

“ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL AGUA RESIDUAL PTAR CAMPUS CAJICA”

CASO DE ESTUDIO. ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA VERTIDA EN EL EFLUENTE, POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

**INFORME FINAL DE LA OPCIÓN DE GRADO
IC – 055- 2011**

ANDRES MAURICIO VARGAS MORA

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2013**

**“ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL AGUA RESIDUAL DE LA PTAR CAMPUS
CAJICA”**

**CASO DE ESTUDIO ANALIZAR LA CALIDAD DE AGUA VERTIDA EN EL
EFLUENTE, POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.**

ANDRES MAURICIO VARGAS MORA

Informe final presentado como requisito
Parcial para optar al título de Ingeniero Civil

Tutor: Ing. JORGE LUIS CORREDOR

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2013**

AUTORIDADES UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

MAYOR GENERAL (r) EDUARDO ANTONIO HERRERA BERBEL
Rector

Brigadier General (R) ALBERTO BRAVO SILVA
Vicerrector General

Dra. MARTHA LUCÍA BAHAMÓN JARA
Vicerrectora Académica

Dra. SONIA OSPINO GOMEZ
Vicerrector Administrativo

ING. ERNESTO VILLAREAL SILVA
Decano de la Facultad de Ingeniería

ING. GONZALO RIOS MARIN
Director del programa Ingeniería civil

APROBACIÓN

La propuesta de grado titulada. Análisis físico-químico del agua residual de la PTAR campus Cajica. Caso de estudio: analizar la calidad de agua vertida en el efluente, por parte de la Universidad Militar Nueva Granada. En este trabajo se analizarán las variables de: PH, Nitratos, DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) y Fósforos. Opción Trabajo de grado, presentado por el estudiante Andrés Mauricio Vargas Mora, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Ingeniero Civil” fue aprobada por el tutor:

Ing. Jorge Luis Corredor Rivera
Tutor Universidad Militar Nueva Granada

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO	10
1.1 PTAR CAMPUS CAJICA.....	10
1.1.1 Panorámica	10
1.1.2 Sedimentador primario	11
1.1.3 Aireador	12
1.1.4 Sedimentador secundario.....	12
1.2 DESCRIPCIÓN	13
1.3 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO	15
1.4 ANTECEDENTES	16
2 MARCO TEÓRICO	19
2.1 Como se evalúa que una PTAR funciona	20
2.1.1 Objetivos de una PTAR	20
2.2 Muestras	24
3 METODOLOGÍA	25
3.1 Toma de la muestra en la PTAR	25
3.1.1 Ensayos de campo	25
3.1.2 Entrada	26
3.1.3 Salida.....	27
3.2 Trasteo de la muestra al Laboratorio	28
3.3 Laboratorio Calidad de aguas Universidad Militar Nueva Granada.....	28
4 CARACTERIZACIÓN FISICO-QUIMICA.....	30
4.1 PH	30
4.2 NITRATOS	31
4.3 FOSFATOS.....	32
4.4 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO (DBO)	33

4.5	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO).....	35
5	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	37
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
	BIBLIOGRAFÍA	41

INTRODUCCIÓN

Cada persona consume un aproximado de 500 litros de agua al día, la cual es limpia y sale de las fuentes hídricas con un posterior tratamiento, Pero el agua usada y vertida al alcantarillado tiene que parar en algún lado nuevamente, a esta se le llama agua residual.

En un principio el agua residual era vertida, a las fuentes hídricas sin control alguno, pero a raíz del daño que se estaba causando a dichas fuentes, el Gobierno nacional a través del decreto 2811 de 1974 el cual reza que: “*El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social. La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social*” (Decreto 2811 de 1974). Y de la ley 9 de 1979 “*por la cual se dictan Medidas Sanitarias*” (Ley 9 de 1979) la cual complementa este decreto.

Debido a esto se comienza a utilizar las Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), aunque en Colombia se crea la primera agua de tratamiento de aguas residuales (Vitelma) en 1933 construida en los cerros orientales de la capital del país, fue a raíz de este decreto que se obliga a que no solo él acueducto y alcantarillado de la Ciudad tenga control sobre el vertimiento de estas aguas, sino que también a toda empresa, Escuela, hospital, etc. A tener un control estricto sobre las aguas que son vertidas de forma directa sobre las fuentes hídricas en las fuentes hídricas.

El trabajo realizado es un estricto estudio sobre la Planta de Tratamiento de aguas residuales Que se encuentra ubicada en el Campus de la Universidad Militar Nueva Granada En el municipio de Cajica; Este estudio consiste en hacer una caracterización físico-Químico del agua afluente y efluente de dicha planta, y comparar los parámetros obtenidos con los exigidos por la ley Colombiana, lo cual

es un punto de indispensable obligatoriedad para una institución tan seria y respetada como lo es la Universidad Militar Nueva Granada.

Para este estudio se realizaron una serie de muestreos (5) con el único y exclusivo fin de corroborar el correcto funcionamiento de la PTAR instalada allí, las muestras fueron tomadas cada 15 días y llevadas al laboratorio de calidad de aguas ubicado en la Universidad Militar Nueva Granada Sede Calle 100 y fueron medidos los siguientes parámetros

- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Demanda Biológica de oxígeno (DBO)
- Nitratos
- Fosfatos
- PH

Fueron medidos uno por uno cada 15 días para corroborar que existieran pocas variaciones entre los datos obtenidos, para así tener certeza que la PTAR esté funcionando correctamente.

Con este trabajo se pretende aportar un poco a la conservación de los cuerpos de agua, Sobre todo del rio Bogotá que es sobre el cual se vierten estas aguas que salen de la Universidad Militar Nueva Granada, y no solo se pretende cumplir con la ley Colombiana, sino que se busca tener el menor daño a este cuerpo de agua, ya que es fuente reutilizable para la población, y sin estos controles nos estaríamos haciendo daño no solo a nosotros mismos, sino a las generaciones venideras.

Toda sociedad tiene derecho a tener una fuente de agua totalmente sana y limpia, esto en muchas ocasiones, esto no es cumplido ya sea por diversos tipos de instituciones e Industrias de diferentes tipos etc. Pero el Gobierno nacional a través del decreto 2811 de 1974 el cual reza que:” *El ambiente es patrimonio*

común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social. La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social" (Decreto 2811 de 1974). Y de la ley 9 de 1979 "*por la cual se dictan Medidas Sanitarias*" (Ley 9 de 1979) la cual complementa este decreto reglamento esto, para que sin importar la industria, se garantice que el vertimiento está siendo realizado con la mejor calidad para no dañar el cuerpo de agua donde se realice. Lo que se pretende realizar con esta investigación es un estudio intensivo que permita garantizar a los usuarios del **RIO BOGOTÁ** que la **UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA** tiene un respeto total hacia las fuentes hídricas y hacia la Ley Colombiana, por lo que se pretende ver que la eficiencia de la PTAR usada para esto, tenga el rendimiento que se espera.

Con esto la Universidad Militar Nueva Granada lo que pretende es no solo cumplir con las normas establecidas por el ministerio del medio ambiente, sino que además ir mucho más allá y tener totalmente controladas los vertimientos que se realizan en el rio Bogotá, para así mismo evitar en la mayor parte posible la contaminación del rio, Para esto se necesitan excelente calidad tanto en la parte humana que en este caso son los estudiantes que realizan estas investigaciones, y también en la parte material para lo cual se cuentan con la PTAR para esta función.

El objetivo principal es realizar un estudio de las características físico-químicas del agua afluyente y efluente en la planta de tratamiento de agua residual de la Universidad Militar Nueva Granada del campus Cajica, teniendo en cuenta que los parámetros a medir serán; Conductividad, PH, Nitratos, Fósforos, Demanda biológica de oxígeno (DBO) y Demanda química de oxígeno (DQO), con la finalidad de comprobar la calidad del agua que está siendo vertida en el Rio Bogotá, que pasa a unos 500 metros aproximadamente del allí, y con esto garantizar el cumplimiento a las leyes nacionales.

1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Con el fin de cumplir a cabalidad las leyes nacionales que dictan normativas claras y concisas sobre los vertimientos a los cuerpos de agua. Se realiza este estudio para estudiar que los parámetros establecidos no estén siendo superados en ningún caso, por las aguas residuales vertidas al río Bogotá.

1.1 PTAR CAMPUS CAJICA

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del campus Cajica está compuesta por un Sedimentador primario, a continuación y luego de pasar por una tubería de aproximadamente unos 20 metros, llega al proceso de aireación, en el cual el agua está por unos minutos para de allí por una conducción llegar directamente al Sedimentador secundario.

El proceso total puede demorar aproximadamente 2 horas hasta ser vertida en el río Bogotá, el cual se encuentra unos 500 metros de distancia aproximadamente de la PTAR.

1.1.1 Panorámica

En la **Figura 1** se observa una foto panorámica de la PTAR de Cajica tomada desde el punto de entrada.

Entre tanto en la **Figura 2** se observa una foto panorámica de la PTAR, pero esta vez tomada desde el punto de salida de la planta.



Figura 1. Vista panorámica desde el punto de entrada a la PTAR



Figura 2. *Vista panorámica desde el punto de salida de la PTAR*

1.1.2 Sedimentador primario

En la **Figura 3** se observa el sedimentador primario, en el cual se encarga de eliminar la mayoría de sólidos en suspensión para luego llevarlo al proceso de aireación.



Figura 3. *Sedimentador primario de la PTAR*

1.1.3 Aireador

Mediante una conducción subterránea el agua residual llega al aireador en el cual permanece alrededor de 30 minutos. Donde se le proporciona el oxígeno necesario para el tratamiento. En la **Figura 4** se muestra el tipo de aireación utilizada en la PTAR del campus.



Figura 4. *Proceso de aireación de la PTAR*

1.1.4 Sedimentador secundario

En la figura 5 se observa el sedimentador, secundario el cual se encarga de eliminar la mayor cantidad de sólidos suspendidos, que se van a verter al Río Bogotá.





Figura5. Sedimentador secundario de la PTAR

1.2 DESCRIPCIÓN

La contaminación del medio ambiente, es uno de los problemas que más efecto tiene para la salud humana, y esta se ve en diversos elementos ya sea por emisiones de gases (Viento) , Desecho de residuos sólidos dañinos (Suelo), Vertimiento de aguas residuales a los cuerpos de agua (Agua), por lo cual a lo largo del tiempo se han tenido que crear mecanismos para evitar esta contaminación al máximo, pero para que estos mecanismos funcionen se debe tener un control sobre los elementos usados para disminuir esta contaminación.

En este caso la Universidad Militar Nueva Granada se ve en la Obligación tanto legal como moral, de disminuir al máximo esta contaminación en los cuerpos de agua aledaños, razón por la cual años atrás se ha instalado una PTAR en el Campus para contener estos efectos.

Pero con el pasar de los años y con la llegada de diversos programas de estudio al campus, se debe tener un control mayor al vertimiento de aguas y al correcto funcionamiento de la PTAR, para evitar que se tenga una contaminación en el cuerpo de agua aledaño (Rio Bogotá).

Para evitar los problemas aquí descritos se debe realizar un constante monitoreo, y medir algunos parámetros tanto físico como químicos del agua que allí se

encuentra, debido a la cantidad de parámetros y de monitoreos se han dividido en diferentes estudiantes, y en este trabajo se tratarán solo algunos de ellos como lo son:

- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Demanda Biológica de oxígeno (DBO)
- Nitratos
- Fosfatos
- PH

Con esto se pretende tener un concepto, sobre el trabajo que está realizando la PTAR, y la efectividad de la misma, para tener certeza de que se está protegiendo el medio ambiente, y no se incurre en ninguna falta contra la normativa Colombiana.

1.3 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

EL estudio fue realizado en la PTAR del campus de la universidad Militar Nueva Granada ubicado en Cajica.

En la siguiente fotografía se muestra la Ubicación aproximada de la PTAR dentro del campus.

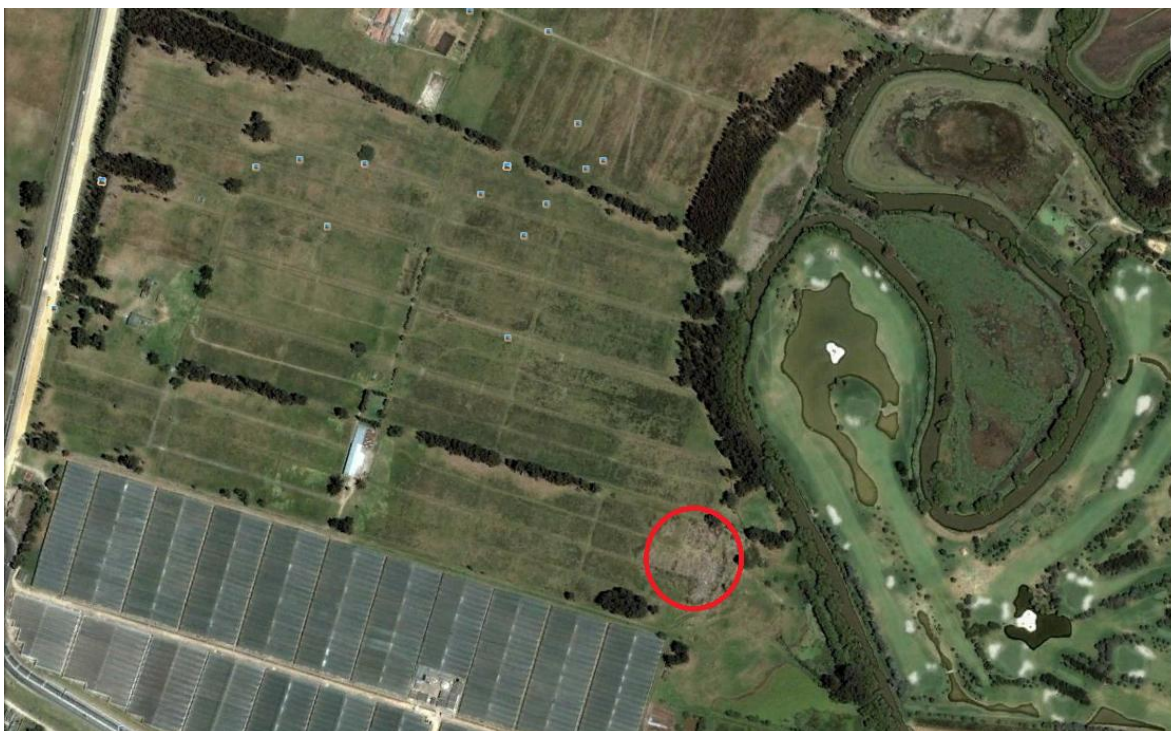


Figura 6. Localización de la PTAR vía satélite

Fuente: Google Earth

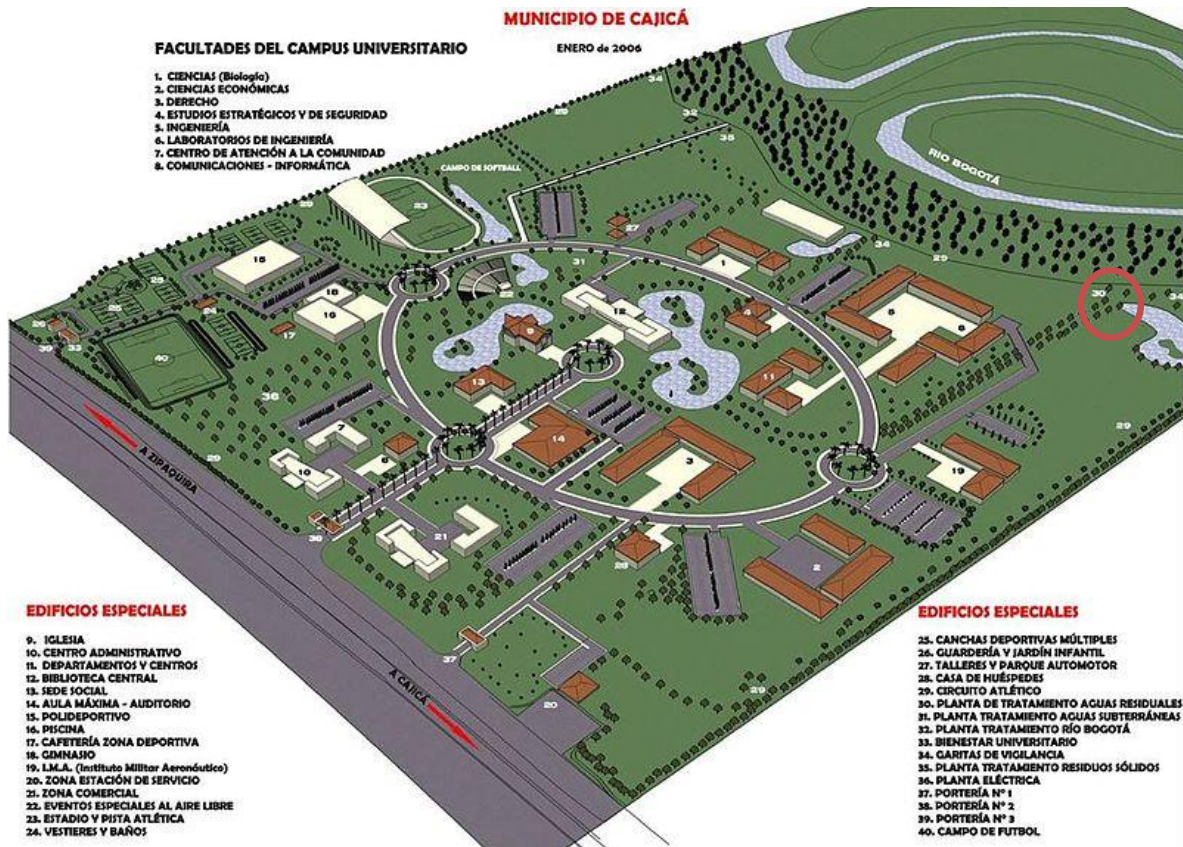


FIGURA 7. UBICACIÓN PTAR MAQUETA

Fuente: <http://www.umng.edu.co/www/resources/PresentacionCajica.pps>

1.4 ANTECEDENTES

EL grupo Visión Colombia Hídrica (VCH) de la Universidad Militar Nueva Granada conformado por:

Líder

Ingeniero. Jorge Corredor

Docentes Investigadores

Ingeniero. Santiago Loboguerrero

Ingeniera. Aurora Velasco

Ingeniero. Edwin Castillo

Ha realizado una serie de monitoreo a ciertos puntos del Río Bogotá que pasa por el Campus Cajica.

A continuación se muestran una serie de investigaciones realizadas dirigidas por el Ingeniero Jorge Corredor, Líder del grupo VCH.

- Caracterización química del agua subterránea y Río Bogotá. Campus Nueva Granada. Módulo 1.
- Caracterización química del agua subterránea y Río Bogotá. Campus Nueva Granada. Módulo 2.

Para evaluar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos más relevantes, algunos de estos se pueden determinar en el lugar de la planta y otros, se deben trasladar a un laboratorio aprobado y certificado por las instituciones nacionales a cargo de aguas residuales (ministerios de ambiente y/o instituciones nacionales de acueductos y alcantarillado).

Debido que por ética como institución y por Leyes nacionales acerca del cuidado al medio ambiente y a los recursos hídricos del país, se debe preservar la fuente en su mejor estado, para lo cual se necesita que las grandes medianas y pequeñas industrias de cualquier rama tomen conciencia de el cuidado que se debe tomar para evitar daños mayores la planeta; Por lo que la Universidad Militar Nueva Granada en su calidad de una de las mejores universidades del país está en la obligación de tener las mejores herramientas (humanas y materiales) para hacer este objetivo una realidad. Razón por la cual se realiza este trabajo de grado para siempre estar mejorando estas herramientas.

¿Se preguntara si la Universidad Militar Nueva Granada únicamente realiza este tipo de investigaciones por cumplir una norma? Para la Universidad siempre ha sido una prioridad el trato al medio ambiente la conservación del mismo por lo mismo se ha realizado la construcción del Campus Cajica siempre buscando una perfecta armonía con el medio ambiente, y por supuesto que en cuanto a los recursos hídricos no se tiene excepción alguna.

Claro que se tiene que identificar perfectamente que es realmente lo que se quiere controlar para que la investigación no tome rumbos diferentes y siempre se vea enfocado en un mismo objetivo, por lo cual se están definiendo las variables y el alcance general del mismo. ¿Pero cómo? Es fácil, se tiene que enfocar en los mayores problemas presentados hasta el momento, los cuales se han detectado con ensayos realizados anteriormente, por lo cual se tiene que hacer un monitoreo de los mismos, para evitar que estos sigan causando inconvenientes.

2 MARCO TEÓRICO

El **tratamiento de aguas residuales** consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano. La tesis fundamental para el control de la polución por aguas residuales ha sido tratar las aguas residuales en plantas de tratamiento que hagan parte del proceso de remoción de los contaminantes y dejar que la naturaleza lo complete en el cuerpo receptor. Para ello, el nivel de tratamiento requerido es función de la capacidad de auto purificación natural del cuerpo receptor. A la vez, la capacidad de auto purificación natural es función, principalmente, del caudal del cuerpo receptor, de su contenido en oxígeno, y de su "habilidad" para reoxigenarse.¹ Por lo tanto objetivo del tratamiento de las aguas residuales es producir efluente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reúso. Es muy común llamarlo **depuración de aguas residuales** para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías - y eventualmente bombas - a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser triturados esos materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido

de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación, que se utilizan para eliminar plomo y fósforo principalmente. A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

2.1 Como se evalúa que una PTAR funciona

Las determinaciones analíticas que siempre se usan en una PTAR para conocer el grado de calidad de su tratamiento son, entre otras: Sólidos en suspensión o materias en suspensión: Corresponden a las materias sólidas de tamaño superior a 1 μm independientemente de que su naturaleza sea orgánica o inorgánica. Gran parte de estos sólidos son atraídos por la gravedad terrestre en periodos cortos de tiempo por lo que son fácilmente separables del agua residual cuando ésta se mantiene en estanques que tengan elevado tiempo de retención del agua residual.

2.1.1 Objetivos de una PTAR

- *Eliminación de residuos, aceites, grasas, flotantes, arenas, etc. y evacuación a punto de destino final adecuado.*
- *Eliminación de materias decantables orgánicos o inorgánicos*
- *Eliminación de la materia orgánica*

- *Eliminación de compuestos amoniacaes y que contengan fósforo (en aquellas que viertan a zonas sensibles)*
- *Transformar los residuos retenidos en fangos estables y que éstos sean correctamente dispuestos.*

Pruebas de nitratos y nitritos de Merck para sus aplicaciones

Los nitratos y nitritos están presentes de forma natural en suelos, agua y alimentos, para muchas aplicaciones es esencial comprobar su concentración regularmente. Los nitratos y nitritos deben ser estrechamente vigilados en el agua potable y subterránea así como en el agua de procesos, de desecho, o de acuarios. En los productos de granja y los zumos de fruta, concentraciones elevadas de nitratos afectan a la calidad y a las propiedades de conservación y pueden suponer graves riesgos para la salud. Los nitritos se usan también en aditivos para los productos alimenticios y sirven como inhibidores de la corrosión en sistemas de refrigeración de motores.

Universales, rápidas y sencillas: las tiras de ensayo Merckoquant®

Las tiras de ensayo de alta calidad Merckoquant® de Merck permiten el análisis rápido y sencillo de nitratos y nitritos para amplios rangos de medida, ofreciendo resultados en cuestión de minutos, fáciles de manejar y con una calidad correspondientemente alta. Después de todo, nuestros productos tienen el respaldo de nuestra experiencia de más de un siglo en el campo analítico. Las tiras de ensayo Merckoquant® son auténticos productos de alta tecnología, un laboratorio móvil en sólo unos pocos milímetros cuadrados. Con rangos de medida de menos de 1 mg/l hasta incluso un gramo por litro, las tiras de ensayo Merckoquant® están idealmente adaptadas para la detección semicuantitativa de iones y de sustancias orgánicas e inorgánicas.

DQO

La **demanda química de oxígeno** (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), que también se reflejan en la medida.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. Este ensayo es muy útil para la apreciación del funcionamiento de las estaciones depuradoras. No es aplicable, sin embargo, a las aguas potables, ya que al tener un contenido tan bajo de materia oxidable la precisión del método no sería adecuada. En este caso se utiliza el método de oxidabilidad con permanganato potásico.

La DQO varía en función de las características de las materias presentes, de sus proporciones respectivas, de sus posibilidades de oxidación y de otras variables. Es por esto que la reproductividad de los resultados y su interpretación no pueden ser satisfechas más que en condiciones de metodología de ensayo bien definida y estrictamente respetada.

DBO

La **demanda 'bioquímica' de oxígeno** es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación, normalmente se mide transcurridos cinco días de

reacción (DBO_5), y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. La curva de consumo de oxígeno suele ser al principio débil y después se eleva rápidamente hasta un máximo sostenido, bajo la acción de la fase logarítmica de crecimiento de los microorganismos.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos o acuíferos), aguas negras, aguas pluviales o agua de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. Este ensayo es muy útil para la apreciación del funcionamiento de las estaciones depuradoras. No es aplicable, sin embargo, a las aguas potables, ya que al tener un contenido tan bajo de materia oxidable la precisión del método no sería adecuada. En este caso se utiliza el método de oxidabilidad con permanganato potásico.

Según McKinney (1962), «El test de la DBO fue propuesto por el hecho de que en Inglaterra ningún curso de agua demora más de cinco días en desaguar (desde nacimiento a desembocadura). Así la DBO es la demanda máxima de oxígeno que podrá ser necesario para un curso de agua inglés».

El método pretende medir, en principio, exclusivamente la concentración de contaminantes orgánicos. Sin embargo, la oxidación de la materia orgánica no es la única causa del fenómeno, sino que también intervienen la oxidación de nitritos y de las sales amoniacales, susceptibles de ser también oxidadas por las bacterias en disolución. Para evitar este hecho se añade N-aliltiourea como inhibidor. Además, influyen las necesidades de oxígeno originadas por los fenómenos de asimilación y de formación de nuevas células.

También se producen variaciones significativas según las especies de gérmenes, concentración de estos y su edad, presencia de bacterias nitrificantes y de protozoos consumidores propios de oxígeno que se nutren de las bacterias, entre otras causas. Es por todo esto que este test ha sido constantemente objeto de

discusión: sus dificultades de aplicación, interpretación de los resultados y reproductibilidad se deben al carácter biológico del método.

2.2 Muestras

Una muestra es una cantidad limitada de una sustancia o material utilizada para representar y estudiar las propiedades del material en cuestión. Las muestras pueden ser objetos contables, tales como artículos individuales disponibles como unidades para la venta, o un material no contable.

A pesar de que la palabra implica una menor cantidad tomada de una mayor cantidad, a veces los especímenes completos se denominan muestras si se toman para el análisis, pruebas, o la investigación como representantes de otros objetos iguales o similares. Al acto de obtención de una muestra se denomina muestreo, que se puede llevar a cabo por una persona o de forma automática. Se pueden tomar o proveer muestras de material para ser usadas en pruebas, análisis, inspecciones, investigación, demostraciones o ensayos. A veces, el muestreo puede ser de curso continuo.

3 METODOLOGÍA

3.1 Toma de la muestra en la PTAR

3.1.1 Ensayos de campo

Durante la toma de muestra en la planta se realizan algunos ensayos en el sitio de la toma como lo son

- Conductividad
- PH
- Temperatura

Estos ensayos son tomados mediante un PH-metro y un conductímetro, tal como lo muestra la imagen



Figura 8. Realizando ensayo de conductividad en campo



Figura 9. Realizando ensayo de medida de PH y temperatura en campo

Estos mismos ensayos son realizados una vez se va a tomar la muestra de salida en el sedimentador secundario, para verificar la eficiencia que se tiene tanto en el sedimentador primario, como durante el proceso de aireación.

3.1.2 Entrada

La muestra de entrada a la planta se toma directamente en el sedimentado primario tal cual como lo muestra la imagen



Figura 10. Entrada de agua a la Planta de tratamiento de agua residual;



Figura 11. Toma de la muestra en la entrada a la ptar

3.1.3 Salida

La toma de la muestra de salida, se toma una vez el agua ha pasado por el sedimentador primario, y por el proceso de aireación, y justo cuando llega al sedimentador secundario tal como se ve en la imagen.



Figura 12. Salida de agua de la Planta de tratamiento de agua residual



Figura 13. Toma de muestra en el sedimentador secundario de la PTAR

3.2 Trasteo de la muestra al Laboratorio

La muestra es llevada directamente al laboratorio, ubicado en la Universidad Militar Nueva Granada (sede calle 100) en recipientes plásticos, los cuales son almacenados en una nevera, para luego realizarles los correspondientes ensayos.

3.3 Laboratorio Calidad de aguas Universidad Militar Nueva Granada

El laboratorio de calidad de aguas está en la capacidad de realizar análisis físicos-químicos y microbiológicos al agua con el fin de determinar la calidad de ésta. Cuenta con los equipos para realizar ensayos de caracterización física como turbiedad, color, temperatura, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles, conductividad. También caracterización química como pH, alcalinidad, acidez, dureza, sulfatos, hierro total, aceites y grasas, demanda de cloro, cloruros, NTK, nitratos, nitritos, fósforo total, ensayo de tratabilidad, oxígeno disuelto, DBO5, DQO. Y finalmente en las características microbiológicas hay determinación de coliformes fecales y totales.



Figura 14. Laboratorio de calidad de aguas

Fuente; <http://www.umng.edu.co/web/guest/programas-academicos/facultad-ingenieria/laboratorios/ingenieria-civil/ambiental>

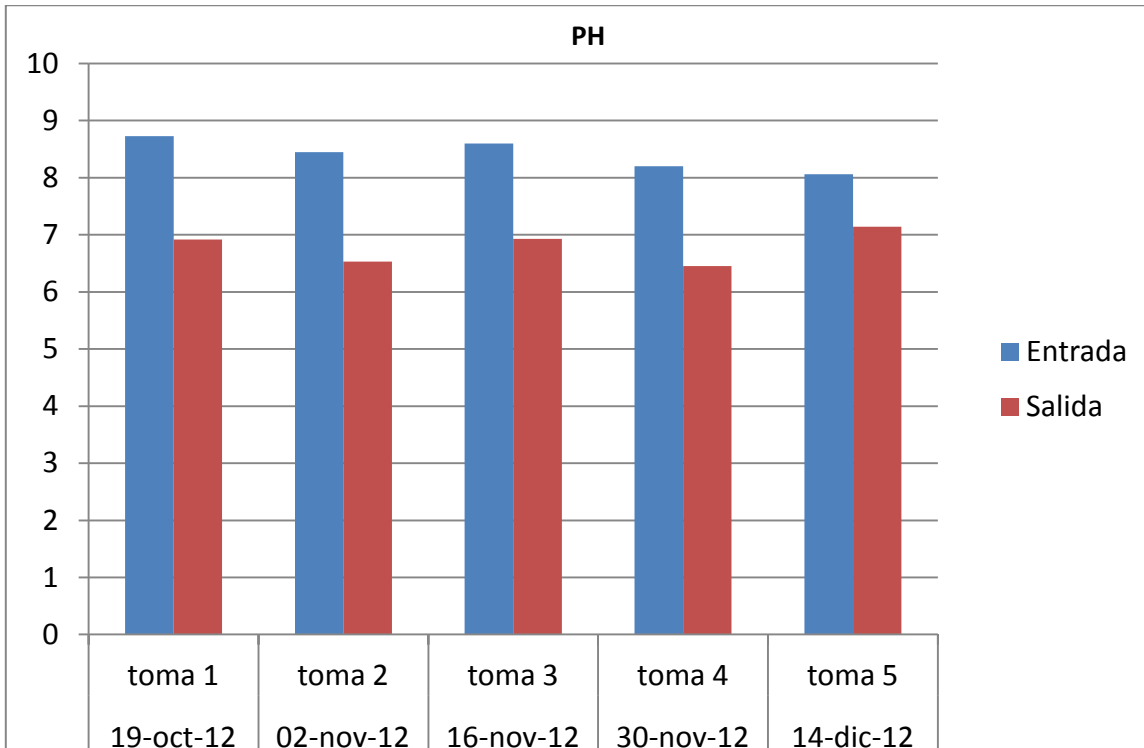
Una vez se va a realizar los ensayos de la muestra, se deja que esta tome la temperatura ambiente para simular las condiciones iniciales y se le realizan los siguientes ensayos teniendo en cuenta las normas establecidas. (VER ANEXOS)

- Demanda biológica de oxígeno (DBO)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Fosfatos
- Nitratos

4 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

4.1 PH

El pH es una medida de acidez o básico (alcalinidad) de una solución , Cuando la solución tiene pH arriba de 7 es básico o alcalino , cuando es menos de 7 es ácido y cuando es 7 JUSTO es decir sin decimales ni nada es Neutro.



GRAFICA 1. PH entrada y salida

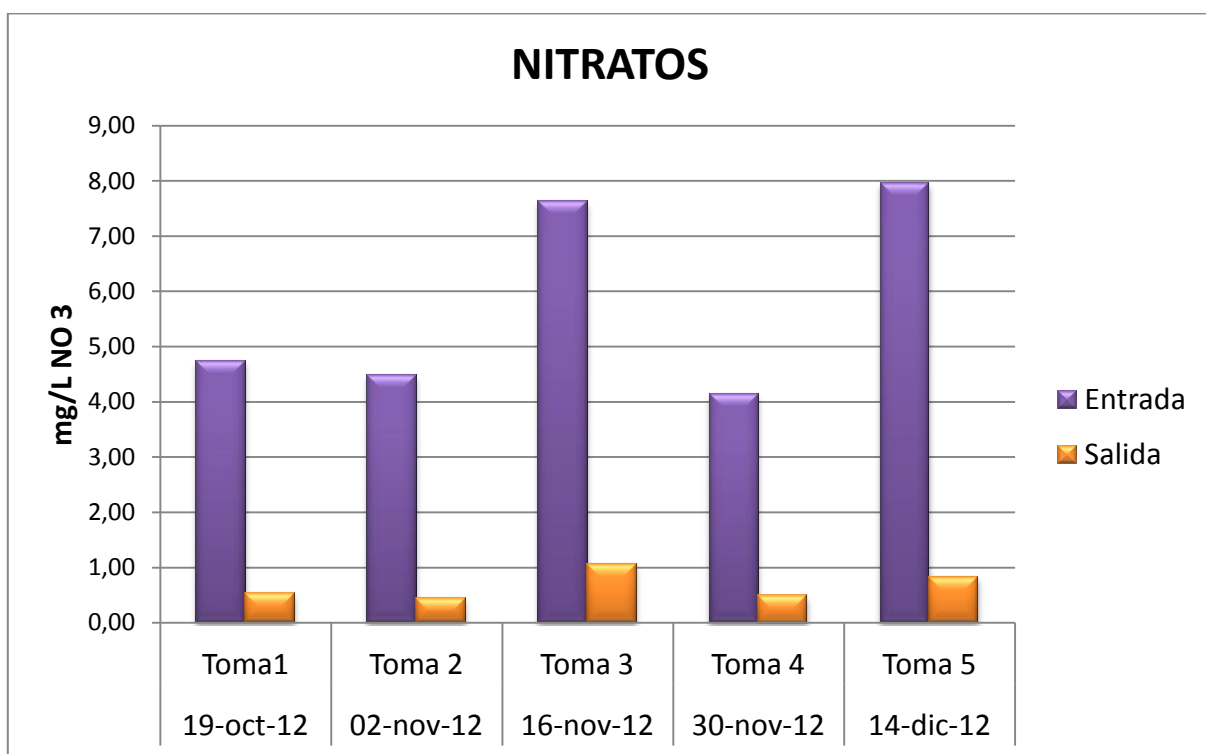
	19-oct-12	02-nov-12	16-nov-12	30-nov-12	14-dic-12
Valor admisible	toma 1	toma 2	toma 3	toma 4	toma 5
6,5-8,5	8,73	8,45	8,6	8,2	8,06
	6,92	6,53	6,93	6,45	7,14

Tabla 1. Referencia de datos en PH

Se observa en la **GRAFICA 1** que los valores de entrada en algunas tomas como lo son en la Toma 1 y la Toma 3 (lo que indica que el agua es muy básica) están por encima de los valores admisibles por la norma, pero una vez pasa por la PTAR este valor disminuye considerablemente, logrando que este valor entre a los valores admisibles.

4.2 NITRATOS

Los nitratos ($-3 NO$) y los nitritos ($-2 NO$) son aniones que contienen nitrógeno (N) y oxígeno (O) Se pueden unir a compuestos orgánicos e inorgánicos, formando sales u otros compuestos.



GRAFICA 2. Relación de nitratos en la entrada y la salida

Valor admisible	19-oct-12	02-nov-12	16-nov-12	30-nov-12	14-dic-12
menor a 50					
	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5
Entrada	4,74	4,473684	7,619434	4,12698	7,957481
Salida	0,53	0,438596	1,051614	0,498783	0,828838

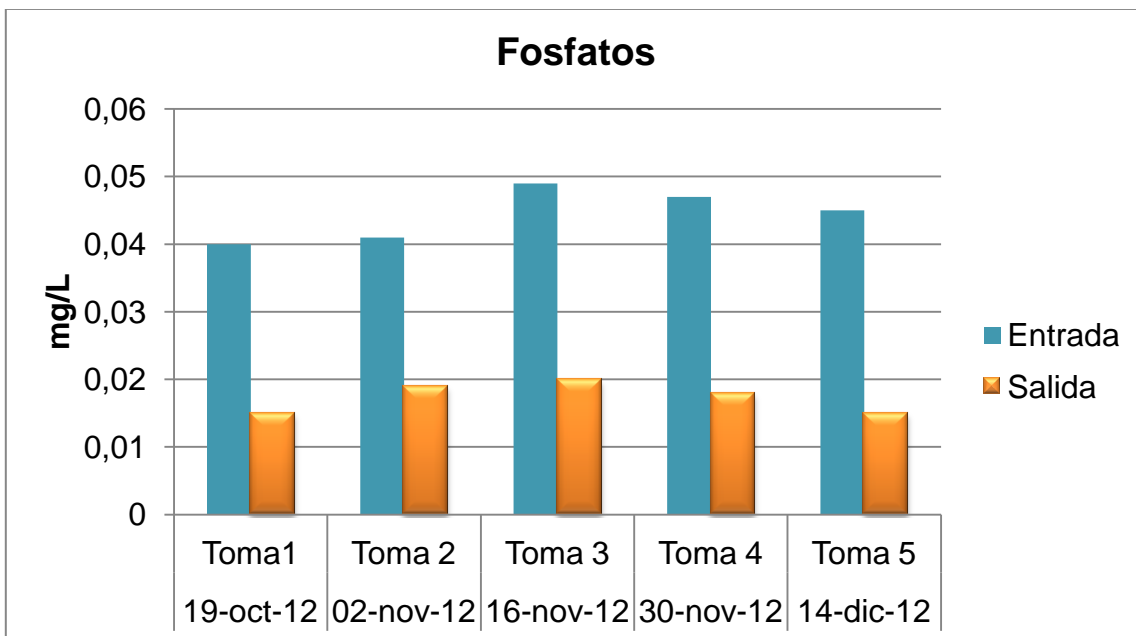
Tabla 2. Relación datos tomados entrada y salida

Se observa que la cantidad de nitratos presentes en el agua de entrada son muy bajos, y están muy abajo del valor admisible por la norma, de igual manera el trabajo de la PTAR se ve muy marcado, ya que a pesar que los datos de entrada

Son muy bajos, se observa que en la salida son aún más bajos, lo que indica un buen trabajo de la PTAR, así en este factor no sea tan necesario.

4.3 FOSFATOS

Los fosfatos son la forma más habitual de encontrar el fósforo en agua. Los podemos encontrar en solución, en forma de partículas o detritus, o incluso en los organismos acuáticos. El origen de dicha presencia puede ser muy variado, se añaden en algunos tratamientos de aguas, o como caso más habitual es en forma de aditivo a detergentes para el lavado de la ropa o limpieza en general. Desgraciadamente el uso de fertilizantes o abonos orgánicos, los llamados fitosanitarios con presencia de fosfatos también influyen, de manera negativa, en la presencia de éstos en agua, ya que por percolación llegan a los acuíferos naturales.



Grafica 3. Relación de fosfatos presentes en el agua de entrada y salida de la PTAR

Valor admisible	19-oct-12	02-nov-12	16-nov-12	30-nov-12	14-dic-12
-----------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

0,1	Toma1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5
Entrada	0,04	0,041	0,049	0,047	0,045
Salida	0,015	0,019	0,02	0,018	0,015

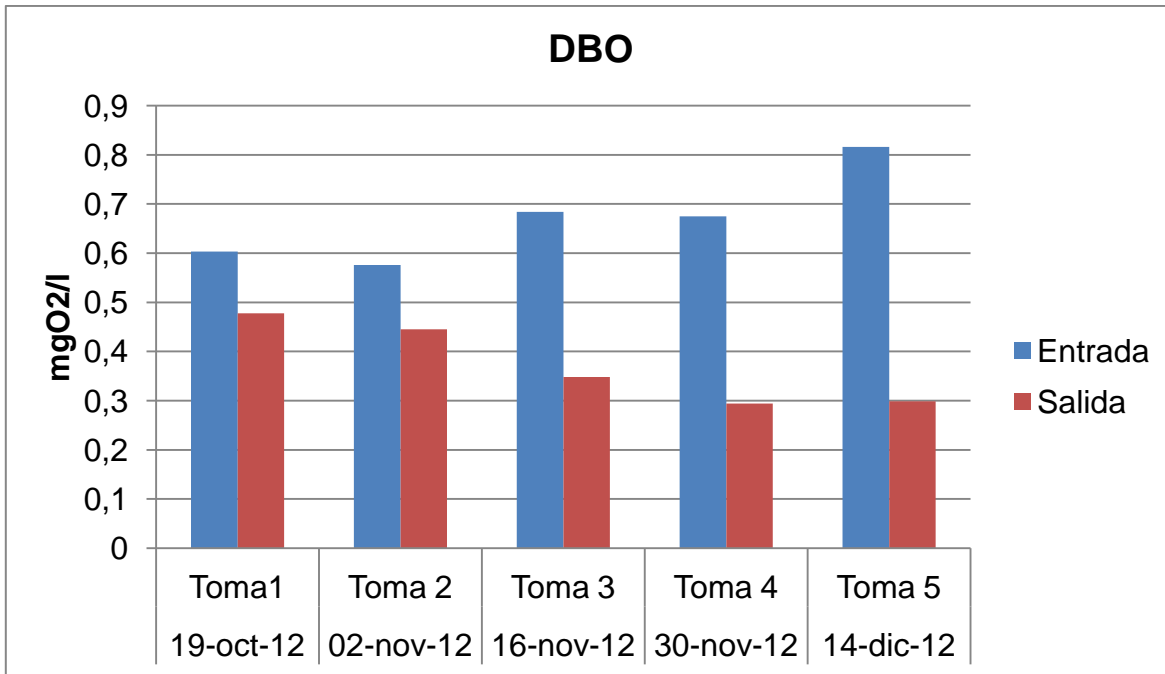
Tabla 3. Relación de datos tomados de entrada y salida

En la **Grafica 3** se observan disminuciones considerables en los datos tanto de entrada como de salida del agua residual en la PTAR, lo que indica un buen funcionamiento en relación a este parámetro.

Por otra parte en la tabla 3 se evidencia que los valores obtenidos tanto en entrada como en la salida son considerablemente más bajos que el valor admisible.

4.4 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO (DBO)

La **demanda biológica de oxígeno** es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación, normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO_5), y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. La curva de consumo de oxígeno suele ser al principio débil y después se eleva rápidamente hasta un máximo sostenido, bajo la acción de la fase logarítmica de crecimiento de los microorganismos.



Grafica 4. Relación de miligramos de Oxígeno presentes en el agua de entrada y salida de la PTAR

Valor admisible	19-oct-12	02-nov-12	16-nov-12	30-nov-12	14-dic-12
menor de 1,5	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5
Entrada	0,603	0,576	0,684	0,675	0,816
Salida	0,478	0,445	0,348	0,294	0,299

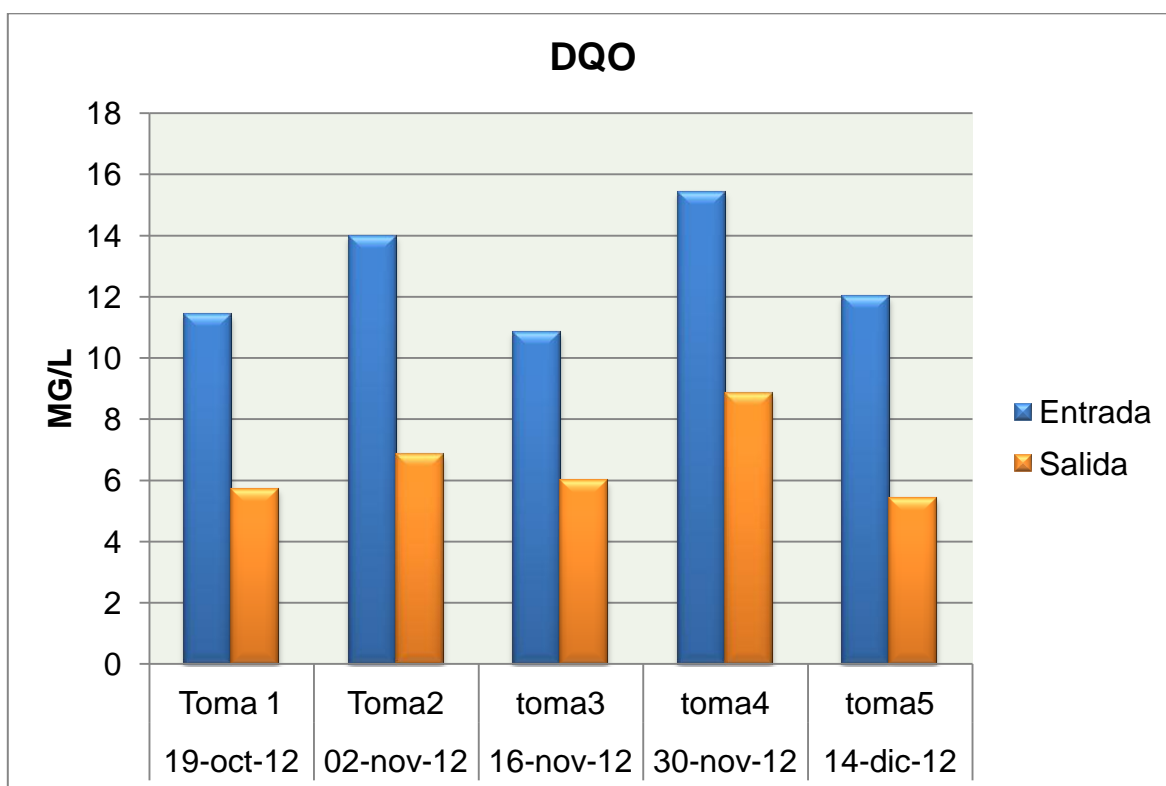
Tabla 4. Relación de datos tomados de entrada y salida para DBO

En la **Grafica 4** se observa una disminución de miligramos de oxígeno por litro de agua residual, lo cual indica un trabajo eficaz de la PTAR,

Pero de igual manera se observa en la **tabla 4** que los valores tanto de entrada como de salida son mucho más bajos que los valores totales admisibles por la norma, de igual manera se ve un trabajo marcado de la PTAR logrando una disminución considerable en estos valores.

4.5 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)

La **demanda química de oxígeno** (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), que también se reflejan en la medida.



Grafica 5. Relación de miligramos de Oxígeno presentes en el agua de entrada y salida de la PTAR

	Valor admisible	19-oct-12	02-nov-12	16-nov-12	30-nov-12	14-dic-12
DQO	<81	Toma 1	Toma2	toma3	toma4	toma5
	Entrada	11,42857	14	10,85714	15,42857	12
	Salida	5,714286	6,857143	6	8,857143	5,428571

Tabla 4. Relación de datos tomados de entrada y salida para DQO

En la **Grafica 5** se observa una disminución de miligramos de oxígeno por litro de agua residual, lo cual indica un trabajo eficaz de la PTAR, Pero de igual manera se observa en la **tabla 5** que los valores tanto de entrada como de salida son mucho más bajos que los valores totales admisibles por la norma, de igual manera se ve un trabajo marcado de la PTAR logrando una disminución considerable en estos valores.

5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Una vez realizados los ensayos, se pudo determinar que la PTAR del campus de la Universidad Militar Nueva Granada en Cajica está realizando una labor plena sobre lo que se espera de ella. Esto se vio evidenciado en la clara disminución de los factores contaminantes del agua residual, puesto que de las 5 muestras que se tomaron y de los parámetros estudiados aquí, en ningún caso se vio aumentada la cifra entre la entrada y la salida de agua residual.

También debido a que en el campus de Cajica no hay mucho personal allí laborando y/o estudiando, es que la planta trabaja sin ningún problema, pero se tiene que estar muy al tanto y pendiente de estos mismos estudios a medida que el personal que allí este vaya en aumento, ya que el caudal que a la PTAR llegue va a ser mucho mayor, y puede que una sola PTAR no sea suficiente para tratar estos factores.

Se puede evidenciar a lo largo de este estudio que para algunos factores estudiados se vieron reducidos por la entrada a vacaciones de los estudiantes, pero este valor no fue tan significativo, ya que después de este suceso no se realizaba el mismo mantenimiento y limpieza a la PTAR, porque no era la misma cantidad de agua residual que a la planta le llegaba y no valía la pena realizar una limpieza cada 3 días como normalmente se hace, y por el contrario la PTAR trabajaba mucho más tiempo sin un mantenimiento, por estas razones se vio disminuido los valores, pero no en relación a la cantidad de agua que se dejaba de tratar.

Por otra parte se puede decir con entera seguridad que la Universidad Militar Nueva Granada, está cumpliendo con las normas ambientales propuestas por el gobierno nacional mediante el Ministerio del medio ambiente; ya que en ningún caso y por ningún motivo los valores obtenidos con los correspondientes ensayos superaron los valores máximos admisibles que la norma permite, de igual manera

el impacto ambiental se está viendo totalmente disminuido, ya que no solo se trabaja por cumplir una norma; sino que por el contrario cada día se trata de disminuir al máximo los factores que contaminan el agua.

El PH del agua nos indica que el agua que llega a la PTAR se torna algo básica, lo cual es un problema para el ambiente, y para el entorno del río Bogotá, pero también se evidencia que después del proceso de tratamiento el agua baja considerablemente su pH y se torna casi neutra, lo que hace muy conveniente para el momento de realizar el vertimiento sobre el río.

El estudio de nitratos muestra una disminución muy marcada, en los valores obtenidos de la entrada con respecto a los que se obtuvieron a la salida, esto denota que los procesos tanto de aireación como de sedimentación están cumpliendo a cabalidad con sus objetivos.

En cuanto a los fosfatos se evidencia una satisfacción en la disminución de los valores, ya que se puede observar que el valor máximo que se obtuvo realizando los ensayos no llega ni a la mitad del valor permisible por la normatividad Colombiana.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el estudio correspondiente, y luego de observar detenidamente los resultados se puede concluir que:

- Se está cumpliendo a cabalidad con las normas establecidas por el gobierno nacional a lo que se refiere a la contaminación de los cuerpos de agua, en donde se está realizando el vertimiento de las aguas residuales provenientes del campus Cajica de la Universidad Militar Nueva Granada.
- Se ha logrado una reducción muy satisfactoria de los factores contaminantes, ya que en ningún caso los valores aquí obtenidos fueron mucho más bajos que los valores máximos admitidos para los vertimientos en los cuerpos de agua.
- Se recomienda realizar monitoreo constante a la PTAR del campus, ya que debido a la poca cantidad de personas que allí se encuentran por el momento, los valores de contaminación son muy bajos pero a medida que las otras facultades que allí llegaran, estos valores se verán aumentados súbitamente, y con el fin de evitar colapsos en la planta, se requiere dicho monitoreo.
- Se evidencia que el manejo que se le ha dado a la PTAR, por parte del operador, ha sido excelente ya que los muy buenos resultados obtenidos aquí así lo demuestran.
- Se recomienda realizar un estudio del total de los factores contaminantes que son estipulados en el decreto 1594 de 1984, para confirmar totalmente que la contaminación que se provoca en el Rio Bogotá es totalmente baja según los principios éticos ambientales de la Universidad Militar Nueva Granada.

- Se recomienda la construcción de los Laboratorios de calidad de aguas en el campus de la Universidad, ya que si bien se tuvo un protocolo estricto con el transporte de la muestra hasta los laboratorios ubicados en la Sede Calle 100, este transporte de aproximadamente 1 hora puede afectar en algo los valores que se obtengan en la realización de los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- **MASKEW FAIR, Gordon.** Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. México. Editorial Limusa, 1990.
- **J. Glynn Henry, Gary W. Heinke,** Ingeniería ambiental, Editorial Pearson Education, 1999.
- **R. S. RAMALHO, Domingo Jiménez Beltrán, Federico De Lora Soria,** Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverte S.A 2003.
- Alcaldía de Bogotá, (1984),
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>
- Ministerio de medio ambiente (1993) www.minambiente.gov.co
- Universidad Militar Nueva Granada. (s.f.). *Universidad Militar Nueva granada*. Obtenido de www.umng.edu.co
- Universidad Militar Nueva Granada. (2009). Guia para la elaboracion del ensayo de nitratos.
- Universidad Militar Nueva Granada. (2009). Guia para la elaboracion del ensayo de DQO
- Universidad Militar Nueva Granada. (2009). Guia para la elaboracion del ensayo de DBO.
- Universidad Militar Nueva Granada. (2009). Guia para la elaboracion del ensayo de Fosoforos.

- Ingeniero, Antonio Guevara Vera. (1996). *Control de calidad del agua*. Lima.

- **JOSÉ ZAMBRANO**, Caracterización físico-química de las aguas residuales de la PTAR del campus Cajica: 2012 Tesis (Ingeniería civil). Universidad Militar "Nueva Granada".