



Asociación Nacional de Empresas Generadoras

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTABLECER LAS NORMAS DE
VERTIMIENTOS LÍQUIDOS APLICABLES AL SECTOR DE GENERACIÓN
TÉRMICA DE ENERGÍA
DECRETO 3930 DE 2010**

PROPUESTA AL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO
TERRITORIAL

Elaborado por: Carlos Alberto Sierra Ramírez
Asesor y consultor

Bogotá, 17 de junio de 2011

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
PRESENTACIÓN	5
1. GENERALIDADES	7
1.1 MEJORES PRÁCTICAS DISPONIBLES	7
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL	7
1.3 TIPOS DE VERTIMIENTO	9
1.3.1 Vertimientos de aguas residuales	9
1.3.2 Residuos líquidos	10
2. ESTUDIOS REALIZADOS	12
2.1 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO	12
2.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA A NIVEL INTERNACIONAL SOBRE PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE VERTIMIENTOS PUNTUALES	12
3. PARÁMETROS A MONITOREAR EN LOS VERTIMIENTOS DE ACUERDO CON LA ACTIVIDAD GENERADORA	15
4. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLES	18
4.1 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE VALORES LÍMITE MAXIMOS PERMISIBLES	18
4.1.1 Punto de control	18
4.1.2 Punto de descarga	18
4.1.3 Definición de VLMP	18
4.1.4 Unidades para expresar los VLMP	18
4.2 MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS VLMP	19
5. VALORES LÍMITE MÁXIMOS PERMISIBLES APLICABLES AL SECTOR TÉRMICO	21
5.1 GENERALIDADES	21
5.1.1 Zona de mezcla	21
5.1.2 Método y frecuencia de muestreo	22
5.2 LÍMITE MÁXIMOS PERMISIBLES DE VERTIMIENTOS	22
5.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL VERTIMIENTO	26
REFERENCIAS	27
ANEXO I METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE MEZCLA	28
ANEXO II SUSTENTACIÓN PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE TEMPERATURA	32
ANEXO III CONTAMINACIÓN TERMAL	35

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros propuestos por el MAVDT aplicables a generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica	15
Tabla 2. Valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales de aguas residuales industriales a cuerpos de agua continentales superficiales. Sector centrales existentes de generación térmica de energía	23

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Procesos de generación de vertimientos de aguas residuales – Diagrama de entradas y salidas</i>	Pág. 9
--	------------------

PRESENTACIÓN¹

ANDEG, Asociación Nacional de Empresas Generadoras, presenta como propuesta la siguiente metodología al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) para tener en cuenta en el establecimiento de las normas aplicables al vertimiento de las aguas residuales industriales generadas por la actividad de generación térmica de energía eléctrica.

Los objetivos de la presente propuesta metodológica son:

- Servir de herramienta de apoyo para la elaboración la resolución reglamentaria del decreto 3930 de 2010 relacionada con el establecimiento de las normas y los valores límite máximo permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas continentales superficiales (en adelante, la resolución o norma propuesta).
- Facilitar, tanto a los funcionarios de las autoridades ambientales como a los generadores del vertimiento, criterios para diligenciar los permisos de vertimientos y las actividades de seguimiento y control.
- Establecer criterios técnicos de referencia para seleccionar tanto los parámetros como los valores límite máximo permisibles (VLMP) aplicables al sector de centrales de generación térmica de energía.
- Propender porque la información requerida por las autoridades ambientales sea homogénea y de acuerdo con la actividad industrial desarrollada.
- Facilitar el tratamiento estadístico e informático de la información relacionada con los permisos de vertimiento.

Dada la amplia y compleja diversidad que envuelve los temas relacionados con la gestión de los vertimientos de aguas residuales, este es un documento que puede servir de partida sujeto a posteriores revisiones, mejoras y modificaciones para su adaptación a los cambios normativos que vayan surgiendo.

¹ Documento preparado por Carlos Alberto Sierra Ramírez para la Asociación Nacional de Empresas Generadoras

También es claro que las autoridades ambientales podrán imponer normas más exigentes cuando se crea necesario para garantizar que los cuerpos de agua receptores cumplan con los objetivos de calidad fijados.

Otro aspecto por considerar es esta propuesta metodológica cubre el caso particular de las centrales térmicas que realizan sus vertimientos a ambientes marinos, a las cuales les aplica el carácter de transitoriedad mientras el MAVDT expide la resolución específica relacionada con los vertimientos puntuales de actividades industriales a los ambientes marinos.

Teniendo en cuenta que las actividades generadoras de aguas residuales son muy diversas y que es posible establecer disposiciones normativas firmando acuerdos o convenios voluntarios y/o expidiendo normas generales que cubran varios sectores, ANDEG propone al MAVDT que considere a los efluentes de aguas residuales provenientes del sector de centrales de generación térmica de energía como **vertimientos de regulación específica** diferenciándolos de aquellos producidos por otras actividades industriales. La petición anterior se basa en el hecho de que en la generación térmica de energía en el país: i) el agua que se utiliza en su proceso productivo prácticamente solo se usa para enfriamiento y sistemas de control de emisiones, ii) solamente emplea ACPM para iniciar, en algunos casos, las unidades generadoras y estos no entran en contacto con el agua, iii) los contaminantes que se puedan generar producto de las labores de operación y mantenimiento, se producen en bajas cantidades y se manejarán de acuerdo con el Plan de Gestión de Riesgo para el manejo de vertimientos que presente la respectiva central a la autoridad ambiental competente, una vez este sea regulado por el MAVDT.

Por último, conviene recordar que existe un principio mundial² que establece que el responsable de conocer cuales son los parámetros y los VLMP de la actividad que se desarrolla es el generador del vertimiento y no la autoridad ambiental. Dado que actualmente en nuestro medio este principio es de muy difícil aplicación, este concepto fue tenido en cuenta en la elaboración de esta propuesta metodológica en los temas que se consideró aplicable.

² Referencia 2, página 117

1. GENERALIDADES

La presente metodología y procedimientos aplican, en general, a las centrales de generación de energía térmica. Se consideran todas las centrales que utilizan como combustible carbón, gas, líquidos y vapor de agua para generar energía. Los métodos aquí presentados aplican para, no sólo la unidad de combustión, sino también para las actividades anteriores y posteriores relacionadas al proceso de generación en sí.

1.1 MEJORES PRÁCTICAS DISPONIBLES

A nivel internacional el sector industrial se ha comprometido, a través de una serie de documentos conocidos como mejores prácticas o técnicas disponibles (MTD por sus siglas en español) ó BAT (por sus siglas en inglés), en la prevención y control integrados de la contaminación al ambiente.

Las mejores prácticas, contienen para la mayoría de las actividades industriales, los niveles de emisiones aconsejables para lograr un desarrollo sostenible. La metodología propuesta en este documento ha sido elaborada principalmente teniendo en cuenta el documento sobre las BAT (referencia 1).

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL

El sector de generación térmica de energía térmica (en adelante el sector) cubre un amplio rango de sistemas de combustión, técnicas y combustibles que dado el alcance de este documento no es necesario describir.

Las centrales térmicas que cubre esta propuesta metodológica son plantas que convierten combustibles fósiles en energía para la generación de electricidad. El principio básico utilizado en estas plantas es el uso de energía en forma de calor presente en un ciclo termodinámico para producir energía cinética y finalmente energía eléctrica. El ciclo termodinámico necesariamente conlleva a una pérdida de energía que repercute en la eficiencia de los procesos productivos; razón por la cual las plantas pueden ser

clasificadas de acuerdo con su eficiencia global o con la relación entre la energía generada y el calor de entrada.

La norma de vertimientos propuesta para las plantas de generación de energía térmica aplica a los vertimientos directamente resultantes de la operación normal de una unidad de generación que emplee combustible fósil (carbón, gas, fuel oil #2 y fuel oil #6).

En general en la generación de energía térmica se pueden producir vertimientos de agua en diferentes etapas del proceso industrial. La figura 1, muestra un diagrama de entradas y salidas en el cual se puede apreciar el proceso o actividad (entrada) que genera aguas residuales (salidas). Las de aguas residuales normalmente se generan en:

- Lixiviados generados en el patio de cenizas volantes y cenizas de fondo
- Efluentes del sistema de enfriamiento o descarga de enfriamiento
- Efluente de la regeneración de resinas de los sistemas de intercambio iónico
- Lixiviados generados en los patios de acopio de carbón
- Aguas de lavado en actividades de mantenimiento de la unidades (escorias)
- Separadores API

Las plantas que usan carbón generalmente almacenan su combustible en áreas descubiertas que se conocen como patios de acopio. Dicho carbón generalmente es almacenado durante varios días pero este criterio varía entre plantas. Las aguas lluvias en contacto con el carbón generan un vertimiento que contiene los contaminantes asociados al carbón y se conoce como escorrentía o lixiviados de las patios de carbón. Las características del vertimiento que se produce en los patios de carbón producto de la escorrentía dependen de la cantidad de precipitación, ubicación física y diseño del patio, características del carbón y del tiempo de almacenamiento del carbón

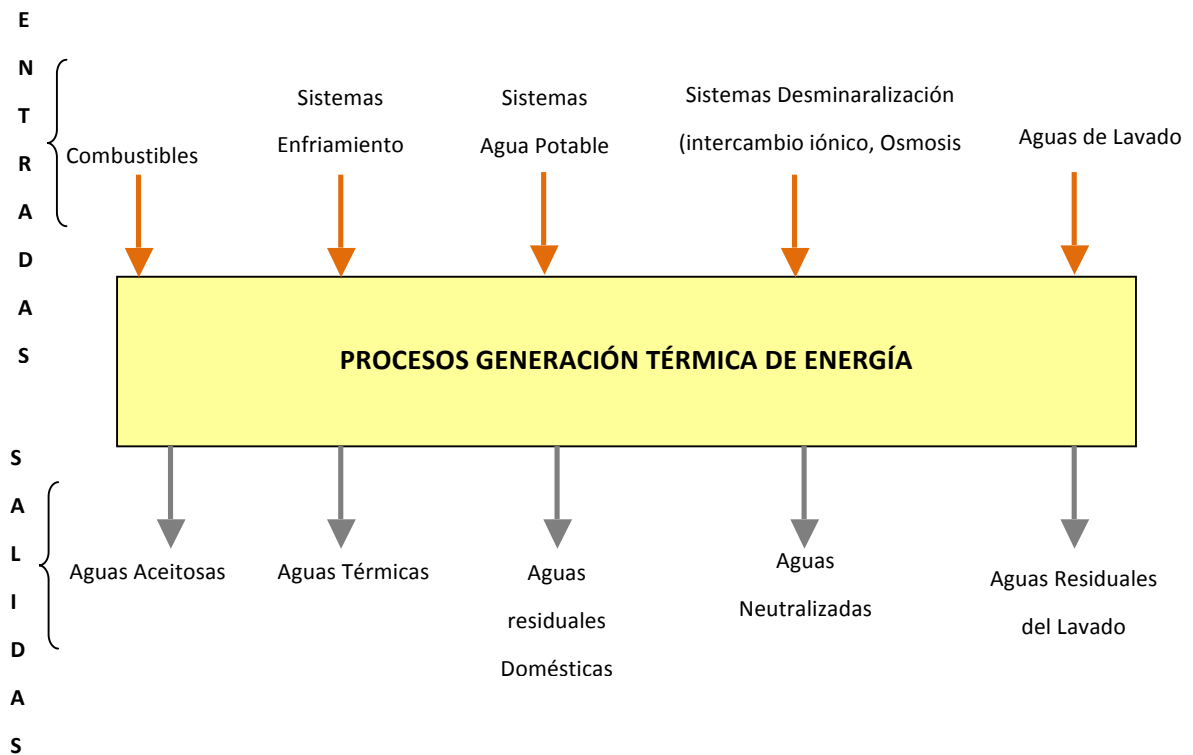


Figura 1. Procesos de generación de vertimientos de aguas residuales – Diagrama de entradas y salidas

1.3 TIPOS DE VERTIMIENTO

En el establecimiento de una norma de vertimientos líquidos a cuerpos de agua es necesario distinguir entre vertimientos de aguas residuales y residuos líquidos.

1.3.1 Vertimientos de aguas residuales

Generalmente los vertimientos de aguas residuales se pueden clasificar de la siguiente manera: i) vertimientos directos, ii) vertimientos indirectos, y iii) otros

Según el decreto 3930 de octubre de 2010, se considera un vertimiento directo a la descarga final a un cuerpo de agua que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga. Por otro lado, un vertimiento no

puntual o indirecto es aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo receptor o al suelo, tal como es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta las fuentes de generación de aguas residuales mostradas en la figura 1, en las centrales térmicas se producen vertimientos directos y otros. Los vertimientos generados en los lixiviados provenientes de los patios de acopio de carbón y/o ceniza se pueden considerar directos porque a pesar de que son producidos por la escorrentía, en todas las centrales se puede identificar el punto exacto de descarga al cuerpo receptor o al suelo.

El otro tipo de vertimientos son los que se generan cuando los residuos líquidos no son adecuadamente dispuestos y son descargados en un sistema de evacuación de aguas residuales.

1.3.2 Residuos líquidos

La combustión de combustibles fósiles está asociada a la generación de una variedad de desechos o residuos. De acuerdo con su origen, los residuos líquidos de una central térmica se pueden dividir en i) desechos directamente relacionados con los procesos de combustión, y ii) aquellos generados en las actividades de operación y mantenimiento de la planta tales como la trituración del carbón, lavados, etc..

Los residuos líquidos directamente relacionados con los procesos de combustión son:

- Las escorias y cenizas depositadas en el fondo de las calderas
- La limpieza de las tuberías
- Sulfato de calcio formado en el proceso de desulfurización

Además de los desechos que están directamente relacionados con los procesos de combustión y que normalmente se generan en volúmenes apreciables, existe la posibilidad de que se produzcan otro tipo de desechos en menores cantidades generados durante la operación y mantenimiento de las unidades de generación. Entre ellos están:

- Los residuos provenientes de las labores de limpieza
- Sobras de los procesos de trituración del carbón
- Lodos generados en los procesos de tratamiento de aguas residuales
- Resinas agotadas

La mayoría de los residuos mencionados arriba, generalmente representan un riesgo potencial de contaminación del agua. Los residuos provenientes del carbón contienen elementos metales pesados (hierro, cadmio, zinc, etc.), así como calcio y magnesio.

Es importante mencionar que de acuerdo con los lineamientos de las mejores prácticas disponibles (BTA), los residuos líquidos generados en las centrales de generación de energía térmica no deben ser descargados en los sistemas de recolección de aguas residuales. De la misma manera, el decreto 3930 de 2010 establece que cada central manejará sus residuos líquidos de acuerdo con el Plan de Gestión de Riesgo para el Manejo de Vertimientos que debe presentar la respectiva central a la autoridad ambiental competente.

2. ESTUDIOS REALIZADOS

Con motivo de la publicación de la resolución propuesta por el MAVDT para establecer las normas y los valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas continentales superficiales, ANDEG adelanta un estudio cuyo objeto es realizar la evaluación de las condiciones de vertimientos de las diferentes empresas asociadas en ANDEG, con respecto a la norma vigente (D-1594 de 1984) y proyectos normativos aplicables (decreto 3930 y sus resoluciones reglamentarias).

Una de las fases del estudio consistió en realizar el diagnóstico del sector mediante el cual se pudo establecer el estado actual de cada central y del gremio (termoeléctricas) con respecto a la norma sobre vertimientos propuesta por el MAVDT.

2.1 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO

ANDEG presentó el 19 de mayo de 2011 al MAVDT el documento de avance que contiene los resultados del diagnóstico (referencia 5), del sector respecto de la norma regulatoria para vertimientos propuesta sobre los parámetros y límite máximos permisibles aplicables al sector de generadores de energía térmica.

Con base en los resultados presentados en el documento de diagnóstico (referencia 5), la revisión bibliográfica sobre normas de vertimientos aplicables al sector térmico (referencia 6), la experiencia y aporte de los funcionarios encargados de la gestión ambiental de las centrales y la asesoría del consultor experto en calidad del agua, se ha preparado la lista de parámetros y límites máximos permisibles que se proponen en los capítulos siguientes que componen este documento.

2.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA A NIVEL INTERNACIONAL SOBRE PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE VERTIMIENTOS PUNTUALES

Tal como quedó especificado en los términos de referencia (referencia 6), hace parte del diagnóstico o primera fase de este proyecto, la elaboración de una revisión bibliográfica

sobre parámetros y límites máximos permisibles de vertimientos puntuales aplicables al sector de la generación térmica de energía a nivel mundial.

El propósito fundamental de la revisión bibliográfica fue el comparar la norma propuesta por el MAVDT con las normas internacionales y sacar conclusiones sobre los parámetros y límites máximos permitidos incluidos, así como los métodos empleados para seleccionar los parámetros y establecer los valores límites.

Durante la realización de las visitas a las centrales se encuestó y consultó a los funcionarios encargados de la gestión ambiental en las plantas sobre los países por incluir en la revisión bibliográfica partiendo de la siguiente propuesta:

- Uno o dos países de condiciones similares a Colombia.
- Mínimo un país de Latinoamérica de mejores condiciones socioeconómicas que Colombia.
- Normas de los Estados Unidos.
- Mínimo dos países industrializados diferentes a los Estados Unidos.
- Selección aleatoria de otros dos países que se considere aportan valor agregado a la revisión bibliográfica.

Como resultado de la revisión bibliográfica se encontró que solamente tres países a nivel mundial, Estados Unidos, España y Alemania tienen regulación específica sobre vertimientos líquidos producidos por centrales generación de energía térmica. Por lo tanto, en la reunión celebrada el 2 de mayo de 2011, el comité ambiental de ANDEG acordó incluir los siguientes países en la revisión bibliográfica:

- Estados Unidos
- España
- Alemania

- Chile y Brasil, como países latinoamericanos de mejores condiciones que Colombia
- Perú, como el país de condiciones similares a Colombia
- Japón como país industrializado y que se considera aporta valor agregado sobre el tema.

3. PARÁMETROS A MONITOREAR EN LOS VERTIMIENTOS DE ACUERDO CON LA ACTIVIDAD GENERADORA

Las variables, parámetros o sustancias que contaminan los cuerpos de agua son muchas y fundamentalmente su efecto sobre el cuerpo receptor depende de sus características fisicoquímicas y biológicas.

Es bueno mencionar que para establecer una norma de vertimientos hay dos principios que se deben aplicar:

- **Selección de los parámetros a monitorear.** Existe un principio internacional o mundial que establece que el responsable de conocer cuáles son los parámetros a monitorear según la actividad, debe ser el titular o generador del vertimiento.
- **Parámetro característico.** Se entiende por parámetro característico de una determinada actividad generadora de vertimientos aquel que en condiciones normales de funcionamiento de la actividad y de operación de sus instalaciones de tratamiento, estará presente en el vertimiento. Por lo tanto, los parámetros característicos deben guardar una relación causa-efecto con los procesos que generan el vertimiento.

Teniendo en cuenta la actividad industrial que desarrollan las centrales térmicas, estas fueron clasificadas por el MAVDT como clase 4010, correspondientes a aquellas empresas que generan, transmiten, distribuyen o comercializan energía eléctrica. De acuerdo con dicha clasificación, la tabla 1 presenta los parámetros característicos por monitorear en los vertimientos que se realizan a cuerpos de agua continentales superficiales.

Tabla 1. Parámetros propuestos por el MAVDT aplicables a generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica

PARÁMETRO A MONITOREAR	UNIDADES
pH ⁽¹⁾	unidades
Temperatura ⁽¹⁾	°C
Conductividad eléctrica ⁽¹⁾	μS/cm
Acidez total	mg/L CaCO ₃
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃
DBO ₅	mg/L
SST	mg/L
DQO	mg/L
Sólidos sedimentables (SSED)	mL/L
Grasas y Aceites	mg/L
Fenoles	mg/L
SAAM	mg/L
Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP)	mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L
Níquel (Ni)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L
Zinc (Zn)	mg/L
Carga DQO	kg/d

⁽¹⁾ Parámetros a medir In Situ

De la lista original de los parámetros propuestos por el MAVDT en el proyecto de resolución regulatoria se consideró que se debe excluir los PCB de los parámetros a monitorear por parte del sector de generación de energía térmica por las siguientes razones:

- i) Los PCB son compuestos que en la generación de energía térmica, no existe posibilidad de que entren en contacto con el agua que se emplea en el proceso productivo.
- ii) En la industria de la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía, los PCB antiguamente se utilizaron como aislante en los transformadores usados en la distribución de energía. Actualmente, en la fabricación de los transformadores se emplean materiales diferentes a los PCB como aislantes y su presencia muy poco probable en las termoeléctricas.
- iii) Los PCB son considerados sustancias peligrosas y como tal su manejo estará contemplado en el Plan de Gestión de Riesgos.

Por considerar que la lista de parámetros incluidos en la tabla 1 caracteriza adecuadamente los vertimientos líquidos generados en las centrales térmicas, se propone que estos sean los parámetros aplicables al sector.

Sin embargo, cuando alguno(s) de los parámetro(s) incluidos en la tabla 1 durante dos (2) monitoreos consecutivos su concentración esté por debajo del **límite detectable** del método analítico usado por el laboratorio, se considerará que su concentración no es significativa o que la sustancia no está presente el vertimiento y por lo tanto se monitoreará, a nivel de chequeo, con una frecuencia de cinco años. Lo anterior no aplica en los casos en que se presente la ampliación, modificación, reubicación de las instalaciones o una reconversión de los procesos industriales.

4. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLES

4.1 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE VALORES LÍMITE MAXIMOS PERMISIBLES

Con el propósito de unificar los conceptos relacionados con el establecimiento de los valores límite máximos permisibles de los parámetros en vertimientos a cuerpos de agua continentales superficiales, a continuación se definen o repasan algunas definiciones:

4.1.1 Punto de control

Según el decreto 3930 de 2010 el punto de control es el lugar técnicamente definido y acondicionado para la toma de muestras de las aguas residuales localizado entre el sistema de tratamiento y el punto de descarga.

4.1.2 Punto de descarga.

Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua.

4.1.3 Definición de VLMP

En el decreto 3930 de octubre de 2010 así como en la resolución propuesta sobre los VLMP, no se encuentra la definición del término *valores límite máximos permisibles*. Teniendo en cuenta que es necesario en el establecimiento de la norma de vertimientos la definición de dicho término, para el sector de térmicas se entiende por valor límite permisible de un parámetro en el vertimiento a cuerpos de agua superficiales continentales, la siguiente: la cantidad o la concentración de un contaminante o grupo de contaminantes cuyo valor no debe ser superado por el vertimiento considerando el o los periodos establecidos.

4.1.4 Unidades para expresar los VLMP

El VLMP es la cantidad máxima que se puede verter de una determinada sustancia. El VLMP se aplica sobre el efluente industrial y la toma de la muestra debe realizarse en el

punto de control, en particular antes de que se una con otras aguas residuales para su vertido final. Su valor debe ser determinado considerando las propiedades químicas y ecotoxicológicas de la sustancia misma y los umbrales de peligrosidad según su concentración. Las unidades en que se debe expresar un VLMP son:

- **Unidades de concentración.** Cantidad máxima expresada en mg/L o µg/L
- **Carga contaminante.** Cantidad máxima de una sustancia reportada en unidades de masa del contaminante por unidad del elemento característico de la actividad industrial (por ejemplo, unidad de masa por unidad de tiempo, de materia prima o de producto). El valor se expresa normalmente en kg/t de materia transformada o de producción.
- **Combinación de concentración y carga contaminante.** Las dos formas descritas anteriormente pueden utilizarse para expresar un VLMP y en estos casos suponen la obligación de su cumplimiento simultáneo.

Los límites expresados en carga contaminante tienen la ventaja de estar relacionados con la actividad productiva debido a que se puede determinar la cantidad de materia prima necesaria por cada unidad de producción y se puede conocer el rendimiento obtenido, es decir, la cantidad de materia prima que efectivamente hace parte del producto final. Si se realiza un balance de energía o materia se puede conocer los sobrantes que serán eliminados a través del vertimiento. Lo anterior significa que la carga contaminante es el tipo de unidades que mejor pueden expresar la norma impuesta al vertimiento ya que permiten detectar posibles prácticas fraudulentas de dilución de la sustancia contaminante. Sin embargo, para controlar el vertimiento por medio de una inspección, son más efectivos los límites expresados en concentración, ya que mediante una muestra puntual permiten evaluar el cumplimiento de la norma.

Como las autoridades ambientales en el país controlan los vertimientos por inspección, los VLMP propuestos en esta propuesta metodológica están expresados en unidades de concentración.

4.2 MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS VLMP

La evaluación de los límites de vertimiento debe realizarse aplicando dos métodos, estableciendo como valor límite el más restrictivo de los dos.

- i) De acuerdo con la actividad industrial generadora del vertimiento. En estos casos la autoridad ambiental fija los VLMP teniendo en cuenta diferentes fuentes de información, entre las cuales la más idónea debería ser las mejores técnicas disponibles (BAT o MTD).
- ii) En función de los objetivos de calidad establecidos en el tramo del cuerpo de agua en el cual se realiza el vertimiento (efecto del vertimiento).

La norma propuesta por el MAVDT tiene un “enfoque combinado” dado que establece que los parámetros y los VLMP corresponderán a los necesarios para alcanzar los objetivos de calidad; es decir, fija los límites y que una vez hecho esto se debe analizar si son compatibles con la consecución de los objetivos de calidad del cuerpo receptor, en caso contrario se deben establecer límites más rigurosos. A este enfoque combinado es al que se llega mediante la **evaluación ambiental del vertimiento**, tema del que trata el artículo 43 del decreto 3930 de 2010.

Conservando el “espíritu” de la ley, en el siguiente numeral se propone la metodología para que el MAVDT considere a las térmicas asociadas en ANDEG como un **sector con vertimientos con regulación específica**. El sector térmico se puede considerar un sector con regulación de vertimientos específica entre otras por las siguientes razones:

- Las razones expuestas en la presentación de este documento.
- En países desarrollados como España, Alemania y Estados Unidos, el sector se trata de forma independiente ya sea porque sus actividades productivas así lo amerita o porque se ha firmado un acuerdo o un convenio voluntario con la autoridad ambiental competente.
- En las BAT es considerado un sector aparte.

5. VALORES LÍMITE MÁXIMOS PERMISIBLES APLICABLES AL SECTOR TÉRMICO

5.1 GENERALIDADES

Siguiendo la estructura del decreto 3930 y sus resoluciones regulatorias propuestas el contenido de una norma de vertimientos se puede considerar compuesto de tres partes principales:

- i) Valor límite de vertimiento.
- ii) Procedimiento de vigilancia y control de vertimientos.
- ii) Método de medida de referencia.

Con respecto las dos últimas partes, su contenido e incumbencia se escapan al alcance de la actividad generadora del vertimiento. El procedimiento de vigilancia y control es responsabilidad del la autoridad ambiental competente y el método de medida de referencia es asunto de los laboratorios acreditados ante el IDEAM.

En cuanto al valor límite de vertimiento, el responsable debe ser del titular o generador del vertimiento dado que estos actores tienen que contribuir al cumplimiento de los objetivos de calidad. Teniendo en cuenta este principio y aplicándolo donde se cree conveniente, esta propuesta establece la metodología con que el sector le propone al MAVDT determinar los VLMP.

La metodología propuesta está elaborada considerando que los VLMP no solo deben ser definidos con base en la actividad generadora del vertimiento y la técnica productiva aplicada, sino que, además, deben tenerse en cuenta las características del cuerpo receptor.

5.1.1 Zona de mezcla

La zona de mezcla es un término que debe quedar claramente definida su forma de cálculo porque determina el área donde se produce la mezcla homogénea entre el agua y contaminante.

En general, según la revisión bibliográfica realizada, la zona de mezcla se puede determinar aplicando los siguientes criterios:

- En España³ no existe una definición legal de hasta donde se extiende la zona de mezcla, aunque como indicación puede considerarse que se ha producido la mezcla completa cuando la variación de concentraciones del parámetro considerado en una sección transversal del río es menor del 5%.
- En la normatividad peruana, se toma como longitud de mezcla una distancia igual⁴ a un radio de 5 (cinco) veces el ancho de su cauce en el punto de descarga.
- Utilizando ecuaciones empíricas elaboradas en función de las características geométricas de la sección transversal en el tramo en cual se realiza el vertimiento.

Mientras el MAVDT expide la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico, la zona mezcla se calculará teniendo en cuenta el tercer criterio mencionado porque se considera más representativo de las condiciones locales. La metodología de cálculo propuesta se presenta en el anexo I. Sin embargo, aquellas empresas que a la fecha hayan identificado mediante monitoreos sólidamente diseñados sus zonas de mezcla, estas serán aprobadas por la autoridad ambiental competente.

5.1.2 Método y frecuencia de muestreo

Hasta que el MAVDT no expida el protocolo para el monitoreo de los vertimientos en aguas superficiales, el método y frecuencia de muestreo serán los que cada una de las centrales tenga impuesta por la respectiva autoridad ambiental competente.

También, la frecuencia de muestreo, impuesta por la autoridad ambiental competente, se podrá ampliar cuando se presente el caso nombrado en el último párrafo del capítulo 3.

5.2 LÍMITE MÁXIMOS PERMISIBLES DE VERTIMIENTOS

En el ejercicio de revisión de la norma de vertimientos propuesta por el MAVDT, ANDEG a través de su grupo de asesores y funcionarios encargados de la gestión ambiental en cada una de las centrales, considera que la legislación debe ser flexible; por lo tanto,

³ Manual para la gestión de vertidos, Ruza, J et al., Ministerio del medio ambiente, 2007

⁴ RESOLUCIÓN DIRECCIONAL N° 008-97EM/DGAA

propone que la lista de parámetros y sus VLMP asociados debe establecerse en un rango y no ser un valor fijo de tal manera que permita tener en cuenta:

- Las condiciones locales tales como el factor de dilución.
- Los procesos y la técnica de producción; por ejemplo, la utilización o no de carbón en el proceso de generación.
- Las características del agua afluente.

En vista de lo anterior en la tabla 2 se propone, para los efluentes de las aguas residuales industriales en las instalaciones existentes, los VLMP que el sector de térmicas asociadas en ANDEG considera que puede cumplir razonablemente. Estos límites están establecidos con base en los siguientes criterios:

1. Lista de emisiones asociadas a la descarga de aguas en grandes centrales de generación térmica de energía establecidas en las BAT por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés).
2. Lista de parámetros y valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas a cuerpos de agua continentales superficiales propuesta por el MAVDT.
3. Resultados del diagnóstico (Ver referencia 5).
4. Estudio comparativo entre normas de vertimientos aplicables a centrales térmicas (Ver referencia 6).

Tabla 2. Valores límite máximos permisibles de parámetros en vertimientos puntuales de aguas residuales industriales a cuerpos de agua continentales superficiales
Sector centrales existentes de generación térmica de energía

GRUPO CONTAMINANTE O PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLES TENIENDO EN CUENTA LA CAPACIDAD DE DILUCIÓN	NOTAS
pH	unidades	5 - 9		(1) (2)
Temperatura	°C	La temperatura del vertimiento no deberá exceder de 40 °C, ni deberá incrementar en más de 10 °C la temperatura del cuerpo receptor medida en la zona de mezcla		(1) (3)
Conductividad eléctrica	µS/cm	NA	NA	(1)
Acidez total	mg/L CaCO ₃	NA	NA	(1)
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	NA	NA	(1)
DBO ₅	mg/L	20	200	(4)
SST	mg/L	35	200	(4)
DQO	mg/L	250	400	(4)
Sólidos sedimentables (SSED)	mL/L	2	5	(2)
Grasas y Aceites	mg/L	10	20	(5)
Fenoles	mg/L	0,2	0,5	(5)
SAAM	mg/L	5,0	5,0	(6)
Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP)	mg/L	5,0	5,0	(6)
Cadmio (Cd)	mg/L	0,04	0,05	(5)
Níquel (Ni)	mg/L	0,5	0,5	(5) (6)
Plomo (Pb)	mg/L	0,2	0,2	(6)
Zinc (Zn)	mg/L	1,0	1,0	(6)
Carga DQO	kg/d	Cuando la carga contaminante en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas a cuerpos de agua continentales superficiales de generadores que desarrollen actividades industriales sea superior a 4000 kg/d de DQO, se deberá efectuar la gestión del mismo de tal manera que la concentración en el vertimiento sea menor a 400 mg/L		(6)

NA: No aplica significa que no tiene asociado un VLMP

Nota (1): Parámetros a medir in situ.

Nota (2): Es el rango de variación que se presenta con mayor frecuencia o más se repite a nivel internacional (ver referencia 6).

Nota (3): El establecimiento de este VLMP está sustentado en los anexos II y III que hacen parte de este documento y se recomienda leer.

Nota (4): El rango fue construido asignando al valor inferior el nivel de emisión propuesto por BAT mientras que el nivel superior es el límite propuesto por el MAVDT.

Nota (5): El rango fue construido asignando al valor inferior el nivel de emisión propuesto por MAVDT mientras que el nivel superior es el que más frecuente reportado a nivel mundial.

Nota (6): Se conserva la norma propuesta por el MAVDT.

Mientras el MAVDT expide el protocolo para el monitoreo de los vertimientos en aguas superficiales de que trata el artículo 34 del decreto 3930 de 2010, todos los valores se refieren a los valores obtenidos durante un muestreo compuesto representativo del proceso industrial excepto cuando se establezca lo contrario.

Para medición de los valores de la temperatura in situ sobre el cuerpo de agua se tomarán como mínimo dos datos: a 0,2H y 0,8H; donde H es el valor de la profundidad tomada en el centro de la sección desde la superficie. Se utilizará como valor a comparar con los VLMP de la tabla 2, el promedio de los tres o más datos medidos.

De acuerdo con los valores propuestos en la tabla 2, los generadores de vertimientos pueden aumentar los límites máximos permisibles teniendo en cuenta la capacidad de dilución del cuerpo de agua receptor⁵; para ello se utilizará la ecuación (1):

$$c_i = T_{li} * (1 + fd) \quad (1)$$

C_i = Límite máximo permitido para el contaminante i ,

T_{li} = Límite máximo permitido para el contaminante i , considerando fd

fd = Factor de dilución que se debe calcular con la ecuación (2):

$$fd = \frac{\tilde{q}_{max}}{Q_a} \quad (2)$$

\tilde{q}_{max} = Caudal medio vertido durante el mes de máxima producción de vertimientos líquidos

Q_a = Caudal ambiental según sea definido por el MAVDT

⁵ Metodología adaptada de la norma chilena presentada en la referencia 8

A continuación se muestra un ejemplo de cómo determinar el VLMP de un vertimiento teniendo en cuenta el factor de dilución:

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA NORMA PROPUESTA		
Datos	Valor	Cálculos
q_{max} (m ³ /s)	0,5	
Q_a (m ³ /s)	1,02	
fd	= 0,5/1,02 = 0,49	
Límite máximo permitido DBO₅ (mg/L)		= 20 (1+0,49) = 29,8

Si el C_i calculado es superior al establecido en la tabla 2, entonces la concentración máxima permisible para el parámetro i será el indicado en la última columna de la tabla 2.

5.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL VERTIMIENTO

Si en el proceso de renovación o solicitud del permiso de vertimientos *la evaluación ambiental del vertimiento* de que trata el artículo 43 del decreto 3930 de 2010, como resultado demuestra que los parámetros y VLMP presentados en las tablas 1 y 2 se pueden variar sin que se alteren los objetivos de calidad definidos para el cuerpo de agua receptor, la central respectiva elaborará y presentará a la autoridad ambiental competente para su aprobación, la lista de parámetros y VLMP aplicable a su caso particular.

De la anterior manera se estaría dando cumplimiento al principio mundial mencionado con anterioridad de que el responsable de definir cuales son los parámetros y los VLMP de la actividad que se desarrolla es el generador del vertimiento y no la autoridad ambiental.

REFERENCIAS

1. Environmental Protection Agency, BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Energy Sector (Large Combustion Plant Sector), 1st Edition, Wexford, Ireland, 2007.
2. Ruza, J et al, "*Manual para la gestión de vertidos*", Ministerio del medio ambiente, RESOLUCIÓN DIRECCIONAL No 008-97EM/DGAA, España, 2007
3. Universidad de los Andes., "*Concentraciones de referencia para los vertimientos industriales a la red de alcantarillado y de los vertimientos industriales y domésticos efectuados a cuerpos de agua de la ciudad de Bogotá*", Bogotá.
4. Sierra R., Carlos A., "*Calidad del agua – Evaluación y diagnóstico*", Editorial de la U, Medellín, 2011.
5. ANDEG, "*Formulación de la metodología y procedimientos para establecer las normas de vertimientos líquidos aplicables al sector de generación térmica de energía-Decreto 3930 de 2010*", Informe de diagnóstico, Bogotá, Mayo 2011
6. ANDEG., "*Análisis comparativo: Normas de vertimiento de centrales de generación eléctrica. Termicas*". Bogotá, Mayo 2011.
7. THOMANN V., MUELLER JOHN. Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. Harper & Row, New York, 1987.
8. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. "*Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales*", D.S. N° 90 de 2000. Santiago de Chile, 2000.

ANEXO I

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE MEZCLA

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE MEZCLA⁶

A continuación se presenta la metodología propuesta para determinar la zona de mezcla en el caso de un vertimiento en una corriente de agua en ausencia de un estudio de trazadores. Las ecuaciones planteadas son funciones obtenidas mediante correlaciones realizadas en estudios de calidad del agua. Originalmente las ecuaciones por plantear fueron propuestas por Thomman (referencia 7).

Las descargas pueden incluir los vertimientos de plantas de tratamiento de aguas residuales, alcantarillados combinados o aguas de escorrentía provenientes de actividades agrícolas y urbanas.

Cuando se trata de descargas puntuales es necesario determinar la distancia en la corriente a la cual el vertimiento se mezcla completamente con las aguas de la corriente. Esto se conoce comúnmente como longitud de mezcla (L_m) y su aplicación más importante es en la ubicación de las estaciones de muestreo pues estas se deben localizar después de L_m para tener en cuenta el efecto de la dilución.

Se empieza analizando el punto de vertimiento justo en el sitio donde ocurre la descarga y la primera suposición clave que se hace es que el río es homogéneo con respecto a las variables de calidad del agua a lo largo del río (lateralmente) y a la profundidad (verticalmente). Tal como lo muestra la Figura A1, la descarga se puede hacer desde la orilla directamente (Figura A1 (a)) desarrollándose usualmente una mancha o pluma que gradualmente se extiende a través del río y sobre toda la profundidad. Si por el contrario, para mejorar las condiciones de dilución, la descarga se hace desde el centro o mitad de la sección a través de un difusor (Figura A1(b), por ejemplo, una tubería perforada a lo largo de la sección), entonces la pluma es más uniforme y el efecto de la descarga se diluirá a una distancia menor.

En ambos casos, el cálculo de la distancia desde el punto donde ocurre el vertimiento para completar la mezcla es un tópico relativamente complicado cuyo efecto real debe ser determinado utilizando trazadores. Sin embargo, el orden de magnitud de la distancia desde una fuente

⁶ Tomado de la referencia 4

Descarga puntual a la zona de mezcla completa puede ser simplificado teniendo en cuenta lo propuesto por

Sección Fischer et al. (1979).

Sección

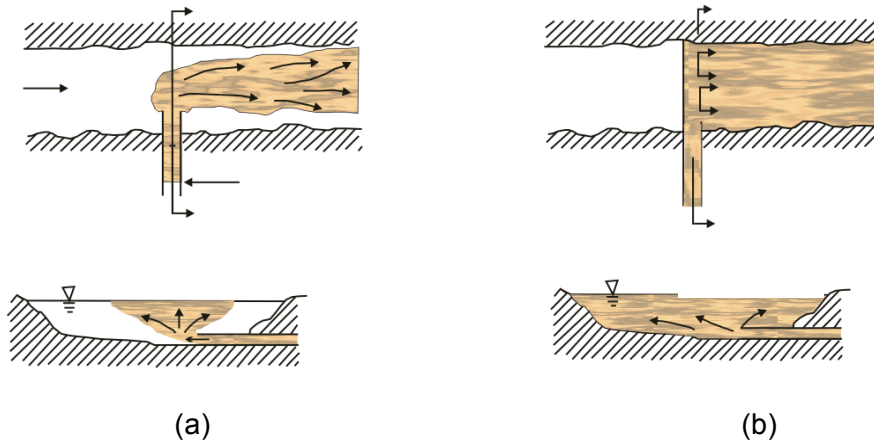


Figura A1 Tipos de descargas de aguas residuales en una corriente (Reproducido de la referencia 7)

Ya sea para cualquiera de los dos tipos de descarga que se muestran en la Figura A1, se propone calcular un coeficiente de dispersión lateral para luego determinar la longitud de mezcla. La ecuación propuesta para determinar el coeficiente de dispersión lateral es:

$$E_{lat} = 0,6Hv^* \quad (A1)$$

$$v^* = \sqrt{gHS} \quad (A2)$$

Para una descarga realizada desde la orilla, la longitud de mezcla será:

$$L_m = 0,4 * v * \frac{B^2}{E_{lat}} \quad (A3)$$

Para una descarga en la mitad de la corriente, la longitud de mezcla será:

$$L_m = 0,1 * v * \frac{B^2}{E_{lat}} \quad (A4)$$

Donde, L_m es la distancia desde la fuente a la zona donde la descarga se mezcla lateralmente.

En las ecuaciones anteriores, las variables son:

v : Velocidad promedio, m/s

v^* : Velocidad del agua en el plano de cizalla, m/s

B : Ancho promedio, m

H : Profundidad promedio, m

Nota: las características hidráulicas de la sección con la cual se determine la longitud de mezcla, deben corresponder a las determinadas bajo condiciones de caudal ambiental.

Ejemplo de cálculo

Determinar la longitud de mezcla en el vertimiento que realiza una planta industrial que descarga desde la orilla de un corriente de agua teniendo los siguientes datos característicos:

Ancho = 30 m, profundidad = 0,9 m, velocidad = 0,9 m/s y pendiente = 0,02%

Solución:

1) Velocidad del agua en el plano de cizalla, m/s

$$v^* = \sqrt{gHS} = \sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,9m * 0,0002} = 0,042 \frac{m}{s}$$

2) Coeficiente de dispersión lateral

$$E_{lat} = 0,6Hv^* = 0,6 * 0,9m * 0,042 \text{ m/s} = 0,023 \text{ m}^2/\text{s}$$

3) Longitud de mezcla

Empleando la ecuación A3 se tiene:

$$L_m = 0,4 * v * \frac{B^2}{E_{lat}} = 0,4 * 0,9 \frac{m}{s} * \frac{30^2 m^2}{0,023 \frac{m^2}{s}} \cong 14.087 \text{ m}$$

ANEXO II

SUSTENTACIÓN PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL VALOR LÍMITE MÁXIMO
PERMISIBLE DE TEMPERATURA

SUSTENTACIÓN PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE TEMPERATURA

Para el establecimiento del valor límite máximo permisible de temperatura se tuvo en cuenta:

1. El estado actual o diagnóstico realizado

El siguiente cuadro resume las variaciones de temperatura en la zona de mezcla para algunas de las centrales térmicas asociadas en ANDEG en las cuales se tienen datos de temperatura en la zona de mezcla.

EMPRESA	MAYOR gradiente de variación de temperatura (°C)
GENSA (Termopaipa I, II y III)	15
TEBSA	7,09
TERMOTASAJERO	14
TERMOPAIPA IV	3,6

Como puede observarse ninguna de las centrales está en condiciones actualmente de cumplir razonablemente con la norma propuesta. Su cumplimiento significaría incurrir en altas inversiones que el sector no está en condiciones de realizar.

2. El límite actualmente propuesto

Durante la revisión bibliográfica⁷ la norma de variación de los 3 °C es un valor propuesto en el manual de mejores prácticas de la EPA (ver referencia 1) adoptado por la legislación europea (ver referencia 2), Perú y Brasil. Si se tiene en cuenta que:

- La fuente original de la norma fue establecida en un país localizado en una zona templada donde las variaciones climáticas son estacionales y no diurnas como en el

⁷ Ver referencia 6

trópico. Por ejemplo, es común que en la sabana Cundiboyacense durante la noche el agua tenga temperaturas por debajo de las 5 °C y al final de la mañana alcance más de 15 °C.

- La norma propuesta está redactada en función de la diferencia de temperatura entre el vertimiento y la temperatura del cuerpo receptor antes del vertimiento. Todas las normas establecidas en función del cambio de temperatura tienen en cuenta es el gradiente en el cuerpo de agua.
- Todos los estudios sobre el efecto de la temperatura sobre biota acuática reportados en la literatura han sido realizados en zonas templadas (Ver anexo 3).
- No todo es malo: existen casos reportados en la literatura en los cuales el incremento en la temperatura del agua a generado beneficios en la calidad del agua (Ver anexo 3).

En consecuencia se considera que la siguiente norma con respecto a la temperatura aplicable al sector de térmicas es un límite razonable y logable: ***“La temperatura del vertimiento no deberá exceder de 40 °C, ni deberá incrementar en más de 10 °C la temperatura del cuerpo receptor medida en la zona de mezcla*”**

ANEXO III

CONTAMINACIÓN TERMAL

Preparado por: Carlos Alberto Sierra Ramírez

M.Sc. Water Resources Engineer

CONTAMINACIÓN TERMAL

Preparado por: Carlos Alberto Sierra Ramírez

M.Sc. Water Resources Engineer

1. DEFINICIÓN

En términos generales se entiende por contaminación termal la degradación de la calidad del agua por cualquier proceso que cambie la temperatura del agua. La contaminación termal es a menudo asociada al incremento de la temperatura del agua en ríos, lagos o el océano debido al vertimiento de aguas “calientes” producto de alguna actividad industrial tales como la generación de energía. Ahora, no solamente los vertimientos industriales pueden incrementar la temperatura del agua en la fuente receptora sino que los incrementos también se pueden presentar en aquellos casos en que la deforestación ocasiona que no haya sombra y cuando el agua es altamente turbia. En estos dos casos, el agua absorbe mayor cantidad de energía solar y puede incrementarse su temperatura.

2. EFECTOS AMBIENTALES DE LA CONTAMINACIÓN TERMAL

2.1 Efectos negativos

Entre los efectos negativos más importantes de la contaminación termal están:

- “shock termal”
- Cambios en la concentración de oxígeno disuelto
- La redistribución de los organismos en el hábitat local
- Cambios en la especiación química de las sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas en el agua

Aquellos peces que no soportan cambios bruscos de temperatura, se dice que sufren de *estenotermia*, esto quiere decir que sólo pueden vivir en un margen estrecho de

temperatura; así por ejemplo si la variación de temperatura es más alta de 6 °C⁸ ciertas especies de peces morirían por shock térmico. Es importante anotar que ***solo los peces de aguas antárticas*** son los que sufren de estenotermia.

Pequeños cambios en la temperatura a largo plazo pueden afectar la capacidad reproductiva de algunos organismos acuáticos y también volverlos más susceptibles a sufrir ciertas enfermedades. Las aguas frías contienen más cantidad de oxígeno que las calientes por lo tanto los incrementos de temperatura pueden disminuir la capacidad de oxigenación del cuerpo de agua. Adicionalmente, la temperatura decrece normalmente con la altura, factor altamente relevante en ambientes tropicales debido a la topografía y a la variación de microclimas regionales y a mayor altitud hay menos proporción de oxígeno en el aire. Este decrecimiento de la temperatura con la altura recibe la denominación de Gradiente Vertical de Temperatura, definido como un cociente entre la variación de la temperatura y la variación de altura, entre dos niveles.

La tasa de descomposición de la materia orgánica es mayor a temperaturas altas lo que puede ocasionar que se agote el oxígeno disuelto en el cuerpo de agua. Sin embargo en el trópico las tasas y velocidades de intercambio iónico y degradación son altamente favorecidas por temperaturas ambiente superiores a 25°C. Este factor favorece la compensación de pérdidas entre diferentes compartimentos como agua, sedimento e interface agua-sedimento.

La composición y la diversidad de las comunidades en la vecindad de las descargas de aguas de enfriamiento industrial puede verse adversamente afectadas por los incrementos de temperatura, especialmente aquellas más sensibles al cambio térmico. Los efectos pueden notarse en el aumento de las tasas de mortalidad y migración hacia ambientes más favorables. Se supone que el efecto negativo se produce más fuertemente en el área local inmediata al vertimiento y que el efecto de la contaminación térmica varía a lo largo de un gradiente longitudinal dependiendo del caudal de vertimiento y el receptor.

⁸ http://www.gencat.cat/cur/m24_es.htm

2.2 Efectos positivos⁹

Así como hay estudios que muestran el efecto negativo de los incrementos de temperatura en el agua, también hay estudios que reportan casos en que los aumentos en la temperatura del agua han mejorado el ecosistema acuático receptor.

Para no entrar en detalles sobre el tema, a continuación se citan textualmente los escritos en los cuales se reportan “beneficios” que pueden ocurrir cuando se presenta un incremento moderado en la temperatura del agua en un ecosistema:

i) Termotolerancia

La planta de generación de energía nuclear Nanwan Bay en Taiwan empezó operaciones en 1988. En ese año un estudio mostró que el efluente “caliente” de la planta blanqueaba el coral *Acropora grandis* en dos días a una temperatura de 91.4°F (33 °C). En 1990 se tomaron muestras del mismo coral y el blanqueamiento no se inició hasta el sexto día exponiéndolos a la misma temperatura. Lo anterior pareció indicar que la **termotolerancia** de estos corales aumentó debido a la producción de ciertas proteínas que ayudan a proteger muchos organismos de los daños potenciales que pueda ocasionar un aumento de la temperatura.

ii) Incrementos en la población de algunas especies

La población de algunas especies puede incrementarse debido a la descarga de efluentes procedentes de aguas de enfriamiento. En la bahía de San Diego, en la vecindad de la descarga de una central de generación de energía, es en el único sitio en California donde se encuentran tortugas en altas poblaciones.

⁹ <http://www.pollutionissues.com/Te-Un/Thermal-Pollution.html>

iii) Usos del efluente de las plantas térmicas en acuicultura¹⁰

En la operación comercial de un acuacultivo de ostras en el estado de Long Island (USA), se utiliza agua “caliente” proveniente del efluente de la compañía “Long Island Lighting” en el cultivo de ostras. El período normal de crecimiento de las ostras se redujo de 4 – 6 a 2,5 – 3,5 años. Esto ha reportado beneficios económicos hasta por \$US 5 millones anuales.

iv) Salvavidas de manatíes en La Florida (USA)

By: Larry Deysher

“Thermal pollution from power plants in Florida turned out to be a lifesaver for the state's threatened manatee population. The ecology changed when irrigation wells and diversion channels that support Florida's agricultural development severely impacted the natural springs that moderate river-water temperatures. Manatees cannot survive in cold water and naturalists feared that irregular cold snaps would put the sea mammals at risk. Manatees, however, discovered the power-plant discharge zones and today, naturalists take advantage of cold weather to tally manatee population as the herds gather at local power plants”.

En el anterior comentario, se expone el caso en el cual una especie en vía de extinción como el manatí ha encontrado un hábitat propicio para su reproducción cerca a las aguas del efluente de unas centrales de generación de energía

v) Lagos de enfriamiento en la planta de generación térmica de GENSA en Paipa (Boyacá).

¹⁰ <http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull166/16604702832.pdf>

Para todos no es extraño presenciar actividades de recreación, canopaseo y pesca, cuando se pasa por la vía que conduce de Paipa hacia Tunja. Dichas actividades no se aprecian en el tramo del río Chicamocha que hay entre Tunja y Termopaipa IV.

3. ALGUNAS DE LAS SOLUCIONES:

Entre las soluciones que recomienda la literatura con respecto al control de la contaminación térmica del agua se pueden citar:

1. Transformar el exceso de calor en electricidad.
2. Reciclaje del agua utilizada en los procesos de enfriamiento. Se espera a que el agua utilizada se enfríe y se vuelve a usar.
3. Utilizar tecnología más eficiente en el consumo energético.
4. Monitoreos rigurosos a los efluentes industriales para mantener la temperatura de la descarga similar a la del afluente.
5. Limitar la cantidad de agua termal descargada en el mismo cuerpo de agua.
6. Descargar las aguas termales lejos de ambientes ecológicamente vulnerables.
7. Utilizar según las condiciones del hábitat y la presencia de otras especies sensibles las aguas termales para el cultivo de peces y ostras en acuicultura.
8. Utilizar estructuras hidráulicas, tales como disipadores (difusores) de energía, para descargar el vertimiento al cuerpo de agua receptor.

4. ALGUNAS CONCLUSIONES

1. Una conclusión sacada del simposio: “Environmental effects of cooling systems and thermal discharges at nuclear power stations”, llevado a cabo por el IAEA, en Noruega en 1974 fue: Cada caso de vertimientos de agua “caliente” es particular y se debe evaluar en el sitio para determinar sus efectos en el ambiente. Por lo tanto, no se puede generalizar de que todos los vertimientos que ocasionan un aumento de temperatura en la fuente receptora deterioran la calidad del agua.

2. ***No hay estudios aplicados en zonas tropicales.*** Todos los estudios que se encuentran en la literatura sobre el efecto de los vertimientos de aguas provenientes de efluentes de aguas de enfriamiento han sido realizados en zonas templadas donde los cambios ambientales son a escala estacional y no diurna como es el caso de nuestras condiciones. Esta era una de las razones principales de haber sugerido la realización de los bioensayos.

No necesariamente una medida de mitigación con el propósito de bajar la temperatura del vertimiento consiste en la construcción de un lago o de una columna de enfriamiento. Se puede considerar el implementar estructuras hidráulicas.