

**MODELO PARA VALORACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMESTICAS EXISTENTES EN BARRANCABERMEJA**

HEYNER MANCERA RINCÓN

DIRECTOR

Ingeniero GONZALO PEÑA ORTIZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2004

**MODELO PARA VALORACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMESTICAS EXISTENTES EN BARRANCABERMEJA**

AUTOR

HEYNER MANCERA RINCÓN

**Trabajo de Grado presentado para Optar al Título de Especialista en
Química Ambiental**

DIRECTOR

Ingeniero GONZALO PEÑA ORTIZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL

BUCARAMANGA

2004

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. PRESENTACIÓN	1
2. OBJETIVOS	5
3. METODOLOGÍA	6
4. MARCO REFERENCIAL	8
4.1 MARCO NORMATIVO	8
4.2 CONCEPTOS, GENERALIDADES Y CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS	14
5. CONTAMINACION HIDRICA EN BARRANCABERMEJA	23
5.1 ECOSITEMAS LENTICOS	24
5.2 ECOSISTEMAS LOTICOS	25
6. PLANTA DE AGUAS RESIDUALES BARRIO BOSTON	32
6.1 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA	34
6.2 CARACTERIZACION Y MONITOREO DE AGUA	41
6.3 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION Y EL MONITOREO	45
7. VALORACION DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO	48
8. FICHA EVALUATIVA GENERAL	57
9. CONCLUSIONES	59
10. BIBLIOGRAFÍA	62

LISTAS DE FIGURAS

		Pagina
Figura 1.	Triangulación de la Información	6
Figura 2.	Normas Referentes a Aguas	13
Figura 3.	Causas de la Contaminación Hídrica	16
Figura 4.	Proyección de la Población en Barrancabermeja	29
Figura 5.	Ubicación de PTAR del Barrio Boston	34
Figura 6.	Diagrama esquemático de la PTAR	36
Figura 7.	Etapas para desarrollo del Monitoreo	41
Figura 8.	Identificación de los sitios de toma muestra	42
Figura 9.	Caudal del Efluente PTAR Barrio Boston	45
Figura 10.	Cotejo de datos con la norma de vertimientos	52

LISTAS DE TABLAS

		Pagina
Tabla 1.	Vertimientos por sectores productivos en Colombia	17
Tabla 2.	Características típicas del Agua residual doméstica	18
Tabla 3.	Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales existentes en Barrancabermeja.	27
Tabla 4.	Consumo de Agua per cápita según PMA	30
Tabla 5.	Consumos de Agua en algunos lugares del mundo	31
Tabla 6.	Información general comuna 6 de Barrancabermeja	33
Tabla 7.	Datos para composición de muestras	46
Tabla 8.	Resultados de análisis de laboratorio	47
Tabla 9.	Rendimiento depurativo de la PTAR Barrio Boston	51

RESUMEN

TITULO* MODELO PARA VALORACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EXISTENTES EN BARRANCABERMEJA

AUTOR: HEYNER MANCERA RINCON**

PALABRAS CLAVES: Aguas Residuales, Monitoreo de Aguas, Eficiencia del tratamiento, Evaluación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Contaminación Hídrica, Tasa Retributiva.

DESCRIPCION

El Municipio de Barrancabermeja ha enfrentado durante los últimos años un acelerado crecimiento de su población como consecuencia de múltiples factores sociopolíticos y socioeconómicos que se relacionan con la región y con la propia actividad y ubicación de la ciudad, lo cual se refleja en un crecimiento inadecuado de asentamientos humanos que carecen en buena parte de servicios de saneamiento básico. Sin embargo los riesgos potenciales se hacen aun mayores y se extienden a toda la población si analizamos que el municipio no cuenta con un Sistema de Alcantarillado ordenado, planificado y centralizado por lo que existe un gran numero de vertimientos que drenan sus aguas residuales a los cuerpos hídricos mas cercanos, ciénagas, arroyos, caños etc. siendo esto un manejo completamente irresponsable de nuestros recursos.

Debido al continuo reporte de quejas por parte de la comunidad sobre el deterioro de los recursos hídricos del Municipio de Barrancabermeja y el mal estado de algunos sistemas de tratamiento de efluentes domésticos y teniendo en cuenta el riesgo social, económico y ecológico que representa el mal manejo de aguas residuales, es necesario y conveniente desarrollar un modelo que permita evaluar un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas existentes para de esta forma generar una información precisa que me determine si los sistemas están funcionando conforme a los parámetros establecidos por la legislación o si por el contrario están aportando mayor contaminación que la que reciben.

El modelo desarrollado en esta investigación me permite conocer el rendimiento depurativo de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en cada uno de los diferentes factores físico-químicos así como su funcionamiento y operación. Además se puede establecer el estado actual de la PTAR con el fin de programar a futuro, actividades de mantenimiento en caminadas al sostenimiento de un nivel de rendimiento consistente con el diseño y la Ingeniería de la planta.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias, Programa de Química Ambiental. Director: Ing. Gonzalo Peña Ortiz.

SUMMARY

TITLE : MODEL FOR VALUATION OF DOMESTIC WASTE WATER TREATMENT SYSTEMS IN BARRANCABERMEJA

BY HEYNER MANCERA RINCÓN

KEY WORDS: waste water, checking of water, efficiency of the treatment, evaluation of waste water treatment plant, hydric contamination, retribution rate.

DESCRIPTION:

The Barrancabermeja town has met during the last years an accelerated growth of its inhabitants as a result of multiple political economic and social factors which are related to the region and with the activity and location of the city, which is reflected in an inadequate growth of slums that lack good cleaning services. Nevertheless, the potential risks become still greater and they extend all the population if we analyze that the city does not count on a system of ordered, planned and centralized sewage system; so, there is a great number of overflows which drain their waste water to the nearer hydric resources : stream, brook, sewers, etc. In consequence, this is a completely irresponsible handling of our resources.

Because of the continuous report of complaints from the community on the deterioration of the hydric resources of the Barrancabermeja town and badly condition of some of domestic effluent treatment systems, and considering the social, economic and ecological risk that represents the badly residual water handling, it's necessary and suitable to develop a model that allows to evaluate a domestic waste water treatment system, to generate an accuracy information about it that determines if the systems are working according to the standards established by the legislation or if they are contributing greater contamination than what they receive.

The model developed in this investigation allows me to know the purifying yield of a waste water treatment plant in each one of the different factors physical-chemical, as well as its running and operation. In addition, we can establish the current situation of the PTAR in order to programming further activities of maintenance, directed to the support of a yield level in agreement with the design and the manufacturing of the plant.

1. PRESENTACIÓN

Hablar hoy en día de aguas residuales, basuras, etc, es tan cotidiano como hablar de corrupción política, es decir, sabemos de su existencia, la vemos todos los días, convivimos con ella y llegamos hasta el punto de ignorarla solo hasta cuando nos afecta directamente. Tal vez el hecho de que nuestro país posea una gran variedad de recursos naturales y la relativa abundancia de estos, sea una de las causas por las que no pensamos colectivamente en la contaminación y el deterioro de dichos recursos y como si fuera poco, para algunos, parecen pesimistas los datos de pérdida de disponibilidad de agua publicados por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) que determinan un desabastecimiento del 20% en el 2015 para Colombia de seguir con los ritmos actuales de destrucción de nuestras cuencas hidrográficas, lo que lo sacaría definitivamente de la lista de países con mayor índice de disponibilidad de agua por habitante en el mundo. Por otra parte este estudio del IDEAM indica además que de no tomarse las medidas necesarias de conservación de cuencas, ordenamiento y tratamiento de las aguas, entre el 65 y 68% de la población de las cabeceras municipales sufrirá carencia en el suministro de agua; en consecuencia es de vital importancia que tanto las autoridades ambientales como la ciudadanía en general decida hacer parte de la solución de este gran problema aplicando las múltiples soluciones existentes para de esta forma mitigar los impactos ambientales provocados por el Desarrollo Urbano e Industrial sobre nuestros recursos hídricos. El presente documento pretende aportar y apoyar a la solución de estos problemas aplicando un modelo que permita conocer la calidad de las aguas residuales domesticas vertidas en nuestros cuerpos de agua, así como la eficiencia de sus sistemas de tratamiento para determinar finalmente si las medidas tomadas para la mitigación de los impactos es la adecuada o si por el contrario el remedio es peor que la enfermedad.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo, con el ánimo de fortalecer los instrumentos de gestión ambiental a nivel institucional, entes territoriales, autoridades ambientales, etc, desarrolló y publicó el año 2002 unas guías ambientales como herramientas técnico-administrativas, dinamizadoras de dicha gestión ante el sistema nacional ambiental. En estas guías se plantean múltiples aspectos ambientales relacionados con transporte de hidrocarburos, distribución de gas, sector agroindustrial, aguas y sistemas de acueducto entre otros, así como también los problemas asociados a estas actividades. En la guía de aguas residuales municipales, se realiza un diagnostico general importante con cifras preocupantes y detalles de municipios sin sistemas de tratamiento de sus efluentes domésticos y otros donde dichos sistemas son ineficientes, están fuera de funcionamiento o no se ha terminado su construcción. Sin embargo la guía plantea además que uno de los aspectos mas determinantes en esta problemática es la falta de consolidación de la información a nivel nacional sobre el estado y el manejo de las aguas Residuales, ya que la información con que se cuenta a nivel regional es imprecisa, no confiable y poco sólida. Para el caso de Barrancabermeja la realidad no resulta diferente. Lo anterior se evidencia cuando se revisan algunos estudios sobre contaminación de aguas en el municipio realizados por las autoridades ambientales como la Secretaría del Medio Ambiente, la Personería o la Procuraduría Agraria, que son investigaciones que si bien son válidas carecen de un mínimo fundamento técnico que haga estos informes y estudios mas sólidos y contundentes a la hora de tomar decisiones. Es importante anotar que existen análisis técnicos de los cuerpos de agua más importantes de la región sean estos Río Magdalena, Ciénaga del Llanito entre otras, no obstante estos análisis son contratados por ECOPETROL y otros están desactualizados. Así mismo, algunos Barrios y Comunas de Barrancabermeja tienen sistemas de tratamientos de aguas residuales domésticas de los cuales no se cuenta con información sobre de su

valoración, es decir funcionamiento general, eficiencia y criterios operacionales, lo que genera un cuestionamiento acerca del estado actual de estos sistemas existentes y su impacto ambiental al recurso hídrico del Municipio, dentro de los que se encuentra el sistema del barrio Boston para la cual se desarrolla este modelo de valoración.

JUSTIFICACIÓN

Debido al continuo reporte de quejas por parte de la comunidad sobre el deterioro de los recursos hídricos del Municipio de Barrancabermeja y el mal estado de algunos sistemas de tratamiento de efluentes domésticos y teniendo en cuenta el riesgo social, económico y ecológico que representa el mal manejo de aguas residuales, es necesario y conveniente desarrollar un modelo que permita evaluar un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas existentes para de esta forma generar una información precisa que me determine si los sistemas están funcionando conforme a los parámetros establecidos por la legislación o si por el contrario están aportando mayor contaminación que la que reciben, en cuyo caso se deberían considerar los cambios estructurales o medidas necesarias para la solución del problema. De igual manera teniendo la información consolidada se haría mas fácil la promoción y desarrollo de inversiones en este sector para la mitigación de la contaminación por vertimientos domésticos disminuyendo los riesgos de la población afectada contribuyendo así al mejoramiento de las condiciones de vida y salud.

2. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un Modelo para la valoración de la eficiencia de Sistemas de Tratamiento de Aguas residuales domésticas existentes en el municipio de Barrancabermeja, aplicado al Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas del Barrio Boston.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

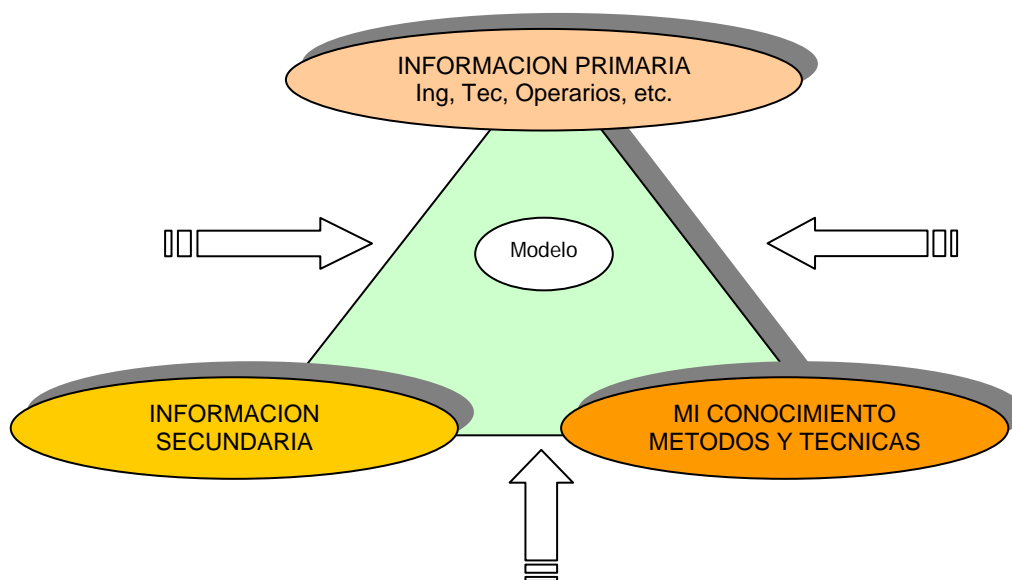
- Determinar las características generales del sistema como: Volumen, Tiempo de retención Hidráulica, Caudal de diseño, Niveles de tratamiento.
- Establecer el numero de habitantes del sector donde se desarrolla el estudio.
- Realizar mediciones de caudal conforme el R.A.S. 2000
- Realizar un consolidado de información existente de estudios previos sobre el tema en la ciudad.
- Fijar un mínimo de factores físico – químicos que me permitan determinar el grado de contaminación del efluente.
- Determinar y analizar porcentajes de remoción de carga del sistema
- Cálculo de Tasa Retributiva para el Barrio.
- Comparar los datos de dotación neta de agua potable requerida por habitante, con los aportes por habitante al sistema.
- Divulgar por los medios de comunicación locales interesados en el tema la información obtenida con el fin de motivar actitudes de cambio hacia la conservación y/o recuperación de nuestras fuentes hídricas.

3. METODOLOGÍA

Luego de haber fundamentado y contextualizado el problema de la investigación, y sus objetivos, es preciso determinar el cómo se lograrán los objetivos planteados y la viabilidad técnica y operativa del trabajo. Inicialmente se distinguen tres grandes fases de la investigación, cada una con su plan procedimental, es decir, las herramientas, técnicas e instrumentos que se emplean para el desarrollo de las tareas propuestas. El tipo de investigación es descriptiva-aplicada.

Priorizar la información quiere decir discriminar los documentos por temas y elegir solo lo referente a aguas residuales y su tratamiento para de esta manera lograr ordenar mas eficientemente la documentación requerida. Es importante encontrar un punto común entre las diferentes formas de información y conocimiento que encontramos, para de esta forma lograr que ese punto en común sea en este caso, la elaboración del Modelo de valoración.

Figura 1. TRIANGULACIÓN DE LA INFORMACIÓN



CUADRO RESUMEN METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

FASES DE LA INVESTIGACION	PLAN PROCEDIMENTAL Procedimientos, Técnicas y Herramientas
RECOLECCION DE LA INFORMACION SECUNDARIA DISPONIBLE	<p>Inventarios y estudios realizados (SENA, CORMAGDALENA, ECOPETROL, UNIPAZ, SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE)</p> <p>Revisión del Plan de descontaminación de Barrancabermeja y sus términos de referencia</p> <p>P.O.T. de Barrancabermeja</p> <p>Planos y Documentos Técnicos de EDUBA</p> <p>Planos y Documentos Técnicos del Plan Maestro de Alcantarillado (P.M.A.)</p> <p>Aspectos legales: Guía Ambiental sector Aguas ; RAS 2000 ; Dec 1584/84</p> <p>Recopilación Bibliográfica en general</p>
RECOPIACION DE INFORMACION PRIMARIA. (TRABAJO DE CAMPO)	<p>Entrevistas y diálogos informales con Ingenieros, Técnicos, Operadores, interventores de la obra, habitantes de la zona para obtener información de primera mano sobre el estado y funcionamiento del sistema.</p> <p>Visitas y recorridos al Barrio</p> <p>Fotografías, videos. Etc.</p> <p>Monitoreo (Toma de muestra compuesta y Medición de Caudal)</p> <p>Análisis de laboratorio de parámetros fisico-quimicos (SST, ST, DBO₅,DQO, N_T , P_T y Grasas y Aceites. (Lab. Consultas Industriales U.I.S.)</p>
ANALISIS, CLASIFICACION Y SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION PRIMARIA Y SECUNDARIA.	<p>Priorización y triangulación de la información con el conocimiento adquirido.</p> <p>Consolidación de la Información.</p>

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO NORMATIVO

La evolución de la normatividad en el campo ambiental en nuestro país, en algunos casos a sido a través de los años, una respuesta a los acuerdos internacionales en Medio ambiente y Desarrollo sostenible, realizados en diferentes partes del mundo, por ejemplo, cuando en la ciudad de Estocolmo (Suecia) en el mes de Junio de 1972 se realizó la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano y se proclamaron los principios que reconocen la importancia del medio ambiente y la necesidad de proteger los recursos naturales, un año y medio después en el mes de Diciembre de 1973 se establece por parte del congreso nacional una ley que entre otras disposiciones conservacionistas y preventivas de contaminación, otorga facultades al Presidente de la República para expedir el código de recursos naturales que saldría a la luz Publica un año más tarde (1974). De igual forma, luego de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente en Junio de 1992, al siguiente año en nuestro país se crea el Ministerio del Medio Ambiente. Todo ello da cuenta del compromiso que adopta Colombia de manera responsable al ratificar estos acuerdos internacionales con el fin de lograr una política y normatividad nacional sólida y bien fundamentada en cuanto al Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible y protección de Recursos Naturales se refiere. Los aspectos legales trazan sus objetivos no solo hacia la conservación de recursos, sino hacia la prevención y mitigación de la contaminación por parte de los sectores industriales y la defensa de la salud de los habitantes del territorio nacional. La degradación y pérdida de la biodiversidad en nuestro país tiene sus causas directas e indirectas y una de las causas directas según la Política Nacional de Biodiversidad, es la contaminación resultante de las actividades industriales y domésticas. Por estas y muchas otras razones, se hace necesario

establecer normas que protejan, conserven y controlen el uso de las funciones de fuente de insumos, deposito de residuos, soporte de vida y función estética, que nos brinda el medio ambiente para de esta manera mejorar la relación Sociedad – Naturaleza.

La reglamentación **concerniente a aguas** en nuestro país está contenida en Leyes, Decretos, Resoluciones, Acuerdos y Políticas expedidas desde hace mas de 30 años, sin embargo, para efectos del presente trabajo, se presentará la normatividad vigente relacionada con aguas residuales.

DECRETO 1594 DEL 26 DE JUNIO DE 1984 : Norma que reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

DE LAS NORMAS DE VERTIMIENTO

Artículo 72: Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Referencia	Usuario Existente	Usuario Nuevo
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	< 40°C	< 40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción > 80% en carga	Remoción > 80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno:		
Para desechos domésticos	Remoción > 30% en carga	Remoción > 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga

Entiéndase por usuario nuevo aquella cuya actividad se inicie después de la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto. (Artículo 8)

DECRETO 901 DEL 1 DE ABRIL DE 1997 (Derogado por el Decreto 3100 de 2003): Mediante el cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstos. En su artículo 4 capítulo 3 se establece, el valor de la tarifa mínima de la tasa retributiva para cada una de las sustancias contaminantes sobre las cuales se cobrará dicha tasa, basado en los costos directos de remoción de las sustancias nocivas presentes en los vertimientos de agua, los cuales forman parte de los costos de recuperación del recurso afectado.

Para realizar el cálculo de la tasa retributiva se emplea la siguiente fórmula:

$$MTR_j = Tr_j * Cc_j * T$$

$$Tr_j = Fr_j * Tm_j$$

$$CC_j = 0.0864 * C_j * Q * (t/24)$$

Donde:

MTR_j = Monto de la tasa retributiva para la sustancia j

Tr_j = Tarifa regional para la sustancia (\$kg)

CC_j = Carga total Vertida (kg/día)

T = Periodo de descarga mensual (día/mes)

Fr_j = Factor regional de la sustancia j

Tm_j = Tarifa mínima de la sustancia (\$kg) *

C_j = Concentración de la sustancia j (mg/l)

Q = Caudal promedio diario del vertimiento (l/seg)

t = Tiempo del vertimiento diario (h/día)

0.0864 = Factor de conversión

* Tarifa mínima de la sustancia para el 2004 : SST = 33.83 (\$Kg) ; para

DBO= 79.0 (\$kg)

DECRETO 3100 DEL 30 DE OCTUBRE DEL 2003 : Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.

ARTÍCULO 3. Priorización de Cuencas. Las Autoridades Ambientales Competentes cobrarán la tasa retributiva por vertimientos puntuales en aquellas cuencas que se identifiquen como prioritarias por sus condiciones de calidad, de acuerdo con los Planes de Ordenamiento del Recurso establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o en aquellas normas que lo modifiquen o sustituyan.

ARTICULO 5. PARÁGRAFO. Las tarifas mínimas establecidas en la Resolución 372 de 1998 continuarán vigente hasta tanto el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial la modifique o sustituya. (Es decir SST y DBO)

ARTÍCULO 13. Tarifa Regional (Tr). La Autoridad Ambiental Competente establecerá la Tarifa Regional (Tr) para el cobro de la Tasa Retributiva (TR), con base en la Tarifa Mínima (Tm) multiplicada por el Factor Regional (Fr), así:

$$Tr = Tm \times Fr$$

PARÁGRAFO. En la Tarifa Regional (Tr) queda incluido el valor de depreciación del recurso afectado, tomando en cuenta los costos sociales y ambientales del daño manifestados en la meta de reducción de la carga contaminante. Así mismo, los costos de recuperación del recurso se reflejan en la Tarifa mínima (Tm).

ARTÍCULO 14. Aplicación del Factor Regional (Fr). La Autoridad Ambiental Competente evaluará anualmente, la relación entre la contaminación total de la cuenca, tramo o cuerpo de agua y el nivel de la tarifa cobrada, y ajustará el factor regional hasta lograr un nivel de tarifa regional que cause la reducción de la carga total contaminante hasta el nivel preestablecido para la meta de la cuenca, tramo o cuerpo de agua de conformidad con lo establecido en el artículo 15 del presente decreto.

ARTÍCULO 15. Valor del factor regional. El factor regional empezará con un valor igual a uno (1) el cual se ajustará anualmente a partir de finalizar el segundo año y que se aplicará a los usuarios sujetos al pago de la tasa que no hayan cumplido con la meta de reducción en el cálculo del valor a pagar del año siguiente, de conformidad con la siguiente fórmula:

$$FR1 = FR0 + (Cc - CcM) -$$

$$CcL - CcM$$

Donde:

FR1 = Factor regional ajustado.

FR0 = Factor regional del año inmediatamente anterior

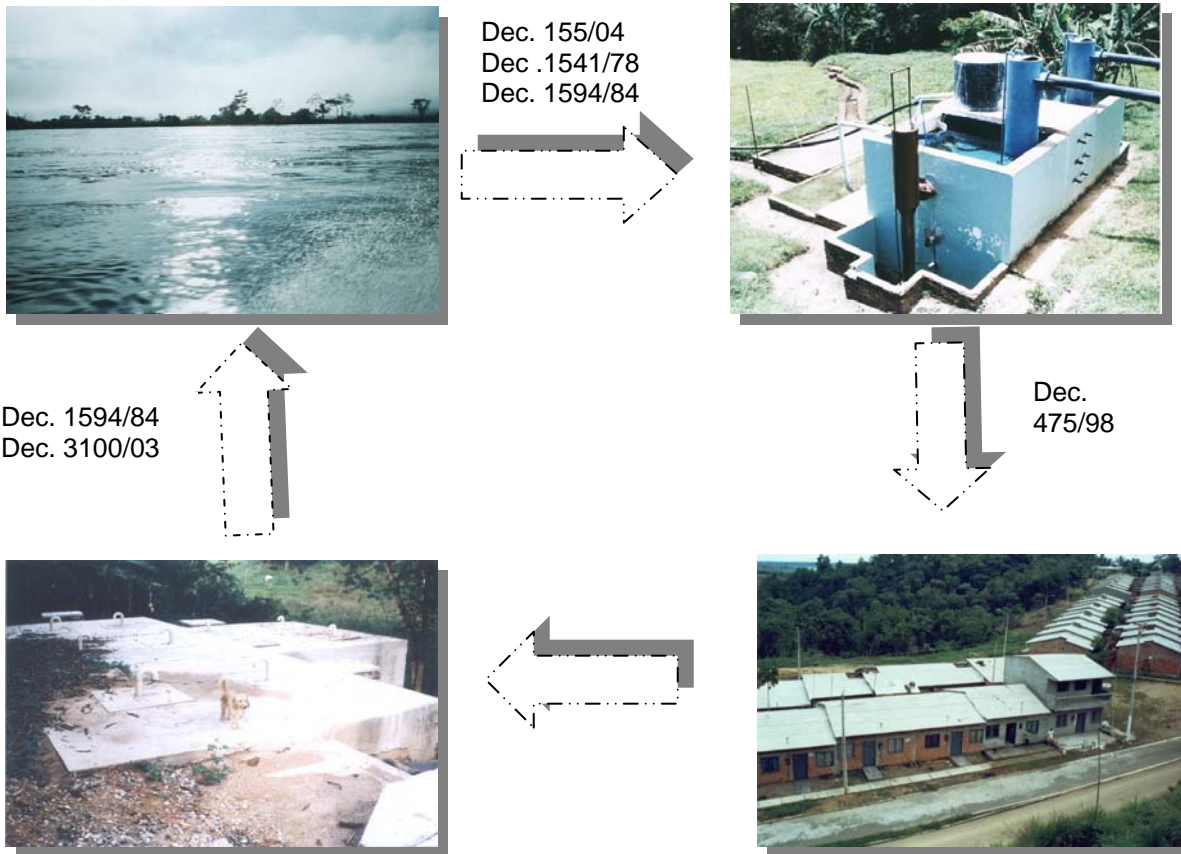
Cc = Total de carga contaminante recibida por la cuenca, y vertida por los sujetos pasivos de la tasa retributiva al cuerpo de agua o tramo en el año inmediatamente anterior expresada en Kg/año; descontando la carga contaminante vertida de los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado sujetos al pago de la tasa.

CcM = Meta global de carga contaminante para la cuenca, cuerpo de agua o tramo expresada en Kg/año; descontando la meta de reducción de los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado sujetos al pago de la tasa.

CcL = Total de carga contaminante vertida por los usuarios sujetos al pago de la tasa a la cuenca, cuerpo de agua o tramo al inicio del quinquenio expresada en Kg/año; descontando la carga contaminante al inicio del quinquenio de los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado sujetos al pago de la tasa.

Al finalizar el quinquenio, si se alcanza la meta, el factor regional empezará en 1, de lo contrario iniciará con el valor con que terminó el quinquenio anterior. En todo caso, el valor del factor regional no será inferior a 1 y no superará el nivel de 5.5.

Figura 2. OTRAS NORMAS REFERENTES A AGUAS



- Decreto 155 de 2004 : Tasa por uso de Agua
- Decreto 1541 de 1978 : Concesión de aguas
- Decreto 475 de 1998 : Normas Técnicas sobre Calidad de Agua Potable
- Decreto 1594 de 1984 : Usos del Agua y Residuos Líquidos
- Resolución 1096 de 2000 : Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000

4.2 CONCEPTOS, GENERALIDADES y CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Afluente Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.

Aguas crudas Aguas residuales que no han sido tratadas.

Aguas residuales municipales Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos.

Aguas residuales Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.

Aguas servidas Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales.

Aireación Proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).

Ambiente aerobio Proceso que requiere o no es destruido por la presencia de oxígeno.

Ambiente anaerobio Proceso desarrollado en ausencia de oxígeno molecular.

Biodegradación Degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.

Eficiencia de tratamiento Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje.

Efluente final Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Efluente Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Emisario: Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado y las lleva a una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento y las lleva hasta el punto de disposición final.

Muestra compuesta Mezcla de varias muestras alícuotas instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

Muestra integrada Consiste en el análisis de muestras instantáneas tomadas simultáneamente en diferentes puntos o tan cerca como sea posible. La integración se hace de manera proporcional a los caudales medidos al tomar la muestra.

Planta de tratamiento (de agua residual) Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

Población equivalente Población estimada al relacionar la carga total o volumen total de un parámetro en un efluente (DBO, sólidos en suspensión, caudal) con el correspondiente aporte per capita (kgDBO/hab/día), L/hab/día.

Tiempo de retención hidráulica Tiempo medio teórico que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento. Usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil.

Rendimiento depurativo de un tratamiento o Porcentaje de Remoción (Pr%)¹: Es la relación entre la variación del valor del parámetro tomado en examen, consiguiente al tratamiento, y el valor inicial antes del tratamiento. En el caso de una sustancia contaminante, se llama a:

Ca: La concentración de la sustancia en el afluente, mg/L.

Ce: La concentración en el efluente, mg/L.

Entonces tenemos que :

$$Pr = \frac{Ca - Ce}{Ca} * 100\%$$

¹ Todos los anteriores conceptos a excepción de (Pr%) son extraídos del Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000

4.2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La magnitud del impacto ambiental sobre el recurso hídrico se deriva del uso y posterior desecho del agua en los múltiples procesos productivos industriales, pecuarios, mineros, energéticos y demás desarrollados en el país (Ver Figura 3). La contaminación y deterioro de los cuerpos de agua tiene relación con los efectos acumulativos de las descargas recibidas por fuentes receptora toda vez que no se tiene en cuenta la capacidad de autodepuración o resiliencia del sistema receptor, hecho este que hace la diferencia entre un recurso renovable y uno agotable. En consecuencia se debe considerar fundamental, conocer tanto la calidad del vertimiento como la capacidad de soporte de su fuente receptora para alcanzar la sostenibilidad de la misma. En la Tabla 1 se verá un resumen de los impactos ambientales sobre el recurso hídrico del país por sectores productivos.

FIGURA 3. CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA

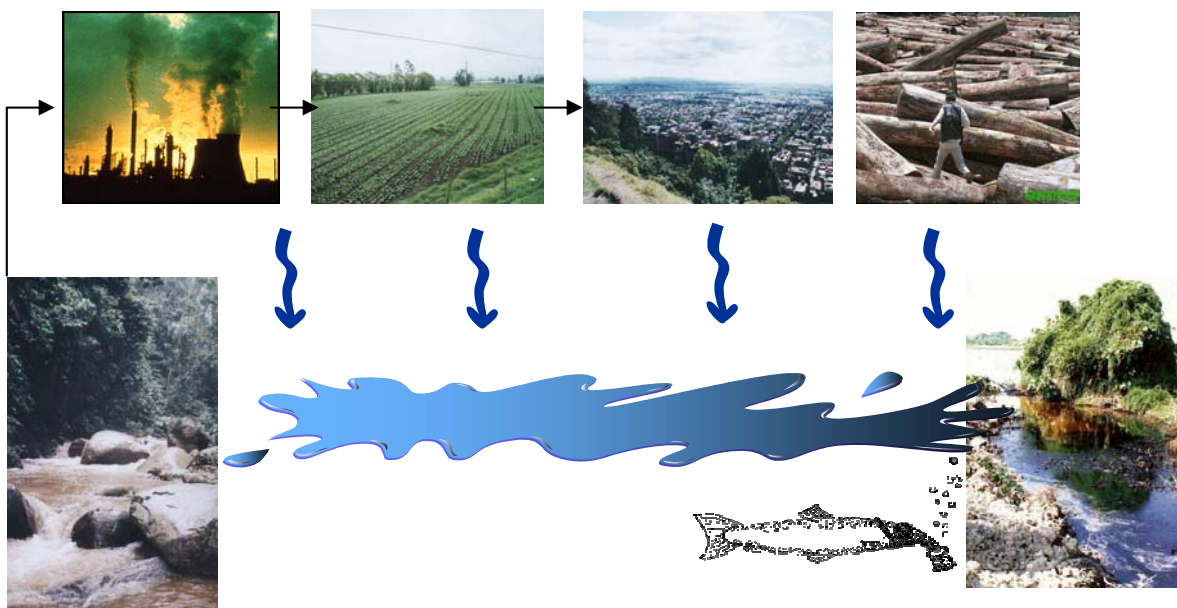


TABLA 1. RESUMEN DE LOS VERTIMIENTOS POR SECTORES PRODUCTIVOS EN COLOMBIA

SECTOR PRODUCTIVO	CONTAMINACIÓN HIDRICA
HIDROCARBUROS	Derrames de crudo, descarga de aguas fenólicas, aceitosas, generación de lodos.
ELECTRICO	Eutroficación de embalses y cuencas aportantes, transvase de ríos, aporte de sedimentos, contaminación térmica y lixiviados.
MINERIA	Alteración de pH y aporte de sólidos suspendidos y metales pesados en zonas de explotación.
AGROPECUARIO	Contaminación difusa por escorrentía y precolación de agroquímicos. Residuos de Ganadería, Fertilizantes y Pesticidas.
MANUFACTURAS	Vertimientos de los corredores industriales. Contribución de carga orgánica (520Ton/día). Residuos peligrosos. Aguas residuales con contenido de Cromo en curtiembres.
TRANSPORTE	Disposición incontrolada de aceites y lubricantes usados. Generación de lodos aceitosos.
SECTOR DOMESTICO	Deterioro de cuerpos hídricos por vertimientos municipales. Aporte a carga orgánica (700Ton/día), contaminación bacteriana y generación de lixiviados.

Fuente: Política Nacional de Producción Mas Limpia 1997 y Guías Ambientales 2002 .MAVD

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DEL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL

COMPONENTE	CONCENTRACIÓN (mg/l)		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Sólidos Totales	1000	500	200
Sólidos Suspendidos	500	300	100
Sólidos Sedimentables	12	8	4
DBO ₅	300	200	100
DQO	1000	500	250
Nitrógeno Total	80	50	25
Fósforo Total	20	15	5
Grasas y Aceites	40	20	0
H ₂ S (Gas sulfídrico)	10	5	1

Fuente: Guía de Aguas Residuales Municipales. MAVD 2002 y Tecnología en Gestión de Agua Potable UIS 1999

4.2.2 FACTORES FÍSICO - QUÍMICOS

Para aguas residuales de origen doméstico se definen entre otros los siguientes factores físico-químicos de interés que permiten cuantificar el grado de contaminación de un efluente:

- pH
- DBO
- DQO
- Sólidos Suspendidos (SS)
- Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo)
- Grasas y Aceites

El valor de **pH** del agua tiene una importancia fundamental en su influencia en los procesos biológicos y en las reacciones químicas. En las plantas de tratamiento biológicas, el pH debe estar comprendido en el intervalo de los valores de 6.5 a 8.5, en este intervalo las variaciones en el tiempo deben ser graduales para no interferir en un modo dañino en el proceso de depuración.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

Limitaciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Son numerosas las limitaciones que se han formulado a la DBO como una medida de la cantidad de oxígeno necesario para obtener la oxidación bioquímica de la materia orgánica presente en una muestra de agua. Estas limitaciones son de diferente naturaleza; podemos mencionar algunas de ellas:

- La presencia de compuestos tóxicos que inhiban la actividad de los microorganismos:

Es bien conocido el efecto que la presencia de ciertos iones o compuestos tiene sobre el metabolismo de los microorganismos que entran en contacto con ellos. Se sabe que los iones de cobre, cromo hexavalente, plomo, níquel, zinc, arsénico, los cianuros y compuestos como el cloruro de mercurio, y las cloroaminas inhiben o retardan el metabolismo de los microorganismos.

- La temperatura a que se hace la incubación de las muestras.

En las incubaciones hechas a varias temperaturas, por diferentes laboratorios, se encontraron resultados distintos para cada temperatura de incubación, los

resultados mas altos correspondieron a mayores temperaturas de incubación. Es lógico que un valor más grande de la DBO de dos muestras sembradas a diferentes temperaturas, corresponda a una velocidad de reacción más alta.

Es necesario tener en cuenta el efecto de la temperatura en la interpretación de los resultados de la DBO, si se tiene en cuenta que la incubación se hace a 20°C y que la muestra (agua de un río, aguas servida de una ciudad o industria) se encuentra a una temperatura diferente, haciendo que las velocidades de reacción de la oxidación bioquímica sean distintas para la botella de la DBO y el agua en estudio.

- La presencia de algas en la botella incubada

Sabemos que las algas tienen la capacidad de sintetizar oxígeno cuando están expuestas a la luz y utilizan oxígeno en la oscuridad para respirar y otras funciones de su metabolismo. Esta circunstancia nos hace pensar que la presencia de algas en muestra tomada para hacer determinaciones de la DBO nos puede conducir a resultados errados en la medición del consumo de oxígeno durante el periodo de incubación.

Demanda Química de Oxígeno (DQO) Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas. Es un parámetro que individua, no sólo las sustancias orgánicas oxidables biológicamente, sino también las sustancias orgánicas no biodegradables oxidables sólo químicamente. Muchas sustancias orgánicas son *no biodegradables* y por lo tanto pueden ser oxidadas con la prueba de la DQO, pero no con la prueba de la DBO. Por consiguiente se presenta un mayor valor de la DQO con relación a la DBO. Muchas sustancias inorgánicas como los sulfuros, sulfitos, tiosulfatos, nitritos, son oxidados por el dicromato, contribuyendo por lo tanto a un mayor valor de la DQO, con relación a la DBO.

Los **Sólidos Suspendidos** son las sustancias presentes en el agua bajo forma de partículas suspendidas y coloidales que dan la turbidez al agua; en la práctica son las sustancias visibles no filtrables, es decir, que en prueba de laboratorio quedan atrapadas en un filtro o membrana, el cual está en capacidad de retener las partes más gruesas suspendidas y algo de las coloidales, así como los microorganismos de ciertas dimensiones; la porosidad de la membrana en general es de aproximadamente 0.45μ

Los **Nutrientes** son sustancias necesarias a los microorganismos para la elaboración de su protoplasma; todos los microorganismos requieren para su desarrollo elementos o nutrientes fundamentales como el carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y además requieren de otros elementos complementarios u oligoelementos como el calcio, potasio, zinc, hierro, manganeso, cobre, entre otros. Todos estos elementos se encuentran en las aguas residuales domésticas en cantidades suficientes. Por ejemplo el Nitrógeno (N) se encuentra en las aguas residuales bajo forma de amoníaco, nitrógeno orgánico, nitritos y nitratos: de una manera indicativa se puede decir que el 60% del nitrógeno (como N), está representado por amoníaco, el 35% por nitrógeno orgánico, y el 5% por nitritos y nitratos².

El **Fósforo** se encuentra en las aguas residuales bajo forma de ortofosfatos (PO_4), en porcentajes entre el 40 y 50%; fósforo orgánico, entre el 10 y 20%; y de fósforo condensado o polifosfatos, del 40 al 60% . Los aportes individuales tienden continuamente a aumentar, por el hecho que el fósforo es uno de los componentes principales de los detergentes sintéticos, polvos y jabones líquidos comerciales. Los fosfatos tienen la propiedad de coadyuvar a los detergentes, llevando en suspensión la mugre y secuestrar la dureza del agua. Son llamados también tensoactivos, por tanto bajan la tensión superficial del agua. Según algunos

² Tecnología en Gestión del Recurso Agua Potable UIS 1999

autores, el agua residual de los alcantarillados contiene en la actualidad el doble de fósforo que tenía antes de la introducción de los detergentes sintéticos.

Tanto el Nitrógeno como el Fósforo tienen una participación activa en el fenómeno de Eutroficación de las aguas (Acumulación Excesiva de Nutrientes que provoca un crecimiento acelerado de las plantas y algas), sin embargo son importantes porque hacen parte fundamental de las células vivas como Aminoácidos, Proteínas y ATP por lo que son esenciales en los procesos de depuración Biológicos.

Las **Grasas y Aceites** tienen la característica de ser más ligeros que el agua y de ser insolubles en ella. Los aceites se pueden dispersar en el agua bajo forma de emulsiones, las cuales son un tipo particular de suspensión coloidal de partículas líquidas caracterizadas por un notable grado de estabilidad. Para las aguas residuales domésticas las concentraciones no suelen ser muy elevadas, medianamente comprendidas entre 50 y 150 mg/L. En el caso de usuarios como restaurantes, cocinas, lavaderos de autos, etc. las concentraciones pueden elevarse considerablemente.

5. CONTAMINACIÓN HÍDRICA EN BARRANCABERMEJA

El municipio de Barrancabermeja se localiza sobre la margen derecha del curso medio del río Magdalena, entre dos de sus afluentes: el Sogamoso al norte y el Opón – La Colorada al sur. La cabecera municipal se localiza sobre la margen del río Magdalena, a una altitud de 75.94 msnm, en las coordenadas 7° 3`43" latitud Norte, 73° 53` longitud Oeste. Su división territorial urbana se encuentra elaborada por comunas que agrupan según los datos de la Unidad de Desarrollo Socioeconómico – Planeación Municipal 154 Barrios en 7 comunas.

El Municipio de Barrancabermeja ha enfrentado durante los últimos años un acelerado crecimiento de su población como consecuencia de múltiples factores sociopolíticos y socioeconómicos que se relacionan con la región y con la propia actividad y ubicación de la ciudad, lo cual se refleja en un crecimiento inadecuado de asentamientos humanos que carecen en buena parte de servicios de saneamiento básico. Esto ya se considera un problema potencial si tenemos en cuenta los riesgos a los que se ve expuesta esta población, inundaciones, Enfermedades, Muertes, etc. Sin embargo los riesgos potenciales se hacen aun mayores y se extienden a toda la población si analizamos que el municipio no cuenta con un Sistema de Alcantarillado ordenado, planificado y centralizado por lo que existe un gran numero de vertimientos que drenan sus aguas residuales a los cuerpos hídricos mas cercanos, ciénagas, arroyos, caños etc. siendo esto un manejo completamente irresponsable de nuestros recursos.

El sistema hídrico de Barrancabermeja está compuesto:

Sistemas lénticos: Ciénagas, pantanos, lagunas de desborde.

Sistemas lóticos: Quebradas, caños, ríos.

5.1 SISTEMAS LENTICOS

En el área urbana se encuentran las ciénagas Miramar y Juan Esteban, las cuales se hayan en la actualidad en un alto grado de contaminación, merced a los vertimientos que reciben, producto de actividades humanas y actividades industriales. Estas ciénagas fueron ecosistemas naturales, de alto potencial turístico y pesquero que generaban sustento a los habitantes de la región.



FOTO 1. CIENAGA MIRAMAR - EUTROFICADA



FOTO 2. CIENAGA EL LLANITO
NOVIEMBRE 2003 (Lluvias)



FOTO 3. CIENAGA EL LLANITO
FEBRERO 2004 (Verano)

En el área rural encontramos un gran número de ciénagas, algunas haciendo parte de ecosistemas estratégicos como el caso de las ciénaga San Silvestre

(Cuenca hidrográfica ciénaga San Silvestre), la gran mayoría de éstas ciénagas presentan algún grado y forma de deterioro: sedimentación, tala de bosques, vertimientos de aguas residuales, etc.

Las principales ciénagas del área rural son: San Silvestre, El Llanito (Foto Pagina Anterior) sedimentada a causa de la deforestación de la cuenca alta, Brava, Zarzal, Zapatero, Salado, Guadalito, Tierradentro, Sábalo, El Tigre, El Castillo, La Cira, Chucurí, Del Guamo.

5.2 SISTEMAS LOTICOS

Incluyen quebradas, caños y ríos, en el área urbana y rural del Municipio.

Los principales ríos del Municipio, y que además sirven de límites de éste son: Magdalena, Sogamoso, La Colorada y el Oponcito. Siendo los dos primeros los más importantes desde el punto de vista de la navegabilidad; Existe un gran número de caños y quebradas ubicadas en el área urbana y convertidos en la actualidad en colectores de aguas residuales. Son estos: Quebradas Lavanderas y Las Camelias; y los caños: Cardales, Rosario, Palmira, Internacional. Dichos colectores entregan sus aguas a los humedales o directamente al río Magdalena sin tratamiento alguno.



FOTO 4. CAÑO LAS CAMELIAS



FOTO 5. CAÑO CAMELIAS DESEMBOCA EN LA CIENAGA MIRAMAR.

La ausencia de un completo y ordenado sistema de alcantarillado para el municipio sumado al crecimiento de la población y obviamente la falta del sentido de pertenencia mezclada con desidia política, ha hecho que año tras año el gran potencial hídrico de Barrancabermeja se halla reducido de manera abrumadora encontrando colectores y vertimientos hacia cualquier punto cardinal de la ciudad, hasta el límite de llegar a contaminar con aguas residuales nuestra principal fuente de agua potable como lo es la Ciénaga San Silvestre. La solución planteada para este grave problema por parte de las últimas administraciones públicas ha sido la canalización de algunos caños y en otros casos el diseño, construcción y puesta en marcha de Sistemas de Tratamiento Aislados o Independientes en diferentes barrios los cuales han traído sus propios inconvenientes reportados por la comunidad y algunos diagnósticos realizados por la Procuraduría Agraria, la Alcaldía, Cormagdalena, entre otros. Vale la pena aclarar que estos estudios no contienen datos sobre el rendimiento depurativo o porcentaje de remoción de las plantas en funcionamiento.

En la **Tabla 3.** se hace un listado de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) existentes en el área urbana de Barrancabermeja

TABLA 3. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTES EN BARRANCABERMEJA

PLANTA /UBICACIÓN	ESTADO	CAPACIDAD	TIPO	LUGAR DE VERTIMEINTO
1. Isla del Zapato	Funcionando. Sin mantenimiento	2 L/seg - 1200hab	Tratamiento Primario. Sistema Anaerobio	Humedal el Castillo
2. Altos de Cañaveral	No esta en Funcionamiento	-----	-----	-----
3.Tamarindos club (Foto 5)	Funcionando. Sin mantenimiento	1.5 L/S - ---	Tratamiento primario – Pozo Séptico	Arroyo
4. El Paraíso	Funcionando. Sin mantenimiento	2.8 L/s – 1150 hab	Tratamiento primario – Pozo Séptico	Humedal
1. Los Almendros (Foto 6)	No esta en Funcionamiento Colmatada.	-----	-----	Ciénaga Juan Esteban
6. Barrio la Liga	Funcionando. Sin mantenimiento	1,18L/S-300 hab	Tratamiento primario Tanque Inhoff	Cañada tributaria de la C. Juan Esteban
7. EL Limonar	No esta en Funcionamiento	-----	-----	-----
8. Villa Rosa	No esta en Funcionamiento	-----	-----	-----
9. Bosques de la Cira (Foto 7)	No esta en Funcionamiento Colmatada.	-----	-----	Humedal
10.Matadero Municipal	En funcionamiento	1.8 L/S- 800hab	-----	Red de alcantarillado
11.Barrio Boston	En funcionamiento	5,87 L/S-2230 hab	Tratamiento primario Anaerobio y Secundario humedal artificial	Ciénaga San Silvestre

**ALGUNOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
EXISTENTES EN BARRANCABERMEJA**



FOTO 5. VERTIMIENTO BARRIO TAMARINDOS CLUB

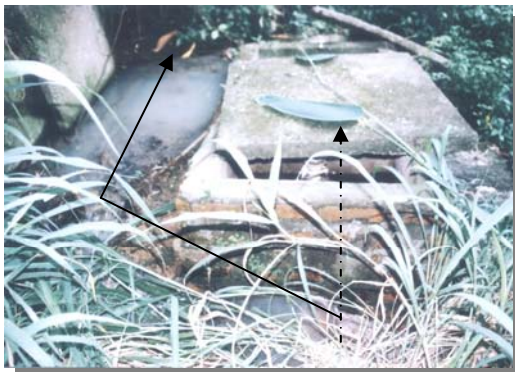


FOTO 6 PLANTA LOS ALMENDROS



FOTO 7 BOSQUES DE LA CIRA

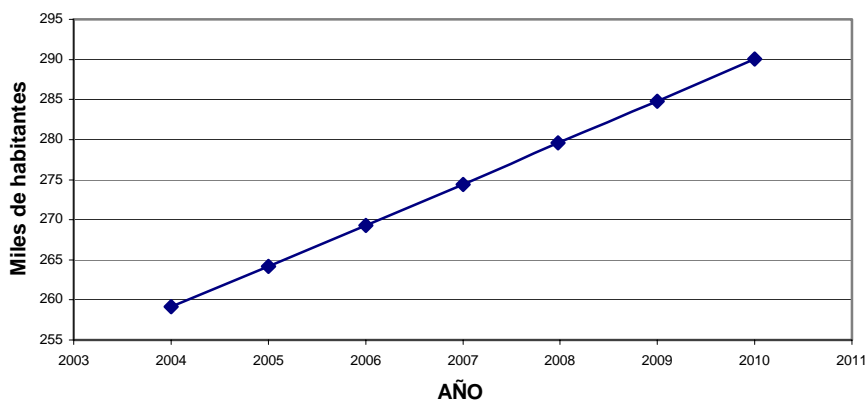


FOTO 8 PLANTA SIN TERMINAR.

CONSUMO DE AGUA EN BARRANCABERMEJA

La oficina de Planeación Municipal junto con el DANE y el SISBEN estiman una población actual en Barrancabermeja de 259,169 Habitantes en total. Y hacen la siguiente proyección:

FIGURA 4. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN PARA EL 2010 EN BARRANCABERMEJA (FUENTE PLANEACIÓN MUNICIPAL-DANE)



La Empresa de Acueducto y Saneamiento Básico de Barrancabermeja (EDASABA) encargada de la potabilización del agua para el municipio reporta actualmente un caudal en su boca toma de 740lt/seg ($0.74\text{m}^3/\text{s}$) que equivalen a $63.936\text{ m}^3/\text{día}$ para 259.169 Habitantes. Por lo tanto a cada habitante le correspondería un total de 246.7 l/hab/día de agua potable. Sin embargo este consumo varía de acuerdo con el estrato socioeconómico del usuario así:

TABLA 4. CONSUMO lt/hab/dia por Estrato socioeconómico según PMA

ESTRATO	CONSUMO NETO lt / hab / dia
1	187
2	204
3	235
4	234
5	240
PROMEDIO	220

Según el RAS 2000 la dotación neta mínima para un sistema de acueducto de Alto nivel de complejidad como el de Barrancabermeja debe ser de 150 l/hab/dia³.

Observamos que los datos por la oficina del Plan Maestro de Alcantarillado (PMA) no coinciden con los datos de EDASABA es decir: **EDASABA** = 246.7 l/hab/dia **PMA** = 220 l/hab/dia ; existe una diferencia de 26.7 l/hab/dia. Y esto se debe tal vez a las fugas o pérdidas del sistema situaciones estas inherentes al proceso lo que motivaría otra importante investigación para determinar el volumen de agua que se pierde antes de llegar al usuario.

En la siguiente tabla se hace una comparación de consumos de agua en distintas partes del mundo:

³ Según RAS 2000 Titulo A Cap. A.3. La asignación del nivel de complejidad de un sistema depende del numero de habitantes de la zona urbana y la dotación neta mínima dependerá de este nivel de complejidad.

TABLA 5. CONSUMOS DE AGUA EN ALGUNOS LUGARES DEL MUNDO

USUARIO	CONSUMO Promedio lt / hab / dia
° Barrancabermeja	220
° Bucaramanga según CDMB	220
*Colombia	150
*Valencia (Esp)	385
*Namibia	5.0
*Tribu Massai	2.5
*Phoenix Arizona E.U.	3000

* Fuente: Seminario Tratamiento de Efluentes Industriales

° Fuente: PMA

Agua captada de la Ciénaga San Silvestre en miles de metros cúbicos diarios

- Agua Potable Municipio 63. 936
- Agua Potable ECOPETROL 16.934.4
- Agua Industrial FERTICOL 1.641.6
- **TOTAL AGUA CRUDA CAPTADA 82.512 m³ /dia**

Estudios contratados por EDASABA determinaron que la capacidad máxima aportante de la ciénaga San Silvestre es de 4.0m³/s (345.600 m³/día) en el periodo seco medio y de 3.02 m³/s (260.928 m³/día) en el periodo seco critico de Diciembre a Marzo⁴.

Por otra parte algunos expertos consideran que la tasa de retorno (es decir lo que se convierte en agua residual) oscila en un 80% por lo tanto para el caso del Municipio de Barrancabermeja seria:

220 l/hab/dia*(259.169 hab) = 57.017m³/dia * 80% = **45.613,74m³/dia** de aguas residuales vertidas a los cuerpos de agua del municipio un alto porcentaje sin tratar.

⁴ Estudio del Plan Maestro Acueducto de Barrancabermeja EDASABA-FONADE Vol. II 1993

6. PLANTA DE AGUAS RESIDUALES DEL BARRIO BOSTON

Una planta de tratamiento es, una estructura artificial donde se propicia el desarrollo controlado de un proceso natural que permite reducir a niveles convenientes el contenido de materia orgánica y de sustancias varias de carácter físico-químico y biológico para de esta forma disminuir la contaminación de las aguas residuales domésticas antes de su descarga al medio natural para favorecer, en esta forma la recuperación y conservación de la calidad de las aguas de las fuentes receptoras. El rendimiento depurativo de una planta de aguas residuales (PTAR) depende de factores como las características del afluente, los criterios de diseño tenidos en cuenta como volumen, población servida, caudal, tiempo de retención hidráulica, tipo de sistema, aerobio (oxigénico), anaerobio (anoxigenico) o combinado, tratamientos complementarios como humedales artificiales o tratamientos químicos y las operaciones de mantenimiento rutinarias. Todos estos factores deben ir sumandos al seguimiento de la planta mediante análisis físicos y químicos periódicos del efluente y su fuente receptora para determinar su capacidad de autodepuración.

El Municipio de Barrancabermeja cuenta con un total de 12 sistemas de tratamiento de aguas residuales aislados o independientes, para los cuales no existe un estudio de su rendimiento depurativo. Uno de esos sistemas es el del Barrio Boston ubicado en la comuna 6, de importancia vital puesto que este sector del municipio ha vertido sus aguas residuales durante mas de 20 años a la Ciénaga San Silvestre principal y única fuente actual de abastecimiento de agua potable para Barrancabermeja su comunidad y su Industria. En tal sentido la administración municipal de turno se vio en la obligación moral de contratar obras civiles para la construcción de la planta con el fin de mejorar la calidad del vertimiento. Los primeros contratos y estudios se realizaron en 1997 pero fue solo hasta el mes de Diciembre de 2003 que fue concluida y entregada la obra para su puesta en marcha. Por otra parte vale la pena mencionar que la longeva y laboriosa planta de tratamiento de agua potable, no muy lejos de la PTAR del

Barrio Boston, se ha convertido entonces sin pretenderlo, en sistema de tratamiento de aguas residuales que aunque diluidas exigen una mayor cantidad de adición de químicos y un mayor esfuerzo en las actividades de mantenimiento y operación.

DATOS GENERALES DEL BARRIO BOSTON (Población Servida)

EL área de estudio se localiza en el Municipio de BARRANCABERMEJA, comuna SEIS (6) , Barrio BOSTON donde se encuentra ubicado un sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas para este asentamiento urbano.

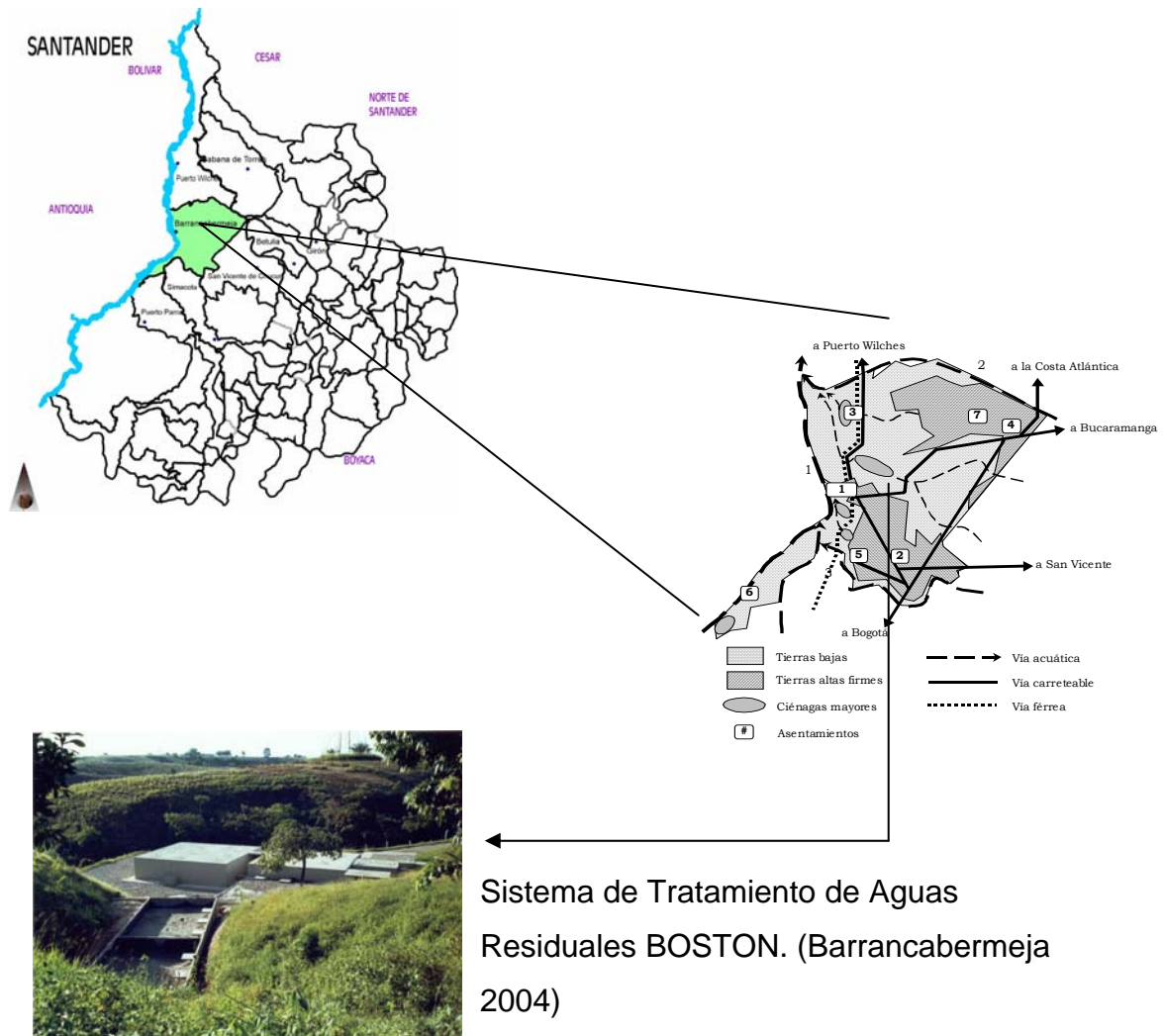
TABLA 6 INFORMACIÓN DE BARRIOS COMUNA 6

BARRIO	POBLACIÓN	ÁREA M ²	ESTRATO PREDOMINANTE	NÚMERO VIVIENDAS
Antonio Nariño	747	175.324	1	167
Boston	1.504	84.000	1	336
Brisas San Martín	429	159.862	1	96
Brisas del Oriente	95	63.000	1	21
Corinto	05	2.625	2	24
El Danubio	706	237.599	1	158
El Progreso	1.690	82.812	1	377
Las Granjas	3.661	477.862	2	817
Kennedy	974	157.600	1	217
Oro Negro	611	51.475	1	136
Rafael Rangel	461	281.325	1	103
San Pedro	731	47.750	2	163
20 de Agosto	2.367	194.025	2	528
TOTAL	14.081	2'015.259	1	3.143

FUENTE: Unidad de Desarrollo Socioeconómico – Planeación Municipal

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

Figura 5. Ubicación de la PTAR del Barrio Boston



6.1.1 NIVELES DE TRATAMIENTO

La PTAR del Barrio Boston es la más avanzada en cuanto a diseño y desempeño dentro del grupo de sistemas de tratamiento aislado de la ciudad, y no es para menos si tenemos en cuenta que su efluente llega a las aguas de la Ciénaga San Silvestre principal fuente de agua potable para la ciudad y la industria Barranqueña. La flujo de agua es conducido por gravedad hacia la planta que cuenta con cuatro niveles de tratamiento distribuidos así:

- **NIVEL 1** - Tratamientos Preliminares o Pretratamiento
 - Desarenador
 - Cribado
 - Aliviadero

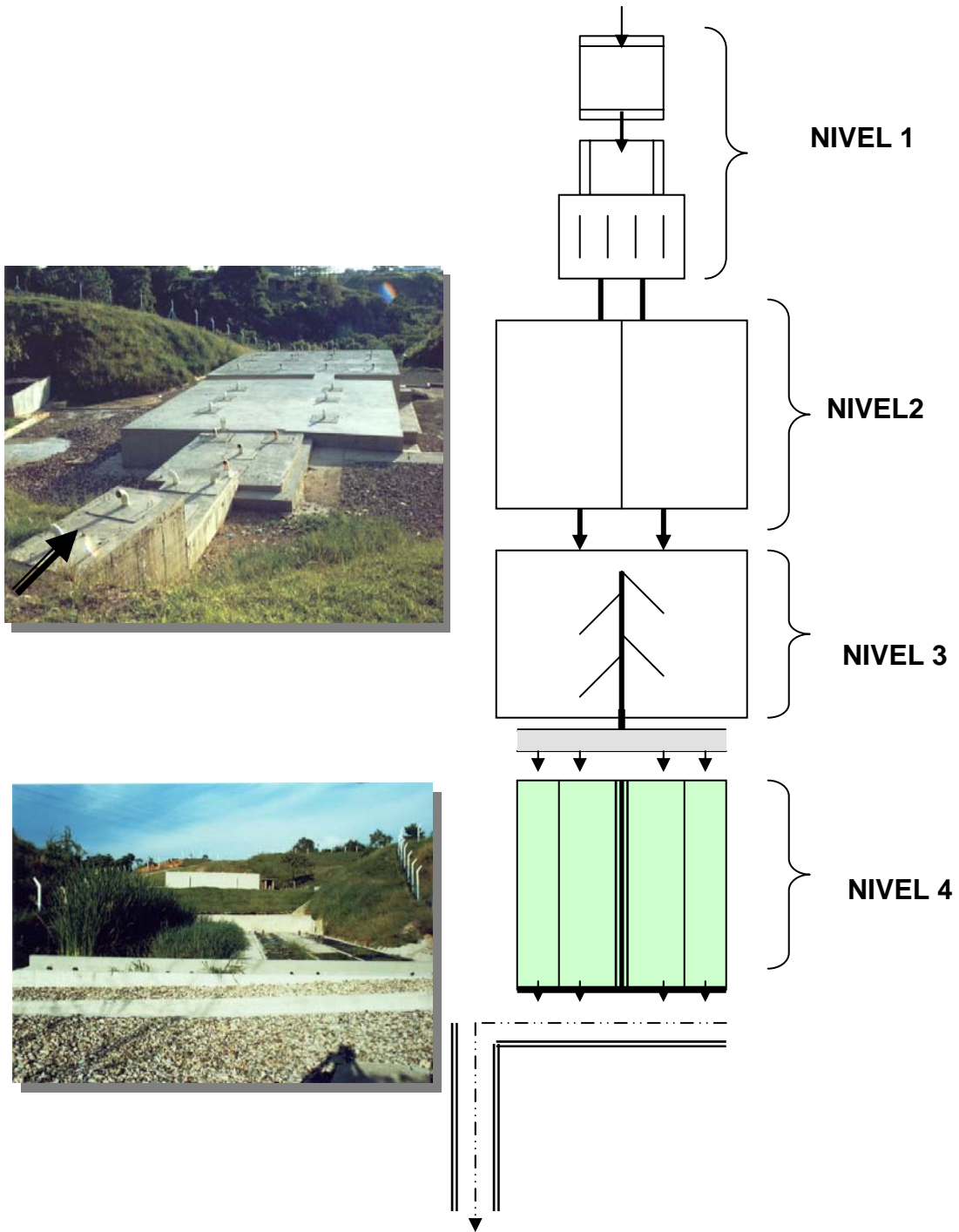
- **NIVEL 2** – Tratamiento Primario o Sedimentación Primaria
 - Tanques sépticos

- **NIVEL 3** – Tratamiento Secundario o Proceso Anaerobio
 - Filtros Anaerobios

- **NIVEL 4** – Tratamiento Terciario o Avanzado
 - Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial (HAFS)

NIVEL	OBJETIVO
1	Remover arenas, gravas, sólidos de gran tamaño, reducir velocidad de aproximación.
2	Remoción de sólidos sedimentables y suspendidos.
3	Remoción de DBO y Nutrientes y material coloidal
4	Remover contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc

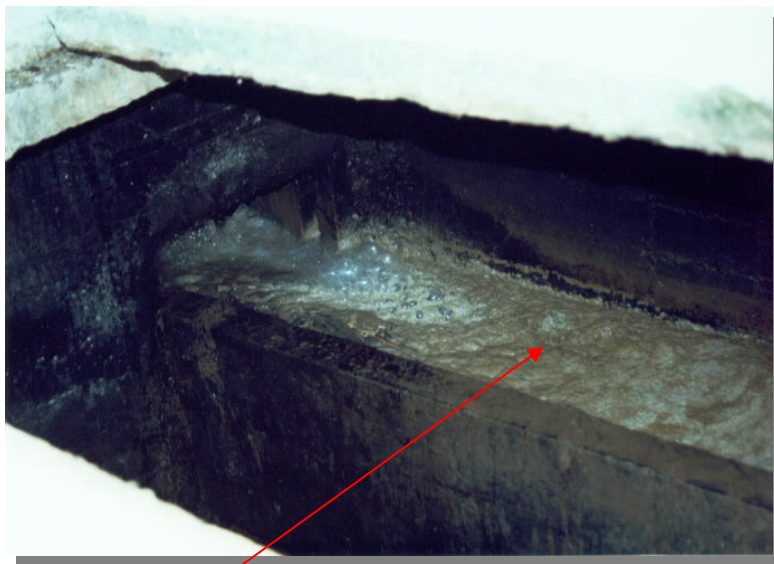
Figura 6. DIAGRAMA ESQUEMATICO P.T.A.R. BOSTON



NIVEL 1 - Tratamientos Preliminares o Pretratamiento

El agua residual es recibida en la planta por una pantalla deflectora que reduce la velocidad de aproximación y posteriormente pasa a un vertero de rebose donde se iguala el caudal. La planta cuenta con un aliviadero para separar aguas negras de aguas lluvias por medio de rebose en el muro lateral del canal de conducción con el fin de controlar el paso de mayor cantidad de agua al sistema. En estos canales de conducción se presenta una acumulación de grasas y espumas que son retenidas por el cribado que ayuda a la remoción de bolsas plásticas, palos, etc. La limpieza de estas rejillas y del material acumulado debe hacerse manualmente a lo largo del canal. En esta primera parte del tratamiento el agua es separada en dos canales paralelos con el fin de distribuir el afluente en partes iguales hacia la siguiente etapa.

FOTO 9. CANAL DE CONDUCCIÓN - ALIVIADERO.



Acumulación de Espumas y Grasas.

NIVEL 2 – Tratamiento Primario o Sedimentación Primaria

Esta constituido por un tanque o pozo séptico del tipo Decantador – Digestor (D-D), donde se sedimentan por gravedad, contaminantes y sólidos suspendidos en el agua, los cuales forman un lecho de lodos que sufre una descomposición anaerobia producida por la acción de los microorganismos. Según el estudio de impacto ambiental de la planta el diseñador estima un tiempo de retención hidráulico que varía de 12 a 24 horas. La remoción esperada de DBO en los tanques es de 30% al 50%, de Grasas y Aceites entre un 70% y 80%, Fósforo de un 15% y Sólidos suspendidos de un 50% a 70%.⁵

FOTO 10. PANORAMICA PLANTA BARRIO BOSTON



NIVEL 3 – Tratamiento Secundario o Proceso Anaerobio

Filtro Anaerobio de flujo ascendente. El efluente del tanque séptico pasa al filtro anaerobio (dos filtros paralelos) y entra a este a través de la cámara difusora, ascendiendo por entre los intersticios del medio filtrante (Material Granular, Lecho

⁵ Informe Optimización STAR Barrio Boston – Nancy Jhohana Montoya G. PMA 2003.

de Piedras), formando con el tiempo una película activa o microbial sobre el lecho que degradara en forma anaeróbica la parte de la materia orgánica contenida en el agua residual. El liquido sale por la parte superior del filtro por medio de una tubería perforada de colección y distribución del efluente ubicada dentro del tanque en forma de espina de pescado. El estudio de Impacto Ambiental de la planta estima un tiempo de Retención Hidráulica en el filtro de 12 horas con un caudal máximo de 507.17 m³/ día (5.87 l/s), con lo que se espera una remoción entre el 70% y 75% de la carga orgánica (DBO). El volumen del filtro es 186 m³ ⁵.

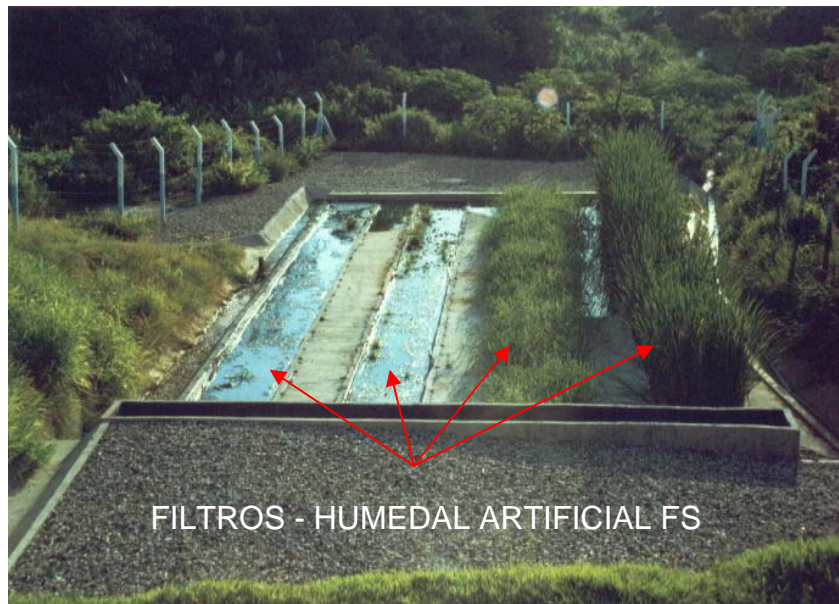
En este punto de la planta de tratamiento el Estudio de Impacto Ambiental indica que: “la remoción total del sistema será de 82.5% remoción que esta por encima de la exigida en la normatividad ambiental”.

NIVEL 4 – Tratamiento Terciario o Avanzado

Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial (HAFS). Un humedal artificial de flujo subsuperficial (FS, *subsurface flow wetlands*) está diseñado específicamente para el tratamiento de algún tipo de agua residual, o su fase final. Se le llama de flujo subsuperficial porque utiliza un lecho formado por un medio permeable (Grava Gruesa) y el nivel del agua es mantenido debajo de la superficie del lecho. En estos se aprovecha la capacidad de absorción de nutrientes de las plantas para remover materia orgánica disuelta, compuestos orgánicos o contaminantes. Estas desempeñan un papel vital en estos sistemas ya que transfiere oxígeno a la parte inferior de los depósitos a través de sus raíces y proporciona un medio adecuado por debajo de la superficie libre de agua para el soporte y desarrollo de capas de microorganismos involucradas en el tratamiento biológico. A este proceso también se le conoce como Fitoremediación.

⁵ Informe Optimización STAR Barrio Boston – Nancy Jhohana Montoya G. PMA 2003

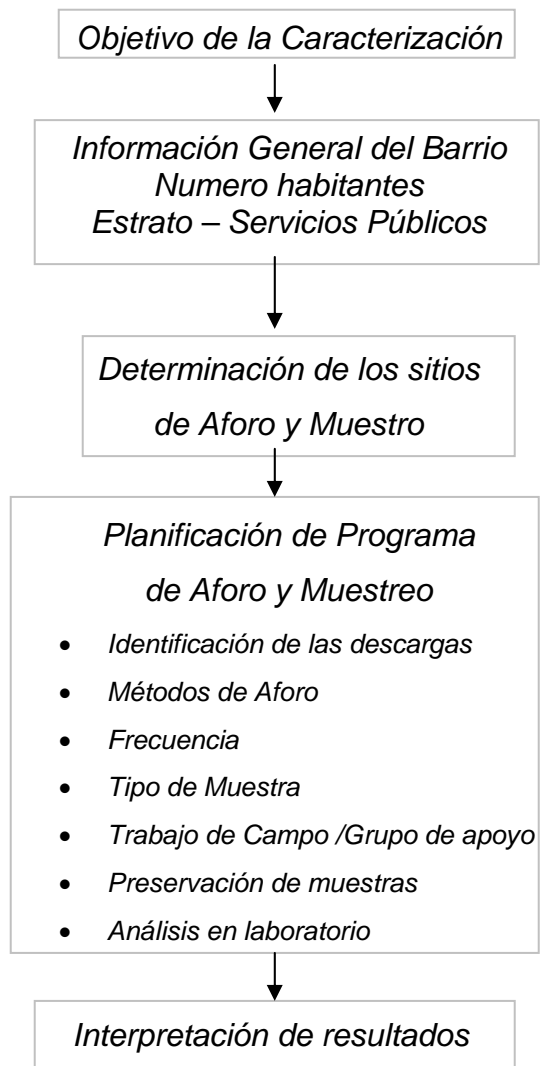
FOTO 11. H.A.F.S.



CARACTERIZACION Y MONITOREO DE AGUAS

La caracterización y el monitoreo del efluente de la planta del Barrio Boston se desarrolló teniendo en cuenta las siguientes etapas:

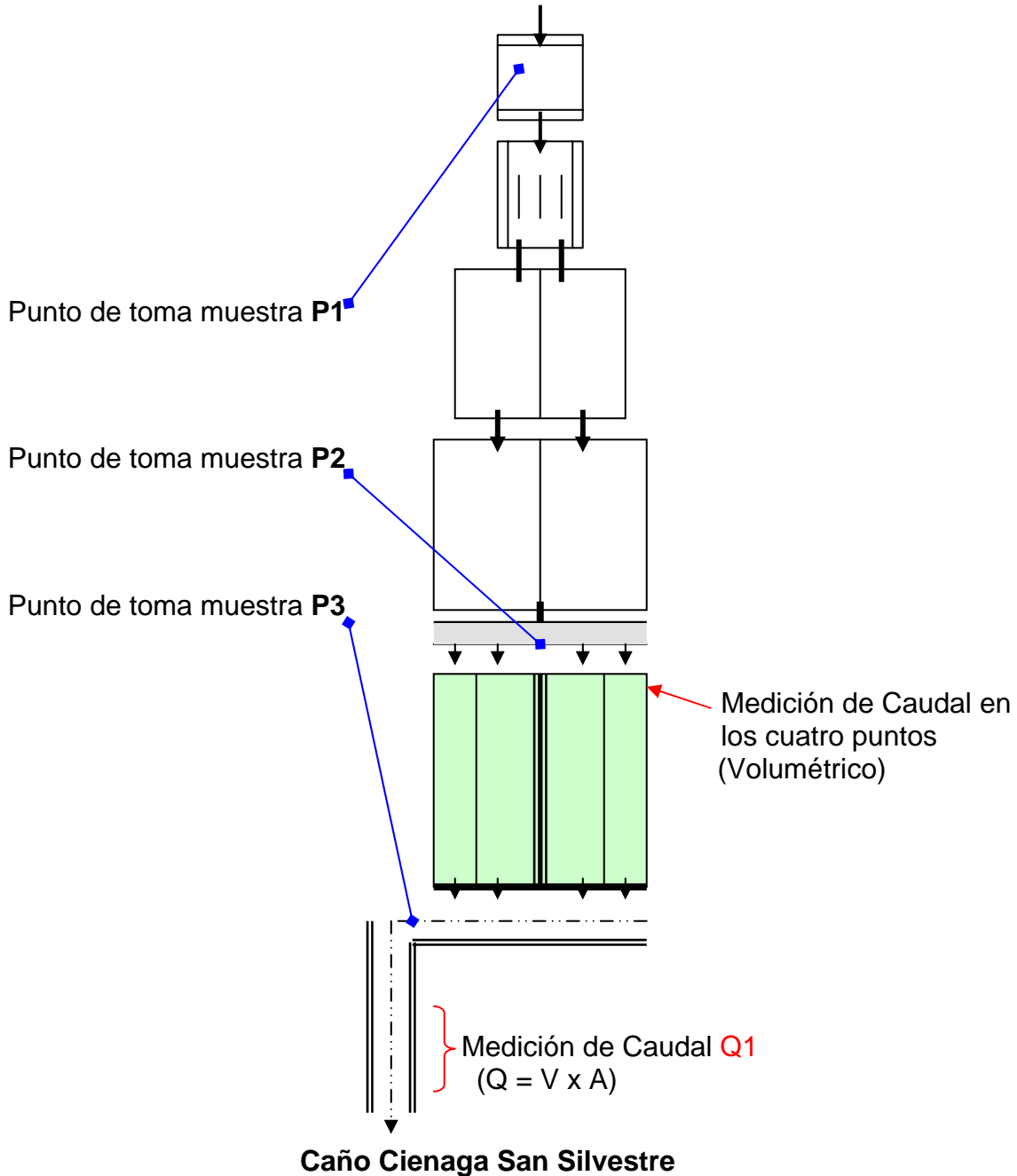
Figura 7. Etapas para el desarrollo del monitoreo.



DETERMINACIÓN DE SITIOS DE AFORO Y MUESTREO EN LA PLANTA

Los criterios de selección del sitio fueron la accesibilidad y comodidad para realizar el aforo y la representatividad de la muestra tomada.

Figura 8. Identificación de los sitios de toma de muestra



Se determinaron tres puntos para tomar las muestras así:

- P1 en el afluente o influente
- P2 a la salida de los Filtros Anaerobios.
- P3 descarga final.

Con estas tres muestras podremos determinar no solo la eficiencia de la planta en sus primeros dos niveles de tratamiento sino saber la eficiencia del HAFS.

La medición del caudal (Q) se hizo en dos puntos mediante dos técnicas diferentes:

- Método volumétrico : consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de agua o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de esta.
- Método velocidad / superficie: Este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal, calculándose a partir de la fórmula:

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = A(\text{m}^2) \times V(\text{m}/\text{s})$$

La unidad métrica es m^3/s . Como m^3/s es una unidad grande, las corrientes menores se miden en litros por segundo (l/s).

Una forma sencilla de calcular la velocidad consiste en medir el tiempo que tarda un objeto flotante en recorrer, corriente abajo, una distancia conocida.

Frecuencia y Tipo de Muestra

La frecuencia del muestro se definió cada 4 horas durante 12 horas desde las 6AM a las 6 PM del día 30 de julio de 2004 y para lograr una muestra lo más representativa posible se hace una muestra Compuesta.

La composición de la muestra que se ha de llevar al laboratorio de obtiene mediante la formula:

$$F_t = \frac{Q_{ins}}{Q_t} \times M$$

Donde:

F_t= Fracción tomada de la alícuota o muestra individual (lts)

Q_{ins}= Caudal Instantáneo en que se toma la alícuota (l/s)

Q_t= Caudal total- suma de caudales instantáneos (l/s)

M= Volumen de muestra para análisis (lts)

Se debe tener en cuenta que el volumen de la alícuota o muestra individual depende de la cantidad del volumen que se lleva al laboratorio y del caudal instantáneo. Para este caso se llevaron muestras de 1 lt de cada punto (P1, P2 y P3) y la alícuota fue de 500ml.

Cada una de las muestras fue envuelta en papel aluminio para evitar exposición al sol y depositadas en hielo para su conservación.

TRABAJO DE CAMPO



FOTO 11 Método Volumétrico

FOTO 12 Y 13 Método Velocidad



FOTO 14 Toma de Muestras



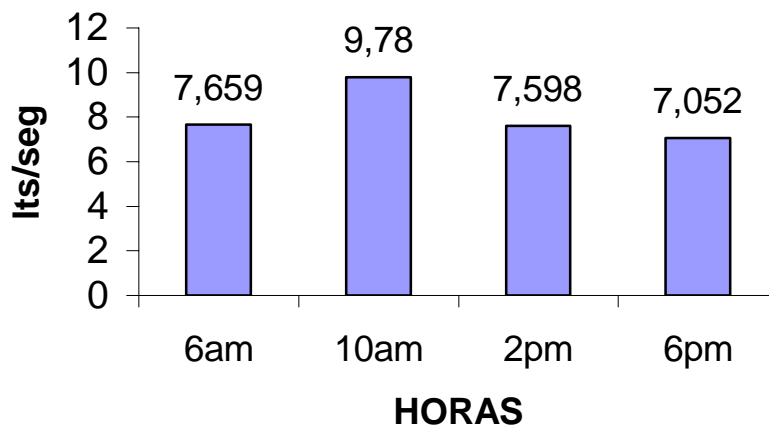
FOTO 15 Muestras

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION Y MONITOREO DEL EFLUENTE.

AFORO POR METODO DE VELOCIDAD x ÁREA

Esta medición fue realizada en el punto **P3** (descarga final) de la planta a las horas establecidas el día 30 de Julio de 2004.

Figura 9. CAUDAL DEL EFLUENTE PLANTA BOSTON 30 JULIO DE 2004



Q.prom = 8,02 lts/seg para este día, para un total de **692.92 m³/día** de aguas residuales.

COMPOSICIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ANÁLISIS EN LABORATORIO

Tenemos:

Tabla 7. Datos para composición de la muestras

Hora	Caudal Instantáneo (lts/s)	Muestra (lts)	Fracción tomada de la muestra (lts)
6 am	7.65	0.5	0.238
10 am	9.78	0.5	0.304
2 pm	7.598	0.5	0.236
6 pm	7.052	0.5	0.219
Caudal Total =	32.08	-----	0.997lts

Aplicamos :

Muestra compuesta

$$F_t = \frac{Q_{ins}}{Q_t} \times M$$

Tenemos que **Qt = 32.08 l/s** y necesitamos 1 Litro de agua de cada punto de muestreo, entonces:

$$F_t = \frac{7.65}{32.08} \times 1 = 0.238 \text{ lt de la muestra de las 6 am}$$

$$F_t = \frac{9.78}{32.08} \times 1 = 0.304 \text{ lt de la muestra de las 10 am}$$

$$F_t = \frac{7.59}{32.08} \times 1 = 0.236 \text{ lt de la muestra de las 2 pm}$$

$$F_t = \frac{7.052}{32.08} \times 1 = 0.219 \text{ lt de la muestra de las 6 pm}$$

TABLA 8. RESULTADOS DE ANÁLISIS EN LABORATORIO

PARÁMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO EN		
			P1	P2	P3
pH	Unidades de pH	Potenciométrico	6.87	6.79	6.66
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	Gravimétrico	110	18	10
Nitrógeno Total (N_T)	ppm	Kjendahl	13.66	14.34	14.28
Fósforo Total (P_T)	ppm	Espectrofotómetro	6.1	3.4	2.9
DBO ₅	mgO ₂ /l	Oxitop	150	50	40
DQO	mg/l O ₂	Micro	239	90	82
Grasas y/o Aceites	mg/l	Gravimétrico	11.21	3.41	2.4



FOTO 16 DQO



FOTO 17 GRASAS



FOTO 18 DBO



FOTO 19 N_T



FOTO 20 FOSFORO

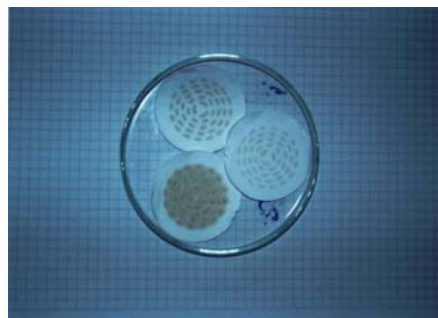


FOTO 21 SST

7. VALORACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Inicialmente se hace una comparación de los datos de la tabla 8 con la tabla 2 referente a características típicas del agua residual municipal para tener una estimación cualitativa de las concentraciones de los parámetros y así inferir el tipo de afluente residual que se va a tratar; es decir de concentración alta, media o baja de contaminantes. Este es un procedimiento opcional que se deja a decisión de quien hará la valoración.

Otro aspecto que vale la pena tener en cuenta es la comparación de los resultados obtenidos en este estudio, con los análisis realizados en un monitoreo del vertimiento del barrio antes de la puesta en marcha de la planta en el mes de Octubre de 2003. Con el fin de ir creado una base de datos para futuros estudios de seguimiento de los STAR. Los resultados son los siguientes:

CUADRO COMPARATIVO DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

	Octubre 2003	Julio 2004	¿?
SST mg/l	162	110	↓
N Total ppm	12.6	13.66	↗
P Total ppm	10.46	6.1	↓
DBO mg O2/l	136.4	150	↑
DQO mg O2/l	210.76	239	↑
G y A mgO2/l	23.16	11.21	↓
Caudal Promedio l/s	4.28	8.02	↑

7.1 RENDIMIENTO DEPURATIVO DEL TRATAMIENTO O PORCENTAJE DE REMOCIÓN (PR%) DEL SISTEMA

Los cálculos se realizan de la siguiente manera: Inicialmente se obtiene el rendimiento depurativo de los Niveles de tratamiento 1, 2 y 3 de la planta (Tratamientos Preliminares, Tanques Sépticos y Filtros Anaerobios). Posteriormente se calcula el rendimiento del HAFS para luego hacer el porcentaje de remoción total. De acuerdo con la fórmula:

$$Pr = \frac{Ca - Ce}{Ca} * 100\%$$

Donde :

Ca= Concentración de la sustancia en el afluente en mg/ ò ppm

Ce= Concentración de la sustancia en el efluente en mg/l ò ppm

7.1.1.RENDIMIENTO DEPURATIVO DEL BLOQUE DE TRATAMIENTOS PRELIMINARES, PRIMARIO Y SECUNDARIO (Niveles 1, 2 y 3)

Tomando los datos de la Tabla 8. **P1** y **P2**

Para SST tenemos:

$$Pr = \frac{110 - 18}{110} \times 100\% = 83.63\%$$

Para N_T tenemos:

$$Pr = \frac{13.66 - 14.34}{13.66} \times 100\% = -4.98\%$$

Para Fósforo total :

$$Pr = \frac{6.1 - 3.4}{6.1} \times 100\% = 44.26\%$$

Para DBO₅ =

$$Pr = \frac{150 - 50}{150} \times 100\% = 66.66\%$$

Para DQO :

$$\text{Pr} = \frac{239 - 90}{239} \times 100\% = 62.34\%$$

Para Grasas y/o Aceites

$$\text{Pr} = \frac{11.21 - 3.41}{11.21} \times 100\% = 69.58\%$$

7.1.2 RENDIMIENTO DEPURATIVO DEL HAFS Tomamos datos P2 y P3

Para SST tenemos:

$$\text{Pr} = \frac{18 - 10}{110} \times 100\% = 7.27\%$$

Para N_T tenemos:

$$\text{Pr} = \frac{14.34 - 14.28}{13.66} \times 100\% = 0.44\%$$

Para Fósforo Total

$$\text{Pr} = \frac{3.4 - 2.9}{6.1} \times 100\% = 8.19\%$$

Para DBO_5

$$\text{Pr} = \frac{50 - 40}{150} \times 100\% = 6.66\%$$

Para DQO :

$$\text{Pr} = \frac{90 - 82}{239} \times 100\% = 3.35\%$$

Para Grasas y/o Aceites

$$\text{Pr} = \frac{3.41 - 2.4}{11.21} \times 100\% = 9.0\%$$

7.1.3 RENDIMIENTO DEPURATIVO DE LA PLANTA EN GENERAL Tomamos datos de P1 y P3

Para SST tenemos:

$$\text{Pr} = \frac{110 - 10}{110} \times 100\% = 90.9\%$$

Para N_T tenemos:

$$\text{Pr} = \frac{13.66 - 14.28}{13.66} \times 100\% = -4.53\%$$

Para Fósforo total :

$$\text{Pr} = \frac{6.1 - 2.9}{6.1} \times 100\% = 52.45\%$$

Para DBO₅ =

$$\text{Pr} = \frac{150 - 40}{150} \times 100\% = 73.33\%$$

Para DQO :

$$\text{Pr} = \frac{239 - 82}{239} \times 100\% = 65.69\%$$

Para Grasas y/o Aceites

$$\text{Pr} = \frac{11.21 - 2.4}{11.21} \times 100\% = 78.59\%$$

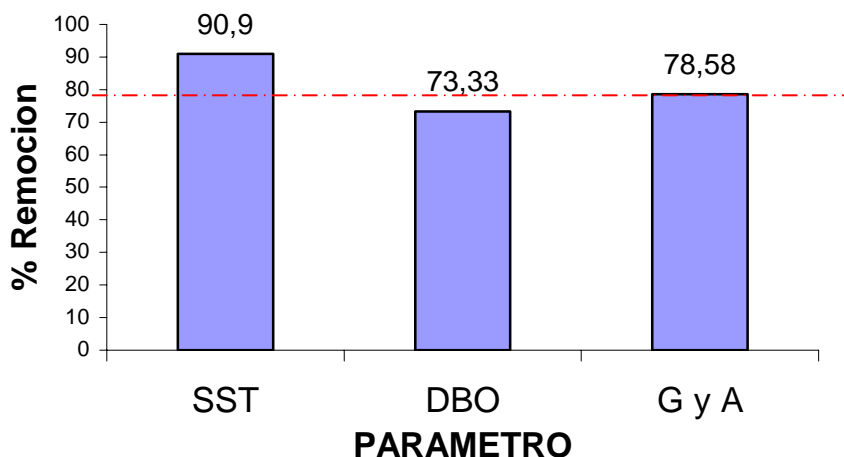
Tabla 9. RENDIMIENTO DEPURATIVO DE LA PTAR BARRIO BOSTON

% Remoción Parámetro	Niveles 1,2,3 %	HAFS %	% REMOCIÓN TOTAL
SST	83.63	7.27	90.9
N _T	-4.98	0.44	-4.53
P _T	44.26	8.19	52.45
DBO ₅	66.66	6.66	73.33
DQO	62.34	3.35	65.69
G y A	69.58	9.0	78.59

Promediando la Remoción Total del sistema tenemos un 72.19 % contra un 82.5% tomado como base para el diseño de la planta sin incluir el HAFS. Por lo tanto la planta sin el Humedal Artificial removería en promedio solo el 65.29% de la carga representada en DBO, SST, Grasas, etc. En consecuencia los filtros HAFS de la planta aportan un importante 6.89% en el proceso de mejoramiento de la calidad del efluente doméstico.

7.1.2 VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DE VERTIMIENTOS

Figura 10. COTEJO DE DATOS CON LA NORMA DE VERTIMIENTO DEC. 1594/84



Norma 80% mínimo de remoción -----

El Decreto 1594 de 1984 referente a usos del agua y vertimientos, establece en su artículo 72 que todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir con una remoción igual o mayor de 80% en carga para SST, DBO y Grasas y Aceites.

Realizando los cálculos tenemos:

$$C_v = Q \times C \times 0.0864$$

C_v = Carga total en el vertimiento (kg/día)

Q = Caudal promedio del vertimiento (l/s)

C = Concentración en el vertimiento mg/l

0.0864 = factor de conversión

Para SST en **P3** $C = 10 \text{ mg/l}$; $Q = 8.02 \text{ l/s}$; en **P1** $C = 110 \text{ mg/l}$; $Q = 8.02 \text{ l/s}$

C_v en **P3** = 6.929 kg/día ; C_v en **P1** = 76.22 kg/día

Aplicamos la fórmula de P_r y obtenemos que P_r de SST = 90.0% por lo tanto es mayor del 80% entonces se cumple la norma para este parámetro. DBO y G y A no cumplen.

CARGA TOTAL VERTIDA (Efluente)

Se obtiene mediante la formula

$$C_v = Q \times C \times 0.0864$$

C_v = Carga total en el vertimiento (kg/dia)

Q = Caudal promedio del vertimiento (l/s) = 8.02l/s

C = Concentración en el vertimiento mg/l = (P3)

0.0864 = factor de conversión

Para:

SST = 6.92 Kg/dia

N_T = 9.89kg/dia

P_T = 2.0kg/dia

DBO_5 = 27.71 kg/dia

G y A = 1.66kg/dia

Caudal promedio = 8,02 lt/seg para un total de **692.92 m³/día** de aguas residuales. El caudal de diseño según documentos de PMA es 440,64 m³/dia y en el Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.) se estima un caudal máximo de 507.17m³/dia

APORTE PER CÁPITA DE AGUA RESIDUAL (l/hab/dia)

La población del Barrio Boston se estima en 1504 según los datos del POT del 2000, otra documentación revisada sugiere una población servida actual de 2000 personas por lo que tomaremos el dato mas actualizado.

$Q = 692.92 \text{ m}^3/\text{día} / 2000 \text{ personas} = 0.346 \text{ m}^3/\text{dia/persona}$, es decir:

395.5 l/hab/dia lo cual esta muy por encima del promedio del consumo de agua potable para el municipio de 220 l/hab/dia.

APORTE DBO₅ PER CÁPITA

Concentración en el afluente = 150mg/l O₂

Carga total en el afluente = 8.02 l/s x 150 mg/l x 0.0864

Carga total que llega al sistema = 103.9 kg/día de DBO / 2000 personas
= 0.05196kg/hab/día es decir 51.96 gr/hab/día

APORTE SST PER CAPITA

Concentración en el afluente = 110 mg/l

Carga total = 76.22 kg/día / 2000 hab

0.038 kg/hab/día es decir: 38.11 gr/hab/día

TIEMPO DE RETENCION HIDRÁULICA EN FILTRO ANAEROBIO

Dimensiones del Filtro Anaerobio

Profundidad = 1.90mts

Largo = 10mts

Ancho = 4.90mts

Altura Útil = 1.2mts (se deja un espacio para la tubería de colección)

Volumen = 93.1 m³

Volumen con altura útil = 58.8m³

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{58.8m^3}{692.92m^3 / dia} = 0.0848 \times 24horas = 2.036horas$$

BIODEGRADABILIDAD DEL AGUA RESIDUAL PTAR B. BOSTON

La biodegradabilidad de un agua residual se determina como relación de la demanda bioquímica de oxígeno a la demanda química de oxígeno. De este índice se deduce fácilmente si la sustancia a depurar es de origen doméstico o industrial, y señala el método de depuración más adecuado. Así se tiene:

$$\frac{DBO_5}{DQO} \geq 0.4$$

es biodegradable, pudiéndose utilizar sistemas biológicos por fangos activos o lechos bacterianos.

$$0.4 \geq \frac{DBO_5}{DQO} \geq 0.2$$

es biodegradable siendo recomendable el empleo de lechos bacterianos.

$$\frac{DBO_5}{DQO} \leq 0.2$$

no es biodegradable, o es poco biodegradable y no es adecuado utilizar métodos biológicos. Es conveniente recurrir a procesos químicos.

El agua residual de B. Boston tiene la siguiente relación:

AFLUENTE

$$\frac{150}{239} = 0.665$$

EFLUENTE

$$\frac{40}{82} = 0.487$$

Según esto entonces el afluente es biodegradable por lechos bacterianos como evidentemente ocurre. Y la biodegradabilidad del efluente disminuye debido a que la DQO queda ligeramente alta con respecto a la entrada.

CALCULO DE TASA RETRIBUTIVA PARA EL BARRIO BOSTON

$$MTR_j = Tr_j * Cc_j * T$$

$$Tr_j = Fr_j * Tm_j$$

$$CC_j = 0.0864 * C_j * Q * (t/24)$$

Tarifa mínima de la sustancia para el 2004 : SST = 33.83 (\$Kg) ; para

DBO= 79.0 (\$kg)

Fr_j= 1

Para DBO₅

Para SST

$$CC_j = 0.0864 * 40 \text{ mg/l O}_2 * 8.02 \text{ l/s} * 1$$

$$CC_j = 0.0864 * 10 \text{ mg/l} * 8.02 \text{ l/s} * 1$$

$$CC_j = 27.71 \text{ kg/dia}$$

$$CC_j = 6.92 \text{ kg/dia}$$

$$Tr_j = 1 * 79.0$$

$$Tr_j = 1 * 33.83$$

$$MTR_j = 79.0 * 27.71 * 12$$

$$MTR_j = 33.83 * 6.92 * 12$$

$$MTR_j = \$ 26.259.08$$

$$MTR_j = 2809.24$$

TOTAL POR UN AÑO = 29.068.32

La cifra es bastante baja considerando que las concentraciones de la sustancia "j" también lo son y el factor regional (FR_j) es 1 de acuerdo con el decreto 3100/03.

8. FICHA EVALUATIVA GENERAL DE P.T.A.R. (Página 1 de 2)

UBICACIÓN:

DEPARTAMENTO: SANTANDER MUNICIPIO: BARRANCABERMEJA FECHA PUESTA EN MARCHA: DICIEMBRE 2003

TIPO

ANAEROBIO ò ANOXIGENICO AEROBIO ú OXIGENICO _____ FACULTATIVO _____ OTRO: _____

CAUDAL PROMEDIO ACTUAL DE LA PLANTA : 8.02 / seg POBLACIÓN SERVIDA : 2000 Personas No DE CASAS: 336

TRATAMIENTOS PRELIMINARES SI NO _____

CUALES: DESARENADOR Y CRIBADO. CUENTA CON ALIVIADERO.

TRATAMIENTO PRIMARIO SI NO _____

TIPO: DECANTADOR DIGESTOR DE GASES

TRATAMIENTO SECUNDARIO SI NO _____

TIPO: FILTRO ANAEROBIO DEL TIPO UASB SIN COLECTOR

TRATAMIENTO TERCARIO O AVANZADO SI NO _____

TIPO: HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Se considera tratamiento Primario si se obtienen % de remoción de hasta un 70%
Se considera tratamiento Secundario si se logran % de remoción mayores del 80%
Tratamiento terciario si remueve nutrientes y metales.

FICHA EVALUATIVA GENERAL DE P.T.A.Rs. (Pagina 2 de 2)

CARACTERIZACION Y MONITOREO DE AGUAS PARA ANÁLISIS FISICO QUÍMICOS.

TIPO DE MUESTRA: PUNTUAL COMPUESTA INTEGRADAS

PARÁMETRO ANALIZADO	IN mg/	OUT mg/l	% REMOCIÓN	CUMPLE NORMA		
				SI	NO	N.E
SST	110	10	90.9	X		
ST	---	---	-----	-----	-----	-----
DBO	150	40	73.33		X	
DQO	239	82	65.69		X	
GRASAS Y ACEITES	11.21	2.4	78.59		X	
N. TOTAL	13.66	14.28	-----			X
P. TOTAL	6.1	2.9	52.45			X
TENSOACTIVOS	---	---	-----	---	-----	-----
pH	6.87	6.66	-----	X		
TEMPERATURA	----	---	-----	---	---	---
% REMOCIÓN TOTAL	-----		72.19	-----	-----	-----

N.E. No exigido por el Decreto 1594 /84

OBSERVACIONES: _____

 style="text-align: center;">NINGUNA

FICHA ELABORADA POR: HEYNER MANCERA RINCON

CARGO: ESTUDIANTE –QUIMICA AMBIENTAL –UIS 2004

FECHA DE LA EVALUACIÓN: AGOSTO -2004

FIRMA _____

9. CONCLUSIONES

- La PTAR del Barrio Boston si bien no cumple con los porcentajes de remoción de DBO_5 y G y A, seria injusto decir que el sistema de la planta no funciona adecuadamente. Un aspecto para resaltar es que en el agua residual que llega a la planta, las concentraciones de los parámetros como Grasas y Aceites y DBO no son tan altas, lo que paradójicamente hace un poco más complejo el tratamiento. Por ejemplo Grasas y Aceites realiza una apreciable remoción y sin embargo para los ojos de la ley no cumple. Con el animo de ilustrar esta idea, supóngase otro vertimiento doméstico con muy altas concentraciones de Grasas y Aceites Ej: 35 mg/l y la planta X remueve el 82% es decir el efluente finalmente lleva 6.3mg/l, por lo tanto cumple y sin embargo esta contaminando mas que la planta del B. Boston. Este es uno de los criterios para dejar ver ciertas ambigüedades de la legislación que en algunos casos no son favorables.
- En cuanto a criterios de diseño la planta corre el riesgo de rebozar o colmatarse debido a que los caudales medidos en el monitoreo superan en mas del 50% las mediciones realizadas en el muestreo del 2003 y el caudal estimado en el diseño. Es probable que halla sido un pico en el consumo de agua debido a población flotante en el barrio, pero no obstante es necesario continuar monitoreando el caudal para de esta manera ajustar los periodos de mantenimiento relacionados directamente con la generación de lodos. Este aumento del caudal también influye en los TRH y por supuesto en los rendimientos depurativos diseñados. Adicionalmente como también se nota un aumento leve en la DBO.

- EL HAFS implementado en la planta a pesar de no tener un alto porcentaje de remoción, se convierte en una excelente oportunidad de investigación para futuras PTAR de este tipo y optimización de las construidas en la ciudad ya que ofrece ventajas importantes como la remoción de nutrientes (asimilados por las plantas), metales pesados y además la incorporación de CO₂ a la biomasa si se decide en un futuro quemar los gases de los Filtros Anaerobios. Para estos procesos se deben tener muy en cuenta los parámetros del agua que entra al HAFS como DBO que según RAS 2000 Título E, no debe ser mayor de 4m² /kg/día así como las áreas y los caudales, como también el tipo de planta y la longitud de sus raíces.
- En cuanto al cuerpo de agua receptor (Caño-Ciénaga San Silvestre) es conveniente realizar una investigación de su capacidad de autodepuración o determinar posibles contaminantes trazas que estén llegando a la Ciénaga o se estén formando en ella. Producto del vertimiento de la planta estudiada.
- En cuanto a la remoción de nutrientes, en el caso de nitrógeno, no presentó un cambio significativo en su concentración. Para la eliminación del Nitrógeno En primer lugar, durante el tratamiento biológico habitual, la mayor parte de los compuestos orgánicos de nitrógeno se convierten en amoníaco. A continuación hay que conseguir que el amoníaco se convierta a nitratos (nitrificación) por la acción de bacterias nitrificantes que son aerobias, luego se procura la eliminación de los nitratos a través de la desnitrificación. Para esto se usan bacterias en condiciones anaerobias que hacen reaccionar el nitrato con parte del carbono que contiene el agua que está siendo tratada. Como resultado de la reacción se forma CO₂ y N₂ que se desprenden a la atmósfera. Para llevar a cabo estos procesos hacen falta reactores de gran volumen. En el caso de Fósforo este si quedo en las células de las bacterias y algas en forma de ADP y ATP.

- La preservación y/o recuperación de los recursos naturales es cuestión de todos. Tanto la participación de la comunidad como de los entes gubernamentales es decisiva para el éxito de todas estas obras. No hacemos nada con tener grandes obras civiles eficientes y costosas si no se les da el trato que sus diseñadores solicitan. Las labores de mantenimiento inscritas en el manual de operaciones de la planta deben ser cumplidas a cabalidad por personal idóneo para ir progresivamente mejorando la eficiencia de la planta. Así mismo el compromiso de la administración pública debe ser irrestricto para que estas obras con el tiempo no se conviertan en monumentos al abandono, el desinterés e irresponsabilidad

10. BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS QUIMICOS SEMINARIO TRATAMIENTO DE EFLUENTES LIQUIDOS UIS -2004
- CRUZ CORTES, Luis Carlos. COMO ESTUDIAR Y ELABORAR UNA TESIS. U. Externado de Colombia. Bogotá 1987
- EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUACHICA. El agua y la salud.
- MMA, MME, ACP y ECOPETROL, CONVENIO DE CONCERTACIÓN PARA UNA PRODUCCIÓN LIMPIA CON EL SECTOR DE HIDROCARBUROS. Santa Fe de Bogotá 1997
- GALINDO, Flor Zoraida. TECNOLOGÍA EN GESTION DEL RECURSO AGUA POTABLE UIS-1999
- HARRY M. FREEMAN – Manual de la Prevención de la Contaminación Industrial. 1997
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. Política Nacional de Producción Mas Limpia 1997
- MORRIS LEVIN, Biotratamiento de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- PEÑA ORTIZ, Gonzalo. Sistemas de Tratamiento de Agua Potable y Aguas Residuales. UIS-2003
- PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA - Tecnologías Sanitarias y Ambientales Documento Base.1999

- ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. ACUIQUIMICA. Escuela Colombiana de Ingeniería. 1996
- SAENZ FORERO, Rodolfo. Consideraciones en relación con el uso de lagunas de estabilización para tratamiento de aguas.
- Otros Documentos
 - R.A.S. 2000
 - P.O.T. Barrancabermeja 2000
 - Plan de Descontaminación de Barrancabermeja (Reformulado)
 - Ley 142/ 94
 - Guía General para la presentación del Planes de Trabajo para la Monografía.

Web sites

- www.cueronet.com
- www.yahoo.com/noticias
- www.ideam.gov.co
- www.laleycolombiana.com.co
- www.minambiente.gov.co
- www.greenpeace.es

ANEXO
FICHA EVALUATIVA GENERAL DE P.T.A.R. (Pagina 1 de 2)

UBICACIÓN:

DEPARTAMENTO: _____ MUNICIPIO: _____ FECHA PUESTA EN MARCHA: _____

TIPO

ANAEROBIO ò ANOXIGENICO _____ AEROBIO ú OXIGENICO _____ FACULTATIVO _____ OTRO: _____

CAUDAL ACTUAL DE LA PLANTA : _____ L/seg POBLACIÓN SERVIDA : _____ No DE CASAS: _____

TRATAMIENTOS PRELIMINARES SI _____ NO _____

CUALES: _____

TRATAMIENTO PRIMARIO SI _____ NO _____

TIPO: _____

TRATAMIENTO SECUNDARIO SI _____ NO _____

TIPO: _____

TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO SI _____ NO _____

TIPO: _____

Se considera tratamiento Primario si se obtienen % de remoción de hasta un 70%
Se considera tratamiento Secundario si se logran % de remoción mayores del 80%

FICHA EVALUATIVA GENERAL DE P.T.A.R. (Pagina 2 de 2)

CARACTERIZACION Y MONITOREO DE AGUAS PARA ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS.

TIPO DE MUESTRA: PUNTUAL COMPUESTA INTEGRADAS

PARÁMETRO ANALIZADO	IN	OUT	% REMOCIÓN	CUMPLE NORMA		
				SI	NO	N.E
SST						
ST						
DBO						
DQO						
GRASAS Y ACEITES						
N. TOTAL						
P. TOTAL						
TENSOACTIVOS						
pH			-----			
TEMPERATURA			-----			
% REMOCIÓN TOTAL	-----			-----	-----	-----

N.E. No exigido por el Decreto 1594 /84

OBSERVACIONES: _____

FICHA ELABORADA POR:

CARGO:

FECHA DE LA EVALUACIÓN:

FIRMA _____

