PLANTAS CARBOELÉCTRICAS

GUÍA AMBIENTAL

CONTENIDO

ANÁLISIS AMBIENTAL DE PLANTAS CARBOELÉCTRICAS

MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL

MONITOREO Y SEGUIMIENTO

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

GLOSARIO, BIBLIOGRAFÍA

Créditos

GUÍA AMBIENTAL PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS

1 ANÁLISIS AMBIENTAL

CONTENIDO

- 1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS
- 1.2 FASES DE LOS PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS
- 1.3 CRITERIOS TECNOLÓGICOS Y DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

ÍNDICE DE LA GUÍA | CAPÍTULO ANTERIOR | CAPÍTULO SIGUIENTE

1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS

1.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Para efectos de una mejor comprensión de los alcances y contenidos de la presente Guía y, en particular, lo correspondiente a este capítulo, se utilizará el concepto de Proyecto Carboeléctrico para incluir no solamente la planta generadora como tal (caldera, turbina de vapor, generador, subestación eléctrica), sino también, aquellos otros componentes asociados a ésta, tales como el suministro de carbón, el sistema de recibo, manejo y almacenamiento de carbón, el sistema de enfriamiento, el sistema de tratamiento de aguas, los precipitadores electrostáticos y la chimenea, el sistema de manejo y almacenamiento de cenizas, el sistema de contraincendio, el sistema de soporte (talleres, edificios administrativos, vías de acceso, sistema de captación y conducción de aguas) y la línea de conexión.

No obstante lo anterior y, con el fin de evitar equivocaciones en la lectura de la Guía, en contraposición, el Sistema de Gestión Ambiental propuesto para el caso de los Proyectos Carboeléctricos tiene su ámbito de aplicación circunscrito a la planta como tal y a sus relaciones sociales con los actores de su área de influencia (comunidad, autoridades ambientales y sectoriales).

- Ir al principio

1.1.2 COMPONENTES DE LOS PCE

De acuerdo con lo expresado de manera previa, a continuación se hace una breve descripción de cada uno de los componentes que hacen parte de los PCE.

Suministro de Carbón

Corresponde a la fuente de suministro de carbón y comprende el yacimiento, el aprovechamiento o explotación, el beneficio o tratamiento, el transporte y la entrega del mineral. Tradicionalmente, para el emplazamiento de los proyectos carboeléctricos se han considerado factores de localización relacionados, entre otros, con la disponibilidad de carbón en la zona de influencia inmediata o mediata de los proyectos. En la Tabla 1. se muestra la localización de los proyectos carboeléctricos en operación, en función de la cuenca carbonífera y de la fuente de abastecimiento del combustible.

Es conveniente recordar que, en general, el sistema utilizado para la producción de energía eléctrica a base de carbón en el país, corresponde al "Ciclo convencional de Carbón Pulverizado" y que los carbones utilizados son del tipo sub-bituminoso y bituminoso, los cuales ofrecen bajos contenidos de cenizas (hasta de un 20%), y un máximo de azufre de 1.5% (H.García, 1997), condición ésta que les confiere una muy buena calidad para su utilización en el proceso de producción de electricidad, en centrales termoeléctricas.

Tabla 1 LOCALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS RESPECTO DE LAS CUENCAS CARBONÍFERAS

CARBOELÉCTRICA (1)	MUNICIPIO	CUENCA CARBONÍFERA	PROYECTO O EXPLOTACIÓN
TERMOYUMBO	Yumbo		Minas subterráneas de la región
TERMOGUAJIRA	Riohacha	Formación Cerrejón	Cerrejón: Zonas Centro y Norte

TERMOTASAJERO	San Cayetano (N.Santander)	Formación Los Cuervos	Minas subterráneas diversas
TERMOZIPA	Zipaquirá (Cund.)	Formación Guaduas	Minas subterráneas
TERMOPAIPA	Paipa (Boyacá)		Minas subterráneas

(1) Proyectos actualmente en operación

Tanto el apilamiento de carbón en la mina como en el sitio de recepción en la planta, así como su transporte (entre la mina y la planta), son parte integral de este proceso de suministro de carbón para los PCE. Generalmente, el transporte de carbón se realiza por modo terrestre o ferroviario, sin embargo, el primero de ellos es el más comúnmente utilizado por las carboeléctricas, transportándose el mineral, generalmente en tractomulas.

Sistema de recibo, almacenamiento y manejo de carbón

Al interior de la central termoeléctrica, generalmente se dispone de un sitio de recepción y apilamiento de carbón, para lo cual se debe proveer una infraestructura mínima, representada en un acceso adecuado, un patio de recibo y un patio de almacenamiento, este último con una capacidad tal que garantice un abastecimiento de combustible adecuado para por lo menos dos meses de operación de la planta. Este sistema es complementado por los dispositivos de recepción y descarga del mineral (camiones, cargadores, tolvas, bandas transportadoras).

Suministro de agua

La operación de una planta carboeléctrica requiere de caudales de agua relativamente altos con fines de utilización en enfriamiento de cojinetes, manejo de cenizas, reposición de agua de caldera, servicios industriales, lavado de equipos y de superficies, servicios de laboratorio, sistema contraincendio y consumo humano. En tal virtud, será necesario disponer de un sistema de captación, pretratamiento y de conducción, para satisfacer de manera permanente la demanda ejercida por la planta.

Sistema de tratamiento de aguas

Desmineralización del agua

El agua utilizada para la alimentación de las calderas debe ser desmineralizada de manera previa. Con esta finalidad, generalmente se utiliza el sistema de intercambio iónico, cuyo principio básico es el de hacer pasar el agua por un filtro provisto de una resina capaz de intercambiar iones. De acuerdo con el tipo de ión a ser intercambiado, la resina puede ser catiónica o aniónica.

El agua obtenida a través de este sistema puede ser utilizada para la reposición del ciclo de vapor, reposición de los sistemas auxiliares de enfriamiento y para el lavado de equipos.

Tratamiento del agua de enfriamiento

Para su utilización en el sistema de enfriamiento, especialmente si se usan torres, antes de entrar al sistema el agua debe ser sometida a un tratamiento químico que busca eliminar sus propiedades incrustantes y corrosivas, así como evitar el desarrollo de algas, bacterias y hongos. En consecuencia, para su tratamiento deberán utilizarse un inhibidor de corrosión y un biocida.

Potabilización del agua

Con fines de utilización para consumo humano, servicios de laboratorio y otros usos diferentes de los ya citados, el agua proveniente de la fuente de captación deberá ser tratada mediante un sistema convencional, el cual permita llevarla a condición de potabilización.

Sistema de enfriamiento

Existen tres sistemas básicos para el enfriamiento de las aguas utilizadas en la condensación del vapor de la caldera : i) circulación abierta, ii) enfriamiento en torre húmeda y, iii) enfriamiento en torre seca ("Guía para la evaluación de impacto ambiental de centrales termoeléctricas". OLADE-BID, Quito, Ecuador 1993).

Sistema de circulación abierta

Utiliza agua de mar, de un río o de un lago por una sola vez y la devuelve a la misma fuente, con una temperatura aumentada en 10 o 15ºC. Este sistema, si bien es el más simple y económico, está condicionado a la existencia de la fuente de captación, además de representar un riesgo de contaminación térmica para la misma

fuente.

- Sistema de torre húmeda

En este sistema, parte del agua se evapora y la temperatura del agua recirculante baja de nuevo a su valor normal. La reposición de la fracción evaporada se realiza mediante purgas parciales del sistema para retirar una cantidad de agua que contiene sales, procurando que sea antes de que éstas alcancen su límite de solubilidad.

- Sistema de torre seca

En este sistema, el agua circula dentro de tubos metálicos y es enfriada por una corriente de aire natural o forzado. No hay contacto del agua caliente con el aire refrigerante, de modo que no hay pérdidas por evaporación ni purgas constantes, con lo cual el agua de reposición es mucho menor que en los otros sistemas y no se presenta contaminación térmica ni atmosférica. Se recomienda su implementación en regiones secas.

Precipitadores electrostáticos y chimenea

Con el objeto de remover el material particulado contenido en los gases de combustión durante la quema del carbón y, con el fin de evitar que éstos sean enviados a la atmósfera, contribuyendo a la contaminación ambiental,

es necesario instalar equipos de control de emisiones que capturen dichas partículas.

Generalmente, los precipitadores electrostáticos son los equipos utilizados para este fin y, su proceso básico, consiste en cargar eléctricamente la ceniza volante y dirigirla a unos electrodos de captación, de donde son finalmente retiradas de los gases de combustión. La ceniza capturada de esta manera es recolectada en tolvas, de donde son extraídas y enviadas a los patios de disposición de cenizas.

De acuerdo con la experiencia, la eficiencia de los precipitadores electrostáticos puede ser superior al 99%.

Sistema de manejo y almacenamiento de cenizas

Una vez quemado el carbón en la central, las cenizas producidas en la combustión deben ser retiradas y dispuestas en un lugar adecuado. Las cenizas pesadas provenientes del fondo del hogar de la caldera pueden ser manejadas a través de un sistema que conduce las partículas hasta un silo de almacenamiento temporal, el cual

cuenta con descargadores mecánicos que alimentan los camiones encargados de hacer la disposición final en el patio de cenizas.

Otro sistema, el húmedo, consiste en utilizar agua para el transporte de las cenizas hasta el sitio de disposición final.

Sistemas de tratamiento de aguas residuales

En una planta carboeléctrica se generan residuos líquidos provenientes de la purga del sistema de potabilización, del sistema de desmineralización del agua, de la limpieza de equipos, del sistema de enfriamiento del agua y del drenaje de las pilas de carbón. De igual manera, se producen aguas residuales domésticas, aguas residuales de los laboratorios y los residuos líquidos de las aguas de limpieza de superficies y demás instalaciones.

Para el tratamiento de esta agua residuales se deben proveer sistemas idóneos, los cuales deben ser diseñados de acuerdo con los consumos de agua destinada para cada uso y con base en las cantidades de productos químicos o materiales utilizados en cada uno de los procesos de donde proceden.

En términos generales, estos residuos líquidos pueden agruparse básicamente, en tres tipos de aguas residuales: i) aguas residuales domésticas, ii) aguas residuales industriales y, iii) agua de purga de la torre de enfriamiento.

Se recomienda que las aguas residuales domésticas e industriales sean tratadas de manera independiente. Las primeras son tratadas mediante procesos de separación de grasas, pozo séptico y filtración anaerobia, en tanto que las segundas, cargadas con altos contenidos de grasas y aceites, se pueden disponer en un separador API, para su posterior evacuación en una laguna de estabilización.

El agua de purga de la torre de enfriamiento, generalmente con alto contenido de sólidos, puede también ser dispuesta en la laguna de estabilización.

Finalmente, las aguas residuales del sistema de desmineralización y del tanque de almacenamiento de combustibles líquidos, pueden ser recolectadas y dispuestas en un separador API.

Infraestructura de soporte

Aparte de las unidades o sistemas ya mencionados, así como de los equipos e instalaciones propias de la planta, se deberá contar con una infraestructura adicional de soporte, representada en: taller mecánico y laboratorio

químico, estación de gasolina, almacén y bodega, zona de almacenamiento de combustibles líquidos, tanque de agua contra incendio, edificio de administración, alojamientos, casino, garitas de seguridad y zonas de parqueo.

Subestación eléctrica de salida

Corresponde al conjunto de equipos encargados de manejar la energía producida y su conexión al sistema interconectado nacional a través de la línea de transmisión.

- Ir al principio

1.1.3 TECNOLOGÍAS PARA PLANTAS CARBOELÉCTRICAS

Actualmente operan en el país cinco plantas termoeléctrica a base de carbón: Termozipa, Termoyumbo, Termopaipa, Tasajero y Termoguajira. De acuerdo con ECOCARBÓN & UPME ("Planteamiento Estratégico del Programa de Reconversión a Tecnologías Limpias en Termoeléctricas",1997), el equipo de las unidades térmicas tiene una edad tecnológica promedio de 25 años, pese a que algunos de ellos fueron construidos hace no más de 10 años. En su gran mayoría, la tecnología utilizada por estas plantas es antigua y, a lo largo de su existencia, no han introducido cambios tecnológicos de importancia para su funcionamiento.

De acuerdo con el citado documento, sólo Termozipa (unidades 2,4 y 5) y Termopaipa (unidades 1, 2 y 3) han emprendido procesos de renovación tecnológica o modernización de las calderas, orientado especialmente a la instalación de sistemas de control e instrumentación y al montaje de precipitadores electrostáticos.

En todas las carboeléctricas mencionadas se utiliza la tecnología de carbón pulverizado convencional, en la cual el carbón se tritura y luego se pulveriza, para impulsarlo posteriormente con aire a presión a través de un ducto que lo distribuye a los diferentes quemadores de una caldera. Los principales tipos de quemadores utilizados en estas calderas son de fuego frontal y tangencial.

A continuación se presenta una breve descripción de las tecnologías convencionales y de avanzada disponibles en el mundo, las cuales son utilizadas para la producción de energía eléctrica a partir de carbón.

Carbón Pulverizado con Fuego Frontal y Tangencial (PC)

Dentro de esta tecnología se cuenta con tres categorías, a saber: i) subcrítica, ii) supercrítica y, iii) ultrasupercrítica. Se trata de una tecnología convencional, siendo la de mayor utilización mundial la subcrítica. El

proceso genérico consta principalmente de los equipos para el manejo, trituración y pulverización del carbón, de la caldera en donde se genera el vapor, de la turbina que se impulsa con el vapor producido, del generador de energía, de los equipos que intercambian calor para mejorar la eficiencia del ciclo térmico, de los equipos de filtrado y tratamiento de los gases incluyendo la chimenea y, de los equipos eléctricos que facilitan la evacuación de la energía y el consumo de la energía eléctrica requerida por la central (ECOCARBÓN. "Estudio de Actualización de costos de inversión de tecnologías de producción de electricidad con base en carbón". Bogotá, 1995).

El grado de avance en la tecnología para la generación de energía con base en carbón pulverizado permite diseñar una planta para cualquier tipo de carbón. Las emisiones de SO_2 se pueden controlar con la adición de sistemas de desulfurización, limpieza del combustible, o con aditivos para que las cenizas concentren los sulfuros.

Lecho Fluidizado Circulante a Presión Atmosférica (ACFBC)

En términos generales, en esta tecnología se utiliza una caldera que produce vapor, el cual es utilizado para la generación de energía eléctrica en un turbogenerador convencional. El ciclo agua-vapor es también del tipo convencional y, solamente la isla caldera o combustor, es diferente al ciclo de carbón pulverizado. Adicionalmente, con la tecnología de lecho fluidizado no se requieren los sistemas de desulfurización requeridos para el proceso de carbón pulverizado, por cuanto ésta se efectúa junto con la combustión.

El proceso de lecho fluidizado es apto para una amplia variedad de carbones, desde bituminosos de alto rango, hasta lignitos de bajo rango con muy alto o muy bajo contenido de cenizas y, por lo tanto, se adapta a los cuatro tipos de carbones utilizados comúnmente en el país (ECOCARBÓN, 1995).

Lecho Fluidizado Burbujeante a Presión Atmosférica (ABFBC)

Una planta que utilice esta tecnología consta básicamente de los mismos equipos utilizados para la tecnología de carbón pulverizado, con excepción del combustor. Al igual que para el lecho Circulante, esta tecnología puede ser utilizada con una gama muy amplia de calidades de carbón. Presenta ventajas considerables con relación a la casi inexistente contaminación por NO_X, la reducida emisión de SO_X, la buena eficiencia de combustión (98%), casi independientemente de la calidad del carbón utilizado.

Ciclo combinado con lecho fluidizado a presión (PFBC)

Esta tecnología corresponde a un desarrollo del lecho fluidizado atmosférico que introduce la presurización del combustor, lo cual le confiere ventajas sobre la primera, ya que combina la generación de energía con turbinas de gas con la de las turbinas de vapor y, al mismo tiempo, mantiene las ventajas del lecho fluidizado en cuanto a la diversidad de carbones que puede procesar con un bajo nivel de emisión de contaminantes atmosféricos.

Una planta que utilice esta tecnología consta de un sistema de alimentación de carbón y de absorbente (caliza y dolomita), de un combustor con ciclones que recirculan las partículas capturadas, una turbina de gas, un economizador, una turbina de vapor, un sistema de precalentamiento de agua y un filtro de gases para capturar partículas de ceniza.

Existen dos clases de procesos dentro de esta tecnología: el circulante (PCFB) y el burbujeante (PFBC). Debido a su relativa alta disponibilidad, a los bajos requerimientos de espacio y volumen, y a la alta eficiencia del proceso, esta tecnología presenta buenas condiciones para su utilización en repotenciación de unidades existentes con procesos convencionales.

Ciclo Combinado con Gas Natural y Carbón Pulverizado

Esta tecnología se basa en la utilización combinada de gas natural y de carbón. Una planta de ciclo combinado con gas natural y carbón pulverizado consta de un generador eléctrico, una caldera de recuperación de calor asistida por quemadores a carbón que genera vapor, el cual es aprovechado por un turbo-generador de vapor, con los equipos convencionales de un ciclo térmico Rankine (ECOCARBÓN, 1995).

Este proceso es adaptable a una gran variedad de carbones, desde los bituminosos hasta los lignitos. Las características del carbón determinan en gran medida la eficiencia y la capacidad de la planta. En general, la eficiencia de la planta se verá favorecida si se ubica en sitios de poca altitud, ya que éstos favorecen de manera notable el comportamiento de la turbina de gas.

Las plantas dotadas con esta tecnología requieren de la instalación de equipos especiales para mitigar la contaminación por emisiones atmosféricas.

Ciclo Combinado con Gasificación del Carbón Integrada (IGCC)

Este ciclo integra la gasificación del carbón para producir energía eléctrica a partir de turbinas de gas, con la producción de vapor para la generación de energía eléctrica, a partir de turbinas de vapor.

Una planta con esta tecnología consta de un gasificador de carbón, un sistema de ciclones que captura las partículas gruesas arrastradas por los gases con recirculación a la cámara de gasificación, un enfriador de gases, un filtro para remoción de azufre contenido en los gases, una turbina con combustor de gas que comprime aire para la gasificación y genera energía eléctrica, una caldera de recuperación de calor de los gases de escape que genera vapor y una turbina de vapor para generación de energía eléctrica. Adicionalmente se obtiene vapor para la turbina, a partir del enfriador de gases y del gasificador.

Se conocen tres clases o tipos genéricos de gasificación del carbón apropiados para la generación de energía eléctrica: i) lecho fijo, ii) flujo por arrastre y, iii) lecho fluidizado.

Una de las principales ventajas que ofrece el ciclo combinado con gasificación del carbón integrada es su capacidad para reducir emisiones atmosféricas dentro del mismo proceso.

Ciclo Combinado a Carbón Tipo "Topping"

Es un ciclo híbrido basado en la gasificación del carbón por medio de pirólisis; combina la generación de energía a partir del gas obtenido del carbón mediante un ciclo Brayton, con la producción de energía a partir de un ciclo Rankine con combustor de lecho fluidizado. Esta tecnología es adaptable a los carbones bituminosos colombianos.

El proceso "Topping" produce la emisión más baja de CO_2 entre todos los demás procesos, debido a que tiene la eficiencia más alta. Por su parte, el nivel de emisiones de No_x es similar al producido por las demás tecnologías limpias de carbón, para generación de energía eléctrica.".

- **Ir al principio**

1.2 FASES DE LOS PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, el desarrollo de proyectos carboeléctricos en el país se llevaba a cabo a través del reconocimiento, estudio de factibilidad (criterios técnicos y económicos), inscripción en el Plan de Expansión del Sector y adquisición de la planta mediante un contrato "Llave en mano" en el cual, el proveedor de la planta se comprometía a suministrar los equipos, efectuar su montaje y poner en marcha la unidad o planta térmica (García, H. 1994).

Hoy en día, la situación ha cambiado de manera notable y el desarrollo de los proyectos carboeléctricos se lleva a cabo mediante un proceso riguroso y dispendioso, de manera consulta con la siguiente secuencia : identificación, prefactibilidad, factibilidad, contratación y construcción y, operación, cuyas características principales se describen a continuación.

FASES DE LOS PCE

- **Identificación**

Corresponde al proceso mediante el cual las entidades del sector minero-energético, evalúan las posibilidades de ampliación del parque térmico de generación de energía eléctrica, con base en el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles (fuente de combustibles: proyectos de extracción, beneficio y transporte), con el fin de satisfacer la demanda creciente de energía en el país. La existencia de tales proyectos, así como las necesidades de ampliar la cobertura en el abastecimiento de energía, orientan en principio la preselección de algunos sitios, a nivel regional, para el emplazamiento de los proyectos.

- **Prefactibilidad**

En esta fase tiene lugar el desarrollo de los estudios con base en los cuales y, de manera general, se puede determinar la viabilidad del proyecto, en atención a la revisión de criterios de carácter técnico, económico, financiero y ambiental. En esta fase, realmente no se involucran aspectos de manejo ambiental, por cuanto las actividades se reducen a la elaboración de estudios. No obstante, en algunos casos se pueden presentar tendencias especulativas en cuanto al precio de la tierra o cambios de uso de la misma para los sitios en donde se aplican los referidos estudios("Guía para la evaluación de impacto ambiental de centrales termoeléctricas". OLADE. Quito, 1993)

- **Factibilidad**

Una vez declarada la viabilidad del proyecto, entonces se procede a la realización del estudio de factibilidad, en el cual se estudian en detalle las diferentes alternativas técnicas, ambientales, económicas y financieras para ejecutar el proyecto y se formulan, de igual manera, las recomendaciones a tener en cuenta en la etapa posterior de diseño. En este orden de ideas, la viabilidad ambiental del proyecto estará sustentada por el Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), como instancia evaluadora de las diferentes alternativas de localización de los PCE y su posterior selección de una de ellas, por parte del Ministerio del Medio Ambiente.

- **Diseño**

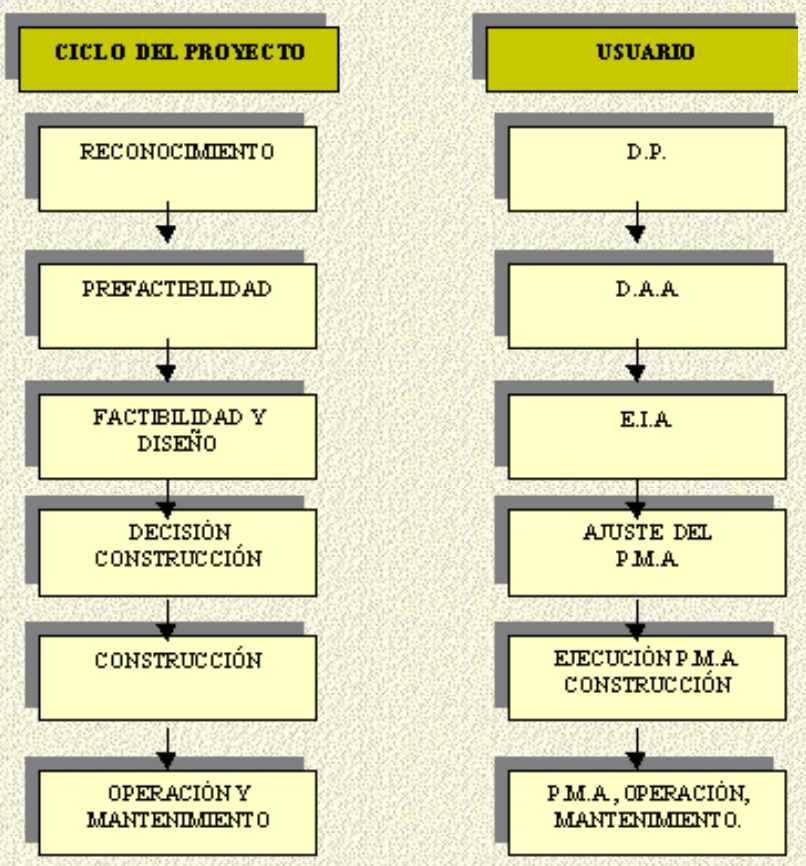
En esta fase se desarrolla la ingeniería de detalle del proyecto, en atención a las recomendaciones derivadas del DAA y de la evaluación técnica de las alternativas tecnológicas. De igual manera, se procede por la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), dentro del cual se diseña el plan de manejo ambiental y se formulan los programas de monitoreo ambiental, plan de contingencia y plan de gestión social, tanto para la fase de construcción como de operación del proyecto.

- **Construcción**

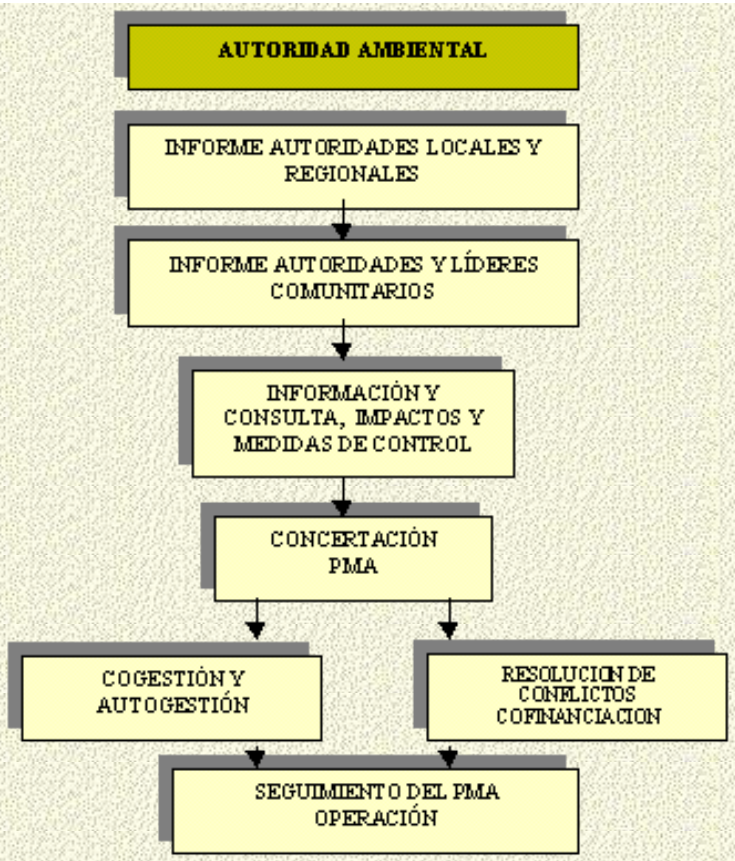
Durante esta fase, no solamente tiene lugar la construcción de las obras civiles y el montaje de equipos electromecánicos, sino también la construcción e instalación de los sistemas para el control de la contaminación atmosférica (v.gr. precipitadores electrostáticos).

- **Operación**

En esta fase se deberán implementar las medidas de control y de monitoreo socio-ambiental previstos en el plan de manejo ambiental, contando para el efecto con la instalación de los equipos de control de la contaminación atmosférica e hídrica, sistema de manejo de residuos líquidos y de residuos sólidos y equipos de monitoreo ambiental.



DP: Diseño del proyecto
DAA: Diagnóstico ambiental de alternativas
EIA: Estudio de impacto ambiental
PMA: Plan de manejo ambiental



- **Ir al principio**

1.2.1 ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS

Movilización

Esta actividad corresponde a la construcción de campamentos y a la movilización del equipo, maquinaria y personal, al lugar en donde se proyecta construír la central carboeléctrica.

- Movilización de equipo de construcción y personal

- El transporte de los equipos, la maquinaria y el personal dependerá del sitio en donde se vaya a construir la central carboeléctrica y de sus posibilidades de acceso. Los primeros pueden ser transportados por vía marítima, fluvial o terrestre o mediante la utilización de más de uno de estos modos de transporte.

- El transporte del personal se puede hacer por vía terrestre. Es necesario contar con una vía de acceso en condiciones viales óptimas. En caso de que exista y no se encuentre en buen estado, será deseable hacer la respectiva adecuación y, de no existir, se deberá construir el acceso, previendo las recomendaciones ambientales del PMA.

Construcción de campamentos

- Se requerirá la construcción de un campamento provisional, el cual deberá estar dotado de una batería de sanitarios y un área de descanso para los trabajadores, entre otros, con el fin de brindar al personal un mínimo de condiciones de salubridad y bienestar adecuados.

- Para el almacenamiento de materiales de construcción e insumos, será necesaria la instalación de bodegas (pueden ser contenedores) y talleres de maquinaria, además de adecuar una zona de parqueo. En estas unidades se realizará el mantenimiento y reparación de la maquinaria, equipos y vehículos utilizados en la construcción de la planta.

- Deberá implementarse un sistema de suministro de agua potable, así como un sistema de tratamiento y disposición final de aguas servidas, los cuales podrán ser de carácter provisional, mientras duren los trabajos, o definitivos para que continúen prestando su servicio durante la fase de operación de la planta.

Adecuación del terreno

Esta actividad está relacionado con el movimiento de tierras (cortes y rellenos) y la adecuación del terreno en general para facilitar las labores de construcción de obras civiles y montaje de los equipos de la planta.

Desmonte y limpieza del terreno

- Consiste en retirar la vegetación presente en el área a intervenir (árboles, arbustos, malezas y raíces, entre

otros) y disponerla de manera adecuada para su utilización posterior como madera u otros usos, bien sea dentro o por fuera de ella.

◆ Descapote

● Corresponde a la extracción de la capa orgánica del suelo, la cual no presenta características adecuadas para fundaciones, construcciones en relleno o para agregados de concreto. Este material debe ser conservado para su posterior utilización en procesos de revegetalización y de adecuación paisajística.

◆ Excavaciones

● Consiste en la remoción mecánica de materiales hasta las cotas y niveles definidos en los correspondientes diseños de obra. El volumen a excavar depende de la forma del terreno y del diseño del proyecto.

● El material producto de las excavaciones es utilizado para la adecuación o construcción de accesos, conformación de terraplenes y para proporcionar mayor capacidad de soporte al terreno.

Construcción de obras civiles

En esta fase se acomete la construcción de las obras civiles para el montaje y facilidades de la planta. Entre otras, deberán construirse: vías de acceso, vías internas, casa de máquinas, caldera, edificios de control, chimenea, tanques y depósitos de combustible, torre de refrigeración, laboratorios, bodegas, oficinas, talleres mecánicos, estación de gasolina, portería,

básculas, instalaciones hidráulicas (sistemas de captación, conducción y tratamiento de aguas para la planta de potabilización, sistema de desmineralización, sistema de enfriamiento y sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Montajes electromecánicos

En esta fase se construirán e instalarán todas las estructuras metálicas requeridas para el soporte y conexión de las unidades de la planta, el ensamble de cada una de estas unidades, instalación de todas las tuberías y sistemas de interconexión entre cada unidad de la planta y la instalación de los sistemas eléctricos y mecánicos para la operación y control de la planta.

Serán instalados, entre otros, quemadores, calderas, turbinas, generadores, subestaciones, sistema de relés y sistemas de compresores. De igual manera, serán instalados los equipos de control ambiental, tales como los precipitadores electrostáticos, unidades para tratamiento de aguas, sistema de enfriamiento, etc.

- **Ir al principio**

1.2.2 ACTIVIDADES OPERATIVAS

Descripción del proceso

Las centrales carboeléctricas convierten la energía química contenida en el carbón en energía eléctrica. Para el efecto, las plantas carboeléctricas queman el carbón, convirtiendo de esta manera la energía química en energía térmica (calor). El calor liberado en la caldera por la combustión es transferido al agua de alimentación, la cual , por efecto del calor, se convierte en vapor. El vapor generado en la caldera a altas condiciones de presión y de temperatura es dirigido a la turbina, donde se convierte su energía térmica en energía mecánica de rotación del eje. Esta energía mecánica de rotación es convertida a energía eléctrica en el generador eléctrico, el cual está acoplado directamente al eje de la turbina.

En una central termoeléctrica convencional, sus componentes estructurales se pueden diferenciar en tres sistemas básicos, a saber: (Ver Figura 1)

- Sistema combustible - aire
- Sistema vapor - agua
- Sistema de generación eléctrica
- Sistema Combustible - aire

A este sistema pertenecen el suministro de combustible (carbón y combustible alterno para el caso particular) y el proceso para su preparación antes de la quema. Además de los anteriores, el sistema incluye los dispositivos de recepción y descarga del mineral (camiones, patios de acopio, cargadores, tolvas, bandas transportadoras) y

los mecanismos de recepción, transporte e inyección de los combustibles líquidos o gaseosos utilizados para el arranque de calderas o como alternativas del carbón.

El carbón es transportado desde las zonas de explotación hasta la planta por vía terrestre principalmente (también pudiera hacerse por vía férrea, en el caso de disponer de dicha infraestructura). Una vez pesado y descargado, se procede a almacenarse en el patio de carbón.

Almacenamiento en patio de acopio

Generalmente, el carbón es almacenado al aire libre, expuesto a la acción del aire, el agua y el calor, circunstancias que, sumadas a su composición química, tienen la potencialidad de desencadenar procesos degradativos del mineral por fenómenos de autocombustión, o por la disminución de su poder calorífico.

En razón de lo anterior, será siempre conveniente realizar algunas maniobras orientadas a la preservación de la calidad del mineral, a través de las siguientes acciones:

- Realizar una clasificación previa por tamaños de partículas para apilar el carbón en capas de gruesos y finos.
- Almacenar el carbón hasta la altura recomendada de la pila, con el fin de contrarrestar las condiciones de transferencia de calor.
- Monitorear la ventilación y la temperatura durante el apilamiento del carbón.
- Manejar las pilas separadas de acuerdo con la rotación del carbón, de tal forma que se tenga una pila en formación y otra de consumo.
- Verificar la temperatura interna de las pilas a diferentes alturas.
- Trituración y pulverización del carbón

Del patio de acopio, el carbón se hace pasar a través de separadores electromagnéticos con el objeto de remover cualquier material que pueda causar algún daño en los equipos. Posteriormente, el carbón es transportado por medio de bandas hasta las unidades de molienda, triturado y pulverización, para finalmente ser entregado a los silos que alimentan las calderas.

La pulverización del carbón se produce por medio de choques y frotamiento. Su capacidad depende de la molibilidad(*), la finura que se desee y de la humedad excesiva del carbón. (*)Indice de molienda de la cantidad de carbón de un molino en particular que satisface una especificación dada, en una unidad de tiempo de molienda

Combustible alterno

Las calderas convencionales que operan con carbón pulverizado requieren durante la puesta en marcha de la termoeléctrica de un combustible diferente del carbón, el cual permita el calentamiento de la caldera hasta aproximadamente el 15% o 20% de la carga. Generalmente, este combustible puede ser Fuel Oil Nº 2 o Fuel Oil Nº6.

Sistema vapor - agua

Este sistema está conformado por las unidades de vapor y agua del generador de vapor, la turbina, la instalación de condensación, el sistema de suministro de agua, las bombas de agua refrigerante, los calentadores de alta y baja presión y las tuberías de vapor y agua.

La cantidad de agua requerida por una central térmica es alta. El agua se suministra a la caldera, se utiliza para el sistema de enfriamiento y, además, es necesaria para la condensación del vapor y el enfriamiento de cojinetes, transporte y manejo de cenizas, reposición de agua a la caldera, lavados, purgas varias, consumo humano y otros imprevistos.

El agua contenida en la caldera (proveniente de la planta de desmineralización) se evapora y se calienta hasta que el vapor alcanza las

condiciones de presión y de temperatura necesarias para operar la turbina. El vapor se expande a través de las fases de alta, media y baja presión de la turbina, haciéndola girar. El eje del generador, acoplado mecánicamente al eje de la turbina, gira con éste y produce energía eléctrica.

Una vez utilizado, el vapor sale de las fases de baja presión de la turbina y se envía al condensador. El condensado se somete luego a un proceso de desaireación, antes de ser enviado a los calentadores de agua de alimentación de la caldera y al economizador (calentador a base de los gases calientes provenientes de los quemadores). Luego se envía de nuevo a la caldera. El agua de reposición de las pérdidas operadas durante el proceso es introducida en el desmineralizador, donde se trata antes de enviarla a los calentadores.

Sistema de generación eléctrica

El sistema de generación de energía eléctrica de una central carboeléctrica está compuesta por tres subsistemas básicos, a saber:

- Subsistema de combustión

- Subsistema mecánico
- Subsistema eléctrico
- Subsistema de combustión

El carbón pulverizado se prepara y se suministra adecuadamente mezclado con aire precalentado. Esta mezcla pasa a los quemadores, donde se quema el carbón para calentar el agua contenida en las calderas.

Existen dos tipos de sistemas de quema, los cuales se diferencian en función de la localización de los quemadores y de la configuración de la llama producida.

Quema horizontal

Los quemadores están dispuestos en hileras en la pared frontal del horno (quema frontal) o en las paredes frontal y trasera. Estos quemadores generalmente suministran y distribuyen la mezcla en varias corrientes similares, aunque cada quemador puede ser operado independientemente. Este sistema se caracteriza por la presencia de llamas múltiples.

Quema tangencial

La mezcla de carbón pulverizado y de aire es introducida al horno por medio de quemadores instalados en sus cuatro lados y a diferentes niveles. La llama dirigida tangencialmente forma un círculo imaginario en el centro del horno, creando una zona de gran turbulencia. Este sistema proporciona una llama única que da una mayor estabilidad de combustión y previene altas temperaturas, disminuyendo la formación de NOx.

Los quemadores tangenciales son muy parecidos a los quemadores horizontales, la diferencia es que la mezcla es introducida por los lados del horno en capas verticales. Estos quemadores se localizan en compartimientos y son equipados con un sistema que permite su movimiento, orientando la llama hacia arriba o hacia abajo.

- Subsistema mecánico

La energía calórica generada por producción de vapor es transformada en energía mecánica, mediante el paso del vapor en la turbina.

La turbina es una máquina termodinámica que se compone de un rotor móvil y de carcazas fijas. Los cambios de estado y de dirección del vapor dentro de la turbina, son los que determinan la conversión de energía térmica en energía mecánica.

Este proceso es efectuado por un sistema de hojas fijas que se encuentran pegadas a la carcaza, en donde el vapor que sale de la caldera presenta una caída de presión, haciendo la conversión de energía calórica contenda en energía mecánica, y en los alabes se produce un cambio de dirección del vapor, cuya reacción hace mover todo el rotor.

Subsistema eléctrico

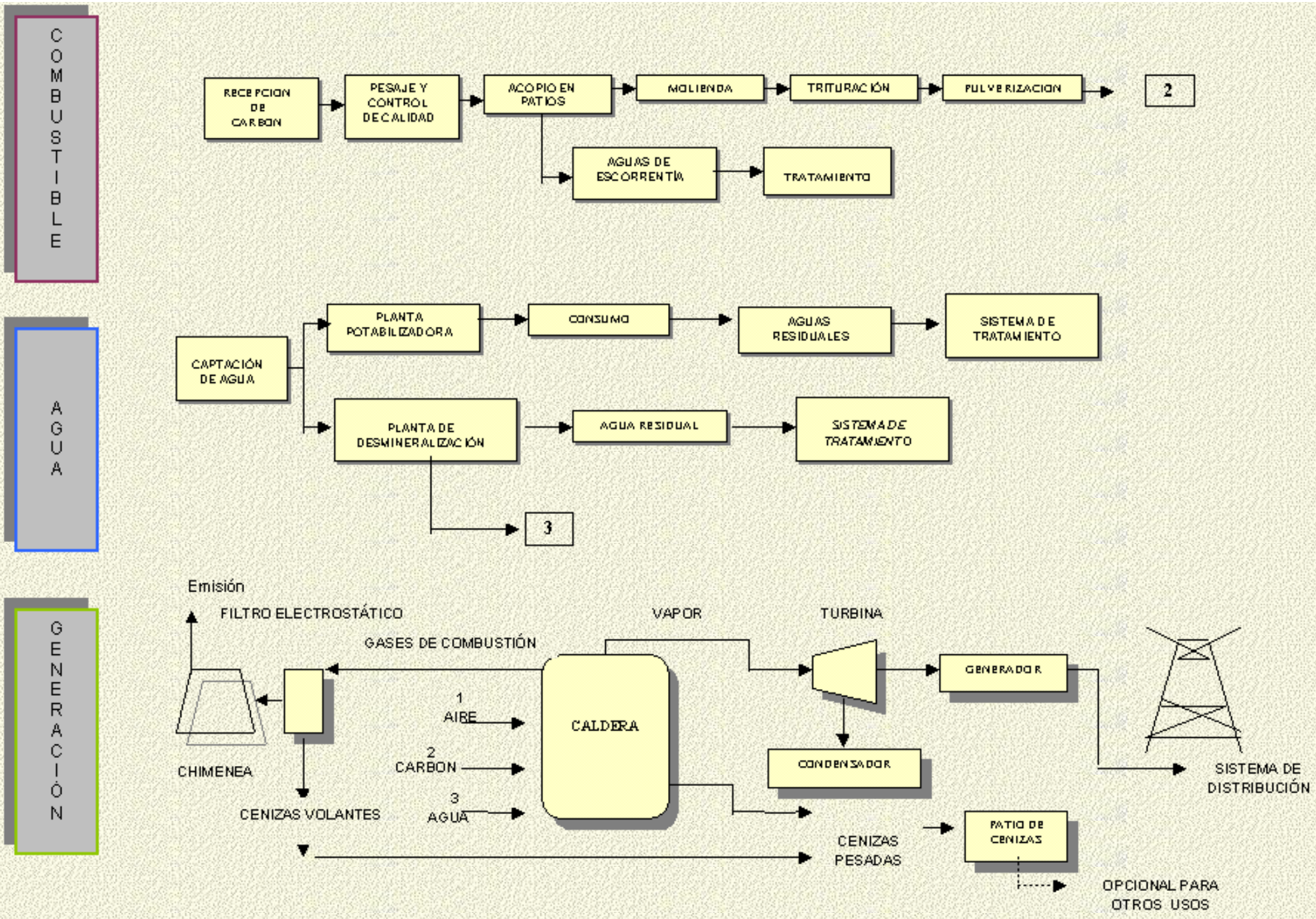
La energía mecánica producida por la turbina se transforma en energía eléctrica a través de un equipo llamado **Generador**.

El eje del generador está acoplado mecánicamente al eje de la turbina, el cual se hace girar para producir la energía eléctrica y ser enviada a las diferentes subestaciones, a través de las líneas de transmisión.

En centrales térmicas de gran capacidad, el vapor proveniente de las fases inferiores de presión de la turbina se somete a un proceso de recalentamiento para utilizarlo nuevamente y, así, aumentar su eficiencia.

La eficiencia de este proceso está determinada por la correcta operación de los equipos, de la cantidad del calor recuperado y de las características del vapor.

Figura 1 DIAGRAMA DE PROCESO SIMPLIFICADO DE UNA PLANTA CARBOELÉCTRICA



- **Ir al principio**

1.3 CRITERIOS TECNOLÓGICOS Y DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

INTRODUCCIÓN

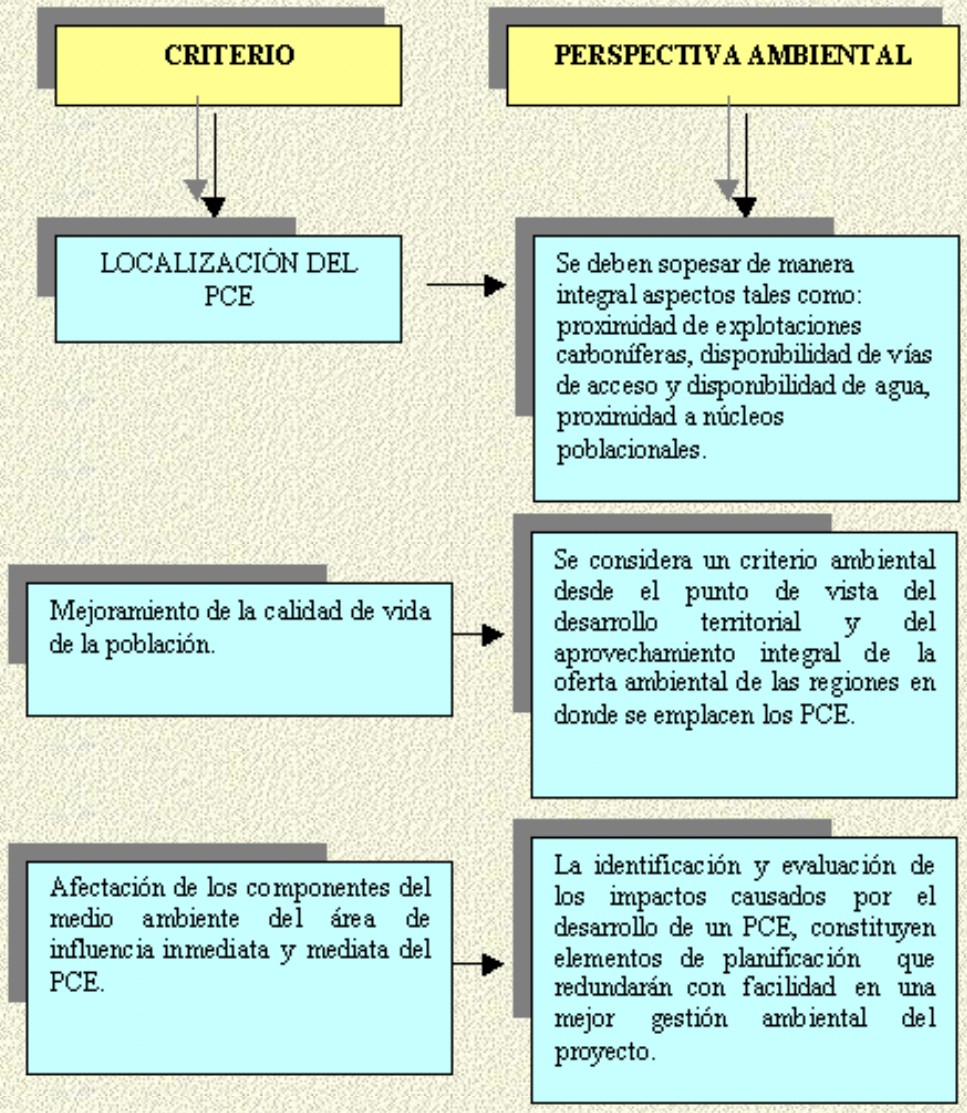
Dentro del presente capítulo de la Guía: Planificación Ambiental de los Proyectos Carboeléctricos, se incluyó una descripción de los PCE desde el punto de vista de los componentes o sistemas que lo conforman y de los procesos desarrollados al interior de los mismos. Seguidamente, se presentó una descripción de los PCE a partir de sus fases de desarrollo (construcción y operación) y, finalmente, se hizo una breve reseña, tanto de la legislación ambiental, como del subsector minero-energético.

Con base en este marco de referencia, se presentan a continuación los criterios de carácter tecnológico y de protección ambiental que generalmente se incluyen dentro de la planificación de los PCE.

Estos criterios que aparecen descritos en la figura adjunta, son estudiados desde las fases tempranas de los Proyectos, cuando se entran a evaluar posibilidades de expansión del parque térmico del país, lo cual comienza por una revisión de las posibilidades de abastecimiento de combustible (carbón para el caso particular), junto con las condiciones ambientales regionales desde la perspectiva de su oferta ambiental (disponibilidad de agua, disponibilidad de terreno apto para su construcción) , sumado al estudio de la sensibilidad ambiental de los posibles sitios en donde pueda ser emplazado el PCE.

Una vez elaborados estos análisis y de haberse surtido el procedimiento administrativo para la inscripción del PCE de acuerdo con las normas del subsector minero-energético, se elabora el Diagnóstico Ambiental de Alternativas de acuerdo con los términos de referencia que el Ministerio del Medio Ambiente señale para el efecto y, posteriormente, se elabora el Estudio de Impacto Ambiental para la alternativa que el MMA haya seleccionado.

En el Estudio de Impacto Ambiental, entre otros, se hace la identificación y la evaluación de los posibles impactos ambientales que pueda ocasionar el desarrollo del PCE. Los impactos así identificados, constituyen el eje sobre el cual la presente Guía ha desarrollado la oferta tecnológica para el manejo ambiental de los proyectos carboeléctricos, en el marco de la fase de Implementación del Sistema de Gestión Ambiental propuesto.



- Ir al principio

1.3.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

objetivo

La identificación y evaluación de los posibles impactos generados durante la construcción y operación de

proyectos carboeléctricos (PCE) constituye la base fundamental del sistema de Gestión Ambiental (SGA). Con base en ellas, son elaborados los planes de manejo ambiental, de monitoreo y de gestión social, al tiempo que surgen como el marco de referencia para la formulación de la oferta tecnológica ambiental de la presente Guía.

Metodología para la identificación de impactos

Existen varias metodologías para la identificación de impactos generados sobre cada uno de los componentes socio-ambientales de un área determinada, por la implantación de obras de infraestructura. Algunas de las metodologías han sido desarrolladas para proyectos específicos, resultando por ello restringida su generalización. En ocasiones, es posible su aplicación en proyectos de características similares.

La Matriz de Identificación de impactos es una de las metodologías usadas para el efecto. Con base en ella es posible hacer evaluaciones preliminares del impacto ambiental, incluyendo una valoración de su magnitud o, como sucede en algunas ocasiones, para evaluar diversas alternativas ambientales para la implantación de un proyecto o de una actividad en particular. El método consiste en utilizar un cuadro de doble entrada en el cual se disponen sobre las filas los componentes socio ambientales susceptibles de ser impactados por el proyecto y, en las columnas, las diferentes actividades a ser desarrolladas durante las fases de construcción y de operación del proyecto objeto de evaluación.

En un fase posterior y, con base en las matrices de identificación, se construyen matrices de evaluación de impactos, en las cuales se incluyen métodos cuantitativos de valoración. Uno de los métodos de valoración es el de los indicadores de impacto ambiental, los cuales están definidos por la expresión cuantitativa o cualitativa mediante la cual son susceptibles de ser medidos (v.gr. concentración de fósforo para medir la concentración de fosfatos en el agua). Para una mayor utilidad de los indicadores ambientales, se involucra dentro de su construcción el criterio de calidad ambiental, el cual se traduce en un valor de referencia, a partir del cual es posible efectuar comparaciones y valoraciones relativas de impactos.

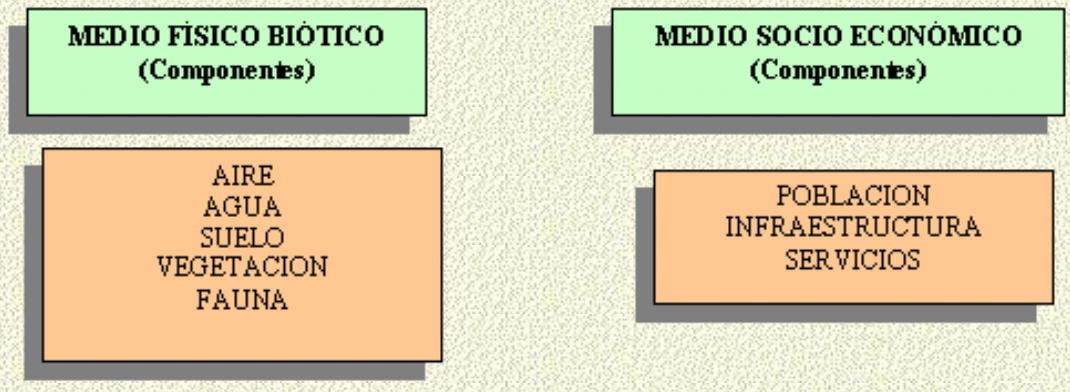
La metodología utilizada para la determinación de impactos en proyectos carboeléctricos (PCE) parte de un análisis de los principales efectos causados por los PCE a los componentes del medio ambiente biofísico y social. A partir de este análisis, se construye una lista de identificación de los principales impactos, la cual incluye una primera valoración de su magnitud.

Finalmente se construye una matriz de identificación y evaluación de impactos, en donde se señala la etapa del proyecto carboeléctrico en la cual pueden tener ocurrencia los impactos y, a partir de este punto, podrán seleccionarse los impactos más relevantes que deben ser objeto de priorización. Uno de los métodos de valoración es el de indicadores de impacto ambiental, por medio del cual se convierte la magnitud de los impactos generados, en un número índice que representa la calidad ambiental a lo largo de la implementación del Sistema de Gestión Ambiental.

- Ir al principio

1.3.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Una manera simple de racionalizar esfuerzos y de hacer más comprensible el proceso de identificación y evaluación de impactos ambientales, se puede lograr a través del análisis de los componentes estructurales de los ecosistemas, en general. Tales componentes corresponden al medio físico-biótico y al medio socio-económico del sistema ambiental que va a ser sometido a la influencia del proyecto carboeléctrico.



A continuación se describen los impactos identificados para los procesos de construcción y de operación de los proyectos carboeléctricos.

Componente Aire

- Aumento de la concentración de material particulado

La preparación y adecuación del terreno, así como la construcción de las obras requeridas para el proyecto, contribuirán directamente al aumento de la concentración de material particulado del área, el cual proviene básicamente de partículas finas del suelo.

- Aumento de la concentración de gases

La utilización de maquinaria y equipo pesado en las actividades de construcción del proyecto, aumentarán las

emisiones de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono.

- Aumento del nivel de ruido

La operación de maquinaria, la soldadura, manejo de metales y procesos de montaje del sistema electromecánico de la planta, contribuirán notablemente al aumento de los niveles de ruido.

Componente Hídrico

- Efectos sobre el recurso hidrobiológico

Las alteraciones de las características físico-químicas de los cuerpos de agua superficial o subsuperficiales por eventuales vertimientos que se produzcan en ellos, podría desencadenar efectos adversos en la biota de los mismos, alterando la cadena trófica y la pérdida de especies o de hábitat para las mismas.

- Contaminación bacteriológica

La contaminación bacteriológica puede ocurrir por el vertimiento de aguas residuales de tipo doméstico sin tratamiento, o con un tratamiento deficiente. Estas aguas se producen en la dotación sanitaria de los campamentos, oficinas y demás instalaciones administrativas. El mayor volumen de aguas residuales de tipo doméstico se producirán durante la etapa de construcción del PCE.

- Aporte de sedimentos

El aporte de sedimentos a los cursos de agua se presentaría por efecto de la escorrentía superficial de las áreas descubiertas, en donde se haya realizado la remoción de la vegetación y el descapote del terreno. Los materiales sueltos producto del descapote, constituyen también otra fuente importante de sedimentos de arrastre.

- Alteración morfológica de cauces

Es común observar taponamiento de cauces, desvíos y otras intervenciones anómalas que alteran sus características morfométricas. Otra actividad que generalmente causa alteraciones importantes en la morfología de los cauces es la explotación de materiales de arrastre requeridos para la construcción de las obras civiles.

- Contaminación por derrame de combustibles grasas y aceites

Existe riesgo de contaminación de cuerpos de agua por posibles derrames de combustibles, grasas y aceites provenientes del equipo y del mantenimiento de la maquinaria utilizada en las labores de construcción.

- Alteración de la dinámica fluvial y de los patrones de drenaje natural

Para la adecuación del terreno será necesario, en ocasiones, desviar y canalizar algunos cursos de agua. La dinámica fluvial de las corrientes afectadas sufrirán una disminución en su capacidad de transporte y depositación de sedimentos, afectando negativamente la variación de los niveles de las corrientes y su lecho menor, obligándolas a expandir su sección sobre áreas nuevas, sujetas al régimen de inundación.

- Alteración del hábitat natural del recurso hidrobiológico

Como consecuencia del aumento de los sólidos suspendidos y sedimentables, se produce un aumento en la turbiedad de los cuerpos de agua, disminuyendo la penetración de la luz en el agua y alterando la actividad fotosintética de la vegetación acuática. Así mismo, se desarrollan fenómenos de soterramiento para los organismos que viven en el fondo o de precipitación y soterramiento de partículas orgánicas que les sirven de alimento.

Componente Suelo

- Desarrollo de procesos erosivos

Las labores de desmonte, limpieza y descapote del terreno tienen una incidencia temporal en la aceleración de los procesos erosivos, ya que dejan expuestas las superficies desnudas a la acción del viento y de la escorrentía superficial.

- Cambios en las propiedades físicas de los suelos

Los suelos del área en donde se desarrollará el proyecto sufrirá modificaciones en su estructura, drenaje interno y nivel freático, debido a que las labores de construcción contribuyen con el aceleramiento de procesos de compactación, y de alteración del régimen de escorrentía superficial y subsuperficial.

- Pérdida de la capa orgánica y del potencial agrológico del suelo

Del volumen total de material removido para la construcción, generalmente un buen porcentaje corresponde a suelo orgánico apto para el desarrollo de vegetación y actividades agrícolas o pecuarias, el cual, al ser traslocado,

pierde su capacidad natural para la sustentación de vegetación.

- Alteración del patrón de drenaje del suelo

La disposición del suelo removido y la construcción de obras, modifican drásticamente el patrón de drenaje de la zona, generando condiciones de concentración de la escorrentía superficial y acelerando los procesos de pérdida de suelo por lavado del mismo.

- Cambios en el uso del suelo

La implantación de un proyecto carboeléctrico conlleva una modificación sustancial del uso del suelo, no sólo del área que vaya a ser ocupada por la central, sino también la correspondiente a su área de influencia inmediata.

- Compactación de suelos

Debido a la utilización de maquinaria pesada, el suelo donde ésta opere sufrirá procesos acelerados de compactación, modificando sus propiedades físicas y restringiendo sus posibilidades de utilización con fines de implantación de vegetación.

Componente Vegetación y fauna

Tanto las labores de desmonte como la incorporación misma al ecosistema de elementos totalmente artificiales y ajenos a éste, desencadenan efectos negativos y casi irreversibles por pérdida de especies vegetales de gran riqueza ecológica (endémicas quizás), interrupción de la sucesión vegetal, migración de especies, eliminación o reducción furtiva de especies animales en vía de extinción y pérdida de hábitat para especies animales.

Componente Socio-económico

- Económico

La demanda de materiales, equipos menores, bienes y servicios, sumados al mayor volumen de dinero en circulación, generará una especie de "boom" que podría desencadenar procesos inflacionarios y un beneficio muy puntual para el sector formal e informal de la economía local.

A nivel regional, el desarrollo de un proyecto carboeléctrico podría redundar en una reactivación de las actividades productivas de la región, como también podría estimular las inversiones en la región correspondiente.

Social

El inicio de la construcción del PCE generará un aumento de las expectativas de empleo de la comunidad local y regional, gran parte de la cual quedará insatisfecha por su no vinculación o, a la postre, por haber generado compromisos de tipo económico sobre la base de la mera expectativa laboral.

La construcción de un proyecto de estas características puede motivar migraciones de tipo rotacional y acelerar procesos de descomposición social, representado en vandalismo y prostitución.

Habrá, entre otros impactos positivos, la energización de la región en donde se emplace el PCE, para suplir la demanda de electricidad por parte de la población asentada en el área de influencia inmediata del PCE.

Cultural

Podrían inducirse cambios en los patrones de comportamiento de la comunidad, al contar con servicio de energía eléctrica, aún para la población dispersa.

- **Ir al principio**

1.3.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DURANTE LA OPERACIÓN

Componente Aire

Incremento de la concentración de material particulado

Este impacto se presenta como consecuencia de las emisiones de partículas de carbón fundamentalmente, provenientes de los patios de acopio, escombreras de cenizas y cenizas producidas en la combustión, las cuales son arrojadas a la atmósfera por la chimenea y dispersas por el viento.

El mayor riesgo ambiental está asociado a las partículas con tamaños menores de 10 micras, puesto que éstas pueden ser inhaladas por el organismo humano. Las partículas de mayor tamaño sedimentan más fácilmente,

pero, su depositación sobre la vegetación o el suelo, puede desencadenar daños fisiológicos en las especies vegetales o afectar el rendimiento de los cultivos.

- Incremento de la concentración de gases en la atmósfera

En la etapa de operación se producen básicamente óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y, en menor proporción, dióxido de carbono y compuestos de cloro, flúor e hidrocarburos. Las tecnologías utilizadas en la actualidad para PCE, incorpora equipos y procesos que disminuyen la producción de tales gases, al tiempo que contribuyen en el control de sus emisiones a la atmósfera.

- Incremento en los niveles de ruido

El nivel ruido más importante se producirá durante la operación de la planta por efecto de la operación de las calderas y las purgas, además de ruidos de impacto generados en los talleres por el mantenimiento continuo de maquinaria y equipo.

Componente Hídrico

- Incremento de la carga de sedimentos por escorrentía superficial

La escorrentía del patio de carbón y de la escombrera de cenizas, constituyen la mayor fuente de aporte de sedimentos a los cuerpos de agua.

Igualmente, en la medida que se tengan áreas desprovistas de cobertura vegetal, el aporte de sedimentos se incrementará, debido al arrastre realizado por el agua de escorrentía superficial.

- Incremento de la carga de sedimentos por operación de la planta

Estas aguas provienen de purgas del tanque contra incendios, purgas y excesos de la torre de enfriamiento, purgas de la planta de potabilización y del retrolavado de sus filtros.

- Impacto por la carga térmica

El impacto de la carga térmica por efecto de la descarga del efluente del sistema de enfriamiento es importante cuando el sistema es de circulación abierta y el cuerpo receptor no ofrece un caudal de atenuación adecuado, produciendo un incremento significativo de su temperatura. Este aumento de la temperatura puede acelerar los

procesos metabólicos de los organismos acuáticos, con la consiguiente reducción del nivel de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua.

Contaminación química

La contaminación química de las aguas se ocasiona por el vertimiento de aguas residuales industriales originadas en los procesos de tratamiento del agua para la caldera, lavado de equipos y escorrentía de los talleres y áreas de mantenimiento de equipos. Entre las sustancias más comunes que se encuentran en estos residuos están las grasas y aceites, sales ácidas y básicas y metales. Los impactos derivados de la contaminación química ocurren principalmente durante la etapa de operación y su incidencia está relacionada con la afectación de las comunidades acuáticas, restricciones para usos del recurso hídrico o afectación de la salud de la población.

Cambios en la calidad del cuerpo fluvial por escorrentía de pilas de carbón y escombreras de cenizas

Las aguas de escorrentía de las pilas de carbón que involucran las aguas utilizadas en el humedecimiento de éstas y los drenajes causados por las aguas utilizadas para el control de polvo para los diferentes puntos de emisión, producirán cambios en las propiedades físico químicas del agua, debido a la solubilización de sales y elementos potencialmente tóxicos que incluyen, por ejemplo, As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg y Se. El efecto sobre el pH del agua depende de la composición del carbón y de las cenizas. En función de su contenido de azufre pueden producirse aguas ácidas cuando éste es alto o aguas alcalinas cuando es bajo.

Contaminación por derrames de combustibles, grasas y aceites

Existe un gran riesgo de contaminación del recurso hídrico por el posible derrame de combustibles, grasas y aceites provenientes del equipo, maquinaria y actividades de mantenimiento realizadas en los talleres del PCE, alterando la calidad de las aguas.

Contaminación de acuíferos

Este efecto se asocia particularmente a la posibilidad de migración de elementos lixiviados en el patio de cenizas. La disposición de cenizas en rellenos y lagunas de sedimentación puede afectar, en forma directa, los ecosistemas acuáticos próximos al área de manejo de las cenizas debido tanto a la descarga del efluente como a la acción de la escorrentía.

El aspecto que se considera más crítico es el de la contaminación de los acuíferos debido a la solubilización de sales y elementos potencialmente tóxicos que incluyen, por ejemplo, As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg y Se. El efecto sobre el pH del agua depende de la composición de las cenizas, las que presentan un alto contenido de azufre producen lixiviados ácidos y las de bajo contenido, lixiviados alcalinos.

Componente Suelo

- Contaminación del suelo por sedimentación de partículas

El arrastre de material particulado del patio de acopio de carbón, de las escombreras de ceniza y áreas aledañas, por efecto del agua de escorrentía y el viento, produce la depositación de éstas en el suelo, evitando el intercambio de gases en la matriz del suelo.

- Contaminación del suelo por derrames de combustibles, lubricantes y otras sustancias

En la zona de talleres se pueden presentar derrames de combustible, lubricantes y sustancias tóxicas que causan contaminación del suelo, afectando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con la consecuente pérdida del recurso.

Componente vegetación y Fauna

- Vegetación

El impacto sobre la vegetación no está limitado a la vegetación circundante del proyecto; además de los reductos de vegetación que hayan quedado en el interior de la planta y a las barreras vivas que se establezcan, se encuentra involucrada toda la vegetación que se encuentre ubicada en dirección predominante del viento, pues ésta recibirá gran parte de las emisiones de gases a temperaturas elevadas, partículas de polvo y carbón generados por los patios de acopio y las escombreras de ceniza, causando estrés a la vegetación por la acumulación en sus ramas y hojas de polvo y partículas que afectan los procesos fotosintéticos, el intercambio de gases con la atmósfera y los procesos reproductivos.

- Alteración del proceso fotosintético y productividad primaria

Este impacto ocurre como una derivación del proceso de sedimentación de las cenizas volantes sobre las hojas de las plantas, por la resuspensión de cenizas o por la dispersión de los finos del carbón.

Componente paisajístico

- Paisaje

Las obras construidas y el PCE en si, introducen modificaciones drásticas al paisaje predominante del área en donde sea construido. En la medida de lo posible, la ocultación será una buena estrategia de manejo para este tipo de impacto.

- Modificación de rondas de protección de cuerpos de agua

Se puede presentar la canalización de las corrientes que se encuentran en el área de influencia directa del PCE, para controlar las crecientes y con ello, introducir aún más elementos artificiales al paisaje, en detrimento, además de los recursos hidrobiológicos.

- Afectación de relictos de bosques y vegetación

La elevada temperatura con la cual los gases son emitidos de la chimenea, sumada a la composición de los mismos, causarán un estrés en la vegetación que se encuentre viento abajo del PCE, produciendo decoloración y pérdida del follaje de la vegetación.

Fauna

La alteración del paisaje, la pérdida de cobertura vegetal, el truncamiento de la sucesión vegetal, sumados a las perturbaciones sonoras por el trabajo de los equipos, el tránsito de camiones carboneros y otros menores, determinarán la migración de especies animales. Las especies menores aún presentes en el área del PCE o en sus alrededores, pueden presentar molestias en los sistemas respiratorio y excretor, a causa de la acumulación de material particulado del mineral o de gases provenientes de la chimenea.

- Reducción o eliminación de hábitat

La remoción de la capa orgánica de suelo y de la vegetación en las áreas en donde se instalarán los equipos y se construirán las obras requeridas por el proyecto implica necesariamente la eliminación de hábitat.

- Incremento de presión sobre el recurso faunístico

Este es un impacto que ocurre al incrementarse la presencia de trabajadores en el área del PCE, aumentando la cacería furtiva sobre la fauna que aún no se desplaza. El impacto derivable de este efecto cobra importancia cuando esta presión se dirige hacia especies en vía de extinción o de mayor sensibilidad ecológica.

Afectación de comunidades acuáticas

Como se comentó anteriormente, los efectos concurrentes de la contaminación del aire o del suelo, pueden finalmente deteriorar la calidad de las aguas y, de esta manera, causar problemas fisiológicos sobre los organismos acuáticos o, en general, sobre el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos.

Componente Social

Económico

El aumento en el nivel de ingresos de la población vinculada al PCE, generará una distribución y circulación mayor del dinero, incrementando la oferta y demanda de bienes y servicios, generando procesos inflacionarios y modificando la dinámica de consumo en los centros poblados ubicados en el área de influencia del proyecto.

Social

El mayor poder adquisitivo de un sector de la población, la mayor circulación de dinero, el cambio en la calidad de vida y la implementación del programa de gestión social por parte del PCE, serán factores determinantes en la dinámica social de la población, generando cambios en las costumbres, relaciones y valores característicos de la región.

Laboral

La operación del PCE, disminuirá el numero de personal vinculado al proyecto con relación a la etapa de operación y, en contraposición, se garantizará una mejor estabilidad laboral a un grupo determinado de la población.

Educacional

El nivel educacional de la población asentada en el área de influencia del PCE podría ver incrementados sus niveles de escolaridad, por la estabilidad laboral de las personas jefes de familia y las mayores posibilidades para su sostenimiento escolar.

- **Ir al principio**

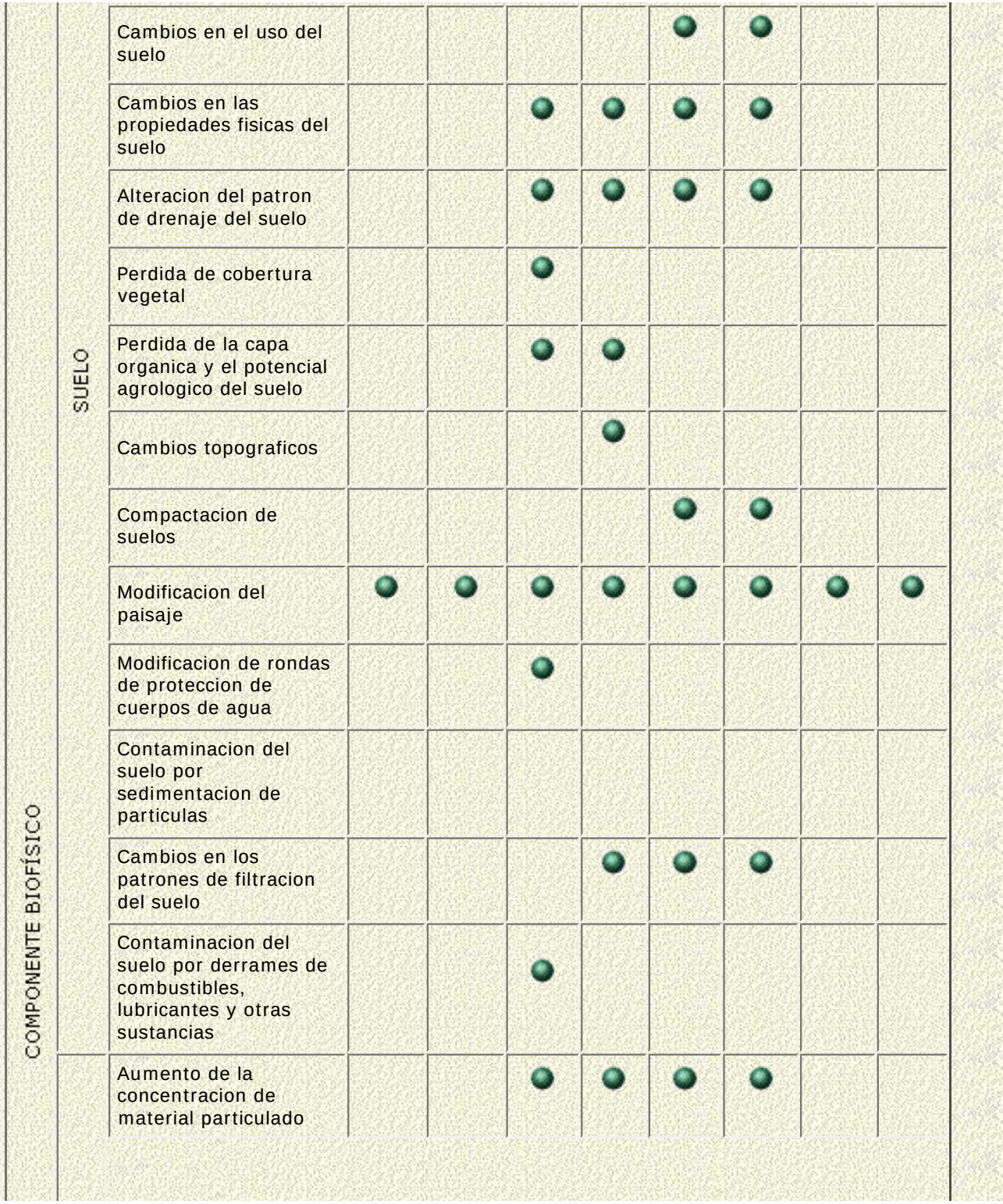
1.3.4 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE PCE.

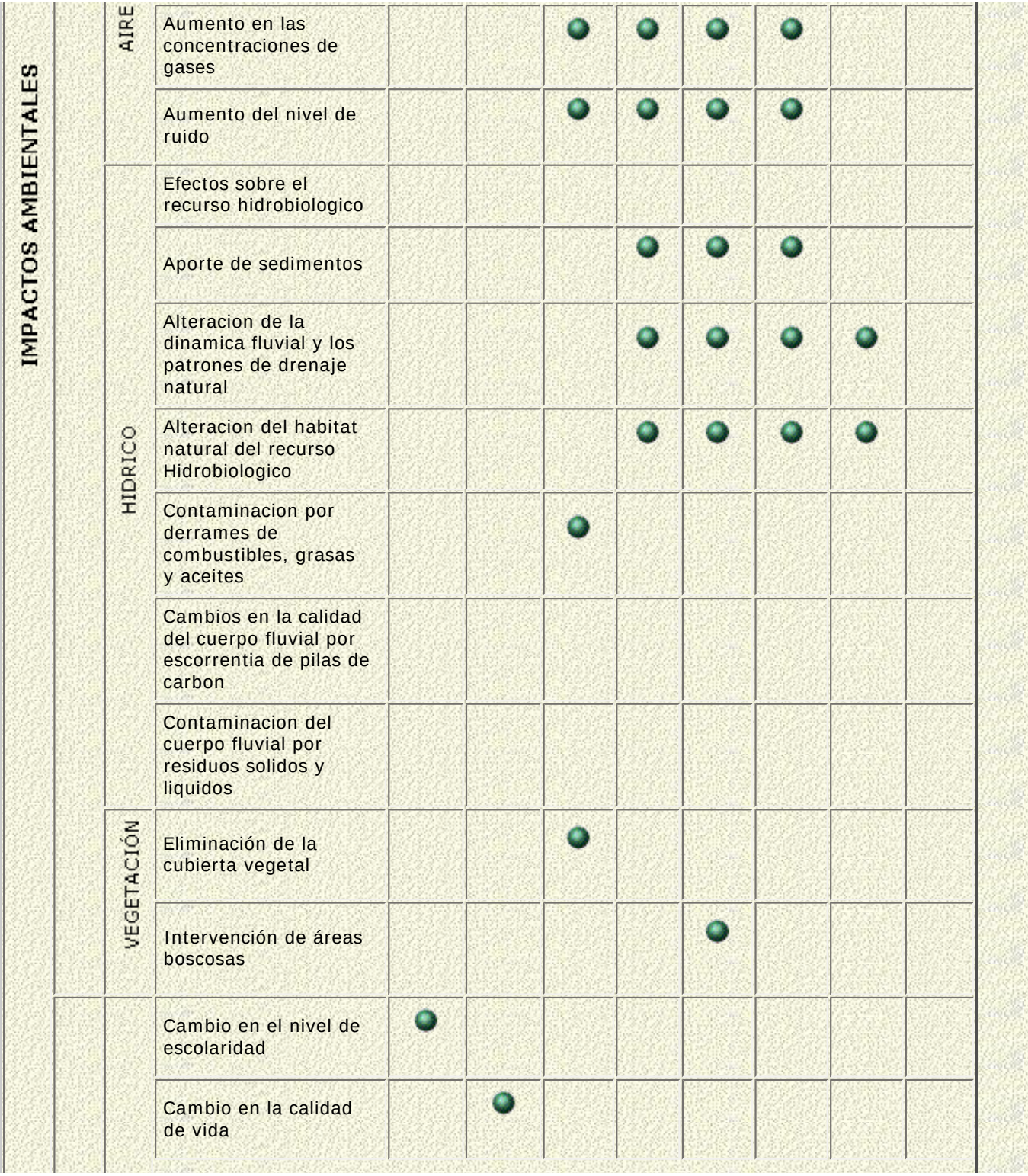
En la Tabla 2 se muestra la matriz de identificación de impactos propuesta para los PCE, en la cual sólo han sido considerados los impactos más importantes, es decir, aquellos identificados como de magnitud alta y media.

La evaluación de impactos se realizará dentro del marco del Sistema de Gestión Ambiental con la ayuda de indicadores de impacto ambiental, los cuales serán objeto de una explicación detallada en la sección de Evaluación de le Gestión Ambiental. Los indicadores de impacto ambiental, en algunos casos, agrupan varios de los principales impactos en un solo indicador, con el fin de facilitar la evaluación

Tabla 2 MATRÍZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

				ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LOS PCE							
				CONSTRUCCIÓN (parte 1)							
				Localización y replanteo	Aislamiento del área	Limpieza, desmonte y descapote	Exacavación y nivelación	Construcción de vías de acceso	Construcción de vías internas	Construcción de obras de arte	Construcción de campamento
			Inestabilidad			●	●	●	●		
			Desarrollo de procesos erosivos			●	●				


COMPONENTE BIOFÍSICO
SUELO
Cambios en el uso del suelo
Cambios en las propiedades fisicas del suelo
Alteracion del patron de drenaje del suelo
Perdida de cobertura vegetal
Perdida de la capa organica y el potencial agrologico del suelo
Cambios topograficos
Compactacion de suelos
Modificacion del paisaje
Modificacion de rondas de proteccion de cuerpos de agua
Contaminacion del suelo por sedimentacion de particulas
Cambios en los patrones de filtracion del suelo
Contaminacion del suelo por derrames de combustibles, lubricantes y otras sustancias
Aumento de la concentracion de material particulado


IMPACTOS AMBIENTALES
AIRE
Aumento en las concentraciones de gases
Aumento del nivel de ruido
HIDRICO
Efectos sobre el recurso hidrobiologico
Aporte de sedimentos
Alteracion de la dinamica fluvial y los patrones de drenaje natural
Alteracion del habitat natural del recurso Hidrobiologico
Contaminacion por derrames de combustibles, grasas y aceites
Cambios en la calidad del cuerpo fluvial por escorrentia de pilas de carbon
Contaminacion del cuerpo fluvial por residuos solidos y liquidos
VEGETACIÓN
Eliminación de la cubierta vegetal
Intervención de áreas boscosas
Cambio en el nivel de escolaridad
Cambio en la calidad de vida

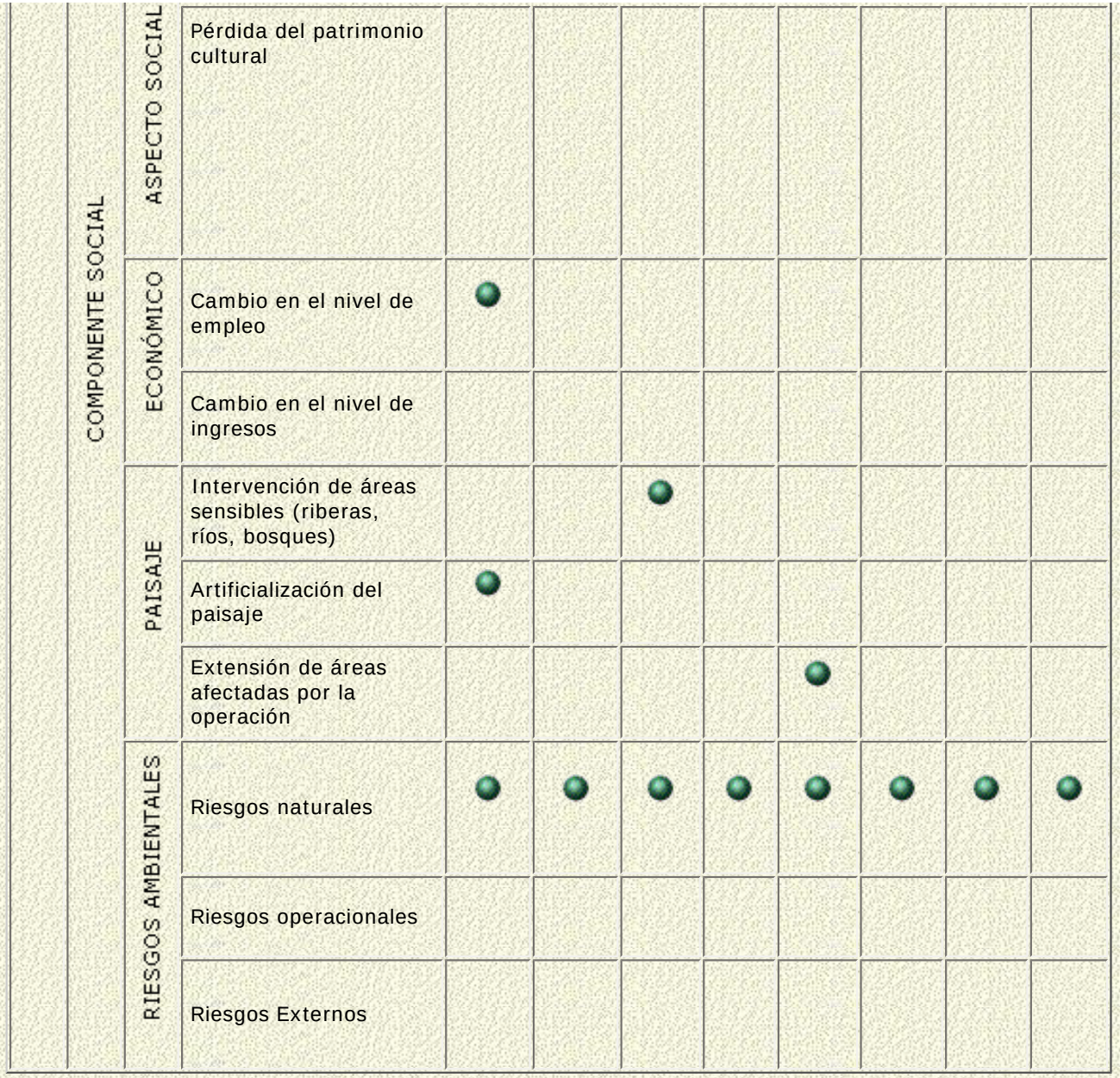
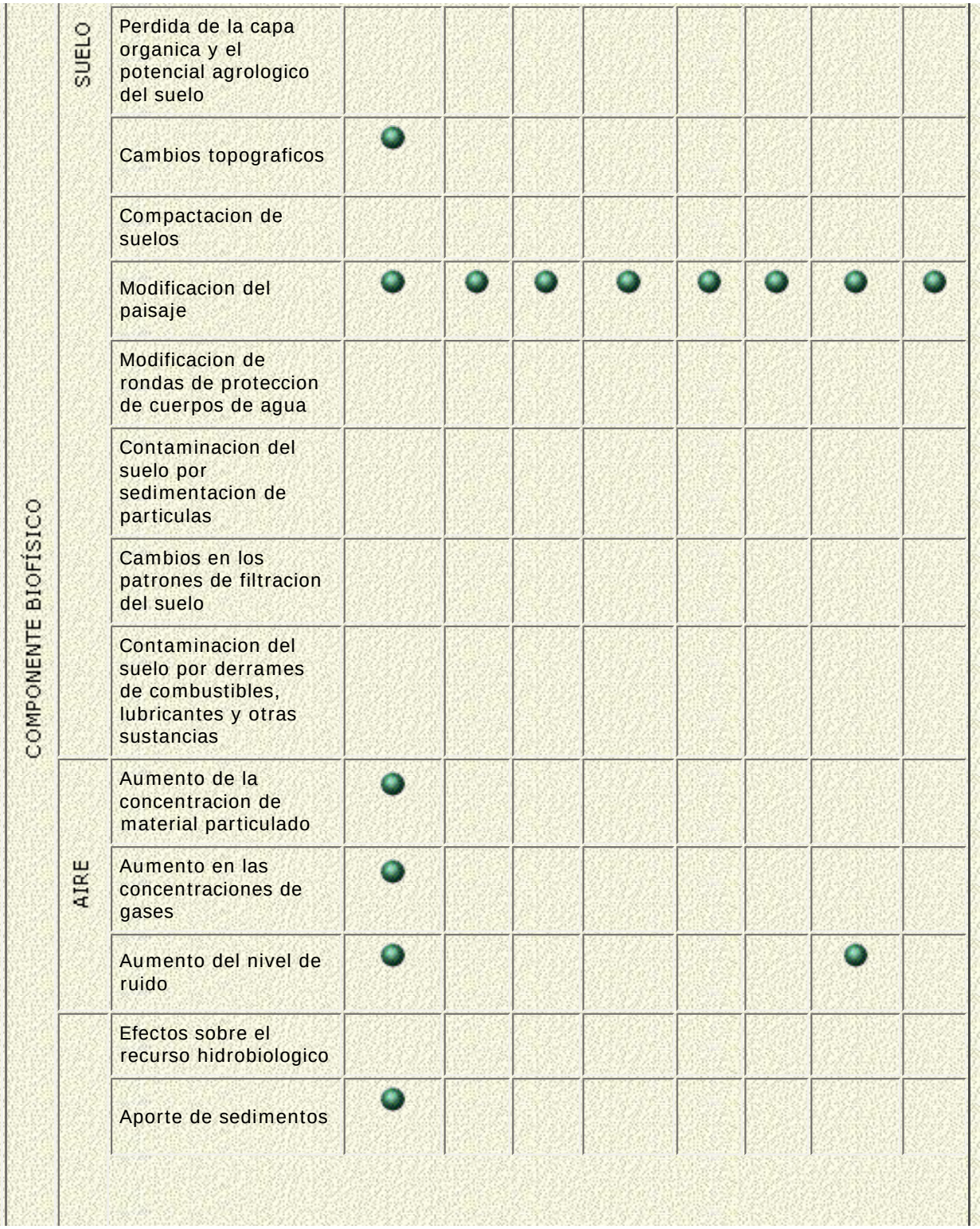


Tabla 2 MATRÍZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS (Continuación)

				ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LOS PCE							
				CONSTRUCCIÓN (parte 2)							
				Explotación de materiales y disposición de sobrantes	Construcción de oficinas y talleres	Construcción de sistema de riego	Construcción drenajes de los patios de cenizas	Construcción de la subestación eléctrica	Construcción zona de combustibles	Recibo, manejo y almacenamineto de carbón	Preparación del carbón
			Inestabilidad								
			Desarrollo de procesos erosivos								
			Cambios en el uso del suelo								
			Cambios en las propiedades fisicas del suelo								
			Alteracion del patron de drenaje del suelo								
			Perdida de cobertura vegetal								


COMPONENTE BIOFÍSICO
SUELO
Perdida de la capa organica y el potencial agrologico del suelo
Cambios topograficos
Compactacion de suelos
Modificacion del paisaje
Modificacion de rondas de proteccion de cuerpos de agua
Contaminacion del suelo por sedimentacion de particulas
Cambios en los patrones de filtracion del suelo
Contaminacion del suelo por derrames de combustibles, lubricantes y otras sustancias
AIRE
Aumento de la concentracion de material particulado
Aumento en las concentraciones de gases
Aumento del nivel de ruido
Efectos sobre el recurso hidrobiologico
Aporte de sedimentos

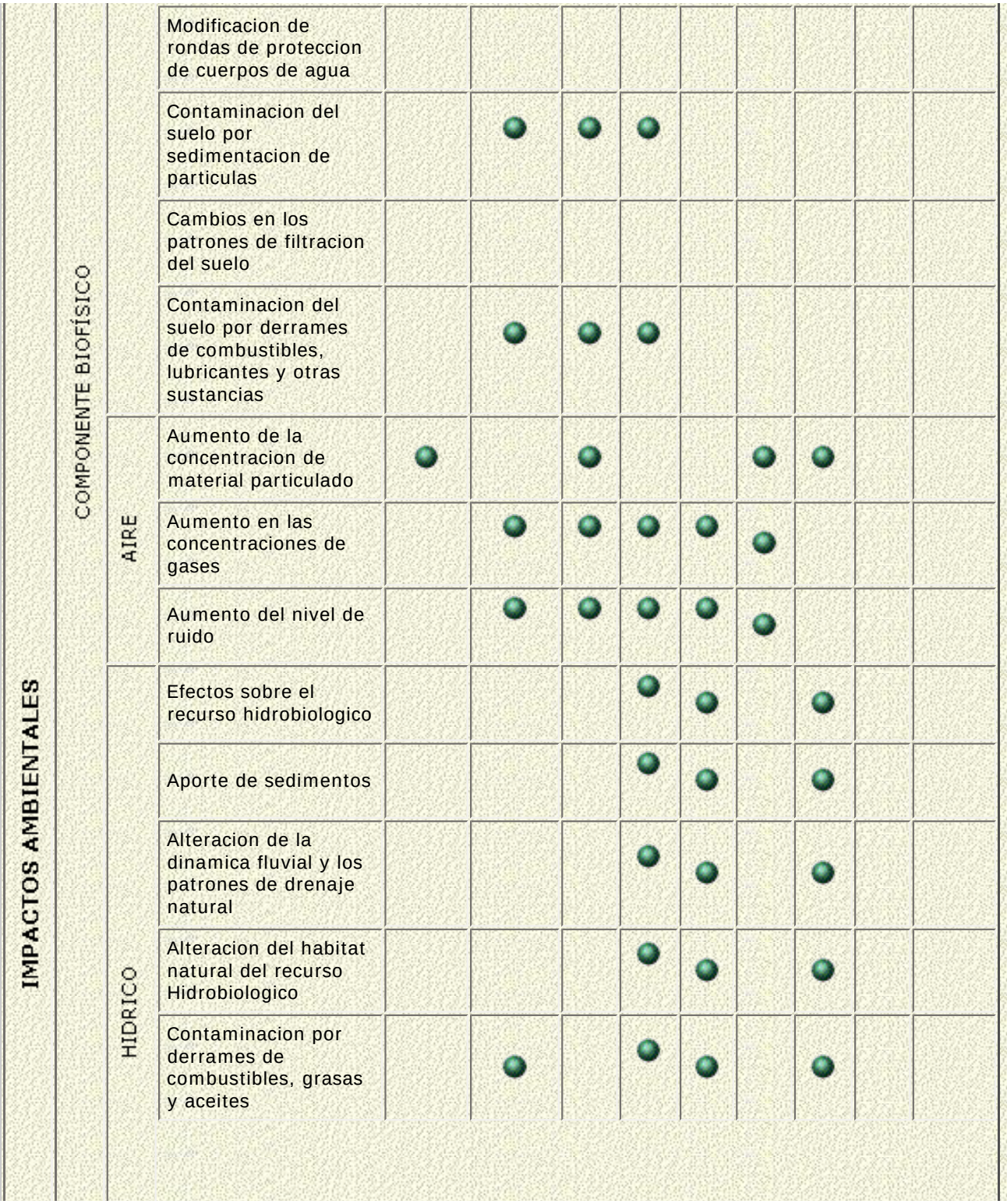
IMPACTOS AMBIENTALES		HIDRICO	Alteracion de la dinamica fluvial y los patrones de drenaje natural				●				
			Alteracion del habitat natural del recurso Hidrobiologico				●				
			Contaminacion por derrames de combustibles, grasas y aceites								
			Cambios en la calidad del cuerpo fluvial por escorrentia de pilas de carbon								
			Contaminacion del cuerpo fluvial por residuos solidos y liquidos								
		VEGETACIÓN	Eliminación de la cubierta vegetal								
			Intervención de áreas boscosas								
		ASPECTO SOCIAL	Cambio en el nivel de escolaridad								
			Cambio en la calidad de vida								
			Pérdida del patrimonio cultural								
		ECONÓMICO	Cambio en el nivel de empleo								
			Cambio en el nivel de ingresos								

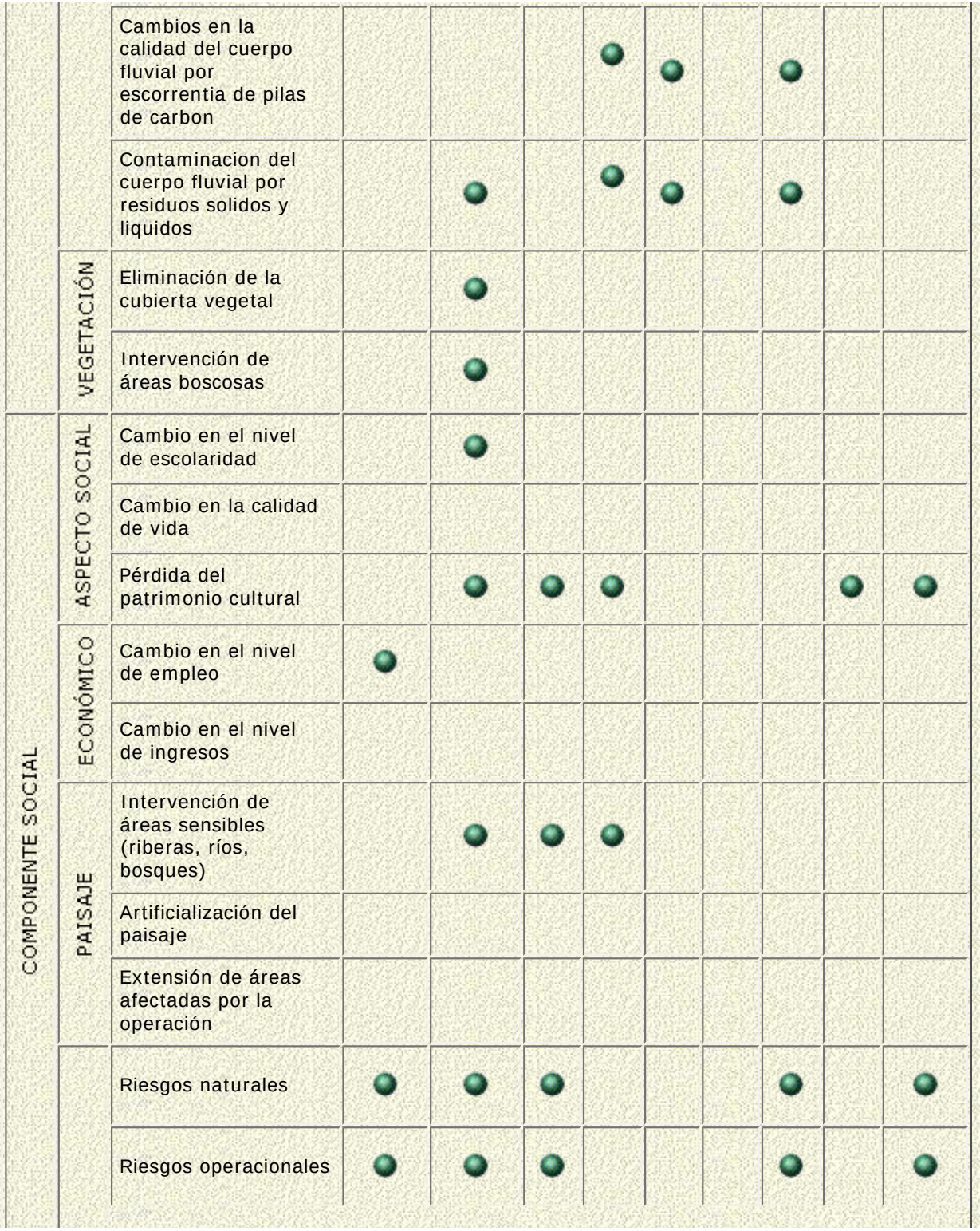
COMPONENTE SOCIAL	PAISAJE	Intervención de áreas sensibles (riberas, ríos, bosques)								
		Artificialización del paisaje								
		Extensión de áreas afectadas por la operación								
	RIESGOS AMBIENTALES	Riesgos naturales	●	●	●	●	●	●	●	●
		Riesgos operacionales								
		Riesgos Externos								

Tabla 2 MATRÍZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS (Continuación)

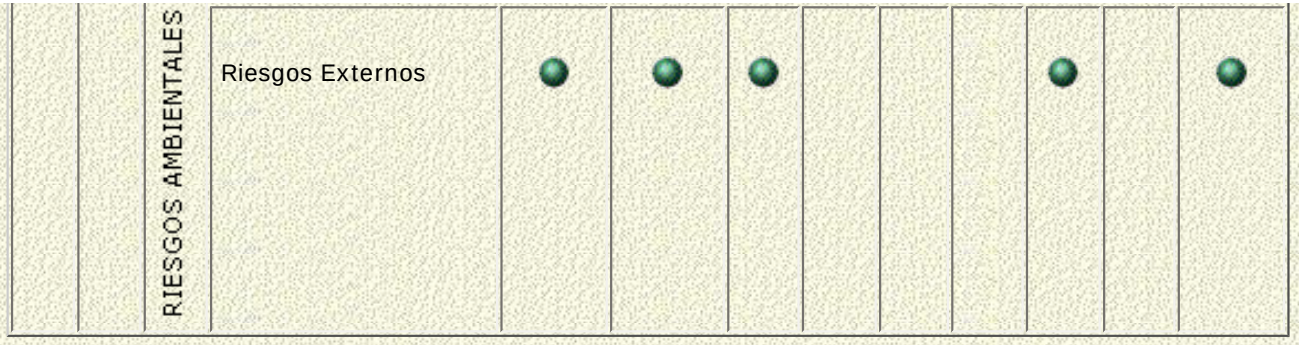
				ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LOS PCE								
				OPERACIÓN								

					Recibo, manejo y almacenamiento de carbón	Recibo, alamacenamiento y suministro de combustible líquido	Caldera	Sistema de enfriamiento	Tratamiento de aguas	Precipitador electrostatico y chimenea	Manejo y disposicón final de cenizas	Precipitador electrostatico y chimenea	Inatalaciones auxiliares, talleres y edificios administrativos
			SUELO	Inestabilidad									
				Desarrollo de procesos erosivos									
				Cambios en el uso del suelo									
				Cambios en las propiedades fisicas del suelo									
				Alteracion del patron de drenaje del suelo									
				Perdida de cobertura vegetal									
				Perdida de la capa organica y el potencial agrologico del suelo									
				Cambios topograficos									
				Compactacion de suelos									
				Modificacion del paisaje							●		


IMPACTOS AMBIENTALES
COMPONENTE BIOFÍSICO
AIRE
HIDRICO
Modificacion de rondas de proteccion de cuerpos de agua
Contaminacion del suelo por sedimentacion de particulas
Cambios en los patrones de filtracion del suelo
Contaminacion del suelo por derrames de combustibles, lubricantes y otras sustancias
Aumento de la concentracion de material particulado
Aumento en las concentraciones de gases
Aumento del nivel de ruido
Efectos sobre el recurso hidrobiologico
Aporte de sedimentos
Alteracion de la dinamica fluvial y los patrones de drenaje natural
Alteracion del habitat natural del recurso Hidrobiologico
Contaminacion por derrames de combustibles, grasas y aceites



		Cambios en la calidad del cuerpo fluvial por escorrentia de pilas de carbon				●	●		●		
		Contaminacion del cuerpo fluvial por residuos solidos y liquidos		●		●	●		●		
	VEGETACIÓN	Eliminación de la cubierta vegetal		●							
		Intervención de áreas boscosas		●							
COMPONENTE SOCIAL	ASPECTO SOCIAL	Cambio en el nivel de escolaridad		●							
		Cambio en la calidad de vida									
		Pérdida del patrimonio cultural		●	●	●				●	●
	ECONÓMICO	Cambio en el nivel de empleo	●								
		Cambio en el nivel de ingresos									
	PAISAJE	Intervención de áreas sensibles (riberas, ríos, bosques)		●	●	●					
		Artificialización del paisaje									
		Extensión de áreas afectadas por la operación									
		Riesgos naturales	●	●	●				●		●
		Riesgos operacionales	●	●	●				●		●



- **Ir al principio**

GUÍA AMBIENTAL DE PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS

2 MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL

CONTENIDO

- 2.1 ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL
- 2.2 MANEJO AMBIENTAL FASE DE CONSTRUCCIÓN
  - 2.2.1 MANEJO AMBIENTAL DEL SUELO
  - 2.2.2 MANEJO AMBIENTAL DE EMISIONES ATMÓSFERICAS Y RUIDO
  - 2.2.3 MANEJO AMBIENTAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS
  - 2.2.4 MANEJO AMBIENTAL DE VEGETACIÓN Y FAUNA
  - 2.2.5 MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
- 2.3 MANEJO AMBIENTAL FASE DE OPERACIÓN
  - 2.3.1 MANEJO AMBIENTAL DEL SUELO
  - 2.3.2 MANEJO AMBIENTAL DE EMISIONES ATMÓSFERICAS Y RUIDO
  - 2.3.3 MANEJO AMBIENTAL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES
  - 2.3.4 MANEJO AMBIENTAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS
  - 2.3.5 MANEJO AMBIENTAL DE VEGETACIÓN Y FAUNA
  - 2.3.6 MANEJO AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

2.4 ESTRATEGIAS DE GESTIÓN SOCIAL

2.5 PLANES DE CONTINGENCIA

ÍNDICE DE LA GUÍA

CAPÍTULO ANTERIOR

CAPÍTULO SIGUIENTE

2.1 ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL

INTRODUCCIÓN

La implementación corresponde a la etapa de adopción y puesta en práctica de las medidas, estrategias, tecnologías, o en general, de las acciones conducentes a la mitigación y control de los impactos ambientales de los PCE.

Con el fin de conservar un nivel adecuado de referencia en relación con los lineamientos que el Ministerio del Medio Ambiente ha promulgado en el sentido de efectuar lo que se ha denominado una "Zonificación de Manejo Ambiental" en los estudios ambientales, a fin de identificar oportunamente las restricciones de los ecosistemas en el área a intervenir, se incluye en esta sección una breve discusión sobre este aspecto.

No sobra advertir que, de todas maneras, en la etapa de implementación de las medidas ambientales, en la práctica, se trabaje a nivel de componente ambiental o recurso (agua, aire, suelo), más que por ecosistema.

ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL

Previamente a la definición y selección de las medidas de manejo ambiental de las actividades inherentes a los PCE es necesario realizar la Zonificación de Manejo Ambiental (ZMA) con el fin de establecer un vínculo real entre las características y estado de los elementos ambientales en el área de influencia del proyecto y el plan de manejo ambiental.

La ZMA se obtiene a partir de la descripción y caracterización ambiental del escenario intervenido (o que se intervendrá), y permite tanto configurar una síntesis del diagnóstico y una visión global de las condiciones de los ecosistemas y recursos naturales que ofrece el área de estudio como establecer el grado de sensibilidad ambiental frente al desarrollo de la actividad.

Para definir la ZMA se deberá tener en cuenta, entre otra información la siguiente: ubicación de los asentamientos humanos en el área del estudio, zonas de interés natural y cultural, cuerpos de agua más importantes, centros de acopio, obras de infraestructura y ecosistemas sensibles que requieran manejo especial.

Atendiendo a los criterios establecidos en el Decreto 1753/94, la ZMA deberá identificar y delimitar los ecosistemas de acuerdo a su susceptibilidad a factores ajenos o exógenos, en las siguientes categorías:

- Ecosistema ambientalmente crítico: Es aquel que ha perdido su capacidad de recuperación o autorregulación.

- Ecosistema ambientalmente sensible: Es aquel que es altamente susceptible al deterioro por la introducción de factores ajenos o exógenos.

- Ecosistema de importancia ambiental: Es aquel que presta servicios y funciones ambientales.

- Ecosistema de importancia social: Es aquel que presta servicios y funciones sociales.

- **Ir al principio**

2.2 MANEJO AMBIENTAL FASE DE CONSTRUCCIÓN

2.2.1 MANEJO AMBIENTAL DEL SUELO

Objetivo

Preservar las características fisicoquímicas del suelo para emplearlo en labores posteriores de revegetalización y reforestación.

Impacto a prevenir o mitigar

- Perdida de la capacidad agrológica del suelo.
- Perdida de suelo por arrastre de aguas de escorrentía.
- Degradación del suelo.

Criterios ambientales

- El suelo es el recurso principal de las labores de reforestación y protección de áreas, su adecuado manejo, remoción y preservación, evitan posteriores problemas de desestabilización y erosión, tiene un alto valor genético con incidencias económicas en los proyectos, para su manejo, remoción y preservación, se debe desarrollar las técnicas y procedimientos adecuados que lo garanticen.

Descripción de los sistemas de control

- Determinación de la profundidad del horizonte fértil

En primer lugar es necesario identificar claramente la profundidad del horizonte fértil, diferenciando los estratos (Ver Figura 2). Para lograr esto se pueden utilizar varios métodos como el del hoyo barrenado ó apiques y calicatas (Ver Figura 3), cuándo sea necesario.

Figura 2 PERFIL DEL SUELO

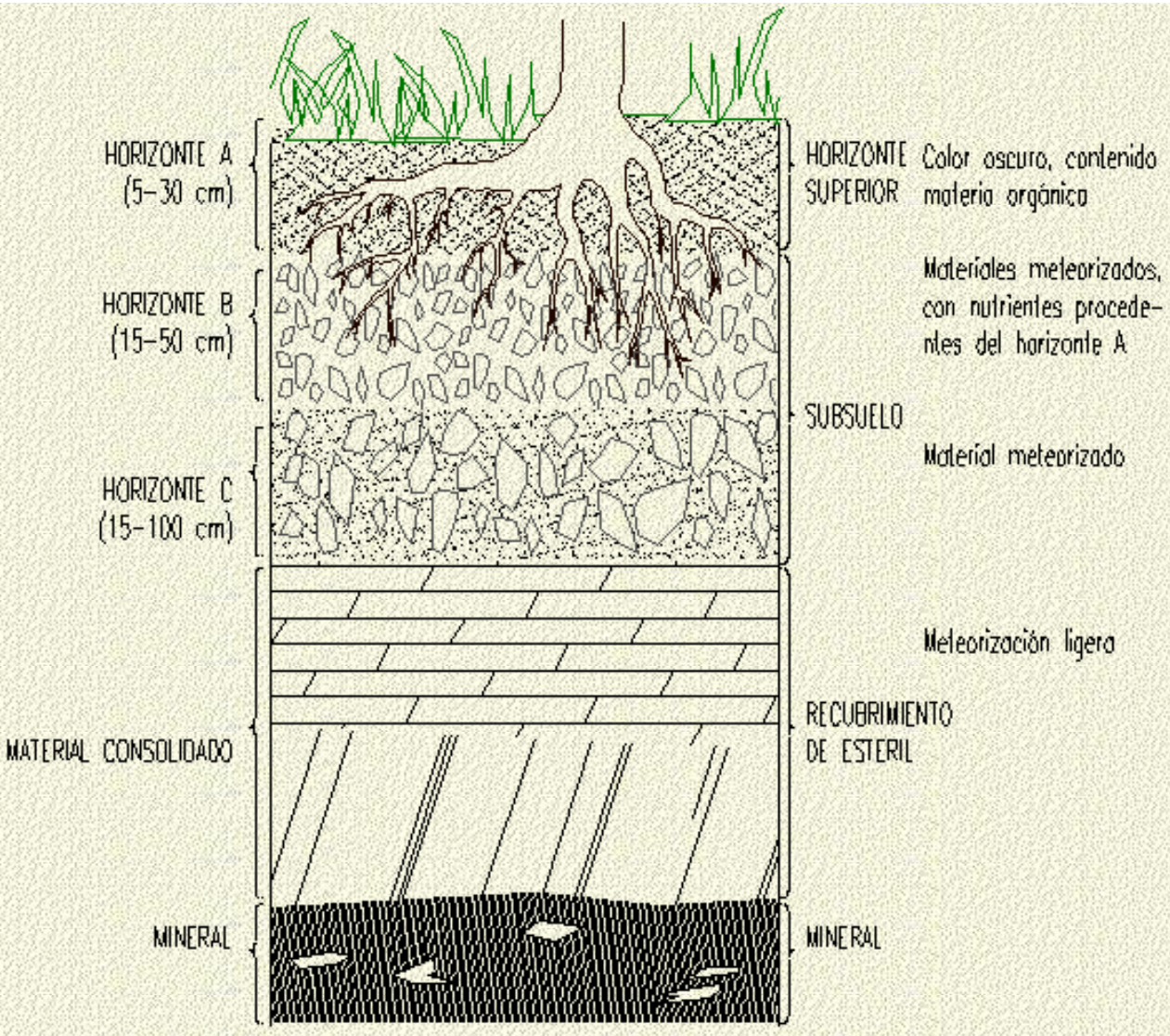
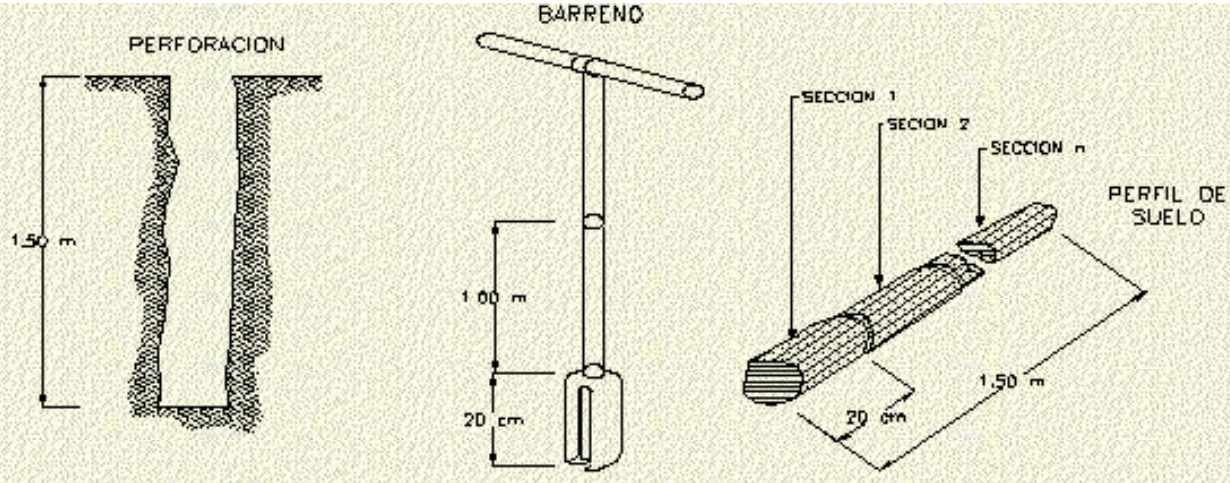


Figura 3 APIQUES Y CALICATAS



- Remoción de suelo

Una vez conocida la profundidad efectiva de la capa superficial, se procede a la remoción, traslado y acopio, o redistribución, teniendo en cuenta:

- Manipular el suelo cuando esté seco o cuando el contenido de humedad sea inferior al 75%.
- Evitar que se mezcle con otro material, que lo pueda contaminar.
- Depositarlo en capas delgadas, evitando la formación de grandes montones.
- Distribuirlo sobre zonas que requieran mejoras agrológicas, paisajísticas y el rápido establecimiento de la cobertura vegetal.
- Acopiar una cantidad suficiente para destinarla a la rehabilitación, posterior de los suelos donde se encontrarán ubicadas las pilas de carbón y las escombreras de cenizas.
- Protegerlo de la erosión eólica e hídrica, ubicándolo en un sitio con buenas condiciones de drenaje superficial e interno, mínimo riesgo de inundación o deslizamientos y estableciendo una cobertura vegetal oportuna.

Pilas de suelo

Las pilas para almacenamiento de suelo deben tener características que le permitan conservar las condiciones físicas y químicas del suelo evitando su degradación.

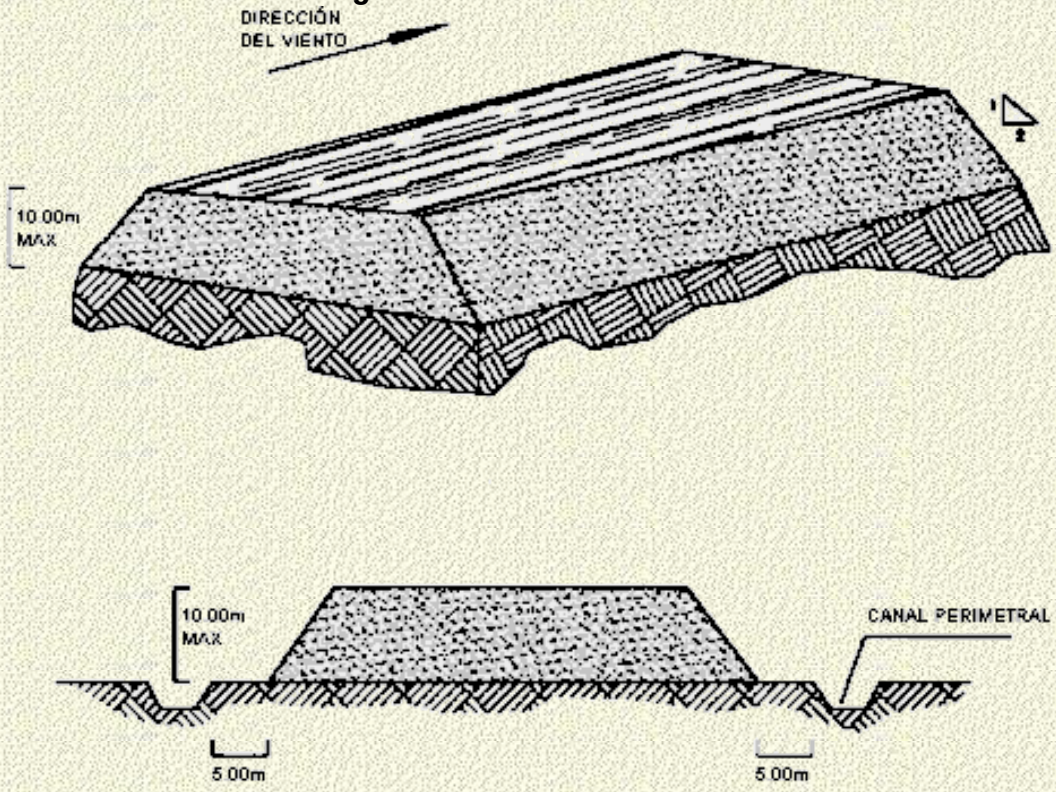
- Taludes : Los taludes de apilamiento deben ser de 2H : 1V ó 3H : 1V, o en su defecto con su talud de reposo.

- Altura : Las pilas de suelo no deben exceder los 10 m de altura.

- Forma : Su forma debe ser trapezoidal

- Orientación : Se debe exponer la menor área posible a la acción de el viento. (Ver Figura 4)

Figura 4 PILAS DE SUELO



Actividades a desarrollar

- Identificar profundidad efectiva de recuperación (PER), del horizonte A de suelo o capa fértil.

- Recuperar y almacenar el suelo en pilas, conformadas en forma trapezoidal, de no mas de 10 m de altura, con taludes dos a uno , o tres a uno.

- Proteger el suelo ejecutando practicas mecánicas y agrícolas.

- Las practicas agrícolas consisten en realizar todas las labores de preparación, surcado y abono del terreno para el establecimiento de una cobertura vegetal de gramíneas o leguminosas.

- Las practicas mecánicas consisten en la construcción en las pilas de suelo de todas las obras necesarias para evitar la pérdida de suelo por erosión hídrica, consistentes en corrección de cárcavas, deslizamientos y construcción de canales de control de las aguas de escorrentía.

Responsables

- La responsabilidad de ejecución física de estas actividades está a cargo del dueño del PCE.

- La responsabilidad de seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la autoridad ambiental.

- La responsabilidad de asistencia técnica y seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la entidad del subsector a través del delegado en campo.

- Es responsabilidad del interventor ambiental velar por el desarrollo y cumplimiento de las actividades por cada una de las partes.

- Ir al principio

2.2.2 MANEJO AMBIENTAL DE EMISIONES ATMÓSFERICAS Y RUIDO

Objetivo

- Control de emisión de partículas al aire.
- Control de emisión de gases a la atmósfera.

Impacto a prevenir o mitigar

- Aumento en la concentración de partículas en la atmósfera.
- Aumento en la concentración de gases en la atmósfera.

Criterios ambientales

- Se debe minimizar durante la etapa de construcción la emisión de gases y partículas a la atmósfera.

Actividades a desarrollar

- Delimitación de áreas de trabajo.
- Restricción de la circulación de maquinaria y equipo a áreas especificas de trabajo.
- Acondicionamiento de la fuente de suministro de agua para el control de emisiones de partículas.
- Instalación de sistemas fijos de aspersión en áreas de trabajo.
- Adecuación de vehículos carrotanques para aspersión de vías en construcción y circulación.
- Suministro de combustibles de calidad certificada.
- Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo.

- Inicio de construcción de terraplenes de aislamiento del PCE,

Descripción de los sistemas de control

- Control de partículas

Sistemas de aspersión fija

En las áreas donde se vayan a concentrar maquinaria y equipo en la actividad de adecuación y nivelación del terreno, es necesario contar con un sistema de riego de agua, consistente en tuberías o mangueras, con conexiones en T, que al final se recomienda estén provistas de aspersores de cono vacío.

Los aspersores de cono vacío producen una niebla en forma de anillo circular, estos aspersores se usan en operaciones en donde las partículas se dispersan en un ancho considerable, esto con el fin de que el área regada sea la mayor posible.

Vehículos con sistemas de aspersión

Para el control de emisión de partículas en vías en construcción y vías de circulación se debe disponer de vehículos carrotanques, de por lo menos 2500 galones de capacidad, acondicionados con flautas provistas de aspersores para la continua aspersión de las vías, la tasa y frecuencia de humectación, están determinadas por factores climáticos como la evapotranspiración, y operativos como la cantidad de vehículos circulando.

Para un riego más eficiente se debe acondicionar una motobomba al sistema para que funcione a presión.

- Control de gases

Calidad de los combustibles

En la medida que los combustibles, gasolina y ACPM, suministrados a la maquinaria y equipo, sean de

certificada calidad, bajo contenido de plomo, azufre y otros, se garantiza que su combustión genere menos gases a la atmósfera.

Catalizadores y motores con inyección

Igualmente, el uso de maquinaria y equipo provista de motores con inyección electrónica y catalizadores complementados con el uso de un buen combustible, controlaran la emisión de gases productos de la operación de los motores a la atmósfera.

Mantenimiento y sincronización de maquinaria y equipo

El mantenimiento y sincronización de la maquinaria y equipo, dentro de los tiempos establecidos por los fabricantes, como el reemplazo de partes y aditivos recomendados, garantizara la correcta operación de estos, y la disminución de emisiones de gases a la atmósfera.

- Control de ruido

Horarios de trabajo

En la etapa de construcción la utilización de maquinaria y equipo, para el movimiento de tierras, como el incremento de golpes y ruidos en el montaje de estructuras, incrementaran considerablemente el nivel de ruido, se recomienda como medida de control el establecimiento de horarios de trabajo diurnos.

Aislamiento del proyecto

Al limite del proyecto se deben iniciar con el material removido en la actividad de adecuación del terreno la construcción de los terraplenes.

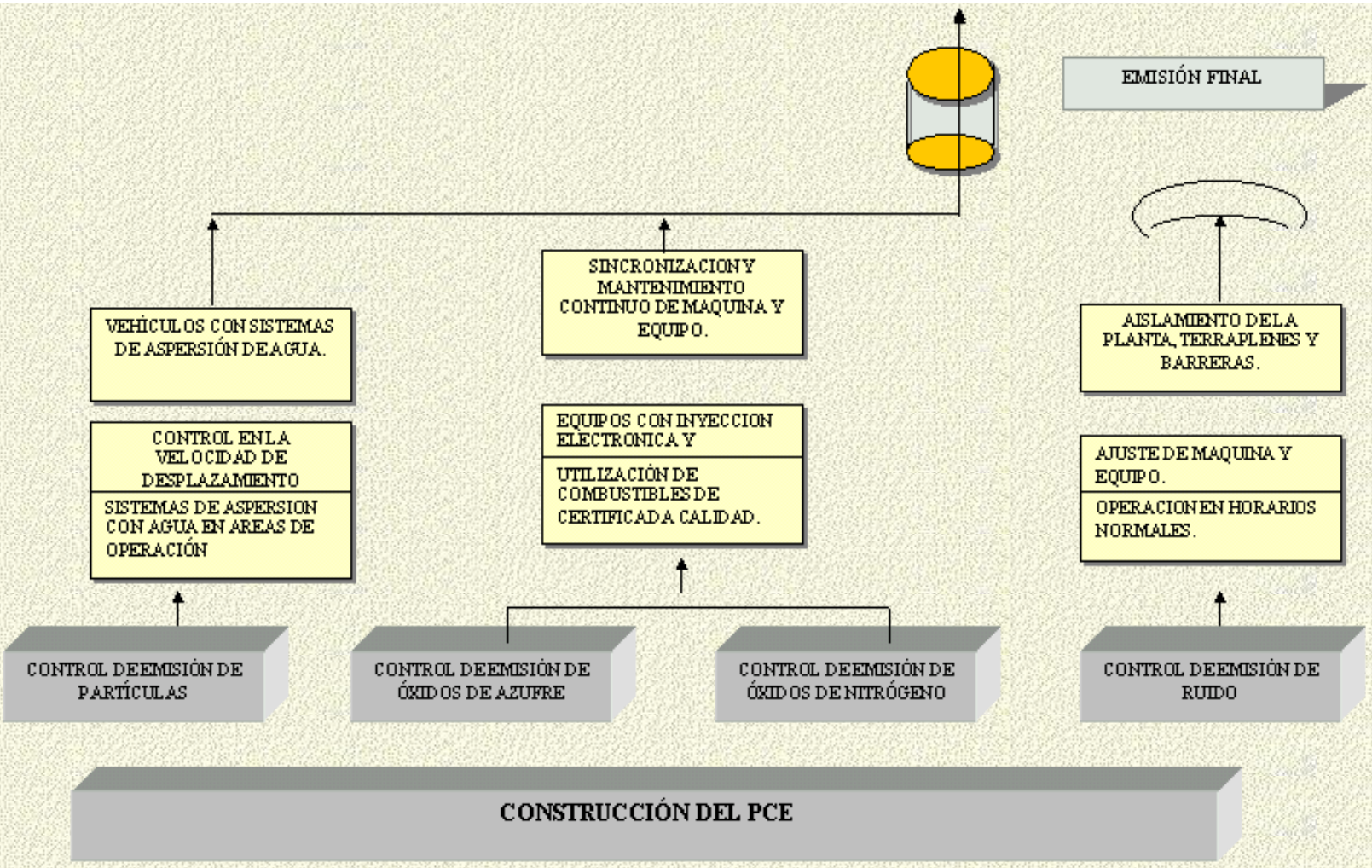
Actividades a desarrollar

- Adecuación de fuente de suministro de agua.
- Adecuación de sistemas de riego.
- Adecuación de vehículos de riego.
- Inicio de construcción de terraplenes.

Responsables

- La responsabilidad de ejecución física de estas actividades está a cargo del dueño del PCE.
- La responsabilidad de seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la autoridad ambiental.
- La responsabilidad de asistencia técnica y seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la entidad del subsector a través del delegado en campo.
- Es responsabilidad del interventor ambiental velar por el desarrollo y cumplimiento de las actividades por cada una de las partes.

Figura 5 ESQUEMA GENERAL DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES ATMÓSFERICAS Y RUIDO



- Ir al principio

2.2.3 MANEJO AMBIENTAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Objetivos

- La protección de la salud humana
- La protección del recurso hídrico.

Impacto a prevenir o mitigar

- Contaminación de los cuerpos de agua

La población flotante durante la etapa de la construcción, puede contaminar los cuerpos de agua, por la indebida disposición de excretas.

- Aumento de organismos patógenos

Las poblaciones localizadas aguas abajo de los puntos de descarga tienen contacto directo con las excretas y aguas residuales , las cuales reutilizan para su consumo.

Criterios ambientales

- Dimensionamiento

El sistema considerado debe ser diseñado para servir al total del personal que labore en la etapa de construcción del PCE .

- Definición del sistema

De acuerdo a las tecnologías apropiadas para PCE, se debe adoptar una que satisfaga las necesidades técnicas y económicas del tipo de minería que se vaya a realizar.

- Localización

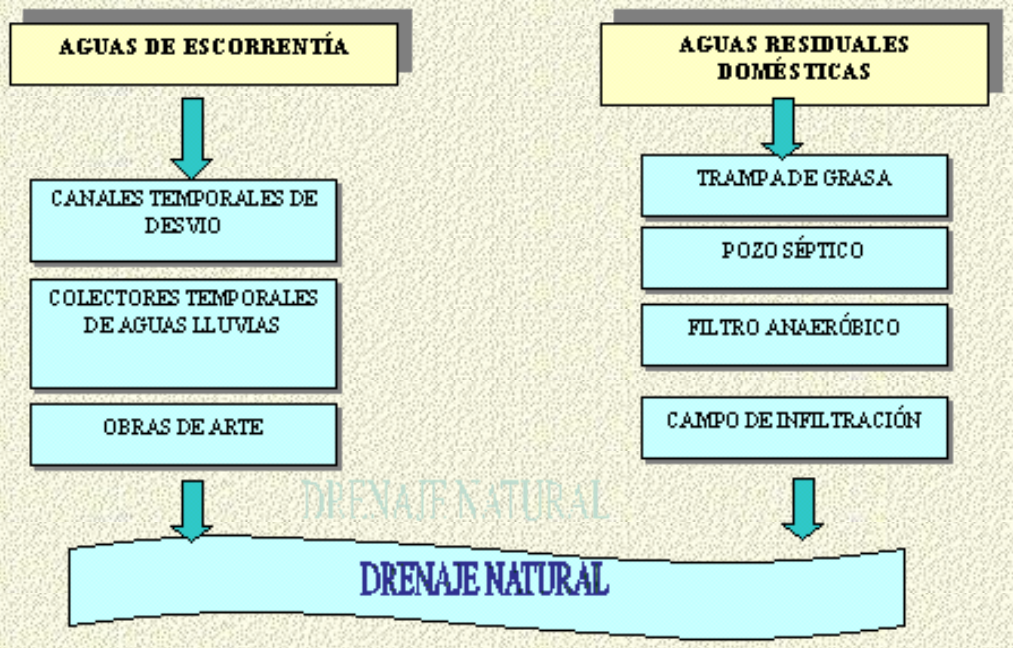
Mínimo a 20 m de distancia y aun nivel mas bajo de aljibes, manantiales u otras fuentes de agua.

En suelos permeables.

En zonas secas y no inundables.

En la Fig. 6 se muestra un esquema de los sistemas de control de aguas residuales.

Figura 6 ESQUEMA GENERAL DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE AGUAS RESIDUALES



Descripción de los sistemas de control

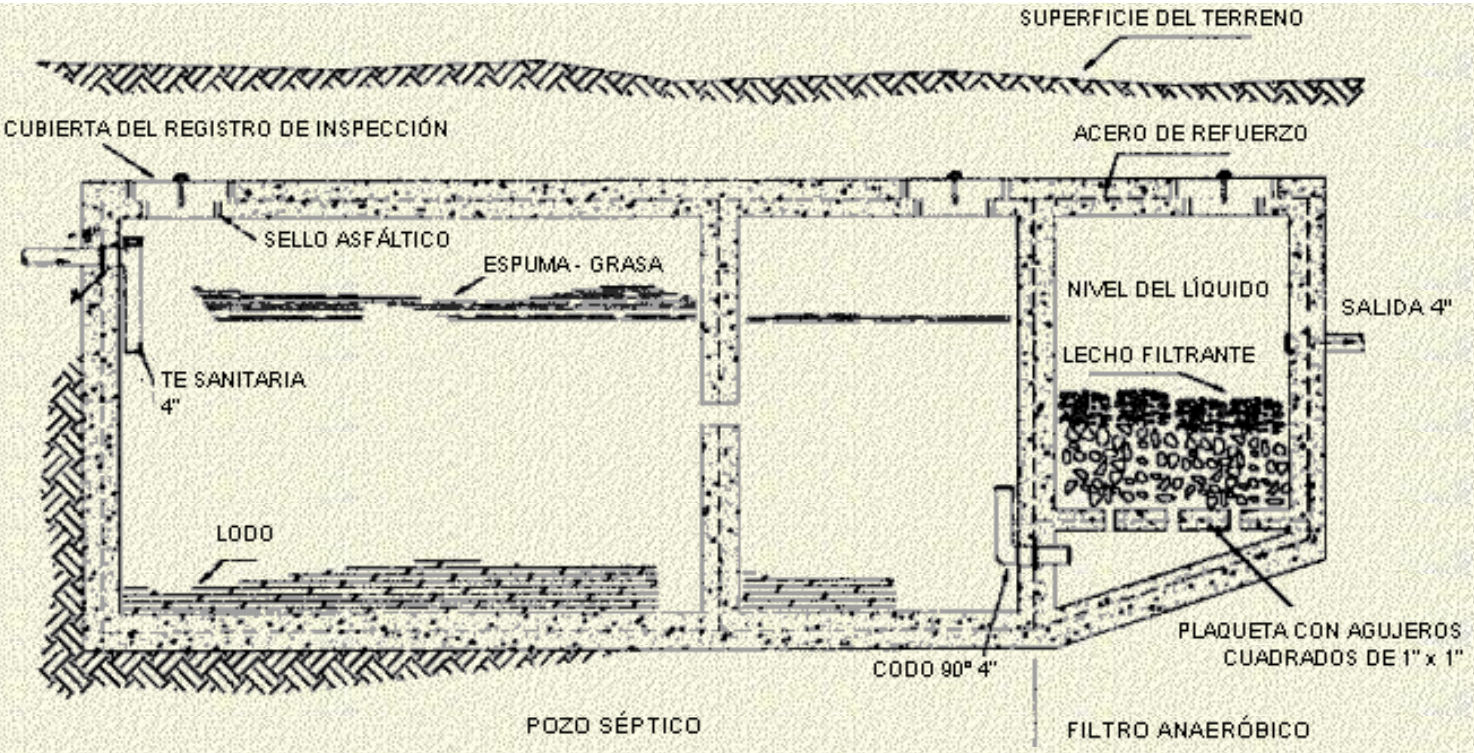
- Baterías sanitarias

Durante la etapa de construcción se recomienda la instalación de baños conectados en serie o paralelo a pozos sépticos de fibra o asbesto cemento con descargas a campos de infiltración.

- Pozo Séptico

Es un digestor decantador de medio suspendido en dos cámaras. El período de retención está comprendido entre uno y tres días. Durante este período, los sólidos sedimentan en el fondo del tanque, en donde tiene lugar una digestión anaeróbica, ayudada por una gruesa capa de espuma que se forma en la superficie del líquido. Se logran las fases de hidrolización y acidulación del material orgánico, con la correspondiente retención de sólidos biodegradables durante más tiempo, que el material orgánico presente en forma disuelta o coloidal. (Ver Figura 7)

Figura 7 POZO SEPTICO



- Campo de infiltración

Este recibirá directamente el efluente del pozo séptico y lo dispondrá mediante una serie de zanjas, que contendrán en su interior tubos perforados de tal forma que permitan la percolación del liquido en el subsuelo, logrando así su oxidación y disposición final.

Las dimensiones del campo dependerán de las tasas de infiltración del suelo.

Actividades a desarrollar

- Localización del sistema de manejo y tratamiento de aguas residuales domesticas.
- Adecuación del terreno.
- Excavación de los fosos.

- Instalación de los pozos sépticos.
- Construcción campo de infiltración.

Responsables

- La responsabilidad de ejecución física de estas actividades está a cargo del dueño del PCE.
- La responsabilidad de seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la autoridad ambiental.
- La responsabilidad de asistencia técnica y seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la entidad del subsector a través del delegado en campo.
- Es responsabilidad del interventor ambiental velar por el desarrollo y cumplimiento de las actividades por cada una de las partes.

- Ir al principio

2.2.4 MANEJO AMBIENTAL DE VEGETACIÓN Y FAUNA

Objetivo

- Proteger la vegetación.
- Proteger la fauna.

Impacto a prevenir o mitigar

- Pérdida innecesaria de vegetación arbórea y cobertura vegetal.

- Incremento de área expuesta a la escorrentía.
- Impacto visual negativo
- Perdida o desplazamiento definitivo de especies animales.

Criterios ambientales

- Contemplar procedimientos durante la construcción que permitan minimizar, reponer y compensar, las pérdidas de la vegetación y alteración del hábitat faunístico, de su ciclo reproductivo y migratorio.

Descripción de los sistemas

Delimitación y demarcación de áreas

La delimitación y demarcación estricta de áreas en las actividades de localización y replanteo, evitara durante las actividades de limpieza, desmonte y descapote, la perdida innecesaria de vegetación y hábitats de fauna.

Tala selectiva de vegetación

En las áreas que no sea estrictamente necesario talar la vegetación, se recomienda la preservación de árboles, para que sirvan posteriormente como barreras cortavientos y de control de ruido.

Reubicación de especies

Los especimenes de fauna que sean capturados durante la etapa de construcción, deben ser trasladados y liberados en áreas aledañas al proyecto, con características similares.

Educación ambiental

La totalidad del personal, participante en las actividades de construcción deberá recibir charlas educativas, sobre la protección de la vegetación y fauna durante el desarrollo de sus trabajos.

Prohibición de caza

Se debe prohibir toda actividad de caza por parte de los trabajadores, en el área del PCE, igualmente se deben colocar señales informativas.

Adecuación de hábitat

Construir sitios de paso para el desplazamiento de la fauna o en su defecto complementar las áreas cortadas con abrevaderos, refugios, comederos, etc.; con el fin de hacer más atractivo el hábitat para los animales.

Actividades a desarrollar

- Charlas ambientales a todo el personal, antes de iniciar la construcción.
- Delimitación y demarcación de áreas a intervenir.
- Talas selectivas
- Captura y reubicación de especies animales.
- Prohibición de la caza.
- Adecuación de hábitat
- Señalización y restricción de velocidad en los accesos y carreteras.

Responsables

- La responsabilidad de ejecución física de estas actividades está a cargo del dueño del PCE.
- La responsabilidad de seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la autoridad ambiental.
- La responsabilidad de asistencia técnica y seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la entidad del subsector a través del delegado en campo.

Es responsabilidad del interventor ambiental velar por el desarrollo y cumplimiento de las actividades por cada una de las partes.

- **Ir al principio**

2.2.5 MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

Objetivos

Proteger la salud humana

Proteger el recurso suelo, aire y agua.

Conservar la estética del paisaje.

Promover alternativas de manejo como el Reciclaje y la Reutilización.

Impacto a prevenir o mitigar

Focos de infecciones

Proliferación de insectos vectores y roedores, que pueden transmitir enfermedades y epidemias.

Contaminación de fuentes de agua

El mayor efecto ambiental de los residuos sólidos, es la contaminación de aguas superficiales y subterráneas por el líquido percolado producto de la descomposición de las basuras que es llevado por los drenajes naturales a ríos y quebradas.

Contaminación del suelo

Deterioro estético y desvalorización del terreno, contaminación por infiltración de liquido percolado, deterioro

del paisaje por abandono y acumulación de basuras.

- Contaminación del aire

La descomposición de basuras genera malos olores, adicionalmente si son quemadas los humos producen contaminación.

Criterios ambientales

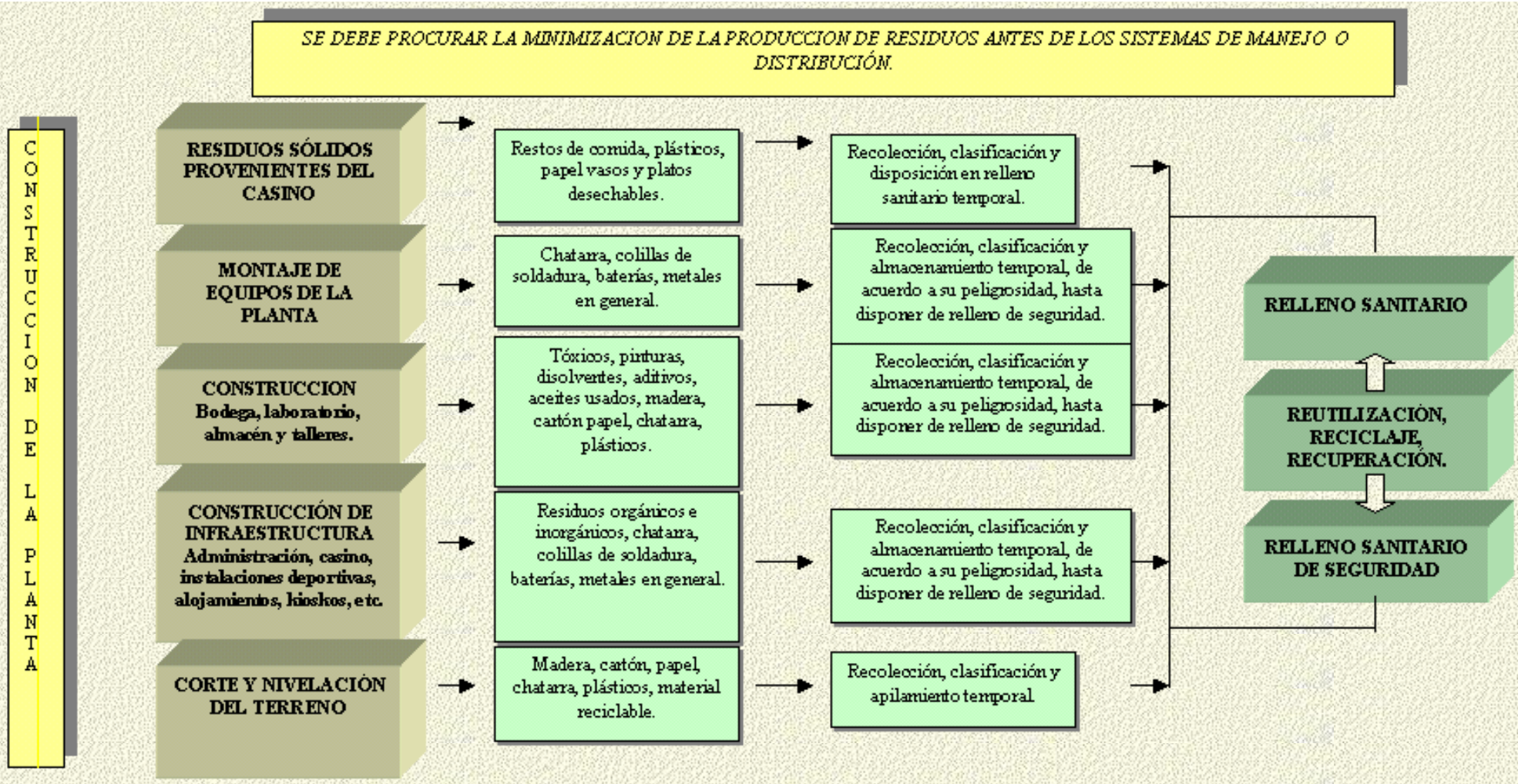
- Dimensionamiento

Se debe cuantificar la producción de residuos, tanto ordinarios como especiales, para dimensionar los procedimientos y sistemas de control de acuerdo al número de trabajadores que intervendrán en la etapa de construcción.

- Caracterización

La caracterización típica de los residuos sólidos domésticos y especiales producidas en un PCE, durante la etapa de construcción, se muestran en la Figura 8.

Figura 8 ESQUEMA GENERAL DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS Y ESPECIALES



Descripción de los sistemas

Durante la etapa de construcción se generaran gran cantidad de residuos sólidos, que en su mayoría serán material reciclable, como papel, cartón, madera y plásticos, los cuales se deberán separan, recoger, clasificar y almacenar para reincorporarlos en la medida de lo posible, como materia prima al ciclo productivo. (vidrio, papel, cartón, chatarra, etc.)

Los residuos sólidos, ordinarios y especiales, que no puedan ser reciclados, durante la etapa de construcción, deberán ser separados, recogidos, clasificados y almacenados temporalmente, en lugares secos y aislados, hasta que sean construidos y puestos en funcionamiento los rellenos sanitarios para residuos sólidos especiales y ordinarios.

Actividades a desarrollar

- Reciclaje de materiales
- Separación, recolección, y clasificación
- Instalación del material sintético de aislamiento.
- Almacenamiento temporal.
- Disposición final en relleno sanitario temporal.

Responsable

- La responsabilidad de ejecución física de estas actividades está a cargo del dueño del PCE.
- La responsabilidad de seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la autoridad ambiental.
- La responsabilidad de asistencia técnica y seguimiento del desarrollo de estas actividades es de la entidad del subsector a través del delegado en campo.
- Es responsabilidad del interventor ambiental velar por el desarrollo y cumplimiento de las actividades por cada una de las partes.

- **Ir al principio**

GUÍA AMBIENTAL PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS

3 MONITOREO Y SEGUIMIENTO

CONTENIDO

- 3.1 MONITOREO Y SEGUIMIENTO
- 3.2 INTERVENTORÍA AMBIENTAL
- 3.3 INFORME DE AVANCE Y CUMPLIMIENTO

ÍNDICE DE LA GUÍA | CAPÍTULO ANTERIOR | CAPÍTULO SIGUIENTE

3.1 MONITOREO Y SEGUIMIENTO

Objetivos

- Establecer rutinas de seguimiento y monitoreo, a la ejecución y funcionamiento de los procedimientos , obras y sistemas de control ambiental establecidos en el PMA.
- Evaluar y corregir los procedimientos, obras y sistemas de control ambiental.
- Evaluar la ejecución del plan de manejo ambiental PMA.

Temporalidad

- Durante las etapas de construcción y operación del PCE.

Recurso impactado

- Se realizará monitoreo y seguimiento a los recursos físicos y bióticos, que se consideraron en el PMA, con probabilidad de ser impactados por el desarrollo de las actividades de la PCE.

Componente impactante

- Se consideraran todos los componentes o actividades asociadas a cada recurso, que por sus características físicas o químicas puedan llegar a afectar el medio ambiente o la salud de las personas.

Parámetro indicador

- Los indicadores de impacto considerados son todos los relacionados en numeral 4, con base en la legislación vigente, en caso de no existir se sugieren otros, con base en normas internacionales

- Para cada componente se relacionara la frecuencia con la cual se deben realizar las rutinas de monitoreo y seguimiento, acordes a la legislación vigente, y en su defecto se propondrán las más adecuadas.

Procesamiento y análisis

- El procesamiento y análisis de los resultados del programa de monitoreo y seguimiento se realizará comparando todos los valores obtenidos con los establecidos en la legislación ambiental vigente.

Unidad de medida

- La unidad de medida será la especificada por la legislación ambiental vigente o en su defecto las utilizadas por la legislación internacional. (secciones PCE-400, PCE-5-200)

Actividades a desarrollar

- En los cuadros siguientes y de acuerdo al desarrollo metodológico explicado se relacionan las actividades a ejecutar.

Responsable

- La responsabilidad de la ejecución del programa de monitoreo y seguimiento, es del dueño del PCE.

Figura 29 MONITOREO Y SEGUIMIENTO

COMPONENTE	FACTOR	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTEO	FRECUENCIA	PROCESAMIENTO / ANÁLISIS
SUELO	Degradación del Suelo	- Ph, temperatura y análisis físico y químico del suelo.	Pilas de suelo	Cada seis meses	Suelo apto agrológicamente para la realización de actividades agrícolas.
	Inestabilidad	- Inspección e identificación en campo de áreas expuestas o factibles de desestabilización.	Área interna del PCE	Mensual	Obtener taludes con pendientes que eviten la desestabilización
	Erosión	Toma de niveles en las áreas de acumulación de sedimentos. Cálculo de tasas de sedimentación anual. Cálculo de pérdidas de suelo por erosión hídrica.	Área interna del PCE	Mensual	Eliminar zonas de erosión o factibles de afectación por procesos erosivos.

COMPONENTE	FACTOR	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTEO	FRECUENCIA	PROCESAMIENTO / ANÁLISIS
AIRE	Material particulado	Partículas totales en suspensión	Red de monitoreo de calidad del aire, sitios establecidos en el PMA	Una vez cada tercer día, durante 24 horas.	Niveles de calidad del aire, Decreto 02/82 del Ministerio de Salud.
	Gases	NO_x SO x	Red de monitoreo de calidad del aire, sitios establecidos en el PMA	Una vez cada tercer día, durante 24 horas.	Niveles de calidad del aire, Decreto 02/82 del Ministerio de Salud.
	Ruido	Mediciones periódicas de niveles de ruido	Red de monitoreo de calidad del aire, sitios establecidos en el PMA	Una vez cada tercer día, durante 24 horas.	Resolución 8321/93 artículo 17.

COMPONENTE	FACTOR	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTEO	FRECUENCIA	PROCESAMIENTO / ANÁLISIS
HÍDRICO	Agua residual doméstica	Ph, temperatura, material flotante, grasas y aceites, sólidos suspendidos, DBO_5	En el efluente final del sistemas de tratamiento.	Trimestral.	Decreto 1594/84
	Agua residual industrial	Ph, temperatura, sólidos disueltos y suspendidos Metales pesados.	Antes y después de los sistemas de tratamiento. Sitios de vertimiento final	Trimestral.	Decreto 1594/84
	Agua de escorrentía con contenidos de aceites o grasas	pH, temperatura, material flotante, grasas y aceites, sólidos suspendidos	En el efluente final del sistema de tratamiento. Sitios de vertimiento final.	Trimestral.	Decreto 1594/84
	Aguas subterraneas	pH, temperatura, material flotante, grasas y aceites, sólidos suspendidos	Pozos de inspección y piezómetros.	Trimestral.	Decreto 1594/84

COMPONENTE	FACTOR	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTEO	FRECUENCIA	PROCESAMIENTO / ANÁLISIS
VEGETACIÓN Y FAUNA	Vegetación	Reforestación Cobertura removida Inventarios forestales.	Área de influencia del proyecto	Semestral. Anual	Decreto 1791/96

	Fauna	Inventarios de fauna terrestre y acuática	Área de influencia del proyecto	Anual	Decreto 1608/78

COMPONENTE	FACTOR	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTEO	FRECUENCIA	PROCESAMIENTO / ANÁLISIS
RESIDUOS SÓLIDOS	Residuos sólidos ordinarios	Caracterización de los lixiviados, pH, DBO $_5$ DQO, temperatura.	Al líquido producido en caso de que lo haya. Observación y evaluación del relleno	Semestral.	Decreto 0605/94
	Residuos sólidos especiales	Caracterización de los residuos, elementos tóxicos, metales pesados.	Observación y evaluación del relleno	Semestral	Decreto 0605/94 Resolución 0189/94

COMPONENTE	FACTOR	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTEO	FRECUENCIA	PROCESAMIENTO / ANÁLISIS
SOCIO-ECONÓMICO	Social	Familias asociadas dependientes del PCE Niveles de escolaridad del personal asociado al proyecto.	Población dentro del área de influencia del PCE	Semestral	Dependencia social
	Económico	Ingresos promedio por trabajador por mes	Índice de necesidades básicas satisfechas e insatisfechas	Mensual	IPC, poder adquisitivo, nivel de vida.
	Arqueológico	Prospección arqueológica inicial antes de construcción	Área del proyecto	Antes de iniciar cualquier remoción de tierra.	Ley 397/97

- **Ir al principio**

3.2 INTERVENTORÍA AMBIENTAL

Objetivos

- Asegurar el cumplimiento del PMA.

- Garantizar el desarrollo de PCE, siguiendo los lineamientos propuestos en este documento.

Temporalidad

- Durante las etapas de exploración, desarrollo, explotación y abandono de la PCE.

Funciones de la interventoría ambiental

- Velar por que la PCE, se desarrolle, siguiendo lo establecido en el PMA.

- Asesorar al contratista de la PCE, en la interpretación y ejecución del PMA.

- Elaborar periódicamente los informes que solicite el contratista o las autoridades ambientales.

- Evaluar los cambios en el PMA. Reportar periódicamente o cuando se solicite al contratista sobre los avances, resultados de la aplicación y demás aspectos de trabajo.

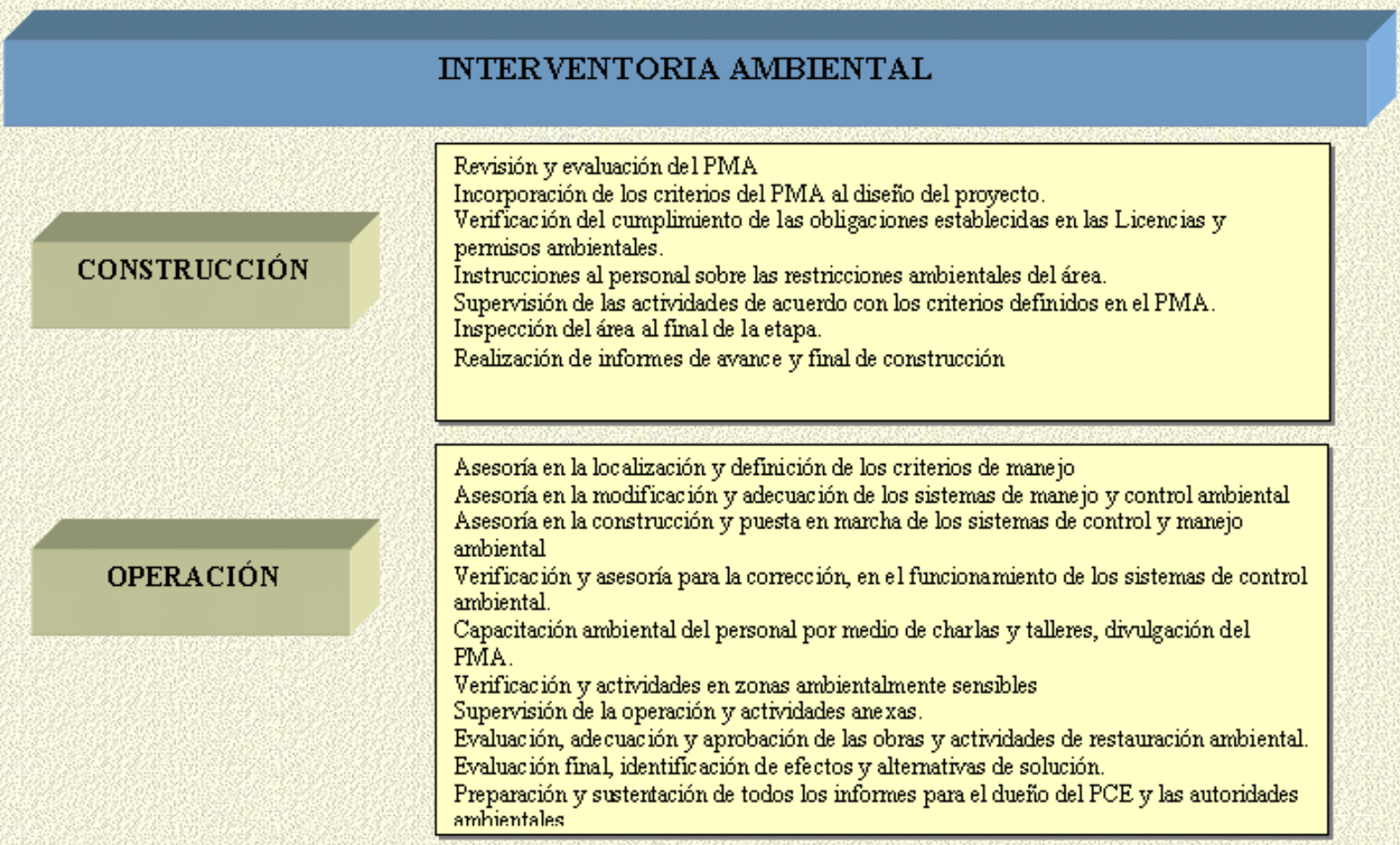
Actividades a desarrollar

- En la Figura 30 se describen las principales actividades que deben ser desarrolladas por la Interventoría ambiental.

Responsables

- La ejecución de la Interventoría ambiental es responsabilidad de quien realiza la explotación del yacimiento.

Figura 30 INTERVENTORÍA AMBIENTAL



- Ir al principio

3.3 INFORMES DE AVANCE Y CUMPLIMIENTO

Objetivos

- Informar periódica y detalladamente a las autoridades ambientales, sobre la ejecución y funcionamiento de los procedimientos, obras y sistemas de control ambiental propuestos en el PMA.

- Garantizar el desarrollo de los PCE, siguiendo los lineamientos de este documento

- Informar sobre las acciones desarrolladas para la solución de imprevistos y problemas

Temporalidad

- Durante las etapas de construcción y operación de los PCE.

Contenido de los informes

- En la Figura 31 se presenta el contenido opcional de los informes de avance y cumplimiento.

- Este contenido puede ser mejorado, o ampliado dependiendo del desarrollo del PMA.

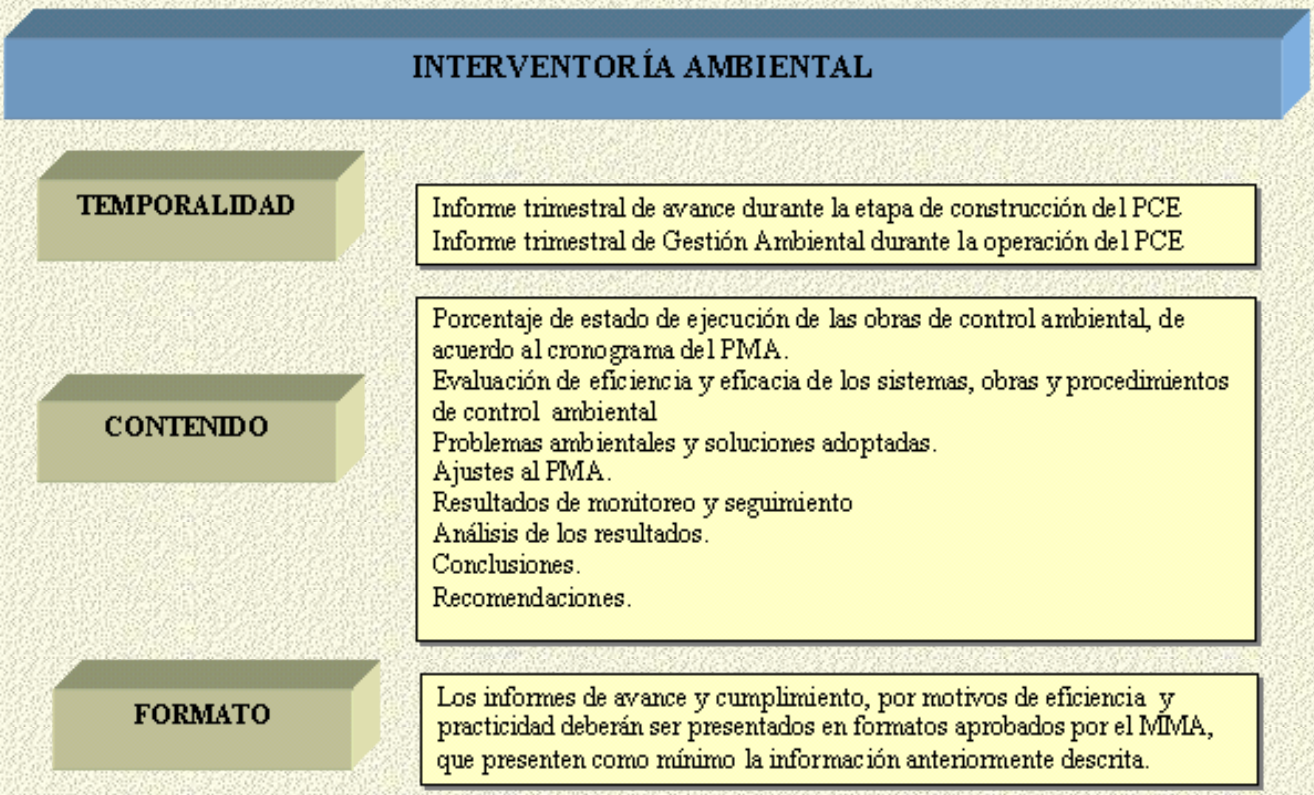
Actividades a desarrollar

- Las actividades a desarrollar para la elaboración de los informes de avance y cumplimiento, son todas las asignadas a la Interventoría ambiental.

Responsables

- La responsabilidad de los informes de avance y cumplimiento es del dueño del PCE, delegada en el interventor ambiental.

Figura 31 INFORMES DE AVANCE Y CUMPLIMIENTO



- Ir al principio

GUÍA AMBIENTAL PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS

4 EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

CONTENIDO

- 4.1 INTRODUCCIÓN
- 4.2 OBJETIVOS
- 4.3 TIPO Y APLICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES
- 4.4 EL INDICADOR DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)
- 4.5 EJEMPLO ILUSTRATIVO PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)

ÍNDICE DE LA GUÍA | CAPÍTULO ANTERIOR | CAPÍTULO SIGUIENTE

4.1 INTRODUCCIÓN

La evaluación de la gestión ambiental es una práctica de uso muy limitado en los proyectos y organizaciones que deben cumplir con los requerimientos de las autoridades ambientales; una de las causas principales de esta actitud puede ser la ausencia, parcial o total, de planificación ambiental, cuya consecuencia directa conlleva a que, como ocurre en muchos casos de la realidad, se realicen inversiones y esfuerzos en materia de control ambiental de las actividades pero se desconozca su efectividad, y lo que resulta menos favorable, que se

pierda la oportunidad de revisar si la actuación de la empresa es eficiente, en términos técnicos, económicos y ambientales.

En esta sección se pretende, que el usuario de la guía, encuentre los elementos básicos de análisis que le permitan cumplir a cabalidad con un proceso de gestión ambiental, bien planificado y susceptible de ser revisado y mejorado continuamente. Como se estableció, desde un principio, en este documento, la idea no es forzar al usuario a emplear un determinado sistema de gestión ambiental, pero sí brindarle la información pertinente para que se anime, mas que a responder puntualmente a los problemas ambientales a adoptar un esquema racional de trabajo en este campo.

En desarrollo del modelo de Sistema de Gestión Ambiental propuesto, en esta parte de la Guía se presenta el procedimiento mediante el cual será posible acometer la evaluación ambiental del proyecto y de la gestión ambiental del proyecto. Para el efecto, se propone la adopción de indicadores ambientales, los cuales fueron desarrollados de acuerdo con los componentes ambientales susceptibles de ser afectados por los PCE, los parámetros seleccionados para la medida de los impactos y, finalmente, con una estructura lógica que permite llevar la evaluación hasta la determinación de un indicador global de la gestión ambiental.

- **Ir al principio**

4.2 OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales de esta etapa del ciclo de gestión ambiental se pueden resumir así :

- Realizar una evaluación de la Gestión Ambiental en cuanto a la efectividad y eficacia de los planes y programas propuestos, o adoptados, con respecto a las metas inicialmente establecidas.

- Identificar las estrategias preventivas o correctivas y modificar los planes de acción, si resulta pertinente.

- Obtener un indicador general de gestión ambiental que permita evaluar fácil y rápidamente el nivel de gestión del proyecto; posicionarse en el sector de acuerdo con el avance en el tratamiento e

internalización de la dimensión ambiental y establecer las bases para la continuación del ciclo, en el sentido de lograr el mejoramiento continuo de las condiciones ambientales en las que se desarrolla la actividad.

- **Ir al principio**

4.3 TIPO Y APLICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES

Los indicadores son de amplia utilización para la integración de resultados del examen de una situación en particular y sirven para simplificar la presentación de la información, al tiempo que facilitan su interpretación y confrontación con información derivada de otros proyectos similares, o de actividades que, de igual forma, tienen la capacidad de impactar el entorno medioambiental o parte de sus componentes.

Los indicadores pueden ser simples o compuestos. Los primeros de ellos pueden estar representados por el valor mismo de una medición (p.e, concentración de sólidos en suspensión), en tanto que los segundos están generalmente conformados por dos o más valores que pueden representar condiciones de calidad o presencia de agentes contaminantes, medidas en términos de magnitud.

La utilización de indicadores ambientales ofrece ventajas por cuanto permite comparar la calidad ambiental de un parámetro, la calidad ambiental de un componente ambiental en función de uno o más agentes contaminantes y la calidad ambiental de un proyecto en general.

- **Ir al principio**

4.4 EL INDICADOR DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)

El indicador de gestión ambiental que se propone en esta guía es una

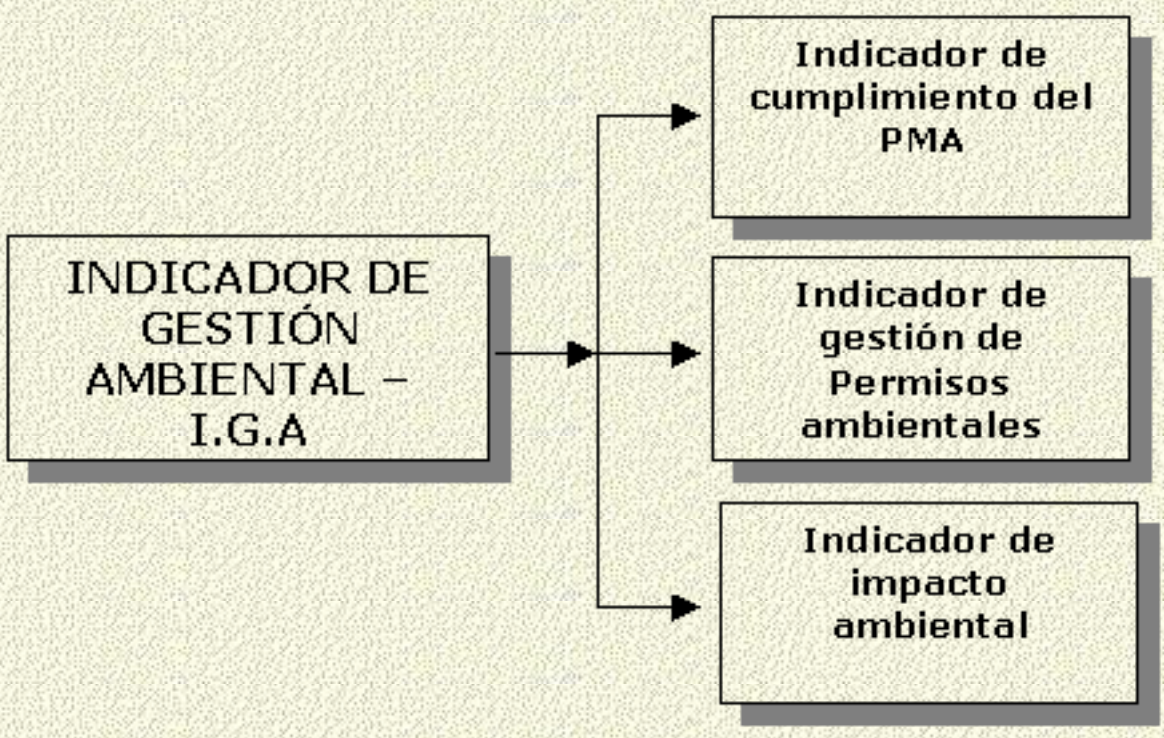
expresión que permite integrar el nivel de desempeño del proyecto en relación con tres aspectos que se consideran vitales para determinar la respuesta de las organizaciones o entidades ante sus responsabilidades ambientales, ellos son:

- El grado de desarrollo o ejecución y cumplimiento del **plan de manejo ambiental** que esta relacionado con el control de los impactos ambientales, hace parte ya sea de proyectos o de actividades en ejecución

- El estado de **legalidad ambiental** de las actividades del proyecto, en términos de la obtención de los permisos y las autorizaciones requeridas para el desarrollo de los proyectos.

- El nivel de control de los impactos ambientales derivables de sus actividades.

Para tal efecto es necesario definir un indicador para cada uno de los tres aspectos mencionados y luego integrarlos en una sola expresión cuyo resultado refleje el nivel de gestión ambiental del proyecto, como se muestra enseguida:



Matemáticamente la expresión que se propone para el cálculo del I.G.A es:

$$I_{GA} = I_{PMA} * Fp_{PMA} + I_{Permisos} * Fp_{Perm.} + I_{IA} * Fp_{IA}$$

$I_{GA:}$ Indicador de Gestión Ambiental: valor entre 0 y 100.

$I_{PMA:}$ Indicador de cumplimiento del PMA: valor entre 0 y 100.

$Fp_{PMA:}$ Factor de Ponderación del PMA

$I_{Permisos:}$ Indicador de gestión de Permisos ambientales: valor entre 0 y 100.

$Fp_{Perm:}$ Factor de ponderación permisos ambientales

$I_{GA:}$ Indicador de gestión ambiental :valor entre 0 y 100.

$I_{IA:}$ Indicador de impacto ambiental: valor entre 0 y 100.

$Fp_{IA:}$ Factor de ponderación del impacto ambiental

La distribución de 100 unidades entre los Factores de Ponderación (Fp) corresponden a la importancia relativa inherente a cada uno de los componentes del I_{GA}. Por ejemplo, se recomienda que al indicador de impacto ambiental se le asigne siempre el mayor factor de ponderación puesto que en últimas el beneficio ambiental se obtiene no tanto como resultado, por citar un caso, de la obtención de todos los permisos, sino por el control efectivo y la minimización del impacto sobre el ambiente.

En las secciones siguientes se presenta una discusión detallada de los conceptos básicos y la metodología sugerida para el cálculo de los componentes del Indicador de Gestión Ambiental – IGA. cuya estructura, a manera de ejemplo, aparece en la Tabla 3.

Tabla 3 EJEMPLO DE LA ESTRUCTURA DEL INDICADOR DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA) PARA PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS

COMPONENTES PRINCIPALES	COMPONENTES SECUNDARIOS	SIMBOLO
INDICADOR DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (I_{PMA})	Indicador plan de manejo biofisico	I_{PMB}
	Indicador plan de gestión social	I_{PGS}
	Indicador plan de monitoreo	I_{PM}
	Indicador plan de contingencia	I_{PC}
INDICADOR DE PERMISOS AMBIENTALES (I_{PERM})	Permisos obtenidos	I_{perm}
	Permisos requeridos	$I_{requerido}$
INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL (I_{IA})	Indicador de impacto por vertimientos de aguas residuales industriales	$I_{vert\ ARI}$
	Indicador de impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas	$I_{Vert.ARD}$
	Indicador de impacto por manejo de cenizas	$I_{Cenizas}$
	Indicador de impacto por nivel de empleo	I_{Empleo}
	Indicador de impacto por nivel de educación	$I_{Educación}$
	Indicador de impacto por nivel de Ingresos	$I_{Ingresos}$
	Indicador de impacto por deterioro de la calidad del paisaje	$I_{Paisaje}$

- Ir al principio

4.4.1 INDICADOR DE CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL - I PMA

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es, lo que podríamos llamar el instrumento operativo en la planeación del Sistema de Gestión Ambiental (SGA) en el se describen y se dan las especificaciones de las obras y acciones que se deben realizar para controlar, mitigar, o compensar los impactos generados por una actividad.

Como parte del proceso de SGA es necesario evaluar la gestión realizada para aplicar el PMA, con el fin de determinar las medidas correctivas para asegurar el cumplimiento del principal objetivo de la Gestión Ambiental, que es el de mejorar las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla la actividad.

Lo anterior deriva en la necesidad de formular un indicador que represente el grado de cumplimiento del PMA y permita determinar las causas que influyen en su desarrollo, para así proceder a tomar medidas preventivas o correctivas y asegurar el logro de sus objetivos.

Componentes del PMA

El PMA involucra cuatro componentes principales, a saber:

- **Plan de manejo del medio biofísico**: Incluye las obras y acciones dirigidas a controlar, mitigar, o compensar los impactos sobre el medio biofísico: agua, aire, suelo, fauna, vegetación.

- **Plan de gestión social** : Contiene las especificaciones de las obras y acciones dirigidas a controlar, mitigar, o compensar los impactos sobre el ser humano y su entorno socioeconómico y cultural.

Plan de monitoreo: Contempla la definición de los parámetros del medio biofísico y social que deben ser evaluados periódicamente para verificar el comportamiento de los elementos ambientales y el cumplimiento de la normatividad.

Plan de contingencia: Se refiere a las estrategias y acciones de prevención y control de los eventos contingentes que puedan afectar a las personas, el ambiente o los bienes materiales.

Descripción del indicador

El indicador propuesto para evaluar el nivel de cumplimiento del PMA, considera cada uno de los componentes del plan, como se indica enseguida

$$I_{PMA} = [(I_{PMB} + I_{PGS} + I_{PM} + I_{PC})/4] * 100$$

En donde :

I_{PMA}: Indicador de cumplimiento del PMA, valor entre 0 y 100.

I_{PMB}: Indicador plan de manejo biofísico, valor entre 0 y 1.

I_{PGS}: Indicador plan de gestión social, valor entre 0 y 1.

I_{PM}: Indicador plan de monitoreo, valor entre 0 y 1.

I_{PC}: Indicador plan de contingencia, valor entre 0 y 1.

Ahora, para evaluar **cada uno** de los indicadores que conforman el I_{PMA} se consideran dos aspectos básicos :

Grado de ejecución : Se refiere al nivel de ejecución del plan; es decir compara el número de obras o acciones terminadas o el número de equipos, o sistemas, adquiridos hasta el momento de la evaluación **(N_{OAE})** contra el número total de obras y equipos, o sistemas,

contemplados en el PMA **(N_{TOT})**

Ejecución presupuestal: Compara el dinero invertido hasta el momento (**R_{GAST}**) contra el dinero total presupuestado en el plan (**R_{PROG}**).

La evaluación de estos aspectos aplicada a cada uno de los componentes del PMA resulta en una expresión como la siguiente:

$$Ip\text{-}i = [(N_{OAE} / N_{TOT})_{PHP}) + (R_{GAST} / R_{PROG})] / 2$$

En donde :

$I_{P\text{-}i}$ Indicador de cumplimiento del plan-i, **i,** se refiere a cada uno de los componentes del PMA; valor entre 0 y 1.

N_{OAE} Número de obras o acciones ejecutadas, y equipo adquirido hasta el momento de la evaluación de acuerdo con el plan.

N_{TOT} Número total de obras, acciones, o equipo programado según el plan.

R_{GAST} Recursos gastados hasta el momento de la evaluación; valor en $.

R_{PROG} Recursos totales presupuestados en el plan; valor en $.

Después de obtener el indicador para cada uno de los componentes del PMA, se procederá a calcular el promedio aritmético con el cual se definió el indicador del PMA (I_{PMA}) . Se sugiere el promedio aritmético para darle una importancia igual a cada componente del PMA; sin embargo posteriormente se podrá analizar la posibilidad de incluir factores de ponderación a cada componente, o simplemente establecer otro tipo de promedio.

- **Ir al principio**

4.4.2 INDICADOR DE GESTIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES - I. Permisos

La situación legal ambiental de los proyectos carboeléctricos está determinada por los permisos que se indican en la Tabla 4. De una parte, se encuentra la Licencia Ambiental, la cual sólo será otorgada para aquellos PCE nuevos, es decir, los que iniciaron operaciones después del año de 1993. Para los proyectos que entraron en operación antes de diciembre del citado año, se exigide un Plan de Manejo Ambiental (PMA), de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 2150 de 1995.

Cuando se trate de un PCE nuevo, los permisos tales como la concesión de aguas, vertimientos y emisiones atmosféricas, les será otorgada dentro de la misma licencia ambiental.

Tabla 4 PERMISOS AMBIENTALES PARA PCE's

NOMBRE DEL PERMISO	NORMA LEGAL	ARTÍCS.
Licencia ambiental	Decreto 1753 de 1994	8
Documento de Evaluación y Manejo Ambiental (DEMA)*	Decreto 388 de 1997	
Concesión de aguas	Decreto 1541 de 1978	
Vertimientos	Decreto 1594 de 1984	72
Emisiones atmosféricas (PEA)	Decreto 948 de 1997	
Aprovechamiento Forestal	Decreto 1791 de 1996	5 y 13

*Sólo será exigido cuando se trate de la ampliación de alguna de las plantas actualmente en operación.

El indicador de permisos ambientales establece una comparación entre el número de permisos o autorizaciones obtenidos para el proyecto carboeléctrico (concedidos por medio de una resolución) y el número total de permisos que, de acuerdo con la normatividad ambiental vigente, deban ser diligenciados y aprobados en favor del proyecto. La

expresión matemática del indicador es la siguiente :

$$I_{Permisos} = (Permisos_{obtenidos} / Permisos_{totales}) * 100$$

En donde :

$I_{Permisos}$ Indicador de gestión de Permisos Ambientales (valor entre 0 y 100)

$Permisos_{Obtenid}$ Número de resoluciones de los permisos obtenidos

$Permisos_{Totales}$ Número total de permisos que debe obtener el proyecto

- Ir al principio

4.4.3 INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL – I_{IA}

INTRODUCCIÓN

El indicador de impacto ambiental derivable de las actividades propias de un PCE deberá expresar de la mejor manera la eficiencia de la empresa en la mitigación y el control de las posibles alteraciones ambientales que se pueden causar como consecuencia de su desarrollo. Se intenta relacionar, por ejemplo, el efecto de la liberación de las cargas contaminantes sobre las características ambientales en el área de influencia de la actividad, teniendo en cuenta la capacidad asimilativa de los sistemas o elementos receptores de esas cargas.

IMPACTOS AMBIENTALES

En la sección 1.3 de esta Guía se identificaron los posibles impactos ambientales que pueden ocurrir durante el desarrollo de las actividades propias de un PCE. No obstante, debe aclararse que la lista de impactos probables *es de referencia* y siempre será necesario ajustarla

a las condiciones específicas tanto del proyecto como del área objeto de la actividad. Los indicadores de impacto ambiental identificados para los PCE se muestran en la Tabla 5

Tabla 5 LISTA DE INDICADORES DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA PCE

INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL	PARÁMETROS
1. Calidad del Aire (I_{Ca})	SOx, NOx, Partículas en Suspensión, CO e HC.
2. Vertimientos de A.R.D ($I_{VERT-ARD}$)	pH, Temperatura, Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos y DBO.
3. Vertimientos de A.R.I ($I_{VERT-ARI}$)	pH, Temperatura, Grasas y Aceites Sólidos Suspendidos, y Metales Pesados (Fe, Cu, Zn, Cr^{+6}).
4. Manejo de Cenizas	Sólidos Totales (ST) en el efluente.
5. Nivel de Empleo	No empleos por capacidad instalada.
6. Nivel de Educación	Nivel de instrucción de los empleados.
7. Nivel de Ingresos	Salario mínimo legal vigente.
8. Calidad del Paisaje	Valor relativo del paisaje.
9. Global de Impacto Ambiental (I_{IA})	Impactos ambientales y Unidades de Importancia para los impactos
INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL	**PARÁMETROS**
10. Cumplimiento del PMA (I_{PMA})	Planes de Manejo Biofísico, de Gestión Social, de Monitoreo y de Contingencia
11. Permisos Ambientales (I_{PA})	Emisiones Atmosféricas (PEA), Vertimientos (PV), Aprovechamiento Forestal (PAF), Concesión de Aguas (CA) y
12. Gestión Ambiental (I_{GA})	Indicador Global de Impacto, Indicador de Permisos e Indicador de Cumplimiento del PMA.

DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR

La estructura del indicador del impacto ambiental de PCE se puede definir como el cálculo del promedio aritmético ponderado de cada uno de los indicadores de impacto identificados, sometido a evaluación.

$$I_{IA} = [\sum I_i * UI_i] / 100 * n$$

En donde :

I_{IA} Indicador global de impacto ambiental.: valor entre 0 y 100.

I_i Indicador de impacto ambiental generado por el impacto i : valor entre 0 y 100.

UI_i Unidades de importancia para el impacto i: valor entre 0 y 1.000

n Número de parámetros evaluados

Las Unidades de Importancia (UI) tienen por objeto diferenciar la relevancia de un impacto con respecto a los demás; en la literatura se recomienda que sobre una base de 1.000 puntos se asignen las UI a los diferentes impactos. Enseguida se mostrará, por medio de un ejemplo, todo el proceso de cálculo para obtener el Indicador de Gestión Ambiental – y de sus diferentes componentes.

- **Ir al principio**

4.5 EJEMPLO ILUSTRATIVO PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE GESTIÓN AMBIENTAL - IGA

Se presenta en esta sección el planteamiento hipotético de una empresa generadora de energía a base de carbón y precisa calcular el $I_{GA.}$ A partir de la identificación de la información necesaria en cada

caso, se muestra el procedimiento de cálculo de cada uno de los componentes del Indicador de Gestión Ambiental y, finalmente, la integración de los mismos en un solo valor.

- **Ir al principio**

4.5.1 CÁLCULO DEL INDICADOR DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Una empresa que opera un planta de generación de energía carboeléctrica presenta la situación que se describe a continuación en relación con su gestión ambiental:

ACCIONES PROGRAMADAS/ REQUERIMIENTOS NORMATIVOS	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL
Plan de Manejo Biofísico • Construcción de un canal perimetral al patio de acopio de carbón • Construcción de una trampa de grasas • Restauración morfológica del patio de cenizas • Implementación de un sistema de humectación de vías internas Presupuesto $ 60’000.000	Realizado No Realizado Realizado No se realizó Inversión: $ 50’000.000

Plan de gestión social: • Diseño de una estrategia para vinculación de personal de la oferta local • Talleres con personal vinculado al proyecto para informar sobre normas y requisitos ambientales de la planta. • Elaboración del programa de salud ocupacional Presupuesto: $ 6.000.000	Realizado Realizado No se realizó Inversión: $ 1'500.000
Plan de monitoreo: Dos jornadas de muestreo y análisis fisicoquímico en el efluente del patio de cenizas. Presupuesto: $ 1.500.000	Realizado Presupuesto: $ 1.500.000
Plan de contingencia: Divulgación de las medidas preventivas y de control en caso de emergencias Presupuesto: $ 500.000	Realizado Presupuesto: $ 500.000

Para calcular el indicador de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental, inicialmente se determinan los indicadores de cumplimiento para cada uno de sus componentes, mediante la siguiente expresión, de la cual se ha definido previamente el significado de los símbolos:

$$Ip\text{-}i = [(N_{OAE} / N_{TOT}) + (R_{GAST} / R_{PROG})] / 2$$

Posteriormente se integran estos valores en el indicador global del PMA, así:

$$I_{PMA} = [(I_{PMB} + I_{PGS} + I_{PM} + I_{PC}) / 4] * 100$$

El resultado de estos cálculos, para las condiciones del ejemplo, es el siguiente:

	N_{OAE}/N_{TOT}	R_{GAST}/R_{PROG}	Ip-I
I_{PMB}	2/4	50'000.000/60'000.000	0.66
I_{PGS}	2/3	1'500.000/6'000.000	0.46
I_{PM}	1/1	1.500.000/1.500.000	1.00
I_{PC}	1/1	500.000/500.000	1.00
$I_{PMA} = [(0.66+0.46+1.00+1.00)/4] * 100$			78

El I_{PMA} en este caso es de 78 unidades.

- Ir al principio

4.5.2 CÁLCULO DEL INDICADOR DE PERMISOS AMBIENTALES

El indicador de permisos ambientales establece una comparación entre el número de permisos o autorizaciones obtenidos para el proyecto carboeléctrico (concedidos por medio de una resolución) y el número total de permisos que, de acuerdo con la normatividad ambiental vigente, deban ser diligenciados y aprobados en favor del proyecto. Para efectos ilustrativos se supondrá la siguiente situación en relación con la legalidad ambiental de la planta:

NOMBRE DEL PERMISO	NORMA LEGAL	**SITUACIÓN**
Licencia ambiental	Decreto 1753 de 1994	Obtenida

Concesión de aguas	Decreto 1541 de 1978	Obtenida
Permiso de vertimientos	Decreto 1594 de 1984	En trámite
Emisiones atmosféricas (PEA)	Decreto 948 de 1997	En trámite

De conformidad con lo expuesto anteriormente, el indicador de permisos será:

$$I_{Permisos.} = [Permisos._{Obtenidos} / Permisos._{totales}] * 100$$

$$I_{Permisos} = 2/4 * 100 = 50$$

El $I_{Permisos}$ en este caso es de 50 unidades.

- Ir al principio

4.5.3 CÁLCULO DEL INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL

La metodología de cálculo del $I_{IA.}$ se aplicará de manera ilustrativa para algunos de los impactos potenciales, seleccionados con base en la identificación y análisis de impactos que se incluye en esta Guía. Estos son:

- Deterioro de calidad del aire
- Deterioro de calidad del agua
- Manejo del patio de cenizas
- Generación de empleo

Indicador de impacto por deterioro de la calidad del aire

La calidad del aire está determinada por los niveles de inmisión de contaminantes presentes en la atmósfera, entendiendo por nivel de

inmisión, la concentración de cada tipo de contaminantes existentes entre cero y dos metros de altura sobre el nivel del suelo. Para el caso de los PCE, la calidad del aire estará representada por la presencia de óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), partículas totales en suspensión, monóxido de carbono (CO) y oxidantes fotoquímicos (O_3), en el área de influencia inmediata y mediata del sitio en donde se encuentre ubicada la planta carboeléctrica.

El indicador propuesto para determinar la calidad del aire es un **indicador modificado** del ORAQI(Oak Ridge Air Quality Index, propuesto por V.Conesa-Vitora, 1997), el cual corresponde a la suma ponderada de la contribución de cada uno de los cinco contaminantes antes citados y para los cuales existe un valor estándar de calidad , o nivel máximo de concentración permisible para diferentes períodos de evaluación

Se dice que es un indicador modificado, por cuanto los parámetros de calidad utilizados, corresponden a los indicados por el Decreto 02 de 1982, los cuales difieren de los parámetros establecidos para las condiciones de España, país de donde fueron tomados los valores para la construcción de la ecuación. El ORAQI se calcula a partir de la siguiente expresión matemática:

$$\mathbf{ORAQI = (5.7 \sum Ci \ / \ Cs)^{1.37}}$$

Donde:

Ci: Concentración media de contaminantes

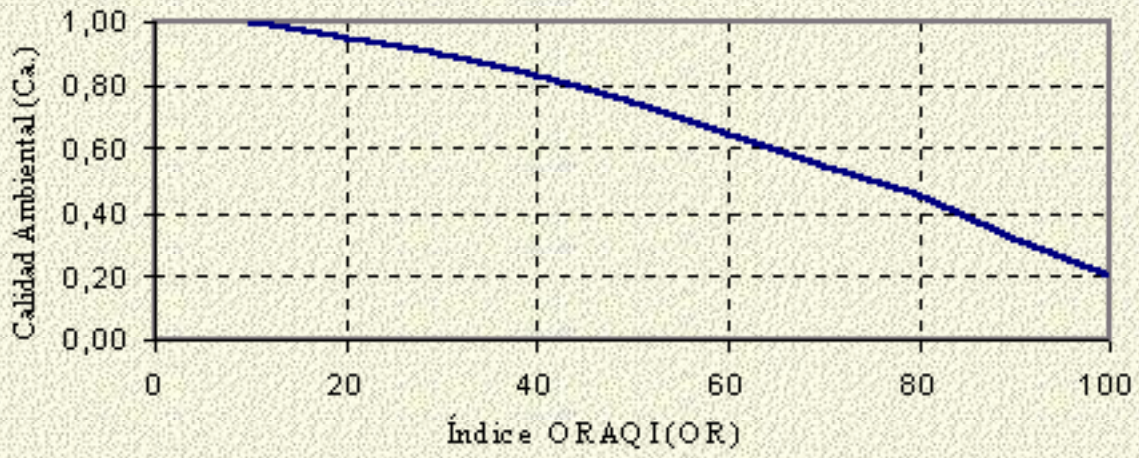
Cs: Concentración estándar de contaminantes

Para el caso del ejemplo ilustrativo se utilizarán los siguientes datos a partir de los cuales se calculará el indicador de impacto por deterioro de la calidad del aire:

CONTAMINANTE	PERIODO	UNIDAD	Cs	Ci
Partículas suspendidas totales, PST	24 horas	$\mu g/m^3$	400	180
Óxidos de azufre, SO_2	24 horas	$\mu g/m^3$	400	70

Óxidos de nitrógeno, NO_2	Anual	$\mu g/m^3$	100	30
Monóxido de carbono, CO	8 horas	mg/ m^3	15	3
Oxidantes fotoquímicos,O_3	Anual	$\mu g/m^3$	170	40

Figura 32 FUNCIÓN DE TRANSFORMACIÓN CALIDAD DEL AIRE



El indicador puede tomar valores entre 10 y 100. Un valor de ORAQI igual a 10 corresponde al óptimo de calidad ambiental. De acuerdo con los datos dados para el ejemplo y reemplazando en la ecuación que define el Índice ORAQI, se obtiene un valor de **13,1** unidades para el Indicador de impacto por deterioro de calidad del aire.

Indicador de impacto por deterioro de la calidad del agua

Indicador de vertimientos de aguas residuales industriales ($I_{VERT-ARI}$)

Las aguas residuales industriales de una planta carboeléctrica generalmente provienen del drenaje de las pilas de carbón, del drenaje del patio de cenizas, del sistema de refrigeración, del sistema de desmineralización del agua, de la purga de calderas y de la limpieza de equipos. Los parámetros que caracterizan las ARI de las plantas carboeléctricas, se pueden resumir en: pH, Temperatura, Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos y Metales Pesados (Fe, Cu, Zn y Cr^{+6}).

El $I_{VERT-ARI}$ se puede calcular con base en la siguiente expresión

matemática:

$$I_{VERT-ARI} = \sum Ci\ Pi\ /\ \sum Pi$$

En donde:

Ci : valor porcentual asignado a los parámetros involucrados (Tabla 6).

Pi : peso asignado a cada parámetro

Tabla 6 VALORES DE Ci y Pi

pH	Temp* ^oC	G y A mg/l	SS mg/l	Fe Mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cr^{+6} mg/l	Ci %
1/14	>10	>66	>50	>3,0	>3,0	>3,0	>0.7	0
2/13	10	66	50	3,0	3,0	3,0	0.7	10
3/12	7	46	35	2,6	2,6	2,6	0.5	20
4/11	5	35	26	2,0	2,0	2,0	0.3	30
5/10	4	26	20	1,4	1,4	1,4	0.26	40
6/9,5	3	20	15	1,0	1,0	1,0	0.2	50
6,5	2	15	11	0,8	0,8	0,8	0.15	60
9	1.5	10	8	0,6	0,6	0,6	0.1	70
8,5	1	6	5	0,4	0,4	0,4	0.06	80
8	0.5	3	2	0,2	0,2	0,2	0.03	90
7	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	100
Pi *= 1*	2	2	2	3	3	3	3	-

Fuente: "Metodología de evaluación de impacto ambiental en centrales termoeléctricas. BID, 1993.

* El valor correspondiente al Ci = 50, equivale a la diferencia entre la

temperatura del agua de vertimiento

y la temperatura del agua del cuerpo receptor ("industrial Pollution Prevention and Abatement Handbook

– The World Bank Environment Department, Julio, 1995).

Los siguientes son datos hipotéticos asumidos para calcular el indicador de impacto por vertimiento de las aguas residuales en una planta carboeléctrica:

Δ Temp, °C	G y A mg/l	SS mg/l	Fe mg/l	*Cu* mg/l	Zn mg/l	Cr^{+6} mg//
10	45	35	2.3	4	0.4	0.1

Figura 33 CALIDAD AMBIENTAL VS TEMPERATURA

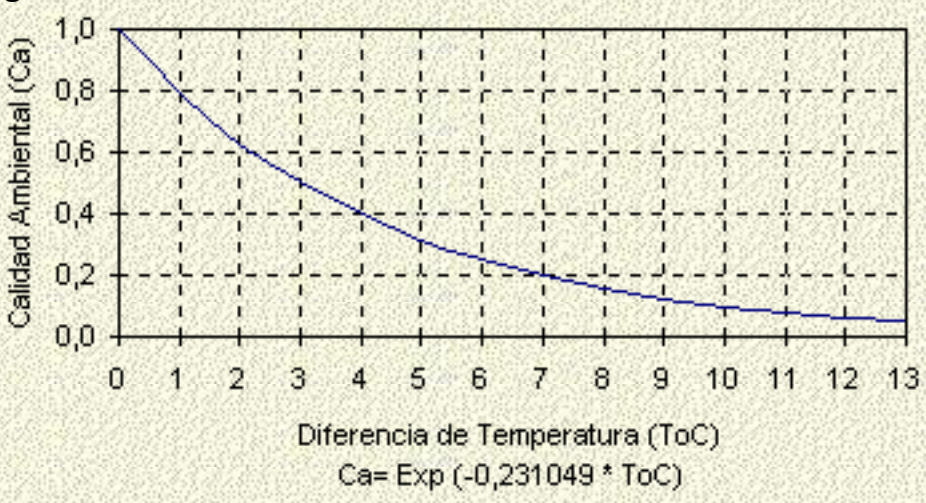


Figura 34 CALIDAD AMBIENTAL VS. GRASAS Y ACEITES

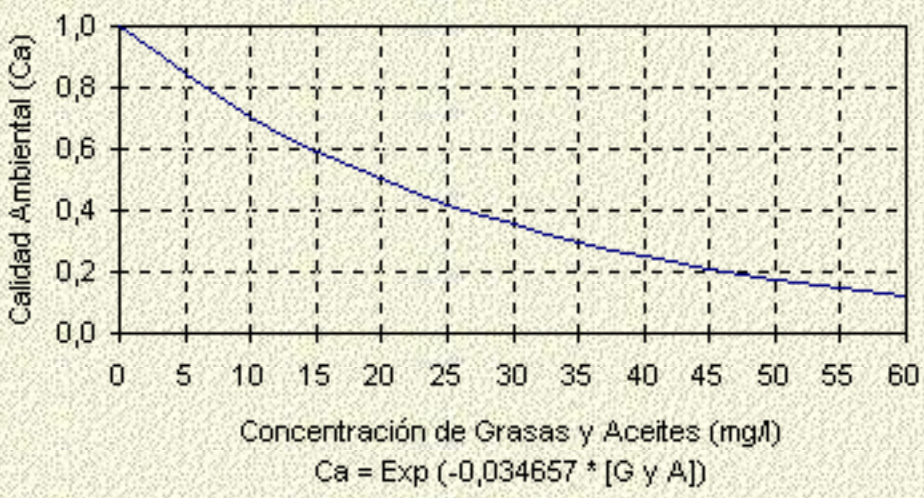


Figura 35 CALIDAD AMBIENTAL VS. SÓLIDOS SUSPENDIDOS

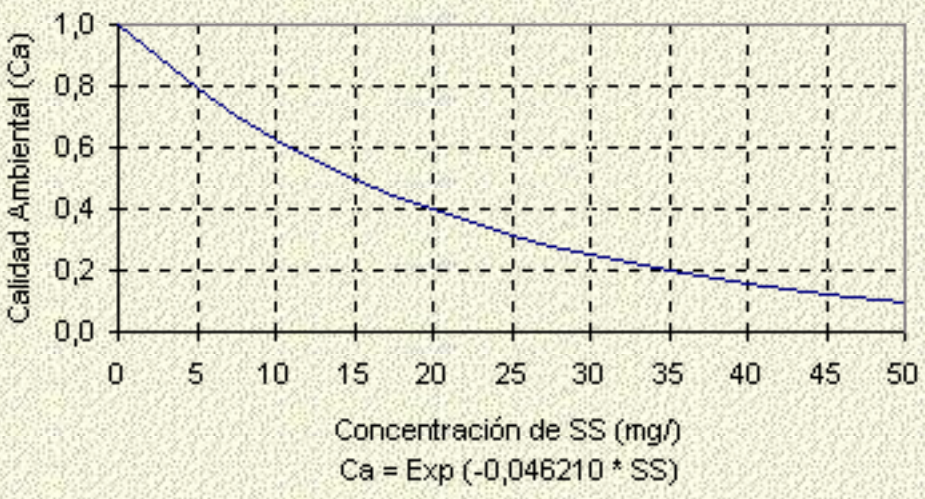


Figura 36 CALIDAD AMBIENTAL VS HIERRO (Fe)

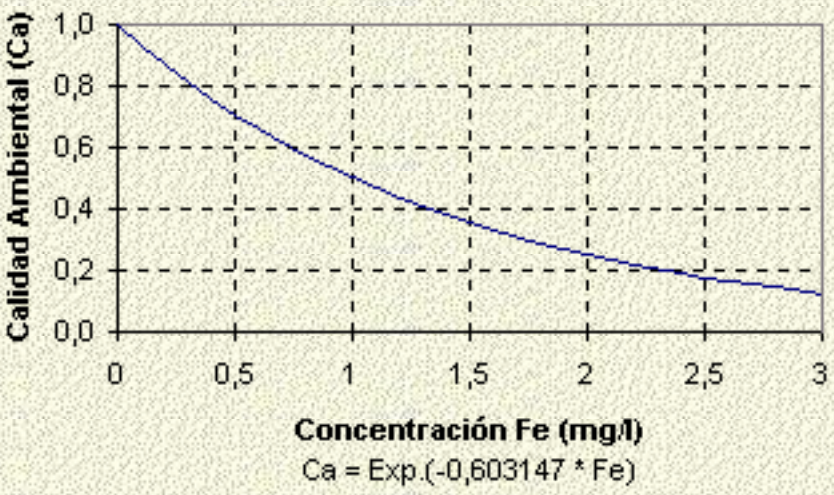


Figura 37 CALIDAD AMBIENTAL VS. COBRE (Cu)

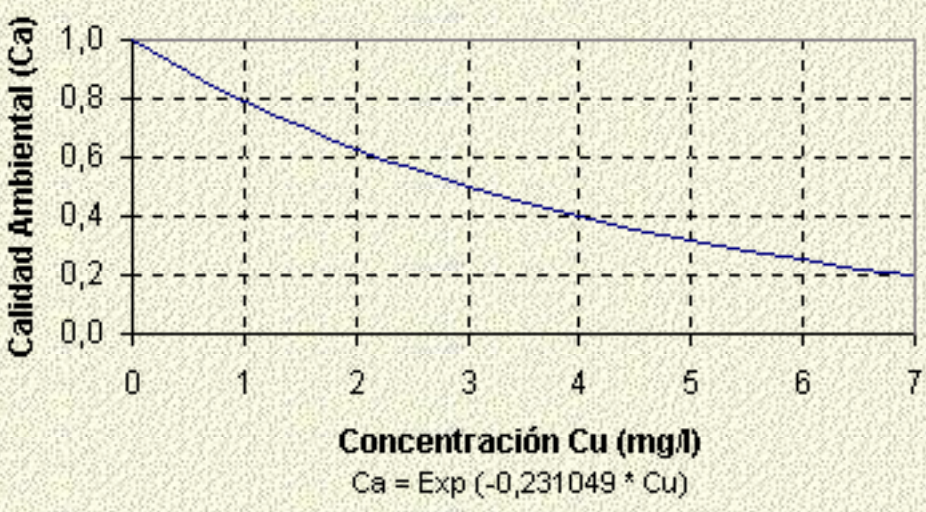


Figura 38 CALIDAD AMBIENTAL VS. ZINC (Zn)

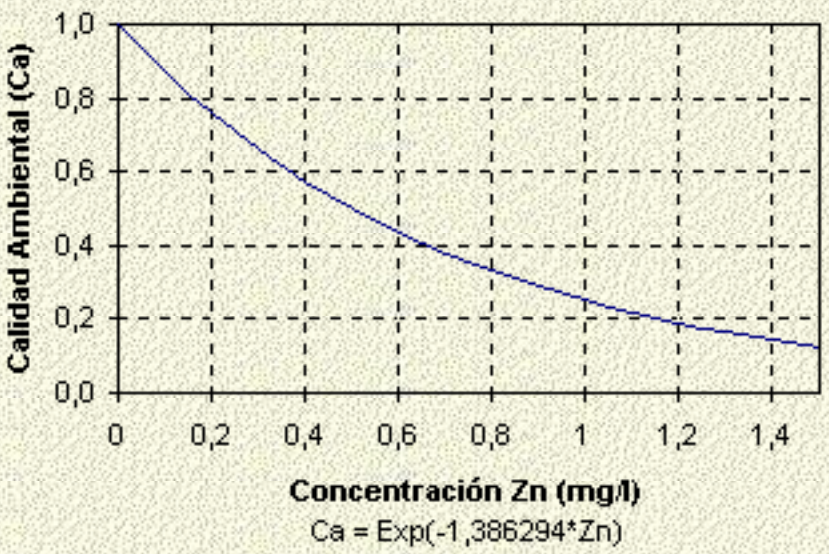
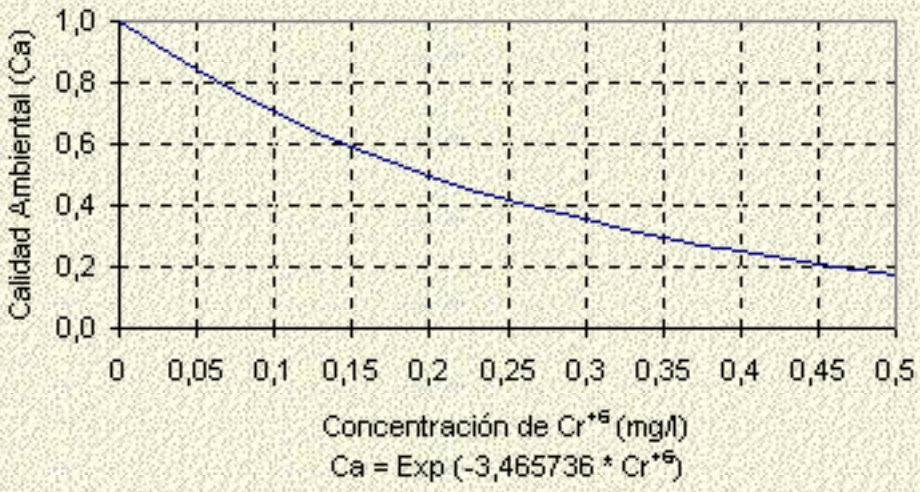


Figura 39 CALIDAD AMBIENTAL VS. CROMO (Cr)



Los valores de referencia, es decir, aquellos correspondientes al óptimo de calidad ambiental (Ca=0,5) fueron tomados de las normas de

vertimiento para efluentes líquidos de centrales termoeléctricas de los Estados Unidos, en vista de que para Colombia no existe una norma específica de vertimiento, para efluentes líquidos provenientes de centrales termoeléctricas.

Por su parte, el valor de calidad ambiental Ca = 0,5 para la temperatura, fue tomado de los valores estándar del Banco Mundial, el cual señala que una diferencia de temperatura entre la temperatura del vertimiento de una central termoeléctrica y aquella que presente el cuerpo receptor de la descarga, no debe ser superior a 3 ºC .

Finalmente, los valores de Pi, es decir, los correspondientes a la ponderación o peso relativo de cada uno de los parámetros incluídos para el cálculo del indicador, fueron determinados con base en el carácter del contaminante, otorgándole un mayor peso relativo a los metales pesados, por su capacidad de permanencia en los cuerpos de agua.

Los valores de Ci, Pi y Ca obtenidos para los parámetros tomados como ejemplo se indican a continuación:

Parámetro	Valor	Ci	Pi	Ca
Δ T°	10	10	2	0,1
Grasas y aceites	45	20	2	0,2
Sólidos Suspendidos	35	20	2	0,2
Hierro	2,3	20	3	0,2
Cobre	4,0	0	3	0,4
Zinc	0,4	80	3	0,6
Cromo	0,1	70	3	0,7

De acuerdo con la ecuación que define el indicador de vertimiento de agus industriales $I_{VERT-ARI}$ el valor obtenido es de **28,3** unidades.

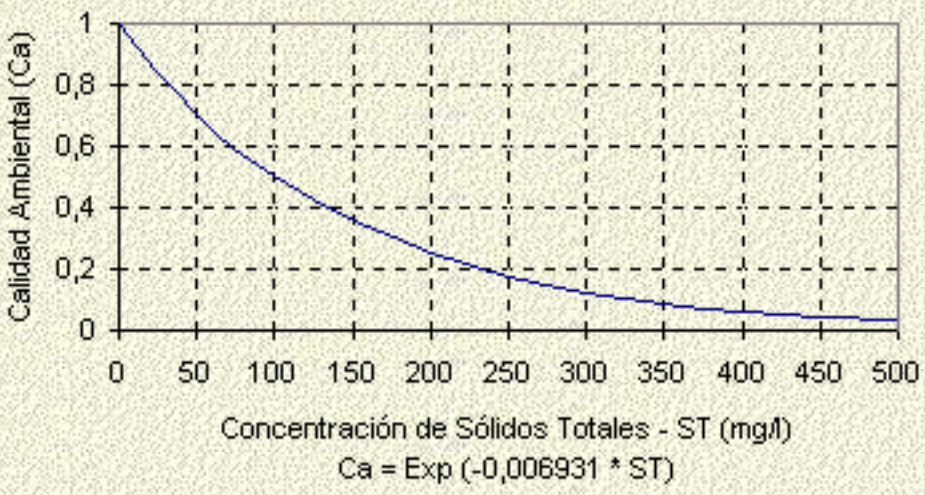
Manejo de cenizas (I_{CENIZ})

El concepto utilizado para la formulación del I_{ceniz} está relacionado con la concentración de los sólidos totales contenidos en el efluente del patio de cenizas de una central carboeléctrica. De acuerdo con las normas de vertimiento para efluentes líquidos de centrales termoeléctricas en los Estados Unidos ("Metodología de evaluación de impacto ambiental en centrales termoeléctricas". BID, 1993), la concentración máxima diaria de ST es de 100 mg/l, valor al cual, para efectos del I_{ceniz} se le ha asignado un valor de calidad ambiental Ca= 0,5.

Se trata de un Indicador simple que relaciona la concentración de los sólidos totales(ST-cenizas) del efluente líquido del patio de carbón, con el valor de referencia previamente citado. Su expresión matemática, es la siguiente:

$$I_{ceniz} = [\text{ ST-cenizas}] / 100$$

Figura 40 CALIDAD AMBIENTAL VS. SÓLIDOS TOTALES. PATIO CENIZAS



La concentración de sólidos totales en el efluente del patio de cenizas es de 200 mg/l, entonces el indicador de impacto ambiental por

manejo de cenizas será: Ca= 0,25.

Reemplazando los valores en la expresión matemática se obtiene que:

$$I_{ceniz} = [\ 200\ ] / 100$$

$$I_{ceniz} = 25$$

Entonces el valor del Indicador de impacto por manejo de cenizas es de 25 unidades.

Indicador de nivel de empleo (I_{EMPLEO})

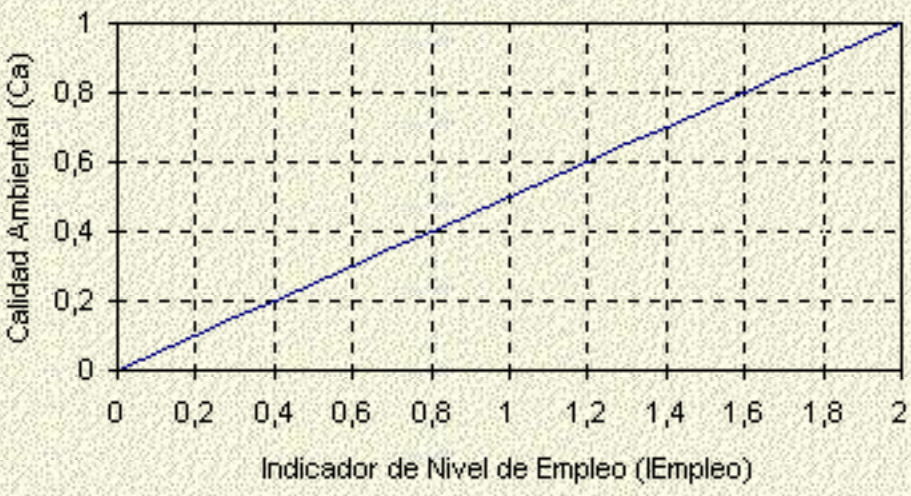
El I_{Empleo} está definido por la relación que existe entre el número de empleos directos permanentes y la capacidad nominal instalada de la planta en su conjunto, es decir, incluyendo todas y cada una de las unidades instaladas.

El I_{Empleo} se estructuró en función de la siguiente relación matemática :

$$I_{Empleo.} = \text{Número de Empleos} / \text{Capacidad instalada}$$

De acuerdo con un estudio realizado por el Comité Ambiental del Sector Eléctrico Colombiano – CASEC ("Caracterización Ambiental de las Centrales Termoeléctricas en Colombia". Bogotá, octubre de 1994) se infiere que, en promedio, el número de empleos directos y permanentes generados por cinco carboeléctricas (Guajira, Paipa, Tasajero, Yumbo y Zipa) es de 1.14 empleados por cada megavatio instalado. A este valor, en consecuencia, se le asigna un valor de calidad ambiental Ca=0,5, constituyéndose en el punto de equilibrio para este parámetro.

Figura 41 CALIDAD AMBIENTAL VS. NIVEL DE EMPLEO



Ejemplo: Si la planta tiene 200 empleados y una capacidad instalada de 132 MW, el indicador de impacto por generación de empleo será:

$$I_{Empleo.} = 200 \text{ empleados}/ 132 \text{ MW}$$

$$I_{Empleo.} = 1{,}51$$

A este valor le corresponde una Calidad Ambiental de 0.75 (Fig. 8.13), en consecuencia, el Indicador de impacto por nivel de empleo será de (0.75*100), es decir, 75 unidades.

- **Ir al principio**

4.5.4 VALOR DEL INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL

El cálculo del valor del indicador de impacto ambiental se efectúa mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$I_{IA} = [\Sigma (I_i * UI_I) / 100]$$

En donde :

I_{IA} Indicador global de impacto ambiental.: valor entre 0 y 100.

I_i Indicador de impacto ambiental generado por el impacto i : valor entre 0 y 100.

UI_i Unidades de importancia para el impacto i: valor entre 0 y 1.000

La asignación de las Unidades de Importancia se basa, como se mencionó anteriormente en la distribución de 1000 puntos entre los impactos identificados. Para efectos del ejercicio ilustrativo se suponen los valores relacionados a continuación, sobre la base de un puntaje equitativo (500 puntos) tanto para el componente biofísico como para el socioeconómico:

COMPONENTE	IMPACTO POTENCIAL	UI
BIOFÍSICO (500)	Deterioro de la calidad del aire	100
	Deterioro de la calidad de las aguas	50
	Manejo del patio de cenizas	50
SOCIO-ECONÓMICO (500)	Generación de empleo	100

En la Tabla anterior la sumatoria no da como resultado 1000 puntos puesto que sólo se consideraron cuatro de los impactos identificados.

Como resultado del cálculo citado, se obtiene que el valor de I_{IA} es de 28.7

INDICADOR	VALOR I_i	UI	I_I* UI/100
$I_{emisiones.}$	13,1	100	13,1

$I_{Vert.ARD}$	28,3	50	14,1
$I_{Cenizas}$	25	50	12.5
$I_{Empleo.}$	75	100	75
SUMATORIA			114.7
I_{IA}			**28.7**

- **Ir al principio**

4.5.5 INDICADOR DE GESTIÓN AMBIENTAL

Finalmente, el valor del I_{GA} será de 40,7 unidades, el cual se obtiene aplicando la ecuación:

$$I_{GA} = I_{PMA} * Fp_{PMA} + I_{Permisos} * Fp_{Perm.} + I_{IA} * Fp_{IA}$$

INDICADOR	VALOR I_i	Fp_{PMA}	$I_i * Fp_{PMA}$
I_{PMA}	78	0,2	15,6
$I_{Permisos}$	50	0,1	5
I_{IA}	28.7	0,7	20
I_{GA}			**40,7**

Este resultado indica la posibilidad de que esta empresa mejore su desempeño ambiental en cerca de un 60%

- **Ir al principio**

GUÍA AMBIENTAL PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS

GLOSARIO Y BIBLIOGRAFÍA

CONTENIDO

- 5. GLOSARIO
- 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÍNDICE DE LA GUÍA | CAPÍTULO ANTERIOR | CAPÍTULO SIGUIENTE

---

5. GLOSARIO

- ABLANDAMIENTO: Método destinado a mejorar el olor de un destilado ligero a impedir la acción corrosiva.
- ÁCIDO : Solución que contiene una alta concentración de iones hidrogeno (pH < 7).
- ACUÍFERO : Formación geológica constituída por materiales permeables o fisurados capaz de almacenar y transportar un flujo significativo de agua.
- AERÓBIO : Proceso químico físico que únicamente se produce en presencia de oxígeno.
- AEROSOL: Suspensión, en un medio gaseoso, de partículas sólidas o líquidas que presentan una velocidad de caída despreciable.
- AGUAS ÁCIDAS : Se forman por meteorización de minerales sulfurosos, simultáneamente a la acción catalizadora de bacterias.
- AGLOMERADO: grupo de partículas sólidas que se adhieren unas a otras.
- AGREGADO : En la depuración de los gases, unión relativamente estable de partículas secas formadas por influencia de fuerzas físicas.

- AIRE : Mezcla gaseosa que compone la atmósfera terrestre.
- ALCALINO : Solución que tiene cualidades de base (pH >7).
- ALTURA DE CHIMENEA: Altura de la chimenea más la altura del penacho de humo que se eleva sobre ella, ya sea en función de la velocidad ascencional adquirida, o por el empuje de Arquímedes o por los dos.
- AMBIENTE : Entorno en el que opera una organización, que incluye aire, suelo, agua, recursos naturales, seres humanos y su interrelación.
- ANAEROBIO : Proceso químico físico que únicamente tiene lugar en ausencia de oxígeno.
- ANTRÓPICO : Relacionado con la actividad humana.
- AZUFRE: Elemento no metálico, que forma parte de todo ser viviente y se encuentra en todos los combustibles fósiles, siendo emitido en forma de oxido durante su combustión. El azufre, presente bajo la forma de sulfuro de hierro en el carbón puede a veces ser extraído por el lavado de carbón triturado.
- BIÓTICO: Relativo a los seres vivos.
- CARBÓN : Es una roca sedimentaria de color negro a negro castaño, combustible, que contiene más del 50 % en peso, y más del 70 % en volúmen, de material carbonoso, comprendida la humedad inherente. Se formó de restos de plantas que han sido compactadas, endurecidas, químicamente alteradas y carbonificadas por calor y presión durante el tiempo geológico.
- COMPACTACIÓN : Proceso mediante el cual un suelo disminuye el volumen y aumenta la densidad, al reducir su índice de poros.
- CONDUCTIVIDAD : Propiedad de un material para transportar corriente eléctrica.
- CONDUCTIVIDAD HIDRAÚLICA : Propiedad que describe cuantitativamente la capacidad de un medio para dejar pasar el agua a través de el.
- CONTAMINACIÓN : Descarga artificial de sustancias o energía en una concentración tal que produce efectos perjudiciales sobre el medio, incluido el hombre.
- CUENCA VISUAL : Porción de terreno visible desde un punto o recíprocamente, conjunto de puntos desde los que se ve un punto.
- CENIZAS VOLANTES: Cenizas arrastradas por los gases de combustión, en ausencia de dispositivos de control.
- DBO5 : Demanda bioquímica de oxigeno en 5 días. Es una medida de la capacidad contaminante de un agua residual que indica la cantidad de oxigeno consumido en 5 días por los microorganismos en la degradación aeróbica de la materia orgánica que contiene.
- DESARROLLO SOSTENIBLE : Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y el bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las

generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

- DQO : Demanda química de oxigeno. Cantidad de oxígeno empleado en la oxidación química de la materia (orgánica e inorgánica) presente en el agua.
- DRENAJE : Proceso de descarga de agua mediante corrientes superficiales o conductos subterráneos.
- EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL : Conjunto de técnicas y metodologías encaminadas a valorar los impactos que sobre el medio producen determinadas obras, instalaciones y actividades.
- ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL : Documento técnico que debe presentar el titular del proyecto del cual se efectuará la declaración de impacto ambiental.
- EROSIÓN : Conjunto de procesos físicos y químicos por los que los materiales rocosos o los suelos son agrietados, disueltos o arrastrados de cualquier parte de la corteza terrestre.
- ESPECIE : Agrupación de individuos con una cierta afinidad y características comúnes y cuyos descendientes las mantienen en cada una de sus generaciones.
- FERTILIZACIÓN : acción de añadir fertilizantes al suelo.
- GEOTEXTIL : Láminas fabricadas con materiales sintéticos que se utilizan con diferentes fines drenaje, impermeabilización, etc., cubriendo superficies de materiales naturales.
- GESTIÓN AMBIENTAL : Conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente, basándose en una coordinada información multidisciplinar y en la participación ciudadana.
- HABITAT : Medio ambiente en el cual viven los animales y plantas. Hace referencia al conjunto de condiciones que caracterizan el medio y que afectan a la vida de los animales y plantas.
- IMPACTO AMBIENTAL : Efecto que las actuaciones humanas producen en el medio. La intensidad de la alteración esta relacionada con la capacidad de asimilación del entorno donde se desarrolla la actividad impactante.
- IMPERMEABLE : Material que no es capaz de permitir el paso del agua, o que solo lo permite con dificultad.
- INFILTRACIÓN : Acto o proceso de pasar una sustancia a través de otra.
- MEDIO AMBIENTE : Conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas que rodean a un organismo.
- MEDIO FÍSICO : Sistema constituído por los elementos y procesos del ambiente natural tal como la encontramos en la actualidad y sus relaciones con la población.
- MEDIO SOCIO ECONÓMICO : Sistema constituído por las estructuras y condiciones sociales, histórico culturales y económicas en general, de las comunidades humanas o de la población de un área determinada.

- MICROCLIMA : Condiciones climáticas de un área generalmente pequeña.
- MINERAL : Sustancia natural que tiene una composición química determinada y que siempre se presenta bajo la misma forma cristalina.
- MINERÍA : Técnicas y actividades dirigidas al descubrimiento y explotación de yacimientos de minerales.
- MULCH : Cubierta superficial del suelo de naturaleza orgánica o inorgánica que tiene un efecto protector y además ayuda al establecimiento de la vegetación.
- NATIVA : Especie originaria de un país o un área determinada.
- NEUTRALIZACIÓN POTENCIAL : Medida de la facilidad relativa con la que una solución puede neutralizarse.
- NEUTRALIZACIÓN : Adición de un material ácido o alcalino al agua o al suelo para ajustar su pH hasta alcanzar el valor de 7 (Neutro).
- NIVEL FREÁTICO : Limite superior, no estático, de la zona saturada de agua en el subsuelo.
- NIVEL FREÁTICO : Limite superior, no estático, de la zona saturada de agua en el subsuelo.
- NUTRIENTE : Elemento mineral absorbido y asimilado por las plantas, siempre y cuando se encuentre de forma adecuada en la solución del suelo.
- OXIDACIÓN : Alteración química de una sustancia por perdida de electrones, o en presencia de oxígeno.
- PANTALLA VISUAL : Banda vegetal u obstáculo artificial destinado a impedir la observación de un objeto o infraestructura.
- PERCOLACIÓN : Movimiento del agua o de otros líquidos, sometido a la presión hidrostática natural de la subsuperficie de la tierra, a través de los intersticios del suelo o de la tierra.
- PERMEABILIDAD : Capacidad de un material para transmitir fluidos.
- pH : Medida química que indica la concentración de iones hidrogeno. Un valor igual a 7 corresponde a una solución neutra, mientras que si es menor es ácida y si es superior es básica.
- RESTAURACIÓN : Acciones destinadas a devolver al terreno las condiciones de uso existentes con anterioridad a la actividad impactante.
- RESTITUCIÓN : Acciones destinadas a devolver al terreno una o varias de las características precedentes antes del inicio de cualquier actividad impactante.
- REVEGETACIÓN : Plantación o siembra de especies vegetales en terrenos alterados.
- SEDIMENTACIÓN : Deposición de sedimentos en el fondo de los lagos, ríos u otros cursos de agua, así como en la propia tierra.
- SEDIMENTO : Partícula de tierra o material rocoso que ha sido erosionado.
- SÓLIDOS SUSPENDIDOS : Partículas sólidas que pueden retirarse de un líquido mediante filtración.
- SUELO : Parte de los materiales incoherentes que recubre a las rocas y que

es capaz de sostener vida vegetal.

- TALÚD : Inclinación natural o artificial de la superficie del terreno.
- TECHO : Capa geológica situada sobre un yacimiento, superficie superior de un estrato.
- TOPOGRAFÍA : Contorno o geometría de la superficie de la tierra. Normalmente, se representa en un mapa mediante líneas que conectan puntos de igual altitud.
- TURBIDEZ : Disminución de la transparencia del agua causada por la presencia de partículas sólidas en suspensión.

- **Ir al principio**

---

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONESA FDEZ.- VITORA, Vicente, Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental 3ª edición, Ediciones MundiPrensa, Madrid, 1997.
2. CONGRESO DE COLOMBIA., Código Sanitario Nacional, Ley 09 de 1979.
3. CONGRESO DE COLOMBIA, Ley 23 de 1973.
4. CONGRESO DE COLOMBIA , Ley 99 de 1993.
5. CONGRESO DE COLOMBIA , Ley 141 de 1994.
6. CIDER, Estudio Ambiental de Termozipa, aportes a la normalización de estudios ambientales en centrales térmicas. Santa Fe de Bogotá 1993.
7. ECOCARBÓN, Estudio de actualización de costos de inversión de tecnológias de producción de electricidad con base en carbón, Salgado Melendez. Santa Fe de Bogotá, Mayo de 1995.
8. ECOCARBÓN, El Carbón, Normas Generales sobre Muestreo y Análisis de carbones, Santa Fe de Bogotá, Mayo de 1995.
9. ECOCARBÓN, Evaluación, diagnóstico y niveles de Impacto Ambiental de los contratos mineros de Ecocarbón, ECSAM Consultores Ltda, Santa Fe de Bogotá, Febrero 1995.
10. ECOCARBÓN, Manual Ambiental para Puertos Carboníferos, Hector García Lozada - Consultor Ambiental, Santa Fe de Bogotá, 1997.
11. ECOCARBÓN, Evaluación ambiental del sector carbón, Hector García Lozada - Consultor Ambiental, Santa Fe de Bogotá, 1996.
12. ECOCARBÓN, Manual para el Control de los factores de degradación ambiental en la minería subterránea del Carbón. Informe Final, Universidad

Nacional, Medellín, Febrero de 1997.
13. ECOCARBÓN, Oportunidades de Inversión en Colombia en centrales termoeléctricas a carbón. Santa Fe de Bogotá 1997.
14. ECOCARBÓN, Guía ambiental para el transporte de carbón en Colombia, Santa Fe de Bogotá 1996.
15. ECOCARBÓN, Guía ambiental para patios de acopio de carbón, Santa Fe de Bogotá 1996.
16. ECOCARBÓN - COLCIENCIAS - UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA Memorias del Tercer Congreso Nacional de Ciencias y Tecnologías del Carbón, Riohacha, Noviembre 1995.
17. ECOCARBÓN, Plan de Desarrollo del Subsector Carbón 1997-2005, Santa Fe de Bogotá, Noviembre, 1996.
18. ECOCARBÓN, Política Ambiental de Subsector Carbonífero, Santa Fe de Bogotá.
19. ECOCARBÓN, Programa de Fortalecimiento Empresarial, Santa Fe de Bogotá.
20. IEA-COAL RESEARCH, Coal especifications – impact on power statoón performance. London 1993.
21. INTEGRAL – AENE, Descripción central termoeléctrica ene el departamento del Cesar. Santa Fe de Bogotá 1997.
22. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), Environmental Management Systems. General guidelines on principles, systems and supporting techniques Draft International Standard ISO/DIS 14004, 1995.
23. INTERCONEXIÖN ELECTRICA S.A., Evaluación de la gestión ambiental en centrales termoeléctricas, Héctor García Lozada - Consultor Ambiental, Santa Fe de Bogotá, 1996.
24. INTERCONEXIÓN ELECTRICA S.A., Diagnostico ambiental de alternativas - Termocesar, Hector García Lozada - Consultor Ambiental, Santa Fe de Bogotá, 1996.
25. ISAGEN, Central Termocentro, Informe de gestión ambiental, primera evaluación de la operación. Santa Fe de Bogotá 1997.
26. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), Environmental Management Systems. General guidelines on principles, systems and supporting techniques Draft International Standard ISO/DIS 14004, 1995.
27. MENDEZ JAVIER - AENE, Gestión Ambiental en las Plantas Térmicas de Generación Eléctrica, Santa Fe de Bogotá 1998.
28. MENDEZ JAVIER - AENE, Descargas térmicas de centrales termoeléctricas a cuerpos de agua, Santa Fe de Bogotá 1998.
29. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTE, Glosario de contaminación del aire. Madrid 1987.
30. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Convenio de Concertación entre autoridades Ambientales y Subsector Carbonífero. Santa Fe de Bogotá,

Diciembre de 1997.
31. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Decreto 665 de 1995.
32. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Decreto 883 de 1997.
33. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Decreto 948 de 1995.
34. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Decreto 1753 de 1994.
35. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Política Nacional de Producción mas limpia, 1ª Edición, Santa Fe de Bogotá, Octubre 1997.
36. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, Dirección General de Minas Títulos Mineros, Manual sobre Trámites Mineros, Cartilla 1, Santa Fe de Bogotá, Junio 1994.
37. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, Dirección General de Minas Títulos Mineros, Manual sobre Catastro y Registro Minero Nacional, Cartilla 4, Santa Fe de Bogotá, Junio 1994.
38. MINISTERIO DE SALUD, Decreto 1594 de 1984.
39. MINISTERIO DE SALUD, Decreto 2104 de 1983.
40. MINISTERIO DE SALUD, Decreto 2105 de 1983.
41. MINISTERIO DE SALUD, Decreto 2206 de 1983.
42. MINISTERIO DE SALUD, Resolución 02309 de 1986.
43. NUEVA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA, 1991, Editora LEGIS, Santa Fe de Bogotá 1991.
44. OLADE, Guía para la evaluación de impacto ambiental de centrales termoélectricas, Quito 1993.
45. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, Decreto 501 de 1995.
46. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, Decreto 1184 de 1995.
47. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, Decreto 1385 de 1995.
48. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, Decreto 1481 de 1996.
49. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, Decreto 2636 de 1994.
50. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, Decreto-Ley 2150 de 1995, Supresión de Trámites.
51. REPUBLICA DE COLOMBIA - CONSEJO DE ESTADO Sala de lo Contencioso Administrativo. Referencia : Expediente No. 4300, Acción de Nulidad del Decreto 883 de 1997, Autor : Sergio González Rey. Febrero 26 de 1998.
52. UPME - INGEOMINAS, Escenario Minero 96, Información Geológica minera básica para inversionista, Santa Fe de Bogotá, 1997.
53. REPUBLICA DE COLOMBIA - CONSEJO DE ESTADO Sala de lo Contencioso Administrativo. Referencia : Expediente No. 4300, Acción de Nulidad del Decreto 883 de 1997, Autor : Sergio González Rey. Febrero 26 de 1998.
54. UPME - INGEOMINAS, Escenario Minero 96, Información Geológica minera básica para inversionista, Santa Fe de Bogotá, 1997.
55. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, Decreto-Ley 2811 de 1974, Código de Recursos Naturales.
56. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, Decreto 02 de 1982.

- **Ir al principio**

GUÍA AMBIENTAL PARA PROYECTOS CARBOELÉCTRICOS (PCE)

GRUPO EDITOR

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

MARCELA BONILLA
CARLOS E. ALBA A.
CONCEPCION MOYA R.

ECOCARBÓN

SARA CATALINA CÁRDENAS
RAUL MARÍN RIVERA.

ELABORACIÓN Y EDICIÓN

HÉCTOR GARCÍA LOZADA
CONSULTOR AMBIENTAL

ENTIDADES COPARTICIPANTES

MINISTERIO DE MINAS
INGEOMINAS
CVC
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
ECOCARBÓN
ISAGEN
EMPRESAS ELÉCTICAS DE SANTANDER
UPME
EMGESA
CAR
CORPONOR
CORPOGUAJIRA

ENTIDADES SUSCRIPTORAS CONVENIO PRODUCCION MÁS LIMPIA SUBSECTOR CARBON

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
MINERCOL
CORPOCESAR
FENALCARBON

CORANTIOQUIA
CORPOBOYACA
CVC
CORPOGUAJIRA

CORPONOR
C. R. C.
INTERCOR

CONTINUAR

Santa Fe de Bogotá, D.C. Agosto de 1998