

**UNIVERSIDAD RAFAEL URDANETA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

DERECHOS RESERVADOS



**EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS EN EL SISTEMA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS CABIMAS**

**Trabajo presentado para
optar al título de Ingeniero Civil**

**Tutor Académico:
Ing. Ramón E. Cadenas V.
C.I.: 1.691.923**

**Presentado por:
Br. Carlos E. Portillo G.
C.I.: 16.355.964**

**Tutor Industrial:
Ing. Tomas Perruolo
C.I.: 2.104.784**

**Br. Ligia E. Villamediana R.
C.I.: 15.512.692**

**Asesora:
Ing. Esther Montiel
C.I.: 5.165.804**

Maracaibo, Septiembre de 2004

DERECHOS RESERVADOS

**EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS EN EL
SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
SERVIDAS CABIMAS**

**UNIVERSIDAD RAFAEL URDANETA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

DERECHOS RESERVADOS



**EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS EN EL SISTEMA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS CABIMAS**

**Trabajo presentado para
optar al título de Ingeniero Civil**

**Tutor Académico:
Ing. Ramón E. Cadenas V.
C.I.: 1.691.923**

**Presentado por:
Br. Carlos E. Portillo G.
C.I.: 16.355.964**

**Tutor Industrial:
Ing. Tomas Perruolo
C.I.: 2.104.784**

**Br. Ligia E. Villamediana R.
C.I.: 15.512.692**

**Asesora:
Ing. Esther Montiel
C.I.: 5.165.804**

Maracaibo, Septiembre de 2004

DERECHOS RESERVADOS

A mi madre, aunque ausente, ha sido mi inspiración y ejemplo cada día; donde estés... este también es tu triunfo.

Y a mi padre por seguir con nosotras y apoyarnos.

Ligia Esther.

DERECHOS RESERVADOS

A mis padres por
mostrarme el camino del bien
y hacer de mí un Hombre
Justo y Emprendedor.

Carlos Eduardo.

A mi hermana, por apoyarme a lo largo de mi carrera y entender la importancia de este camino.

A mis abuelos y familiares por acompañarme, esperarme y comprenderme. Gracias.

Ligia Esther.

A cada uno de los integrantes de mi familia por ayudarme en la vida y enseñarme la importancia de surgir en el mundo. A ustedes gracias.

Carlos Eduardo.

Al la Universidad Rafael Urdaneta, por haber sido nuestra casa de estudios e instruirnos solidamente para desempeñarnos como futuros profesionales.

Al Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo (ICLAM), por tendernos su mano y permitirnos el desarrollo de esta investigación.

Gracias a Dios por permitirnos llegar al final de una de las metas más importantes de nuestras vidas y por llenar nuestros corazones de paz y armonía. Ebenezer.

A Maria Alejandra, por su especial colaboración y apoyo moral para la culminación de esta meta tan importante para nosotros.

Y, a todos aquellos que de una u otra manera colocaron su grano de arena para hacer de este sueño una realidad.

A todos muchas gracias.

Ligia Esther y Carlos Eduardo.

RESUMEN

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INTRODUCCIÓN

I

CAPITULO I EL PROBLEMA

4

1.1. Planteamiento y formulación del Problema

5

1.2. Objetivos de la Investigación

8

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

9

1.4. Delimitación del Problema

11

CAPITULO II MARCO TEORICO

12

2.1. Antecedentes de la Investigación

13

2.2. Bases Teóricas

14

2.3. Memoria Descriptiva de la Planta

34

2.4. Definición de Términos Básicos

41

2.5. Operacionalización de la Variable

43

CAPITULO III MARCO METODOLOGICO

44

3.1. Planteamiento y formulación del Problema

45

3.2. Metodología del Diseño

49

CAPITULO IV ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

51

4.1. Parámetros Medidos en la Investigación

52

4.1.1. Parámetros Medidos en Campo

52

4.1.2. Parámetros Medidos en el Laboratorio

63

CONCLUSIONES

74

RECOMENDACIONES

77

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

79

APENDICE

83

Índice de Cuadros

	Pág.
Cuadro N° 1. Operacionalización de la variable	43
Cuadro N° 2. Comparación de las concentraciones de las aguas Residuales típicas con las aguas que ingresan a la Planta	63

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla N° 1. Comportamiento del pH al final de cada una de las Etapas del tratamiento	52
Tabla N° 2. Comportamiento del oxígeno disuelto al final de cada una de las etapas del tratamiento	56
Tabla N° 3. Comportamiento de la temperatura en cada una de las lagunas que conforman el tratamiento.	61
Tabla N° 4. Comportamiento promedio de la DBO a la entrada y salida de la planta.	64
Tabla N° 5. Comportamiento promedio de la DBO a la entrada y salida del módulo anaeróbico.	65
Tabla N° 6. Comportamiento promedio de la DQO al final de cada una de las etapas del tratamiento	66
Tabla N° 7. Comportamiento promedio del NTK a la entrada y salida de la planta	70
Tabla N° 8. Comportamiento promedio de los coliformes a lo largo de las lagunas de maduración y pulimento	71

Índice de Gráficos

	Pág.
Gráfico N° 1. Comportamiento del pH a lo largo el proceso de tratamiento	53
Gráfico N° 2. Comportamiento del pH en la laguna anaeróbica	54
Gráfico N° 3. Comportamiento del pH en la laguna de maduración 5	55
Gráfico N° 4. Comportamiento del oxígeno disuelto a lo largo del proceso	57
Gráfico N° 5. Comportamiento del oxígeno disuelto en la laguna anaeróbica	58
Gráfico N° 6. Comportamiento del oxígeno disuelto en la laguna facultativa 3	66
Gráfico N° 7. Comportamiento del oxígeno disuelto en la laguna de maduración 5	60
Gráfico N° 8. Comportamiento de la temperatura en la entrada a la planta	62
Gráfico N° 9. Comportamiento de la DBO a la entrada de la planta	65

Gráfico N° 10. Comportamiento de la DQO a lo largo del proceso de tratamiento	67
Gráfico N° 11. Comportamiento de la DQO en la entrada de la planta	68
Gráfico N° 12. Comportamiento del NTK a lo largo del tratamiento	69
Gráfico N° 13. Comportamiento del NTK en la entrada de la planta	70
Gráfico N° 14. Comportamiento de los coliformes totales al final del tratamiento	72
Gráfico N° 15. Comportamiento de los coliformes totales a lo largo del tratamiento	73

Introducción

El agua es la principal fuente de vida en nuestro planeta. Esta frase puede parecer desgastada, pero no es así realmente.

Todas las personas sabemos que sin agua no podríamos continuar con la historia de nuestra raza; sin embargo, todos los días damos nuestro aporte a la contaminación de las fuentes naturales de agua.

La contaminación de las aguas es un problema que crece cada día y somos nosotros los que debemos buscar soluciones a nuestros propios errores.

El mundo entero se ha visto en la necesidad de proteger de diversas formas los cuerpos de agua y conservarlos en buen estado.

Las aguas ya utilizadas tienden a ser descargadas en algún lugar, es así como se crean los acueductos y redes de aguas negras que dirigen las aguas servidas hacia el cuerpo de agua más cercano a la población.

No es sólo el hecho de proteger los cuerpos de agua, sino disponer correctamente, ya que el descargar estas en cuerpos de agua sin una correcta supervisión y tratamiento previo puede ocasionar daños irreparables a largo plazo en estos.

En algunos países desarrollados existen leyes y normativas que regulan de manera severa la descarga de esta agua en cuerpos libres de contaminación.

Para dar soluciones esta problemática surge la idea de tratar el agua de desecho antes de ser descargadas, con la finalidad de mejorar sus condiciones para descargarlas sin ningún riesgo en algún cuerpo de agua.

Las plantas de tratamiento originalmente estaban conformadas por una serie de estanques que permitían a través de la retención de las aguas,

que ocurrieran de manera controlada los procesos biológicos de descomposición que ocurren en la naturaleza.

Al transcurrir los años se ha comprobado la efectividad de estos procesos, y también se han creado nuevas técnicas bastante confiables.

El excesivo aumento en la población ha hecho mucho más elevados los niveles de consumo de agua potable, y por consiguiente la creación de nuevas y numerosas plantas de tratamiento, con el fin de conservar las condiciones naturales de los cuerpos de agua y no producir ninguna alteración en su ecosistema.

Estas excesivas elevaciones en la producción de aguas servidas produjo la aparición de nuevas situaciones ambientales y nueva terminología.

La eutrofización es, un término que permite definir la situación de un cuerpo o corriente de agua en estado de descomposición producto de una sobresaturación de nutrientes de origen orgánico (nitrógeno, fósforo) que traen como consecuencia la putrefacción de esas aguas y la no entrada de luz solar.

Debido a la importancia que tiene el tratamiento de las aguas surge la inquietud de conocer cómo funcionan realmente y, si cumplen con el objetivo planteado.

El cuerpo de agua más importante para nuestro estado es el Lago, por qué, además de ser uno de los reservorios de agua más grande, es una fuente de ingreso muy importante a nivel nacional. En la actualidad el Lago posee unos niveles de contaminación elevados producto de la actividad marítima, pesquera y, principalmente por las cantidades excesivas y continuas de agua servidas que son descargadas en él provenientes de diversos puntos del estado.

En vista de esta problemática los organismos gubernamentales y ambientales se han visto en la necesidad de buscar soluciones a tan grave problema y, evitar el fin de tan preciado reservorio de agua.

Es en ese momento que surgen organizaciones como el Instituto de Conservación del Lago de Maracaibo (ICLAM), con el fin de velar por su conservación y protección.

Es allí cuando se inicia una campaña de concientización y se comienza la construcción de plantas de tratamiento en distintos puntos del estado para disminuir los niveles de agua servida descargados y comenzar a tratar dichas aguas previamente para controlar los niveles de eutrofización en el Lago.

La planta de Tratamiento de Aguas Servidas Cabimas inicio sus valores en el transcurso de 2003. Esta planta, del tipo de lagunas, con una capacidad de 1.100l/s evita que las aguas desechadas por más de 350.000 personas sean descargadas al Lago de Maracaibo.

Esta planta al igual que muchas otras fueron creadas con el objetivo llevar al Lago aguas con unos niveles de materia orgánica manejables por el ecosistema.

DERECHOS RESERVADOS

Capitulo I

El problema

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema:

La tierra esta formada en sus $\frac{3}{4}$ partes por agua, pero escasamente el 0.01% de está es apta para el consumo humano; es por ello que en la actualidad se ha implementado la racionalización del agua potable. El crecimiento poblacional ha traído como consecuencia el aumento en el consumo de agua potable y, aunado a esto surge un aumento en la producción de aguas residuales, tanto que estos niveles no son manejables por la naturaleza misma.

En algunas naciones la escasez de agua llega a niveles tales que los gobiernos se han visto en la necesidad de tratar el agua con el fin de reutilizarla, bien sea como agua para el consumo humano o para fines industriales y agrarios. Ahora la consigna será: no desperdiciar ni una gota.

Venezuela, no escapa a tal situación y los venezolanos han tenido que implementar el uso de sistemas controlados de tratamiento de aguas residuales con la finalidad de darles uso o simplemente eliminar el exceso de nutrientes para descargarlas a los cauces naturales y alterar lo menos posible el ecosistema.

El Lago de Maracaibo, patrimonio del pueblo zuliano, es el lugar donde se descarga la mayor parte de las aguas residuales que produce la ciudad y sus zonas adyacentes. En el transcurso de los años el nivel de contaminación de sus aguas ha aumentado, provocando así la desaparición de algunas especies, de la fauna y la flora, autóctona en él. En la actualidad, la cantidad de peces que residen en estas aguas ha disminuido y esto trae consigo perdidas económicas generadas por la disminución de su uso potencial. El agua del Lago con el pasar de los años ha cambiado algunas de

sus características físico-químicas como consecuencia de las continuas descargas de aguas residuales. Su coloración, sabor, contenido de nutrientes y niveles de pureza, entre otros, se han visto afectados notablemente.

El Lago de Maracaibo es escenario de un gran número de actividades económicas vitales para el país. La importación y exportación de productos y servicios, así como también la industria pesquera contribuyen al desarrollo de la nación y es por ello que necesario planificar la protección de este cuerpo de agua vital para la economía venezolana.

Es a partir de este principio que se crea el Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo (I.C.L.A.M.), quien se encarga de planificar, administrar y organizar todas las actividades en pro del saneamiento y protección de la Cuenca del Lago de Maracaibo.

La acumulación excesiva de desechos en la cuenca del Lago ha traído consigo la elevación del nivel de eutrofización. Aunque estos niveles no han llegado al extremo y sigue existiendo vida en la cuenca del Lago se deben tomar medidas para controlar la descarga directa de aguas servidas, de no poder evitarse lo anteriormente dicho deben realizarse a las mismas un tratamiento previo a la descarga para evitar el aumento de nutrientes que conducen a la eutrofización de las aguas.

Para reducir la descarga directa de aguas servidas al Lago se construyó el Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas Cabimas. La parcial reducción de este caudal no garantiza la disminución en los niveles de contaminación pero sí el no aumento de los mismos.

Con esta planta se estima reducir la descarga directa de 1.100 litros por segundo de aguas negras provenientes de una población de

aproximadamente 350.000 personas. Aunque actualmente solo se están tratando 550 litros por segundo, es necesario estudiar y evaluar si la planta esta logrando las expectativas de diseño.

En tal sentido se ve la necesidad de realizar una evaluación de los procesos que se ejecutan en el Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas Cabimas y su efectividad.

DERECHOS RESERVADOS

1.2. Objetivos de la Investigación:

1.2.1 Objetivo General:

- Evaluar los Procesos en el Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas Cabimas.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Determinar las características físico-químicas y biológicas de las aguas que ingresan y salen de la planta.
- Examinar las distintas etapas que componen el proceso.
- Determinar el nivel de depuración logrado en cada una de las fases del tratamiento.
- Discutir los resultados obtenidos de los ensayos realizados en la planta.

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación:

El Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas Cabimas en su fase de arranque requiere de un seguimiento permanente con la finalidad de supervisar si se están cumpliendo correctamente cada una de las etapas y si los resultados obtenidos corresponden con los parámetros establecidos en el diseño.

Estos procesos disminuyen el impacto directo que estas aguas producen en el medio ambiente, pues son desviadas para ser tratadas antes de descargarse al Lago de Maracaibo. Parte del efluente final será utilizado con fines agrícolas, generando así una ayuda directa a los productores de la región. De esta manera se busca reducir la demanda bioquímica de oxígeno, sanear y minimizar el proceso de eutrofización en el Lago. Al mismo tiempo logramos que el ecosistema siga el ciclo de descomposición natural, pero con niveles mínimos de material orgánico.

La naturaleza por sí misma está capacitada para realizar los procesos de purificación de las aguas, pero el hombre ha introducido nuevas sustancias y elementos que no son biodegradables y por si solos necesitan miles de años para cumplir este ciclo; partiendo de este principio es que se inicia la implantación de sistemas de tratamiento y purificación controlados para aguas residuales.

En Cabimas se implanto un sistema de tratamiento cuyo principio consiste en extraer o transformar los contaminantes del agua residual mediante un sistema basado en Lagunas de Estabilización. Al realizar el estudio se selecciono este tipo de planta por los excelentes resultados que se pueden obtener bajo niveles mínimos de operación y mantenimiento,

además de esto se disponía de un área suficiente para el desarrollo de las estructuras civiles requeridas.

Las aguas residuales provenientes de Cabimas presentan en su composición una serie de contaminantes que deben ser extraídos o transformados para hacer que el agua tratada cumpla con las Normas de Descarga, o sea apta para algún uso en particular.

Cada uno de los procesos cumple un papel muy importante en el tratamiento de aguas negras debido a que se generan distintos escenarios a través de los cuales se descompone parcialmente el contenido de materia orgánica. Cada escenario debe brindar resultados aceptables de manera que el efluente final de la planta cumpla con los parámetros necesarios para no afectar directamente al medio ambiente. En cada proceso se deben realizar una serie de pruebas con la finalidad de determinar si esta ocurriendo óptimamente la reducción de nutrientes.

A través de esta investigación se tendrá una visión general de los beneficios que otorga la Planta de Tratamiento Cabimas en uno de los Objetivos principales del Instituto para la Conservación del lago de Maracaibo, es decir, conservar y preservar uno de los patrimonios más importantes de este estado.

El efluente de este sistema de tratamiento posee cualidades que son favorables para su aplicación en actividades agrícolas, pues presenta nutrientes que son necesarios en el desarrollo de ciertos cultivos. Esto le brindaría un apoyo permanente a los productores que debido a los largos periodos de sequía que afectan esta región se ven en situaciones difíciles.

Actualmente productores cercanos a la planta han manifestado su deseo de utilizar las aguas resultantes para el riego de sus sembradíos.

1.4. Delimitación del Problema:

1.4.1. Delimitación Espacial:

La investigación se ejecutó en El Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas Cabimas, ubicada en la Costa Oriental del Lago, Cabimas, Municipio Cabimas del Estado Zulia.

1.4.2. Delimitación Temporal:

La investigación se realizó durante ocho meses en el periodo comprendido entre Enero-Agosto del año 2004.

DERECHOS RESERVADOS

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación:

- **Berti, María y Ramírez, Ernesto** (2001), “Evaluación en la fase de arranque de una planta de tratamiento de aguas residuales”. Este trabajo tuvo como objetivo el seguimiento de los procesos que se realizan en la planta y determinar los niveles de remoción logrados al finalizar el tratamiento.

Esta investigación permite visualizar el seguimiento que debe realizarse a una planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentra en su fase de arranque.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aguas residuales. Origen y Clasificación

Las aguas denominadas residuales o servidas son aquellas cuya calidad y composición desde el punto de vista físico - químico o microbiológico han sido alteradas con relación a su condición original. [3]

Pueden ser originadas por desechos humanos y animales, desperdicios caseros, corrientes fluviales, infiltración de aguas subterráneas, desechos industriales, entre otros. [3]

2.2.2. Clasificación de las Aguas Residuales

2.2.2.1. Aguas Residuales Domesticas

Son las que provienen como desechos de las viviendas, en las cuales se mezclan aguas de lavado de todo tipo de enceres, junto con los desechos del cuerpo humano así como todo tipo de líquido que es vertido en las cañerías sanitarias, para desembocar en las redes de aguas cloacales. [8]

2.2.2.2. Aguas industriales

Son las que han tenido algún uso en plantas de procesos industriales, bien que forme parte de un residuo propiamente dicho que haya sido utilizada como agua para lavado incluso que haya sido utilizada como refrigerante únicamente. [8]

2.2.3. Características de las Aguas Residuales

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física y biológica. Esta tabla (ver apéndice N° 1) muestra las principales propiedades físicas del agua residual, así como sus principales constituyentes químicos y biológicos, y su procedencia es conveniente observar que muchos de los parámetros que aparecen en esta tabla están relacionados entre sí. Por ejemplo, una propiedad física como la temperatura afecta tanto a la actividad biológica como la cantidad de gases disueltos en el agua residual. [3]

2.2.3.1. Características físicas

Las características físicas mas importantes del agua residual, es su contenido de sólidos, otras características físicas del agua residual son la temperatura, color, olor, densidad y turbidez.

- *Sólidos Totales:* son definidos como toda la materia que permanece como residuo, luego de una evaporación entre 103 – 105°C toda la materia que posee una presión de vapor significativa a esa temperatura es perdida durante la evaporación y o es definida como sólido.

Los sólidos sedimentables son aquellos que sedimentan al fondo de un contenedor cónico en un periodo de 60 minutos de reposo, estos representan una medida aproximada de la cantidad de lodo que será removido por la sedimentación primaria (Ver Apéndice N° 1).

Los sólidos totales también pueden ser clasificados como sólidos no filtrables (suspendidos) y sólidos filtrables, pasando un volumen de líquido a través de un filtro de fibra de vidrio con un poro nominal de 1.2 micrómetro aproximadamente. [3]

- *Sólidos Suspendidos Totales*: son los que se quedan suspendidos en el filtro luego de haberse filtrado y secado la muestra durante 1 hora como mínimo, a una temperatura De 103 – 105 °C.
- *Sólidos Suspendidos Volátiles*: constituyen la porción de los sólidos suspendidos que se volatilizan al ser sometidos a 550°C durante 15 minutos. Representan la materia orgánica que puede entrar en putrefacción. Esta determinación es acompañada por un proceso de combustión en el cual la materia orgánica es convertida en CO₂ y agua. La temperatura debe ser controlada para prevenir la descomposición y volatilización de sustancias inorgánicas, mientras dure el proceso de oxidación completa de la materia orgánica. [3]
- *Color*: usualmente el agua fresca posee un color marrón grisáceo, sin embargo con el pasar del tiempo y el recorrido que ella realiza, así también como el desarrollo de condiciones anaerobias, el color de las aguas residuales cambia secuencialmente de gris pálido a gris oscuro, hasta llegar a negro. En la mayoría de los casos el color gris oscuro y negro de esta agua es debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias por los metales presentes en el agua residual. [3]

- *Olor:* es causado por los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica o por sustancias agregadas a las mismas. Una de las características más importantes de las aguas residuales es la presencia de sulfuro de hidrogeno (H_2S) el cual es producido por los microorganismos que reduce los sulfatos a sulfitos. Los olores fuertes pueden producir en el ser humano la perdida de apetito, náuseas, vómitos y perturbaciones mentales entre otras anomalías. [3]

- *Temperatura:* es comúnmente más elevada que la de los cuerpos de suministro de agua, debido a la adición de agua caliente procedente de las actividades domesticas e industriales. El calor específico del agua es mucho más grande que el del aire, la temperatura del agua residual observada es más elevada que la temperatura del aire local, durante la mayoría del año y son menores solo en los meses mas calientes del año. [9]

La temperatura del agua es un parámetro muy importante debido a su efecto en la velocidad de las reacciones químicas y procesos biológicos, igualmente afecta la vida acuática y la utilidad para su uso benéfico. La temperatura optima para la actividad bacterial esta comprendida entre los 25 – 30 °C. La digestión aerobia y la nitrificación cesan cuando la temperatura alcanza los 50°C.

- *Turbiedad:* es una medida de la propiedad de transmisión de luz a través del agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas en relación con la materia coloidal y

residual en suspensión. La medida de la turbiedad es basada en la comparación de la intensidad de luz dispersada por una muestra, con una suspensión de referencia, bajo las mismas condiciones. [3]

2.2.3.2. Características químicas

- *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*: es la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (oxidación) de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aerobio, la DBO representa indirectamente una medida de la concentración de materia orgánica biodegradable contenida en el agua. Como consecuencia de una actividad biológica, la DBO esta influenciada, principalmente, por los factores tiempo y temperatura. Este parámetro es expresado en mg/L de agua residual y medido a una temperatura normal de 20°C, luego de un tiempo también normalizado de 5 días. [6]
- *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*: al igual que la DBO es utilizada para medir el poder polucional de un agua y representa además una medida de la cantidad de materia carbonosa contenida en diferentes tipos de materia orgánica presentes en las aguas residuales. [6]
- *Relación DBO/DQO*: esto nos da una idea de la cantidad de Materia Orgánica no biodegradable presente en una muestra de agua residual. Esta relación es siempre menor que la unidad,

porque una porción de las sustancias orgánicas oxidables químicamente por el dicromato de potasio, es decir aquella que ejerce una DQO, no son biodegradables o son relativamente resistentes a la degradación biológica. En aguas residuales una relación menor a 0.2, se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y orgánico si es mayor a 0.6. [9]

- *Oxígeno Disuelto*: es un indicador del grado de frescura o pureza de un agua residual, es decir, el estado de septización y potencialidad que tienen los líquidos cloacales para producir malos olores, así mismo se puede estimar la actividad fotosintética de las masas hídricas. Su determinación es la base para la obtención de la DBO por el método de diluciones. [6]

Su importancia radica en la necesidad del mismo para la respiración de los organismos aerobios, así mismo también otras formas de vida aerobia, lo que constituye un factor determinante en la capacidad receptora de los cuerpos de agua que reciben las descargas residuales.

- *Nitrógeno*: es un elemento indispensable como nutriente en los procesos biológicos. Forma parte del cuerpo de los microorganismos en 12.2%, pero es también uno de los contribuyentes más importantes en el proceso de eutrofización, por lo que las normas usualmente limitan la concentración de este elemento en las descargas a los cuerpos receptores. Puede presentarse como nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal (NH_4^+), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) y nitrógeno gas (N_2). [6]

- *Potencial de Hidrogeno (pH)*: es un parámetro importante de calidad tanto de las aguas naturales como de las aguas residuales. Es útil principalmente para regular el funcionamiento de las instalaciones del tratamiento de aguas negras. El agua residual con un valor alto o bajo es difícil de tratar por medios biológicos y si su valor no se ajusta antes de la descarga el efluente puede alterar la concentración hidrogenionica de las aguas naturales. [10]

2.2.3.3. Características biológicas

El ingeniero civil debe tener conocimientos de las características biológicas de las aguas residuales a tratar. En aguas residuales se encuentran microorganismos saprofitos que degradan la materia orgánica en compuestos simples utilizando o no oxígeno disuelto y microorganismos patógenos agregados a las aguas que mueren rápidamente al encontrarse en un medio o hábitat extraño. Los patógenos, sin embargo, sobreviven un tiempo para infectar a los usuarios del agua. [8]

Los coliformes son organismos que permiten determinar de forma directa la presencia de contaminantes del tipo orgánico en las aguas. Los coliformes en su mayoría son expulsados por los seres vivos en sus excrementos y tienen la capacidad de producir una serie de enfermedades. Los organismos coliformes están divididos en dos géneros, *Escherichia coli* y *aerobacter*; los primeros de origen exclusivamente fecal. Los coliformes se miden de dos formas: coliformes fecales y coliformes totales que incluyen los dos grupos. Para efectos de este trabajo se considero como prioritario el estudio de los coliformes totales por arrojar resultados más certeros. [6]

El agua contaminada podrá ser sucia, corrosiva, mal oliente, no apta para ser utilizada en el lavado de ropa, o desagradable al gusto. Sin embargo, el efecto más perjudicial del agua contaminada por el hombre ha sido ciertamente el de la transmisión de enfermedades como la fiebre tifoidea, el cólera, disentería, la hepatitis infecciosa y la gastroenteritis. Es posible que algunas otras enfermedades virales tales como la poliomielitis, sean también transmitidas por el agua. [8]

Existen agentes infecciosos derivados de los desechos del individuo enfermo y generalmente medidos de manera indirecta a través de la determinación de bacterias coniformes.

La identificación de patógenos en agua requiere de grandes muestreos y técnicas sofisticadas con alto consumo de tiempo y dinero. El método estándar envuelve la determinación del numero mas probable (NMP) de organismos coniformes en la muestra de aguas, su existencia y densidad han probado ser un buen indicador del tratamiento adecuado para la reducción de patógenos. Varios estándares han sido sugeridos para diversos usos del agua, para los niveles máximos de coliformes fecales, y son aproximadamente:

2000/100ml	uso recreacional
200/100ml	uso contacto primario (natación)
1/100ml	agua potable [8]

2.2.4. Principio de Tratamiento

2.2.4.1. Unidades de desbaste

En este proceso se separan los sólidos grandes como la basura y la arena que son arrastradas por las aguas negras hasta la planta de tratamiento. La retención de estos sólidos se realiza a través de tres rejillas de limpieza mecánica y una de limpieza manual, cada una alimenta a un desarenador.

El material retirado de las rejillas es dispuesto, mediante una cinta transportadora, en un contenedor de basura.

En esta etapa se busca retirar los sólidos grandes y la arena que trae consigo las aguas servidas que llegan a la planta con la finalidad de proteger las instalaciones y los equipos mecánicos que la conforman. Así mismo, se evita la sedimentación de estos sólidos en los canales y lagunas que forman el sistema.

Este proceso se desarrolla mediante una serie de rejas y desarenadores:

- *Rejas:* se encargan de retener los sólidos grandes y pueden ser de limpieza mecánica o manual. Cuando el caudal es grande se utilizan frecuentemente las de limpieza mecánica, no obstante, siempre se debe disponer de una rejilla de limpieza manual en caso de presentarse averías inesperadas en alguna de las rejillas de limpieza mecánica.

- *Desarenadores*: en ellos se decanta las arenas y todo aquel material no biodegradable que no es retenido por el sistema de rejillas.

2.2.4.2. Desarenadores

El agua cruda, luego de pasar a través de las rejillas, entra a un desarenador que consta de 4 canales trapezoidales, en los cuales se sedimentan sólidos de cierto tamaño que podrían interferir con el tratamiento. Estos canales son aislados mediante compuertas para permitir la limpieza respectiva en intervalos de tiempo establecidos en las puestas en marcha de la instalación.

2.2.4.3. Lagunas anaerobias

Es un estanque abierto de gran profundidad ($\geq 4\text{m}$) y poca superficie relativa, en donde la materia orgánica presente en el agua residual es estabilizada biológicamente en ausencia de oxígeno molecular o combinado.

Este proceso se cumple en dos etapas:

En la primera etapa los organismos actuantes, llamados heterótrofos, transforman la materia orgánica, grasas y proteínas del agua residual en ácidos orgánicos, ácidos grasos, aldehídos, alcoholes, amonio y otros componentes.

En la segunda, un grupo de especies de bacterias llamadas metano bacterias se alimentan de los productos de la primera etapa y los transforman en metano, dióxido de carbono e hidrógeno. Las metano bacterias aun

cuando se alimentan de ácidos orgánicos, deben trabajar en sincronismo con las de la primera etapa para evitar la acumulación de estos. Además del ambiente ácido hay muchas otras condiciones que inhiben a las metano bacterias, por lo que a operación de la lagunas aerobia debe ser cuidadosamente monitoreada (medición del pH).

El efluente de la laguna anaerobia no cumple con las normas pero tiene una concentración de materia orgánica y microorganismos patógenos mucho menor que la del agua residual cruda, por lo que estas lagunas son muy apropiadas como primer tratamiento en serie de lagunas.

El diseño de estas lagunas se en función de la cantidad de materia orgánica de entrada por unidad de volumen de las lagunas.

El oxigeno disuelto por difusión se consume rápidamente y prevalecen las condiciones anaerobias en el agua de la laguna. Pueden recibir altas cargas orgánicas (mayores de $100 \text{ gr/m}^3\text{día}$).

Las lagunas anaerobias trabajan bien en climas calidos, una laguna apropiadamente diseñada alcanzara alrededor de 60% de remoción de DBO a más de 20°C . Los tiempos de retención son cortos: para aguas residuales con un DBO de hasta 300 mg/L , un día es suficiente a temperatura de más de 20°C .

Los diseñadores han estado en el pasado muy reservados para incorporar lagunas anaerobias en los sistemas de tratamiento debido al mal olor. El ácido sulfhídrico (sulfuro de hidrogeno), formado principalmente por la reducción anaerobia de los sulfatos por las bacterias sulfato reductoras como la desulfovibrio, es la principal fuente de mal olor.

Sin embargo en solución acuosa el ácido sulfhídrico esta presente ya sea como: gas disuelto de hidrogeno (H_2S), ion de bisulfuro (HS^-) y como ion sulfuro (S_2^{-2}), solo siendo formado el sulfuro de hidrogeno en cantidades significativas a pH bajos. A valores de pH normal encontradas en lagunas anaerobias bien diseñadas (alrededor de 7.5), la mayor parte del sulfuro esta presente como ion bisulfuro sin olor.

El mal olor es solamente causado por las moléculas de sulfuro de hidrogeno escapadas a medida que ellas buscan alcanzar una presión parcial en el aire encima de la laguna, el cual esta en equilibrio con su concentración en este (ley de Henry). Por lo tanto, para cualquier concentración total del H_2S dada, mayor es la proporción de sulfuro presente como HS^- , que la que se libera como H_2S .

El mal olor no es un problema si no son excedidas, las cargas de diseño y si la concentración de sulfuro en el agua desechada bruta es menor que 500 mg SO_4 -27L.

Una pequeña cantidad de sulfato es beneficioso si este reacciona con metales pesados para formar sulfuros de metal insolubles, los cuales se precipitan, pero concentraciones de 50 – 150 mg/L pueden inhibir la metanogénesis.

2.2.4.4. Lagos facultativas

Son estanques artificiales de poca profundidad (1 – 2 m) y de gran área superficial, que permiten reducir el contenido de materia orgánica del agua residual que descarga en ella.

Poseen dos zonas, una aerobia superficial donde abunda el oxígeno, provisto esto por las algas (plantas microscópicas) que lo producen a partir del agua, sales minerales y de la energía solar y otra anaerobia inferior donde no hay oxígeno disuelto y se forma una zona de descomposición anaerobia como lagunas anaerobias.

En realidad las lagunas facultativas son como lagunas anaerobias con una tapa aerobia para evitar los malos olores ocasionados por los gases orgánicos.

El efluente de las lagunas facultativas es relativamente bajo en concentración de materia orgánica, pero presenta todavía una concentración de microorganismos patógenos relativamente alta.

Trabajan con cargas orgánicas relativamente bajas (400 kg/ha .d) para permitir el desarrollo de una población de algas saludables. El espesor relativo de cada una de estas capas depende de la carga orgánica que recibe de la laguna, las condiciones ambientales del lugar y las características del desecho. Este tipo de laguna generalmente no presenta olor desagradable y tiene un alto rendimiento en cuanto a remoción de materia orgánica, pero tiene la desventaja de requerir un área extensa y su efluente contiene una gran cantidad de algas.

Dado que las lagunas facultativas contienen en su composición algas están coloreadas por estas de un verde oscuro, aunque ellas pueden ocasionalmente parecer roja o rosada (especialmente cuando están igualmente sobrecargadas) debido a la presencia de bacterias anaerobias fotosintéticas púrpura sulfoxidante.

Las algas que tienden a predominar en la aguas de lagunas facultativas son la de los géneros móviles (tales como Chlamydomonas, Pyrobotrys y Euglena); como estas pueden optimizar su posición en las lagunas con relación a la intensidad incidental de la luz y temperatura, mas fácilmente que las formas no móviles (tales como Chlorella), por lo que son mas eficiente para el proceso de descomposición biológica. La concentración de algas en una laguna facultativa saludable depende de la, carga y la temperatura pero esta usualmente en el rango de 500 – 2000 mg Clorofila por litro).

Como resultado de las actividades fotosintéticas de las algas de la laguna, existe una variación diurna en la concentración de oxígeno disuelto. Después del amanecer, el nivel de oxígeno disuelto sube gradualmente a un máximo en el medio día, después de la cual se cae a un mínimo durante la noche.

La posición de la oxipausa (la profundidad a la cual la concentración de oxígeno alcanza cero) cambia similarmente, como lo hace el pH ya que por encima de la oxipausa se da la actividad algacea en donde los iones carbonatos y bicarbonatos reaccionan para proveer mas dióxido de carbono para las algas, por lo que dejan un exceso de iones de hidróxidos con el resultado que el pH suele subir mas, lo cual elimina bacterias fecales.

El viento tiene un importante efecto en el comportamiento de las lagunas facultativas, a medida que este induce mezcla vertical del líquido de la laguna. Una buena mezcla asegura una distribución mas uniforme de DBO, oxígeno disuelto, bacterias y algas, y por lo tanto, un menor grado de estabilización del desperdicio.

En la ausencia de mezcla de viento inducido, la población algaica tiende a estratificarse en una banda angosta, algunas de 20 cm de espesor, durante las horas del día. Esta banda concentrada de algas se mueve arriba y abajo hasta 50 cm de la laguna en respuesta a los cambios en la intensidad incidental de la luz y causa mayores fluctuaciones en la calidad del efluente (BBO y sólidos suspendidos) si el punto de arranque del efluente esta dentro de la zona.

Para el caso en específico de planta Cabimas, el agua cruda pasa primero por la laguna anaerobia y luego se descarga gradualmente en las tres lagunas facultativas, a fin de no sobrecargarlas.

2.2.4.5. Lagunas de maduración o pulimento

Son estanques artificiales de poca profundidad ($\leq 2\text{m}$), que tiene por finalidad reducir la concentración de microorganismos patógenos por depredación, desinfección por luz solar y separar los huevos de parásitos intestinales por sedimentación.

La presencia de alto contenido de oxígeno disuelto, pH alto, predación natural y largos periodos de retención, hacen que estas lagunas sean eficientes, en reducir la concentración de microorganismos patógenos y

huevos de parásito. Esto permite que el efluente sea apto para el riego de cualquier tipo de vegetación.

Las lagunas de maduración usualmente muestran menos estratificación biológica vertical y físico-química y están bien oxigenadas durante el día. Su población albaacea es por lo tanto mucho más diversa que la de las lagunas facultativas con género no móviles tendientes a ser más comunes; la diversidad albaacea aumenta de laguna en laguna a lo largo de la serie.

Las lagunas de maduración alcanzan solamente una pequeña remoción de DBO, pero su contribución a remoción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) puede ser significativa. Así también se mejora la calidad estética del efluente para disponerse finalmente.

2.2.5. Indicadores de buen funcionamiento en las lagunas

2.2.5.1. Anaerobias

- El agua almacenada presenta un color gris.
- Se observa un desprendimiento continuo de gases desde el fondo, que se aprecia como un burbujeo, fácilmente visible si se mira la laguna en contraluz.
- La superficie de la laguna esta total o parcialmente cubierta por una capa sólida formada por grasa, aceites y otras materias flotantes.
- Los taludes internos están libres de vegetación, tanto de malas hiervas como de plantas acuáticas.
- El pH del agua residual debe estar comprendido entre 6,5 – 9. [6]

2.2.5.2. Facultativas, maduración y pulimento

- El agua debe presentar una coloración verde intensa y estar prácticamente libre de sólidos sedimentables. La coloración es más palia para las lagunas de maduración y pulimento. Estas pueden presentar cantidades importantes de pequeños animales como pulgas de agua.
- Las coloraciones verde – azuladas denotan la presencia de algas verdiazules (Cianofíceas), que tiene efectos negativos por su menor productividad y tendencia a la formación de agregados que impiden la correcta iluminación de las lagunas.
- La superficie del agua debe estar libre de toda materia sólida.
- Ausencia de plantas acuáticas y malezas en los taludes. [6]

2.2.6. Problemas de funcionamiento en lagunas

2.2.6.1. Anaerobias

Aunque el diseño de las lagunas permita una cierta flexibilidad en estas variables, en ocasiones pueden presentarse circunstancias en las que el proceso no pueda desarrollarse correctamente. Esto da lugar a la aparición de síntomas de mal funcionamiento. Estos síntomas son los siguientes:

- *Surgimiento y control de malos olores:* la aparición de malos olores puede originarse por desajustes en la carga orgánica aplicada a la laguna, tanto por encima como por debajo del intervalo utilizado para el diseño. Así mismo, se deben a la variación en el caudal de entrada, es decir, cuando el caudal aumenta o disminuye con respecto al intervalo de diseño ya que el agua residual puede permanecer menos y más tiempo del previsto en las lagunas. También se produce cuando se presenta una caída repentina de la temperatura ambiental, lo cual genera una disminución de la velocidad en los mecanismos de depuración. De igual manera, la variación en la composición del agua residual del efluente crudo producida por la presencia de sustancias tóxicas puede ocasionar la aparición de malos olores.
- *Surgimiento de coloraciones rosa o rojo:* causado por el desarrollo de bacterias fotosintéticas del azufre, este fenómeno es un síntoma de falta de carga en este tipo de lagunas y posiblemente no produce olores desagradables.
- *Desarrollo de mosquitos y otros insectos:* generalmente ocurre en primavera y verano como consecuencia del crecimiento de plantas

acuáticas o incluso plantas terrestres que han alcanzado el borde del agua. Para ello, se deben mantener los taludes despejados de plantas y evitar que caigan plantas o restos de ellas a las lagunas debido a que sirven de soporte para el desarrollo de insectos.

- *Crecimiento de malezas y plantas acuáticas*: este factor genera la proliferación de insectos y como consecuencia atrae a las ranas, que a su vez atraen roedores, y estos, a las serpientes. Se debe retirar periódicamente este tipo de vegetación ya que las lagunas podrían verse afectadas debido a que los roedores excavan túneles que podrían generar futuras filtraciones.

2.2.6.2. Facultativas y de maduración

Los problemas operativos más frecuentes en estas lagunas son los siguientes:

- *Acumulación de materia flotante*: son causados frecuentemente por la formación de costras y la presencia de papeles, plásticos, grasas y aceites que no han sido eliminados en el tratamiento preliminar. Todos estos elementos deben ser retirados debido a que restringen el paso de la luz y además pueden causar problemas de olores al descomponerse.
- *Aparición de malos olores*: se originan por la presencia de tóxicos o efluentes industriales, sobrecarga, cortocircuitos, periodos prolongados de mal tiempo con bajas temperaturas e insolación y por la reducción en la mezcla generada por el viento.

- *Crecimiento de malezas y plantas acuáticas:* este problema afecta a todas las lagunas al igual que a las lagunas anaerobias.
- *Desarrollo de mosquitos y otros insectos:* mientras las lagunas se conserven libres de plantas acuáticas no se presentara esta problemática. Una buena solución es implementar la cría de peces en las lagunas de maduración.

2.2.7. Ventajas y Desventajas del uso de Lagunas de Estabilización

2.2.7.1. Ventajas

- Bajo costo.
- Necesitan poco o ningún componente importado.
- Nulo consumo energético.
- Simples de construir y operar.
- Confiables y fáciles de mantener.
- Pueden absorber aumentos bruscos de cargas hidráulicas u orgánicas.
- Posibilidad de uso con sistemas reguladores para riego.
- Fácil adaptación a variaciones estacionarias.
- Posibilidad de tratar vertimientos industriales biodegradables.
- Elevada estabilización de la materia orgánica.
- Produce un efluente de alta calidad. [5]

2.2.7.2. Desventajas

- Necesitan supervisión constante.
- Necesitan mantenimiento permanente.
- Requieren más terreno que cualquier otro tipo de instalación para el tratamiento de aguas residuales. [5]

2.3. Memoria Descriptiva de la Planta

Este Sistema contempla una serie de puntos estratégicos que permitirán el tratamiento de un caudal máximo de 1.100 l/s de Aguas Servidas provenientes de 350.000 hab. de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo. Esta planta es del tipo Lagunas de Estabilización y el proceso se realiza en cuatro etapas consecutivas que consisten en un tratamiento primario desarrollado en una Laguna Anaeróbica, un tratamiento secundario efectuado en tres Lagunas Facultativas y un tercer tratamiento que tiene escenario en cinco Lagunas de Maduración. Por ultimo el caudal tratado pasa por una Laguna de Pulimento para luego ser descargado en el Lago.

El sistema de Lagunas de Estabilización es de fácil operación y el mantenimiento requerido, además de ser sencillo, es de bajo costo, ya que para su desempeño el consumo de energía es aceptable comparado con otros sistemas de tratamiento mas complejos.

2.3.1. Abastecimiento de La Planta de Tratamiento

Este Sistema es abastecido por tres Estaciones de Bombeo, la primera es La Estación de Bombeo Punta Icotea que posee una capacidad de 1.086 l/s y recibe las aguas negras provenientes de las parroquias Germán Linares, Carmen Herrera y Ambrosio, estas aguas son conducidas a través de una tubería de 42" de diámetro y 5.750m de longitud y es denominada Línea de Impulsión Punta Icotea. Esta se conecta con la Estación de Bombeo La Montañita que a su vez recibe las aguas negras de las parroquias La Rosa, Jorge Hernández, San Benito y Rómulo Betancourt. Esta Estación de Bombeo está diseñada para bombear 1.725 l/s y recoge el 55% de las aguas servidas de Cabimas, de aquí, a través de una Línea de Impulsión de 54" y 6,742m de longitud, el agua es conducida hasta la Planta de Tratamiento Cabimas. En su trayectoria se conectan las aguas provenientes de una tercera Estación de Bombeo llamada R-5.

2.3.2. Módulo de Desbaste

El módulo de desgaste está dividido en dos procesos, el desbaste y el desarenado, este módulo está constituido por cuatro compuertas en las obras de entrada, a través de las cuales pasa el agua residual a ser tratada hacia cada una de las rejillas de desbaste, la instalación posee cuatro rejillas de desbaste. Tres rejillas de desbaste mecánico fabricadas en acero inoxidable y cuya limpieza es automática. Y una rejilla de desbaste manual que posee barrotes de acero inoxidable, separados 25mm entre sí y cuya limpieza es manual.

Los sólidos retenidos por las rejillas de desbaste son depositados en una cinta transportadora electromecánica ubicada a lo largo de la unidad de

desbaste, descargados por esta en un contenedor y posteriormente trasladado a un relleno sanitario.

El agua cruda proveniente de las rejillas de desbaste descarga en cuatro desarenadores rectangulares que separan la arena y sólidos similares. Para su limpieza, posee un sistema de aspersión accionado manualmente, el cual limpia las paredes y taludes internos arrastrando la arena y otras adherencias hacia una tolva central en cada uno. Estas están conectadas a dos camas de arenillas, mediante cuatro tuberías, asignadas una por cada desarenador y dos por cada cama.

Las camas de arenillas separan la mayor cantidad posible de agua de la arena por escurrimiento hacia las tuberías de drenaje de las camas, el agua drenada es bombeada nuevamente hacia las obras de entrada, mediante una bomba de recirculación ubicada en la estación de bombeo N°1. El material separado (arena) se carga mecánicamente en contenedores, y se dispone en zonas ubicadas a los terrenos de la planta.

2.3.3. Laguna Anaerobia

En este modulo se lleva a cabo el primer tratamiento biológico de las aguas residuales, separando los sólidos sedimentables y reduciendo la carga orgánica. La laguna tiene un periodo de retención de 2 días, una capacidad para 120.000 m³, una profundidad media de 5 m y un área de 24.000 m² (240*100m).

La laguna consta de cuatro entradas para el agua residual con sus respectivas válvulas, provenientes del canal de entrada y cuatro salidas para

el agua tratada con sus respectivas válvulas de salida las cuales descargan en el canal de salida y posteriormente en las lagunas facultativas.

2.3.4. Lagunas Facultativas

Esta instalación posee actualmente tres lagunas facultativas de carga gradual, con una profundidad de 2m, un área de 10.000m², un volumen de 20.000m³ aproximadamente cada uno, las cuales tiene por finalidad reducir la concentración de materia orgánica. Dichas lagunas son alimentadas por el canal de salida, con el agua residual de la laguna anaerobia.

El canal de salida posee tres entradas correspondientes a cada laguna facultativa, por las cuales se descarga gradualmente el agua residual en ellas, a fin de no sobrecargarlas. Las tres lagunas están dispuestas en serie y divididas por una pared de concreto, la F-1 (Facultativa N° 1), posee una entrada desde el canal y una salida hacia la F-2 (Facultativa N° 2), tiene dos entradas desde el canal de salida y de la F-1, y una salida hacia la F-3 (Facultativa N° 3), al igual que la anterior posee dos entradas desde el canal de salida y la F-2, y una salida hacia la laguna de maduración N° 1 (M-1).

2.3.5. Lagunas de Maduración

La instalación posee cinco lagunas de maduración (M-1, M-2, M-3, M-4 y M-5), las cuales están dispuestas en serie y divididas por una pared de concreto entre si, tienen una profundidad de 2m, un área de 10.000m², un volumen de 20.000m³ aproximadamente cada una. Estas lagunas tienen por finalidad reducir la concentración de microorganismos patógenos y separar los huevos de parásitos.

La Laguna de maduración N° 1 (M-1), posee una entrada desde la laguna facultativa N° 3 (F-3) y una salida hacia la Laguna de maduración N° 2 (M-2), la Laguna de maduración N° 2 (M-2), tiene una entrada desde la M-1 y una salida hacia la M-3, la Laguna de maduración N° 3 (M-3), tiene una entrada desde la M-2 y una salida hacia la M-4, la Laguna de maduración N° 4 (M-4), tiene una entrada desde la M-3 y una salida hacia la M-5, la Laguna de maduración N° 5 (M-5), tiene una entrada desde la M-4 y una salida hacia la Laguna de maduración Final, a través de unas persianas de aluminio que controlan el nivel del agua en toda la planta, ubicadas éstas en la estructura de la estación de bombeo N° 2 (M-5 y M-6).

2.3.6. Laguna de Maduración Final (Pulimento)

Esta laguna tiene por finalidad reducir la concentración de algas y mejorar la calidad visual del agua.

La laguna de Maduración Final (M-6), recibe el agua tratada de la laguna de maduración N° 5 (M-5), a través de una tubería que es alimentada por el agua proveniente de las persianas de aluminio que controlan el nivel del agua en toda la planta. Posteriormente el agua que entra a la laguna es descargada al Lago

2.4 Procedimiento para mantenimiento preventivo de la planta

El mantenimiento preventivo a nivel de planta tiene múltiples ventajas y beneficios que muy difícilmente pueden ignorarse.

Una adecuada planificación de mantenimiento ayuda a mantener un buen nivel de operatividad y un rendimiento óptimo de los equipos de la

planta. Los equipos eléctricos son los nervios principales de una planta, al dañarse un equipo la planta tiene un gran problema de operación.

Actualmente existen métodos e instrumentos que permiten en una inspección de mantenimiento de los equipos, evaluar sus condiciones y defectos con anticipación, y así evitar posibles fallas de funcionamiento.

Un programa bien organizado evita accidentes, reduce paradas intempestivas y a larga el tiempo de operación entre paradas.

Los beneficios del mantenimiento preventivo pueden catalogarse de efecto directo e indirecto:

- Los beneficios directos son la reducción del costo de las reparaciones y la mayor seguridad en el trabajo.
- Los beneficios indirectos son más operatividad y menos paradas intempestivas por deficiencias del equipo, causadas por algún cambio de diseño efectuado después de su instalación, las deficiencias descubiertas a tiempo no causan paradas intempestivas.

El equipo eléctrico y sus aparatos de protección son muy sensibles al medio ambiente y se dañan con más frecuencia que otros equipos mecánicos.

La mayoría del personal de una planta desconoce esta característica y cree que el equipo eléctrico puede trabajar durante mucho tiempo sin realizarle un mantenimiento preventivo.

2.5 Definición de términos básicos

1. **Aguas Servidas:** son todas aquellas aguas de abastecimiento que, habiendo sido usadas para fines diversos acusan en su composición, generalmente, pequeñas cantidades de sustancias extrañas agregadas por los comercios, industrial y núcleos domésticos que las utilizan.
2. **Afluente:** caudal de agua que entra en el sistema.
3. **Efluente:** líquido residual vertido o descargado a cualquier masa hídrica después de pasar por un proceso de estabilización.
4. **DBO₅:** es la demanda de oxígeno requerida por los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable a una temperatura de 20°C y un tiempo de incubación de 5 días.
5. **DQO:** la demanda química de oxígeno permite determinar la presencia de materia carbonosa presente en las aguas residuales. Se utiliza para expresar el poder polucional de un agua.
6. **Eutrofización:** es el enriquecimiento de lagos, embalses, ríos y mares litorales por nutrientes vegetales, antes escasos, con el consiguiente aumento de la masa de vida vegetal acuática que este enriquecimiento permite mantener.
7. **Infiltración:** paso lento de un líquido a través de los intersticios de un cuerpo

8. **Lagunas de Estabilización:** son un conjunto de estanques que se utilizan en el tratamiento de aguas residuales. Estas pueden ser anaeróbicas (ausencia de oxígeno), facultativas, maduración y pulimento.
9. **pH:** es un parámetro importante de calidad de las aguas naturales y residuales. Es útil principalmente para regular el funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de aguas negras. El agua residual con un valor alto o bajo es difícil de tratar por medios biológicos y si su valor no se ajusta antes de la descarga, el efluente puede alterar la concentración hidrogenionica de la aguas naturales receptoras.
10. **Procesos Aeróbicos:** descomposición o biodegradación de la materia orgánica que se desarrolla en presencia de oxígeno libre.
11. **Procesos Anaeróbicos:** descomposición o biodegradación de la materia orgánica que se desarrolla en presencia de oxígeno libre.

2.6 Operacionalización de la Variable

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>
Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas	Un sistema de tratamiento de aguas residuales comprende una serie de etapas en las cuales se produce su depuración con la finalidad de ser, bien sea reutilizadas o descargadas a cuerpos de agua sin alterar sus condiciones naturales.	Entrada de las aguas residuales a la planta de tratamiento. Laguna Anaeróbica y Facultativas	<ul style="list-style-type: none"> • DBO • DQO • Oxígeno Disuelto • pH • Nitrógeno Kjeldahl • Temperatura
		Lagunas de Maduración y Salida del agua tratada al Lago.	<ul style="list-style-type: none"> • DBO • DQO • Oxígeno Disuelto • pH • Nitrógeno Kjeldahl • Coliformes Totales • Temperatura

Cuadro N° 1

DERECHOS RESERVADOS

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1. MARCO METODOLÓGICO:

El marco metodológico contempla el programa de ejecución de los muestreos correspondiente al lapso de estudio y la serie de ensayos realizados en campo y en el laboratorio para evaluar el comportamiento del sistema de lagunas de estabilización del Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas Cabimas.

3.1.1 Tipo de investigación:

Siguiendo el planteamiento metodológico de Sampieri, Collado y Lucio y contrastándolo con los procedimientos de muestreo y realización de esta investigación se determinó que es de tipo descriptivo, como se señala a continuación:

“Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Este tipo de estudios miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar”.... “En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, para así (valga la redundancia) describir lo que se investiga”
Sampieri, Collado y Lucio (1998)

Con la finalidad de describir entonces la variable de Tratamiento de Aguas Servidas, se realizaron una serie de mediciones y muestras en campo de varias de sus dimensiones (descritas detalladamente en el cuadro de Operacionalización de la variable) y considerando los diferentes momentos de este proceso, para así obtener una perspectiva integral del mismo y evaluar calidad de agua tratada.

3.1.2. Población y muestra:

3.1.2.1. Población:

Para la realización de este trabajo se tomo como población a la serie de Lagunas de Estabilización que conforman el Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas de Cabimas:

- Laguna Anaeróbica
- Lagunas de Estabilización
- Lagunas de Maduración
- Laguna de Pulimento

Las Lagunas de Estabilización fueron el escenario del estudio y de acuerdo a sus características se determinaron los factores de medición. En cada tipo de Laguna se desarrollan las distintas etapas del tratamiento y dependiendo de esto se eligieron los indicadores de su funcionamiento.

3.1.2.2. Muestra:

La muestra de esta investigación se circunscribió a la recolección de porciones de aguas residuales para evaluar algunos parámetros que permitan conocer las condiciones en las cuales se esta desarrollando el tratamiento en la planta durante su fase de estabilización. El muestreo se llevo a cabo cada siete días durante cuatro meses consecutivos en la entrada y salida de cada una de las Lagunas de Estabilización que conforman el Sistema.

3.1.3. Técnicas de recolección de información:

Las muestras fueron captadas estratégicamente a la salida de cada uno de los módulos para tener una visión detallada del estado de las aguas a lo largo del Sistema. De esta manera, se pudo monitorear los parámetros de estudio y con ello determinar las acciones necesarias para el buen desempeño del tratamiento en la planta.

Análisis	Tipo de Muestra	Tipo de envase	Capacidad
DBO	1	Plástico	4 litros
DQO	2	Plástico	1 litro
N-Kjeldalh	2	Plástico	1 litro
Coliformes	9	Vidrio Estéril	120cc

Tabla N° 1. Tipos de muestras y características de los envases para la recolección.

Como se muestra en la Tabla N° 1, el proceso de captación de muestras se realizo utilizando tres tipos de envases, que dependían del

ensayo a realizar. Así mismo cada envase era identificado con el tipo de muestra, punto de captación, fecha y lugar de muestreo.

A lo largo de los muestreos se realizaban mediciones en campo y captaciones de porciones de agua que serían evaluadas posteriormente en el laboratorio del ICLAM. Las mediciones realizadas en campo se efectuaron en todos y cada uno de los puntos que conforman la Planta. *Ver Apéndice N° 2.*

La captación de las muestras, en los distintos puntos, se realizó utilizando un balde para llenar los envases que luego fueron colocados dentro de cavas refrigeradas, con el fin de conservar las características originales de la muestra durante el traslado al laboratorio, donde estos envases se refrigeraron nuevamente hasta la realización de sus análisis.

La captación de las muestras se realizó de manera coordinada, es decir, dependiendo del tipo de Laguna se tomarían las muestras pertinentes a esa etapa del tratamiento.

En el módulo Anaeróbico y en las Lagunas Facultativas se capturaron muestras tipo 1 y 2; en las Lagunas de Maduración y Pulimento se tomaron muestras tipo 1, 2 y 9.

Las muestras tipo 1, son muestras que no son preservadas, es decir, que no requieren añadirse conservadores para mantener las características de la muestra, y las muestras tipo 2 son preservadas con ácido sulfúrico (H_2SO_4) con la finalidad de conservar las características químicas de la misma.

3.2 METODOLOGÍA DEL DISEÑO

Finalmente se hace necesario definir de forma operacional y concreta, cuales fueron los pasos y estrategias llevados a cabo en esta investigación para el logro de los objetivos propuestos.

Utilizando una vez mas los aportes de los autores Sampieri, Collado y Lucio se determinó que la presente investigación posee un diseño de tipo experimental con elementos complementarios de series cronológicas múltiples:

3.1.3.1. Diseño experimental:

Con la intención de definir el diseño de la investigación se utilizará la acepción general del termino experimento, la cual plantea que un experimento es “tomar una acción” y después “observar las consecuencias “, esta definición implica la “manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles efectos” Sampieri, Collado y Lucio (1998)

Esto se refleja en el muestreo y mediciones bases de esta investigación, los cuales se realizaron para obtener datos e información de los momentos del proceso de tratamiento y calidad del agua para luego analizarlos y manipularlos para llegar a las conclusiones.

3.1.4. Diseño de series cronológicas:

Los diseños de series cronológicas son aquellos “en los que se efectúan a través de tiempo varias observaciones o mediciones sobre una variable...” el investigador debe tener cuidado de que no ocurra algo que afecte de manera distinta a los grupos de muestras” Sampieri, Collado y Lucio (1998)

Durante la investigación se realizaron muestreos constantes (una vez por semana, durante cuatro meses), de manera que se llevaron a cabo en diferentes momentos para así obtener datos suficientes para evaluar la capacidad, efectividad y continuidad de tratamiento de las aguas servidas en la Planta de Tratamiento de Cabimas.

DERECHOS RESERVADOS

Capítulo IV

Análisis de los Resultados

4.1 Parámetros medidos en la Investigación:

4.1.1 Parámetros medidos en Campo:

4.1.1.1. Potencial de Hidrogeno (pH):

Este parámetro es determinante en la evaluación del comportamiento en las distintas etapas de los procesos que se llevan a cabo en plantas de tratamiento para aguas servidas. La tabla N° 1 muestra los valores promedios del potencial de Hidrogeno al final de cada una de las etapas del proceso de tratamiento.

Potencial de Hidrogeno		
Punto de Muestreo	Promedio	Rango
Entrada	6,81	6,49 - 7,06
Laguna Anaeróbica	7,04	6,09 - 7,8
Laguna Facultativa 3	7,29	6,81 - 7,57
Laguna de Maduración 5	7,33	7 - 7,82
Salida al Lago	7,39	6,90 - 7,84

Tabla N° 1. Comportamiento del pH al final de cada una de las etapas del tratamiento.

Como muestra la tabla N° 1 el pH aumenta progresivamente a lo largo del proceso de tratamiento. La actividad microbiana que se produce en la etapa anaeróbica requiere unos niveles de pH comprendidos en un rango de 6.6 – 7.6; como se puede observar el valor promedio obtenido es de 7.04, nivel que permite de manera efectiva la ejecución de la digestión anaerobia en esta etapa. De igual manera los procesos aerobios que ocurren en las lagunas facultativas se dan favorablemente con un valor de pH promedio

igual a 7.29. Cabe destacar que la actividad microbiana se inhibe cuando los niveles de pH son superiores a 9 y que en la etapa de maduración se observa que los niveles de pH son muy bajos, como consecuencia de esto no se esta reduciendo eficientemente la concentración de microorganismos patógenos.

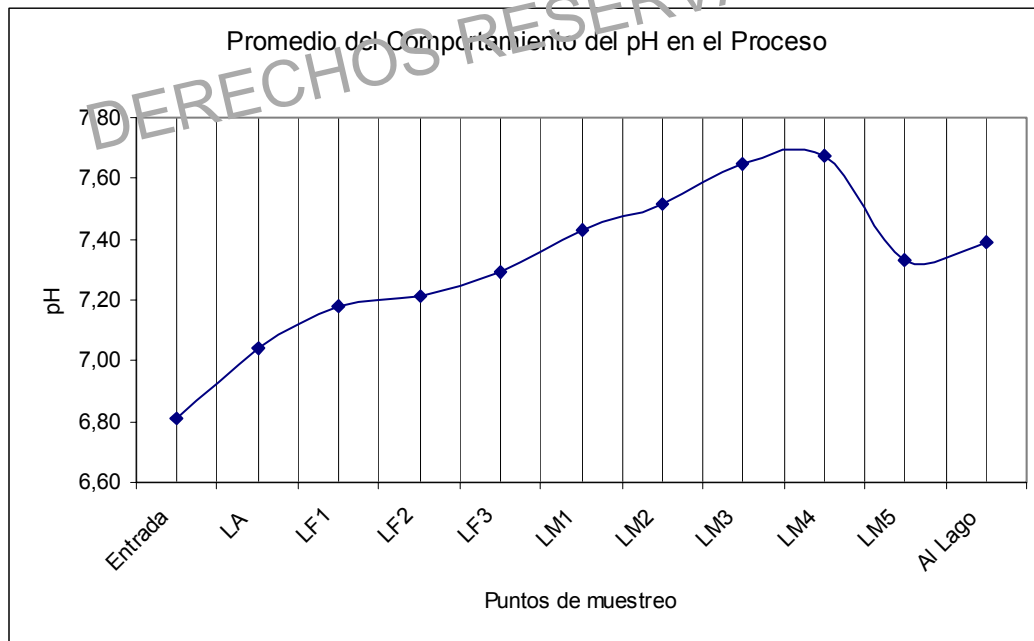


Gráfico N° 1. Comportamiento del pH a lo largo del proceso de tratamiento.

Como se puede observar la grafica N° 1, el aumento del pH a lo largo del proceso ocurre pero no en gran escala. Sobretudo al finalizar el tratamiento debería ocurrir una elevación considerable en los niveles de pH, ya que es en esa etapa donde se requiere inhibir la actividad microbiana.

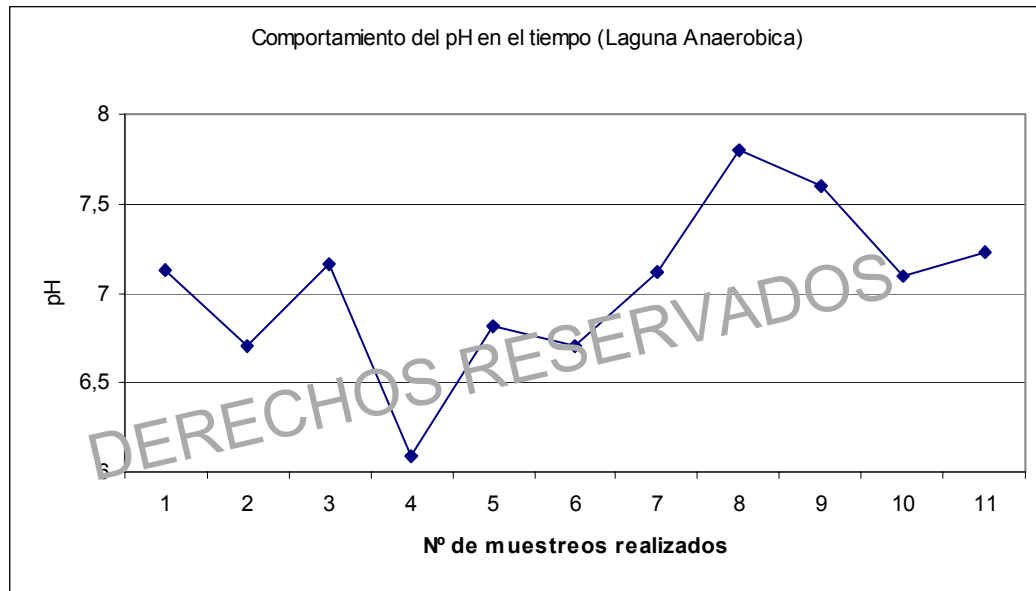


Gráfico N° 2. Comportamiento del pH en la Laguna Anaeróbica.

En la grafica N° 2 se puede visualizar como la mayoría de los valores de pH obtenidos en la laguna anaeróbica, se encuentran en el rango comprendido de 6,6 y 7,6, lo que indica que existen las condiciones, en lo que a pH se refiere, que se necesitan para que ocurran los procesos anaeróbicos correctamente.

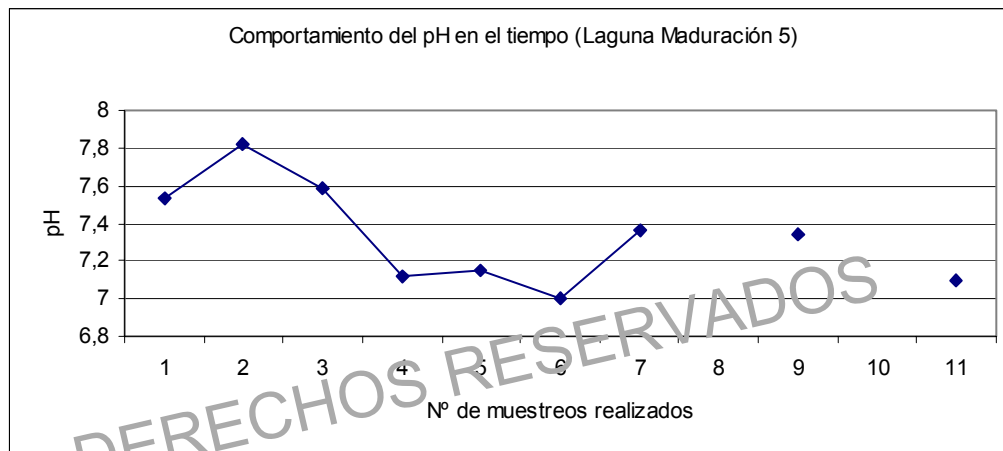


Gráfico N° 3. Comportamiento del pH en la Laguna de Maduración 5.

En la grafica N° 3 se puede observar que el potencial de hidrogeno en esta etapa no inhibe la actividad microbiana y en consecuencia los agentes patógenos no están siendo atacados eficazmente. Esto refleja ciertos problemas en la calidad final del agua, ya que en esta etapa lo que se espera es la reducción de los microorganismos que puedan afectar las condiciones naturales de los cuerpos de agua receptores de aguas servidas previamente tratadas.

4.1.1.2. Oxígeno Disuelto:

El oxígeno disuelto presente en el agua de las lagunas de estabilización permite la respiración de los microorganismos que actúan en los procesos aeróbicos que permiten la depuración de las aguas residuales.

Como resultado de la actividad fotosintética de las algas presentes en las lagunas, hay una variación en la concentración de O₂ disuelto. Después del amanecer los niveles de oxígeno disuelto aumentan gradualmente hasta

llegar a un máximo en el medio día. Luego al caer la noche estos niveles descienden a su nivel mínimo. Cabe destacar que los muestreos fueron realizados durante las horas donde se producen los máximos niveles de oxígeno disuelto.

Como se observa en la tabla N° 2 los valores de oxígeno aumentan a lo largo del proceso. En la entrada a la planta las mediciones demuestran que existe presencia de oxígeno, cuando la bibliografía y estudios anteriores demuestran que los valores de oxígeno en este punto deberían ser casi nulos.

Oxígeno Disuelto		
Punto de Muestreo	Promedio	Rango
Entrada	1.30	0 – 2
Laguna Anaeróbica	1.91	0 – 6
Laguna Facultativa 3	1.70	0.4 - 7.2
Laguna de Maduración 5	3.66	0.8 - 9.4
Salida al Lago	4.98	1.4 – 12

Tabla N° 2. Comportamiento del Oxígeno Disuelto al final de cada una de las etapas del tratamiento.

En la etapa anaerobia, como su nombre lo indica, el oxígeno debería estar ausente para permitir que el grupo de microorganismos que descomponen la materia orgánica actúen eficientemente. Al inicio de la etapa aerobia se produce un ligero aumento de oxígeno disuelto pero estos niveles no permiten el desarrollo adecuado de los procesos aerobios. Se produce sin embargo un leve incremento en el contenido de oxígeno al finalizar la etapa de maduración pero cabe destacar que los niveles registrados están por debajo de lo normal.

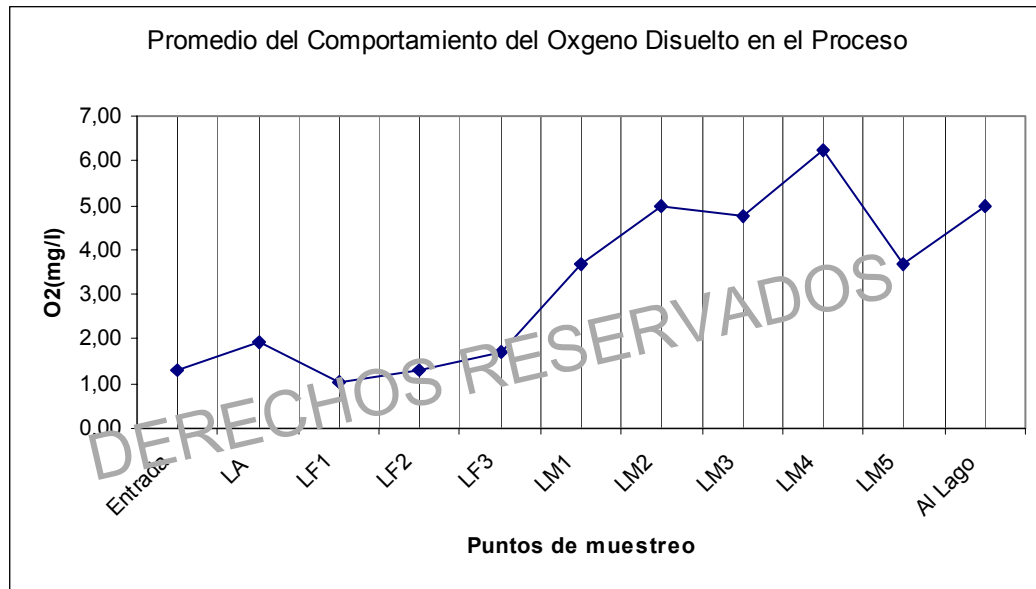


Gráfico N° 4. Comportamiento del Oxígeno Disuelto a lo largo del proceso.

La grafica N° 4 permite visualizar el aumento en la concentración de oxígeno a medida que avanza el proceso de tratamiento; sin embargo, estos niveles son relativamente bajos y en los procesos aeróbicos se necesita mayor presencia de oxígeno.

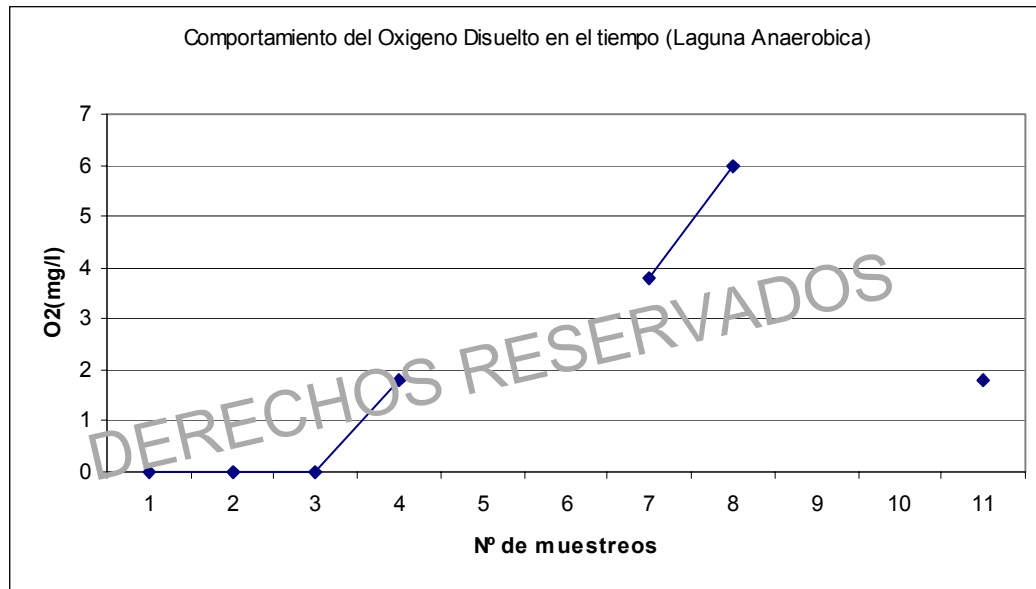


Gráfico N° 5. Comportamiento del Oxígeno Disuelto en la Laguna Anaeróbica.

En la grafica N° 5 se puede visualizar que en el módulo anaeróbico existe presencia de oxígeno, lo cual no es común en este tipo de lagunas ya que los procesos que ocurren en ella necesitan la ausencia total del mismo. Esto indica que la laguna esta trabajando en algunos casos como facultativa.

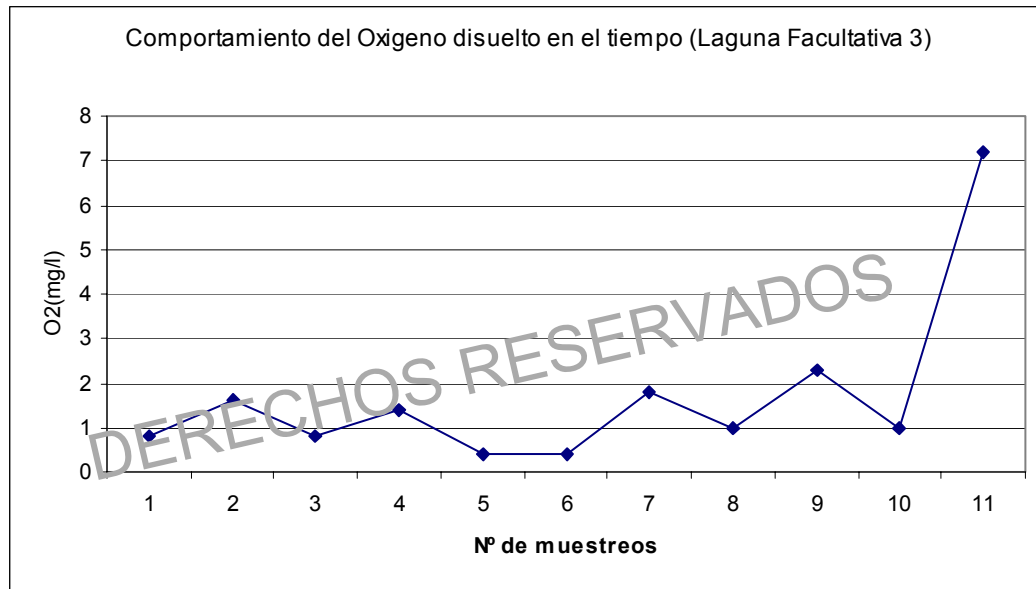


Gráfico N° 6. Comportamiento del Oxígeno Disuelto en la Laguna Facultativa 3.

Los valores que se muestran en la grafica N° 6 demuestran que los niveles de oxígeno en esta etapa son muy bajos para que se efectúen adecuadamente los procesos aerobios, ya que en este tipo de lagunas normalmente se encuentran niveles superiores a 4mg/l. Sin embargo en el último muestreo se visualiza un alza considerable en estos niveles.

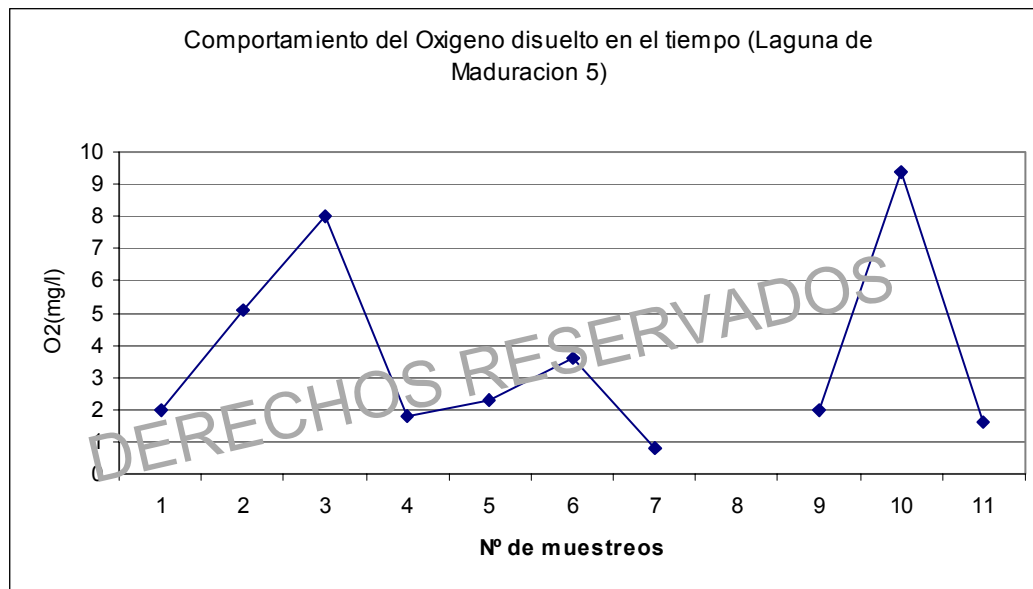


Gráfico N° 7. Comportamiento del Oxígeno Disuelto en la Laguna de Maduración 5.

En la gráfica N° 7 se puede observa el comportamiento irregular del contenido de oxígeno disuelto en la última etapa del tratamiento, estos altibajos reflejan la inestabilidad que ocurre en el proceso y se puede visualizar que solo en dos oportunidades la concentración de oxígeno estaba alta.

4.1.1.3. Temperatura:

El monitoreo de la temperatura a lo largo del tratamiento permite tener una idea del genero de algas que están presentes en las lagunas. Existe un rango de temperatura entre 10 – 40 °C para existan los organismos del tipo mesofilico; las algas verdes cuando se encuentran a temperaturas comprendidas entre 30 – 35 °C pueden desarrollarse óptimamente, lo cual permite decir que este tipo de algas se encuentran en los módulos de la

planta, ya que la temperatura en la mayoría de los casos estuvo alrededor de los 31°C.

Temperatura		
Punto de Muestreo	Promedio	Rango
Entrada	31,6	28 - 33,3
Laguna Anaeróbica	31,6	26 - 37
Laguna Facultativa 3	31,5	26 - 33,7
Laguna de Maduración 5	31,2	27 - 33,5
Salida al Lago	31,2	27 - 34,1

Tabla N° 3. Comportamiento de la Temperatura en cada una de las Lagunas que conforman el tratamiento.

En la tabla N° 3 se observa que los cambios de temperatura a lo largo del proceso son casi imperceptibles, es decir, no se presentaron cambios de en las distintas etapas a pesar de los procesos que ocurren en ellas. Es de gran importancia mencionar que los muestreos se realizaron, en la mayoría de los casos, en un horario comprendido entre las 10 AM y las 2 PM.

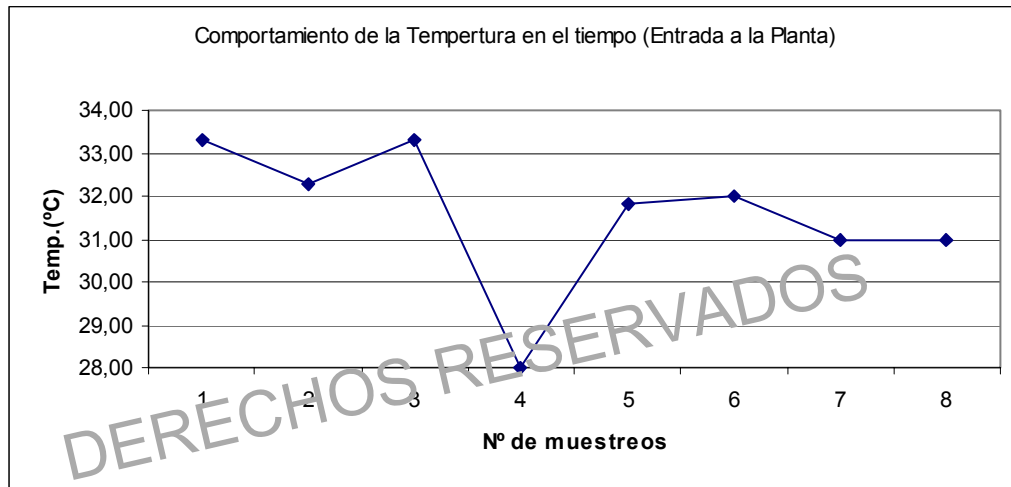


Gráfico Nº 8. Comportamiento de la Temperatura en la Entrada a La Planta.

En la Grafica Nº 8 se puede ver que la temperatura a la entrada no fue constante. En algunos casos los muestreos se realizaron en días nublados.

4.1.2. Parámetros medidos en el Laboratorio:

Composición de las aguas residuales			
Contaminantes	Aguas residuales con concentración media	Aguas residuales con concentración débil	Concentración en Planta (Prom.)
DBO5 (mg/l)	220	110	41.05
DQO (mg/l)	500	250	138.67
Nitrógeno Total (mg/l)	40	20	19.34
Coliformes Totales (NMP/100ml)	$10^7 - 10^8$	$10^6 - 10^7$	$10^3 - 10^4$

Cuadro N° 2 Comparación de las concentraciones de las aguas residuales típicas con las aguas que ingresan a la planta.

Como muestra el cuadro N° 2, las aguas que ingresan a la planta no tienen los niveles de concentración normales de un agua residual (Apéndice N° 1), se observa que están por debajo de los niveles de concentración de un agua débil.

4.1.2.1. **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno representa el contenido de materia orgánica biodegradable presente en el agua residual. En el siguiente cuadro se muestran los valores obtenidos de los ensayos realizados a muestras de agua captadas tanto en la entrada de la planta como al salir de ella luego del tratamiento.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		
Punto de Muestreo	Promedio	Rango
Entrada	41,05	21 – 70
Salida al Lago	19,97	9,2 – 32,80
% de remoción	51,35	(-19,27) – 86,86

Tabla N° 4. Comportamiento promedio de la DBO a la entrada y salida de la Planta.

En la tabla N° 4 se muestra que el porcentaje promedio de remoción total de DBO logrado en todo el tratamiento es de del 51,35%, esto indica que la planta de tratamiento tiene un nivel bajo de remoción. Es importante mencionar que las aguas que ingresan a la planta no poseen los niveles típicos de DBO de un agua residual mostrados en el apéndice N° 1 y que la instalación no fue diseñada para tratar aguas residuales con tan bajos porcentajes de DBO. Esta baja remoción se debe probablemente, a la baja concentración de la DBO a la entrada, lo que hace que los procesos biológicos sean poco activos.



Gráfico N° 9. Comportamiento de la DBO en la Entrada a La Planta.

En el grafico N° 9 se muestran los valores de la DBO en la entrada. Si se comparan estos valores con los que se muestran en el apéndice N° 1 se puede notar que la concentración de las mismas es bastante inferior a la de las aguas negras típicas con concentración débil.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)		
Punto de Muestreo	Promedio	Rango
Entrada	41,05	21 – 70
Laguna Anaeróbica	30,02	21,85 – 42,7
% de remoción	26,87	

Tabla N° 5. Comportamiento promedio de la DBO a la entrada y salida del módulo anaeróbico.

Así mismo, se observa en la tabla N° 5 que el porcentaje de remoción en el modulo anaeróbico es bastante inferior al que se espera en este tipo de lagunas, ya que es aquí donde se reduce la mayor parte de la materia orgánica en el proceso. En este tipo de módulos se puede remover desde un 40 a un 80% de DBO, pero al entrar un agua con baja concentración ocasiona una baja actividad biológica.

4.1.2.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO):

La demanda química de oxígeno es un parámetro que permite conocer la cantidad de materia carbonosa contenida en la materia orgánica. Los niveles de DQO pueden manifestar la presencia de aguas residuales del tipo industrial. La tabla N° 6 muestra los valores promedios de DQO que entran a la planta y el porcentaje de remoción alcanzado.

DQO		
Punto de Muestreo	Promedio	Rango
Entrada	168.37	290-49
Laguna Anaeróbica	91.95	173-49
Laguna Facultativa 3	68.67	103-14
Laguna de Maduración 5	103.71	165-47
Salida al Lago	101.26	121-43
% remoción	39.86	

Tabla N° 5. Comportamiento promedio de la DQO al final de cada una de las etapas del tratamiento.

En la tabla N° 6 se muestran los niveles de DQO en cada una de las etapas del proceso. Como se puede observar, existe una remoción de 39,86%.

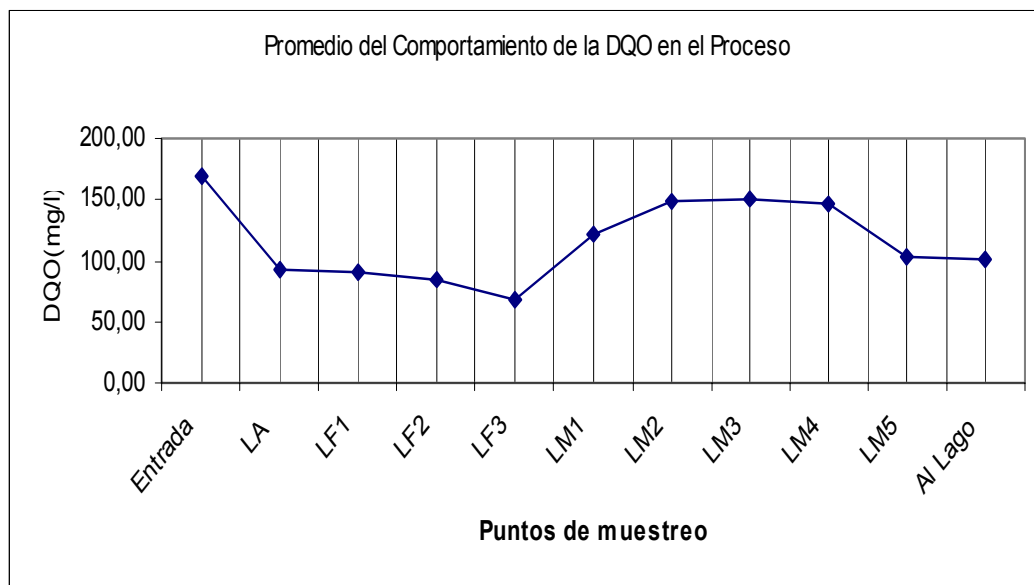


Gráfico N° 10. Comportamiento de la DQO a lo largo del proceso del tratamiento.

La grafica N° 10 muestra un descenso bastante notorio de la DQO hasta llegar al final del proceso facultativo. En la etapa de maduración se produce un aumento debido a la presencia de algas, que a pesar de no verse gran cantidad de ellas, al recibir luz solar consumen dióxido de carbono (materia inorgánica) e inician producción de oxígeno y materia orgánica provocando así una elevación de los niveles de la DQO.

Como se muestra en la grafica N° 11 las aguas que ingresan a la planta tienen una concentración de DQO baja, esto en base a lo planteado en el apéndice N° 1.

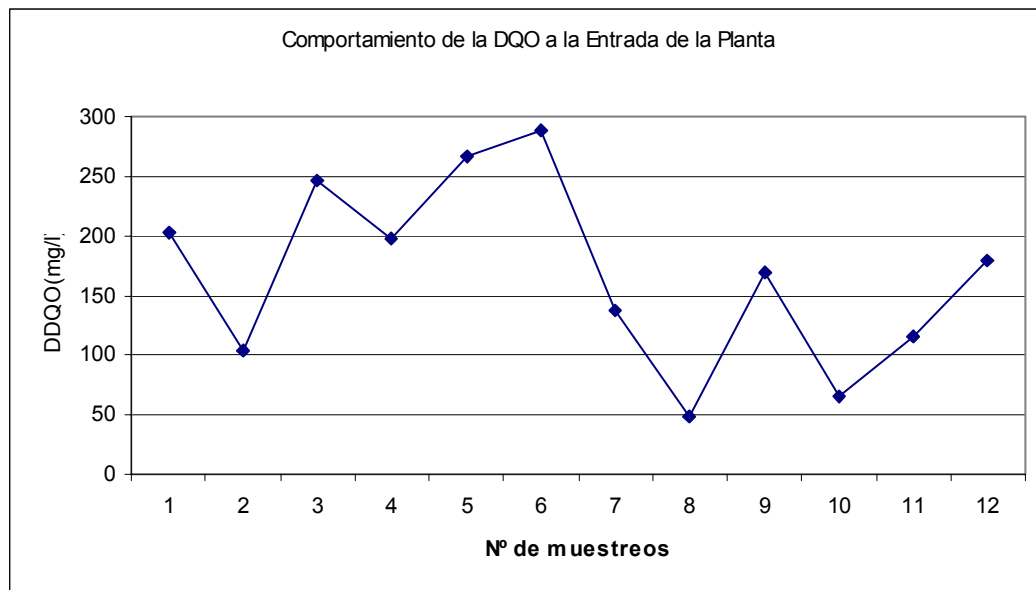


Gráfico N° 11. Comportamiento de la DQO en la Entrada de la Planta.

4.1.2.3. Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK):

Los niveles de nitrógeno en procesos de tratamiento de aguas servidas deben ser monitoreados por ser este uno de los principales

nutrientes para los microorganismos que actúan en los procesos anaeróbicos y aeróbicos que ocurren en las lagunas que conforman los sistemas de tratamiento.

Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en que cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos.

El Nitrógeno Total Kjeldahl representa casi la totalidad del nitrógeno en las aguas servidas, ya que comprende el nitrógeno orgánico y el nitrógeno amoniacal; la concentración de nitritos y nitratos en las lagunas es muy baja, razón por la cual se toma como referencia para la evaluación de este parámetro a lo largo del tratamiento.

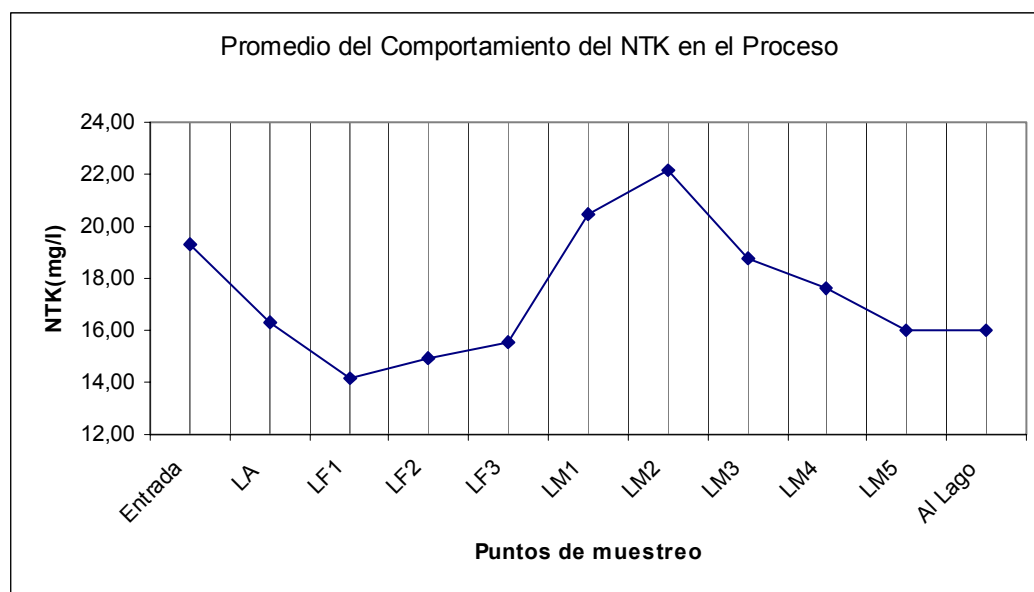


Gráfico N° 12. Comportamiento del Nitrógeno Total Kjeldahl a lo largo del Tratamiento.

El comportamiento a lo largo del tratamiento que se muestra en la grafica N° 12 indica que hay una disminución de nitrógeno en la etapa anaeróbica producto de las transformaciones que este sufre, es decir, el nitrógeno se reduce en gran parte a nitrógeno amoniacal. Luego a lo largo de la fase de maduración se produce un alza significativa en la concentración de nitrógeno. Sin embargo al finalizar el proceso disminuye.

De acuerdo con lo planteado en la grafica N° 13 se puede visualizar que el agua que entra en la planta tiende a tener una concentración de nitrógeno por debajo al de las aguas de concentración débil planteada en el apéndice N° 1.

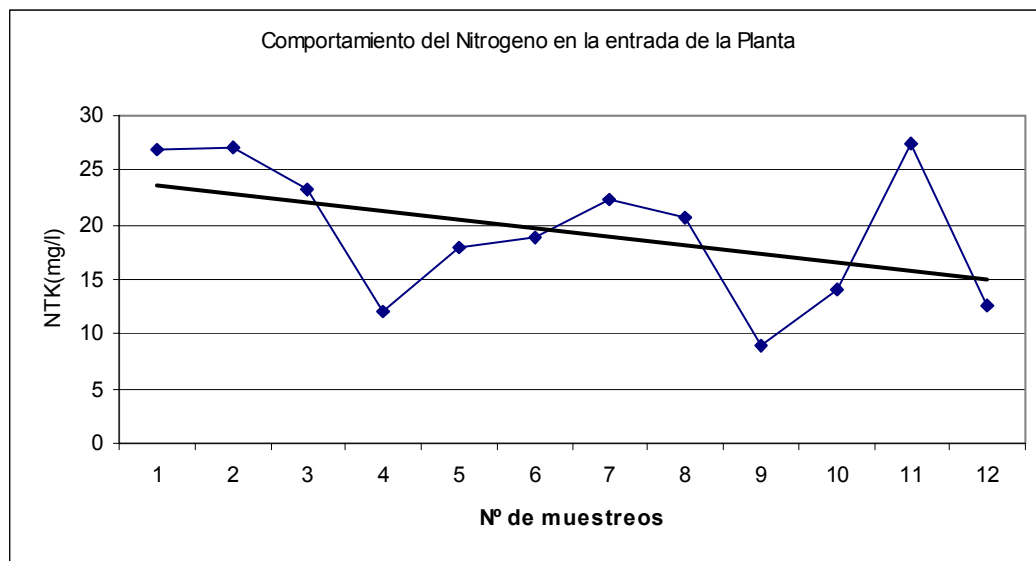


Gráfico N° 13. Comportamiento del Nitrógeno Total Kjeldahl en la entrada de la planta.

NTK		
Punto de Muestreo	Promedio	Rango
Entrada	19,34	27,4- 9
Laguna Anaeróbica	16,29	39,8- 2,8
Laguna facultativa 3	15,57	38,6- 5,6
Laguna de Maduración 5	16,03	37,5- 4,5
Salida al Lago	15,98	45,9- 9,5
% de Remoción	17,37	

Tabla N° 7. Comportamiento promedio del NTK a la entrada y salida de la planta de tratamiento.

En la tabla N° 7 se presenta el porcentaje de remoción de nitrógeno obtenido con el tratamiento.

4.1.2.4. Coliformes:

Los coliformes son una serie de organismos que deben ser eliminados de las aguas residuales antes de ser descargadas a fuentes de aguas naturales para no afectar bacteriológicamente cualquier ser viviente que tenga contacto con ellas. Es por ello la importancia de determinar su contenido en aguas que luego de ser tratadas formaran parte de cuerpos de aguas naturales.

Coliformes		
Punto de Muestreo	Promedio	Rango
Maduración 1	61967,50	300000-240
Maduración 2	20778,75	70000-130
Maduración 3	29581,25	30000-50
Maduración 4	64422,50	160000-80
Maduración 5	33364,0	90000-240
Salida al Lago	6964,55	24000-30
% remoción	88.76	

Tabla N° 8. Comportamiento promedio de los Coliformes a lo largo de las Lagunas de Maduración y Pulimento.

Los coliformes son principalmente atacados en las lagunas de maduración y como se puede observar en la tabla N° 8 en esta planta se obtiene un 88,76% de reducción total de coliformes. En realidad en este tipo de lagunas se espera reducir las concentraciones de coliformes en un 99%.

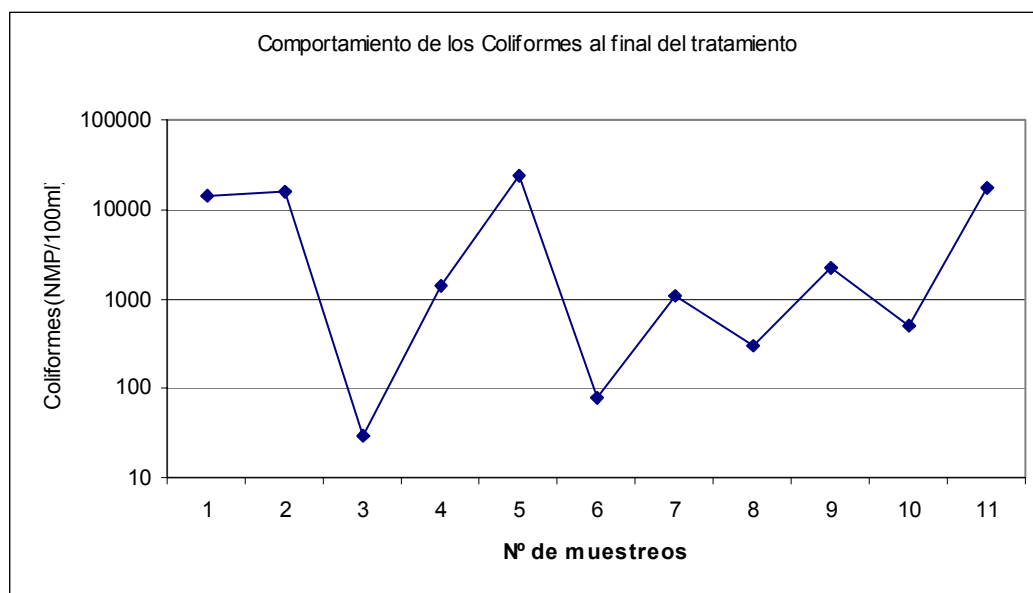


Gráfico N° 14. Comportamiento de los Coliformes Totales al final del Tratamiento.

En la grafica N° 14 se puede visualizar como la reducción de la concentración de coliformes en la etapa final de la planta no es constante y que además, en la mayoría de los casos, no cumple con lo establecido por la norma, ya que para no afectar el ecosistema de las fuentes de agua receptoras el limite de concentración de coliformes es de 1000 NMP/100ml.

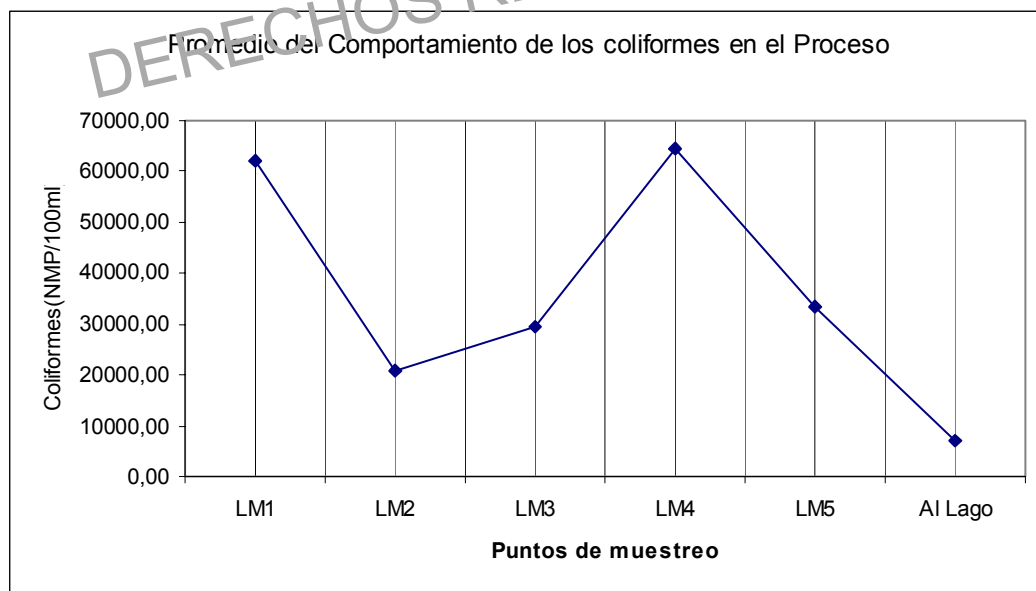


Gráfico N° 15. Comportamiento de los Coliformes Totales a lo largo del Tratamiento.

El grafico N° 15 muestra el comportamiento de la concentración de coliformes totales a lo largo del tratamiento. Se puede visualizar que la cantidad de coliformes aumenta considerablemente en la Laguna de Maduración N° 4.

DERECHOS RESERVADOS

Conclusiones

Luego de realizado el análisis de los resultados que se obtuvieron de los parámetros estudiados para la evaluación en la fase de arranque de la planta de tratamiento de aguas residuales Cabimas. Se ha llegado a las conclusiones siguientes:

- o Las aguas que entran a la planta no tienen las características típicas de un agua residual.
- o La concentración de DBO a la entrada esta enmarcada en un rango de 21 – 70mg/l. A la salida de la Planta están entre 9,2 – 32,8mg/l. La remoción total de la DBO en el momento de la descarga es de un 51.35%.
- o Los niveles de DQO oscilan entre 49 - 290 a la entrada y 121 – 43 a la salida. El porcentaje de remoción final de la DQO logrado es de 39.86%.
- o La temperatura no sufrió variaciones considerables a lo largo del tratamiento, manteniéndose alrededor de los 31°C.
- o El potencial de Hidrogeno (pH) se mantuvo en un rango de 6.49 – 7.84 a lo largo del proceso. Las concentraciones de pH presentes (6,98 – 8,01), en las Lagunas de Maduración, no permiten inhibir la actividad microbiana.
- o Las bajas concentraciones de pH pueden deberse por la ausencia de algas, que aunque no se hicieron ensayos de clorofila, se pudo notar que el color del agua en las lagunas era marrón blancuzco, lo cual indica la poca presencia de las mismas.

- o Las aguas que ingresan a la planta tienen una concentración promedio de oxígeno disuelto de 1.3mg/l. A medida que el proceso avanza los niveles de oxígeno disuelto aumentan, hasta obtener valores promedio de 4.98mg/l.
- o El efluente final presenta una concentración promedio de coliformes de 6964.55 NMP/100ml. Al medir la presencia de microorganismos coliformes totales se determinó un porcentaje de remoción promedio final de 88.8%.
- o La concentración de coliformes aumenta considerablemente en la Laguna de Maduración N° 4.
- o La concentración de nitrógeno a la entrada está comprendida entre 9 – 27,4mg/l. A la salida la concentración oscila entre 9,5 – 45,9. El porcentaje promedio de remoción al final es de 17,37%.
- o Los porcentajes de remoción por etapa no son los esperados, debido a que la planta está en su etapa de arranque.

DERECHOS RESERVADOS

Recomendaciones

- o Emplear un bote para recolectar muestras en varios puntos de las lagunas con la finalidad de tener mayor precisión en los resultados.
- o Realizar una serie continua de muestreos intensivos para conocer con más exactitud el comportamiento de la planta.
- o Efectuar mediciones de los niveles de fósforo, clorofila, alcalinidad, cloruros, sólidos suspendidos totales y volátiles en todo el proceso para obtener mayor información sobre las condiciones como se lleva cabo el tratamiento.
- o Llevar a cabo una comparación de las aguas del Lago, del acueducto de la zona y de corrientes subterráneas con las aguas que ingresan a la planta, para determinar el tipo de agua que se infiltra, de existir dicha infiltración.
- o Estudiar la posibilidad de sembrar algas para aumentar su crecimiento, la eliminación de materia orgánica y el aumento de oxígeno.
- o Hacer un estudio de las posibles causas que originen las condiciones atípicas de las aguas que ingresan a la planta.

DERECHOS RESERVADOS

Referencias Bibliograficas

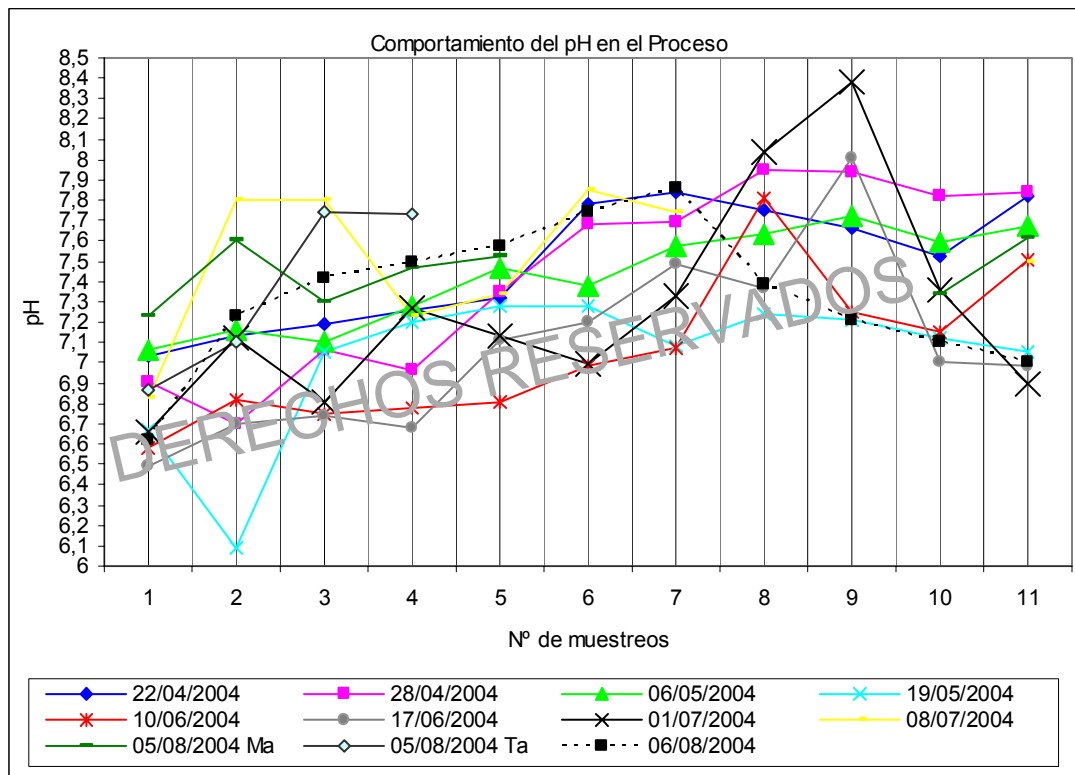
1. Mara, DD; Alabaster GP, Pearson, HW and Mills SW. "Waste sarabilitation ponds". Adeing manufactor eastern Africa. Loon technology International Leeds, England, 1992.
2. Matos, M; Ortega, F. "Evaluación preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Cruz de Mara". Trabajo especial de grado. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. 1990.
3. Metcalf & Heddy. "ingeniería de las aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización". 1era edición, Madrid, Caracas. McGraw Hill, vol. 1- 2, 1995.
4. Metcalf & Heddy. "Tratamiento y depuración de aguas residuales". 1era edición, Barcelona. Labor, 1977.
5. Mendoza Sergio. "Sistemas de lagunas de estabilización". Bogota. McGraw Hill. 2000.
6. Rivas M, G. "Tratamiento de aguas residuales". 2da edición. Caracas, ediciones Vega, 1978.
7. Salas E; Molina, F. "Evaluación de las lagunas anaerobias y facultativas de la planta de efluentes líquidos Maracaibo Sur en periodo de arranque". Trabajo especial de grado. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. Maracaibo. 2001.
8. Cárdenas, C. "Tratamiento combinado de aguas residuales domesticas y aguas residuales industriales (INPELUZ)." Maracaibo. 1994.

9. W.W.W.guegue.net/~gecat/contamin.htm.
10. Borjas, J. "Acuitratamiento por lagunas de estabilización". Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1982.
11. Manual de Funcionamiento y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Capinas. ICLAM. Maracaibo. 2002.

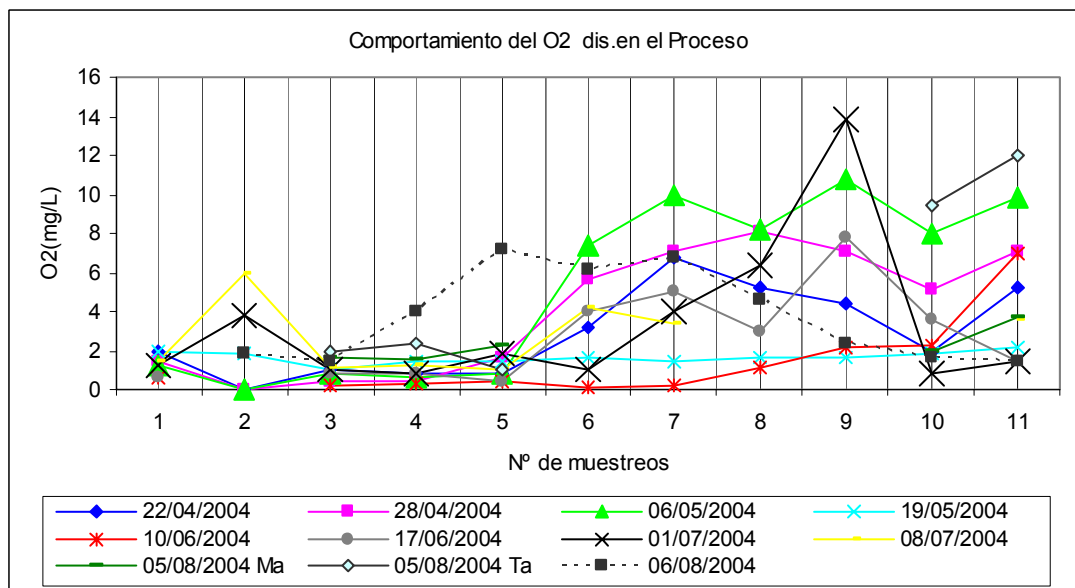
DERECHOS RESERVADOS

DERECHOS RESERVADOS

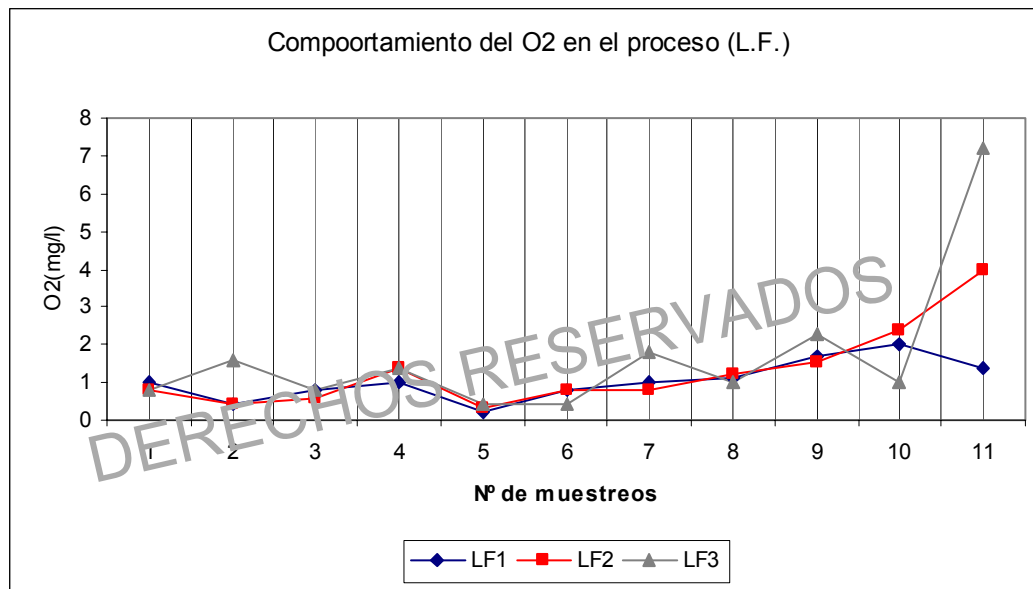
Apéndice



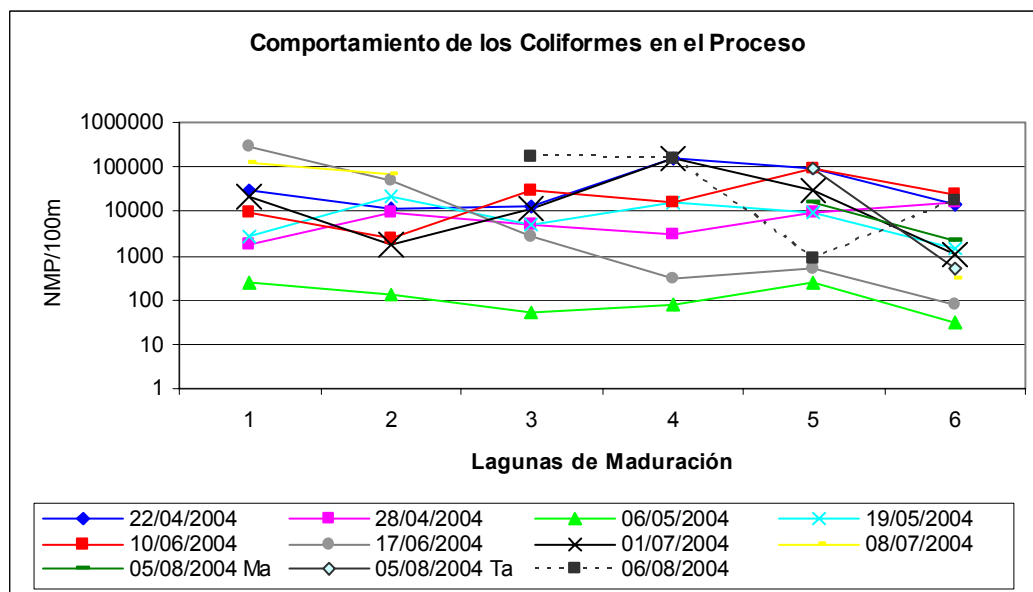
N° 3 Niveles de pH medidos en los distintos muestreos



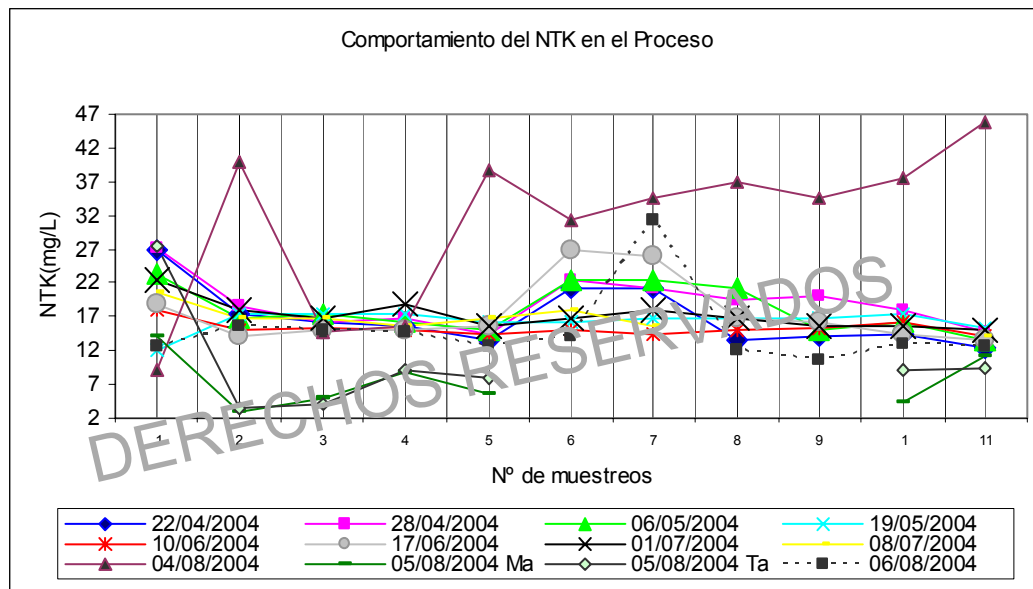
N° 4 Niveles de O₂ disuelto medido en los distintos muestreos



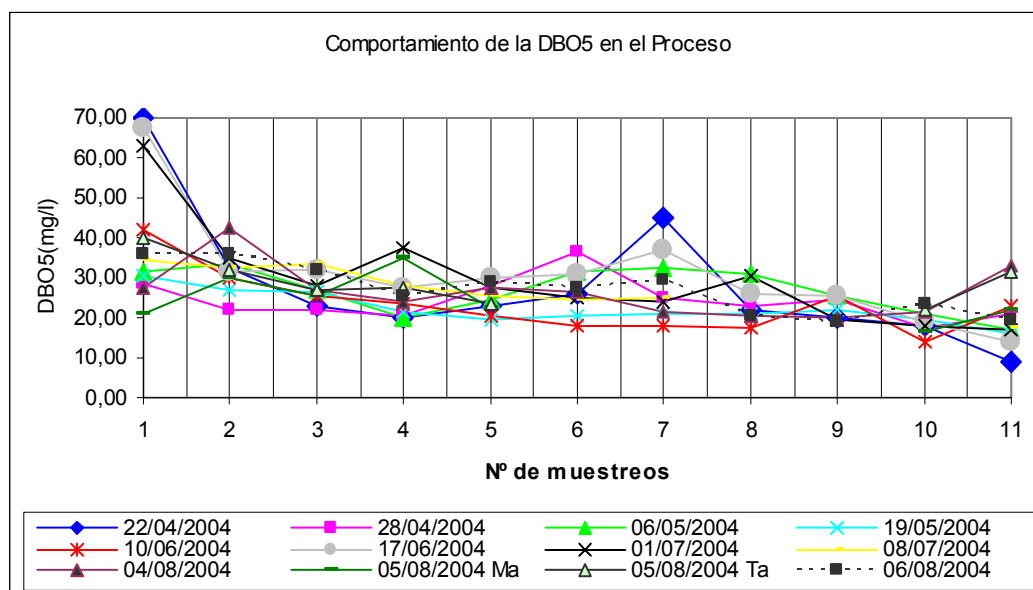
Nº 5 Niveles de O₂ disuelto determinado en los distintos muestreos en la etapa facultativa



Nº 6 Niveles de coliformes determinados en los distintos muestreos



N° 7 Niveles de N_2 determinado en los distintos muestreos



N° 8 Niveles de DBO_5 determinado en los distintos muestreos



Nº 9 Relación DBO/DQO

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta NFL	22/04/2004	70,00	203,27	26,88	< 0.01	*	*	7,03	2,00	33,30
laguna anaerobia N°2		2,57	81,51	17,36	< 0.01	*	*	7,13	*	32,90
laguna facultativa 1 N°3		22,90	82,79	16,24	< 0.01	*	*	7,19	1,00	32,20
laguna facultativa 2 N°4		20,00	82,79	15,68	< 0.01	*	*	7,26	0,80	32,80
laguna facultativa 3 N°5		23,20	91,76	13,44	< 0.01	*	*	7,32	0,80	33,50
laguna maduración 1 N°6		26,00	77,66	21,28	0,05	3x10 ⁴	3x10 ⁴	7,78	3,20	33,70
laguna maduración 2 N°7		45,10	158,41	21,28	0,01	1.1x10 ⁴	1.3x10 ³	7,84	6,80	33,50
laguna maduración 3 N°8		22,20	98,17	13,44	0,01	1.3x10 ⁴	8x10 ²	7,75	5,20	32,70
laguna maduración 4 N°9		20,20	121,24	14,00	< 0.01	1.6x10 ⁵	1.6x10 ⁵	7,66	4,40	31,90
laguna maduración 5 N°10		18,10	85,35	14,56	0,01	9x10 ⁴	9x10 ⁴	7,53	2,00	31,70
Salida al Lago N°11		9,20	90,98	12,32	< 0.01	1.4x10 ⁴	5x10 ²	7,82	5,20	30,70

Nº 10 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el

22/04/2004

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta N°1	28/04/2004	28,40	103,30	27,16	< 0,01	*	*	6,76	2,00	28,00
laguna anaerobia N°2		21,85	100,73	18,48	< 0,01	*	*	6,09	1,80	26,00
laguna facultativa 1 N°3		22,20	90,04	16,24	< 0,01	*	*	7,05	1,00	26,00
laguna facultativa 2 N°4		20,65	89,20	16,80	< 0,01	*	*	7,20	1,40	26,00
laguna facultativa 3 N°5		28,25	87,92	14,56	< 0,01	*	*	7,28	1,40	26,00
laguna maduración 1 N°6		36,73	118,67	22,40	< 0,01	2800	2800	7,28	1,60	26,00
laguna maduración 2 N°7		24,95	121,24	21,28	0,14	22000	11000	7,08	1,40	27,00
laguna maduración 3 N°8		22,95	110,99	19,60	< 0,01	5000	2200	7,24	1,60	27,00
laguna maduración 4 N°9		24,60	108,42	20,16	0,20	16000	16000	7,21	1,60	27,50
laguna maduración 5 N°10		17,55	95,61	17,92	< 0,01	9000	9000	7,12	1,80	27,00
Salida al Lago N°11		20,76	100,73	14,84	< 0,01	2200	1400	7,05	2,20	27,00

*N° 11 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el
28/04/2004*

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta N°1	06/05/2004	31,70	246,15	23,24	< 0.01	*	*	7,06	1,20	33,30
laguna anaerobia N°2		33,40	90,35	16,80	< 0.01	*	*	7,16	*	32,90
laguna facultativa 1 N°3		26,85	133,34	17,36	< 0.01	*	*	7,10	0,80	32,80
Salida laguna facultativa 2 N°4		20,25	84,98	16,24	< 0.01	*	*	7,28	0,60	33,40
laguna facultativa 3 N°5		24,50	90,35	15,12	< 0.01	*	*	7,47	0,80	33,70
laguna maduración 1 N°6		31,75	267,67	22,40	< 0.01	240	240	7,38	7,40	31,10
laguna maduración 2 N°7		32,55	305,28	22,40	< 0.01	130	130	7,57	10,00	34,74
laguna maduración 3 N°8		31,10	369,76	21,28	< 0.01	50	50	7,63	8,20	34,50
laguna maduración 4 N°9		25,75	373,04	15,12	< 0.01	80	50	7,72	10,80	34,20
laguna maduración 5 N°10		20,90	203,20	16,24	< 0.01	240	240	7,59	8,00	33,50
Salida al Lago N°11		16,92	203,20	13,44	< 0.01	30	8	7,67	9,80	34,10

Nº 12 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el

06/05/2004

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta N°1	19/05/2004	30,70	197,82	12,04	0,25	*	*	6,67	2,00	28,00
laguna anaerobia N°2		26,90	111,85	17,36	0,54	*	*	6,09	1,80	26,00
laguna facultativa 1 N°3		26,55	95,73	17,36	2,11	*	*	7,05	1,00	26,00
laguna facultativa 2 N°4		21,65	106,47	17,36	2,82	*	*	7,20	1,40	26,00
laguna facultativa 3 N°5		19,75	84,98	16,24	1,32	*	*	7,28	1,40	26,00
laguna maduración 1 N°6		20,65	101,10	16,24	0,49	2800	2800	7,28	1,60	26,00
laguna maduración 2 N°7		20,85	90,35	16,80	0,93	22000	11000	7,08	1,40	27,00
laguna maduración 3 N°8		21,25	84,98	16,80	0,97	5000	2200	7,24	1,60	27,00
laguna maduración 4 N°9		22,15	138,71	16,80	0,58	16000	16000	7,21	1,60	27,50
laguna maduración 5 N°10		19,40	165,58	17,36	0,25	9000	9000	7,12	1,80	27,00
Salida al Lago N°11		16,08	154,83	15,40	1,84	1400	1400	7,05	2,20	27,00

Nº 13 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el

19/05/2004

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta Nº1	10/06/2004	42,20	200,26	17,92	0,02	*	*	6,58	0,60	31,80
laguna anaerobia Nº2		29,87	121,69	15,12	0,01	*	*	6,82	*	30,90
laguna facultativa 1 Nº3		25,35		15,40	< 0,01	*	*	6,75	0,20	31,80
laguna facultativa 2 Nº4		23,30		15,12	< 0,01	*	*	6,78	0,30	31,80
laguna facultativa 3 Nº5		20,30		14,56	< 0,01	*	*	6,81	0,40	31,60
laguna maduración 1 Nº6		18,05	100,00	15,12	< 0,01	9000	9000	6,98	0,10	31,40
laguna maduración 2 Nº7		17,76	100,00	14,56	< 0,01	2400	2400	7,07	0,20	31,40
laguna maduración 3 Nº8		17,60	193,76	15,12	< 0,01	30000	30000	7,81	1,10	31,00
laguna maduración 4 Nº9		25,45	186,75	15,40	< 0,01	16000	16000	7,25	2,20	31,70
laguna maduración 5 Nº10		13,80	165,06	16,21	< 0,01	90000	22000	7,15	2,30	30,70
Salida al Lago Nº11		22,76	121,69	14,00	< 0,01	24000	9000	7,51	7,00	31,40

*Nº 14 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el
0/06/2004*

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta N°1	01/07/2004	63,00		22,40	0,05	*	*	6,66	1,20	
laguna anaerobia N°2		35,10		17,90	< 0.01	*	*	7,12	3,80	
laguna facultativa 1 N°3		27,80		16,80	< 0.01	*	*	6,81	1,00	
laguna facultativa 2 N°4		37,50		19,00	< 0.01	*	*	7,27	0,80	
laguna facultativa 3 N°5		27,30		15,60	< 0.01	*	*	7,13	1,80	
laguna maduración 1 N°6		24,90		16,80	< 0.01	22000	2600	6,99	1,00	
laguna maduración 2 N°7		23,80		17,90	< 0.01	1700	800	7,33	4,00	
laguna maduración 3 N°8		30,30		16,80	< 0.01	11000	5000	8,04	6,40	
laguna maduración 4 N°9		19,40		15,60	< 0.01	160000	28000	8,38	13,80	
laguna maduración 5 N°10		17,80		15,60	< 0.01	28000,00	22000,00	7,36	0,80	
Salida al Lago N°11		16,80		15,10	0,03	1100	700	6,90	1,40	

*N° 15 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el
01/07/2004*

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldah l (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliforme s Totales (NMP/100 ml)	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp . °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta N°1	08/07/2004	34,40		20,70	< 0.01	*	*	6,83	1,40	
laguna anaerobia N°2		32,60		16,80	< 0.01	*	*	7,80	6,00	
laguna facultativa 1 N°3		33,40		16,80	< 0.01	*	*	7,80	1,10	
laguna facultativa 2 N°4		27,90		15,60	< 0.01	*	*	7,23	1,20	
laguna facultativa 3 N°5		25,60		16,80	< 0.01	*	*	7,34	1,00	
laguna maduración 1 N°6		24,40		17,90	< 0.01	130000	80000	7,85	4,20	
laguna maduración 2 N°7		25,20		15,60	< 0.01	70000	30000	7,74	3,40	
laguna maduración 3 N°8						*	*			
laguna maduración 4 N°9						*	*			
laguna maduración 5 N°10						*	*			
Salida al Lago N°11		17,50		14,00	< 0.01	300	300	7,50	3,60	

Nº 16 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el

08/07/2004

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta N°1	17/06/2004	67,40	287,95	18,76	0,02	*	*	6,49	0,60	32,00
laguna anaerobia N°2		31,33	114,46	14,00	< 0.01	*	*	6,70		31,00
laguna facultativa 1 N°3		32,00	150,60	15,12	< 0.01	*	*	6,74	0,80	31,00
laguna facultativa 2 N°4		27,73	134,93	15,12	< 0.01	*	*	6,68	0,80	31,00
laguna facultativa 3 N°5		29,93	14,46	15,68	< 0.01	*	*	7,11	0,40	31,00
laguna maduración 1 N°6		30,87		26,80	< 0.01	300000	300000	7,20	4,00	32,60
laguna maduración 2 N°7		36,87	266,26	26,04	< 0.01	50000	17000	7,49	5,00	33,00
laguna maduración 3 N°8		25,93	198,79	16,80	< 0.01	2600	2600	7,37	3,00	33,00
laguna maduración 4 N°9		25,35	102,41	16,24	< 0.01	300	300	8,01	7,80	31,00
laguna maduración 5 N°10		19,09	131,32	14,56	< 0.01	500	500	7,00	3,60	31,00
Salida al Lago N°11		13,89	108,43	13,44	< 0.01	80	80	6,98	1,40	31,00

N° 17 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el

17/06/2004

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
mañana										
entrada a la planta N°1	05/08/2004	21,00	65,00	14,00	0,01	*	*	7,23	0,00	31,00
Laguna anaeróbica N°2		30,10	52,50	2,80	0,01	*	*	7,60	0,00	31,00
Salida facultativa 1 N°3		25,30	50,00	5,00	< 0.01	*	*	7,30	1,67	32,00
Salida facultativa 2 N°4		34,80	57,50	8,70	0,10	*	*	7,47	1,53	31,00
Salida facultativa 3 N°5		22,30	68,75	5,60	0,01	*	*	7,53	2,27	31,00
laguna maduración 5 N°6		16,60	60,00	4,50	0,01	16000,00	16000,00	7,34	2,00	31,00
Salida al Lago N°7		21,80	47,50	11,20	0,01	2200,00	1300,00	7,61	3,67	32,00
tarde										
entrada a la planta N°1	05/08/2004	40,20	115,23	27,40	0,02	*	*	6,87	0	31,00
laguna anaeróbica N°2		31,80	63,02	3,36	< 0.01	*	*	7,10	0	31,00
Salida facultativa 1 N°3		26,80	43,79	4,00	< 0.01	*	*	7,74	2,00	32,00
Salida facultativa 2 N°4		27,47	45,00	9,00	< 0.01	*	*	7,73	2,40	32,00
Salida facultativa 3 N°5		23,30	50,00	8,00	< 0.01	*	*	*	1,00	32,00
Salida maduración 5 N°6		21,80	67,50	9,00	< 0.01	90000	50000	*	9,40	32,00
Salida al Lago N°7		31,60	94,62	9,50	0,01	500	500	*	12,00	32,00

**N° 18 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras combinadas
captadas el 05/08/2004**

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta N°1	04/08/2004	27,50	170,00	9,00	< 0.01	*	*			
laguna anaerobia N°2		42,70	111,10	39,80	< 0.01	*	*			
laguna facultativa 1 N°3		27,10	82,25	14,60	< 0.01	*	*			
laguna facultativa 2 N°4		24,20	93,24	15,70	< 0.01	*	*			
laguna facultativa 3 N°5		27,30	52,50	38,60	< 0.01	*	*			
laguna maduración 1 N°6		26,50	139,95	31,40	< 0.01	*	*			
laguna maduración 2 N°7		21,70	126,22	34,70	< 0.01	*	*			
laguna maduración 3 N°8		20,40	107,50	37,00	< 0.01	*	*			
laguna maduración 4 N°9		20,00		34,70	< 0.01	*	*			
laguna maduración 5 N°10		21,40	76,76	37,50	< 0.01	*	*			
Salida al Lago N°11		32,80	103,70	45,90	< 0.01	*	*			

*Nº 19 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el
04/08/2004*

especificación	Parámetros / Fecha de Análisis									
Muestra / Pto. de recolección	Fecha de captación	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	N- Kjeldahl (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temp. °C
PTAR Cabimas										
entrada a la planta N°1	06/08/2004	36,10	180,00	12,60	*	*	*	6,62	*	
laguna anaerobia N°2		35,90	172,93	15,70	*	17000,00	500,00	7,23	1,8	
laguna facultativa 1 N°3		32,00	167,50	15,10	*	*	*	7,42	1,4	
laguna facultativa 2 N°4		25,60	128,97	14,60	*	*	*	7,50	4,00	
laguna facultativa 3 N°5		28,90	102,50	12,60	*	*	*	7,57	7,20	
laguna maduración 1 N°6		27,40	145,45	14,00	*	*	*	7,74	6,20	
laguna maduración 2 N°7		29,40	128,00	31,36	*	*	*	7,86	6,80	
laguna maduración 3 N°8		20,30	111,47	12,04	*	170000	170000	7,39	4,60	
laguna maduración 4 N°9		19,10	90,50	10,64	*	160000	160000	7,21	2,40	
laguna maduración 5 N°10		23,60	85,00	12,88	*	900	700	7,10	1,60	
Salida al Lago N°11		19,50	90,00	12,60	*	17000	5000	7,00	1,40	

Nº 20 Resultados emitidos por el laboratorio de las muestras captadas el

06/08/2004

Parámetros	Limites fijados por Gaceta Oficial	Promedios obtenidos en la planta
DBO (mg/l)	60	41.05
DQO(mg/l)	350	138.67
NTK(mg/l)	40	19.34
pH	6- 9	6.9 -6.85
Temperatura (°C)		27-34.1

Nº 21. Comparación de los resultados obtenidos con lo exigido por la Gaceta Oficial (normativa vigente).