

619.3
ROB
f.2



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

II PROGRAMA DE POSTGRADO DE ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

"Aplicación de Producción Más Limpia en el Proceso de Generación de Energía Eléctrica en la Central Térmica Trinitaria de ELECTROGUAYAS S.A."

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Presentada por:

Félix Alfredo Robles Plúas

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año 2004



AGRADECIMIENTO



A todo el personal técnico que integra y coordina el Postgrado y el Programa de Producción Más Limpia que colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Mario Patiño, Director de Tesis y también al Ing. Rafael Drouet Evaluador de la Tesis, por su valiosa ayuda.

DEDICATORIA



CIB-ESPOL

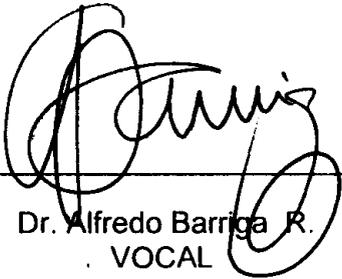
**A MIS PADRES
A MI HERMANA
A MI NOVIA**

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

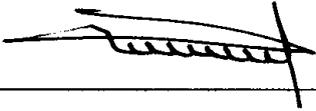
Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Mario Patiño A.
DIRECTOR DE TESIS



Dr. Alfredo Barriga R.
VOCAL



Ing. Rafael Drouet C.
VOCAL

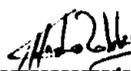


CIB-ESPOL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Félix Alfredo Robles Piñas



CIB-ESPOL

RESUMEN

El presente trabajo esta orientado a identificar y cuantificar los casos de Producción más Limpia que existen en la Central Térmica Trinitaria propiedad de ELECTROGUAYAS S.A. para su posterior aplicación de los métodos mas adecuados para su mejoramiento de los procesos industriales.

En la empresa se identificaron algunos casos para la aplicación de Producción más Limpia, el metodo aplicado para dicha identificación se basa en las planillas de aspectos e impactos ambientales y como complemento técnico los informes mensuales del Departamento de Operación y Control Químico. En la selección y estudio de los casos de Producción más Limpia destacaron aquellos que tenían relación con la Operación de la Turbina, Caldera Acuatubular y Planta de Tratamiento de Agua.

En la caldera Acuatubular se trabajo en el estudio del material particulado que sale de la chimenea de la central y se realizaron mediciones con equipo de la ESPOL en el entorno de la empresa como complemento al trabajo contratado por el fabricante de la caldera Babcock & Wilcox para optimizar la combustión y caracterizar las emisiones del material particulado que sale de la chimenea producto de la combustión.



CIB-ESPOL

La investigación realizada en la Turbina se orientó a reducir el ruido en el Turbo-Generador por afectar al personal que labora en esta área de la planta. Aprovechando que la planta está realizando el mantenimiento mayor de este equipo por parte del fabricante ALSTON POWER se va a sugerir la implementación de un aislamiento acústico del Turbo-Generador para reducir el ruido que produce.

Finalmente en la Planta de Tratamiento de Agua se estudió la forma de mejorar la calidad del agua salada que alimenta a la Planta Desalinizadora, para esto se planteó la instalación de un sistema de filtración dinámica y centrífuga que reduzca al mínimo la entrada de partículas grandes en el agua de alimentación a la Desalinizadora que causan problemas en el sistema de evaporación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	IV
INDICE DE TABLAS.....	V
INTRODUCCION.....	1
1. ANTECEDENTES.....	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. OBJETIVOS	3
3.1 Objetivos Generales.....	3
3.2 Objetivos Específicos.....	4
4. ALCANCE DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	5
5. ENFOQUE DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	5
6. METODOLOGÍA.....	6
6.1 Planeación y Organización.....	7
6.2 Evaluación Previa.....	7
6.2.1 Diagrama de Flujo de Bloques.....	7
6.2.2 Plantilla de Aspectos e Impactos Ambientales.....	8
6.2.3 Layout de las Instalaciones.....	9



CIB-ESPOL

6.2.4	Planillas de Consumos Eléctricos Anuales.....	9
6.3	Evaluación.....	13
6.3.1	Balance de Materia del Proceso Productivo.....	13
6.3.2	Planillas Auxiliares para selección de Casos Estudio	14
6.3.3	Indicadores y Plan de Monitoreo.....	14
6.4	Factibilidad.....	15
6.4.1	Viabilidad Económica.....	15
6.4.2	Evaluación de Aspectos Ambientales Legales.....	15
7.	DESARROLLO.....	16
7.1	Identificación de la Empresa.....	16
7.2	Información del Proceso de la Empresa.....	16
7.3	Desarrollo de Estudios de Caso.....	30
7.3.1	Estudio de Caso No. 1: Material Particulado de la Chimenea de la Central.....	31
7.3.2	Estudio de Caso No. 2: Mejoramiento de la calidad del Agua salada que alimenta a la Planta Desalinizadora...	32
7.3.3	Estudio de Caso No. 3: Reducción del ruido en el TurboGenerador.....	34
8.	ANALISIS ECONOMICO.....	35
9.	CONCLUSIONES.....	37
10.	RECOMENDACIONES.....	40
11.	APÉNDICE.....	
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	



CIB-ESPOL

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 6.1 Inventario de Cargas.....	10
Figura 6.2 Consumo Eléctrico.....	11
Figura 6.3 Producción Eléctrica.....	12
Figura 7.1 Central Térmica Trinitaria.....	22
Figura 7.2 Turbina de Alta, Media y Baja Presión.....	25
Figura 7.3 Generador Eléctrico de la Central Térmica Trinitaria.....	28
Figura 7.4 Estator de la Central Térmica Trinitaria.....	29
Figura 7.5 Chimenea de la Central Térmica Trinitaria.....	32
Figura 7.6 Bocatoma de la Central Térmica Trinitaria.....	33
Figura 7.7 Turbo-Generador de la Central Térmica Trinitaria.....	34



CIB-ESPOL

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Estadísticas del consumo de Energía Eléctrica.....	10
Tabla 2 Datos estadísticos del año 2003 referentes al consumo de electricidad por equipos auxiliares.....	11
Tabla 3 Datos estadísticos del año 2003 referente a la generación eléctrica bruta para el Sistema Nacional Interconectado.....	12
Tabla 4 Estudios de caso seleccionados.....	30



CIB-ESPOL

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata de la “Aplicación de Producción Mas Limpia en el Proceso de Generación de Energía Eléctrica en la Central Térmica Trinitaria de ELECTROGUAYAS S.A.”, la finalidad es establecer de una forma técnica los procedimientos actuales para reducir los posibles impactos ambientales que se producen por la actividad industrial y al mismo tiempo utilizar los conocimientos y la tecnología aplicable dirigida a aumentar su rendimiento operacional.

Se identificaron muchos casos de estudio en la Central Térmica Trinitaria, pero debido a una selección establecida por una plantilla de aspectos e impactos ambientales se definió tres casos que presentan una mayor importancia dentro de las actividades industriales.

En el presente estudio se desarrolla en forma completa los estudios de caso establecidos y se incorpora informaciones adicionales que sirvieron para mejorar la investigación.



CIB-ESPOL

1. ANTECEDENTES

El concepto de producción más limpia se define como la estrategia preventiva e integrada que contribuye a la protección ambiental y al desarrollo industrial.

Su objetivo es la disminución de los residuos generados y el uso eficiente de los recursos demandados por los procesos industriales desde su origen que impactan negativamente al ambiente.

Las industrias que han implementado su programa de producción más limpia experimentan una reducción de sus desechos y un ahorro en los sistemas productivos, realizando mejoras y modificaciones en sus instalaciones a un bajo o ningún costo.

2. JUSTIFICACIÓN



Las plantas termoelectricas emiten a la atmosfera gases de combustión y material particulado producto de la combustión para generar energía eléctrica. La empresa utiliza grandes cantidades de agua salada en ciclo abierto para enfriamiento del condensador principal.

El presente estudio está encaminado a minimizar el impacto ambiental que provoca la emisión de este tipo de contaminantes gaseosos y además reducir el ruido del Turbo - Generador que afecta al personal de la planta y en especial al personal de Operación que está permanentemente laborando en esta área.

Las actividades y cambios en los sistemas de control de la Central Térmica Trinitaria están definidos en este estudio como solución a los problemas antes mencionados.

3. OBJETIVOS

El programa de producción más limpia apunta a integrar los procesos industriales de forma sistemática a fin de reducir o eliminar los residuos y obtener eficiencia y cuidado del ambiente.

3.1 Objetivos Generales

Identificar alternativas u oportunidades para mejorar las condiciones ambientales, de seguridad y eficiencia productiva de la planta, mediante la reducción o eliminación de los residuos desde la fuente y cambios tecnológicos.

Utilizar las materias primas en forma eficiente, evitando el desperdicio ocasionado por desconocimiento o por falta de maquinaria apropiada.

Capacitar al personal de la industria sobre los beneficios de implantar un programa de producción más limpia, sus alcances y objetivos.

3.2 Objetivos Específicos

Reducción del material particulado que sale de la chimenea de la central, por estar fuera de los rangos al realizar el soplado de hollín de la caldera.

Mejorar la calidad del agua salada del Estero del Muerto que sirve de alimentación para la planta desalinizadora.

Reducción del ruido del Turbogenerador. Como medida para mitigar el alto ruido se plantea un aislamiento acústico de este equipo.



CIB-ESPOL

4. ALCANCE DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

El alcance de estos trabajos consiste en la identificación de los aspectos ambientales, técnicos, económicos y de seguridad en todas las etapas del proceso de generación de energía eléctrica en la Central Térmica Trinitaria.

5. ENFOQUE DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La Central Térmica Trinitaria tiene 7 años de operación comercial, y en el transcurso de ese periodo ha tenido significativos cambios en sus equipos principales y auxiliares con la finalidad de hacer más eficiente su proceso de generación eléctrica.

Se han dado continuos cambios enfocados en producción limpia en el ahorro de agua de enfriamiento y combustible, mediante la recirculación en ciclo cerrado del agua de enfriamiento a los compresores de aire comprimido utilizando una bomba centrífuga cuando la planta está en mantenimiento y el segundo mediante el ajuste de los lazos de control asociados al sistema de combustión, principalmente lo referente al sistema de combustible y aire de combustión.

También podemos destacar que la Central Térmica Trinitaria cuenta con equipos electrónicos e informáticos de supervisión y control de todos los equipos principales, auxiliares de caldera y del Turbo-Generador.

La cercanía del cambio de milenio y el efecto Y2K (Year 2000 ; K=1000), fueron atendidas por las autoridades de ELECTROGUAYAS realizando todas las actualizaciones de los sistemas de mando para evitar problemas en la generación eléctrica y su entrega al sistema nacional interconectado.

6. METODOLOGÍA

Consiste en la descripción del método aplicado para encontrar las oportunidades y problemas de la empresa, que se pretende solucionar con la aplicación del programa de producción más limpia.

Existieron barreras y necesidades que fueron superadas en el camino de este proyecto, gracias al apoyo de los directivos y técnicos de la empresa.

Las actividades que se necesita realizar para implementar un programa de producción más limpia en una empresa son las siguientes:

- 6.1) Planeación y Organización
- 6.2) Evaluación previa
- 6.3) Evaluación
- 6.4) Estudio de Factibilidad
- 6.5) Implantación



CIB-ESPOL

Lo principal para establecer este programa de producción mas limpia es que el personal que participe en esta actividad conozca y entienda el concepto, de esta manera será de gran ayuda en la implantación del programa.

6.1 Planeación y Organización

El Gerente de la empresa es la persona que aprobará o negará el apoyo al proyecto de producción mas limpia, por lo que debemos involucrarlo y obtener su compromiso describiéndole las ventajas y acciones positivas que serán para la empresa si se aplica el programa de producción más limpia.

6.2 Evaluación Previa



Utilizaremos diagramas de bloques o plantillas especiales **CIB-ESPOL**

6.2.1 Diagrama de Flujo de Bloques

El diagrama de bloques nos ayuda a conocer en forma directa las etapas del proceso de generación de energía eléctrica. Esta información nos servirá para identificar de forma preliminar los lugares de la empresa donde están los problemas a resolver con el método de producción más limpia.

El diagrama de bloque debe incluir las entradas y salidas de materias primas, producto terminado, y residuos de los procesos.

El diagrama de bloque con sus respectivos parámetros de control, sus corrientes de entrada y salida se lo puede apreciar con mayor detalle en el manual uno, numeral 8.1; en el manual dos, numeral 2.1.1 y en el manual cuatro, numeral 1.2

6.2.2 Plantilla de Aspectos e Impactos Ambientales

Esta plantilla sirve para evaluar cuantitativamente, el grado de impacto a los recursos naturales como son el agua, el aire y el suelo, mediante la información del flujograma de bloque, y los aspectos de entrada y salida.

En esta plantilla se analiza también la probabilidad que sucedan estos eventos y el nivel de prioridad que se debe aplicar en caso de ocurrir una contaminación de un recurso natural.

Los aspectos deben cumplir normas legales para ser permitidos o negados en la generación de residuos que contaminan el ambiente con la respectiva sanción por parte de las autoridades de control como el Consejo Nacional de Electrificación (CONELEC) y Ministerio del Ambiente, el cual delegó a la Municipalidad de Guayaquil el control de aspectos ambientales.



La plantilla de evaluación de aspectos ambientales y gestión de residuos industriales la podemos revisar en el manual dos, numeral 3.1

6.2.3 Layout de las Instalaciones

El Layout de la planta nos sirve para apreciar la distribución de los equipos y su área de trabajo en la selección de casos de estudio para aplicación de un programa de producción más limpia. El Layout de las instalaciones industriales de la Central Térmica Trinitaria lo apreciamos en detalle revisando el manual dos, numeral 2.1.2 y en el manual cuatro, numeral 1.2.1

6.2.4 Planillas de Consumos Eléctricos Anuales

Esta información nos servirá para conocer el consumo de energía eléctrica que utilizan los equipos principales y auxiliares involucrados en el proceso de generación de energía eléctrica.

Esta información esta detallada en el manual dos, numeral 2.2.3.1



CIB-ESPOL

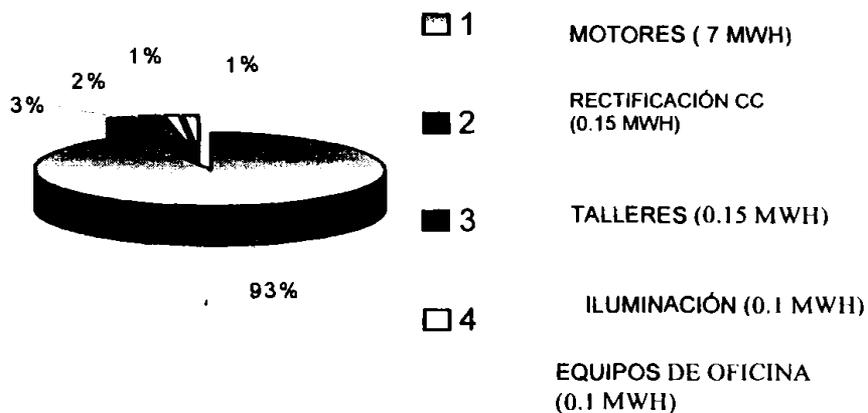


Figura 6.1.- Inventario de Cargas

TABLA 1

ESTADÍSTICAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Consumo medio mensual:	5.546	MWH
Consumo mínimo mensual:	208	MWH
Consumo máximo mensual:	6.103	MWH
Consumo anual	57.364	MWH
Costo medio mensual:	221.840	US\$
Costo unitario:	40	US\$/MWH
Costo máximo mensual:	244.120	US\$
Costo anual	2'294.560	US\$

EL CONSUMO MÍNIMO CORRESPONDE AL MES DEDICADO AL MANTENIMIENTO MAYOR DE TODAS LAS MAQUINARIAS, EQUIPOS Y SISTEMAS AUXILIARES DE LA CENTRAL TERMICA TRINITARIA

1 MWH = 1000 KWH

TABLA 2

DATOS ESTADISTICOS DEL AÑO 2003 REFERENTES AL CONSUMO DE ELECTRICIDAD POR EQUIPOS AUXILIARES (MOTORES GRANDES)

ENERO	6.103	MWH	JULIO	5.088	MWH
FEBRERO	5.639	MWH	AGOSTO	5.940	MWH
MARZO	5.627	MWH	SEPTIEMBRE	1.337	MWH
ABRIL	5.657	MWH	OCTUBRE	208	MWH
MAYO	5.374	MWH	NOVIEMBRE	5.411	MWH
JUNIO	5.391	MWH	DICIEMBRE	5.589	MWH

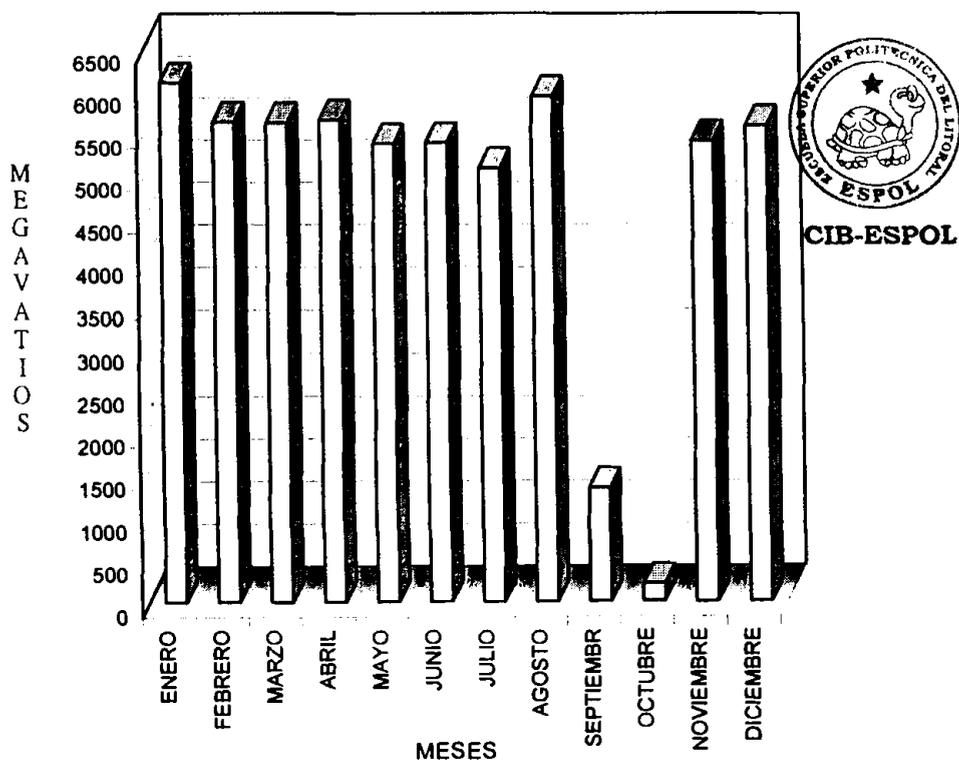


Figura 6.2.- Consumo Eléctrico

TABLA 3

**DATOS ESTADISTICOS DEL AÑO 2003 REFERENTE A LA
GENERACION DE ENERGIA ELÉCTRICA BRUTA PARA EL SISTEMA
NACIONAL INTERCONECTADO**

ENERO	91.436	MWH	JULIO	49.111	MWH
FEBRERO	85.347	MWH	AGOSTO	82.615	MWH
MARZO	83.163	MWH	SEPTIEMBRE	15.453	MWH
ABRIL	71.897	MWH	OCTUBRE	0	MWH
MAYO	50.111	MWH	NOVIEMBRE	78.335	MWH
JUNIO	62.280	MWH	DICIEMBRE	72.678	MWH

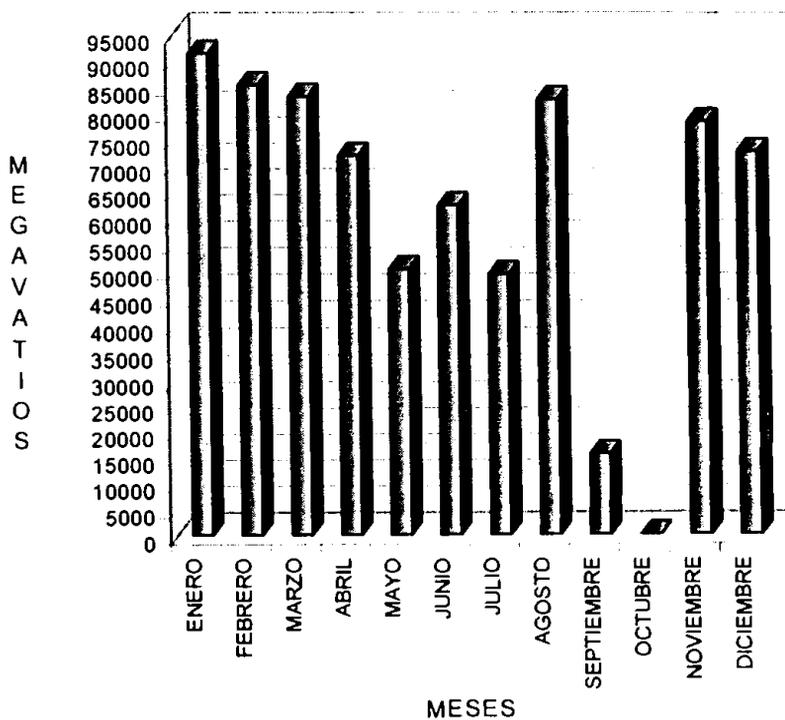


Figura 6.3.- Producción Eléctrica

6.3 Evaluación

6.3.1 Balance de Materia del Proceso Productivo

El balance de materiales es una herramienta para identificar y cuantificar los desechos y materiales no utilizados del proceso que estarían contaminando el ambiente y que se pueden reprocesar.

El diagrama de flujo del proceso nos permite apreciar las entradas del proceso en forma de materias primas y suministros básicos.

Luego de una transformación de estos materiales, al pasar por maquinaria específica se obtiene un producto terminado o semielaborado que en cuyo caso será parte de un nuevo proceso.

Las salidas de los procesos lo constituyen los residuos sólidos, efluentes líquidos, y las emisiones gaseosas. Otras salidas pueden ser ruido, calor, material particulado, vibraciones, etc.

El balance de materiales con sus respectivas entradas y salidas en cada uno de los procesos de generación de energía eléctrica se lo puede apreciar en detalle revisando el manual cuatro, numeral 2.1

Las fuentes para elaborar un balance de materia son:

- Registros de compra de materia prima e Inventarios del almacén.



CIB-ESPOL

- Proveedores de materias primas
- Facturas de energía eléctrica, agua potable y combustible
- Auditorias o estudios de impacto ambiental
- Procedimientos de operación

6.3.2 Planillas Auxiliares para selección de Casos de Estudio

Estas planillas cumplen con la finalidad de ilustrar al consultor el estado de la empresa con relación del manejo de sus residuos sólidos, efluentes y emisiones. Las planillas están localizadas en el manual cuatro, numeral 2.

Al revisar todas las preguntas relacionadas con el manejo de los recursos naturales y su uso en la industria con el menor impacto ambiental, podemos establecer al final de la planilla una guía que nos permita establecer los problemas y las prioridades de atención a estos problemas.

6.3.3 Indicadores y Plan de Monitoreo

Identificados los casos de estudio, se procede a monitorearlos por medio de indicadores, los cuales son elementos comparativos de evaluación que contienen información referente al caso de estudio.

Estos indicadores se los puede apreciar en el manual cuatro, numeral 2.3.

6.4 Factibilidad

6.4.1 Viabilidad Económica

La viabilidad económica es un parámetro que indica si el proyecto de producción limpia puede ser implantado o no, desde el punto de vista de la inversión.

Debemos evaluar en primer lugar las opciones más atractivas económicamente, lo cual refuerza el interés y el compromiso de la empresa en el programa de producción más limpia.

Los datos económicos de los proyectos a ser implantados en el programa. Se los puede ver en el manual cinco, numeral 1,2 y 3.

6.4.2 Evaluación de los Aspectos Ambientales Legales

Mediante un estudio de índole ambiental se verificará si la empresa esta cumpliendo con la normativa legal que protege el ambiente de los desechos industriales. Las leyes, normas y ordenanzas que rigen a la generación de energía eléctrica. Se pueden apreciar en el manual tres.



CIB-ESPOL

7. DESARROLLO

7.1 Identificación de la Empresa

Los datos referentes a la organización de la empresa, sus instalaciones, su personal técnico, personal administrativo, su producción y prestación de servicios se lo puede revisar en el manual uno, numeral 1,2,3,4,5,6 y también en el manual dos, numeral 1.1; 1.2 y 1.3

7.2 Información del Proceso de la Empresa

Mediante un flujograma de bloques y un Layout se pueden apreciar los procesos y las instalaciones de la empresa.

Una Central Termoeléctrica a vapor convierte la energía química almacenada en un combustible en energía térmica, luego en mecánica y finalmente en eléctrica; la segunda y tercera de ellas mediante la elevación de la energía interna del agua y la conversión de está en vapor con alta presión y alta temperatura, para luego pasarlo por la turbina donde se expande y realiza trabajo.



CIB-ESPOL

La Central Termoeléctrica está constituida por una caldera donde se evapora el agua, una turbina donde se expande el vapor y se realiza trabajo, un condensador donde el fluido de trabajo pasa del estado de vapor al estado líquido, la bomba de condensado, los precalentadores de agua de alimentación, y la bomba de agua de alimentación para llevar el fluido de vuelta a la caldera.

Principio de Operación:

Agua con alta presión y una temperatura cercana a la temperatura de saturación es alimentada a una caldera donde se quema combustible. El calor de la combustión se transfiere parcialmente al agua evaporándola, y constituyéndose en un elemento de trabajo.

Luego de que el vapor sale de la turbina, donde se ha expandido y realizado trabajo, entra al condensador donde se condensa al ponerse en contacto con las paredes frías del intercambiador de calor. El condensado lo toma la bomba de condensado y lo pasa por los precalentadores de baja presión hasta la bomba de alimentación que ahora hace pasar el agua por los precalentadores de alta presión para finalmente regresarla a la caldera completando un ciclo cerrado.



CIB-ESPOL

La Caldera:

Consiste en dos elementos principales que son el hogar y el generador de vapor. El hogar es el recinto donde se quema el combustible.

La radiación de la llama, y los gases calientes de la combustión evaporan el agua en el generador de vapor, compuesto por todos los tubos que conforman la caldera, y lo convierten en vapor saturado.

Este vapor saturado pasa a otro elemento principal de la caldera que se llama sobrecalentador, aumentando su temperatura a unos 540 °C.

Los gases, productos de la combustión, son dirigidos de tal manera que en su recorrido se pongan en contacto con los tubos del generador de vapor.

A la salida de la caldera, estos gases tienen una energía muy considerable, la cual se la puede aprovechar para calentar el agua de alimentación en el economizador.



Luego de que los gases salen por el economizador su energía restante se aprovecha para calentar el aire que ingresa al hogar para la combustión del combustible.

El aire se calienta a unos 380 °C y los gases salen a 160 °C, ayudando de esta manera a disminuir el consumo de combustible. Luego los gases de combustión son llevados a la chimenea para ser descargados a la atmósfera.

Sobrecalentadores:

Cuando se desea tener vapor con más energía disponible, y de esta manera poder desarrollar mayor cantidad de trabajo en la turbina y obtener mayor eficiencia en la planta, se usa el sobrecalentador.

Este equipo es un intercambiador de calor compuesto de una serie de tubos expuestos a la energía de la combustión, por dentro de los cuales circula vapor.

El sobrecalentador es usado para calentar vapor saturado, aumentando su temperatura y entalpía.



CIB-ESPOL

Debido a que el vapor debe circular por una serie de tubos, la presión de descarga del sobrecalentador es menor que a la entrada del mismo, debido a la fricción.

El sobrecalentador se coloca en el paso de gases calientes productos de la combustión. Existen dos tipos de sobrecalentadores según la ubicación que tengan dentro del hogar:

Sobrecalentadores de convección: Son aquellos que están localizados entre los tubos de generación y por lo tanto reciben la energía de los gases de combustión y no directamente de la llama.

Sobrecalentadores de radiación: Son aquellos que se encuentran localizados entre el quemador y los tubos de generación, por lo tanto reciben la mayor parte de la energía por radiación directamente de la llama.

Control de Sobrecalentamiento: En las grandes calderas, la temperatura del sobrecalentador es de 565 °C ó más.

A estas temperaturas, los tubos están cerca del límite de la deformación plástica.



CIB-ESPOL

Por lo tanto es necesario controlar que la temperatura no exceda estos límites, ya que de lo contrario los tubos podrían deteriorarse, una manera de controlar la temperatura es usando un atemperador.

Atemperador:

El sistema de control por atemperación consiste en introducir un poco de agua fría de alimentación en el vapor sobrecalentado y de esta manera disminuir su entalpía, para así mantener una temperatura final constante.

El atemperador esta constituido de una tobera que atomiza el flujo de agua de alimentación que a la vez es forzado a introducirse junto con el vapor hacia un difusor. Todo el flujo de vapor pasa por dentro del difusor y por tanto baja su entalpía al mezclarse con el agua de alimentación.

Generador de Vapor:

La función del Generador de Vapor es producir el vapor necesario para la turbina y otros equipos de la caldera y sistemas auxiliares.

El destino del vapor puede resumirse en las siguientes actividades:



CIB-ESPOL

Precalentamiento de fuel oil

Arranque de planta desalinizadora

Eyector de arranque

Atomización de fuel a quemadores

Precalentador de aire de combustión

Sopladores de hollín de la caldera

Calentador de aire regenerativo, etc.

El vapor que se produce debe tener 0 % de humedad, además de que la presión y temperatura deben ser adecuadas para ser utilizadas en la turbina.



CIB-ESPOL

Figura 7.1.- Central Térmica Trinitaria

Datos Operativos de la Caldera:

Presión de Vapor de la Caldera	= 151 Kg/cm ²
Presión del Vapor Sobrecalentado	= 141 Kg/cm ²
Temperatura del Vapor Sobrecalentado	= 540 °C
Presión del Vapor Recalentado Frío	= 35 Kg/cm ²
Temperatura del Vapor Recalentado Frío	= 340 °C
Presión del Vapor Recalentado Caliente	= 35 Kg/cm ²
Temperatura del Vapor Recalentado Caliente	= 540 °C

Turbina:

La turbina de vapor consta de tres etapas: La turbina de alta presión, la turbina de intermedia presión y la turbina de baja presión.

El vapor sobrecalentado entra a la turbina de alta presión a través de la válvula de paso y las válvulas de control. Después se expande en la turbina de alta presión, sale de la turbina y se dirige a la caldera al recalentador.

El vapor recalentado entra a la turbina de presión intermedia a través de las válvulas de paso interceptoras, y las válvulas de control interceptoras.



CIB-ESPOL

Desde el escape de la turbina de media presión el flujo de vapor es invertido dentro de carcaza externa y alimentado a la turbina de baja presión, donde se expande casi totalmente y va al condensador.

Las bombas de condensado, envían el flujo a través de los precalentadores de presión baja (1-2-3), que son alimentados térmicamente con el vapor de las extracciones de las turbinas de presión baja y presión intermedia.

De aquí el condensado entra al desaerador y al tanque de agua de alimentación, el cual es alimentado con vapor desde la extracción 4 de la turbina de presión intermedia.

Desde el tanque de alimentación, las bombas de agua de alimentación envían agua a la caldera, pasando por los precalentadores 5 y 6, son alimentados térmicamente con vapor de las extracciones de las turbinas de presión intermedia y alta.

Inyección de Agua en el Escape de la Turbina de Presión Baja:

Para prevenir sobrecalentamiento debido a la hiperventilación, se inyecta agua de condensado (40 °C) dentro de las cámaras de la turbina de presión baja.

El agua de condensado cumple la función de absorber el calor generado por el metal de los alabes de turbina de presión baja.



CIB-ESPOL

La inyección de agua asegura un enfriamiento efectivo, pero sin rociar agua directamente en los alabes de la turbina de presión baja (peligro de erosión).

El control de la válvula de inyección de agua depende del flujo másico de vapor que pasa a través de la turbina.

El flujo másico de vapor es calculada indirectamente por el control automático por medio de la presión de la cámara de rueda de la turbina (Presión del vapor sobrecalentado antes de pasar por la primera etapa de alabes del cuerpo de presión alta). Esta inyección de agua se realiza desde las 1800 rpm hasta el 10 % de la carga nominal.

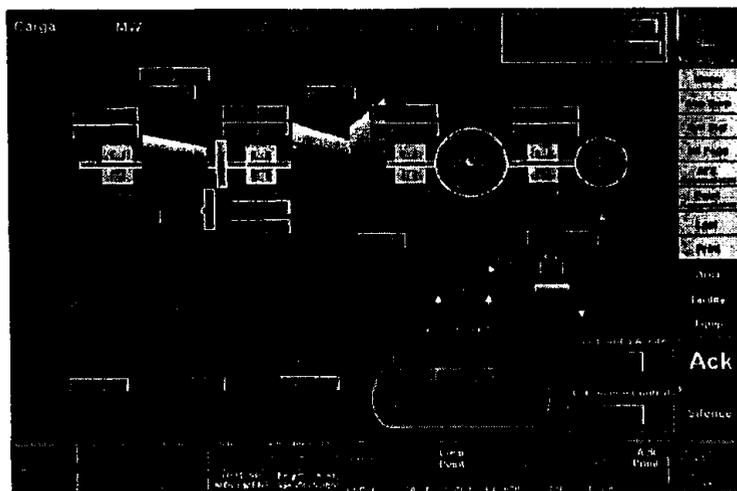


Figura 7.2.- Turbina de Alta, Media y Baja Presión

Sistema de rompimiento de vacío:

El sistema de rompimiento de vacío tiene las siguientes características:

Rompimiento parcial del vacío en caso de una parada normal o un disparo automático. El propósito de este procedimiento es pasar a través de los rangos de velocidad crítica más rápidamente, y evitar el incremento de vibraciones considerables.

Rompimiento total del vacío sólo si la velocidad de la turbina está por debajo de 1000 rpm, el operador puede proceder en forma manual a abrir completamente la válvula rompedora de vacío.

Cuando la válvula rompedora de vacío esta abierta, fluye aire hacia el condensador.

En el evento de un disparo automático de turbina un parcial rompimiento de vacío se inicia (un rompimiento total, no es permisible en este caso porque sometería a los alabes de las últimas etapas de la turbina de presión baja a severas oscilaciones).

En este caso la válvula rompedora de vacío inicialmente se abre completamente, hasta que la presión en el condensador alcanza un cierto valor limite, luego abre y cierra intermitentemente, para mantener la presión en este valor limite, listo para un inmediato re-arranque.

La medición de la presión del condensador se efectúa por medio de tres transmisores de presión.



CIB-ESPOL

Un rompimiento total del vacío solamente puede ser iniciado en una emergencia absoluta por el operador, presionando el botón apropiado en el cuarto de control.

Protección Eléctrica de Potencia Inversa:

El sistema de protección del generador está equipado con dos relés de potencia inversa redundantes, los cuales protegen la turbina contra daños si es que no hay flujo de vapor a través de la turbina, y el generador actuaría como motor.

Ambos relés actúan sobre los dos interruptores del generador, actuando sobre las bobinas y abriendo el interruptor del generador cuando ellos sensan potencia inversa.

Cuando la turbina está disparada, los **relees de potencia inversa** abren el interruptor del generador con un **retardo de un segundo**.

Cuando la turbina no está disparada, los **relés de potencia inversa**, abren el interruptor del generador con un **retardo de 15 segundos**.

Este retardo extendido prevendrá la apertura del **Interruptor** en caso de transientes de control (por ejemplo en la sincronización del generador).

Generador Electrico:

El generador eléctrico es una máquina que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Fundamentalmente consta de un inductor a base de electroimanes o imanes permanentes, los cuales producen un campo magnético y un inducido formado por un núcleo de hierro rasurado, donde son alojadas las bobinas.

El funcionamiento del generador se basa en el siguiente principio: Siempre que haya un movimiento relativo entre un campo magnético y un conductor, y la dirección del movimiento sea tal que las líneas de flujo magnético corten al conductor, se obtendrá una fuerza electromotriz inducida (voltaje) en el conductor.



Figura 7.3.- Generador Eléctrico de la Centra Térmica Trinitaria

El Generador esta constituido por dos partes: El Estator y El Rotor

Estator:

Es la parte fija del generador, está formado por un núcleo en forma circular.

Las ranuras del núcleo alojan en su interior las bobinas del estator, las cuales están aisladas entre si y con respecto al núcleo.

De las bobinas del estator salen las fases que conducen la energía eléctrica producida al exterior del generador.

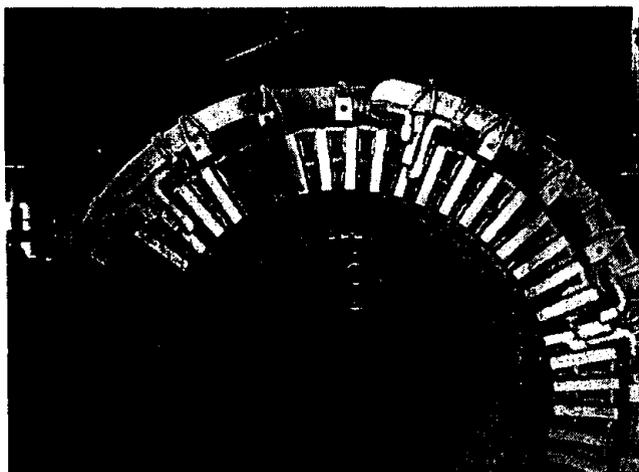


Figura 7.4.- Estator de la Central Térmica Trinitaria

Rotor:

Es la parte móvil del generador, está formado por un núcleo laminado de forma cilíndrica y rasurado longitudinalmente, para alojar en dichas ranuras las bobinas del rotor.

Las bobinas del rotor están conectadas de manera que al recibir la corriente de excitación se formen dos polos magnéticos (polo norte y polo sur).

7.3 Desarrollo de Estudios de Caso

Para definir los estudios de caso utilizamos una matriz de evaluación, la cual nos precisa en forma programada la prioridad de atender los problemas que más afectan a la empresa, y en la que se puede aplicar un programa de producción más limpia.

Se resume, en el siguiente cuadro los tres casos escogidos para aplicar el programa de producción más limpia en la Central Térmica Trinitaria.

TABLA 4
ESTUDIOS DE CASOS SELECCIONADOS

Estudio	Nombre del Estudio
1	Material Particulado de la Chimenea de la Central
2	Mejoramiento de la calidad del Agua Salada que alimenta a la Planta Desalinizadora
3	Reducción del ruido en el Turbo-Generador

En el manual dos, numeral 3.1 y 4 encontramos la plantilla de evaluación de aspectos ambientales.

7.3.1 Estudio de Caso # 1: Material Particulado de la Chimenea de la Central.

La chimenea de la Central Trinitaria descarga a la atmósfera gases de combustión y material particulado. Este material particulado es el que tiene mayor incidencia por salir ligeramente de rango de la norma ambiental en la etapa de soplado de hollín de la Caldera y del Calentador de Aire Regenerativo (C.A.R) actividad que se realiza tres veces al día y dura dos horas cada vez.

Durante el soplado de hollín algunas de las partículas que salen de la chimenea caen alrededor de la planta y la población cercana.

Para reducir el impacto ambiental, el Departamento Químico de la planta estudió el caso y puso en marcha un proyecto para neutralizar las cenizas, y al mismo tiempo aglutinar las partículas cuando estas son rociadas con una lechada de cal.

El Municipio de Guayaquil aceptó la idea y se la puso en marcha, dando de esta manera cumplimiento inicial a la auditoria ambiental.



CIB-ESPOL

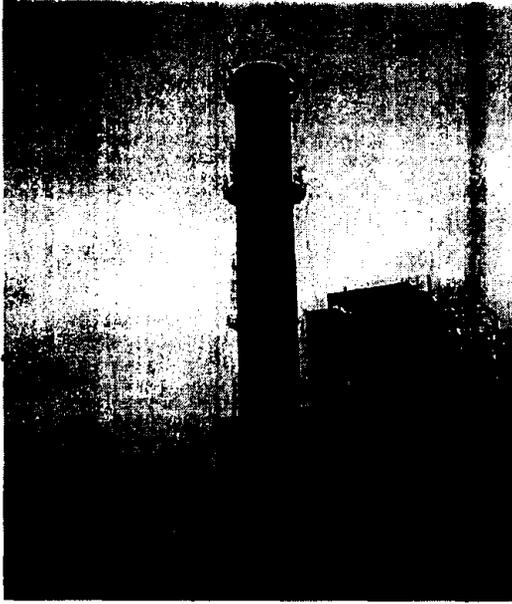


Figura 7.5.- Chimenea de la Central Térmica Trinitaria

Como resultado de esta aplicación de lechada de cal se observó que una parte de las partículas ganaban más peso y se precipitaban al interior de la chimenea, y otro porcentaje menor de partículas escapaba y descargaba en la atmósfera y caía en el interior de la planta.

7.3.2 Estudio de Caso # 2: Mejoramiento de la calidad del Agua Salada que alimenta a la Planta Desalinizadora.

El agua salada proveniente del Estero del Muerto es la materia prima para la planta desalinizadora que produce agua desalinizada para el autoabastecimiento de la Central Trinitaria.



CIB-ESPOL

La calidad del agua salada del estero en los últimos años se ha degradado principalmente por los desechos sólidos que arrojan los pobladores asentados a la ribera del estero, y por el dragado del estero previo la construcción de un muelle para la empresa FERTISA.

Estos factores inciden en la calidad del agua salada que alimenta la planta desalinizadora.

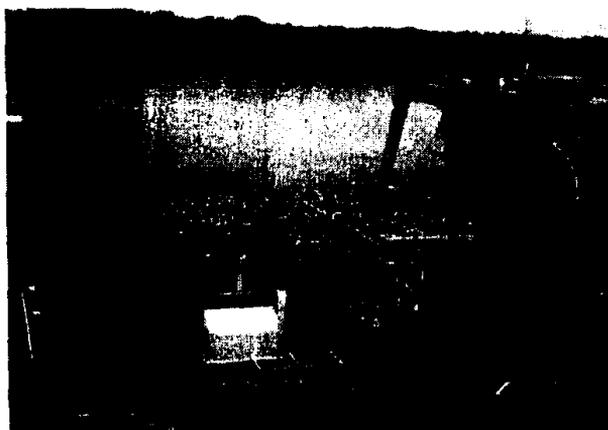


Figura 7.6.- Bocatoma de la Central Térmica Trinitaria

Los sólidos en suspensión y los organismos vivos, como mejillones, se han incrementado drásticamente.

Los sistemas de filtración no impiden que materiales solubles pasen al evaporador de la desalinizadora y se concentren en la parte exterior de los tubos causando una capa aislante que reduce el intercambio de calor.

7.3.3 Estudio de Caso # 3: Reducción del Ruido en el Turbo - Generador

El ruido que se produce por el funcionamiento del turbogenerador es alto y molesto para el personal que labora o circula por esa área de la planta.

El personal de operación para su rutina diaria debe usar sus equipos de protección auditiva para reducir algo el alto ruido de Turbogenerador y su radio para realizar maniobras de campo.

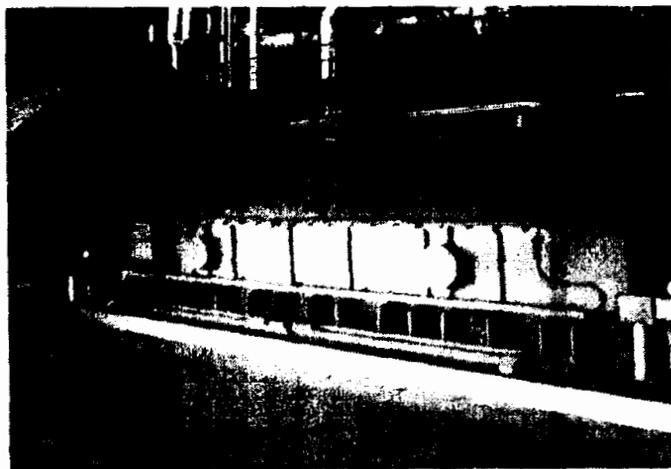


Figura 7.7.- Turbo-Generador de la Central Térmica Trinitaria



CIB-ESPOL

8. ANALISIS ECONOMICO

En este punto trataremos la parte económica de los proyectos y su incidencia en la parte productiva de la empresa.

Cada estudio de caso está relacionado a uno de esos parámetros anteriormente mencionados.

Por ejemplo el Caso 1 está dirigido a estudiar la forma de minimizar el impacto ambiental que produce la emisión de material particulado durante los sopladados de hollín de la Caldera, y que por condiciones atmosféricas cae al interior de la planta y las residencias cercanas.

El Caso 2 hace referencia a mejorar la calidad del agua salada que alimenta al evaporador de la planta Desalinizadora.

Se sugiere un control con un filtro dinámico que reduciría significativamente los sólidos que ingresan con el agua salada al evaporador.

Este proyecto está encaminado a eliminar los sólidos suspendidos que provocan una incrustación y por tanto pérdida de transferencia de calor en los tubos del evaporador, dando como resultado la baja de producción de agua desalinizada.



CIB-ESPOL

El Caso 3 tiene que ver con reducir el ruido del Turbogenerador que afecta directamente a los empleados que operan y dan mantenimiento a este equipo. El ruido supera los 90 dBA en esta zona, y dificulta la comunicación entre operadores para realizar maniobras.



CIB-ESPOL

9. CONCLUSIONES

El apoyo de la Gerencia es pilar importante para la realización de un proyecto de producción más limpia. El Gerente debe estar convencido de todos los beneficios a obtener para la empresa si respalda el desarrollo y la implementación de cambios en la planta.

CASO # 1

En el mes de Junio del presente año se realizó un monitoreo de 24 horas en el interior de la empresa para determinar la calidad del aire y obtener datos referentes al diámetro y concentración del material particulado que sale de la chimenea de la Central.

El equipo utilizado para realizar este monitoreo en el entorno de la empresa (Terraza del Edificio Administrativo), fue un equipo impactador de cascada de propiedad de la ESPOL.

Los resultados obtenidos nos indican que existe una concentración de partículas igual a $31.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y menores a $10 \mu\text{m}$ de diámetro y que normalmente circulan en dirección del viento hacia el Noreste.

ELECTROGUAYAS ha contratado los servicios de Babcock-Wilcox para realizar un estudio del ajuste de la combustión, monitoreo y caracterización de partículas que salen de la chimenea de la central.

Este trabajo tiene previsto realizarse luego del mantenimiento anual, y durante el arranque y puesta en marcha de la unidad.

Con los resultados obtenidos se puede conocer qué tipo de problema tenemos y cuál es la solución adecuada a nuestro caso para la reducción de emisión de material particulado.

CASO # 2

Aprovechando el mantenimiento anual se procedió a instalar el filtro dinámico LAKOS y el reemplazo de la tubería de acero inoxidable de alimentación de agua salada a la unidad desalinizadora que presentaba picaduras en algunos tramos, por una tubería de P.V.C reforzado.

Los trabajos de instalación de la nueva tubería de P.V.C, los trabajos complementarios como la instrumentación del filtro LAKOS, y otros trabajos pendientes se estarían terminando en el mes de Agosto.

Una vez listo y armado todo el sistema de filtración se realizarán las pruebas respectivas a los sistemas y equipos, previo el arranque y puesta en marcha de la unidad desalinizadora.



CIB-ESPOL

CASO # 3

El ruido en la turbina es un problema que se lo tiene que resolver luego del mantenimiento anual, para lo cual se ha establecido una alternativa de aislamiento del sonido con una urna de material acrílico que cubra todo el equipo Turbo-Generador.

Aprovechando el mantenimiento mayor de la turbina por parte de técnicos de la empresa fabricante se realizarán las consultas referente al aislamiento acústico del equipo Turbo-Generador.

Los Departamentos de Operación y Mantenimiento serán los encargados de planificar y ejecutar esta propuesta con la coordinación de las autoridades de ELECTROGUAYAS para que se asignen los recursos económicos que sean necesarios.

**CIB-ESPOL**

10. RECOMENDACIONES

El estudio del material particulado y la instalación del sistema de filtración dinámica del agua salada, son avances importantes hacia la eficiencia de los sistemas productivos de la planta y el cuidado del ambiente.

El apoyo directo de la Gerencia de planta y Presidencia Ejecutiva de ELECTROGUAYAS es, sin lugar a dudas, un pilar importante para el desarrollo de todos los proyectos a realizarse en las unidades de generación.



CIB-ESPOL

CASO # 1

La presencia de técnicos extranjeros que realizarán el estudio del ajuste de la combustión y la caracterización del material particulado es una oportunidad para que el personal técnico de la empresa adquiera estos conocimientos y participe activamente en el desarrollo de esta actividad.

Cuando la Central Térmica Trinitaria entre en generación normal, se debe obtener los datos de operación y de combustión actuales a fin de realizar las comparaciones del caso con las condiciones antes del mantenimiento anual.

CASO # 2

La instalación y puesta en marcha del filtro dinámico LAKOS constituye un aporte valioso para prevenir la entrada de sólidos disueltos en el agua salada que alimenta la planta desalinizadora, debemos tener en consideración que sólo cuando se realice el mantenimiento mayor de este equipo se puede conseguir las condiciones iniciales de operación,

CASO # 3

El ruido en el Turbo-Generador es un tema importante que se lo está considerando para el mantenimiento que está realizando la Compañía ALSTON POWER, al terminar el mantenimiento mayor de la Turbina y Generador se tomarán las medidas acústicas para determinar con datos si el ruido en este sector se reduce o se mantiene.

Se cumplió con identificar y establecer el grado de ruido en este sector, queda bajo responsabilidad de las autoridades de la empresa atender este problema en la Central Térmica Trinitaria.

**CIB-ESPOL**

APENDICE



4.1.1.5 Las fuentes fijas no significativas, aceptadas como tal por parte de la Entidad Ambiental de Control, demostrarán cumplimiento con la normativa mediante alguno de los siguientes métodos:

1) El registro interno, y disponible ante la Entidad Ambiental de Control, del seguimiento de las prácticas de mantenimiento de los equipos de combustión, acordes con los programas establecidos por el operador o propietario de la fuente, o recomendados por el fabricante del equipo de combustión;

2) Resultados de análisis de características físicas y químicas del combustible utilizado, en particular del contenido de azufre y nitrógeno en el mismo;

3) La presentación de certificados por parte del fabricante del equipo de combustión en cuanto a la tasa esperada de emisiones de contaminantes, en base a las características del combustible utilizado;

4) Mediante inspección del nivel de opacidad de los gases de escape de la fuente;

5) Mediante el uso de altura de chimenea recomendada por las prácticas de ingeniería; y,

f) Otros que se llegaren a establecer.

4.1.1.6 Para la verificación de cumplimiento por parte de una fuente fija no significativa con alguno de los métodos descritos, el operador u propietario de la fuente deberá mantener los debidos registros o certificados, a fin de reportar a la Entidad Ambiental de Control con una frecuencia de una vez por año;

4.1.1.7 No obstante de lo anterior, las fuentes fijas no significativas podrán ser requeridas, por parte de la Entidad Ambiental de Control, de efectuar evaluaciones adicionales

de sus emisiones, en el caso de que estas emisiones excedan o comprometan las concentraciones máximas permitidas, a nivel del suelo, de contaminantes del aire. Estas últimas concentraciones de contaminantes en el aire ambiente se encuentran definidas en la norma correspondiente a calidad de aire; y,

4.1.1.8 Las fuentes fijas no significativas deberán someter, a consideración de la Entidad Ambiental de Control, los planos y especificaciones técnicas de sus sistemas de combustión, esto como parte de los procedimientos normales de permiso de funcionamiento.

4.1.2 Valores máximos permisibles de emisión

4.1.2.1 Los valores de emisión máxima permitida, para fuentes fijas de combustión existentes, son los establecidos en la Tabla 1 de esta norma.

TABLA 1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES AL AIRE PARA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN. NORMA PARA FUENTES EN OPERACIÓN ANTES DE ENERO DE 2003

Contaminante emitido ⁽¹⁾	Combustible utilizado	Valor	Unidades ⁽¹⁾
Partículas Totales	Sólido	355	mg/Nm ³
	Líquido ⁽²⁾	355	mg/Nm ³
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Oxidos de Nitrógeno	Sólido	1 100	mg/Nm ³
	Líquido ⁽²⁾	700	mg/Nm ³
	Gaseoso	500	mg/Nm ³
Dióxido de Azufre	Sólido	1 650	mg/Nm ³
	Líquido ⁽²⁾	1 650	mg/Nm ³
	Gaseoso	No	No Aplicable

Contaminante emitido	Combustible utilizado	Valor	Unidades ⁽¹⁾
		Aplicable	variable

Notas:

⁽¹⁾ mg/Nm³: miligramos por metro cúbico de gas, a condiciones normales, mil trece milibares de presión (1 013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos al 7% de oxígeno.

⁽²⁾ combustibles líquidos comprenden los combustibles fósiles líquidos, tales como diesel, kerosene, bunker C, petróleo crudo, naftas.

4.1.2.2 Los valores de emisión máxima permitida, para fuentes fijas de combustión nuevas, son los establecidos en la Tabla 2 de esta norma.

TABLA 2. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES AL AIRE PARA FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN. NORMA PARA FUENTES EN OPERACIÓN A PARTIR DE ENERO DE 2003

Contaminante emitido	Combustible utilizado	Valor	Unidades ⁽¹⁾
Partículas Totales	Sólido	150	mg/Nm ³
	Líquido ⁽²⁾	150	mg/Nm ³
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable
Oxidos de Nitrógeno	Sólido	850	mg/Nm ³
	Líquido ⁽²⁾	550	mg/Nm ³
	Gaseoso	400	mg/Nm ³
Dióxido de Azufre	Sólido	1 650	mg/Nm ³
	Líquido ⁽²⁾	1 650	mg/Nm ³
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable

Notas:

⁽¹⁾ mg/Nm³: miligramos por metro cúbico de gas, a condiciones normales, de mil trece milibares de presión (1013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos al 7% de oxígeno.

⁽²⁾ combustibles líquidos comprenden los combustibles fósiles líquidos, tales como diesel, kerosene, bunker C, petróleo crudo, naftas.

4.1.2.3 La Entidad Ambiental de Control utilizará los límites máximos permisibles de emisiones indicados en las tablas 1 y 2 para fines de elaborar su respectiva norma (ver Reglamento a la Ley de Prevención y Control de Contaminación). La Entidad Ambiental de Control podrá establecer normas de emisión de mayor exigencia, esto si los resultados de las evaluaciones de calidad de aire que efectúe indicaren dicha necesidad; y,

4.1.2.4 El Ministerio del Ambiente definirá la frecuencia de revisión de los valores establecidos como límite máximo permitido de emisiones al aire. De acuerdo a lo establecido en el reglamento para la prevención y control de la contaminación, se analizará la conveniencia de unificar los valores de emisión para fuentes en operación antes de Enero de 2003 y posteriores a esta fecha. La revisión deberá considerar, además, las bases de datos de emisiones, así como de los datos de concentraciones de contaminantes en el aire ambiente, efectúe la Entidad Ambiental de Control.

4.1.3 Del cumplimiento con la normativa de emisiones máximas permitidas

4.1.3.1 Las fuentes fijas de emisiones al aire por combustión, existentes a la fecha de promulgación de esta norma técnica, dispondrán de plazos, a ser fijados mediante

acuerdo entre el propietario u operador de la fuente fija y la Entidad Ambiental de Control, a fin de adecuar la emisión de contaminantes a niveles inferiores a los máximos permisibles. El otorgamiento de estos plazos queda supeditado, en cada caso, a los estudios y evaluaciones que realice la Entidad Ambiental de Control. En ningún caso estos plazos serán mayores a cinco años, de acuerdo a lo establecido en el reglamento;

4.1.3.2 Dentro de los términos que especifiquen las respectivas reglamentaciones, todas las fuentes fijas deberán obtener su respectivo permiso de funcionamiento, el cual será renovado con la periodicidad que determine la Entidad Ambiental de Control. Esta última queda también facultada para fijar las tasas que correspondan por la retribución del servicio; y.

4.1.3.3 **Esquema Burbuja.-** de existir varias fuentes fijas de emisión, bajo la responsabilidad sea de un mismo propietario y/o de un mismo operador, y al interior de una misma región, la emisión global de las fuentes podrá calcularse mediante una fórmula que pondere las fuentes fijas presentes en la instalación. Se establece la siguiente fórmula:

$$E_{\text{global}} = \frac{A_1 * E_1 + E_2 + \dots + A_i * E_i}{A_1 + A_2 + \dots + A_i}$$

Donde:

E_{global} : tasa de emisión global para el conjunto de fuentes fijas de combustión,

A_i : factor de ponderación, y que puede ser el consumo de combustible de la fuente número i, o el caudal de gases de combustión de la respectiva fuente número i,

E_i : tasa actual de emisión determinada para cada fuente.

El resultado a obtenerse con la ecuación indicada, y que representa el equivalente ponderado para un grupo de fuentes fijas de combustión, deberá ser comparado con el valor máximo de emisión permitida descrito en esta normativa, resultado equivalente para una sola fuente fija de combustión.

4.1.4 Fuentes fijas de combustión existentes, nuevas y modificadas

4.1.4.1 Toda fuente fija de combustión, que experimente una remodelación, una modificación sustancial de la misma, o un cambio total o parcial de combustible, deberá comunicar a la Entidad Ambiental de Control este particular. Para el caso de una fuente fija significativa, se deberá comunicar además una evaluación de las emisiones esperadas una vez que el proyecto de remodelación o modificación culmine;

4.1.4.2 Las fuentes fijas significativas nuevas, o fuentes existentes remodeladas o modificadas sustancialmente, como parte integral del estudio de impacto ambiental requerido, deberán evaluar su impacto en la calidad del aire mediante el uso de modelos de dispersión. Las fuentes existentes, significativas, deberán también proceder a evaluar su impacto en la calidad del aire mediante modelos de dispersión, esto de ser requerido en los estudios de auditoría ambiental o de estudio de impacto ambiental expost. El modelo de dispersión calculará la concentración esperada de contaminantes del aire a nivel del suelo, que se espera sean emitidos desde las fuentes fijas nuevas, y se procederá a determinar si estas concentraciones calculadas cumplen o no con la norma de calidad de aire. Para efectos de determinación de cumplimiento con la norma, la concentración calculada para cada contaminante del aire evaluado, atribuible a

la operación de las fuentes fijas nuevas, deberá ser adicionada a la concentración existente de cada contaminante, según se describe en el siguiente artículo:

4.1.4.3 Una fuente fija nueva, remodelada o modificada, y que se determine como significativa, deberá establecer aquellos contaminantes emitidos por la misma, que son significativos para con la calidad del aire ambiente. Para tal efecto se utilizará un modelo de dispersión de tipo preliminar, ejemplo SCREEN, de la US EPA, mediante el cual se verificará si las concentraciones calculadas por este modelo, para cada contaminante modelado, sobrepasan o no los valores estipulados en la Tabla 3. Si la predicción mediante modelo indica que la concentración de un contaminante supera el valor presentado en la Tabla 3, entonces aquel contaminante se designa como significativo para la fuente. La Entidad Ambiental de Control solicitará que la fuente proceda a la aplicación de un modelo detallado, únicamente para los contaminantes significativos que se determinen. Eventualmente, la Entidad Ambiental de Control implementará programas de mediciones de concentraciones, a nivel de suelo, de los contaminantes significativos, una vez que la fuente ingrese en operación;

TABLA 3. VALORES DE INCREMENTO DE CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES COMUNES, A NIVEL DEL SUELO, PARA DEFINICIÓN DE CONTAMINANTES SIGNIFICATIVOS ^[1]

Contaminante	Periodo de Tiempo	Criterio de Significancia, expresado en microgramos por metro cúbico de aire
Oxidos de Nitró-	Anual	1.0

Contaminante	Periodo de Tiempo	Criterio de Significancia, expresado en microgramos por metro cúbico de aire
geno NOx		
Dióxido de Azufre SO2	Anual 24 Horas 3 Horas	1,0 5,0 25,0
Partículas	Anual 24-Horas	1,0 5,0

Nota:

[1] Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25 °C y de 1 013 milibares de presión.

4.1.4.4 La fuente fija significativa, nueva, remodelada o modificada sustancialmente, acordará con la Entidad Ambiental de Control la inclusión o no, dentro de la evaluación mediante modelo de dispersión, de otras fuentes fijas existentes en la región en que se instalará la fuente nueva, o en que se ubica la fuente modificada o remodelada. El estudio de impacto ambiental, requerido por la fuente como parte de los permisos de operación, establecerá cuáles fuentes fijas existentes deberán ser incluidas en el modelo de dispersión a aplicarse. La Entidad Ambiental de Control deberá proveer, a la fuente nueva, de los resultados de las bases de datos administradas por la misma, esto es, bases de datos de emisiones de fuentes fijas significativas existentes, y, bases de datos de los niveles de concentraciones de contaminantes en el aire ambiente. El área de influencia, sea de una sola fuente nueva evaluada, o del conjunto de varias fuentes, se determinará mediante el trazado de la curva de igual concentración para todos los contaminantes que sobrepasen los valores establecidos en la Tabla 3;



CIB-ESPOL

4.1.4.5 De tratarse de una o varias fuentes nuevas significativas, o varias fuentes existentes modificadas, la evaluación deberá efectuarse mediante un modelo de dispersión del tipo detallado, con capacidad para incluir diferentes fuentes fijas, y con capacidad de predecir concentraciones de contaminantes para periodos de tiempo mayores a una hora, e inclusive, de predecir la concentración anual de un determinado contaminante. Para esto, se utilizará un modelo de dispersión de características técnicas similares a ISC, de la US EPA. Para efectuar predicciones de concentraciones de contaminantes por periodos de hasta un año, el modelo de tipo detallado requerirá el uso de datos meteorológicos hora por hora, y de extensión también de un año. La fuente fija significativa evaluará su impacto en la calidad del aire previa revisión de los datos meteorológicos, hora por hora, de los últimos tres años, como mínimo, previos a la etapa de proyecto de la nueva fuente. Los datos meteorológicos a utilizarse deberán ser representativos para la ubicación geográfica de la fuente fija a evaluarse. El uso de un modelo de dispersión del tipo detallado se extenderá también para el caso de un conjunto de fuentes fijas nuevas, o fuentes existentes remodeladas o modificadas, que estuvieren bajo la responsabilidad de una misma organización u operador, y en que se determine que la emisión global de dicho conjunto de fuentes (artículo 4.1.3.3) es significativa;

4.1.4.6 Las fuentes fijas nuevas significativas, a instalarse en las inmediaciones de áreas que se designen como protegidas, tales como parques nacionales, reservas de fauna, bosques protectores, entre otros, que se encuentren debidamente designados por la Entidad Ambiental de Control, deberán solicitar a esta autoridad la ejecución de un programa de monitoreo inicial de concentraciones de contaminantes del aire a nivel de suelo, previo al inicio de operaciones de

la fuente o fuentes, en uno o más sitios designados al interior de dichas áreas protegidas. El estudio de impacto ambiental que ejecute la fuente fija nueva, determinará el número y ubicación del sitio, o los sitios, de medición de concentraciones de contaminantes del aire. El programa de monitoreo inicial incluirá, como mínimo, la determinación de concentraciones de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, y material particulado PM10. Los resultados de este programa permitirán determinar las concentraciones iniciales de contaminantes en ausencia de la nueva fuente, lo cual además permitirá establecer, a futuro, el nivel de cumplimiento con las normas de calidad de aire una vez que la fuente fija ingrese en operación;

4.1.4.7 Todas las fuentes fijas nuevas, significativas o no, a instalarse en áreas cuyas concentraciones a nivel de suelo cumplen con la norma de calidad de aire ambiente, estarán obligadas a hacer uso de la denominada Mejor Tecnología de Control Disponible (BACT por sus siglas en inglés), lo cual deberá ser justificado en el estudio ambiental a presentarse ante la Entidad Ambiental de Control. Las emisiones que se obtengan en la fuente que utilice tecnología BACT no deberán ser mayores en magnitud a los valores aplicables para una fuente existente;

4.1.4.8 Las fuentes fijas nuevas no podrán instalarse en un área en que las concentraciones de contaminantes comunes del aire ambiente no se encuentren en cumplimiento con la norma de calidad aquí estipulada, o, en aquellas áreas en que dichas concentraciones de contaminantes se encuentren cerca de incumplimiento. Para ser autorizadas a su instalación, en áreas en no cumplimiento con la norma de calidad de aire, las fuentes fijas nuevas utilizarán la denominada tecnología de Mínima Tasa de Emisión Posible (LAER por sus siglas en



CIB-ESPOL

inglés), o en su lugar, cuando estas fuentes nuevas reemplacen a una o varias fuentes fijas existentes pero garantizando un estándar de emisión (cantidad de contaminante emitido) y un estándar de desempeño (cantidad de contaminante emitido por unidad de combustible utilizado) considerablemente menor al de la o las fuentes a ser reemplazadas. La Entidad Ambiental de Control deberá emitir la autorización correspondiente para ejecutar este esquema de operación para una fuente nueva. Un esquema similar al descrito se aplicará para fuentes existentes pero modificadas o remodeladas sustancialmente;

4.1.4.9 El estudio ambiental para una fuente fija nueva, en un área en no cumplimiento con la norma de calidad de aire ambiente, justificará las tecnologías o métodos que implementará la fuente fija a fin de alcanzar la mínima tasa de emisión, y por tanto, no inducir a un incumplimiento con la norma de calidad de aire, o mejorar en términos absolutos la calidad del aire ambiente de la región; y,

4.1.4.10 Las fuentes fijas nuevas significativas determinarán la altura apropiada de chimenea mediante la aplicación de modelos de dispersión. La altura seleccionada de chimenea deberá considerar el efecto de turbulencia creado por la presencia de edificaciones adyacentes a la chimenea, caracterizándose dicho efecto por la ocurrencia de altas concentraciones de contaminantes emitidos previamente junto a la estructura o edificación.

4.1.5 Disposiciones generales

4.1.5.1 Se prohíbe expresamente la dilución de las emisiones al aire desde una fuente fija con el fin de alcanzar cumplimiento con la normativa aquí descrita;

4.1.5.2 Se prohíbe el uso de aceites lubricantes usados como combustible en calderas, hornos u otros equipos de combustión, con excepción de que la fuente fija de combustión demuestre, mediante el respectivo estudio técnico, que cuenta con equipos y procesos de control de emisiones producidas por esta combustión, a fin de no comprometer la calidad del aire al exterior de la fuente, e independientemente de si la fuente fija es significativa o no significativa. Los planos y especificaciones técnicas de la instalación, incluyendo las provisiones de uso de aceites lubricantes usados, sea como combustible principal o como combustible auxiliar, o como combinación de ambos, se sujetarán a las disposiciones de la normativa aplicable para el manejo de desechos peligrosos y de su disposición final. La Entidad Ambiental de Control emitirá el respectivo permiso de operación para las fuentes que utilicen aceites lubricantes usados como combustible, permiso que será renovado cada dos años, previo el respectivo dictamen favorable, considerando los requerimientos estipulados tanto aquí como en la normativa aplicable a desechos peligrosos y su disposición final;

4.1.5.3 Aquellas fuentes fijas que utilicen como combustible otros que no sean combustibles fósiles, serán evaluadas, en primer lugar, en base al criterio de determinar si se trata de fuentes significativas o no. Para una fuente significativa, que utilice combustibles no fósiles, tales como biomasa, se aplicarán los valores máximos de emisión descritos en este reglamento en lo referente a fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos. Para fuentes no significativas, la Entidad Ambiental de Control podrá solicitar evaluaciones adicionales tendientes a prevenir el deterioro de la calidad del aire;

4.1.5.4 Toda fuente fija, sea significativa o no, deberá comunicar a la Entidad Ambiental de Control cualquier situación anómala,

no típica, que se presente en la operación normal de la fuente, y en la que se verificaron emisiones de contaminantes superiores a los valores máximos establecidos en este reglamento. Este requisito no se aplica para el caso del periodo de arranque de operación de la fuente, o para el caso del periodo de limpieza por soplado de hollín acumulado en la fuente, siempre que estos periodos no excedan quince (15) minutos y la operación no se repita más de dos veces al día. Cuando por las características de los procesos y/o de los equipos de combustión se justifique técnicamente que se requiere mayor tiempo para su arranque o limpieza con soplado de hollín, se deberá obtener la aprobación de la Entidad Ambiental de Control;

4.1.5.5 Para las fuentes fijas significativas, se requerirá que estas cuenten, por lo menos, con equipos básicos de control de emisiones de partículas, esto a fin de mitigar aquellas emisiones que se registren durante periodos de arranque o de soplado de hollín en la fuente. Los equipos básicos de control comprenden equipos tales como separadores inerciales (ciclones). Además, la Entidad Ambiental de Control podrá requerir, por parte del regulado, la instalación de equipos de control de emisiones de partículas adicionales a los equipos básicos descritos, siempre que la evaluación técnica y económica del equipo de control a ser instalado así lo determine; y,

4.1.5.6 Toda fuente fija significativa está obligada a presentar a la Entidad Ambiental de Control los resultados que se obtengan de los programas de medición de emisiones que deban ejecutarse. La Entidad Ambiental de Control establecerá una base de datos con las emisiones de todas las fuentes bajo su control, así como establecerá los procedimientos de mantenimiento y de control de calidad de la misma.

4.2 Métodos y equipos de medición de emisiones desde fuentes fijas de combustión

4.2.1 General

4.2.1.1 Para demostración de cumplimiento con la presente norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión, los equipos, métodos y procedimientos de medición de emisiones deberán cumplir requisitos técnicos mínimos, establecidos a continuación. Además, la fuente fija deberá proveer de requisitos técnicos mínimos que permitan la ejecución de las mediciones.

4.2.2 Requisitos y métodos de medición

4.2.2.1 A fin de permitir la medición de emisiones de contaminantes del aire desde fuentes fijas de combustión, estas deberán contar con los siguientes requisitos técnicos mínimos:

- Plataforma de trabajo, con las características descritas en la figura 1 (Anexo);
- Escalera de acceso a la plataforma de trabajo; y,
- Suministro de energía eléctrica cercano a los puertos de muestreo.

4.2.2.2 Método 1: definición de puertos de muestreo y de puntos de medición en chimeneas.- este método provee los procedimientos para definir el número y ubicación de los puertos de muestreo, así como de los puntos de medición al interior de la chimenea;

4.2.2.3 Número de puertos de muestreo.- el número de puertos de muestreo requeridos se determinará de acuerdo al siguiente criterio:



CIB-ESPOL

a) Dos (2) puertos para aquellas chimeneas o conductos de diámetro menor 3,0 metros; y,

b) Cuatro (4) puertos para chimeneas o conductos de diámetro igual o mayor a 3,0 metros.

4.2.2.4 Para conductos de sección rectangular, se utilizará el diámetro equivalente para definir el número y la ubicación de los puertos de muestreo;

4.2.2.5 Ubicación de puertos de muestreo.- los puertos de muestreo se colocarán a una distancia de, al menos, ocho diámetros de chimenea corriente abajo y dos diámetros de chimenea corriente arriba de una perturbación al flujo normal de gases de combustión (ver figura 1, Anexo). Se entiende por perturbación cualquier codo, contracción o expansión que posee la chimenea o conducto. En conductos de sección rectangular, se utilizará el mismo criterio, salvo que la ubicación de los puertos de muestreo se definirá en base al diámetro equivalente del conducto;

4.2.2.6 Número de puntos de medición.- cuando la chimenea o conducto cumpla con el criterio establecido en 4.2.2.5, el número de puntos de medición será el siguiente:

a) Doce (12) puntos de medición para chimeneas o conductos con diámetro, o diámetro equivalente, respectivamente, mayor a 0,61 metros;

b) Ocho (8) puntos de medición para chimeneas o conductos con diámetro, o diámetro equivalente, respectivamente, entre 0,30 y 0,60 metros; y,

c) Nueve (9) puntos de medición para conductos de sección rectangular con diámetro equivalente entre 0,30 y 0,61 metros.

4.2.2.7 Para el caso de que una chimenea no cumpla con el criterio establecido en 4.2.2.5, el número de puntos de medición se definirá de acuerdo con la figura 2 (Anexo). Al utilizar esta figura, se determinarán las distancias existentes tanto corriente abajo como corriente arriba de los puertos de muestreo, y cada una de estas distancias será dividida para el diámetro de la chimenea o conducto, esto a fin de determinar las distancias en función del número de diámetros. Se seleccionará el mayor número de puntos de medición indicado en la figura, de forma tal que, para una chimenea de sección circular, el número de puntos de medición sea múltiplo de cuatro. En cambio, para una chimenea de sección rectangular, la distribución de puntos de medición se definirá en base a la siguiente matriz (Tabla 4).

TABLA 4. DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN PARA UNA CHIMENEA O CONDUCTO DE SECCIÓN RECTANGULAR

Número de puntos de medición	Distribución de puntos
9	3 x 3
12	4 x 3
16	4 x 4
20	5 x 4
25	5 x 5
30	6 x 5
36	6 x 6
42	7 x 6
49	7 x 7

4.2.2.8 Ubicación de los puntos de medición en chimeneas de sección circular.- determinado el número de puntos de medición, los puntos se deberán distribuir, en igual número, a lo largo de dos diámetros perpendiculares entre sí, que estén en el mismo plano de medición al interior de la chimenea o conducto. La ubicación exacta

2.48 Valores de línea de base

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de base.

2.49 Valores de fondo

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de fondo.

2.50 Zona de mezcla

Es el área técnicamente determinada a partir del sitio de descarga, indispensable para que se produzca una mezcla homogénea en el cuerpo receptor.

3. Clasificación

3.1 Criterios de calidad por usos

1 Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización;

2 Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o calidas, y en aguas marinas y de estuarios;

3 Criterios de calidad para aguas subterráneas;

4 Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego;

5 Criterios de calidad para aguas de uso pecuario;

6 Criterios de calidad para aguas con fines recreativos;

7 Criterios de calidad para aguas de uso estético;

8 Criterios de calidad para aguas utilizadas para transporte; y,

9 Criterios de calidad para aguas de uso industrial.

3.2 Criterios generales de descarga de efluentes

1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua;

2 Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado; y,

3 Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor;

a) Descarga a un cuerpo de agua dulce; y,

b) Descarga a un cuerpo de agua marina.

4. Desarrollo

4.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios.

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

a) Consumo humano y uso doméstico;

b) Preservación de Flora y Fauna;

c) Agrícola;

d) Pecuario;

e) Recreativo;

f) Industrial;

g) Transporte; y,

h) Estético.

En los casos en los que se concedan derechos de aprovechamiento de aguas con fines múltiples, los criterios de calidad para el uso de aguas, corresponderán a los valores más restrictivos para cada referencia.

Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

4.1.1.1 Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

a) Bebida y preparación de alimentos para consumo;

b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios; y,

c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

4.1.1.2 Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (ver tabla 1):

TABLA 1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO, QUE ÚNICAMENTE REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amóniacal	mg/l	1,0
Artenio	NH4	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3.000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁶⁺	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	2,0
Dureza	CaCO3	mg/l	500

Continuación...

Continúa...

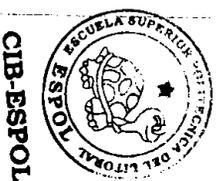
TABLA 1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO, QUE ÚNICAMENTE REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia orgánica	Ausencia		
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor	Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional		
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrogeno	pH		0,05
Selenio (total)	Se	mg/l	6-9
Sodio	Na	mg/l	0,01
Sólidos disueltos totales		mg/l	200
Sulfatos	SO ₄	mg/l	1.000
Temperatura		°C	400
Tensoactivos	Sustancias activas al w/vl de metileno	mg/l	Condición Natural + 0 - 3 grados
Turbiedad	Zn	UTN	0,5
Zinc		mg/l	100
*Productos para la desinfección			5,0
Hidrocarburos Aromáticos	C6H6	mg/l	0,1
Benceno		µg/l	10,0
Benzol(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	100

Continúa...

TABLA 1. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO, QUE ÚNICAMENTE REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL.

Parámetro	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Xileno (totales)		µg/l	10.000
Pesticidas y herbicidas	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Carbamatos totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,01
Organoclorados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organofosforados totales	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de dicloropropano	µg/l	5
Dicloropropano (1,2)		µg/l	70
Diquat		µg/l	200
Glifosato		µg/l	5
Toxafenato		µg/l	3
Compuestos Halogenados		µg/l	10
Tetracloruro de carbono		µg/l	0,3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	70
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	100
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	50
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	10
Diclorometano		µg/l	10
Tetracloroetileno		µg/l	200
Tricloroetanól (1,1,1-)		µg/l	30
Tricloroetileno		µg/l	100
Clorobenceno		µg/l	200
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	5
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	0,01
Hexaclorobenceno		µg/l	5
Bromoxinil		µg/l	50
Diclorometano		µg/l	2
Tribrometano		µg/l	



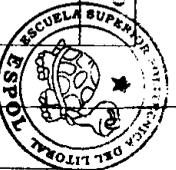
Nota:

Productos para la desinfección: Cloroformo, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano y Bromoformo.

4.1.1.3 Las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de desinfección, deberán cumplir con los requisitos que se mencionan a continuación (ver tabla 2):

TABLA 2. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO QUE ÚNICAMENTE REQUIERAN DESINFECCIÓN

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoníaco	N-Amóniacal	mg/l	1,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	Unidades de color	20
Colorímetros Totales	nmp/100 ml		50*
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Compuestos fenólicos	Cr ⁶⁺	mg/l	0,05
Cromo hexavalente	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Compuestos fenólicos	Cr ⁶⁺	mg/l	0,05
Cromo hexavalente	DBO ₅	mg/l	2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	CaCO ₃	mg/l	500
Dureza	Sn	mg/l	2,0
Estiño	F	mg/l	Menor a 1,4
Fluoruros	Fe	mg/l	0,3
Hierro (total)	Li	mg/l	2,5
Litio	Mn	mg/l	0,1
Manganeso (total)	Hg	mg/l	Ausencia
Materia Floante	Ni	mg/l	0,001
Mercurio (total)	N-Nitrato	mg/l	0,025
Níquel	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	1,0
Nitrito			



CIB-ESPOL

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno disuelto	O ₂	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l

Continúa...

Continuación...

TABLA 2. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y USO DOMÉSTICO QUE ÚNICAMENTE REQUIERAN DESINFECCIÓN

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO ₄	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3
Tensoactivos		mg/l	0,5
Turbiedad	Sustancias activas al azul de metileno		
Uranio Total	U	mg/l	10
Vanadio	V	mg/l	0,02
Zinc	Zn	mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos		mg/l	5,0
Benceno	C ₆ H ₆	mg/l	0,01
Benz/a-a-pireno		mg/l	0,00001
Pesticidas y Herbicidas		mg/l	0,01
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados y carbantatos	Concentración de organofosforados y carbantatos totales	mg/l	0,1
Toxafeno		µg/l	0,01
Compuestos Halogenados		mg/l	0,003
Tetracloruro de carbono		mg/l	0,01
Dicloroetano (1,2-)		mg/l	0,3
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/l	0,3

Nota:

* Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

4.1.2 Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios

4.1.2.1 Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura:

4.1.2.2 Los criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y de estuario, se presentan a continuación (ver tabla 3):

TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO



Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs		mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoníaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohidricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia

Continúa...

Continuación...

TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA FLORA Y FAUNA EN AGUAS DULCES, FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIO

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0

Continuación...

TABLA 4. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ADICIONALES PARA LA INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Clorobenceno	µg/l		15
Clorofenol (2-)	µg/l	30	7
Diclorobenceno	µg/l	2	2,5
Diclorobenceno (1,4-)	µg/l		4
Dicloroetano (1,2-)	µg/l	113	200
Dicloroetilenos	µg/l	224	12
Dicloropropanos	µg/l	31	57
Dicloropropenos	µg/l	0,8	2
Difenil Hidrazina (1,2)	µg/l		0,3
Dimetilfenol (2,4-)	µg/l		2
Dodcacloro + Nonacloro	µg/l	0,001	
Etilbenceno	µg/l	0,4	700
Fluoruro total	µg/l	1 400	4
Hexaclorobutadieno	µg/l	0,03	0,1
Hexaclorociclopentadieno	µg/l	0,007	0,05
Naftaleno	µg/l	2	6
Nitritos	µg/l	1 000	60
Nitrobenceno	µg/l	7	27
Nitrofenoles	µg/l	5	0,2
PCB (total)	µg/l	0,03	0,001
Pentaclorobenceno	µg/l		0,03
Pentacloroetano	µg/l	3	4
P-clorometacresol	µg/l		0,03
Talio (total)	µg/l	2	0,4
Tetraclorobenceno (1,2,3,4-)	µg/l		0,1
Tetraclorobenceno (1,2,4,5-)	µg/l		0,15
Tetracloroetano (1,1,2,2-)	µg/l	9	24
Tetracloroetileno	µg/l	5	260
Tetraclorofenoles	µg/l	0,5	1
Tetracloruro de carbono	µg/l	50	35
Toluceno	µg/l	50	300
Toxafeno	µg/l	0,005	0,000
Tricloroetano (1,1,1)	µg/l	31	18
Tricloroetano (1,1,2)	µg/l		94
Tricloroetileno	µg/l	2	45
Uranio (total)	µg/l	500	20
Vanadio (total)	µg/l		100



CIB-ESPOL

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		Máxima 200	Máxima 3200	Máxima 3200

4.1.2.3 Además de los criterios indicados (ver tabla 3), se utilizarán los siguientes valores máximos (ver tabla 4) para la interpretación de la calidad de las aguas.

TABLA 4. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ADICIONALES PARA LA INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Accnaftileno	µg/l	7	2
Acrilonitrilo	µg/l		26
Acroleína	µg/l	0,05	0,2
Antimonio (total)	µg/l		16
Benceno	µg/l	7	300
BHC-ALFA	µg/l		0,01
BHC-BETA	µg/l		0,01
BHC-DELTA	µg/l		0,01

Continúa...

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		Máxima 20 200	Máxima 32 200	Máxima 32 200

4.1.2.3 Además de los criterios indicados (ver tabla 3), se utilizarán los siguientes valores máximos (ver tabla 4) para la interpretación de la calidad de las aguas.

TABLA 4. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ADICIONALES PARA LA INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Accnaftileno	µg/l	7	2
Acrlonitrilo	µg/l		26
Acroleína	µg/l	0,05	0,2
Antimonio (total)	µg/l		16
Benceno	µg/l	7	300
BHC-ALFA	µg/l		0,01
BHC-BETA	µg/l		0,01
BHC-DELTA	µg/l		0,01

Continúa...

Continuación...

TABLA 4. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ADICIONALES PARA LA INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Clorobenceno	µg/l		15
Clorofenol (2-)	µg/l	30	7
Diclorobenceno	µg/l	2	2,5
Diclorobenceno (1,4-)	µg/l		4
Dicloroetano (1,2-)	µg/l	113	200
Dicloroetilenos	µg/l	224	12
Dicloropropanos	µg/l	31	57
Dicloropropenos	µg/l	0,8	2
Difenil Hidrazina (1,2)	µg/l		0,3
Dimetilfenol (2,4-)	µg/l		2
Dodecacloro + Nonacloro	µg/l	0,001	
Etilbenceno	µg/l	0,4	700
Fluoruro total	µg/l	1 400	4
Hexaclorobutadieno	µg/l	0,03	0,1
Hexaclorociclopentadieno	µg/l	0,007	0,05
Naftaleno	µg/l	2	6
Nitritos	µg/l	1 000	60
Nitrobenceno	µg/l	7	27
Nitrofenoles	µg/l	5	0,2
PCB (total)	µg/l	0,03	0,001
Pentaclorobenceno	µg/l		0,03
Pentacloroetano	µg/l	3	4
P-clorometacresol	µg/l		0,03
Talio (total)	µg/l	2	0,4
Tetraclorobenceno (1,2,3,4-)	µg/l		0,1
Tetraclorobenceno (1,2,4,5-)	µg/l		0,15
Tetracloroetano (1,1,2,2-)	µg/l	9	24
Tetracloroetileno	µg/l	5	260
Tetraclorofenoles	µg/l	0,5	1
Tetracloruro de carbono	µg/l	50	35
Tolueno	µg/l	50	300
Toxafeno	µg/l	0,005	0,000
Tricloroetano (1,1,1)	µg/l	31	18
Tricloroetano (1,1,2)	µg/l		94
Tricloroetileno	µg/l	2	45
Uranio (total)	µg/l	500	20
Vanadio (total)	µg/l		100



CIB-ESPOL

4.1.2.4 Además de los parámetros indicados dentro de esta norma, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

La turbiedad de las aguas de estuarios debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites:

- Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica);
- Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y.
- Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN; y.
- Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la flora y fauna acuáticas y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.

4.1.3 Criterios de calidad para aguas subterráneas

A continuación se establecen criterios de calidad a cumplirse, al utilizar las aguas subterráneas.

4.1.3.1 Todos los proyectos que impliquen la implementación de procesos de alto riesgo ambiental, como: petroquímicos, carboquímicos, cloroquímicos, usinas nucleares, y cualquier otra fuente de gran impacto, peligrosidad y riesgo para las aguas subterráneas cuando principalmente involucren almacenamiento superficial o subterráneo, deberá contener un informe detallado de las características hidrogeológicas de la zona donde se implantará el proyecto, que permita evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos, así como una descripción detallada de las medidas de protección a ser adoptadas.

4.1.3.2 La autorización para realizar la perforación de pozos tubulares (uso del agua) será otorgada por el CNRH, previo a la presentación por parte del interesado, de la siguiente información:

a) Localización del pozo en coordenadas geográficas,

b) Uso pretendido o actual del agua; y,

c) Datos técnicos de los pozos de monitoreo para la calidad del agua y remediación.

4.1.3.3 Los responsables por pozos tubulares estarán obligados a proporcionar al CNRH, al inicio de la captación de las aguas subterráneas o en cualquier época, la siguiente información:

a) Copia del perfil geológico y características técnicas del pozo;

b) Localización del pozo en coordenadas geográficas;

c) Uso pretendido y actual del agua; y,

d) Análisis físico-químico y bacteriológico, efectuado en los últimos seis (6) meses, del agua extraída del pozo, realizado por un laboratorio acreditado.

4.1.3.4 Los responsables de pozos tubulares estarán obligados a reportar al CNRH, la desactivación temporal o definitiva del pozo.

4.1.3.5 Los pozos abandonados, temporal o definitivamente, y todas las perforaciones realizadas para otros fines, deberán, después de retirarse las bombas y tuberías, ser adecuadamente tapados con material impermeable y no contaminante, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas. Todo pozo deberá ser técnica y ambientalmente abandonado.

4.1.3.6 De existir alteración comprobada de la calidad de agua de un pozo, el responsable, deberá ejecutar las obras necesarias para remediar las aguas subterráneas contaminadas y el suelo afectado.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas subterráneas, se presentan a continuación (ver tabla 5):

TABLA 5. CRITERIOS REFERENCIALES DE CALIDAD PARA AGUAS SUBTERRÁNEAS, CONSIDERANDO UN SUELO CON CONTENIDO DE ARCILLA ENTRE (0-25.0) % Y DE MATERIA ORGÁNICA ENTRE (0 - 10,0) %

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Arsénico (total)	As	µg/l	35
Bario	Ba	µg/l	338
Cadmio	Cd	µg/l	3,2
Cianuro (total)	CN	µg/l	753
Cobalto	Co	µg/l	60
Cobre	Cu	µg/l	45
Cromo total	Cr	µg/l	16
Molibdencio	Mo	µg/l	153
Mercurio (total)	Hg	µg/l	0,18
Níquel	Ni	µg/l	45
Plomo	Pb	µg/l	45
Zinc	Zn	µg/l	433
Compuestos aromáticos.			
Benceno.	C ₆ H ₆	µg/l	15
Tolueno.		µg/l	500



BIBLIOGRAFÍA

1. **TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA**, Corporación de Estudios y Publicaciones
2. **ELECTROGUAYAS S.A.**, Informe Anual 2003 e Informes mensuales de los Departamentos de Control Químico, Operación y Mantenimiento
3. **KIRK OTHMER**, Enciclopedia de Tecnología Química, Tercera Edición