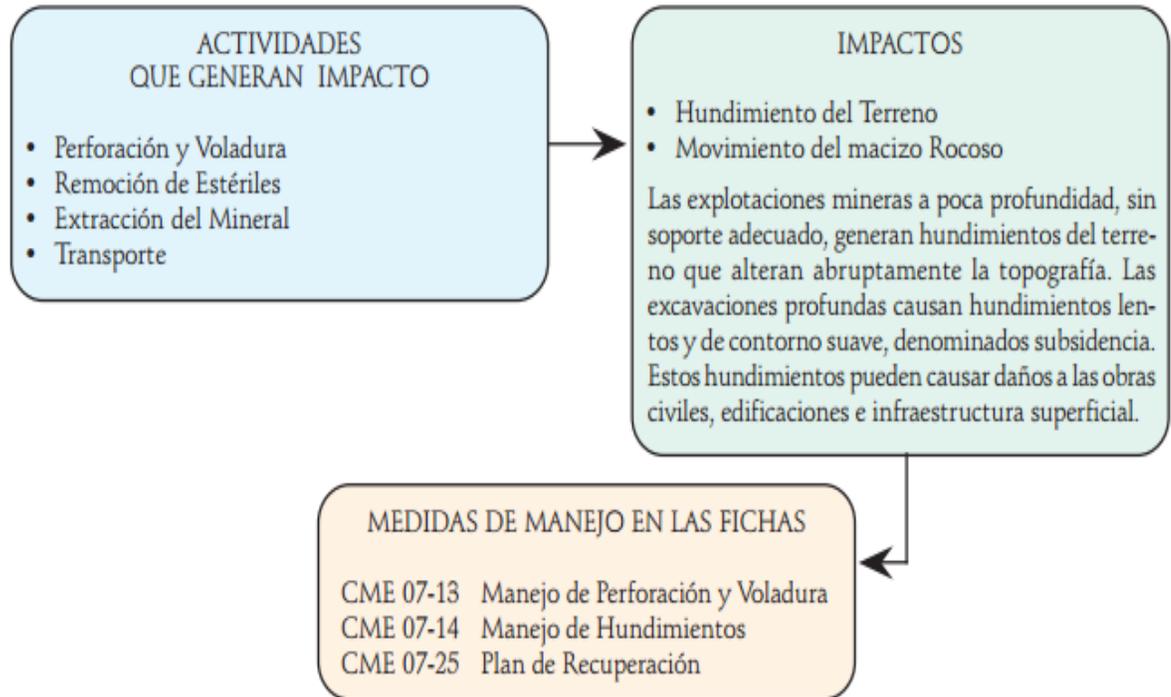
**Gráfico 6.** Impactos en el suelo (erosión).



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.6 Impactos en el componente suelo (hundimiento del terreno).** Se muestran en el siguiente grafico:

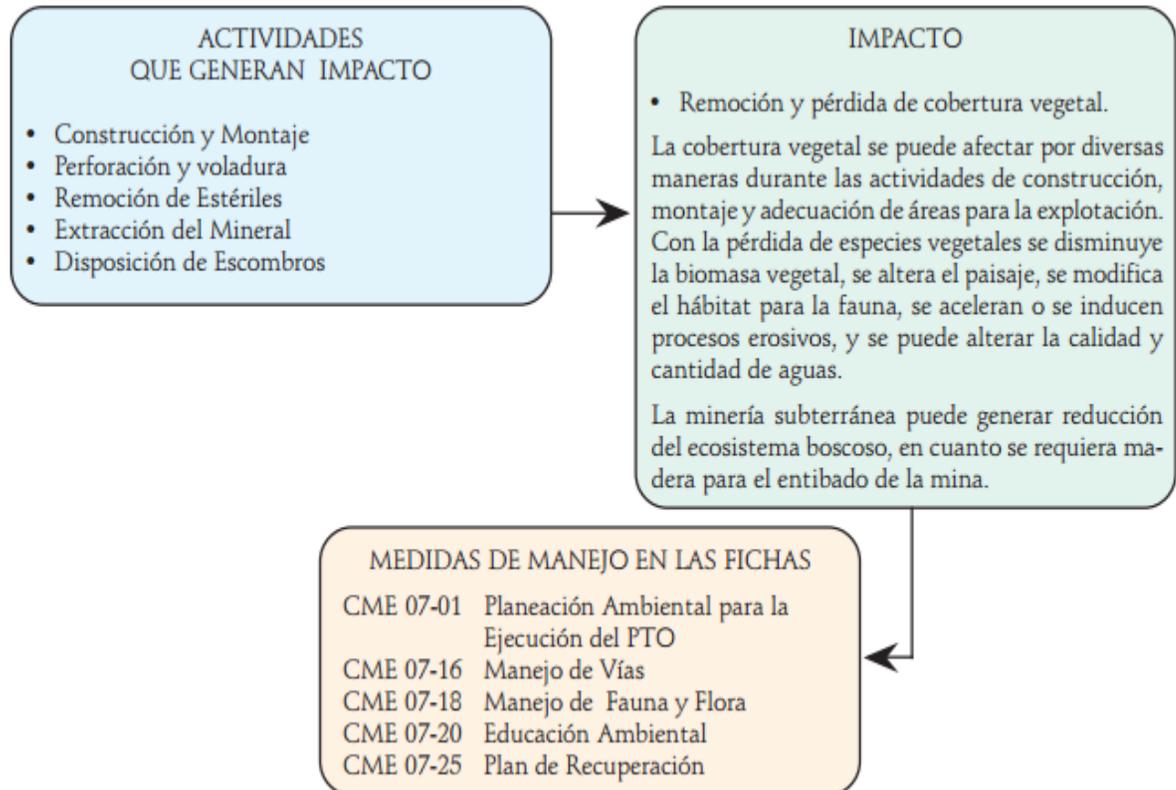
**Gráfico 7.** Impactos en el suelo (hundimiento de terreno).



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.7 Impacto en el componente flora.** Se muestran en el siguiente grafico:

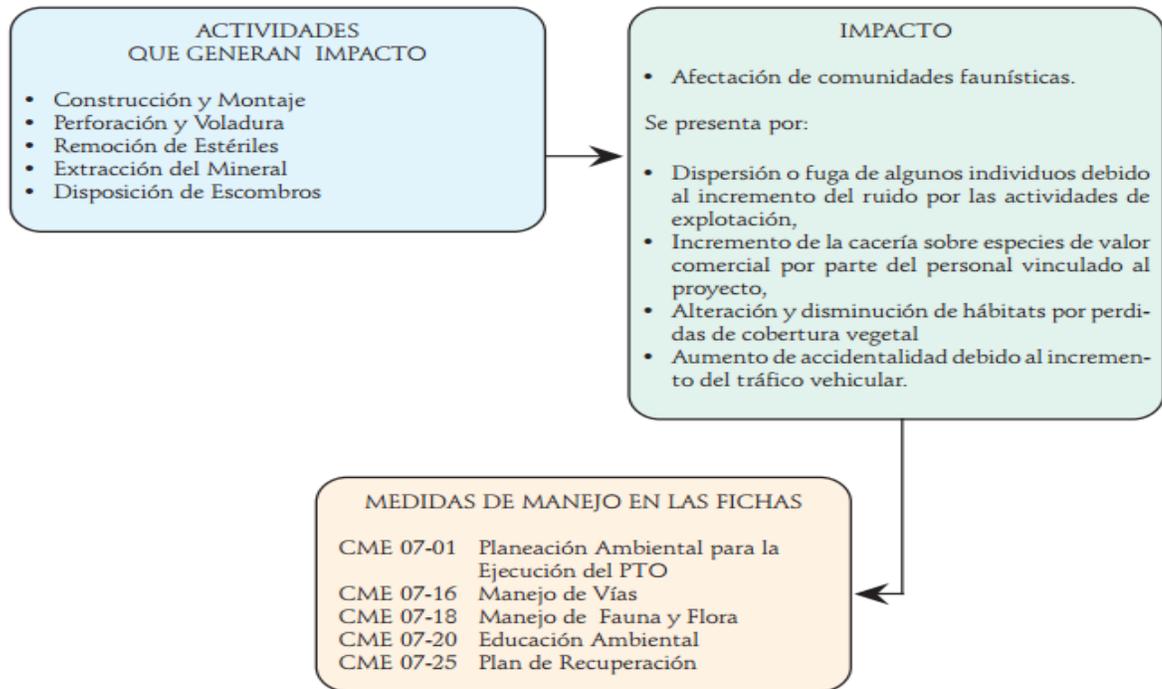
**Gráfico 8.** Impactos en la flora.



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.8 Impacto en el componente fauna.** Se muestran en el siguiente grafico:

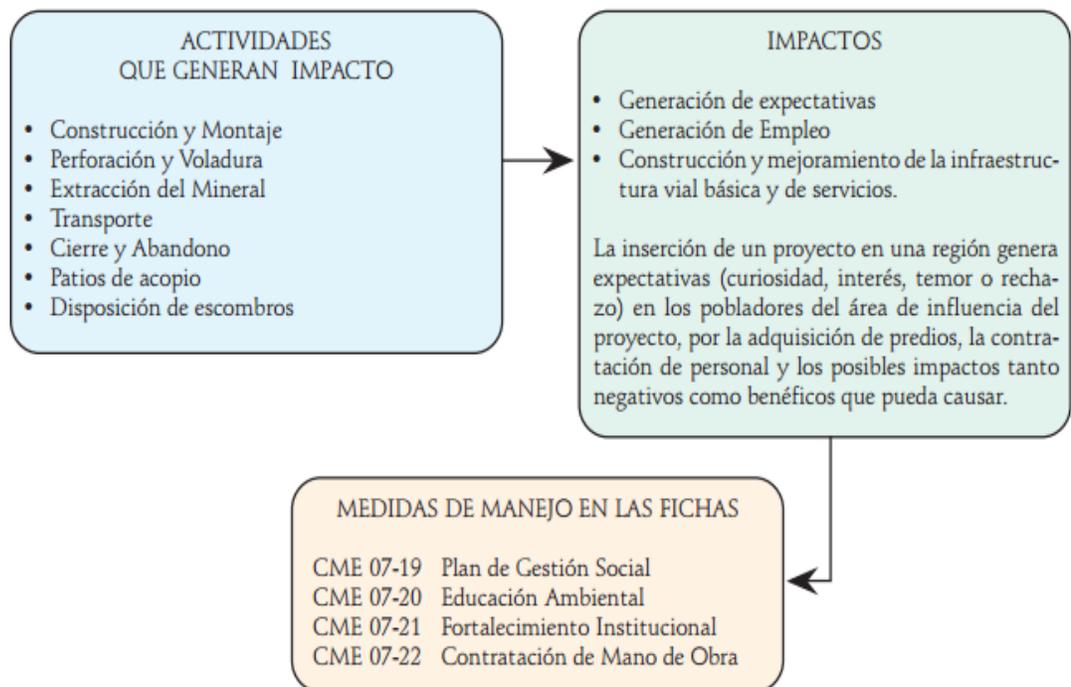
**Gráfico 9.** Impactos en la fauna.



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.9 Impacto en el componente social (generación de expectativas).** Se muestran en el siguiente grafico:

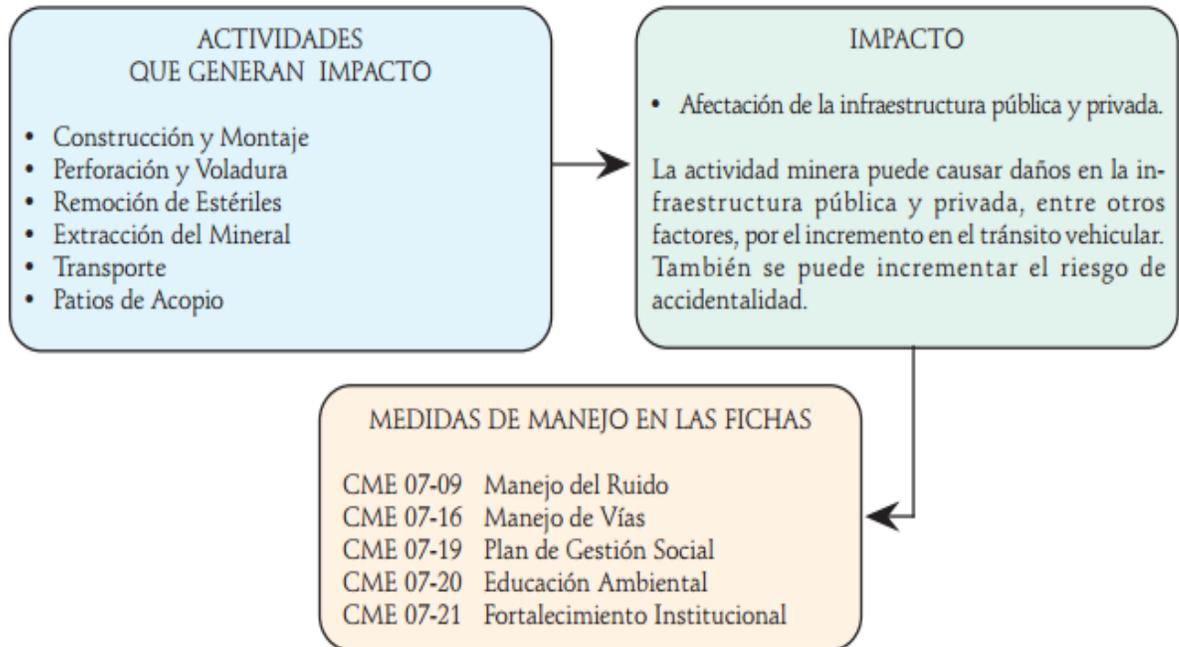
**Gráfico 10.** Impactos en lo social (expectativas).



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.10 Impacto en el componente social (afectación de la infraestructura pública y privada).** Se muestran en el siguiente grafico:

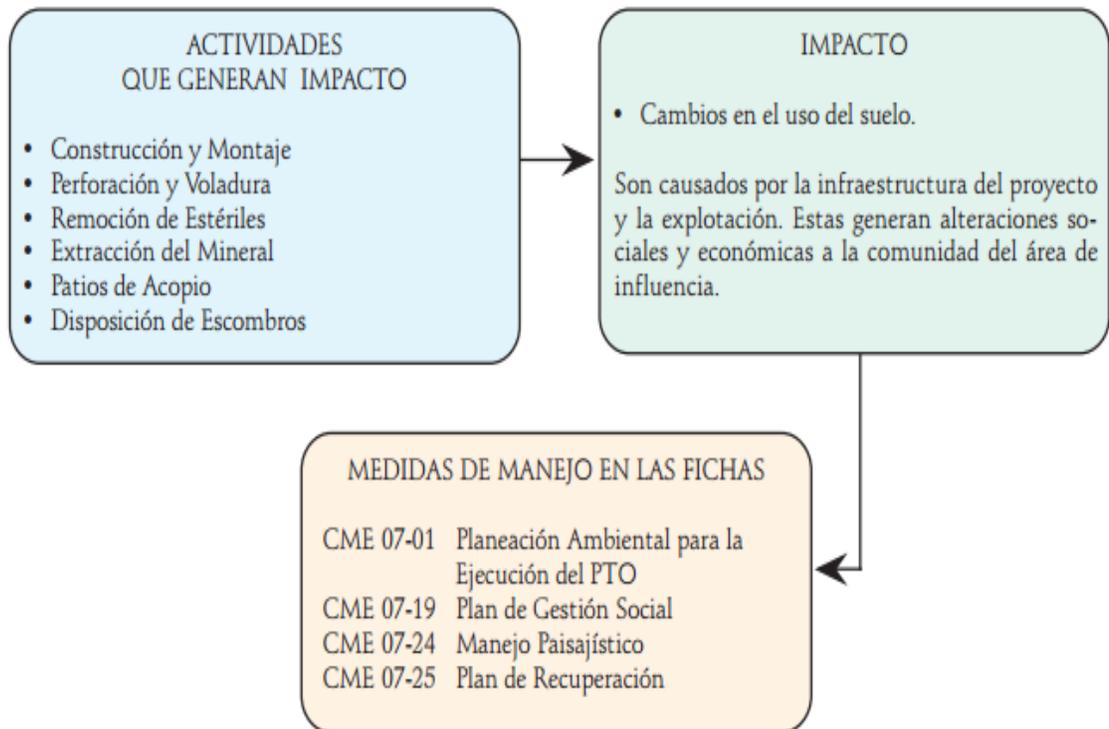
**Gráfico 11.** Impactos en lo social (infraestructura publica y privada).



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.11 Impacto en el componente social (cambios en el uso del suelo).** Se muestran en el siguiente grafico:

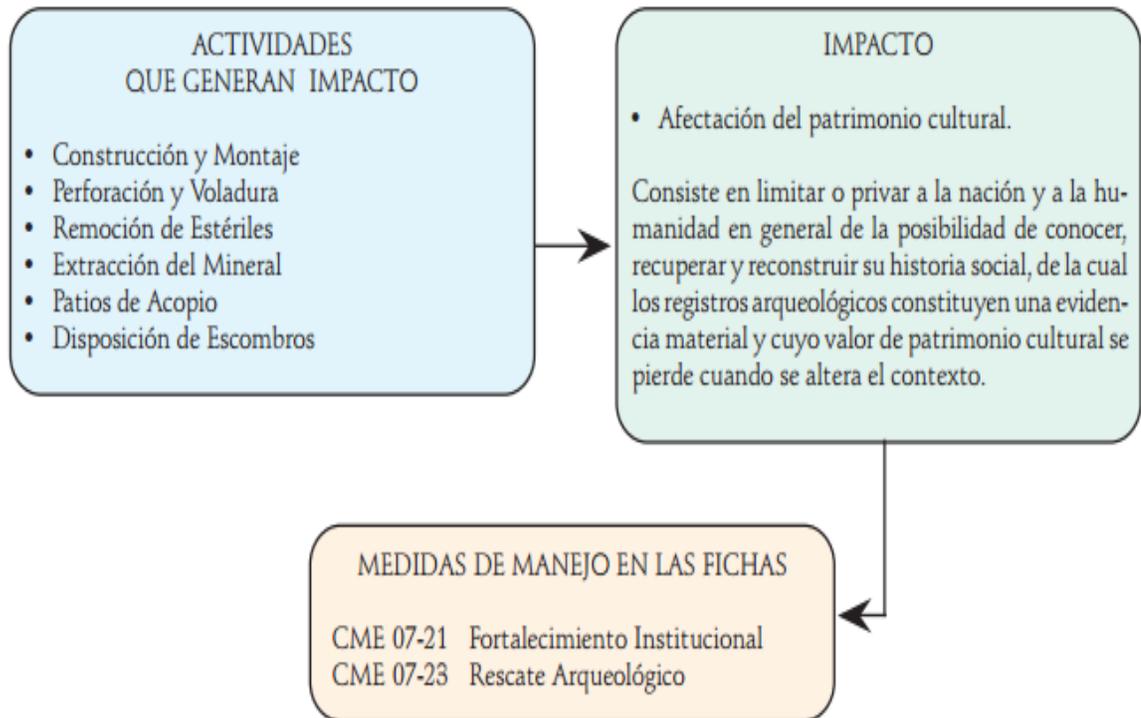
**Gráfico 12.** Impactos en lo social (cambios del suelo).



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.12 Impacto en el componente social (afectación del patrimonio cultural).** Se muestran en el siguiente grafico:

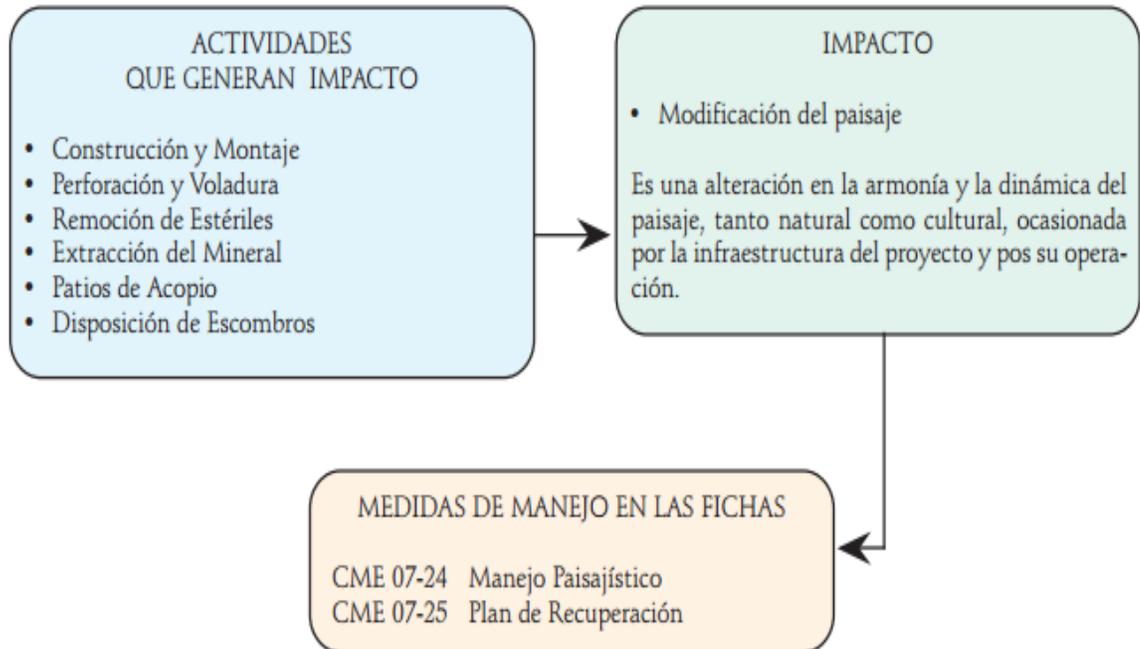
**Gráfico 13.** Impactos en lo social (patrimonio cultural).



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.13 Impacto en el componente social (modificación del paisaje).** Se muestran en el siguiente grafico:

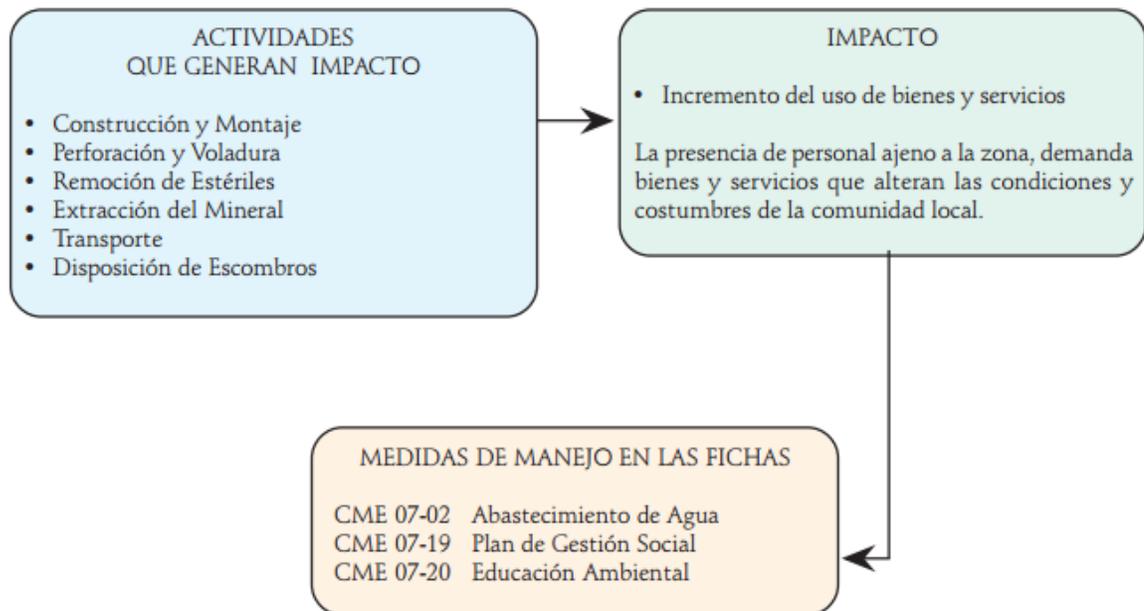
**Gráfico 14.** Impactos en lo social (paisaje).



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.3.14 Impacto en el componente social (aumentos en la demanda de bienes y servicios).** Se muestran en el siguiente grafico:

**Gráfico 15.** Impactos en lo social (demanda bienes y servicios).



**Fuente:** Ministerio de minas y energía. Ministerio del medio ambiente.

**4.4.4 Método de Criterios Relevantes Integrados (CRI).** El método propone la elaboración del índice VIA (Valor del Impacto Ambiental) para cada impacto que generará el proyecto e identificado en la matriz respectiva. La metodología es aplicable a proyectos con intensa participación multidisciplinaria (Ingenieros, químicos, biólogos, arqueólogos, sociólogos, economistas, entre otros especialistas ambientales). Para determinar las relaciones causa – efecto, se completan matrices tipo Leopold, entre las actividades del proyecto fuentes de impacto ambiental y los posibles efectos ambientales. El índice VIA se calcula como una suma ponderada de los valores de los indicadores: carácter, intensidad, extensión, duración, magnitud, reversibilidad y riesgo o probabilidad del impacto. Una vez obtenido el VIA se categoriza el impacto de acuerdo al riesgo de ocurrencia. Al inicio de la evaluación, se intenta expresar cuantitativamente cada

uno de estos indicadores de manera separada y aproximadamente de acuerdo a los criterios que se dan a continuación. (GARCÍA, L. Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales. 2004)

**4.4.5 Formato utilizado en el cálculo del impacto neto en el método Batelle-Columbus.**

Localización del Proyecto: .....  
Nombre del proyecto:.....  
Fecha de evaluación:.....  
Lugar evaluado:.....  
Equipo evaluador:.....

**Tabla 7.** Análisis multicriterio.

CATEGORÍA	COMPONENTE	PARAMETRO	ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (DE 0 A 1)			SEÑALES DE ALERTA
			SIN PROYECTO	CON PROYECTO	ALTERACIÓN	
ECOLOGÍA	Especies y poblaciones					
	Hábitats y comunidades					
	Ecosistemas					
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	Contaminación del agua					
	Contaminación atmosférica					
	Contaminación del suelo					
	Contaminación acústica					
ASPECTOS ESTÉTICOS	Suelo					
	Agua					
	Aire					
	Biota					
	Objetos artesanales					
	Composición					
ASPECTOS DE INTERÉS HUMANO	Valores educativos y científicos					
	Valores históricos					
	Culturas					
	Sensaciones					

**Fuente:** GARCÍA, L. Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales. 2004

- **Carácter del impacto o signo (+/-).** Esta calificación establece si el impacto de cada actividad del proyecto es beneficiosa (signo positivo) o adversa (signo negativo). En caso de que la actividad no ocasione impactos o estos sean imperceptibles, entonces el impacto no recibe ninguna calificación.
- **Intensidad del impacto (I).** La intensidad, considera qué tan grave puede ser la influencia de la actividad del proyecto sobre el componente ambiental analizado. Para esta evaluación se propone un valor numérico de intensidad

que varía de 1 a 10 dependiendo de la severidad del impacto analizado. La Tabla 8. muestra la escala de valores sugeridos para calificar esta variable:

**Tabla 8.** Escala de valoración de la intensidad del impacto.

Intensidad	Descripción	Valor
Baja	Cuando el grado de alteración es pequeño, y la condición original de la componente prácticamente se mantiene.	1
Media	Cuando el grado de alteración implica cambios notorios respecto a su condición original, pero dentro de rangos aceptables.	5
Alta	Cuando el grado de alteración de su condición original es significativo.	10

**Fuente:** Tesis de grado de Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno.

- **Extensión o influencia espacial del impacto (e).** Esta variable considera la influencia del impacto sobre la delimitación espacial del componente ambiental. Es decir califica el impacto de acuerdo al tamaño de la superficie o extensión afectada por las actividades desarrolladas por el proyecto, tanto directa como indirectamente. La escala de calificación de esta variable se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Escala de valoración de la extensión del impacto.

Extensión	Descripción	valor
Puntual	Cuando su efecto se verifica dentro del área en que se localiza la fuente de impacto.	1
Local	Cuando su efecto se verifica fuera del área en que se ubica la fuente del impacto, pero dentro del territorio administrativo del proyecto.	5
Extenso	Cuando su efecto abarca el territorio que se encuentra fuera de la propiedad del proyecto.	10

**Fuente:** Tesis de grado de Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno.

- **Duración del impacto (D).** Esta variable considera el tiempo que durará el efecto de la actividad del proyecto sobre el componente ambiental analizado. La Tabla 10. Muestra la escala de valores sugeridos para calificar la variable.

**Tabla 10.** Escala de valoración de la duración del impacto.

Duración	Plazo	Valor
Más de 10 años	Largo	10
De 5 a 10 años	Mediano	5
Menos de 5 años	Corto	1

**Fuente:** Tesis de grado de Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno.

#### **4.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN RÁPIDA DEL IMPACTO AMBIENTAL (RIAM)**

El método de Evaluación Rápida del Impacto Ambiental RIAM (Rapid Impact Assessment Matriz), fue desarrollado por Christopher M.R. Pastakia en 1998 y es utilizado para evaluar todo tipo de impactos generados por distintos tipos de proyectos. Los estudios de impacto ambiental son producto de un equipo multidisciplinario, por ello, la metodología RIAM es ideal, garantizando una evaluación rápida, segura y objetiva de los impactos ambientales generados por un proyecto, debido a que todos los componentes y parámetros ambientales son integrados. El RIAM proporciona una investigación holística, pues clasifica al medio ambiente para su evaluación en cuatro categorías ambientales:

- a) Ambiente físico y químico, incluye todos los aspectos físicos y químicos del medio ambiente, incluyendo los recursos naturales no renovables (no biológicos) y la degradación del medio ambiente físico por contaminación: relieve, suelos, agua superficial, agua subterránea, aire, ruidos y vibraciones.
  
- b) Ambiente biológico, incluye todos los aspectos biológicos del medio ambiente, incluyendo los recursos naturales renovables, la conservación de la biodiversidad, la interacción entre especies y la contaminación de la biosfera: flora, fauna y ecosistemas.
  
- c) Ambiente social y cultural, incluye los aspectos humanos del medio ambiente, incluyendo temas sociales que afectan a los individuos y las comunidades; considerando aspectos culturales, esto incluye la conservación del legado cultural de las comunidades y el desarrollo humano: paisaje, restos arqueológicos, uso de tierras, percepciones y expectativas relacionadas con el agua, percepciones de impactos en el aire, expectativas de empleo, percepciones y expectativas de desarrollo.

d) Ambiente económico, identifica cualitativamente las consecuencias económicas del cambio ambiental, temporal o permanente: empleo y desarrollo local.

**El RIAM**, requiere un proceso de selección de los componentes ambientales que serán impactados y serán ubicados en las cuatro categorías ambientales arriba indicadas. El método está basado en la definición de importantes criterios de evaluación y los componentes ambientales existentes en el área donde se desarrollará el proyecto. Los impactos ocasionados por las actividades del proyecto son evaluados contra los componentes ambientales. Para cada componente, se determina un resultado que indica el grado de beneficio o perjuicio que ocasiona la actividad en el componente ambiental.

Los criterios de evaluación más importantes se pueden clasificar en dos grupos:

**Criterio A**, indican el grado de relevancia de la condición, y que individualmente pueden cambiar el resultado obtenido.

**4.5.1 Importancia del componente ambiental (A1).** Expresa el grado de importancia de un determinado componente ambiental en relación con su entorno, representada en función a los límites espaciales o de interés humano. La Tabla 11. Muestra los valores asignados a esta variable.

**Tabla 11.** Escala de valoración de la importancia del componente.

Valor	Importancia del componente
4	Importante para el interés nacional / internacional
3	Importante para el interés regional / nacional
2	Importancia local y áreas inmediatas
1	Importancia sólo local
0	Sin importancia

**Fuente:** Tesis de grado de Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno.

**4.5.2 Magnitud del cambio/efecto (A2).** La magnitud está definida como la medida de beneficio o perjuicio de un determinado impacto. Los valores asignados se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Escala de valoración de la magnitud del cambio.

Valor	Cambio / Efecto
+3	Grandes beneficios
+2	Mejora significativa del estado general
+1	Mejora del estado general
0	Sin cambio
-1	Cambio negativo del estado general
-2	Cambio negativo significativo del estado general
-3	Grandes impactos negativos

**Fuente:** Tesis de grado de Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno.

**4.5.3 Criterio B.** Están relacionados con el desarrollo de la condición, y que individualmente no son capaces de alterar el resultado obtenido.

**4.5.4 Permanencia (B1).** Esta variable define si la condición es temporal o permanente, y debería considerarse como una medición del estatus temporal de la condición de la componente ambiental. La Tabla 13 muestra los valores asignados.

**Tabla 13.** Escala de valoración de la permanencia del impacto.

Valor	Permanencia del impacto
1	Sin cambio
2	Temporal
3	Permanente

**Fuente:** Tesis de grado de Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno.

**4.5.5 Reversibilidad (B2).** La reversibilidad es la capacidad que tiene un componente para retornar a sus características originales o similares a las originales. Los valores asignados son mostrados en la Tabla 14.

**Tabla 14.** Escala de valoración de la reversibilidad del impacto.

Valor	Reversibilidad de impacto
1	Sin Cambio o no aplicable
2	Reversible
3	Irreversible

**Fuente:** Tesis de grado de Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno.

**4.5.6 Acumulación del impacto (B3).** Es una medida que considera si el efecto tendrá un impacto directo simple o si habrá un efecto acumulativo o sinérgico. La Tabla 15 muestra los valores asignados.

**Tabla 15.** Escala de valoración de la acumulación del impacto.

Valor	Acumulación de impacto
1	Sin cambio o no aplicable
2	Simple o no acumulativo
3	Acumulativo o sinérgico

**Fuente:** CONESA, V. Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 1997

#### **4.6 MÉTODO EPM O MÉTODO ARBOLEDA**

Fue desarrollado por la Unidad Planeación Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín en el año 1986, con el propósito de evaluar proyectos de aprovechamiento hidráulico de la empresa, pero posteriormente se utilizó para evaluar todo tipo de proyectos de EPM y ha sido utilizado por otros evaluadores para muchos tipos de proyectos con resultados favorables. Ha sido aprobado por las autoridades ambientales colombianas y por entidades internacionales como el Banco Mundial y el BID.

ca): Los parámetros de evaluación. Cada impacto se debe evaluar con base en los siguientes parámetros o criterios:

Clase (C): Este criterio define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto, el cual puede ser: Positivo (+, P) si mejora la condición ambiental analizada o Negativo (-, N) si la desmejora.

Presencia (P): En la mayoría de los impactos hay certeza absoluta de que se van a presentar, pero otros pocos tienen un nivel de incertidumbre que debe determinarse. Este criterio califica la posibilidad de que el impacto pueda darse y se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia, de la siguiente manera:

Cierta: si la probabilidad de que el impacto se presente es del 100% (se califica con 1.0)

Muy probable: si la probabilidad está entre 70 y 100 % (se califica entre 0.7 y 0.99)

Probable: si la probabilidad está entre 40 y 70 % (0.4 y 0.69)

Poco probable: si la probabilidad está entre 20 y 40 % (0.2 y 0.39)

Muy poco probable: si la probabilidad es menor a 20 % (0.01 y 0.19)

**4.6.1 Duración (D).** Con este criterio se evalúa el período de existencia activa del impacto, desde el momento que se empiezan a manifestar sus consecuencias hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental considerado. Se debe evaluar en forma independiente de las posibilidades de reversibilidad o manejo que tenga el impacto. Se expresa en función del tiempo de permanencia o tiempo de vida del impacto, así:

Muy larga o permanente: si la duración del impacto es mayor a 10 años (se califica con 1.0)

Larga: si la duración es entre 7 y 10 años (0.7 – 0.99)

Media: si la duración es entre 4 y 7 años (0.4 y 0.69)

Corta: si la duración es entre 1 y 4 años (0.2 y 0.39)

Muy corta: si la duración es menor a 1 año (0.01 y 0.19)

**4.6.2 Evolución (E).** Califica la rapidez con la que se presenta el impacto, es decir la velocidad como éste se despliega a partir del momento en que inician las afectaciones y hasta que el impacto se hace presente plenamente con todas sus consecuencias. Este criterio es importante porque dependiendo de la forma cómo evoluciona el impacto, se puede facilitar o no la forma de manejo. Se expresa en términos del tiempo transcurrido entre el inicio de las afectaciones hasta el momento en que el impacto alcanza sus mayores consecuencias o hasta cuando se presenta el máximo cambio sobre el factor considerado, así:

Muy rápida: cuando el impacto alcanza sus máximas consecuencias en un tiempo menor a 1 mes después de su inicio (se califica con 1.0)

Rápida: si este tiempo está entre 1 y 12 meses (0.7 – 0.99)

Media: si este tiempo está entre 12 y 18 meses (0.4 y 0.69)

Lenta: si este tiempo está entre 18 y 24 meses (0.2 y 0.39)

Muy lenta: si este tiempo es mayor a 24 meses (0.01 y 0.19)

**4.6.3 Magnitud (M).** Este criterio califica la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el factor ambiental analizado por causa de una acción del proyecto. Se expresa

en términos del porcentaje de afectación o de modificación del factor (por este motivo también se denomina magnitud relativa) y puede ser:

Muy alta: si la afectación del factor es mayor al 80%, o sea que se destruye o cambia casi totalmente (se califica con 1.0)

Alta: si la afectación del factor está entre 60 y 80 %, o sea una modificación parcial del factor analizado (se puede calificar 0.7 – 0.99)

Media: si la afectación del factor está entre 40 y 60 %, o sea una afectación media del factor analizado (0.4 y 0.69)

Baja: si la afectación del factor está entre 20 y 40 %, o sea una afectación baja del factor analizado (0.2 y 0.39)

Muy baja: cuando se genera una afectación o modificación mínima del factor considerado, o sea menor al 20 % (0.01 y 0.19).

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR

El desarrollo del proyecto estará basado en las técnicas y alternativas de producción más limpia (PML).

### 5.1 PLAN DE TRABAJO

#### 5.1.1 Etapa 1.

**5.1.1.1 Identificación de impactos ambientales.** La identificación de los Impactos Ambientales en la arenera Pachelly los Mangos SAS, se desarrollara teniendo en cuenta el método EPM o método Arboleda.

Para hacer la identificación de los impactos ambientales, lo haremos por medio de una lista de chequeo, como se muestra en la Tabla 16, la cual nos permitirá tener una caracterización de los aspectos que tienen impacto en cada proceso de la arenera.

**Tabla 16.** Lista de chequeo.

ASPECTOS A CONSIDERAR	PROCESOS					
	EXPLORACIÓN	EXPLOTACIÓN	TRANSPORTE POR CANAL	LLENADO DE TANQUES	ALMACENAMIENTO	MANTENIMIENTO DE MAQUINARÍA
ALTERACIÓN DEL SUELO						
CONSUMO DE AGUA						
CONSUMO DE M.P						
GENERACIÓN DE A.R						
MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS						
CONSUMO DE ENERGÍA						
EMISIONES ATMOSFÉRICAS						
GENERACIÓN DE RUIDO						
GENERACIÓN DE RESIDUOS						
PELIGRO DE CONTAMINACIÓN DEL SUELO						
PAISAJE						
VEGETACIÓN Y FAUNA SILVESTRE						

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental.

Esta lista nos permitirá identificar claramente los aspectos susceptibles de producir impacto (ASPI), los cuales serán registrados en la tabla 17.

**Tabla 17.** Identificación y descripción de las acciones susceptibles de producir impactos (ASPI)

ETAPA	ASPI	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental

Posteriormente se registran los factores ambientales susceptibles de recibir impacto (FARI), los cuales serán registrados en la tabla 18.

**Tabla 18.** Factores ambientales susceptibles de producir Impacto (FARI)

SISTEMA	COMPONENTE	FACTOR	INDICADOR	FACTOR DE MEDIDA

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental.

Se usará el método matricial para evaluar los impactos, que consiste en construir una matriz de doble entrada, que se construye con la información del proyecto procesada en la lista de chequeo y en el diagrama de proceso (ASPI y FARI), con el fin de buscar las posibles interacciones entre estos dos elementos.

El procedimiento para construir la matriz es el siguiente:

- Se colocan las ASPI en las filas y las FARI en las columnas, como se muestra en la Tabla 19.
- Luego se busca la existencia de interacciones entre un ASPI y cada uno de los FARI de la misma fila; si se encuentra una interacción quiere decir que allí se está presentando un impacto.
- Mediante un breve análisis de la acción y de las consecuencias sobre el factor, se le da un nombre al impacto. Sin embargo como en la celda no cabe el nombre, se recomienda identificarlo mediante un código numérico, alfabético o

alfanumérico y crear unas columnas adicionales en la matriz para poner el nombre del impacto, como se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 19.** Esquema general del método matricial para la identificación de impactos.

		FARI				IMPACTO DIRECTO	IMPACTO INDIRECTO
		A	B	C	D		
ASPI	1					xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Yyyyyyyyyyyyyyyyyyy
	2						
	3	1			2	1. xxxxxxxxxxxxx 2. xxxxxxxxxxxxx	1.1 1.2 2.1 2.2
	4						

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental

**Tabla 20.** Ejemplo de lista de impactos producidos en el proceso de identificación.

CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
1. Reducción de área pecuaria por adquisición de predios	1. Contaminación del agua por partículas sólidas durante triturado
2. Reducción área agrícolas por remoción de vegetación	2. Deterioro del paisaje natural por excavaciones
3. Contaminación del agua por partículas sólidas por excavaciones durante construcción	3. Reducción de áreas boscosas naturales por remoción de vegetación
4. Deterioro del paisaje natural por remoción de vegetación	4. Disminución de la fauna terrestre por explosiones
5. Reducción de áreas boscosas naturales por remoción de vegetación	5. Incremento de los niveles de ingresos por generación de empleo
6. Disminución de la fauna terrestre por remoción de vegetación	6. Contaminación del aire material particulado durante triturado
7. Disminución del nivel de ingresos por adquisición de predios	7. Contaminación del aire por ruido por explosiones

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental.

## 5.1.2 Etapa 2.

**5.1.2.1 Evaluación de impactos.** Esta evaluación se realiza por medio de criterios o factores de calificación, que luego se articulan por medio de un algoritmo, que se explicará con detalle a continuación.

Los parámetros de evaluación: Para la evaluación de los impactos se propone una expresión o índice denominado "Calificación ambiental" (Ca), obtenido con base en cinco criterios o factores característicos de cada impacto:

- Clase (C): Define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto. Puede ser Positiva (P ó +) o Negativa (N ó -), dependiendo de si mejora o degrada el ambiente actual o futuro.
- Presencia (P): Como no se tiene certeza absoluta de que todos los impactos se presenten, la Presencia califica la probabilidad de que el impacto pueda darse. Se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia.
- Duración (D): Evalúa el período de existencia activa del impacto y sus consecuencias. Se expresa en función del tiempo que se permanece el impacto (muy larga, larga, corta, etc.).
- Evolución (E): Evalúa la velocidad de desarrollo del impacto, desde que aparece o se inicia hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias; se califica de acuerdo con la relación entre la magnitud máxima alcanzada por el impacto y la variable tiempo. Se expresa en unidades relacionadas con la velocidad con que se presenta el impacto (rápido, lento, etc.).
- Magnitud (M): Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por una actividad o proceso constructivo u operativo. Los valores de magnitud absoluta cuantificados o inferidos se transforman en función de la magnitud relativa (en porcentaje) que es una expresión mucho más comparable del nivel

de afectación del impacto, la cual se puede obtener comparando el valor del elemento ambiental afectado con y sin proyecto, o con la magnitud existente de dicho elemento en toda la región

#### El Índice de Calificación Ambiental (Ca)

La Calificación ambiental es la expresión de la interacción o acción conjugada de los criterios o factores que caracterizan los impactos ambientales.

$$Ca = C (P [a E M +b D])$$

Dónde: Ca= Calificación ambiental (varía entre 0,1 y 10,0)

C= Clase, expresado por el signo + ó - de acuerdo con el tipo de impacto

P= Presencia (varía entre 0,0 y 1,0)

E= Evolución (varía entre 0,0 y 1,0)

M= Magnitud (varía entre 0,0 y 1,0)

D= Duración (varía entre 0,0 y 1,0)

a y b: Factores de ponderación (a= 7.0 y b= 3.0)

#### La Importancia ambiental

Este valor numérico se convierte luego en una expresión que indica la importancia del impacto (muy alta, alta, media, baja y muy baja), asignándole unos rangos.

En la tabla 21 se presenta un ejemplo de la aplicación del método EPM.

**Tabla 21.** Ejemplo de matriz para la evaluación de los impactos ambientales por método EPM.

<b>IMPACTO</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>Ca</b>	<b>calificación ambiental</b>

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental.

A continuación se presenta un resumen de los rangos que se aplican para la calificación de los criterios utilizados en la metodología EPM.

**Tabla 22.** Resumen de rangos para aplicación de EPM.

<b>CRITERIO</b>	<b>RANGO</b>	<b>VALOR(1)</b>
CLASE	Positivo (+)	
	Negativo (-)	
PRESENCIA	Cierta	1,0
	Muy probable	0,7
	Probable	0,3
	Poco probable	0,1
	No probable	0,0
DURACIÓN	Muy larga o permanente: Si es > de 10 años	1,0
	Larga: Si es > de 7 años	0,7<1,0
	Media: Si es > de 4 años	0,4<0,7
	Corta: Si es > de 1 año	0,1<0,4
	Muy corta: Si es < de 1 año	0,0<0,1
EVOLUCIÓN	Muy rápida: si es < de 1 mes	0,8≤1,0
	Rápida: Si es < de 12 meses	0,6<0,8
	Media: Si es < de 18 meses	0,4<0,6
	Lenta: Si es < de 24 meses	0,2<0,4
	Muy lenta: Si es > de 24 meses	0,0<0,2
MAGNITUD	Muy alta: Si Mr (2) > del 80%	0,8≤1,0
	Alta: Si Mr varía entre 60 y 80%	0,6<0,8
	Media: Si Mr varía entre 40 y 60%	0,4<0,6
	Baja: Si Mr varía entre 20 y 40%	0,2<0,4
	Muy baja: Si Mr < del 20%	0,0<0,2
IMPORTANCIA AMBIENTAL	Muy alta: Si Ca varía entre 8,0≤10,0	
	Alta: Si Ca varía entre 6,0<8,0	
	Media: Si Ca varía entre 4,0< 6,0	
	Baja: Si Ca varía entre 2,0< 4,0	
	Muy baja: Si Ca varía entre 0,0<2,0	
CONSTANTES DE PONDERACIÓN		a= 7,0
		b= 3,0

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental

### 5.1.3 Etapa 3.

**5.1.3.1 Implementación de producción más limpia.** Se deberá analizar la situación de la empresa para ver cómo se encuentra o cuál es su estado actual y se debe recopilar toda la información disponible sobre la organización es decir, si alguna vez se intentó implementar algún método de mejora o si se ha documentado algo al respecto, y una vez establecido el equipo, es necesario que hagan un análisis general del proceso de extracción y beneficio con el fin de identificar los procesos prioritarios y los que requieren mayor atención desde el punto de vista ambiental, económico y social. Esta etapa se deberá complementar con la recopilación de información por parte de los trabajadores en cuanto a:

- Costos que deben asumir para extraer y procesar el mineral
- Cantidad de producción
- Número de personas involucradas en el proceso
- Diferenciar procesos manuales de los mecanizados
- Áreas donde se generan residuos, desperdicios e ineficiencias

a) Realizar un recorrido por toda la arenera para identificar los sitios más críticos con respecto al medio ambiente y los lugares en los cuales se está realizando mayor explotación del mineral dentro del área permitida.

b) Una vez que definan los puntos más importantes del proceso, se debe proceder a realizar una esquematización de los procesos mediante un diagrama de flujo. Este esquema o Diagrama de Flujo, les permitirá reunir la información que hayan de las etapas identificadas del proceso, enlazándolas de una manera secuencial. Este diagrama se debe complementar posteriormente con todo lo que entra y sale en cada etapa.

c) Realizar sesiones de discusión sobre cómo generar opciones de mejora y que proporcionen información para hacer un análisis mediante lluvias de ideas que pueden proporcionar los integrantes del grupo, las ideas generadas para tener en cuenta deberían ser alrededor de los siguientes temas:

- Aplicación de tecnologías y procesos limpios (modificación de procesos, introducción de innovaciones).
- Utilización de materias primas, accesorias y de producción compatibles con el medio ambiente.
- Establecimiento de buenas prácticas para el manejo adecuado de residuos (reducir, rehusar, reciclar).

d) Utilizando esa lluvia de ideas podrían elaborar diagramas de Ishikawa o espigas de pescado para que así puedan identificar mejor dichas causas y efectos.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1 ETAPA 1**

Para establecer los pilares para la implementación de alternativas de Producción Más Limpia para lograr el mejoramiento del medio ambiente y atacar los factores ambientales y productivos, se presentan la identificación de impactos, calificación y análisis de cada uno en las tablas seleccionadas para este proceso.

**6.1.1 Identificación de impactos.** La siguiente tabla donde se ven reflejados los aspectos importantes para identificar los impactos.

**Tabla 23.** Lista de chequeo

<b>ASPECTO A CONSIDERAR</b>	<b>PROCESO</b>					
	<b>exploración</b>	<b>explotación</b>	<b>Transporte por canal</b>	<b>Llenado de tanques</b>	<b>almacenamiento</b>	<b>Mantenimiento de maquinaria</b>
<b>Alteración del suelo</b>	Si	si	si	si	Si	Si
<b>Consumo de agua</b>	No	si	si	si	No	No
<b>Consumo de M.P</b>	No	no	si	si	Si	No
<b>Manipulación de sustancias peligrosas</b>	No	no	no	no	No	Si
<b>Consumo de energía</b>	No	no	no	no	No	No
<b>Emisiones atmosféricas</b>	No	si	si	no	No	Si
<b>Generación de ruidos</b>	No	si	no	no	No	Si
<b>Generación de residuos</b>	Si	si	si	no	No	Si
<b>Peligro de contaminación del suelo</b>	No	si	si	no	No	Si
<b>Paisaje</b>	No	si	si	no	no	Si
<b>Vegetación y fauna silvestre</b>	No	si	si	no	no	Si

**Fuente:** Realizado por los autores.

**6.1.2 Identificación y descripción de las acciones susceptibles de producir impactos (Aspi).** En esta tabla se presentan los resultados del análisis de las acciones con posible impacto en las actividades realizadas en el área.

**Tabla 24.** Descripción de impactos ASPI.

ETAPA	ACCIÓN SUSCEPTIBLE DE PRODUCIR IMPACTO	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
<b>operación y mantenimiento</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavado del material</li> <li>• Clasificación del material</li> <li>• Transporte y acarreos</li> <li>• Almacenamiento de combustibles, materias primas y otros insumos</li> <li>• Mantenimiento maquinaria y equipos</li> <li>• Funcionamiento de oficinas</li> <li>• Mantenimiento de vías</li> </ul>	
<b>Limpieza del sitio</b>	Remoción de cobertura vegetal	<p>Vegetación: pérdida de capa vegetal con sus propiedades orgánicas.</p> <p>Paisaje: alteración del paisaje.</p> <p>Suelo: disminuye la fertilidad y textura.</p>	Se remueve 100 m de cobertura vegetal, por medio de una retroexcavadora con el fin de realizar la extracción del material susceptible de

			aprovechamiento. De estas actividades, quedan los suelos desprovistos generando impactos negativos en el paisaje y generando riesgos de erosión y lavado de material en temporadas de lluvia, si no se implementan medidas de manejo adecuadas.
<b>Cortes, explanaciones y llenos</b>	<p>Generación de sedimentos.</p> <p>Exposición del suelo a la intemperie.</p> <p>Generación de ruido.</p> <p>Producción de polvo</p> <p>Utilización del agua y como resultado se presentan sólidos suspendidos y turbidez.</p>	<p>Suelo: fenómeno de erosión.</p> <p>Paisaje: deterioro en la calidad visual.</p> <p>Aire: generación de ruido y aumento en los niveles de material particulado.</p> <p>Agua: deterioro de la calidad del agua por el aumento de sólidos suspendidos y turbiedad.</p>	

<b>Transporte y acarreo</b>	Generación de polvo.	Social: eventualmente se puede producir accidentalidad. Aire: gases/material particulado/ruido.	
<b>Almacenamiento</b>	Patios de acopio	Apilamiento de la materia prima para su secado	Se genera un taponamiento lateral del tanque para que la arena quede retenida.
<b>Disposición de material, transporte de material.</b>	Acarreo en volquetas de material del desmonte, descapote y excavaciones.	Emisión de ruido. Accidentes. Emisión de polvo	
<b>Contratación de personal</b>	Generación de empleo.	Social: mejoramiento de la calidad de vida.	
<b>Operación de maquinarias y equipos</b>	Generación de polvo Generación de ruido Emisión de gases Derrames de combustibles, aceites, lubricantes	Aire: generación de gases, material particulado y ruido.	
<b>Levantamiento de</b>	Conformación de elementos artificiales en el	Paisaje: deterioro de la calidad visual.	

<b>estructuras</b>	<p>paisaje.</p> <p>Generación de residuos sólidos como sedimentos.</p>		
<b>Mantenimiento de maquinaria y equipos</b>	<p>Descargas de combustibles, aceites, grasas y lubricantes.</p>		
<b>Explotación</b>	<p>Adecuación zona a explotar:</p> <p>Desmante y descapote.</p> <p>Excavación de material estéril.</p>	<p>Retiro de material vegetal y tierra de descapote en cada una de las zonas a explotar.</p> <p>Corte y remoción del material estéril de la cantera, este será utilizado posteriormente para la restauración de la cantera.</p>	<p>Emisión de polvo.</p> <p>Remoción de vegetación.</p> <p>Erosión.</p> <p>Emisión de ruido.</p>
	<p>Disposición de material estéril:</p> <p>Transporte de materia.</p>	<p>Acarreo en volquetas del material estéril hasta una zona de depósito.</p>	<p>Emisión de polvo.</p> <p>Accidentes.</p> <p>Emisión de ruido.</p>

	Disposición en la zona de depósito.		Arrastre de inertes.
<b>Desmantelamiento</b>	Riego y conformación de material estéril descapote removido inicialmente.	Colocación del material estéril en las zonas explotadas, conformación de terrazas, colocación de capa orgánica antes de la revegetalización.	Reducción procesos erosivos. Recuperación del paisaje. Estabilización del terreno.
	Manejo de aguas superficiales.	Construcción de obras, cunetas, descoles, para manejo de aguas superficiales, con el fin de evitar que estas lleguen directamente al terreno restaurado.	Reducción procesos erosivos. Control aguas superficiales.

**Fuente:** Esquema general del método matricial para la identificación de impactos

De acuerdo al análisis de las actividades realizadas de cada acción susceptible a generar un impacto ambiental es decir el análisis ASPI (Acción Susceptible De Producir Impactos), se puede deducir que son muchas actividades generadoras del desmejoramiento del ambiente y la calidad de vida, como por ejemplo el lavado y transporte de material, la pérdida de vegetación, deterioro del agua, disminución de calidad visual, generación de ruido, entre otros, lo que quiere decir que para lograr una disminución notable de estos impactos debe hacerse una mejora en los procesos de medición y método de extracción y explotación.

**6.1.3 Factores ambientales susceptibles de recibir impacto (FARI).** Esta tabla facilita la visualización de los sistemas y componentes de los factores que reciben impacto ambiental.

**Tabla 25.** Impactos FARI.

SISTEMA	COMPONENTE	FACTOR	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
<b>Físico</b>	Suelo	Erosión	Pérdida de suelo	ton/m <sup>3</sup>
		Fertilidad	Contenido de nutrientes	mg/m <sup>2</sup>
		Usos del Suelo	Capacidad agrológica	Adimensional (%)
	Paisaje	Cobertura vegetal	Pérdida de vegetación	Ha
	Agua	Calidad	Partículas sólidas	mg/L
		Cantidad	Caudal	m <sup>3</sup> /s
	Aire	Calidad del	Material	Ppm

		aire	particulado	
		Ruido	Nivel sonoro	DbA
<b>Biótico</b>	Vegetación terrestre	Coberturas vegetales	Superficie cubierta	Ha
		Comunidades vegetales	Índice	Adimensional (%)
	Fauna terrestre	Población	Número de individuos	Unidad
<b>Social</b>	Demográfico	Nivel de empleo	Tasa de empleo	Adimensional (%)
	Económico	Nivel de ingresos	Ingreso mensual	Adimensional (%)

**Fuente:** Esquema general del método matricial para la identificación de impactos

El análisis FARI que son los Factores Ambientales Susceptibles De Recibir Impacto, demuestra de forma más específica los tipos de sistema al que pertenece cada factor con impacto ambiental, al cual se le da un indicador para facilitar el análisis, en esta tabla se puede ver que son 3 los sistemas totales analizados de los cuales se descomponen los impactos analizados en la tabla anterior con su unidad de medida.

### **ASPI**

1. Operación y mantenimiento
2. Limpieza del sitio
3. Cortes, explanaciones y llenos
4. Transporte y acarreo
5. Almacenamiento (Patios de acopio)
6. Disposición de material, transporte de material.
7. Contratación de personal

8. Operación de maquinarias y equipos
9. Levantamiento de estructuras
10. Mantenimiento de maquinaria y equipos
11. Explotación
12. Desmantelamiento

**FARI**

- A. Físico
- B. Biótico
- C. Social

**Tabla 26.** Calificación en tabla FARI.

	FARI			IMPACTO DIRECTO	IMPACTO INDIRECTO	
		A	B			C
<b>8cASPI</b>	1				1 A- 1B	1C
	2				2A - 2B	2C
	3				3A - 3B	
	4				4A - 4B - 4C	
	5					5 A
	6				6 C	
	7					7 C
	8				8 A - 8 B – 8C	8 A - 8 B – 8C
	9				9 A - 9 B	9 A - 9 B
	10				10 A - 10 B - 10 C	
	11				11 A - 11 B- 11 C	
	12				12 A - 12 B - 12 C	

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental

En la tabla de calificación se observa un resultado de las interacciones que existen entre la FARI y las ASPI, donde se observa un gran nivel de interacción entre los factores, lo que quiere decir que se está presentando un impacto muy alto.

**6.1.4 Impactos generados.** En los componentes expuestos anteriormente se presentan diferentes impactos, provocando problemas ambientales a nivel global, lo cual es especificado a continuación.

**6.1.4.1 Impactos en el componente agua.**

- Sedimentación en cuerpos de agua.
- Cambios en la calidad físico química del agua.
- Afectación de la dinámica de cuerpos de agua superficial.
- Disminución del caudal.

Estos impactos están relacionados directamente en los puntos 1A – 1B, 3A – 3B, 12A – 12B y 12C, indirectamente en el punto 1C por la alteración de la calidad físico química de las aguas, incremento de la turbidez por aportes de sólidos suspendidos o disueltos, modificación del drenaje natural, colmatación de cuerpos de agua y vertimientos de aguas residuales domésticas y mineras.

**6.1.4.2 Impacto en el componente aire.**

- Aumento de material particulado y gases.

Este impacto está relacionado directamente con los puntos 3A – 3B, 4A – 4B – 4C, 5A y 10 A - 10 B - 10 C, indirectamente en los puntos 8 A - 8 B – 8C, se origina principalmente en la construcción de vías, cargue y transporte del mineral. También se produce por la operación de maquinaria y equipos de explotación, por la manipulación del mineral o por la acción del viento sobre las pilas del mineral en los patios de acopio; así mismo, la descomposición de la roca y, en algunos casos, las voladuras liberan a la atmósfera material particulado y gases.

#### **6.1.4.3 Impactos en el componente aire (ruido).**

- Incremento en los niveles de ruido.

Este impacto está relacionado directamente en los puntos 3A - 3B, 4A - 4B - 4C, 6C, 11 A - 11 B- 11 C, indirectamente en los puntos 1C, 9 A - 9 B y se produce por transporte, operación de maquinaria, y equipos utilizados en los Trabajos de extracción.

#### **6.1.4.4 Impactos en el componente suelo.**

- Remoción en masa y pérdida del suelo.
- Contaminación del suelo.
- Activación de procesos erosivos.
- Hundimiento del Terreno
- Movimiento del macizo Rocoso

Este impacto está relacionado directamente con los puntos 2A - 2B, 3A - 3B, 6 C, 8 A - 8 B – 8C, 11 A - 11 B- 11 C, 12 A - 12 B - 12 C, indirectamente con los puntos 2C. Estos impactos son derivados de la preparación y adecuación de terrenos para el inicio de la construcción, montaje y explotación minera, especialmente asociados a la disposición de escombros y residuos sólidos y líquidos. Se generan por la remoción de cobertura vegetal y capa superficial del suelo en terrenos con relieve pronunciado, el cual una vez expuesto a la lluvia y al sol, pueden desencadenar desprendimientos de material a corto, mediano y largo plazo. La activación de la erosión comprende los procesos de degradación del suelo. Las explotaciones mineras a poca profundidad, sin soporte adecuado, generan hundimientos del terreno que alteran abruptamente la topografía. Las excavaciones profundas causan hundimientos lentos y de contorno suave,

denominados subsidencia. Estos hundimientos pueden causar daños a las obras civiles, edificaciones e infraestructura superficial.

#### **6.1.4.5 Impacto en el componente flora.**

- Remoción y pérdida de cobertura vegetal.

Este impacto está relacionado directamente en los puntos 2A - 2B, 3A - 3B, 9A - 9B, 10A - 10B - 10C, 11A - 11B- 11C, indirectamente en los puntos 2C, 8A - 8B – 8C, La cobertura vegetal se puede afectar por diversas maneras durante las actividades de construcción, montaje y adecuación de áreas para la explotación.

Con la pérdida de especies vegetales se disminuye la biomasa vegetal, se altera el paisaje, se modifica el hábitat para la fauna, se aceleran o se inducen procesos erosivos, y se puede alterar la calidad y cantidad de aguas.

#### **6.1.4.6 Impacto en el componente fauna.**

- Afectación de comunidades faunísticas.

Este impacto está relacionado directamente en los puntos 2A - 2B, 3A - 3B, 9A - 9B, 11 A - 11 B- 11 C, se presenta por: dispersión o fuga de algunos individuos debido al incremento del ruido por las actividades de explotación, alteración y disminución de hábitats por pérdidas de cobertura vegetal.

#### **6.1.4.7 Impacto en el componente social (generación de expectativas y paisaje).**

- Generación de expectativas.
- Generación de Empleo.

- Construcción y mejoramiento de la infraestructura vial básica y de servicios.
- Modificación del paisaje.

Este impacto está relacionado directamente con los puntos 4C, 6C, 8C, 10C, 11C, 12C, indirectamente con los puntos 1C, 2C, 7C, 8C, la inserción de un proyecto en una región genera expectativas (curiosidad, interés, temor o rechazo) en los pobladores del área de influencia del proyecto, por la adquisición de predios, la contratación de personal y los posibles impactos tanto negativos como benéficos que pueda causar. Es una alteración en la armonía y la dinámica del paisaje, tanto natural como cultural, ocasionada por la infraestructura del proyecto y por su operación.

## **6.2 ETAPA 2**

**6.2.1 Evaluación de impactos.** A continuación se presenta una tabla donde se califica cada factor de impacto resultado de la actividad minera realizada en la arenera Pachelly los Mangos.

**Tabla 27.** Evaluación de impactos.

<b>IMPACTO</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>E</b>	<b>D</b>	<b>M</b>	<b>Ca</b>	<b>Impacto ambiental</b>
Sedimentación en cuerpos de agua.	N	1,0	0,7	1,0	1,0	7,9	ALTA
Cambios en la calidad físico química del agua	N	1,0	0,8	1,0	1,0	8,6	ALTA
Afectación de la dinámica de cuerpos de agua superficial.	N	1,0	0,8	1,0	1,0	8,6	ALTA
Disminución del caudal.	N	1,0	1,0	1,0	1,0	10	ALTA
Aumento de material particulado y gases.	N	1,0	1,0	1,0	1,0	10	ALTA
Incremento en los niveles de ruido	N	1,0	0,9	1,0	1,0	9,3	ALTA
Remoción en masa y pérdida del suelo.	N	1,0	0,9	1,0	1,0	9,3	ALTA
Activación de procesos erosivos	N	1,0	0,8	1,0	1,0	8,6	ALTA
Hundimiento del Terreno	N	1,0	1,0	1,0	1,0	10	ALTA
Movimiento del macizo Rocoso	N	1,0	0,9	1,0	1,0	9,3	ALTA
Remoción y pérdida de cobertura vegetal	N	1,0	1,0	1,0	1,0	10	ALTA
Afectación de comunidades faunísticas.	N	1,0	1,0	1,0	1,0	10	ALTA
Generación de expectativas.	N	1,0	0,8	1,0	1,0	8,6	ALTA
Generación de Empleo	N	1,0	0,8	1,0	1,0	8,6	ALTA
Construcción y mejoramiento de la infraestructura vial básica y de servicios	N	1,0	0,9	1,0	1,0	9,3	ALTA
Modificación del paisaje	N	1,0	1,0	1,0	1,0	10	ALTA

**Fuente:** Manual de evaluación de impacto ambiental

De acuerdo a la calificación obtenida se puede deducir fácilmente que los impactos deben atacarse de inmediato, ya que todos tienen un impacto ambiental alto.

**6.2.2 Normatividad En Los Impactos.** A continuación mostraremos las leyes y decretos que regulan cada uno de los impactos ambientales.

**6.2.2.1 Impactos en el componente agua.** La explotación y utilización del recurso agua cuenta con normas y decretos que regulan estas acciones, las cuales se presentan a continuación:

Decreto 79 de 1986: Conservación y protección del recurso agua.

Decreto 1594 de 1984: Normas de vertimientos de residuos líquidos.

Decreto 2811 de 1974, libro II parte III: Artículo 99: Establece la obligatoriedad de tramitar el respectivo permiso de explotación de material de arrastre. Art. 77 a 78 Clasificación de aguas. Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces. Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua. Art.134 a 138: Prevención y control de contaminación. Art. 149: aguas subterráneas. Art.155: Administración de aguas y cauces.

**6.2.2.2 Impacto en el componente aire.** Para el manejo del recurso aire existen políticas de prevención y control de la contaminación, entre las cuales encontramos el Decreto 948 de 1995: Norma para la protección y control de la calidad del aire, Decreto 02 de 1982: Art. 74 Prohibiciones y restricciones a la descarga de material particulado, gases y vapores a la atmósfera y el Art. 75 Prevención de la contaminación atmosférica. La ley 99 de 1993

**6.2.2.3 Impacto en el componente aire (ruido).** El ruido es un factor que posee numerosos impactos y es regulado por la Resolución 8321/83 se establecen los niveles de presión sonora máximos permisibles para Prevenir y controlar las molestias, las alteraciones y las pérdidas auditivas ocasionadas en la población.

**6.2.2.4 Impacto en el componente suelo.** El recurso suelo es un factor que se ve muy afectado con la ejecución de estas actividades, por lo cual se han desarrollado leyes y decretos con el fin de protegerlo, estos son los siguientes:

Decreto Reglamentario 2462 de 1989: Sobre explotación de materiales de construcción, la Ley 388 de 1997, Artículo 33, que habla del Ordenamiento territorial, que reglamenta los usos del suelo y la Ley 9 de 1979. Código Sanitario Nacional que entre sus disposiciones prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios y en general desechos que deterioren los suelos o causen daño o molestia a individuos o núcleos humanos.

**6.2.2.5 Impacto en el componente flora.** La cobertura vegetal se ha visto muy comprometida con las prácticas de explotación mineral y debido a esto se han creado normas como:

Ley 2 de 1959: Reserva forestal y protección de suelos y agua.

Ley 299 de 1995: Por la cual se protege la flora Colombiana.

Decreto 1791 de 1996: Régimen de aprovechamiento forestal y acuerdos regionales con este fin.

Documento Conpes 2834 de 1996: Política de bosque.

**6.2.2.6 Impacto en el componente fauna.** El cuidado y preservación de la vida silvestre es una prioridad, por lo cual se han generado medidas como:

Decreto-Ley 2811 de 1974 Parte IX: Protección y conservación de fauna silvestre: Art. 247 Asegura la protección y manejo de la fauna silvestre, Art. 248 Define el sistema de aplicación, Decreto-Ley 1608 de 1978: Veda de especies faunísticas, Art. 220 Prohibiciones generales y la Ley 84 de 1989: que adopta el Estatuto nacional de protección de los animales.

**6.2.2.7 Impacto en el componente social (generación de expectativas y paisaje, afectación de la infraestructura pública y privada, cambios en el uso del suelo, afectación del patrimonio cultural, modificación del paisaje, aumentos en la demanda de bienes y servicios).** El bienestar humano y social es una necesidad, por lo cual se crean normas que regulan los impactos que afecten cualquier aspecto social:

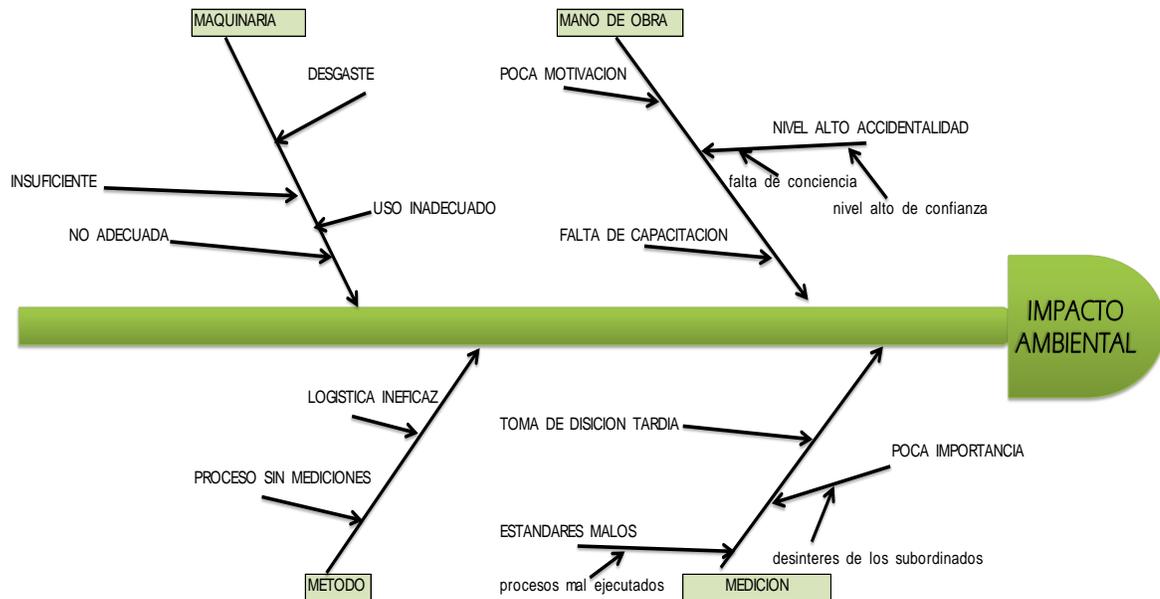
Artículo 16 de la Ley 435 de 1998, donde se especifican los deberes éticos de los Profesionales que ejerzan esta actividad para con la sociedad, el Artículo 5 de la Ley 1382 de 2010, el Artículo 81 del código de minas y el decreto 2380 de 2010.

De acuerdo a lo expuesto se puede ver que Colombia cuenta con una gran cantidad de leyes y decretos reguladores de impactos ambientales para las actividades de explotación de minerales diversos, las cuales tienen consecuencias como multas y retiro de permiso para realizar explotación.

### **6.3 ETAPA 3**

**6.3.1 Herramientas de PML.** Se ha realizado un diagrama causa-efecto con el fin de detectar con gran precisión las causas más potenciales del efecto negativo ambiental, los factores con más impacto en la ejecución de la actividad pueden ser muchos y sus posibles causas diversas, por lo cual se hace un análisis profundo de estos para elegir los más representativos.

**Gráfico 16. Análisis Causa Efecto**



**Fuente:** Realizada por los autores.

El impacto ambiental está generado por diversos factores como lo muestra el diagrama anterior, donde se puede observar que el método, la maquinaria, la mano de obra y el medio ambiente son las principales causas del problema.

El método es tomado como un factor causante del impacto ambiental, ya que la falta de mediciones del proceso hace que este no esté regulado y se pierda el control con respecto a la ejecución correcta de las actividades desarrolladas por los trabajadores encargados.

La maquinaria es otro factor que se tiene en cuenta porque esta genera problemas de emanación de gases y excesivo ruido cuando están muy deterioradas o no se les realiza el debido mantenimiento correctivo, además su proceso de extracción genera un desgaste bastante acelerado para la maquinaria y debe ser cambiada con más constancia que otras máquinas.

La mano de obra es un factor muy importante en este análisis puesto que puede estar generando importantes factores ambientales debido a su falta de conocimientos, falta de interés, exceso de confianza con sus funciones o desmotivación causada por el entorno en que labora (humedad, calor, entre otros).

La medición ha sido tomada como uno de los factores importantes de la contaminación generada al realizar las actividades de explotación, debido a que un proceso debe estar en continua evaluación y medición para tenerlo controlado, para poder estar en capacidad de tomar decisiones a tiempo con respecto a situaciones sorpresivas. Además si no se presta atención a este tema por parte de la jefatura, los trabajadores perderán el interés por su aplicación.

En definitiva, las actividades mineras son generadoras de situaciones negativas para el medio ambiente, por esto es necesario controlarla por medio de legislación y seguimiento constante.

**6.3.2 Sugerencias de PML.** La recuperación del ecosistema está en manos de los seres humanos, y somos quienes deben tomar acción para reparar los daños causados por las actividades realizadas y prevenir más y mayores deterioros en el futuro, por lo cual se han creado diferentes estrategias ambientales aplicables a cualquier empresa productiva, además estas son realizables y aplicables fácilmente, solo es necesario un poco de capacitación a las personas que hacen parte de la empresa y disposición para hacer de ellas un hábito, una de estas estrategias es la de Producción Más Limpia que es la aplicación continua de una táctica ambiental preventiva, en los procesos productivos para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente, por lo anterior es que se ha decidido proponer esta estrategia para la arenera.

Antes de iniciar un proyecto de PML, es necesario realizar tantas reuniones como sean necesarias con la comunidad y los trabajadores de la arenera, con el fin de

sensibilizarlos sobre la importancia de la metodología y los resultados que se podrían obtener. Adicionalmente, es importante vincular la actividad con los objetivos y planes municipales y departamentales con el fin de lograr no sólo la motivación, sino también la financiación de la implementación de las alternativas a identificar.

La gerencia debe asignar personal para que conformen un grupo de Producción Más Limpia dentro de la arenera, los cuales deben ser personas de todos los departamentos, como personal administrativo e incluso operarios, también deben ser tenidos en cuenta líderes comunitarios que estén interesados en formar parte de este grupo de trabajo para que ellos puedan estipular unos objetivos claros y que apunten hacia las mismas metas, Este equipo se podrá formar a partir de las reuniones previas realizadas con todos los interesados.

Los materiales estériles deben en lo posible ser depositados en lugares aptos para luego retornarlos a las excavaciones, así como aprovechar las colas provenientes del beneficio de minerales como material de relleno subterráneo. Se debe evitar la compra de material de relleno con una buena disposición del material estéril producido en la mina, ya que se reducen los costos en materiales y el desperdicio de este, disminuyendo impactos importantes.

Se requiere un planeamiento minero que permita diseñar los métodos de explotación y sistemas de desagüe, iluminación, ventilación, transporte, preparar adecuadamente la explotación con el fin de obtener mayor eficiencia productiva y calidad en los procesos.

En el caso de explotación con buldózers y retroexcavadoras, después de definir los sitios de interés, la capa orgánica y el estéril así como las colas resultantes se deben depositar en sitios cercanos a la explotación para luego ser transferidos a la excavación en orden y con tratamientos, en especial a la capa orgánica. Excavar

primero la parte superior de un talud y luego la parte inferior, disminuye el tiempo necesario para el trabajo en un 12% y mejora la eficiencia en el consumo de combustible en un 8%.

Se debe conocer que las estrategias de corregir los problemas ambientales al terminar los procesos no es conveniente ni tiene resultados positivos, por lo cual se requieren equipos costosos de tratamiento; para evitar el traslado de la contaminación de un lugar a otro y poder corregirlo realmente, que a fin de cuentas será una excelente inversión debido a que es una fuente de oportunidades para lograr la eficiencia y eficacia en la gestión ambiental, aumentando la competitividad y la imagen de la empresa.

La aplicación de una Producción Más Limpia liderada por la dirección de la compañía y en constante seguimiento de sus resultados genera además el reconocimiento global de sus productos y servicios.

La introducción de una Producción Más Limpia, la cual sin duda alguna es una herramienta eficaz que apoya y coordina las acciones de las actividades de una empresa para alcanzar el desarrollo sostenible y la contribución al mejoramiento y cuidado del medio ambiente, contribuye al bienestar social y económico y disminuye la generación de desechos y emisiones.

La dirección deberá establecer un plan de seguimiento y evaluación para la implementación del proyecto, como por ejemplo la creación de indicadores de desempeño ambiental y hacer evaluaciones periódicamente para establecer fácilmente las debilidades y fortalezas que existan dentro de la empresa, con los indicadores, como una herramienta útil para la toma de decisiones y acciones preventivas y correctivas, permitirá llevar un mejor control sobre el proceso de producción, así como de los insumos y materiales, ya que estos aseguran una

rápida evaluación de todos los factores analizados. Estos indicadores pueden ser energía, agua, residuos, materiales, entre otros.

La industria es un agente clave para el mejoramiento de la calidad del medio ambiente, por esto es necesario que todas las empresas, en especial las que se dedican a realizar actividades de explotación y excavación de recursos naturales acojan las leyes que buscan la conservación de estos recursos y el cuidado de la calidad de vida de las personas que participan en estas actividades como también aquellas que residen cerca.

El proceso de implementación de la metodología PML, conlleva a acogerse a nuevas formas de hacer las cosas, es decir usar materiales reciclados, disminuir el uso de materiales, utilizar empaques re-utilizables, reciclaje del agua empleada en el proceso, minimizar desechos en cambios de operaciones y optimizar el manejo de las materias primas, lo cual tiene como resultado una disminución muy considerable de impactos ambientales como por ejemplo la disminución del caudal, sedimentación en cuerpos de agua, aumento de material particulado y gases, contaminación del suelo, modificación del paisaje, entre otros.

La aplicación de esta metodología también ayuda a cumplir la normatividad ambiental, además se está contribuyendo al crecimiento económico y sostenible del país, ya que se logra el mejoramiento de la calidad de vida de las personas y del medio ambiente y fortalece la competitividad externa.

Un factor totalmente positivo para la empresa es el mejoramiento del entorno laboral, pues los trabajadores tendrán más motivación, mejores relaciones laborales y contribuirán mas a la seguridad e higiene laboral, al verse apoyados por la gerencia.

Todo lo anterior nos lleva a que la implementación de la Producción Más Limpia es la mejor manera de hacer que la empresa se fortalezca, sea más eficiente, efectiva y sostenible económica ya que hay aumento de las ganancias, comerciales, pues se abre una puerta para la comercialización de sus productos y ambientalmente, obteniendo innumerables beneficios y oportunidades en el mercado nacional e internacional. Aparte de lograr ser una empresa líder en la producción más amigable con el medio ambiente.

Implementando alternativas de Producción más Limpia de forma correcta y consiente se podrá recuperar gran parte de los recursos que se están contaminando en este sector y se evitará la erosión de los terrenos, obteniéndose un área más amena y saludable visual e higiénicamente, pues se recuperara el terreno y se mantendrá en condiciones sanas para el medio ambiente.

Otro de los beneficios notables que obtiene una empresa que se acoge a la estrategia de PML es el aumento de la productividad mediante la mejora de la eficiencia ya que hay mayor conocimiento de los procesos por parte de los operarios como de la parte administrativa, la gerencia, entre otros. Además de la reducción de otros costos como por ejemplo, por el mejor manejo energético, uso eficiente de materias primas y del agua.

La gerencia también debe tener en cuenta que es necesario hacer uso efectivo de instrumentos innovadores que logren mejorar la eficacia de la gestión ambiental. También la actualización de la maquinaria por equipos con tecnología más avanzada y la implementación del reciclaje interno y externo, para que la comunidad aledaña participe del proceso de concientización y sea un asunto global.

Como se ha dicho antes, existen diferentes tipos de métodos para la disminución de los impactos evaluados en este proyecto, para el impacto agua hay técnicas

como captación de aguas con sondeos, canales de desvío para desagües; para el impacto aire, debe hacerse un cambio de maquinaria por una mas tecnológica y amigable con el planeta, el impacto suelo puede disminuirse, haciendo controles continuos sobre el debido uso de este y hacerse tratamientos de revegetación abono y reforestación. El impacto flora pueden hacerse actividades de abono y reforestación del área afectada, además de hacerse estudios de visualización futura de posibles zonas a ser afectadas para tomar acción ambiental inmediata.

Para el impacto ambiental fauna la medida más apta es la reubicación de las especies que están siendo afectadas por la actividad minera, para evitar el desplazamiento de estas a zonas urbanas, enfermedades a causa del consumo de materiales utilizados en la extracción de mineral y la probable muerte; al utilizarse maquinaria avanzada, realizarse plantación de árboles, ejecutar tratamientos eficaces al agua y evitar la migración de animales a zonas urbanas, se logrará disminuir considerablemente el impacto ambiental que se presenta en la parte social debido a que habrá mejoramiento de paisajes, mejorará la infraestructura del área o de la ciudad, y se obtendrá más aceptación por parte de las personas aledañas al proceso.

## 7. RECOMENDACIONES

- Mejorar la infraestructura física de la empresa, ya que cuenta con estructuras viejas y poco seguras para las personas que laboran o visitan el lugar.
- Investigar y analizar las leyes ambientales que rigen en Colombia, para estar informados y estar dentro de los requisitos exigidos por la legislación.
- Hacer estudio periódicamente de la situación legal de las actividades ejecutadas en la empresa.
- Analizar el método de producción y buscar mejoras continuamente, ya que en el medio las circunstancias varían constantemente y puede incurrirse en el incumplimiento de requerimientos y decretos.
- Adoptar las metodologías de PML como actividades habituales de la empresa.
- Reutilizar los recursos renovables que se utilizan en la explotación.
- Establecer estrategias de capacitación constante a los trabajadores de la arenera con el fin de crear conciencia ambiental, no solo dentro del área de trabajo sino también en sus vidas cotidianas.
- Implementar un tiempo específico para realizar actividades de PML y de medición de impactos generados.

## **8. CONCLUSIONES**

Hacer el desarrollo de la aplicación de técnicas de Producción Más Limpia en empresas que se dedican a la explotación de minerales y excavación del suelo, es una decisión que tendrá resultados infalibles e indudablemente positivos, ya que de esta forma se hará mas fácil la identificación de los impactos mas considerables de estas actividades, lográndose tomar medidas para la disminución de estas condiciones ambientales negativas, además se contribuye a la mejora del bienestar de los trabajadores y habitantes aledaños al proceso.

Otro aspecto positivo para la empresa se verá reflejado en los costos implicados en pérdidas de material, enfermedades laborales, demandas generadas por malestar de personas aledañas y multas por parte del municipio, por no cumplir las exigencias establecidas por el departamento ambiental.

El crecimiento de la empresa a nivel nacional como líder en procesos mineros ambientales y su fortalecimiento en el mercado será el resultado final de la ejecución de este proyecto, lográndose así la disminución del deterioro de nuestro planeta y aumentando el bienestar social.

## BIBLIOGRAFÍA

ARENERA PACHELLY. Guía Socio Ambiental para Minería a Cielo Abierto. Junio 2011.

ARENERA PACHELLY. Plan de Manejo Ambiental. 2010.

CONESA, V. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 1997.

GOBERNACION DE ANTIOQUIA. Minería Responsable (Mejores Prácticas). Premio a la minería responsable. Medellín: 2011.

HOOT, Bart Van. Producción más Limpia. Primera edición. Ediciones Técnicas Marcombo, 2008. 300 p.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA Y DEL MEDIO AMBIENTE. Guía Minero Ambiental.

NORMA INTERNACIONAL. ISO 14001: 2004. Sistemas de Gestión Ambiental Requisitos con Orientación para su Uso.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. Introducción a la Producción más Limpia. 2004

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. Introducción a la Producción Más Limpia. 2005

## CYBERGRAFIA

CUENTAS ALVARADO, Mario Serafín. Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno [en línea]. [Citado el 16 de Marzo de 2013]. Disponible en Internet:<<http://es.scribd.com/doc/36653838/Evaluacion-cualitativa-del-impacto-ambiental-generado-por-la-actividad-minera-en-La-Rinconada-Puno>>

Ministerio de Minas y Energía. Términos de Referencia y Guías Minero - Ambientales para Realizar los Estudios Geológicos y de Factibilidad Minera [en línea]. [Citado el 14 de Mayo de 2013]. Disponible en Internet:<[http://www.minminas.gov.co/minminas/minas.jsp?cargaHome=3&id\\_categoria=111&id\\_subcategoria=252](http://www.minminas.gov.co/minminas/minas.jsp?cargaHome=3&id_categoria=111&id_subcategoria=252)>

NEO TRÓPICO. Departamentos de Gestión Ambiental [en línea]. [Citado el 23 de Marzo de 2013]. Disponible en Internet:<<http://www.neotropico.com/dga.htm>>

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de minas [en línea]. [Citado el 24 de Septiembre de 2012]. Disponible en Internet:<[www.minminas.gov.co](http://www.minminas.gov.co)>